

低濁度計測の技術動向

Technical Trend of Low Turbidity Measurement

緒方 清徳^{*1}

OGATA Kiyonori

クリプトスポリジウムに対応した低濁度測定用機器として、透過散乱比較方式の高感度形濁度計「TB500G」を開発し、膜ろ過処理用の低濁度測定用機器としてレーザ方式のレーザ形濁度計「TB600G」を開発した。高感度形濁度計「TB500G」は従来の透過散乱形濁度計を改良することにより、0.1 mg/ℓ以下でも精度良く測定ができ、0.01 mg/ℓを十分に監視できる濁度計である。レーザ形濁度計「TB600G」は濁度成分がセル内を通過する時の半導体レーザの強度変化を検知し、濁度に換算している。また、レーザ光を用いているので0.1 μmの粒子にも感知できる濁度計である。本稿ではこれら2種類の濁度計の測定原理や特長、アプリケーションなどについて報告する。

We have successfully developed two types of low Turbidity analyzer: high-sensitivity type Turbidity analyzers, TB500G, which employ the transmitted/scattered light comparison method and are designed to comply with the Cryptosporidium measures; and laser type Turbidity analyzers, TB600G, for membrane filtration treatment. The high-sensitivity type Turbidity analyzers, TB500G, improved from the existing transmitted/scattered light type Turbidity analyzers, can measure the particle concentration of even below 0.1 mg/ℓ with high accuracy so that they are suitable to monitor the particle concentration of 0.01 mg/ℓ sufficiently. The laser type Turbidity analyzers, TB600G, detect the intensity change of the semiconductor laser when the Turbidity elements pass inside the cell and convert the measured value into the Turbidity. Furthermore, with laser light they can also detect the particle size of 0.1 μm.

This paper reports measuring principles, features, applications and so forth regarding to these two types of Turbidity analyzer.

1. はじめに

現在、浄水場では安全でおいしい水を供給するために高度処理や膜ろ過処理など水処理の改善が行われつつある。しかし、それらを取り入れている浄水場は1部にしか過ぎず、ほとんどの浄水場が従来の砂ろ過と塩素殺菌で浄水処理が行われている。近年、クリプトスポリジウムなどの病原性微生物が浄水過程の砂ろ過の維持管理上の問題から除去できず、水道水中に存在し、下痢・腹痛を起こすという水質事故がアメリカのミルウォーキーをはじめとし、日本の越生町でも発生している。特にミルウォーキーでは死者が400人以上も発生し、重大な問題となった。このため1996年10月に厚生省より「水道におけるクリプトスポリジウム暫定対策指針」が通知され、その中で予防対策として、浄水処理の徹底ということでろ過池出口の濁度を0.1 mg/ℓ以下に維持することとしている。このため、従来の濁度計の最小測定レンジ0 ~ 2 mg/ℓで

は0.1 mg/ℓ以下の濁度を管理するのは難しく、更に低いレンジの濁度計が必要となっている。



図1 高感度形濁度計(TB500G)外観図

*1 IA環境機器事業部 PMK 1

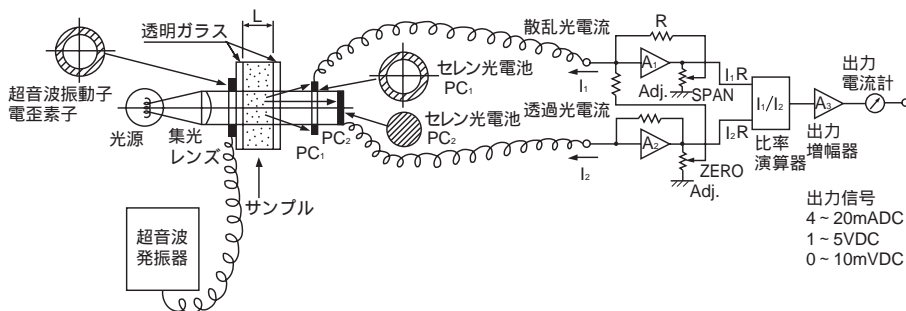


図2 透過散乱比較方式の測定原理図

本稿では、筆者らが開発し、販売した、低濁度測定が可能な2方式の濁度計についてそれぞれの特長や測定原理を述べ、その後、今後の浄水場での浄水処理管理の動向について述べる。

2. 高感度形濁度計

この濁度計の外観を図1に示す。

この測定原理は図2に示すように、従来の透過散乱比較方式の濁度計と同じ測定原理である。高感度形濁度計は従来の濁度計をベースとし、直流電源による光源電圧の安定性向上、光電池の位置合わせの微調整、および電気回路の分解能を上げることで、従来の濁度計では測定が難しかった0.1 mg/ℓ以下の低濁度でも、精度良く測定できるよう、改良された計器である。

この計器で測定できる粒子径は0.5 μm以上の粒子である。浄水場の砂ろ過池で補足される最小粒径が1 μmと言われているので、それ以下の粒子は砂ろ過池でも補足できず砂を通ってくる。このような細かい粒子を濁度として測定することは意味がなく、むしろ測定しない方がいい場合

もある。このことから考えると高感度形濁度計は、砂ろ過池の濁度管理に適した濁度計と考えられる。

図3に高感度形濁度計の直線性を示す。測定レンジ0~0.2 mg/ℓにおいて直線性誤差が±1%F.S以内と非常によい結果を得ている。このことから高感度形濁度計が0.1 mg/ℓ以下の

濁度管理用として十分に適應できることが分かる。

高感度形濁度計の特長の1つとして、透過散乱比較方式を採用していることが上げられる。これは青湖やクリプトスポリジウムのような水分を体内に含むような微生物の場合、光の屈折率がほぼ水と同等なため、散乱光のみでは水との区別が難しくなり、指示値が低めに出るといった傾向がある。これに対し、透過散乱光比較方式では、透過光散乱光両方の信号を見ているので、このような微生物も感知し、より正確な測定が可能である。また、比較演算をしているので色の影響も受けない。

高感度形濁度計のもう1つの特長として、低濁度測定に対応した加圧形脱泡方式サンプリング装置がある。低濁度測定時に問題になるのが測定水中に溶け込んでいる溶存空気である。圧力が下がり測定水が大気状態になると、それまで測定水の中に溶け込んでいた空気が、細かい泡となって測定液中に発生してくる。濁度計ではこれを粒子として捕らえてしまい、濁度測定に影響を与えます。これに対応したのが加圧形脱泡槽である。図4に高感度形濁度計のフロー図を示す。このように脱泡槽のフロー口にニードル弁を付け、検出器の出口に絞りを設けることで、配管内の圧力を落とすことなく、検出器

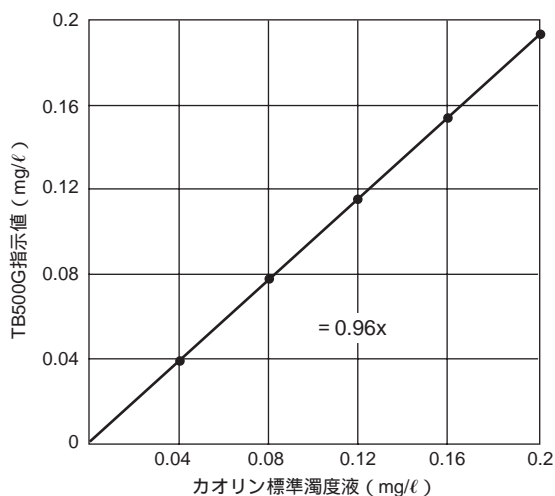


図3 TB500G直線性

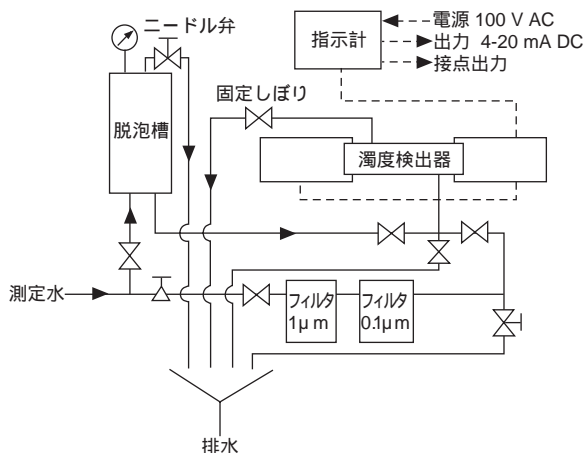


図4 高感度形濁度計のフロー図



図5 レーザ形濁度計 (TB600G) 外観図

まである程度の圧力をかけた測定水を供給できる。これにより、測定水に溶存空気が発生するのを防いでいるのである。

濁度計で重要な項目となってくるのが定期的なメンテナンスである。高感度形濁度計は現場で校正が可能のようにゼロ校正用フィルタとして1 μ mのフィルタと0.1 μ mのフィルタと2本のフィルタを直列に装備している。0.1 μ mのフィルタを通った水で絶対的なゼロ水を作成することは不可能であるが、この高感度形濁度計の測定粒子径を考えると0.1 μ mのフィルタを通った水で十分ゼロ水として使用できると考える。また1 μ mのフィルタを連結することにより0.1 μ mの負担を軽減し、フィルタの交換周期を延ばしている。

3. レーザ形濁度計

この濁度計の外観を図5に示す。

膜ろ過技術の発展に伴って、膜の性能評価や水質管理のための指標として精密な低濁度測定が要求されてきている。しかし、従来の濁度計では測定粒子径に限界があ

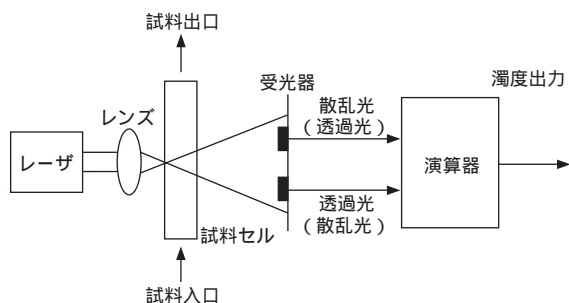


図6 レーザ形濁度計の測定原理図

表1 流量と濁度

流量 (mℓ/min)	濁度		
	0.01 mg/ℓ	0.1 mg/ℓ	1.0 mg/ℓ
35	0.0080	0.0980	0.9816
40	0.0091	0.1013	0.9796
50	0.0100	0.1013	0.9804
60	0.0106	0.1013	0.9584
75	0.0132	0.0966	0.9260

る。特に近年、浄水高度処理として有機膜の利用が実現されつつあり、この膜を長年使用した場合の膜破損の発生が懸念されており、膜性能の常時監視は不可欠とされている。また、濁りの原因物質は、粘土性物質、溶存物質、プランクトン、有機性物質等があり、これらの粒子径は0.1～数百 μ mの範囲であると言われていることから、0.1 μ mの検出感度を持った濁度計が必要となる。レーザ形濁度計はこのような膜ろ過処理の膜破断検知や0.1 μ mの濁質分を測定する目的で開発した計器である。

この測定原理図を図6に示す。濁度成分がセル内を通過した時の半導体レーザの透過光の光の強度の変化を検知して濁度として表示する。濁りの要因である微粒子を1個ずつ検出し、それらの投影面積の1mℓ中の総和を求めることにより、このような低濁度の測定が可能となった。具体的にはレーザ集束光が微粒子に当たると集束光が干渉することによって、干渉縞が発生し受光面に投影される。ここで、微粒子が試料液に伴って移動している場合、干渉縞もそれに伴って移動する。この移動している干渉縞を1個ずつデジタル的に解析し、濁度を測定する。そのためセルの多少の汚れ(受光面に80%以上の光が届く範囲)は測定に影響なく、また、温度や時間によるドリフトの影響を受けにくい構造となっている。

0.01 mg/ℓ以下では粒子数から濁度を求めており、

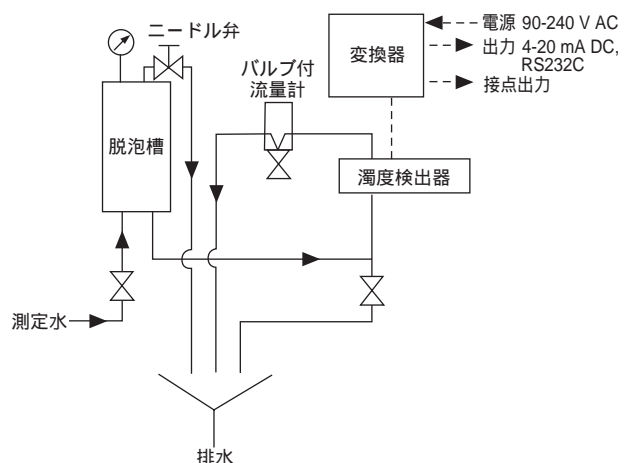


図7 レーザ形濁度計のフロー図

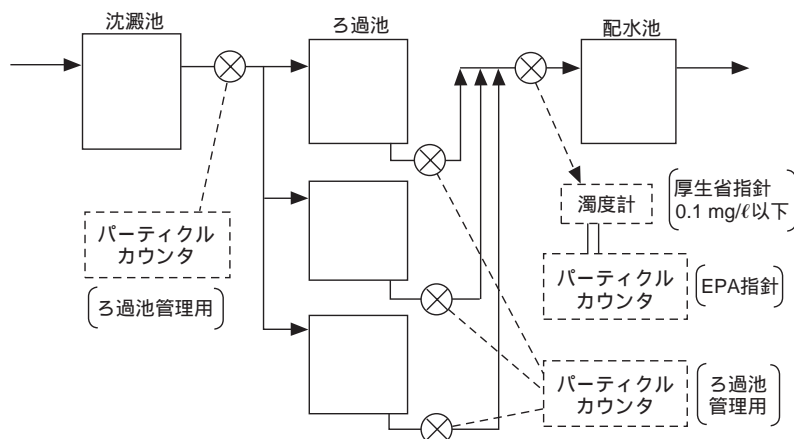


図8 粒子カウンタ設置例

0.5 mg/ℓ以上では投影面積より濁度を求め、その間については粒子数および投影面積の信号を計算することにより濁度を求めている。このように基本的には粒子数から濁度を求めているので、流量は一定でなければならない。表1に流量と指示値の関係について示す。

このレーザ形濁度計の流量は50 ml/minだが、これが±10 ml/min変化すると、指示値が最大で±10%ずれてしまう。このようにレーザ形濁度計は流量によって指示値が変化するという問題点がある。レーザ形濁度計にも高感度形濁度計と同様に加圧形脱泡槽が装備されており、溶存空気の原因を抑え、より正確な測定を可能にしている。図7にレーザ形濁度計のフロー図を示す。測定水は脱泡槽を出た後、すぐに検出器に入り、その後流量計および流量調整用ニードル弁が配置されている。これは、検出器まで圧力を維持することと流量計やニードル弁から微粒子が発生する可能性があるための処置である。

レーザ形濁度計には高感度濁度計と異なり、ゼロフィルタが装備されていない。これは濁度計の校正が現地で行うことはできないためである。レーザ形濁度計の測定最小粒径が0.1 μmなので、これに使用できるゼロ水を現地で連続的に作成することが極めて困難なためである。このため校正およびレーザなどの部品交換を行う時には、工場に引き取り、交換および校正を行わなければならない。もちろん、市販のミネラルウォーターなどを使用して簡易的なチェックは可能だが、このような低濁度領域を測定するような計器では定期的な正確な校正が必要であると考えられる。

4. 今後の動向

このように日本では、1996年に厚生省の暫定指針が通達され、ろ過池出口の濁度を低濁度計で測定し、ろ過池の維持管理を始めたばかりである。しかし、既に10年も前にクリプトスポリジウムの問題が発生したアメリカでは、ろ過池の維持管理が重要視され、厳しい規制が行われている。ただアメリカでは濁度でろ過池の維持管理を行うのではなく、粒子のカウント数も測定することによりろ過池の維持管理が行われている。この理由として、濁度の測定だけでは、どの粒径の粒子が増えて

濁度が上がっているのかを把握することができない。つまり、1 μm以下の粒子が増えても濁度が上昇し、2 μm以上の粒子が増えても濁度が上昇する。はじめにも述べたように砂ろ過池で補足できる粒子は1 μm以上であるため、砂ろ過を通り抜ける1 μm以下の粒子を測定してもあまり意味がない。重要なのは2 μm以上の粒子が通り抜けてきた場合を把握し、適切な処置を行うことである。このためには濁度計のみの測定ではなく粒子カウンタも併用した監視体制が必要なのである。

アメリカでは既にこの粒子カウンタにより監視が行われており、最初に問題が発生したジョージア州では粒径別の測定が義務づけられており、測定値を提出しなければならない。また、日本の厚生省に当たるEPA^{*2}でも粒子カウンタでの測定を推奨している。

更にアメリカでは、図8のように粒子カウンタを砂ろ過池の前後に設置して、それぞれの粒子数を測定することにより砂ろ過池での粒子の除去率を把握し、維持管理を行うようになってきている。

このようにアメリカでは粒子カウンタを用い、砂ろ過池の維持管理を行っている。日本では1部の浄水場で粒子カウンタを使用しているテストが行われ始めているが、まだ実用にはいたっていない。しかし、近い将来、日本でもアメリカと同様、粒子カウンタを用いたろ過池の維持管理が行われるものと考えられる。今後、粒子カウンタがより重要になると筆者は考えている。

*2 EPA: Environmental Protection Agency