

# 水の濁りとその感覚計測

山本純雄\*, 佐藤啓仁\*, 入江律雄\*

\* 宇都宮大学工学部機械システム工学科  
(〒321 宇都宮市石井町2753)

## 概要

濁りは水質汚濁において最も基本的な計測量であると同時に、活性汚泥プラントなどの内部状態量を把握する上でも重要である。著者ら<sup>1), 2)</sup>はこれまでに、視覚により濁りを測定する場合、感覚的な濁りの要因として明るさの他に、粒子の大きさ及び粒子の数が主たる要因であり、またこれらの感覚的諸量には、物理計測量としてそれぞれ透過率、面積平均径及び個数濃度が対応することを明らかにした。しかし感覚量としての要因、さらにはそれらに対応する物理的要因が濁りの認識過程のどの段階でどのような形で影響するかがいまだに明らかになっていない。本研究では視覚による濁りの認識の過程をより明確にすることを目的とする。

濁りの測定装置は上水試験において濁度及び色度を測定する装置と同様な構造である。はじめに主観的等価値を求めることにより、第一義的な濁りの要因について考察した。さらに明るさが等しい場合に濁りがどのように判断されるかについて一対比較法を用いて濁りの尺度化を図った。

その結果、目視による濁りの測定というのは、(i)まず明るさの差があるかどうかを判断する、(ii)差がない場合はさらに細部の違い、すなわちもやけ具合、粒子の大きさ、粒子の数などに注目して判断をする、というように階層的な認識過程を持つことがわかった。

## キーワード

濁り、視覚、感覚計測、目の分解能、主観的等価値、一対比較法、認識過程、階層構造

### 1. 感覚量と物理量の測定

**感覚量の測定** 感覚計測<sup>3)</sup>は量概念の整備と機器計測化の2段階に分けられる。本研究においては主として量概念の整備を行っている。感覚量である濁りの測定装置は、上水試験において濁度及び色度を測定する装置<sup>4)</sup>と同様な構造である。試料の入った比色管を静かに振り混ぜた後、2本の比色管を測定装置に設定する。次に Fig. 1 に示すように被験者に比色管の上方から透視させ、濁っていると思われる方を選定してもらった。本研究ではより精密な認識構造を明らかにするために、物理的性質が明確で、粒度がそろい、かつ種々の粒径の試料が入手しやすい白色アルミナ微粉（以下WAとする）の懸濁液を試料として用い、実験を行った。使用した試料は、A:WA400, B:WA600, C:WA800, D:WA1000, E:WA1200, F:WA1500, G:WA2000, H:WA3000, I:WA60

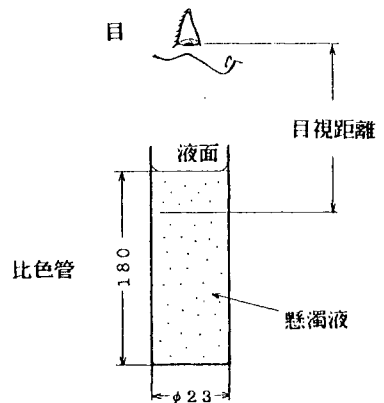


Fig.1 視覚による濁りの認識

00, J:WA8000の10種類である。ここでA, ..., Jは試料記号である。

**物理量の測定** 各WA試料について物理的諸量を測定した。透過率( $\tau_{wa}$ とする)の測定<sup>4)</sup>には分光光度計を用い、光の波長は色度による影響を避けるために660nmに固定し、精製水の透過光の強度と試料懸濁液の透過光の強度の比より透過率を求めた。

粒度は各WA試料を走査電子顕微鏡を用いて写真撮影し、円相当直径を求めた。ここで円相当径を採用したのは、視覚による濁りの判断であるので、面積という二次元で取り扱ってよいとしたためである。測定した各試料の個数基準分布をFig.2に示す。

濃度は試料を十分乾燥させ、電子天秤により質量を測定して質量濃度とした。個数濃度は試料の質量濃度、密度及び粒度分布から算出した。また個数基準分布より面積平均径( $\bar{D}_{wa}$ とする)を求めた。

## 2. 主観的等価値の測定

**実験方法** 感覚量である明るさ、粒子の大きさ及び粒子の数には、それぞれ物理量として透過率、円相当径及び個数濃度が対応する。しかし視覚により濁りを判断する場合、感覚量としての要因、さらにはそれらに対応する物理的要因がどの段階でどの様な形で影響するかがいまだに明らかになっていない。

そこで、はじめに主観的等価値<sup>5)</sup>を求めることにより、濁りの各要因がどのような形で影響を及ぼすかを調べた。主観的等価値を求めるために恒常法<sup>5)</sup>を用いている。同法はランダムな順序で刺激強度の異なる比較刺激を被験者に提示し、基準刺激と比べて刺激の大きさを判断させる方法である。Fig.3は、その実験方法を示している。まず基準刺激となるWA懸濁液として、試料G( $\bar{D}_{wa} = 5.6 \mu m$ )を用いた。透過率は94.3%である。また比較刺激として9系列のWA懸濁液(試料A, B, C, D, E, F, H, I, J)を用意した。さらに各系列毎に濁りの異なる7種類の試料を準備した。このとき予備実験を行うことによって等刺激となると思われる質量濃度が7段階の濃度の中程にくるように調整している。そして被験者に対し各系列毎に7種類の試料をランダムに提示して基準試料に対して濁りを比較させ、どちらが濁っているか判断してもらった。これを9系列すべてについて行った。被験者数は40名である。

**実験結果** 基準試料に対して主観的に等価値であると判断されたWA懸濁液の透過率を測定して得られた結果がFig.4である。たて軸は主観的等価値と判断されたときの透過率、横軸は面積平均径である。図においてA, ..., Jは試料記号であり、Gが基準刺激となっている。図からわかるように、基準刺激とほぼ同じ透過率となっているときの試料の濁りが等価値であると判断されてい

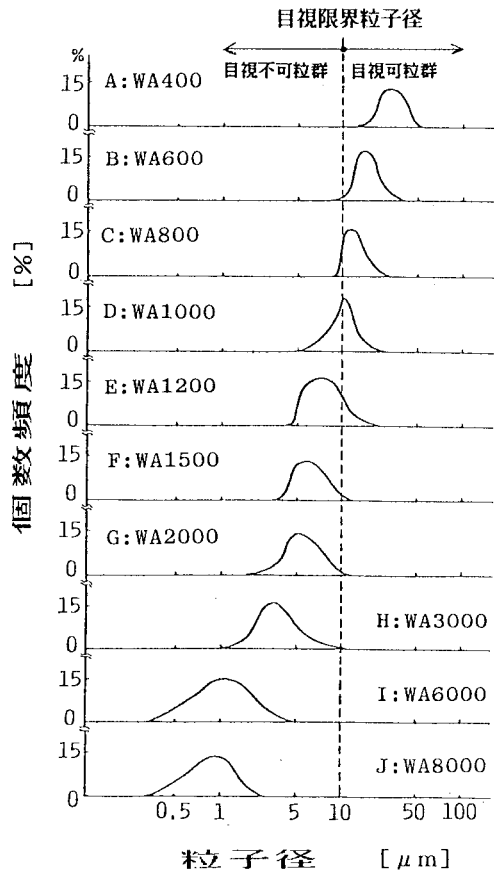


Fig.2 WA試料の個数基準分布

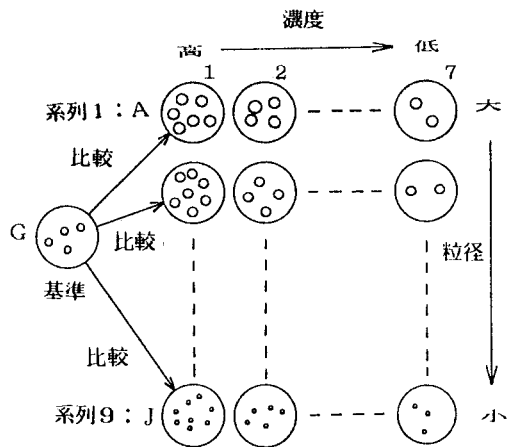


Fig.3 主観的等価値の測定法

るとしてよい。つまり透過率が等しければ粒径の変化に関係なく濁りの度合は等しいと判断していることがわかる。

### 3. 濁りの尺度化（明るさが等しい場合）

**実験方法** 2章での実験結果により、第一義的には透過率が一定ならば濁りの度合が等しいと判断されることがわかった。しかし著者らの研究<sup>1)</sup>・<sup>2)</sup>により、粒子の大きさや粒子数も濁りの認識において重要な役割を果たすことがわかっているが、ここまでの解析ではこれらの要因がどの様に関与するかが明確でない。

そこで明るさ（物理量として透過率に対応）が等しい場合に濁りがどのように判断されるかについて、さらに実験を進めた。本章では一対比較法を用いて濁りの尺度化を図り、面積平均径との関係性を求めた。同法は感覚量の尺度化を図る上で最も基本的な手法である。透過率を一定（ $\tau_{WA}=98\%$ 及び $95\%$ ）にした2系列のWA懸濁液を準備した。各系列における試料数はそれぞれ10種類である。各系列毎に、被験者に濁りの一対比較判断をしてもらった。これを全ての組合せについておこなった。被験者数は15名である。

**実験結果** 一対比較法によって得られた実験結果に基づき、サーストンの比較判断の法則<sup>5)</sup>を用いて濁りの尺度化を行った。尺度値は間隔尺度であるため原点は任意である。ここでは、最小の値を原点とした。このようにして求めた尺度値をたて軸に、横軸に面積平均径をとった結果をFig. 5に示す。同図は透過率が $98\%$ の場合であるが、 $95\%$ の場合も同様な結果が得られた。

### 4. 目の分解能

視覚による濁りの認識実験を通して、目の分解能を考慮する必要があることが分かった。そこで単一粒子について目の分解能の測定を行い、(1) 個々の粒子を光点として認識できる分解能、(2) 粒子個々の大小の判断が可能となる分解能を測定し、それぞれほぼ $10\mu\text{m}$ と $30\mu\text{m}$ になることを確認した。Fig. 6に視覚による粒子の様相と円相当径との関係を示した。図において①と②は粒子単体の認識が不可能な領域であり、③、④、⑤は粒子単体の認識が可能となる領域である。ここで(1)の分解能以下の粒子径においてはもやけ具合のみが観測され、それ以上では光点の集合として観測されるので、この分解能が目視限界粒子径に対応する。同径より小さい粒子群を目視不可粒子群、大きい粒子群を目視可能粒子群と称する。Fig. 2に粒度分布との関係を示した。

### 5. 濁りの認識過程

以上のことより、濁りの認識過程の大略はFig. 7に示すようになっていいると考えられる。第一に、種々の要因の中でまず第一に濁りの違いとして認識されるのは明るさであって、このときには粒子の大きさ、形状などは副次的な要因となっている。次に、明るさが同一の場合でも単一種類の濁質であるというように比較的単純な条件下では濁りの比較判断が可能となる。Fig. 5の領域Iにおけるように構成粒子群が目視不可粒子群である場合、もやけ具合のみが観測され、これによって濁りの度合を判断する。この場合の濁りはちょうど霧や霞がかかっているような感じとなる。これはむしろ粒子の大きさよりも個数濃度に直接対応しているとみなせる。

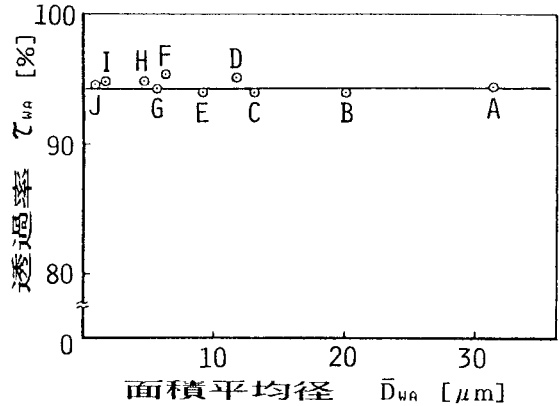


Fig. 4 主観的等価値

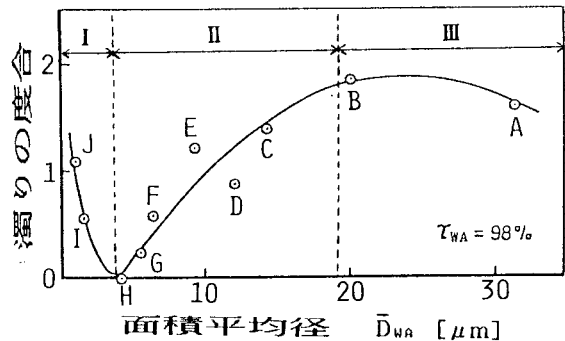


Fig. 5 濁りの度合 ( $\tau_{WA}=98\%$ )

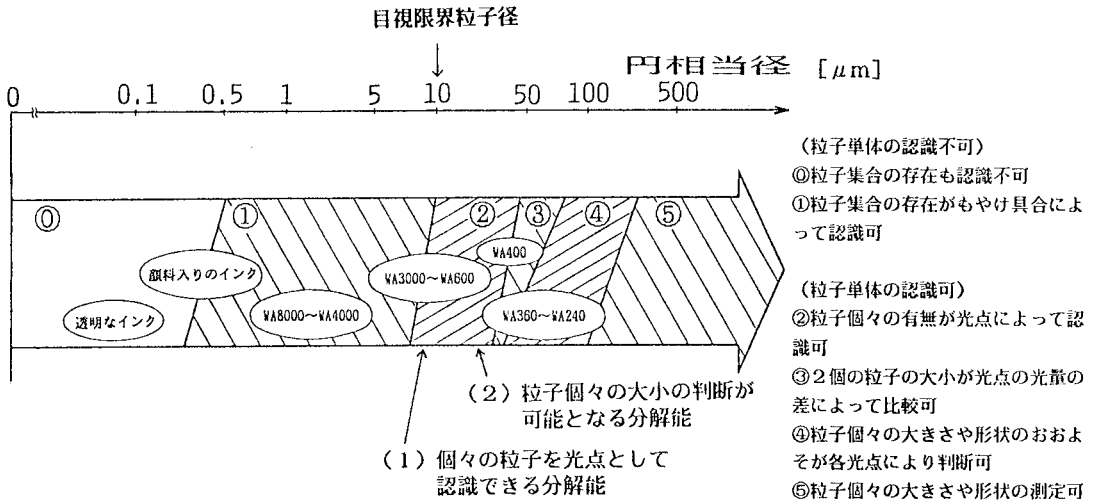


Fig.6 視覚による濁りの様相と粒子径

Fig.5の領域Ⅱでは、逆に粒径が大きくなる程濁って見える。これはこの領域においては目視可粒子群と目視不可粒子群が混在しており、主として目視可粒子群の光点総量を濁りの主要因とみなすためと考えられる。さらに粒径が大きくなる領域Ⅲでは、逆にあまり濁っているとは感じなくなる。これは粒子が大きすぎると、人間はそれを濁りとは判断せず、水に粗大粒子やゴミが浮遊しているとか見ないためである。

### 6. おわりに

本研究では、濁質が同一の種類であるという比較的単純な条件下での濁りの認識構造について考察した。その結果、視覚による濁りの測定というのは、(i)まず明るさの差があるかどうかを判断する、(ii)違いがない場合はさらに細部の違い、例えばもやけ具合、粒子の大きさ、粒子数に注目して判断をする、というように階層的な認識過程を持つことがわかった。そしてこの過程は最初が明るさという直感的な認識であり、次に複雑な演算を必要とする論理的認識へと進む階層構造に対応している。

今後本研究を踏まえて機器計測化を行い、濁りセンサの開発へと発展させる予定である。

### 引用文献

- 1)山本, 佐藤, 波多野(1986). 濁りの感覚計測. 日本機械学会論文集, 53,491,1450-1453.
- 2)山本, 佐藤, 芝沼(1988). 濁りの計量化. 水質汚濁研究, 11,5,314-319.
- 3)小林(1984). センサ化の手法. 計測と制御, 23,3,37-42.
- 4)日本水道協会(1985). 上水試験方法, pp.181-191.
- 5)田中(1977). 心理学的測定法, 東京大学出版会, pp.159-181.

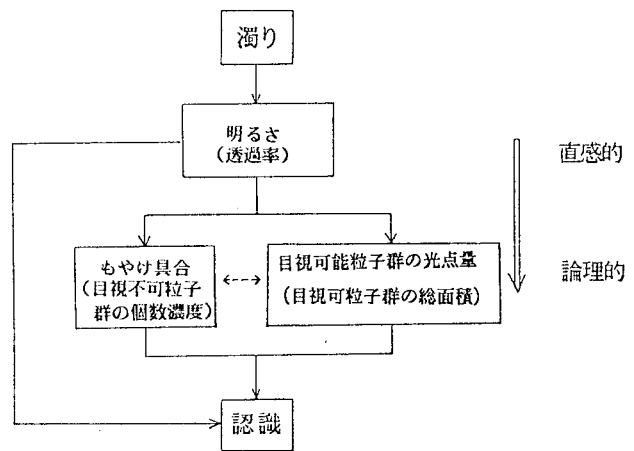


Fig.7 濁りの認識の過程