

九州大学工学部 正 員

上田年比古

学生員

○楠田 哲也

加納 正道

1. まえがき

水中の懸濁物質の凝集は水温、凝集剤および凝集補助剤の種類とその添加量、懸濁系のPH、アルカリ度および溶解イオン、凝集時の攪拌状態、懸濁物質の性質とその粒径などの因子により影響される。この懸濁物質の最適凝集状態を定量的に知るために界面動電位(ZPと略称する)の測定が米国で採用され我國でもこの傾向にある。これは一般に水中の懸濁物質は負のZPを持ち凝集剤添加などによりこのZPが0に近づくとき電気的斥力が少なくなり凝集がよくなると考えられていることに起因する。本報は遠賀川水と人工原水の凝集時におけるZPを測定し、この結果から凝集状態とZPとの関係および遠賀川水の凝集に関する特徴について検討したものである。

2. 界面動電位(ZP)の理論とその測定装置

ZPとは図-1に示すように懸濁物質が溶媒中を運動する場合に懸濁物質に付着して運動する溶媒と静止している溶媒との剪断面における電位であり次式により表される。

$$ZP = (\alpha\eta/D)(v/X) \cdot (300)^2 \quad \text{----- (1)}$$

ここで ZP: 界面動電位(mV) η : 溶媒の粘性係数(Poise = g/cm²sec)

α : 懸濁物質の形状による係数(球形では4/3)

D: 溶媒の誘電率(無次元) X: 電界の強さ(V/cm)

v: 懸濁粒子の移動速度(μ /sec)

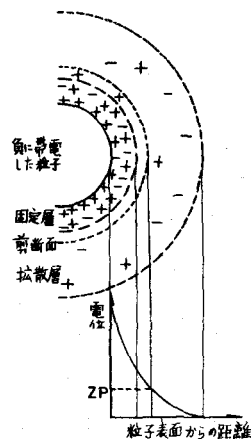


図-1 イオン重層と界面動電位

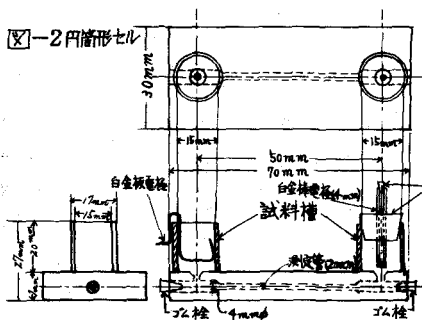
ZPの測定に用いるセルは数種あり、代表的なものとしてブリッグ¹⁾の矩形セルと円筒形セル²⁾があるがここでは円筒形セルを使用した。

実験に用いた円筒形セルを図-2に示す。材質は試料槽がガラス

測定管の部分がアクリル樹脂であり、電源は0~500Vの間で可変の定電圧直流電源装置である。

3. 実験方法

ZPは図-2の2ヶの試料槽中 **図-2円筒形セル** の電極に100~200Vの電圧をかけて、この電極に電気的に引かれて泳動する測定管中の懸濁物質の移動速度を立体顕微鏡により測定した。本実験に使用した凝集剤は硫酸バン土($Al_2(SO_4)_3 \cdot 17.6H_2O$)と硫酸第二鉄



試験項目	分析値
温度	30°C ± 1°C
濁度	84度
色	10度
PH	7.90
アルカリ度	115°
硝酸性窒素	0.27ppm
塩素イオン	16.05ppm
硫酸イオン	125.1ppm
K Mn O ₄ 消費量	18.14ppm
蒸発残留物	395 ppm
硬度(E.D.T.A)	118.6ppm
鉄	0.0091ppm
マンガン	0.205ppm
鉛	0.020ppm
クロム	0.007ppm

表-1 伊佐産地点取水遠賀川水

($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 10.2 \text{H}_2\text{O}$)である。攪拌は六連ジャーテスターを用い、90 rpm、60 rpm、45 rpmで各々10分間行い、残留濁度は横分球式濁度計で測定した。ZP測定用試料は、フロックができるセル内で沈降し測定困難となるので、90 rpmで攪拌を開始して3分経過後のものを使用した。凝集補助剤(セパラン)の添加は凝集剤注入後3分経過(た時に行ない、この時のZP測定用試料の採取は凝集補助剤添加後1分経過した時に行った。なお原水のPHを変化させるのには、0.1 N NaOHと0.1N HClを用い、PHの測定はZP測定時に同時に行った。使用した原水は伊佐産地点の遠賀川水と蒸留水にベントナイトと炭酸水素ナトリウム(NaHCO_3)を加えて作製した濁度56度、アルカリ度44度(A)と濁度73度、アルカリ度124度(B)との二種の人工原水を使用した。遠賀川水の水質は表-1に示す。

4. 実験結果

以下PHを変えて、残留濁度とZPを測定した実験結果についてこのべよう。

(1). 凝集剤を添加しない場合

この測定結果を図-3に示す。この場合、ZPは一般に負であるが、PHの増加につれて減少し、PH 11付近で若干の増加を示している。また人工原水A、Bと比較すれば、アルカリ度の高い方がZPは増加している。遠賀川水は人工原水と異なり、PH 5以下とPH 9.5以上において残留濁度が低下していて、ZPはPH 5で-27 mV、PH 9.5で-42 mVである。

このPH 5以下で残留濁度の低下しているのは水素イオンの濃度の増加によるZPの増加が主原因と考えられ、PH 9.5以上で残留濁度の低下しているのは、表-1に示すような水中の溶解イオンと Na^+ と OH^- イオンの両者による懸濁粒子のイオン雰囲気厚さの減少とナトリウムイオンによるZPの増加のためなどと考えられている。人工原水においてはPH 5以下で残留濁度の若干の減少がみられる。これは前述の水素イオン濃度の増加によるものと考えられる。次にPHの高い部分で遠賀川水のような残留濁度の低下のみみられないのは溶解イオン量の少ないためと推定される。

(2). 凝集剤として硫酸バン土を用いた場合

この測定結果を図-4~8に示す。人工原水の場合の凝集状態は丹保氏らによつてのべられていることとほぼ一致し

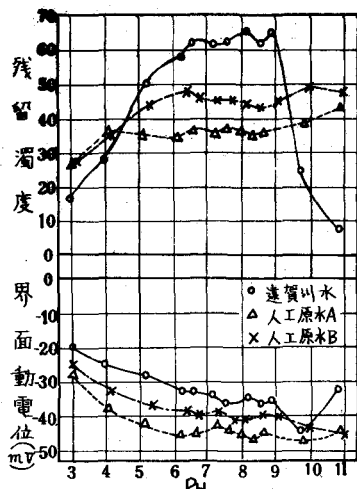


図-3 凝集剤添加量 0 ppm

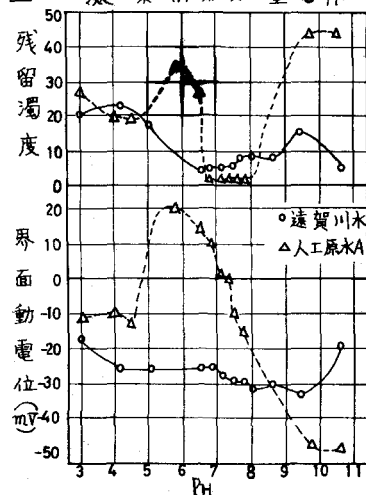


図-4 硫酸バン土添加量 10 ppm

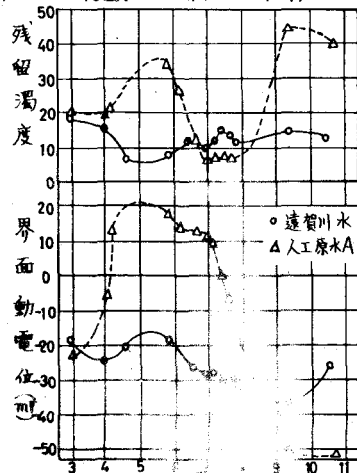


図-5 硫酸バン土添加量 20 ppm

として、ZPが0すなわち等電点付近で残留濁度は低くなり、特にPHの高い方の等電点付近で残留濁度の著しい低下を示していることなどがいえる。遠賀川水の場合には次のような傾向を示している。一般的にいつて、ZPが0に近い場合に残留濁度が低下している。ここで概略のPH領域に分けて考察すると次のようになる。PH<4では人工原水の場合とは逆に、PHが減少するにつれてZPは増加する。しかし濁度除去はよくない。PH 4~5の間ではある程度の硫酸バンド土添加量以上では、急にZPが増加し始め、濁度除去はPH<4の時よりよい。PH 4.5~5.5の間ではピークが存在し、これは硫酸バンド添加量の増加と共に増加し、硫酸バンド添加量40ppmにて等電点に達している。この等電点に達せしめるに要する硫酸バンド土添加量は人工原水の場合よりかなり多い。またこのピークは硫酸バンド添加量の増加と共にPH4.5の方へと移行する。PH 5.5~6.5の間ではZPが減少し濁度除去もPH4.5~5.5よりは悪くなっている。硫酸バンド添加量が80ppm以上になるとZPの平坦な部分が出現する。PH 6.5~7.5の間ではZPは減少の傾向を示し、残留濁度曲線は山と谷を持ち変化がある。PH 7.5~9.5の間ではZPは減少し濁度除去も悪くなる。PH>9.5ではZPはかなり小さいが残留濁度は若干の減少を示す。この実験結果から人工原水では±15.5mV、遠賀川水ではPH5付近で約-20mV、PH7付近では約-30mV以上であれば残留濁度がほぼ25度以下となる。この場合ほぼ良好な濁度除去が認められた。遠賀川水では、濁度除去は広汎なPH領域で行なわれる。

(3). 凝集剤として硫酸第二鉄を遠賀川水に添加した場合

この測定結果を図-9に示す。傾向としては硫酸バンド土添加の場合と大差ないが、ZPのピークの存在するPH値は硫酸バンド土添加の場合に較べて低下している。PH3付近を除けば、ZPがほぼ-30mV以上のところでは残留濁度が25度以下となり、良好な濁度除去がなされる。PH3付近で残留濁度が上昇しているのは、このPHおよびこれ以下では凝集に効果のある水酸化鉄が少なくなり、大部分鉄イオンとして存在するためである。なおPH3における残留濁度は図-3の遠賀川水に對する値とほぼ一致している。これよりPH3以下においては硫酸第二鉄は凝集にあまり効果のないことが解る。そして残留濁度の低い部分が酸性側の広

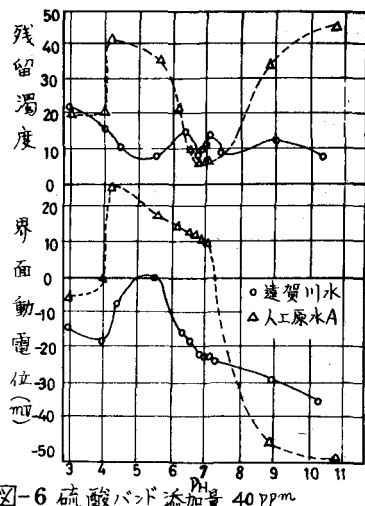


図-6 硫酸バンド添加量 40ppm

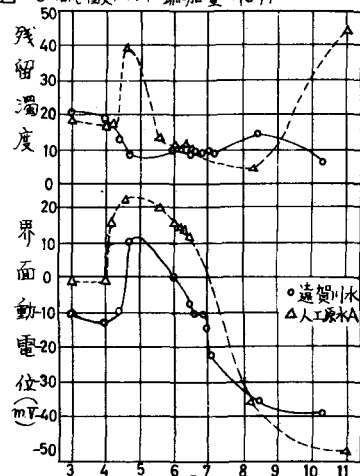


図-7 硫酸バンド添加量 60ppm

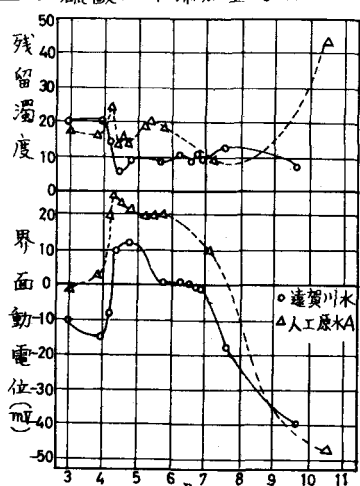


図-8 硫酸バンド添加量 100ppm

いPH領域に存在する。硫酸第二鉄を用いた場合は、硫酸バン土の場合より濁度除去は良く、かつ薬品使用量は少量でよい。

(4). 凝集剤として硫酸バン土、凝集補助剤としてセパランを連賀川水に添加した場合

この測定結果を図-10に示す。いまセパランを添加した場合としなり場合およびセパランの添加量を変えた場合について比較すれば、セパランはZPを若干低下させる傾向がある。このようにセパランはZPを低下させるにもかかわらず、残留濁度はセパランを添加しない場合に比して低下する。これはセパランの凝集効果が主に粘着性に起因するものと考えられる。なお図-10からセパランの添加量の多少は残留濁度したがって凝集効果にあまり影響しないことが解る。

5. おまへ

凝集状態はまえがきにおいてのべたような項目の関数として表されると考えられるのでこの関数関係を見いだし、ZPが浄水管理に役立つよう、今後検討を続けたい。なお研究に御援助いただいた北九州市水道局の関係各位と九大水工土木教室助手崎山正常氏と服部有合子氏に謝意を表します。

参考文献

- 1) DAVID R. BRIGGS : A Pyrex All-Glass Micro electrophoresis Cell. ; INDUSTRIAL AND ENGINEERING CHEMISTRY, Vol.12 No.11. (November 15, 1940)
- 2) THOMAS M. RIDDICK : Zeta Potential and Its Application to Difficult Waters. ; A.W.W.A (1961)
- 3) 丹保寛仁 : 水処理における凝集機構の基礎的研究(Ⅲ) ; 水道協会雑誌(1965)

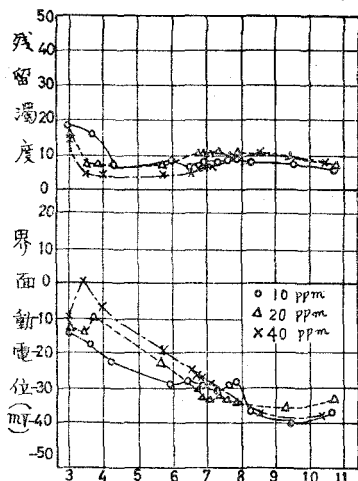


図-9 硫酸第二鉄を連賀川水に添加した場合

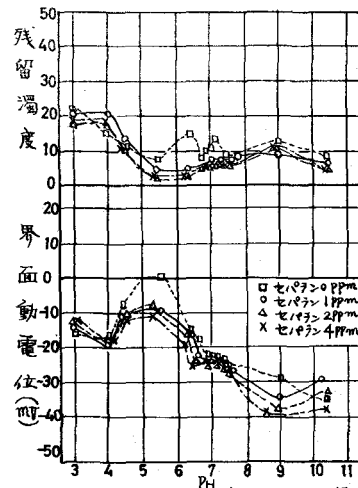


図-10 硫酸第二鉄10ppmとセパランを連賀川水に添加した場合