

京都大学工学部 学生員 尾崎 博明
 正員 寺島 泰
 正員 北尾 高嶺

1. はじめに 清澄ろ過におけるろ材の界面動電位(ζ電位)測定の手法を確立するため、筆者らは流動電位法による測定を試みてきた。ろ材のζ電位に影響を及ぼす多様な因子のうち、おもな幾つかのものについてはすでに検討を加えた¹⁾が、本研究ではさらに液相での電解質の種類および濃度に着目し、ろ材のζ電位に及ぼす影響につき、2種の流動電位測定装置を用いて実験的検討を加えた。こうした検討は測定法自体の確立のみならず、清澄ろ過を化学的に制御する可能性についても基礎的知見を与えるものと思われる。さらにまた、カオリン懸濁液のろ過中におけるろ材のζ電位を実測し、その経時変化とろ過効率におよぼす影響についても若干の検討を行ったのであわせて報告する。

2. ろ材のζ電位に及ぼす電解質の影響 (a) 測定装置および方法

用いた2種の流動電位測定装置の概要を図-1に示す。装置Aは試料充填部の径が30 mm、長さ200 mmの透明アクリル製で、網状の金電極をそれぞれ充填層の両端から少し離して設置した。装置Bは電極にAg-AgCl(板状)を用い、塩橋(寒天3g、KCl 7.4g、水100g)によって接続したもので、充填部の径等は装置Aと同様である。両装置に500~590 μmのガラスビーズを充填し、所定濃度の各種電解質溶液や界面活性剤を含む溶液を流下させ、生じた流動電位を各電極に接続したpHメータ(電位差計として使用)を通じて記録計によって読みとり、また圧力損失はマンノメータによって測定した。ζ電位の算出はつぎのHelmholz-Smoluchowskiの式を用単位に換算して行った。

$$\zeta = 4\pi\eta KE / (DP)$$

ここで、ζ: ζ電位 E: 流動電位 P: 圧力損失

K: 電導度 η: 粘性係数 D: 誘電率

なお、測定は18~21°Cの温度範囲で行ったので測定値への水温の影響はほとんどないと思われる。

測定に用いた電解質等はつぎの通りである。KCl,

K₂SO₄, K₃C₆H₅O₇, K₄P₂O₇, CaCl₂, MgCl₂, MgSO₄

AlCl₃, Cetyltrimethylammonium Chlorid (CTA, 陽イオン性), Laurylbenzen Sulfonic Acid Na Salt (LBS, 陰イオン性)。

一般にガラスビーズのζ電位の絶対値はpHの上昇とともに増加する。上記の電解質の大部分は測定範囲内の濃度におけるpH値が5~6とあまり相違がなく、pH変化のζ電位に及ぼす影響は無視してよいと思われるが、K₄P₂O₇溶液のpHは上昇し、またAlCl₃溶液のそれは低下した。前者はHClによってpH 5.5に調整したが、後者は溶解度との関連でpH調整は行われなかった。

(b) 測定結果および考察 各種電解質濃度におけるガラスビーズのζ電位の値を図-2(装置Aによる)と図-3(装置Bによる)に示す。図中には一方の装置のみによる測定結果も2, 3あるが、装置による測定値の差はほとんどみられず、再現性も高いことから、両者とも十分に測定装置として活用しうることがわかる。両図より陽イオンの価数が増加するほどζ電位はプラス側へ移動し、とくにAlCl₃では非常に低濃度においてζ電位はプラスに反転している。1価および2価の陽イオンの混合系の一例として、図-4にKCl-MgCl₂系(K=60

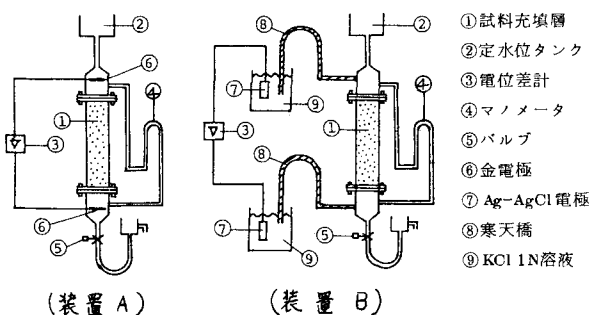


図-1. 流動電位測定装置

μm一定)における測定結果を示す。こうした混合系においては、2価イオンを生じる $MgCl_2$ の影響が卓越していることがわかる。一方、陰イオンについてはあまり大きな影響はみられない。例外的に $K_4P_2O_7$ 中の ζ 電位が若干低下しているが、リン酸イオンはpH 5.5ではほとんど一価と思われ価数では説明し難い。不純物との結合等の可能性もあるが詳細は不明である。また、陽イオン性の界面活性剤は $AlCl_3$ と同傾向を示しているが、陰イオン性のそれは高濃度領域において若干 ζ 電位を低下させるにとどまっている。以上の結果は負に帯電したガラスビーズへの多価陽イオン等の吸着によるものと説明できるが、このことは、本研究の結果が石英の流動電位法あるいは沈降電位法による測定や砂の電気泳動法による測定についての報告と同傾向を示し、 Al_2O_3 の流動電位法による結果の報告とは逆転している(多価の陰イオンの方が影響が大)ことから裏付けられる。KCl等では ζ 電位は $10^{-4}N$ 以下ではあまり低下せず、 $10^{-4}N$ 以上ではガラス側へ上昇しているが、前者は表面電導の影響し、後者は電気二重層の拡散層部分の圧縮によると思われる。 $CaCl_2$ 等の2価の陽イオンを生じる電解質についても表面電導の影響はあると思われるが、 ζ 電位は濃度(対数)とともにほぼ直線的に変化している。

3. 濁質によるろ材の ζ 電位の変化 (2) 実験装置および方法

流動電位測定装置Bをろ過筒として用い、ろ過柱中におけるろ材の ζ 電位の測定を行った。装置Bの電極は外部電極であるため、濁質による影響をうけず、また $AgCl$ の溶解による汚染も生じない利点がある。ろ材には840~980 μ の砂を用いたが、 ζ 電位の変化中を大きくし、測定を容易にするためethylenimine(陽イオン性)の300ppm溶液に長時間浸漬し、蒸留水で洗浄したのちろ過筒へ充填した。ろ層厚さは13cm、空隙率は45%であった。ろ過原水は蒸留水に20 μ 以下にふるい分けしたカオリン($\zeta=-23.7mV$)を約15あるいは20ppmに懸濁させ、さらにKClを加えて伝導度を約100 $\mu S/cm$ に調整した。ろ過実験を開始する直前に伝導度約100 $\mu S/cm$ のKCl溶液によりろ材の ζ 電位を測定し、この値を ζ 電位の初期値とした。 ζ 電位測定を可能とするため、便宜上700%という大きな流速を採用したが、基本的な傾向には差はないと思われる。また測定時には上記の流速を若干変動させたが、ろ過終了後清浄水を通水して流速を同様に変動させたところカオリンの流出はみられなかった。なお、ろ層間隙水は約4~5分で完全に置換されることを実験的に確認している。

(6) 実験結果および考察

図-5にろ材の ζ 電位とカオリンの流出率%の経時変化を示す。図よりろ材の ζ 電位はかなり早い時間に正から負への反転がみられ、ろ過初期のカオリンの付着性の強さを示すものと思われる。しかし反転後の ζ 電位変化は緩慢であり、カオリン間の反発が生じていると推察される。一方、カオリンの流出率の変化から、初期には有効なろ過が生じていると思われるが、時間とともに ζ 電位の変化とも対応したろ過効率の推移が認められる。以上の結果から、ろ材の ζ 電位が多少ともろ過効率に関与していることがうかがえる。(参考文献) 1)尾崎, 寺島, 北尾: 第14回衛生工討論会講演集, 52(1978). 2)たねず, O'Melia, C.R. et al.: J. AWWA 58:134(1966).

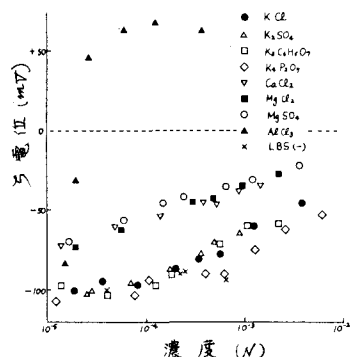


図-2. ガラスビーズの電解質溶液中における ζ 電位 (装置A)

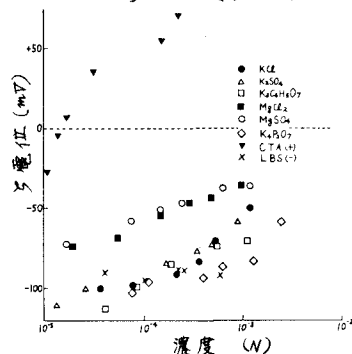


図-3. ガラスビーズの電解質溶液中における ζ 電位 (装置B)

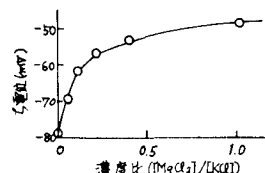


図-4. KCl-MgCl₂混合系における ζ 電位

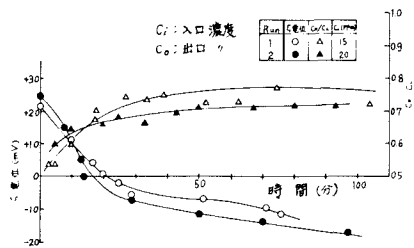


図-5. ろ材の ζ 電位と流出率の経時変化