

リング状電極を用いた電気浸透脱水法に関する試行実験

吉田 裕志*¹, 石川 里美*²

Experimental Attempt on Electro-Osmotic Dewatering
Using Ringed Electrodes

Hiroshi YOSHIDA, Satomi ISHIKAWA

In the process of normal electro-osmotic dewatering of a semi-solid sludge put between two plate-type electrodes placed above and below in vertical direction of the sludge bed, the water content in part of the bed near the upper side electrode opposite to lower drainage surface is considerably reduced, resulting in electrically poor contact between the upper electrode and the bed being dewatered, and then in excessive increase of electrical contact resistance between them. This obviously obstructs the efficiency of electro-osmotic dewatering throughout the bed, and consequently the continuation of the dewatering process becomes difficult. From the viewpoint of lowering the influence of increasing electrical contact resistance, the use of ringed-type upper electrode, in which such electrodes arranged vertically at regular intervals are attached at the sidewall of sludge bed put into a cylindrical vessel, was experimentally attempted by using multi-stage ringed-electrodes, and compared with normal plate-type upper electrode.

KEYWORDS : electro-osmotic dewatering, solid-liquid separation, ringed electrode

1. はじめに

濾過ケーキやスラッジのような固液混合物を上下二つの電極板に挟んで直流電場を印加する電気浸透現象を利用した脱水法では、脱水が進むにつれて排水面と反対側の上部電極板

近傍に形成される低含水率層に起因して電極と脱水試料との接触電気抵抗が増大して試料層全体の脱水が阻害されるようになる。このような脱水阻害を改善する方法として、図1に示すような多段式上部電極法を提案し、

*1 物質工学科 (Dept. of Materials Chemistry and Bioengineering) , E-mail: yoshida@oyama-ct.ac.jp

*2 物質工学科, 平成 23 年 3 月卒業 (現: 旭化成カラーテック(株)) , (Asahi-kasei Color Tech. Co., Ltd.)

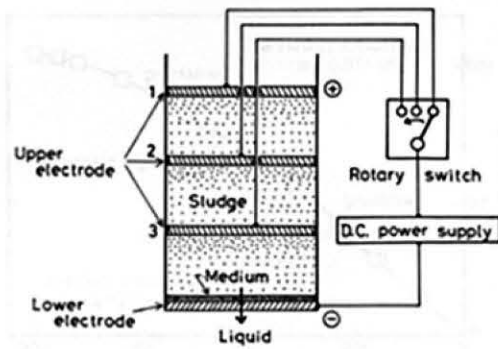


図1 上部多段電極法による実験装置概略（3段の場合）

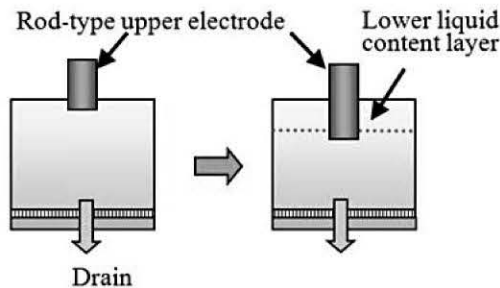


図2 棒状上部電極挿入法による実験装置概略（1本の棒状電極の場合）

上部の多孔性平板状電極を3段にして下方への脱水の進行に伴う含水率分布の変化を考慮して上側の上部電極から下側に切り替えて電場を印加することによって試料層全体の含水率低減に有効であることを報告した¹⁾。また、別の方法として、図2に示すように、上部電極を棒状電極にして脱水の進行とともに徐々に試料層内下方に電極を挿入する棒状上部電極挿入法について提案して来た²⁾。しかしながら、図1の方法では予め層中に上部電極を設置することや脱水終了後の電極および脱水試料の排除去操作が必要になるという欠点がある。また、図2の方法でも棒状電極側面と試料間隙の接触面の調整という難題があり、いずれにしても、これらの方法では装置構造が複雑になるとともに、運転操作上においても極めて煩雑な操作が必要となる。

そこで本研究では、上述のことを踏まえ、装置構造が簡単であるとともに運転操作が容易な方法として、上部電極としてリング状電極を用いた方法を提案した³⁾。すなわち、このリング状電極を脱水槽側壁に一定間隔で多段に固定設置し、脱水の進行とともにリング状上部電

極を脱水試料層の上下方向に切り替えて電場を印加する方法について試行的に実験的検討を行ったので報告する。

2. 実験装置および方法

実験に使用したリング状上部電極を用いた回分式の電気浸透脱水装置を図3に示す。図に示すように、脱水試料層上下の二つの多孔性平板状電極の他に、上下電極板間の脱水試料層側壁にリング状電極を2段に設置して切り替えて用上部電極とした。なお、リング状電極の周壁内部面積は平板状電極面積と同一とした。

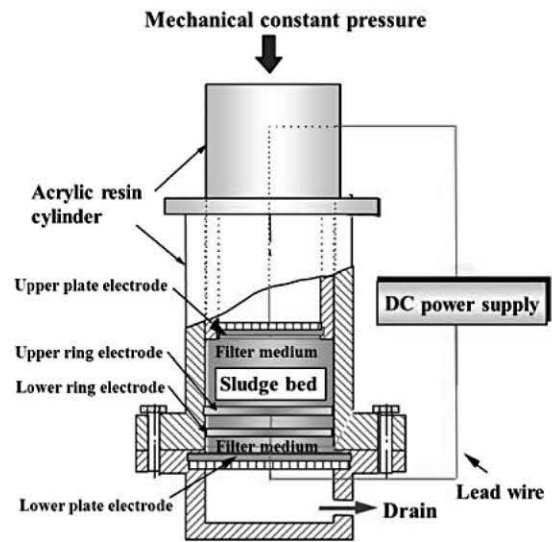


図3 リング状上部電極（2段）を用いた回分式電気浸透脱水装置

固体粒子試料には炭酸カルシウム (CaCO_3) を使用し、脱イオン水と所定の濃度 (50wt%) に調製した一定量 (300g) の固液混合物試料を予め一定荷重圧力によって圧搾脱水して試料層内部の含水率濃度を均一にした後、荷重圧力を維持した状態で印加電圧 100V の定電圧 (CV) 条件下で直流電場を印加し、脱水量、電流、および試料層厚さの経時変化を測定した。また、脱水後の試料層厚さ方向の含水率分布を測定した。

2. 1 試行実験 1

通常の方法の上下平板状電極による電気浸透脱水では試料層上部から含水率が低減する

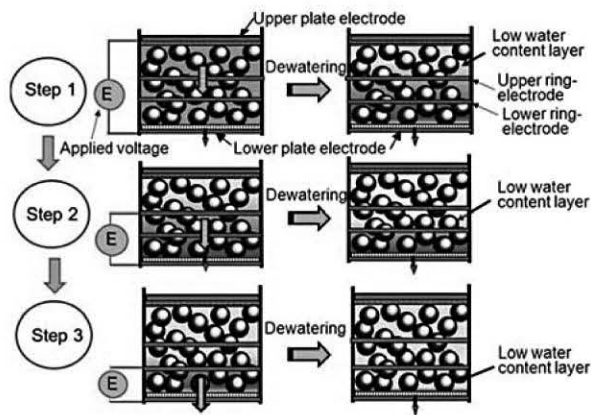


図4 試行実験1の場合の電場印加方法

ので、図4に模式的に示すように、脱水の進行すなわち脱水量や電流値の経時変化を考慮して、上部平板状電極(Step1)から上部のリング状電極(Step2)、次に下部のリング状電極(Step3)に切り替えて電場を加える方法で試験的に実験を行った。

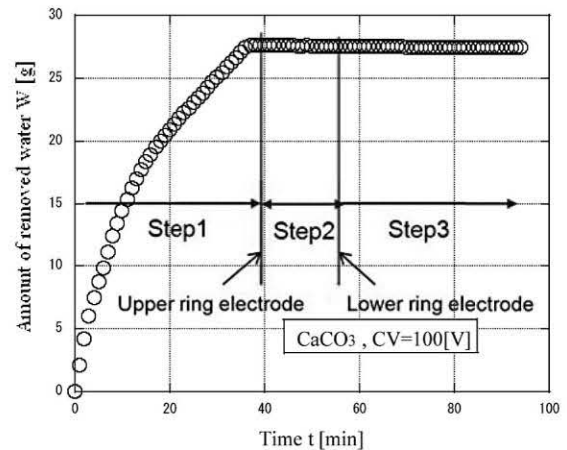
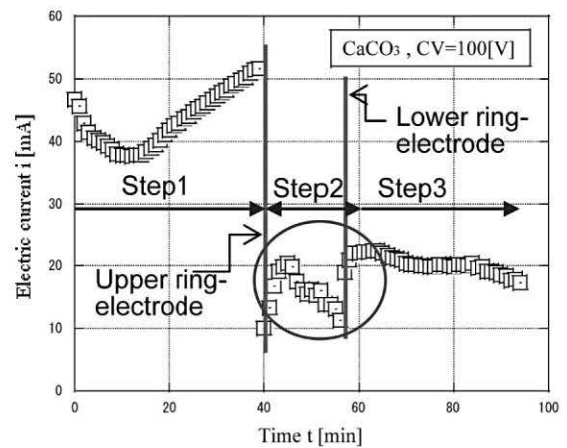
2. 2 試行実験2

上部電極の切り替え方法として、図4に示した試行実験1とは反対に、下部のリング状電極(Step3→Step1)から上部のリング状電極(Step2)、最後に上部平板状電極(Step1→Step3)に切り替える電場印加方法で、同様に脱水量や電流値の経時変化を考慮して試験的に実験を行った。

3. 実験結果および考察

3. 1 試行実験1の結果

脱水量 W および電流 i の経時変化についての実験結果を図5および図6に示す。図5から、Step2の上部リング状電極に切り替えた段階、および Step3の上部リング状電極に切り替えても W は全く増加しないことがわかる。また、図6中の○印の部分に見られるように、 i の値は Step2になると急減し、その後 Step3の段階においても i は小さい値の状態が維持され続けており、通電不良になっていることがわかる。このような結果は、オームの法則から、リング状電極に切り替えた時にリング状電極と下部平板状電極間の脱水試料の電気抵抗が著しく増大することを示唆している。この電気抵抗の


 図5 試行実験1による脱水量 W の経時変化

 図6 試行実験1による電流 i の経時変化

増加の理由は、脱水に伴って試料が収縮して試料層と脱水槽側壁の間に微小間隙が生じることによる接触不良が原因で通電が困難になったものと考えられる。したがって、試行実験1の方法による電気浸透脱水効率の向上は期待できないことがわかった。このような結果から試行実験2による方法について実験的検討を行うこととした。

3. 2 試行実験2の結果

試行実験の結果、図7に示すような脱水量 W の経時変化の結果が得られた。電場印加の操作条件は、通常の上下平板状電極間に電場を印加した場合(△のプロット)、上部電極としてリング状下部電極を用いて電場を印加した場合(◇のプロット)、そして、リング状電極の下部(Step1)から上部(Step2)、その後上

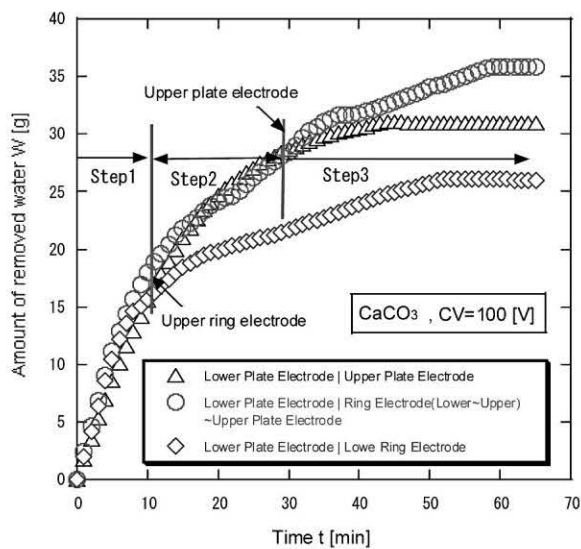


図7 試行実験2の場合の電場印加操作条件による脱水量 W の経時変化の比較

部平板状電極 (Step3) に切り替えた場合 (○プロット) の比較結果である。なお、上部電極切り替え方法では、脱水速度の減少傾向が見られる時点で電極の切り替えを行った。図より、通常の電場印加方法の場合に対して、上部電極を切り替えることによって W の増加が期待されることがわかる。

図7における電場印加の操作条件の下での電流 i の経時変化を図8に示す。脱水経過時間全体を通して i の値は上部電極切り替え方法の場合が最も大きく維持されていることがわか

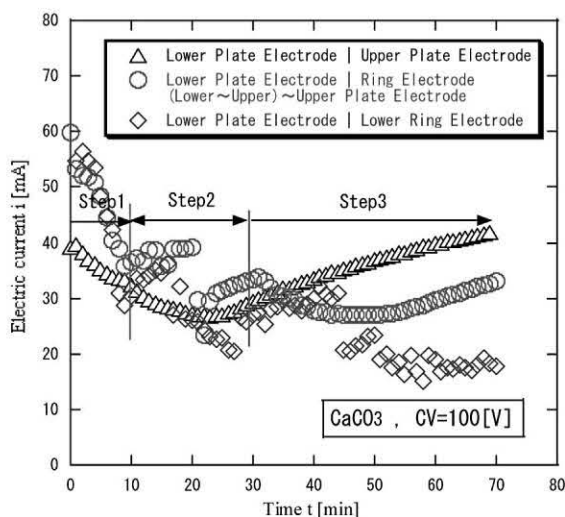


図8 試行実験2の場合の電場印加操作条件による電流 i の経時変化の比較

る。このことは、脱水の進行に伴う電極間の電気抵抗変化が小さく、脱水試料に加わる電場強度 (単位長さ当りの印加電圧) がほぼ一定近くに維持されることを示唆している。したがって、電気浸透脱水過程においては電場強度をできる限り一定に維持することが望ましく⁴⁾、図8のような結果が得られたものと推察される。

図9は、前述の実験操作条件における試料層厚さ h の経時変化である。図の結果は、リング状上部電極および上部平板状電極に切り替えた脱水過程 (○のプロット, Step2, Step3) において h は時間とともに減少することを示しており、図7の脱水量の経時変化の結果と符合していることがわかる。

図10は、脱水後の試料層厚さ方向の含水率 (C) 分布の比較結果である。図中に示すように、脱水終了後に試料層を厚さ方向に3つに分割 (①, ②, ③の部分) し、サンプル試料の湿乾質量比から含水率 C を測定した結果である。図より、電場印加を開始する前の含水率分布 (Pre-consolidation) は厚さ方向に一定値 (均一の含水率) を示すが、電場を印加した場合は、どの操作条件においても試料層上部 (①や②の部分) の C 値が低下することを示している。また、上部電極切り替え方法による C 分布 (○) は通常の方法の上下平板状電極間の場合 (△) に対して層全体でやや小さくなる傾向を示しており、図10の結果からも図7の結果を説明することができる。なお、図10の結果は、リング状下部電極だけを用いた場合 (◇) におい

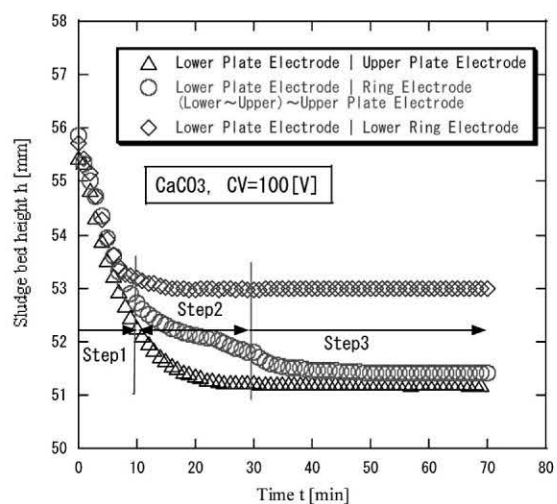


図9 試行実験2の場合の電場印加操作条件による試料層厚さ h の経時変化の比較

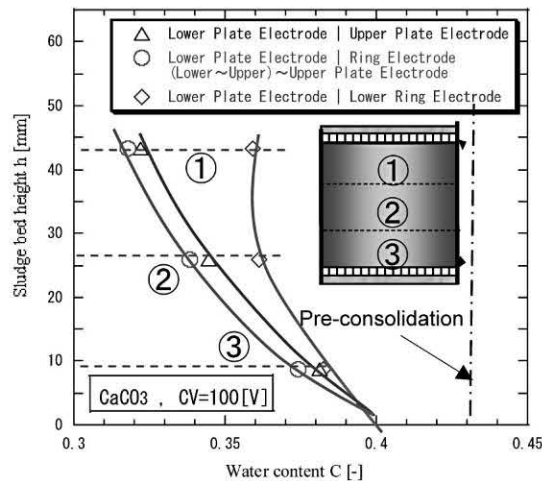


図 10 試行実験 2 の場合の電場印加操作条件による含水率(C)分布の比較

でも試料層上部の含水率が低減、すなわち脱水されることを表している。

脱水に必要とされる消費電力は印加電圧(100V)と電流の経時変化から求めることができる。図 7 および図 8 の結果より、各電場印加操作条件における最終脱水量に対する消費電力効率(=最終脱水量/消費電力)を試算すると表 1 のように表される。表から、消費電力効率は通常の電場印加方法による場合が最も大きく、上部電極切り替え方法はやや小さくなることがわかった。これより、電極を切り替えることによって電力の損失が生じることが考えられる。

4. おわりに

上部電極として簡便なリング状電極を用いて試行的に行った実験条件の範囲では脱水量や消費電力効率に大きな改善は見られなかった。しかしながら、リング状電極設置方法、印加電場強度の変化、定電流条件による操作、電極切り替え時間、装置上方への排水方法、実験試料の選択等、今後多くの詳細な実験的検討を行うことが必要である。その結果によっては電気浸透脱水性能の改善が期待できる方法になる可能性があると考えられる。

参考文献

- 1) Yoshida, H.: Practical Aspects of Dewatering Enhanced by Electro-Osmosis, *Drying Technology*, Vol. 11, No. 4, pp. 787-814 (1993)
- 2) Yoshida, H. and M. Okada, Influence of Electric Field Application with Decreasing One Sided Area of Electrodes on Electro-Osmotic Dewatering, *Drying Technology*, Vol. 24, No. 10, pp. 1313-1316 (2006)
- 3) 吉田裕志・石川里美: リング状電極を用いた電気浸透脱水法の試行実験, 分離技術会年会 2011 技術・研究発表講演要旨集, p. 118 (2011)
- 4) 吉田裕志・藤本 武・H. Hishamudi: 定電圧と定電流操作を組合せた電場印加方法による電気浸透脱水, 化学工学論文集, Vol.30, No.5, pp.633-635 (2004)

【受理年月日 2011年 9月30日】

表 1 最終脱水量に対する消費電力効率の比較

Electric field operating condition	Lower and upper plate electrodes	Lower plate lower and upper ring, and upper plate electrode	Lower plate and lower ring electrodes
Electric energy Efficiency for water removal [g/J]	0.0034	0.0030	0.0026

