

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 7 月 5 日現在

機関番号：13701

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2015

課題番号：25550055

研究課題名(和文)低電場を用いた新規微粒子分離技術による水質浄化

研究課題名(英文)Water purification by novel technique for elimination of particles under low electric field

研究代表者

木村 浩(Kimura, Hiroshi)

岐阜大学・工学部・准教授

研究者番号：40313910

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：水中微粒子の除去方法としては、強制濾過や凝集剤の添加などがあるが、より環境に配慮した方法が求められている。本研究者は水中の固体微粒子の沈降速度が電場印加によって飛躍的に増加する「電場沈降効果」現象をこれまでに明らかにしている。流動状態での電場沈降効果は電界強度0.3 V/mmDC以上で観測された。流速が小さいほど効果が大きくなった。電場沈降効果を最大にするためには流動経路の最適化が有効であることが判明した。

研究成果の概要(英文)：As a means of elimination of particles from water, there are forced filtration and addition of flocculant, etc., however, a more environmentally-friendly method has been desired. This researcher has revealed "electrically-settling effect" so far. In the flow state, the effect was observed when the field strength equals to or larger than 0.3 V/mm was applied to the suspension. The magnitude of the effect increased as the flow rate decreased. In order to maximize the effect, it has been clarified that the optimized pathway of flow in the experimental cell is very important.

研究分野：界面科学、レオロジー

キーワード：微粒子 分散状態 電気二重層 電場 凝集 電場沈降効果

1. 研究開始当初の背景

水中微粒子の除去方法としては、強制濾過や凝集剤の添加などがあるが、これらの方法では、除去速度の向上と環境負荷への配慮を同時に行うことは難しく、根本的な解決方法が求められている。

水などの極性溶媒中では微粒子の表面に電気二重層が形成され、安定な分散状態をとりやすい。電気二重層の厚さが大きいほど、より安定な分散状態となる。本研究者は、水中の固体微粒子の沈降速度が電場印加によって飛躍的に増加することを明らかにしている。これを「電場沈降効果」と名付けた。

2. 研究の目的

環境浄化などのために、効率の良い微粒子分離技術を開発することは重要な課題である。本研究では簡便かつ環境への負担が少ない方法として、低電場を印加することによる微粒子分離技術を開発することを目的とする。必要と考えられる電場は数ボルト/ミリメートルのオーダーであり、極めて小さな電界強度で電場沈降効果を発現させることを特徴としている。

3. 研究の方法

ポリメタクリル酸メチル (PMMA) 粒子、シリカ粒子、ベントナイトなど5種類以上の微粒子の水分散液を調製した。微粒子水分散液にイオン交換樹脂を投入し、徹底的な脱塩を行った。微粒子の大きさやゼータ電位などのキャラクタリゼーションを行った。各水分散液に共通の体積分率の値を 0.000164 とし、オーダーの異なるいくつかの体積分率のサンプルを調製した。

(1) 静置場での電場沈降効果の評価方法

透過光強度測定により微粒子の沈降速度を評価した。測定セル内に白金電極を平行に設置した。電極間距離は 10 mm とした。電極間のちょうど中間点に、セル面に垂直に波長 540 nm の光を入射し、透過光強度の時間変化を調査した。観測点は液面からの深さが 5 mm、10 mm、15 mm、20 mm の点とした。電場印加は測定開始直後に行った。印加電場の電界強度は最大で数ボルト/mm 程度である。

(2) 流動場での電場沈降効果の評価方法

粘度測定による評価方法

二重円筒回転型レオメータを電場印加が可能となるよう改良を加えた。治具が電極として機能するようにした。内筒を正極、外筒を負極とした。内筒とトルクセンサーの途中に、絶縁物を介在させた。外筒はモータに接続しているベアリングを介してアースに接続した。

一定速度で外筒を回転させ、内筒に伝わるトルクから水分散液の粘度を計算した。印加電場の電界強度は最大で数ボルト/mm 程度とした。

体積分率測定による評価方法

流動場での電場沈降効果を調査するため、新規に電場処理槽を作製した。ステンレス電極板をセル内に平行に設置した。電極間距離は 10 mm とした。電場処理槽からの流出部および処理槽への流入部にチューブをつなぎ、閉空間とした。ペリスタポンプにより水分散液を流動させた。流速は最大 490 mL/min までとした。印加電場の電界強度は最大で数ボルト/mm 程度とした。種々の流速・電界強度の条件下で、4 時間電場処理した後、チューブ内の存在する水分散液を絶乾することで電場処理槽内の微粒子体積分率を算出した。

4. 研究成果

(1) 静置場での電場沈降効果

PMMA 粒子およびベントナイト粒子水分散液に電場印加した際の透過光強度変化を測定した。電場印加後、一定時間が経過すると透過光強度が急激な増加を示した。この急激な増加はコロイドリッチな相と透明領域 (ほぼ水のみ) との境界面が観測点を通過したためである。粒子が観測点間で等速運動をしていると仮定して、沈降速度を算出した。電界強度が大きくなるほど、また体積分率が大きくなるほど沈降速度の増加率が大きくなった。交流電場下では非常に低い電場周波数 (実質的には直流電場と見なされる条件) でのみ、効果が発現した。

(2) 流動場での電場沈降効果

粘度測定による評価

微粒子水分散液に定常流動を与えた状態で粘度の時間変化を測定した。数ボルト/mm 程度の電場を印加した場合、水と同程度の粘度まで粘度が徐々に減少した。測定後にはセルの下部に微粒子が沈殿していた。電場沈降効果が流動変形中でも発現することが明らかとなった。

体積分率測定による評価

電界強度 0.3 ボルト/mmDC 以上において、流動下で電場沈降効果が観測された。流速が小さい場合には、ほぼすべての微粒子が電場処理槽内に沈殿した。セル中での流動経路の違いが電場沈降効果に影響を与えた。沈殿中の微粒子が再度循環しないことが重要であることが判明した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計5件)

Hiroshi Kimura, Shinya Takahashi, and Akira Tsuchida, Experimental study for rheological property of exhaustively deionized aqueous suspension of very small colloidal spheres (diameter < 60 nm), Powder Technology, 276, 118-122 (2015). (査読あり)

DOI:10.1016/j.powtec.2015.02.028

Hiroshi Kimura, Aya Nakashima, Shinya Takahashi, Akira Tsuchida, and Keiichi Kurosaka, Changes of viscosity in stevensite mineral aqueous dispersions with application of an electric field of the order of a few V/mm, Applied Clay Science, 114, 120-123 (2015). (査読あり)

DOI:10.1016/j.clay.2015.05.015

Hiroshi Kimura, Shinya Takahashi, and Akira Tsuchida, Rapid sedimentation of poly(methyl methacrylate) spheres and montmorillonite particles in water upon application of a DC electric field of the order of a few V/mm, Applied Clay Science, 101, 623-625 (2014). (査読あり)

DOI:10.1016/j.clay.2014.09.030

Hiroshi Kimura, Mao Ueno, Shinya Takahashi, Akira Tsuchida, and Keiichi Kurosaka, Electrically induced reversible viscosity change in hectorite aqueous dispersion under an AC electric field, Applied Clay Science, 99, 160-163 (2014). (査読あり)

DOI:10.1016/j.clay.2014.06.026

Kazuhiro Shikinaka, and Hiroshi Kimura, Reversible Viscosity Change of Nanotubular Colloidal Aqueous Suspensions Responding to an Electric Field, Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 459, 1-3 (2014). (査読あり)

DOI:10.1016/j.colsurfa.2014.06.035

〔学会発表〕(計3件)

(招待講演)木村 浩、「粘土コロイドの粘度に与える電場の影響」第59回粘土科学討論会(2015年9月4日)山口大学理学部・人文学部(山口県山口市)

(招待講演)木村 浩、「水中微粒子の分散状態に及ぼす電場印加効果」西日本ナノシート研究会ワークショップ(2014年12月13日)山口大学理学部・人文学部(山口県山口市)

(招待講演)木村 浩、「スメクタイト系クレイ粒子水分散液の粘度挙動と乾燥散逸構造」関西接着ワークショップ(2014年11月26日)キャンパスプラザ京都(京都府京都市)

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

名称:

発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

取得状況(計0件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
取得年月日:
国内外の別:

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

木村 浩(KIMURA, Hiroshi)
岐阜大学・工学部・准教授
研究者番号: 40313910

(2) 研究分担者

()

研究者番号:

(3) 連携研究者

()

研究者番号: