

排水処理に関する調査研究

江田善昭
生産技術部

Treatment of Wastewater

Yoshiaki EDA
Production Engineering Division

要旨

機械加工により副生する排水の処理は困難である。本研究では排水処理法として、凝集剤 (PAC) の使用について検討した。その結果、懸濁粒子の凝集を確認した。本研究では懸濁排水処理の一選択肢として次の処理法を提案する。底面にドレインコックを持つタンク中で懸濁排水を貯め、排水に対して 7.5 %体積の PAC を添加、数日間凝集させる。下層にできた比較的透明度の高い水の相を底面のコックより排出する。この処理法により、懸濁排水を 1/2 に減容化できる。

1. 序論

研磨・研削等の機械加工により副生する排水は、懸濁粒子の粒度分布がナノメートルからミリメートルに渡り幅広く組成も多様 (水、母材から発生した金属粒子、工具・砥石から発生した微粒子、アルカリ、界面活性剤等) であるため、その処理は困難である。本研究では、排水処理法として、凝集剤 (PAC) の使用について検討した。

一見安定に見える泥水は、徐々に土壌粒子の凝集・沈殿が進行しやがて泥と水に分離する。この事例からわかることは、サスペンション (懸濁液、水媒体中に固体粒子が分散した状態、例：泥水、工業排水) は熱力学的平衡状態ではないため、やがて凝集・分離するということである。理論的には、無限時間待てば、全ての懸濁排水は微粒子の固まりと水に分離する。実際の生産活動の中で待ち時間を無限に確保することはできない。

懸濁液中の微粒子が凝集しない (有限ではあるが) 長時間分散を保てる理由は次の通りである。分散粒子の多くは水中で負の電荷を持っている。つまり、懸濁粒子は負電荷同士の静電反発力により凝集を避け分散を保持しているのである。凝集処理の概念は、いかに速く分散状態を壊し、凝集させるかという速度論である。正の電荷を持つ高分子が、凝集剤として有効であることは容易に想像できる。

ポリ塩化アルミニウム (PAC) は安価で使い勝手もよいため、近年産業界で広く使用されている凝集剤である。実は PAC の化学構造や凝集メカニズムは明確ではない。おそらく正の電荷を持っている一種の高分子電解質だと想定される。

2. 実験

2.1 試薬・器具

水は、水道水を AQUARIOUS GS-500 (アドバンテック東洋) により脱イオン・蒸溜したものを使用した。凝集剤として高杉製薬の工業用 PAC (ポリ塩化アルミニウム) を用いた。本研究で使用した排水試料は県内企業より提供していただいた。バレル研磨工程により副生した排水 (灰色、未処理、1 サイクル目、研磨媒剤を含む) を排水試料として使用した。排水試料はポリタンク中に常温で保存した。この排水試料は高濃度の懸濁粒子を含んでおり、長期間 (数週間以上) の保存により凝集が観察されたので、使用前に超音波照射して再分散した。

ろ過は全て桐山ロートによる吸引ろ過を行った。ろ紙として桐山ロート用ろ紙 No. 5A (保留粒子 7 μm)、No. 5B (同 4 μm)、No. 5C (同 1 μm)、GFP (同 0.8 μm) およびメンブランフィルタ (同 0.45 μm) を使用した。

2.2 操作

2.2.1 走査電子顕微鏡 (SEM) による凝集体の観察

分散粒子の観察を SEM により行った。

本研究で用いた排水試料は、ろ紙の目詰まりを起こしやすい、ろ過困難の試料だった。そこで定石通り、粒径の大きい粒子から段階的にろ去を試みた。すなわち、ろ紙 No. 5A (保留粒子 7 μm)、No. 5B (同 4 μm)、No. 5C (同 1 μm)、GFP (同 0.8 μm) およびメンブランフィルタ (同 0.45 μm) の順に段階的にろ過をした。全てのろ過操作において酷い目詰まりを起こした。結果的に約 10 mL の乳白色の半透明懸濁液を得た。得られた懸濁液を 2 ヶ月間放置したら、数 mm の白色沈殿が観察された。白色沈殿をろ取し、乾燥し

て SEM 用の検体とした。

2.2.2 PACによる凝集

有栓メスシリンダーに仕込んだ排水試料（懸濁相）に PAC を添加して、手で振り混合、24時間静置してデジタルカメラで撮影した。PAC の比重は試料のそれよりも高いので、浸透が十分でないと混じらずに排水の下に分離相を形成してしまい、凝集が起こらない。混合するまで十分手で振った。

凝集後の懸濁相の体積を凝集前の懸濁相の体積で除して圧縮率とした。

3. 結果・考察

3.1 基礎物性

PAC は比重 1.20 (21.3 °C), pH2.74±0.03 (19.8 °C) であった。排水試料は比重 1.00 (21.3 °C), pH9.81±0.03 (18.8 °C) であった。

3.2 SEMによる観察

Fig.1 は凝集体の SEM 像を示す。サブミクロンスケールの微粒子が観察された。

EDS (エネルギー分散型 X 線分析装置) による元素分析によると主成分は Si と Al であった。バレル研磨の砥石に由来するシリカ・アルミナ系粒子だと推測される。

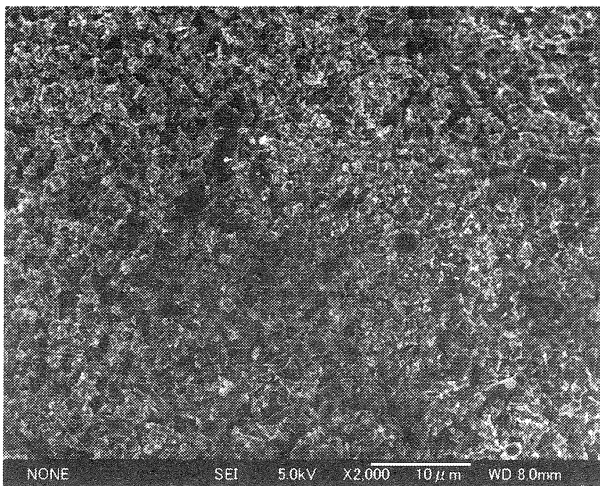


Fig.1 Scanning electron micrograph of aggregate from the wastewater sample.

3.3 PACによる凝集

Fig.2 に24時間凝集後の写真を示す。界面が明確で二相分離している。下の相は完全に透明（分散粒子ゼロ）というわけではないが、PAC 添加前に比較するとずっと透明度が高い。

PAC 添加後10分ほどで二相の界面が見え始めた。凝集剤による凝集にしては速すぎる。PAC は酸性であり、排水

試料はアルカリ性である。PAC を添加したことで中和反応が起きて、負に荷電していた分散粒子が電気的中性になった（粒子間反発力が消失）ためと推測される。

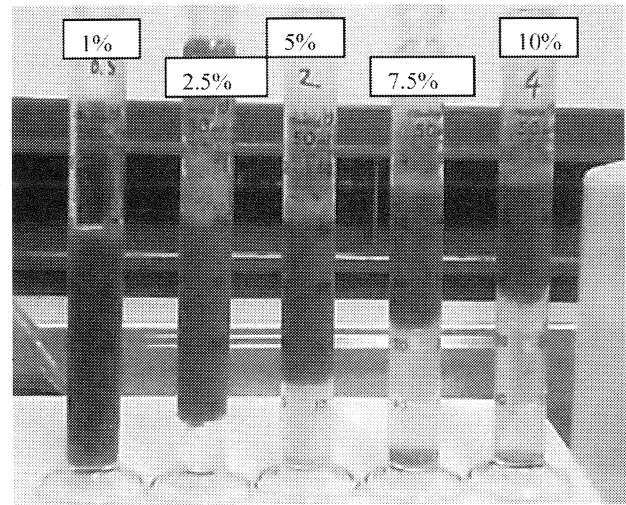


Fig.2 wastewater sample after aggregation by PAC.

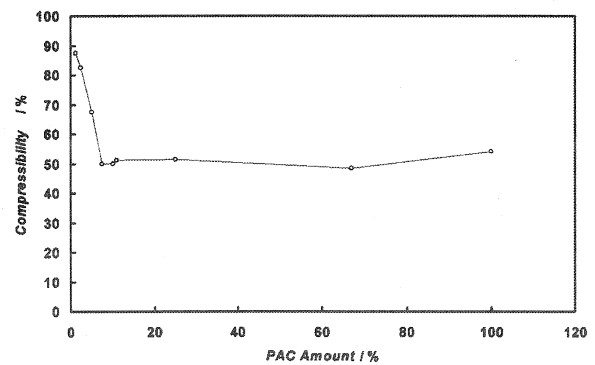


Fig.3 Relation between the compressibility of suspension phase and the addition amount of PAC.

Fig.3 は PAC 添加量と懸濁相の圧縮率の関係を示す。低 PAC 添加量領域では添加量が多いほど圧縮率が低い（凝集がよい）。高添加量領域は横ばいである。二つの領域の境界点は 7.5 % であった。凝集後の清純相の処理を考えると PAC 使用量は少ないことが好ましい。すなわちもっとも効果的な PAC 添加量は排水試料に対して 7.5% 体積である。

（今回の排水試料の場合）分液ロートを使って同様の実験をしてテフロンコックから（懸濁相が混じらないように）静かに下層水を取り出すことにより、比較的透明度の高い水を得て、分液ロートには懸濁相のみが残った。すなわち、この方法で懸濁排水を約半分に減容化できた。

本研究では懸濁排水処理法の選択肢の一つとして次の処理法を提案する。底面にドレインコックを持つタンク中で懸濁排水を貯め、排水に対して 7.5% 体積の PAC を添加、

数日間凝集させる。下層にできた完全に透明ではないが比較的透明度の高い水の相を底面のコックより（懸濁層が混じらないように静かに）排出する。この処理法により、懸濁排水を 1/2 に減容化できる。

4. 結論

本研究では、懸濁排水処理法として、添加塩、凝集剤（PAC）の使用について検討した。その結果以下の処理法を提案する。底面にドレインコックを持つタンク中で懸濁排水を貯め、排水に対して 7.5%体積の PAC を添加、数日間凝集させる。下層にできた比較的透明度の高い水の相を底面のコックより排出する。この処理法により、懸濁排水を 1/2 に減容化できる。