

B-27 泡沫分離プロセスを導入した連続式処理システムによる鉄道車両所廃水からの 油分・濁質の除去

宮崎大学大学院工学研究科土木環境工学専攻 ○上利真広

宮崎大学工学部土木環境工学科

同上

鈴木祥広

丸山俊朗

1. はじめに

鉄道車両所廃水は鉱油だけでなく濁質や界面活性剤などを含む特殊な混合廃水であり、油が乳化しており、水質変動が大きいところから、処理困難な廃水の一つとされている。したがって、現在においても処理性が高く、維持管理が容易で、処理時間の短い処理技術へのニーズは高い。凝集剤とカゼインを用いた凝集・泡沫分離法は、回分式実験において油分・濁質・界面活性剤の同時除去が可能であることがわかっている¹⁾。

(原水の LAS 5mg/L を容易に 0.1mg/L(98%)まで除去できる)そこで本研究では、鉄道車両所廃水を対象として、凝集・泡沫分離と中空円筒型ろ材を用いた上向流式ろ過のプロセスからなる連続式処理システムを構築し、実廃水の油分と濁質の除去能を検討した。

2. 実験方法

2.1 予備実験 (ジャーテスト法, 回分式凝集・泡沫分離法)

連続実験に先立って、至適 pH とおおよその凝集剤とカゼインの必要量をジャーテスト法と回分式泡沫分離法で求めた。

(1) 原水 某鉄道車両所から約 24 時間にわたって貯留槽に流集・貯留されるコンボジット廃水について、平成 15 年 8 月 26 日 (火) の 9, 13 および 18 時と平成 15 年 10 月 2 日 (木) の 9, 13 および 17 時に採水した廃水を原水とした。平成 15 年 8 月 26 日 (火) 原水の pH は 11.06~11.28, 濁度は 7.5~41.8 度 (濁度 1 度はカオリン濃度 1mg/L に相当, 以下同じ), 油分濃度は 0.1~0.4mg/L であり, 平成 15 年 10 月 2 日 (木) 原水の pH は 11.06~11.59, 濁度は 14.1~43.3 度, 油分濃度は 0.1~7.4mg/L であった。

(2) 実験手順 原水 500mL をジャーテスターによる急速攪拌 (150rpm) 下で pH 調整剤 (1N-NaOH 又は 1N-HCl) と凝集剤 (PAC) を添加し, 急速攪拌を 3 分間行い, 続いてカゼインを添加し 1 分間の急速攪拌後, 50mL 分取し, pH 測定した。残り 450mL の微細フロック懸濁液を泡沫分離装置 (図 1) に移し, 底部に設置したガラスボールフィルターから 0.5L/分の空気を送気した。気液比は 5.6 とした。水面上に形成された安定泡沫は泡沫吸引管より吸引し, 泡沫トラップ瓶に回収した。処理時間は 5 分間とした。処理後, ドレンより全量を回収し, 濁度と油分濃度を測定した。

2.2 連続パイロットプラント実験

(1) 原水 pH は予備実験用廃水を含めて測定範囲は 8.18~11.88 で, (平均 pH±標準偏差, 以下同じ) は 10.91 ± 0.82 (n=34) であった。pH8.18 を除けば, 最低 pH は 10.50 であった。原水は常に高 pH と見なされ, 凝集処理には pH 調整が必要であることがわかる。原水濁度は 7.5~910.3 度の間に分布し, 平均濁度は 150.7 ± 203.8 度 (n=34) であった。原水濁度の (最高値/最低値) は約 120 倍 (=910.3/7.5) であり, 油分濃度は 0.1~84.3mg/L に分布し, 平均油分濃度は 14.2 ± 24.0 mg/L (n=34) であった。最高値/最低値は約 840

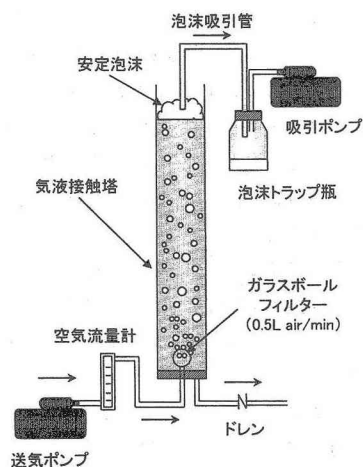


図1 回分式泡沫分離装置

倍 (=84.3/0.1) で濁度よりも激しく変動した。

(2) 実験方法 車両所の貯水槽より本実験システム (図2) に設置した原水貯留槽 (有効容量: 2m³) に揚水し、攪拌混合を開始した。並行して、原水槽以外のシステム全体に水道水を満たした。

原水貯留槽のpHは硫酸を加えて予備実験からpHを6~6.5に調整して原水とした。

処理流量を設定 (基本流量: 5L/分) し、通水を開始した。原水をPAC混合槽の上流槽に流入させ、攪拌機で混合しつつPACを注入し、次いでカゼイン混合槽にカゼインを注入した。基本流量5L/分の時のPAC混合槽とカゼイン混合槽の全滞留時間は18分 (=5分×3槽+3分×1槽) とした。

カゼインが吸着した微細ブロックを含む懸濁液を、前もって空気自吸式エアレーターを作用させている第1泡沫分離槽に導入し、流出水を第2泡沫分離槽 (第1および第2泡沫分離槽の各平均滞留時間: 20分) に、さらに第2泡沫分離槽流出水をろ過槽 (平均滞留時間: 空塔で30分, ろ過速度: 50m/日) に導入した。

PACとカゼインの注入開始2時間後に分析用試料として、原水槽、第1泡沫分離槽流出水、第2泡沫分離槽流出水、およびろ過水を採水した。pH、濁度、油分濃度を測定した。システムの全滞留時間は、基本流量5L/分の場合では計算上88分となる。

実験終了後、システムに滞留する全水量を排水し、再び水道水を満たした。

3. 結果

3. 1 予備実験

図3はpH11.06~11.59、濁度14.1~43.3度の原水の凝集沈殿を行なった場合のPAC添加量を20mg Al/LとしたときのpHと濁度除去率 (残留濁度) の関係を表した凝集沈殿マップである。pH5.8~6.5程度の狭い範囲において、いずれの時刻の原水でも濁度除去率 (残留濁度) は98.9~99.2% (0.15~0.39度) まで処理された。PAC添加量5mg Al/Lでの至適pH条件は5.3~6程度であった。したがって、pH条件は約6、PAC必要量は5~20mg Al/Lとみられ、pHは厳密に、PAC必要量は必ずしも厳密でなくてもよいことがわかった。

凝集・泡沫分離法において、濁度が7.5~41.8度、油分濃度が0.1~0.4mg/Lの原水では、PAC5mg Al/Lとした場合の高い濁度除去率を得るためのカゼイン必要量は3~30mg/Lと変化した。カゼイン必要量が少なくても高い除去率が得られた理由は原水に混入している界面活性剤が起泡剤として作用したためと考えられる¹⁾。

3. 2 パイロットプラント実験

(1) 至適気液比

気液比は本システムの最も重要な操作因子の一つである。気液比を5, 10, 15と変化した実験 (原水濁度19.1度) と15, 20, 27と変化した実験 (原水濁度386~910度) を行なった。気液比15が最適で、濁度 (386.4度) ・油分濃度 (35.6mg/L) の廃水では、PAC30mg Al/L, カゼイン10 (第1) +5 (第2)

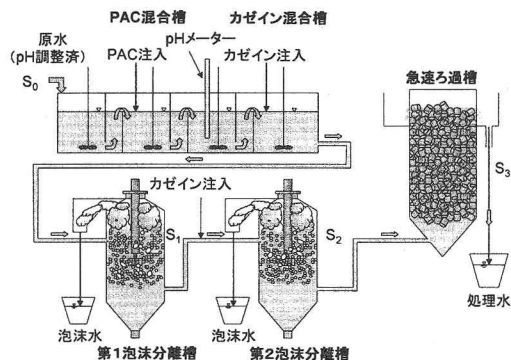


図2 連続式泡沫分離システム

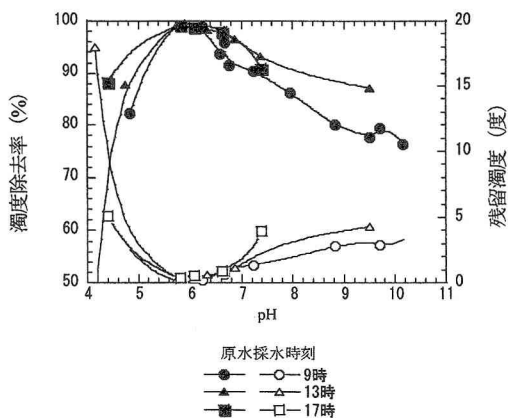


図3 車両所排水の凝集沈殿マップ

採水日時: H15年10月2日9時, 13時, 17時
PAC注入率: 20mg-Al/L

ろ過水濁度は8.13度、ろ過水油分濃度は0.1mg/Lであった。PACとカゼインの添加量をもう少し増加させると残留濁度はさらに低下すると考えられた。

(2) PAC添加量の処理性への影響

濁度19.3度の原水に対してPAC注入量を変化させ、カゼイン添加量をカゼイン混合槽に20mg/L、第1泡沫分離槽流出水に20mg/Lに添加した条件では、残留濁度は第1泡沫分離槽で急激に低下し、PAC添加量10、20、40mg Al/Lでそれぞれ1.1、1.2、1.8度であった。残留濁度がPAC注入量にほとんど支配されなかった。理由は、原水濁度が19.3度と低く、PAC必要量が10mg Al/L以下のためと考えられる。

(3) PAC注入点と注入法(量)の処理性への影響

原水濁度68.5～71.7度に対して、PAC20mg Al/Lを第2槽に注入して混合時間を10分とする場合と、第1混合槽に注入して混合時間を15分にする場合とでは差はなく、PAC注入量12mg Al/Lを3分割して注入してもほとんど同じ結果であった。PAC添加量20mg Al/Lが多すぎたためと考えられる。一方、分割注入の効果が示唆された。

(4) カゼイン必要量とその添加点の影響

濁度76.1～80.4度、油分濃度8.1～9.2mg/Lの原水では、PAC20mg Al/Lの一定としてカゼイン必要量は10～20mg/Lであり、カゼイン混合槽への添加量10mg/L、第1泡沫分離槽流出水への添加量5mg/Lで第2泡沫分離槽流出水の残留濁度は1.2度、残油濃度0.3mg/Lまで処理された。カゼイン添加はカゼイン混合槽へ多く、第1泡沫分離水への添加量を少なくする方が、処理効果が高い。

(5) 泡沫分離槽の平均滞留時間

本システムの基本流量は5L/分としたが、流量(平均滞留時間)を5L/分(20分)、6.7L/分(14.9分)、8.9L/分(11.2分)と変化させた場合、原水濁度92.0、217.1度が、第1泡沫分離槽流出水ではそれぞれ12.3、13.5度でほとんど同じであった。ろ過水の残留濁度もそれぞれ2.2～2.7度であった。原水油分濃度は10.4mg/Lではあったが、第1泡沫分離槽流出水の油分濃度は0.2mg/Lまで処理された。平均滞留時間は設計滞留時間の1/2の10分でよいことがわかった。

(6) 急速ろ過槽の効果

原水濁度421.4度から第1泡沫分離槽で282.3度に、第2泡沫分離槽で33.9度に低下し、ろ過槽で8.9度まで除去された。これに対し第2泡沫分離槽を省略した条件では、原水濁度434.7度から第1泡沫分離槽で196.4度に低下し、ろ過槽で12.2度まで除去された。油分濃度は第1、第2泡沫分離槽で80.1mg/Lから3.2mg/Lにろ過槽で0.1mg/Lまで低下した。第2泡沫分離槽がない場合には第1泡沫分離槽の46.6mg/Lからろ過槽水では0.3mg/Lまで低下した。第1、第2泡沫分離槽流出水濁度が高い場合、ろ過槽の除濁効果は著しく大きい。

4. まとめ

- (1) 某鉄道車両所廃水の凝集至適pHは6～6.5程度である。
- (2) 回分式凝集・泡沫分離法(原水濁度が7.5～41.8度、油分濃度が0.1～0.4mg/L)におけるPACとカゼイン必要量は、pH6において最小PAC必要量は5mg Al/L程度であるが、カゼイン必要量は3～30mg/Lと著しく変化する。(この変化は含有する界面活性物質に影響されていると考えられる。)
- (3) 連続凝集・泡沫分離法における泡沫分離槽の最適気液比は15、泡沫分離槽の適切な平均滞留時間は10分である。処理手順としてはPAC注入量を10～20mg Al/L、カゼイン添加位置とその添加量を、カゼイン混合槽に10mg/L、第1泡沫分離槽流出水に5mg/Lとし、これを中心に原水濁度によって対応できると考えられる。このような条件で筆者らが目標とする残留濁度2度、排水基準の残油濃度5mg/Lの1/10未満まで着実にかつ安定的に処理できた。

参考文献

- 1) 磯崎 尚, 丸山俊朗, 鈴木祥広(2003.3) 凝集・泡沫分離法による油濁・濁質・界面活性剤の同時除去と処理特性, 土木学会西部支部研究発表会概要集, pp454-455.