

新排水基準に適合した亜鉛排水処理施設の改善と浮選法の適用に関する研究 (第2報)

中西 貞博*¹

中村 知彦*²

日下 英史*³

[要 旨]

亜鉛の規制強化¹⁾に対応するため、マイクロバブル浮選法による排水処理を検討している。簡易実験装置を組み立て、砂ろ過前の処理水(以下「試料処理水」と称す。)の連続試験を行ったところ、カチオン系の活性剤を用いた場合に、亜鉛濃度2mg/L以下が実現された。そこでこの結果をもとに、可搬型ミニプラントを試作し、試料処理水及び第2pH調整水(以下「試料原水」と称す。)をプラントに引き込み実証試験を実施した。結果は、実証試験においても、pH及び送液量を調整することで、亜鉛濃度2mg/L以下の処理が実現された。

1 はじめに

前報で報告したマイクロバブル浮選法による回分試験では、排水性状に合った活性剤の選択で、亜鉛濃度2mg/L以下の実現が示唆された。そこで今回は実用化を目指し、連続処理を検討する。簡易実験装置を組み立て予備実験を行い、その結果をもとに、可搬型ミニプラントを試作し、実証試験を実施した。

2 調査方法

2.1 簡易実験装置

図1に示す連続処理用の実験装置を組み立てた。内径5cm、高さ250cmの亚克力円筒容器の底にマイクロバブル発生器を取り付けた。試料水を容器中央部から導入し、流量計で調整する。処理液は底部からサイホン式レベル管を通して排出されるため、液面が一定に保たれ、導入量に相当する処理液が排出される。また処理液の一部が循環し、循環ラインの途中に設置した空気吹き込み型のマイクロバブル発生器に入り、直径数十 μm の細気泡²⁾と混合される。また浮上分離した汚泥は容器上部から溢れ出し、角形水槽に貯まり、排出ラインを通して回収される。

2.2 排水試料

前報の放流水の回分試験で、処理効果が高かった事業所の試料処理水及び試料原水を排水試料とした。放流水の亜鉛濃度は3~5mg/Lで暫定基準5mg/L¹⁾内であるが、新基準2mg/Lは超えている。0.45

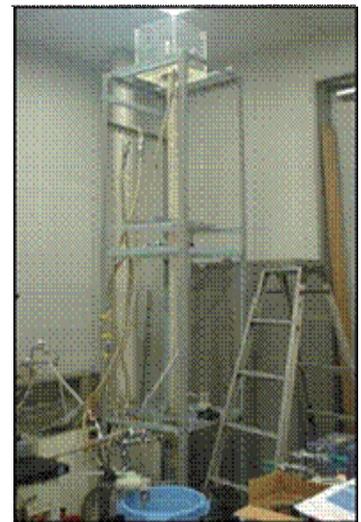


図1 連続処理実験装置

μm のメンブランフィルタでろ過すると2mg/L未満になる。活性剤としてカチオン系が効果的であった。

2.3 排水分析

前報と同様の方法で、残留亜鉛濃度を分析した。分析はJIS K 0102に準拠して行った。採取試料50mlに硝酸2.5mlを加え、約10mlまで加熱濃縮後、内標(イットリウム:1000ppm)を0.5ml加え、50mlにメスアップし、分析に供した。分析は誘導結合プラズマ発光分光分析装置(SPS 3100HVUV:エスアイアイ・ナノテクノロジー(株)製)を使用し、内部

*1 応用技術課 主任研究員

*2 応用技術課 主任研究員

*3 京都大学大学院エネルギー科学研究科 助教

標準法で行った。

2. 4 予備実験

実験条件を表1に示す。事業所から採水した排水試料に活性剤とエタノールを加え、10分間攪拌した。10分後、試料水を水流ポンプで反応筒に注ぎ込み、サイホン式レベル管で液面高さを一定に調整した。空気を吹き込みマイクロバブル発生器から細気泡を発生させ、状態を安定させた後、その状態で送液を開始し、処理を始めた。送液量を調整し、サイホン式レベル管から排出される液を一定時間毎に採水し、分析に供した。

表1 実験条件

排水の種類	試料処理水
排水量 (L)	100
界面活性剤0.01mol/L溶液 (ml/L)	10
エタノール (ml/L)	2
エージング時間 (分)	10
反応筒容量 (L)	5
送液口	反応筒中央

2. 5 可搬型ミニプラントの試作

図2に示す可搬型ミニプラントを試作した。反応筒と分離筒が連結した2筒構造で、各筒の容量は、円筒容器を継ぎ足すことで、増量可能である。反応筒は内径30cmで、定量ポンプで送液された排水試料と薬液を混合するための攪拌機が付いている。分離筒は2重槽構造で、内径10cmの内槽に試料送液部とマイクロバブル混入水の導入部が集中している。内槽内で試料とマイクロバブルが混合し、その気液混合による乱流が治まり、安定した上昇流になった時点で、外槽部に合流する仕組みになっている。分離筒液面で濃縮された汚泥は、掻取り機で系外に取り除かれる。処理液は外槽部を降下し、筒下部からレベル管を通して再度分離筒液面高さまで持ち上げられ、排出される。更に処理液の一部は循環し、加圧空気と混和して空気吹き込み式マイクロバブル²⁾発生器に送られ、マイクロバブル混合水の製造に使われる。マイクロバブル発生器は、市販のものを使用

した。またプラントの各筒は10kg以下のパーツに分解可能で、現場で組み立てる仕様になっている。



図2 可搬型ミニプラント

2. 6 実証試験

可搬型ミニプラントを事業所に持ち込み、処理施設から一定量の排水試料をプラントに引き込み、連続処理を行った。活性剤とエタノールを混ぜた薬液を100Lタンクに調整し、その一定量を反応筒へ送液し、連続的に排水試料と反応させた。反応時間は、既存アルカリ凝集沈殿法での反応時間(約40分)を目安に変化させた。反応後、試料水を反応筒下部から分離筒内槽に送り、そこでマイクロバブルと混和させた。マイクロバブル混入水の流量は0.5L/分。内槽内の状態が安定した上昇流になって外槽と合流し、分離筒上部に達するまでの時間が滞留時間となる。試料原水を処理する場合は、既存法の沈降分離時間が約3時間、一般的な浮上分離の場合は30分から1時間と言われていることから、今回の場合は、30分を目安に滞留時間を調整した。更に、分離筒下部からレベル管を通して排出される処理液を一定時間毎に採水し、分析に供した。

3 結果と考察

3.1 連続処理実験

試料処理水の連続処理結果を図3に示す。図1に示す実験装置の容量は約5L。滞留時間10分とすると流量は0.5L/分になる。そこで流量を変えて、処理効果を検討した。結果は、流量0.2 L/分までは2mg/L以下の処理が維持できるが、0.5 L/分では難しかった。今回の事業所の排水量は、約4m³/時間であることから、約330倍の処理能力が必要になる。滞留時間は25分(流量0.2 L/分)以上必要であった。

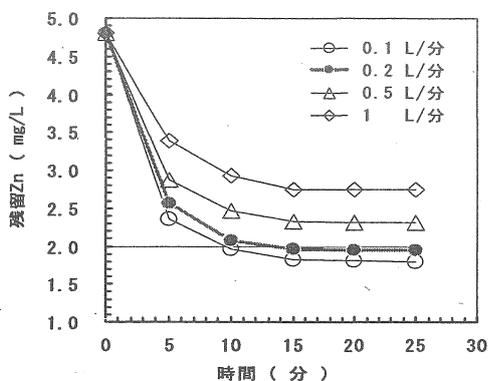


図3 試料処理水の連続処理

3.2 可搬型ミニプラントの試作

試料処理水の連続処理結果をもとに、可搬型ミニプラントを試作した。図4に装置フロー図を示す。事業所の排水量は80 m³/日(20時間)である。連続処理試験では、滞留時間25分以上が必要であったことから、滞留時間30分を基準にミニプラントを試作した。今回の試作では処理能力1/20~1/10規模のプラントを予定していたことから、送液量は3.3~6.6L/分になる。この送液量で滞留時間30分を確保するには、99~198Lの分離筒容量が必要になる。また今回は、処理水の一部を循環させマイクロバブル発生に使うことから、その循環量が送液量に加算される。循環量を0.5L/分とした場合は、滞留時間30分を確保するには、114~213Lの容量が必要になる。今回のミニプラントでは、分離筒容量を140L。約1/15規模のプラントとした。更に今回の試作で特に手を加えた部分は、分離

筒の形状である。連続処理実験では、送液による乱流の影響で分離が不安定になる現象が見られたことから、分離筒を二重槽構造にし、内槽内に試料送液部とマイクロバブル混合液の導入部を集中させた。内槽内で混合攪拌させ、乱流が治まり、安定した上昇流になった時点で外槽部と合流する構造にした。泡と共に上昇した粒子は、筒上部液面で濃縮し、掻き取り機で掻き取られる。処理液は外槽部を降下し、筒下部からレベル管を通して再度分離筒液面まで持ち上げられ、放流される。更に処理液の一部は循環し、加圧空気と混和してマイクロバブル発生器に送られ、マイクロバブルの発生に使用される。マイクロバブル発生器は、市販のものを使用した。

3.4 可搬型ミニプラントによる実証試験

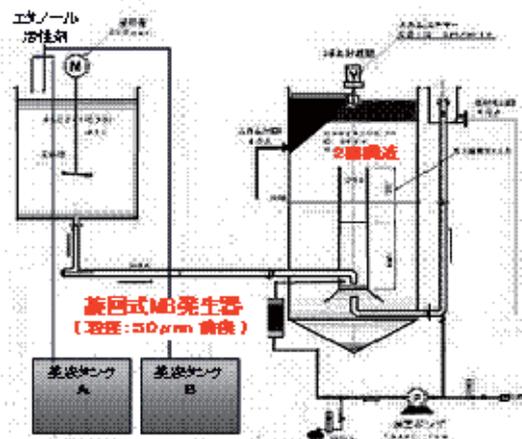


図4 可搬型ミニプラント(フロー図)

可搬型ミニプラントを事業所に持ち込み、既存処理施設の排水試料を実験プラントに引き込み、実証試験を行った。試料処理水を引き込んだ場合の結果を図5に示す。液面高さを調節し、反応筒液量を120Lに調整した。送液量は4L/分。循環量は0.5L/分。反応時間は30分。滞留時間は、約35分。分析用試料採取は基本的に1回/日、処理前後の2か所で採取した。実験開始から1カ月間は、マイクロバブルのみでの処理を行った。処理により残留亜鉛濃度の若干の低下は見られたが、の

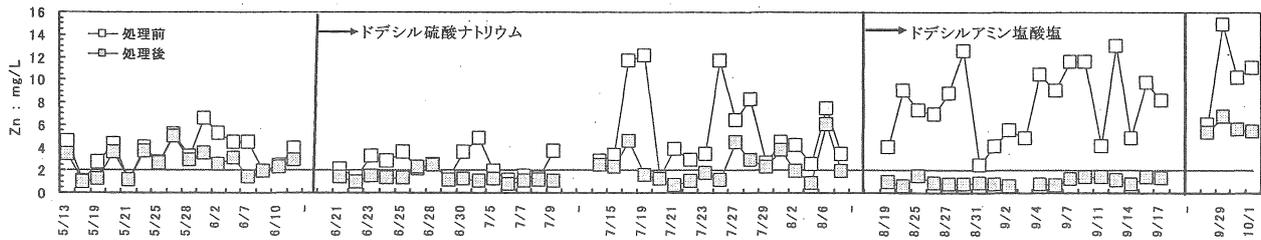


図5 実証試験（試料処理水）

その変動は、処理前の亜鉛濃度の変動に同調したものであった。ここで、アニオン系活性剤のドデシル硫酸ナトリウムを添加した。亜鉛濃度が低く変動が小さい場合は、2mg/L以下の処理が行えるが、変動が激しくなると処理が不安定になり、マイクロバブルのみの場合と同様、処理前の変動に同調したものになった。そこで、活性剤をカチオン系のドデシルアミン塩酸塩に変えて処理を行った。処理前の濃度変動がかなり大きいにも関わらず、2mg/L以下の安定した処理が行えた。

そこで今度は、試料原水についての実証試験を行った。原水の亜鉛濃度は、約200mg/L。試験条件は、送液量を1L/分。試料処理水よりスケールが多いことから、循環量を1L/分に増やし、反応時間は約120分。薬液濃度は、試料処理水の場合の3倍。滞留時間は60分として試験を開始した。結果を図6に示す。実験開始から2週間は、カチオン系ドデシルアミン塩酸塩による処理で、2mg/L以下の安定した処理が行えた。そこで送液量を3L/分に増やした（ポイント：A）。反応時間は約40分。滞留時間は約30分となる。結果は、処理不完全となり、ほぼ原水が流出する状態になった。そこで送液量を2L/分に減らした（ポイント：B）。反応時間は約60分。滞留時間は約40分となる。この結果、幾分処理は改善されたが、まだ不十分であった。ここで、試料原水のpH値が8前後で、亜鉛水酸化物の最適pH値（9.5）よりかなり低い値で変動していることに気付き、反応槽のpH値を9以上に調整することにした（ポイント：C）。その結果、2mg/L以下の安定した処理が行えるようになった。更にここで、この状態のまま、分離筒上部の濃縮汚泥掻き取り装置を停止させた。最初は、汚泥の反応筒上部への濃縮が

進み厚い汚泥層となるが、次第に汚泥が降下を始め、処理に影響を与えるようになった。この浮上分離汚泥の掻き取りは、装置を大型化した場合のひとつの課題になると考える。今回は、試作機にpH調整機能を追加して可搬型ミニプラントの完成型とし、今回の実証試験を終了した。しかし今回の事業所排水は、それ程複雑な性状のものではなかったことから、良好な処理結果が得られたと考える。キレートイオンを多量に含む性状の複雑な事業所排水に対しては、キレート対策として新たな工夫、追加機能が必要になり今後の大きな課題である。

4 まとめ

亜鉛の規制強化に対応するため、現地で試験可能な可型ミニプラントを試作し、実証試験を実施した。試作機は、実機の1/15規模のプラントである。このミニプラントを現地に持ち込み、実証試験を実施した結果は、試料処理水では、カチオン系の活性剤を用いた場合に、亜鉛濃度2mg/L以下の安定処理が実現した。更に試料原水でも、反応槽のpH値を9以上に調整することで、安定処理が実現した。このことから、今回のような排水性状がそれ程複雑でない事業所に対しては、マイクロバブル浮選法が、亜鉛の規制強化に対応するための方法として有効であることが実証できた。

（謝辞）

当研究を遂行するにあたり、実証試験での現場確保、試料採取等々で多大なご協力を頂いた、ハイビック（株）杉江秀生氏及び桜井哲樹氏に深く感謝致します。

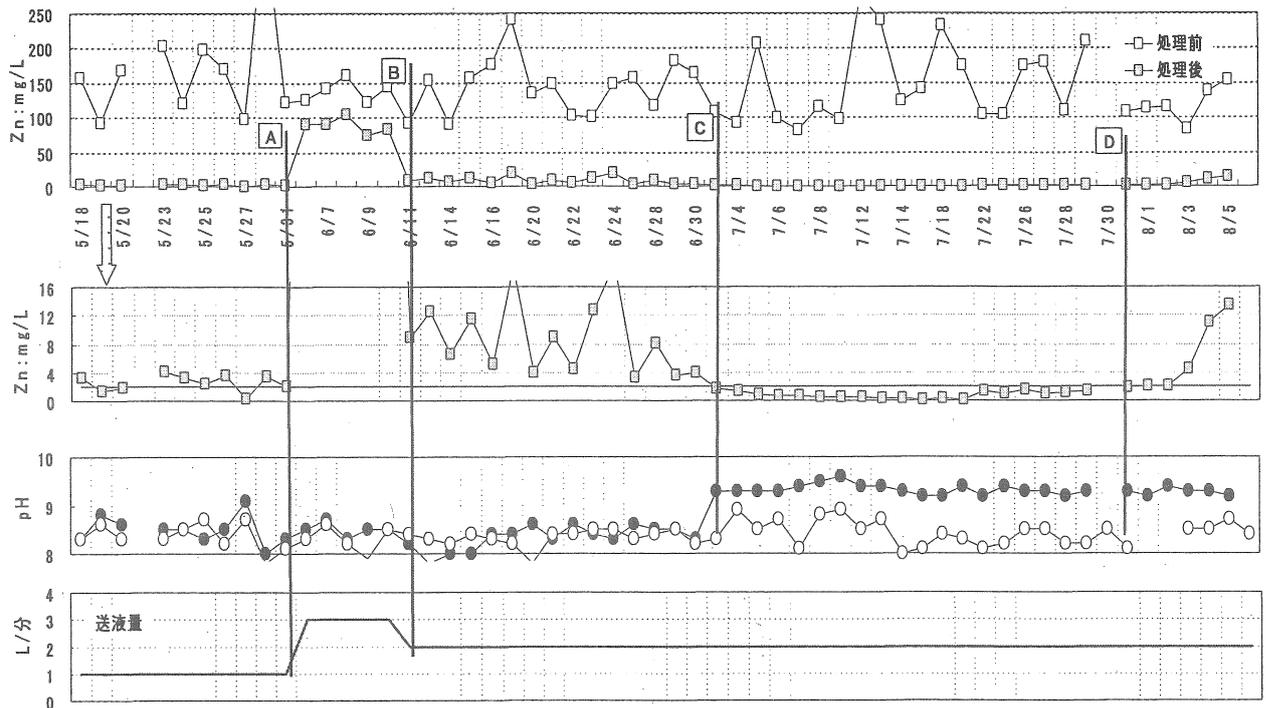


図6 実証試験(試料原水)

(参考文献)

- 1) 官報：2006、11、10 (号外)
- 2) 高橋正好他：“微細気泡の最新技術” N T S 出版 (20063)
- 3) 平出正孝：ぶんせき, 3, 156-163 (1998)
- 4) 藤本武彦著：“新・界面活性剤入門”，(1979)