

鉄を用いる排水脱色技術

キーワード：フェントン反応、鉄、OHラジカル、酸化分解、脱色

はじめに

従来、産業排水は排水処理装置により基準以下の水質に処理され放流されていますが、着色度についての規制はなく、染色排水等による公共水域の着色も少なくありません。これらの着色はきわめて濃度が低い場合でも視覚に感じられるため、汚濁感が強く、しばしば地域住民の苦情対象になっています。このような、水環境の着色が問題視され、また、水資源の環境を保全する立場からも、染色排水の脱色技術が強く望まれています。

本稿では、これまで当研究所において検討してきました、II価鉄を用いるフェントン反応による染色排水の脱色技術について紹介します。

染色排水処理法

染色排水は、単に脱色のみならず、法規制の対象となっているBOD（生物化学的酸素要求量）やCOD（化学的酸素要求量）、SS（懸濁物質）成分など各種汚濁物質も同時に除去する必要があります。

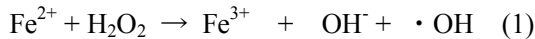
表1に各種処理法の効果を示します¹⁾。脱色も含め、単一の処理法で法規制の対象項目すべてに対応できるものではなく、複数の処理プロセスを組み合わせる必要があることがこの表からもわかります。特に脱色処理法としては、活性炭処理法および酸化処理法が有効です。活性炭処理法は特に高次処理法として用いられています。酸化処理法としては次亜塩素酸法、オゾン処理法、フェントン法などがありますが、多くの処理法は設備費およびランニングコストが大きいという問題があります。これらの方法の中でも、フェントン反応は低コスト・低環境負荷法として期待がもてる技術と考えられていますが、染色排水の脱色への応用例はほとんどありません。そこで、鉄を用いるフェントン反応を利用した、染色排水脱色技術について検討しました。

表1 染色排水処理法とその効果

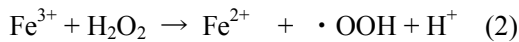
処理法	SS	BOD	COD	脱色	油分
凝集沈殿法（沈殿）	○	○	○	△	△
凝集沈殿法（浮上）	◎	○	○	△	○
生物分解法	△	◎	△	○	
イオン吸着法		△	△	○	
酸化処理法		△	△	◎	
活性炭処理法		△	○	◎	
濾過分離法	○	○	○	○	

フェントン反応

フェントン反応²⁾は、酸性条件下、過酸化水素と Fe^{2+} との反応により、強酸化性のヒドロキシラジカル($\cdot OH$)が生成される反応です(式 1)。このヒドロキシラジカルを利用することで、染料などの有機化合物を酸化分解させることが出来ます。



フェントン反応は、分解生成物を炭酸イオンのような無機成分にまで分解する、低コストかつ低環境負荷処理法として期待がもてる技術です。一方、反応後生成する Fe^{3+} の一部は擬フェントン反応(式 2)により、 Fe^{2+} に還元され、再びフェントン反応が進行します。しかしながら、ほとんどの Fe^{3+} は水不溶性の酸化鉄として沈殿するため、式 2 の反応は大きく期待できません。



また、フェントン反応は処理溶液の pH に大きく依存することが知られ、C.I.Reactive Black 5 (ビスアゾ染料) モデル排水の Fe^{2+} および Fe^{3+} を用いた場合の脱色率および pH 依存性を図 1 に示します。

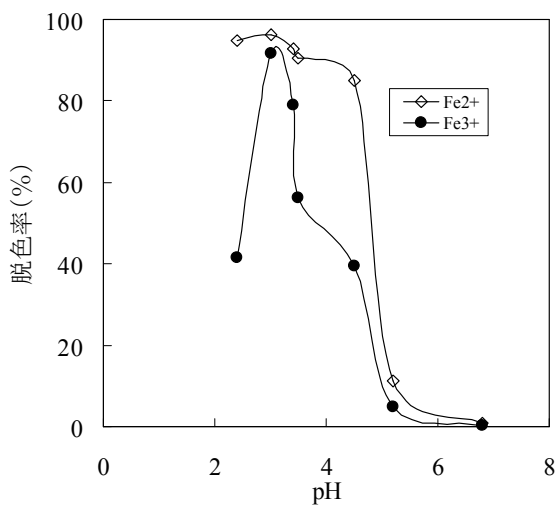


図 1 pH と脱色率

モデル排水：有機物濃度 50 ppm,
反応条件：鉄イオン濃度 10 ppm, 過酸化水素 50 ppm, 処理時間：10 min

図 1 より pH2.8 付近で Fe^{2+} 、 Fe^{3+} ともに最も高い脱色性を示し、その他の pH 域では脱色率は低下し、アルカリ性ではほとんど脱色はおこらないことがわかります。

フェントン反応を応用した高度処理法

前述のとおり、フェントン反応は優れた有機物酸化処理法ですが、別途処理の必要な水不溶性の鉄酸化物が副生することが大きな課題です。そこで、この問題を解決するために、鉄酸化物を包含するラジカル生成触媒の開発³⁾や鉄を用いない高出力超音波照射によるラジカル生成法⁴⁾など新しい処理法が試みられています。本項では特に、紫外光を用いて Fe^{3+} を光還元し、 Fe^{2+} を再生させる光フェントン反応について検討した結果を表 2 に示します。

表 2 光フェントン法による処理時間と脱色率

鉄イオン	光照射	脱色率(%)		
		2.5 min	5 min	10 min
Fe^{3+}	有	78.8	94.4	99.3
Fe^{3+}	無	25.4	45.2	74.8
Fe^{2+}	無	87.8	94.7	98.5

これより、光照射をすることで Fe^{3+} を用いた場合でも、フェントン反応と同程度の脱色性を示しており、光フェントン反応を利用することで、 Fe^{3+} 酸化鉄処理に関する課題解決へ期待がもてます。

まとめ

以上、鉄を用いる処理技術は、鉄が安価であることから、経済性に優れる低環境負荷技術です。当研究所でもさらなる新しい処理技術の開発など行っております。なお、詳しい実験方法については担当職員までお問い合わせください。

参考文献

- (社)日本機械工業連合会, (社)日本産業機械工業会編, “産業排水の合理的脱色処理システムに関する調査報告書—着色排水の現況—” (1996).
- G. R. Peyton, “Significance and Treatment of Volatile Organic Compounds in Water Supplies”, Lewis Publisher, 313 (1990).
- H. Hayashi, et. al., “OH ラジカル類の生成と応用技術”, NTS 出版, 356(2008).
- Y. Yobiko, H. Hayashi et. al., “大阪府立産業技術総合研究所報告” 18, 15(2004).