

鉄系凝集剤における溶解性鉄成分の残留性に関する研究

東北工業大学大学院 学生員 岡本 亮
東北工業大学工学部 正 員 今野 弘

1. はじめに

現在我が国では、浄水処理において硫酸バンド、PAC といったアルミニウム系凝集剤が用いられている。しかし、近年アルミニウムが人体に及ぼす影響が取り沙汰され、アルミニウムの処理施設への堆積や水道水中への残留が問題となっている。そこで、アルミニウム系凝集剤に替わる凝集剤が注目されている¹⁾²⁾。我々は、鉄系凝集剤に着目し、塩化第二鉄を使用する場合の溶解性鉄成分の残留性を調査するための実験を行った。

2. 実験条件および方法 実験の試料水として、水酸化ナトリウムとリン酸二水素カリウムにより pH 緩衝液を作成し、これを水道水に加えアルカリ度を調整した。pH は 7.5 前後、アルカリ度を 10, 28, 52mg/L に設定した。これに凝集剤として塩化第二鉄溶液を、鉄濃度で 0.09 ~ 16.0mg/L の範囲で 6 段階注入し、試料水の全量を 100ml とした。これを攪拌後濾過した。攪拌条件は、ジャーテスターで急速攪拌 100rpm を 2 分間、緩速攪拌 30rpm を 5 分 ~ 60 分間の 6 段階で行い、濾過は緩速攪拌後に 0.45 μ m のメンブランフィルターで行った。また、場合によっては孔径の小さな 0.2, 0.1 μ m のメンブランフィルターでも濾過する事にした。鉄濃度の測定には HACH 社の鉄濃度計を使用した。鉄濃度計の測定範囲は 0.00 ~ 1.30mg/L でありこの範囲を超える濃度の場合には適当に希釈して測定した。

3. 実験結果および考察

3.1 緩速攪拌時間とアルカリ度による溶解性鉄濃度の違い 緩速攪拌時間と残留した溶解性鉄成分の変化を表す代表的な例としてアルカリ度 10mg/L の場合を図-1 に示した。図-1 より、攪拌することで水酸化鉄が生成し、濃度は低下に転じていることがわかる。しかし、0.09mg/L や 0.96mg/L のように、注入鉄濃度が低い場合には、緩速攪拌時間の経過による溶解性鉄濃度の変化はほとんど見られなかった。また、注入鉄濃度 3.2mg/L の 5 ~ 10 分、30 分以降や注入鉄濃度 9.6, 16.0mg/L の 5 ~ 10 分のように、一旦減少していた溶解性鉄濃度が増加に転じる場合も見られた。そこで生成している溶解性鉄濃度と注入鉄濃度の比率の緩速攪拌時間による変化を図-2, 3, 4 に示した。図-2, 3, 4 を比較してみると、アルカリ度が低い場合には鉄の過剰注入により、多くの溶解性鉄が残留していることがわかる。逆に、凝集剤と反応する相応のアルカリ度分が存在する場合は、溶解性鉄成分は減少していることがわかる。これらの実験結果より、アルカリ度が低い場合には、水酸化鉄のフロックが十分に大きく成長しないかあるいは生成したフロックが壊れてしまったと考えられる他、アルカリ度が十分存在しても注入鉄濃度が低い場合には形成されるフロックが非常に小さいこと等が想定される。

キーワード 塩化第二鉄、アルカリ度、溶解性鉄

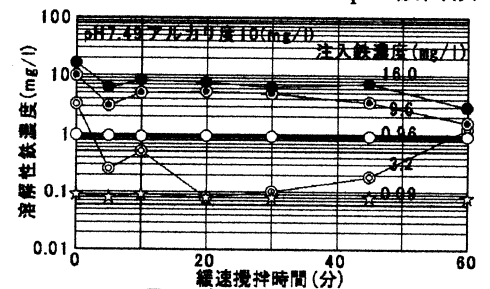


図-1 溶解性鉄濃度の変化

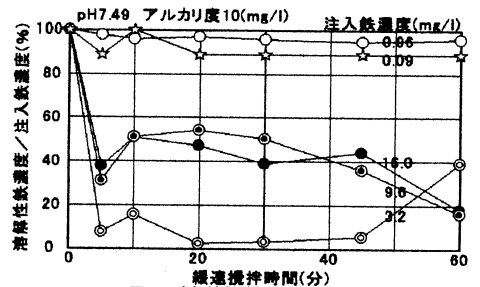


図-2 溶解性鉄成分の残留率

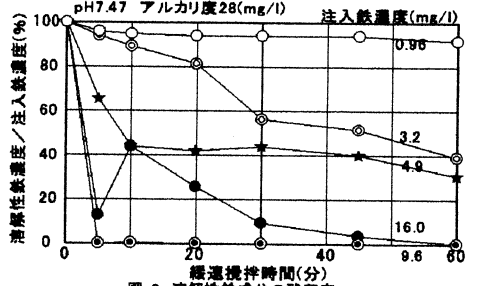


図-3 溶解性鉄成分の残留率

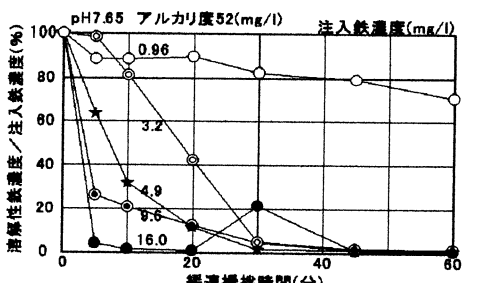


図-4 溶解性鉄成分の残留率

3.2 注入鉄濃度の変化による溶解性鉄成分の残留率 注入鉄濃度と溶解性鉄成分の残留率の関係を図-5に示した。アルカリ度 10mg/L では、一旦溶解性鉄成分が減少するが、注入鉄濃度が高くなると増加に転じることがわかる。これは、鉄の過剰注入によるものと考えられる。一方アルカリ度 28,52mg/L では、凝集に必要なアルカリ度が十分に存在するため溶解性鉄成分はほとんど残留していないが、注入鉄濃度をさらに高くしていくことでアルカリ度 10mg/L の場合と同様に溶解性鉄成分が増加に転じるものと予想される。

3.3 アルカリ度と注入鉄濃度の関係 アルカリ度と注入鉄濃度/アルカリ度の関係を図-6に示した。この図には2本の折れ線を示しているが、上の線は図-2,3,4で得られた溶解性鉄残留率が40%以下、下の線は70%以上をそれぞれ示している。従って注入鉄濃度 0.96mg/L と 3.2mg/L の間には、溶解性鉄の残留率に大きな差があり、残留率が40%以下あるいは70%以上になる境界が存在していると考えられる。また、いずれのアルカリ度においても注入鉄濃度をさらに高くしていくと、溶解性鉄濃度が増加するものと考えられ、この種の実験を繰り返すことで図-6の上部に境界線を求めることができると予想される。

3.4 粒径 0.45 μm 以下の溶解性鉄成分について 3.1で述べたように、生成された水酸化鉄フロックが小さいのではないかと、あるいは生成されたフロックは壊れやすいのではないかと等が想定されたため、注入鉄濃度 0.96mg/L において濾過を行うフィルターの孔径を 0.45 $\sim$ 0.2 $\sim$ 0.1 μm と徐々に小さくして実験を行った。理論的には水酸化鉄が生成している pH 領域であるが 0.45 μm 以下であるため、ここでは溶解性鉄と称している。この実験により溶解性鉄(水酸化鉄)の粒径を図-7に示すように4つに区分することができる。アルカリ度 10,28mg/L では、緩速攪拌時間による変化は見られないが、アルカリ度 52mg/L では、緩速攪拌時間の経過と共に小さな粒径の溶解性鉄成分が減少し、逆に大きな粒径の溶解性鉄成分が増加している。この関係を緩速攪拌時間 5分と60分について各粒径を百分率で表し、図-8,9に示した。これによりアルカリ度が高くなるにつれて、粒径は大きなものへと成長していることがわかる。アルカリ度 10mg/L に関しては前述のように、攪拌のしすぎでフロックが壊れているのがわかる。また、粒径 0.1 μm 以下の溶解性鉄成分には時間による変化はあまり見られない。

4. おわりに

今回の塩化第二鉄を用いた研究において、溶解性鉄濃度が低下するためには、凝集に必要な十分なアルカリ度分が必要であることやアルカリ度に対して相応の鉄濃度を注入しなければならないことが解った。また、注入された鉄濃度が低い場合には、アルカリ度に関係なく、小さくて壊れやすいフロックが生成されていることも明らかになった。今後これらの実験を重ね、鉄系凝集剤の凝集機構をさらに検討する必要がある。尚、実験に協力してくれた川又健二君(当時東北工大生)に感謝します。

参考文献 1) 三木他,第50回全国水道研究発表会概要集,pp86-87 1999 2) 上嶋他,同左,pp88-89 1999

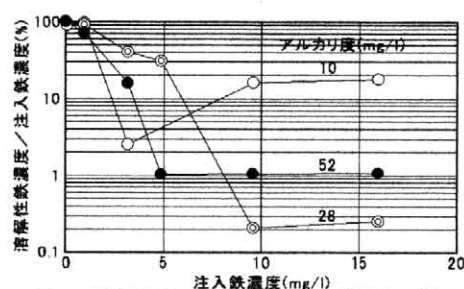


図-5 注入鉄濃度と溶解性鉄成分の残留率の関係

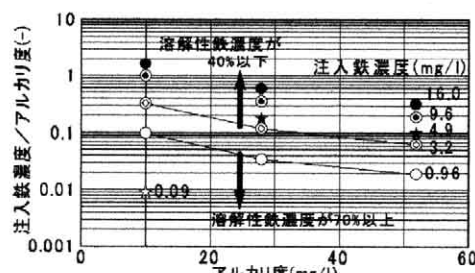


図-6 アルカリ度と注入鉄濃度/アルカリ度の関係

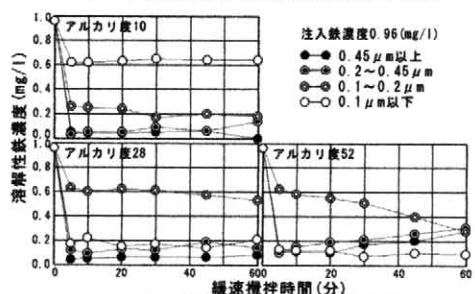


図-7 各粒径の溶解性鉄濃度の変化

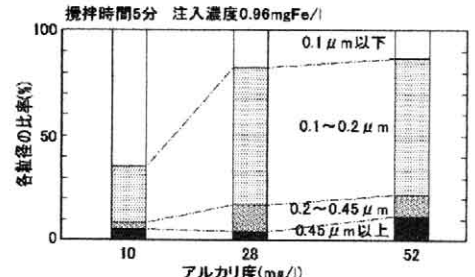


図-8 各アルカリ度の粒径の比較

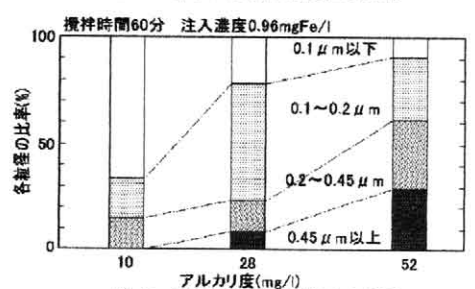


図-9 各アルカリ度の粒径の比較