

沈殿生成による水中のホウ素除去に関する基礎的研究

○ 東京工業大学 学生員 金井康一
早稲田大学 所千晴
早稲田大学 佐々木弘

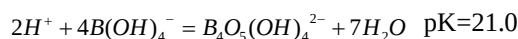
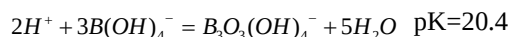
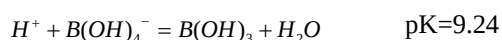
1.はじめに

我が国では1999年2月に陸水域についてホウ素の水質環境基準1.0mg/Lが設定された。また、2001年7月には排水基準として、陸水域では環境基準の10倍に当たる10mg/L、海域では230mg/Lが設定された。そして、排水基準に関する暫定期間が2004年6月まで設けられたが、現在、技術的及び実用段階における問題点等により、2007年6月30日まで暫定期間延長の措置がとられた。このため、ホウ素の含有廃水の処理が急務となっている。

ホウ素の除去法についてはコスト面からすれば、凝集沈殿法による処理が最も有望であると考えられるが、処理後の大量汚泥の低減が課題である。加えて、ホウ素除去機構に関してもほとんど考察されていない。したがって本研究では、凝集沈殿法における薬剤添加量およびpH調整条件の最適化を目指し、ホウ素除去量の定量的把握および除去機構の実験的解明を目的とした。本研究におけるホウ素濃度は70mg/Lと設定し、凝集剤としては $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ および Al_2SO_4 を $\text{Ca}(\text{OH})_2$ と併用して用いた。

2.水溶液中におけるホウ素の挙動

図1は下に示す平衡定数から求めたホウ素濃度70[mg/L]の場合の、B種の溶解度曲線である。



この溶解度曲線から、B種の大半はpH9以下では $\text{B}(\text{OH})_3$ の形で存在しており、pH9以上では $\text{B}(\text{OH})_4^-$ の形で存在していることがわかる。ホウ素が電気的な吸着反応で除去されるならば、陰イオンの形として存在しているpH9以上の塩基性領域で行わなければ除去されないと考えられる。このため、本研究ではこの塩基性領域に関して実験を行った。

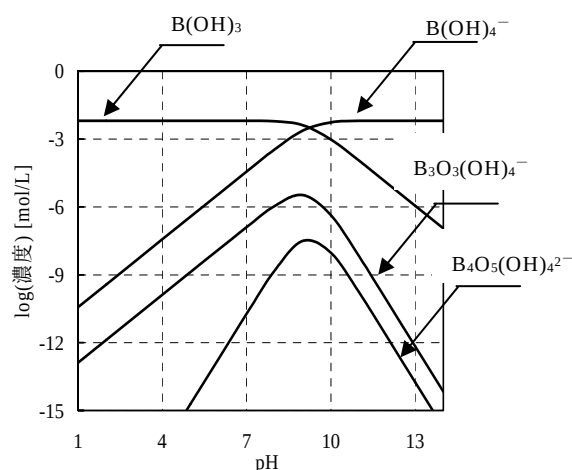


図1 B溶解度曲線

3.実験方法

- ①ホウ素濃度を70mg/Lに調整した模擬排水500mLに凝集剤を加え1時間超音波分散させる。
- ② HNO_3 および KOH を用いてpHを調整し1時間攪拌する。
- ③遠心分離機(5000rpm)で20分間の固液分離を行い、上澄み溶液を0.4 μm のメンブランフィルターでろ過する。
- ④ろ液のホウ素濃度をICP発光分光分析にて測定する。
- ⑤澱物のゼータ電位を電気泳動法にて測定する。ゼータ電位測定はホウ素を含まない系についても同様に行う。
- ⑥澱物の構造解析をX線回折分析にて行う。

キーワード：B，水処理，凝集沈殿法，Ettringite

連絡先 〒152-8550 東京都目黒区大岡山 2-12-1 東京工業大学 TEL03-5734-2597

4.実験結果と考察

まず始めに B と Ca のモル比を 1:5 に固定し、B と Al のモル比を 1:1, 1:2, 1:5 と変えてホウ素の除去実験を行った。この結果を図 2 に示す。このとき pH は 11.5 と 12.5 に調整した。Al のモル比が 2 以上ではホウ素の濃度にあまり大きな変化は見られなかった。

そのため、次に B と Al のモル比を 1:5 に固定し、B と Ca のモル比を 1:5, 1:10, 1:15 と変えてホウ素の除去実験を行った。この結果を図 3 に示す。Al₂SO₄を用いた系では Ca とのモル比が 10 以上で、ホウ素は排水基準の 10mg/L まで達した。このことから、ホウ素の除去には Al, Ca, SO₄ の 3 成分が必要であると考えられる。

図 4 は Al₂SO₄ と Ca(OH)₂ を用いた場合の沈殿の X 線回折分析の結果である。この沈殿は Ettringite(Ca₆Al₂(SO₄)₃(OH)₁₂・26H₂O) であると同定できた。

また、表 1 は最もホウ素を除去できた Al₂(SO₄)₃を用いた系で B, Al, Ca のモル比が 1:5:15 の時のゼータ電位と、同じ条件でホウ素を入れなかった時のゼータ電位の比較である。これよりホウ素の入っていない系とのゼータ電位があまり大きく変化していないことから、ホウ酸イオンは Ettringite に電氣的に吸着しているのではなく、Ettringite のなかの OH⁻や SO₄²⁻の陰イオンと置換反応を起こしていると考えられる。

5.まとめ

Al₂(SO₄)₃ と Ca(OH)₂ を凝集剤として併用することで、排水基準値の 10mg/L 以下までホウ素を除去できた。このとき、ホウ素は沈殿物である Ettringite 中の OH⁻や SO₄²⁻イオンと置換反応を起こしていると考えられる。

参考文献

1) Werner Stumm・James J.Morgan：AQUATIC CHEMISTRY(1995)
2) 東邦彦・大塚健治：東京都立産業技術研究所研究報告第 3 号(2000)

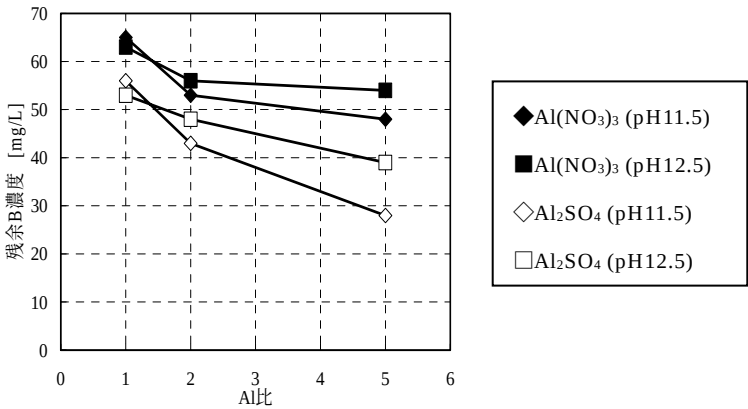


図 2 Al の量と残余 B 濃度の関係

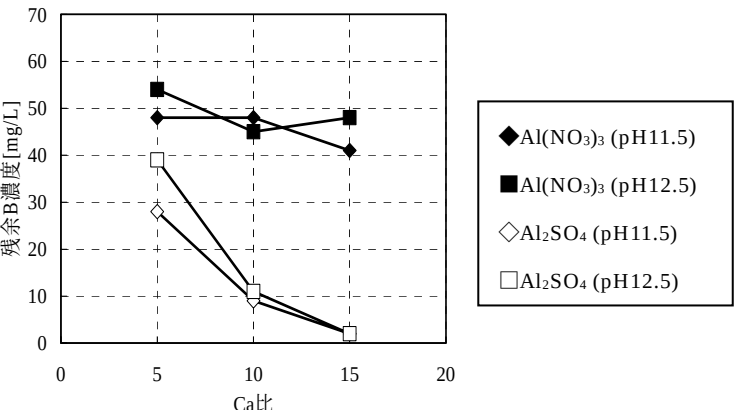


図 3 Ca の量と残余 B 濃度の関係

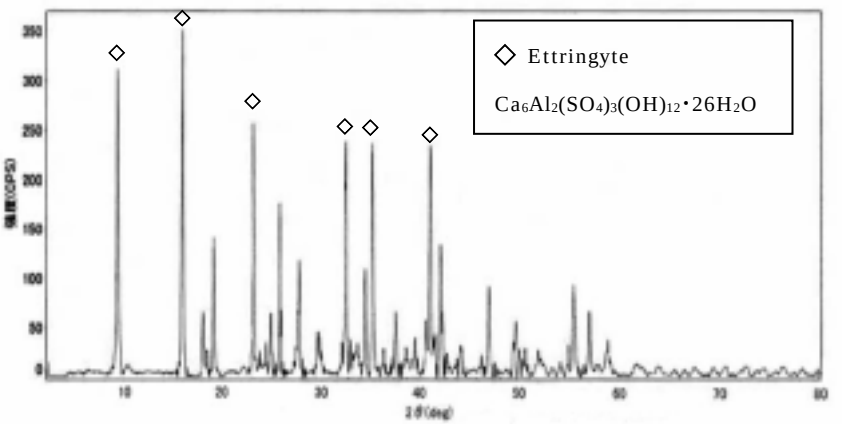


図 4 沈殿の X 線回折パターン

(凝集剤：Al₂SO₄ と Ca(OH)₂ B-Al-Ca のモル比 1:5:15 pH11.5)

表 1 ホウ素の有無でのゼータ電位の比較

	ゼータ電位(B無) mV	ゼータ電位(B含) mV
pH11.5	4.93	4.30
pH12.5	1.39	0.91