

北海道大学 寺町和宏
高桑哲男

1. はじめに

リン除去活性汚泥法において、凝集剤として鉄塩やアルミニウム塩が用いられている。そのリン除去機構の大略は既に説明されているが、ここではリン除去におよぼす影響因子として下水中の Ca^{++} などの共存イオン濃度ならびに有機物負荷を取り上げ、人工下水による活性汚泥処理実験を行って検討した。

2. 実験方法 人工下水の調整には、 Ca^{++} 濃度が低い札幌市水道水と高い北海道大学の深井戸地下水を用いた。 Ca^{++} 濃度は前者が9~15, 後者が50~56mg/ℓ, アルカリ度は前者が約20, 後者が約130 mg/ℓ (CaCO_3 として)であった。以下では前者を低 Ca^{++} 系, 後者を高 Ca^{++} 系と呼ぶ。基質にはペプトン, グルコース, 酢酸などを用い, 流入COD濃度は低F/M比では100 mg/ℓ, 高F/M比では200 mg/ℓ, 流入下水リン濃度は3 mg/ℓ (Pとして), 流量は15ml/分とした。反応槽前段は0.5ℓ槽が3槽で後段には3ℓ, 4.5ℓ, 6ℓの各槽を用いた。凝集剤は塩化第2鉄および塩化アルミニウム (AlCl_3)を用い, 流入水量に対してFe, Alとして3 mg/ℓになるように最終槽へ添加した。凝集剤を添加しない対照系を併行して運転した。処理水中リン濃度の分析には最終槽の混合液を遠心分離後, 濾紙No. 5Cによるろ液を供した。

3. リン除去の考え方 活性汚泥の増殖による除去は, あらかじめ行った回分実験から基本的に初期基質濃度に比例することが観察された。化学凝集によるリン除去では, リンは AlPO_4 および FePO_4 の形で除去されると考えられている。純水中で両者の溶解度はいずれもpHが約6付近で極小となる。しかし, 鉄は以下のことからAlとは少し異なる機構を考える必要がある。水酸化第2鉄は表面水酸基- FeOH を持ち, それは $\text{FeOH} \rightleftharpoons \text{FeO}^- + \text{H}^+$, $\text{FeOH} + \text{H}^+ \rightleftharpoons \text{FeOH}_2^+$ のように両性に働くので(等電点は6.7), 相対的に低pH側では FeOH_2^+ , 高pH側では FeO^- が多くなることが知られている。一方, 細菌は負に荷電し(B^-), Ca^{++} などの陽イオンと複合体($\text{B}^--\text{Ca}^{++}$)を形成する。これによりリン除去は, 活性汚泥の増殖によるものの外に, イオン吸着として $\text{B}^--\text{Ca}^{++}-\text{PO}_4^{--}$ の形と鉄による $\text{FeO}^--\text{Ca}^{++}-\text{PO}_4^{--}$ の形で行われると考えることができる。また, Ca^{++} と共存する重炭酸イオン(HCO_3^-)は PO_4^{--} と競合すると考えられる。

4. 実験結果と考察

まず, 対照系の処理実験に関し, 混合液のpHと処理水リン濃度の関係を図-1に示す。図より, リン除去に関し, 低F/M比では低 Ca^{++} 系と高 Ca^{++} 系の差はみられないのに対し, 高F/M比では高 Ca^{++} 系に比べて低 Ca^{++} 系のリン除去が大きい。リン除去量について低F/M比と高F/M比を比べた場合, 高F/M比・低 Ca^{++} 系が低F/M比・低 Ca^{++} 系の約3倍あるのが特徴的であり。なお, いずれの場合もpHの影響はほとんどみられない。次に, 凝集剤を添加した場合で低F/M比(<0.3)の結果について示す。鉄の結果の図-2をみると, リン除去量は低 Ca^{++} 系より高 Ca^{++} 系で大きい。また, 高 Ca^{++} 系のリン除去は低pH側から等電点に近いpH7付近にかけて低下する傾向にある。これは, 高 Ca^{++} 系において,

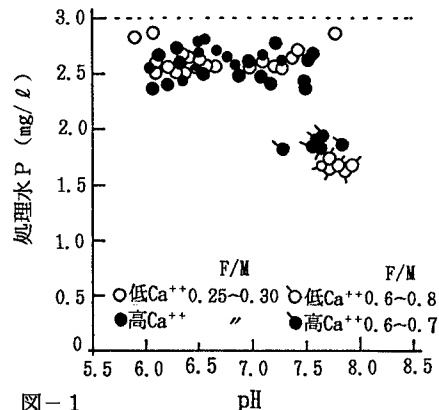


図-1 対照系におけるpHと処理水リン濃度の関係

高pH側では FeO^- 濃度の増加とともに $\text{FeO}^--\text{Ca}^{++}-\text{PO}_4^{--}$ が増加するためであり, 低pH側では FeO^- 濃度が減少すなわち, FeOH_2^+ が増加するが, その場合は高濃度の HCO_3^- と PO_4^{--} が強く競合するためと考えることができる。一方, Ca^{++} 濃度が低い低 Ca^{++} 系では $\text{FeO}^--\text{Ca}^{++}-\text{PO}_4^{--}$ ができにくいと考えることができる。これに対

して図-3のAℓの結果をみると、 Ca^{++} 濃度の影響は小さく、いずれの場合にもpHの上昇とともにリン除去が悪化している。図-4はリン除去をモル比でみた結果である。ただし、各プロットは対照系のリン除去を考慮してない。図においてリンが前記リン酸塩の形で除去された場合はモル比1となる。鉄プロットは比較的1に近いが、斜線の領域で示す対照系のリン除去を考慮した結果ではリン除去のモ

ル比は1より小さい。これより、リンはリン酸塩の形で除去されたのではないことがわかる。一方、Aℓのプロットは鉄の場合とは異なり、1より下方にかなり離れている。これはAℓがAℓ PO_4 を形成せず、Aℓ(OH) $_3$ として消費されたためとみることができ。図-5は高F/M比における鉄添加の結果を示す。高pH側のリン濃度をみると、高 Ca^{++} 系で高く、低 Ca^{++} 系でかなり低い。これは対照系の結果の図-1において、高pH側で低 Ca^{++} 系のリン除去が大きかったことと似かよっているが、図-2の鉄添加の結果とは逆の傾向にある。これらの結果は以下のように説明することができよう。低F/M比では B^- が少ないしたがって $\text{B}^- - \text{Ca}^{++} - \text{PO}_4^{--}$ が少ないために相対的に水酸化第2鉄へのリン吸着の効果が大きく、高F/M比では B^- が多いために $\text{B}^- - \text{Ca}^{++} - \text{PO}_4^{--}$ によるリン吸着が大きいとまず予想することができる。他方、高 Ca^{++} 系では高濃度の HCO_3^- が PO_4^{--} と強く競合するためにリン除去が低下し、低 Ca^{++} 系では HCO_3^- 濃度が低いために PO_4^{--} との競合が弱く、結果的にリン除去量が増加したとも考えることができる。

5. おわりに

リン除去機構に関して得られた実験結果を以下に列記する。対照系に関し、低F/M比では Ca^{++} 濃度（アルカリ度）による影響はほとんど無かったが、高F/M比では高 Ca^{++} 系のリン除去が優れていた。pHの影響は無かった。鉄添加のリン除去率は、低F/M比では低 Ca^{++} 系より高 Ca^{++} 系が大きく、高F/M比では逆に高 Ca^{++} 系より低 Ca^{++} 系が大きかった。pHの影響は大きく、低F/M比・高 Ca^{++} および高F/M比・低 Ca^{++} 系において低pH側でリン除去率は低下した。Aℓ添加のリン除去率は低F/M比において Ca^{++} 濃度による影響は小さかったが、pHの上昇によって悪化した。なお、本実験は卒業生 稲富久昌、門脇敏彦両君によるところが多い。記して謝意を表す。

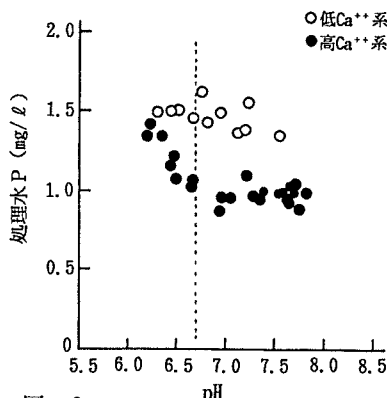


図-2

鉄添加系におけるpHと
処理水リン濃度の関係

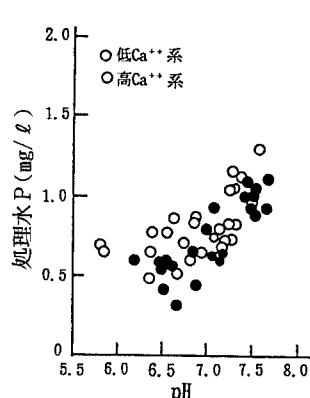


図-3 Aℓ添加系におけるpHと
処理水リン濃度の関係

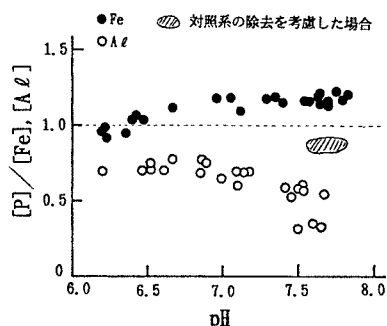


図-4

リン除去量をモル比でみた結果

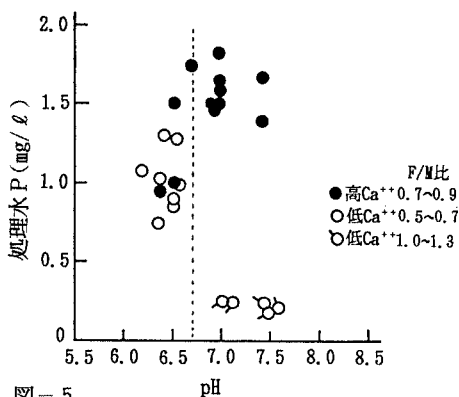


図-5

高F/M比におけるpHと処理水リン濃度の関係
(鉄添加系)