

りん除去における有機酸の影響

横浜市 ○米本 豊
高橋 繁
佐藤伸和

1. はじめに

横浜市では、リン・窒素の除去に高度処理施設を導入している。栄第二水再生センターでも平成21年にAO法の処理施設が稼動した。当処理場の処理水放流先は相模湾であるため、りん・窒素の負荷量の上乗せの規制はないが、環境保全のためりん・窒素の低減を行う必要がある。高度処理施設が完成するまでの4年間の対策として、標準活性汚泥施設で疑似嫌気好気法での運転を行い対処していた。

りんの除去では、嫌気槽で十分なりんの吐き出しのためPHA(ポリヒドロキシアラケート)を生成する有機物が必要である。また、りんの摂取では、蓄積したPHAからATPやBiomassへの合成が関与しており、これらの関係がりん除去の一因となっている。

当処理場では、流入有機物中の有機酸濃度が高い。このなかで、ぎ酸は濃度も低くPHAを生成する物質としては、一般に関与が少ないと考えられる。ところが、ぎ酸の存在でも、りんの放出が起こる報告¹⁾もあるため、当センターの活性汚泥を使用して実験を行い、処理場に流入する可能性がある程度の低濃度の場合の確認を行った。合わせて、尿酸を含めて、有機酸のりんの放出並びに吸収の程度を実験したので報告する。

2. 実験方法

返送汚泥を2Lのビーカーに取り、P-2000(mg/l)の KH_2PO_4 溶液を2mLと各有機酸1000(mg/l)を濃度が10(mg/l)となるよう加え蒸留水で2Lとした。回転子で攪拌を行い、りん放出では、各時間(0, 5, 10, 15, 20, 30, 60分)、りんの放出並びに吸収では、嫌気で(30, 60分)、好気で送気倍率8倍/時で(1, 2, 3, 4時間)でサンプルを取り、C濾紙でろ過したものを測定した。炭素・窒素源としては、グルコース・ペプトン溶液1000(mg/l)を10(mg/l)になるように加えた。実験状態は解放系なので疑似嫌気条件となっている。また、雨の影響をなるべく受けないように、降雨時は降雨後2日開けて実験を行った。

3. 実験結果

最初に、りんの放出状況を見るため、ぎ酸、酢酸、プロピオン酸の各10(mg/l)添加時のりん放出濃度を図-1に示した。

栄養物(グルコース、ペプトン)を添加せずに行った場合、BLは、少しずつ減少していく傾向がみられる。ぎ酸は、

60分後にわずかに濃度が上昇している。酢酸とプロピオン酸を比較すると、プロピオン酸の方が酢酸よりも、りん放出濃度が高い結果となっている。PHB(ポリヒドロキシブチラート)の生成は酢酸の方が多いがPHAとしての生成は、プロピオン酸の方が多い報告²⁾があるため、アセチルコエンザイムAからのPHA等の生成や、りん放出のしやすさなどでの関与が関係していると思われる。また、ぎ酸、酢酸、プロピオン酸を混合した場合は、りん放出濃度が高く、30分までは各有機酸の合算よりも高くなっている。しかし、添加有

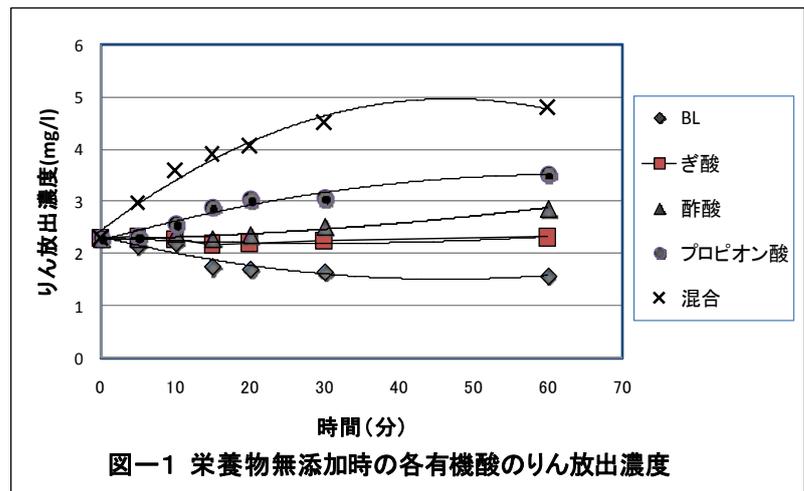


図-1 栄養物無添加時の各有機酸のりん放出濃度

機物が無いので、リンの放出が直線的な放出とならないのではないかとと思われる。

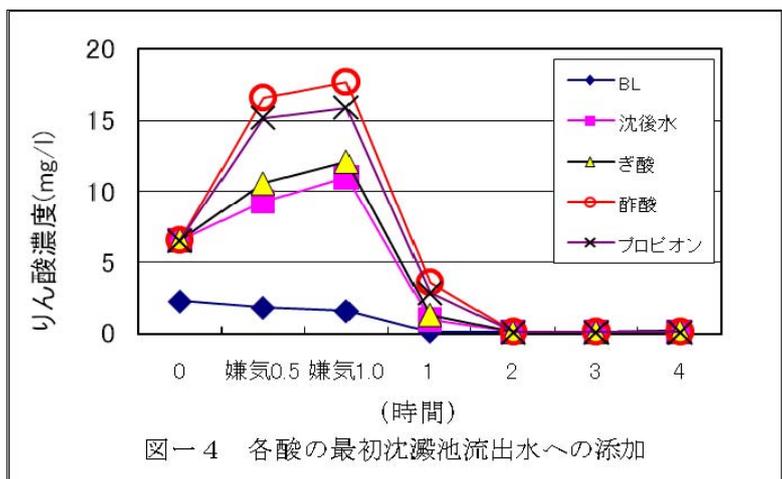
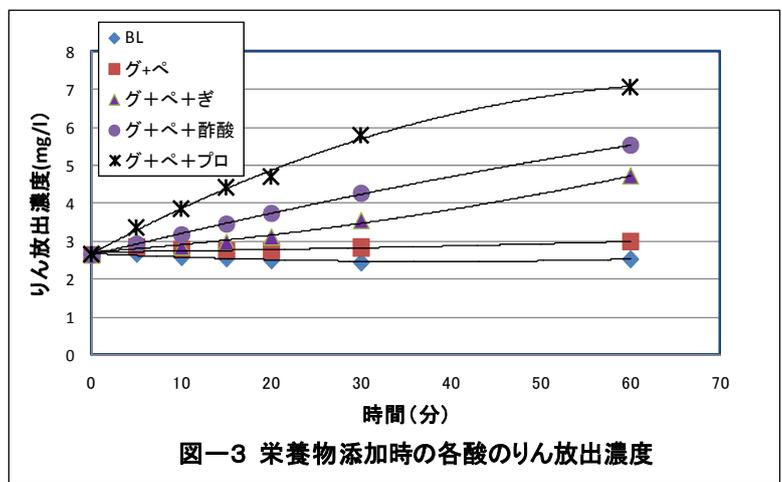
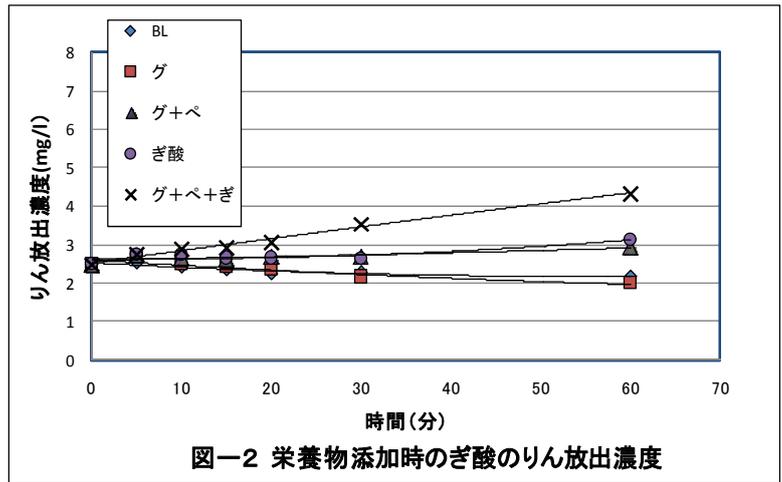
ギ酸についての、状況を確認するため、ギ酸を栄養物添加無し状態で、5～20 (mg/l)添加した場合のリン放出濃度を調べた。この結果、60分で10 (mg/l)以上の濃度で若干リン放出濃度が上昇した程度の結果となった。このことから、ギ酸単独では、リン放出にあまり関与していないことが示された。

次に、ギ酸に炭素源と窒素源として栄養物を加えた場合を調べた。ギ酸、グルコース、グルコース+ペプトン、ギ酸+グルコース+ペプトンの場合で、各物質濃度はどれも10 (mg/l)とし、結果を図-2に示した。これより、グルコースとペプトン単独の場合は、ギ酸10 (mg/l)の添加と同じ位の若干のリン放出となったが、ギ酸にグルコースとペプトンを加えた場合は、かなりの放出が認められた。一般に嫌気状態では、有機物からPHBを生成し、リンを放出することが知られているが、グルコースとペプトンだけの場合より、ギ酸を添加した場合の方がリン放出濃度が高くなるのは、何らかの関与があるためと考えられる。

次に、各有機酸10 (mg/l)にグルコース10 (mg/l)とペプトン10 (mg/l)を添加した場合を図-3に示した。この場合もギ酸、酢酸、プロピオン酸の順にリン放出濃度が高くなっているが、ギ酸の場合、明らかにリン放出濃度が高くなっていることが確認された。プロピオン酸も有機物添加をしない場合に比べて、直線に近づき、リン放出濃度と有機酸の関係が示された。プロピオン酸は、PHBの生成の割合が少ないが、リンの放出濃度が高い。したがって、PHB以外の細胞内蓄積物 (PHV等) のリン放出の調査も重要であると思われる。

また、リンの放出は、リンが細胞内に蓄積されるとpHがアルカリに移行するので、細胞内の生化学的活動を適正にするため、細胞外に放出すると説明されている³⁾。したがって、リン放出にいたる有機物との関係が重要となってくるので、これらの解析も必要であると思われる。

最後に、実際の最初沈澱池流出水に各有機酸を10 (mg/l)添加し、リンの放出と吸収を調べてみた。結果を図-4に示した。この結果、酢酸・プロピオン酸は、十分なりん放出と吸収を示した。酢酸は、最初沈

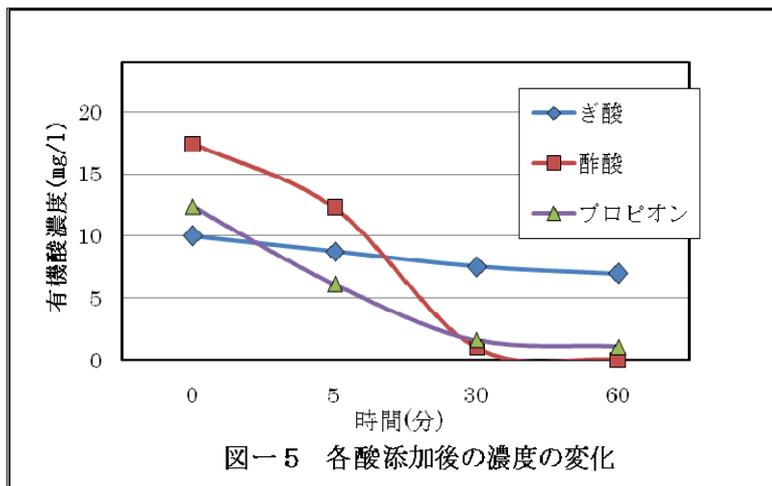


澱池流出水に高い濃度で含まれているため、リンの放出がプロピオン酸よりも高くなった。ギ酸は、最初沈澱池流出水より、若干放出があった程度であった。ギ酸では、図一5より、添加後消費が少なく、これは、酢酸やプロピオン酸、最初沈澱池流出水の有機物を先に消費しているためと思われる。

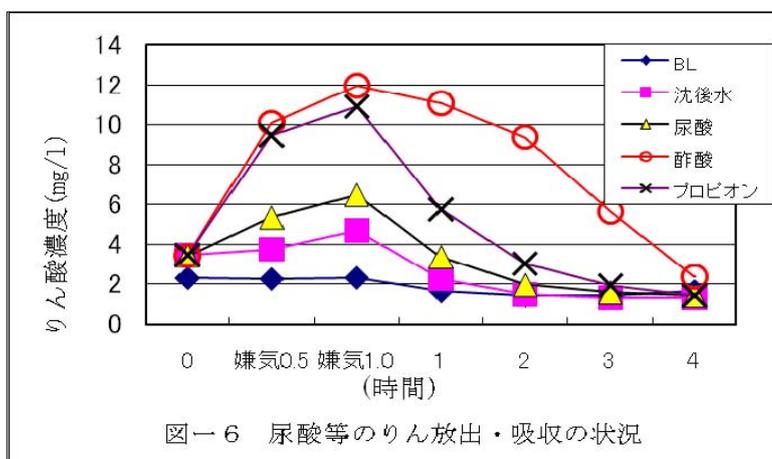
4. 尿酸でのリン放出

下水では、尿酸の流入があるので、リンの吸収並びに放出にどの程度関わっているか調査した。最初沈澱池流出水に添加濃度として、各酸とも10(mg/l)とした結果を図一6に示した。この結果、尿酸でのリンの放出が観測された。酢酸は各酸の最初沈澱池流出水への添加と同じ結果となった。

リン放出・吸収速度は、幾度かの実験の結果、降雨後や水温、活性汚泥の状況により、かなりの変動をする。今回の実験データも降雨後、2日を開けた場合の結果であるため、今後、実際に即した添加実験も行って行きたいと思う。



図一5 各酸添加後の濃度の変化



図一6 尿酸等のリン放出・吸収の状況

5. まとめ

- ①ギ酸、酢酸、プロピオン酸のリン放出濃度の検討をし、関係が示された。
- ②ギ酸の有機物との共存でのリン放出を検討し、低濃度でもリン放出濃度が高くなる確認が得られた。
- ③尿酸によるリンの放出の検討をして、知見が得られた。

当センターでは、流入してくる有機酸として、酢酸濃度が高い。尿酸・ギ酸・酢酸・プロピオン酸は、排泄由来であるため、一般の下水での流入物質である。これらの有機酸を添加剤として利用できるかの検討を行った。リンの除去では、有機酸の流入濃度が低い場合、添加剤として廃酸の酢酸が使用されるが、今回の添加有機物での実験の結果、安価であり効率の良いことが確認された。また、ギ酸によるリン放出の機構が解明すれば、今後、高度処理の運転での参考となると考えられる。

- 参考文献
- 1) 松尾 吉高 他、「嫌気好気活性汚泥の嫌氣的有機物摂取」、衛生工学研究論文集、第23巻、287、(1987)
 - 2) 佐藤 引泰 他、「嫌気好気式活性汚泥による低級脂肪酸及びTCAサイクル周辺の有機酸の代謝」、環境工学研究論文集、第32巻、329、(1995)
 - 3) 多田 寛 他、「生態学および生体エネルギー論から見た活性汚泥法によるリン・窒素除去メカニズム」(2002)
 - 4) 日本下水道協会 高度処理施設設計マニュアル (1993)

問い合わせ 環境創造局下水道水質課 横浜市中区本牧十二天1-1 TEL045-621-4343