

有機酸による細胞内蓄積有機物について

横浜市 ○米本 豊
新井 久雄
福田 好史

1. はじめに

横浜市の栄第二水再生センターは、処理人口、40万人の中規模の処理場である。処理水放流先は相模湾であり、環境保全のためりん・窒素の低減に取り組んでいる。本市では、高度処理施設の導入を推進しており、本センターもその一つである。平成20年に高度処理施設が稼動する予定であり、また4年前から、標準活性汚泥施設において擬似嫌気好気法を導入し、りん・窒素の低減を図っている。処理場からの放流水が河川水量に占める割合が高いため環境保全への効果は大きい。

りんの除去については、いろいろな条件や因子が影響するが、今回は、その因子の一つである有機酸による細胞内蓄積有機物量に着目した。実データを元に解析し、発表された計算式に基づいて細胞内蓄積有機物係数を提案して有機酸によるりんの放出量を近似する式を考案し、若干の知見が得られたので報告する。

2. 処理施設概要

処理方式は、1～3系が標準活性汚泥処理施設で、擬似嫌気好気法で運転している。4系は20年度に稼動する予定の嫌気好気法の高度処理施設である。表－1に施設概要を示す。現在1～3系では、硝化状態が限界であるが、4系の高度処理施設が稼動すれば、改善する方向に向かうと思われる。しかし、4系は合流であることもあり、りんの除去の低下が懸念される。

表－1 施設概要			
処理面積 4,232ha		処理人口 401,000人	
	1系(合流)	2,3系(分流)	4系(合流・高度処理)
散気方式	標準・旋回流	深層・旋回流	攪拌機・散気板・旋回流
処理水量(m ³ /d)	30,200	各 46,450	39,000
反応タンク容積(m ³)	8,160×1池	各4,190×3池	6,750×2池
滞留時間(hr)	8.3	8.4	8.3

3. 細胞内蓄積有機物係数の提案

りんの除去に大きく関係している溶解性 PO₄-P 摂取速度定数は、生物活性を示す一つの要因として広く用いられている。紺野らは、有機酸を用いて溶解性 PO₄-P 摂取速度定数から内部蓄積有機物を測定する簡便な方法と測定上問題となる菌数などの未測定の要因を消去できる計算方法を発表した¹⁾、細胞内蓄積有機物として、有機酸濃度から、推定した報告は数少ない。今回、有機酸を測定して、溶解性 PO₄-P 摂取速度定数²⁾と実験式から求めた細胞内蓄積有機物係数を提案する。

溶解性 PO₄-P 摂取速度定数 (Ku) は、(1) 式に示される。

$$Ku = (-1 \ln C_{P, A} / C_{P, AN}) / X \cdot t_{A, T} \times 10^{-3} \text{ ----- (1)}$$

Ku : 溶解性 PO₄-P 摂取速度定数 (L / g MLSS / h)

C_{P, AN} : 嫌気タンク流出水溶解性 PO₄-P 濃度 (mg / l)

C_{P, A} : 好気タンク流出水溶解性 PO₄-P 濃度 (mg / l)

X : MLSS 濃度 (mg / l) t_{A, T} : 好気タンク実質滞留時間 (h)

溶解性 PO₄-P 摂取速度定数 Ku を求めるにあたり、最初沈殿池流出水のギ酸、酢酸、プロピオン酸の各有機酸の実測では、25 (mg/l) 程度が上限であったので、これを最大添加量とした。また、有機酸としては、プロピオン酸までが大部分であった。実験条件の例として酢酸の場合の添加量と溶解性りん酸との関係を図－1に示した。添加後すぐにりんの放出が始まり、この実験条件では、1時間の嫌気状態でりんの放出が最大となり、その後3時間の好気状態で溶解性りんの値が最小となる。ギ酸とプロピオン酸についても同様な実験をして、各有機酸濃度による Ku を求めた結果を図－2に示した。

これらから、二次関数で良い相関が示された。プロピオン酸では、15 (mg/l)で最大となる結果となった。これは、この実験条件では、プロピオン酸25 (mg/l)の時のりんの放出濃度は高いが、放出時に有機物濃度が利用され低くなるため、好気状態でのりんの取り込みが遅く、放出されたりんが十分に吸収しなかったと考えられる。

ここで、実際の反応タンク混合液に KH_2PO_4 でりんとして2 (mg/l) 添加したものは、内部蓄積有機物のみの含有であり、これに各有機酸をさらに添加したものでは、さらに内部蓄積有機物量が増加する。紺野¹⁾らが提起したようにKuが有機物量とリン蓄積細菌数ならびに活性度、温度等の影響をAとした関数と仮定すればそれぞれ、以下に示すようになる。

$f(\text{Ku (内部蓄積有機物)}) = \text{有機物 (内部蓄積有機物)} \times \text{菌数} \times A$

$f(\text{Ku (内部蓄積有機物 + 各有機酸)}) = \text{有機物 (内部蓄積有機物 + 各有機酸)} \times \text{菌数} \times A$

よって、比を求めれば菌数、活性度、温度等の影響は消去される。

したがって、 KH_2PO_4 を添加後さらに有機酸を添加した方が細胞内有機物量が多くなるため、Ku (有機酸添加) 値 / Ku 値 > 1 となると考えられる。これを発展させ、各有機酸によるこの値が求まれば、細胞内蓄積有機物の係数として使用できると考えられる。今回提案する細胞内蓄積有機物係数 (以下係数と略す) Yとして (2) 式で示した場合を図-3に示した。

$$Y = \text{Ku (有機酸添加)} / \text{Ku} \text{-----} \quad (2)$$

二次式の関係となる結果が得られKuと同様な傾向が見られた。内部有機物の合成量なのでギ酸は係数が低く、また、係数はプロピオン酸の場合がより関係が大きくなっていることが分かる。これらから、以下に示す各有機酸による係数が得られたので、細胞内蓄積有機物の添加有機酸濃度による係数をY (A)として次式に関係式を示し、各有機酸測定濃度による係数として提案したい。

$$Y(A) = X_1 (\text{HA} / (\text{HA} + \text{AA} + \text{PA})) + X_2 (\text{AA} / (\text{HA} + \text{AA} + \text{PA})) + X_3 (\text{PA} / (\text{HA} + \text{AA} + \text{PA})) \text{-----} \quad (3)$$

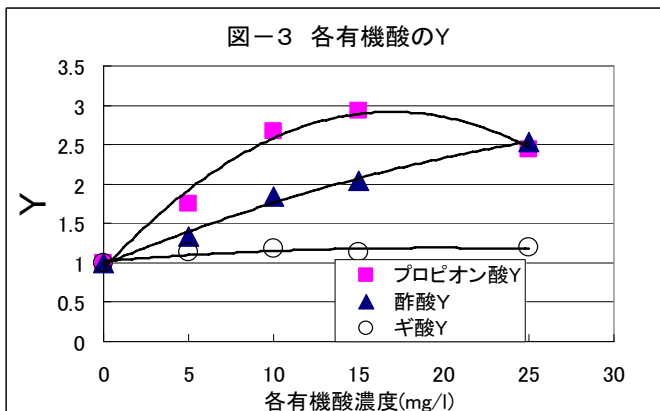
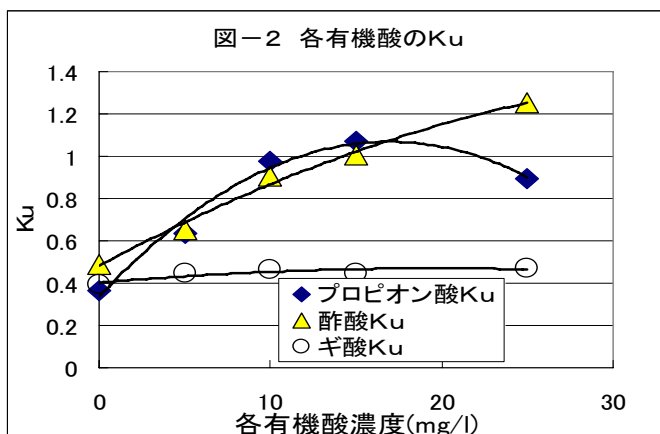
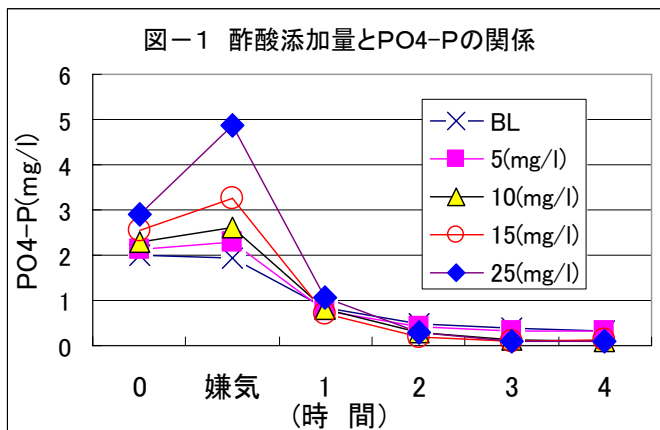
HA=ギ酸濃度 AA=酢酸濃度 PA=プロピオン酸濃度

(ギ酸係数) $X_1 = 0.0002\text{HA}^2 + 0.0087\text{HA} + 0.9834$

(酢酸係数) $X_2 = -0.0011\text{AA}^2 + 0.0888\text{AA} + 0.9801$

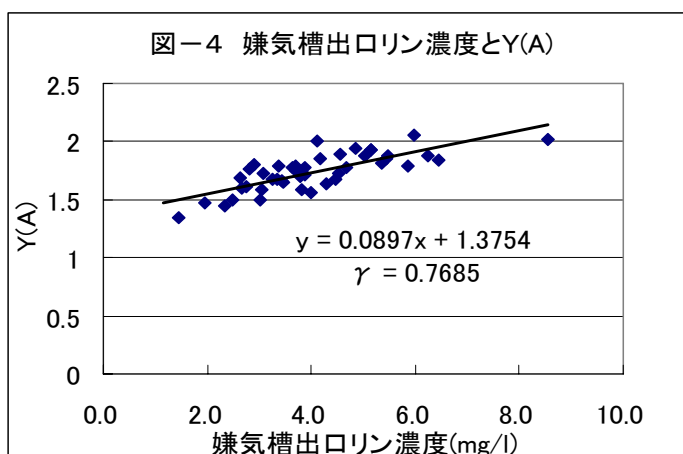
(プロピオン酸係数) $X_3 = -0.007\text{PA}^2 + 0.236\text{PA} + 0.9209$

この結果、ギ酸は細胞内蓄積有機物への転化は、ほとんど無かったが、他の有機物があった場合、PHAへの転化の可能性はあるのではないかとと思われる。酢酸は25 (mg/l)までの範囲で増加し、プロピオン酸は、



1.5 (mg/l)で最大となり、その後低下した。

この(3)式に妥当性があるかを調べるため(3)式を使って、嫌気槽出口のりんと係数Y(A)との比較を図-4に示した。係数がPHA等の内部有機物の量に比例していれば、嫌気槽出口のりん放出濃度に関係³⁾していると考えられるので調べたところ、係数Y(A)との相関は $\gamma = 0.7686$ が得られ、良い相関を示していた。したがって、当センターの場合では係数Y(A)の妥当性が示された。

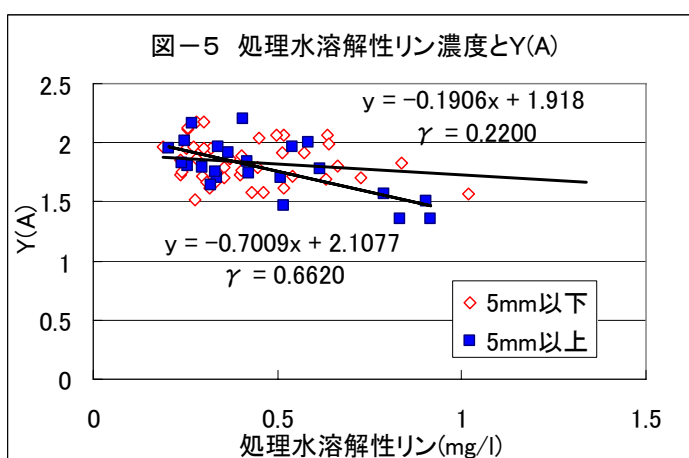


4) 指標としての係数Y(A)

指標として、係数が使用できるのかを示すため、実際の処理水における溶解性りんの濃度と係数Y(A)の比較をした。溶解性りん濃度との相関を調べ、図-5に示した。

相関係数は、 $\gamma = 0.4150$ と低く、りんの濃度の範囲が広く、りんの除去が多くの因子や条件からなっていることが示された。

そこで雨の影響を考慮して、雨の影響が現れる5mm以上の場合との比較も図中に示した。この結果、雨の影響が無い場合、相関性が低く相関係数が $\gamma = 0.2200$ であるが、有機酸濃度が降雨の影響で薄くなる場合の相関性は高くなり、 $\gamma = 0.6620$ が得られた。



処理場におけるりんの除去では、流入有機物濃度や嫌気状態、NO_x、返送汚泥率等が影響し、除去率の良い安定した運転が難しく、窒素の除去も考慮すると十分な運転管理が必要となる。

今回、有機酸濃度から、係数を提案し、りんの除去の判断状況の一つの指標となる可能性が示されたので、今後活用して行きたいと考えている。

5. まとめ

- ①溶解性PO₄-P摂取速度定数と有機酸の関係を示し、当処理場での関係が確認された。
- ②細胞内蓄積有機物係数を提案し、嫌気槽出口の溶解性りんとの相関を調べた所、良い相関が得られ細胞内蓄積有機物量の量的な比較が可能となった。
- ③細胞内蓄積有機物係数と、実際の処理結果との相関を示し、ある程度の関係が示された。

謝辞 調査を行うに当たり御協力を頂いた、水再生水質課の紺野繁幸・浅野卓哉様に深く感謝します。

参考文献 1) 紺野 繁幸 他、「りん摂取速度定数を用いた内部蓄積有機物の推定法」、第3回環境創造局職員業務研究発表会、52、(2006)

2) 日本下水道協会 高度処理施設設計マニュアル

3) (1993) 佐久間 真理子 他、「りん除去メカニズムからみたA₂O法のりん処理対策について」、東京都下水道局技術調査年報、147、(2004)

問い合わせ先 栄第二水再生センター 横浜市栄区長沼82 TEL 045-861-3011