

下水中の有機酸による BOD について

水再生水質課 ○米本 豊
福田 好史

1. はじめに

近年、河川等に排出される物質として、リン・窒素が問題となっている。そのため、横浜市の下水処理場においては、リン・窒素の除去が重要な課題となり、高度処理が導入されつつある。しかし、全施設が高度処理となるにはかなり先になるため、それまでの間、標準活性汚泥法の施設を疑似嫌気好気法で対処していく方針であり、栄第二水再生センターもその一つである。

リンの除去に関しては、有機酸は重要な因子となっている物質であり、また、炭素源として利用される物質であるが、調査例は少ない。そこで、栄第二水再生センターで有機酸を2年間測定し、若干の知見を得られたので報告する。

2. 施設概要

処理面積 4,232ha で、処理人口 401,000 人である。処理方式は標準活性汚泥法で、合流式の1系と分流の2,3系からなっている。表-1に施設概要を示した。なお、平成19年に高度処理施設が稼動予定である。

表-1 施設概要

	1系(合流)	2,3系(分流)
散気方式	標準・旋回流	深層・旋回流
処理水量(m ³ /d)	30,200	各 46,450
反応タンク容積(m ³)	7,760×1池	各4,190×3池
滞留時間(hr)	8.3	8.4

3. 有機酸 (C₀~C₂) による BOD の推定式

最初に、最初沈殿池流出水の有機酸を BOD へ換算するための計算式(以下 BOD 推定式という)を作成するため各有機酸の調査をした。実際に最初沈殿池流出水の有機酸を測定すると、C₀~C₂であるギ酸、酢酸、プロピオン酸がほとんどであったので、これらの有機酸の BOD を調査した。

BOD 推定式を求めるにあたり、各有機酸の酸素換算係数を求める必要があり、①式に示すように理論酸素量と報告された有機酸の BOD 酸化率測定結果¹⁾の計算結果から求められる。

$$\text{酸素換算係数} = \text{酸素原子量} \times \text{必要酸素数} / \text{各有機酸の分子量} \times \text{酸化率} \quad \cdots \text{①}$$

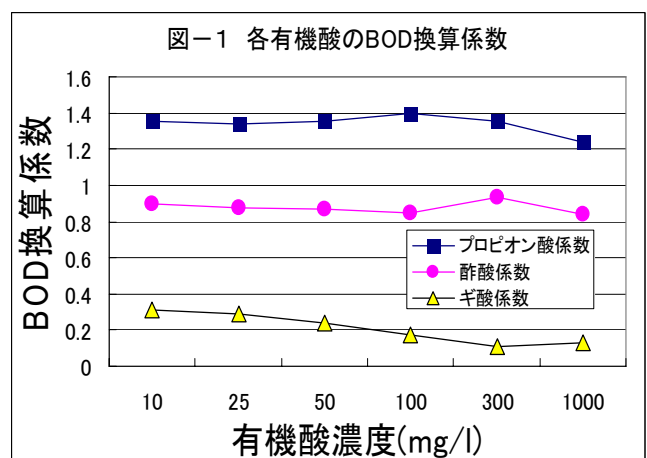
*ギ酸、酢酸、プロピオン酸の必要酸素数は、それぞれ 1,4,7

*ギ酸、酢酸、プロピオン酸の酸化率はそれぞれ 0.44~0.78, 0.42~0.82, 0.42~0.82

しかし、各有機酸の酸化率は変動があり、当センターにおける実験式を求めた方がより良いと考えられるため、BOD を測定して換算係数を求めることにした。結果を図-1に示す。

ギ酸は、添加濃度にしたがって換算係数が低下するのは、ギ酸の毒性の影響が考えられる。酢酸、プロピオン酸は、添加濃度 300mg/l 程度まで大きな変化はなかった。実際の最初沈殿池流出水の測定結果では、各有機酸とも 50mg/l 程度が上限であるため、推定式の係数は、50mg/l までの値とすることにした。また、推定式として線形一次式と仮定して作成した。推定式を②式に示した。

$$\text{BOD 推定式 (mg/l)} = 0.323 \text{ ギ酸濃度 (mg/l)} + 0.879 \text{ 酢酸濃度 (mg/l)} + 1.384 \text{ プロピオン酸濃度 (mg/l)} \quad \cdots \text{②}$$



この式を使用して、実際の最初沈殿池流出水に有機酸を添加して BOD を測定し、予測結果を確認してみた。表－2 に添加実験結果を示した。

この結果 300mg/l のギ酸の添加は、予測よりかなり低い値となり、ギ酸の毒性が現れたと思われる。その他の場合は良く一致している結果が得られ、50mg/l の濃度までは、一次線形の式となる事が示された。

そこで、この式がどの程度誤差があるか示すために、酸化率が一定なため、より理論的な COD の式を作成して相関を調べてみた。COD への換算係数を各有機酸の理論酸素量と報告された有機酸の COD 酸化率測定結果¹⁾ から、BOD と同様に①式から求め、これらの係数を使用して COD への換算式を③式に示した。

*ギ酸、酢酸、プロピオン酸の酸化率はそれぞれ 0.14、0.07、0.08

$$\text{有機酸の COD (mg/l)} = 0.0486 \text{ ギ酸濃度(mg/l)} + 0.0746 \text{ 酢酸濃度(mg/l)} + 0.1209 \text{ プロピオン酸濃度(mg/l)} \quad \cdots \textcircled{3}$$

COD と BOD の相関の結果を図－2 に示した。この関係から、両者には高い相関が得られ、推定式として使用できる可能性が示された。

なお、COD と同様に文献から算出した係数を使用した BOD との場合では、相関係数は $R^2 = 0.9676$ であった。これは、文献より求めた BOD の係数は、BOD 酸化率の平均値を使用しており、当センターで測定した係数は実測値を使用している。また、④式に示すように当センターの係数の方が大きくなるため、当センターで測定した係数の方がより相関度が高くなると考えられる。

したがって、文献から算出した係数も広い範囲で使用可能であるが、当該地で求めた方がより良い推定式が得られると思われる。

$$\text{文献からの BOD 推定式 (mg/l)} = 0.212 \text{ ギ酸濃度(mg/l)} + 0.661 \text{ 酢酸濃度(mg/l)} + 1.028 \text{ プロピオン酸濃度(mg/l)} \quad \cdots \textcircled{4}$$

4. 当センターの有機酸による BOD について

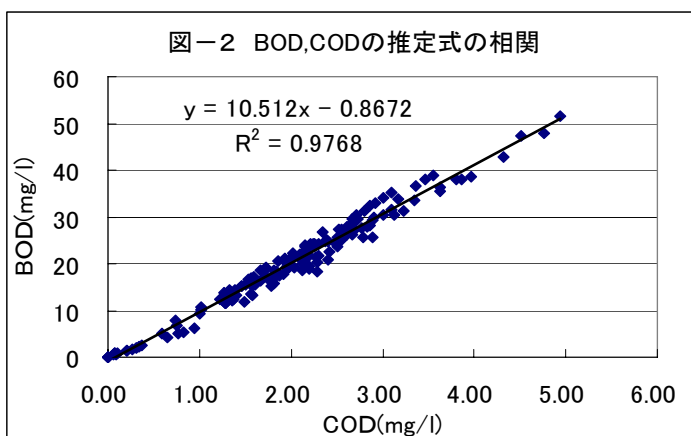
当センターにおける最初沈殿池流出水 BOD に占める溶解性 BOD の割合は約 60%程度であるので、溶解性である有機酸による BOD はどの程度であるか調査した。そこで、検討した BOD 推定式を使用して割合を求めた結果を表－3 に示した。この結果、溶解性の BOD の約 50%を有機酸による BOD が占めていることが示された。

なお、汚泥循環や季節などにより、変動すると

考えられるが、BOD として 30～150mg/l の濃度で検討したので、この範囲では推定式を用い、有機酸の濃

表－2 有機酸添加BODの予測結果 (mg/l)

ギ酸	酢酸	プロピオン酸	沈後水BOD	予測BOD	実BOD
50	50		85.7	146	156
50		50	85.7	171	160
	50	50	85.7	199	200
25	50		93.3	145	146
50	50		93.3	153	149
100	50		93.3	170	161
300	50		93.3	234	180
25	50		80.2	132	129
50	50		80.2	140	128
100	50		80.2	156	143
300	50		80.2	221	76.5
20	20	20	68.7	120	114
25	25	25	73.5	138	127
50	50	50	73.5	203	184



表－3 有機酸によるBODの割合 (最下段は平均)

BOD (mg/l)	溶解性BOD (mg/l)	溶解性BODの割合 (%)	有機酸によるBOD(mg/l)	有機酸によるBODの割合 (%)
95.1	67.7	71	42.7	63
127	72.7	57	30.4	42
131	92.7	70	42.4	46
108	88	81	37.9	43
35.2	24.7	70	9.21	37
61.7	38.7	62	22.6	58
98.4	55.4	56	18.7	34
131	95.1	72	31.9	34
113	55.6	51	31.6	57
148	86.9	61	37.7	43
105	67.7	65	30.5	46

度から BOD を把握できると考えられる。なお、下水の場合の溶解性の BOD は、リンの除去で有機酸、特に酢酸が重要な因子となるので、濃度が大きく影響すると思われる。

5. 有機酸の変化

当センターにおいて、有機酸を測定した場合、他のセンターに比べ有機酸濃度が高い結果であった。有機酸が下水流入で測定されるのは、糞尿からの発生が主であると考えられるが、他のセンターより有機酸が多いのは、他の要因も考えられるのではないかとと思われる。そこで、汚水が流入してくる過程で有機酸が変化を生じているのではないかと仮定し、上流の戸塚ポンプ場と場内沈砂池で汚水を採取して経時変化を調べてみた。恒温槽で 20℃ で実験した結果を図-3、4 に示した。

ポンプ場流入水と沈砂池流入水の採水時点での有機酸濃度は同程度であるが、ポンプ場汚水では 2 時間後にギ酸、酢酸の増加がみられるが、沈砂池汚水では時間の経過と共にいずれの有機酸も減少していた。このように汚水の採水地点の質的条件により有機酸の増減が違ってくることから、流入汚水はできるだけ速やかに反応タンクに流入させた方が BOD 源としては有効である。特に管渠内で滞留する場所があれば有機酸の増減が進むと考えられる。これを確認するため、横浜市における各センターの処理面積と有機酸の関係を求めてみた。

結果を図-5 に示した。図中の白抜きが栄第二水再生センターである。これから、ギ酸は負の関係で酢酸は正の関係が得られた。管内の細菌により有機酸も含めて有機物の分解が起こり、ギ酸は管長が長くなると減少し、酢酸は腐敗して一時的に増加する傾向が得られた。今後、リンの除去で溶解性の BOD が重要であるため、下水道管渠内反応も考慮する必要があると思われる。

8. まとめ

- 1) 有機酸の BOD 測定の結果から、有機酸による BOD の予測式が可能となった。
- 2) 当センターにおいては、全 BOD の内約 60% が溶解性 BOD で、溶解性 BOD の約 50% が有機酸による BOD であることが示された。
- 3) 汚水が流入してくる過程で有機酸が一時増加し、時間の経過とともに低下する傾向がみられた。

参考文献 1) 八木 博 その他、用水と廃水、18, 10, (1976)

問合せ先 横浜市環境創造局栄第二水再生センター 〒244-0841 横浜市栄区長沼 8-2 TEL045-861-3011

