

II-481

都市下水の嫌気性生物処理

(II) 上向流汙床法の処理効率に対する有機物負荷と相分離の影響

明星大学理工学部 学員 ○鈴木 敦
 明星大学理工学部 学員 市川 勉
 明星大学理工学部 正員 田中 修三

1. はじめに

嫌気性生物処理において有機物負荷や相分離は処理効率を決定する重要な因子の一つと考えられるが、下水のような低濃度廃水に対しては必ずしも十分な知見が得られているとは言えない。本研究では単相系、二相系、二段系の3つのタイプの上向流汙床に対して、都市下水の処理効率に及ぼす有機物負荷と相分離の影響を調べ、合わせて各処理系の処理特性を調べた。

2. 実験方法

実験装置は、図1に示したような上向流汙床のみの単相系、その前段に完全混合槽を設置した二相系および汙床を2つ組み合わせた二段系の3タイプからなる。汙床には円筒状プラスチック汙材(F社製エフメディアBR-10)を20%の充填率で充填した。いずれの処理系の反応槽も間隙容積1.6ℓであり、二相系と二段系においては前段槽(酸生成相)が0.53ℓ、後段槽(メタン生成相)が1.07ℓであり、その容積比は1:2となっている。実験は温度20℃(低温)で単相、二相、二段、の3系列、温度37℃(中温)で単相と二段の2系列、合計5系列の処理系を同時に運転した。これらの5系列に対して、HRTを48, 24, 12, 8, 6 hrと短くしていくことによりCOD容積負荷を変化させた。

処理対象とした下水はA下水処理場の分流区域の最初沈殿池流出水で、工場廃水をほとんど含まない都市下水である。種種汚泥としては、同下水処理場の消化汚泥を種として実験室にて全乳で反連続培養している汚泥を使用した。主な分析項目として、炭水化物をフェノール硫酸法、蛋白質をTCA沈殿後Lowryらの法、脂質をエーテル抽出後CODcr法、ガス組成や揮発酸をガスクロマトグラフ、硝酸イオンや硫酸イオンをイオンクロマトグラフ、その他を下水試験方法にて分析した。

3. 結果と考察

3.1 各処理系の平均処理水質

表1に示した平均処理水質を見ると、いずれの系もCOD容積負荷の増加と共に水質は良くなっているが、負荷1.17(kg/m³/day)になるとCOD濃度が極端に悪化しており、その傾向は中温系の方が強い。また、全体的にSS濃度が低い割に透視度が15~20cm程度であった。相分離については、二相系及び二段系共に前段槽と後段槽のVFA蓄積量、pH、ORPに大差はみられず、これからは酸生成相とメタン生成相の分離は確認されなかった。なお、全処理系共にpHは7.0~8.0、ORPは-150mV~-250mVで安定していた。

3.2 有機物負荷と処理効率の関係

各処理系でのCOD容積負荷(Lv)とCODおよびSSの除去速度(R)の関係を

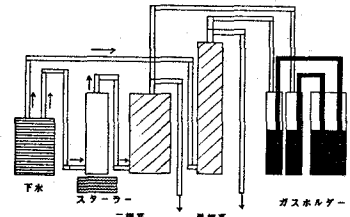


図1 実験装置

表1 各系の平均処理水質

| 分析項目 | COD負荷 (kg/m ³ /day) | 下水 | 低温単相 | 低温二相 | 低温二段 | 中温単相 | 中温二段 |
|--------------------------------------|--------------------------------|------|------|-----------|-----------|------|-----------|
| COD (mg/l) | 0.12 | 24.0 | 18.0 | 19.6 | 19.5 | | 9.7 |
| | 0.26 | 26.1 | 13.4 | 13.7 | 16.3 | 9.7 | 11.3 |
| | 0.84 | 27.1 | 13.8 | 12.3 | 16.0 | 9.9 | 9.9 |
| | 1.17 | 29.2 | 13.8 | 13.8 | 14.0 | 7.6 | 8.7 |
| SS (mg/l) | 0.12 | 7.5 | 9.0 | 2.0 | 2.0 | 1.0 | 0 |
| | 0.26 | 10.4 | 1.5 | 9 | 1.9 | 1.0 | 2.0 |
| | 0.84 | 9.5 | 1.8 | 5 | 5 | 1.0 | 1.3 |
| | 1.17 | 14.1 | 1.0 | 1 | 2 | 0 | 3 |
| 透視度 (cm) | 0.84 | 5 | 1.2 | 1.4 | 1.4 | 2.0 | 1.7 |
| | 0.84 | 5 | 1.8 | 1.8 | 1.7 | 2.5 | 2.4 |
| | 1.17 | 8 | 1.8 | 1.9 | 1.5 | 2.0 | 1.8 |
| | 1.17 | 8 | 1.8 | 1.9 | 1.5 | 2.0 | 1.8 |
| VFA (mg/ℓ) | 0.12 | 4.7 | 6.0 | 7.8/12.1 | 17.8/10.3 | | 18.7/20.8 |
| | 0.26 | 17.6 | 4.0 | 14.7/14.0 | 12.0/18.4 | 0.7 | 2.9/2.2 |
| | 0.84 | 13.7 | 15.4 | 13.7/9.2 | 18.5/23.9 | 6.5 | 4.9/1.7 |
| | 1.17 | 4.5 | 8.3 | 12.4/1.8 | 14.8/13.1 | 0.0 | 2.9/1.5 |
| SO ₄ ²⁻ (mg/l) | 0.26 | 8.5 | 3.9 | 3.8 | 3.8 | 3.7 | 4.3 |
| | 0.84 | 5.5 | 1.0 | 1.7 | 1.2 | 1.8 | 2.2 |
| | 0.84 | 5.5 | 1.0 | 1.8 | 1.7 | 1.8 | 2.2 |
| | 1.17 | 7.5 | 1.0 | 1.8 | 1.7 | 1.8 | 2.2 |

※VFAにおいて左は酢酸、右は酪酸の濃度

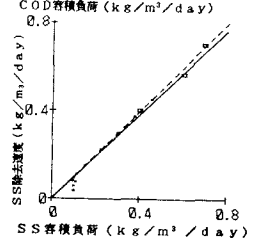
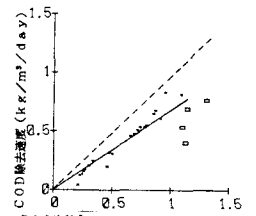


図2 COD容積負荷とCOD・SS除去速度の関係(中温単相)

調べると、図2の中温単相系の例のように、かなり高い相関があることがわかった。図中の実線は原点を通り、傾き k (Y/X) を持つ回帰式で、 $R=kLv$ で表され、傾き k は除去率を示している。但し、図中の白抜きの点で示したように、COD容積負荷が 1.0 ($\text{kg}/\text{m}^3/\text{day}$) を越えるとCOD除去速度が急に低下し、直線から外れてくるので回帰式のデータからは除外した。また、破線は除去率100%の直線である。表2に各処理系のCODとSSの除去速度の回帰式の傾きを整理した。COD除去に関しては、中温系が低温系より約10%高く、処理系別では二相系、単相系、二段系の順に高い除去率であった。一方、SS除去については系による差はほとんどなく、約95%の除去率であった。SS除去に差がなかったのは、いずれの系も上向流であり、物理的抑留による除去が行われているためと考えられる。

表2 各系におけるCODおよびSS除去速度の回帰式の傾き

| 処理系 | n | COD | | SS | |
|------|----|-------|----|-------|----|
| | | n | 勾配 | n | 勾配 |
| 低温単相 | 26 | 0.578 | 18 | 0.944 | |
| 低温二相 | 26 | 0.594 | 18 | 0.965 | |
| 低温二段 | 26 | 0.527 | 18 | 0.942 | |
| 中温単相 | 24 | 0.693 | 18 | 0.956 | |
| 中温二段 | 27 | 0.660 | 18 | 0.947 | |

図3はCOD容積負荷とVFAおよびメタンの生成速度の関係を平均値で示したものである。VFA生成速度に相分離の影響はみられないが、COD容積負荷が 1.0 を越えると中温系の生成速度が高くなっている。メタン生成速度については、中温単相が最も高いが、負荷 1.0 以上になると急に低下している。低温系では二相系が最もメタン生成活性が高い。前述したように、COD除去速度はCOD容積負荷 1.0 を越えると急に低下してくるが、これはメタン生成速度の低下に起因するもので、酸生成活性はむしろ高くなっていることがわかる。なお、VFA生成速度とメタン生成速度の関係も調べたが、明確な相関は得られなかった。

3.3 有機成分別分解速度

下水中の炭水化物、蛋白質、脂質の3成分について、それぞれの容積負荷と分解速度の関係を調べたところ、図4の中温単相の例にみられるように、高い相関が得られ、CODやSSと同様な回帰式を求めることができた。この回帰式の傾きは各成分の除去率を示しており、各処理系での除去率は表3のようになった。炭水化物はいずれの系も75%以上の除去率で、単相系が二相系や二段系よりも高かった。蛋白質は中温系の方が低温系より約15%高い除去率を示した。一方、脂質の分解に温度による差はみられなかったが、低温二相が他系より10%程度低い分解率であった。これらの3成分の分解に関する限り、相分離あるいは二段処理の効果は特に見られなかった。

4. おわりに

下水の嫌気性処理において、COD容積負荷が 1.0 を越えると急に処理効率が低下することがわかった。また、負荷 1.0 以下では有機物負荷と処理効率の間に高い正の相関が得られた。COD除去率については、 20°C で60%、 37°C で70%程度が可能であり、わずかながら相分離の効果が表れたが、二段処理は効果がなかった。

表3 各系における成分別分解速度の回帰式の傾き

| 処理系 | n | 炭水化物 | | 蛋白質 | | 脂質 | |
|------|----|-------|----|-------|----|-------|----|
| | | n | 勾配 | n | 勾配 | n | 勾配 |
| 低温単相 | 27 | 0.779 | 17 | 0.545 | 7 | 0.759 | |
| 低温二相 | 27 | 0.758 | 16 | 0.542 | 6 | 0.666 | |
| 低温二段 | 27 | 0.759 | 17 | 0.546 | 6 | 0.765 | |
| 中温単相 | 22 | 0.817 | 17 | 0.679 | 7 | 0.719 | |
| 中温二段 | 27 | 0.776 | 17 | 0.618 | 6 | 0.746 | |

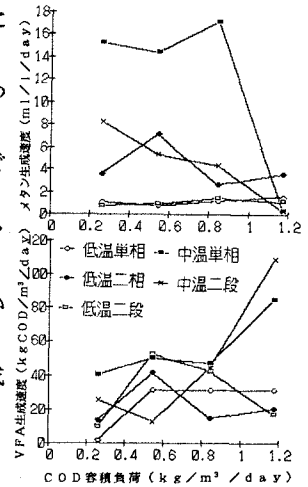


図3 COD容積負荷とVFA・メタン生成速度の関係

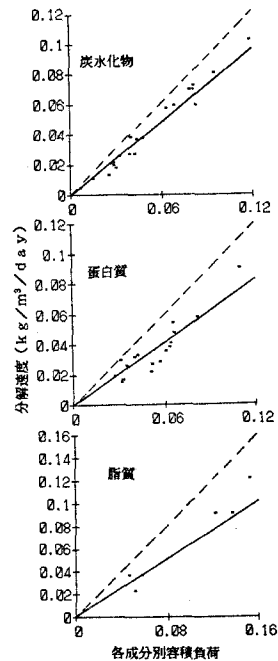


図4 各成分別容積負荷と各成分別除去速度の関係(中温単相)