

回転円板法による都市下水のメタン発酵処理に関する研究(5)

宮崎大学工学部 正員 石黒政儀 正員 増田純雄
 〃 学員 峯下英俊 学員 高松一久

1. はじめに 第4報においては、嫌気性回転円板法の設計指針となる、有機物の物質移動係数について言及している。しかしながら、都市下水中にはさまざまな成分が含まれるため、渡辺ら¹⁾の定常生物膜動力学モデルを適用することができない。本研究では、人工下水を用いた実験を行い、総合的な有機物指標としての全有機炭素(TOC)の反応速度を求めるために、定常生物膜動力学理論を適用した。また、有機酸、蛋白質、炭水化物等の測定項目を加えることにより、総合的TOCの物質収支についての詳細な検討を試みた。さらに、温度、滞留時間の処理水質に与える影響にも検討を加えた。

2. 実験装置と実験方法 (1) 実験装置 本研究で用いた実験装置を図-1に示す。円板は、厚さ2mm、直径150mmの塩化ビニール製で、円板間隔は10mmである。4段4槽、各段10枚の計40枚、全円板表面積(1.4m²)である。各段の有効容積は、各々4.7ℓである。円板回転数は14rpmで、原水の供給には定量ポンプ(最大流量3600cc/min)を用いた。加温装置として、1,2段に100W-200W、3,4段に100W-100Wのヒーターと各段にサーモスタットセンサーを取り付けた。各段上槽部にはガス抜き孔、側面には試料採水口、底部には汚泥引き抜き孔を設けた。以上の同型の装置を3台実験に用いる。

(2) 実験方法 原水とした人工下水の組成と水質を、表-1に示す。3台の実験装置は、槽内水温と水質的滞留時間(HRT)による影響を調べるため、水温を35℃, 30℃, 20℃に設定し、HRTを変化させた。総合的な有機物指標としてのTOCの除去速度を得るため、基質濃度を变化させた。このときの水質分析は、下米試験う法に準拠し、TOC、揮発性有機酸(VFA)、ガス組成の測定は、ガスクロマトグラフィーによって行なった。

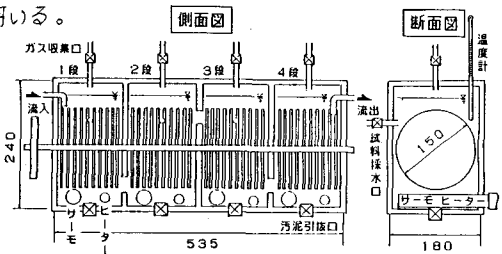


図-1 実験装置

表-1 人工下水の組成と水質

組成	濃度 (mg/l)	水質	濃度 (mg/l)
デキストリン	30.6	BOD	200
ペプトン	65.4	COD	66
酵母エキス	65.4	TOC	105
肉エキス	74.6	蛋白質	72.88
etc	微量	炭水化物	69.136

3. 実験結果と考察 各段水質変化について 図-2, 3に各段の水質変化を示す。図中の値は、タンパク質、炭水化物、酢酸、プロピオン酸をTOCに換算したものである。図においてタンパク質の減少量は炭水化物の減少量を加えた値から、酸生成によって生成された酢酸、プロピオン酸の増加量を差し引いたTOC量が、実際TOC量と等しいならば、酸生成、メタン生成というメタン発酵過程が槽内で成立している事が推定できる。HRT 8hにおいて各段TOC換算値と実際TOCの値は、ほぼ一致しているという結果を得た。HRTを2hとした場合、槽内より生成物質のwashout等が生じ、正確な収支は成り立たないが、等動

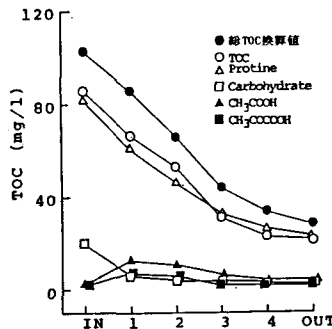


図-2 20℃ HRT 8hrの各段水質変化

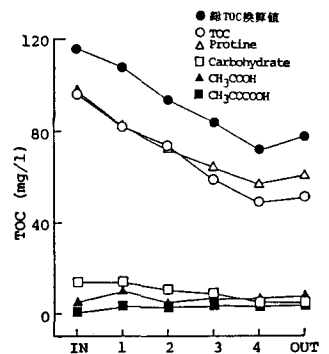


図-3 20℃ HRT 2hrの各段水質変化

は同調しているという結果が得られた。

液本体TOC濃度とFluxについて 図-4に槽内水温35℃と20℃の場合の液本体TOC濃度とTOC Fluxの関係を示した。図を用いて、液辺りの定常動力学モデルにより生物膜内TOC除去速度 R (g/m²・h)を推定した。不完全基質浸透状態から完全基質浸透状態の遷移点において(1)式が成立する。

$$F_b^* = \sqrt{2 D_0 R \cdot C_s^*} \quad (1)$$

C_b^* に対応する、生物膜表面TOC濃度 C_s^* は(2)式で求められる。

$$C_s^* = C_b^* - F_b^* \times L_d / D_0 \quad (2)$$

D_0/L_d は、図中の右より直線の勾配として求められる。

また田代らの研究を参考にして L_d を決定すると有機物の総括的拡散係数 D_0 (m²/h)が求まる。 C_s^* と D_0 を(2)式に代入すると、 R は求まる。以上の過程で求められた D_0 と R は、35℃において、それぞれ 1.795×10^{-6} (m²/h)、 5.482×10^3 (g/m²・h)で、20℃において 0.891×10^{-6} (m²/h)、 3.586×10^3 (g/m²・h)である。このような温度の違い D_0 、 R を比較することにより物質移動、菌体活性の両者とも温度による影響を受けることが判明した。

有機酸の挙動について 図-5は、HRTと流出VFA濃度の関係を示したものである。HRT 1.5h以上の温度による有機酸の挙動は、流出VFA濃度が35℃において最も低く、20℃において最も高い。このことから流出有機酸の濃度は温度に大きく影響されることがわかる。図中の破線は、流入TOC濃度を一定としたときの各HRTでの流出TOC濃度を示したものである。30℃における有機酸濃度とTOC濃度の比較をすると、HRT 1.5hで有機酸濃度がピークになっている事とTOCがHRT 1.5h~3hで急激に減少していることから、HRT 1.5hが酸生成の最大反応時間、3.0hがメタン生成の最大反応時間であることが予測される。

メタンガス発生量について 図-6にTOC除去量当りのメタンガス発生量の実測値と理論値を示す。理論値は、除去されたTOCが全てメタンガスとなると仮定した場合においてBuswellの式より求めたものである。ここで理論値と実測値に大きな差があるのは上述の仮定とメタンガスが溶存したままの状態では $wash\ out$ されることに起因するものと考えられる。

4 終りに 本研究により人工下水を用いた回転円板法による総括的有機物反応速度を決定できた。また、水温の処理効率へ与える影響も明白にできた。さらに、嫌気性消化の動力学的解析をより詳細に行うためには、炭水化物、タンパク質、有機酸類、ガス分析、無機物等の測定を厳密に行う必要がある。

参考文献 1) 田代公・中川博昭・50年代回転円板法の特性と改良の経験 (9月) 下水道 1972 16, 165-170-29)
2) 田代 公昭・渡辺 達也: 回転円板法による固相に付着した有機物の分解 (土木学会第2回全国環境学大会 1984 3 京都府会)

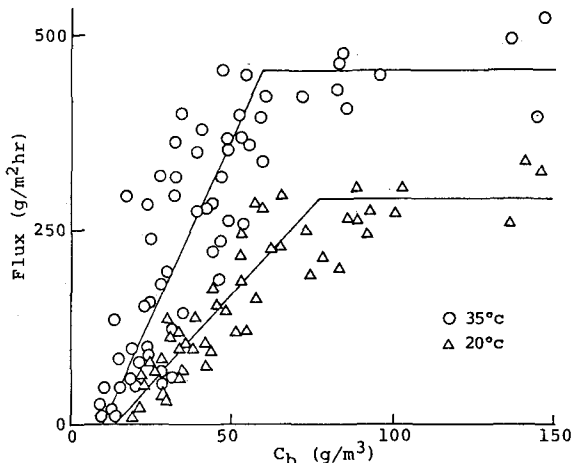


図-4 液本体TOC濃度とフラックスの関係

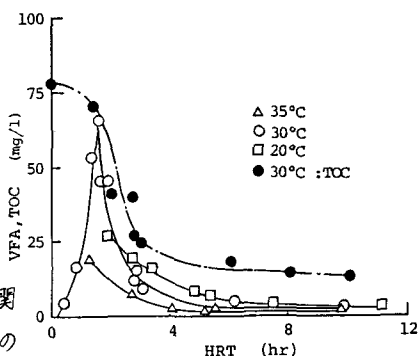


図-5 HRTと流出VFA濃度の関係

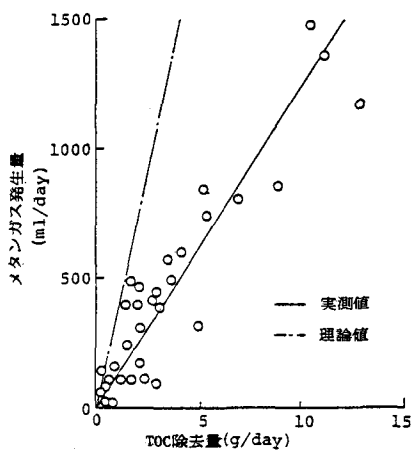


図-6 TOC除去量とメタンガス発生量