

京都大学工学部 正会員 泉宮 功
 京都大学工学部 正会員 〇河村青史
 須賀工業株式会社 大塚浩正

§1 はじめに

活性汚泥法においては、基質はその一部が無機化されるのみで、他は活性汚泥に付着して、微生物に変換されるため、余剰汚泥として処理・処分されねばならない。実際の下水処理場においては、この無機化の割合、余剰汚泥の生成量等が運転管理に大きく影響するものの、都市下水についてこれを把握したものは少ない。そこで、実際の下水処理場での解析は先づ、都市下水の代謝について検討し、2~3の知見をえたので報告する。

§2 対象下水の特性

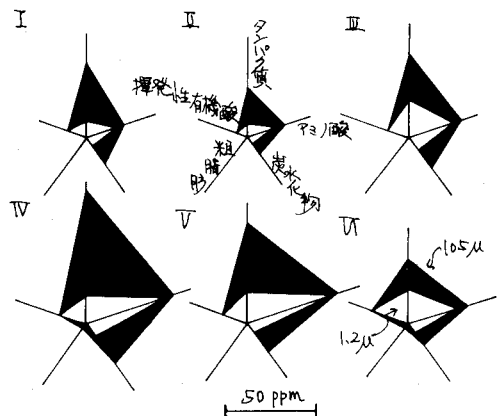
実験に使用した下水は大半が家庭下水である都市下水であり、1時間弱の沈殿を経たものである。特性を示す。
粒径について ある1日の10時、13時、16時および19時に採水した下水を250 μ 、105 μ 、53 μ 、20 μ のふるい器と8 μ 、0.45 μ のメンブレンフィルター、公称孔径1.2 μ の東洋3紙No.5で分離し、原水とこれら3液について、COD_{Cr}とOrg-Nを測定した。250 μ 3液中の濃度を100%として各3液中の濃度の割合をしめすと表-1をうる。53 μ 以下の部分に大半の有機物が存在し、生物分解が容易と考えられ、溶解性物質といわれている1.2 μ あるいは0.45 μ 以下のCODは全体の2割前後しかない。それに対してOrg-Nは4~6割がこの部分に存在する。この表から、有機物を粒径で区別すると、100 μ 前後、1 μ 前後が1つの目安となる。

表-1 COD_{Cr}、Org-Nの分布 単位：%

孔径	COD _{Cr}				Org-N			
	10時	13時	16時	19時	10時	13時	16時	19時
250 μ	100	100	100	100	100	100	100	100
105	101	103	100	94	98	95	98	103
53	106	88	102	74	94	96	89	97
20	54	59	79	79	71	69	75	100
8	19	21	22	29	36	44	52	63
1.2	18	19	21	27	36	51	38	66
0.45	17	—	23	25	—	—	39	59

有機成分について ある1日の24時間について、1時間おきに採水し、COD値の時間変化特性から6つのグループに分け、各々105 μ のふるい器と東洋3紙No.5で分離した試料について有機成分分析を行なう。タンパク質、アミノ酸、炭水化物、粗脂肪、揮発性有機酸を測定した。これを図示したものが図-1である。これから、溶解性のOrg-Nはアミノ酸によるところが大きい、浮遊性の有機物は大半がタンパク質と炭水化物であることがわかる。

図-1 下水中有機成分



なお、下水中有機物については溶解性であり、浮遊性であり、その酸化の際のエンタルピー変化量とBODとの間に同一の関係があり、微生物の代謝速度は異なる、でも栄養価としては選別しにくいと推察しよう。

§3 下水の代謝

実際の都市下水の代謝を考えると、相当量存在する浮遊性有機物の挙動を評価する必要があるので、バッチ方式によってマクロな速度定数を定めることを試みた。

下水調査を行なう、最終処理場の返送汚泥を1日間空曝し、水道水で洗浄後、沈殿・濃縮した汚泥と、いくつかの径のふるい器で過した下水とを混合曝気した。同時に下水のかわりに水道水を用いたものを用意し、内生呼吸の様子を観た。曝気開始時より時として時間経過に従って、系全体を0.45 μ 3液のCOD、酸素消費速度、無機態窒素を測定した。CODの変化についてU式を差える。

(系内CODの減少量) = (溶解性CODの減少量) + (浮遊性CODの減少量) + (内生呼吸によるCOD減少量) --- (1)
 詳細は講演時にのべるが、右辺各項が独立しているとし、各々一次反応に従うとして(2)式がえられる。

$$C_0 - C = (1-\alpha)L_0(1-e^{-k_1 S_0 t}) + (1-\alpha)L_S(1-e^{-k_2 S_0 t}) + S_0(1-e^{-k_3 t}) \text{----- (2)}$$

ここで、 C = 系内COD濃度、 L_0, L_S = 溶解性、浮遊性の基質のCOD濃度、 S_0 = 汚泥のCOD濃度、 k_1 = 除去速度定数
 k_2 = 代謝速度定数、 k_3 = 内生呼吸速度定数、 α = 汚泥変換係数。 C, L_0, L_S, S_0 の右下の0は初期値を示す。

(2)式において、 $(C_0 - C), L_0, L_S, S_0$ は実測可能で、 k_1, k_2 は各々溶解性基質のCOD除去過程と内生呼吸実験より求める。そこで α を与えることで k_2 が求められる。いくつかの実験のうちで、 $(C_0 - C)$ と有機物酸化に用いた酸素量(=全酸素消費量-無機態窒素酸化酸素量)との比が1に近いものについて、 $\alpha=0.5$ としたときの結果を表-2に示す。ここでは、各係数のオーダーを正しめることが目的であり、

汚泥のCODはすべて微生物によることとしている。

表-2 反応速度定数

k_1 1/h	k_2 1/h	k_3 1/h	S_0 mg/L	L_0 mg/L	L_S mg/L
0.20 (0.37)	0.045 (0.083)	0.0014	355	28.0	39.0
0.17 (0.31)	0.020 (0.037)	0.0027	836	18.6	196.4

§4 連続処理におけるCODの挙動

以上をふまえて、都市下水を連続処理し、系におけるCOD変化を調べ、物質収支をもつく(3)式から(4)式を求め検討を加えた。実験装置と実験条件については講演時に示す。系内への流入、系外への流出、系内の変化はCOD負荷として検討した。

$$\left. \begin{aligned} (\text{微生物のCOD変化量}) &= (\text{除去溶解性COD微生物変換量}) + (\text{浮遊性COD微生物変換量}) + (\text{内生呼吸によるCOD減少量}) \\ (\text{汚泥のCOD量}) &= (\text{反応前の微生物のCOD量} + \text{微生物のCOD変化量}) + (\text{浮遊性CODの代謝残存量}) \end{aligned} \right\} \text{--- (3)}$$

(3)式において、基質がT時間に平均的に負荷されて $(\int_0^T e^{-k_1 S_0 t} dt)/T$ の変化をうけるとして(4)式を導く。

$$\left. \begin{aligned} dS_A &= \alpha L_0 \left\{ \int_0^T (1-e^{-k_1 (S_0/t)}) dt \right\} / T + \alpha (L_S + dL_S) \left\{ \int_0^T (1-e^{-k_2 (S_0/t)}) dt \right\} / T - S_A \left\{ \int_0^T (1-e^{-k_3 t}) dt \right\} / T \\ S &= (S_A + dS_A) + (L_S + dL_S) \left\{ \int_0^T e^{-k_2 (S_0/t)} dt \right\} / T \end{aligned} \right\} \text{--- (4)}$$

ここで、 V = 装置容量、 L_S, dL_S = 汚泥中とある時間帯に流入する浮遊性COD量、 L_0, L_S, dL_S, S_A は負荷量。 S_A は汚泥中の活性をもつ部分を示しているため、さらに k_1 は換算する必要があり、換算値を表-2の()に示した。 S_A, L_S の初期値を定めると、 S_A の3ポイントの結果と実際の適合性があるため、今後ATPの使用あるいは細菌数のcount等を行なうことにしているが、今回は便宜的にCODと Org-N の収支から(5)、(6)式を導いて S_A, L_S の初期値を求めた。

$$S_A + L_S = 57.842 \text{----- (5)}$$

$$\frac{1}{60} S_A + (0.0537 L_S - 0.213) = 3.959 \text{----- (6)}$$

(6)式は微生物が $\text{C}_6\text{H}_4\text{N}$ とし、 L_S の Org-N は流入水中の浮遊性CODと浮遊性 Org-N の関係に従うとした。これから

もなる S_A, L_S に対して k_1, k_2, k_3 を種々変化させ、処理水中のCOD負荷、系のCOD変化に適合性がある k_1, k_2, k_3 が大きいと変化しないという条件で k_1, k_2, k_3 を求めると、各々0.50/h, 0.050/h, 0.0040/hを得、図-2をえた。

§5 おわりに

下水の性状調査の結果から浮遊性有機物について特性を述べるとともに、非常にマクロではあるが2つの代謝についての存在。さらに、2つをもとに下水を連続処理した場合のCODの挙動を述べた。今回示したのは1つの手段であり、不確定性が非常に大きく種々の問題を含むが、今後詳細を検討を加え、所期の目的に向かう。

