

II-117 活性汚泥の反応速度に及ぼす水温の影響について

京都大学工学部 ○学生員 福嶋俊貴
京都大学工学部 正員 宗岡 功
京都大学工学部 正員 河村清史

1. はじめに

活性汚泥法の合理的操作確立のため、浄化機構とその反応主体である活性汚泥に着目し、DNAを生物量指標、RNAを生物活性指標として導入しモデル化してきた。ここでは、このモデルの現実の場への適用の準備として水温を変えた回分実験により、モデルの評価とモデル式中の反応速度の算出を試みた。

2. モデルの提示

DNA, RNA, 浮遊性基質を導入したモデルを図1に、またモデル式を表1に示し使用した記号の説明を表2にまとめた。このうち、汚泥性状にかかわらず一定であるべきものとみける α, β, γ は従来得られた値とほぼ同じとみなし、その他の反応速度定数について水温の影響を検討するため、以下の実験を行った。

3. 実験方法

実験はRun I ~ IVよりなる。Run Iは浮遊性基質の代謝と自己分解に及ぼす水温の影響を検討するために、Run II, III, IVは溶解性基質の代謝に及ぼす水温の影響を検討するために行なった。なお、溶解性基質は都市下水の3液と、これが薄いため生汚泥の超音波破壊速心分離により作、た基質を与えた。設定水温はRun Iは10℃, 15℃, 20℃, 30℃, Run II, III, IVで10℃, 20℃, 30℃とし、水温の維持にはヒーターとクーラーを用いた。水温変動はおおむね±1℃であった。

また実験に先立ち活性汚泥の十分な温度馴致を行った。分析項目は重クロム酸セリウム法によるCOD (サンプルのCODをT-COD, SS用フィルタの3液のCODをS-COD, 両者の差をP-CODとする)、Burtonの変法によるDNA、紫外部吸光度によるRNAである。

4. 実験結果

実験結果の例を図2, 3, 4に示す。なお浮遊性基質については、温度馴致の間に下水中の沈殿性物質をかなり投入したため難分解性の部分が多く存在していると考えられるので次式で算出した。

$$(\text{浮遊性基質COD}) = (\text{P-COD}) - (\text{DNA} \times \alpha) - (\text{難分解性浮遊性基質COD})$$

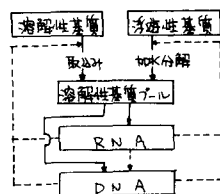


図1 基質, RNA, DNAの関係

表2 パラメータ一覧表

記号	意味	単位	値
k_1	溶解性基質COD除去速度定数	1/hr	1.5×10^1
k_2	溶解性基質中の溶解性基質COD代謝速度定数	1/(RNA mg/l-hr)	1.0×10^2
k_3	浮遊性基質COD加水分解速度定数	1/(RNA mg/l-hr)	8.0×10^4
k_4	DNAの自己分解速度定数	1/hr	1.2×10^3
k_5	RNAの分解速度定数	1/hr	2.2×10^3
α	代謝COD量/合成DNA量への換算係数	—	0.017
β	代謝COD量/合成RNA量への換算係数	—	0.05
γ	自己分解時のRNA/DNA	—	0.66
S	溶解性基質中の難分解性COD	—	36

表1 モデル式のまとめ

$$\frac{dC_1}{dt} = -k_1 C_1 (1 - \frac{C_1}{S_1})$$

$$\frac{dC_2}{dt} = -k_2 C_2 \text{RNA} (1 - \frac{C_2}{S_2})$$

(ただし $S_2 = 5\% \text{ 部分の } C_2 \text{ に相当}$)

$$\frac{dC_3}{dt} = k_3 C_1 (1 - \frac{C_3}{S_3}) + k_4 C_2 \text{RNA} (1 - \frac{C_3}{S_3}) - k_5 C_3 \text{RNA}$$

DNAの変化

$$\frac{d\text{DNA}}{dt} = \alpha k_2 C_2 \text{RNA} - k_4 \text{DNA}$$

RNAの変化

$$\frac{d\text{RNA}}{dt} = \beta k_2 C_2 \text{RNA} - k_5 (\text{RNA} - \gamma \text{DNA}) - k_5 \text{DNA}$$

溶解性COD, C_1

$$C_1 = C_1 + C_1'$$

$C_1' = \text{溶解性難分解性COD}$

浮遊性COD, C_2

$$C_2 = C_2 + C_2' + C_2 + \frac{\text{DNA}}{0.03}$$

$C_2' = \text{付着性難分解性COD}$

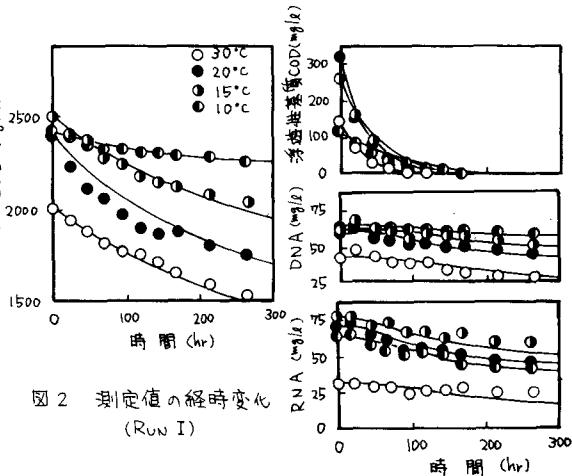


図2 測定値の経時変化 (Run I)

浮遊性基質の代謝については水温に關係なく各指標はほぼ同じパターンを示す。すなわち、P-CODは初期の速い減少とその後のゆるやかな減少がある。S-CODは次第に増加し一定となる。浮遊性基質CODはケースにより濃度が異なるため図2からは温度効果はみられないが、1次反応的に減少を示す。また、DNAは初期にはほぼ一定か、くり増し、その後ほぼ直線的に減少するが、RNAは初期にはほぼ一定か、くり減少し、その後すみやかに減少しやがてDNAと並行する。溶解性基質の代謝については都市下水の3液の場合基質濃度が低く明確ではないが、生活泥の超音波破壊により作った基質の場合S-CODは水温にかかわらず1次反応的に減少し、水温が高いほど減少が速い。DNA RNAはS-CODが減少する間にゆるくり増加し、ほぼ一定となる。

5. 反応速度に及ぼす水温の影響

以上の実験データをもとに表2に示した各反応速度定数を求めて水温の影響を検討した。反応速度の求め方については文献¹⁾により、ここでは結果のみを表すに示す。ただし k_2 についてはデータ不備のため直接には求めず、DNAと同じ水温の影響があると考えた。水温の影響を調べるために水温に対する片対数プロットをすると図5となり、実験の範囲内では直線関係にあった。このグラフの傾きより温度係数 θ を求めると、 k_{11} は $\theta=1.039$ 、 k_{12} は $\theta=1.033$ 、 k_2 は $\theta=1.057$ 、 k_3 は $\theta=1.062$ 、 k_4 は $\theta=1.046$ であった。これにより浮遊性基質の加水分解に及ぼす水温の影響は溶解性基質の除去よりも大きいことがわかった。また、溶解性基質の除去に及ぼす影響には都市下水と超音波破壊によるものと大差ないこともわかった。これらの値をすでに報告されている値²⁾と比べると、基質の代謝速度も自己分解速度も10℃～30℃の範囲では近いものであった。

以上の温度効果の確認のためシミュレーションを試みたところ、図中の実線で示すようにほぼ満足いく結果を得ることができた。

6. おわりに

水温が変わったときの活性汚泥の挙動をみることにより、活性汚泥の浄化機構をより現実的にとらえようとしてきたが、反応速度定数には明らかに水温の影響がみられた。そこでそれを温度係数 θ で評価し、シミュレーションを行なうと実験値をうまく説明することができた。今後、これらを用いて季節を考慮した活性汚泥法システムの検討とする。

参考文献1) 宗宮・河村・安福 下水道協会誌 Vol. 17 No. 196 1980/4

2) 橋本・鳥山 下水道協会誌 Vol. 14 No. 161 1977/10

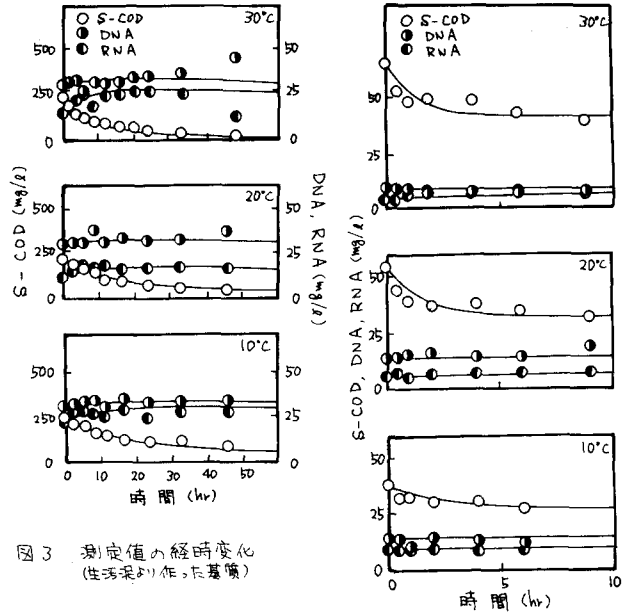


図3 測定値の経時変化 (生活泥、作った基質)

表3 各水温の反応速度定数

	k_{11}	k_{12}	k_2	k_3	k_4
10℃	0.062	0.44	0.006	2.7×10^{-3}	0.10×10^{-3}
15℃				3.1×10^{-3}	0.84×10^{-3}
20℃	0.077	0.59	0.010	4.7×10^{-3}	1.14×10^{-3}
30℃	0.132	0.85	0.018	8.5×10^{-3}	2.10×10^{-3}
備考	生活泥、都市下水、超音波破壊による基質				

図4 測定値の経時変化 (都市下水の3液)

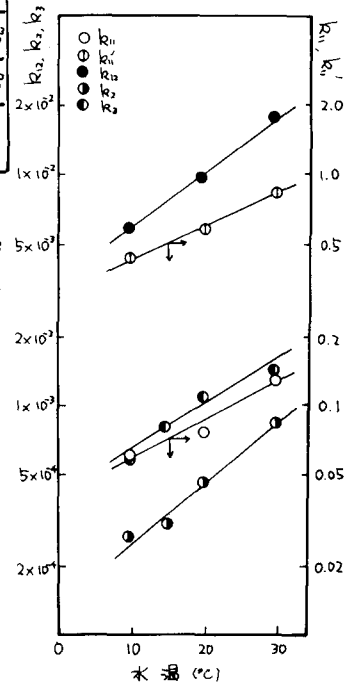


図5 水温と反応速度定数