

金沢大学工学部 正会員 松井三郎
 金沢大学大学院 ○学生員 矢口博嗣
 北 国 設 備 ㈱ 中沢博志

1. はじめに

現在、活性汚泥法が廃水処理法を中心として広く用いられているが、一方、これの欠点を補うため種々の改良法が開発された。この中の一つに深層曝気法があり、酸素利用率の向上、高負荷対策および用地の節約を目的として研究が進められている。今回の実験は、回分式装置を用いて高水圧下における活性汚泥微生物の浄化能力を分析しようとするものである。実験はまだ初期の段階であるが、現在までの経過を以下に報告する。

2. 実験装置および方法

実験装置の概略図を右に示す。反応槽は内径10cm、高さ20cm、容積1.64ℓであり恒温槽中にセットした。反応槽への加圧は、ポンプで加圧室に水を送り加圧室の空気を圧縮し、その圧力を利用することにした。反応槽はモーターにより振動（振動数180 C/min 、振幅約4.5 cm）し、数秒で均一に混合される。

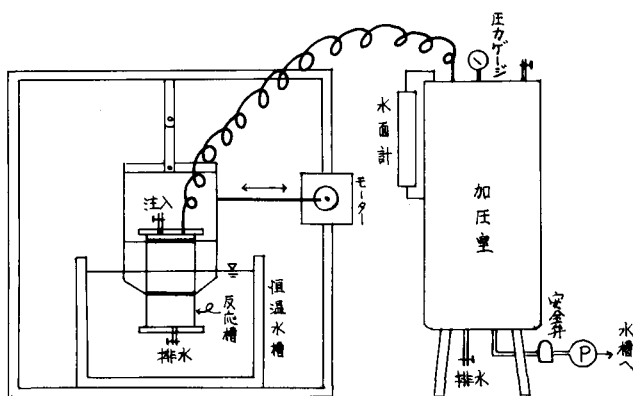


図1 実験装置

実験はまず反応槽の総括酸素移動係数 $K_L a$ を求めることから始めた。蒸留水0.8ℓに必要な亜硫酸ソーダと塩化コバルトを注入し、溶存酸素を零に近づける。この蒸留水を反応槽で再曝気し、非定常状態評価を行なった。人工下水（これは

活性汚泥微生物の処理能力を調べるとき流入水として用いるもので、スキムミルク、 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ および KH_2PO_4 を成分とし、 COD_{Cr} 濃度は約241 ppmである）についても同様の実験を行なった。この際、圧力を1気圧、5気圧および8気圧の三段階に変化させた。これらの実験の後、人工下水を用いて処理実験を行なった。実験に用いた汚泥は市下水処理場の返送汚泥を希釈し、人工下水で馴致したものである。実験は次のような手順を進めた。まず、所定量の汚泥に人工下水を加えて0.8ℓとし、これを回分式反応槽に注入する。注入後、反応槽に圧力を加えて一定圧力に保ちながら振動撹拌を行なう。所定の時間撹拌後、反応槽から検水を採取し測定を行なった。この実験を1気圧、3気圧、5気圧および8気圧の四段階について行なった。

3. 実験結果

実験の結果、蒸留水および人工下水の総括酸素移動係数は図2、図3に示すとおりである。図2は5気圧における $(C_s - C)$ と t の関係を蒸留水および人工下水についてプロットしたものであり、良好な直線関係が示されている。1気圧、8気圧についても同様である。図3は総括酸素移動係数 $K_L a$ と圧力 P の関係を示し

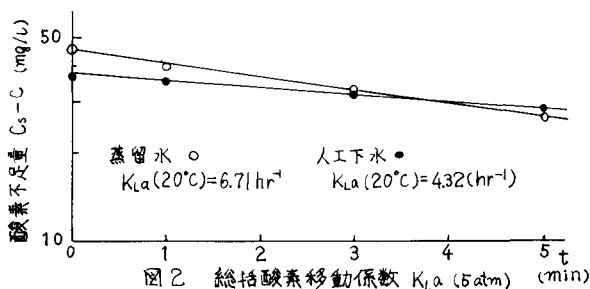


図2 総括酸素移動係数 $K_L a$ (5atm) (min)

ている。この図を見ればわかるように蒸留水、人工下水とも圧力に反比例して総括酸素移動係数 $K_L a$ が減少する傾向にある。 $K_L a$ は通常、攪拌や曝気により界面の拡散抵抗が低下するのが増大する。しかし、今回の実験の場合、圧力を増加させたことにより気液界面の拡散抵抗が増大し、このような結果になったものと思われる。蒸留水と人工下水を比べた場合、人工下水の方が $K_L a$ の減少傾向が強い。すなわち、圧力の増加とともに補正係数 α が小さくなる傾向がある。

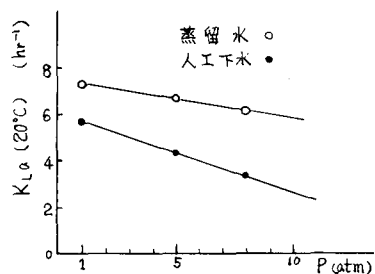


図3 圧力 P と総括酸素移動係数 $K_L a$ の関係

次に、基質除去の結果について見ると、図4に示すような圧力の影響がみられた。この図はLineweaver-Burkの式をもとにプロットしたものである。この図によると、1気圧および3気圧については式に当てはまるが、5気圧および8気圧については $k (= \mu_m / Y)$ が負になってしまい当てはまらない。したがって、Monod式およびその変形としてのLineweaver-Burkの式においては圧力の影響を考慮することができない。そこで、基質除去に関する一次反応式を用いて、流出COD濃度と有機物除去量の関係をプロットし、その傾きから除去速度係数 K を求めた。この K と圧力 P の関係が図5に示されている。この図によると、 $\ln K$ と P との間には反比例の関係がみられる。すなわち、圧力の増加とともに除去速度係数が減少している。このことは図4についても言えることで、圧力が微生物に阻害的要因を与える結果、除去速度が低下したものと考えられる。

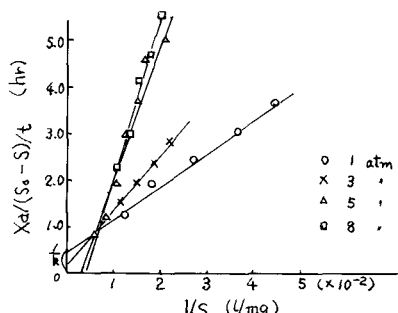


図4 基質除去

この圧力と除去速度係数について、自由エネルギー考之を導入し、両者の関係を考察することにした。

可逆反応の自由エネルギー変化と平衡定数との間には次の関係がある。

$$\Delta G = -RT \ln K_p \quad (1)$$

ここで、 ΔG は自由エネルギー変化、 K_p は平衡定数であり、 R, T はそれぞれ気体定数と温度である。この式を変数 P および T を用いて全微分すると次のようになる。

$$dG = \left(\frac{\partial G}{\partial T}\right)_P dT + \left(\frac{\partial G}{\partial P}\right)_T dP \quad (2)$$

また、Gibbsの自由エネルギー $G = E + PV - TS$ を微分形式で書くと、

$$dG = dE + V \cdot dP + P \cdot dV - T \cdot dS - S \cdot dT \quad (3)$$

この式を熱力学の第一法則等を用いて変形すると、

$$dG = V \cdot dP - S \cdot dT \quad (4)$$

(2)式と(4)式より、 $\left(\frac{\partial G}{\partial T}\right)_P = -S$ となる。この式を $\left(\frac{\partial \Delta G}{\partial P}\right)_T = \Delta V$ と変形し、(1)式に代入すると、

$$\Delta V = -RT \frac{\partial \ln K_p}{\partial P} \quad (5)$$

この式を積分したのち、 $K_p = K$ 、 $\Delta V/RT = E_p$ (圧力阻害係数)とくと

$$\ln K = -E_p \cdot P + B \quad (6)$$

となる。この式は図5の直線を表わすことができる。図5の場合、 $E_p = 0.0751$ (COD_{cr})、 0.1342 (TOC)である。

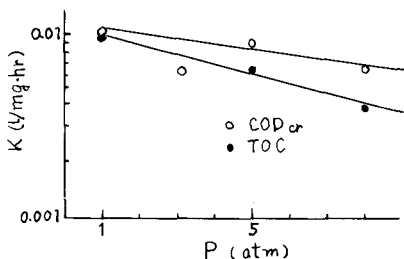


図5 圧力 P と除去速度係数 K の関係

4. まとめ

実験はまだ初期の段階であり、データも不足しているので解析も十分でない。上式の展開にも問題が多い。今後は、上記の実験を20気圧まで広げるとともに、温度の変化あるいは基質の変化による影響も調べる予定である。本研究は超深層曝気法を念頭においているので、それとの関係も含めて実験を進めていきたい。