

東北大学 正員 松本順一郎
 〃 学生員 〇原田秀樹

1. はじめに； 活性汚泥は種々の微生物群から構成される開放系の人為的生態系である。そのため、種々の環境ストレスに対して鋭敏な微生物応答を示し、その結果、その環境条件に適応した微生物相が優勢になるという混合培養系特有の挙動を示す。すなわち微生物への外的・内的環境因子が選択圧となる「一種の集積培養」となっている。このような混合培養系では、微生物群の環境への適応現象は、二つの機能に変配されている。一つは、その微生物種自体のもつ環境適応性であり、個体（細胞）レベルでの酵素系の適応による活性度変化である。他方は、群集レベルでの環境条件に従って微生物相向の遷移による活性度変化である。この二つの、生理的調節による適応ポテンシャルと、生態学的調節による適応ポテンシャルは、異質なもので、機能する「場」も異なってくるので、微生物反応を正確に予測、制御するためには、これらを別々に評価する必要があると思われる。

本研究は、連続培養条件下で、汚泥滞留時間（SRT）と、温度を実験パラメーターとして組み合わせて、その共同作用がおよぼす、汚泥の代謝活性への影響を、定量的に検討することによって、汚泥の「馴養」の概念を整理しようとしたものである。

2. 実験条件および方法； 装置は6L反応容積の完全混合一過式連続培養槽を用いた。流入基質組成は（ペプトン 900 mg/L、酵母エキス 600 mg/L、尿素 150 mg/L）に無機塩類を添加したものである。流入CODは約1,750 mg/Lである。汚泥滞留時間は3段階に設定し、それぞれ4.4 hr, 14.2 hr, 97 hrである。連続実験開始は、上記基質組成で各汚泥滞留時間で約2ヵ月間30°Cで前培養した後、テーターを収集した。その後15日程度かけ徐々に25°Cまで降温し、同様に実験した。各所定温度での、テーター取得期間は、10～15日間である。各連続実験条件下での適応微生物相の代謝活性におよぼす温度と基質濃度の影響を、遠沈洗浄汚泥を用いて、ワールブルグ検圧法で検討した。

3. 実験結果； 連続培養温度と等温下で、各馴養汚泥の呼吸活性の基質濃度依存性を検討した実験例を図-2に示す。内生呼吸分を差し引いた呼吸活性と基質濃度の関係は、Michaelis型

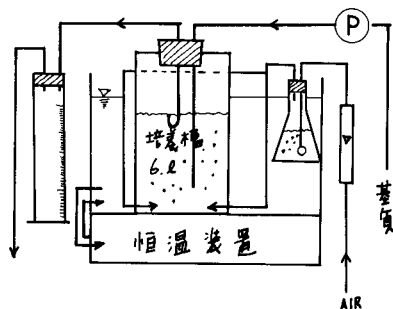


図-1. 装置概要

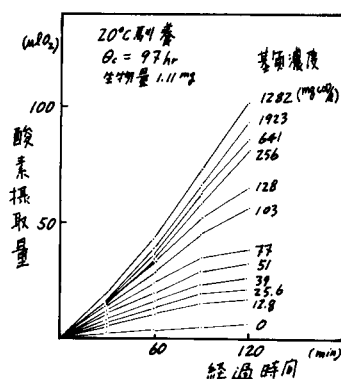


図-2. 酸素摂取速度

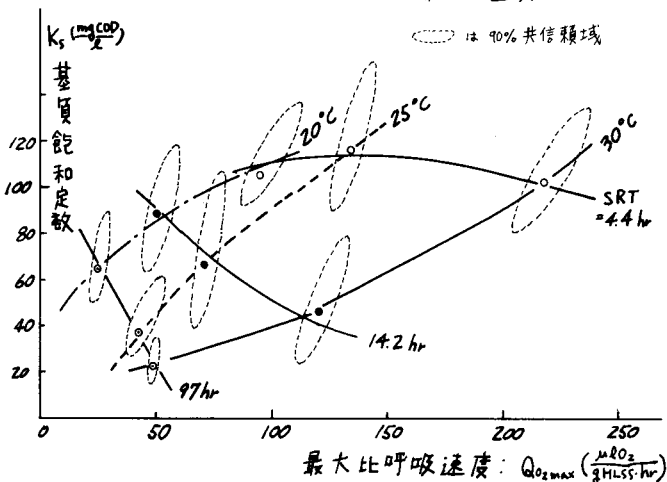


図-3. 呼吸活性パラメーター、 Q_{O2max} , K_s , におよぼす馴養温度とSRTの影響

で表現できるとして、非線形パラメーター推定法 (Gauss-Newton法) によって、最大呼吸活性 (Q_{O_2max}), および基質飽和定数 (K_s) を評価すると、図-3 のようになる。図中の長円形は、各対の推定パラメーターの近似 90% 共信頼域 (等残差二乗和曲線) であり、次式によって計算した。

$$S(Q_{O_2max}, K_s) = S(Q_{O_2max}, \hat{K}_s) \left[1 + \frac{p}{n-p} F(p, n-p, 1-\alpha) \right]^{1/2}$$

ここに $S(Q_{O_2max}, \hat{K}_s)$ は最適推定値での残差二乗和であり、 p はパラメーター数、 n はデータ数、 $F(p, n-p, 1-\alpha)$ は自由度 $p, n-p$ の信頼係数 $1-\alpha$ の F-統計値である。曲線の構造から、 $\hat{K}_s$ は $\hat{Q}_{O_2max}$ ほどうまく推定されていないとわかる。図より、同一の連続培養温度 (馴養温度) では、SRT が短くなるにつれて、 Q_{O_2max} と K_s は、ともに大きくなる傾向を示している。また Q_{O_2max}, K_s の SRT による変化中は、馴養温度の高い程、大きくなる。しかし、SRT が 4.4 hr の系では、 K_s は、馴養温度にかかわらず、ほぼ一定であるのに対し、 Q_{O_2max} のみが馴養温度に大きく依存している。SRT が大きい方の系では、馴養温度が上昇すると、 Q_{O_2max} は増大するが、 K_s は逆に減少する傾向がみられる。すなわち K_s の馴養温度依存性は、汚泥滞留時間によって、その依存性が大きく異なる。図-4 は、汚泥内のタンパク質量 (フェーリン法) と炭水化物含量 (アスロン法) の比におよぼす、SRT と馴養温度の影響を示したものである。SRT の小さい系ほど、馴養温度の高い系ほど (タンパク質/炭水化物) 比は、大きくなる傾向を示しているが、本実験の範囲では、SRT の影響の方が顕著であるといえる。次に連続定常汚泥の呼吸活性におよぼす、反応温度の影響を、馴養温度と非等温下の最大呼吸活性と内生呼吸活性について検討した。図-5-a)~c) にそれぞれ 20°C, 25°C, 30°C で馴養した汚泥の、最大呼吸活性の温度依存性を示す。図より、馴養温度が高くなるにつれて、最適温度、耐性限界もシフトすることになる。また呼吸活性の大きさも馴養温度によって影響を受ける。同一の馴養温度条件下では、SRT の短い系の微生物相ほど高温側での活性が急激である。内生呼吸活性の温度依存性も、ほぼ最大呼吸活性と同じようなパターンを示した。しかし、活性化エネルギーと比較すると、最大呼吸活性のそれより、かなり小さな値であった。今後さらに広範囲の温度域で検討を重ねていく方針である。

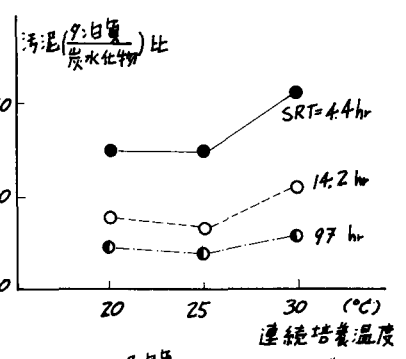


図-4. 汚泥(タンパク質/炭水化物)比におよぼす馴養温度と SRT の影響

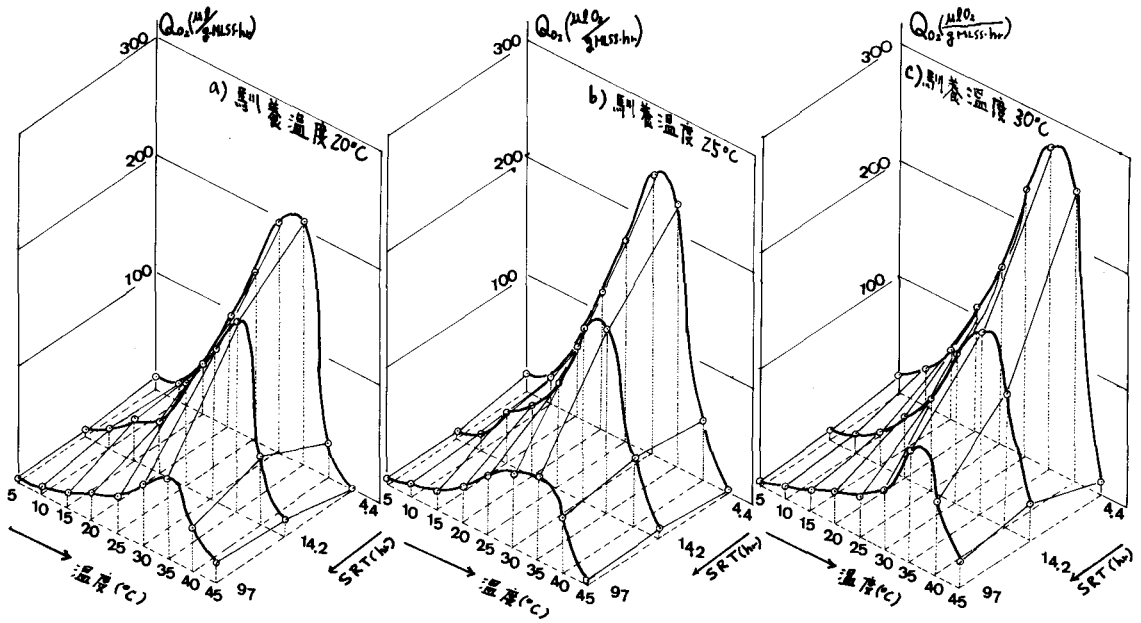


図-5 最大比呼吸速度におよぼす馴養温度と SRT の影響

1) 加用回帰分析、トレビスス (森北出版)