

科目 【化学工学Ⅲ】生物化学工学（1枚）

問題1 [25点]

ある細胞を培養したところ、制限基質濃度（ $C_S$ ） $5.0 \text{ g L}^{-1}$ および $1.0 \text{ g L}^{-1}$ における細胞の比増殖速度はそれぞれ $0.040 \text{ h}^{-1}$ および $0.030 \text{ h}^{-1}$ であった。Monodの式に従うものとして、以下の問いに答えよ。

- (1.1) 回分培養において細胞密度が10倍になる時間を $C_S$ を用いて表せ。
- (1.2) 槽型バイオリアクターを用いた連続操作を行った。臨界希釈率が $0.035 \text{ h}^{-1}$ であるときのバイオリアクター入口における $C_S$ を求めよ。また、希釈率が $0.020 \text{ h}^{-1}$ のとき、バイオリアクター体積あたりの細胞の増殖速度が $0.015 \text{ g L}^{-1} \text{ h}^{-1}$ であった。制限基質に対する細胞収率を求めよ。
- (1.3) この細胞はある目的産物を生産する。制限基質に対する目的産物の収率が一定だったと仮定し、最大の生産性を示す希釈率を求めよ。

問題2 [25点]

次の問いに答えよ。

- (2.1) ウイルス粒子（密度： $1.20 \text{ g/cm}^3$ ）を密度勾配遠心（遠心機の最大許容速度： $60,000 \text{ rpm}$ ）で精製したい。以下のA～Eの遠心条件（回転数，時間，密度勾配範囲）のうち、最も適切かつ有効と考えられる条件を1つ選び、その理由を述べよ。

遠心条件	回転数 (rpm)	時間 (h)	密度勾配範囲 ( $\text{g/cm}^3$ )
A	70,000	1	1.00~1.25
B	60,000	3	1.00~1.18
C	50,000	16	1.10~1.25
D	40,000	24	1.15~1.25
E	30,000	10	1.00~1.30

- (2.2) 攪拌槽型バイオリアクターを10 Lから、1000 Lへのスケールアップ（幾何的に相似とする）を検討している。10 Lのバイオリアクターでは、攪拌翼の直径  $D = 0.1 \text{ m}$ ，攪拌速度  $N = 300 \text{ rpm}$ ，動力消費（単位体積あたり） $P/V = 100 \text{ W/m}^3$  であった（動力消費は次式に従う： $P/V \propto N^3 D^2$ ）。いま、酸素移動容量係数  $k_L a$  と各パラメーターで以下の関係が成り立つとする。

$$k_L a \propto (P/V)^{0.4} N^{0.5}$$

$k_L a$  を保ってスケールアップする場合、スケールアップ後の攪拌速度を計算せよ。