

# 生物化学工学 ～第4週～

准教授 佐々木 満

# 今日やること

(1) まだGroupに属さない方はGroupをつくりましょう。

条件

◎同性同士ではだめです。

◎1グループ 5～6名で構成してください。

◎普段親しくしていない方と組んでみては？

※ Groupでのレポート課題が何度かあります

(2) 先週のGroup Work解説

(3) テキスト 第1章全般

(4) 「伝熱」の演習問題(今日中に提出)

## 今日の演習問題(講義終了時に提出)

外径 30 mmの管に厚さ40 mmの保温材を巻いてある。  
管外面の温度が120°C、保温材表面の温度が35°Cのとき、管長 10 mあたりの熱損失を求めよ。  
ただし、保温材の熱伝導度は $0.048 \text{ J m}^{-1} \text{ s}^{-1} \text{ K}^{-1}$ とする。

# 今週のGroup Work(20分間)

※各Groupで1枚レポートを作成し提出

(1) 室外の温度が $0^{\circ}\text{C}$ で、室内の温度を $25^{\circ}\text{C}$ に保っているとき、木造住宅のガラス窓(面積 $1\text{ m}^2$ 、厚さ  $5\text{ mm}$ 、ガラスの熱伝導率  $3\text{ W m}^{-1}\text{ K}^{-1}$ )を通しての伝熱量(伝熱速度ともいう)はいくらか。

ただし、その他の場所への熱の移動は無視する。

(2) (1)で防寒のために窓の外側に断熱シート(厚さ $2\text{ mm}$ 、シートの熱伝導率  $0.1\text{ W m}^{-1}\text{ K}^{-1}$ )を被覆した。部屋の温度は $25^{\circ}\text{C}$ 、室外の温度が $0^{\circ}\text{C}$ とすると、伝熱量はいくらになるか。

# バイオリアクターについて

## 主なバイオリアクター

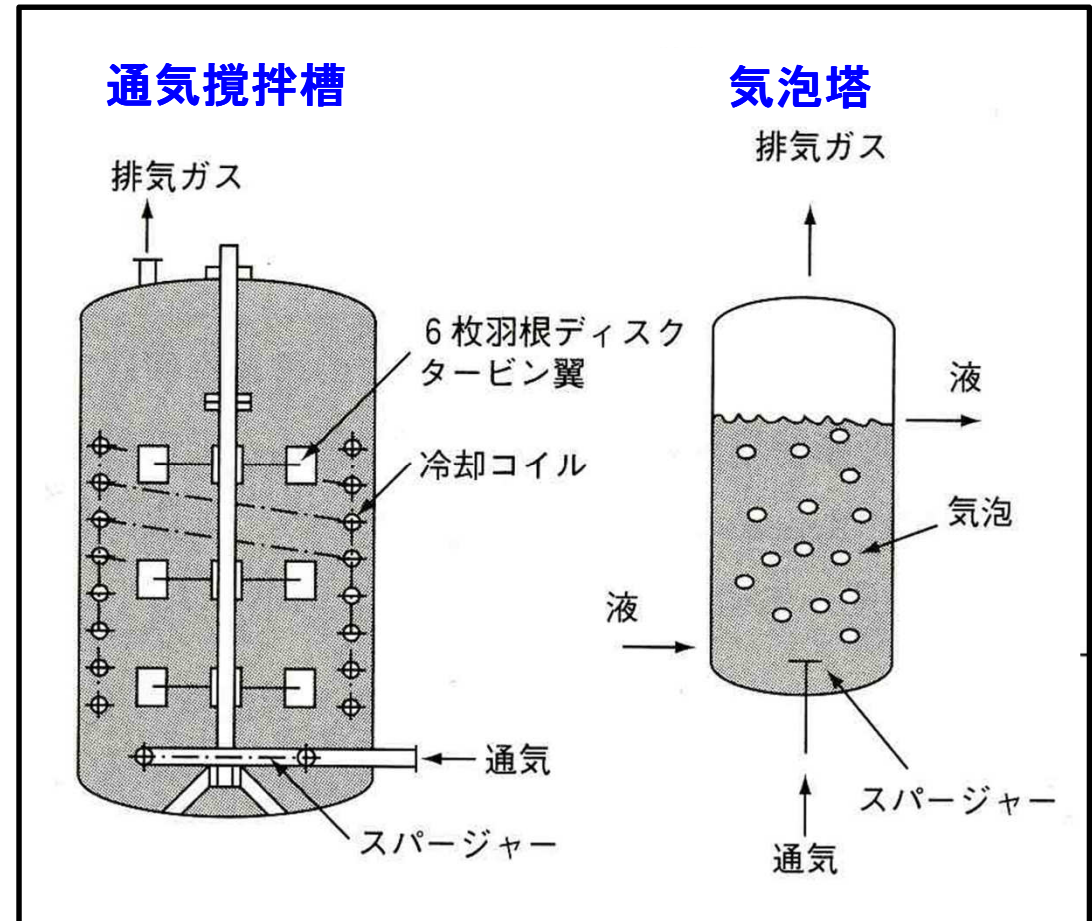
### ◎通気攪拌槽 (Aerated agitated vessel)

好気性微生物用として最も広く用いられる形式。

平羽根タービン、下羽根タービン. 2～3段設置。

### ◎気泡塔 (Bubble column)

機械的攪拌を伴わず, 円筒状の槽内へ下部から空気を供給する形式。



| 形 式   | 利 点                                                                                                                                                                                                            |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 通気攪拌槽 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・自動制御が容易</li> <li>・スケールアップ技術が確立されている</li> <li>・連続培養に適している<br/>など</li> </ul>                                                                                             |
| 気泡塔   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・構造が簡単で操作・保守も容易</li> <li>・軸封部が不要</li> <li>・消費動力が少ない</li> <li>・気液の分散がよく, 気液接触面積が大きい</li> <li>・攪拌によるせん断力がないため放射菌や糸状菌の培養に適している</li> <li>・固定化微生物の培養に適している<br/>など</li> </ul> |

# 酸素移動速度

酸素は水にきわめて溶けにくく、常温では溶存酸素濃度が10 ppm以下である。そのため、好気性微生物反応では効率よく酸素を供給できる反応器の設計が重要となる。

## 酸素移動における抵抗

- ①ガス側境膜抵抗
- ②液側境膜抵抗
- ③培養液内の抵抗
- ④細胞外境膜抵抗
- ⑤細胞内抵抗

細胞の集塊が形成されていない限り、気泡と液間の抵抗が大きく、特に②が大きい。

# 酸素移動容量係数 $k_L a$ または $K_d$

## 培養液単位容積あたりの酸素移動速度

$$\text{OTR} = k_L a (c^* - c) = K_d (P^* - P) \cong K_d P^*$$

**$k_L a$ 中の $k_L$ および $a$**  ・バイオリアクターの酸素供給能力を示す重要パラメーター  
・装置の特性や操作条件に依存する量であり一般的な相関式は得にくい. 気泡群の $k_L$ については次の相関式が提案されている.

- ① カルダーバンクらの式      **通気攪拌槽**より決定. 気泡径 $d_G$ は 0.6 mm未満に適用可
- ② 秋田らの式      **気泡塔**より決定. 気泡径 $d_G$ は 2.5 mmより大きい時に適用可
- ③ 気泡径 $d_G$ が  $0.6 \text{ mm} < d_G < 2.5 \text{ mm}$ の範囲では,  $k_L$ は $d_G$ に比例する.

## $k_L a$ に影響するパラメータとは？

- ・リアクターの操作条件
- ・培養液中のイオン強度
- ・界面活性物質
- ・微生物菌体
- ・懸濁液微粒子など

## 工業的規模のバイオリアクターのOTRは？

( $c^* - c$ )値として、槽全体の平均値を採用

$$(c^* - c) = \frac{(c_{in}^* - c_{in}) - (c_{out}^* - c_{out})}{\ln \frac{(c_{in}^* - c_{in})}{(c_{out}^* - c_{out})}}$$