

# 機器分析セミナー 超遠心機の安全な取扱いと超遠心機の使い分け

於： 大阪大学大学院 医学系研究科附属共同研究実習センター 様

ベックマン・コールター株式会社  
ライフサイエンス 遠心機事業本部  
シニアアプリケーションスペシャリスト

村山 宗司

2023.04.17



# 超遠心機ならびにロータの安全な取り扱いポイント



## セミナーの目的

- ベックマン遠心機を安全に使用していただくため
- ベックマン遠心機を永く使用していただくため
- お客様の予算を無駄に使わないため



# 超遠心機の取り扱い

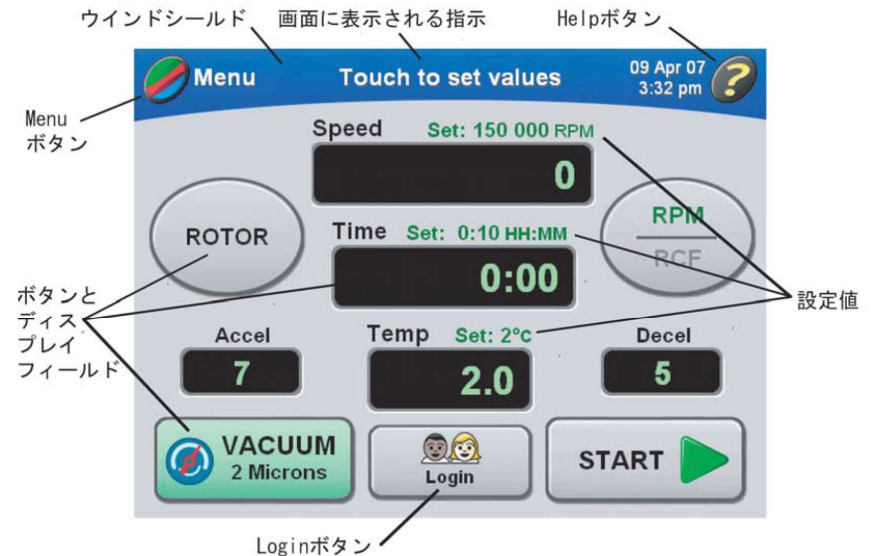
- 超遠心機の操作は、簡易マニュアルを参照し、ご利用ください。

### Optima XPN-100 クイック操作ガイド



- ① ホームページボタン  
どの画面からこのボタンを押せばホームに戻ります
- ② メニューボタン  
オプション設定、参考資料閲覧などに行くためのボタンです
- ③ ヘルプ機能ボタン
- ④ スピード設定ボタン
- ⑤ 時間設定ボタン
- ⑥ 温度設定ボタン
- ⑦ スタートボタン
- ⑧ バキュームボタン
- ⑨ 加速設定ボタン
- ⑩ 減速設定ボタン
- ⑪ 停止ボタン

### Optima MAX-XP クイック操作ガイド





# 使用方法は共同研究実習センターのポスターを確認する

## SW 41Ti スウィングローター並びに肉薄オープントップチューブの使用法

### ●バケットにサンプルチューブをセットするまで

#### 1. 使用前にすべてのバケットおよびローターを確認する

- (1) バケットのフック部分、ローターヘッドのハンガー部、全体に破損や変形がないか
- (2) バケット内にアダプター、スペーサ、チューブの残存がないか
- (3) バケット内にサンプルリーク等の汚れがないか

※ 異常がある場合は絶対に使用せずに共同研担当者まで連絡する



#### 2. バケットの状態を確認する

- (1) バケットキャップがスムーズに締まるか
  - ・バケットキャップのねじ部分が歪んだり壊れていないか
  - ・バケットキャップのねじ部分に汚れがないか
- (2) バケット内の黒色のガスケットが良好な状態か
  - ・ガスケットにヒビや傷などがみられないか
  - ・ガスケットに光沢があるか

※ バケットキャップのねじ部分にはスピンドット、ガスケットにはバキュームグリースを塗布してから使用する



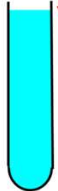
#### 3. 肉薄オープントップチューブの容量・バランスを確認する

- (1) サンプルをチューブトップから3 mmの位置まで正確に注入されているか

※ 3mmの位置までサンプルが満たない場合、サンプルを溶解した同一の溶媒もしくはミネラルオイルを重層しメスアップする

※ 奇数本数でサンプルをセットする場合、サンプルの対角の位置にセットするリファレンスは、サンプルと同一の密度の溶媒で作成しバランスをとる

肉薄オープントップチューブ  
↑下から2~3 mm



### ●バケットにサンプルチューブをセットしてから

#### 5. バケットをローターにセットする

- (1) ローターヘッドの決められた番号のホールに、同じ番号のバケットを慎重にセットしたか
- (2) バケットの首部分を指でつまんでから、左右に軽く水平方向に移動させて、バケットがスムーズに動くか

※ サンプルチューブが入ってなくても必ず6本全てのバケットをローターにセットする



#### 6. ローターを超遠心機にセットする

- (1) ローターピンと超遠心機のスピンドルピンの位置を確認したか
- (2) これらが接触しないように十字の位置となるように予め位置決めをしたか
- (3) バケットに手が触れないように両手で慎重にローターヘッドを持ち上げているか
- (4) 超遠心機のスピンドルの真上から静かにローターを下ろし設置できたか

ローターピンの位置



#### 7. 設置後のローターの動作を確認する

- (1) 軽くローターを手で回し、バケットが均等でスムーズな動きをしているか

※ スピンドルに負荷がかからないように、絶対に強くローターを回転させない



ヒンジピンツール





## 正しいロータの取り扱いとは

1. サンプルバランスを正しくとる
2. サンプル密度を考慮して使用する
3. チューブ、アダプタ、ツールを正しく使う
4. ロータ本体、フタ、バケットを正しくセットする
5. 適切にメンテナンスされているロータを使う



# 1. サンプルバランスを正しくとる

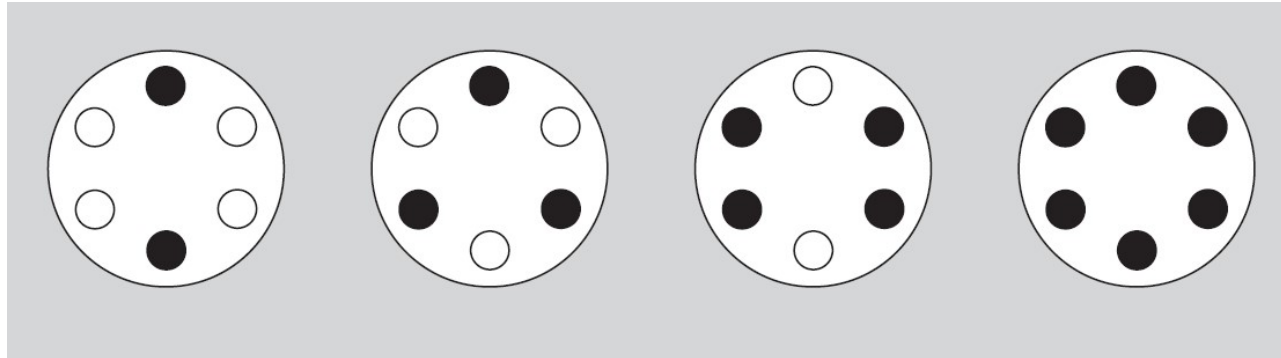
- ローターの対角位置のサンプルは、  
① 同じ比重でかつ、② 少なくとも目分量で同じ量  
であることを確認する  
(設置施設の基準がある場合はそれに従う)
- ローターの対角位置のバランス許容量を確認する
- チューブやボトルの種類毎に異なる最大ならびに最小処理容量  
を確認する





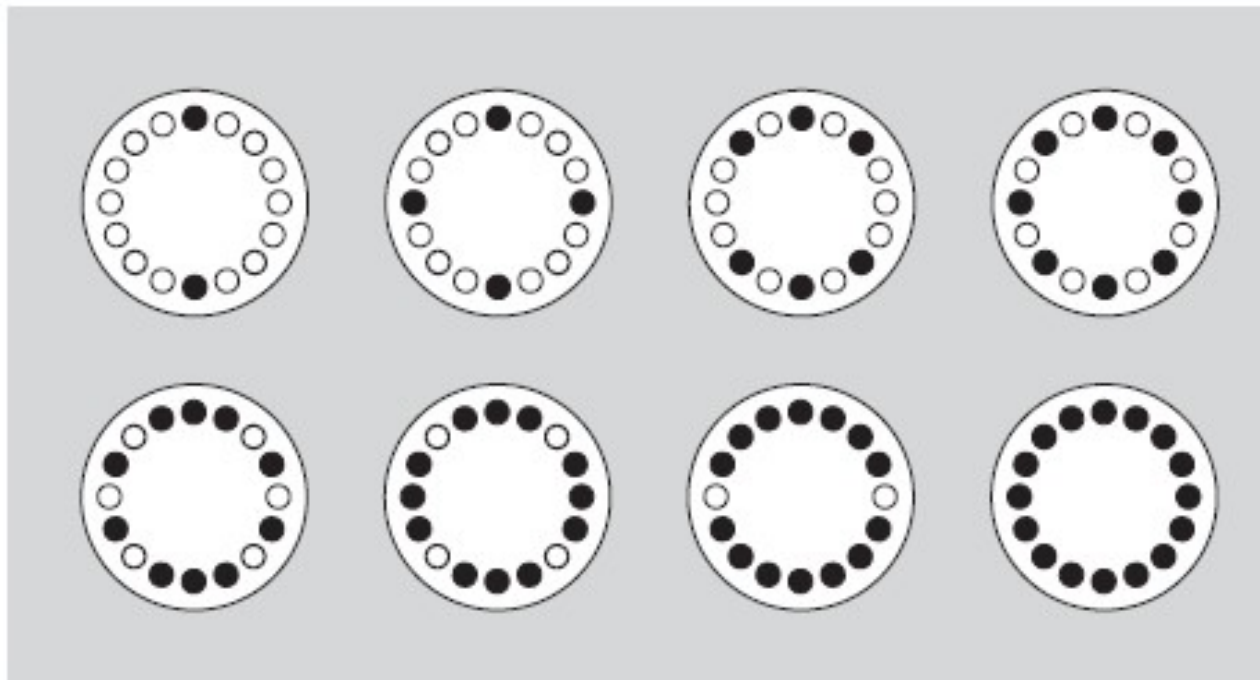
# 1. サンプルバランスを正しくとる (ローター対角位置)

6本がけロータのサンプル位置



● サンプル

12本がけロータのサンプル位置





# 1. サンプルバランスを正しくとる（チューブの液量）

チューブの液量とシールについて

チューブまたはボトル	水平ロータ	固定角ロータ	垂直/近垂直ロータ
<b>ポリアロマー（PA）</b>			
肉薄（オープントップ）チューブ	トップから2～3mmまで、キャップ不要	フル容量、キャップ必要	-
肉厚（オープントップ）チューブ	フル容量の1/2以上、キャップ不要	フル容量の1/2以上、キャップなし、キャップありどちらも可能	-
クイックシールチューブ	フル容量、熱シール必要	フル容量、熱シール必要	フル容量、熱シール必要
オープンシールチューブ	フル容量、プラグでシール必要	フル容量、プラグでシール必要	フル容量、プラグでシール必要
コニカル・クイックシールチューブ	フル容量、熱シール必要	-	-
コニカル・オープントップチューブ	トップから2～3mmまで、キャップ不要	-	-
<b>ウルトラクリアチューブ（UC）</b>			
肉薄（オープントップ）チューブ	トップから2～3mmまで、キャップ不要	フル容量、キャップ必要	-
クイックシールチューブ	フル容量、熱シール必要	フル容量、熱シール必要	フル容量、熱シール必要
<b>ポリカーボネイト（PC）</b>			
肉厚（オープントップ）チューブ	フル容量の1/2以上、キャップ不要	フル容量の1/2以上、キャップなし、キャップありどちらも可能	-
ボトル	-	フル容量の約1/2以上（詳細はロータマニュアルを参照）、キャップまたはキャップアッセンブリでシール必要	-
<b>ポリプロピレン（PP）</b>			



# 1. サンプルバランスを正しくとる（チューブの液量）

## 肉薄のオープントップチューブ（PAチューブ、UCチューブ）

スウィングロータの場合

- ・上から2～3mmまで満たします
- ・チューブキャップは必要ありません

固定角ロータの場合

- ・フル容量を満たします
- ・チューブキャップが**必要**です



チューブキャップ

## 肉厚のオープントップチューブ（肉厚PA、肉厚PCチューブ）

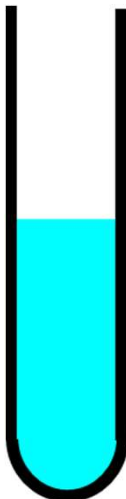
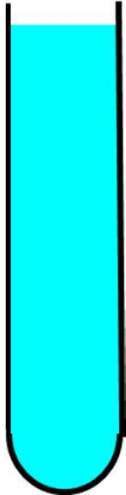
スウィングロータの場合

- ・半分量以上で使用可能です
- ・チューブキャップは必要ありません

固定角ロータの場合

- ・半分量以上で使用可能です
- ・チューブキャップは**なくても使用可能**

※ただし、最大液量が変わります  
【詳細はロータマニュアルを参照】





## 2. サンプル密度を考慮して使用する

- フロア型超遠心機 (Optima) 用ロータ
  - 固定角ロータ / スウィングロータ 1.2 g/mL
  - 垂直 / 近垂直ロータ 1.7 g/mL
- 卓上型超遠心機 (Optima) 用ロータ
  - MLS-50, MLA-50, MLA-55 1.2 g/mL
  - 上記以外のロータ 1.7 g/mL

サンプル密度がロータの許容回転数を超えていた場合、下式で許容最高回転数を算出する

$$\text{ロータの最高回転数} \times \sqrt{\frac{1.2 \text{ g/mL}}{\rho}}$$

$$\text{ロータの最高回転数} \times \sqrt{\frac{1.7 \text{ g/mL}}{\rho}}$$

$\rho$  : サンプル密度(g / mL)



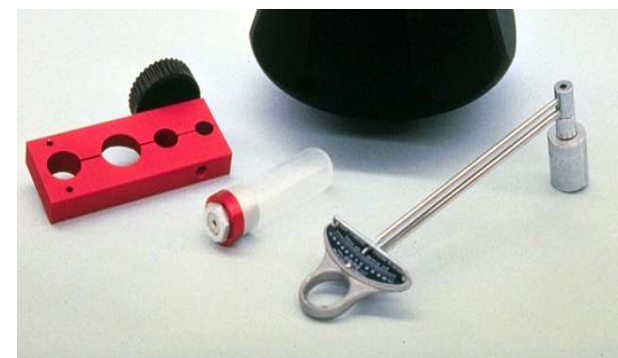
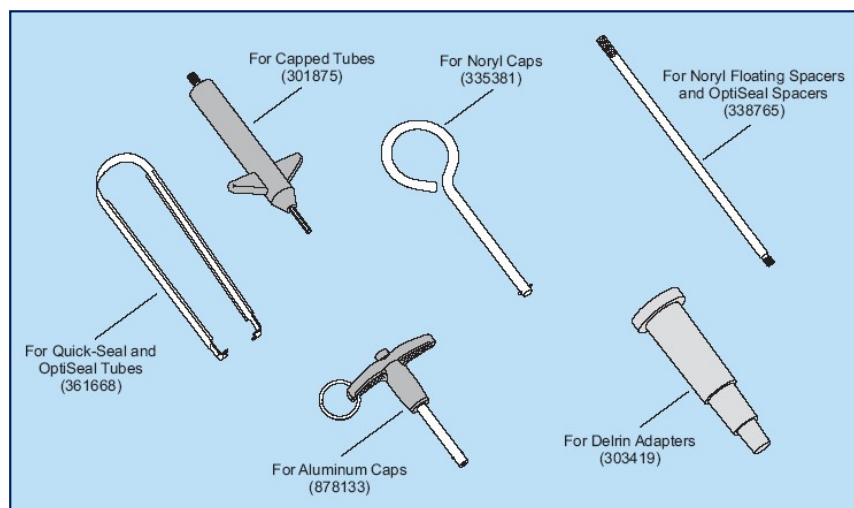
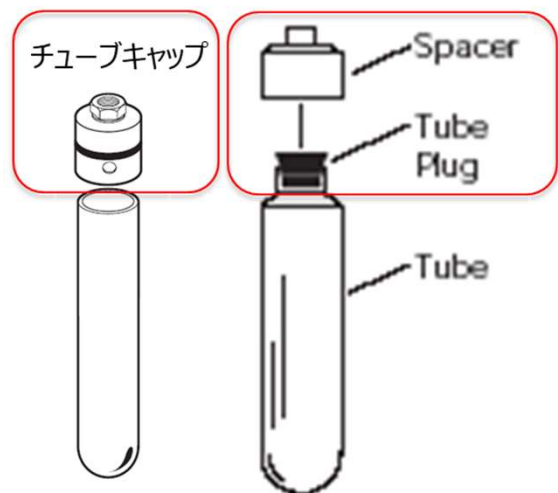
### 3. チューブ、アダプタ、ツールを正しく使う（使用前確認）

ロータを使用する前に、アクセサリ、工具類がそろっているかを必ず確認する

チューブアクセサリ

引き抜き工具

チューブキャップ締め込み工具





## 4. ロータ本体、フタ、バケットを正しくセットする（使用前確認）

**ロータを使用する前に、ロータ、バケット、部品に破損がないかを必ず確認する**



ロータ

バケットフックが破損していないか

バケット

- ・サンプル漏れがないか
- ・アダプタ、チューブが残っていないか
- ・ガスケットが破損していないか



## 4. ロータ本体、フタ、バケットを正しくセットする（使用前確認）

ローターを使用する前に、ロータに破損がないかを必ず確認する

SW 41 Ti など

水平になっているか？



摩耗、曲りはないか？





## 4. ロータ本体、フタ、バケットを正しくセットする

### 専用工具を使ってバケットキャップのねじをしっかりと閉める

- 全てのバケットにバケットキャップをセットし、  
専用工具（ヒンジピンツール）を使って、しっかりと閉める



ヒンジピンツール



## 4. ロータ本体、フタ、バケットを正しくセットする

### バケットをロータにセットする

- ロータヘッドに決められた番号のホールに、同じ番号のバケットを慎重にセットします
- バケットが正しくセットされたかを確認する



サンプルチューブが入っていないなくても  
すべてのバケットをセットする



ロータにバケットが正しくセットされたか  
確認する



## 4. ロータ本体、フタ、バケットを正しくセットする

### ロータを超遠心機にセットする

- ・ ロータピンと超遠心機のスピンドルピンの位置を確認する
- ・ 両手で慎重にロータヘッドを持ち上げ、  
超遠心機のスピンドルの真上から静かにロータを下ろし 設置する

ロータピンの位置

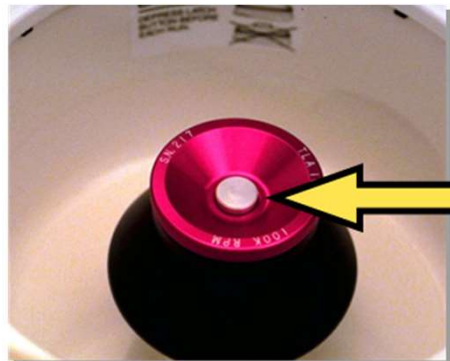


スピンドル



## 4. ロータ本体、フタ、バケットを正しくセットする

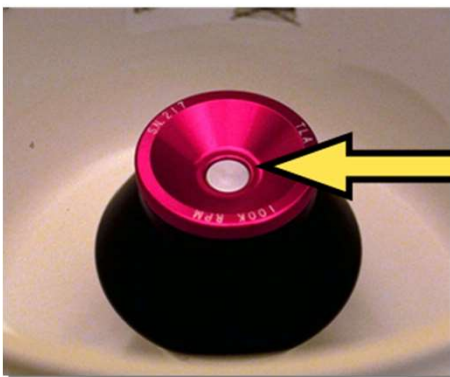
### 卓上型超遠心機への**ロックボタン式ロータ**のセッティング



蓋を閉めてからロータを  
スピンドルに載せる



ボタンを押してロータを  
スピンドルに固定する



固定されていることを  
確認する



**Optima MAX-XP**



ロックボタンがないMLシリーズは  
自動ロック方式です



## 遠心を開始したら、

- いままでの注意点を守ることで、安心して遠心することができます。
- なにか起きるとしたら3,000~5,000 rpmです。
- このため、**最高回転数に達するまでは遠心機の前にはいてください。**

### ロータの歳差運動





## 5. 適切にメンテナンスされているロータを使う

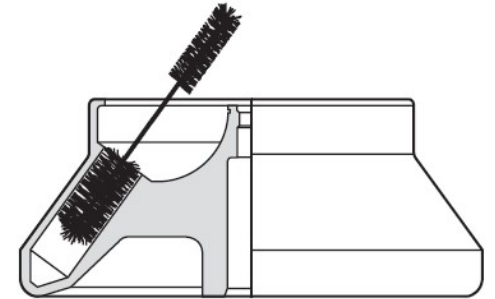
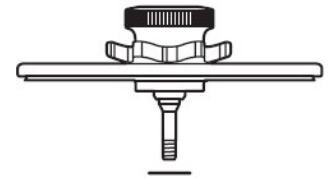
### ロータが汚染された時の滅菌方法

- オートクレーブ  
ロータの金属部は 121℃ 1 時間以内  
※ オートクレーブをかける前にO-リングは外し、  
ローターと分けてオートクレーブをかけてください
- コールドメソッド  
70% エタノール、6% 過酸化水素水の噴霧  
※ 次亜塩素酸ナトリウムのような漂白剤は、  
ロータ塗装面を剥がすので使用を避けます

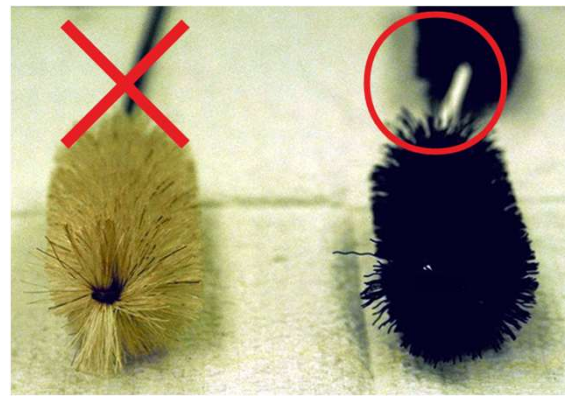


## 5. 適切にメンテナンスされているロータを使う (ロータ洗浄法)

- 定期的なロータ洗浄 例えば月1回程度  
サンプルが漏れた場合は毎回
- 洗浄の前にO-リングをはずす
- 中性洗剤、柔らかなブラシを使用
- 蒸留水で充分すすぎ
- ロータを逆さまにして空気乾燥 (風乾)



ベックマンロータクリーニングキット



適切なローターブラシを選ぶ

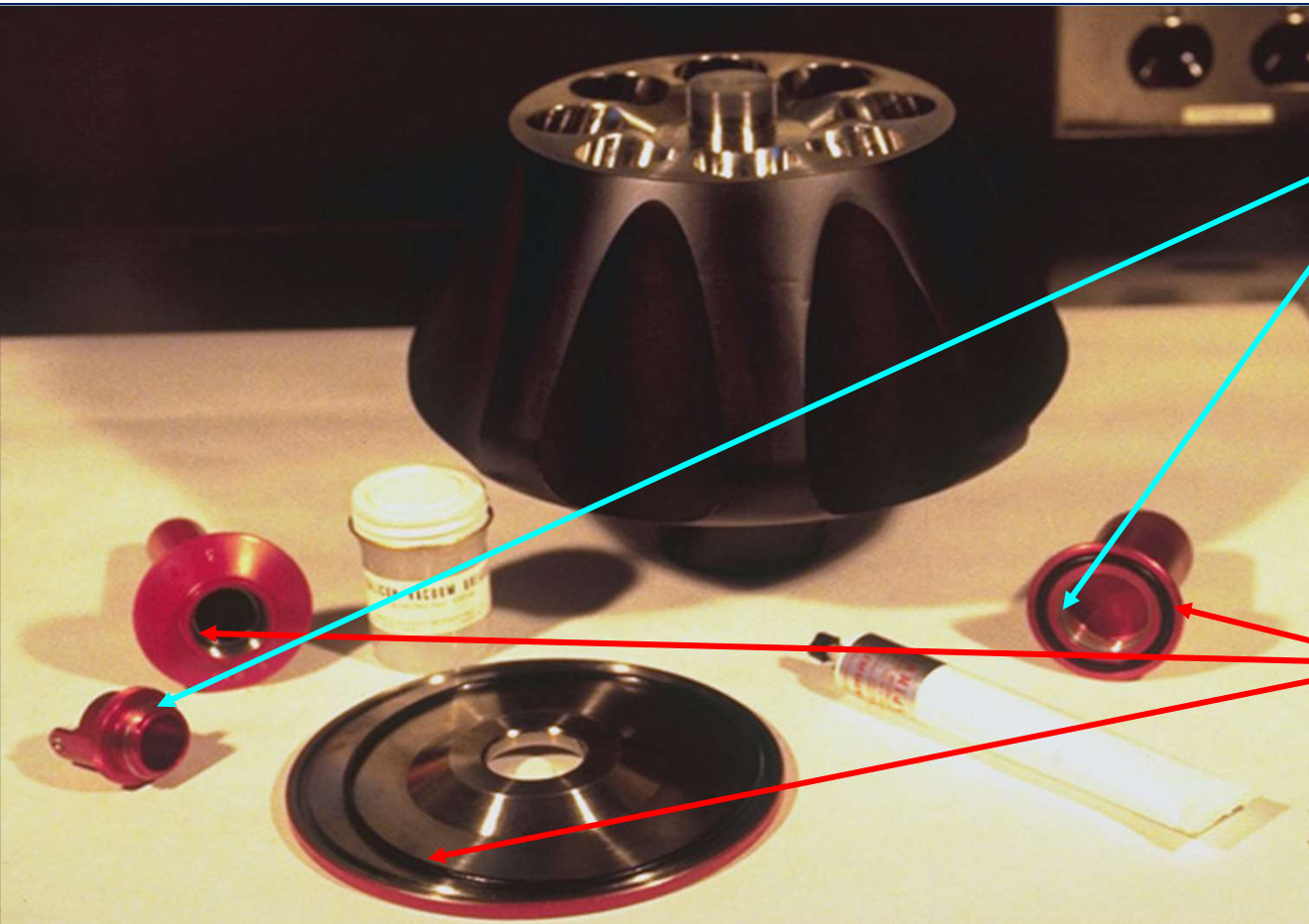


ローターの乾燥



## 5. 適切にメンテナンスされているロータを使う

ローター乾燥後、各パーツにバキュームグリース&スピコート塗布する



スピコート  
ねじ山の保護に使用



バキュームグリース  
O-リングの保護に使用





## 正しいロータの取り扱いとは

1. サンプルバランスを正しくとる
2. サンプル密度を考慮して使用する
3. チューブ、アダプタ、ツールを正しく使う
4. ロータ本体、フタ、バケットを正しくセットする
5. 適切にメンテナンスされているロータを使う



# 実験目的に応じた超遠心機、ロータの使い分け



# 超遠心機の使い分け

## サンプル処理容量



フロア型

チューブ1本当たり

0.23 ~ 94 mL    0.2 ~ 32.4 mL

大容量

少容量



卓上型



# ロータの使い分け

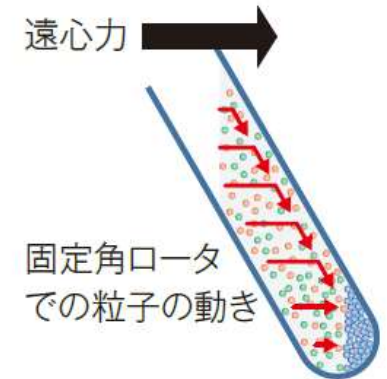
## 固定角ロータ

- 高い遠心力を使用可能
- 処理容量が多い
- 短時間で分離できる
- 取り扱いがしやすい
- ペレットが壁面に尾を引くので、  
コンタミのリスク高い



固定角ロータ

スウィングロータ



固定角ロータ  
での粒子の動き



スウィングロータでの粒子の動き

## スウィングロータ

- 密度勾配でキレイにバンド形成したい
- コンタミのリスクが低い
- ペレットの位置がチューブの中心にくる

## トップローディング・スウィングロータ

- 取り扱いがしやすい
- 密度勾配でキレイにバンド形成したい
- コンタミのリスクが低い
- ペレットの位置がチューブの中心にくる





# サンプル容量の変更に伴う遠心条件の設定変更

# サンプル容量の変更に伴う遠心条件の設定変更

(例)

文献の遠心条件 (SW 41 Tiで回転数35,000 rpm、遠心時間70分、高さ89 mmのチューブ使用)をSW 32Tiロータで回転数32,000 rpm、高さ89 mmのチューブを用いて同一の遠心効果を得るための遠心時間は何分必要か？

異なるロータ間で同一の遠心効果が得られる遠心条件の計算が必要

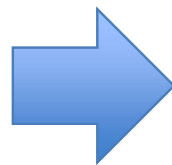


Optima XE-90



SW 41Ti

回転数 35,000 rpm  
( k1 : 171 )  
遠心時間 70分 (t1)



SW 32 Ti

回転数 32,000 rpm  
( k2 : 204 )  
遠心時間 ? 分 (t2)

$$t = \frac{k}{S}$$

t : 粒子が液面からチューブの底まで沈降する時間 (hr)  
k : ロータの k ファクタ  
S : 粒子の沈降係数 (粒子によって決まっている沈降速度を示す値)



# 粒子の沈降時間を計算する

沈降係数とある回転数でのロータのKファクタが分かれば、  
粒子の沈降時間を計算することができます

$$t = \frac{k}{S}$$

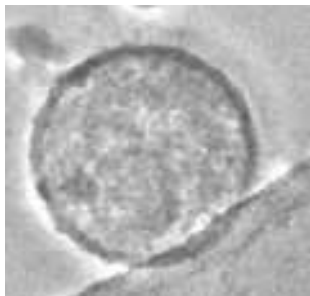
$t$ : 粒子が液面からチューブの底まで沈降する時間 (hr)

$k$ : ロータの  $k$  ファクタ

$S$ : 粒子の沈降係数 (粒子によって決まっている沈降速度を示す値)

例えば、

SW 41 Tiロータを用いて、回転数35,000 rpmで100 S エクソソームを回収したい場合  
この回転数でのSW 41 TiロータのKファクタは171なので、



100 S EVs



SW 41 Ti  
最高回転数 41,000 rpm

$$T \text{ (沈降時間)} = \frac{171 \text{ (Kファクタ)}}{100 \text{ (S)}} = 1.71 \text{ 時間}$$



## ロータのKファクタを計算する

Kファクタは、

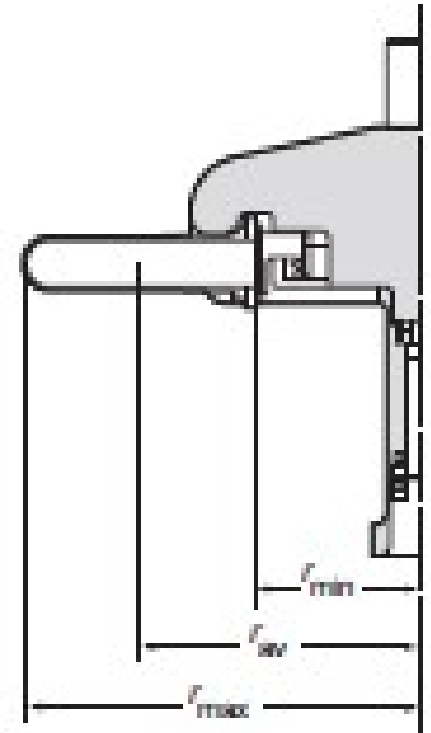
遠心力と粒子の沈降経路長（回転半径）の両方を組み込んだ遠心効率の尺度です  
各ロータの回転半径の比に比例し、回転数の2乗に反比例する値です

$$K = \frac{2.53 \times 10^5 \times \ln(r_{\max} / r_{\min})}{(\text{RPM} / 1000)^2}$$

$r_{\max}$  : 最大半径

$r_{\min}$  : 最小半径

RPM : 1 分間あたりの回転数



回転半径  $r$



# 異なるロータ間で同一の遠心効果が得られる遠心条件の計算法

**K / t の値を比較**することで、異なるロータ間で同一の遠心効果が得られる遠心条件を計算することができます

$$t = \frac{K}{S}$$

$$\frac{K_1}{t_1} = \frac{K_2}{t_2}$$

t1 : スケール変更前の遠心時間  
 K1 : スケール変更前のロータのkファクタ  
 t2 : スケール変更後の遠心時間  
 K2 : スケール変更後のロータのkファクタ

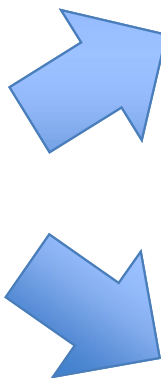
スタンダード遠心条件

サンプル容量拡大



回転数 35,000 rpm  
 (k1 : 171)  
 遠心時間 70 分 (t1)

SW 41Ti



サンプル容量縮小



SW 32 Ti

(遠心条件)  
 回転数 32,000 rpm  
 (k2 : 204 )  
 遠心時間 84 分 (t2)



TLS 55

(遠心条件)  
 回転数 49,400 rpm  
 (k:2 : 63 )  
 遠心時間 26 分 (t2)



# 異なるロータ間で同一の遠心効果が得られる遠心条件の計算法

**Intellifuge rotor calculator**を使用すれば、簡単に遠心条件の計算ができます

(Webサイト)

<https://www.beckman.jp/centrifuges/rotors/calculator#tab2>

Intellifuge 遠心条件の変換 カタログ

### 遠心条件の変換



#### 使い方

1. プロトコルを選択
2. 比較したいプロトコルを選択
3. 「計算する」をクリックして次の画面に進む
4. スライダーを使用して、回転数、遠心力、kファクタを計算します。プロトコルを比較するため、稼働時間を入力します。

構成を設定する



# ベックマン・コールター 遠心機websiteのご紹介

## Intellifuge

<https://www.beckman.jp/centrifuges/rotors/calculator#tab2>



## 遠心機・ロータカタログ

<https://www.beckman.jp/centrifuges>





ご清聴ありがとうございました。