

# 核医学検査技術学実習 実習7

## Mo-Tcジェネレータ(Wet Type)の 取り扱い

富士フィルムRIファーマ社製の  
ウルトラテクネカウを用いて  
Mo-Tcカウ、ミルクキングを理解する。  
放射平衡、溶出曲線を理解する。

放射性物質を扱うので手袋を着用。

貯蔵室から 缶に入った富士フィルムRIファーマ社  
Wet Type Mo-Tc Generator ウルトラテクネカウを  
運ぶ。1グループで1個。 重いので注意。  
ふたを開けるレバーがあるので外して取り出す。



プラスチック試験管を7本用意する。  
マジックで1～7まで番号を記入。



富士フィルムRIファーマ社用のバイアル鉛シールドを用意する。注射針を付け、針のキャップをとる。



富士フィルムRIファーマ社用のバイアル鉛シールドに  
5mL 空バイアルを入れる。  
バイアル上面のプラスチック蓋を外し、バイアルの目盛  
りがシールド窓から見えるように入れる。



ジェネレータの針カバーを外してバイアルを装着する。  
白い溶出用レバーは、まだ操作しない。



1回目のミルクキング。  
溶出用レバーを、右回りに90度回す。  
バイアルの目盛をよく見て、吸引が終了したら  
レバーを戻す。



1回目のミルクキングを行う。

吸引が終了したらバイアルから  
1mLだけ注射器で抜いて試験管1に入れる。

今回用いる注射器やバイアル、試験管は、  
放射性汚染物になるので扱いに注意すること。

放射性汚染物はバットの中に置く。



続けて2回目にミルクキングを行う。

鉛シールド内のバイアルを新しいものに交換して2回目のミルクキングを行う。

吸引が終了したら、バイアルから1mLだけ注射器で抜いて試験管2に入れる。

同様の操作を繰り返し、

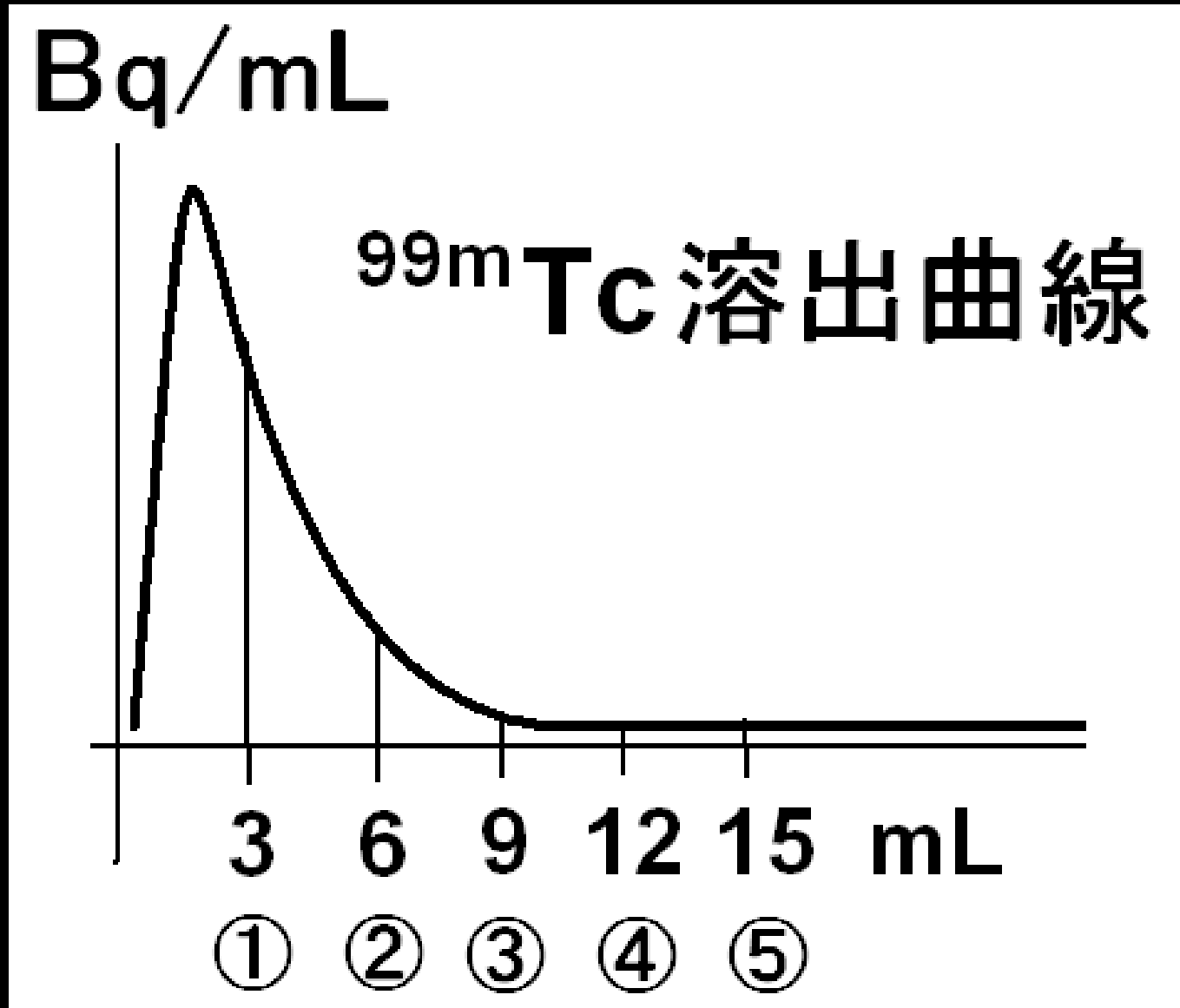
3、4、5回目のミルクキングを行う。

5回目のミルクキングを行った時刻を記録する。

5回のミルクキングを行った15分後に  
6回目のミルクキングを行う。

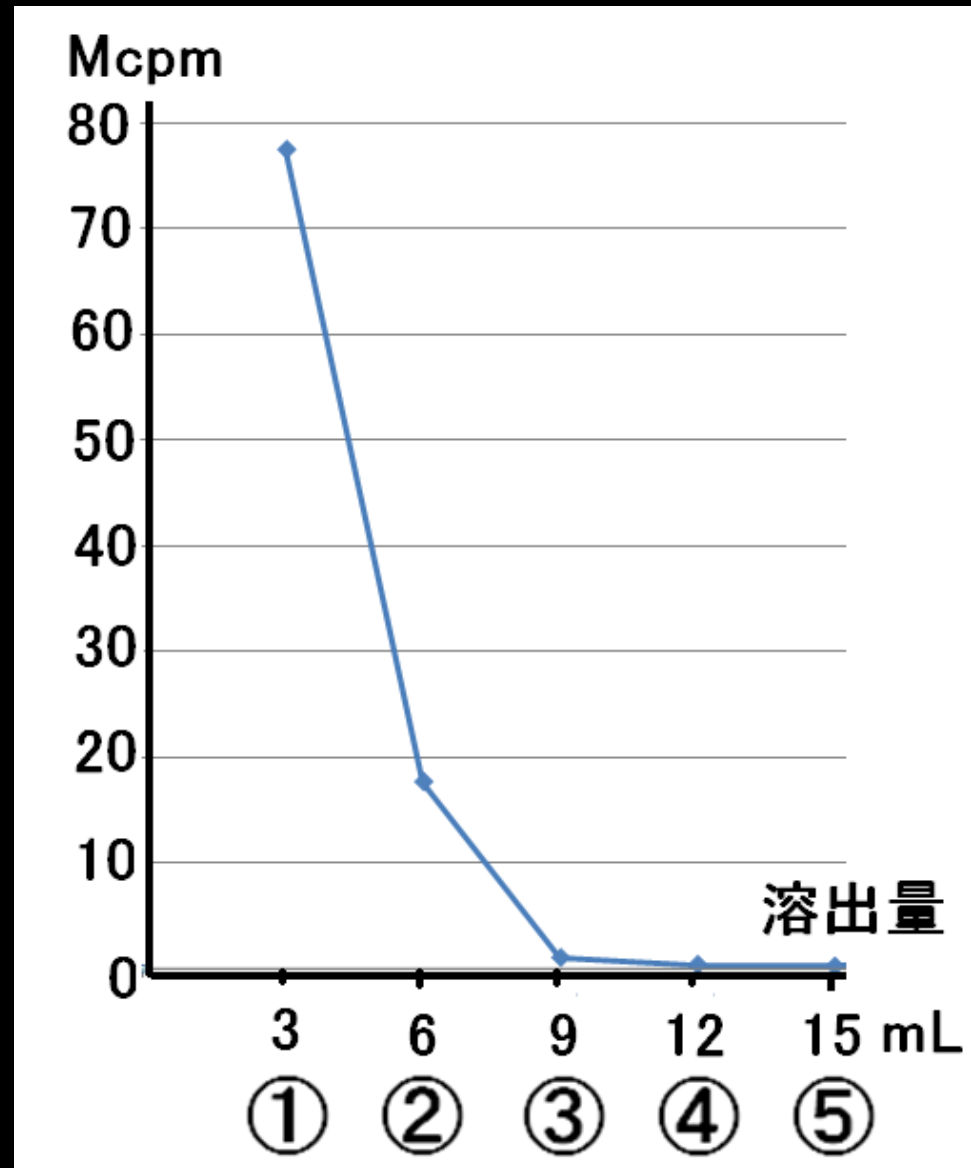
6回のミルクキングを行った30分後に、  
7回目のミルクキングを行う。

1回目から5回目のミルクキングから得たTc放射能を測定し、下図に示す溶出曲線を理解する。

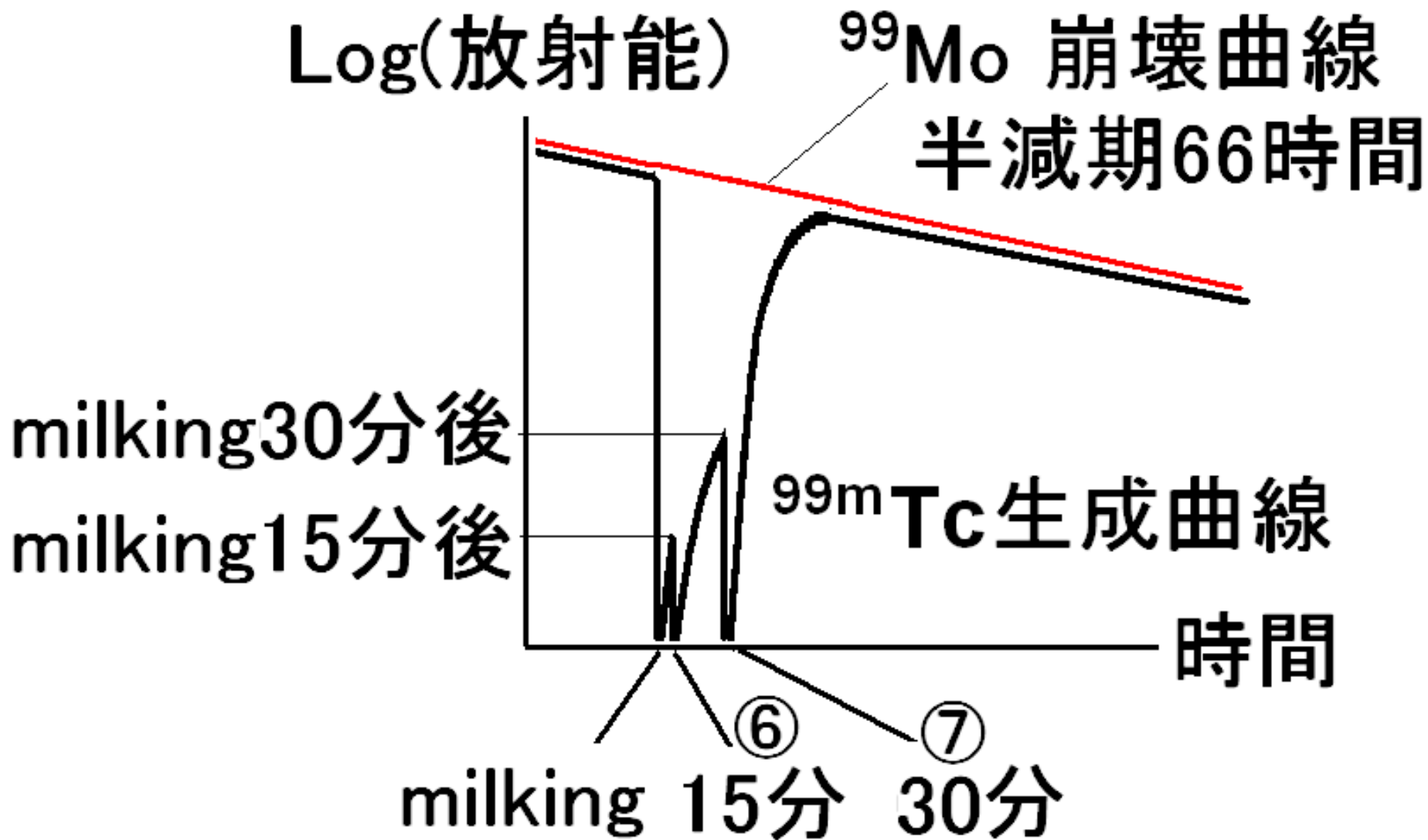


試験管1～5の放射能  
(cpm) をグラフに表示。

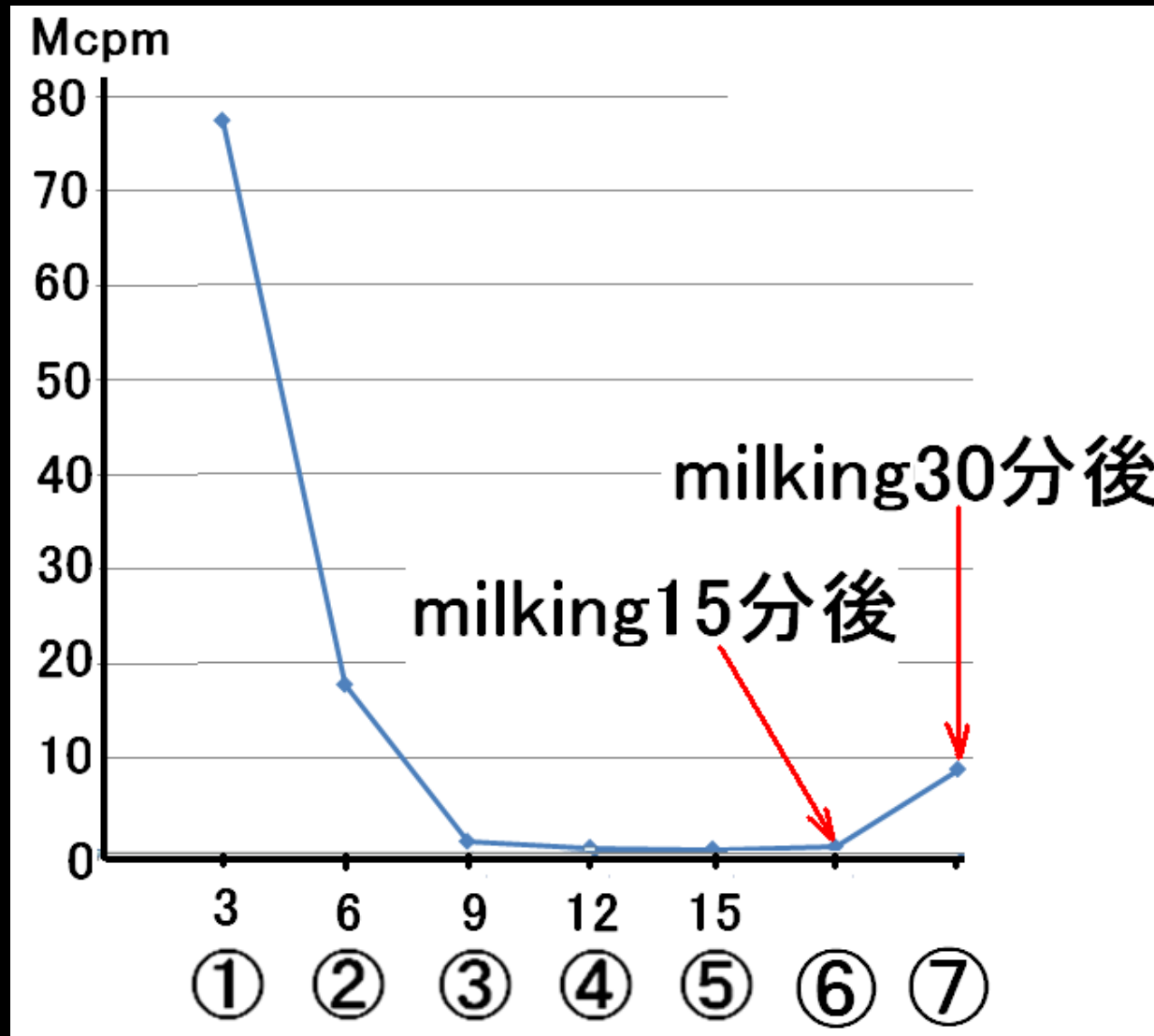
1回目から5回目の  
ミルクングから得た  
 $^{99m}\text{Tc}$ 放射能の推移を  
観察し、溶出曲線を  
理解する。



6回目と7回目のミルクキングから得た $Tc$ 放射能を測定し、下図に示す $^{99m}Tc$ 生成曲線を理解する。



6回目と7回目のミルクングから得たTc放射能を  
グラフに追加し、Tc生成曲線を理解する。



# $^{99}\text{Mo} - ^{99\text{m}}\text{Tc}$ 放射平衡

$N_1$  :  $\text{Mo}$ の原子核数 (初期値  $N_{10}$ )

$N_2$  :  $\text{Tc}$ の原子核数 (初期値  $N_{20} = 0$ )

$\lambda_1$  :  $\text{Mo}$ の崩壊定数 =  $\log 2 / 66$ 時間

$\lambda_2$  :  $\text{Tc}$ の崩壊定数 =  $\log 2 / 6$ 時間

$A_1$  :  $\text{Mo}$ の放射能 =  $\lambda_1 N_1$

$A_2$  :  $\text{Tc}$ の放射能 =  $\lambda_2 N_2$

$$\frac{dN_1}{dt} = -\lambda_1 N_1$$

$$\frac{dN_2}{dt} = \lambda_1 N_1 - \lambda_2 N_2$$

$$N_1 = N_{10} e^{-\lambda_1 t}$$

$$N_2 = \frac{\lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1} N_{10} (e^{-\lambda_1 t} - e^{-\lambda_2 t})$$

$$\lambda_2 > \lambda_1 \rightarrow N_2 = \frac{\lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1} N_1$$

$$\frac{A_2}{A_1} = \frac{N_1 + N_2}{N_1}$$



RI測定室のウェルカウンタで、各グループごとに  
Tc溶液の放射能を、各30秒測定。  
試験管立てに順に試験管1, 2, 3...と並べて入れる。  
プリンタで印字されたcpmの値を記録。

測定室が混まないように、  
グループごとに順序良く測定を実施して下さい。



平成29年4月7日における 試験管1の  
測定値は、 $2.44 \times 10^7$  cpm/mL。

試験管1の測定値と比較し、  
 $^{99}\text{Mo}$  の半減期を計算して下さい。

## 後片付けを行う

Tcジェネレータを始めの状態にして箱に入れ貯蔵室へ戻す

バイアルのアルミふたをニツパまたはペンチで外し、  
内溶液を放射性廃液入れに捨てる。

ガラス、金属は、不燃ごみ。 ゴムは難燃ごみ。

試験管内の内溶液も放射性廃液入れに捨てる。

プラスチック試験管は、難燃ごみ。

注射器の針は、針回収用の金属容器に入れる。

注射器のシリンジは、難燃ごみ。

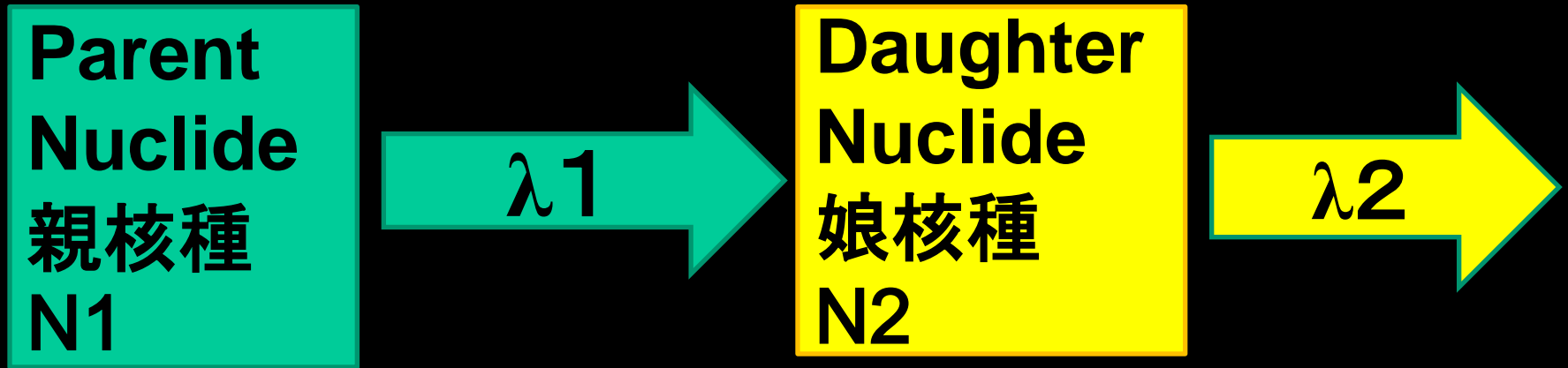
非放射性ごみは、普通のごみ箱へ。

## レポート提出課題

オーム社 放射化学 第6章を参考にして記載して下さい。

1. Dry Type テクネシウムジェネレータの構造を説明する。
2. 1回目から5回目のミルクキングから得たTc放射能を記載しグラフを作成する。溶出曲線について説明する。
3. ミルクキング15分後および30分後のミルクキングから得たTc放射能を記載し、グラフに追加する。  
Tc生成曲線、放射平衡について説明する。
4. 4月7日における試験管1の測定値は、 $2.44 \times 10^7$  cpm/mL。  
試験管1の測定値と比較し、 $^{99}\text{Mo}$  の半減期を計算して下さい。
5. 本実験の感想を記載する。

# 放射平衡 Radiative Equilibrium



$$N1 = N0 e^{-\lambda_1 t}$$

$$d N1/dt = - \lambda_1 N1$$

$$d N2/dt = \lambda_1 N1 - \lambda_2 N2$$

$$d N2/dt + \lambda_2 N2 = \lambda_1 N0 e^{-\lambda_1 t}$$

# 定数係数1階線形微分方程式

$$dy / dx + a y = F(x)$$

の解は、

$$y = e^{-ax} \left( \int e^{ax} F(x) dx + C \right)$$

工学の分野でよく利用される便利な公式

$$dy/dx + a y = F(x)$$

$$e^{ax} dy/dx + a e^{ax} y = e^{ax} F(x)$$

$$e^{ax} dy/dx + (e^{ax}/dx) y = e^{ax} F(x)$$

$$d(e^{ax} y)/dx = e^{ax} F(x)$$

$$e^{ax} y = \int e^{ax} F(x) dx + C$$

$$y = e^{-ax} \left( \int e^{ax} F(x) dx + C \right)$$

Y に  $N_2$ 、 x に t、 a に  $\lambda_2$  を代入し、

F(t) を  $\lambda_1 N_0 e^{-\lambda_1 t}$  とすると、

$dy/dx + a y = F(x)$  は、

$$dN_2/dt + \lambda_2 N_2 = \lambda_1 N_0 e^{-\lambda_1 t}$$

$y = e^{-at} ( \int e^{at} F(x) dt + C )$  は、

$$N_2 = e^{-\lambda_2 t} \int e^{\lambda_2 t} \lambda_1 N_0 e^{-\lambda_1 t} dt$$

$$N_2 = e^{-\lambda_2 t} \int \lambda_1 N_0 e^{(\lambda_2 - \lambda_1)t} dt$$

$$N_2 = e^{-\lambda_2 t} [ \lambda_1 N_0 e^{(\lambda_2 - \lambda_1)t} ]_0^t$$

$$= e^{-\lambda_2 t} [ N_0 \lambda_1 / (\lambda_2 - \lambda_1) e^{(\lambda_2 - \lambda_1)t} ]_0^t$$

$$= e^{-\lambda_2 t} \left[ N_0 \lambda_1 / (\lambda_2 - \lambda_1) e^{(\lambda_2 - \lambda_1)t} \right] \Big|_0^t$$

$$= e^{-\lambda_2 t} \left( N_0 \lambda_1 / (\lambda_2 - \lambda_1) e^{(\lambda_2 - \lambda_1)t} \right) - e^{-\lambda_2 t} \left( N_0 \lambda_1 / (\lambda_2 - \lambda_1) e^0 \right)$$

$$= \left( N_0 \lambda_1 / (\lambda_2 - \lambda_1) e^{-\lambda_1 t} \right) - e^{-\lambda_2 t} \left( N_0 \lambda_1 / (\lambda_2 - \lambda_1) e^0 \right)$$

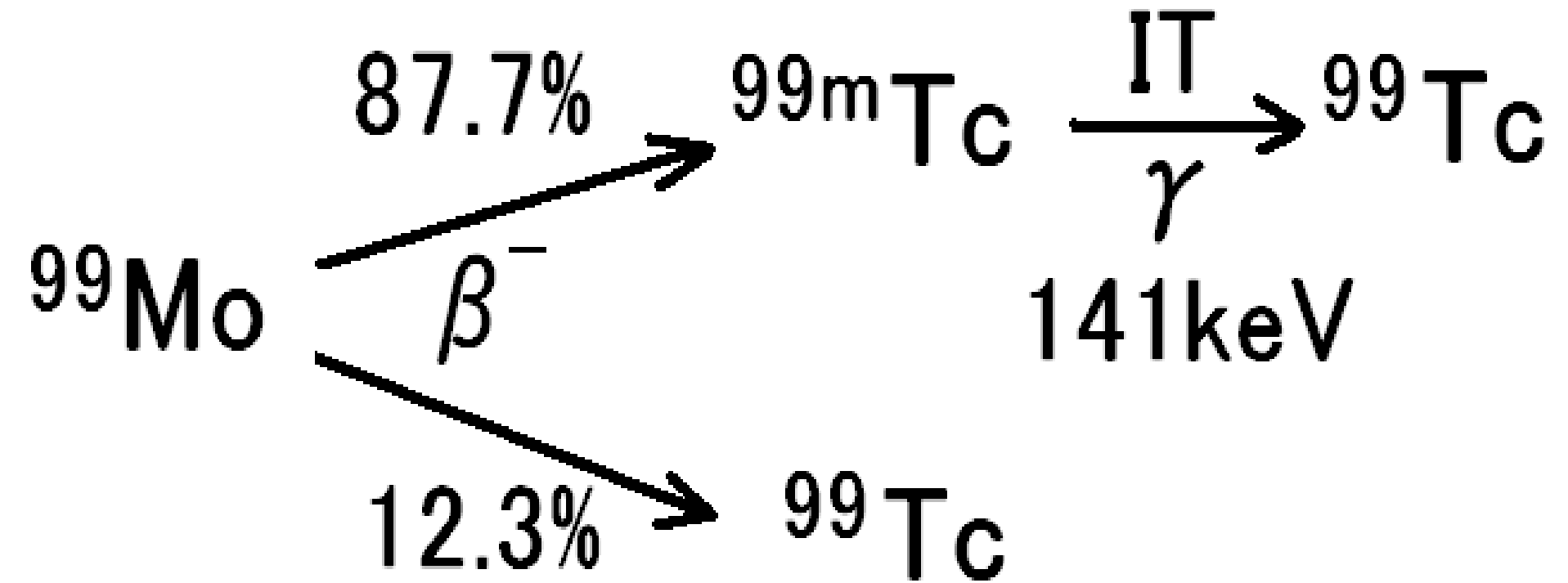
$$N_2 = \lambda_1 N_0 / (\lambda_2 - \lambda_1) e^{-\lambda_1 t} - \lambda_1 N_0 / (\lambda_2 - \lambda_1) e^{-\lambda_2 t}$$

$$N_2 = \lambda_1 N_0 / (\lambda_2 - \lambda_1) (e^{-\lambda_1 t} - e^{-\lambda_2 t})$$

積分定数 C を  $N_{20}$  とすると  $N_{20} e^{-\lambda_2 t}$  が加わる。



**$^{99}\text{Mo}$  の分岐比** : 87.7% が  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  に  $\beta$ -崩壊し、  
残りは直接  $^{99}\text{Tc}$  に  $\beta$ -崩壊する。



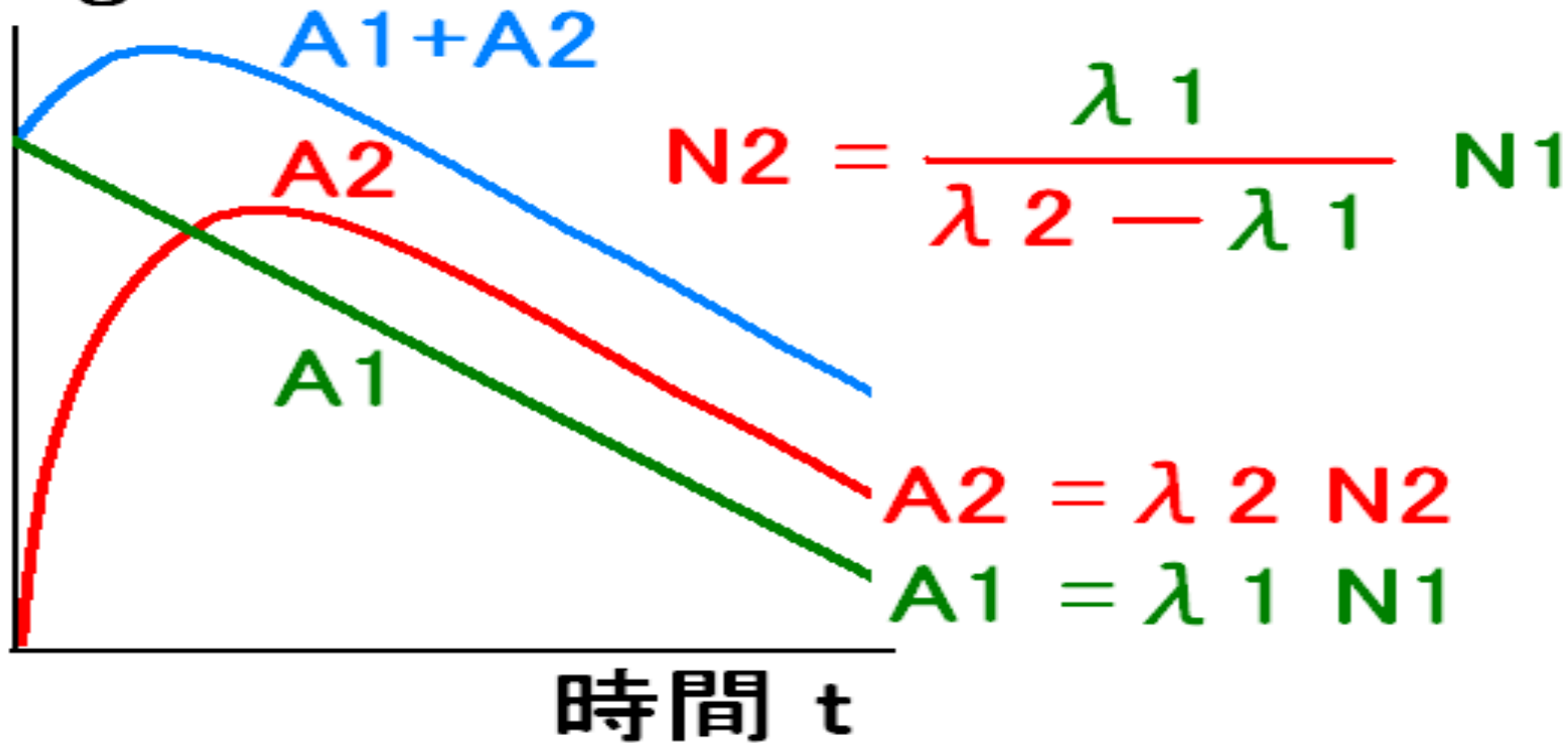
# 過渡平衡 $^{99}\text{Mo} - ^{99\text{m}}\text{Tc} - ^{99}\text{Tc}$

$^{99}\text{Mo}$  (モリブデン) の半減期は 66時間。

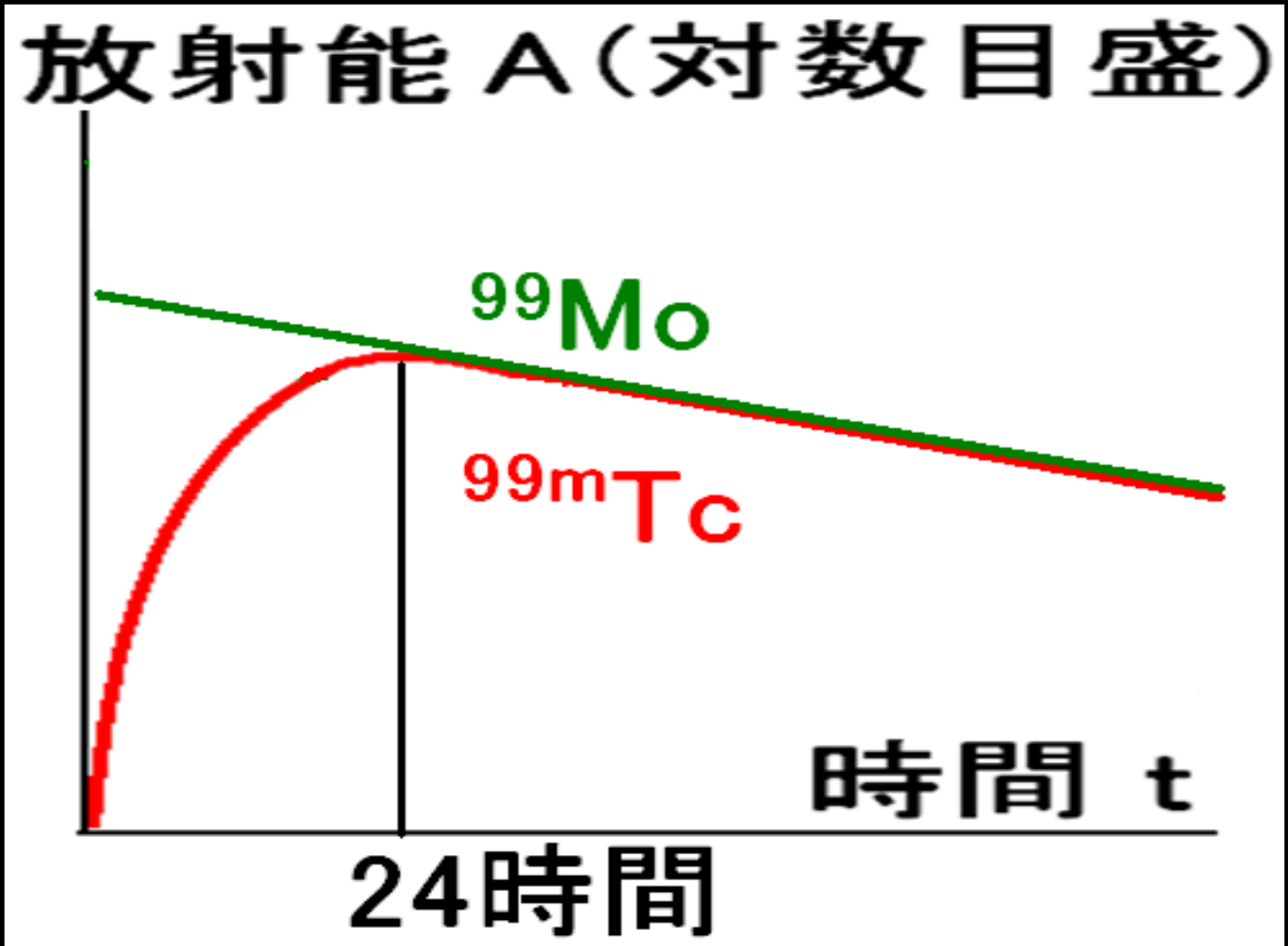
$^{99\text{m}}\text{Tc}$  (テクネチウム) の半減期は 6時間。

放射能 A (対数目盛)

$\log A$



$^{99}\text{Mo}$  から  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  に  $\beta$  崩壊する割合 (分岐比) を考慮すると、実際には  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  の放射能は、理論式の 87.7% に下がり、 $^{99}\text{Mo}$  の放射能を超えない。



$^{99}\text{Mo} - ^{99\text{m}}\text{Tc}$  過渡平衡状態のカラムは、  
24時間後（正確には 22.9 時間後）に  
 $^{99\text{m}}\text{Tc}$  放射能が最大になるので  
毎日（24時間おきに） $^{99\text{m}}\text{Tc}$  を抽出できる。  
これを乳牛の搾乳に例えてミルキングという。

