

核医学検査技術学実習 実習6

Mo-Tcジェネレータ(Wet Type)の 取り扱い

富士フィルムファーマ社製の
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。

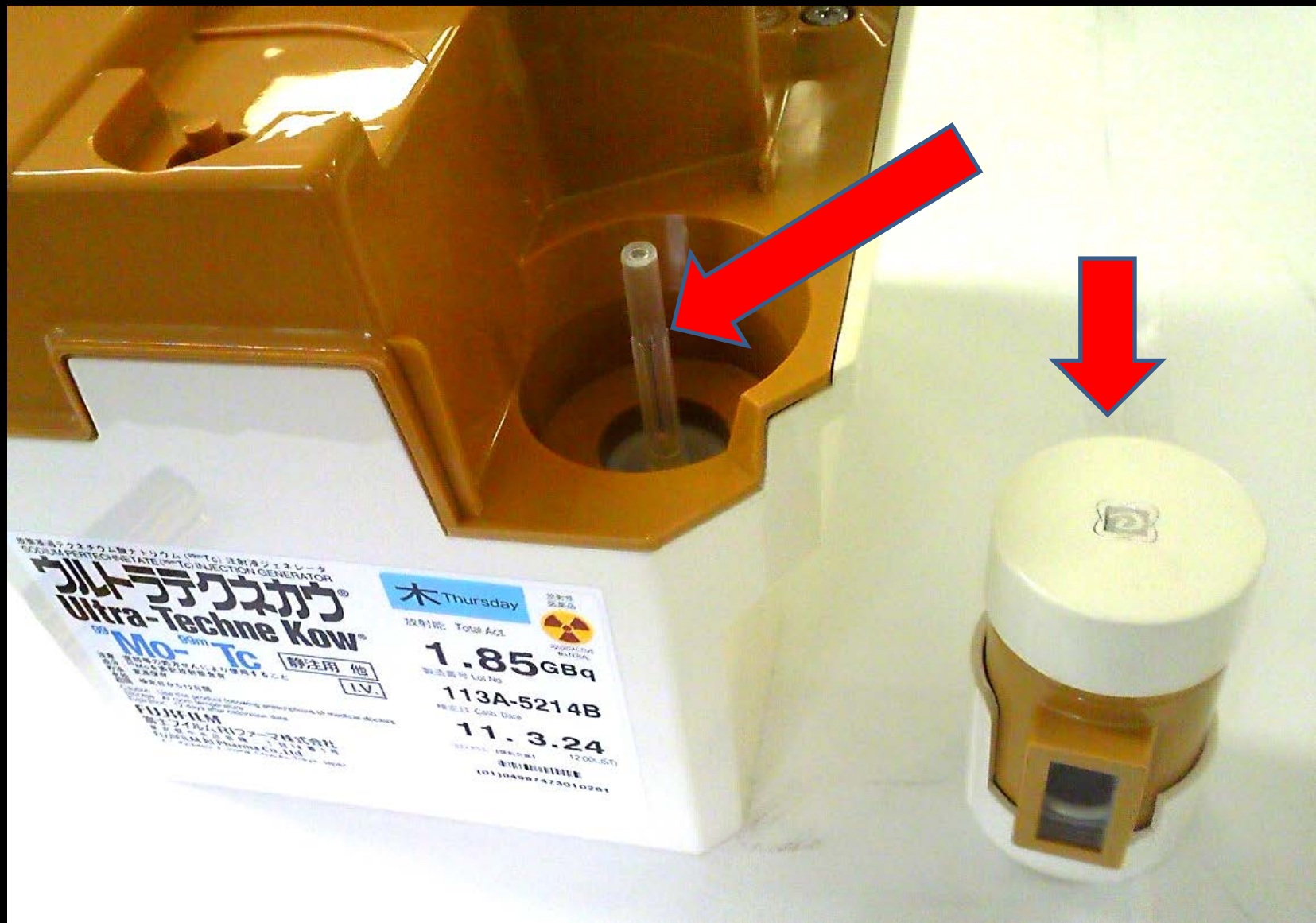
貯蔵室から 缶に入ったPDRファーマ社 Wet Type
Mo-Tc Generator ウルトラテクネカウを運ぶ。
厚い鉛シールドが入っているため重いので注意。
ふたを開けるレバーがあるので外して取り出す。



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 真空バイアル(コレクティングバイアル)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。

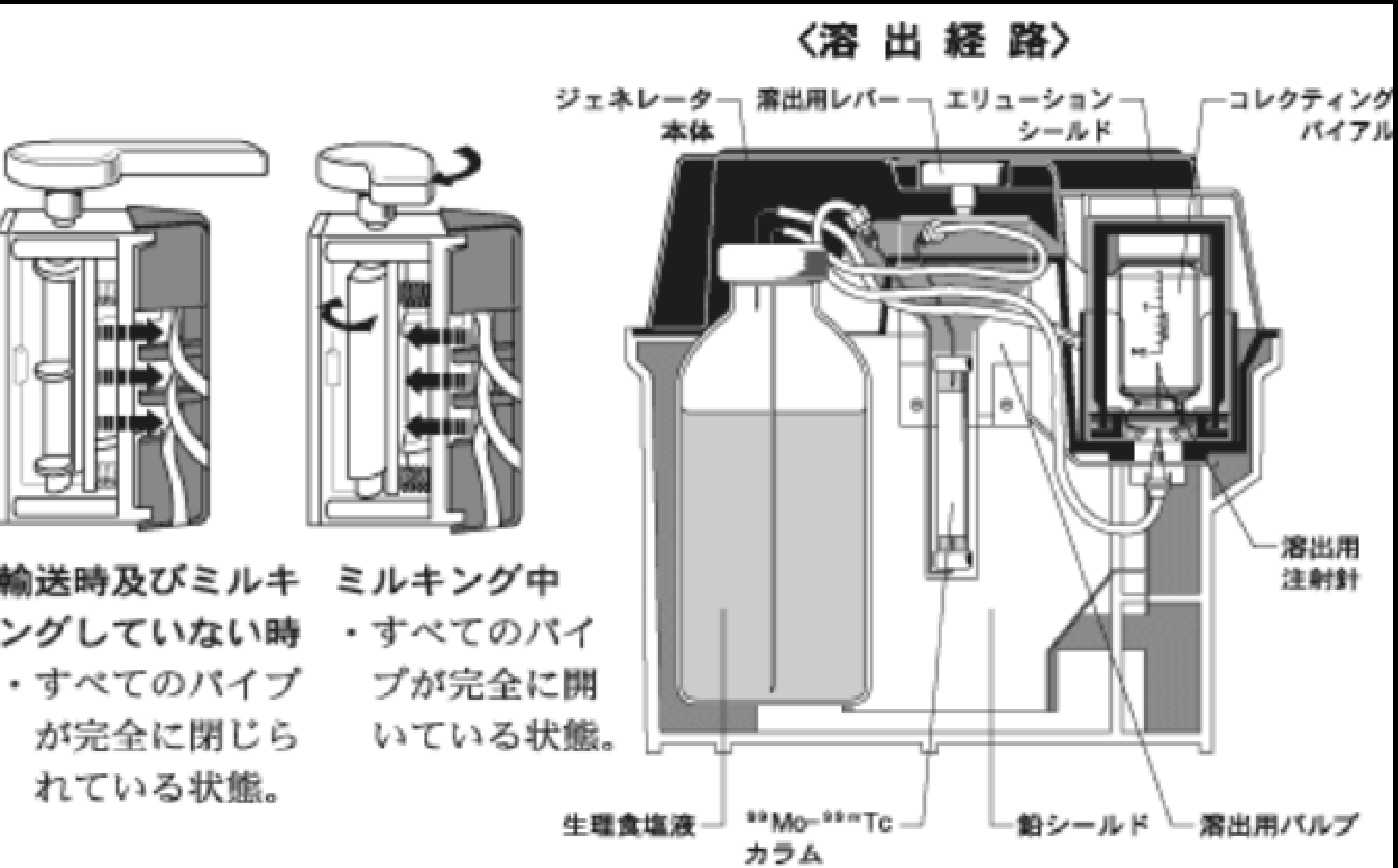


1回目のミルクキング。
溶出用レバーを、右回りに90度回す。
バイアルの目盛をよく見て、吸引が終了したら
レバーを戻す。



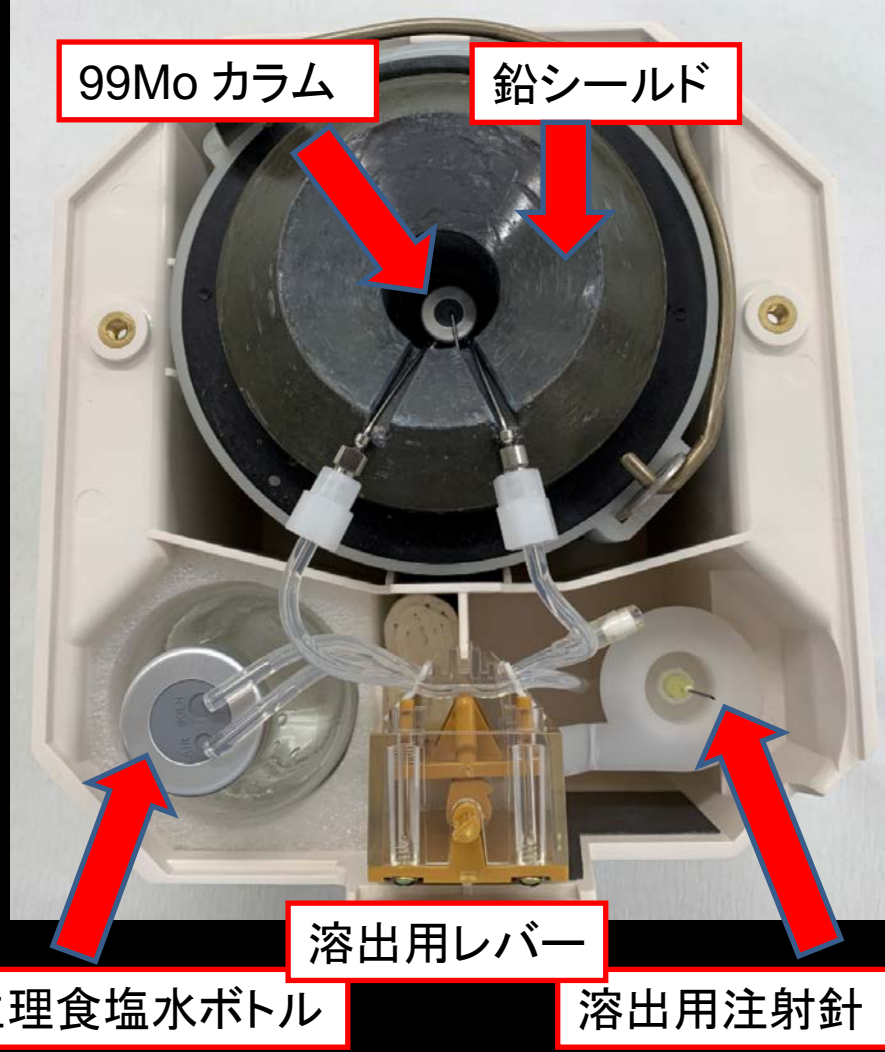
ウルトラテクネカウ

Wet type 99mTc generator の構造。



ウルトラテクネカウ

上蓋をはずした画像



鉛シールド容器からはずした画像



溶出用注射針に真空バイアルを差し込み、溶出用レバーを開くと、レバーで圧迫されて閉じていたビニールチューブが開き、生理食塩水が99Moカラムを通過して、真空バイアルに吸い込まれる。

1回目のミルクキングを行う。

吸引が終了したら鉛シールドに入れたままのバイアルから

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、

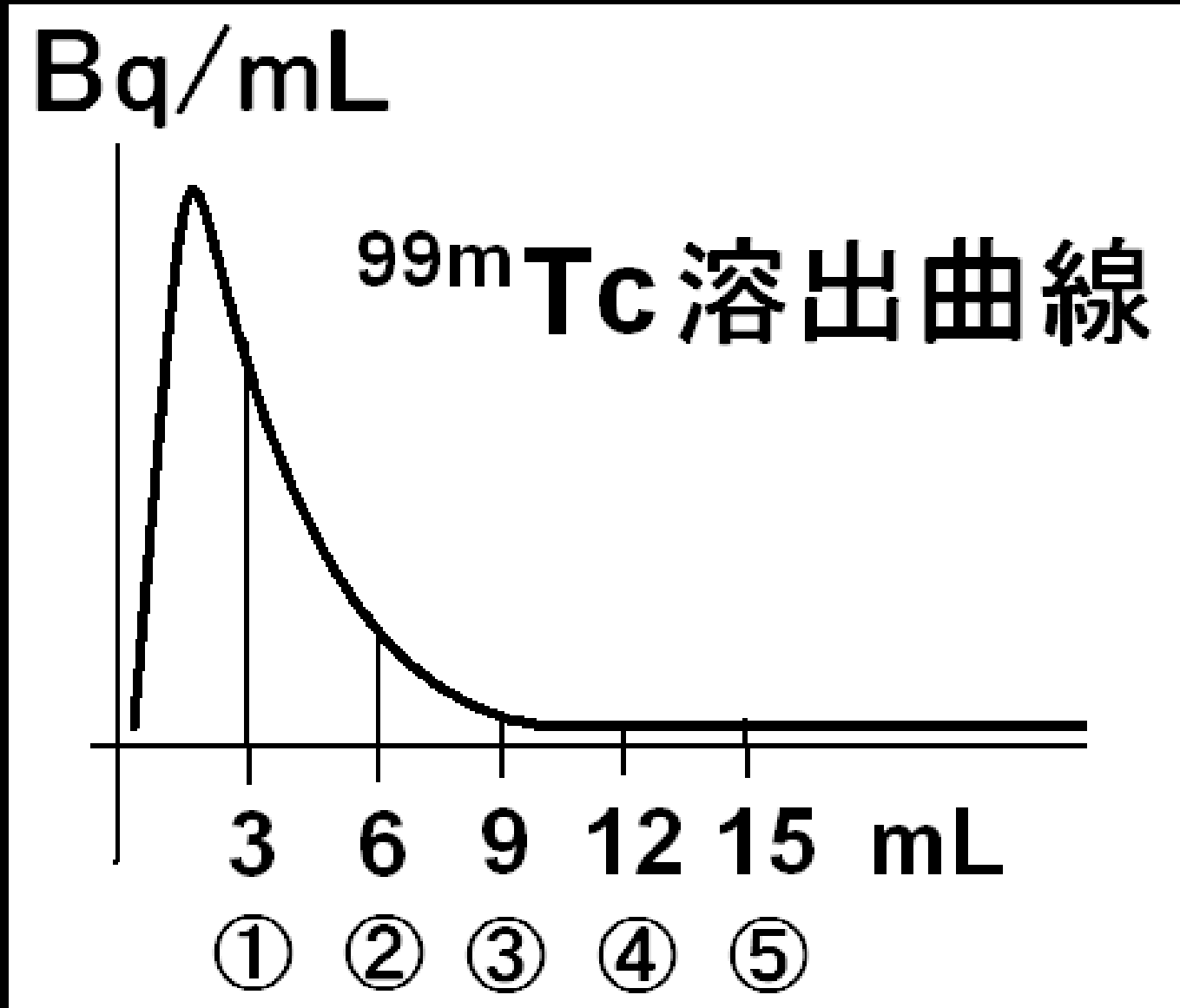
3、4、5回目のミルキングを行う。

5回目のミル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。

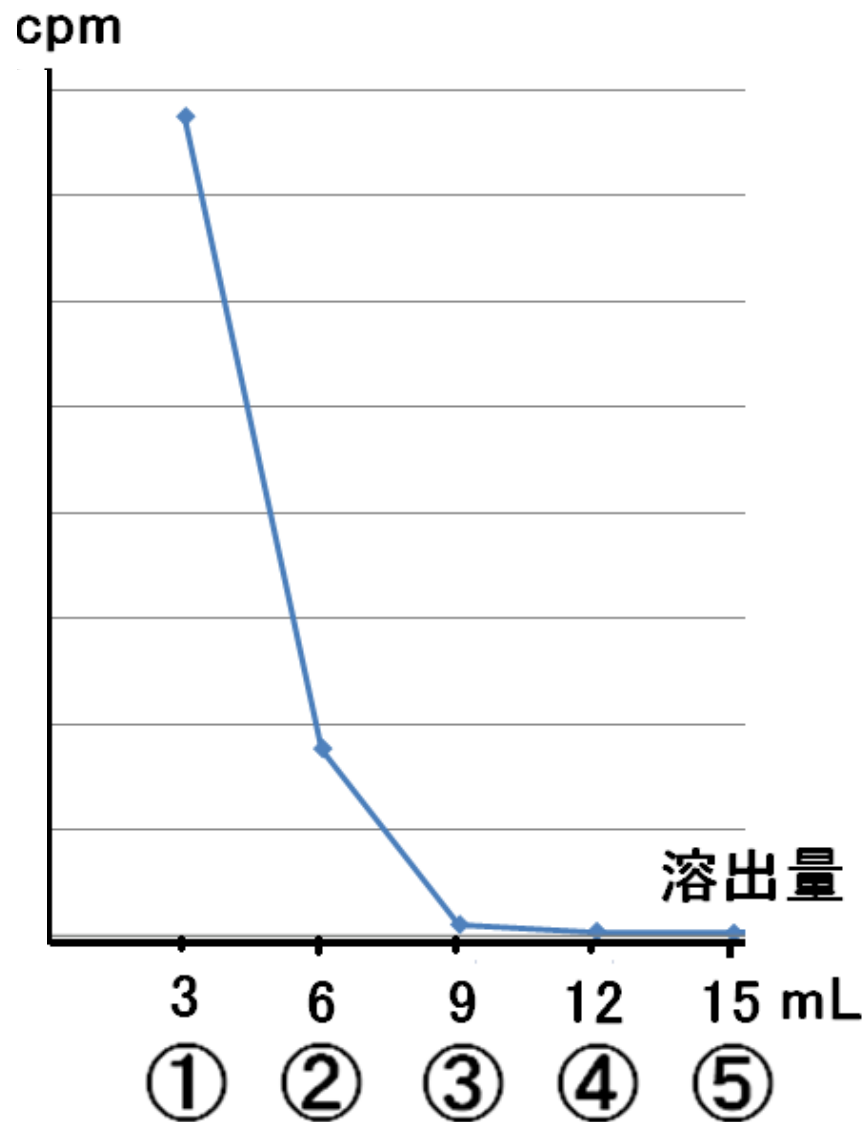
6回のミルクキングを行った30分後に、
7回目のミルクキングを行う。

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。

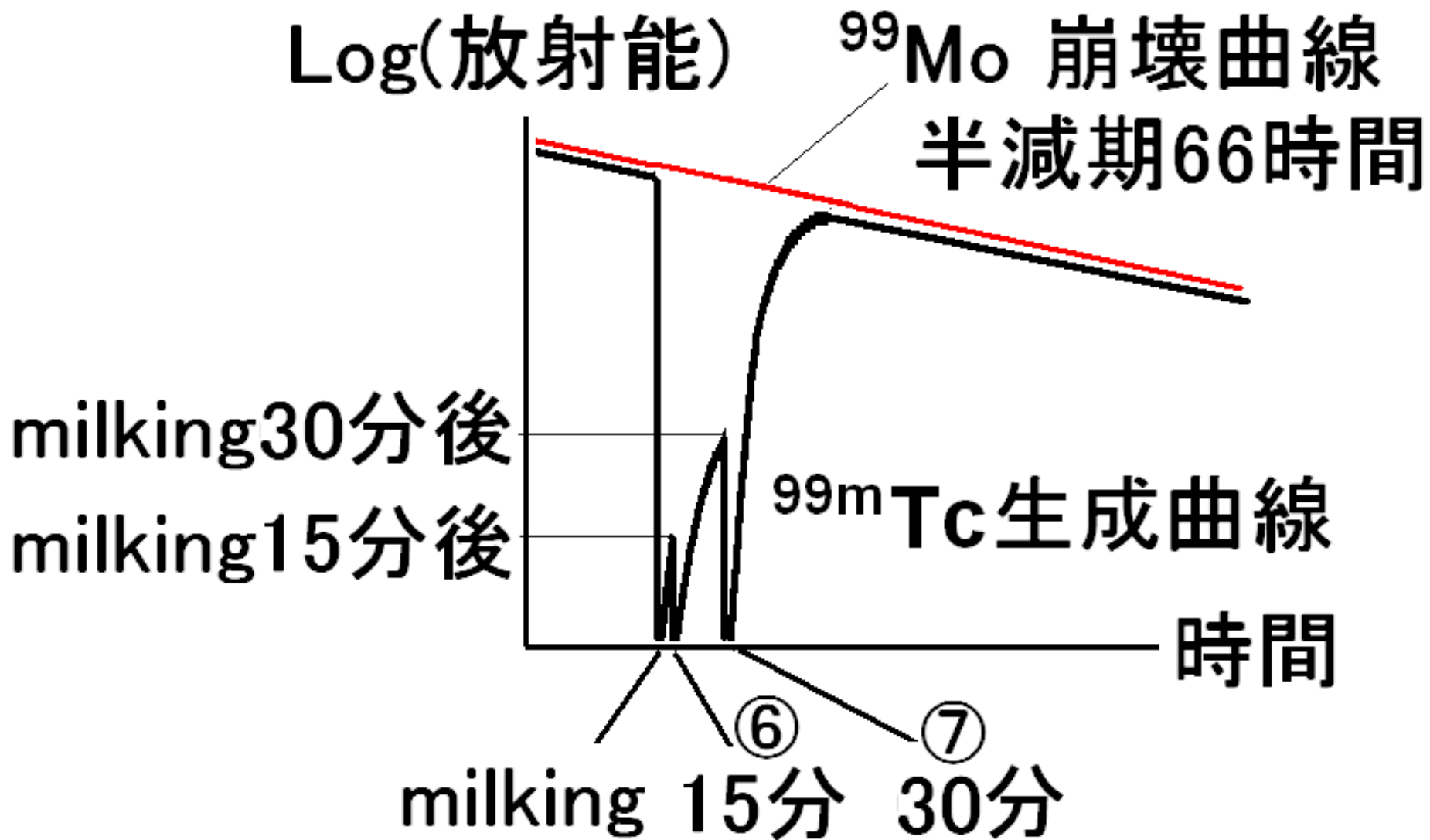


試験管1～5の放射能
(cpm) をグラフに表示。

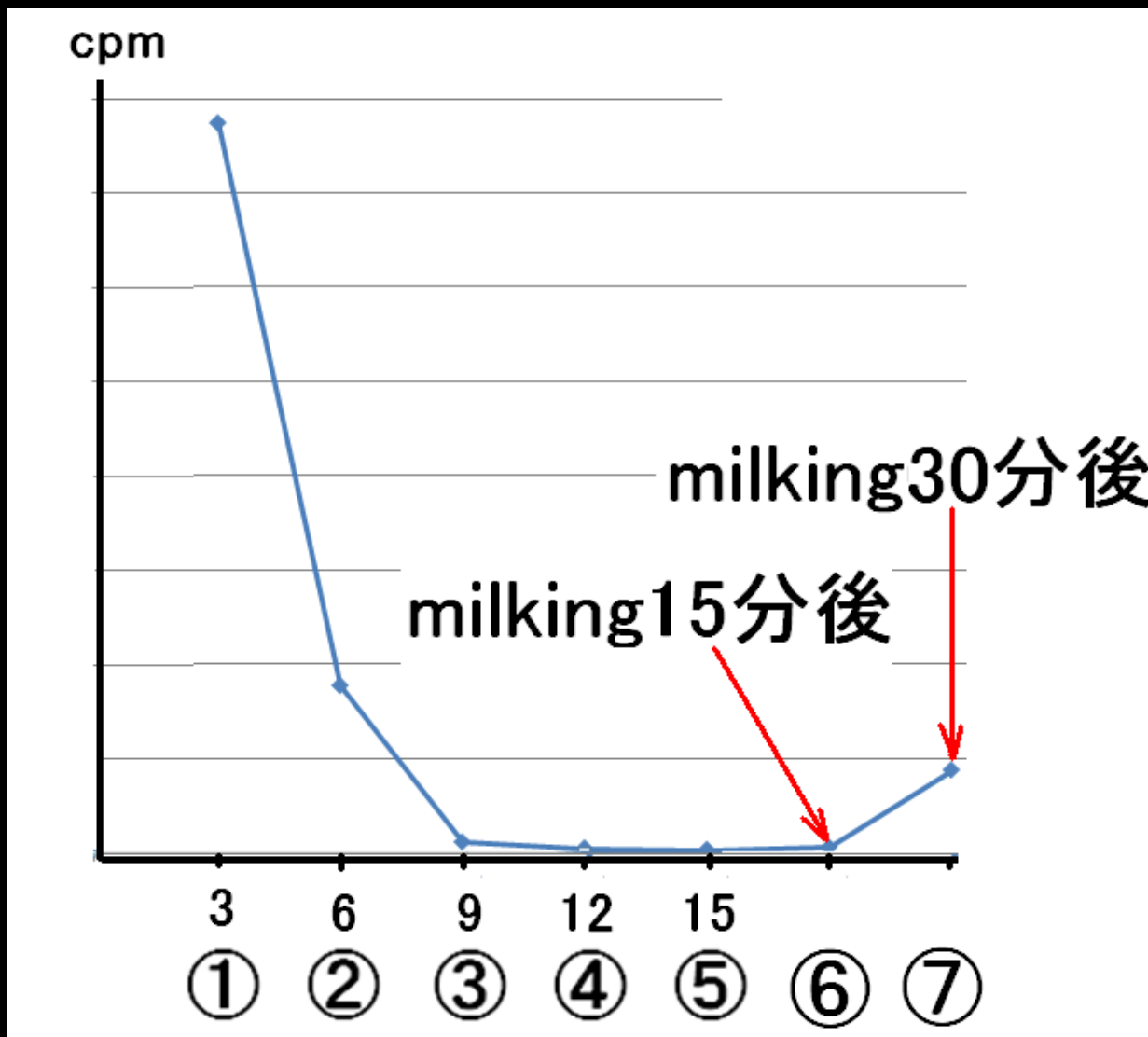
1回目から5回目の
ミルクングから得た
 ^{99m}Tc 放射能の推移を
観察し、溶出曲線を
理解する。



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 : Mo の原子核数 (初期値 N_{10})

N_2 : Tc の原子核数 (初期値 $N_{20} = 0$)

λ_1 : Mo の崩壊定数 = $\log 2 / 66$ 時間

λ_2 : Tc の崩壊定数 = $\log 2 / 6$ 時間

A_1 : Mo の放射能 = $\lambda_1 N_1$

A_2 : 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。

実験日の16日前における 試験管1の
測定値は、 1.79×10^6 cpm/mL。

試験管1の測定値と比較し、
 ^{99}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。

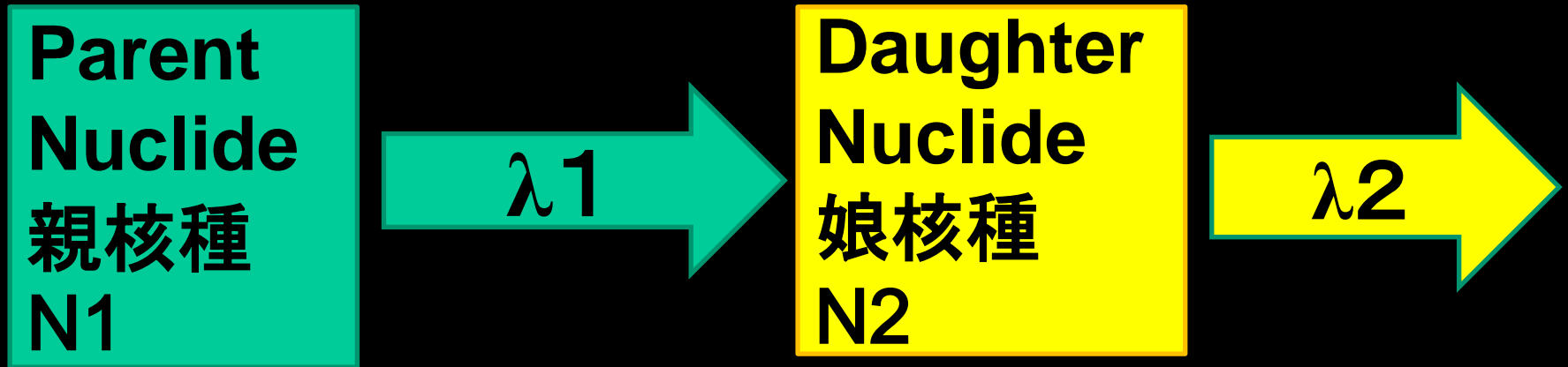
非放射性ごみは、普通のごみ箱へ。

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. Wet 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. 実験日の16日前の試験管1の測定値は、 1.79×10^6 cpm/mL。
試験管1の測定値と比較し、 ^{99}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 λ_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、

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

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

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

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

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

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

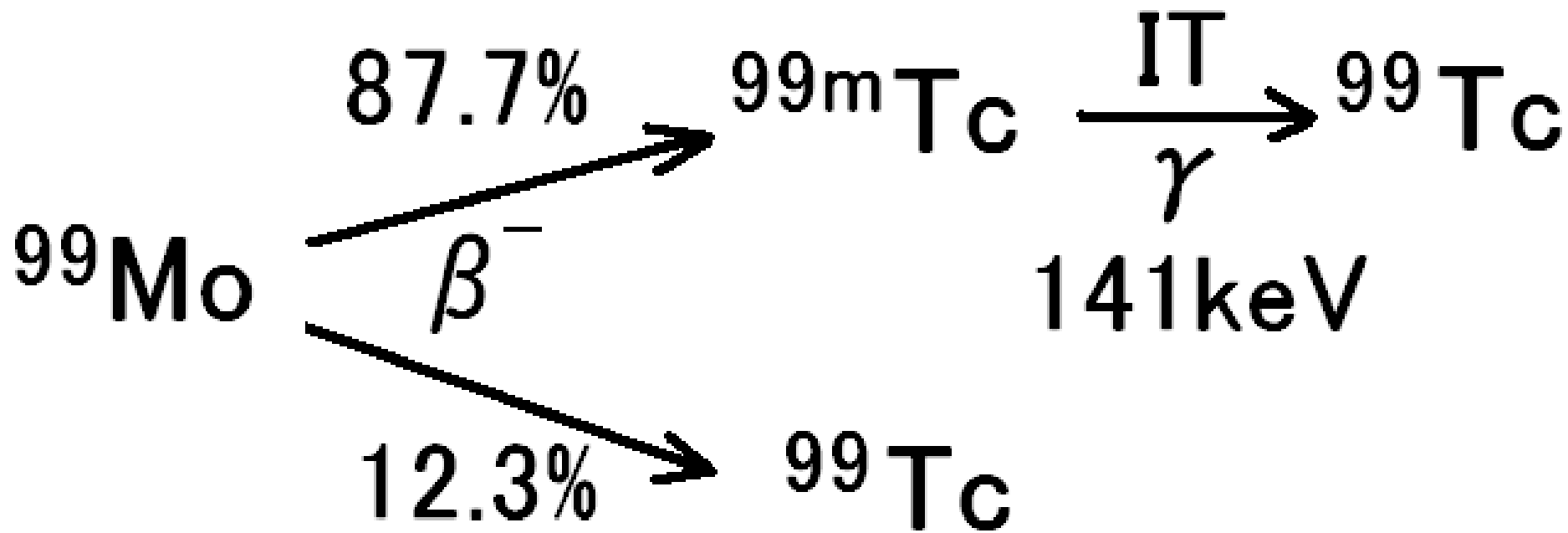
$$= \left(N_0 \lambda_1 / (\lambda_2 - \lambda_1) e^{-\lambda_1 t} \right) - e^{-\lambda_2 t} \left(N_0 \lambda_1 / (\lambda_2 - \lambda_1) e^0 \right)$$

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

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

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

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



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

^{99}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。

^{99}Mo から β 崩壊した $^{99\text{m}}\text{Tc}$ の原子核は不安定な状態 (準安定状態 metastable) になっているので、 γ 線を放出して、ほとんど安定な ^{99}Tc になる。この $^{99\text{m}}\text{Tc}$ と ^{99}Tc の関係を核異性体という。半減期が短い方の核種の質量数にmetastable を示す m を付けて区別し表記する。 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ のような準安定状態の原子核が γ 線を放出して安定化する現象を、核異性体転移 (IT ; Isometric Transition) という。

$^{99\text{m}}\text{Tc}$ から γ 線が放出された後に残る ^{99}Tc も放射性同位元素である。

β 線放出核種であるが、半減期が 21 万年と非常に長く崩壊定数も非常に小さいので、放射能は極めて弱い。

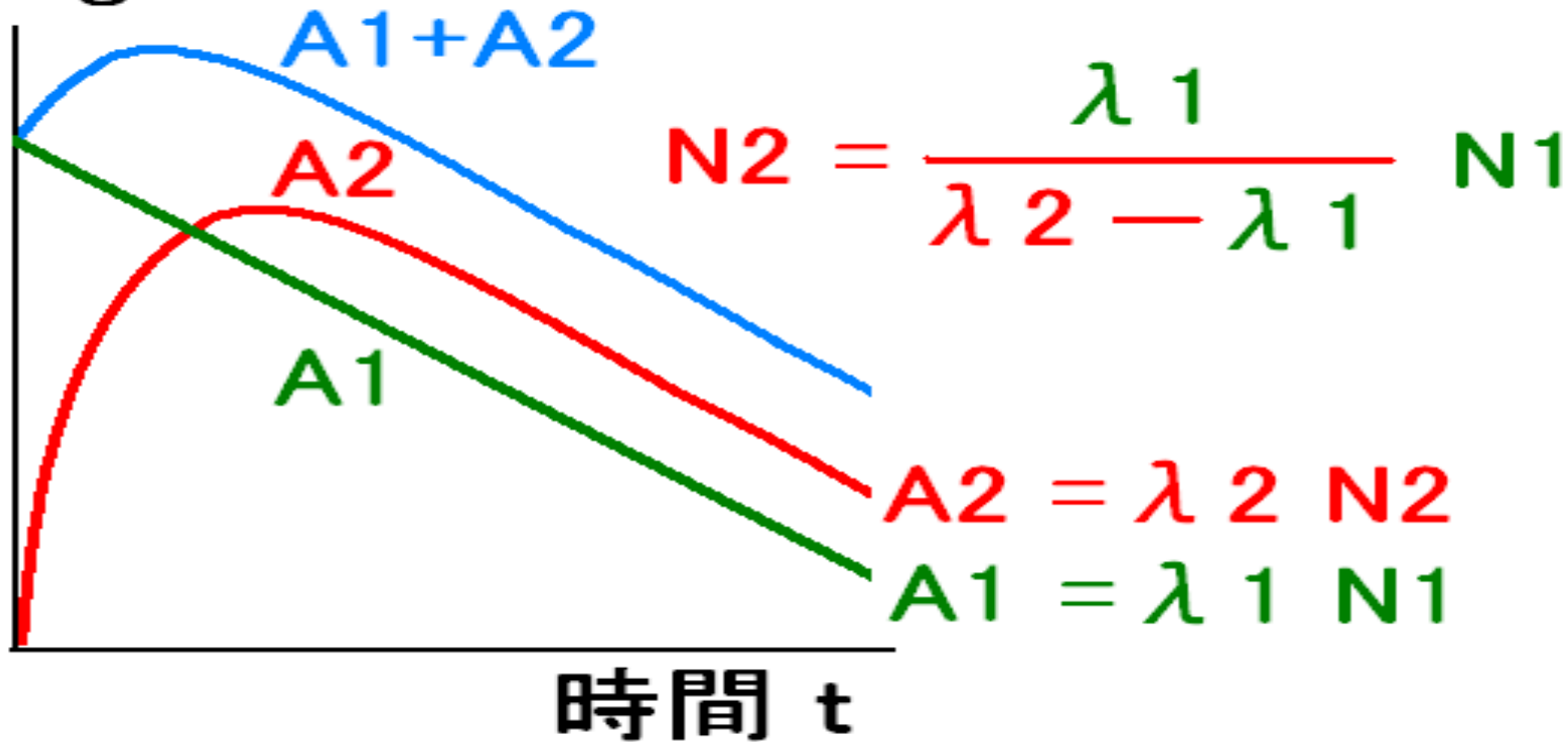
過渡平衡 $^{99}\text{Mo} - ^{99\text{m}}\text{Tc} - ^{99}\text{Tc}$

^{99}Mo (モリブデン) の半減期は 66時間。

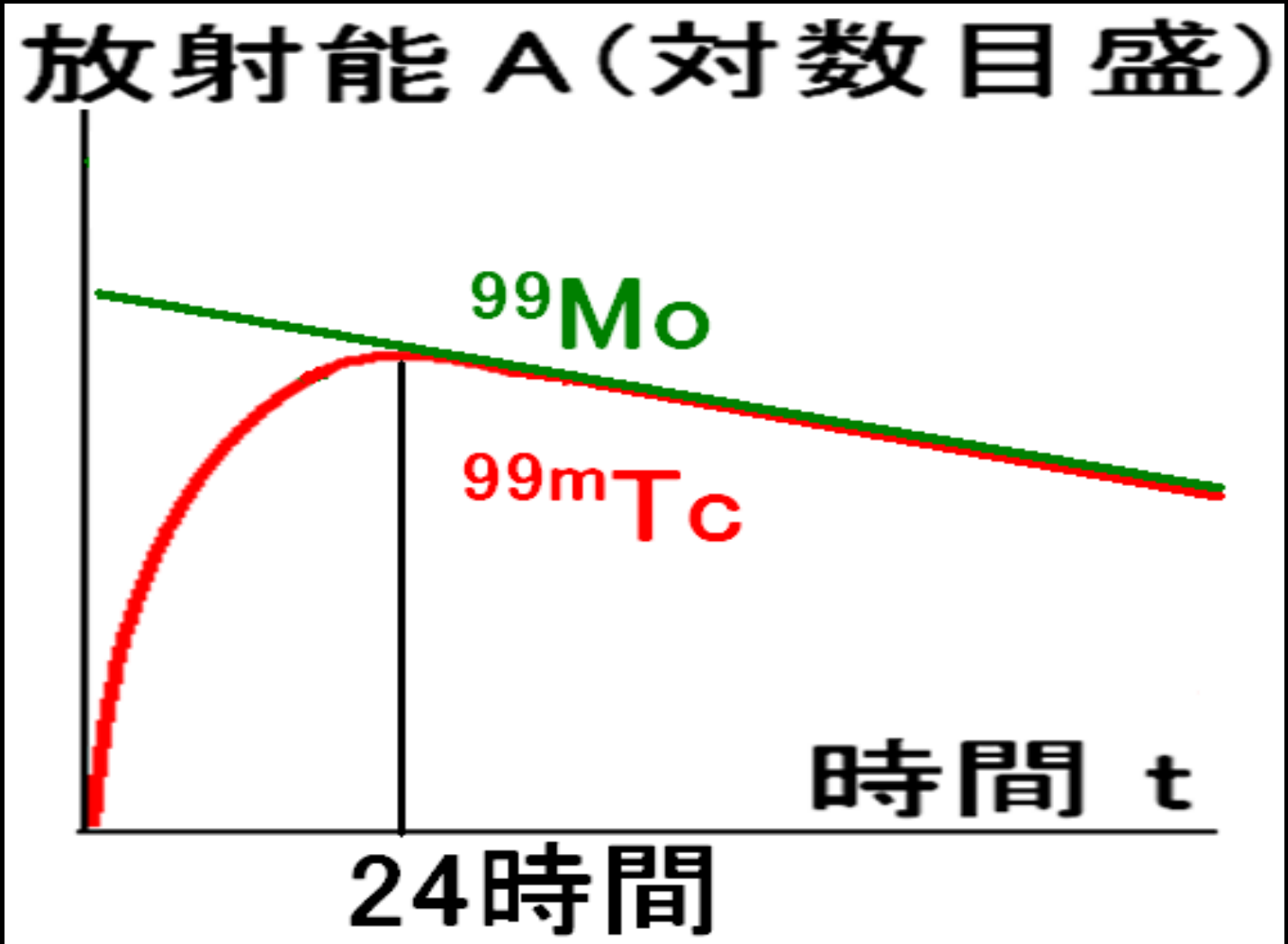
$^{99\text{m}}\text{Tc}$ (テクネチウム) の半減期は 6時間。

放射能 A (対数目盛)

$\log A$



^{99}Mo から $^{99\text{m}}\text{Tc}$ に β 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}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。

