

## 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。

1

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。



2

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。



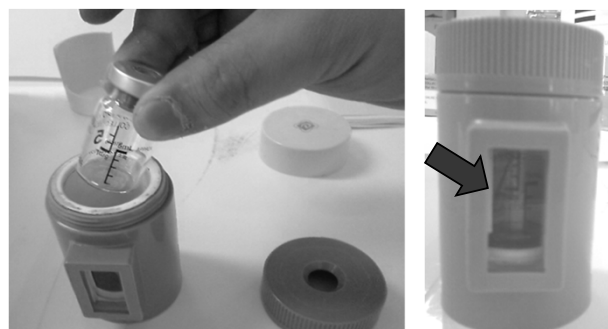
3

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。



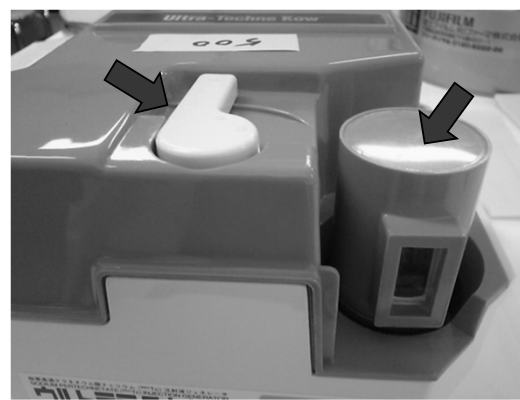
4

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。



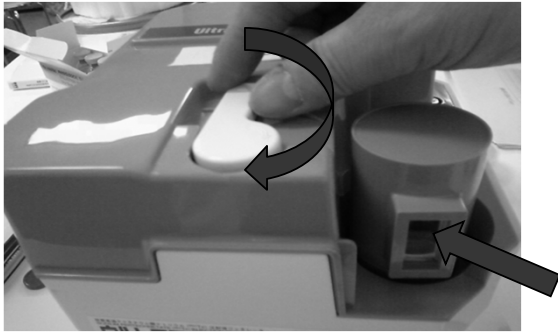
5

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。



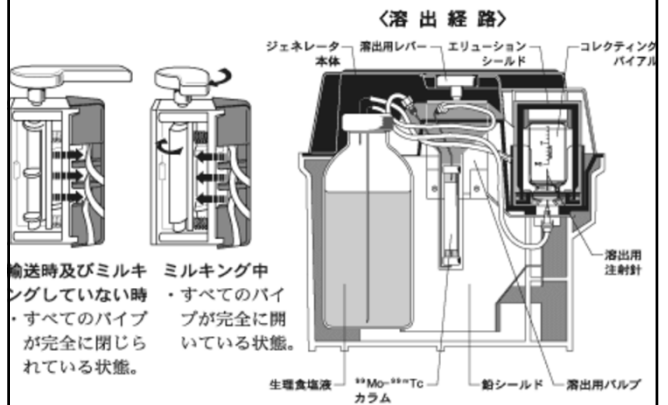
6

1回目のミルクング。  
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。



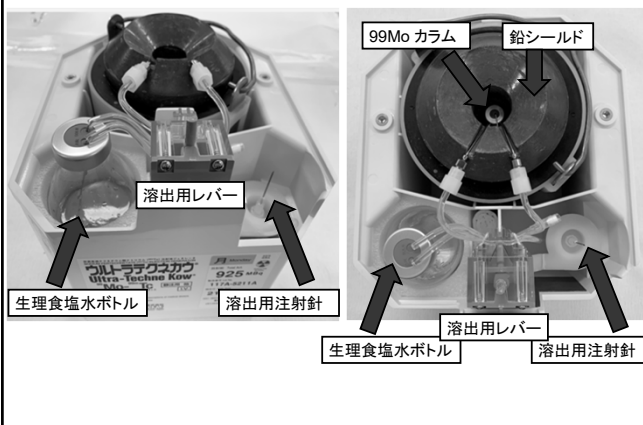
7

ウルトラテクネカウ  
Wet type 99mTc generator の構造。



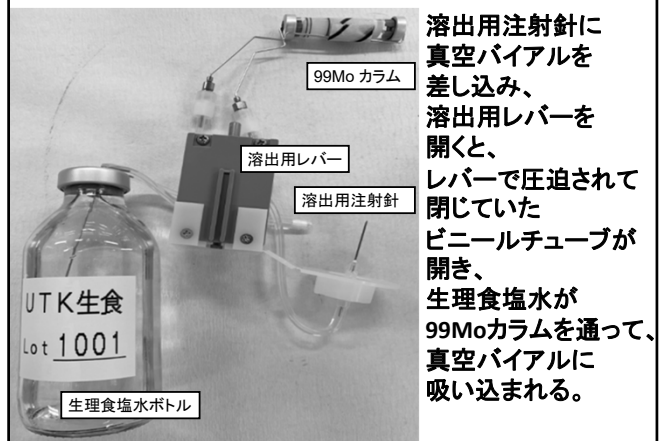
8

ウルトラテクネカウ 上蓋をはずした画像



9

鉛シールド容器からはずした画像



10

1回目のミルクングを行う。

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。

11

続けて2回目にミルクングを行う。

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。

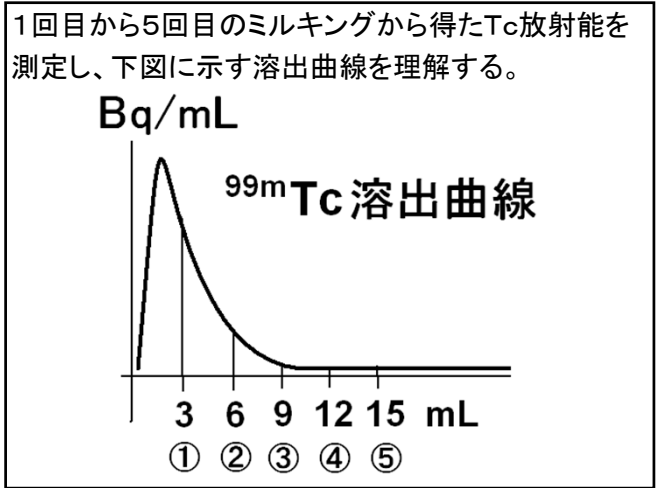
同様の操作を繰り返し、3、4、5回目のミルクングを行う。  
5回目のミルクングを行った時刻を記録する。

12

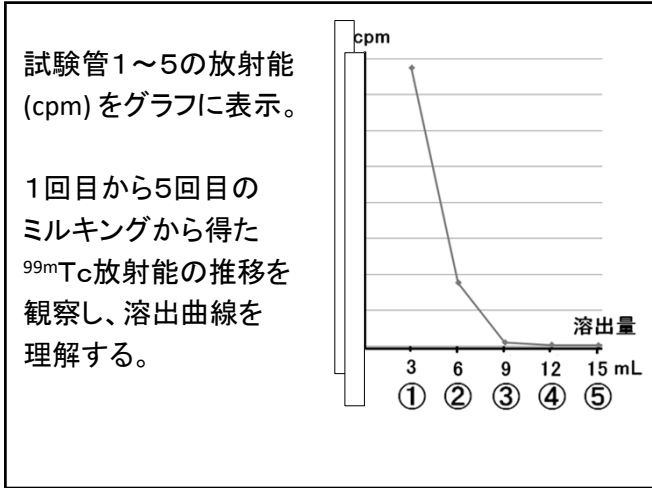
5回のミルクを行った15分後に6回目のミルクを行う。

6回のミルクを行った30分後に、7回目のミルクを行う。

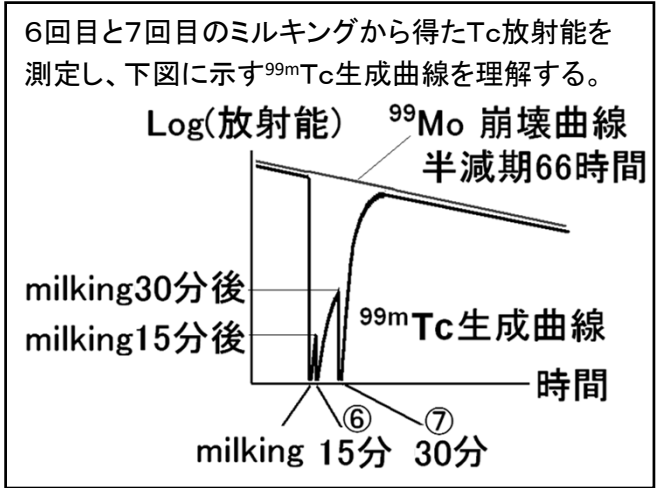
13



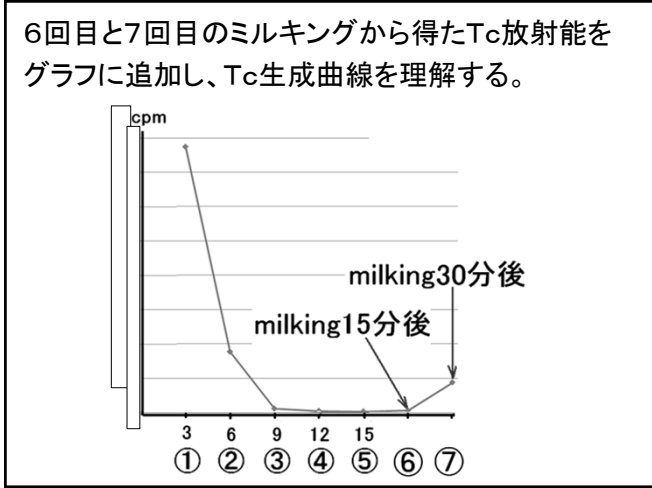
14



15



16



17

**<sup>99</sup>Mo - <sup>99m</sup>Tc 放射平衡**

N1 : Moの原子核数 (初期値 N1o)  
N2 : Tcの原子核数 (初期値 N2o = 0)

$\lambda 1$  : Moの崩壊定数 =  $\log 2 / 66$ 時間  
 $\lambda 2$  : Tcの崩壊定数 =  $\log 2 / 6$ 時間

A1 : Moの放射能 =  $\lambda 1 N1$   
A2 : Tcの放射能 =  $\lambda 2 N2$

$\frac{dN1}{dt} = -\lambda 1 N1$

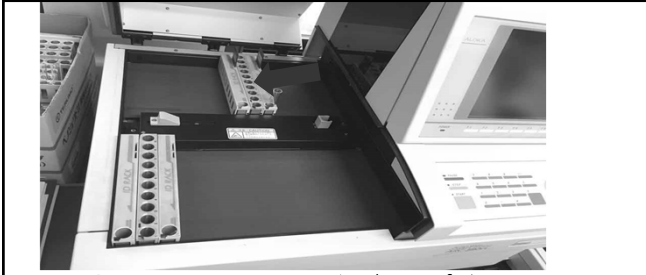
$\frac{dN2}{dt} = \lambda 1 N1 - \lambda 2 N2$

$N1 = N1o e^{-\lambda 1 t}$

$N2 = \frac{\lambda 1}{\lambda 2 - \lambda 1} N1o (e^{-\lambda 1 t} - e^{-\lambda 2 t})$

$\lambda 2 > \lambda 1 \rightarrow$   $N2 = \frac{\lambda 1}{\lambda 2 - \lambda 1} N1$   $\frac{A2}{A1} = \frac{N1 + N2}{N1}$

18



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。

19

実験日の16日前における試験管1の測定値は、 $1.79 \times 10^6$  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。

20

#### 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ッ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。

21

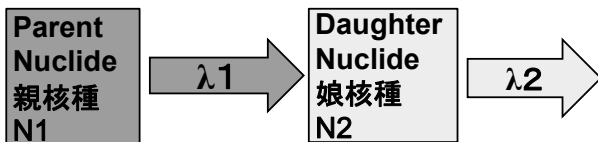
#### レポート提出課題

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. ミルクング15分後および30分後のミルクングから得た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、 $1.79 \times 10^6$  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。

22

#### 放射平衡 Radiative Equilibrium



$$N1 = N0 e^{-\lambda 1 t}$$

$$d N1 / dt = - \lambda 1 N1$$

$$d N2 / dt = \lambda 1 N1 - \lambda 2 N2$$

$$d N2 / dt + \lambda 2 N2 = \lambda 1 N0 e^{-\lambda 1 t}$$

23

#### 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

24

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

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

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

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

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

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

25

YにN2、xにt、aにλ2を代入し、  
F(t)をλ1N0e<sup>-λ1t</sup>とすると、

dy/dx + a y = F(x) は、

$$dN2/dt + \lambda 2 N2 = \lambda 1 N0 e^{-\lambda 1 t}$$

y = e<sup>-at</sup> ( ∫ e<sup>at</sup> F(x) dt + C ) は、

$$N2 = e^{-\lambda 2 t} \int e^{\lambda 2 t} \lambda 1 N0 e^{-\lambda 1 t} dt$$

$$N2 = e^{-\lambda 2 t} \int \lambda 1 N0 e^{(\lambda 2 - \lambda 1)t} dt$$

$$N2 = e^{-\lambda 2 t} [\lambda 1 N0 e^{(\lambda 2 - \lambda 1)t}]_0^t$$

$$= e^{-\lambda 2 t} [N0 \lambda 1 / (\lambda 2 - \lambda 1) e^{(\lambda 2 - \lambda 1)t}]_0^t$$

26

$$= e^{-\lambda 2 t} [N0 \lambda 1 / (\lambda 2 - \lambda 1) e^{(\lambda 2 - \lambda 1)t}]_0^t$$

$$= e^{-\lambda 2 t} (N0 \lambda 1 / (\lambda 2 - \lambda 1) e^{(\lambda 2 - \lambda 1)t})$$

$$- e^{-\lambda 2 t} (N0 \lambda 1 / (\lambda 2 - \lambda 1) e^0)$$

$$= (N0 \lambda 1 / (\lambda 2 - \lambda 1) e^{-\lambda 1 t})$$

$$- \lambda 1 N0 / (\lambda 2 - \lambda 1) e^{-\lambda 2 t}$$

$$N2 = \lambda 1 N0 / (\lambda 2 - \lambda 1) e^{-\lambda 1 t}$$

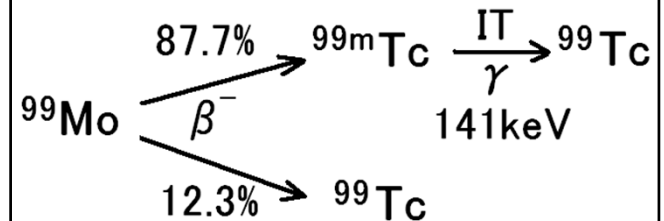
$$- \lambda 1 N0 / (\lambda 2 - \lambda 1) e^{-\lambda 2 t}$$

$$N2 = \lambda 1 N0 / (\lambda 2 - \lambda 1) (e^{-\lambda 1 t} - e^{-\lambda 2 t})$$

積分定数 C を N2<sub>0</sub> とすると N2<sub>0</sub> e<sup>-λ2t</sup> が加わる。

27

<sup>99</sup>Mo の分岐比 : 87.7% が <sup>99m</sup>Tc にβ崩壊し、  
残りは直接 <sup>99</sup>Tc にβ崩壊する。



過渡平衡の例 <sup>99</sup>Mo - <sup>99m</sup>Tc - <sup>99</sup>Tc

<sup>99</sup>Mo (モリブデン) の半減期は 66 時間。

<sup>99m</sup>Tc (テクネチウム) の半減期は 6 時間。

28

<sup>99</sup>Mo からβ崩壊した <sup>99m</sup>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<sup>99</sup>Tcになる。  
この<sup>99m</sup>Tcと<sup>99</sup>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。

<sup>99m</sup>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; Isomeric Transition)という。

<sup>99m</sup>Tcからγ線が放出された後に残る<sup>99</sup>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。

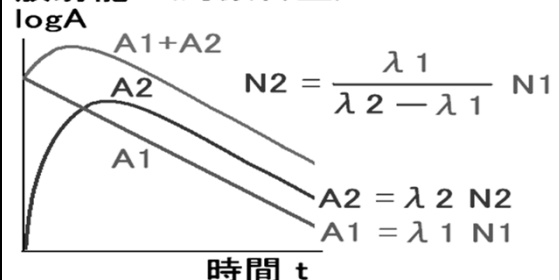
29

過渡平衡 <sup>99</sup>Mo - <sup>99m</sup>Tc - <sup>99</sup>Tc

<sup>99</sup>Mo (モリブデン) の半減期は 66 時間。

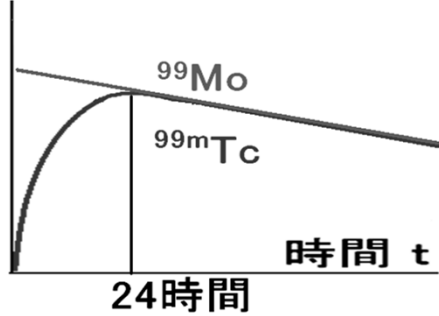
<sup>99m</sup>Tc (テクネチウム) の半減期は 6 時間。

放射能 A (対数目盛)



30

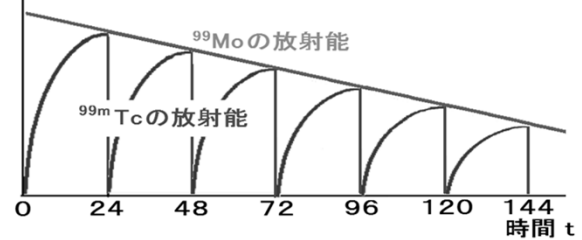
$^{99}\text{Mo}$  から  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  に  $\beta$  崩壊する割合(分岐比)を考慮すると、実際には  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  の放射能は、理論式の87.7%に下がり、 $^{99}\text{Mo}$  の放射能を超えない。放射能 A (対数目盛)



31

$^{99}\text{Mo}$  -  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  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。

放射能 A (対数目盛)



32