The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	α放射性物質による決定臓器吸収線量の研究(I) トロトラスト患者決定臓器からの228Raの排泄について
Author(s)	加藤, 義雄
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1963, 23(7), p. 871-878
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/16895
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

α 放射性物質による決定臓器吸収線量の研究（I）
トロトラスト患者決定臓器からの ^{228}Ra の排泄について

放射線医学総合研究所　物理第三研究室
加　藤　義　雄

（昭和38年7月15日受付）

Studies on Absorbed Dose of Critical Organ for Alpha-Emitter (1)
(Elimination of ^{228}Ra from Critical Organs of Thorotrast Patients by means of Alpha-Energy Spectrometry with using a Gridded Ionization Chamber)

By
Yoshio Katō
Physics Division, National Institute of Radiological Sciences.

It is important to sutdy of elimination of thorium and its daughters from critical organs for the calculation of absorbed dose from the radiation emitted by these substances. In this paper, relative activities of each daughter to ^{232}Th in thorotrast at the time of injection and elimination of ^{228}Ra from liver and spleen of thorotrast patients are determined by a technique of alpha-energy spectrometry with using a gridded ionization chamber.

The thorotrast consisted of ^{232}Th in equilibrium with ^{228}Th and was free from other daughters at its manufactured date. On expiration (6 years after manufacturing), the relative activities of ^{228}Ra, ^{228}Ac, ^{228}Th, and each daughter of ^{228}Th were 0.461, 0.461, 0.401, and 0.401 respectively. Furthemore, a thorotrast used in our experiment contained considerable amount of ionium (Fig. 3), but thorotrasts in organs of patients contained very little amount of it.

Effective decay constants of ^{228}Ra in liver and spleen were estimated by the assumption that the thorium remains indefinitely in these organs. Since the time interval between manufactured date of thorotrast and its injection date could not be known, the calculation was carried out under the condition that the thorotrast was injected at its manufactured date or its expiration date. The effective decay constant of ^{228}Ra was 0.183 or 0.187 per year in liver and 0.192 or 0.196 per year in spleen respectively (Table 3).

緒　言

1930年頃から1940年頃にかけて血管や肝臓，脾臓の造影剤としてトロトラスト（コロイド状ThO_2約25%含有）がかなり多く使用されていた．トロトラストは静注後 reticulo-endothelial system（特に肝臓と脾臓）に急速に取込まれ，その主成分のトリウムはこれら臓器からはほとんど排泄されずに留つている．そのため，トリウムとその多くの娘核から放出される各種放射線はこれら臓器を長期間にわたつて照射し，トロトラスト患

者に重大な放射線障害を引起すと考えられる．この様な障害と思われる症例はすでに多数報告されている[1]．われわれはこれら障害と吸収線量の相関々係をみる目的でこれら臓器の吸収線量を推定する上に必要な幾つかの問題を検討中である．今回はトロトラスト注射液中のトリウム系列の放射平衡状態と ^{228}Ra の臓器中における有効半減期について報告する．

トリウム系列の崩壊様式

先づ最初に，われわれの実験に必要な一連の関係式を導いておく．トリウム系列の崩壊はFig. 1に示す如くおこなわれ，これら各元素の物理定数は Table 1 の如くである．

今，ある元素（i番目元素）が單位時間に崩壊する確率を λ'_i とすれば，時刻tにおけるこの元素の原子数変化の割合は

$$\left.\begin{aligned}\frac{dN_1}{dt}&=-\lambda'_1\ N_1,\\ \frac{dN_i}{dt}&=\lambda'_{i-1}\ N_{i-1}-\lambda'_1\ N_i,\quad i=2,3,\cdots\cdots,11\end{aligned}\right\}\cdots(1)$$

で与えられる．但し N_i は時刻tにおけるi番目元素の原子数である．

次にトリウムが臓器中に存在し，血流で各元素の一部が臓器から排泄される場合を考える．この場合，われわれは次の仮定をおこなつた．

單位時間当り各元素の排泄される量はその臓器中に存在するそれら元素の原子数に比例する．

この仮定を使えば，（1）式に対応する式として次の式が得られる．

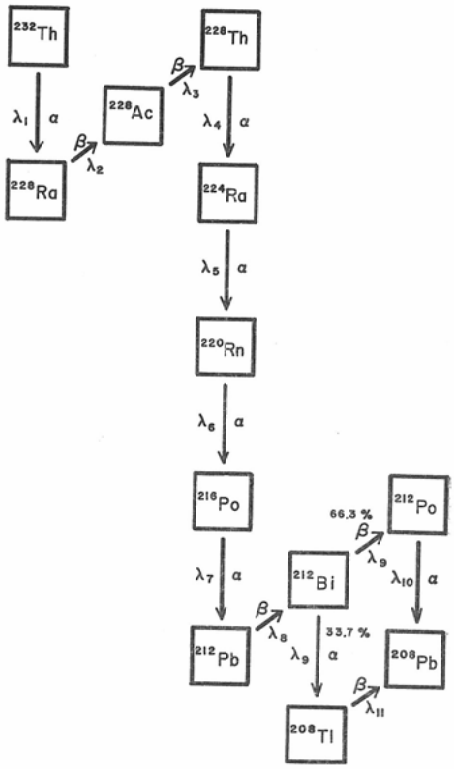

Fig. 1. Decay scheme of thorium series.

Table1. Physical properties of the members of the thorium decay series (1)

Serial number	Element	Decay constant (per year)	α-energy (2) (MeV)
1	^{232}Th	0.495×10^{-10}	4.07
2	^{228}Ra	0.103	
3	^{228}Ac	0.990×10^{3}	
4	^{228}Th	0.363	5.49
5	^{224}Ra	0.695×10^{2}	5.76
6	^{220}Rn	0.424×10^{6}	6.40
7	^{216}Po	0.138×10^{9}	6.90
8	^{212}Pb	0.573×10^{3}	
9	^{212}Bi	0.603×10^{4}	6.17 (33.7%) *
10	^{212}Po	0.729×10^{14}	8.95 (66.3%) *
11	^{208}Tl	0.117×10^{6}	

(1) Data from Strominger, Hollander, and Seaborg[13]
(2) Including recoil energy, where α-particles of more than one energy are emitted, the weighted mean is used.
*: Branching ratio.

$$\left.\begin{aligned}\frac{dN_1}{dt}&=-\lambda_1 N_1, & \lambda_i&=\lambda'_i+\lambda''_i,\\ \frac{dN_i}{dt}&=\lambda'_{i-1}N_{i-1}-\lambda_i N_i, & i&=2,3,\cdots\cdots,11\end{aligned}\right\}\cdots(1')$$

但し，λ'_i と λ''_i，λ_i はそれぞれi番目元素の物理学的および生物学的，有効崩壊定数である．

始め ^{232}Th のみが N_1^0個存在していたとすれば時刻 t における i 番目元素の壊変率 $\lambda'_i N_i$，と時刻 t =0 における ^{232}Th の壊変率$\lambda'_1 N_0^1$ の比（以下これを i 番目元素の壊変率比と記す）は（1）式および（1′）式をそれぞれ解いて

$$\frac{\lambda'_i N_i}{\lambda'_1 N_1^0}=\lambda'_2\lambda'_3\cdots\lambda'_i\left[\frac{e^{-\lambda'_1 t}}{(\lambda'_2-\lambda'_1)(\lambda'_3-\lambda'_1)\cdots(\lambda'_i-\lambda'_1)}+\frac{e^{-\lambda'_2 t}}{(\lambda'_1-\lambda'_2)(\lambda'_3-\lambda'_2)\cdots(\lambda'_i-\lambda'_2)}+\cdots+\frac{e^{-\lambda'_i t}}{(\lambda'_1-\lambda'_i)(\lambda'_2-\lambda'_i)\cdots(\lambda'_{i-1}-\lambda'_i)}\right],\quad\cdots\cdots\cdots\cdots(2)$$

および

$$\frac{\lambda'_i N_i}{\lambda'_1 N_1^0}=\lambda'_2\ \lambda'_3\cdots\lambda'_i\left[\frac{e^{-\lambda_1 t}}{(\lambda_2-\lambda_1)(\lambda_3-\lambda_1)\cdots(\lambda_i-\lambda_1)}+\frac{e^{-\lambda_2 t}}{(\lambda_1-\lambda_2)(\lambda_3-\lambda_2)\cdots(\lambda_i-\lambda_2)}+\cdots+\frac{e^{-\lambda_i t}}{(\lambda_1-\lambda_i)(\lambda_2-\lambda_i)\cdots(\lambda_{i-1}-\lambda_i)}\right],\quad\cdots\cdots\cdots\cdots(2')$$

となる．

始めに各元素の壊変率比がそれぞれα_1, α_2, α_3, …だけあつたとすれば，時刻 t における i 番目元素の壊変率比は1からiまでの各元素からの寄与を加え合せればよいから

$$\left(\frac{\lambda'_i N_i}{\lambda'_1 N_1^0}\right)_{\text{Total}}=\sum_{j=1}^{i}\alpha_j\frac{\lambda'_i N_i}{\lambda'_j N_j^0},\quad\cdots\cdots\cdots\cdots(3)$$

となる．但し N_j^0 は時刻 t =0 における j 番目元素の原子数である．

1） トロトラスト中の ^{228}Th の壊変率比

時刻 t =0 においてトロトラストは ^{232}Th のみからできていたとすれば，時刻 t における^{228}Th の壊変率比は（2）式から

$$\frac{\lambda'_4 N_4}{\lambda'_1 N_1}=1-1.396e^{-\lambda'_2 t}+0.396\,e^{-\lambda'_4 t},\quad\cdots\cdots\cdots(4)$$

となる．但し ^{232}Th の崩壊定数は非常に小さいので，短時間では $\lambda'_1 t\sim 0$ とおけるから $e^{-\lambda'_1 t}=1$，$N_1^0=N_1$ とおいた．

次に時刻 t =0 において，トロトラストは^{232}Thと壊変率比が 1 の ^{228}Th からできており，他の元素を含まなかつたとすれば，（2）式と（3）式から

$$\frac{\lambda'_4 N_4}{\lambda'_1 N_1}=1-1.396\,e^{-\lambda'_2 t}+1.396\,e^{-\lambda'_4 t},\quad\cdots\cdots\cdots(5)$$

となる．また時刻 t =0 において，トロトラストが放射平衡にあるトリウム系列からできていたとすれば，

$$\frac{\lambda'_4 N_4}{\lambda'_4 N_1}=1,\quad\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(6)$$

これら3式をプロットしたのがFig. 2である．もし時刻 t =0 において ^{232}Th と ^{228}Th の他に ^{228}Ra が少しでも存在していれば，^{228}Th の壊変率比曲線は Fig. 2 で曲線（2）の上にあることになる．

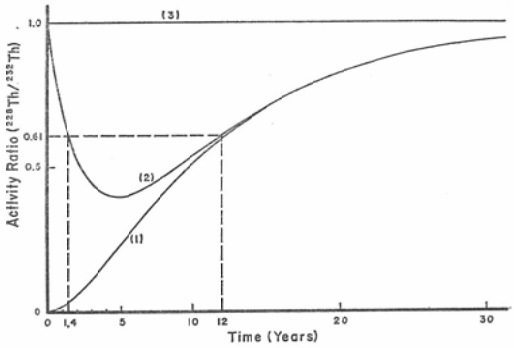

Fig. 2. Growth curves of activity ratio of ^{228}Th to ^{232}Th in various initial conditions: (1) ^{232}Th is free from other daughters, (2) ^{232}Th is in equilibrium with ^{228}Th, and (3) thorium series is in secular equilibrium.

2） 臓器中の ^{228}Th の壊変率比

^{232}Th と ^{228}Ra, ^{228}Th以外の元素は半減期が短いため摘出した組織からそれらの有効崩壊定数を決定することは困難である．われわれは次の仮定を使つて ^{228}Ra の排泄を決定した．

^{232}Th と ^{228}Th, ^{228}Ac は臓器から排泄されない．

この仮定はコロイド状 ThO_2 が水に不溶であること，および ^{228}Ac は半減期が短いことより血流等では臓器から流失する確率が少ないと考えられることから支持されよう．幸い多くの報告[2)3)4)]はトリウムの生物学的半減期に差はあるが，いづれも相当に長い生物学的半減期（約 200年以上）の値を報告している．

この仮定が成立するとして ^{228}Ra の有効崩壊定数を決定するわけであるが，次に問題になるのは投与時のトリウム系列の放射平衡状態である．トロトラスト中のトリウム系列の放射平衡状態は時と共に変るので，投与時のこの状態が知れねば ^{228}Ra の有効崩壊定数を決定しえない．幸い，後述の如く（実験1），トロトラスト製作時とその使用期限時の放射平衡状態を決定しえたので，この両端の時期にトロトラストを投与したとして ^{228}Ra の有効崩壊定数を求めた．

今投与時（t＝0）にはトリウムは ^{232}Th と壊変率比1の ^{228}Th のみであつたとすれば，組織摘出時（時刻t）における各元素の壊変率比は（2′）と（3）式から

$$\left.\begin{aligned}
&\frac{\lambda'_1N_1}{\lambda'_1N_1^0}=1, \qquad t:\ \text{years},\ \lambda:\ \text{per year}\\
&\frac{\lambda'_2N_2}{\lambda'_1N_1^0}=\frac{\lambda'_3N_3}{\lambda'_1N_1^0}=\frac{0.103}{\lambda_2}\left(1-e^{-\lambda_2 t}\right)\equiv A,\\
&\frac{\lambda'_4N_4}{\lambda'_1N_1^0}=\frac{0.103}{\lambda_2}\left(1-\frac{0.363}{0.363-\lambda_2}\,e^{-\lambda_2 t}\right)+\\
&\frac{0.103}{0.363-\lambda_2}\,e^{-0.363\,t}\equiv B
\end{aligned}\right\}\cdots(7)$$

となる．

また t＝0 で ^{232}Th と共に他の元素が壊変率比でそれぞれ α_2, と α_3 $(=\alpha_2)$, α_4 だけあつたとすれば，上式に対応する式は

$$\left.\begin{aligned}
&\frac{\lambda'_1N_1}{\lambda'_1N_1^0}=1,\\
&\frac{\lambda'_2N_2}{\lambda'_1N_1^0}=\frac{\lambda'_3N_3}{\lambda'_1N_1^0}=\frac{0.103}{\lambda_2}-\left(\frac{0.103}{\lambda_2}-\alpha_2\right)e^{-\lambda_2 t}\equiv A,\\
&\frac{\lambda'_4N_4}{\lambda'_1N_1^0}=\frac{0.103}{\lambda_2}-\frac{0.037}{\lambda_2(0.363-\lambda_2)}\,e^{-\lambda_2 t}\\
&+\frac{0.103}{0.363-\lambda_2}\,e^{-0.363\,t}+\alpha_2\frac{0.363}{0.363-\lambda_2}\\
&\left(e^{-\lambda_2 t}-e^{-0.363\,t}\right)+\alpha_4\cdot e^{-0.363\,t}\equiv\\
&B,
\end{aligned}\right\}\cdots\cdots\cdots(8)$$

で与えられる．

よつて測定時における ^{228}Th の壊変率比は，組織摘出から測定までの時間をτとすると，（7）式または（8）式の値と（3）式から

$$\left(\frac{\lambda'_4N_4}{\lambda'_1N_1^0}\right)_{\text{Total}}=1-1.396(1-A)\,e^{-0.103\tau}+(0.396+B-1.396A)\,e^{-0.363\tau},\ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(9)$$

で与えられる．但しAとBは λ_2 の関数で（7）式または（8）式で与えられる．この式と ^{228}Th の壊変率比の測定値より ^{228}Ra の有効崩壊定数 λ_2, が求められる．

実験方法

Th系列のγ線エネルギースペクトルから ^{232}Th 量を求めることはできず，したがつて各娘核の壊変率比もまたγ線スペクトルから決定することはできない．それ故，われわれはgridded ionization chamber と 150チャンネル波高分析装置によりTh 系列のα線エネルギースペクトルを測定することにより娘核の壊変率比を決定した．

この実験に使用する試料は次の如くして作られた．トロトラストは aqueous dextrin や methyl para-hydroxy benzoate 等を多量に含有しているため，そのまゝ試料として使うとα線の自己吸収が強く現われるので，この原液約0.05ccを水約10ccに溶かし，攪拌しながらその一部を取つて直径10cmの金属板（gridded ionization chamberの電極）上に一様分布するように附着乾燥させて測定試料とした．また4例の患者組織（肝臓で約40g，脾臓で約2g）は 400～ 800°Cで乾式灰化され，その灰の一部を前と同様な方法で試料に作られた．

実験結果

1）トロトラスト中のトリウム系列の放射平衡状態

Fig. 2から明らかな如く，製作後10年以上経過したトロトラストを試料に使うと，時刻 t＝0 でのトロトラスト組成が ^{232}Th のみの場合と，^{232}Th と ^{228}Th のみの場合のどちらでも，測定時における ^{228}Th の壊変率比は殆んど等しくなる．よつてこの様なトロトラストを実験に使つたのでは製作時における組成を決定することはできない．このためわれわれは製作後の経過年数が1年前後のトロトラストとして Fellows-Testagar Co. 製（1962年3月13日製作）のものをこの実験に使つた．Fig. 3にこのαスペクトルを示しておいた．

この測定はトロトラスト製作後1.09年におこなつたが，^{228}Th の壊変率比は 0.611となつた．この値は Fig. 2 の曲線（2）と二つの交点を，また曲線（1）と一つの交点を持ち，これらの3点

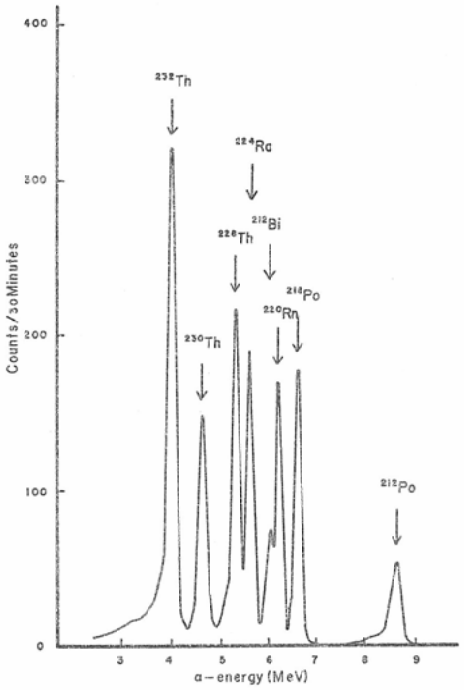

Fig. 3. Alpha-spectrum of thorium series in the thorrtrast manufactured 1.09 years ago.

に対応するトロトラスト製作後の経過年数はそれぞれ 1.4年，12年と12.5年になつた．後者の2つの交点はわれわれの期待値と全く合わないが，前者の値は大略一致している．またもし製作時に ^{228}Ra が少しでも ^{232}Th と ^{228}Th に加わつていたとれすれば，その時の ^{228}Th の壊変率比曲線は Fig. 2で曲線（2）の上方にあることになり，この曲線から得られる経過年数は 1.4年より大きい値になる．この結果，製作時にはトロトラストは ^{232}Th と壊変率比1の ^{228}Th だけから作られていると考えられた．またこの期待値1.09年と測定値 1.4年との間の差は製作日以前の化学処理期間を考慮すれば或る程度説明がつこう．

このようにトロトラストは ^{232}Th と ^{228}Th とからできていることが判明したが，このトリウム系列の放射平衡状態は時間と共に変る．その変化の形は（2）式から容易に求められるが，トロトラストの使用期限時（製作後6年）における各元素の壊変率比を求めると ^{228}Ra と ^{228}Ac で 0.461，^{228}Th と ^{228}Th の娘核の各々は 0.401となる．

次にこの実験で興味を引いたのは，この実験に使用したトロトラストは壊変率比で0.41のイオニウム（^{230}Th：ラジウム系列）を含有していたことであつた（Fig. 3）．これに対し，次の実験に使用したドイツ製トロトラスト投与患者の組織にはわづかなイオニウムしか含まれていなかつた（Fig. 4）．即ちトロトラストはその製作会社により Ra 系列と Th 系列の含有率が著しく異ることを示していた．

2） ^{228}Ra の臓器からの排泄

この実験には4例のトロトラスト患者の肝臓と脾臓を使つたが，これらの測定条件は Table 2に示した通りである．Fig. 4 に患者 No.1200の肝臓組織のαスペクトルを示しておいたが，図から明らかな如く組織灰化物によるα粒子の自己吸収が強く現われている．このため，このスペクトルから ^{228}Thの壊変率比を決定するのに次の方法を用いた．

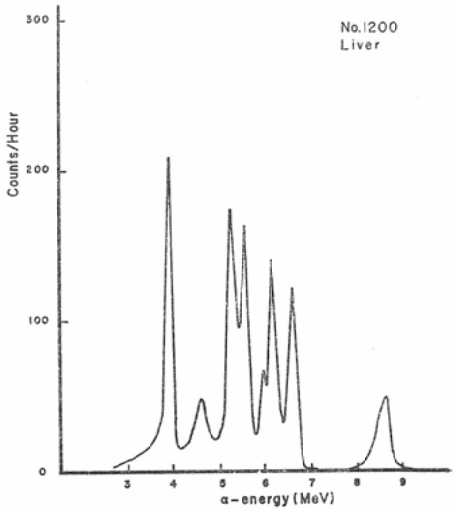

Fig. 4. Alpha-spectrum of thorium series in liver of thorotrast patient (No. 1200).

金属板上に附着された試料中の ^{224}Ra 以下の全ての娘核は数日間経過すると ^{224}Ra と放射平衡になるので，この時期に試料のαスペクトルを測る．次にこのスペクトルから互いに重なりあつている ^{228}Th と ^{228}Ra の全計数値と完全に独立した一

Table 2. The effective decay constants of ^{228}Ra in liver and spleen for four thorotrast patients.

Sample number	Organ	Time between administration and death (years)	Time between death and measurement (years)	Observed activity ratio of ^{228}Th/^{232}Th	Effective decay constant* (per year)
896	Liver	24	5.83	0.688	0.180 0.183
	Spleen			0.588	0.240 0.242
1200	Liver	21	3.92	0.604	0.190 0.193
	Spleen			0.583	0.201 0.203
1243	Liver	19	3.67	0.609	0.183 0.190
	Spleen			0.654	0.164 0.172
1520	Liver	21	1.83	0.580	0.178 0.182
	Spleen			0.623	0.164 0.168

*: Upper figure represents the value obtained under the condition that thorotrast was injectec at its manufactured date and lower figure represents the value obtained under the condition that thorotrast was injected at its expiration date (6years after manufacturing).

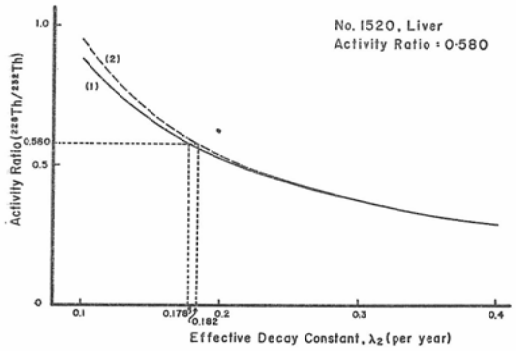

Fig. 5. Activity ratio of ^{228}Th to ^{232}Th as a function of λ_2 (effective decay constan of ^{228}Ra) in different initial conditions: thorotrast was injected at manufactured date, (2) thorotrast was injected at its expiration date.

本の山を示す他の娘核（この場合 ^{216}P）の計数値を読みとり，この両者の差をとれば ^{228}Th の計数値が得られる．この値を ^{232}Th の計数値で割れば ^{228}Th の壊変率比が得られる．

この方法で求めた ^{228}Th 壊変率比を Table 2 の5列に示しておいた．これら4例の値は臓器から ^{228}Ra の排泄がなかつたとした時に期待される値（0.8～0.9：Fig. 2 曲線 (2)）に比してかなり小さい．このことは臓器から ^{228}Ra の排泄が行なわれていることを示している．

よつて（7）または（8）式と（9）式からトロトラスト製作時および使用期限時の両端のいづれかの時期に投与したとした場合の ^{228}Ra の有効崩壊定数 λ_2 を求めた．Fig. 5 に No.1520の λ_2に対する ^{228}Th 壊変率比の変化を示しておいた．この図で曲線（1）はトロトラストを製作時に投与した場合を，また曲線（2）は使用期限時に投与した場合を示す．No.1520の肝臓中の ^{228}Th 壊変率比 0.580に対するこれら2曲線の交点の値はそれぞれ 0.178/year と 0.182/year となつた．この方法で得た結果は Table 2 第6列に示されてある．この各行の上の値はトロトラストを製作時に投与した場合，下の値は使用期限時に投与した場合の値である．これら4例の平均値は肝臓で 0.183と 0.187/year および脾臓で 0.192と 0.196/year となり，投与時期想定による差は最大それぞれ 2.2%と 2.1%となつた．よつて投与後約20年経過した臓器を使つてその ^{228}Ra の排泄を決定する場合には，その投与時期による差はあまり考慮する必要はない．この ^{228}Ra の有効崩壊定数と生物学的崩壊定数およびそれらに対応する半減期を Table 3 に示しておく．

Table 3. The average decay constants and half lives of ^{228}Ra in liver and spleen of four patients*

Organ	Effective decay constant (per year)	Biological decay constant (per year)	Effective half life (years)	Biological half life (years)
Liver	0.183 0.187	0.080 0.084	3.71 3.79	8.25 8.66
Spleen	0.192 0.196	0.089 0.093	3.54 3.61	7.45 7.79

*: See the notice of Table 2.

この値から ^{228}Ra の排泄の割合を求めると，肝臓で44%および脾臓で46%となつた．

考　察

トロトラスト患者の組織吸収線量推定は多くの研究者により行なわれている[5)6)7)]．彼等はいづれも投与時のトロトラスト組成は ^{228}Th と ^{232}Th（壊変率比1）とからできており，他の娘核はないと仮定して計算をすゝめている．われわれの実験結果はトロトラストを製作時に投与した場合には彼等の仮定が正しいことを示した．しかしトロトラストは使用期限時には ^{232}Th の他にその娘核が約40%づつ含んでいるので，投与後短期間に於ける組織吸収線量を推定する際には投与時のトロトラスト組成を考慮する必要がある．幸い ^{228}Ra の有効半減期が短いので投与後長期間経過した場合には，この組成の考慮はあまり必要でなくなる．投与後約20年経過した患者についてわれわれの求めた結果によれば，投与時のトロトラスト組成差による吸収線量の変化は約5%であつた[8)]．

また Fellows-Testagar Co. 製トロトラスト使用患者の吸収線量を求める際にはイオニウムの寄与を考慮する必要があろう．

ラジウムの排泄については多くの報告があるが，コロイド状 ThO_2 からの ^{228}Ra の排泄の研究はあまりない．Ratblat 等[9)]はオートラジオグラフを使つて組織から出るα線飛程を測り，これよりαスペクトルを求めて ^{228}Ra の排泄を研究している．彼等によれば ^{228}Th の壊変率比は短期間では1，また長期間（10～15年）では0.46～0.98であつた．また Rundo[10)] は投与後約14年で肝臓で0.67～0.70および脾臓で0.65であるとしている．これらの値はわれわれの値と大体一致している．これに反して Norris 等[11)]は ^{226}Ra 塩を投与した時の排泄を報告しているが，投与後22年で始めの量の 0.6%しか体内に残つていないとしている．この値はわれわれの得た値から求めた ^{226}Ra の有効半減期に比して小さすぎる．この原因はラジウムをそのまゝ投与した場合の体内分布がその親核のトリウムを投与した場合と異ること，更には臓器附着後の両者の排泄機構になんらかの差（物理的および化学的差）があることにより生ずるのであろう．この考えは Reynolds 等[12)]の研究である程度支持されよう．彼等は種々のトリウムアイソトープから生ずるラジウムの体内残留率（retention）を巾関数を使つて解析し，それまでに報告されている実験値と比較検討した．その結果，非コロイド状トリウムの場合にはよい一致を認めたが，コロイド状トリウムの場合には大きな喰違いを認めた．彼等はコロイド状トリウムは臓器中に顆粒を作り，この顆粒内部に生じたラジウムはそのまゝ顆粒内部に補獲されていて容易には臓器から排泄されないと考えてこの喰違いを説明している．

結　論

gridded ionization chamber でトロトラストおよびトロトラスト患者臓器中のトリウムの放射平衡状態を測定し ^{228}Ra の臓器からの排泄を求めた．

1) トロトラストは製作時には ^{232}Th と壊変率比1の ^{228}Th からできていた．

2) トロトラスト中にはイオニウムが含有されており，その含有率は製造会社により数%から40%であつた．

3) 肝臓と脾臓内にある^{232}Thから生じた^{228}Raの有効崩壊常数を決定した. その結果, 肝臓で0.183—0.187/year,脾臓で0.192—0.196/yearとなつた.

附記：本研究に対し終始懇切なる御指導を頂いた当研究所橋詰室長と渡辺部長ならびに横浜市立医大津屋教授に深甚の謝意を表し，また試料を心よく提供下された横浜市立医大田中および森の両氏，名古屋大学高橋教授ならびに岡島助教授，京都府立医大金田教授，A.B.C.C W.J. Russell 部長に厚く感謝します.

文 献

1) 国内外の代表的なものを記す. a) Looney, W.B.: An Investigation of the Late Clinical Findings following Thorotrast (Thorium Dioxide) Administration. Am. J. Roentgenol., 83, 163 b) 矢数侑信，岡本堯，森武三郎，田中利彦：トロトラスト障害に関する一考察，臨床内科小児科，18, 77 (昭和38年). —2) Hursh, J.B., Steadman, L.T., Looney, W.B., and Colodzin, M.: The Excretion of Thorium and Thorium Daughters after Thorotrast Administration. Acta Radiol., 47, 481 (1957). —3) Gustafson, P.F., Marinelli, L.D., and Hathaway, E.H.: A Case of Accidental Puncture Contaminated with ^{227}Th: Studies on Elimination and Residual Body Activity. Radiology, 68, 358 (1957). —4) Van Dilla, M.A., and Stover, B.J.: On the Role of ^{228}Th in Radium Poisoning. Radiology, 66, 400(1956). —5) Rotblat, J. and Ward, G.B.: Tissue Dosage from Thorotrast in the Body. Nature, 172, 769 (1953). —6) Rundo, J.: Considerations of the Limits of Radiation Dosage from Thorotrast. Brit. J. Radiology, 28, 615 (1955). —7) Schulz, R.J.: A Method for In Vitro Determination of Tissue Dose from Thorotrast. Radiology, 70, 94 (1958). —8) Tsuya, A., Tanaka, T., Mori, T., Hashizume, T., and Katō, Y.: Presentation of Four Cases of Thorotrast Injury and Estimation of Absorbed Tissue Dose in the Critical Organs. J. Rad. Research, in Press. —9) Rotblat, J. and Ward, G.: The Radioactivity from Thorotrast and its Retention in Tissues. Phys. Med. Biol., 1, 125 (1956). —10) Rundo, J.: The Radioactivity of Thorotrast. Phys. Med. Biol., 1, 138 (1956). —11) Norris, W.P., Speckman, T.W., and Gustafson, P.F.: Studies of the Metabolism of Radium in Man. Am. J. Roentgenol., 73, 785 (1955). —12) Reynolds, J.C., Gustafson, P.F., and Marinelli, L.D.: Retention and Elimination of Radium Isotopes produced by the Decay of Thorium Parents within the Body-Calculations and Comparison with Experimental Findings. ANL-5689 (1957). —13) Strominger, D., Hollander, J.M., and Seaborg, G.T.: Table of Isotopes. Rev. Med. Phys., 30, 585 (1958).