

JAERI-M  
4579

トリチウムのフィルム線量計への影響

1971年9月

黒田捷雄・保坂時雄\*

笹沼義雄・伊藤 精

日本原子力研究所  
Japan Atomic Energy Research Institute

トリチウムのフィルム線量計への影響

日本原子力研究所東海研究所保健物理安全管理部

黒田捷雄・保坂時雄\*

笹沼義雄・伊藤 精

(1971年9月受理)

要旨 個人フィルム線量計がトリチウム雰囲気の中で使用される場合、トリチウム蒸気がフィルム乳剤まで浸透して行き、トリチウム軟β線によってカブリ黒化が生じる。この実験によりトリチウム蒸気の浸透によるフィルム乳剤のカブリの状態、照射時間と黒化線量との関係、および、黒化濃度を明らかにした。また、ガラス線量計と熱ルミネッセンス線量計(ガラス管封入型)についてもトリチウム蒸気の浸透によって生じる線量感度を調べた。

Effect of Tritium on the Film Dosimeters

Hayao KURODA · Tokio HOSAKA\*

Yoshio SASANUMA · Masashi ITO

Div. of Health Physics and Safety, Tokai, JAERI

(Received Sept. 1971)

Abstract

The personnel film dosimeter used in a tritiated atmosphere is blackened by soft  $\beta$ -rays from tritium permeating into the film emulsion. In this experiment, the distribution of fogging and the variation of density dose with exposure time were observed for the film dosimeter. The glass and the glass-encapsulated thermoluminescent dosimeters were also tested to find their dose sensitivities in a tritiated atmosphere.

---

\* Japan safety appliances association.

## 目 次

1. 概 要	1
2. 試験方法	1
3. 実験結果と考察	3
3-1 トリチウム $\beta$ 線によるカブリの分布	3
3-2 照射時間と黒化線量との関係	3
3-3 トリチウム空气中濃度と黒化感度	4
3-4 バッジフィルム構成材料への浸透と照射後の保存時間による黒化の進行	5
3-5 ガラス線量計および熱ルミネッセンス線量計への影響	5
4. あとがき	7
謝 辞	7
参考文献	7

## 1. 概 要

原子炉の重水減速材の中に生成されるトリチウム化重水、加速器のターゲットに使用されるトリチウムガス、あるいはトリチウム標識化合物の製造過程から逸脱するトリチウムガスや蒸気は、経口、皮膚を通して人体に吸収されるために内部被曝の対象として放射線管理上重要な位置にある。トリチウムの $\beta$ 線による外部被曝は制動放射線が生じる場合を除いて一般的には問題とならない。しかしながら、外部被曝個人線量計として使用しているフィルム線量計がトリチウム雰囲気中で使用される場合、しばしばトリチウムがフィルムの包装体やケースの小さい間隙、物質自身を通して乳剤まで拡散浸透して、そのトリチウムの軟 $\beta$ 線（最大エネルギー、18 keV）によって乳剤が黒化する。このトリチウムによるカブリとX、 $\gamma$ 線等の外部放射線による黒化とを区別することができないと、外部被曝線量を過大評価する恐れがある。

本実験はフィルム線量計のトリチウム蒸気の軟 $\beta$ 線によるカブリ黒化の状態、トリチウムの空気中濃度と黒化線量との関係を明らかにして、トリチウム雰囲気の中で線量計を使用する際、トリチウムがどのような影響を及ぼすかを知るために行ったものである。同時にガラス線量計とガラス管封入型の熱ルミネセンス(TL)線量計についても、トリチウム蒸気の浸透による線量感度の有無を確かめるために同様な試験を行った。

## 2. 実験方法

トリチウム空気中濃度、空気中の湿度と温度が任意に調整ができるような試験槽が準備できないため、次の三つのトリチウム雰囲気条件を選んでこの実験を行った。

一つはトリチウム化重水の飽和水蒸気の雰囲気中で、このトリチウム化重水はJR R-2の重水減速材の中に生成されているものを使用した。重水は蒸留した後、液体シンチレーションカウンターでその濃度を測定したところ821 [ $\mu\text{Ci}/\text{ml}$ ]であった。このトリチウム化重水の一部をシャーレに入れて、口径37 [cm]の乾燥用ガラス容器に納めて密閉した。容器の中が一定温度での飽和蒸気圧に保たれるように容器を恒温装置の中に入れて温度変化がないようにした。容器の中は約1時間で飽和蒸気に達し、一旦、飽和蒸気に達した容器からフィルム試料の出し入れのため蓋を開けても約15分位で再び飽和に達する。容器の中のトリチウム空気中濃度は容器の中の温度から空気中の単位体積当りの蒸気量を $\text{D}_2\text{O}$ と $\text{DTO}$ の飽和蒸気圧の差による補正も考慮して計算により求めた。第1表に試験容器の中の濃度をまとめて示した。

他の二つのトリチウム雰囲気はいずれも加速器のトリチウムターゲットから散逸するトリチウムガスである。これらのトリチウムガスは空気中ではトリチウム蒸気で存在するものと考えられる。この中の一つは活性化ウラン吸着のリザーバ装置を収めたグローブボックス（高さ；90cm，幅；90cm，奥行；40cm）の中で、ボックス内の空気は常時ポンプで抜かれているが、バルブを閉じると約 $5.2 \times 10^{-8}$  [ $\mu\text{Ci}/\text{cm}^3$ ]の空気中濃度になるため試験槽として利用した。実験中のボックス内の相対湿度は約70%，温度は17°Cであった。トリチウム空気中

## 1. 概 要

原子炉の重水減速材の中に生成されるトリチウム化重水，加速器のターゲットに使用されるトリチウムガス，あるいはトリチウム標識化合物の製造過程から逸脱するトリチウムガスや蒸気は，経口，皮膚を通して人体に吸収されるために内部被曝の対象として放射線管理上重要な位置にある。トリチウムの $\beta$ 線による外部被曝は制動放射線が生じる場合を除いて一般的には問題とならない。しかしながら，外部被曝個人線量計として使用しているフィルム線量計がトリチウム雰囲気中で使用される場合，しばしばトリチウムがフィルムの包装体やケースの小さい間隙，物質自身を通して乳剤まで拡散浸透して，そのトリチウムの軟 $\beta$ 線（最大エネルギー，18 keV）によって乳剤が黒化する。このトリチウムによるカブリとX， $\gamma$ 線等の外部放射線による黒化とを区別することができないと，外部被曝線量を過大評価する恐れがある。

本実験はフィルム線量計のトリチウム蒸気の軟 $\beta$ 線によるカブリ黒化の状態，トリチウムの空気中濃度と黒化線量との関係を明らかにして，トリチウム雰囲気の中で線量計を使用する際，トリチウムがどのような影響を及ぼすかを知るために行ったものである。同時にガラス線量計とガラス管封入型の熱ルミネセンス（TL）線量計についても，トリチウム蒸気の浸透による線量感度の有無を確かめるために同様な試験を行った。

## 2. 実験方法

トリチウム空気中濃度，空気中の湿度と温度が任意に調整ができるような試験槽が準備できないため，次の三つのトリチウム雰囲気条件を選んでこの実験を行った。

一つはトリチウム化重水の飽和水蒸気の雰囲気中で，このトリチウム化重水はJRR-2の重水減速材の中に生成されているものを使用した。重水は蒸留した後，液体シンチレーションカウンターでその濃度を測定したところ821 [ $\mu\text{Ci}/\text{ml}$ ]であった。このトリチウム化重水の一部をシャーレに入れて，口径37 [cm]の乾燥用ガラス容器に納めて密閉した。容器の中が一定温度での飽和蒸気圧に保たれるように容器を恒温装置の中に入れて温度変化がないようにした。容器の中は約1時間で飽和蒸気に達し，一旦，飽和蒸気に達した容器からフィルム試料の出し入れのため蓋を開けても約15分位で再び飽和に達する。容器の中のトリチウム空気中濃度は容器の中の温度から空気中の単位体積当りの蒸気量を $\text{D}_2\text{O}$ と $\text{DTO}$ の飽和蒸気圧の差による補正も考慮して計算により求めた。第1表に試験容器の中の濃度をまとめて示した。

他の二つのトリチウム雰囲気はいずれも加速器のトリチウムターゲットから散逸するトリチウムガスである。これらのトリチウムガスは空気中ではトリチウム蒸気で存在するものと考えられる。この中の一つは活性化ウラン吸着のリザーバ装置を収めたグローブボックス（高さ；90 cm，幅；90 cm，奥行；40 cm）の中で，ボックス内の空気は常時ポンプで抜かれているが，バルブを閉じると約 $5.2 \times 10^{-3}$  [ $\mu\text{Ci}/\text{cm}^3$ ]の空気中濃度になるため試験槽として利用した。実験中のボックス内の相対湿度は約70%，温度は17°Cであった。トリチウム空気中

濃度の測定は1.5ℓの電離箱にボックス内の空気を採集してトリチウムの軟β線による電離電流を振動容量型電位計で測ることにより行った。

もう一つは数キュリーのトリチウム吸着チタンターゲットから逸散するトリチウムガスで、この固体ターゲットを収めたガラス容器の中に逸散したガスを別の試験用ガラス容器に移すことにより、第1表に示す程度の空気中濃度を得ることができる。濃度測定は前者と同じ電離箱で行った。

試験の対象にしたフィルム線量計は富士γ線用バジフィルムで、その構成は感度の異なるA, B, C乳剤の三種類1組が黒紙に包まれている。さらに不透明の塩化ビニール(厚さ、約37mg/cm<sup>2</sup>)で光漏れがしないように包装されている。このビニールパックはフィルム出入れのための切り口があり、ビニールテープで封じられている。

フィルムバジケースは原研N型ケースとC社バジケースを選んだ。これは原研型が半密閉型であるのに対して、C社<sup>注1)</sup>ケースはβ線量測定用の開窓があり、ケースの密閉性の違いによるトリチウム浸透の相違を調べるためである。

その他の個人線量計としてTL線量計(ガラス管封入のCaSO<sub>4</sub>;Tm)とガラス線量計(LiPO<sub>3</sub>, Al(PO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>;ガラス)についてフィルム線量計と同時に同条件での実験を行った。

線量計はトリチウム雰囲気の中に入れて、一定時間放置するとトリチウム蒸気が乳剤まで拡散浸透して、軟β線に曝射される。線量計は雰囲気から取り出した後、たゞちに現象する。現象は富士レンドール現象液を使用し、温度を20±0.2℃、時間5分間で行い、停止、定着後30分間の水洗を行った。フィルムは黒化度を測定し、Ra-γ線量等価の黒化線量として表わした。

TL線量計および、ガラス線量計は照射後洗浄して、各々の線量測定装置によりRa-γ等価線量として測定した。

フィルム線量計による一点の測定値は3個以上の線量計を使い、3回の繰返し実験の結果で、TL線量計とガラス線量計についてはそれぞれ一測定点につき3個以上、5個以上の線量計を使って測定した。

注1) 日本保安用品協会

### 3. 実験結果と考察

#### 3-1 トリチウム軟β線によるカブリ分布

トリチウム蒸気がフィルム乳剤に浸透して、そのβ線によって黒化した様子はフィルムの3 cm × 4 cmの面積を5 mm間隔格子48点の黒化度を測定することにより求めた。バジフィルムは次の四つの場合、フィルムを原研Ⅳ型バジケースに入れた状態、バジフィルムまゝの状態とさらにビニールバックの取出し口のマスクングビニールテープを取り除いた状態での、各々A, B, Cフィルム乳剤について測定して比較した。その結果を第1図に等黒化線を描いて示した。数値は黒化度である。

マスクングテープを取り除いた場合は明らかに取出し口からの浸入が大きいことを示す分布になっている。また黒化の差も大きい。その他の状態での黒化分布は共通して黒化が一番進んでいない部分がフィルムの下部の3分の1程度の所にあるような分布を示し、濃度差はあまり大きくない。これらの分布からみてトリチウム蒸気の透過は取出し口のテープ付着部分の間隙からかなりあるものと思われる。

#### 3-2 照射時間と黒化度との関係

第1表のトリチウム雰囲気中に放置した時間とその時間にトリチウム蒸気が乳剤に浸透して黒化した値との関係を求め第2図に示した。横軸に雰囲気中に放置して照射した時間を取り、縦軸には黒化をRaey等価線量に換算して、さらにトリチウム空気単位濃度 $[\mu\text{Ci}/\text{cm}^3]$ 当りの黒化線量として示した。

第2図は空気中トリチウム濃度 $6.7 \times 10^{-3} [\mu\text{Ci}/\text{cm}^3]$ のトリチウム化重水飽和蒸気中での照射時間と黒化線量との関係をフィルムをバジケースに入れた場合と入れない場合についての結果である。同様に第3図は空気中濃度 $5.2 \times 10^{-3} [\mu\text{Ci}/\text{cm}^3]$ のトリチウム蒸気を含む、相対湿度約70%の中に放置した結果である。

両図の黒化線量は照射時間が24時間以上の部分について照射時間のべき関数で近以できる。これによると、ケースに入れないバジフィルムの黒化線量は照射時間の2.16~2.19乗に比例し、C社のケースの場合が2.23~2.27乗に、原研Ⅳ型ケースの場合が2.66~2.77乗に比例している。Kodak R. M および, Ilford P. M. IフィルムについてJ. A. B. Gibson<sup>1)</sup>が行った測定値をこの実験結果と比較するために換算して求めた結果、照射時間の2.16乗に比例していた。黒化線量と照射時間との関係とケースの有無による違いはフィルム線量計の構成物質のトリチウム蒸気に対する透過率に依存するものとして次のような解釈ができる。バジケースや包装体を透過してフィルム乳剤に浸透してくるトリチウム量は次式で表わされる。

$$\frac{dC_0(\tau)}{dt} = A \cdot C_0 \cdot K(t) \quad (3.1)$$

ここで、 $t$  ; 照射時間



$A$  ; フィルム乳剤の総面積 [ $cm^2$ ]

$C_0$  ; トリチウム空气中濃度 [ $\mu Ci/cm^3$ ]

$C_e(\tau)$ ;  $t = \tau$ におけるフィルム乳剤中のトリチウム量 [ $\mu Ci$ ]

$K(t)$ ; パッケージ, 包装体, 乳剤のトリチウム蒸気の透過率  
 $\mu Ci/cm^2 \cdot hr \cdot (\mu Ci/cm^3)$

一方, 浸透したトリチウムの軟β線によって照射時間の間に進むフィルムの黒化線量,  $D(t)$ は次式の通りになる。

$$D(t) \propto \int_0^t C_e(\tau) d\tau$$

$$\propto A \cdot C_0 \int_0^t \int_0^{\tau} K(t) d\tau \cdot dt \quad (3.2)$$

透過率は一般に物質によって異なり, さらに物質の厚さ, 蒸気圧差, 物質の構造等に関係する。本題でのトリチウム蒸気のフィルム乳剤までの透過率はフィルム線量計の構成からして, ケースの透過率;  $k_1(t)$ , 乳剤の透過率;  $k_2(t)$ 等の積として表わせる。

$$K(t) = k_1(t) \cdot k_2(t) \cdot k_3(t)$$

加藤ら<sup>2)</sup>によるトリチウム化重水のポリマーフィルムの透過率の実験において, 厚さ  $2.5 \text{ mg/cm}^2$  の塩化ビニールの透過率の時間変化を示しているが, これによると透過率は約1時間以後は時間に対して定率になっている。包装用ビニールの厚さは約  $2.7 \text{ [mg/cm}^2]$  であるが, 数時間以降の透過率は時間について定率と見てよいであろう。また, フィルム乳剤についてはその大半が水に親和性のあるゼラチンであることから, 透過率は大きく, 定率になるまでの時間遅れは少ないであろう。

したがって, ケースに入れられないフィルムについての透過率がほとんど定率であるとするとき, (3.2)式は

$$D(t) \propto t^2$$

となる。実験値は  $2.16 \sim 2.19$  であり, 近い値である。原研IV型ケースは蓋付であるが完全な密閉とは言いがたく, 蓋部の間隙には個々に差がある。C社のケースには開窓があり, 両開き型であるために透過率は原研型に比べて大きく, 定率になるまでの時間遅れは小さいことは明らかである。もし, 塩化ビニールパックとフィルム乳剤の透過率が定率で時間遅れがないとすると, この実験の照射時間内での原研型ケースとC社ケースのトリチウムに対する透過率は各々, 時間の大体1.7乗と1.3乗に比例した関数となるであろう。

### 3-3 トリチウム空气中濃度と黒化感度

どの程度の空气中濃度がフィルムの検出限界の線量を与えるかを知る必要がある。このために, 第4図にトリチウム空气中濃度とフィルム黒化線量と照射時間との関係を示した。横軸にトリチウム空气中濃度, 縦軸に照射時間を表わした。図中の黒化線量の  $20 \text{ mR}$ ,  $30 \text{ mR}$ ,  $90 \text{ mR}$ を生じせしめる飽和水蒸気圧下での結果と相対湿度約70%の一測定点の結果を記してある。富士γ線用パッケージフィルムの95%確度の検出限界は約  $9 \text{ mR}$ である。

図から  $10^{-3} \text{ [}\mu Ci/cm^3]$  位の濃度では  $8 \sim 10$  時間で  $20 \text{ mR}$  程度のカブリが生じ, ま

た  $10^{-5}$  [ $\mu\text{Ci}/\text{cm}^3$ ] の濃度中では約 50 時間で同線量のカブリがあることが推定できる。相対湿度が 100% 以下ではこの飽和蒸気の結果より低い感度を示すであろう。これらの結果から例えばトリチウムの空气中許容濃度、 $2 \times 10^{-6}$  [ $\mu\text{Ci}/\text{cm}^3$ ] の雰囲気中でフィルム線量計を 1 週間 (48 時間) にわたって着用してもフィルムのカブリは検出限界以下であり、外部線量の評価には影響しない。

### 3-4 バッジフィルム構成材料への浸透と照射後の保存時間による黒化の進行

バッジフィルムを構成している各部の物質に吸着しているトリチウム量の割合を知るためにバッジフィルムを  $8.4 \times 10^{-3}$  [ $\mu\text{Ci}/\text{cm}^3$ ] の空气中濃度のトリチウム化重水の飽和蒸気の雰囲気中に放置した後、塩化ビニール、黒紙と各乳剤を  $25\text{mm}$   $\phi$  に切り出して試料とし、これを試料内挿型ガスフロー計測装置で軟  $\beta$  線を計数した。ガスフロー計数管は Q ガスを使って GM 計数管として動作させた。測定中に試料からトリチウムがカウンターガスと共に離脱して行く様子を調べるため、計数率計を経て記録紙に記録した。

その結果、黒紙、A、B、C の各フィルム乳剤試料に吸着している量は同程度であり、測定中のトリチウムの離脱は 1 分間に約 3% 程度の割合である。塩化ビニールは取出し直後においては他の部分と同程度の吸着量であるが表裏共に急激に離脱して行き、4 分間に約 50% 程度に減少する。

照射後に空气中に放置されたバッジフィルムについても黒紙、乳剤中に浸透したトリチウムは離脱し難いであろう。したがって、現像を行うまでの時間の間にも乳剤に浸透しているトリチウムの  $\beta$  線によって黒化が進行する。第 5 図は  $6.7 \times 10^{-3}$  [ $\mu\text{Ci}/\text{cm}^3$ ] のトリチウム化重水飽和蒸気中で 72 時間照射したフィルムを保存時間を変えて現像した場合の黒化の進み方を示したものである。照射直後の黒化線量は  $430\text{mR}$  であった。フィルムの保存は室内 (温度;  $25^\circ\text{C}$ , 相対湿度; 約 50%) と飽和水蒸気圧下に 13 日間の間で保存したが、両者の顕著な差はなく、黒化は保存時間に直線比例で進む。したがって、照射直後のトリチウム量がほとんど離れないことがわかる。また、 $C_0(\tau) = \text{const.}$  とすると、黒化線量は保存時間に直線比例することは明らかである。

### 3-5 ガラス線量計および熱ルミネッセンス (TL) 線量計への影響

(TL) 線量計とガラス線量計はいずれも市販の線量計である。ガラス線量計は  $\text{LiPO}_3$ ,  $\text{Al}(\text{PO}_3)_3$  組成のガラスで大きさは  $8\text{mm} \times 8\text{mm} \times 4.7\text{mm}$  で、ケースに入れずに状態で雰囲気中にさらした。TL 線量計は  $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$  結晶を外形  $2\text{mm} \phi \times 10\text{mm}$  のガラス管に封じ込んだものである。トリチウム空气中濃度はトリチウム化重水飽和蒸気中  $7.6 \times 10^{-5}$  [ $\mu\text{Ci}/\text{cm}^3$ ] でフィルム線量計の実験と同時に行った。

結果は第 6 図と第 7 図に示した。ガラス線量計の結果はバックグラウンドのバラツキの範囲にあり、43 日間の照射においても、バラツキの範囲内でありトリチウム  $\beta$  線による積算線量の有意差はなかった。トリチウム蒸気のガラスへの浸透が著しくなければ、 $\beta$  線の照射は素子の表面だけであり、積算線量は小さいであろう。

TL 線量計の結果についてはバックグラウンドとの差が検出され、予想外であった。デー

タの信頼性を高めるため、線量計29本を使用して9日間のバックグラウンド線量と10日間のトリチウム雰囲気中に放置した場合の線量を測定したが、バックグラウンド線量は $2.7 \pm 0.8$  mR、相対誤差30%であり、後者は $16.0 \pm 11.4$  mR、相対誤差71%とバラツキが非常に大きい。素子の結晶体は細いガラス管に詰められ、両端部は封じ切られていて密封のほずである。原因としては封入する際に生じるピンホールや亀裂からトリチウム蒸気が浸透して行くか、厚さ約0.3 mmのガラスを透して浸透して行くか等が考えられるが、結論を得るためには追実験が必要である。ここでは結果の一例として述べておく。

## 4. あとがき

フィルム線量計が個人被曝線量計としてトリチウム管理が問題となるような環境で用いられる場合、トリチウム蒸気がフィルム乳剤に浸透してカブリ黒化を生じせしめることは外部被曝線量の評価を困難にするものである。この実験によって富士 $\gamma$ 線用バジフィルムを使用したフィルム線量計のカブリの状態、照射時間と黒化線量との関係、黒化感度、保存時間中の黒化進行を明らかにした。これらの実験は相対湿度が100%に近いトリチウム化重水蒸気の雰囲気中と約70%のトリチウム蒸気中で行った結果であり、フィルム線量計への影響としては最悪条件下であり、最大の感度を示しているはずである。

この定量的データから推量、判断してトリチウム雰囲気中で使用される線量計の選択、あるいは使用法をきめてトリチウム $\beta$ 線によるカブリを少なくして、カブリによる誤差が外部被曝の線量評価に入らないようにすべきである。また、ある条件下、あるいは仮定によっては線量計の密閉性による黒化の時間遅れを利用して、逆に照射時間を求めてその黒化線量からトリチウム空気中濃度を推量することもできるであろう。

ガラス線量計は空気中トリチウム蒸気に非常に低感度であるために、トリチウム蒸気が問題となる場合には有用であり、またフィルム線量計との併用も考えられる。

ガラス管封入型のTL線量計については無感度であると予想されるが、今回の実験では有意な感度があった。しかし、ガラス管封入の状態を点検しての追実験を行っていないために断定的に感度があるとは言いがたい。

## 謝 辞

実験を行うにあたって、トリチウムの管理にたづさわっておられる放射線管理課の原田康典、古田敏城、洲崎輝雄、国谷安二氏に御協力いただき感謝致します。また御助言いただきました線量計測課長、立田初巳氏と日本保安用品協会の安瀬部長に感謝致します。

## 参 考 文 献

- 1) J. A. B. Gibson ; AERE-M770(1960)
- 2) 加藤仁三, 大内正房 ; 保健物理, 3, 288(1968)

#### 4. あとがき

フィルム線量計が個人被曝線量計としてトリチウム管理が問題となるような環境で用いられる場合、トリチウム蒸気がフィルム乳剤に浸透してカブリ黒化を生じせしめることは外部被曝線量の評価を困難にするものである。この実験によって富士 $\gamma$ 線用バジフィルムを使用したフィルム線量計のカブリの状態、照射時間と黒化線量との関係、黒化感度、保存時間中の黒化進行を明らかにした。これらの実験は相対湿度が100%に近いトリチウム化重水蒸気の雰囲気中と約70%のトリチウム蒸気中で行った結果であり、フィルム線量計への影響としては最悪条件下であり、最大の感度を示しているはずである。

この定量的データから推量、判断してトリチウム雰囲気中で使用される線量計の選択、あるいは使用法をきめてトリチウム $\beta$ 線によるカブリを少なくして、カブリによる誤差が外部被曝の線量評価に入らないようにすべきである。また、ある条件下、あるいは仮定によっては線量計の密閉性による黒化の時間遅れを利用して、逆に照射時間を求めてその黒化線量からトリチウム空气中濃度を推量することもできるであろう。

ガラス線量計は空气中トリチウム蒸気に非常に低感度であるために、トリチウム蒸気が問題となる場合には有用であり、またフィルム線量計との併用も考えられる。

ガラス管封入型のT<sub>L</sub>線量計については無感度であると予想されるが、今回の実験では有意な感度があった。しかし、ガラス管封入の状態を点検しての追実験を行っていないために断定的に感度があるとは言いがたい。

#### 謝 辞

実験を行うにあたって、トリチウムの管理にたづさわっておられる放射線管理課の原田康典、古田敏城、洲崎輝雄、国谷安二氏に御協力いただき感謝致します。また御助言いただきました線量計測課長、立田初巳氏と日本保安用品協会の安淵部長に感謝致します。

#### 参 考 文 献

- 1) J. A. B. Gibson ; AERE-M770 (1960)
- 2) 加藤仁三, 大内正房 ; 保健物理, 3, 288 (1968)

#### 4. あとがき

フィルム線量計が個人被曝線量計としてトリチウム管理が問題となるような環境で用いられる場合、トリチウム蒸気がフィルム乳剤に浸透してカブリ黒化を生じせしめることは外部被曝線量の評価を困難にするものである。この実験によって富士 $\gamma$ 線用バツジフィルムを使用したフィルム線量計のカブリの状態、照射時間と黒化線量との関係、黒化感度、保存時間中の黒化進行を明らかにした。これらの実験は相対湿度が100%に近いトリチウム化重水蒸気の雰囲気中と約70%のトリチウム蒸気中で行った結果であり、フィルム線量計への影響としては最悪条件下であり、最大の感度を示しているはずである。

この定量的データから推量、判断してトリチウム雰囲気中で使用される線量計の選択、あるいは使用法をきめてトリチウム $\beta$ 線によるカブリを少なくして、カブリによる誤差が外部被曝の線量評価に入らないようにすべきである。また、ある条件下、あるいは仮定によっては線量計の密閉性による黒化の時間遅れを利用して、逆に照射時間を求めてその黒化線量からトリチウム空気中濃度を推量することもできるであろう。

ガラス線量計は空気中トリチウム蒸気に非常に低感度であるために、トリチウム蒸気が問題となる場合には有用であり、またフィルム線量計との併用も考えられる。

ガラス管封入型のTL線量計については無感度であると予想されるが、今回の実験では有意な感度があった。しかし、ガラス管封入の状態を点検しての追実験を行っていないために断定的に感度があるとは言いがたい。

#### 謝 辞

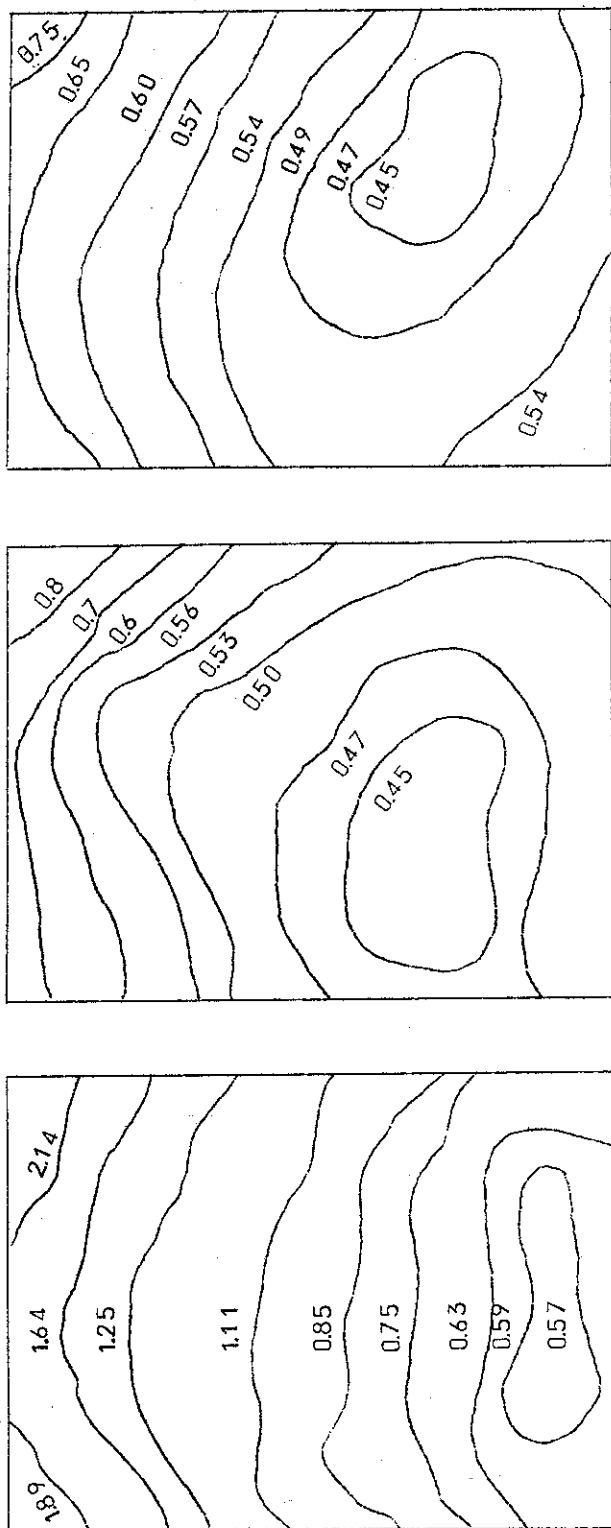
実験を行うにあたって、トリチウムの管理にたづさわっておられる放射線管理課の原田康典、古田敏城、洲崎輝雄、国谷安二氏に御協力いただき感謝致します。また御助言いただきました線量計測課長、立田初巳氏と日本保安用品協会の安測部長に感謝致します。

#### 参 考 文 献

- 1) J. A. B. Gibson ; AERE-M770 (1960)
- 2) 加藤仁三, 大内正房 ; 保健物理, 3, 288 (1968)

Table 1. The various tritiated atmosphere used in the experiments.

トリチウム雰囲気	トリチウム空气中濃度 [ $\mu\text{Ci}/\text{cm}^3$ ]	濃度測定法	備考
DTO, D <sub>2</sub> O 飽和蒸気	(135°C) $8.4 \times 10^{-3}$ (10°C) $6.7 \times 10^{-3}$	液体シンチレーションカウンター	トリチウム化重水の飽和蒸気
DTO, D <sub>2</sub> O, H <sub>2</sub> O 飽和蒸気	(135°C) $7.5 \times 10^{-4}$ (135°C) $7.5 \times 10^{-5}$ (10°C) $6 \times 10^{-5}$	液体シンチレーションカウンター	トリチウム化重水の軽水希釈の飽和蒸気
H <sub>2</sub> O, H <sub>2</sub> O 相対湿度, 70%	$5.2 \times 10^{-3}$	電離箱	ターゲット用トリチウムガス充填装置からの逸散トリチウム
H <sub>2</sub> O, H <sub>2</sub> O 相対湿度, 30%	$1.3 \times 10^{-4}$ $1.9 \times 10^{-4}$ $5.2 \times 10^{-4}$ $7.8 \times 10^{-4}$	電離箱	チタン吸着トリチウムターゲットからの逸散トリチウム



a) A film without a masking tape and a badge case.      b) A film without a badge case.      c) A film with a badge case.

Fig. 1 The distribution of density on fogging films



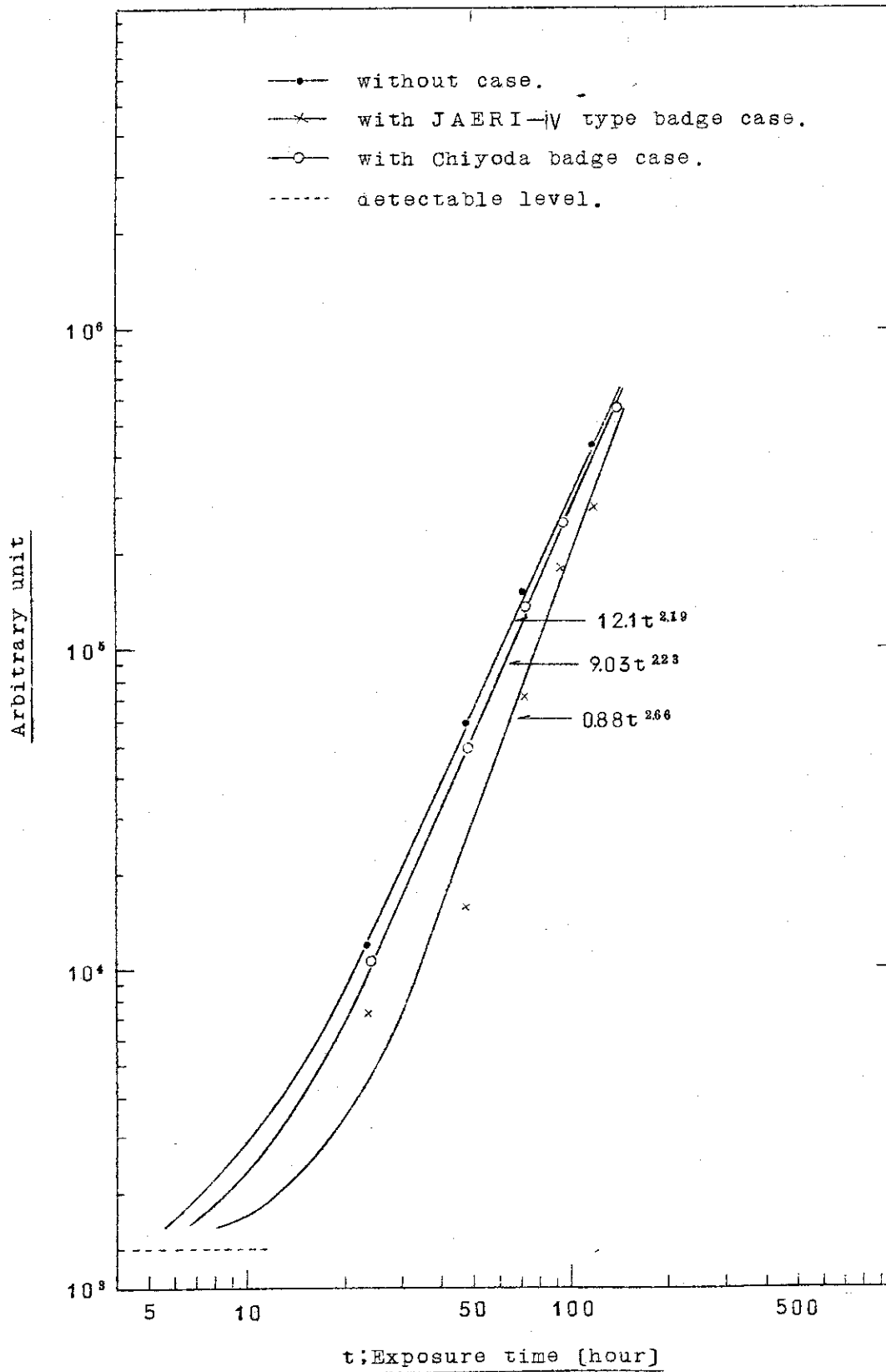


Fig. 2 The variation of black-density-dose with exposure time. Arbitrary unit is Ra- $\gamma$  equivalent dose divided by the tritium air concentration of  $6.7 \times 10^{-3}$  ( $\mu\text{Ci}/\text{cm}^3$ ) in DTO,  $\text{D}_2\text{O}$  saturated vapour.

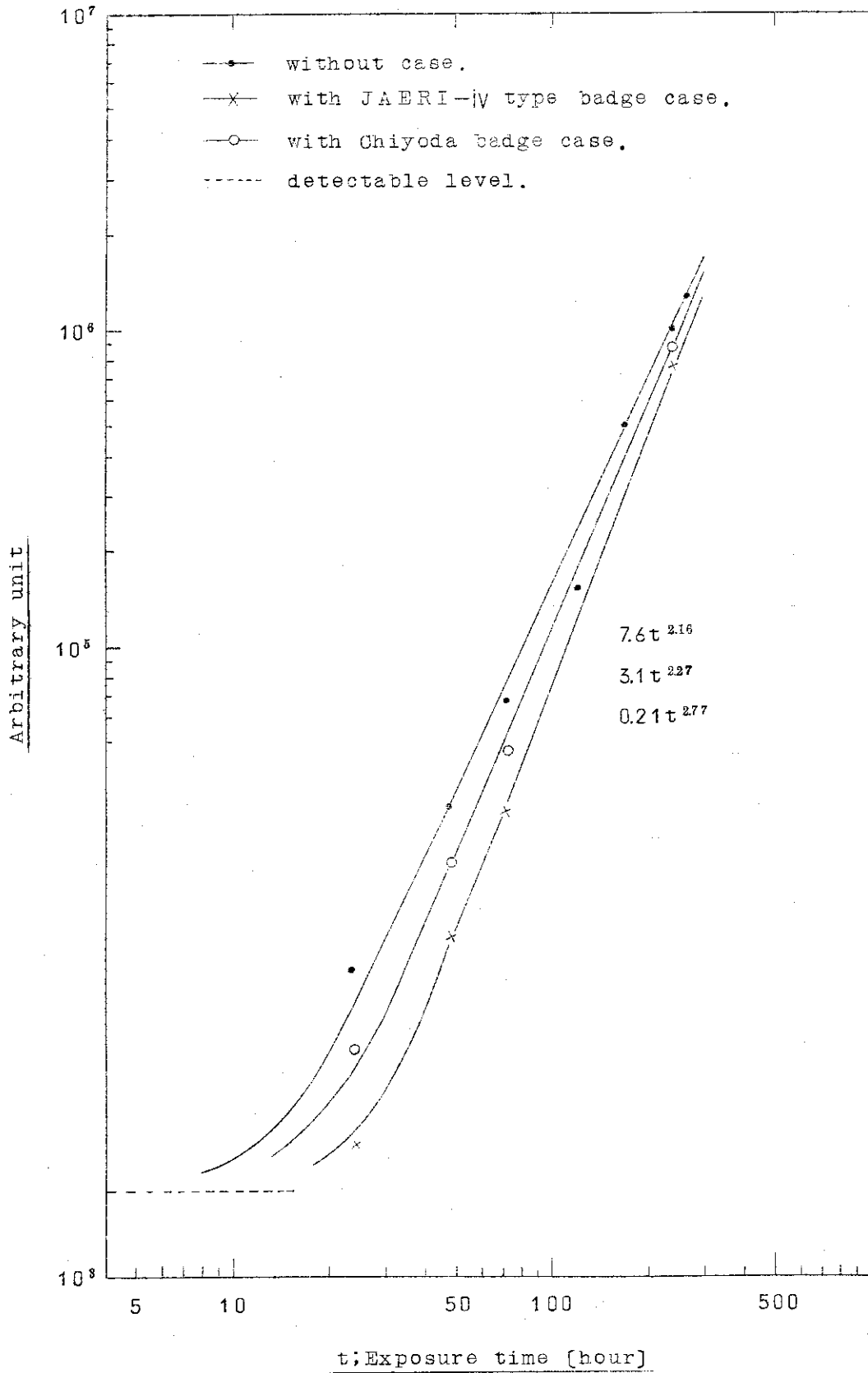


Fig. 3 The variation of black-density-dose with exposure time. Arbitrary unit is Ra- $\gamma$  equivalent dose divided by the tritium air concentration of  $5.2 \times 10^{-3}$  ( $\mu\text{Ci}/\text{cm}^3$ ) in the relative humidity of about 70%

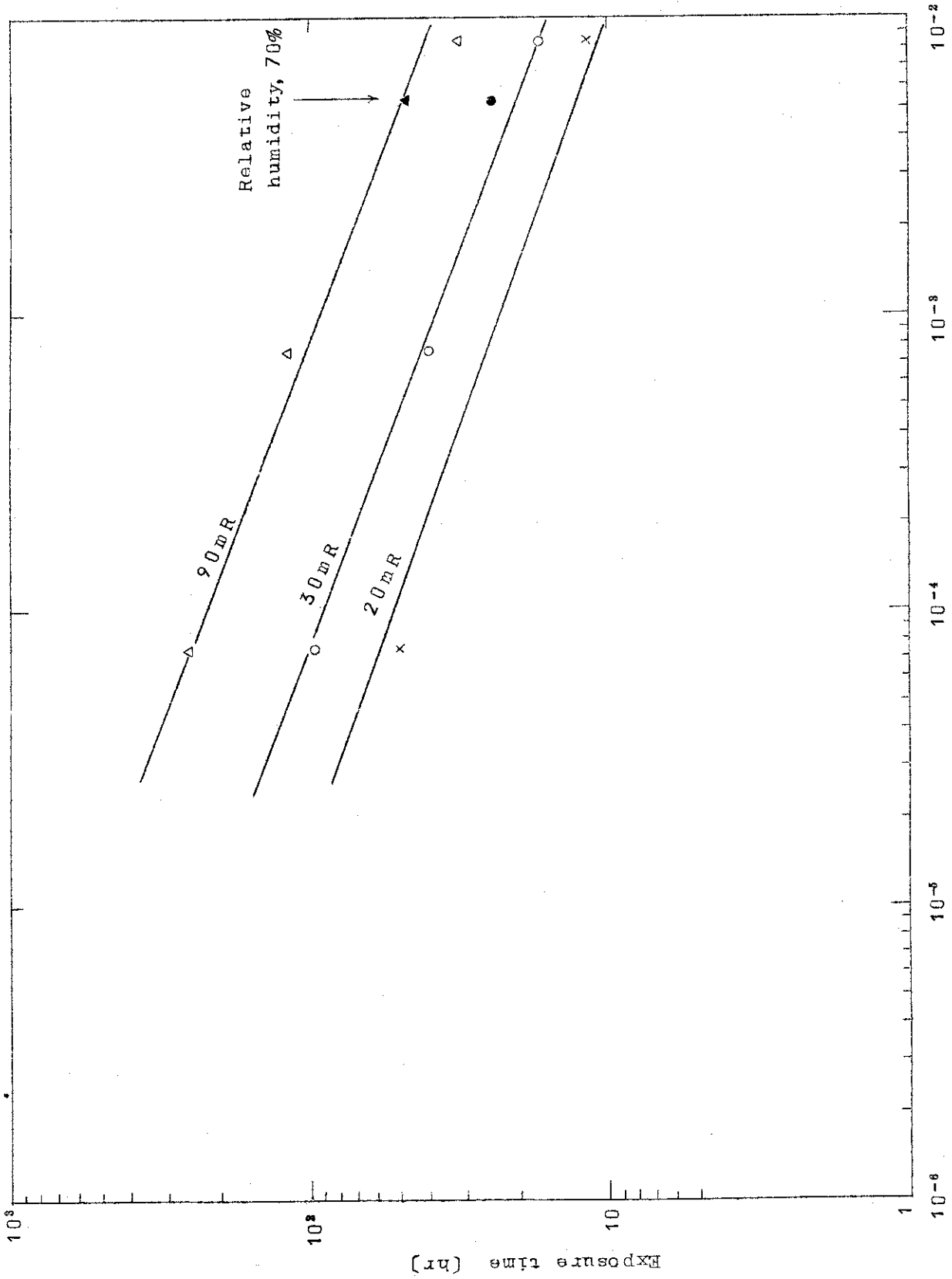


Fig. 4 The relation between exposure time and tritium concentration to give the dose sensitivity of 20mR, 30mR and 90mR

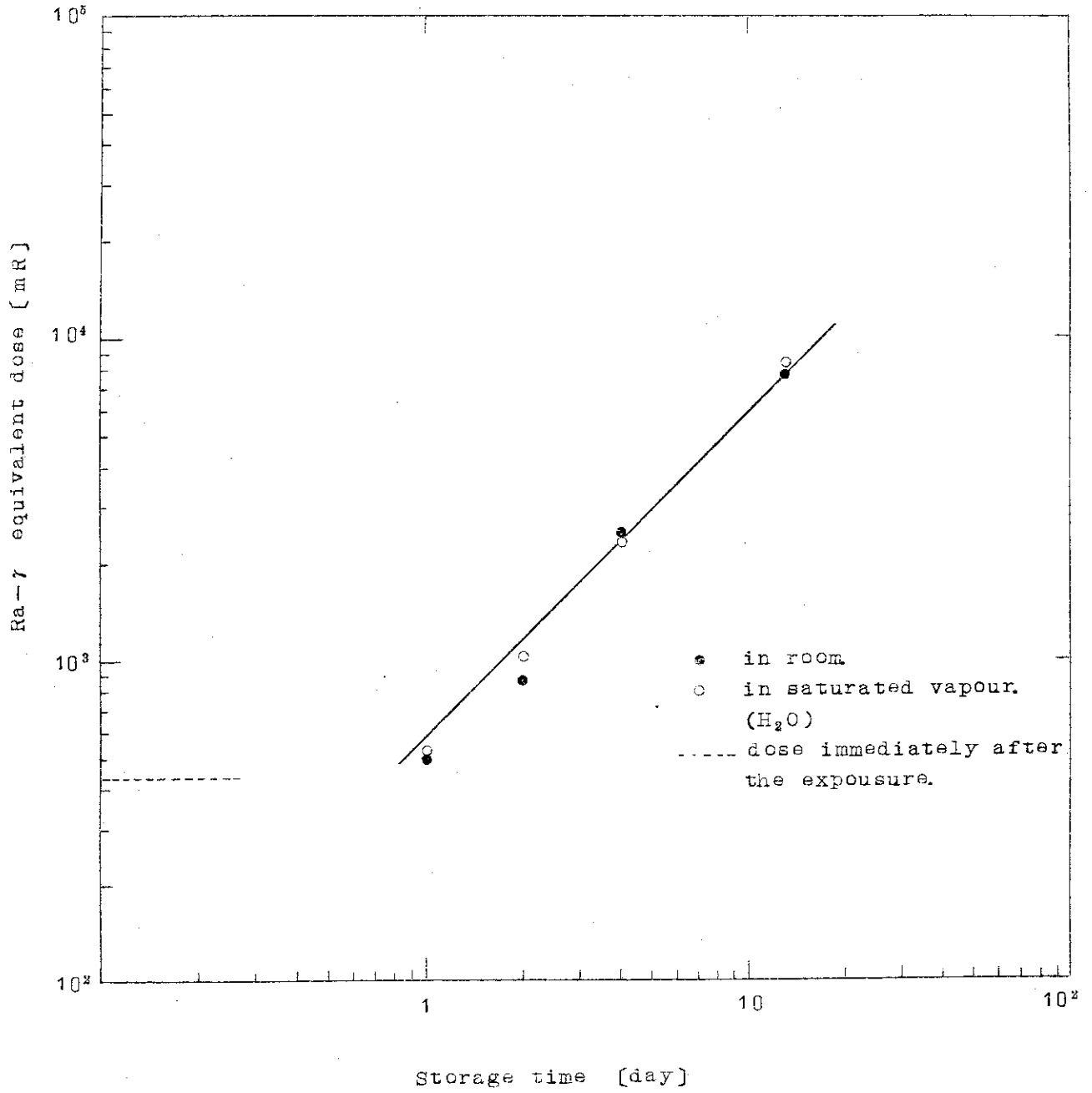


Fig. 5 The variation of black density-dose with storage time after exposure for 72 hours in the DTO, D<sub>2</sub>O Saturated vapour of  $7.6 \times 10^{-3} (\mu\text{Ci}/\text{cm}^3)$

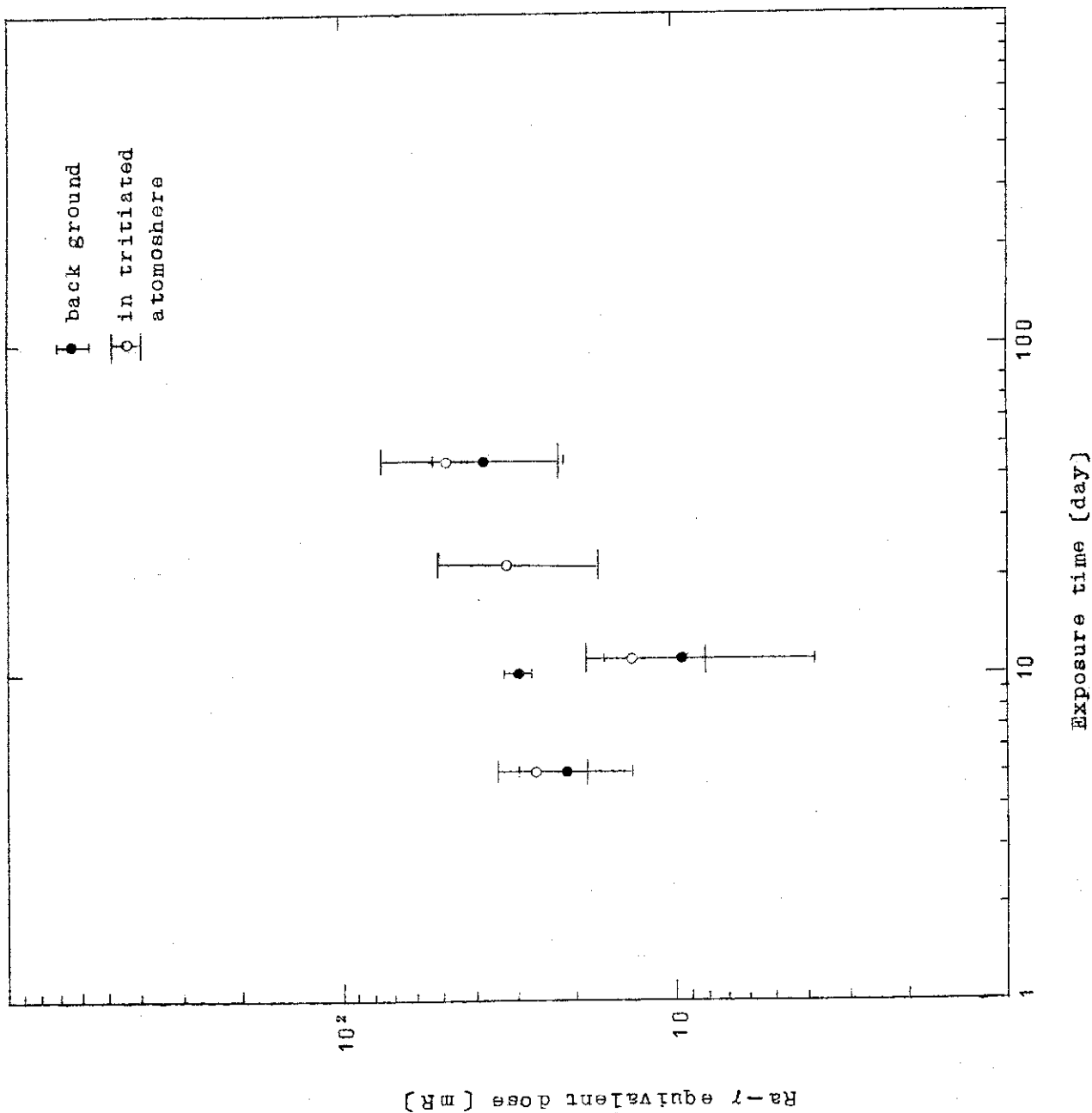


Fig. 6 The variation of dose by the glass dosimeter with exposure time.  
 The tritium concentration at the D<sub>2</sub>O, D<sub>2</sub>O saturated vapour is  $6.7 \times 10^{-3} (\mu\text{Ci}/\text{cm}^3)$

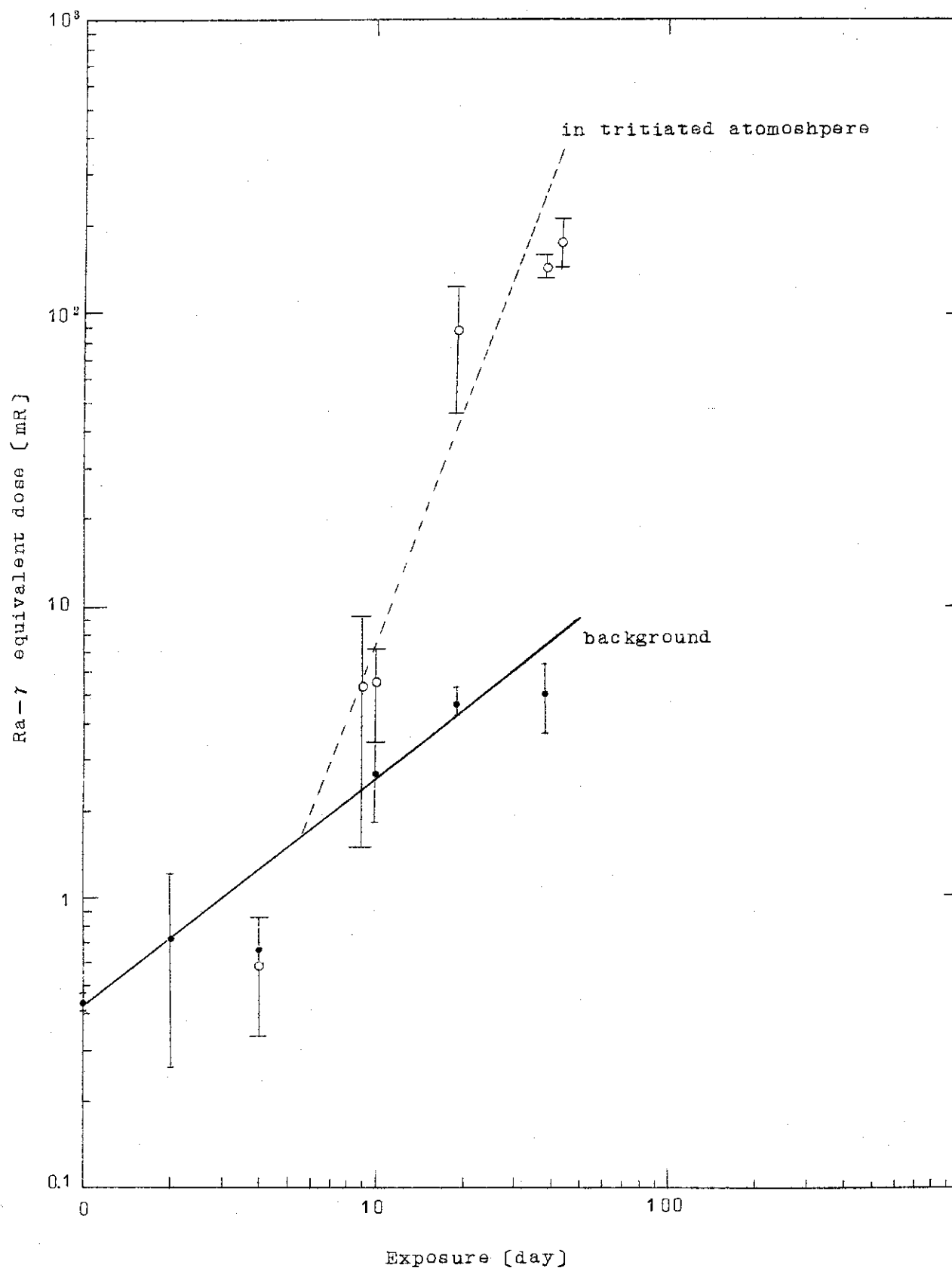


Fig. 7 The variation of dose by the thermoluminescent dosimeter with exposure time. The tritium concentration at the DTO, D<sub>2</sub>O saturated vapour is  $6.7 \times 10^{-3} (\mu\text{Ci}/\text{cm}^3)$