資 料

主として核医学診療に用いられる放射性核種の半価層, 1/10価層†

越田吉郎, 折戸武郎, 前川龍一, 平木辰之助, 久田欣一*, 古賀佑彦**

金沢大学医療技術短期大学部 920 金沢市小立野5-11-80

*金沢大学医学部核医学教室 920 金沢市宝町13-1

**名古屋保健衛生大学医学部放射線医学教室 470-11 豊明市沓掛町田案窪 1-98

Key Words: radionuclide, half value thickness, tenth value thickness

1. はじめに

放射線防護を考えるさい, 使用する放射性核種の半価層 (以下, HVT と略す), あるいは 1/10 価層 (以下, TVT と略す) の値を知ることは重要である。そのため, ^{99m}Tc , ^{113m}In , ^{131}I , ^{133}Xe , ^{198}Au の 5 核種についてコンクリート, 鉄, 銅, 鉛に対する減弱曲線から HVT および TVT を求めて報告した¹⁾。現在, 核医学診療にはその他の核種も使用されているので, ^{18}F , ^{67}Ga , ^{68}Ga , ^{81}Rb , ^{81m}Kr , ^{99}Mo , ^{123}I , ^{125}I について検討し HVT および TVT を求めたので報告する。なお, ^{81}Rb , ^{99}Mo は ^{81}Rb - ^{81m}Kr ジェネレータ, ^{99}Mo - ^{99m}Tc ジェネレータとして多く用いられているので取り上げた。

2. 計算過程

前回と同様に, 物質による減弱と空気による減弱を考慮した次式を用いた。

$$\Gamma = 19.5 \sum_i n_i E_i (\mu_{\text{en}}/\rho)_{\text{air}} \times e^{-(\mu/\rho)_{\text{m}} \rho_m d} e^{-(\mu/\rho)_{\text{air}} \rho_{\text{air}} (100-d)} \quad (\text{R} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{Ci}^{-1} \text{ at } 1\text{m})$$

ただし, 物質中で散乱された光子の寄与を考慮して, $\mu d \geq 1$ の場合, 再生係数 μd を上式に乘じた。また, 線源自身の自己吸収と空気中における吸収, それから衣服および皮膚による減弱を考慮して 10 keV 未満の

† Half Value Thickness and Tenth Value Thickness of Radionuclides in Nuclear Medicine. Kichiro KOSHIDA, Takeo ORITO, Ryuichi MAEKAWA, Tatsunosuke HIRAKI, *Kinichi HISADA, and **Sukehiko KOGA: School of Paramedicine, Kanazawa University, 5-11-80, Kodatsuno, Kanazawa-shi 920, *Department of Nuclear Medicine, Kanazawa University, 13-1, Takara-machi, Kanazawa-shi 920, **Department of Radiology, Fujitakuen University, Kutsukake-cho, [Toyoake-shi 470-11.

放出エネルギーを削除した。

3. 結果および考察

^{18}F , ^{67}Ga , ^{68}Ga , ^{81}Rb , ^{81m}Kr , ^{99}Mo , ^{123}I , ^{125}I の 8 核種についてコンクリート, 鉄, 銅, 鉛の各物質を透過し

図1 ^{18}F , ^{67}Ga , ^{68}Ga , ^{81}Rb , ^{81m}Kr , ^{99}Mo , ^{123}I および ^{125}I の γ 線のコンクリートに対する透過率

図2 ^{18}F , ^{67}Ga , ^{68}Ga , ^{81}Rb , $^{81\text{m}}\text{Kr}$, ^{99}Mo , ^{123}I および ^{125}I の γ 線の鉄に対する透過率

たときの減弱曲線を図1～4に示す。先に報告した5核種と同様に、低エネルギー成分を含むものについては、放射性核種から放出される低エネルギー成分の減弱が大きく、各物質による減弱曲線は物質の薄層で急激に減弱している。その後、 $\mu d=1$ 付近で曲線にふく

図3 ^{18}F , ^{67}Ga , ^{68}Ga , ^{81}Rb , $^{81\text{m}}\text{Kr}$, ^{99}Mo , ^{123}I および ^{125}I の γ 線の銅に対する透過率

らみをもっているが、これは散乱光子の寄与を考慮して μd を乗じた計算上の前提に起因するのが大であろう。これらの減弱曲線より、各物質の HVT および TVT を減弱率 $1 \sim 10^{-1}$ と $10^{-3} \sim 10^{-6}$ の範囲で求めると、おのおの表1, 2に示すようになる。従来からの

表1 減弱率 $1 \sim 10^{-1}$ における半価層値, 1/10価層値

	Concrete ($2.30 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$)		Iron ($7.80 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$)		Copper ($8.90 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$)		Lead ($11.3 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$)	
	HVT (cm)	TVT (cm)	HVT (cm)	TVT (cm)	HVT (cm)	TVT (cm)	HVT (cm)	TVT (cm)
^{18}F	3.48	18.0	1.07	5.52	0.983	4.85	0.393	2.03
^{67}Ga	2.48	13.2	0.634	3.64	0.519	3.13	0.0865	0.736
^{68}Ga	3.53	18.3	1.09	5.63	1.03	4.95	0.406	2.12
^{81}Rb	3.22	17.0	0.978	5.15	0.857	4.52	0.294	1.87
$^{81\text{m}}\text{Kr}$	2.30	12.0	0.582	3.01	0.463	2.43	0.0548	0.283
^{99}Mo	2.32	15.9	0.591	4.71	0.505	4.15	0.111	2.31
^{123}I	0.693	7.95	0.0448	1.82	0.0297	1.42	0.0075	0.182
^{125}I	0.212	1.11	0.0092	0.0478	0.0059	0.0308	0.0018	0.0092

図4 ^{18}F , ^{67}Ga , ^{68}Ga , ^{81}Rb , $^{81\text{m}}\text{Kr}$, ^{99}Mo , ^{123}I および ^{125}I の γ 線の鉛に対する透過率

減弱曲線の報告^{2),3)}はビニールシート、水、メタクリル樹脂、アルミニウム、ステンレス銅などの物質による減弱曲線であった。したがって、放射線防護の観点によりコンクリート、鉄、銅、鉛による減弱曲線を得たことは有用である。

表1, 2を比較すると、減弱率 $1 \sim 10^{-1}$ の範囲で得られたHVTおよびTVTの値は減弱率 $10^{-5} \sim 10^{-6}$ におけるそれぞれの値より小さいものが多い。これは $\mu d < 1$ のとき周囲の散乱線を考慮していないこと、また $\mu d \geq 1$ のとき再生係数 μd を一律に乗ずることで誇張される領域があることなどが考えられるけれども、高エネルギー成分の影響が最も大であろう。また、減弱率 $1 \sim 10^{-1}$ の範囲で得られたHVT, TVTの値が大きく出ているのは、 ^{18}F のように低エネルギー成分を含まず、かつ $\mu d \geq 1$ で μd を乗じていることに起因するであろう。したがって、「アイソトープ手帳」⁴⁾で示すように、実測値による減弱曲線がより一般的である。しかし、実測値の場合、制動放射線による影響をも考慮されているが、種々の条件によって異なるので、今回は γ 線および特性X線のみを対象とした計算を行った。以上のことから、ICRP⁵⁾が、より安全側の放射線防護という観点から減弱率 $10^{-5} \sim 10^{-6}$ の範囲で半価層と1/10価層を報告しているように、減弱率 $10^{-5} \sim 10^{-6}$ の領域における値が妥当であろう。しかし、減弱率の小さい領域における値も十分考慮しておく必要がある。

4. おわりに

^{18}F , ^{67}Ga , ^{68}Ga , ^{81}Rb , $^{81\text{m}}\text{Kr}$, ^{99}Mo , ^{123}I , ^{125}I の8核種について半価層および1/10価層を求めた。減弱率の範囲によって半価層および1/10価層の値が異なることから、使用する放射性核種ごとの減弱曲線の作成が、放射線防護対策上重要であることが分かった。

本論文の要旨は、日本核医学会第31回東海地方会第40回北陸地方会合同地方会において発表した。

表2 減弱率 $10^{-5} \sim 10^{-6}$ における半価層値, 1/10価層値

	Concrete ($2.30 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$)		Iron ($7.80 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$)		Copper ($8.90 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$)		Lead ($11.3 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$)	
	HVT (cm)	TVT (cm)	HVT (cm)	TVT (cm)	HVT (cm)	TVT (cm)	HVT (cm)	TVT (cm)
^{18}F	3.73	12.4	1.14	3.80	1.01	3.35	0.421	1.40
^{67}Ga	4.28	14.2	1.41	4.67	1.25	4.17	0.821	2.73
^{68}Ga	5.68	18.9	1.86	6.19	1.63	5.42	1.57	5.21
^{81}Rb	4.82	16.0	1.57	5.22	1.39	4.60	1.17	3.88
$^{81\text{m}}\text{Kr}$	2.48	8.23	0.623	2.07	0.505	1.68	0.0586	0.195
^{99}Mo	4.47	14.8	1.40	4.65	1.24	4.11	0.724	2.41
^{123}I	3.80	12.6	1.18	3.93	1.05	3.49	0.452	1.50
^{125}I	0.427	1.42	0.0187	0.0621	0.0123	0.0408	0.0036	0.0118

文 献

- 1) 折戸武郎, 越田吉郎, 前川龍一, 他: *Radio-isotopes*, **30**, 52~55 (1981)
 - 2) 松井佳子: *ibid.*, **24**, 517~22 (1975)
 - 3) 深野重男, 野川憲夫: *ibid.*, **29**, 52~57 (1980)
 - 4) 日本アイソトープ協会編: 「アイソトープ手帳」, pp. 118~20, 日本アイソトープ協会 (1980)
 - 5) 日本アイソトープ協会・仁科記念財団共訳: ICRP Publ. 25, 「病院および医学研究施設における非密封放射性核種の取扱, 貯蔵, 使用および廃棄処分」, 日本アイソトープ協会・仁科記念財団, 東京 (1978)
-