

《ノート》

¹⁵O 標識ガス持続吸入法測定中の γ 線と β^+ 線の線量分布

Radiation Dose Distribution of γ and β^+ -rays During
O-15-Labeled Gas Steady State Measurement

蜂谷 武憲* 飯田 秀博* 相沢 康夫* 庄司 安明*
羽上 栄一* 菅野 巍* 上村 和夫*

Takenori HACHIYA, Hidehiro IIDA, Yasuo AIZAWA, Yasuaki SHOJI,
Eiichi HAGAMI, Iwao KANNO and Kazuo UEMURA

Department of Radiology and Nuclear Medicine, Research Institute for Brain and Blood Vessels-Akita, Japan

I. はじめに

PET (Positron Emission Tomography) はサイクロトロン産生の短寿命 RI を用いて生体の生理学的機能を観察する手段として利用されている^{1~3)}。
¹⁵O 標識ガスを用いた脳循環測定は PET 室に供給される C¹⁵O₂, ¹⁵O₂, C¹⁵O 等の放射性ガスを被検者がマスクで吸入して行っている。PET 室内はこれらのポジトロン放射 RI から放出される陽電子線 (β^+ 線) と、この消滅に伴う γ 線の被ばく環境下にある。われわれの施設ではこの測定は、血中 RI 濃度測定用の採血を行う医師、被検者の観察と看護を行う看護婦、PET 装置の操作を行う放射線技師、血液中の RI 濃度測定と血液ガス分析を行う血液測定者、放射性医薬品の合成を行う薬剤合成者とサイクロトロンの運転者が従事している⁶⁾。これまで、当施設の PET 室関係者の被ばく線量は全身被ばくの場合、 γ 線で、1か月平均約 12 mrem 程度⁷⁾ であるが、PET 室の線量分布は PET 室の遮蔽や、作業者の被ばく軽減

の資料として重要である。この観点からわれわれは、最も高線量率条件下での、PET 室線量分布を測定し、検討した。

II. 方 法

測定は γ 線と β^+ 線について行った。RI は PET 室内の線量率が最も高い ¹⁵O₂ を被検者に連続供給する持続吸入法検査時に行った (Fig. 1)。本法は脳内 RI 濃度を定常にして行うため、この間は PET 室内の放射線強度も一定となり、この間に線量分布を測定した。測定場所は HEADTOME-III の使用室で、測定の高さは床から 1 m、測定ポイントは PET 装置を中心⁸⁾に 50 cm 間隔で約 40 ポイント行った。供給 ¹⁵O₂ 量は体重 1 kg 当たり、0.3 mCi/min としており、本測定では最大供給量 30 mCi/min を用いた。測定はそれぞれ 5 件の PET 測定について行い、平均値で示した。

1. γ 線線量分布の測定

γ 線の測定は Aloka 製電離槽サーベイメータ ICS-151 を用いた。この測定には β^+ 線の電離槽サーベイメータへの影響が考えられ、このため 5 cm 厚のアクリルを用いてサーベイメータの線量率低下を調べたが、この吸収体による線量率の

* 秋田県立脳血管研究センター放射線科

受付：63年6月28日

最終稿受付：63年9月7日

別刷請求先：秋田市千秋久保田町 6-10 (〒010)

秋田県立脳血管研究センター放射線科

蜂 谷 武 憲

Key words: Radiation dose distribution, Annihilation γ -rays, β^+ -rays, PET room, ¹⁵O₂, Inhalation.

変化がなく、この影響は無視できると考えられた。

2. β^+ 線線量分布の測定

β^+ 線の測定は直径 1/2 インチ、厚さ 5 mm のプラスチックシンチレータを用いた。 β^+ 線パルスを計数し、計数率は mrem/h に換算して表示した。校正には ^{68}Ge - ^{68}Ga 線源を用い、フィルムバ

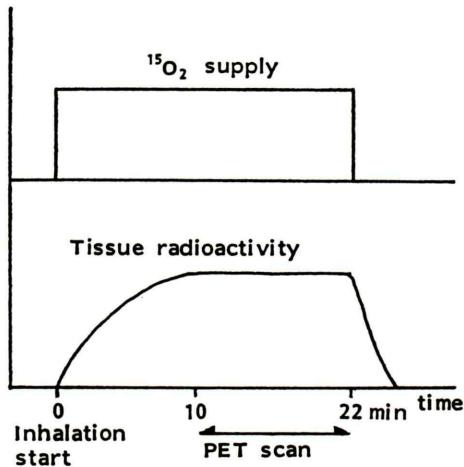


Fig. 1 Time schedule of $^{15}\text{O}_2$ supply and tissue radioactivity distribution. The PET measurement was carried out from 10 to 22 minutes after steady $^{15}\text{O}_2$ inhalation.

ッジ(長瀬ランダウア社製)と β 線検出器を同一条件で照射し、フィルムバッジの測定結果から mrem/h を求めた⁹。この β 線検出器には γ 線も計数される。Fig. 2 に CANBERA 製の波高分析器 SERIES-85 によるエネルギースペクトルを示す。Fig. 2 上のスペクトルは β^+ 線のほかに γ 線バックグラウンドを含むと考えられる。Fig. 2 下のスペクトルは検出器を 1 mm 厚の鉛板で遮蔽したときのスペクトルである。この場合は β^+ 線が除かれて γ 線のみが検出されている。これらの測定から弁別レベルを設定して、 γ 線バックグラウンドを除去した。

III. 結 果

Figure 3 は PET 検査における γ 線の線量率分布の測定結果である。最も線量率の高いのは RI ガス吸入部付近で 12 mR/h であった。壁際では 0.15 mR/h であった。HEADTOME-III の PET 装置後部ではガントリのトンネル径によりコリメートされたように線量率が広がっているが、ガントリの斜後方や RI ガス吸入装置の背後は極端に少ない。PET 室外ではコンクリート壁外の漏洩線はないが、鉄製の扉の外で 0.05 mR/h 鉛ガラ

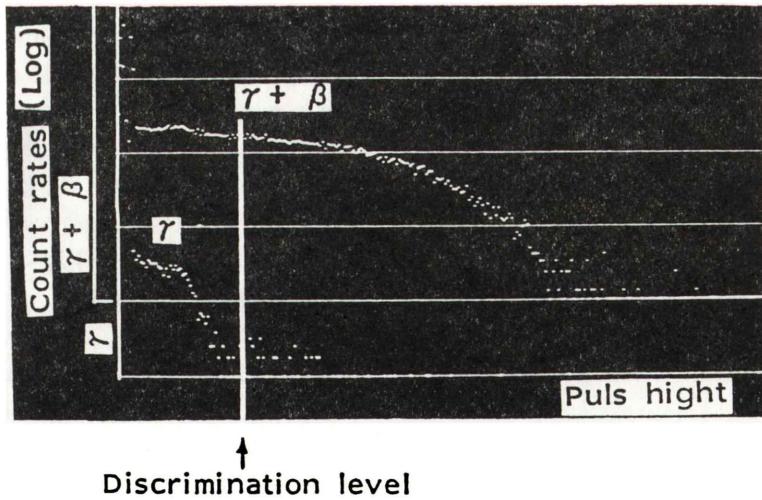


Fig. 2 Energy spectra of ^{68}Ge - ^{68}Ga line source measured by β^+ -ray detector without (top) and with (bottom) 1 mm-thick lead filter. The discriminator level for elimination of γ -ray was shown.

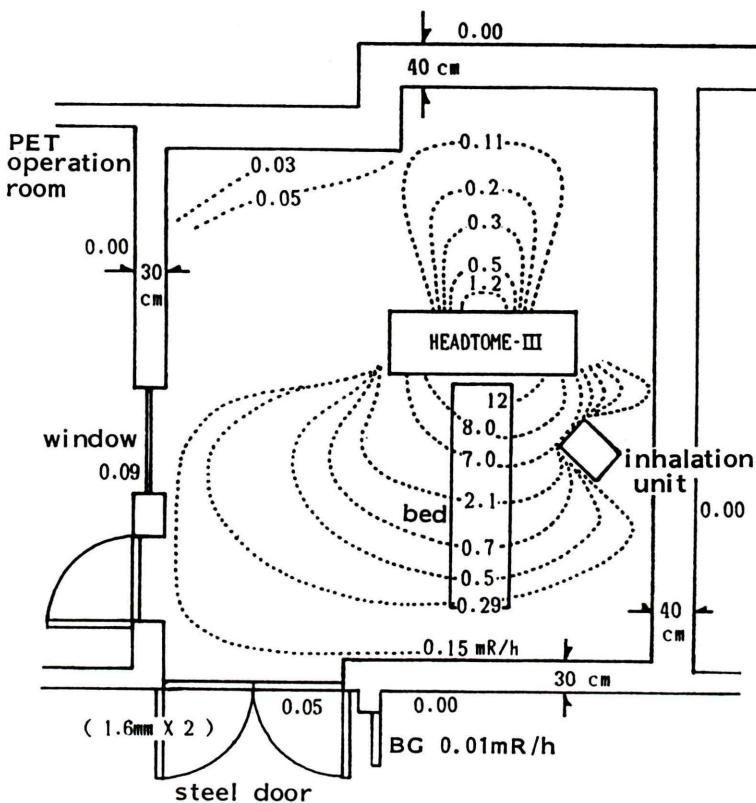


Fig. 3 The dose distribution of γ -ray. The highest dose area was measured around the inhalation mask unit of the patient. A low dose area was found behind the PET gantry because of the lead shield of the PET.

スの外は 0.09 mR/h であった。Fig. 4 に β^+ 線の線量分布の結果を示す。線量率の最も高い場所は γ 線の結果と同じで、22 mrem/h で、壁際は 0.07 mrem/h であった。PET ガントリの斜後方、RI ガス吸入装置の後方は γ 線と同様に少ない。PET 室外の β^+ 線の漏洩線は全くない。

IV. 考 察

本施設では、PET 測定として ¹⁵O 標識ガスのほかに、¹⁸FDG (フルオロ・デオキシ・グルコース) による脳糖代謝測定、¹¹C-メチオニンによるアミノ酸代謝測定等も行っているが、¹⁵O 標識ガス以外の測定では、投与量が少なく、PET 室内の線量率は低いと考えられるため、ここでは ¹⁵O₂ 持続吸入時の測定を行った。

1. γ 線線量分布

PET 室内で線量率の高いのは被検者が RI ガスを吸入するマスクの周辺であって、ほかは急に低線量域となった。RI ガス吸入マスクは特に遮蔽の考慮はしていないが、室内の線量率を減らすには、この改善をする必要がある。しかし 511 KeV の γ 線を遮蔽するには鉛の場合、半価層が約 2 cm であり、これを含めて、被検者への不快を与えないようなマスクシステムの開発は、現状では、なかなか容易ではない。測定中、吸入マスクから RI ガスが漏れて測定に影響するようなことはなかった。

PET ガントリの斜後方での線量率が低いのはガントリ内の検出器を散乱線から防護するために装備した鉛遮蔽のためと考えられる。

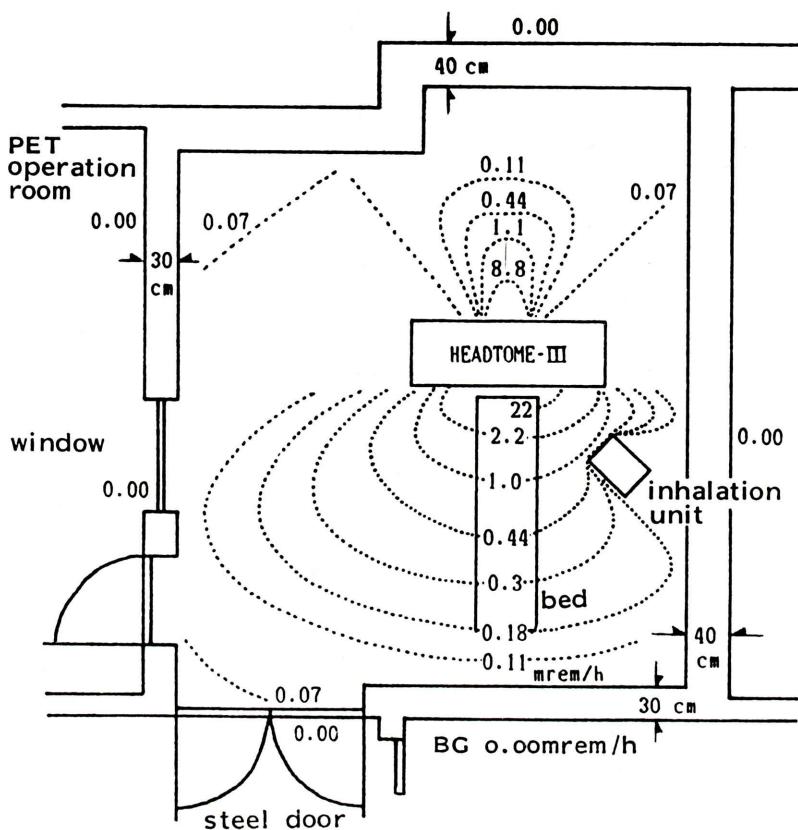


Fig. 4 The dose distribution of β^+ -ray. The highest dose area was measured around the inhalation mask unit of the patient. A low dose area was found behind the PET gantry because of the lead shield of the PET.

2. β^+ 線線量分布

β^+ 線の線量率分布は予想に反し γ 線の分布とほぼ同様の傾向を示した。 β^+ 線は付近の電子と結合し消滅するとされているが、この測定では、 γ 線の分布と同様に PET 室のかなりの範囲で測定された。 β 線の空気中の飛程は 500 KeV で約 1 m, 3 MeV では 10 m である^{4,5)}. ^{15}O の β 線エネルギーは 1.73 MeV であり、その結果、本測定のように PET 室内の β^+ 線が検出された。

プラスチックシンチレータから得られた β^+ 線計数率の mrem 変換には、 β^+ 線の最大エネルギーが ^{68}Ge で 1.89 MeV の ^{68}Ge - ^{68}Ga 線源を用いた。線量分布測定の ^{15}O は 1.7 MeV で大きな差はないが、 β^+ 線のエネルギー分布は若干異なる

と考えられる。よって、この換算にはある程度の誤差が伴うものと考えられ、検討を要す。

今回、 β^+ 線の換算をフィルムバッジで行ったが、フィルムバッジによる β^+ 線の Dose-Response 関係にいくつかの問題点があるため、今後検討したい。

3. 従事者の作業と被ばく

検査中の PET 室の立ち入りは医師と看護婦が多い。両者とも γ 線で 7 mR/h (Fig. 3), β 線で 1 mrem/h (Fig. 4) の線量率を示す場所の作業になるが、検査中は PET 室外において、医師の場合は約 1 分程度の採血の場合のみ入室し、看護婦の場合も測定中の被検者の観察はテレビモニターにより行い、必要な場合にのみ入室するようにしてい

る。この結果、われわれの施設の月平均の全身の被ばく線量は、医師の γ 線で 17 mrem, β 線 2 mrem, 看護婦は γ 線 12 mrem, β 線 0 mrem, 放射線技師は γ 線 7 mrem, β 線 2 mrem であった⁷⁾。われわれの場合、PET 従事者に対するついたて等の防護は特にしていないが、エネルギーの高い γ 線の遮蔽には鉛 5 cm は必要なため、このようなついたては、構造上難しいが、 β^+ 線に対しては含鉛アクリル等によるついたてで十分防護可能なため、これは必要と考えている。

4. PET 室の遮蔽

本施設の設計時、PET 室の壁厚に関する資料は皆無で⁸⁾、従来の核医学検査で使用する RI よりも数倍高いエネルギーのポジトロン消滅 γ 線を扱うため、PET 室の壁厚は 30–40 cm にした。しかし、最大の線量率に相当する今回の測定結果では、被検者の RI ガス吸入部付近では線量率は高くても、壁際では低いことから従来の核医学検査室の 20 cm の壁厚でよいと考えられる。鉄製の 3.2 mm 厚の扉で 0.09 mR/h、PET 操作室の鉛当量 2 mm の鉛ガラスの外では 0.05 mR/h の γ 線の漏洩線が検出されている。法規制上問題はないが多少の強化が必要である。

V. まとめ

PET 検査室内の線量分布を測定した。この結果、PET 室内は β^+ 線と γ 線が混在しており、PET

室内の作業者はこれらに対する被ばく防護の対策が必要である。PET 室の壁の遮蔽は特に厚くする必要はなく、一般の核医学検査室程度でよい。

本文の一部は第 26 回日本核医学学会総会で報告した。

謝辞 本測定に協力いただいた長瀬ランダウア社、同技術部長安渕四郎、同営業部佐藤輝之の両氏に感謝いたします。

文 献

- 1) Phelps ME, et al: The study of cerebral function with positron emission tomography. *J Cereb Blood Flow Metab* 2: 113–162, 1982
- 2) Research issue of positron emission tomography. *Ann Neurol* 15 (Suppl): 1984
- 3) 上村和夫: ポジトロン CT と脳卒中の局所脳循環代謝. *脳卒中* 9-6: 489–498, 1987
- 4) 放射線の緊急医療—RI 使用施設から原発サイト, ソフトサイエンス社, 1986, p. 26
- 5) 山崎文男, 他: アイソトープ便覧, 第 3 版, 丸善株式会社, 東京, 1984, p. 756
- 6) 菅野 嶽, 村上松太郎, 三浦修一, 他: ポジトロン核医学システムの設計と運営—秋田脳研ポジトロン核医学施設の基本構想—. *核医学* 22: 119–127, 1985
- 7) 蜂谷武憲, 相沢康夫, 庄司安明, 他: Positron Emission Tomography 検査従事者の被曝線量. *日本放射線技術学会誌*, 投稿中
- 8) 蜂谷武憲, 上村和夫, 相沢康夫, 他: 秋田県立脳血管研究センターにおけるサイクロトロン核医学検査施設—放射線安全管理からみたわれわれの経験—. *RADIOISOTOPES* 35: 42–50, 1986
- 9) フィルムパッジ・サービス技術室内資料, 長瀬ランダウア株式会社編