



Title	水と等価な固形Phantomの試作
Author(s)	尾内, 能夫; 楠本, 五郎
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1959, 19(5), p. 1012-1016
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/15156
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

水と等価な固体 phantom の試作

癌研究会附属病院放射線科（前部長塚本憲甫博士，部長山下久雄博士）

尾 内 能 夫 楠 本 五 郎

（昭和34年5月25日受付）

I 緒 言

X線や cobalt-60γ線の深部線量あるいは表面線量を測定する場合に、人体と等価なファントームを用いれば、その値は最も正確であろう。しかし、人体には筋肉以外に脂肪、骨、其他場所によつては空気も存在することもあつて全く人体と同じ構成でつくることは困難である。たとえある人体と同じ構成でつくつたとしても、それはある特定の人体と等価であつてすべての人体と等価であるとは限らない。そこで人体を構成する要素の中で最も大きな部分を占める筋肉と等価な物質でファントームをつくつて深部線量を測定し、更に骨や空気を適当に配置して測定を重ね、それらを補正して深部線量を推定するのが現在の方法である。

Spiers¹⁾ は筋肉に最も近い物質は水であるとしているが、この水ファントームでは都合の悪い場合がある。そこで種々の固体ファントームが考えられているわけである¹⁾⁻⁵⁾。

Jones²⁾ は Mix D と呼ばれるパラフィン 60.8%，ポリエチレン 30.4%，酸化マグネシウム 6.4%，二酸化チタン 2.4% の混合物をつくつてこれが低エネルギーX線から高エネルギーX線まで水と等価であることを示している。

我々もこの Mix D を試作して、水と等価であるかどうかを確めたところ、密度が水より低いものしか得られなかつた。そこで水より密度の大きい松脂を Mix D に混入し、密度も原子番号も水と等価であると考えられる固体物質を試作したので報告する。

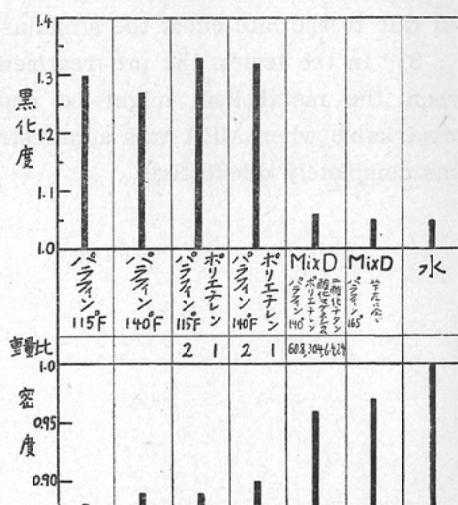
II 予備実験

市販の材料を用いて、Mix D を試作し密度と原子番号が水と等価であるかを調べた。密度は水に浮べてその浮遊の程度から判断し、更に体積と重量から計算した。原子番号はX線的に水と等価であればよいわけであるから、その物質を水中に沈め 50kVp X線で撮影して水の部分との黒化度の差即ち水と吸收の差を比較した。低エネルギーX線では光電効果による吸收が主として起るから、吸收は原子番号の 3 乗に比例して大きくなり、原子番号の少しの違いが大きくきいてくる筈である。

第1図にその結果を、Mix D の材料であるパラフィンおよびパラフィンとポリエチレンの混合

第1図 水、MixD、パラフィンおよびパラフィンとポリエチレンの混合物の密度と実効原子番号の比較

（実効原子番号については 50 kVp X線の透過量を黒化度で比較）



物と比較して示した。金属酸化物の入らないパラフィン等は水より黒化度が著しく大きいが、Mix D は殆んど水と異ならない。これはパラフィン等の密度が小さいことにもよるが、主としてその実効原子番号が水より小さいためであり、Mix D は水と殆んど等しい実効原子番号をもつてることを示している。しかし、こゝに用いたパラフィンでは Mix D の密度が $0.96\sim0.97\text{g}/\text{cm}^3$ で水より小さい。もつと密度の大きい例えは蜜蠟($0.96\text{g}/\text{cm}^3$ 程度)を使用すれば Jones の試作した Mix D のように $0.99\text{g}/\text{cm}^3$ の密度のものが得られると考えられるが、蜜蠟は價格が高い。

第1表 試作 phantom 用物質(Mix DP)の成分

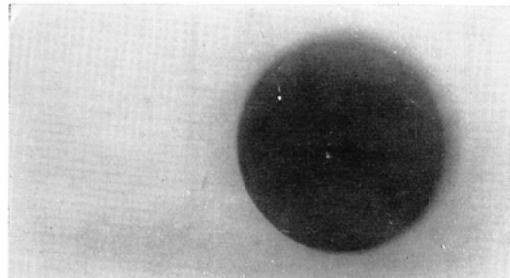
成 分	密 度	重量比
paraffin 140°F	0.89	50
polyethylene	0.92	25
pine resin	1.07	16.2
magnesium oxide	≈ 3.5	6.4
titanium dioxide	≈ 4.00	2.4

第2図 厚さ10cmのMixDPとパラフィンを水に浮べてその密度を比較している写真



そこで値段が安くて、しかも密度の大きい松脂を Mix D に加えて密度をあげる方法を考えた。しかし単に Mix D に松脂を加えて密度を $1.0\text{g}/\text{cm}^3$ としたのでは実効原子番号が水と等價にならない。試行錯誤 (trial and error) の方法で何回も成分比を変えては、密度と原子番号を前記の方法でしらべて、第1表のような重量比でそれが達成された。

第3図 水中に Mix DP および paraffin を完全に沈めて、50 kVp X線で撮影した写真
Mix DP (厚さ10cm) paraffin (厚さ10cm)



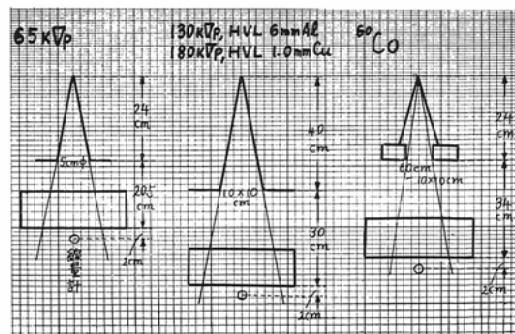
第2図は水に浮べたこの試作物質（以下 Mix DP と呼ぶ）とパラフィンの写真である。Mix DP は10cmの厚さがあるが 9.9cm以上沈んでいる。従つて密度は $0.99\text{g}/\text{cm}^3$ 以上と推定される。又第3図は水中に Mix DP とパラフィンを完全に沈めて50kVp X線で撮影した写真であるが、Mix DP は水と殆んど区別できない。

このように Mix DP は水と等價であると考えられるので、大量の Mix DP をつくり、これを旋盤で削つて種々の厚さをもつ一様な厚さのものとした。このファントームを用いて各種エネルギーのX線の透過線量および散乱線量を水およびパラフィンと比較した。

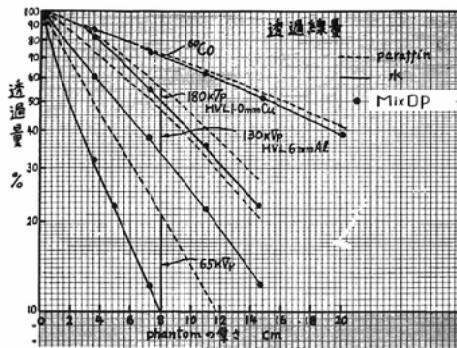
III 透過線量の比較

65kVp, 130kVp (HVL 6 mmAl), 180kVp (HVL 1.0mmCu) および $\text{Co}^{60}\gamma$ 線の透過線量を第4図の幾何学的配置で測定した。測定器は Siemens 製の universal dosimeter で電離槽

第4図 透過線量測定の幾何学的配置図



第5図 透過線量の比較



の大きさは直径3cm、長さ7cmである。尙、水は4mmのアクリル樹脂製の容器に入れ、他の物質は同じ厚さのアクリル樹脂板の上に試料をのせて条件が等しくなるようにした。測定結果は第5図に示す如くで、パラフィンはX線のエネルギーが低くなる程、水との差が著しくなるが、Mix DPは低エネルギーX線でも水と殆んど差が認められない。

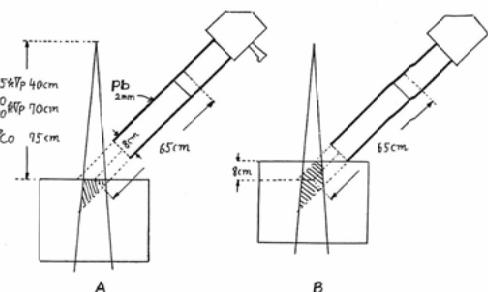
IV. 散乱線量の比較

第6図の幾何学的配置で前記と同じX線の135度散乱線量を測定した。測定器は神戸工業製の電離槽型 Survey meter である。第2表にその結果を示した。このように散乱線量についても Mix DP は水と殆んど違わないことが認められた。

V. 考 按

Jones²⁾ は Mix D ファントームが低エネルギーX線の深部線量測定にも適していることを示したが、Oosterkamp³⁾ はその後、Mix D は低エネルギーX線には適しないことを指摘した。我々の作った Mix DP は Mix D と金属酸化物の成分比は同じで低原子番号の物質の量が少し違う程度であるから Mix D と等価であると考えられる。この Mix DP が低エネルギーX線について透過線量と散乱線量とが水と同等であると確認されたことは、Jones の Mix D も低エネルギーX線で水と等価であると考えられる。最近 Jones⁷⁾ は Oosterkamp に対して Mix D は低エネルギーX線でも水と等価であると反論しているが、Jones の主張が正しいように思われる。

第6図 135度散乱線量測定の幾何学的配置図



唯、我々は深部線量について比較していないから、この点に問題があるかも知れないが、Jones はこれについて確かめているし、又透過線量と散乱線量について同等であれば、深部線量についても同等であると考えて差支えないように思われる。深部線量を水中で測定する場合にはその深さが正確である必要があるので、そのような装置を製作中であるから、準備の整い次第測定する予定である。

尙、Mix DP の製作に当つて注意すべきことをつけ加えておく。金属酸化物を一様に混合するには、何回かとかしては固めて、その都度残渣を

第2表 散乱線量の比較

条件0cmは第6図A、条件8cmは同図Bの幾何学的配置における散乱線量

	条件	水	Mix DP	パラフィン
65 kVp	0cm	1.0	1.0	1.52
	8cm	1.0	1.0	1.97
130 kVp	0	1.0	1.0	1.33
	8	1.0	1.0	1.41
180 kVp	0	1.0	1.0	1.07
	8	1.0	1.0	1.12
Co^{60}	0	1.0	0.99	0.96 ₃
	8	1.0	0.99 ₆	0.97 ₅

よくすりつぶすといよい。「す」ができるのを防ぐにはパラフィンと同様に急冷しないように注意すればよい。又、ポリエチレンには種類があつて、融点の高いものを用いるとパラフィンと混合させるとき引火するおそれがあるから注意を要する。我々の用いたポリエチレンは米国 Allied Chemical of Dye Corporation 製のACポリエチレン No. 6 で融点97～102°C、比重0.92である。

VI. 総括並びに結語

Jones の Mix D を試作したところ、密度が水より小さいものしか得られなかつたので、Mix D に松脂を加えて密度も実効原子番号も水と等價であると考えられるファントーム用物質を作つた。このファントームについて65kVp, 130 kVp, 180kVp X線および Co⁶⁰ γ 線の透過線量および 135 度散乱線量を測定し、そのいずれもが水と殆んど差が認められないことを確めた。

以上のことからこゝに試作したファントーム用物質 Mix DP は低エネルギーX線から高エネルギーX線にいたるまで深部線量測定用のファントーム物質として適當であると考える。

終りに御指導、御校閲を賜つた前部長塙本憲甫放医研所長、山下久雄部長ならびに本実験に御助力下さつたレントゲン室の和久井、鶴田、森の各技師に深謝する。

尚、本論文の要旨は第106回日本医学放射線学会関東

部会において発表した。

文献

- 1) Spiers, F.W.: Materials for depth dose measurement. Brit. J. Radiol. 16, 90, 1943. —
- 2) Jones, D.E.A. and Raine, H.C.: A letter to the editor. Brit. J. Radiol. 22, 549, 1949. —
- 3) Harris, J.H., Tuddenham, W.J., Stantom, L., Glauser, F., and Pendergrass, E.P.: The development of a chest phantom for use in radiologic dosimetry. Radiology. 67, 805, 1956. —
- 4) Wagner, G.: Vergleichende Dosismessungen langwelliger Röntgenstrahlen in verschiedenen phantomsubstanzen. Strahlentherapie. 100, 291, 1956. —
- 5) 橋詰：線量分布の測定（第2報）治療用ファントーム、日本医放会誌、15, 87, 1955. —
- 6) Oosterkamp, W.J. and Proper, J.: The water equivalence of the phantom material Mix D for soft X-rays. Brit. J. Radiol. 31, 644, 1958. —
- 7) Jones, D.E.A.: The water equivalence of "Mix D" phantom wax for soft quality X-rays. Brit. J. Radiol. 32, 68, 1959.

Trial Production of a Water-Equivalent Solid Phantom Material

by

Y. Onai and G. Kusumoto

(Radiological Division, Hospital of Cancer Institute, Tokyo, Japan)

Though we attempted to make "Mix D" phantom wax which was developed by Jones and Raine, we have been unable to make "Mix D" wax of the same density as theirs. Density of paraffin wax used here was 0.89 g/cm³ and that of our manufactured "Mix D" was 0.96 g/cm³.

In order to increase density, the quantities of paraffin and polyethylene were reduced and in place of them pine resin, density of which was 1.07 g/cm³, was added in the composition of "Mix D". The composition of the new material by weight is

Paraffin wax	50 %
Polyethylene	25 %
Pine resin	16.2%
Magnesium oxide	6.4%
Titanium dioxide	2.4%.

Density of this material is 0.99 g/cm³. The effective atomic number was estimated by taking the radiograph of a block of the material just completely immersed in water. Using 50 kVp X-rays, a block of the new material was invisible in the

radiograph, while paraffin showed up clearly as shown Fig. 3.

Using X-rays of 65 kVp, 130 kVp, 180 kVp and Co^{60} γ -rays, comparative tests were made on transmission and 135-degree-scattered radiation doses with geometrically similar arrangement between water and the new phantom material. The new material gave data in agreement with water within the limits of experimental error.