

Title	MR imagingによる線量分布測定用ファントムのゲル材の開発
Author(s)	平岡, 武; 福田, 信男; 星野, 一雄 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1992, 52(7), p. 1039-1041
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/20396">https://hdl.handle.net/11094/20396</a>
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

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

Osaka University

研究速報

## MR imaging による線量分布測定用ファントムのゲル材の開発

放射線医学総合研究所物理研究部，同 臨床研究部<sup>1)</sup>，同 病院部<sup>2)</sup>

平岡 武 福田 信男<sup>1)</sup> 星野 一雄

池平 博夫<sup>1)</sup> 中野 隆史<sup>2)</sup> 川島 勝弘

（平成4年3月31日受付）

（平成4年4月30日最終原稿受付）

### Development of a Gel Phantom for Dose Distributions by MR Imager

Takeshi Hiraoka, Nobuo Fukuda<sup>1)</sup>, Kazuo Hoshino, Hiroo Ikehira<sup>1)</sup>,  
Takashi Nakano<sup>2)</sup> and Katsuhiko Kawashima

National Institute of Radiological Sciences, Division of Physics, Division of Clinical  
Research<sup>1)</sup>, Division of Hospital<sup>2)</sup>

---

Research Code No. : 203.2

---

Key Words : Dose distribution, Gel, MR imager,  
Fricke dosimetry

---

We reported a method of determining spatial dose distributions in tissue-equivalent phantoms using nuclear magnetic resonance imaging. To make a gel phantom, a cross-linked dextran gel (Sephadex G-200) was used as fixation agent of a ferrous sulphate solution. Although high quality images are obtained, the cost is very expensive to make the gel. We developed a new gel which is combined with an extra water absorbent polymer (Sumikagel N-100) and Sephadex G-200. The gel permits the determination of dose distributions for three dimensional treatment planning.

#### はじめに

鉄化学線量計溶液（Fricke 溶液）に放射線を照射し，MRI によりプロトンの核スピン緩和率が照射した線量に比例することから，我々は溶質の時間的移動を架橋デキストランゲル（商品名セファデックス G-200）を用い，三次元線量分布をデジタル画像としてとらえることに成功した<sup>1)2)</sup>。この方法によれば，0～25Gy までは照射した線量とレスポンスとの間に直線関係がある。また，ゲル中のセファデックス量は3.3重量%と少量であるので，放射線に対してほとんど水と同じ特性を示す。この方法により高画質の線量分布が得られるが，唯一の大きな欠点はゲル化材が極めて高価であるため，普及化が困難であった。多くのゲルの開発が行われているが，いずれも拡散による溶質の移動

が大きく，実用化の段階に至っていない。我々は，高吸水性ポリマーと架橋デキストランゲルとを組合せたゲルを作ることによりこの欠点を改良し，高画質の三次元線量分布画像を得ることが出来た。

#### 方法

ゲル化に用いた主剤は高吸水性ポリマー（商品名スミカゲル N-100）である。これはアクリル酸ソーダ重合体であり，平均粒径200 $\mu$ m の白色粉末で，純水では自重の1,000倍もの水を吸収する能力を有する。線量分布の検出には硫酸濃度が0.4N（規定）の Fricke 溶液を用いた。この溶液に1重量%のセファデックス G-200を添加して良く攪拌し，3.8重量%のスミカゲル N-100を徐々に添加してゲル（以下ゲル溶液と記す）を作製した。ゲル

溶液の粘度はかなり高く、数 l の容積のファントムの照射や、照射後 MR 装置への移動に伴う溶質の動きには問題がない。

### 結 果

4ml の Fricke 溶液とゲル溶液を培養試験管に入れて放射線に対するレスポンスを求めた。照射は 12MeV 電子線によりアクリルファントム中 1.5cm の深さにて行った。線量の評価は標準測定法<sup>3)</sup>に従った。Fig. 1 に両溶液に対する緩和率を線量の関数として示す。緩和率は MRI (Philips Gyroscan S15) の頭部コイルにて測定した。Fricke 溶液では 30Gy まで直線関係が得られ、□印は実験値であり、実線はその回帰直線を示す。単位 Gy 当りの緩和率の変化は  $0.0206s^{-1}$  である。他方ゲル溶液では 25Gy までは直線関係が得られ、図の実線は●印の実験値 (0~25Gy まで) の回帰直線である。線量に対する緩和率の変化は  $0.0462s^{-1}$  であり、Fricke 溶液より約 2 倍に感度が増幅されている。これは、セファデックスやスマシカゲルにより、Fricke 溶液の化学反応にくらべて、複雑な化学反応が生ずることに原因しているが、このメカニズムの詳細は不明である。それぞれの実験点は、3回の照射による 6 サンプルの平均値で、各点の縦線は標準偏差を示す。

### 線量分布画像

アクリル製ファントム ( $18 \times 10 \times 10cm^3$ ) にゲル

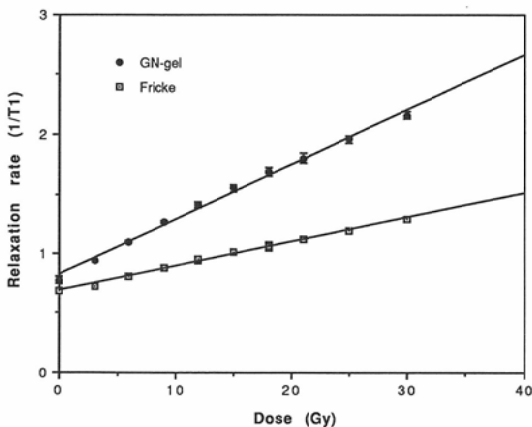


Fig. 1 The relaxation rate as a function of absorbed dose for Fricke solution (square) and the gel phantom (closed circle).

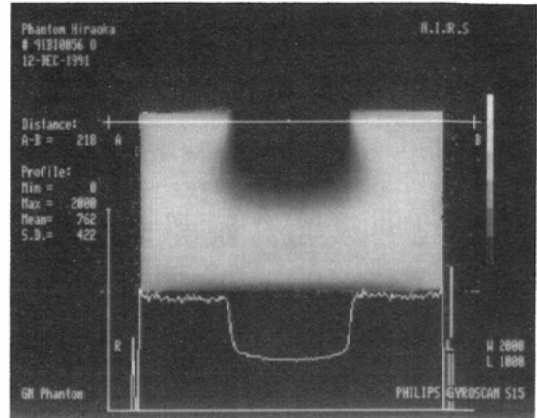


Fig. 2 An MR image in a plane parallel to the incident 12 MeV electron beams in the gel phantom.

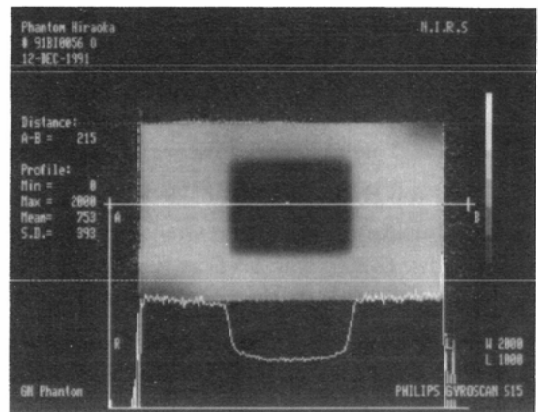


Fig. 3 An MR image in a plane perpendicular to the beam axis at a depth of 1cm for 12 MeV electron beams.

溶液を満たし、 $8 \times 6cm^2$  の照射野にて 12MeV 電子線をピーク深で 25Gy になる様に照射した。Fig. 2 は照射野の長軸面での分布画像及び中心軸上 A-B での分布曲線を示したものであるが、これは  $T_1$  そのものの分布であるので、線量はこの逆数に比例する。Fig. 3 は同じファントムの 1cm の切断面の分布画像を示す。図はやはり  $T_1$  値の横分布を示したものである。これらの分布は 1 回スキャン測定で、スライス幅は 1cm である。両分布とも電子線の様子を良く示している。

これらの分布画像では、溶質がいかにか完全に固

定されているかが重要である。そこで前記ファントムを用い、Fig. 2に示した横分布の半影の時間経過を測定した。便宜上半影を80~20%幅とし、照射直後の値に対して1時間後で0.5mm, 2時間後でも1.8mmの広がりであった。従って、MR装置での測定が照射後数時間以内に行われれば、溶質の移動による線量分布への影響はほとんど無視出来る。

### 考 察

化学線量計として用いられる標準のFricke溶液は0.8Nの硫酸濃度であるが、ここではゲルの安定化のためや、取り扱いの点で0.4Nを使用した。このことによりN-100の添加量を少なくすることができ、また、ゲル溶液の安定性は0.8Nと比較して変化は見られなかった。1重量%のセファデックス添加による溶質の移動は実用上無視できる。ゲル材質はほとんどC, H, Oと言った元素が主体であり、また添加量も少ないから、このファントムで得られる線量分布は人体軟組織(水等価)

にはほぼ等しいと考えられる。

現在これらの画像データを放射線治療計画装置(RTP)に転送し、等線量曲線の表示プログラムの作成と、その治療計画への利用を検討している。スミカゲルはセファデックスの約1/400の値段(単位重さ当り)であるから、多方面での利用が期待出来る。

本研究のファントム照射は坂下邦雄技師長の援助により行われ、ここに深く感謝致します。

### 文 献

- 1) 平岡 武, 福田信男, 池平博夫, 他: MRIによる線量分布の画像化, 日本医放会誌, 46: 503-505, 1986
- 2) Hiraoka T, Fukuda N, Ikehira H, et al: Digital Imaging of Dose Distributions Using NMR Imager, Nippon Act Radiol Vol. 52, No. 8, 1992
- 3) 日本医学放射線学会物理部会編: 放射線治療に於ける高エネルギーX線および電子線の吸収線量の標準測定. 通商産業研究社, 1986