

令和 4 年 6 月 9 日現在

機関番号：32607

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2021

課題番号：18K07769

研究課題名(和文) 実用化に向けた高線量率小線源治療におけるポリマーゲル線量計の測定技術の確立と応用

研究課題名(英文) Measurement of dose distribution using a polymer gel dosimeter for high-dose rate brachytherapy

研究代表者

渡邊 祐介 (Watanabe, Yusuke)

北里大学・医療衛生学部・講師

研究者番号：90582742

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：高線量率小線源治療(HDR-BT)は、体内への密封放射性同位元素(線源)の移送位置を立体的に決定し、急峻な線量勾配である複雑な線量分布形状にて照射が行われる。そのため、3次元線量データを測定できる統合線量計が求められている。本研究では、ポリマーゲル線量計を利用してIr-192線源を使用したHDR-BTの3次元線量分布の測定法を確立し、臨床で実際に行われている治療プランによる総合的な検証法と線源移送精度検証に成功した。HDR-BTの3次元線量分布検証におけるポリマーゲル線量計の可能性を示唆する有意な結果を得ることができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年、高線量率小線源治療(HDR-BT)は、複雑な治療プランによる線源移送が可能となった。一方で、ヒューマンエラーや装置の誤作動のリスク管理はより重要となった。線量分布検証には電離箱線量計やフィルムが使用されているが、ポイントまたは2次元での線量分布測定に制限される。本研究では、HDR-BTの線量分布に対するポリマーゲル線量計の基礎特性を詳細に評価し、使用方法を確立することに成功した。ポリマーゲル線量計は、HDR-BTの特徴に対応して簡便で正確に実施でき、臨床現場のマニパワーと費用の課題を解決できる有用な測定ツールとして期待できる。

研究成果の概要(英文)：In high-dose-rate brachytherapy (HDR-BT), the position of the source transported into the body is arranged three-dimensionally in consideration of the geometrical positional relationship with the tumor and normal tissue. Complicated dose distribution is delivered to the tumor with a steep dose gradient. Therefore, a quality assurance program for the treatment equipment and comprehensive dose distribution verification of the treatment process is required to perform HDR brachytherapy correctly. In this study, we established a method for measuring the three-dimensional (3D) dose distribution of the HDR-BT clinical plan using a polymer gel dosimeter. Furthermore, we succeeded in verifying the transportation of the source. The polymer gel dosimeter can be used as a dosimeter for complex dose distribution measurements in HDR-BT.

研究分野：放射線治療技術学、医学物理学

キーワード：ポリマーゲル線量計 高線量率小線源治療 3次元線量分布 放射線計測 品質管理

1. 研究開始当初の背景

高線量率小線源治療 (high-dose-rate brachytherapy: HDR-BT) は、遠隔操作式後充填装置 (remote after loading system: RALS) を使用して腫瘍内またはその近傍に直接、密封放射性同位元素 (線源) を移送し近接照射する。その線量分布は、線源からの距離に応じて急峻であるため、周囲の正常組織への放射線損傷から保護することが可能となる。近年、治療計画装置 (treatment planning system: TPS) と治療装置の進歩、画像誘導小線源治療の導入により複雑な治療計画による線量投与が行われるようになった。ただし、治療効果は線源の移送精度に大きく影響されるため、精度の高い照射技術と精度管理が必要となる。人的ミスや装置の誤作動などが起こった場合、腫瘍に対する線量不足による治療効果の低下や正常組織への過剰線量による重篤な障害が発現する危険性がある。これまでに HDR-BT に関する多くの医療事故が報告されている。HDR-BT が安全に実施されるために厳密なガイドラインが提供され、品質管理 (quality assurance: QA) を実施し、線源移送の正確さを確保している。HDR-BT の QA には、治療装置の動作確認、TPS の精度検証と線源強度の測定、および治療プランの包括的な投与線量検証がある。しかし、HDR-BT では、装置 QA にとどまり、臨床プランにおける包括的な線量分布検証の整備が急務である。HDR-BT では、立体的な線源配置による複雑な線量分布を正確に検証するためには、投与される 3 次元線量分布を実測して検証することが望ましい。一般に使用される電離箱線量計やフィルムでは、ポイントまたは 2 次元での測定に限定される (図 1)。また、外部放射線治療で利用される固体ファントムでは、その内部にカテーテルやアプリケーションを配置することが困難である。ポリマーゲル線量計は、ゲル化前は液体であり線量計自体がファントムとして扱うことができるため、線量計内へのカテーテルやアプリケーションの配置が容易である。そのため、ポリマーゲル線量計は、HDR-BT の有用な 3 次元線量データを測定できる統合線量計として期待できる。

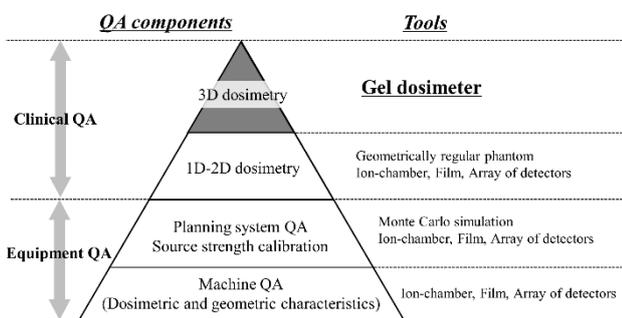


図 1. 高線量率小線源治療における品質保証の階層。

2. 研究の目的

本研究では、線源からの距離や立体的配置により急激に変化する HDR-BT の 3 次元線量分布測定にポリマーゲル線量計を適用した。そのため、様々な線量 (率) に応じたポリマーゲル線量計の基礎特性を評価した。さらに、HDR-BT の代表的な適応疾患である前立腺癌と子宮頸癌の臨床プランにおける 3 次元線量分布検証を遂行し、臨床現場での測定手技を確立した。ポリマーゲル線量計による HDR-BT の装置 QA のみならず治療計画を総合的に検証できるシステムを新たに開発し、実用化を目的とした。

3. 研究の方法

本研究では、normoxic *N*-vinylpyrrolidone-based polymer gel (VIPET) を採用した。また、増感剤として無機塩 (MgCl₂) を添加した高感度 VIPET (iVIPET) を用いた。測定値の読み出しには、核磁気共鳴画像法 (magnetic resonance imaging: MRI) にて横緩和時間 T_2 の逆数である横緩和速度 R_2 を測定し、吸収線量に変換した。HDR-BT における 3 次元ゲル線量計の実用化に向けて、以下の 3 つの項目を遂行した。

- (1) ¹⁹²Ir 線源に対するポリマーゲル線量計の基礎特性評価
- (2) 線源移送精度評価へのポリマーゲル線量計の利用
- (3) 臨床プランによる線量分布検証へのポリマーゲル線量計の利用

HDR-BT では、線源移送のためゲルサンプル内部にカテーテルやアプリケーションを配置する必要がある。ただし、ポリマーゲル線量計は、酸素の混入によりラジカル重合反応の阻害が問題となるため、HDR-BT の線量分布測定時には酸素混入の防止することが必要であった。本研究ではカテーテルやアプリケーションの配置可能なテンプレートおよびガラス管を利用して、ゲル溶液のガラス製封入容器を独自に設計・製作した。さらに、MR 画像による線量データ読み出しでは、カテーテル空洞の空気とゲル組成との磁化率の差異のために、その境界面で歪みが生じる磁化率アーチファクトや急峻な線量勾配部分での部分体積効果を解決するため、高空間分解能画像の取得、撮像時間の短縮および信号対雑音比の向上を含めた撮像パラメータの最適化を実施し

た。そして、 ^{192}Ir 線源に対する VIPET と iVIPET の線量応答性を評価し、線量不確かさと線量分解能を算出した。基礎特性の評価および HDR-BT 特有の課題を解決した後、装置 QA と臨床プランにおける包括的な線量分布検証の観点から HDR-BT へのポリマーゲル線量計の利用を試みた。装置 QA については、VIPET をガラス容器に封入し、ポリアセタール製アプリケーションセンターを挿入し、 ^{192}Ir 線源を移送した。線源をアプリケーションセンターの長軸距離 60 mm の範囲に線源停留間隔 2.5 mm, 5.0 mm, 10.0 mm でそれぞれ停留し照射した。得られた R_2 画像を線量変換し、線源から 2 mm の距離における線量プロファイルのピーク間隔から線源停留間隔を算出し、ポリマーゲル線量計による線源移送精度の検証を実施した。臨床プランにおける線量分布検証は、HDR-BT が適応される前立腺癌や子宮頸癌の治療計画を再現したファントムを作製し、実際に臨床で実施される治療計画での照射条件により照射した。線量変換後に TPS で算出した基準値と比較した。さらに、臨床現場に導入に関する測定時間、費用、および人員などシステム運用に関する課題や臨床データ固有の測定精度への影響を検出し、実用化について総合評価した。

4. 研究成果

(1) ^{192}Ir 線源に対するポリマーゲル線量計の基礎特性

VIPET と iVIPET をガラスバイアルに封入し、 ^{192}Ir 線源をサンプル内に移送するために照射の直前にポリアセタール製アプリケーションセンターを配置した。サンプル中央に ^{192}Ir 線源を 1 点停留させ、線源中心から 10 mm に 5, 10, 20, 30, 40, 60, 80, 100 Gy を照射して線量応答性を評価した。照射後の iVIPET を図 2 に示す。線量増加とともに線源中心から白濁が広がっていることが視覚的に観察できた。また、VIPET と iVIPET は、0–30 Gy で線量と R_2 に強い線形相関を認め、VIPET と iVIPET の線量感度は、それぞれ $0.076 \pm 0.001 \text{ s}^{-1} \text{ Gy}^{-1}$ 、 $0.258 \pm 0.002 \text{ s}^{-1} \text{ Gy}^{-1}$ であった (図 3a)。iVIPET の線量感度は VIPET の 3.4 倍であり、線量不確かさと線量分解能が大きく改善した (図 3bc)。この結果は、国際学術誌に発表した (Watanabe Y et al. Phys Med. 57:72-79, 2019.)。

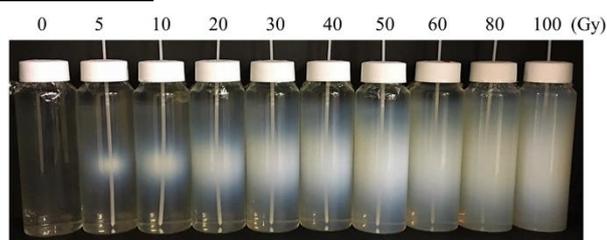


図 2. ^{192}Ir 線源による照射後のポリマーゲル線量計.

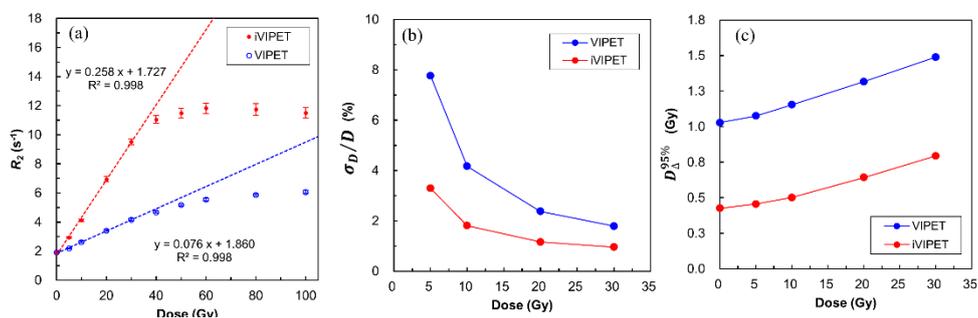


図 3. VIPET および iVIPET 線量計の (a) 線量応答特性、(b) 線量の不確かさ、(c) 線量分解能.

(2) ポリマーゲル線量計を利用した線源移送精度

図 4 に線源停留間隔が 2.5 mm、5.0 mm、および 10.0 mm にて照射した VIPET 線量計の外観を示す。複数の線源位置に対応した白濁と R_2 の上昇を確認した。線源停留間隔が大きくなるにつれ、線量プロファイルのピーク位置が明確に識別できた。線源停留間隔が 5 mm と 10 mm の場合の線源位置の測定精度は、それぞれ $0.1 \pm 0.1 \text{ mm}$ と $0.1 \pm 0.3 \text{ mm}$ であった。線源サイズにより、2.5 mm では検出が困難であった。ただし、線源位置の測定精度は、高い信号対雑音比と MR 画像の高解像度によって改善が期待でき、ポリマーゲル線量計による臨床プランで設定される線源停留間隔における線源位置検証への応用が可能な結果が得られた。

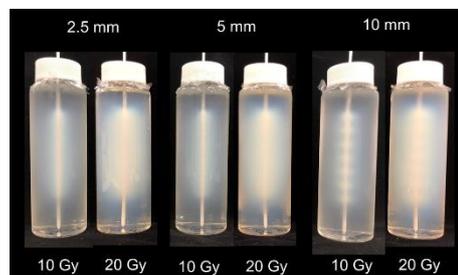


図 4. 線源停留間隔が 2.5、5.0、10.0 mm にて照射したポリマーゲル線量計の外観.

(3) ポリマーゲル線量計を利用した臨床プランによる線量分布検証

HDR-BT の代表的な適応疾患である前立腺癌や子宮頸癌の臨床プランを想定したポリマーゲル線量計ファントムを作製した。測定した線量分布は、TPS の計算値とガンマ解析により評価した。前立腺癌に対する組織内照射プランをシミュレートした治療計画の線量分布測定は、18 本

のフレキシブルカテーテルを固定できる自作亚克力製テンプレートを使用し、円筒形のガラス容器にVIPETとiVIPETを封入した(図5a)。すべてのカテーテルで5mm間隔で9点に線源を停留させ、標的領域(外側カテーテル)に10Gy照射した。前立腺癌プランにおける線量分布のVIPETとiVIPETの測定値とTPS計算値と比較した等線量曲線とガンマ解析結果を図5bcに示す。VIPETとiVIPETのガンマパス率は、それぞれ2%/2mm基準に従って90.1%および97.9%でよく一致した。高感度のiVIPETでは、リスク臓器の低線量領域の測定精度が向上した。子宮頸癌に対する腔内照射プランをシミュレートした治療計画の線量分布測定は、円筒形のガラス容器にVIPETを充填した。さらに、タンデム・オボイドアプリケーションを直径5mmのガラス管で再現し配置した(図6a)。ガラス管の中に直径2mmのフレキシブルカテーテルを挿入して、線源を移送した。タンデムに6点、オボイドに4点に線源を停留させ、処方線量は、臨床ケースで利用されるA点に相当するポイントに6Gyを照射した。TPS計算値と比較した等線量曲線とガンマ解析結果を図6bcに示す。TPSと3%/2mmでガンマ解析により比較した結果、ガンマパス率は90%でよく一致した。また、両側のA点線量は、6Gyに対して、それぞれ5.8Gyと5.9Gyであり、評価点線量の評価も可能であることが示唆された。ポリマーゲル線量計は、HDR-BTの臨床プランによる線量分布検証に必要な3次元線量データでの評価が可能な有用な測定ツールである。

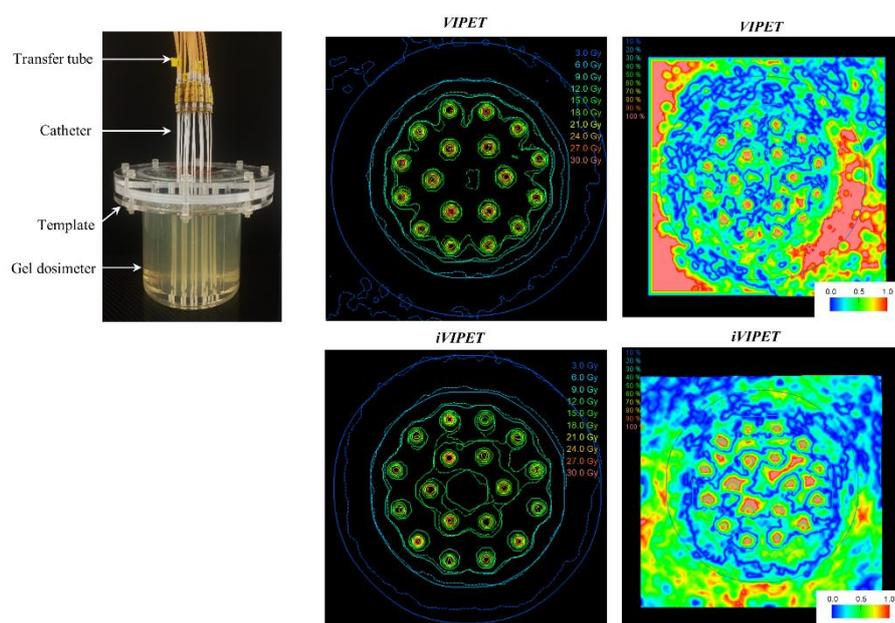


図5. 前立腺癌への高線量率小線源治療を想定したポリマーゲル線量計による3次元線量分布検証. (Watanabe Y et al. Phys Med. 57:72-79, 2019.)

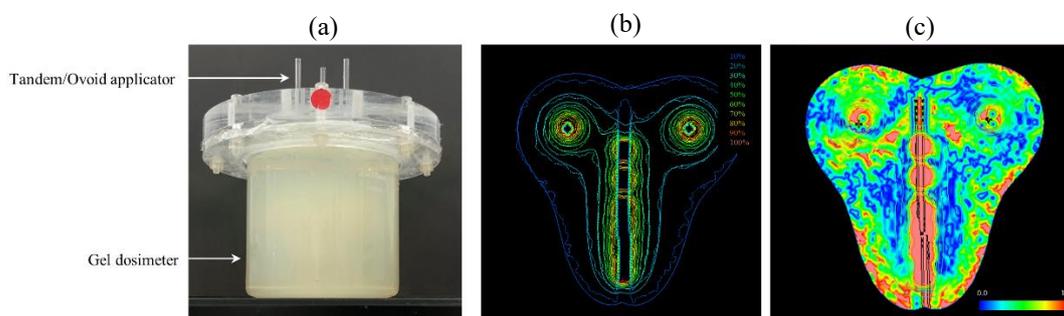


図6. 子宮頸癌への高線量率小線源治療を想定したポリマーゲル線量計による3次元線量分布検証.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Inoue K, Watanabe Y, Maeyama T, Mizukami S, Hayashi S, Terazaki T, Muraishi H, Gomi T, Shimono T	4. 巻 2167
2. 論文標題 Dosimetry in high-dose-rate brachytherapy with a radio-fluorogenic gel dosimeter	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Physics: Conference Series	6. 最初と最後の頁 12032
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1088/1742-6596/2167/1/012032	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Maeyama T, Yoshida K, Watanabe Y, Inui H	4. 巻 418
2. 論文標題 Improvement of light stability of DHR123 radio fluorogenic nano clay gel dosimeter by incorporating a new dispersant	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry	6. 最初と最後の頁 113423
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.jphotochem.2021.113423	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Watanabe Y, Maeyama T, Mochizuki A, Mizukami S, Hayashi S, Terazaki T, Muraishi H, Takei H, Gomi T, Shimono T	4. 巻 65
2. 論文標題 Verification of dose distribution in high-dose-rate brachytherapy using a nanoclay-based radio-fluorogenic gel dosimeter	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physics in Medicine & Biology	6. 最初と最後の頁 175008
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1088/1361-6560/ab98d2	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Mochizuki A, Maeyama T, Watanabe Y, Mizukami S.	4. 巻 10
2. 論文標題 Sensitivity enhancement of DHR123 radio-fluorogenic nano clay gel dosimeter by incorporating surfactants and halogenides	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 RSC Advances	6. 最初と最後の頁 28798
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1039/d0ra02717k	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Tachibana Hidenobu, Watanabe Yusuke, Mizukami Shinya, Maeyama Takuya, Terazaki Tsuyoshi, Uehara Ryuzo, Akimoto Tetsuo	4. 巻 -
2. 論文標題 End-to-end delivery quality assurance of computed tomography-based high-dose-rate brachytherapy using a gel dosimeter	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Brachytherapy	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.brachy.2020.02.002	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Maeyama T, Kato A, Mochizuki A, Sato N, Watanabe Y, Mizukami S	4. 巻 298
2. 論文標題 Dose-rate-independent and diffusion-free nanoclay-based radio-fluorogenic gel dosimeter	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Sens Actuators A-Phys	6. 最初と最後の頁 111435
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.sna.2019.06.015	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Watanabe Y, Mizukami S, Eguchi K, Maeyama T, Hayashi S, Muraishi H, Terazaki T, Gomi T	4. 巻 57
2. 論文標題 Dose distribution verification in high-dose-rate brachytherapy using a highly sensitive normoxic N-vinylpyrrolidone polymer gel dosimeter	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physica Medica	6. 最初と最後の頁 72~79
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ejmp.2018.12.007	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計30件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 6件)

1. 発表者名 Inoue K, Watanabe Y, Maeyama T, Mochizuki A, Mizukami S, Hayashi S, Terazaki T, Muraishi H, Gomi T, Shimono T
2. 発表標題 Usefulness of a nanoclay-based radiofluorogenic gel dosimetry for quality assurance of high-dose-rate brachytherapy
3. 学会等名 International Conference on 3D and advanced dosimetry (IC3DDose) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 渡邊祐介, 前山拓哉, 水上慎也, 林慎一郎, 井上幹太, 室橋 昂希, 沼田 春輝, 村石 浩, 五味 勉
2. 発表標題 高線量率小線源治療におけるポリマーゲル線量計の最適なキャリブレーション法の検討
3. 学会等名 第10回3次元ゲル線量計研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 井上幹太, 渡邊祐介, 前山拓哉, 村石浩, 小林直貴, 水野友慎
2. 発表標題 3次元蛍光断層スキャナの基礎特性の評価と高線量率小線源治療への応用
3. 学会等名 第10回3次元ゲル線量計研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 井上幹太, 渡邊祐介, 前山拓哉, 吉田和輝, 村石浩, 水上慎也, 下野哲範
2. 発表標題 3D蛍光断層撮影スキャナの開発～光安定性向上による蛍光強度分布測定の改善～
3. 学会等名 第49回日本放射線技術学会秋季学術大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 井上幹太, 渡邊祐介, 前山拓哉, 吉田和輝, 村石浩, 水上慎也, 下野哲範
2. 発表標題 3D蛍光断層撮影スキャナの開発～シリアル通信による自動収集システムの構築～
3. 学会等名 第77回日本放射線技術学会総会学術大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 相曾莉茄, 渡邊祐介, 前山拓哉, 水上慎也, 轟辰也, 井上幹太, 坂巻香甫, 高柳汐里, 工藤佳宏.
2. 発表標題 標的が存在するポリマーゲル線量計の開発に関する初期検討
3. 学会等名 第9回3次元ゲル線量計研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 井上幹太, 渡邊祐介, 前山拓哉, 吉田和輝, 村石浩, 水上慎也, 大内結希乃, 金子睦美, 下野哲範
2. 発表標題 3D蛍光断層スキャナ開発の初期検討
3. 学会等名 第9回3次元ゲル線量計研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 吉田和輝, 前山拓哉, 渡邊祐介, 水上慎也
2. 発表標題 蛍光ゲル線量計の光安定性の評価と新規分散剤の検討
3. 学会等名 第9回3次元ゲル線量計研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 井上幹太, 渡邊祐介, 前山拓哉, 水上慎也, 寺崎剛史, 林慎一郎, 村石浩, 五味勉, 下野哲範
2. 発表標題 高線量率小線源治療における蛍光ゲル線量計を用いた線量分布測定
3. 学会等名 第81回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 橋英伸, 橋理絵, 渡邊祐介, 前山拓哉, 水上慎也, 白石貴博, 遠山尚紀, 小玉卓史, 幡野和男
2. 発表標題 EBT3フィルムとVIPETゲル線量計の精度検証
3. 学会等名 第119回日本医学物理学学会学術大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 井上幹太, 渡邊祐介, 五東弘昭, 林和哉, 寺崎剛史, 前山拓哉, 下野哲範
2. 発表標題 色素ゲル線量計による高線量率小線源治療の線量分布測定に関する基礎的検討
3. 学会等名 第76回日本放射線技術学会総会学術大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Watanabe Y, Mizukami S, Maeyama T, Terazaki T, Tachibana H, Hayashi S, Takei H, Muraishi H, Gomi T, Shimono T
2. 発表標題 Source position verification in high-dose-rate brachytherapy using polymer gel dosimeter
3. 学会等名 19th Asia-Oceania Congress of Medical Physics (AOCMP) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Maeyama T, Kato A, Mochizuki A, Watanabe Y, Mizukami S
2. 発表標題 Nanoclay gel-based radio-fluorogenic gel dosimeters using Dihydrorhodamine 123
3. 学会等名 International Congress of Radiation Research (ICRR) 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tachibana H, Watanabe Y, Mizukami S, Maeyama T, Terazaki T, Uehara R, Akimoto T
2. 発表標題 Error detection in End-To-End test for CT-based HDR brachytherapy using a normoxic N-Vinylpyrrolidone polymer gel dosimeter
3. 学会等名 American Association of Physicists in Medicine (AAPM) 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Itano M, Watanabe Y, Mizukami S, Maeyama T, Terazaki T, Uehara R, Tachibana H
2. 発表標題 Impact of beam quality on three-dimensional dose distribution evaluation using a normoxic N-vinylpyrrolidone-based polymer gel for HDR brachytherapy
3. 学会等名 American Association of Physicists in Medicine (AAPM) 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 渡邊祐介, 水上慎也, 前山拓哉, 橘英伸, 林慎一郎, 寺崎剛史, 板野正信, 上原隆三, 村石浩, 五味勉, 下野哲範
2. 発表標題 ポリマーゲル線量計の高感度化による線量不確かさと線量分解能の改善
3. 学会等名 日本放射線腫瘍学会第32回学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 寺崎剛史, 渡邊祐介, 水上慎也, 前山拓哉, 橘英伸, 林慎一郎, 板野正信, 上原隆三, 村石浩, 五味勉, 下野哲範
2. 発表標題 高線量率小線源治療におけるポリマーゲル線量計を用いた線源停留位置の検証
3. 学会等名 日本放射線腫瘍学会第32回学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 橘英伸, 渡邊祐介, 水上慎也, 前山拓哉, 寺崎剛史, 上原隆三, 秋元哲夫
2. 発表標題 ゲル線量計を用いた画像誘導密封小線源治療End-to-End試験におけるエラー検出の可能性
3. 学会等名 日本放射線腫瘍学会第32回学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 上原隆三, 橘英伸, 渡邊祐介, 水上慎也, 前山拓哉, 寺崎剛史, 秋元哲夫
2. 発表標題 ゲル線量計スキャナーとしてのX線CTの画質改善の基礎的検討
3. 学会等名 日本放射線腫瘍学会第32回学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 板野正信, 渡邊祐介, 水上慎也, 前山拓哉, 寺崎剛史, 上原隆三, 橘英伸
2. 発表標題 高線量率小線源治療におけるゲル線量計の異なる線質の変換テーブルの線量分布への影響
3. 学会等名 日本放射線腫瘍学会第32回学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 井上幹太, 渡邊祐介, 水上慎也, 前山拓哉, 橘英伸, 林慎一郎, 寺崎剛史, 板野正信, 上原隆三, 村石浩, 五味勉, 下野哲範
2. 発表標題 ポリマーゲル線量計の輸送による線量応答特性への影響
3. 学会等名 日本放射線腫瘍学会第32回学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 渡邊祐介, 前山拓哉, 望月杏莉, 寺崎剛史, 水上慎也, 清水大地, 志賀伊吹, 武田小瑚, 森瑞喜
2. 発表標題 高線量率小線源治療における蛍光ゲル線量計による線量分布測定の初期検討
3. 学会等名 第8回3次元ゲル線量計研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 寺崎剛史, 渡邊祐介, 水上慎也, 前山拓哉, 橘英伸, 林慎一郎, 板野正信, 上原隆三, 村石浩, 五味勉, 下野哲範
2. 発表標題 192Ir線源停留位置の精度管理におけるポリマーゲル線量計の有用性
3. 学会等名 第8回3次元ゲル線量計研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 橘英伸, 橘理絵, 渡邊祐介, 前山拓哉, 水上慎也, 三浦季子, 上間亜紗果, 加藤由佳, 石垣絢子, 長田燎平, 飯嶋亮平, 中村彩花, 白石貴博, 遠山尚紀, 小玉卓史, 幡野和男
2. 発表標題 包括的なゲルドシメトリ体制の確立
3. 学会等名 第8回3次元ゲル線量計研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 笠井勇作, 渡邊祐介, 水上慎也, 前山拓哉, 寺崎剛史, 林慎一郎
2. 発表標題 高線量率小線源治療におけるDeformable gel dosimetryの初期検討
3. 学会等名 第8回3次元ゲル線量計研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 望月杏莉, 前山拓哉, 渡邊祐介, 水上慎也
2. 発表標題 ジヒドロローダミン6Gと123蛍光ゲル線量計の増感剤・界面活性剤の影響
3. 学会等名 第62回放射線科学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 渡邊祐介, 江口昂, 水上慎也, 前山拓哉, 林慎一郎, 村石浩, 寺崎剛史, 五味勉
2. 発表標題 高線量率小線源治療における高感度VIPETゲル線量計を用いた線量分布検証
3. 学会等名 第46回日本放射線技術学会秋季学術大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Eguchi K, Watanabe Y, Mizukami S, Maeyama T, Hayashi S, Gomi T
2. 発表標題 A verification of high-dose-rate brachytherapy dose distributions for prostate cancer with a VIPET polymer gel dosimeter
3. 学会等名 American Association of Physicists in Medicine 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 江口昂, 渡邊祐介, 水上慎也, 前山拓哉, 林慎一郎, 寺崎剛史, 首藤宣昭, 五味勉
2. 発表標題 ポリマーゲル線量計を用いた高線量率192Ir線源周囲の線量分布測定
3. 学会等名 日本放射線腫瘍学会小線源部会第20回学術大会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 榮武二，櫻井英幸（監修），磯辺智範，佐藤英介（編集），渡邊祐介（分担）	4. 発行年 2021年
2. 出版社 金原出版株式会社	5. 総ページ数 432
3. 書名 放射線治療 基礎知識図解ノート 第2版	

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 放射線線量測定用ゲル線量計	発明者 渡邊祐介、前山拓哉、水上慎也、工藤佳宏	権利者 学校法人北里研究所、日産化学株式会社
産業財産権の種類、番号 特許、2020-23818	出願年 2020年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	前山 拓哉 (Maeyama Takuya) (70612125)	北里大学・理学部・助教 (32607)	
研究分担者	林 慎一郎 (Hayashi Shin-ichiro) (20238108)	広島国際大学・保健医療学部・教授 (35413)	
研究分担者	水上 慎也 (Mizukami Shinya) (80759340)	北里大学・医療衛生学部・助教 (32607)	
研究分担者	村石 浩 (Muraishi Hiroshi) (00365181)	北里大学・医療衛生学部・准教授 (32607)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	五味 勉 (Gomi Tsutomu) (10458747)	北里大学・医療衛生学部・教授 (32607)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関