

がん放射線治療のさらなる安全性の向上に寄与 ～ がん治療用放射線源による水の発光の可視化に成功 ～

名古屋大学大学院医学系研究科の 余語 克紀 助教らの研究グループは、北里大学、東京西徳洲会病院、広島がん高精度放射線治療センター、広島大学との共同研究で、高線量率放射線治療^{注1)}の線源の可視化に成功し、新たな品質保証ツールを開発しました。

高線量率小線源治療は副作用が少なく、子宮頸がんなどに集中して高い線量を投与できる優れたがん治療法です。この治療では、放射線を出す米粒大の微小な線源を専用のチューブ等を通して、がん近くまで運び、体内からγ線を当てます。治療の安全な実施のため、治療前の検証で、線源動作のエラーが目で見えて分かりやすい品質保証ツールが切望されていましたが、従来の方は煩雑でした。

本研究では、¹⁹²Ir γ線源によって照射された水からの発光（チェレンコフ光^{注2)}）をCCDカメラを使用して撮影し、発光画像を得ることに成功しました。これにより、一枚の投影画像を使用して、線量分布、線源強度、線源位置を同時かつ簡単に測定することができます。

これにより、事前に医師の指示した線量が正確に処方できるかが確認できるようになりました。

この研究成果は、線源動作エラーを未然に発見することで、さらに安全ながん放射線治療に寄与すると期待されます。また、人体に組成が近く、身近な水の発光を、広ながん放射線治療の簡便な品質保証法に適用できる可能性を示すことができるため、さらなる応用が期待されます。

この研究成果は、令和2年2月27日付 Scientific Reports オンライン版に掲載されました。

【ポイント】

- ・高線量率小線源治療に用いる γ 線の線源(米粒大)を見るために、水中の微弱なチェレンコフ光^{注2)}を可視化することに成功した。
- ・この方法は、一枚の投影画像を使用して、線量分布、線源強度、線源位置を同時に測定できるため、がん治療前の迅速かつ簡単な品質保証法に適している。
- ・線源動作エラーを未然に発見することで、さらに安全ながん放射線治療の実施に寄与すると期待されます。
- ・人体に組成が近く、身近な水の発光を、広くがん放射線治療の簡便な品質保証法に適用できる可能性を示すことができるため、さらなる応用が期待できます。

【研究背景】

20-30 歳代女性の子宮頸がんの発症率が増加している中、高線量率小線源治療は副作用が少なく、集中して高い線量を投与できる優れたがん治療法である。治療では、米粒大の小さな γ 線源をがんへ運び、線源の止まる位置と止まる時間を制御して線量を投与する(図1)。しかし、高い線量率のため、線源動作のエラーの見逃しがあると、誤照射事故が起きる可能性がある。そのため、治療前の検証で、線源動作のエラーが目で見ても分かりやすい品質保証ツールがあれば、事故を未然に防ぐのに有用と考えられる。しかし、従来の品質保証法では時間がかかり、いくつかの異なる測定ツールを使用する必要があり煩雑であった。

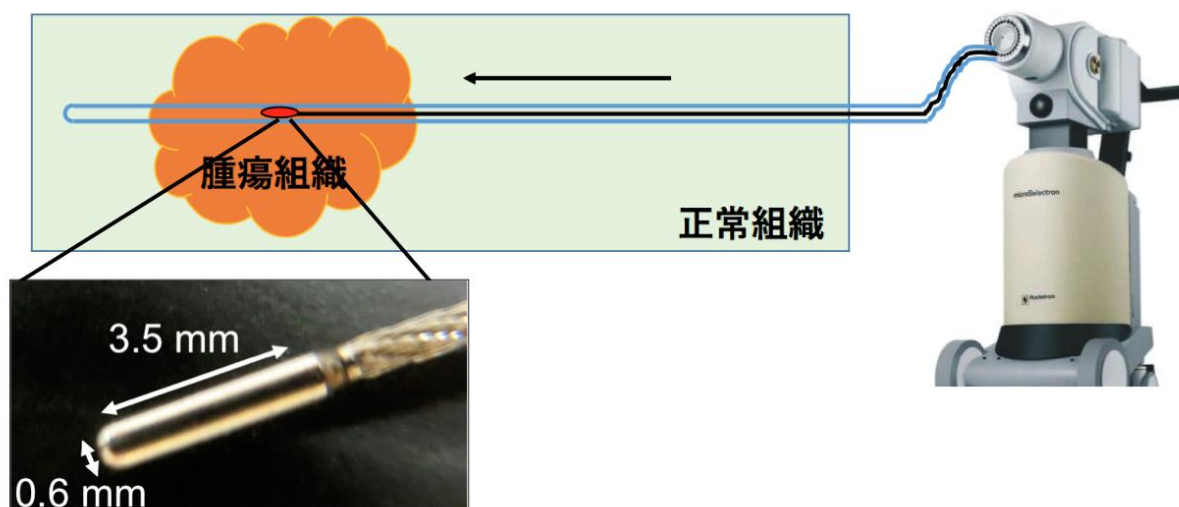


図 1. 高線量率小線源治療 線源によるがん放射線治療の概念図

【内容】

本研究では、目に見えない γ 線を可視化するため、人体に組成が近く、身近な水の発光(チェレンコフ光)に着目した。¹⁹²Ir γ 線源によって照射された水からの発光を、CCD カメラを使用して撮影し(図 2)、投影画像を得た(図3)。シミュレーション計算との比較から、観測された光は、主に γ 線からのコンプトン散乱^{注3)}電子によって生成されたチェレンコフ光であることを確認した。チェレンコフ光の分布は、線源のごく近くをのぞき、治療計画用ソフトウェア^{注 4)}を使用して計算された線量分布と一致し、補正を必要としなかった。また、発光の強度から線源の強さ(放射能)を測定することができた。さらに、発光画像から線源の止まる位置を測定したと

ころ、従来のフィルム測定と同程度の空間分解能で測定できた。この方法は、一枚の投影画像を使用して、線量分布、線源強度、線源位置を同時に測定できるため、高線量率小線源治療の迅速かつ簡単な品質保証法に適していると考えられる。

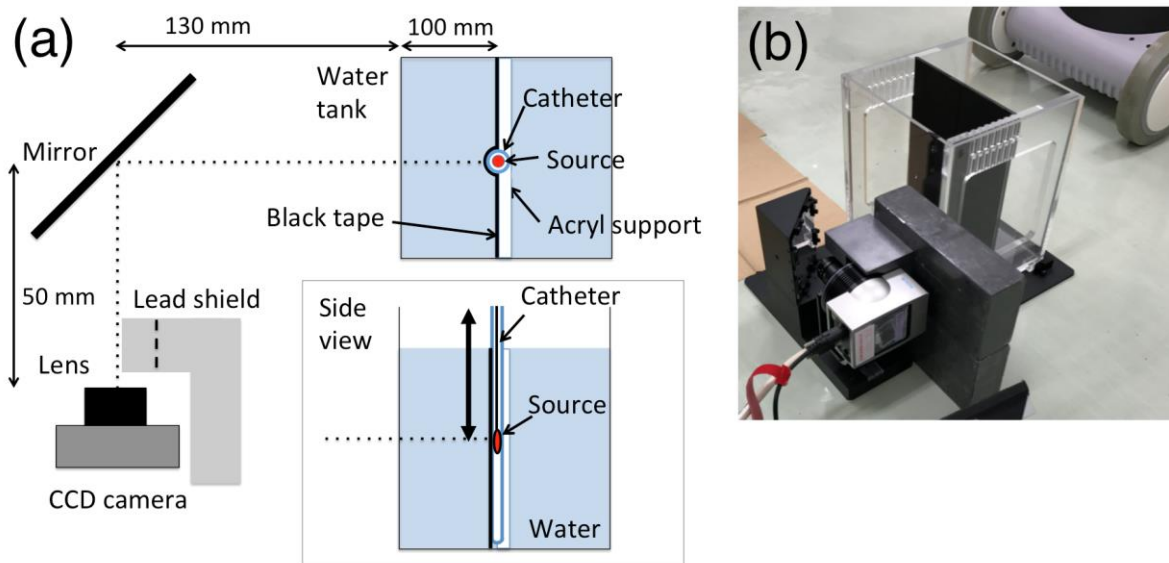


図2. 測定装置の概念図(a)と写真 (b)

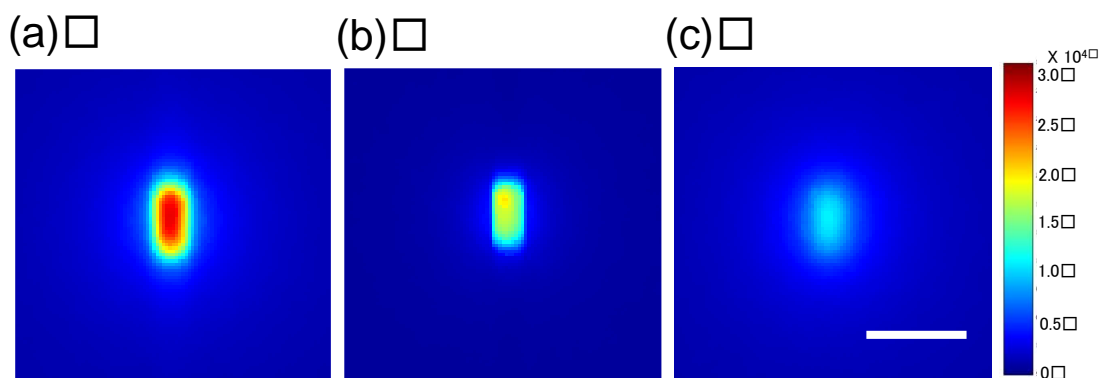


図3. ^{192}Ir 線源を照射した際に水に生じる発光の画像. (a)水とカテーテルの発光画像 (b) 空気中に置いたカテーテルの発光画像 (c)水のみ発光画像. スケールバー(白線): 5 mm. 観察時間58 秒. 画像は16-bitの輝度で示されている(カラーバー(左)).

【成果の意義】

高線量率小線源治療の品質保証は、従来、時間がかかり、煩雑であったが、この方法により、迅速かつ簡便に行うことが可能になった。線源動作エラーを未然に発見することで、さらに、安全ながん放射線治療に寄与すると期待される。放射線による水の発光を、広くがん放射線治療の品質保証法に適用できる可能性を示すことができるため、さらなる応用が期待される。

【用語説明】

注1) 高線量率小線源治療; がん放射線治療法の一つ。20-30 歳代女性の発症率が増加している子宮頸癌への適応が多い。高線量率小線源治療は副作用が少なく、集中して高い線量を投与できる優れたがん治療法である。治療では、米粒大の小さな γ 線源をがんへ運び、線源の止まる位置と止まる時間を制御し線量を投与する。

注2) チェレンコフ光; 荷電粒子が物質中の光速を越えて運動するときに生じる光。本研究では、高線量率小線源治療の γ 線から生じた電子が、水中の光速を越えた際に光が生じる。

注3) コンプトン散乱; γ 線や X 線など高エネルギーの光子が物質と相互作用し、エネルギーを失う過程の一つ。光子が物質中の電子と衝突し、電子をはじき飛ばし、自身は運動の向きを変える(散乱される)。

注4) 治療計画用ソフトウェア; 医師の指示した処方線量に基づき、治療計画を作成するためのソフトウェア。治療計画では、事前に患者体内を撮影した画像を使用して、線量分布の計算が行われる。また計画した線量分布を達成できるように、線源の動きに変換し、治療機に伝える。

【論文情報】

雑誌名: Scientific Reports (欧州科学専門誌)

論文タイトル: Imaging Cherenkov emission for quality assurance of high-dose-rate brachytherapy

著者: Katsunori Yogo, Akihiro Matsushita, Yuya Tatsuno, Takahiro Shimo, Seiko Hirota, Marika Nozawa, Shuichi Ozawa, Hiromichi Ishiyama, Hiroshi Yasuda, Yasushi Nagata, Kazushige Hayakawa (本学関係教員; 余語克紀)

DOI:[10.1038/s41598-020-60519-z](https://doi.org/10.1038/s41598-020-60519-z)