

量子 PET の応用：安定ラジカル水溶液中のポジトロニウム寿命

Application of Quantum PET: Positronium Lifetime in Stable Radical Aqueous Solution

量研機構¹, 東大総合文化², [○]田久 創大¹, 松本 謙一郎¹, 澁谷 憲悟²,

田島 英朗¹, 高橋 美和子¹, 錦戸 文彦¹, 山谷 泰賀¹

QST¹, University of Tokyo², [○]Sodai Takyu¹, Ken-ichiro Matsumoto¹, Kengo Shibuya²,

Hideaki Tashima¹, Miwako Takahashi¹, Fumihiko Nishikido¹ and Taiga Yamaya¹

E-mail: takyu.soudai@qst.go.jp

放射線治療効果は、生体分子と放射線との直接作用、及び水の放射線分解で生じるフリーラジカル[ヒドロキシルラジカル($\cdot\text{OH}$)やスーパーオキシド($\cdot\text{O}_2^-$)等]との間接作用により生じる。放射線で誘起される主なフリーラジカルは寿命が短く、生体内でのその動態の検出は困難であった。我々は、オルソ・ポジトロニウム(o-Ps)をバイオマーカーとする量子 PET の方法(田久ほか, 応物 2021 秋, 13a-N206-1)を利用すれば、生体内フリーラジカルを直接定量できるのではないかと考えた。フリーラジカルを画像化して線量分布に直接換算できれば、量子 PET は治療効果の即時センシングに応用できる (Figure 1 (a))。本研究では、量子 PET によってフリーラジカルの検出が可能かを検証するための最も基礎的な段階として、安定ラジカル溶液中の o-Ps 寿命について調べた。

TEMPOL (テンポール) は安定な不対電子 (フリーラジカル) を分子上に 1 つ持つ有機化合物である。純水に TEMPOL を溶かし、14 mM、42 mM、145 mM の TEMPOL 水溶液を用意した。そして、一対の Time-of-flight (TOF) 型 PET 検出器の間にアルミニウム板を置き、その中央に薄膜 ^{22}Na 線源を置いた (Figure 1 (b))。7.5 μm 厚さのカプトン膜で作った器を介して薄膜 ^{22}Na 線源の上に水溶液を配置することで、 ^{22}Na 線源から発生した陽電子の一部が水溶液中で Ps を形成するようにした。測定時間は 4 時間とした。測定データから、1275 keV 光子検出信号をスタート、511 keV 光子検出信号をストップとした検出時刻差スペクトルを取得し、純水と比較した (Figure 1 (c))。TEMPOL のモル濃度が上がると、o-Ps 寿命成分 (横軸 2~10 ns 付近でのカウント数の推移) が短くなった。モル濃度が下がると、純水の o-Ps 寿命成分の形状に近づいた。o-Ps 寿命と溶液中のラジカル濃度には相関があり、それらを PET 検出器で観測可能であることを示した。

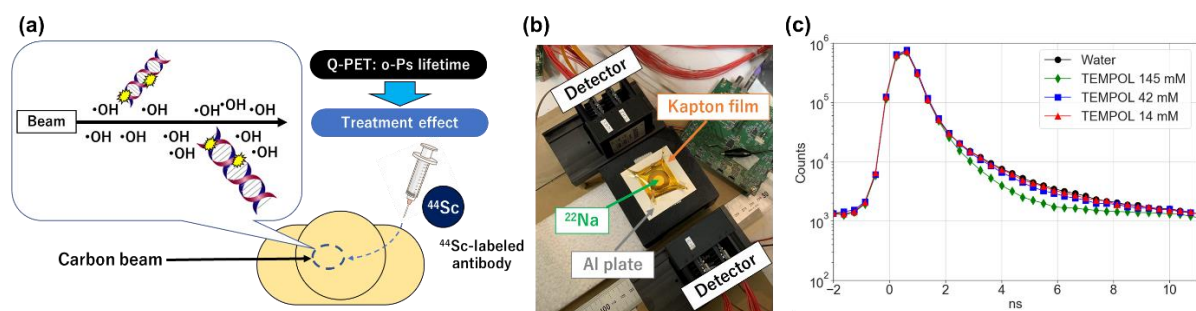


Figure 1. (a) Sensing of treatment effects by quantifying free radicals using Q-PET, (b) experimental setup and (c) comparison of each detection time difference spectrum.