

超伝導転移端センサによる重粒子ビーム精密計測

Calorimetry of heavy charged particles using a transition edge sensor

○大野 雅史¹, (M1) スミス ライアン¹, (D3) 三浦 義隆¹, (D2) 中田 直樹¹, 三津谷 有貴¹,
高橋 浩之¹, 池田 時浩², 坂間 誠³, 松藤 成弘³,

°Ohno Masashi¹, Ryan Smith¹, Yoshitaka Miura¹, Naoki Nakada¹, Mitsuya Yuki¹,

Hiroyuki Takahashi¹, Tokihiro Ikeda², Makoto Sakama³, Naruhiro Matsufuji³

E-mail: ohno@n.t.u-tokyo.ac.jp

重粒子線絶対線量評価の高精度化は、線量集中性に優れ高い生物効果が得られる炭素線がん治療の治療計画において、体内の吸収線量分布と生物効果を予測する計算精度の向上をもたらすものと期待される。従来、炭素線治療現場では、電離箱線量計により得られる電荷測定量と W 値 (1 個の電子-イオン対を生成するエネルギー) の積により炭素線の絶対線量評価がなされてきた。しかし、この W 値は線種の異なる ⁶⁰Co- γ 線で較正された値を代用し、しかも電離箱の感度のばらつきも加わる等して、炭素線の線量評価において $\pm 7\%$ 程度の不確かさは不可避であり、他の治療用放射線に比べてかなり大きい。絶対線量計測にカロリメータを導入すれば、W 値の不定性、電離箱測定での電荷再結合補正等の誤差要因から解放され、計測精度の向上を図る上で理想的である。これまでに、室温でのグラフアイトカロリメータによる線量測定を試みた計測事例が存在するが、常温下において要求される μK オーダ以下の微小温度変化の検出は実現されていない。

そこで、本発表者は、重粒子線吸収による温度上昇を精密に計測する極低温カロリメータを導入し、個々の重粒子が持つエネルギーの精密な計測を実証することにより、高精度な重粒子線の絶対線量標準の確立を目指している。比熱が極小化する極低温下において入射放射線のエネルギーを熱に変換し、生じる温度上昇を常伝導/超伝導転移領域での急峻な温度抵抗変化を用いて検出する超伝導転移端センサ (TES: Transition Edge Sensor) は究めて高い精度を有するエネルギースペクトロメータである。本発表者等は、超伝導イリジウム(Ir)を用いた温度センサにスズ放射線吸収体を搭載した TES 検出器を開発し、100keV 領域の γ 線硬 X 線を既存の高純度 Ge 半導体検出器の分光精度を大きく上回る精度にて精密に分光することに成功している。このような TES の優れた分光特性を用いれば、炭素線ビーム入射によるエネルギー付与を優れた精度にて特定でき、検出器の不確かさは吸収線量測定において無視できるオーダにまで極小化できる。また TES は半導体のような放射線損傷によるダメージがなく、耐久性にも優れており、絶対線量標準を確立する上で理想的な特性を有する検出器として期待される。

本研究では、放医研 HIMAC の治療用重粒子ビームを TES に照射して入射応答を調べる実験を試み、これまでに He や C の重イオン 1 個ずつの入射による応答パルス検出に成功し、イオンが持つ加速エネルギーの違いが精密に入射応答信号波形の大きさに反映されることを確かめ、個々の重粒子のエネルギーを TES が精密に弁別して検出しうることを初めて実証している。本発表では、これら実証実験について紹介させて頂く。