

Fri. Jul 10, 2026

JRIA Encouragement Award

10:40 AM - 11:50 AM JST | 1:40 AM - 2:50 AM UTC | A(Miraikan Hall)

2026年日本アイソトープ協会奨励賞授与式・受賞講演

Chairman:Tetsuya Sakashita(QST)

11:05 AM - 11:20 AM JST | 2:05 AM - 2:20 AM UTC

[3A01] Development of neutron beam polarization techniques using polarized ^3He gas and applied research centered on particle and nuclear physics

○Takuya Okudaira¹ (1. Nagoya University)

11:20 AM - 11:35 AM JST | 2:20 AM - 2:35 AM UTC

[3A02] Evaluation of soft error risk in particle radiotherapy

○Makoto Sakai¹ (1. Kyushu University)

11:35 AM - 11:50 AM JST | 2:35 AM - 2:50 AM UTC

[3A03] Radiolabeled probe for in vivo lipid radical detection based on carbon radical-reactive compounds

○Toshihide Yamasaki¹ (1. Kobe Pharmaceutical University)

JRIA Encouragement Award

🎵 Fri. Jul 10, 2026 10:40 AM - 11:50 AM JST | Fri. Jul 10, 2026 1:40 AM - 2:50 AM UTC | 🏢 A(Miraikan Hall)

2026年日本アイソトープ協会奨励賞授与式・受賞講演

Chairman: Tetsuya Sakashita(QST)

10:40 AM - 11:05 AM JST | 1:40 AM - 2:05 AM UTC

表彰式

11:05 AM - 11:20 AM JST | 2:05 AM - 2:20 AM UTC

[3A01] Development of neutron beam polarization techniques using polarized ^3He gas and applied research centered on particle and nuclear physics

○Takuya Okudaira¹ (1. Nagoya University)

11:20 AM - 11:35 AM JST | 2:20 AM - 2:35 AM UTC

[3A02] Evaluation of soft error risk in particle radiotherapy

○Makoto Sakai¹ (1. Kyushu University)

11:35 AM - 11:50 AM JST | 2:35 AM - 2:50 AM UTC

[3A03] Radiolabeled probe for in vivo lipid radical detection based on carbon radical-reactive compounds

○Toshihide Yamasaki¹ (1. Kobe Pharmaceutical University)

偏極 ^3He ガスを用いた偏極中性子ビーム偏極技術の開発と素粒子・原子核分野を
中心とした応用研究の展開

Development of neutron beam polarization techniques using polarized ^3He gas
and applied research centered on particle and nuclear physics

名古屋大学理学研究科^{*1}

○奥平 琢也^{*1}

(OKUDAIRA, Takuya^{*1})

1. はじめに

中性子は電荷を持たない、透過力が高い、軽元素に散乱されやすい、スピンを持つなどの特性を持ち、広範な研究領域に対して有用なプローブである。中性子ビームはスピンを揃える(偏極する)ことで、対称性の破れの研究、物質の磁気構造決定、生体分子の構造決定、磁場イメージング、など、無偏極中性子とは質的に異なる新しい研究が可能になる。本研究では偏極 ^3He ガスを用いた中性子偏極デバイスの開発と大強度中性子施設 J-PARC MLF にて応用研究を行なった。

2. 方法

^3He スピンフィルタは偏極 ^3He ガスをガラスセルに封入したデバイスである。広いエネルギーの中性子を偏極可能、立体角が広い、散乱中性子バックグラウンドが小さいという多くの有用な特長を持つ。 ^3He 原子核は自身と反平行スピンの中性子的み吸収するため、偏極 ^3He に無偏極中性子を透過させると偏極中性子を得ることができる(図 1)。ガラスセルに ^3He と共にアルカリ金属を封入し、光ポンピング法を用いて ^3He を偏極する。円偏光大強度近赤外レーザーの照射により、アルカリ金属を偏極させること

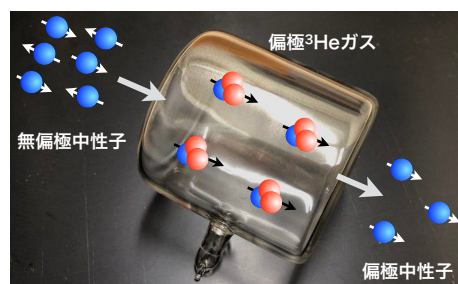


図 1. ^3He スピンフィルタ。ガラスセルに封入した ^3He ガスを偏極することで透過した中性子を偏極できる。

で、 ^3He 原子核を偏極する。ガラスセル内部の不純物、不均一な空間磁場により ^3He 核偏極は容易に壊れてしまうため、J-PARC にて極めて清純な ^3He スピンフィルタの作製システムの構築、ビームラインにおける一様な磁場環境の構築を行なった。また、 ^3He を高効率で偏極させるための Rb-K を用いたハイブリット光ポンピング法の導入、100W 大強度レーザー光学系の構築などを行なった。

3. 結果および考察

これらの装置を用いて 80%程度の高い ^3He 核偏極を達成することに成功した。本装置は J-PARC の中性子ビームラインに導入され、物性、化学、素粒子原子核分野など多様な実験を行なった。特に原子核が中性子を吸収する際に、核子間相互作用由来の対称性の破れが大きく増幅される現象について研究を行なった。J-PARC BL04 にて熱中中性子を偏極させ、 ^{139}La が偏極中性子を吸収する際に放出される γ 線に角度分布があることを発見した。また、超伝導磁石と希釈冷凍機を用いて ^{139}La を偏極させ、偏極中性子の透過率を精密測定することにより、スピン依存する断面積の測定にも成功した。これらを統合的に解析することにより、核子間に時間反転対称性を破るような未知の相互作用が存在する場合、その効果が基本相互作用に比べて 10^6 倍と、非常に大きく増幅されることが明らかになった。

4. 結論

J-PARC にて ^3He スピンフィルタを実用化し、偏極中性子ビームの応用研究に成功した。本成果を受けて核内未知相互作用の探索実験が本格的に始動している。中性子のみならず偏極ミュオン He 原子を用いた量子電磁気学の精密検証にも本技術が応用されつつあり、様々な分野で ^3He スピンフィルタを用いた成果創出が期待される。

^{*1} Graduate School of Science, Nagoya University

粒子線治療におけるソフトエラーリスクの評価 Evaluation of soft error risk in particle radiotherapy

九州大学大学院医学研究院^{*1}

○酒井 真理^{*1}

(SAKAI, Makoto^{*1})

1. はじめに

粒子線（陽子線・重粒子線）治療は、ブラッグピークと呼ばれる物理特性を利用して腫瘍へ高線量を集中させる先進的な放射線治療である。一方、粒子線照射に伴う核反応により中性子や二次イオンが発生し、半導体デバイスに一時的な誤作動（ソフトエラー）を引き起こす可能性が指摘されている（図1）。特にペースメーカーなどの医療機器では、一時的な誤作動であっても致命的な影響を及ぼす可能性があり、その安全性評価は重要な課題である。

しかし、医学分野ではソフトエラーに関する研究がほとんど行われておらず、過度な適用制限や現場負担が生じている。本研究では、Field Programmable Gate Array（FPGA）を用いて、粒子線治療場で生じるソフトエラーを定量的に測定し、リスク評価を行った。

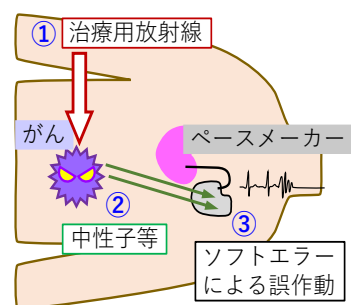


図1. ソフトエラーの発生機序。

2. 方法

FPGA（XC7S50, Xilinx）をアクリルファントム内に設置し、設置位置から8 cmの位置に炭素ビームを照射した。照射前後の内部メモリ状態を比較し、メモリ反転数をソフトエラー発生数としてカウントした。FPGAに入射する二次粒子のスペクトルを変化させるため、FPGA周辺の素材を様々に変化した。照射体系を再現したモンテカルロ・シミュレーションにより、FPGA位置での二次粒子のスペクトルを計算し、ソフトエラー発生数と比較することで、ソフトエラー発生断面積を評価した。

さらに、照射パラメーターによるソフトエラー発生数への影響や、人体ファントムを用いた疑似的な治療条件におけるソフトエラー発生数について評価した。

3. 結果および考察

重粒子線治療における二次粒子のフルエンス、エネルギースペクトルおよび反応断面積の評価結果から、主に高エネルギー中性子がソフトエラーの主な原因であると考えられた（図2）。また、コリメーター開口径や重粒子線のエネルギー、照射方向がソフトエラー発生数に大きく影響することから、同一部位への治療であっても、治療計画によってソフトエラー発生リスクが増減することが分かった。

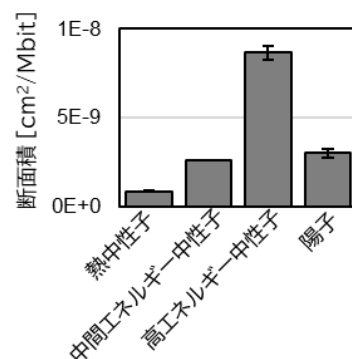


図2. 測定された反応断面積

4. 結論

本研究により、粒子線治療環境におけるソフトエラー発生機構を定量的に評価するための基盤技術を確立した。特に、実測とシミュレーションを統合した評価手法により、従来の吸収線量中心の安全評価から、確率論的指標に基づく新たな評価体系へ転換できる可能性が示された。今後は、本手法を臨床データと統合し、患者ごとのリスク予測および品質管理手法へ発展させることで、粒子線治療における医療機器安全性の向上と新たな放射線防護概念の確立に寄与することが期待される。

炭素ラジカル反応性化合物を基盤とする生体内脂質ラジカル検出放射性プローブの開発 Radiolabeled probe for in vivo lipid radical detection based on carbon radical-reactive compounds

神戸薬科大学*1

○山崎 俊栄*1

(YAMASAKI, Toshihide*1)

1. はじめに

脳梗塞や神経変性疾患など多様な疾患において、酸化ストレスが病態形成に深く関与することが知られている。脳は脂質に富む組織であるため、酸化ストレスによる脂質過酸化が他臓器より生じやすく、脂質炭素ラジカルを発端とした連鎖的な過酸化伝播が疾患の形成・進展に影響を与えるが、脂質過酸化と病態との詳細な関係は十分に解明されていない。また、脂質過酸化反応は酸素濃度の影響を受けやすく、大気圧下と生体内では酸素分圧が異なることから、生体内環境に即した計測手法が必要である。そこで本研究では、感度・定量性・生体適用性に優れる放射性同位元素を活用した放射性プローブを開発し、脳虚血再灌流障害モデルにてその有用性を評価した。

2. 方法

脂質炭素ラジカルと選択的に反応して捕捉する化合物（ニトロキシド）の捕捉反応性を維持しつつ放射性ヨウ素を安定導入するため、ラジカル部位から離れた位置にベンゼン環を有する化合物を設計・合成し、そのベンゼン環部位へ放射性ヨウ素を導入した。脂質炭素ラジカルに対する選択性は ESR 測定により評価した。また、健常マウスでの体内放射能分布を評価するとともに、プローブがラジカル状態を保ちながら脳へ移行するかどうかを ESR イメージング (ESRI) により確認した。脳虚血再灌流モデルマウスは中大脳動脈閉塞後に再灌流させて作製し、放射性プローブ投与後の脳切片における放射能分布をオートラジオグラフィにより解析した。

3. 結果および考察

放射化学的収率 85%、放射化学的純度 99%以上で ^{125}I 標識ニトロキシド誘導体の合成に成功した。ESR 測定から、本プローブは各種活性酸素種とは反応せず、脂質炭素ラジカルに選択的に反応することが確認された。健常マウスの体内分布評価では甲状腺への集積は認められず、ヨウ素の脱離は生じていないと推察された。ESRI では、投与直後からプローブが脳内に均一に分布し、ラジカル状態を維持したまま脳へ到達していることが示された。脳虚血再灌流モデルマウスのオートラジオグラフィでは、梗塞側で非梗塞側を上回る放射能集積が確認され、特に再灌流後 30 分では梗塞側全体に高い集積が認められた一方、3 時間・5 時間後では異なる部位への集積が観察された。これらの結果は、脂質炭素ラジカルの生成部位が経時的に変化することを示唆しており、本プローブが生体内でのラジカル検出に機能する可能性が示された。

4. 結論

本研究では、脂質炭素ラジカルに対して高い選択性と生体適用性を有する ^{125}I 標識ニトロキシド誘導体を開発し、脳虚血再灌流障害モデルにおける有効性を実証した。これにより、脂質炭素ラジカルの生成動態を生体内で非侵襲的に追跡できる可能性が示された。今後は生体計測プローブとしての有用性をさらに検証し、酸化ストレスと病態との関連性の解明に貢献することを目指す。

*1 Kobe Pharmaceutical University