

ミュオン核変換のための高効率負ミュオン源 MERIT の研究

STUDY OF EFFICIENT NEGATIVE MUON SOURCE MERIT FOR MUON NUCLEAR TRANSFORMATION

森義治^{#, A)}, 石禎浩^{A)}, 谷口秋洋^{A)}, 上杉智教^{A)}, 栗山靖弘^{A)}, 武藤正文^{A)}, 沖田英史^{A)}, 小野雪佳^{A)}, 金正倫計^{B)}, 三宅康博^{B)}, 吉本政弘^{B)}, 岡部晃太^{B)}, 佐藤 朗^{C)}

Yoshiharu Mori^{#, A)}, Yoshihiro Ishi^{A)}, Akihiro Taniguchi^{A)}, Tomonori Uesugi^{A)}, Yasutoshi Kuriyama^{A)}, Masayuki Muto^{A)}, Hidefumi Okita^{A)}, Yuka Ono^{A)}, Michikazu Kinsho^{B)}, Yasuhiro Miyake^{B)}, Masahiro Yoshimoto^{B)}, Kota Okabe^{B)} and Akira Sato^{C)}

^{A)} Research Reactor Institute, Kyoto University

^{B)} Dept. of Physics, Osaka University

^{C)} J-PARC, JAEA-KEK

Abstract

An intense muon source for muon nuclear transformation, in particular, to mitigate the long lived fission products of nuclear reactor wastes is presented. The scheme is based on MERIT (multiplex energy recovery internal target) ring. Negative muon production of more than $10^{16}\mu\text{-/s}$ seems to be possible with this scheme.

1. はじめに

負ミュオンを用いた核変換による放射性廃棄物処理、特に長寿命核分裂核種処理が注目を集めている。ミュオン核変換では変換核種の原子番号(Z)が 30 以上のものについては、95%以上の確率で中性子放出を伴う弱崩壊で安定核種に変換する。たとえば、図1に示すように、1 トンの核燃料量(3%enriched 235U)に含まれる ^{135}Cs ($\tau_{1/2}=2.3\text{Myr}$)は、毎秒 $1 \times 10^{16} \mu\text{-/s}$ の負ミュオン量で約 5-6 年で安定な Xe 核に変換できると期待される。負ミュオンは、高エネルギーの陽子或いは重陽子ビームを原子核標的に当ててつくられた負パイオンの崩壊による生成する。大強度の負ミュオンをつくるには様々な問題があるが、なかでも次の二つが重要である。(1)高エネルギー陽子(重陽子)による負パイオン生成には閾値エネルギー($E_p > 250\text{MeV/u}$)がある。(2)生成された負パイオンの標的原子核による吸収。これらの問題を克服するには、大ビーム電流(>A)と薄い標的を用いる必要がある。実効的にこの条件を実現するための方法として ERIT 法がある[1]。ビームエネルギー加速と貯蔵を両立できる多機能エネルギー回復内部標的(MERIT)リング法を提案した。

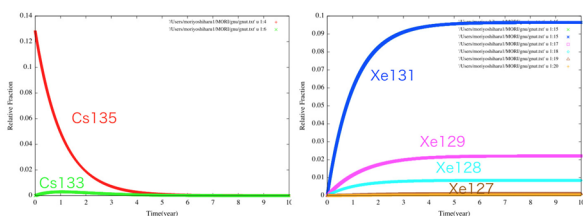


Figure 1: 毎秒 $1 \times 10^{16} \mu\text{-/s}$ の負ミュオンにより、1トンの核燃料から生じる ^{135}Cs がミュオン核変換により安定な Xe へ移行する時間変化。

2. MERIT リング

陽子ビームの場合の MERIT リング[2]の構成を図2に示す。リングはスケーリング FDF-8セルで構成される。陽子は、蛇行加速法により 500MeV から 800MeV に加速される。最高エネルギーの軌道上の置かれたウエッジ型リチウム標的により負パイオンが生成され、F 磁石によりリング外に取り出されソレノイド磁石で捕獲/輸送される。

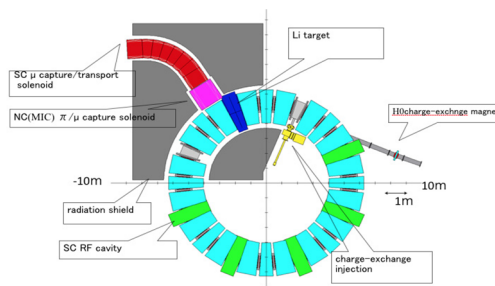


Figure 2: 陽子MERITリングの概念図。

重陽子ビームの場合[3]には、MERIT リングのビームダクト内に充填した1気圧程度の重水素ガスを負パイオン生成標的とする。ビームエネルギーは 600MeV/u である。核変換処理するための放射性物質はビームダクト全周を蔽うように配置される(図3)。

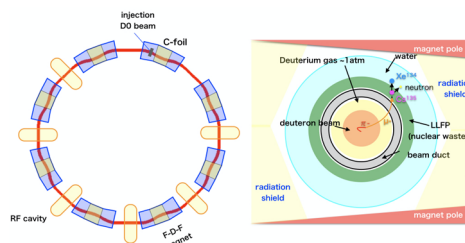


Figure 3: 陽子MERITリングでの蛇行ビーム加速。

[#] mori@rri.kyoto-u.ac.jp

3. まとめ

負ミュオン核変換による長寿命核分裂核種処理に必要な量の負ミュオンを生成する新手法 MERIT の概述した。

謝辞

本研究は、総合科学技術・イノベーション会議が主導する 革新的研究開発推進プログラム (ImPACT) の一

環として実施したものです。

参考文献

- [1] Y. Mori, Nucl. Instr. Meth., PRS, Vol. A562, pp.591-595 (2006).
- [2] Y.Mori *et al.*, to be published in Proc.MuSR2017, JPS-CP (2017).
- [3] Y.Mori *et al.*, to be published in Memoirs of FE,Kyusyu Univ. vol.77,no.2, 2017.