

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 5 月 15 日現在

機関番号：82110

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24510134

研究課題名(和文)シンチレーションファイバによるビームロス陽子測定の研究

研究課題名(英文)Study of beam loss protons with scintillating fibers

研究代表者

佐甲 博之(SAKO, HIROYUKI)

独立行政法人日本原子力研究開発機構・原子力科学研究部門 先端基礎研究センター・研究主幹

研究者番号：40282298

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,400,000円

研究成果の概要(和文)：J-PARCリニアックの直線部ではビーム損失による機器の放射化が問題となっており、そのためにビーム損失量を定量的に評価することが求められた。ビーム損失の主機構は、H-ビームイオンが残留ガス中と反応して発生するH0である。本研究では、H0ビームがビームパイプを貫通して発生する陽子の個数を計数することによりビーム損失率の計測を目指した。このため、シンチレーションファイバー検出器を増設により荷電粒子飛跡の水平・垂直座標の検出を可能とし、また遠隔位置制御装置を開発した。飛行時間測定により陽子による飛跡を再構成し、さらに陽子生成率の絶対値の測定と角度分布の測定、エネルギーの測定に成功した。

研究成果の概要(英文)：At J-PARC linac, beam loss due to H0 is a serious problem. It is required to evaluate the beam loss level quantitatively. The main beam loss source is an H0 produced by interaction of an H- beam ion with residual gas. In this work, we developed an additional scintillation fiber detector, and a remote position control system. We observed trajectories of charged particles, and identify them as protons with the time-of-flight measurements. We succeeded in measuring absolute rates of protons, and their angular distributions, and energy.

研究分野：加速器科学

キーワード：シンチレーションファイバー ビームロス J-PARC

1. 研究開始当初の背景

J-PARC リニアックの直線部ではビーム損失による機器の放射化が問題となっており、そのためにビーム損失量を定量的に評価することが求められた。ビーム損失の主機構は、H⁻ビームイオンが残留ガス中と反応して発生するH⁰であることがわかっている。

2. 研究の目的

本研究では、図1のようにJ-PARC リニアック直線部において、ビームイオンH⁻がビームパイプ中の残留ガス原子と反応してH⁰が発生し、それがビームパイプを貫通する際にさらに電離することによって発生する陽子(H⁺)の個数を計数することにより、ビーム損失率絶対値の計測を目指すものである。

3. 研究の方法

本研究では、J-PARC リニアック直線部(ACS部)にシンチレーションファイバー検出器を設置し、ビーム損失で発生する荷電粒子を測定する。図2、図3に示すように、検出器は16本のシンチレーションファイバーで成る面積64mm x 64mmのシンチレーション面8面から構成される。このうち4面を上流側、4面を下流側に設置し、上流側と下流側の検出器はビーム進行方向に約1.6mの間隔を空ける。上流側検出器と下流側検出器の水平、垂直方向の位置は位置制御装置にて移動できる。それぞれの検出器面において高計数率で荷電粒子の信号を検出し、8面により飛跡を再構成し、さらに上流側検出器、下流側検出器の飛行時間により、粒子の速度を測定する。

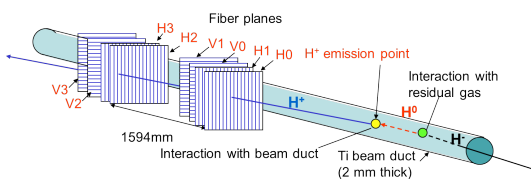


図1：シンチレーションファイバー検出器と陽子測定の原理

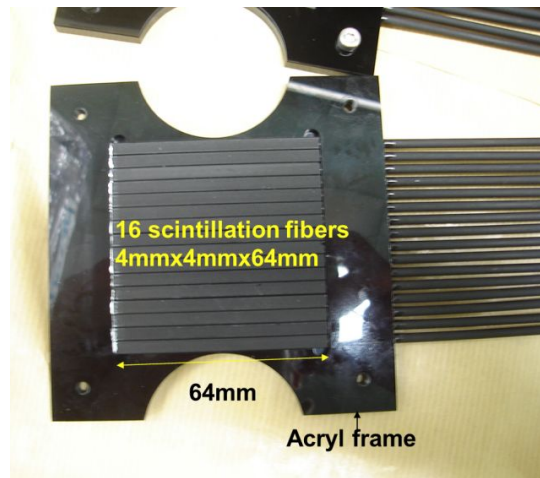


図2：シンチレーションファイバー面



図3：ACS部に設置した検出器と遠隔位置制御装置

4. 研究成果

既存のシンチレーションファイバー検出器6面に加え、2面を増設することにより荷電粒子飛跡の水平・垂直座標の検出を可能とし、またビーム運転中に遠隔で検出器の位置制御する装置を開発し、角度分布の測定を行うことができるようにした。

検出器8面によって荷電粒子の直線状飛跡の再構成を行い、さらに飛行時間測定によりこれらが陽子であることを同定した。さらに陽子発生率の絶対値の測定と角度分布の測

定、エネルギーの測定に成功した。図4に示すように、陽子発生率の角度分布はシミュレーション計算と同様にビーム軸に関して5-6度をピークとする分布になっており、ピークでの陽子発生率はリニアックの25Hzの各マイクロパルスあたり100-300(deg⁻²)であった。これをH⁺ビームイオン当たりの損失率に直すと、 $H^+/H^- = (0.72-1.77) \times 10^{-8}$ であり、これは真空度から評価したH⁰の生成率 2.7×10^{-8} と近いことが分かった。また、図5に示すように、陽子の平均エネルギーは角度にほとんどよらず80-115 MeVであり、シミュレーションによる計算値90 MeVに無矛盾であることがわかった。

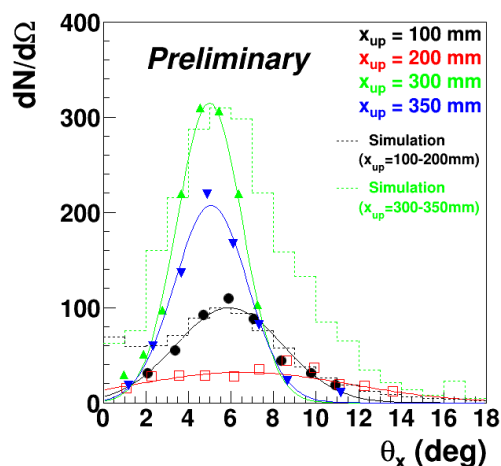


図4：陽子発生率の角度分布

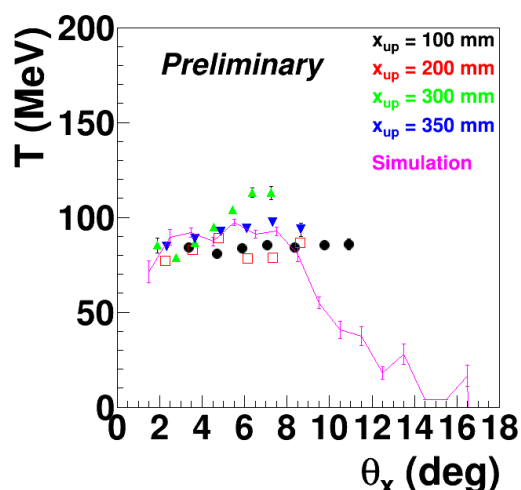


図5：平均運動エネルギー(MeV)の角度分布

5. 主な発表論文等
(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 1 件)

— O. A. Konstantinova, H. Sako, T. Maruta, A. Miura, Scintillating fiber detector for the beam loss proton measurements at J-PARC Linac, Proceedings of Science, TIPP2014 (2014) 083-090.

〔学会発表〕(計 5 件)

— H. Sako, T. Maruta, A. Miura, Beam loss track measurements by a fast trigger scheme, LINAC2012, Tel Aviv (Israel), Sep. 2012.

— 佐甲博之, 丸田朋史, 三浦昭彦, Observation of beam loss proton trajectories in J-PARC Linac, 第9回日本加速器学会年会, 大阪大学会館・豊中キャンパス(大阪府・豊中市), 2012年8月.

— H. Sako, T. Maruta, A. Miura, Status of beam loss spatial distribution measurements at J-PARC Linac, IPAC2014, Shanghai (China), May 2013.

— 佐甲博之, 丸田朋史, 三浦昭彦, Angular distributions of beam loss protons at J-PARC Linac, 第10回日本加速器学会年会, 名古屋大学 豊田講堂(愛知県・名古屋市), 2013年8月.

— O. A. Konstantinova, H. Sako, T. Maruta, A. Miura, Scintillating fiber detector for the beam loss proton measurements at J-PARC Linac, TIPP2014, Amsterdam (Holland), June 2014.

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕
出願状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：

種類：
番号：
出願年月日：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

佐甲 博之 (SAKO, Hiroyuki)
独立行政法人 日本原子力研究開発機
構・原子力科学研究部門 先端基礎研究セ
ンター・研究主幹
研究者番号：40282298

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

丸田 朋史 (MARUTA, Tomofumi)
大学共同利用機関法人 高エネルギー加
速器研究機構 加速器研究施設・助教
研究者番号：90451509

三浦 昭彦 (MIURA, Akihiko)
独立行政法人 日本原子力研究開発機
構・原子力科学研究部門 J-PARC センタ
ー・研究員
研究者番号：90421742

コンスタンティノワ オルガ
(KONSTANTINOVA, Olga)

大学共同利用機関法人 高エネルギー加
速器研究機構 加速器研究施設・博士研究
員
研究者番号：00734568