

5-15 J-PARC 3 GeV シンクロトロン¹の運転後の線量率

—大強度出力達成のための加速器内に生成された放射性物質による線量率分布の把握と対策—

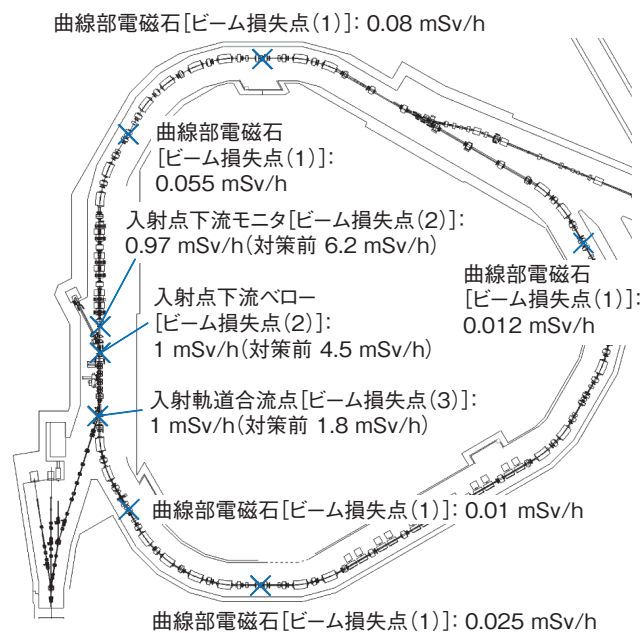


図 5-39 J-PARC 3 GeV シンクロトロンの残留線量分布
トンネル内に設置した電磁石等の機器表面の運転停止後の線量を示しています。条件は 200 kW 出力で 1 ヶ月、300 kW で 3 日間連続運転したあと、停止 4 時間後の測定結果です。(図中各値は [ビーム損失点(3)] を除き 2012 年 7 月の測定値を示しています。[ビーム損失点(3)] のみビーム損失対策後の 2014 年 3 月の測定値を記載しています。)

大強度陽子加速器施設 (J-PARC) の 3 GeV シンクロトロンは、1 MW という既存加速器より 1 桁以上大きな出力の陽子ビームを物質生命科学実験施設及び主リングシンクロトロンに供給するため、2007 年より運転が行われています。3 GeV シンクロトロンでは、リニアックで 400 MeV まで加速した負水素イオンを炭素薄膜を通して陽子に変換して入射し、これを 20 ms かけて 1 万回以上周回しながら 3 GeV まで加速したあとに取り出します。

J-PARC のような陽子加速器では、運転中のビーム損失による機器の放射化を許容できるレベルに抑えなければなりません。過去の加速器の知見や 3 GeV シンクロトロンでの経験から、停止直後の機器表面での線量率が 1 mSv/h 程度であれば保守作業時の被ばく量を数 100 μ Sv 以下に抑えられることが分かっています。そのため、ビーム損失で生成される放射性物質による線量率の分布状況を把握し、それが上記 1 mSv/h 程度に収まるよう対策を講じながらビーム強度を上げていく必要があります。そこで私たちは、運転が停止される度に機器表面の線量率を測定し、運転条件ごとの線量率の状態を把握、原因の究明と対策を講じてきました。図 5-39

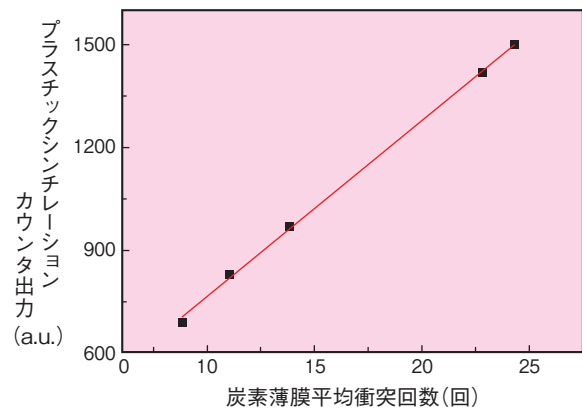


図 5-40 ビーム損失の炭素薄膜衝突回数依存性
シンクロトロン内を周回するビームが入射に使用する炭素薄膜に衝突する平均回数を変えた際の、炭素薄膜下流のプラスチックシンチレーションカウンタの出力を示しています。平均衝突回数は入射ビーム軌道や炭素薄膜の位置を変えることで変化させます。衝突回数が増加するほど、炭素薄膜と周回ビームの相互作用で発生する放射線量も増え、プラスチックシンチレーションカウンタの出力も大きくなっています。

は、運転後の機器表面の線量率の測定例を示しています。3 GeV シンクロトロンでは機器の放射化はほとんど入射部 (図 5-39 左側の直線状の範囲) に集中し、それ以外の領域 [ビーム損失点 (1)] では、機器表面の線量率は 0.1 mSv/h 以下に抑えられています。

入射部の中では、特に入射点下流 [ビーム損失点(2)] 及び 3 GeV シンクロトロンに入射するビームと周回しているビームが合流する点 [ビーム損失点(3)] に局所的な放射化のピークが存在していました。ビーム試験の結果、[ビーム損失点(2)] に関してはビーム入射に使用している炭素薄膜によるビーム散乱が原因であること (図 5-40) を、[ビーム損失点(3)] に関しては入射ビームラインの圧力が高いことが原因であることを突き止め、対策を講じ線量率をそれぞれ目標値である 1 mSv/h 程度まで低減することに成功しました。これらの現象は、ビーム強度が増加し、かつほかの原因で発生していたビーム損失を低減した結果、初めて顕在化しました。

このように、3 GeV シンクロトロンでは線量率の分布状況から問題となる箇所を見つけ出し、事前に対策を行うことで順調にビーム出力を上昇しています。

●参考文献

Yamamoto, K. et al., Beam Power and Residual Dose History of J-PARC RCS, Progress in Nuclear Science and Technology, vol.4, 2014, p.238-242.