炭素線治療用小型シンクロトロン偏向電磁石用ビームダクト内に誘起される渦電流による磁場の測定

Measurement of magnetic fields due to eddy currents induced in a beam duct of a bending magnet of a compact synchrotron for carbon ion therapy

*塩原 滉平[1], 岩井 岳夫[2], 後藤 彰[3], 門叶 冬樹[2]
[1]山形大学大学院理工学研究科, [2]山形大学学術研究院, [3]理化学研究所

炭素線治療用小型シンクロトロン偏向電磁石部の磁極間隙の短縮化のために高さ低減を図って試作した 2 種類のビームダクトに対して、1.5T/s で増加する外部磁場を与え、ダクト内を流れる渦電流による磁場を実験的に評価した。

キーワード：炭素線治療、シンクロトロン、偏向電磁石、ビームダクト、渦電流

1. 緒言

炭素線用シンクロトロンを使用する重粒子線がん治療施設では、年間 1 億円を超える電気料金が発生し、施設運営における財政面での一つの障害になっている。消費電力の大部分を占めるシンクロトロン偏向電磁石の磁極間隙を可能な限り小さくすることで、省エネルギー化や小型化につながる可能性がある。その目的でビームの通過領域を確保しつつ高さを低減した 2 種類の SUS-316L 製ビームダクトを試作した。図 1 に 2 種類の試作ダクト a), b) を示す。ビームダクト a), b) はともに従来のビームダクトに比べ高さを低減し、補強のためにリブの厚みを増加させている。a) はレーストラック型のダクト内面を持つが、b) は両端に行くに従って斜めにカットし、a) よりもさらに高さの低減を図ったものである。これらのビームダクト壁面内およびリブに加減速時に誘起される渦電流がビームダクト内部の磁場分布に与える影響を実験的に評価した。

2. 実験方法

三菱電機製の炭素線治療シンクロトロン用偏向電磁石を用いて、試作ビームダクトに対して 1.5 T/s で増加する変動外部磁場を与えた。2 台のデジタルマルチメータ (keysight 34411A) とホール素子 (Group 3 Technology MPT-141) を用いて励磁電流と電磁石内部の磁場を 20 ms 間隔で同時計測した。この動的磁場および静磁場をビームダクト有りおよび無しで計測し、互いの差を取ることによって渦電流による磁場の評価を行った。

3. 実験結果

ビームダクトに誘起される渦電流によってダクト中心部に発生する磁場は試作ダクト a) で 0.2 mT 程度、試作ダクト b) で 0.6 mT 程度と評価された。講演では、渦電流による磁場の分布についても議論する。

図 1　試作した 2 種類のビームダクトの外形 左：a) 右：b)

参考文献

[1] Takahiro Yamada et al.「シンクロトロンにおけるビームダクト渦電流起因不整磁場の補正手法開発」 第 8 回日本加速器学会 筑波, 2011 - 08 - 01/03

---

*Kouhei Shiobara[1], Takeo Iwai[2], Akira Goto[3], Fuyuki Tokanai[2]
[1]Graduate School of Science and Engineering, Yamagata University, [2]Academic Assembly, Yamagata University, [3]RIKEN