

14-5 より高い加速電場を目指して —J-PARC RCS高周波空洞のための金属磁性体コアの開発—

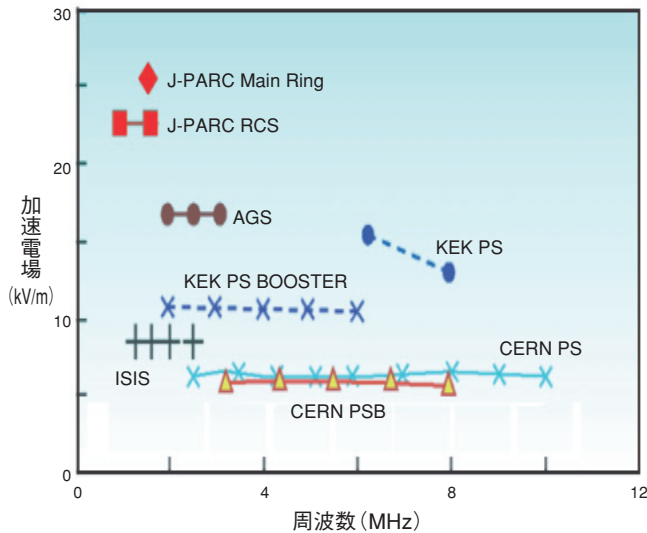


図14-10 世界の主な陽子シンクロトロンの加速電場
世界の主な陽子シンクロトロンの運転周波数と加速電場を示しています。J-PARC以外の加速器では、フェライトコアを使用しているため20kV/m以上の高い加速電場は達成されていません。

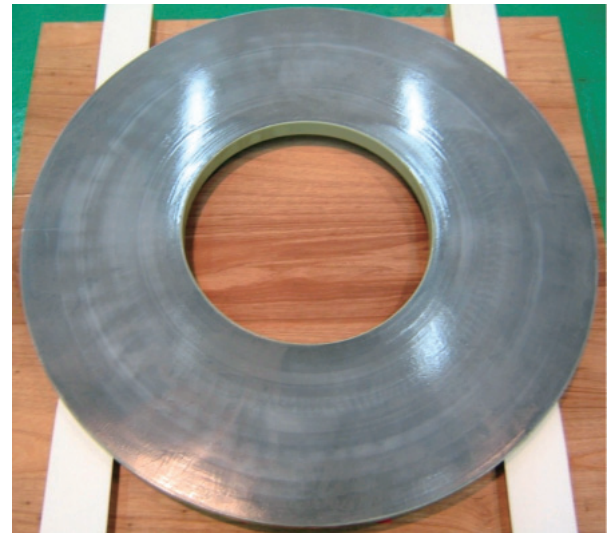


図14-11 金属磁性体コア
J-PARC RCSのために開発された金属磁性体コア。大きさは内径375mm、外径850mm、重量は約100kg。表面には防錆のためのエポキシによるコーティングが施されています。

J-PARC Rapid-Cycling Synchrotron (RCS) は、25Hzの早い繰り返しで陽子を3 GeVまで加速するJ-PARCの中核をなす加速器です。このRCSにとって最も重要な開発課題のひとつが、「RCSを現実的な大きさにするために、いかにして20kV/m以上の高い加速電場を達成するか」でした。しかし、陽子を加速するための通常の高周波空洞に用いられているフェライトコアでは、磁場が飽和してしまうため高い加速電場を達成することができません(図14-10)。そこで、私たちは飽和磁束密度が高く、高い加速電場が得られる可能性のある金属磁性体コアを用いた高周波空洞の開発を開始しました。

私たちが用いた金属磁性体は、鉄を主成分としたアモルファス薄帯を素材にしたもので、実際のコア(図14-11)は、厚さ約18 μ m、幅35mmのこの金属磁性体リボンを巻くことにより作られます。そして、このリボンにはあらかじめ層間を絶縁するための厚さ約2 μ mのSiO₂が片面に塗布されています。また、冷却方式としては水による直接冷却方式を採用しました。このため、コアの錆による腐食を防ぐためにコア表面にはエポキシによる防

錆コーティングが施されています。コアを装てんする高周波空洞は、全長約2mで18枚のコアが装てんされています。

開発は、300時間以上の通電試験とコアの改良とを繰り返し行いコアの性能、主に耐電圧を上げていきました。試験初期には、コアに損傷が起り、コーティングの剥がれなども観測されました。その後、損傷したコアの調査を行った結果、損傷が層間の絶縁不良に起因していることが判明しました。そこで、絶縁層を傷つけないように、コア巻きのテンションを最適化することなどにより層間絶縁を改善しました。また、コーティングの剥がれに関しては内部にも低粘度のエポキシを含浸することにより剥がれをなくすようにしました。これらの改善を行ったあとの通電試験では、コアの損傷もコーティングの剥がれも見られなくなり、開発課題であった20kV/m以上の加速電場、23kV/mを達成することができました。

2007年5月には、このようにして開発した金属磁性体コアを装てんした10台の高周波空洞をRCS主トンネルに設置し、10月からビームコミッションを開始しました。

●参考文献

Nomura, M. et al., Development of J-PARC Ring RF Cavity, Proceedings of 5th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan and 33rd Linear Accelerator Meeting in Japan, Higashihiroshima, Japan, 2008, p.246-248, in CD-ROM.