

研究種目：基盤研究（A）

研究期間：2006～2009

課題番号：18204026

研究課題名（和文） 超耐放射線電磁石を用いた超大強度二次ビームラインの設計

研究課題名（英文） Design Study of very High Intensity Secondary Beam Line  
Using Super Radiation-Resistant Magnet

研究代表者

高崎 稔 (TAKASAKI MINORU)

大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構・素粒子原子核研究所・教授

研究者番号：70044782

研究分野：素粒子実験

科研費の分科・細目：物理学・素粒子、原子核、宇宙線、宇宙物理

キーワード：耐放射線、完全無機絶縁、間接水冷、真空、トリチウム、J-PARC、  
K中間子工場、MIC

### 1. 研究計画の概要

標的装置近傍に設置されるビームライン機器の内、真空チェンバーはビームの最も近傍に設置されるがゆえに、その受ける熱量、放射線は莫大なものとなる。そのため、十分な冷却方法を講じなければたちまち熔融してしまい、また強力に水冷したとしても、その中で莫大なトリチウム生成という問題を抱え込む事になる。そこで真空ダクトを標的付近から完全に廃する事を考える。すなわち発想を大逆転し、巨大な真空チェンバー中で磁石や標的の本体を運転する事を考える。しかしそんなことは本当に可能なのだろうか？本研究の目的は、二次粒子生成標的の直下流で運転するビームラインシステムとして、真空中で超耐放射線（＝完全無機）電磁石等を運転するシステムを設計し、かつその実物大模型を試作し、これらが「システム」として動作する事を実証することである。

### 2. 研究の進捗状況

最初の2年間で、大型真空槽、真空ポンプ、並びに真空槽中で運転する超耐放射線電磁石の準備が整った。また電磁石電源の準備も完了した。電磁石のための大電流を真空中に導入する「真空導入端末」並びに真空中の電磁石の温度を測定するための熱電対用の真空フィードスルーなどの測定計の準備も、2年目にほぼ完了した。

そこで2年目の末に短期間の試運転を実施し、いくつかの改良点を見だし、3年

目（平成20年度）には前半に大幅な改良を施した後、後半の半年を全力で長期運転を行った。本長期試験の焦点は、真空中における超耐放射線電磁石の磁場、動作温度と冷却効率、水漏れなどの有無、の確認であるが、すべての点においてほぼ目論見通りの結果を得た。特に真空中での「放熱」を「輻射」で行うことを目的とした金属表面の黒化処理の威力は絶大で、表面温度を20度近く下げることに成功した。

来年度は最終年度であるが、動作温度などのさらなる低減、水漏れの可能性のさらなる低減のための改造を準備し、各パーツについて1回程度以上の改造を実施し、あわせて再試験を実施したい。また必要に応じてパーツ単体の試験も実施したい。

### 3. 現在までの達成度

②おおむね順調に進展している。

（理由）

上に述べたように、当初目的はほぼ達成し、現在は細部を詰める作業を行うとともに、長期試験を行ってさらなる「バグ出し」を行っているところである。

### 4. 今後の研究の推進方策

すでに長期運転試験にはほぼ成功しているので、本年度（最終年度）は経年変化と、その結果として発生しうる可能性のある全体的な劣化の発生の有無の確認のために、さらなる運転を断続的に行う。もちろん、その

間に動作温度などのさらなる低減、水漏れの可能性のさらなる低減のための改造を準備し、少なくとも1回程度の改造と再試験を実施したい。必要に応じてパーツ単体の試験も実施する。

とはいえ、これまで、基本的には研究の展開は比較的順調であるので、平成21年度中のバグ出し運転中に、もし重大な問題が新たに発生しなければ、基本的には研究成果をとりまとめる年度としたいと考えている。

#### 5. 代表的な研究成果

(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 3 件)

- ① H. Takahashi, K. Agari, E. Hirose, M. Ieiri, M. Iio, Y. Katoh, M. Minakawa, R. Muto, M. Naruki, H. Noumi, Y. Sato, S. Sawada, Y. Suzuki, M. Takasaki, K. H. Tanaka, A. Toyoda, H. Watanabe, Y. Yamanoi, M. Saijo, Y. Saitoh, K. Katoh, and K. Yahata,  
Development of Indirect-Cooling Radiation-Resistant Magnets,  
IEEE Transactions on Applied Superconductivity, Vol.18 No.2,  
pp.322-325, 2008, 査読有
- ② E. Hirose, K. H. Tanaka, H. Takahashi, K. Agari, M. Ieiri, Y. Katoh, A. Kiyomichi, M. Minakawa, R. Muto, M. Naruki, H. Noumi, Y. Sato, Y. Suzuki, M. Takasaki, A. Toyoda, Y. Yamada, Y. Yamanoi, H. Watanabe, H. Tanaka, K. Kato, N. Saitoh, and M. Saijo,  
Shield Penetrating Water Cooled Bus Ducts for Radiation Resistant Magnets at J-PARC,  
IEEE Transactions on applied Superconductivity, vol.18, No.2,  
p1439-p1442, 2008, 査読有
- ③ H. Takahashi, K. Agari, E. Hirose, M. Ieiri, Y. Katoh, M. Minakawa, H. Noumi, Y. Sato, Y. Suzuki, M. Takasaki, K.H. Tanaka, A. Toyoda, H. Watanabe, Y. Yamada, Y. Yamanoi, M. Saijo, Y. Saitoh, K. Katoh, K. Yahata  
Magnet Operation in Vacuum for High Radiation Environment near Production Target,  
IEEE Transactions on applied

Superconductivity, Vol.16, p1346-p1349, 2006, 査読有

[学会発表] (計 2 件)

- ① 上利恵三、J-PARC ハドロンビームダンプの設計・開発、第5回加速器学会年会第33回リニアック技術研究会、2008年8月、東広島市中央公民館
- ② 高橋仁、J-PARC ハドロン実験施設におけるビームコリメータ、第5回日本加速器学会年会・第33回リニアック技術研究会、2008年8月6日、東広島市中央公民館

[図書] (計 1 件)

- ① 田中万博、里嘉典、青木香苗、上利恵三、飯尾雅実、家入正治、加藤洋二、澤田真也、鈴木善尋、高橋仁、高橋俊行、高崎稔、豊田晃久、野海博之、広瀬恵理奈、皆川道文、山野井豊、渡辺丈晃、高エネルギー加速器研究機構、J-PARC 原子核素粒子実験施設技術設計報告書(ハドロンビームラインサブグループ 第3次中間報告書)、KEK-Internal 2007-1、2007年、301ページ