

平成21年 5月25日現在

研究種目：基盤研究（A）
 研究期間：2005年度 ～ 2008年度
 課題番号：17204019
 研究課題名（和文） 大強度ビームハンドリングの研究
 研究課題名（英文） Study of high Intensity Beam Handling
 研究代表者
 素粒子原子核研究所 教授 田中万博

研究成果の概要：

大強度ビームを取り扱うビームラインのための、電磁石、ビームモニター、標的装置、ビームダンプ、並びに真空装置について試作し、またこれらを実物大のビームラインモックアップを準備して、全体のシステムとして動作する事を検証した。開発された各ビームライン要素は、J-PARCハドロン実験施設、ニュートリノ実験施設の基幹設備として採用された。成果は内外の学会で発表するとともに、論文誌に掲載された。特に電磁石に関しては、本年10月に中国で開催される第21回国際電磁石技術大会（国際電気電子学会主催）における口頭発表に選ばれている。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2005年度	12,000,000	3,600,000	15,600,000
2006年度	14,700,000	4,410,000	19,110,000
2007年度	7,100,000	2,130,000	9,230,000
2008年度	4,100,000	1,230,000	5,330,000
年度			
総計	37,900,000	11,370,000	49,270,000

研究分野：

科研費の分科・細目：

キーワード：大強度、遠隔操作、耐放射線性、速着脱、耐熱性、K中間子工、J-PARC、MIケーブル

1. 研究開始当初の背景

当時、建設が開始されつつあった大強度陽子加速器施設J-PARCにおいて、そのパワーが数百kWから1MWに達するビームを、安全かつ確実に制御し、研究の手段とする技術的背景、裏付けは、ビームエネルギーが1GeV程度以下であるいわゆる「パイ中間子工場」での蓄積がある程度で、ビームエネルギーが数GeVから数十GeVに達する高エネルギー

ー加速器～J-PARC＝K中間子工場、では全くゼロからその開発を始める必要があった。

逆にその開発ができなければ、せっかくの大強度ビームもそれを安全に活用する事ができず、単なる絵に描いた餅になると思われる。

2. 研究の目的

ビーム出力がほぼ1メガワットに達するような大強度（ハイパワー）ビームを輸送するビームラインやその構成要素（電磁石、真空ダクト、標的装置、ビームモニター、ビームダンプなど・・・）が持つべき特性として、次の事が挙げられる。

- 1：耐放射線性に優れること、
- 2：交換が用意であること、
- 3：耐熱性あるいは強制的な除熱（水冷などの）機能を有すること

本研究の目的は、大強度（ハイパワー）ビームを取り扱うビームライン要素の実物大模型（できれば実物！）を試作し、かつそれらが設置されるであろうビームライン室のモックアップを準備し、これらビームライン要素がメンテナンス（交換）シナリオを含む「システム」として動作する事を実証・確認することである。

3. 研究の方法

高エネルギー加速器研究機構・東カウンターホールに、大強度ビームを扱うビームラインのモックアップを建設し、そこにおいて各種のハンドリング実験、長時間運転実験、冷却水停止などの「緊急事態」を想定したハザード試験、などを、各種の試作機器について、ほぼ洩れなく実施した。特に耐放射線電磁石、標的装置、ビームモニターについては、それらをつなぐ真空装置地ともに実機の試運転試験をも、モックアップにおいて実施した（写真参照）。

その結果は実機、あるいは量産機の製作段階において利用され、実際のJ-PARC施設で私用される機器に採用された。

4. 研究成果

今回の一連の研究により、上記特性を有する各種装置類、部品類の規格（スペック）はほぼ確定した。また、これまでに準備改造した装置類ならびにモックアップを用いた長期の総合試運転が成功裏に実施された。最終年度においては、これまでの総合試運転を続行すると共に、これまでの研究成果のとりまとめを行なった。その結果、全体にわたる総合的な見直しと手直しをほぼ全品目について一回以上実施し、その結果、各種の「仕様」が最終的に確定した。

なお本研究の最終年度は、J-PARCの50GeV加速器からのビームを導き出す実

験室本体の建設が概略完了した年でもあった。本研究のために準備してきたモックアップは、この建設の最終的な局面において、また、全研究期間を通じて、現場で発生するさまざまな問題点を迅速に解決するためのテストベンチとしても非常に有効であったことを特に記しておきたい。建設現場では、建設と並行して「開発研究」あるいは「不具合の原因究明」を行うことはほぼ不可能である。



写真：東カウンターホールのモックアップで、耐放射線電磁石の遠隔設置の試験を行っている。

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8件）

（1）多数につき、査読付き雑誌論文に限る。

- ① K.H.Tanaka, E. Hirose, H. Takahashi, K. Agari, M. Ieiri, Y. Katoh, M. Minakawa, H. Noumi, Y. Sato, Y. Suzuki, M. Takasaki, A. Toyoda, H. Watanabe, Y. Yamanoi, T. Birumachi, K. Kato, T. Ozawa, M. Saijyo, Y. Saitoh, M. Tada and K. Yahata
Radiation-Resistant Magnets for J-PARC

IEEE Transactions on Applied Superconductivity, Vol.18 No.2, pp.244-247, 2008, 査読有

- ② 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
- ③ 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. Saijyo, 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
- ④ Shinya Sawada
Status and plan of J-PARC,
Journal of Phys, G35 (2008) 104029, 6pp.
査読有
- ⑤ Masaharu Ieiri, Michifumi Minakawa, Keizo Agari, Yohji Katoh, Erina Hirose, Hiroyuki Noumi, Yoshinori Sato, Yoshihiro Suzuki, Hitoshi Takahashi, Minoru Takasaki, Kazuhiro Tanaka, Akihisa Toyoda, Yutaka Yamanoi and Hiroaki Watanabe
Electrostatic separator for K1.8 beam line at J-PARC
Nuclear Instruments and Methods in Physics research B266(2008)
p4205-p4208, 査読有
- ⑥ 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, issue2, p1346-p1349, 2006, 査読有

- ⑦ K. H. Tanaka, E. Hirose, H. Takahashi, K. Agari, M. Ieiri, Y. Katoh, M. Minakawa, H. Noumi, Y. Sato, Y. Suzuki, M. Takasaki, A. Toyoda, H. Watanabe, Y. Yamanoi, T. Birumachi, K. Kato, T. Ozawa, M. Saijyo, Y. Saitoh, M. Tada and K. Yahata
Radiation Resistant Magnets for J-PARC
IEEE Transactions on applied Superconductivity, Vol.16, issue 2, p172-p175, 2006, 査読有
- ⑧ E. Hirose, K.H. Tanaka, A. Agari, M. Ieiri, Y. Katoh, M. Minakawa, H. Noumi, Y. Sato, Y. Suzuki, H. Takahashi, M. Takasaki, A. Toyoda, Y. Yamada, Y. Yamanoi, H. Watanabe, H. Tanaka, K. Kato, N. Saitoh, M. Saijyo
The Beam-Handling Magnet System for the J-PARC Neutrino Beam Line
IEEE Transactions on applied Superconductivity, Vol.16, issue 2, p1342-p1345, 2006, 査読有

[学会発表] (計 1 1 件)

(1) 国際学会、国際会議 (海外)、6 件

Kazuhiro Tanaka
Status of Hadron Experimental Facility and Neutrino Facility of J-PARC 50 GeV-PS,
Asia Science Seminar on Frontier Science at High-Intensity Proton Accelerators
October 19 - 25, 2008, Beijing, China

Shinya Sawada
Hadron Experiments at J-PARC
Asia Science Seminar on Frontier Science at High-Intensity Proton Accelerators
October 19 - 25, 2008, Beijing, China

Masaharu Ieiri
Electrostatic Separator for K1.8 beam line at J-PARC
XVth International Conference on Electromagnetic Isotope Separators and Techniques Related to their Applications,
June 24-29, 2007, Deauville, France.

Yoshinori Sato,

Beam diagnosis devices of a high power proton beam line facility,
IEEE Nuclear Science Symposium,
October 27 - November 3, 2007, Honolulu,
Hawaii, USA. Proceedings was published
in IEEE Conference Record, Vol. 3, 2007,
pp.2336-2339.

Akihisa Toyoda

"Development of the optical transition
radiation monitor for the high intensity
proton beam profile measurement"
Proceedings was published in IEEE
Nuclear Science Symposium Conference
Record Vol.3, 2007, pp1338-1341

Akihisa Toyoda

Optical transition radiation monitor for
high intensity proton beam at the J-PARC
DIPAC2007 (The 8th European Workshop
on Beam Diagnostics and Instrumentation
for Particle Accelerator), NH Laguna
Palace Conference Centre in Venice, Italy.
Proceedings was published in 2008 and
available at

http://www.elettra.trieste.it/_pmwiki2/Conferences/2007/DIPAC/uploads/Main/dipac07-proceedings.pdf

The page of this contribution is pp30-32

(2) 国内学会、国際会議 (国内)、5件

豊田 晃久

J-PARCハドロンビームライン用OTRビームプロファイルモニタの開発
第5回日本加速器学会年会兼第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

上利 恵三

J-PARCハドロンビームダンプの設計・開発
第5回日本加速器学会年会兼第33回リニアック技術研究会
2008年8月5日
東広島市中央公民館

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兼第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

里 嘉典

残留ガスビームプロファイルモニタ用永久磁石の放射線耐性試験
第4回日本加速器学会年会兼第32回リニアック技術研究会
2007年8月2日
埼玉県和光市民文化センター・サンアゼリア

里 嘉典

大強度陽子ビームのための残留ガスを用いたビームプロファイルモニタの性能評価
第3回日本加速器学会年会兼第31回リニアック技術研究会
2006年8月3日 仙台市市民会館

〔図書〕 (計 1 件)

著者名：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
出版社：高エネルギー加速器研究機構
書名：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
発行年：2007年
総ページ数：301ページ

〔産業財産権〕

○出願状況 (計0件)

○取得状況 (計0件)

〔その他〕

6. 研究組織

(1) 研究代表者

田中 万博 (TANAKA KAZUHIRO)
素粒子原子核研究所・教授
研究者番号：90171743

(2) 研究分担者

高崎 稔 (TAKASAKI MINORU)
素粒子原子核研究所・教授
研究者番号：70044782

家入 正治 (IEIRI MASAHARU)
素粒子原子核研究所・准教授

研究者番号：50192472

里 嘉典 (SATO YOSHINORI)
素粒子原子核研究所・准教授
研究者番号：30342603

豊田 晃久 (TOYODA AKIHISA)
素粒子原子核研究所・助教
研究者番号：20373186

高橋 仁 (TAKAHASI HITOSHI)
素粒子原子核研究所・助教
研究者番号：60353372

鈴木 善尋 (SUZUKI YOSHIHIRO)
素粒子原子核研究所・前任技師
研究者番号：90391755

山野井 豊 (YAMANOI YUTAKA)
素粒子原子核研究所・技師
研究者番号：90391740

広瀬 恵理奈 (HIROSE ERINA)
素粒子原子核研究所・技師補
研究者番号：90391763

上利 恵三 (AGARI KEIZO)
素粒子原子核研究所・技師補
研究者番号：30391741

三浦 太一 (MIURA TAICHI)
放射線科学センター・教授
研究者番号：80209717

村上 哲也 (MURAKAMI TETSUYA)
京都大学大学院理学研究科・助教
研究者番号：50219896

山田 善一 (YAMADA YOSHIKAZU)
素粒子原子核研究所・准教授
研究者番号：00200759

(3)連携研究者

澤田 真也 (SAWADA SHINYA)
素粒子原子核研究所・准教授
研究者番号：

渡辺 丈晃 (WATANABE HIROAKI)
素粒子原子核研究所・助教
研究者番号：60353372