

## DEVELOPMENT OF A 972MHz CIRCULATOR FOR THE J-PARC LINAC ( )

Kazuaki Suganuma<sup>1,A)</sup>, Shozo Anami<sup>B)</sup>, Etsuji Chishiro<sup>A)</sup>, Chikashi Kubota<sup>B)</sup>,  
Kibatsu Shinohara<sup>C)</sup>, Shigetugu Tsuruoka<sup>C)</sup>, Seiya Yamaguchi<sup>B)</sup>

<sup>A)</sup> Japan Atomic Energy Research Institute (JAERI)

2-4 Shirakata, Shirane, Tokai, Ibaraki, 319-1195 JAPAN

<sup>B)</sup> High Energy Accelerator Research Organization (KEK)

1-1 Oho, Tsukuba, Ibaraki, 305-0801 JAPAN

<sup>C)</sup> Nihon Koshuha Co.,LTD.

1119 Nakayama, Midori, Yokohama, Kanagawa, 226-0011 JAPAN

### Abstract

A 972 MHz circulator is currently under developed. In the high-power test of the prototype, rf breakdown was observed at the matching post. Rf characteristics obtained by simulations and low-power tests will be presented.

## J-PARCリニアック用972MHzサーキュレーターの開発 ( )

### 1. はじめに

J-PARCプロジェクト<sup>[1]</sup>のリニアック<sup>[2]</sup>は、負水素イオンのエネルギーが約200MeVから約400MeVで常伝導加速空洞を、約400MeVから約600MeVで超伝導加速空洞を選択している。それぞれの加速空洞に加速電場を供給する高周波源の周波数として972MHzを採用し、J-PARCのRFグループでは、これら高周波源の機器の開発とシステム設計を進めている。これら機器の一つに、加速空洞で反射する高周波電力からクライストロンを保護するためサーキュレーターがある。表1に2つの加速空洞とクライストロンからの仕様と972MHz用サーキュレーターの仕様を記す。平成14年度に972MHzサーキュレーターの製作をおこない、平成15年秋までテストスタンドに用いてきたが、整合をとるため

のポスト付近で放電が起こり電力通過の問題となっている。今回、汎用の電磁場解析ソフト(HFSSとMaxwell 3D)を使ってサーキュレーターの計算をおこなった。また、いくつかのRF特性を測定したので報告する。

### 2. 電磁場解析ソフトによる計算

#### 2.1 972MHzサーキュレーターの計算値と測定値

前回のリニアック研究会で、J-PARCリニアックにおける324MHz立体回路システムの機器について汎用電磁場解析ソフトを使った計算値と製作した機器の測定値が、ほぼ一致することを報告<sup>[3]</sup>しているので参照願いたい。図1に972MHz用サーキュレーターの入力モデルを示し、図2に972MHzサー

表1 972MHzサーキュレーターと各空洞の仕様。

		常伝導空洞	超伝導空洞
周波数	MHz	972	
周波数帯域	MHz	±5	±1
出力	MW	3	0.3 (max 3)
挿入損失	dB	<0.2	
分離度	dB	>25	
VSWR		<1.15	
平均電力	kW	120	-
パルス幅	μs	800	600 or 3000-5000
繰り返し	pps	50	50
導波管サイズ		WR975	
冷却水温度		27 ± 1	
冷却水流量	l/min	40	

<sup>1</sup> E-mail: suganuma@linac.tokai.jaeri.go.jp

キュレーターのSパラメータ計算値と測定値を示す。また、図3にx-y平面での3MW入力時の電場強度分布を示す。972MHzサーキュレーターの反射損失や挿入損失の数値に多少違いが見られる。詳細は今後計算を進めて検討し報告したい。

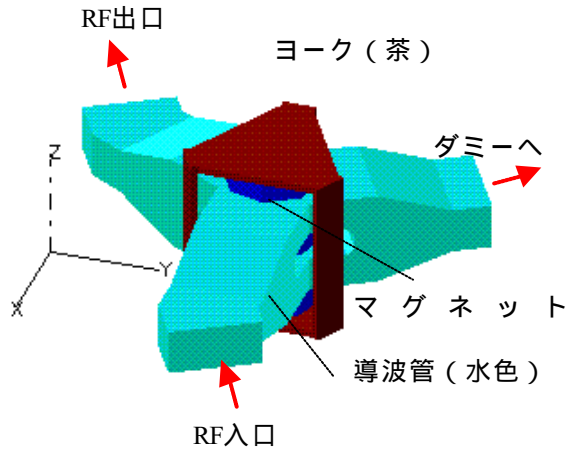


図1 972MHzサーキュレーターの入力モデル。

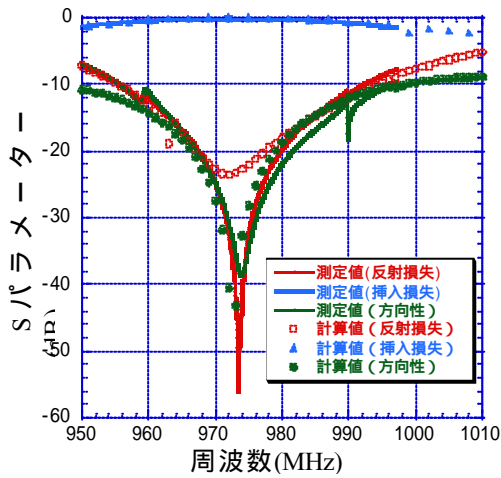


図2 972MHzサーキュレーターのSパラメータの計算値と測定値。

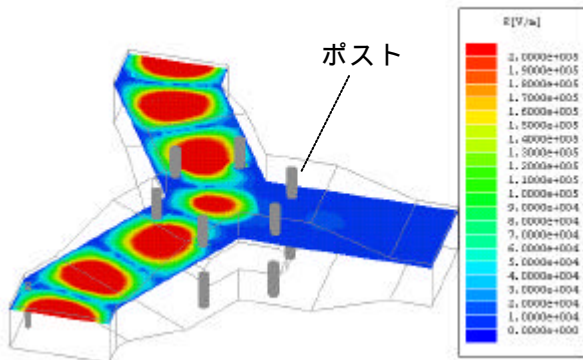


図3 972MHzサーキュレーターの電場分布。

## 2.2 ポスト付近の電界集中

実際にサーキュレーターで放電が起きたポスト付近の電界強度分布を表示した。図4に電磁場解析ソフトによる972MHzサーキュレーターの計算値のポスト付近の電界強度のx-z平面の分布を示す。RF入口にある4つのポストの内の右下の手前側で電界が高い部分を見る事ができる。

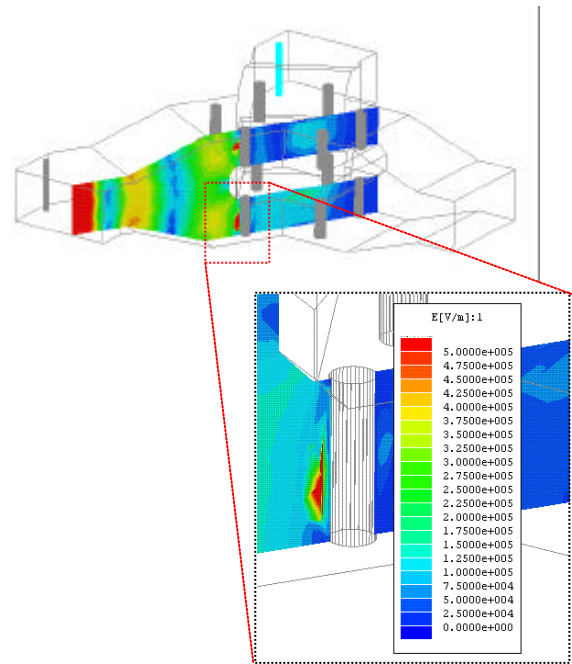


図4 ポスト付近の電界集中の様子。

## 2. 冷却水温度依存性

972MHzサーキュレーターの冷却水温度を変化させ、反射損失、挿入損失、方向性の測定をおこなった。具体的には、冷却水出口配管に熱伝対を貼りつけ、温度が可変できるチラーを使い、5間隔でRF特性を測定した。図5に冷却水温度とRF特性の関係を示す。

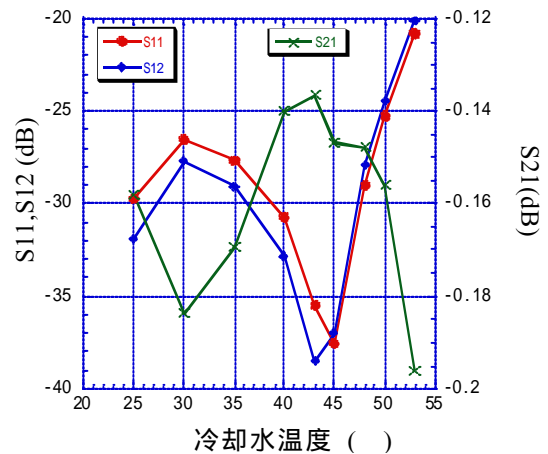


図5 冷却水温度とRF特性の関係。

図6に冷却水温度を変化させた時の反射損失と方向性の20dBでの周波数帯域の関係を示す。冷却水温度が45 あたりから周波数帯域が狭くなるのがわかった。

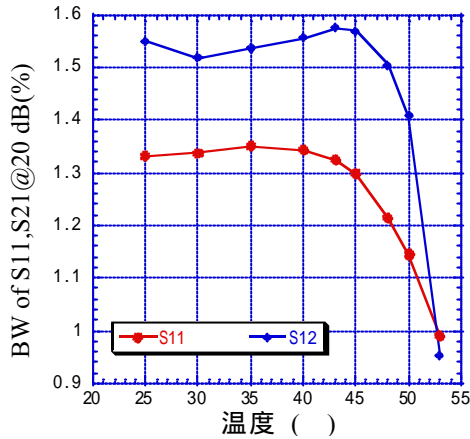


図6 冷却水温度と周波数帯域の関係.

### 3. 磁場分布の測定

つぎに、972MHzサーキュレーターの任意の点で磁束密度の測定をおこない、グラフに整理した。また、電磁場解析ソフトの計算値の磁場分布と照らし合わせた。図7にサーキュレーターの磁束密度の測定値と計算値を示す。磁場分布の測定値と計算値が一致しないが、詳細は今後、測定と計算を進めて検討し報告したい。

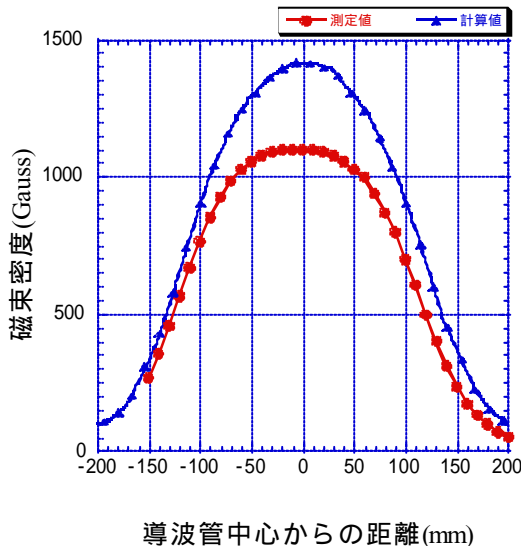


図7 磁場分布の計算値と測定値.

### 4. フェライトの誘電率の測定

972MHzサーキュレーターに使用している、フェ

ライトの誘電率とtan を測定した。図8に周波数と比誘電率、周波数とtan の関係を示す。製造会社の成績書では比誘電率が14.81で測定値とほぼ一致した値が得られている。

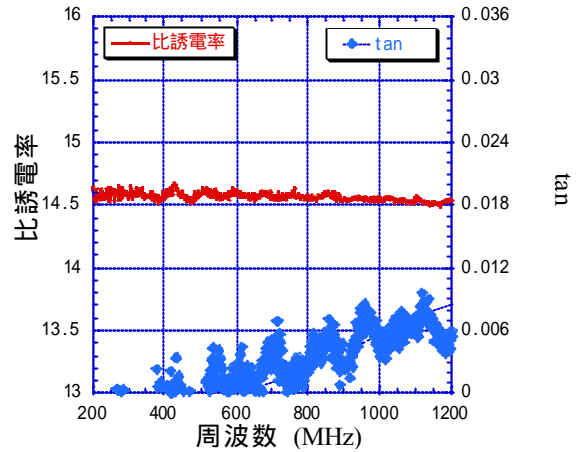


図8 周波数と比誘電率,tan の関係.

### 5. まとめ

J-PARCリニアックにおける972MHzサーキュレーターについて、汎用電磁場解析ソフトを使った計算の現状と、いくつかの測定値について報告した。既存のサーキュレーターは、ポスト付近で電界が集中し放電が起きている。電界の高い部分を、汎用の電磁場解析ソフトを使った計算で再現することができた。また、冷却水温度の変化によるRF特性の変化を測定することで冷却水温度とRF特性の関係を明らかにした。今後は放電後にポストの改善をおこなったので、ポスト改善後の大電力試験をおこなう予定である。

### 謝辞

比誘電率の測定では三菱重工(株)の五十嵐康仁氏に協力頂きました。お礼申し上げます。

### 参考文献

- [1] Y Yamazaki, "The JAERI-KEK Joint Project for The High-Intensity Proton Accelerator, J-PARC", PAC2003, Portland(2003), (URL: <http://www.conf.slac.stanford.edu/pac03/>)
- [2] High-Intensity Proton Accelerator Project Team, "Accelerator Technical Design Report for High-Intensity Proton Accelerator Facility Project, J-PARC" JAERI-Tech 2003-044, KEK Report 2002-13.
- [3] 菅沼和明他, "J-PARCリニアック立体回路システムの設計と調整" 第28回リニアック技術研究会.