

# AN INTERIM REPORT OF C-BAND ACCELERATING STRUCTURE MASS PRODUCTION

Sadao Miura<sup>1,A)</sup>, Tsumoru Shintake<sup>B)</sup>, Inagaki Takahiro<sup>B)</sup>, Hirokazu Maesaka<sup>B)</sup>,  
Noriyoshi Azumi<sup>B)</sup>, Sakuo Matsui<sup>C)</sup>, Hiroaki Kimura<sup>C)</sup>, Hiroshi Matsumoto<sup>D)</sup>

A) Mitsubishi Heavy Industries, Ltd., 1-1-1 Itozaki Minami, Mihara-shi, Hiroshima, 729-0393

B) SPring-8 / RIKEN Harima Institute, 1-1-1 Kouto, Sayo-cho, Sayo-gun, Hyogo, 679-5148

C) SPring-8 / JASRI, 1-1-1 Kouto, Sayo-cho, Sayo-gun, Hyogo, 679-5148

D) KEK, 1-1 Oho, Tsukuba, Ibaragi, 305-0801

## Abstract

Mitsubishi Heavy Industries developed C-band chork-mode type accelerating structures<sup>[1]</sup>, and supplied four structures from 2002 to 2005 for RIKEN<sup>[2]</sup>. These accelerating sections are operated with stability in accelerating gradient 37MV/m for SCSS test linac<sup>[3]</sup>. We began mass production of 128 C-band accelerating structures from 2007 for RIKEN X-FEL Project, and completed 90 sections in July 2009. The RF aging is executed to several of these accelerating structures in RIKEN, and it was confirmed to drive in accelerating gradient 40MV/m without trouble<sup>[4]</sup>. It reports on these accelerating sections mass production intermediate results.

## Cバンド加速管量産中間報告

### 1. はじめに

理研X-FEL計画用Cバンド加速管のパラメータは表1の通りである。

表1: Cバンド加速管パラメータ

周波数 (MHz)	5712	
加速モード	$3\pi/4$	
加速タイプ	Quasi-C.G.	
空洞数	89+2coupler cell	
実効加速長	1791mm	
2a径	上流側	17.3mm
	下流側	13.6mm
2b径	上流側	45.7mm
	下流側	44.0mm
ディスク厚t	4mm	
Q	10200~9900	
群速度	0.031c~0.013c	
シャントインピーダンス	49.3~60.0MΩ/m	
$\tau$	0.53	
フィリングタイム	296ns	

加速管本体の材質は高純度無酸素銅HIP材、空洞内面は超精密旋盤で表面粗度0.1S以下、加工精度2~3 $\mu$ mで機械加工されている。加工された個々の空洞は真空ろう付けにより組み立てられている。本ライナックはマルチバンチビーム加速を予定しているため、加速管は空洞の外周に高調波を吸収するHOMダンパーを装備している。高調波吸収体の材質はSiCで、加速空洞にはタングステンばねで保持

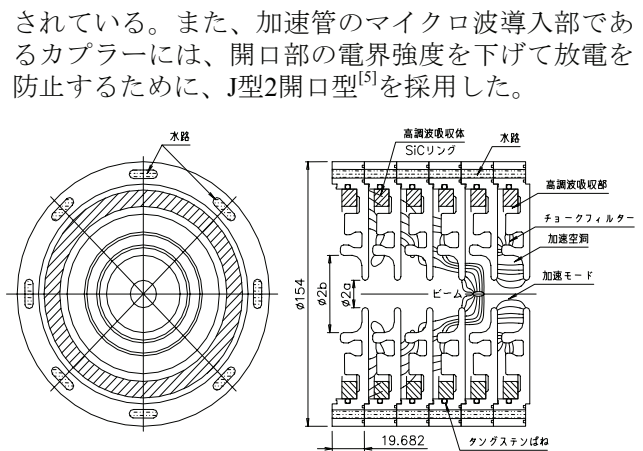


図1: チョーク型加速構造

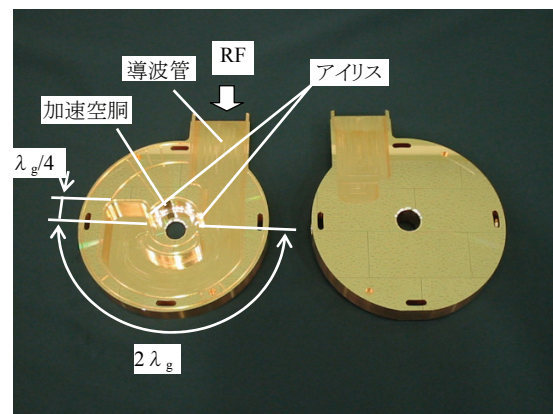


図2: J型2開口型カップラー

<sup>1</sup> E-mail: sadao\_miura@mhi.co.jp

## 2. 加速管の量産

加速管の高純度無酸素銅材料製造と、超精密加工前までの機械加工（超精密加工面0.03mm残し）はすべて日立電線で行っている。材料のHIP処理は、日立電線から金属技研に依頼した。超精密旋盤はMHI社内3台と協力会社1台の計4台を用い、初期加工及びRF測定しながらの修正加工を行った。真空ろう付けはMHI社内の小型炉1台と大型炉2台で行った。小型炉ではカップラー単体のろう付けを、大型炉では加速管全体ろう付けを2本/1バッチで実施している。加速管の納入スケジュールは表2の通りで、月産平均5本である。H19年度分12本、H20年度分62本、H21年度分16本/54本、計90本を既に納入している。

表2：加速管納入スケジュール

年度	納入本数
H19年度	12本
H20年度	62本
H21年度	54本
合計	128本

## 3. 各種測定結果

### 3.1 加速管の周波数

加速管のろう付け後周波数データーを図4に示す。横軸は加速管No. で左から製造順に90本分並んでいる。縦軸は中心周波数で、目標5712MHzに対して±200kHzの範囲に入っていることがわかる。±200kHzを空洞内径に換算すると、±2μm程度で、この程度の精度で加速管は機械加工されていることがわかる。

### 3.2 移相誤差

加速管の累積移相誤差データーを図5に示す。図4と同じく横軸は加速管No. で、縦軸は累積移相誤差を示す。初期に製作した16本の加速管は累積移相誤差がやや大きくなっている。これはろう付け時に、SiCがタングステンばねを介して加速管のセルを押し広げ、ろう付け前後での周波数変化がばらついたことによる。この現象は、SCSSテストライナック用加速管製造時にもややこの傾向が見受けられたが、X-FEL用加速管量産時に顕著になったものである。加速管#028号機以降は、タングステンばねの強度を必要にして十分なものに変更し、累積移相誤差は±3°以内に収まっている。

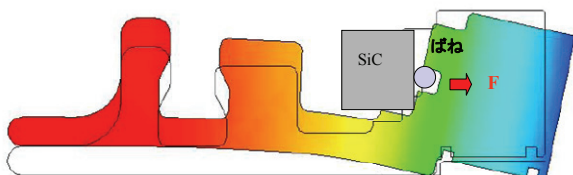


図3：加速管セルの変形状況

### 3.3 VSWR

加速管のVSWRデーターを図6に示す。カップラーの調整は筆者が開発した手法<sup>[3]</sup>で行った。全数、入出力どちらもVSWRは1.1以下であることがわかる。

### 3.4 加速管の曲がり

加速管の曲がりデーターを図7に示す。縦軸は加速管の曲がり（全幅）である。ここでx方向は加速管の導波管方向で、y方向はそれに対して垂直方向である。グラフより、しばしば加速管の曲がりが多い場合があり、x,y方向どちらかが大きいという傾向はない。加速管#081号機以降は、ろう付け時に加速管に乗せる重石の乗せ方を変更し、現在は曲がりは全幅0.2mm以下におちついている。

## 6. 終わりに

理研殿に納入した加速管のうち何本かは、すでにRFハイパワー試験を実施した。特に#024,#028号機は加速勾配40MV/mで安定に運転可能であることが確認されている。

今後、加速管の量産を継続し、予定通りに加速管を納入予定である。

## 参考文献

- [1] T.Shintake. “The Chork Mode Cavity”, Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 31 (1992) pp.L1567-L1570, Part2, No.11A, 1 Nov. 1992
- [2] S. Miura et al., “Manufacturing of the C-band Chork-Mode Type Accelerating Structure for SASE-FEL of RIKEN”, Proceedings of the 31th Linear Accelerator Meeting in Japan
- [3] T.Inagaki et al, “8GeV c-band accelerator construction for XFEL/SPring-8”, LINAC’08, 2008.
- [4] T. Sakurai et al, “HIGH POWER RF TEST ON THE C-BAND RF COMPONENTS OF 8 GEV ACCELERATOR FOR XFEL/SPring-8”, PAC’09, 2009.
- [5] H. Matsumoto et al. “Fabrication of the C-band (5712MHz) Choke-Mode Type Damping Accelerating Structure”, Proceedings of the 24<sup>th</sup> Linear Accelerator Meeting in Japan

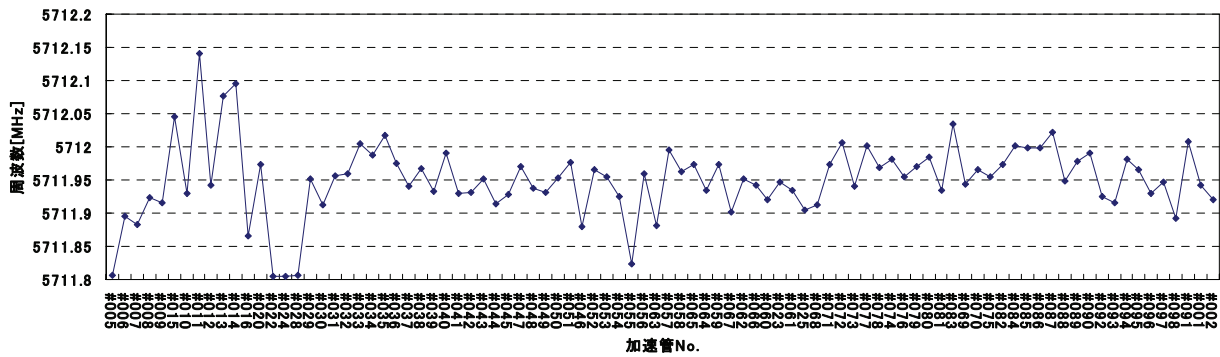


図4：加速管の中心周波数一覧

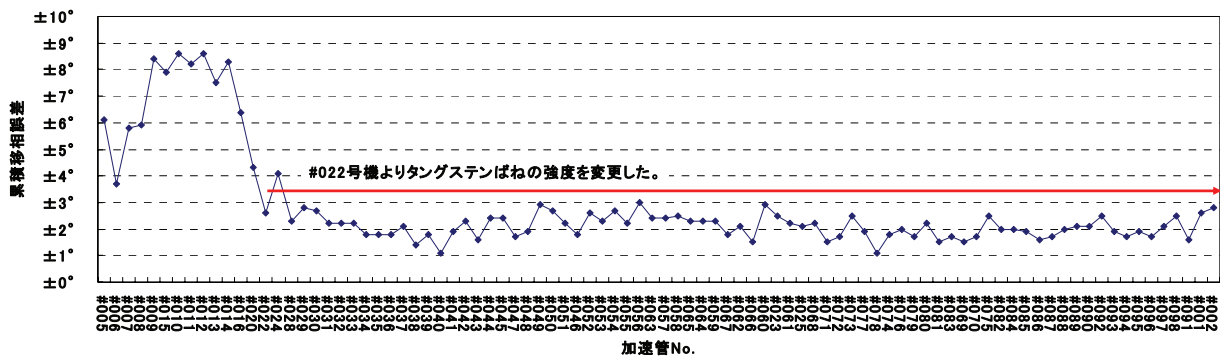


図5：加速管の累積移相誤差一覧

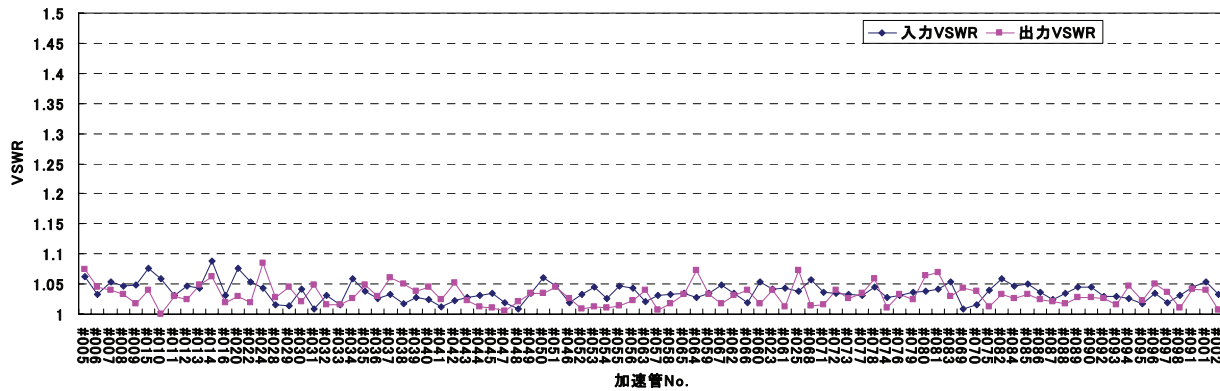


図6：加速管のVSWR一覧

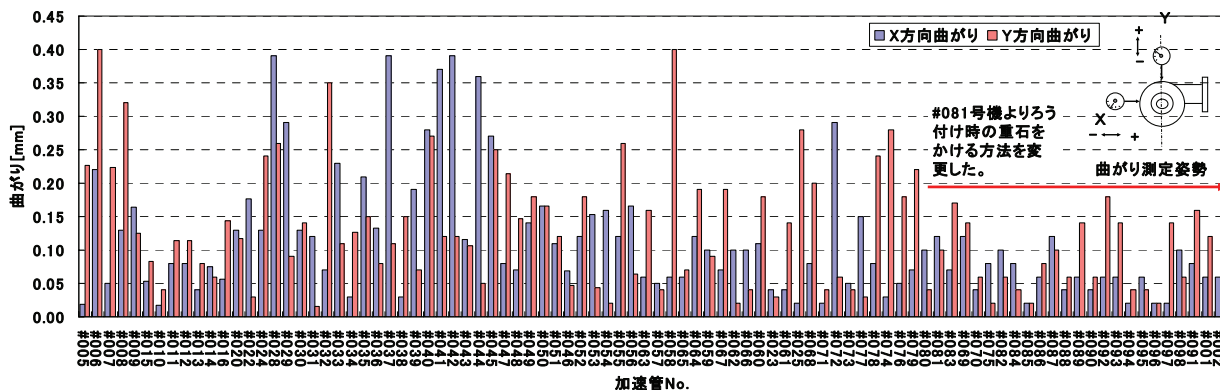


図7：加速管の曲がり一覧