

MANUFACTURING OF THE HIMAC INJECTOR

T.Sakata*, S.Yamada, Y.Sato, T.Yamada, H.Ogawa,
Y.Hirao, K.Sawada*, H.Murata* and O.Morishita*

National Institute of Radiological Science

* Sumitomo Heavy Industries, Ltd. (SHI)

ABSTRACT

HIMAC (Heavy Ion Medical Accelerator in Chiba) injector is now under construction. This injector consists of two heavy-ion sources, an RFQ linac, an Alvarez linac, and beam transport lines. These machines are being manufactured, tested at SHI factory, and shall be installed in Oct., 1991. The outline of this injector system and the status of Alvarez linac are described.

H I M A C 入射器の製作

1. はじめに

HIMAC (重粒子線がん治療装置) 入射器は1991年10月に据付を開始するため、現在、装置の製作及び工場テストを行っている。

以下に入射器系の概要並びにアルバレイナック第3タンクの現状について報告する。

2. 入射器系概要

主要仕様は表-1に示す。本システムはPIG, ECR型イオン源各1台とRFQライナック、アルバレイナック及び上流から各々LEBT, LLBT, MEBTと呼ばれるビームトランスポート系によって構成されている。

LEBTは加速電極、静電四極、ソレノイド電磁石、分析電磁石及びスイッチング電磁石等が配置され、イオン源から引き出されたビームを8KeV/uでRFQライナックに入射する。

全長7.3m、タンク内径0.59mのRFQライナックは300セルから成り、入射ビームを90%以上の高い捕獲率で800KeV/uまで加速する。ビームは更にLLBTを経て全長約24m、タンク内径約2.2m、セル数106のアルバレイナックによって6MeV/uまで加速する。

MEBTには荷電変換装置、四極電磁石及びデバンチャ等が配置され、質量電荷比1/4、運動量分散0.3%以下のビームがシンクロトロンへ入射される。

図-1は入射器全体図を示す。

加速イオン	He, C, Ne, Si, Ar	
	RFQライナック	アルバレイナック
加速エネルギー	8keV/u → 800KeV/u	800KeV/u → 6MeV/u
質量荷電比	1/2~1/7	1/2~1/7
周波数	100 MHz	100 MHz

表-1 入射器主要仕様

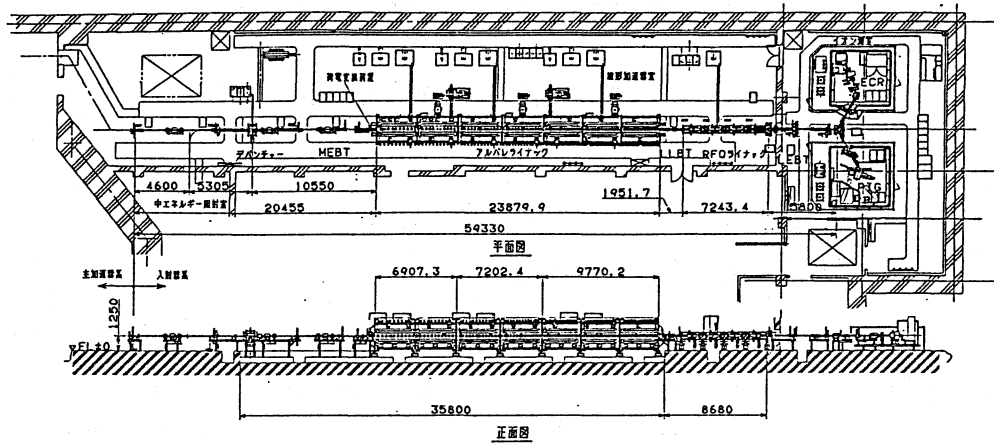


図-1 入射器系全体図

3. 現状

3台のキャビティから成るアルバレイナック本体は現在1台(第3タンク)が製作完了し、これに付帯する1.4MW RFアンプ、真空排気装置、制御機器等と組み合わせた総合試験が完了している。図-2は第3タンク全体写真を示す。

RFQライナックのキャビティは銅メッキ中で16本のベーンは3次元加工が完了している。デバンチャは8月に製作が完了し、現在RF試験に入っている。

アルバレイ第1、第2タンクの製作に平行して、高周波系電源、アンプ、制御系及び真空排気装置も製作進行している。ECRイオン源は製作中で、又PIGイオン源はR&Dとしての製作が完了し、現在テスト継続中である。

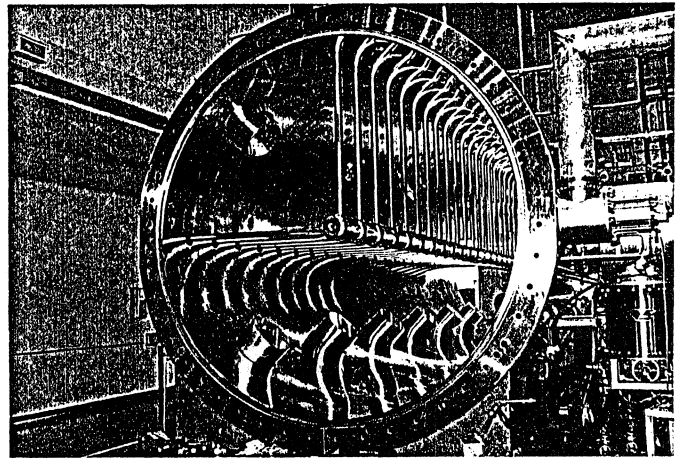


図-2 アルバレイナック 第3タンク全体写真

4. アルバレイナック製作

本節では総合試験が完了したアルバレイ第3タンクの製作について報告する。

(1) タンク

キャビティの共振周波数を精度良く100MHzとするために内径の公差は $\pm 0.3\text{mm}$ 、又Q値はタンク内面の壁面損失によって支配されるため面粗度を $0.4\mu\text{m}$ (1.2s)とする必要がある。これらの精度を達成するため、まず、長さ約7m、幅3.5m、厚さ53mmのクラッド鋼板(SS41+Cu)を円筒状に曲げ加工を行い、接合部を溶接し、製缶公差を $\pm 2.5\text{mm}$ 以内に抑えた。次に内径を加工し、表面の最終仕上げをした。これを2台組み合わせて第3タンクとし、その両端のエンドフランジはSS鋼の表面に銅メッキをして製作した。

(2) ドリフトチューブ

第3タンク、23台のドリフトチューブのうち12台にはパルス励磁される四極電磁石が内蔵されている。直径160mmのドリフトチューブ外筒は2本のステムによってサポートされ、四極電磁石との間には冷却水路が設けられている。その断面を図-3に示す。

キャビティの共振周波数は加速ギャップ間のキャパシタンスに非常に大きく影響されるため、これらドリフトチューブには厳しい寸法精度が要求される。製作にあたっては全長の目標精度を $\pm 0.05\text{mm}$ とした。又、四極電磁石を内蔵したドリフトチューブでは磁場中心位置を内筒に投影し、これを基準としてアライメントするため、この穴加工にも高い精度が必要となる。製作手順はまず、外筒に四極電磁石を組み込み、側面カバーを溶接した後、磁場中心測定の結果に従い内筒を $\pm 10\mu\text{m}$ の精度で穴加工した。更にステムを溶接し、高い面粗度と均一なメッキ厚を実現するため、3段階に分けて厚さ $100\mu\text{m}$ の銅メッキを行った。この様にして上記の目標精度は問題なく達成された。

四極電磁石No.	十二極成分(%)
1	0.20
2	0.20
3	0.27
4	0.24
5	0.21
6	0.18

表-2 四極電磁石の高次成分測定結果
(数値はいずれも $R=9\text{mm}$ 位置での四極磁場に対する比である。六～十極成分は測定限界以下であった)

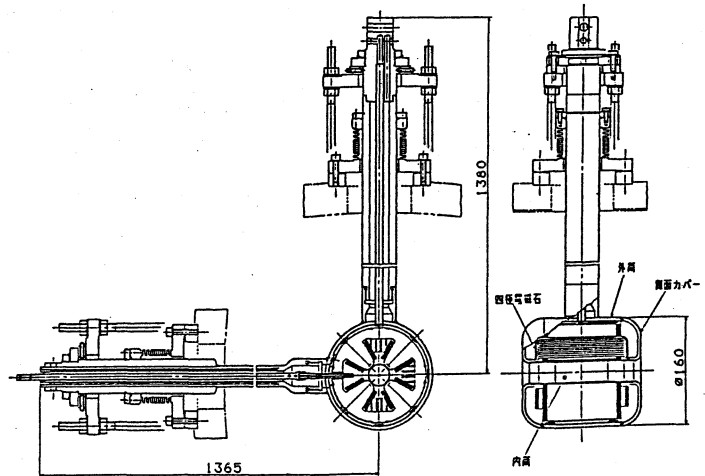


図-3 ドリフトチューブ断面図

(3) 四極電磁石

第3タンクの四極電磁石は磁極長を150mmに統一している。この磁極は厚さ0.5mm、上下2分割の珪素鋼板を各々積層して溶接を行った。次にコイル組み込み後一体化溶接した。磁場性能試験では均一な四極磁場が確認され(表-2参照)又、 1×10^{-3} 以内の長時間安定度が得られた。

(4) アライメント

ビームダイナミクス上から四極磁場中心のアライメント精度は $\pm 0.1\text{mm}$ 以内が要求される。ターゲットをドリフトチューブ内筒に挿入し、アライメントテレスコープで覗きながらドリフトチューブの位置を調整することによって芯出しは十分な精度で達成できた。

5. おわりに

今回、第3タンク製作では性能上必要とされる精度は全て達成された。現在アルバレ第1、第2タンクを製作中で、'91年5月に組立を完了させ、6月から工場テストを行う予定である。RFQライナックは今年の10月に組立を完了させ、11月から工場テストを行うことにしている。