

RF measurements of SDTLs for the J-PARC linac after the installation

Hirokazu Tanaka^{11, A)}, Hiroyuki Asano^{B)}, Takashi Ito^{B)}, Takao Kato^{A)}, Eiichi Takasaki^{A)}, Fujio Naito^{A)},
Takatoshi Morishita^{B)}, Kazuo Yoshino^{A)}

A) High Energy Accelerator Research Organization (KEK)

1-1 OHO, Tsukuba, Ibaraki, 305-0801

B) Japan Atomic Energy Agency (JAEA)

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

Abstract

J-PARC linac has 32 SDTL cavities. All SDTL cavities have been installed in JAEA. Since the SDTL cavities were assembled in KEK, the SDTLs had to be transported to JAEA from KEK. Therefore the RF properties of the SDTL tanks were measured again after the alignment of the tanks on the beam line. The results are consistent with the data measured in KEK before.

J-PARC リニアック用SDTL 空洞の設置後のRF 特性試験

1. はじめに

J-PARC リニアックの50MeVから181MeVまでの加速を行うSDTL空洞^[1]は、32空洞で構成されている。SDTL空洞は、KEKで組み立ておよび測定調整が行われ、十分なRF特性を持つことが確かめられている^{[2][3]}。

その後、SDTL空洞は、東海村のJAEAへ搬送され^[4]、現在、すべてのSDTL空洞が設置^[5]を終え、大電力試験およびビーム試験の準備を行っている。これらSDTL空洞のRF特性に影響のあるすべての付属品を組み込んだ状態で確認した。

なお、現在の構成では32台のうち30台までは加速を行い、残りの2台はデンバンチャーとして使用される。将来的にはACS空洞が後段に設置され、32台すべてが加速に用いられ、191MeVまで加速を行うことができるようになる予定である。

本稿では、デンバンチャー用に用いられる2台を除いた30台について報告する。

2. J-PARC用SDTL空洞について

SDTL空洞は、加速効率の向上のため、通常のDTL空洞のドリフトチューブから四重極磁石を外部に出したものである。

J-PARC用SDTL空洞^[6]は、内径520mm、ドリフトチューブ外径92mm、ビーム孔直径36mm、加速周波数324MHzである。図1のように各空洞はそれぞれ5つの加速セルからなる。収束のための四重極電磁石が空洞の間にダブルットラティスで設置されており、ある程度の収束周期を確保するために、DTLと比較すると短い空洞となっており、すべての空洞はRF的に独立である。

また、J-PARCリニアックでは、二台のSDTL空洞を一台のクライストロンで駆動することになっており、

空洞番号2n-1と2nが同時に駆動される。

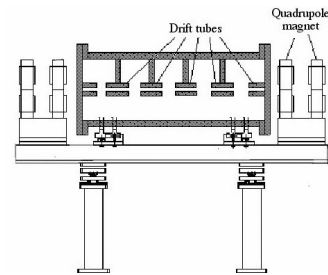


図1 SDTL模式図

3. RF特性試験について

3.1 測定方法

KEKで調整した可動チューナーの挿入量にて加速モードの共振周波数、 Q_0 値を測定し、RF入力カップラーの結合度を調整した。

ビーム加速ライン上に設置したあとは図1のように、空洞の上下流のスペースが狭く、そのため、ビーズを固定した糸を保持するアームの設置が難しいと判断したため、ビーズ振動法による加速軸上の電場分布測定は行わなかったが、搬送時のチェックの結果^[4]、DTは動いていないことが確認されているので、周波数やQ値が変わっていなければ、RFの状態は変わっていないものと考えた。

¹ hirokazu.tanaka@kek.jp

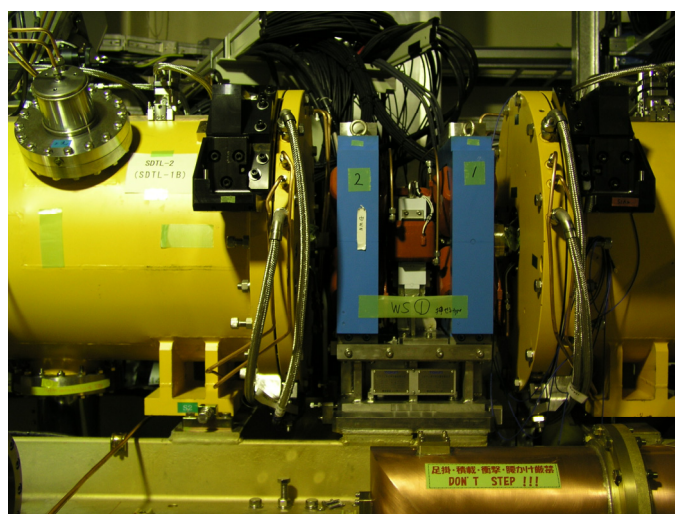


図1 SDTL間の空間

表1

空洞 #	f@JAEA	f@KEK	Q ₀ @JAEA	Q ₀ @KEK	β @JAEA
1	324.0161		41500		2.0
2	324.0162	324.0096	39900	41100	1.9
3	324.0137	324.0119	41200	39300	1.9
4	324.0257	324.0180	41000	42300	2.0
5	324.0214	324.0174	40400	41200	1.8
6	324.0264	324.0225	41800	41700	1.8
7	324.0399	324.0336	41000	41000	1.7
8	324.0402	324.0369	41300	39400	1.7
9	324.0365	324.0303	41400	40700	1.6
10	324.0321	324.0272	40900	40500	1.6
11	324.0375	324.0341	41300	40600	1.6
12	324.0347	324.0283	41300	39900	1.6
13	324.0345	324.0253	42400	41200	1.6
14	324.0364	324.0238	42000	40300	1.6
15	324.0300	324.0276	42200	41100	1.6
16	324.0290	324.0345	40500	40000	1.6
17	324.0306	324.0366	41900	41600	1.6
18	324.0264	324.0226	42300	40400	1.6
19	324.0382	324.0340	41500	40900	1.5
20	324.0323	324.0344	41400	40000	1.5
21	324.0469	324.0378	41800	40300	1.5
22	324.0388	324.0301	42000	40300	1.5
23	324.0418	324.0361	41700	40000	1.4
24	324.0367	324.0268	41200	40100	1.4
25	324.0367	324.0238	41700	39900	1.5
26	324.0316	324.0233	41000	41600	1.5
27	324.0320	324.0234	40900	39900	1.4
28	324.0376	324.0275	41500	41600	1.4
29	324.0344	324.0258	40800	41600	1.4
30	324.0354	324.0205	41300	39600	1.5

測定方法は、RF入力カプラーに、同軸管-N型コネクタ変換器を取り付け同軸ケーブルを介して、ネットワークアナライザのPORT1につなぎ、RFピックアップポートをPORT2につなぎ、測定した。

RF入力カプラーの結合度の調整は、ループ部を回転させ行なった。真空シールとともに締めこむ構造になっているため、結合度を変える時には真空を破ることになり、組み立て時に、調整を行う必要があった。

3.2 測定結果

加速を行うSDTL空洞30台について、測定結果を表1に示した。

周波数は、空洞温度と空気の補正を行い、真空時の値に換算したものを示した。運転時には、RFパワーの投入とともに発熱があり、それによる周波数の低下が、おのおのの空洞の定格入力により異なるが、10~40 kHzあると予想されているので、すべての空洞で324MHzよりその分、高い周波数になっている。

さらに表をよく見ると、加速モードの共振周波数には、ばらつきがある。これは、いくつか原因が考えられるが、主なものは、湿度が不確定なことによるものと考えている。空洞には乾燥窒素をつめたが、完全には元の空気と置換されておらず、混合状態になっていると推測される。湿度は、運転温度である27度で、1%あたり、0.4kHz程度の周波数の変動を引き起こすので、20~30%の違いでも10kHz前後の違いとなる。

それ以外にも、

1. カプラーもKEKで測定したときは、低電力試験用であり、形状が多少異なる。
2. オートチューナーの設定も目視であり、1mm以内つまり3kHz以内のずれは生じうる。

それらを考え、20kHz程度の誤差を見積もったため、この結果は、誤差の範囲内である。

上記を考慮に入れば、加速モードの共振周波数や Q_0 値はKEKの調整時の値とほぼ一致している。

結合度は、同じクライストロンで駆動する隣り合う二つの空洞の結合度を一致させ、想定される最大のビーム電流50mAを加速するときでも、オーバーカップリングを維持するという条件を十分満たすよう調整した。

4. 結論

SDTL空洞のRF特性は設置後もKEKで調整した状態をたもっていることが確認された。

また、入力カプラーの結合度も条件を満たすよう調整された。

参考文献

- [1] T. Kato, "Proposal of a Separated-type Proton Drift Tube Linac for a Medium-Energy Structure", KEK Report 92-10(1992).
- [2] Hirokazu Tanaka, et al., "J-PARCリニアックのSDTL加速空洞の高周波特性試験", Proc of the 2nd annual meeting of particle accelerator society of Japan (20P006), Tosu, Japan, 2005 July 20-22
- [3] Hirokazu Tanaka, et al., "J-PARC リニアックのSDTL加速空洞の高周波特性試験(2)", Proc of 3rd annual meeting of particle accelerator society of Japan (WP39), Sendai, Japan, 2006 Aug 2-4
- [4] Fujio Naito, et al., "J-PARC用DTL空洞の輸送", Proc of 3rd annual meeting of particle accelerator society of Japan (WP28), Sendai, Japan, 2006 Aug 2-4
- [5] Takatoshi Morishita, et al., "J-PARCリニアックにおけるDTL/SDTLのアライメント", Proc of 3rd annual meeting of particle accelerator society of Japan (WP36), Sendai, Japan, 2006 Aug 2-4
- [6] 池上雅紀, "線形加速器(II)", OHO'01, URL <http://acc-physics.kek.jp/OHO/OHO01/home.html>