

## Tuning of the RF field of 2nd and 3rd DTL for the J-PARC

H.Tanaka<sup>A)</sup>, H.Asano<sup>B)</sup>, F.Naito<sup>A)</sup>, T.Morishita<sup>B)</sup>, T.Kato<sup>A)</sup>, E.Takasaki<sup>A)</sup>, T.Ito<sup>B)</sup>

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

1-1 Oho, Tsukuba, Ibaraki 305-0801

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

2-4 Shirakatashirane, Tokai, Naka, Ibaraki, 319-1195

### Abstract

We have adjusted the accelerating field of the second DTL tank for the Japan Proton Accelerator Research Complex (J-PARC). Furthermore we are now tuning the accelerating field of the third DTL tank also.

Three DTL tanks were made for J-PARC and the first tank is already being used for the beam acceleration. The second DTL tank consists of 42 full drift tubes, 42 post-couplers and 10 fixed tuners. Third DTL tank consists of 26 full drift tubes, 26 post-couplers and 8 fixed tuners. Both tanks have two movable tuners, two input couplers and two half drift tubes. The resonant frequency of the tank is 324MHz. A uniform accelerating field has been achieved by the fine adjustment of the post couplers and the fixed tuners. The field stabilization by the post-couplers against perturbations has been confirmed also. In order to achieve the stabilized-uniform distribution of the average field for each accelerating gap, the following techniques have been applied for the post-coupler tuning: (1) non-uniform insertion length of the post-couplers from the tank wall; (2) increment of the wall side diameter of the post-couplers. The recipe of the fine post-coupler tuning is described.

## J-PARC用第2および第3DTLのローレベルRF測定と調整

### 1. はじめに

J-PARCの入射器は、181MeVの線形加速器でイオン源、RFQ、DTL(アルバレ型リニアック)、SDTL(分離型DTL)およびそれらのビームトランスポートからなる。

DTLは3台製作されており、それぞれはさらに3つのユニットタンクから構成されている。このうち、最も低エネルギー側のDTLである第1DTL(DTL-1)はすでに低電力高周波測定[1]および大電力試験を終了しており、高エネルギー加速器研究機構(KEK)にあるビーム加速テストラインに設置され、加速試験に用いられている。そして、今回、第2DTL(DTL-2)の低電力高周波測定と加速電場分布の調整が行われた。さらに、現在、第3DTL(DTL-3)の低電力高周波測定と加速電場の調整が行われている。J-PARC入射器において、DTLの加速電場の一様性は安定したビーム加速のためには重要であるため、精密に調整が行われた。なお、加速電場測定には bead-pull perturbation法[2]が用いられた。

### 2. DTL-2およびDTL-3の構造

J-PARC用DTLは、タンク内径560mm、共振周波数324MHzのアルバレ型リニアックである。[3]

DTL-2は20MeV ~ 37MeVまでの加速を行うもので、全長は約9.5mである。そして、42個のフルサイズのドリフトチューブ(DT)と2つのハーフドリフトチューブ(HDT)が内蔵されており、43個の加速セルで構成されている。DTのビームボア径は22mmである。また、DTL-3は37MeV ~ 50MeVまでの加速を行い、

約7.5mである。そして、26個のDTと2つのHDTがあり、27個の加速セルで構成されている。DTのビームボア径は26mmである。

入力カプラーおよびチューナーの位置を図1に示す。DTL-2は10本、DTL-3は8本の固定チューナーが付いている。そして、それぞれ2本の可動チューナー、2つの入力カプラーがあり、DTごとにポストカプラーが取り付けられている。固定および可動チューナーは90mmの直径で、ともに最大挿入量が120mmである。固定チューナーは、DTLの共振周波数を合わせ、かつ加速電場分布の調整に用いる。さらに、可動チューナーにより、大電力RFを投入した時の共振周波数を調整する。そして、ポストカプラーによって加速電場を安定化している。

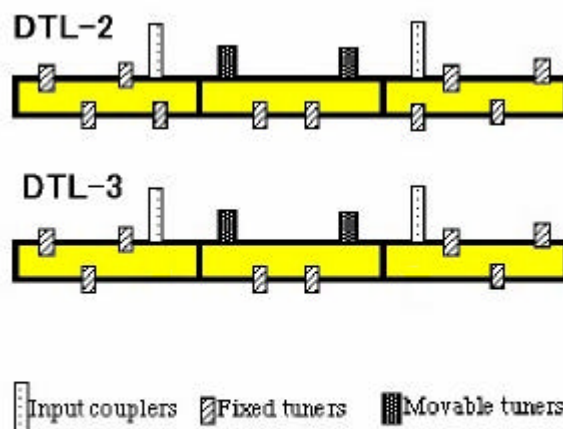


図1 カプラーおよびチューナー取り付け位置

入力カプラーが2つ取り付けられているのは、入力カプラーの負担を軽減するため、および位置を両端から全長の1/4の点とし $TM_{011}$ モードの励起を抑えるためである。

なお、J-PARCリニアックの設計に関しては参考文献[4]に詳しい。

### 3 . DTL-2の調整

#### 3.1 固定チューナー調整

まず、固定および可動チューナーの挿入量を調整し、セルごとの平均加速電場の均一化と加速モードの共振周波数調整を行った。固定チューナーは低電力試験用可動チューナーに置き換え調整が行われた。

チューナーおよびポストカプラーを挿入していない状態で測定を行うと、図2のチューナー調整前の分布に示すように中央付近が弱く、下流側が強い平均電場分布が得られた。なお、図2の縦軸は平均値を1に規格化した平均加速電場強度である。この状態の温度補正済み共振周波数は323.105MHzであった。ポストカプラーの挿入、空気の誘電率、および大電

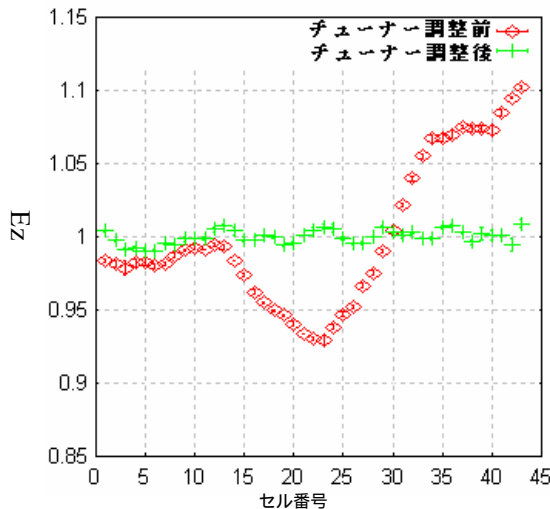


図2 加速セルごとの平均加速電場 (エラーバーは1 )

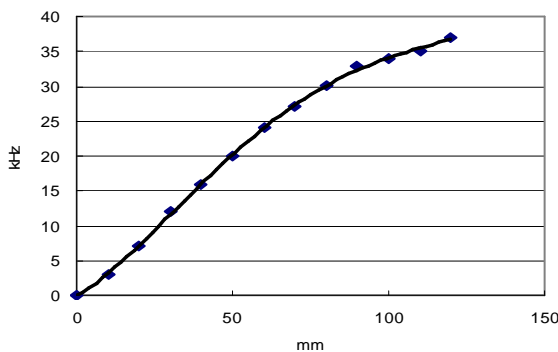


図3 チューナー挿入量と周波数変化量 (第二固定チューナー)

力RFと0電磁石励磁によるDTの変形の補正を入れたチューナーのみでの周波数目標値は323.650MHzであり、チューナーによる周波数変化量の測定(代表的なものを図3に示す)から、少なくともチューナーの平均挿入量が80mm以上になる事がわかった。また、ポストカプラーがない状態でチューナーによって平均加速電場の均一化を行うためには、チューナーに最大で45mm程度の挿入量の差をつけなければならぬ事も判明した。以上により、場所によりチューナーの効果が不足する可能性が高い事がわかったため、DTL-1でも採用されたように周波数補正用としてポストカプラーの根元の径を大きくした。(図4)しかし、DTL-2ではDTL-1のときよりも比較的調整前の加速電場分布の偏りは少なく、さらに周波数の不足量が多かったため、下流側だけではなくすべてのポストカプラーの径を大きくした。

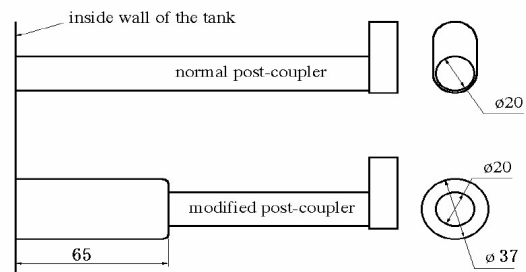


図4 ポストカプラーの形状(単位:mm)

これにより、チューナーを挿入していない状態で323.277MHzとする事ができ、図5のようにチューナーを挿入する事で、目標値とほぼ一致する323.653MHzにおいて、図2のチューナー調整後のような平均電場分布を得る事が出来た。

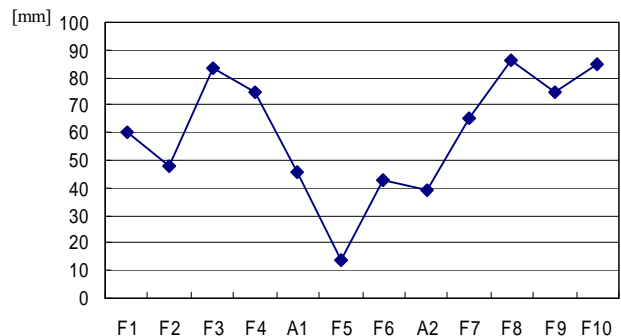


図5 チューナーの挿入量

F:固定チューナー  
A:可動チューナー

#### 3.2 ポストカプラー調整

ポストカプラーの挿入量は、挿入による電場分布安定化の程度が最大になるように調整することが要求される。そのため、チューナーの挿入量を変化させて摂動を与え、それに対する安定化の程度を測定した。指標としては、摂動がない状態と摂動を加えた状態の規格化電場強度の加速セルごとの差についての標準偏差を用いた。摂動としては、ポストカブ

ラー挿入前の状態で、全幅で25%程度電場分布が傾くチューナーの挿入条件で上流側の電場が強い条件と下流側の電場が強い条件と2種類の条件を用いた。(周波数変化量としては25kHzに相当する)また、ポストカプラーの挿入量を一律ではなく、セル長変化に伴い変化させる事で各ポストカプラーの固有の共振周波数をよりよく合わせる事ができ、その結果安定化の程度がよくなる事が期待される。そこで、ユニットタンクごとに挿入量を変化させた。ポストカプラー挿入量ごとの指標を、規格化電場強度を単位として、図6に示す。なお、図中のA~Gは挿入量をユニットタンクごとに変えたもので、表1に示すような挿入量である。これにより、Eの条件が最良である事が分かった。

以上により、よく安定化された加速電場を作る事が出来た。

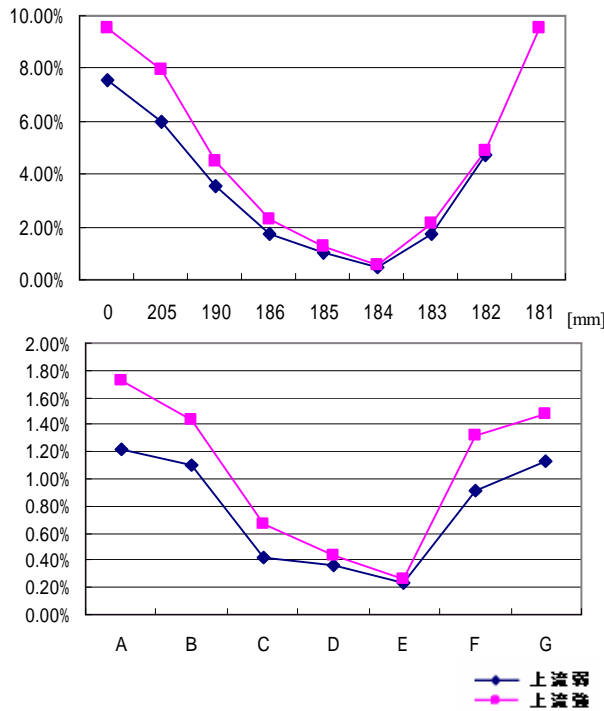


図6 ポストカプラー挿入量と安定度

表1 ポストカプラーの挿入量パターン

	ポストカプラー挿入量(mm)		
	ユニットタンク 1 (1~16)	ユニットタンク 2 (17~29)	ユニットタンク 3 (30~42)
A	186	185	184
B	186	185	183
C	186	184	183
D	185	184	183
E	185	184	182
F	185	183	182
G	184	183	182

さらに、タブの回転を行い、ポストカプラーをEの挿入量にして、チューナーの振動がない状態で、各セルごとの細かい平均加速電場の調整を行った。平均値を1に規格化した分布を図7に示す。 $\sigma=0.16\%$ と非常によく均一化した平均加速電場を得た。

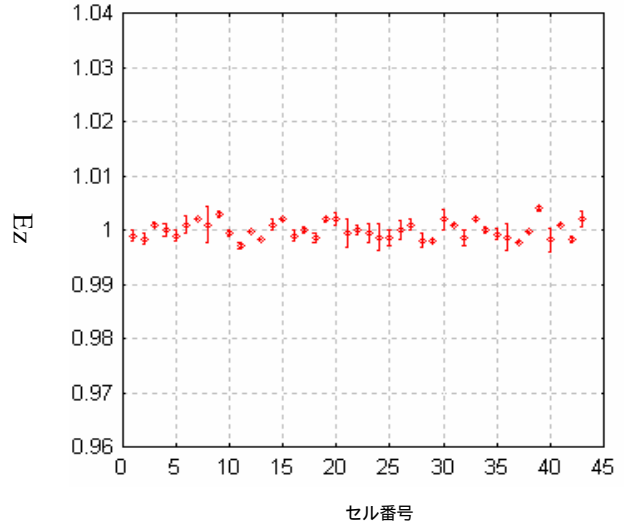


図7 加速セルごとの平均加速電場  
(エラーバーは1 $\sigma$ )

#### 4. DTL-3の調整

DTL-3はまだ調整中であるが、ポストカプラーおよびチューナーを挿入していない状態での共振周波数が低く、ポストカプラーの根元の径を大きくする必要がある事が分かった。現在どの程度の径の拡大が妥当であるかを検討中である。

#### 5. 結論

J-PARC用DTL-2のポストカプラーと固定チューナーの調整は、全数のポストカプラーの根元の径の拡大とポストカプラーの挿入量を各ユニットタンクごとに微調整する事で目標の周波数との差が $\pm 5$ kHz以内、加速セルごとの平均加速電場のばらつきが、 $\sigma=0.16\%$ とよい条件を得る事が出来た。

DTL-3については調整を続行している。

#### 参考文献

- [1] F.Naito, et al, "Tuning of the RF field of the DTL for the J-PARC", PROCEEDINGS OF THE 2001 PARTICLE ACCELERATOR CONFERENCE.
- [2] S.Okumura and A.Swenson, "Bead perturbation measurement for the KEK linac cavity", KEKreport, KEK-74-15(1975)
- [3] 池上雅紀, "線形加速器( )", OHO'01, URL <http://acc-physics.kek.jp/OHO/OHO01/home.html>
- [4] K.Hasegawa, "大強度陽子加速器計画用リニアック", Proceedings of the 26th Linear Accelerator Meeting in Japan, Tsukuba, Aug. 1-3, 2001