

RF properties of SDTL cavities of J-PARC linac(2)

Hirokazu Tanaka^{1,A)}, Hiroyuki Asano^{B)}, Takashi Ito^{B)}, Takao Kato^{A)}, Eiichi Takasaki^{A)}, Fujio Naito^{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 have 32 SDTL tanks for accelerating the H⁻ beam from 50MeV to 190MeV. The RF properties and the accelerating field of the tank were measured and tuned in order to achieve the desired properties. Since we already reported the measured RF properties for the first 12 tanks, the results of the RF tuning for more 20 tanks will be reported in this paper.

J-PARC リニアックのSDTL 加速空洞の高周波特性試験 (2)

1 . 概要

J-PARCリニアックにおいて50MeVから181MeVの加速に用いられるSDTL加速空洞は、しばらくの間ビームトランスポートでデバンチャーとして用いられるSDTL空洞二台を含め、32台全数を組立て、および、RFの測定と調整をつくばにあるKEKで行った。予定されている次期増強計画においては、全32空洞が加速用に用いられる予定であり、約191MeVまで加速する予定である。

それらの空洞は、現在、東海のJAEAに搬送し^[2]、設置^[3]を終え、ビーム試験の準備を行っている。

本稿では、つくばのKEKで行ったRF測定と調整の結果を既に報告した12台^{[4][5][6]}を除いた空洞番号10~12、14、15、17~31について報告する。

2 . J-PARC用SDTL加速空洞について

J-PARCリニアックの模式図を図1に示す。イオン源で生成したH⁻イオンをRFQで3MeVまで加速し、MEBTにある機器群で診断調整を行った上で、3台のDTLで50MeV、30台のSDTLで181MeVまで加速し、ビームトランスポートを通りRCSリングへ入射される予定である。SDTL空洞は、通常のDTL空洞から高周波特性の改善のため、収束四重極磁石を空洞の外に配置した物である。参考文献^[1]に詳しく載っている。

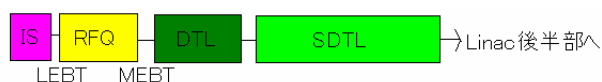


図1 J-PARCリニアック

図2にJ-PARC用SDTL空洞の模式図を示す。J-PARC用SDTL加速空洞の主要なパラメーターは、内径520mm、ドリフトチューブ外径92mm、ビーム孔直径36mm、空洞あたりのセル数5つで、固定チューナー2つ、可動チューナー1つを装備している。詳しくは参考文献^[4]の「2.SDTLの構造」に載っている。

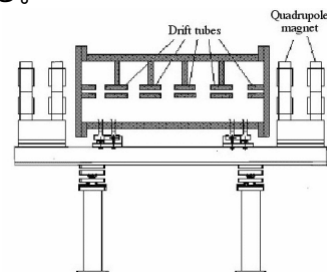


図2 SDTL空洞の模式図

3 . 測定および調整

3.1 測定及び調整の方法

共振周波数をネットワークアナライザーで測定し、温度および真空による周波数変化の補正計算を行い、運転中の加速モードの共振周波数が324MHzになるように調整した。また、同時に、bead-pull perturbation法^[7]によってビーム加速軸上の電場分布を測定し、出来る限り均一な平均電場が実現するように調整をした。調整は、二本の固定チューナーを調整用のチューナーに置き換え、それに、可動チューナーを加えた3本のチューナーの挿入量を変化させる事によって行われた。

¹ E-mail: hirokazu.tanaka@kek.jp

3.2 調整結果

軸上電場測定の実例を図2、3に示す。図2は、測定した生データで、これをデータ処理し、セルごとの平均電場をその平均で規格化してプロットしたものが図3である。

図3の調整前は、すべてのチューナーを壁面と同位置にしたものであり、調整後は表1にある挿入量で、大電力用の固定チューナーに置き換えた最終的なものである。また、表1のFT1、AT、FT2はそれぞれ、上流側固定チューナー、自動追尾

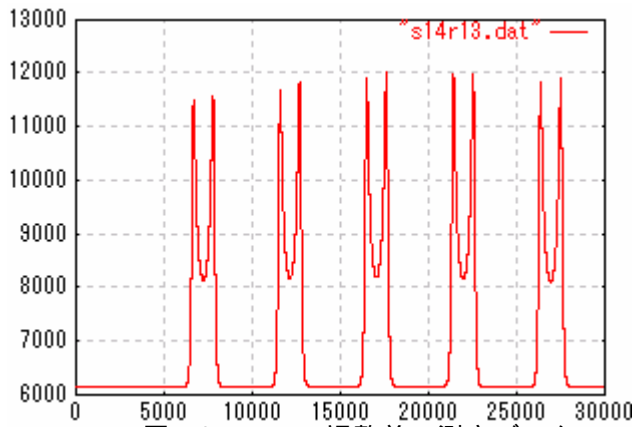


図2 SDTL-14の調整前の測定データ

(可動)チューナー、下流側固定チューナーの挿入量を示している。

このように、平均値で規格化したセルごとの平均電場を±1%以内になるように調整した。

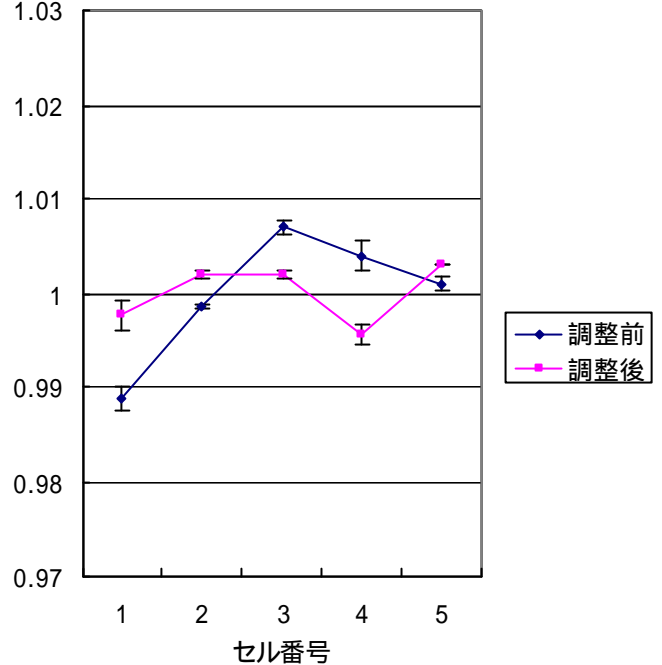


図3 SDTL14電場分布調整結果

表1 調整結果

空洞#	FT1	AT	FT2	f (測定値)	f (補正後) 27 真空	Q0 (測定値)	Q0 (fish)	Q0 到達率
	mm	mm	mm	MHz	MHz			
SDTL10	60	47	77	323.9234	324.0272	40500	42140	96%
SDTL11	57	60	85	323.9297	324.0341	40600	42070	97%
SDTL12	67	61	85	323.9247	324.0283	39900	41990	95%
SDTL14	58	80	41	323.9132	324.0238	40300	41830	96%
SDTL15	54	73	41	323.9224	324.0276	41100	41750	98%
SDTL17	50	63	40	323.9274	324.0366	41600	41590	100%
SDTL18	41	66	32	323.9172	324.0226	40400	41510	97%
SDTL19	46	59	42	323.9240	324.0340	40900	41430	99%
SDTL20	40	60	42	323.9168	324.0344	40000	41360	97%
SDTL21	54	53	49	323.9306	324.0378	40300	41280	98%
SDTL22	52	52	49	323.9303	324.0301	40300	41210	98%
SDTL23	48	62	35	323.9249	324.0361	40000	41140	97%
SDTL24	51	54	45	323.9230	324.0268	40100	41070	98%
SDTL25	49	43	50	323.9218	324.0238	39900	41000	97%
SDTL26	50	47	44	323.9219	324.0233	41600	40940	102%
SDTL27	43	53	39	323.9222	324.0234	39900	40870	98%
SDTL28	47	59	38	323.9265	324.0275	41600	40800	102%
SDTL29	46	47	45	323.9226	324.0258	41600	40740	102%
SDTL30	44	55	41	323.9237	324.0205	39600	40680	97%
SDTL31	49	55	45	323.9257	324.0249	37500	40620	92%

加速モードの共振周波数は、大電力RFによる周波数低下を見込んで、真空時に30kHz程度高くなるように設定した。やや狙った周波数と差は見られるが、

1. チューナーの設定および取り付け誤差が $\pm 0.5\text{mm}$ 程度あり、それによる周波数変動が一つあたり3kHz程度あること
2. 空洞内の湿度の測定は外気湿度からの推測であり、10%あたり4kHz程度補正值に誤差が生じること

などから、測定誤差を $\pm 10\text{kHz}$ 程度と見積もっており、測定誤差の範囲内である。なお、この誤差は、周波数変動は電場分布の条件を満たしつつ、十分に可動チューナーで追従可能であることも同時に確認している。

また、 Q_0 値は極めて高い値を持つことが確認できた。

6 . 結論

均一な加速電場分布で加速モードの周波数を十分に合わせることに成功した。

また、SDTL空洞が高い Q_0 値を持つことを確認した。

参考文献

- [1] T. Kato, "Proposal of a Separated-type Proton Drift TubeLinac for a Medium-Energy Structure", KEK Report 92-10(1992)
- [2] 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
- [3] 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
- [4] 内藤富士雄 他, "J-PARC用SDTLの大電力試験", Proc of the 28th Linear Accelerator Meeting in Japan, Tokai, Ibaraki, Japan, 2003 July 30 - Aug. 1, URL <http://lam28.tokai.jaeri.go.jp/proceedings/TP-2.pdf>
- [5] F.Naito, et al., "High-Power Test of the SDTL for The JAERI/KEK Joint Project", Proc of the LINAC '02, Gyeongju, Korea, Aug. 19 - 23, 2002, URL http://accelconf.web.cern.ch/AccelConf/102/PAPERS/TU44_7.PDF
- [6] 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
- [7] S.Okumura and A.Swenson, "Bead perturbation measurement for the KEK linac cavity", KEK report, KEK-74-15(1975)