

## BEAM COMMISSIONING OF THE J-PARC LINAC DTL1 AT KEK

Y. Kondo<sup>1,A)</sup>, H. Akikawa<sup>A)</sup>, S. Anami<sup>B)</sup>, H. Asano<sup>A)</sup>, Y. Fukui<sup>B)</sup>, Z. Igarashi<sup>B)</sup>, K. Ikegami<sup>B)</sup>, M. Ikegami<sup>B)</sup>,  
T. Itou<sup>A)</sup>, M. Kawamura<sup>B)</sup>, T. Kobayashi<sup>A)</sup>, C. Kubota<sup>B)</sup>, S. Lee<sup>B)</sup>, T. Morishita<sup>A)</sup>, F. Naito<sup>B)</sup>, Y. Namekawa<sup>A)</sup>,  
S. Sato<sup>A)</sup>, H. Suzuki<sup>A)</sup>, M. Takagi<sup>D)</sup>, E. Takasaki<sup>B)</sup>, H. Tanaka<sup>B)</sup>, M. Tanaka<sup>C)</sup>, T. Tomisawa<sup>A)</sup>, A. Ueno<sup>A)</sup>,  
S. Yamaguchi<sup>B)</sup>, S. Yoshida<sup>D)</sup>, K. Yoshino<sup>B)</sup>

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

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

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

1-1, Oho, Tsukuba, Ibaraki, 305-0801

<sup>C)</sup>Accelerator Engineering Center, Mitsubishi Electric System & Service Co., Ltd

2-8-8, Umezono, Tsukuba, Ibaraki, 305-0045 Japan

<sup>D)</sup>Kanto Information Service (KIS)

8-21, Kunkyo, Tsuchiura, Ibaraki, 300-0045

### Abstract

A commissioning of the J-PARC linac DTL1 is now under way at KEK. A 30mA H<sup>-</sup> beam was accelerated to 19.7-MeV, and 100% transmission was obtained with a 20- $\mu$ sec-pulse-width and 12.5-Hz-repetition beam. In this paper, present status of the DTL1 commissioning and preliminary results of the commissioning, such as emittance measurements, are presented.

## KEKにおけるJ-PARC LINAC DTL1のビームコミッショニング

### 1. はじめに

J-PARCリニアックのDTL (Drift Tube Linac) は、324MHzのアルバレ型DTLであり、3空洞で構成され、H<sup>-</sup>ビームを50MeVまで加速する<sup>[1]</sup>。146の加速セルを持ち、149のドリフトチューブの各々には電磁石のQマグネットが内臓される。

現在、KEKにおいて、19.7MeVの第1タンク (DTL1) までのコミッショニングを行っている。DTL1の下流には、DTL1から引き出されたビームの電流、エネルギー、位置、角度、エミッタンスなどを測定するためのテストスタンドが設置されている。

DTL1のコミッショニングは、2003年10月30日より開始され、初回のコミッショニングにおいて、まずはピーク電流5mA、次回には30mAで、設計値通りに19.7MeVに加速され、100%の透過率が得られることを確認した (図2)。その後、2003年12月から2004年1月にかけては、RFQ、テストスタンドなどの真空系の改修でコミッショニングは中断していた。

2004年2月からコミッショニングは再開され、主にMEBTのビーム診断用モニターに関する基礎的なスタディーのためにビームが供給された<sup>[2][3][4][5]</sup>。また、ビームモニター、RFモニター等のデータ収集系の整備が行われ<sup>[6][7][8]</sup>、平行してDTL1のチューニングに関するスタディーが行われている。

DTL1出口に設置されたエミッタンスモニターに関しては、不具合の改修が2004年5月に完了し、6月からエミッタンス測定を行っている。本論文では、KEKにおけるDTL1のコミッショニングの概要と、現在までに得られているエミッタンス測定などの結果について述べる。

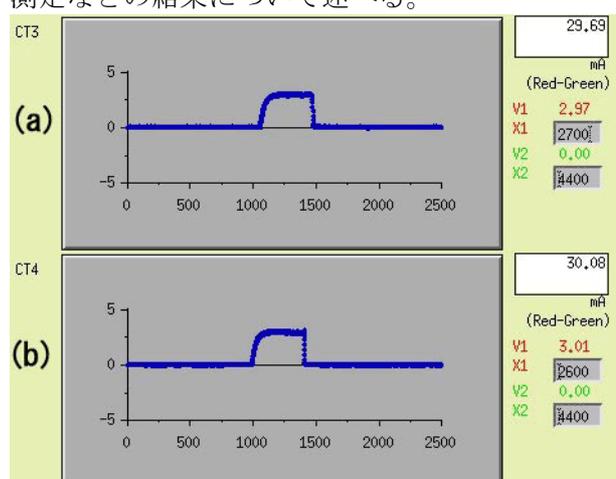


図1 : ピーク電流30mAの波形。(a): MEBT SCT3 (DTL直前)、(b): DTL SCT1 (DTL直後)。この時のパルス幅は20 $\mu$ sec、繰り返しは12.5Hz (duty 0.025%) であった。

<sup>1</sup> E-mail: yasuhiko.kondo@j-parc.jp

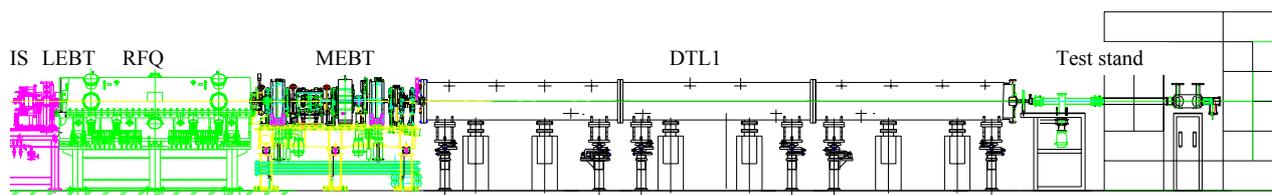


図2：KEKにおいてコミッショニング中の、J-PARCリニアック（DTL1まで）の概要

## 2. 実験装置

図3に現在までにKEKにおいてコミッショニングが行われているJ-PARCリニアックの概要を示す。

KEKでのコミッショニングにおいては、Lab<sub>6</sub>フィラメントを用いたセシウムを用いない体積生成型H-イオン源（IS）が使用されている<sup>[9]</sup>。

LEBT(Low Energy Beam Transport)は、2つのソレノイドマグネットと、インダクションキャビティーで構成され、RFQへのマッチングと、RFQの縦方向アクセプタンスを利用したプレチョッピングを行うためのエネルギー変調を行う。LEBT出口でのビームのエネルギーは50keVである。

RFQ (Radio Frequency Quadrupole) リニアックは、50keVのH<sup>+</sup>ビームを3MeVまで加速する。設計ビーム電流は、30mAの324MHz、4-ヴェイン型RFQで、ヴェイン長は3.1mである<sup>[10]</sup>。RFQはピーク電力325kWで運転された。

MEBT (Medium Energy Beam Transport) は、8個のQマグネット、2個のバンチャーキャビティー、1個のチョッパーキャビティー（RFデフレクター）およびビーム診断系から構成される。各機器の配置の詳細は、[2][4]などを参照されたい。

DTL1設置前の、ビーム電流29mAでのMEBT出口でのエミッタンス測定では、 $\epsilon_x=0.25\pi\text{mm}\cdot\text{mrad}$ 、 $\epsilon_y=0.21\pi\text{mm}\cdot\text{mrad}$  (normalized rms) であり<sup>[11]</sup>、シミュレーションとの良い一致が見られた<sup>[12][13]</sup>。

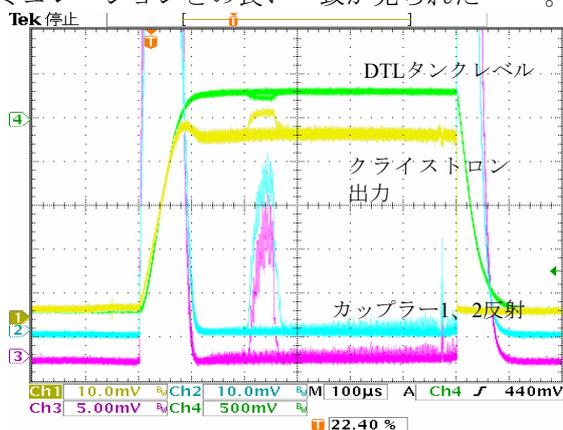


図3：DTL1のRF波形。

DTL1は76個の加速セルで構成されており、長さ9.9mである。<sup>[14]</sup>。運転時のピーク電力は1.1MWである。図3に、DTL1のRF波形を示す。DTL1のRF電力は、カップリング $\beta=1$ で投入され、ビームロー

ディングがあるときはアンダーカップルとなっている。

RFQ、MEBTのバンチャー、DTL1に関しては、RFフィードバックによる振幅、位相の安定化がなされている<sup>[15]</sup>。

図4にDTL1テストスタンドの概要を示す。DTL1出口のビーム電流は、直後に置かれたSCT（Slow Current Transformer）と、最下流のビームダンプのファラデーカップ（FC）で測定する。ビームダンプの材質は、グラファイトで、中性子のシールドにコンクリートで囲まれている。ビームエネルギーは、1.1m離れたFCT（Fast Current Transformer）とBPM2（Beam Position Monitor）間のTime of Flight（TOF）を測定することで測る。DTL1出射ビームの位置と角度は2つのBPMで測ることができる。エミッタンスはダブルスリット型のエミッタンスモニターによって測定する。スリットの厚さは5mm、スリット幅は0.1mm、2つのスリットの間隔は340mmである。

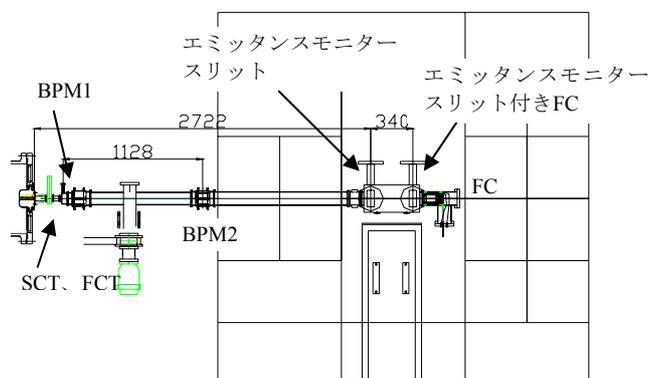


図4：DTL1テストスタンドの概要。

## 3. エミッタンス測定

現状でDTL1のチューニングは十分ではないが、予備的なエミッタンス測定を行った。結果を図5及び図6に示す。

J-PARCリニアックのリファレンスデザインのPARMILA<sup>[16]</sup>シミュレーションでは、DTL1出口のエミッタンスとして、 $\epsilon_x=0.25\pi\text{mm}\cdot\text{mrad}$ 、 $\epsilon_y=0.27\pi\text{mm}\cdot\text{mrad}$  (normalized rms) であり<sup>[17]</sup>、測定結果はこれに比べて大きい。この原因として、特に縦方向のチューニング（DTL1及びMEBTのバンチャーの振幅、位相のチューニング）が不十分なため縦方向のアクセプタンスから外れ、十分に加速されない粒子が含まれていると考えられる。DTL1のチューニングに関

しては、位相、振幅スキャンの方法が提案されている<sup>[18]</sup>ので、今後実行してみる予定である。その他、MEBTでの軌道補正、DTL1への横方向のマッチングなど、今後の課題である。

### horizontal emittance of DTL1

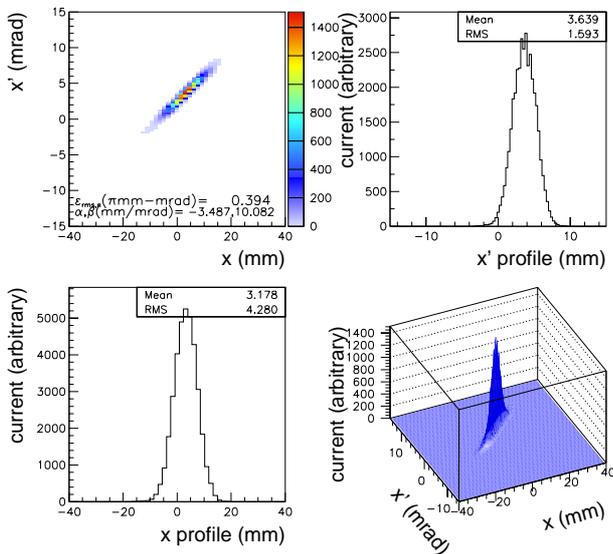


図5：水平方向のエミッタンス。 $\epsilon_x=0.39\pi\text{mm}\cdot\text{mrad}$  (normalized rms)。

### vertical emittance of DTL1

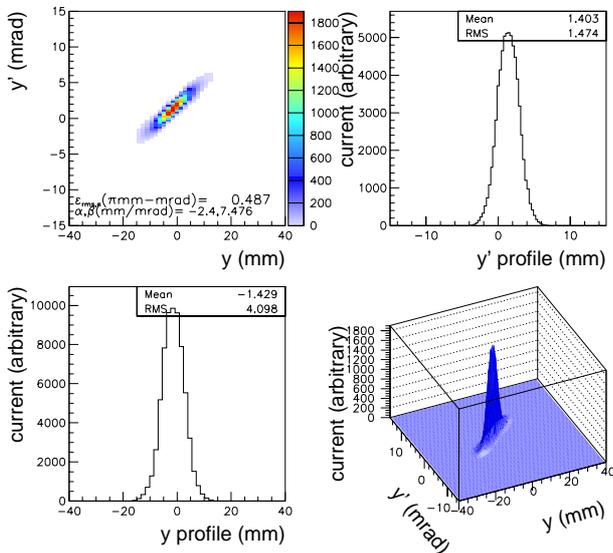


図6：垂直方向のエミッタンス。 $\epsilon_y=0.49\pi\text{mm}\cdot\text{mrad}$  (normalized rms)。

## 4. まとめ

J-PARCのDTL1のコミッショニングがKEKにおいて行われている。ピークビーム電流30mAにおいて、設計通りの19.7MeVのエネルギーと、100%の透過率が得られた (パルス幅20μsec、繰り返し12.5Hz)。

現状でのエミッタンス測定では、 $\epsilon_x=0.39\pi\text{mm}\cdot\text{mrad}$ 、 $\epsilon_y=0.49\pi\text{mm}\cdot\text{mrad}$  (normalized rms) であるが、十分にチューニングされた結果ではない。

今後の課題は、MEBTでの軌道補正、DTL1への横方向及び縦方向のマッチング、DTL1の位相、振幅などの正確なチューニング方法を確立することである。

## 参考文献

- [1] F. Naito et. al., "Mechanical and RF Properties of the DTL for the JAERI/KEK Joint Project", Proc. of 2002 Linac Conf., 359(2002), URL: <http://accelconf.web.cern.ch/AccelConf/I02/PAPERS/TU424.PDF>.
- [2] S. Lee et. al., "A Non-destructive momentum spread measurement with a 4-strip-line beam position monitor in the J-PARC LINAC", in these proceedings.
- [3] T. Tomisawa et. al., "Development of 4strip line beam position monitor of J-PARC LINAC SDTL", in these proceedings.
- [4] H. Aikawa et. al., "Emittance measurement with wire scanners at J-PARC linac", in these proceedings.
- [5] M. Tanaka et. al., "Development of beam loss monitor and data acquisition system for J-PARC LINAC", in these proceedings.
- [6] N. Kamikubota et. al., "Prototype Control System for the J-PARC 60MeV Proton Linac II", in these proceedings.
- [7] M. Takagi et. al., "Beam-monitor Software at the KEK 60-MeV Proton Linac", in these proceedings.
- [8] S. Yoshida et. al., "Data archive system at the KEK 60-MeV proton linac", in these proceedings.
- [9] A. Ueno et. al., "Surface production dominating Cs-free H ion source for high intensity and high energy proton accelerators", Rev. of Sci. Inst., vol. 75 num. 5 (04), 1714.
- [10] A. Ueno et. al., "RF-test of a 324-MHz, 3-MeV, H<sup>+</sup> RFQ Stabilized with PISL's", Proc. of 2000 Linac Conf., 545(2000), URL: <http://accelconf.web.cern.ch/accelconf/I00/papers/TUD02.pdf>.
- [11] M. Ikegami et. al., "Beam Commissioning of the J-PARC Linac Medium Energy Beam Transport at KEK", Proc. of 2003 Part. Accel. Conf., 1509(2003), URL: [http://accelconf.web.cern.ch/accelconf/p03/PAPERS/TPA\\_G035.PDF](http://accelconf.web.cern.ch/accelconf/p03/PAPERS/TPA_G035.PDF).
- [12] A. Ueno et. al., "Beam Test of a Front-end System for the JAERI-KEK Joint (JKJ) Project", Proceedings of LINAC2002, URL: <http://epaper.kek.jp/I02/PAPERS/TU423.PDF>.
- [13] Y. Kondo et. al., "J-PARC 30mA RFQのビーム実験結果とシミュレーションの比較", Proc. of the 28<sup>th</sup> Linear Accelerator Meeting in Japan, 69(2003), URL: <http://lam28.tokai.jaeri.go.jp/proceedings/TB-2.pdf>
- [14] F. Naito et. al., "Tuning of the RF Field of the DTL for the J-PARC", Proc. of Part. Accel. Conf., 2835(2003), URL: [http://accelconf.web.cern.ch/accelconf/p03/PAPERS/RPA\\_B049.PDF](http://accelconf.web.cern.ch/accelconf/p03/PAPERS/RPA_B049.PDF).
- [15] T. Kobayashi et. al. "Characteristics of Low Level RF System for DTL1 Beam Commissioning of J-PARC Linac", in these proceedings.
- [16] H. Takeda, PARMILA, LA-UR-98-4478.
- [17] M. Ikegami, private communications.
- [18] M. Ikegami et. al. "Longitudinal tuning schemes for J-PARC DTL and SDTL", in these proceedings.