

Nextef : KEK NEW X-BAND TEST FACILITY

Shuji Matsumoto¹, Mitsuo Akemoto, Noboru Kudoh, Tetsuo Shidara, Toshiyasu Higo, Shigeki Fukuda,
Hiromitsu Nakajima, Hideki Matsushita, Kazue Yokoyama, Mitsuhiro Yoshida
Accelerator Laboratory, KEK, 1-1 Oho, Tsukuba, Ibaraki, 305-0801

Abstract

KEK New X-band Test Facility (Nextef) is under construction. The purpose of this facility is to conduct high power testing of X-band accelerator structures as well as the fundamental researches such as the RF breakdown experiments with specially designed waveguides. The facility will be ready to go in autumn 2007.

KEK X-band RF試験施設 (Nextef) について

1. はじめに

KEK New Xband Test Facility (Nextef)と名づけた100MW級のXバンド(11.424GHz)RF試験施設をKEKB入射器棟内であらたに建設している[1]。この施設のねらいのひとつは、常伝導線形加速器における高電界加速(加速勾配100MV/m)の可能性を探ることにある。Nextefで使用するモジュレーターやクライストロンなど大電力RF機器類は、かつて高エネルギー研アセンブリーホール内に展開されていたリニアコライダー試験加速器施設(Global Linear Collider Test Accelerator、略称GLCTA)の資産をそのまま受け継いでいる。

GLCTAは、2002年に建設開始後、加速管試験施設やクライストロン試験ステーションが順次運用されていったが、2004年の国際衝突型超伝導線形加速器計画(ILCプロジェクト)の発足後、以後予定されていた建設作業は凍結された。ILCプロジェクト関連施設建設のため、GLCTAは撤去することになったが、実際の撤去作業に入るまでの間、この施設を利用して、Xバンド関連の試験をおこなった。(2004年秋以降、施設名称は、X-band Test Facility略称XTFに変更。)

XTFのクライストロン試験ステーションは、一足先に、KEKB入射器棟内のクライストロン組み立てホール内へ2006年度中に移設し、Xバンドクライストロン単体の専用試験施設として再び運用されている(KLY Test Station)。一方の加速管試験施設は、2007年初頭の運転終了と同時に解体作業に入った。機器の大半はこのとき償却されたが、主要ないくつかの機器を移設保管した。XTF解体作業が完了した後、KEKB入射器棟加速管組み立てホール内で、それら移設した機器等からなる新規施設Nextefの建設を開始した。試験時に試験体を格納するシールドルームは、組み立てホール内に既存の、これまでSバンドおよびCバンドの加速管試験に使用されてきたシールドを共用する。

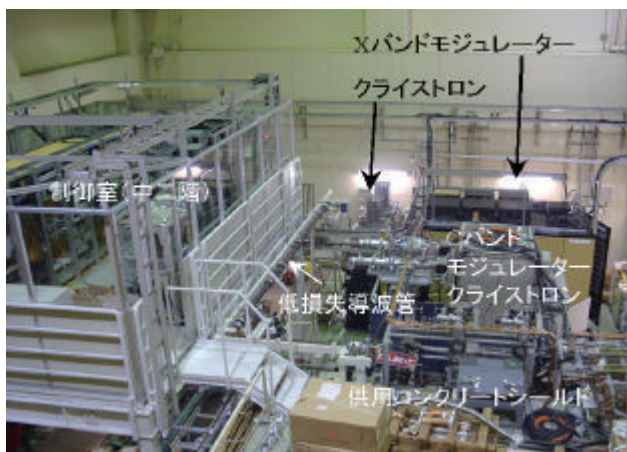


図1：加速管組み立てホール内に建設中のNextef

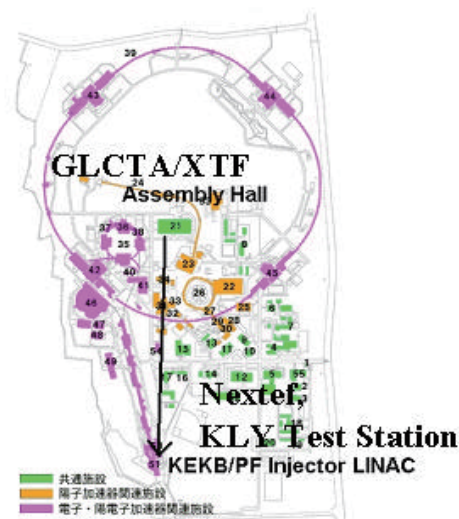


図2：KEK平面図。移設前(GLCTA/XTF)、後(Nextef、KLY Test Station)の場所を示す。

施設を動かすに必要な電力量を供給するため、(モジュレーター専用420Vラインなどの)新規の電力線を敷設する工事や冷却水の配管工事などの

¹ E-mail: shuji.matsumoto@kek.jp

インフラ整備からはじまった建設作業は、その後移設機器の組み付け作業に移っており、このまま順調にいけば、今秋より運転開始ができる状態になる見通しである。

秋以降の Nextef の運転予定としては、GLCTA/XTFで行ってきたXバンド帯加速管の高電界試験[2]をひきつづき行なうほか、100MV/m以上の電界強度が発生できる狭導波管などを用いたRF放電の基礎的試験[3]も本格的に行なう予定である。また外部ユーザーによる試験にも協力していく予定で、いまのところ、CERN-CLICグループがNextefでのCLICプロトタイプ加速管の試験を計画している。

2. 施設概要

Nextefの基本構成は、1) モジュレータ、クライストロン等よりなる大電力RF発生部、2) RF試験体格納するコンクリートシールド(共用)とそこまでRFを搬送する導波管系、3) 各種電源や、制御機器、モニター等を収容する制御室よりなる。RF発生部は、移設したGLCTA仕様モジュレータ1台と50MWクライストロン2台から構成され、各クライストロンからの出力を合成して、最大100MWの出力を発生させる。これを低損失導波管で既存のシールド内まで搬送し、各種試験に供する。装置を構成する各種機器の制御機器や各種電源類、モニター類を納めたラックを制御エリアに配置する。図3に加速管組み立てホール内での配置状況を示す。

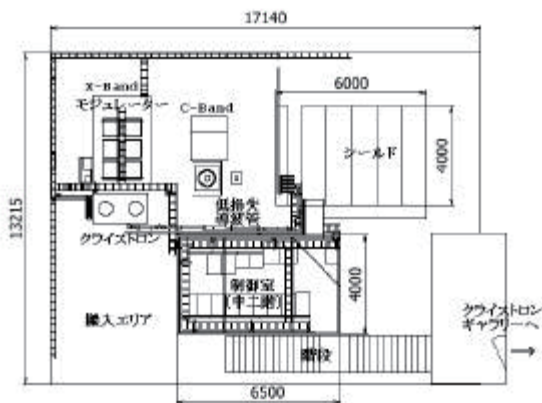


図3: Nextef施設の平面図 (KEKB入射器棟加速管組み立てホール)。

Nextefの機能は以下の通り。

- 11.424GHz, 100MW, 400ns, 50pps, 24時間運転が可能。
- 50cm-thickのコンクリートシールド (S, Cバンドとの共用)。
- 制御端末を現場に設け、これをKEKB入射器制御システム内から監視。リモートでの運転も可能。
- LINUXとEPICSによる試験データ取得や保存。
- 試験体でのRF放電時における各種RFパルス波形

の記録装置の設置。

- シールド内暗電流のモニターシステムの設置 (Faraday Cup, CTによる電流波形、分析磁石によるエネルギー同定)。
- その他汎用の検出器として、音響計測 (SLACで開発されたシステム)、光電子増倍管を用いたX線検出と観測、Q-massモニターを備える。

3. Nextefの構成機器

3.1 モジュレータ[4]

Nextef用モジュレータは、旧GLCTA向けに2003年度設計製作されたものを使用する。

- 当モジュレータの基本構成は、インバーター充電器、PFN、サイラトロンによるスイッチよりなる。インバーター方式をとることで、充電部をコンパクトにし、その他は、通常的方式をとることで、信頼度を高めた。パルス出力は、パルストランスフォーマーで昇圧されクライストロンに給電される。
- クライストロン二本へ同時に給電するため、筐体内に二組のPFN回路を並列に配置。それぞれの回路に一個ずつサイラトロンを置く。

このモジュレータは、XTFにて2004-2006年の間、もっぱらクライストロン試験に供せられていた。その時は、PFNの一組(並列のうち片側)のみ稼働させ、クライストロン一本の負荷で運転した。繰り返しは50ppsであった。運転状態は良好であった。

2006年のクライストロン試験ステーションの移設後しばらくXTFにそのまま置かれていたが、XTF解体時に入射器棟に移設され、今後はNextefのモジュレータとして、本来のクライストロン二本の並列負荷で運転される。

表1: GLCTAモジュレータの主要パラメーター

Peak Output Power	283 MW
Primary Output Voltage	21 kV
Primary Output Current	13.6 kA
Pulse width	4.5 μ s
Flat-top width	>1.6 μ s
Flatness	$\pm 0.5\%$
Repetition Rate	150 pps

表1にある本来の能力とくらべ、Nextefでの要求性能(繰り返し50pps、RFパルス幅400ns)は、控えめである。モジュレータは、PFN段数を減らし、RFパルス幅に見合った約2マイクロ秒のパルス幅で運転する予定。

3.2 クライストロン[5]

GLCTA/XTFから移設してきたPPM収束クライストロンを二本使用する。クライストロンの運転パラメーターを表2にあげた。

表 2: Nextefでのクライストロンの主要パラメーター

Operating Frequency	11.424 GHz
RF Pulse Width	0.4 μ s
Peak Output Power	50 MW
Beam Voltage	460 kV
Repetition Rate	50 pps
Efficiency	43 %

3.3 制御系[6]

Nextefの制御システム概略は、

- 1) モジュレーター本体の運転制御はPLCで行われる。本体の各機器のインターロックのほか、クライストロンや導波管系（真空系）のインターロックもモジュレーターPLC上に外部インターロック信号として集約される。
- 2) RF波形をはじめ、各種の波形はオシロスコープなどの計測器を通して、PC上に集約される。このPCを通じて、必要なデータのロギングも行われる。データロギングに関しては、KEKB入射器の運転制御システムに組み込まれる。

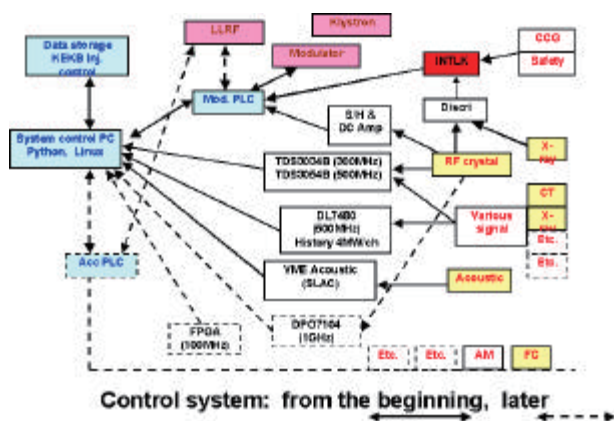


図4: Nextefコントロールシステムダイアグラム。

コントロールシステムについては、先行するKLY Test Stationがそのまま雛型になっている。

5. まとめ

Nextef、KLY Test Stationは、今後KEKB入射器各グループの協力のもと運用される予定である。運転管理はKEKB入射器のそれに準じて行われる予定で必要があれば、24時間の稼動が可能である。

クライストロン試験をおこなうKLY Test Stationはすでに稼動していて、50MWクラスのパワーを供給する試験施設としても使用されている。Nextef施設へのクライストロン供給の必要上からも、クライストロン試験ステーションの運用は今後も続けられる。

KEKのX-bandグループは、RF放電の基礎的実験や加速構造の試験、またRFコンポーネントの試験を行う予定である。特定のプロジェクト研究のために建設された施設ではないので、外部ユーザーの使用にも自由がきくとおもわれる。

6. 謝辞

移設計画の立案段階から現在にいたるまで、KEKB入射器関係者に支援尽力いただいている。加速管グループの柿原和久氏には、当初より加速管組み立てホール内での移設建設作業の調整や実務上で多大な協力をいただいた。ここに感謝いたします。

参考文献

- [1] <http://www-linac.kek.jp/nextef/index.html>.
- [2] T.Higo, et al., "Normal Conducting High-gradient Studies at KEK", THP038, Proceedings of Linac 2006, Knoxville, Tennessee USA, 2006.
- [3] K.Yokoyama, et al., TP09, "High-Field Study of Reduced Cross-Sectional X-Band Waveguides", these proceedings.
- [4] M.Akemoto et al., "Pulse Modulator for X-band Klystron at GLCTA", Proceedings of the 1st Annual Meeting of Particle Society of Japan and 29th Linear Accelerator Meeting in Japan.
- [5] S.Matsumoto, et al., "Study of PPM-Focused X-Band Pulse Klystron", THP027, Proceedings of Linac 2006, Knoxville, Tennessee USA, 2006.
- [6] T.Ushimoto, et al., "Control System for KEK X-Band RF Test Facility (Nextef)", WP58, these proceedings.