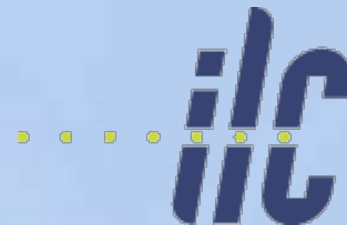




*international linear collider*

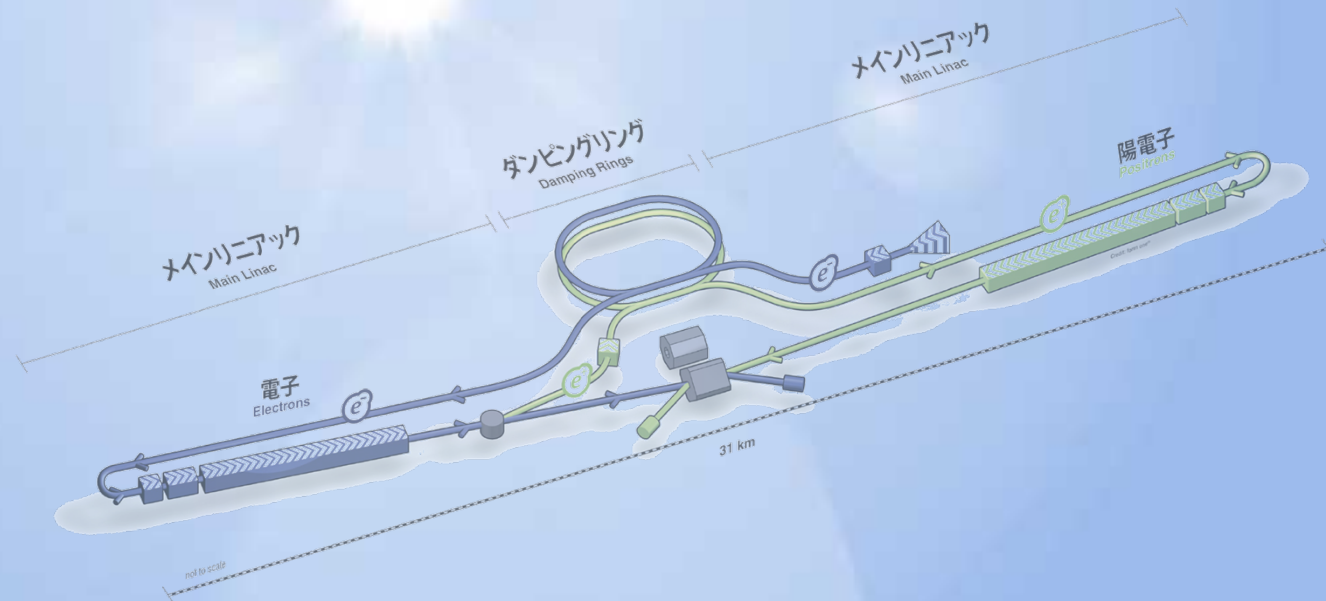


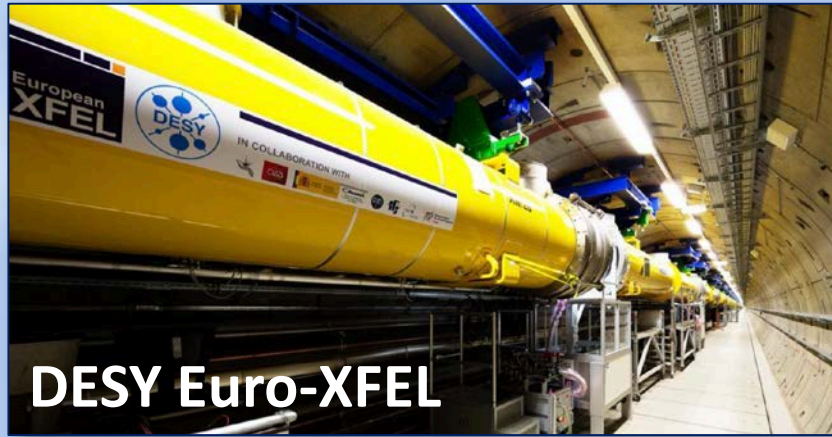
# ILCのためのSTF超伝導加速器開発の進展

高エネルギー加速器研究機構  
早野仁司、STFグループ

# 内容

1. STF超伝導加速器
2. クライオモジュール内の超伝導加速空洞の性能
3. 大電力高周波分配システムの開発
3. まとめ





**DESY Euro-XFEL**



**SLAC/FNAL-JLAB LCLS-II**

# STF 超伝導加速器



**KEK STF**

# 「量子ビーム」により入射部を建設・運転

**STF 加速器入射部は2012年2月に完成、2013年3月まで  
運転された。** Collision point

High-flux X-ray generation by inverse Compton scattering  
10mA electron beam ( 40MeV, 1 m s , 5 H z )  
Laser accumulator by 4 mirror resonator  
head-on collision of beam and laser  
Target flux:  $1.3 \times 10^{10}$  photons/sec 1%bandwidth



Photocathode RF gun

Capture cryomodule

**コンプトンX線生成実験が2012年3月から2013年3月  
まで行われた。**

その運転開始状況、X線生成実験結果は、  
2012年と2013年年会において口頭発表で報告された。

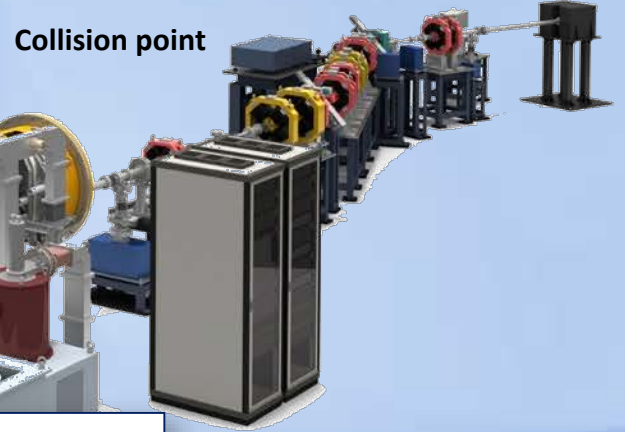


STF 加速器 入射部

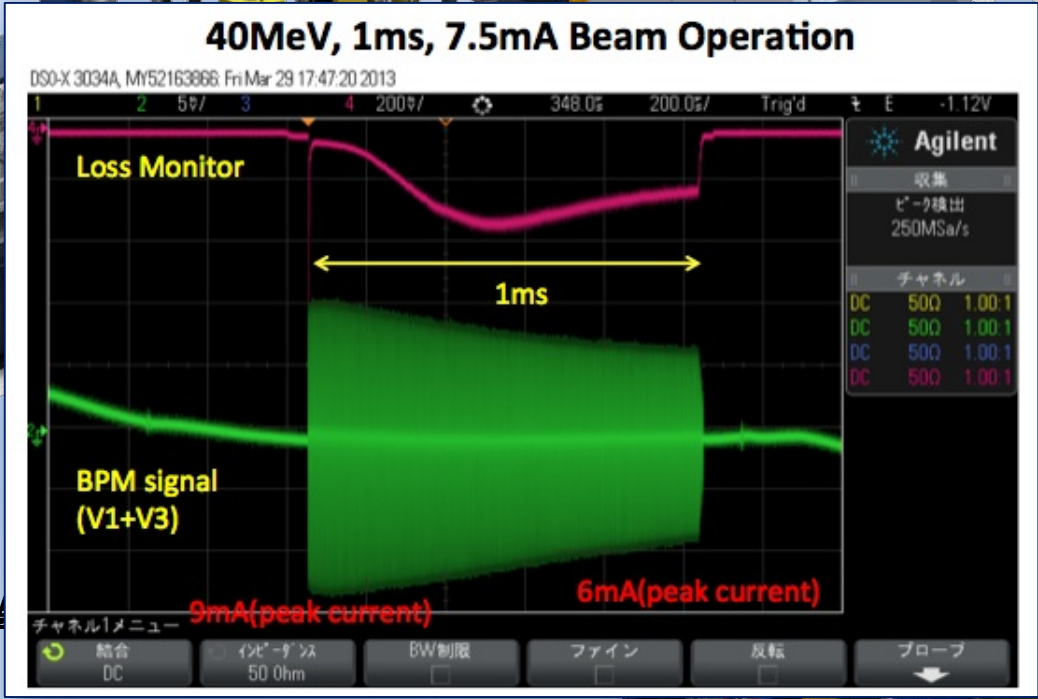
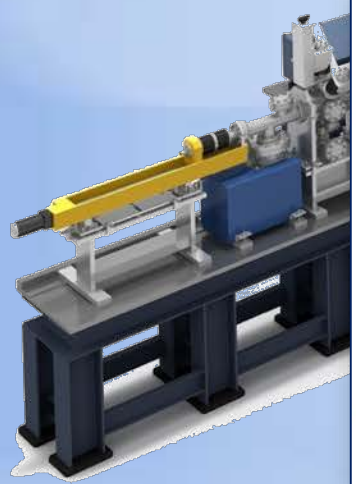
# 「量子ビーム」により入射部を建設・運転

**STF 加速器入射部は2012年2月に完成、2013年3月まで  
運転された。**

High-flux X-ray generation by inverse Compton scattering  
10mA electron beam ( 40MeV, 1 m s , 5 H z )  
Laser accumulator by 4 mirror resonator  
head-on collision of beam and laser  
Target flux:  $1.3 \times 10^{10}$  photons/sec 1%bandwidth



Capture cryomodule



STF 加速器 入射部

コンプトンX線生成実験  
まで行われた。

その運転開始状況、X線生成実験結果は、  
2012年と2013年年会において口頭発表で報告された。

# STF 加速器 計画面

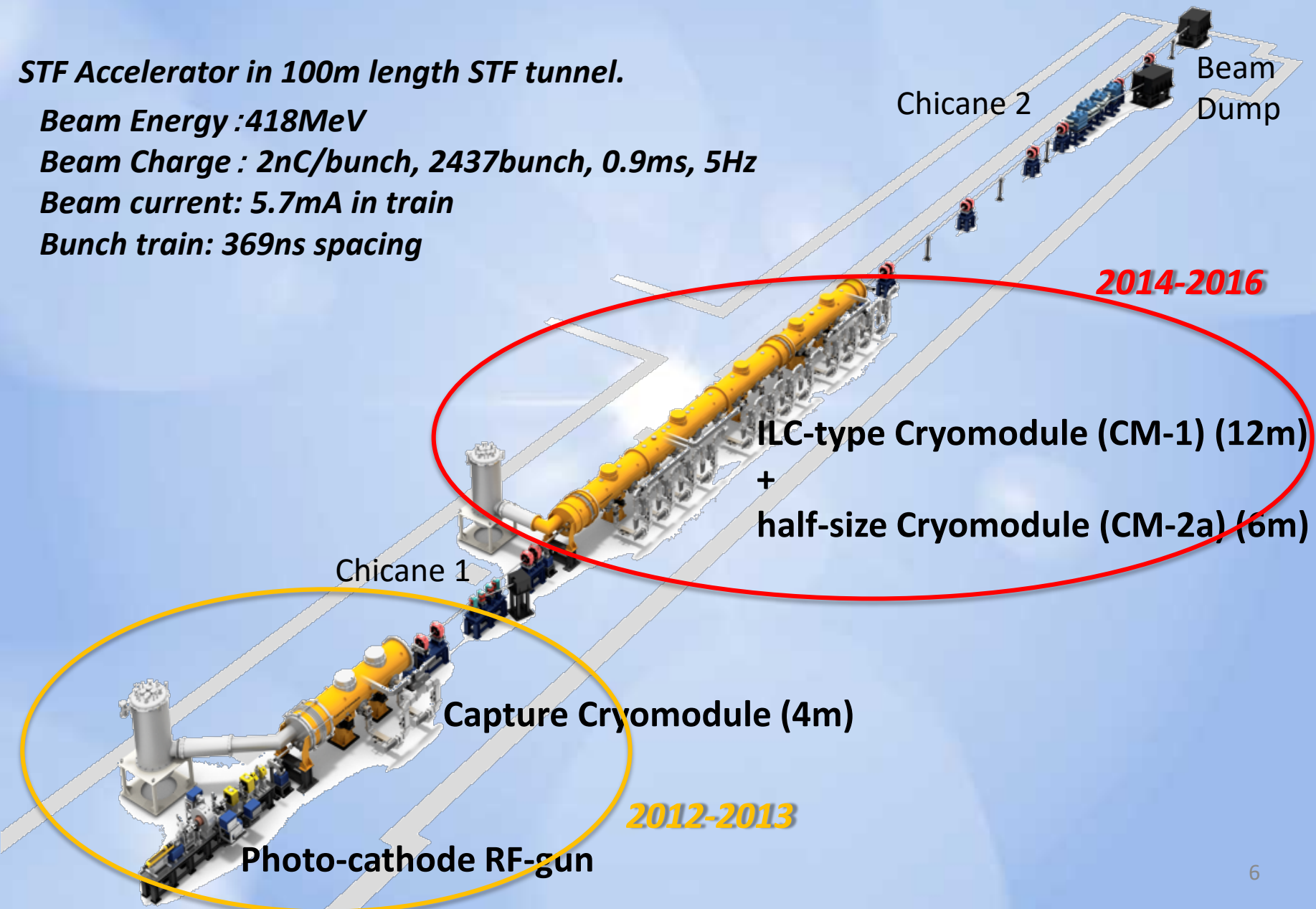
**STF Accelerator in 100m length STF tunnel.**

**Beam Energy : 418MeV**

**Beam Charge : 2nC/bunch, 2437bunch, 0.9ms, 5Hz**

**Beam current: 5.7mA in train**

**Bunch train: 369ns spacing**



**2014-2016**

**ILC-type Cryomodule (CM-1) (12m)  
+  
half-size Cryomodule (CM-2a) (6m)**

Chicane 1

**Capture Cryomodule (4m)**

**2012-2013**

**Photo-cathode RF-gun**

Beam  
Dump

Chicane 2

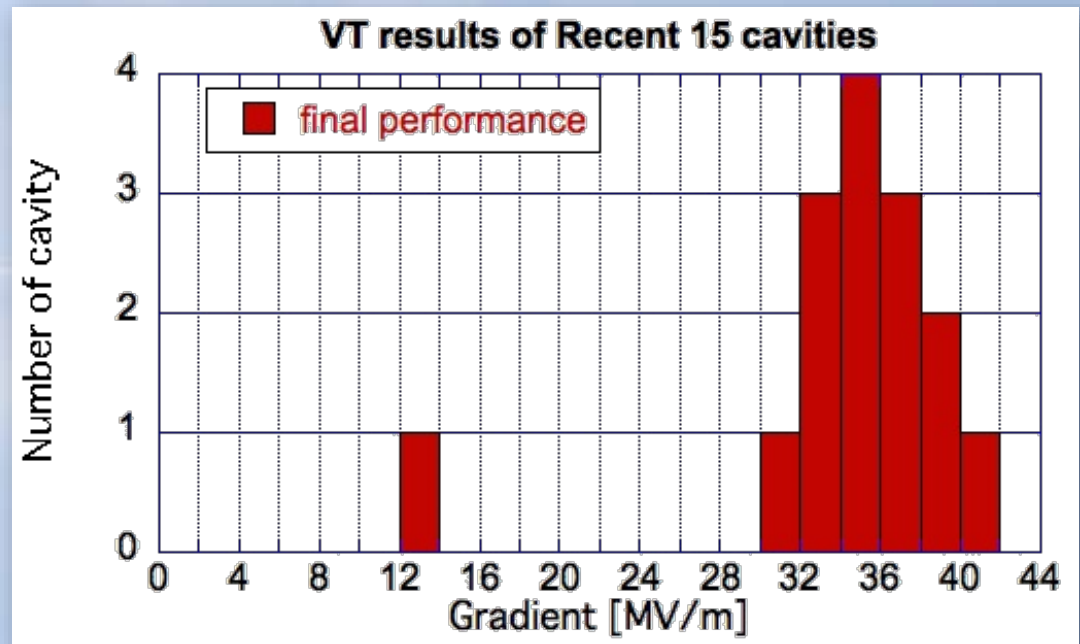
# クライオモジュール内の超伝導加速空洞の性能



# クライオモジュール CM-1+CM-2a に装着した空洞



## 内包する空洞の加速電界性能 (縦測定による)



平均最大加速勾配 34.2MV/m

上記のうち、12台の超伝導加速空洞の入ったモジュール (CM-1, CM-2a) 組立が2014年7月に完了している。



# クライオモジュール CM-1+CM-2a (18m長) の完成

モジュール組立の時の写真



クリーンルーム内で入力カップラーを取り付け、空洞を4台ごとに連結し、それらはトンネル内に移動されて、そこで局所クリーンブースを使って8台に連結。  
8台空洞をガスリターンパイプに吊り下げ、断熱シールドを装着し、真空容器に挿入し、加速器所定の位置に据え付けて完成した。

# クライオモジュール内の超伝導加速空洞の 性能試験（1台ずつRFパワーを供給して）

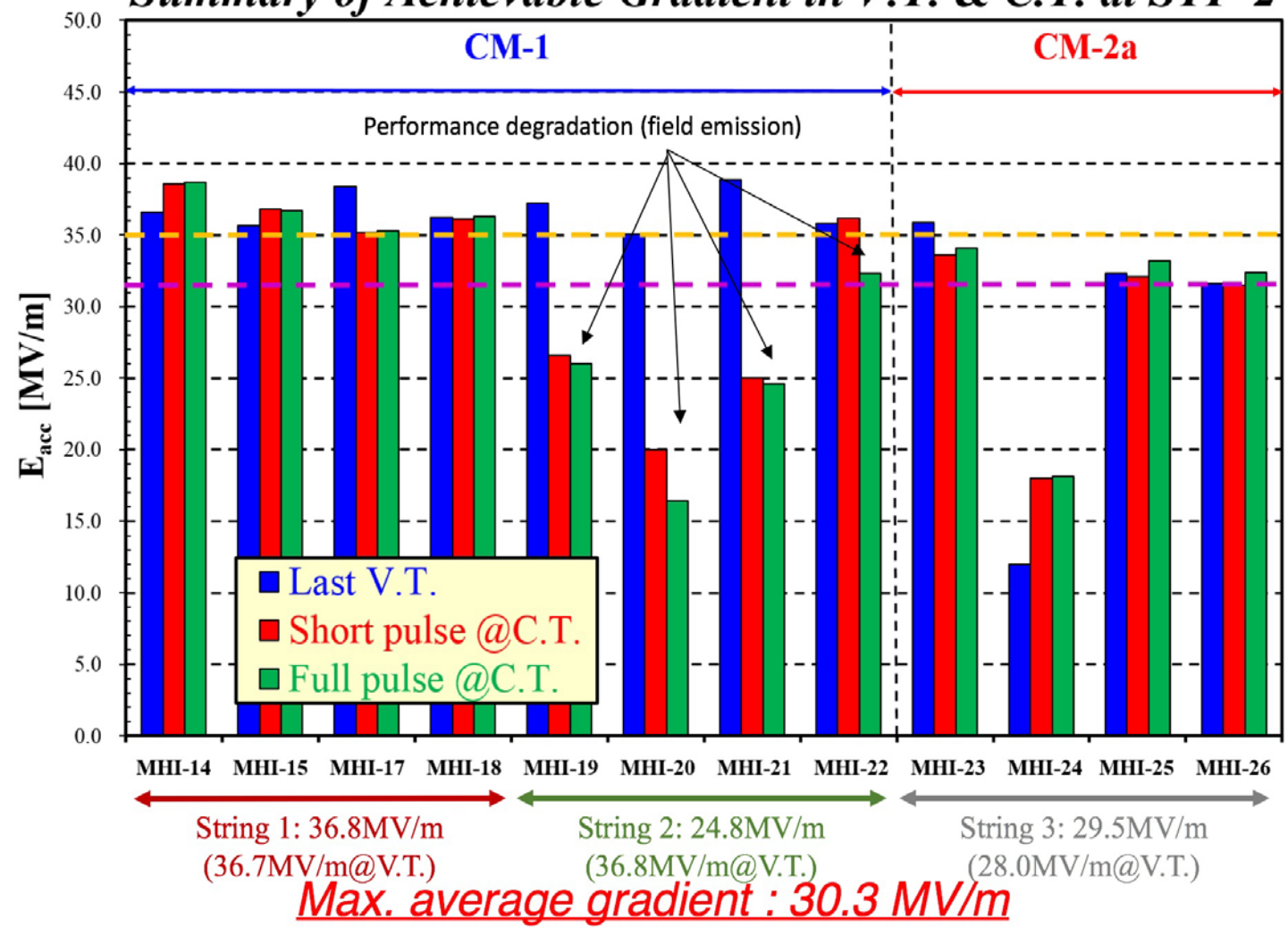


地上部にあるクライストロンからのパルスRFパワーを冷却中の超伝導加速空洞  
1台ずつに供給し、それぞれの加速性能を試験した。

# 超伝導加速空洞の加速勾配

CM-1+CM-2a: Cool-down Test :Oct-Dec, 2015

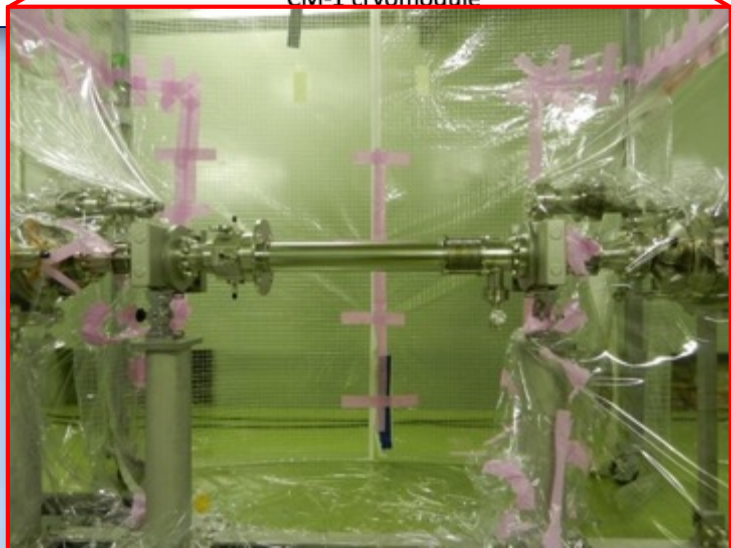
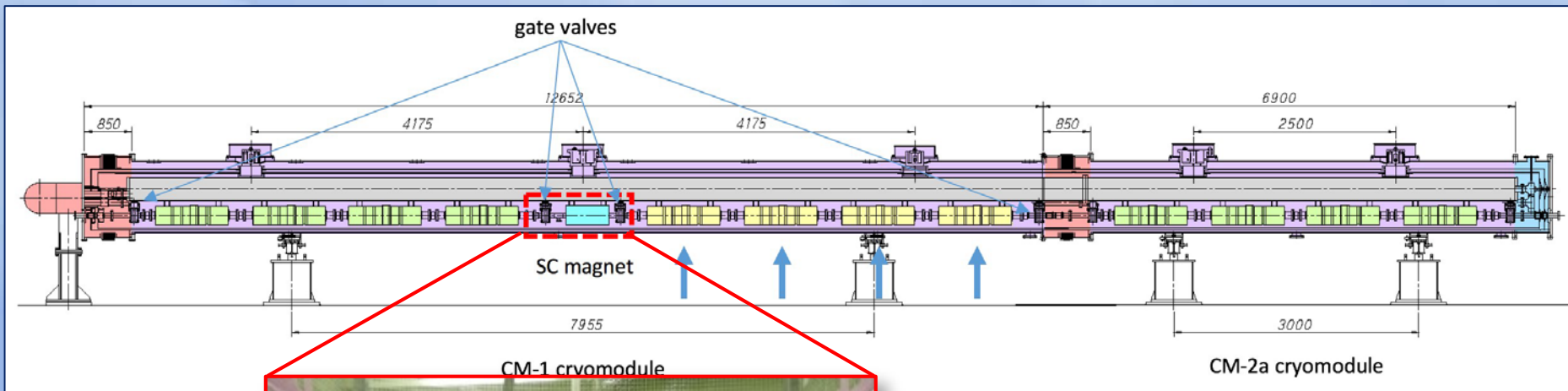
## Summary of Achievable Gradient in V.T. & C.T. at STF-2



モジュール装着後、4台の超伝導加速空洞で性能劣化が見られた。

# クライオモジュール内部の連結構造

(GV - 4cavity - GV) – BPM – (GV - 4 cavity - GV)

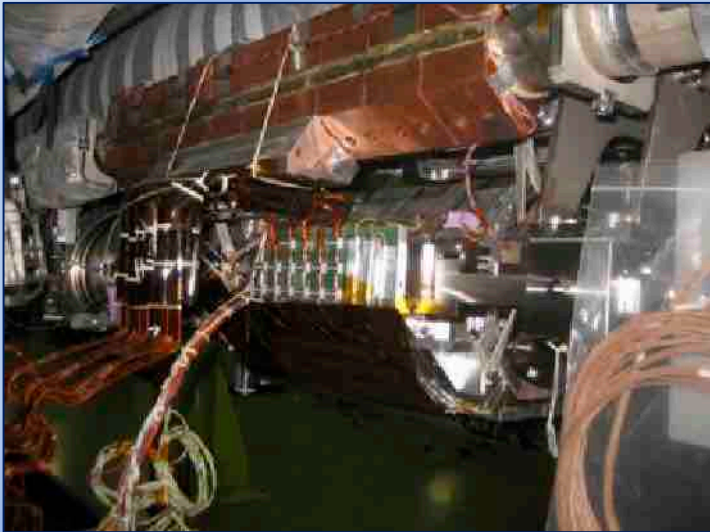


Not so clean inside?  
BPM chamber miss-installation?  
GV-open procedure was wrong?



トンネル内で使用した  
局所クリーンブース

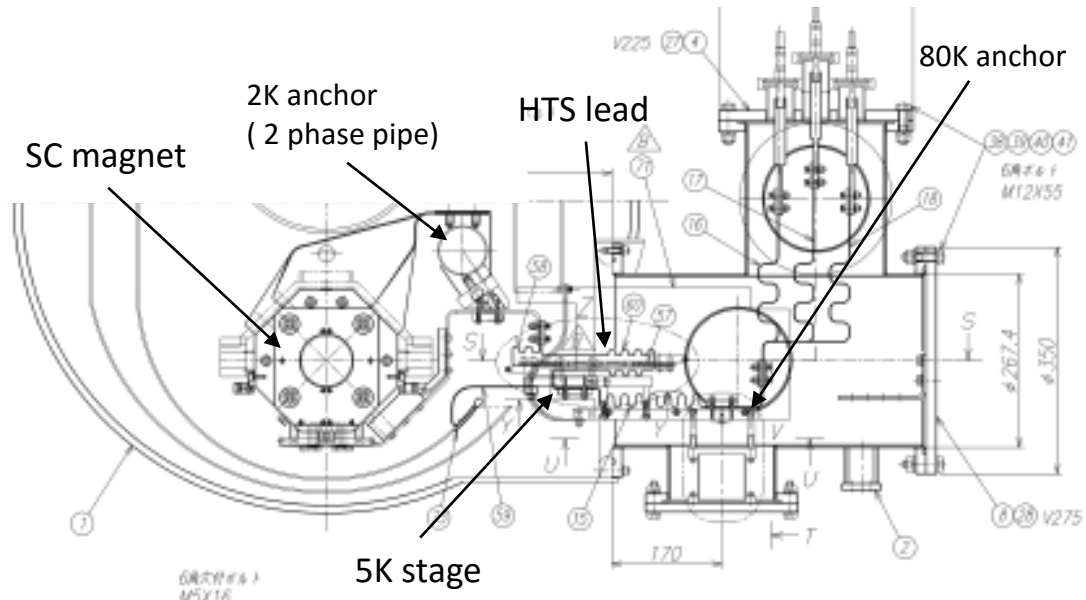
# 伝導冷却 分割可能超伝導4極マグネット



Conduction cooled quadrupole magnet was fabricated by FNAL, installed into CM-1 at STF.



## Cooling improvement by introducing HTS lead



- **Cooling Characteristics**

- Coil temperature: **~ 7.1 K** (v.s. < 5 K expected)
  - 2K Thermal load: not measured (v.s. 0.2 W expected)
- (\*) 2K pipe has half fill of liquid Helium, so, upper anchor was not effective.

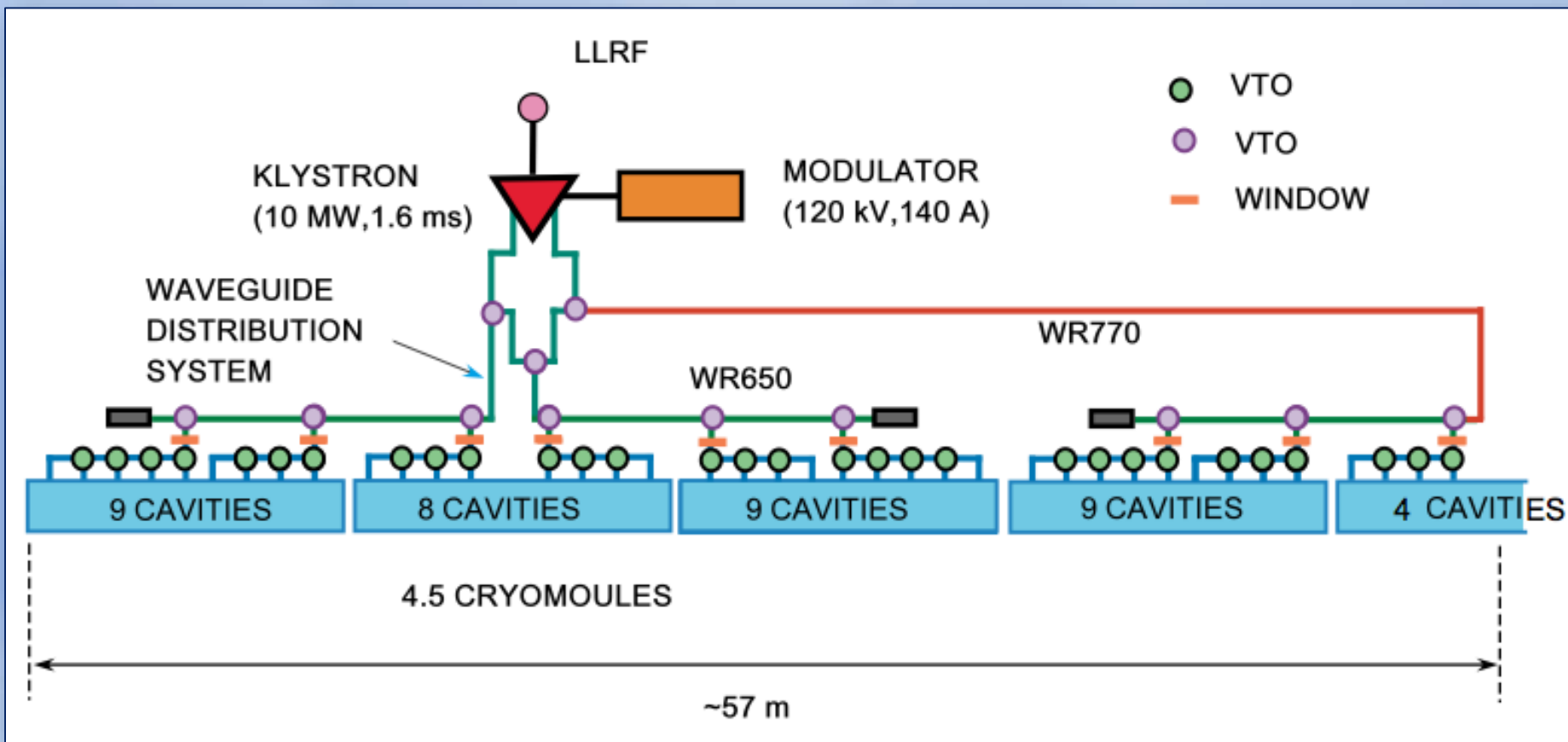
- **Excitations**

- Current reached: **25.6 A** ( v.s. 50 A expected)
- Quench at coil1-coil2 splice (inside of magnet)

# 大電力高周波分配システムの開発

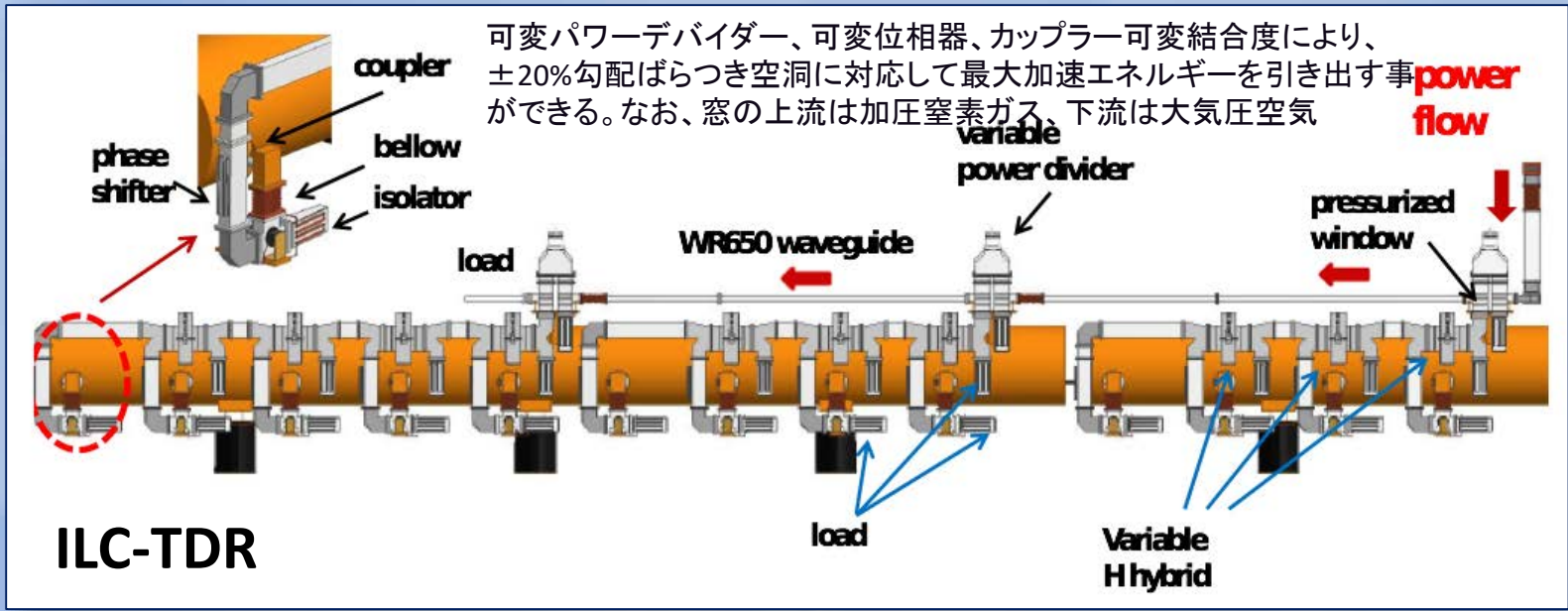
# ILC-TDRのRFユニット および RFパワー分配系

ILC仕様のRFパワー供給: 10MWクライストロン出力を39空洞に分配

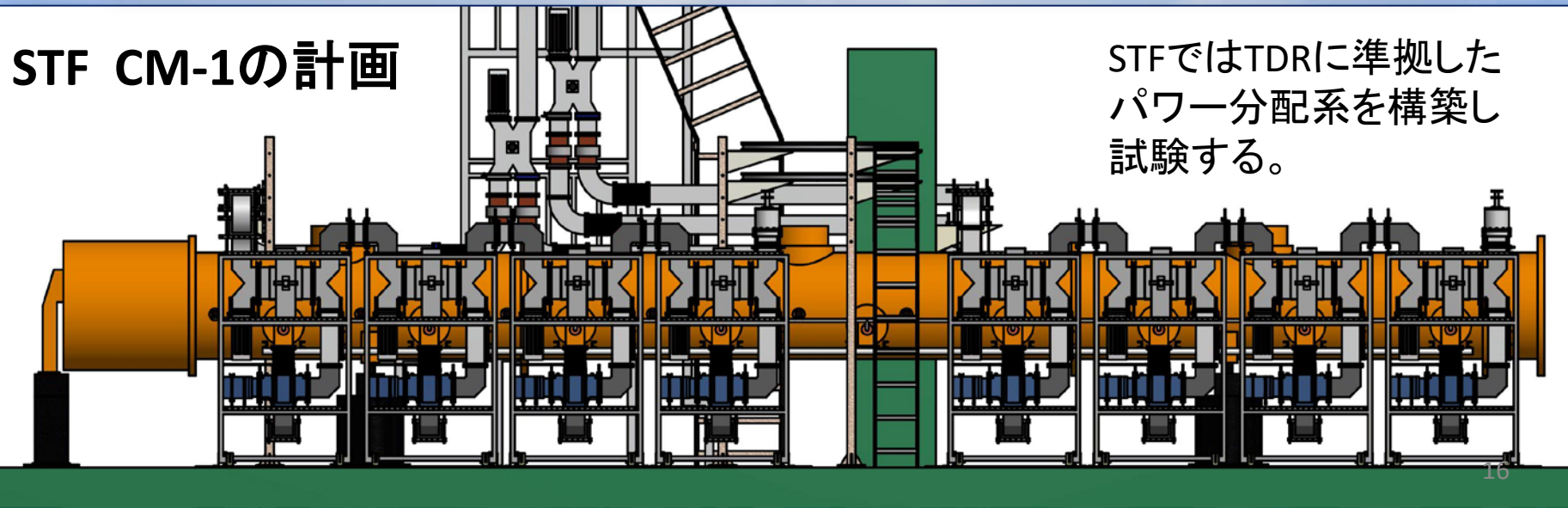


VTO ( Variable-Tap-Off): によるパワー可変分配 :  
 空洞個々の性能に合わせたパワー入力

# RFパワー分配系の詳細：ILC および STF



## STF CM-1の計画



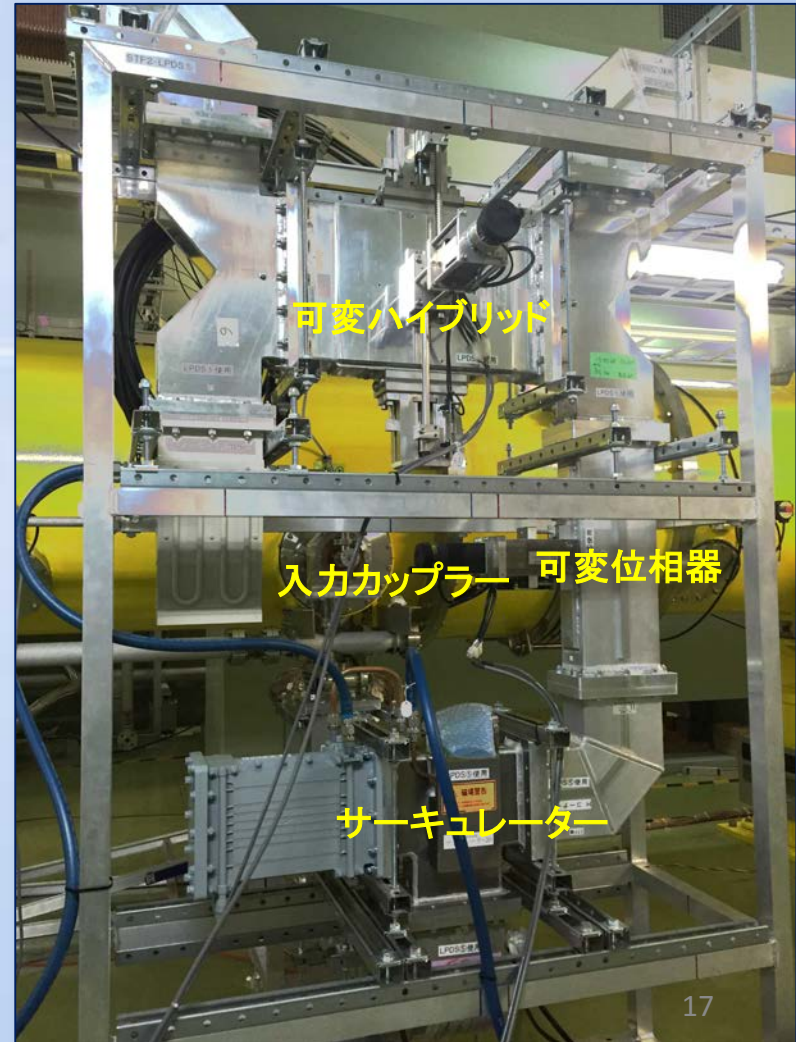


# STF RFパワー分配系の実際

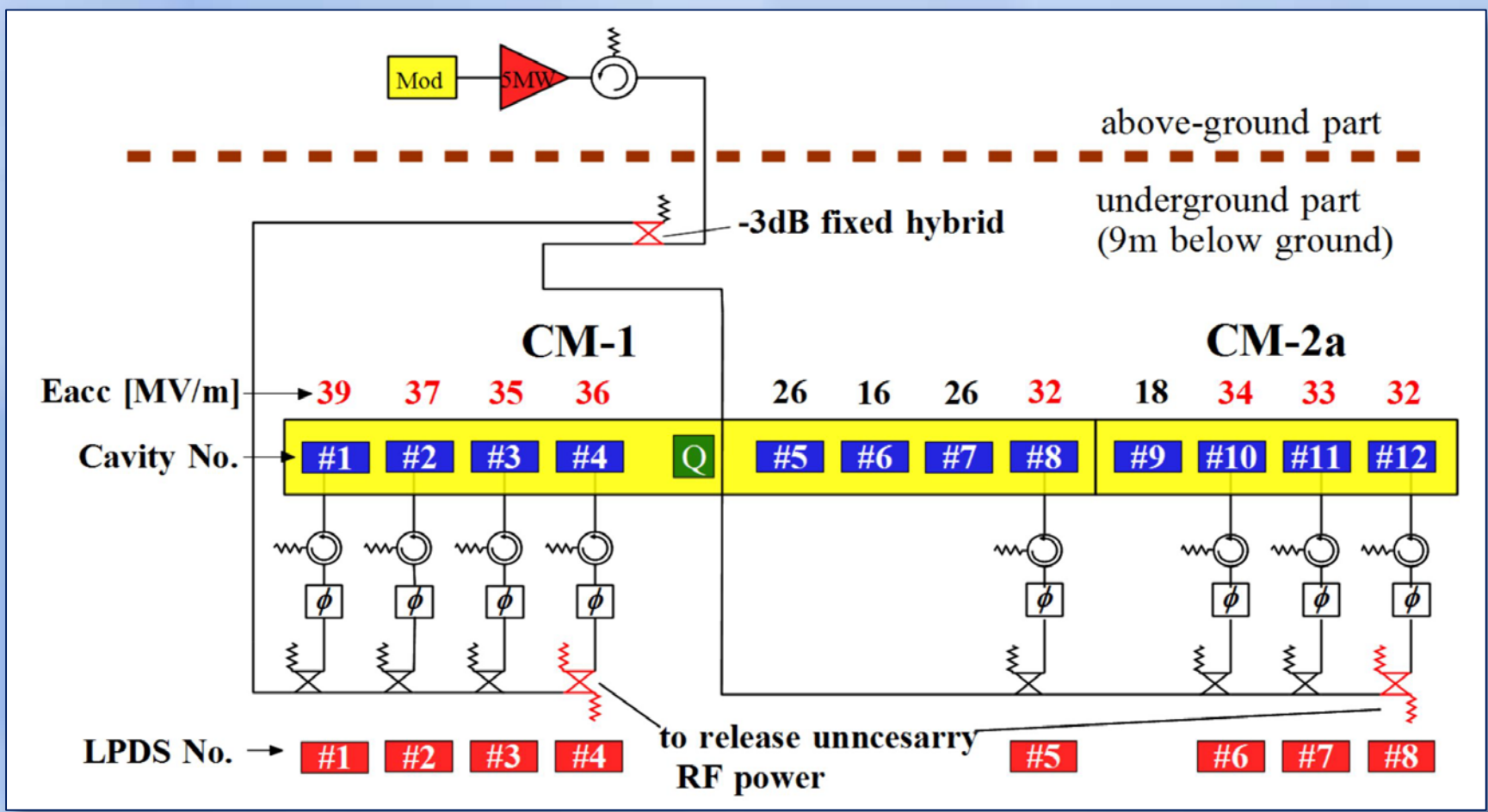
可変パワーデバイダー(可変ハイブリッド)、可変位相器、カップラー可変結合度により、  
±20%勾配ばらつき空洞に対応して最大加速エネルギーを引き出す事ができる。  
なお、窓の上流は加圧窒素ガス、下流は大気圧空気



STFではTDRに準拠したRFパワー分配系を構築し試験する。



# STF RFパワー分配系のブロック図

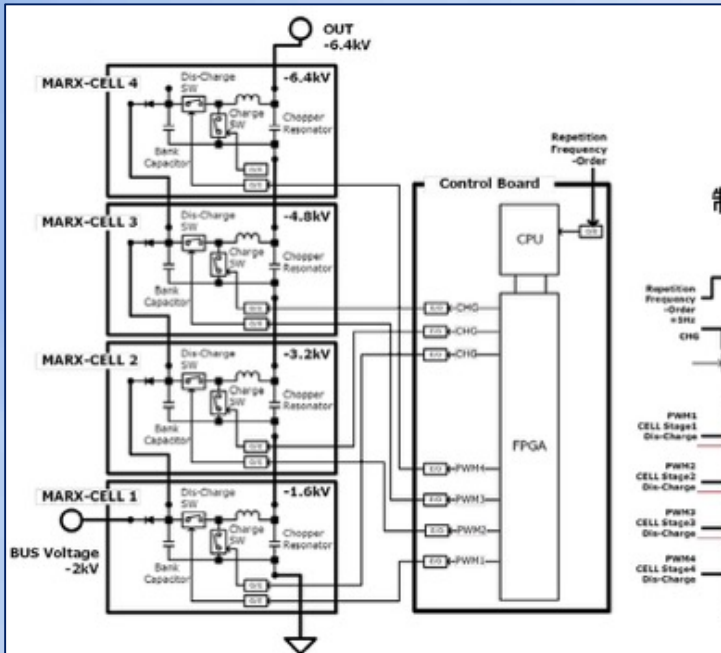
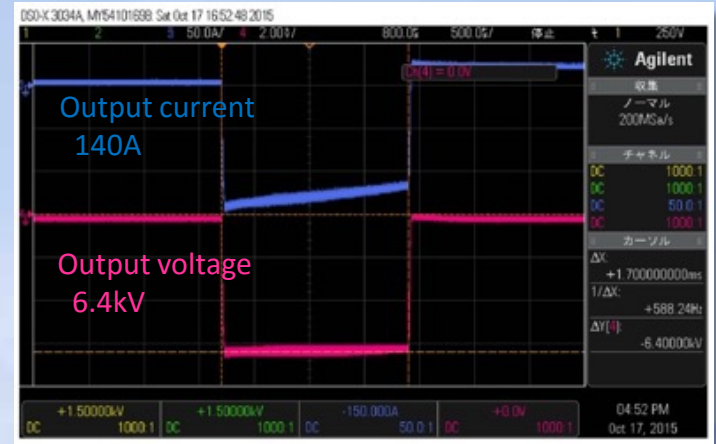
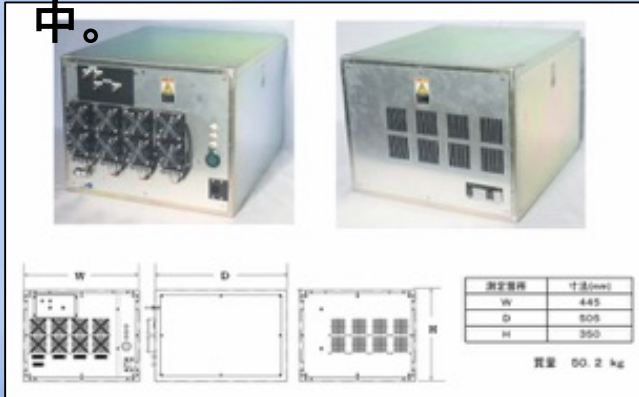


性能のよい空洞8台にパワー分配するように構成し、合成運転を試験する。  
 平均最大加速勾配34.8MV/m

モジュール冷却、パワー分配、合成制御の試験は2016年10月から行う予定

# クライストロン電源：KEK-MARX変調器

6.4KV - MARXユニット 20台で構成する。  
現在、STFにおいて20台合成運転の試験  
中。



## まとめ

**STFでは、ILC仕様のクライオモジュールを開発・性能実証をする、そして超伝導リニアックの運転経験を積む、という目標のもと STF加速器の開発を進めている。**

**ILC仕様のクライオモジュールにおいて、これまでに2回の冷却試験を行い、超伝導加速空洞の制御性能および加速性能の実証を行ってきた。その平均最大加速勾配は30.3MV/m。**

**超伝導加速空洞の加速場生成・制御のための大電力分配システムの開発・実証が進められている。8台電力分配・合成制御システムが2016年10月からの冷却試験で実証される。**



ILC計画については、2014年5月から、文科省により「ILCに関する有識者会議」が設置され、物理・経費・人員・国内体制・社会的影響・課題について詳細に議論が続けられています。

また、文科省により「技術的波及効果」・「技術的実現可能性」がすでに調査されました。

[http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/chousa/shinkou/038/index.htm](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shinkou/038/index.htm)



©Rey.Hori/KEK