



# 1.3 GHz 9セル超伝導空洞12台から構成される STF2 Cryomoduleの開発状況

高エネルギー加速器研究機構

宍戸寿郎、荒木栄、加古永治、近藤良成、仲井浩孝、原和文、山本康生

三菱重工 三原

原博史、柳沢剛、仙入克也



ERL入射器担当  
NAT 山田

NAT 浅野

KEK 央戸

KEK 山本

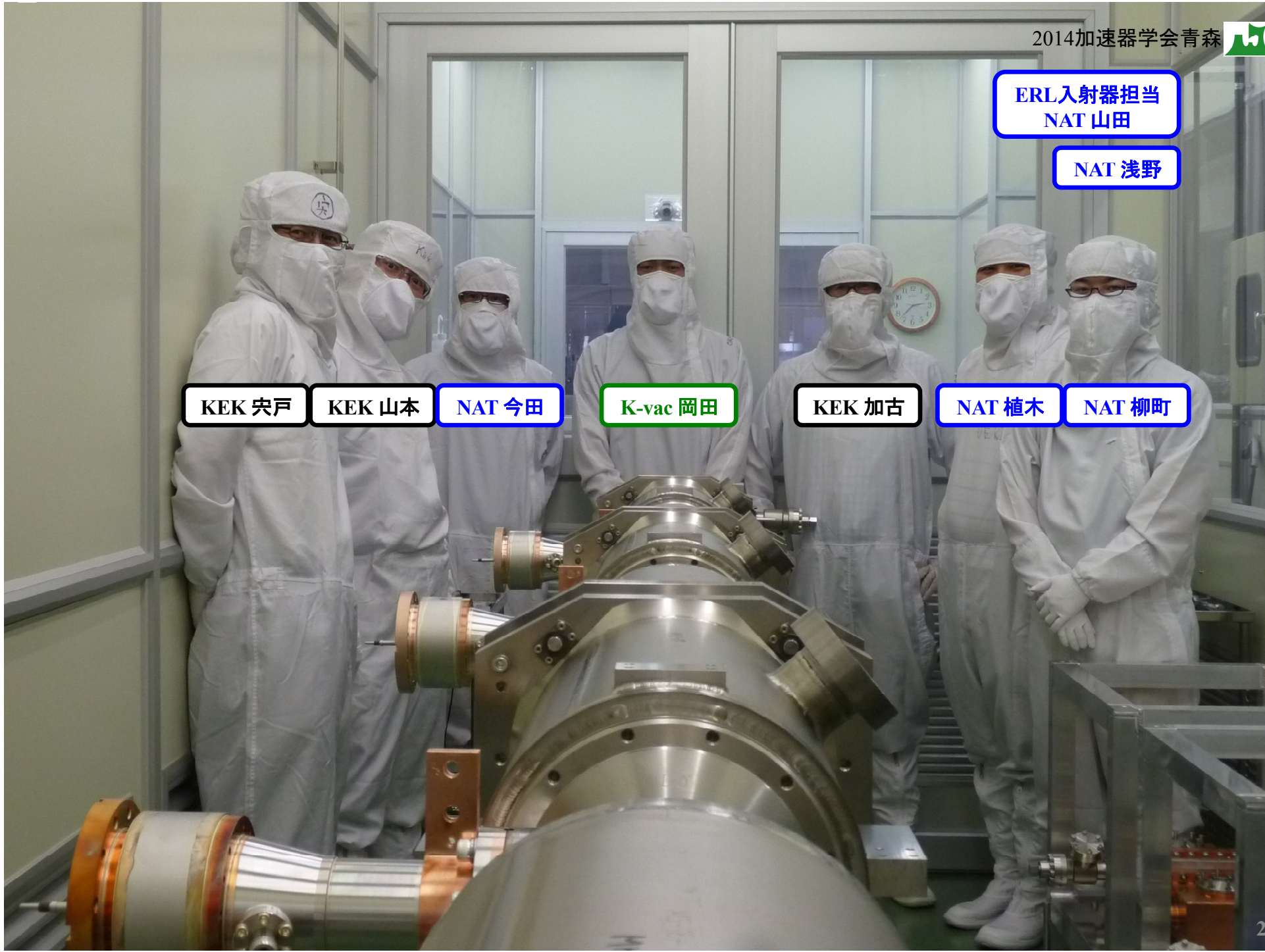
NAT 今田

K-vac 岡田

KEK 加古

NAT 植木

NAT 柳町





# STF2ってなんですか？

STF(Superconducting RF Test Facility)におけるビーム実験計画

## 1. Quantum Beam 計画

1.3 GHz 9セル空洞2台から構成されるCapture Cryomoduleにて電子の加速実験と逆コンプトン散乱でX線生成実験を行う。2013年3月、X線生成を確認して終了。

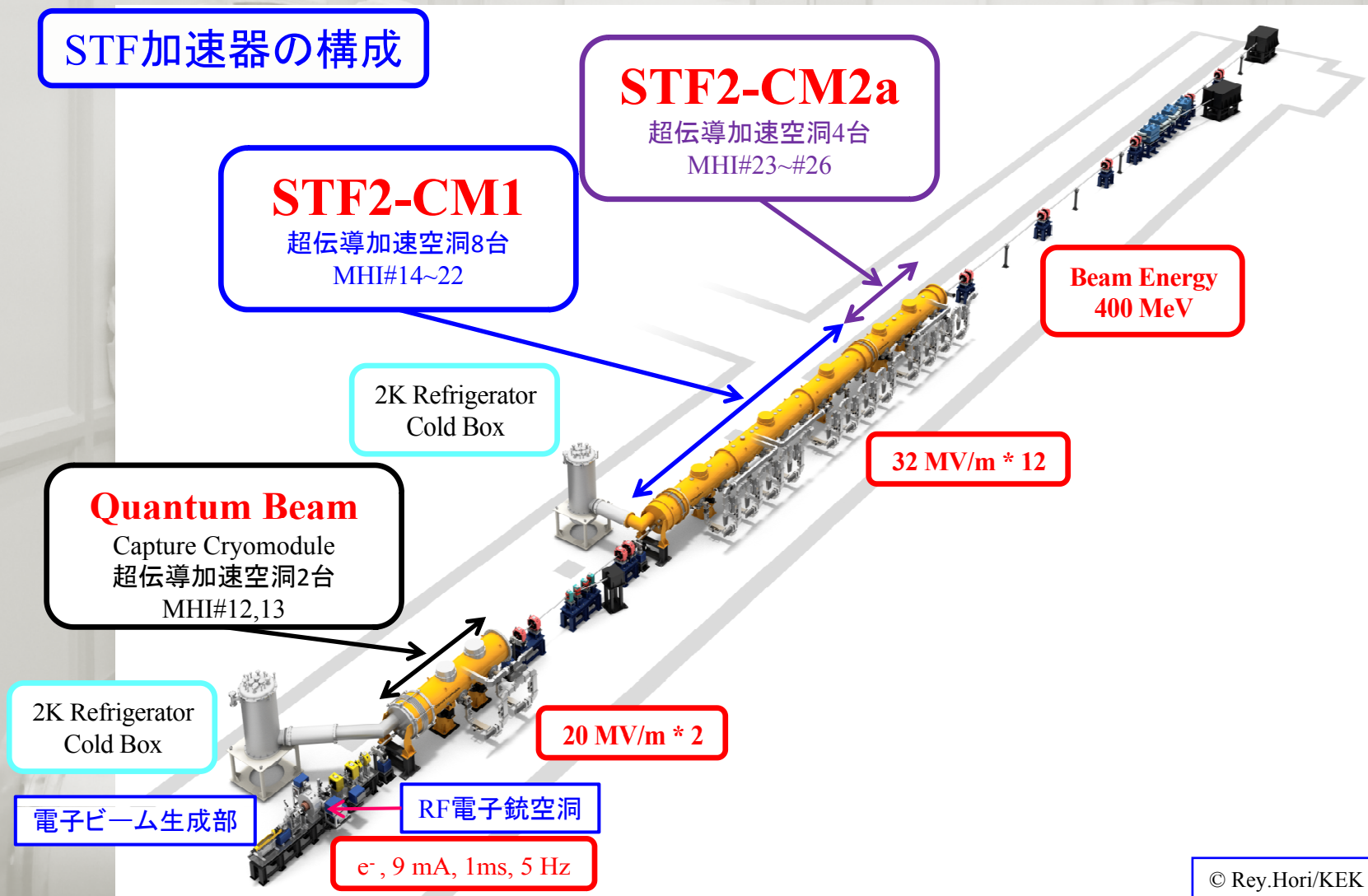
## 2. STF2 計画(STF2-CM1, STF2-CM2a)

1.3 GHz 9セル空洞8台から構成されるCryomodule 1 (CM1)と4台から構成されるCryomodule 2a (CM2a)を接続、計12台から構成されるCryomoduleと、量子ビーム計画で用いた2台の空洞、計14台でビームエネルギー400 MeV以上を目指す計画。



# Quantum Beam, STF2計画

## STF加速器の構成





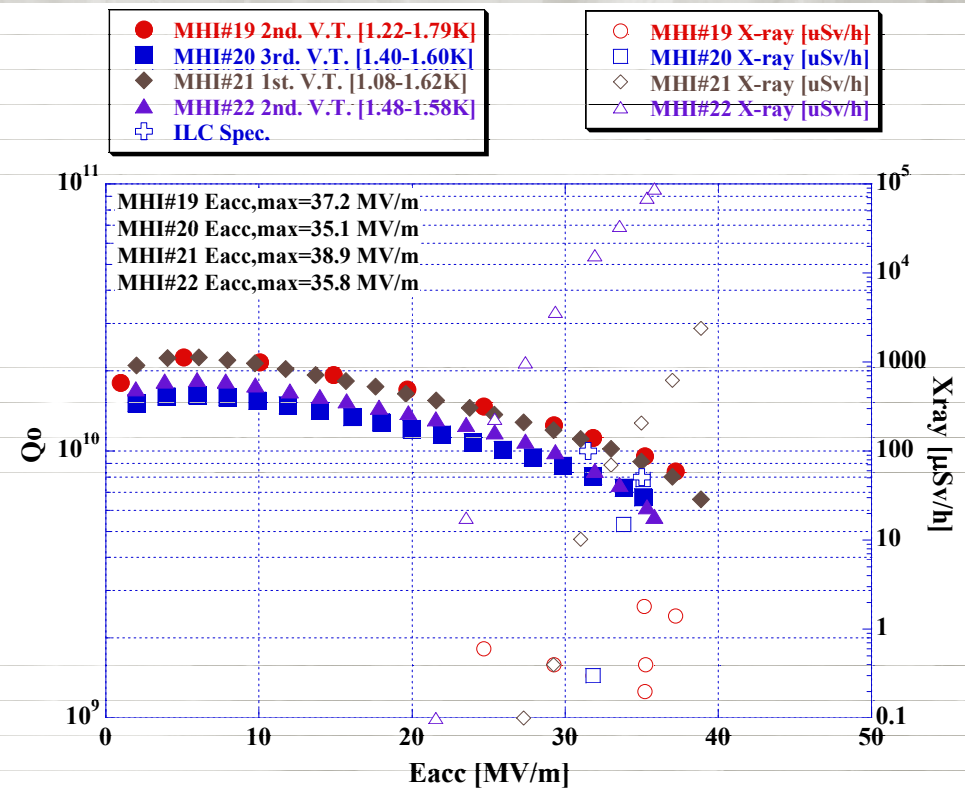
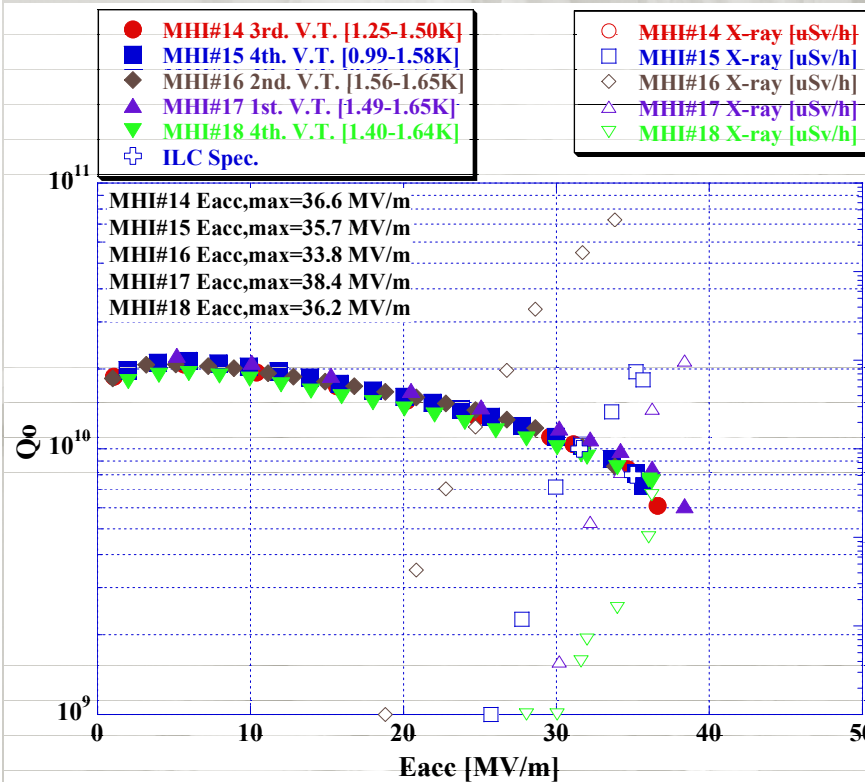
# STF2-CM1

## MHI#14~MHI#22

2011年1月19日~2012年11月1日 縦測定総数22回にて終了

MHI#14~MHI#18 縦測定最終結果

MHI#19~MHI#22 縦測定最終結果



9台中8台が35 MV/m達成。この8台をSTF2-CM1の空洞に選定。

# STF2-CM2a

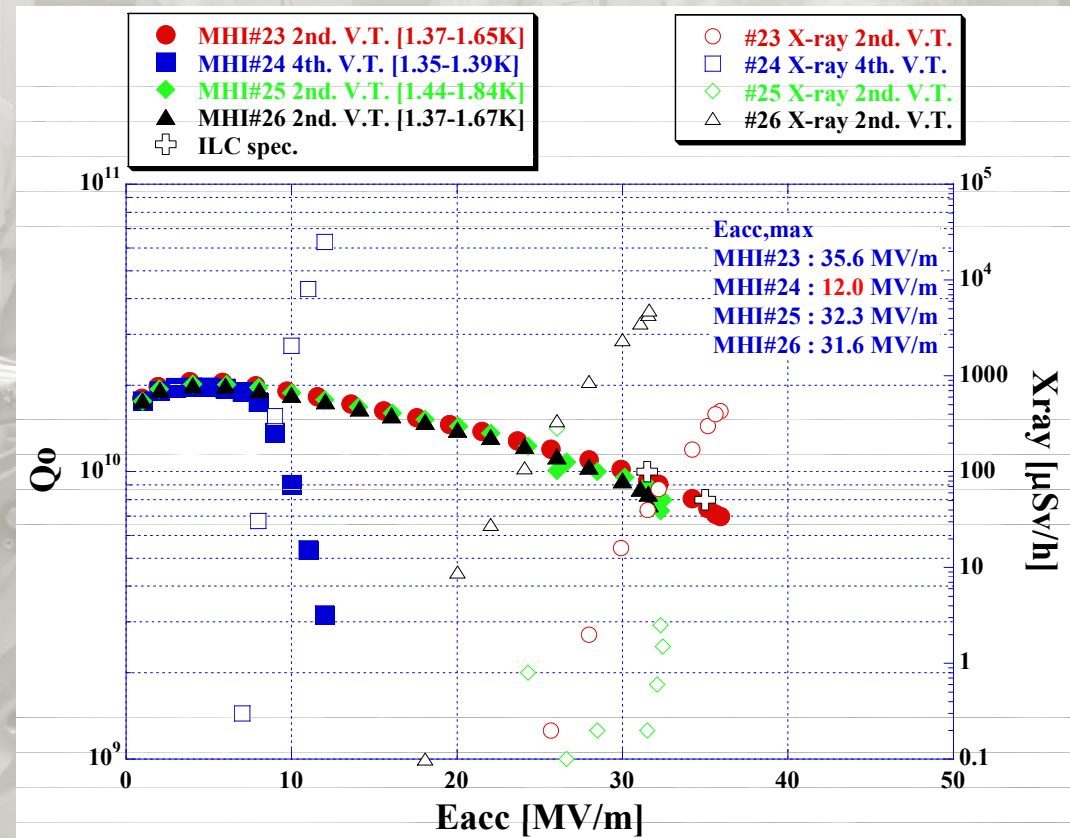
MHI#23~MHI#26 (コスト削減に挑んで製造された空洞)

2013年10月~2014年1月 縦測定総数10回

MHI#23~MHI#26 縦測定最終結果

## コスト削減の内容

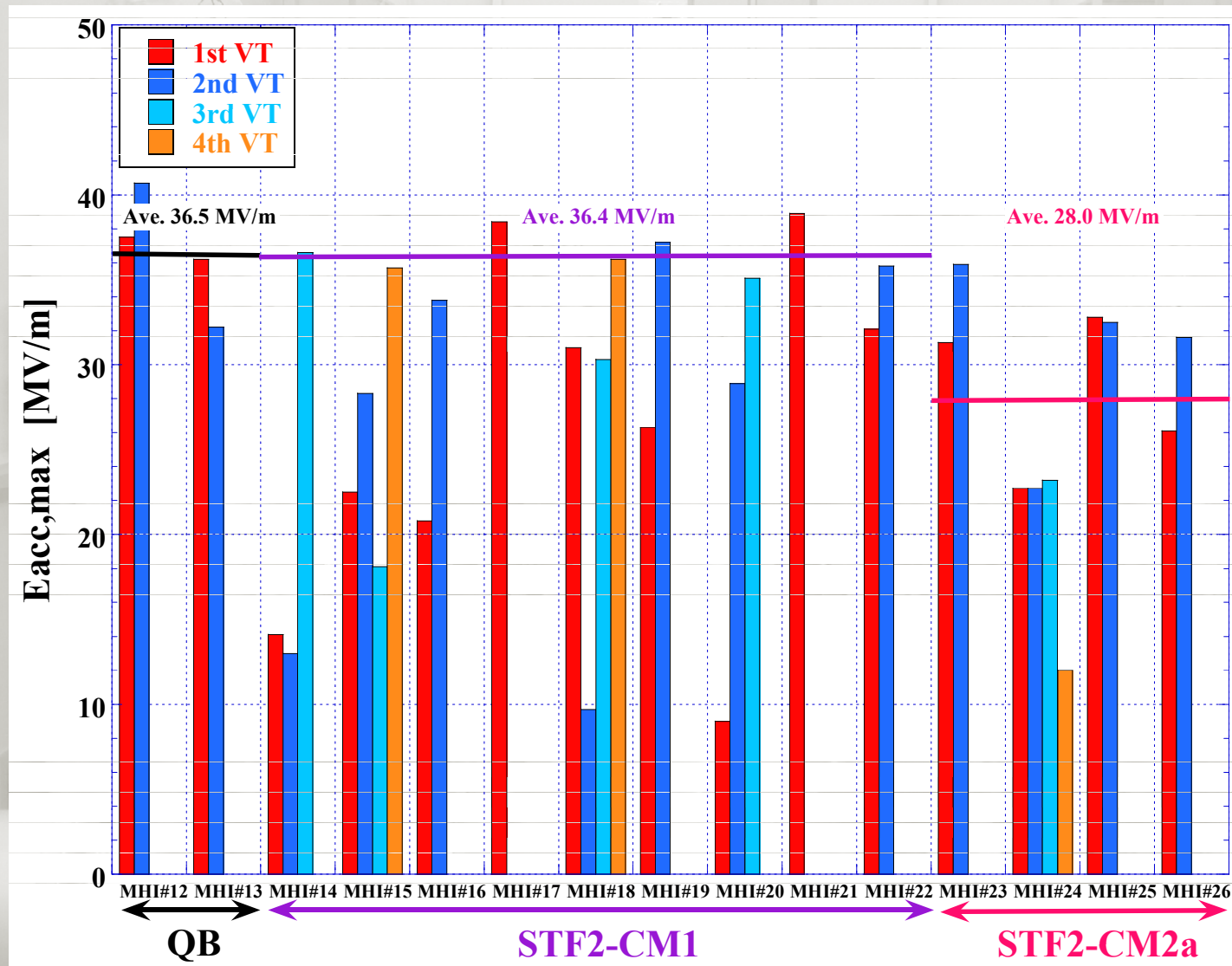
- 強め輪をEBW→LBWに変更  
(真空室での溶接不要)
- 縦長のEBW装置を導入し、空洞の溶接姿勢を横置き→縦置きに変更  
(9箇所の赤道部を、一度の真空排気後に溶接可能)  
(25、26号機は、2台を同時に溶接)
- NbTi材の低減、構造簡略化、溶接施工性UP



35 MV/m達成したのは23号機1台のみ

# 1300MHz 9セル超伝導空洞の性能評価

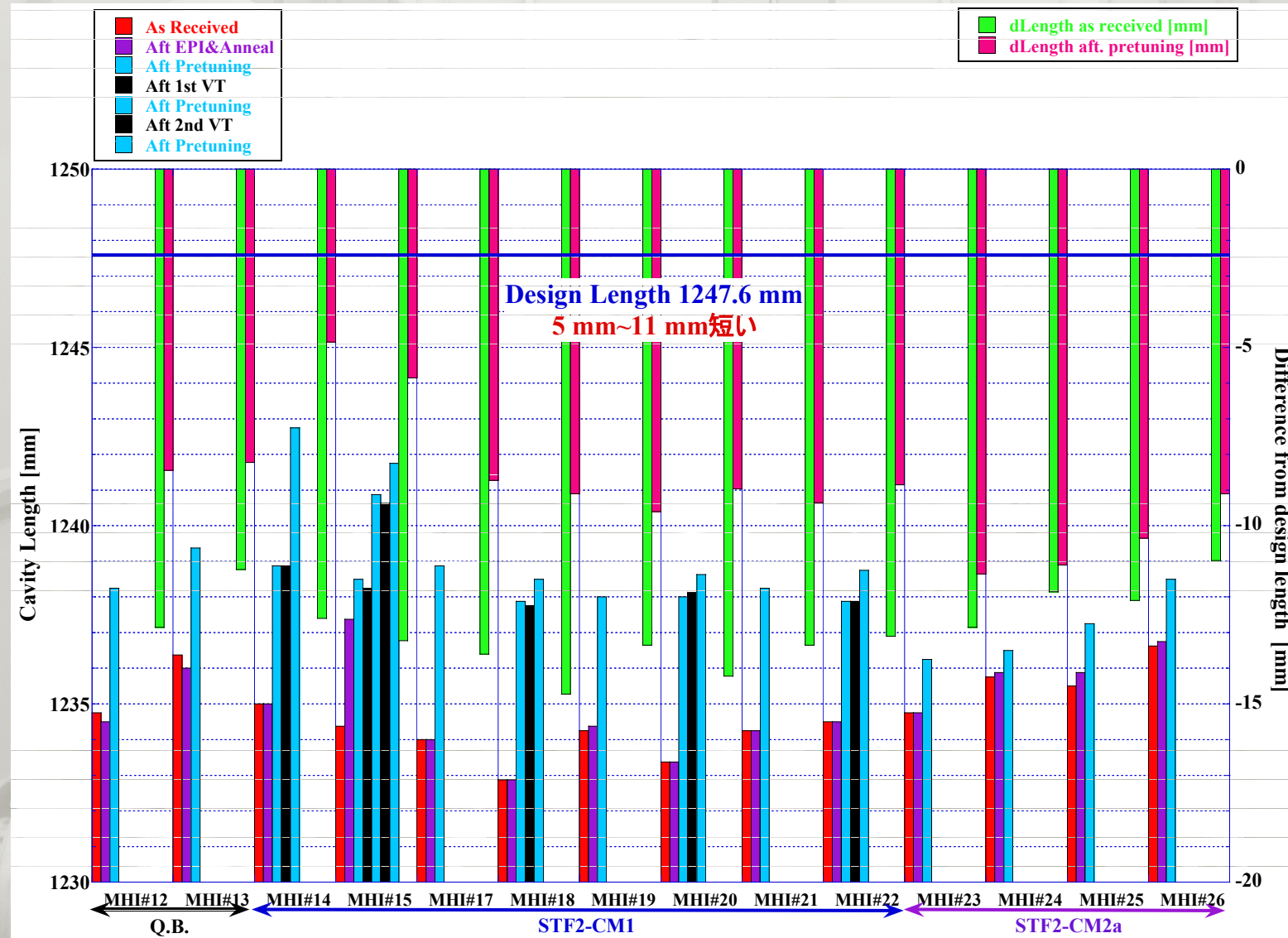
## 最大加速電場のまとめ





# STF2計画

## MHI#12~MHI#26 空洞全長変化と最終的な設計値との差

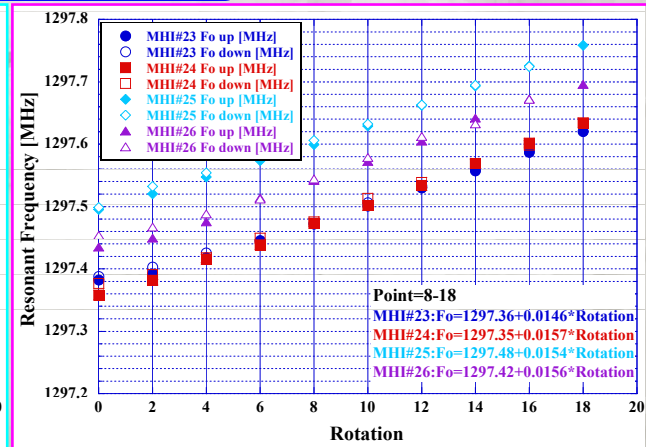
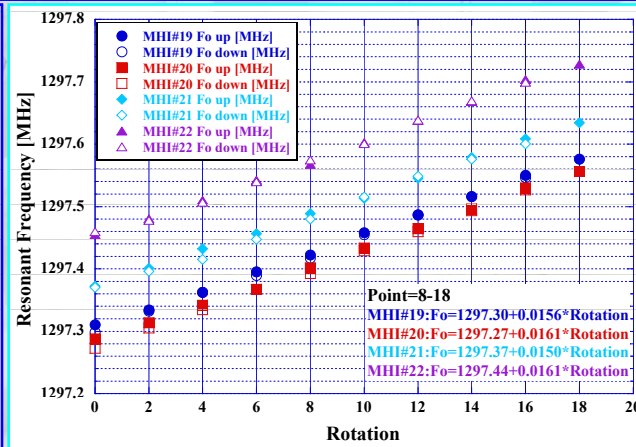
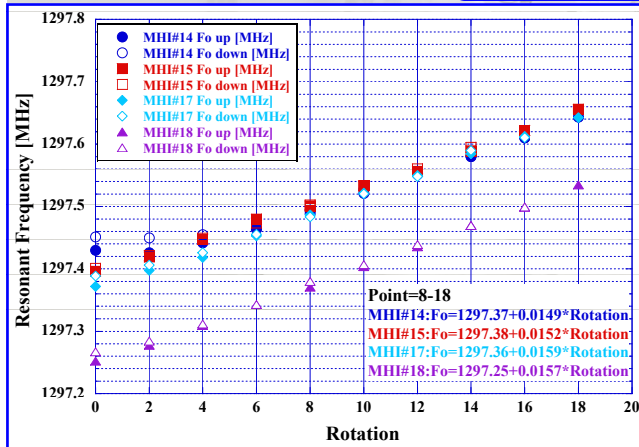




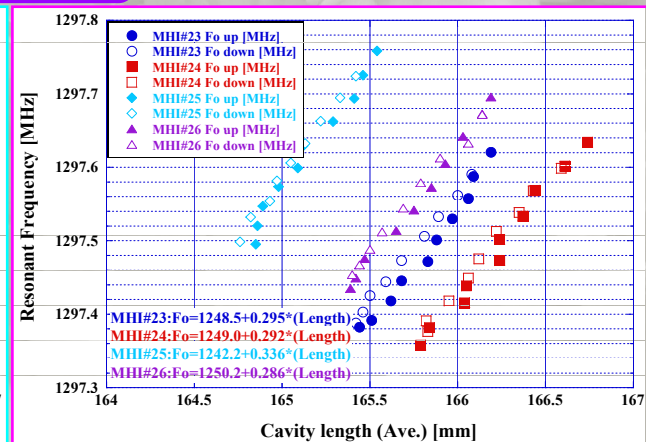
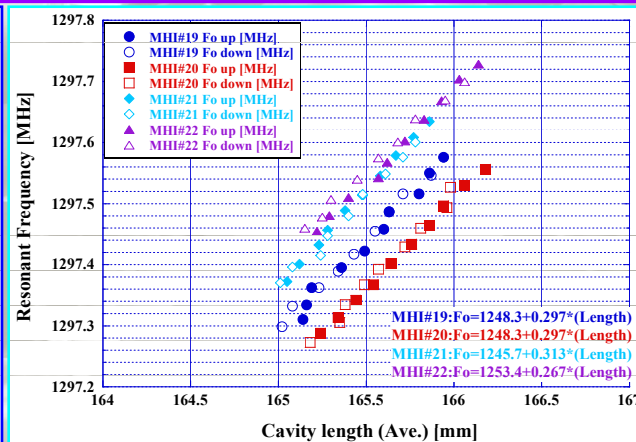
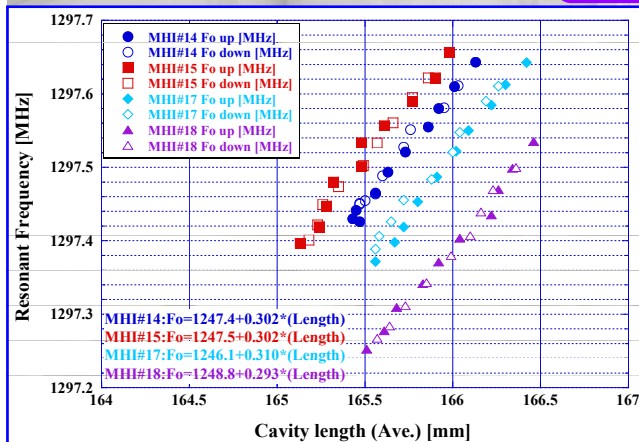
# STF2計画

## MHI#14~MHI#26 Tuner特性

共振周波数 vs. ロッドの回転数 ~16 kHz/回転 (常温)



共振周波数 vs. 空洞長: ~300 kHz/mm (常温)



# STF2計画

## MHI#14~MHI#26 Tuner特性

Cavity	MHI-14	MHI-15	MHI-17	MHI-18	MHI-19	MHI-20	MHI-21	MHI-22	MHI-23	MHI-24	MHI-25	MHI-26
$\Delta f$ /回転数 (kHz/回転)	15	15	16	16	16	16	15	16	15	16	15	16
$\Delta L$ /回転数 (mm/回転)	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.04	0.06	0.05	0.05
最大トルク (N·m)	0.4	0.55	0.46	0.65	0.56	0.5	0.8	0.68	0.75	1	1.05	0.65
$\Delta f/\Delta L$ (kHz/mm)	302	302	310	293	297	297	313	267	295	292	336	286

# STF2計画

## MHI#14~MHI#26

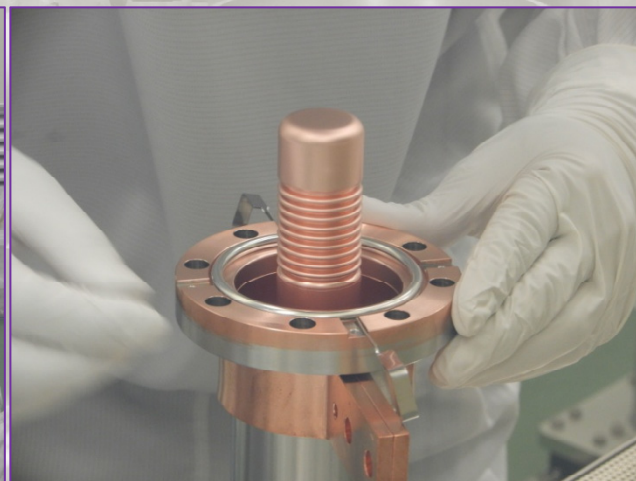
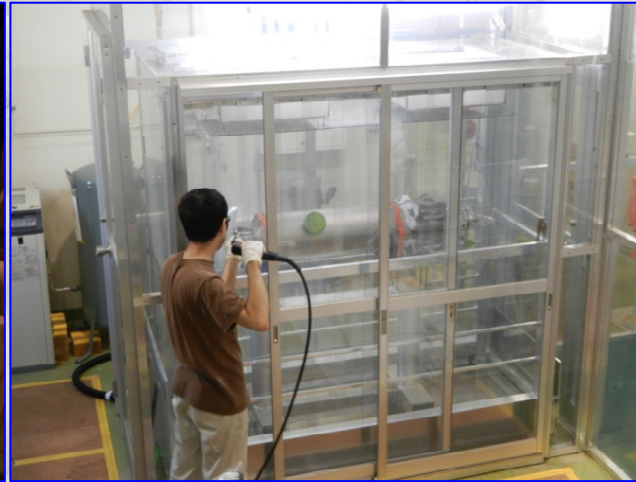
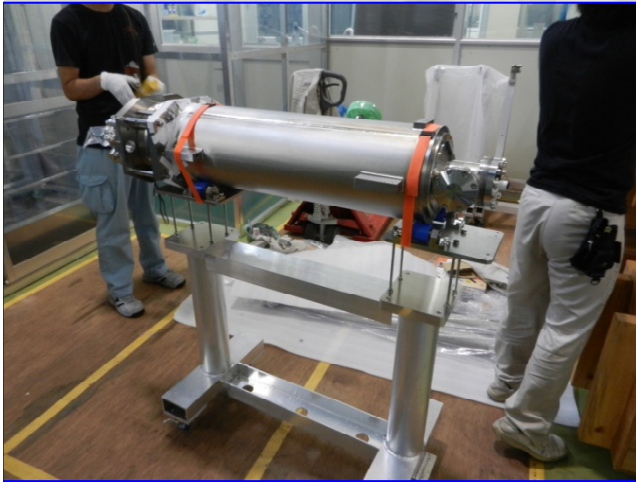
### ヘリウムジェット溶接による共振周波数変化

Cavity	MHI-14	MHI-15	MHI-17	MHI-18	MHI-19	MHI-20	MHI-21	MHI-22	MHI-23	MHI-24	MHI-25	MHI-26
Pretuning free (MHz)	1297.49	1297.35	1297.49	1297.35	1297.49	1297.36	1297.48	1297.37	1297.29	1297.30	1297.44	1297.51
E.P. [ $\mu\text{m}$ ]	20	5	20	5+10	20+20	5+5	20	5	5+5	5+5	20+5	20+5
$\Delta\text{Freq. by EP}$ [-60kHz/10 $\mu\text{m}$ ]	-120	-30	-120	-90	-120	-60	-120	-30	-60	-60	-150	-150
Expected Freq. by EP (MHz)	1297.37	1297.32	1297.37	1297.26	1297.37	1297.30	1297.36	1297.34	1297.23	1297.24	1297.29	1297.36
Tuner free (MHz)	1297.42	1297.41	1297.37	1297.24	1297.28	1297.25	1297.37	1297.44	1297.36	1297.33	1297.48	1297.41
$\Delta\text{Freq. [kHz]}$	<b>+50</b>	<b>+90</b>	<b>0</b>	<b>-20</b>	<b>-90</b>	<b>-50</b>	<b>+10</b>	<b>+100</b>	<b>+130</b>	<b>+90</b>	<b>+190</b>	<b>+50</b>
$\Delta\text{Length (mm)}$	<b>0.17</b>	<b>0.30</b>	<b>0</b>	<b>-0.23</b>	<b>-0.30</b>	<b>-0.17</b>	<b>0.03</b>	<b>0.37</b>	<b>0.44</b>	<b>0.31</b>	<b>0.57</b>	<b>0.17</b>
Ref. Freq. after tuner setting (MHz)	1297.43	1297.40	1297.37	1297.25	1297.31	1297.29	1297.37	1297.45	1297.38	1297.36	1297.50	1297.44



# STF2-CM1

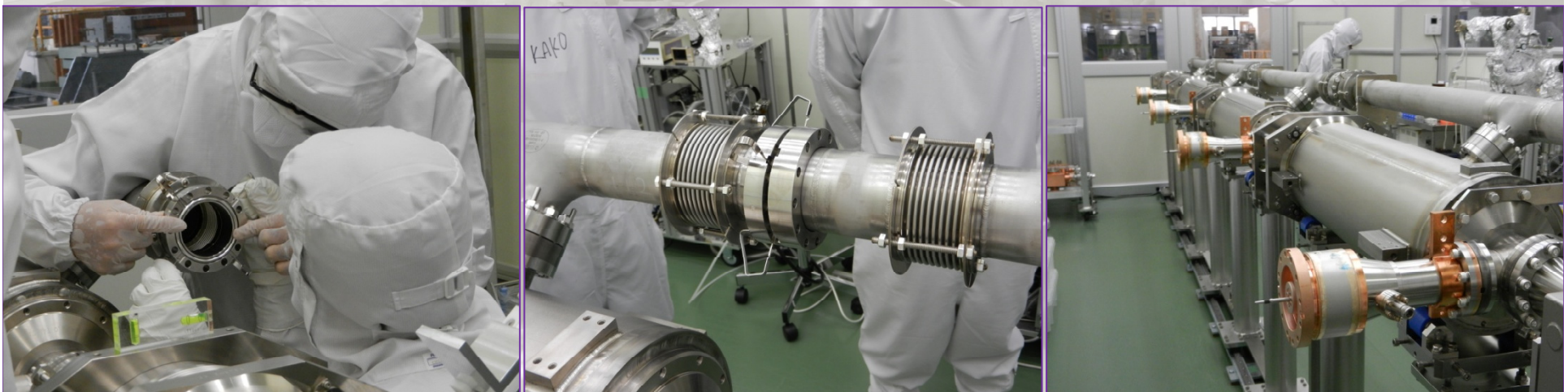
## MHI#14~MHI#22





# STF2-CM1

## MHI#14~MHI#22





# STF2-CM1

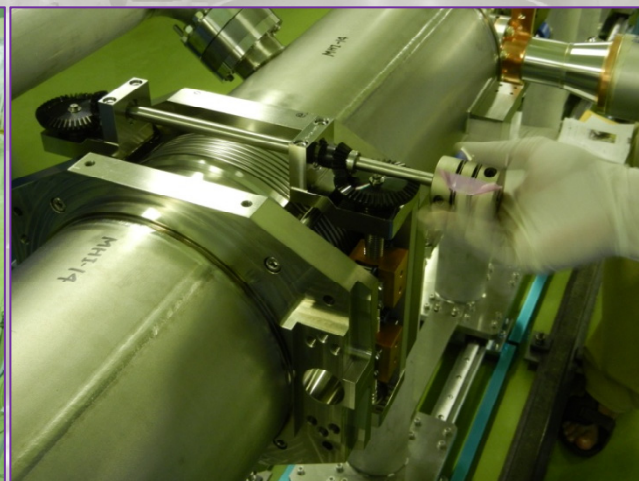
## MHI#14~MHI#22





# STF2-CM1

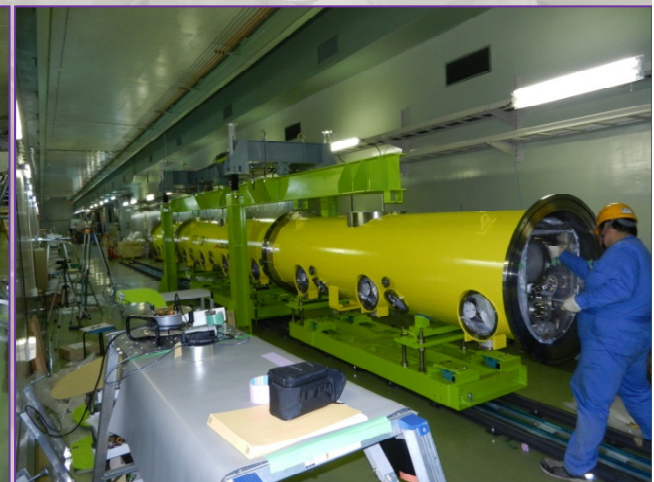
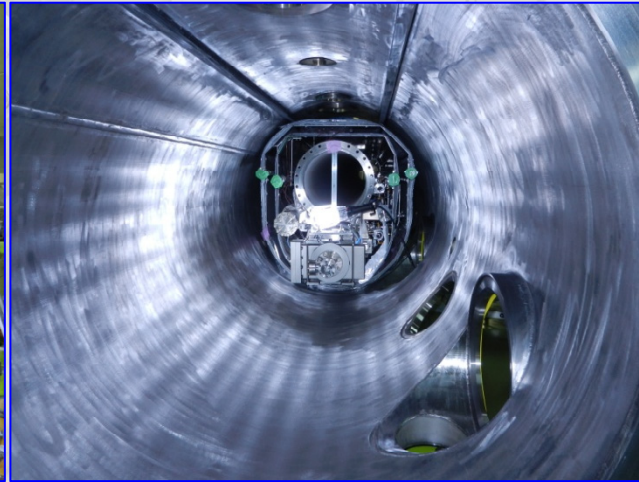
## MHI#14~MHI#22





# STF2-CM1

## MHI#14~MHI#22







# STF2-CM1

## MHI#14~MHI#22

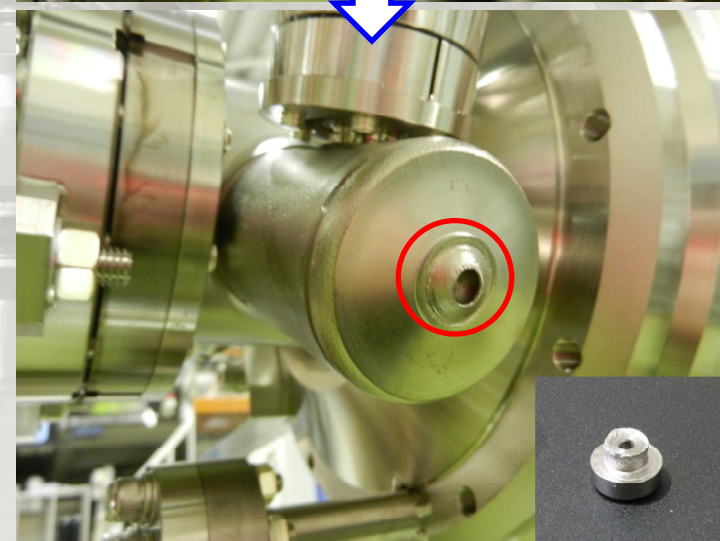
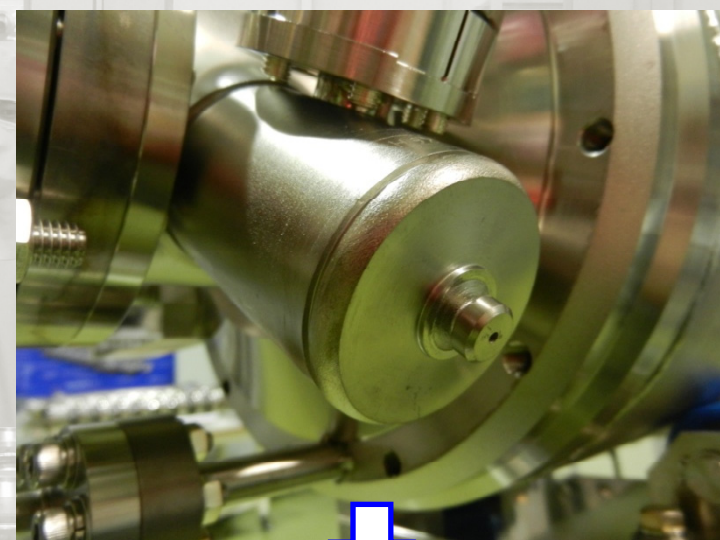


# STF2-CM2a

## MHI#23~MHI#26



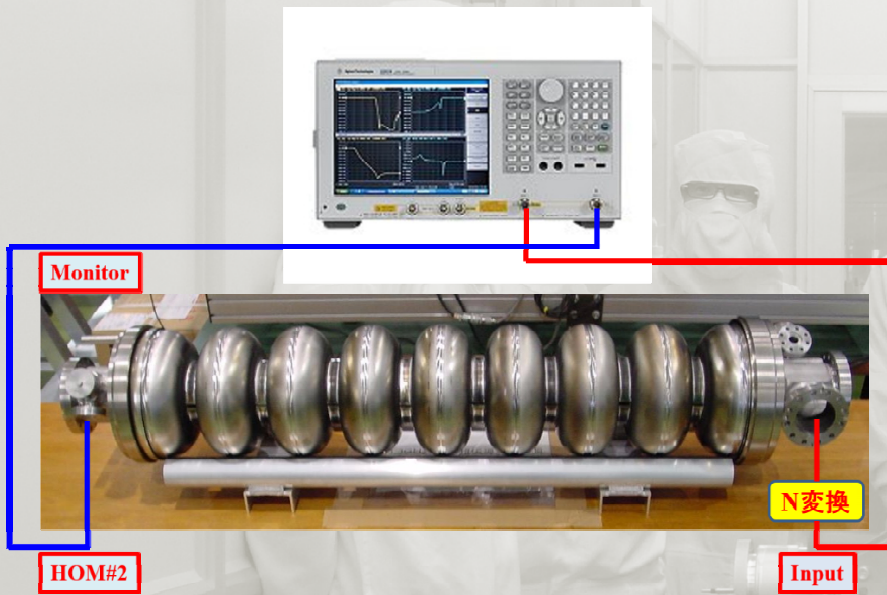
4連化は無事終了



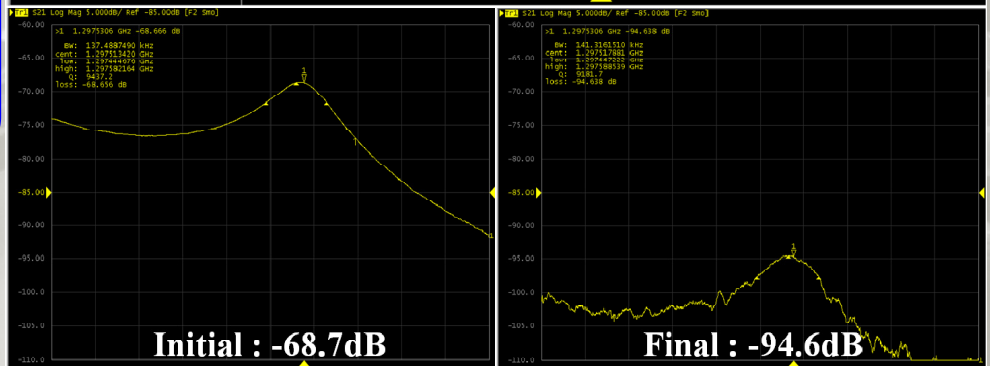
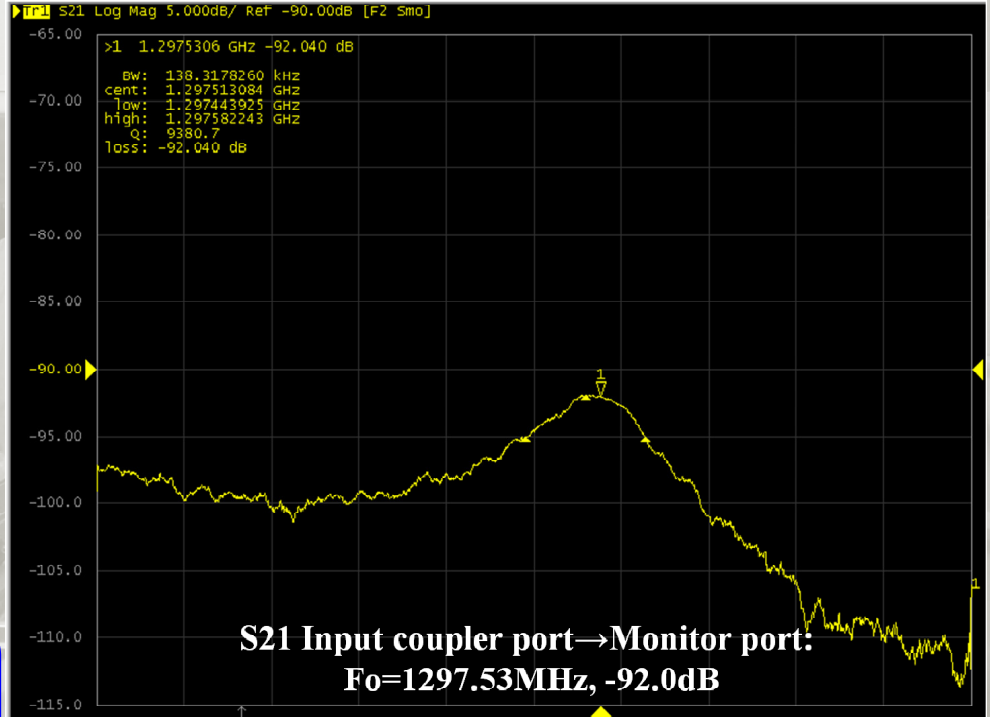
HOM Couplerの周波数調整でもげた調整ノブ

# STF2-CM2a

## MHI#25 HOM Coupler #2の調整



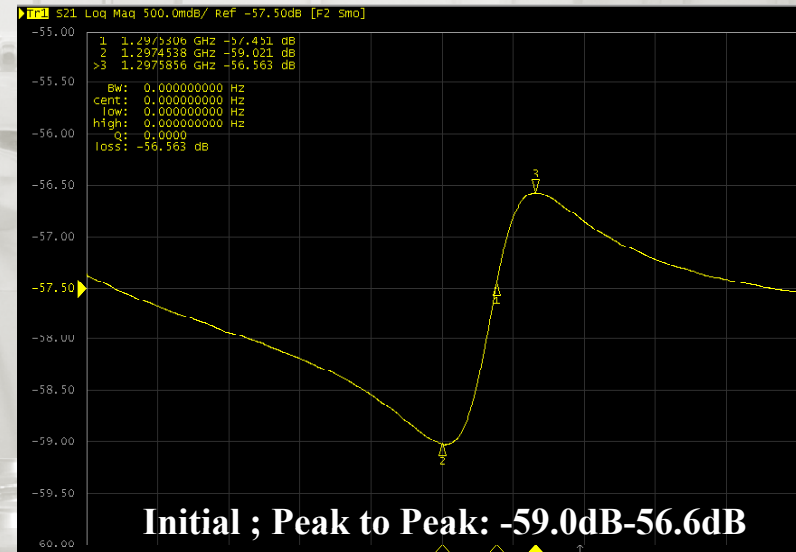
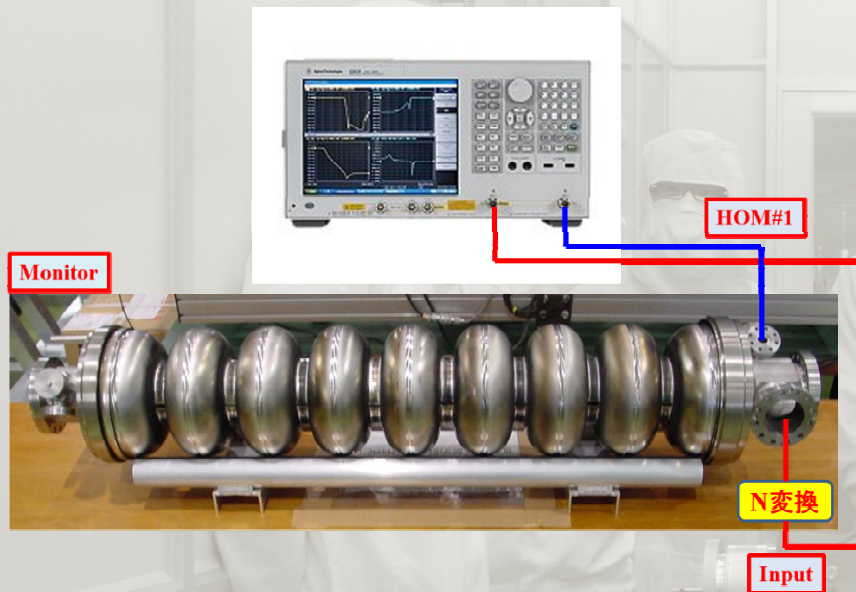
**調整方法: HOM#2**  
 S21 Input port→Monitor portを基準にし、  
 Input port→HOM#2が  
 20dB落ち以上になる様にする。



通常はFinal~-110dBに調整し、 $Q_{HOM\#2} \sim 10^{13}$ を目標とするが、  
 この場合は $Q_{HOM\#2} \sim 10^{11}$

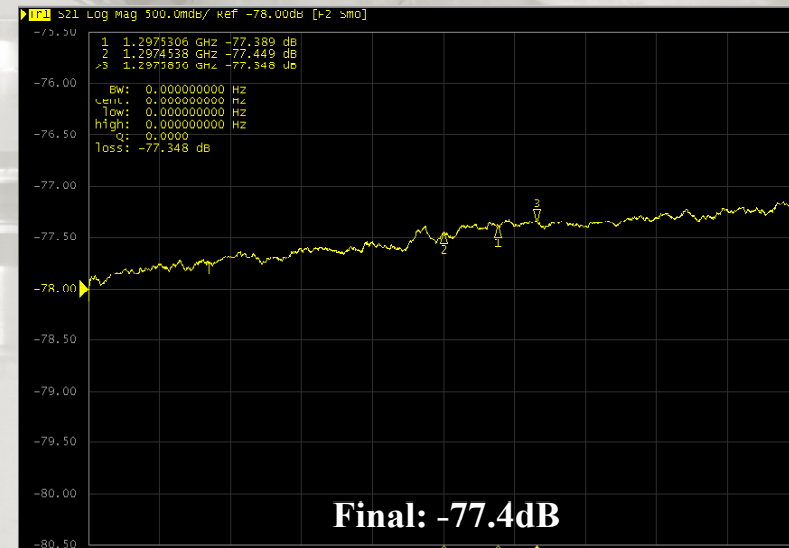
# STF2-CM2a

## MHI#25 HOM Coupler #1の調整



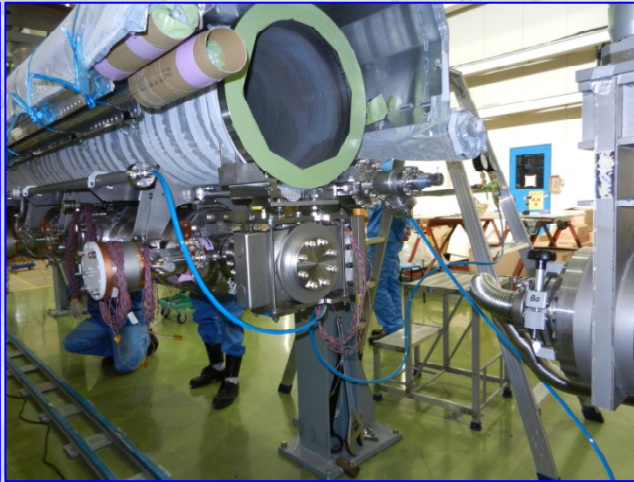
Input port→HOM#1を  
ほぼフラットになる様にする。

全てのHOM Couplerに対し  
 $Q_{\text{HOM}}=10^{12}\sim 10^{13}$ となる様に調整済み

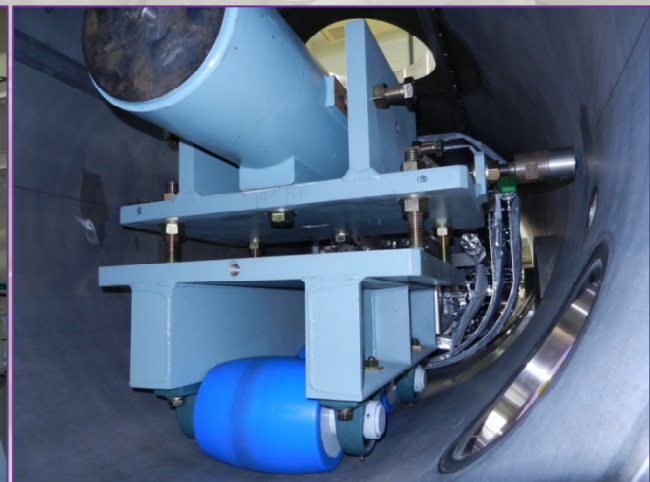


# STF2-CM2a

## MHI#23~MHI#26



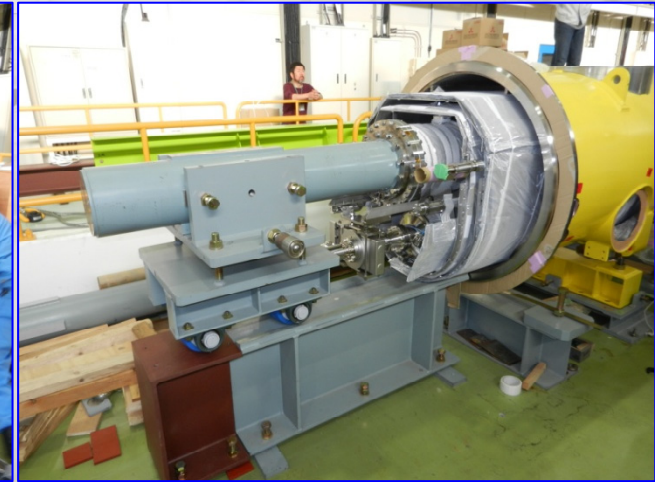
事業所名	高エネルギー加速器研究機構		
施設名称	ヘリウムガス精製液化設備		
試験名	耐圧・気密試験		
対象名	2Kヘリウム配管供給[2K-HE-13~17] 2Kヘリウム配管予冷却・加温[2K-HEP-08~09] 空洞(モデル1)[MS-23, 24, 25, 26]		
常用圧力	0.07+0.1013 MPa	試験圧力	— kg/cm <sup>2</sup>
運転圧力	MPa	試験圧力	0.07+0.1013 MPa
気温	24 / °C	圧力保持時間	20 分間
試験者	三菱重工業	立会者	原 和文





# STF2-CM2a

## MHI#23~MHI#26

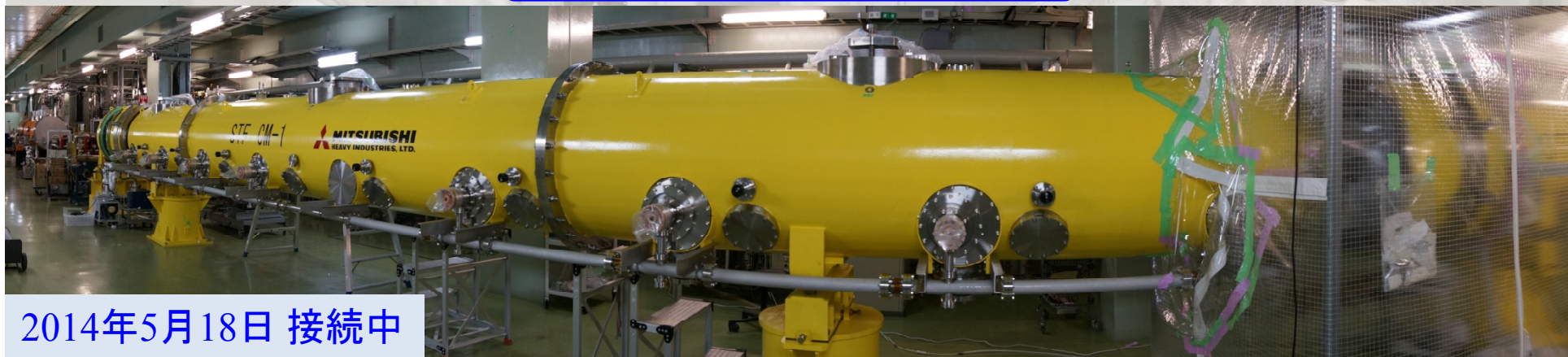




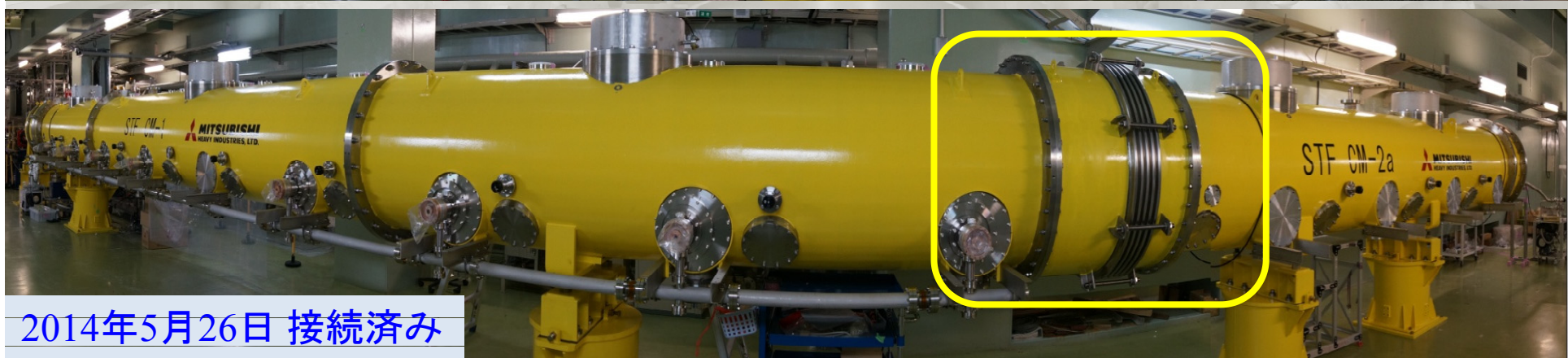
# STF2計画

## MHI#14~MHI#26

STF2-CM1 + STF2-CM2a



2014年5月18日 接続中

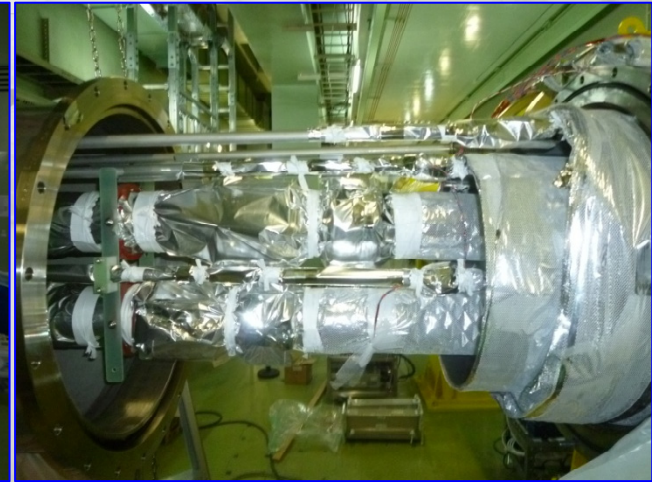
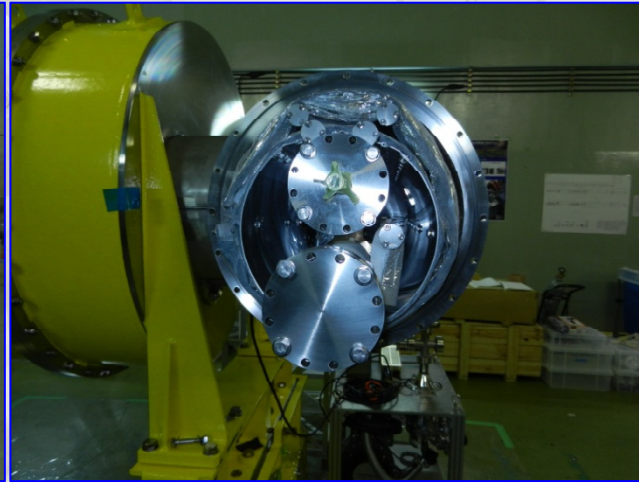


2014年5月26日 接続済み



# STF2計画


## MHI#14~MHI#26





2014年7月3日  
CM1 + CM2aは、茨城県による  
高压ガス製造施設完成検査に合格、  
冷却運転が可能になりました。

製造施設完成検査証		一般
事業所の名称	大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構	
事業所の所在地	つくば市大穂1番地1	
許可年月日 及び許可番号	平成26年 3月13日 消安指令 第493号	
検査年月日 検査職員氏名	平成26年 7月 3日 藤原 亮	
備 考		

茨城県知事 橋本 

# STF棟トンネル内の現状

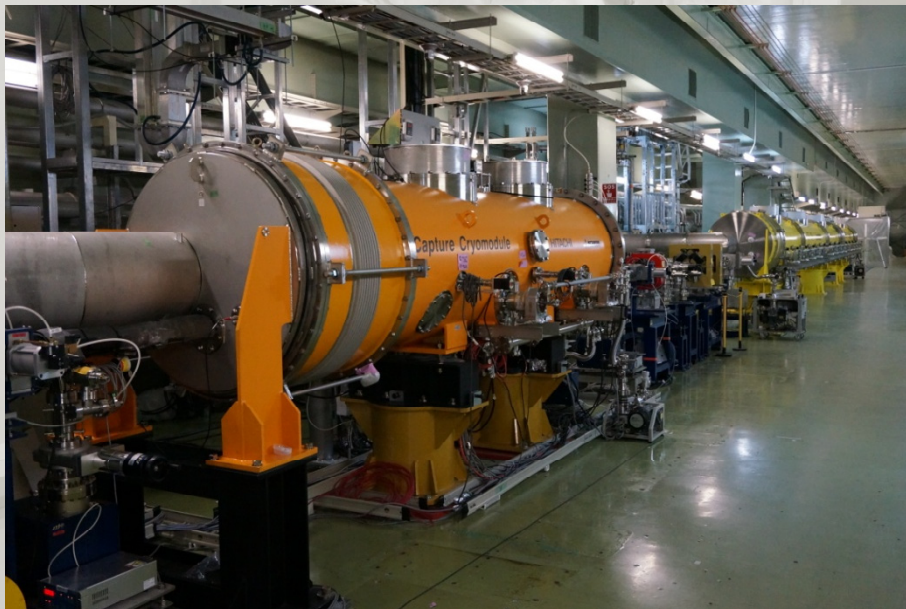
Capture Cryomodule (MHI#12,MHI#13)

STF2-CM1 (MHI#14~#22 without MHI#16)

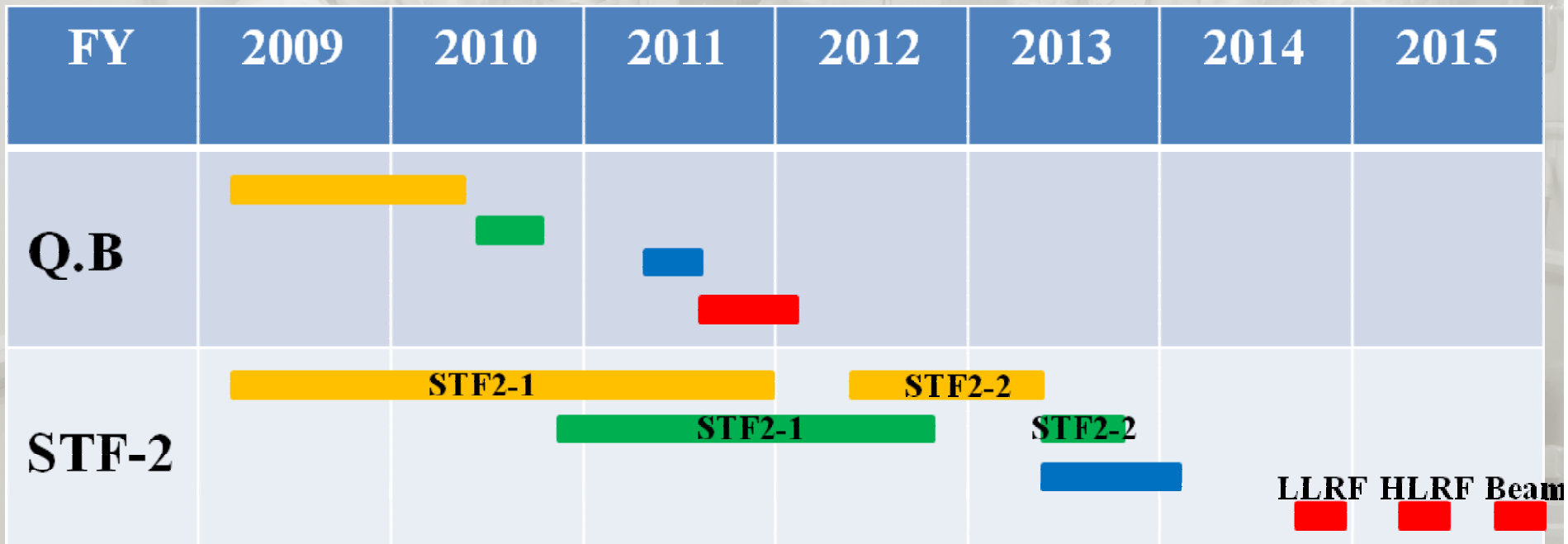
STF2-CM2a (MHI#23~#26)

Capture Cryomodule + CM1 + CM2a

CM1 + CM2a



2014年7月31日撮影





## 関連する発表題目

**SAP042** STF2-CM2aクライオモジュール用9セル超伝導空洞の内面検査の結果

Inspection of inner surface in 9-cell SC cavities for STF2-CM2a cryomodule

NAT 浅野 峰行

**SAP048** STF2クライオモジュール用インプットカップラーのテストスタンドでの大電力試験

High power tests of input couplers at test-stand for STF2 cryomodule

NAT 柳町 太亮

**SUP039** KEK-STF2クライオモジュールのアライメント

Status of alignment for STF2 cryomodule

KEK 荒木 栄

**SUP040**

STF2超伝導加速空洞用クライオモジュールの開発

Development of Superconducting RF cryomodule for STF2

MHI 柳澤 剛

**SUP041** STF2クライオモジュール用インプットカップラーの組立工程

Assembly procedure of input couplers for STF2 cryomodule

NAT 今田 信一

**SUP045** STF2-CM2aクライオモジュール用9セル超伝導空洞のたて型性能測定の結果

Vertical test result of 9-cell SC cavities for STF2-CM2a cryomodule

NAT 植木 竜一

**SUP046** STF2-CM1&CM2aクライオモジュール用9セル超伝導空洞の連結組立

String Assembly of 9-cell SC cavities for STF2 CM1 and CM2a Cryomodules

K-vac 岡田 昭和

**SUP047**

ILCに向けた超伝導加速空洞の開発状況

Superconducting Cavity R&D for ILC at MHI

MHI 原 博史