

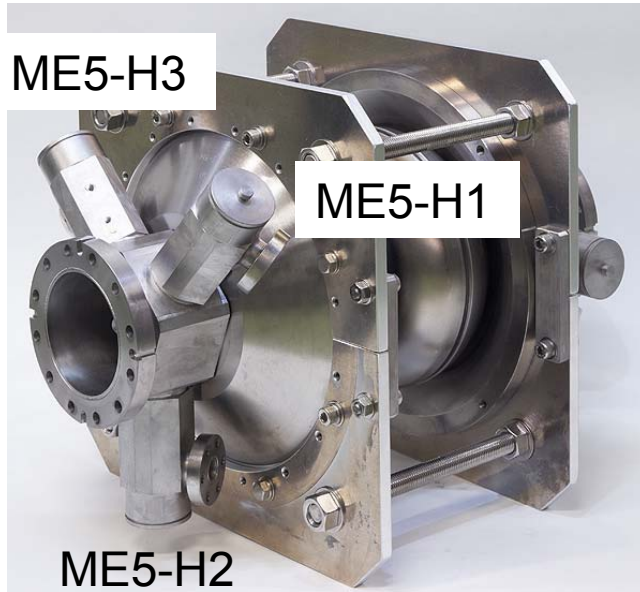
ERL入射器用2セル超伝導空洞の縦測定での最近の結果

- (1) 前置き
- (2) HOM couplerの低温時の周波数特性。
- (3) 第1回～4回までの縦測定の結果
- (4) 今後の対策など。(出来る限り仕様に近づけるため)

第6研究系： 渡邊 謙

プロトタイプ2セル空洞#2: 空洞形状

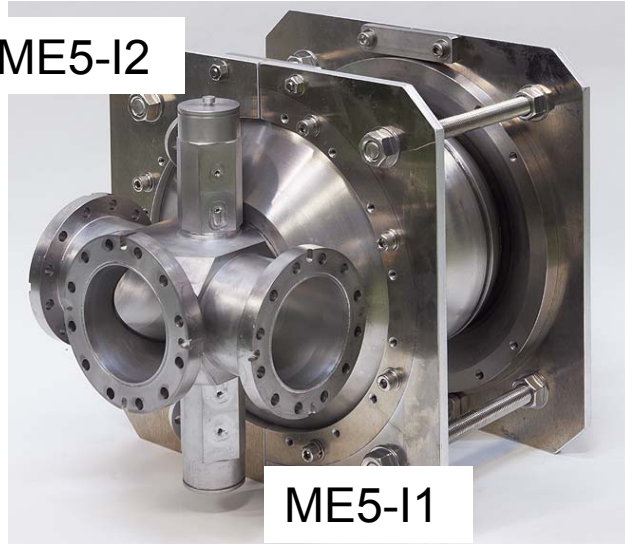
ME5-H3



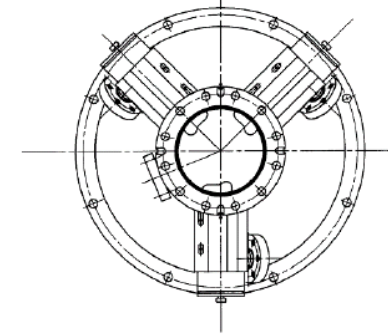
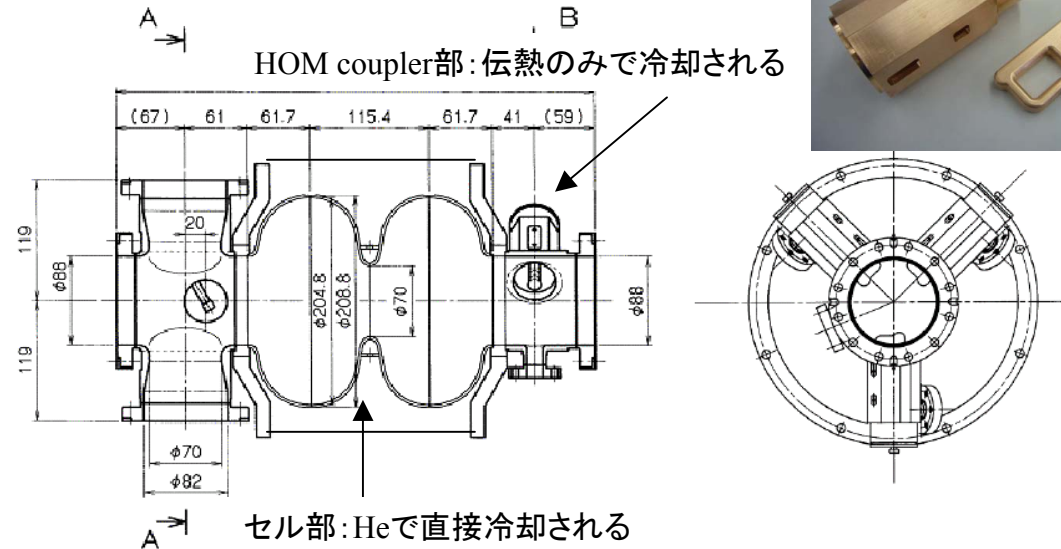
ME5-H1

ME5-H2

ME5-I2



ME5-I1



2セル空洞の構成

- ・Loop-type HOM coupler × 5機、Input coupler × 2機、Monitor port × 1
- ・セル数: 2 セル

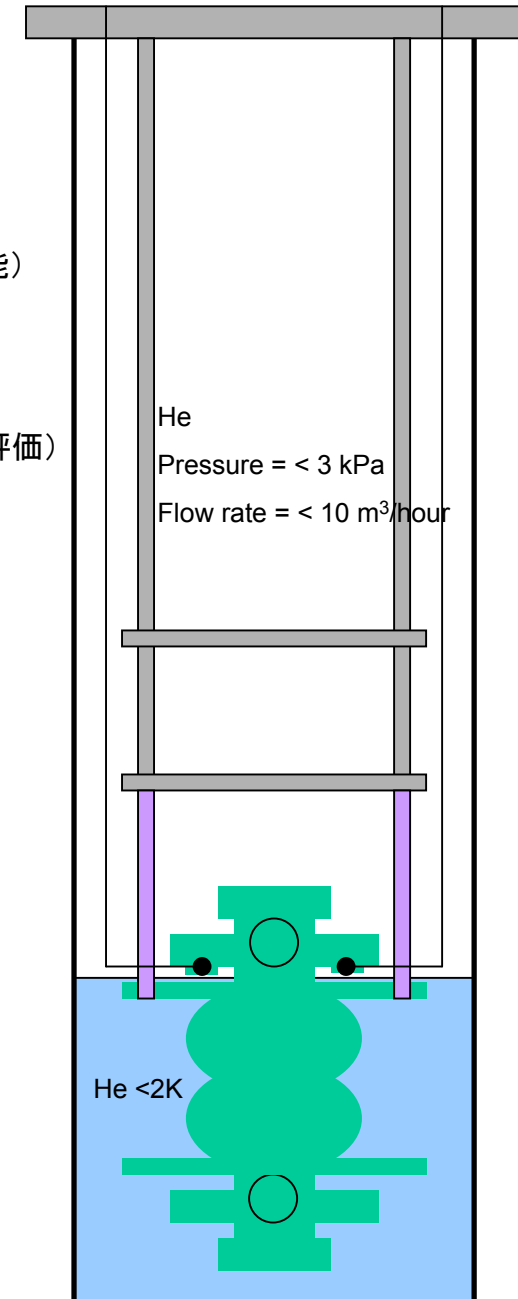
評価項目 CW運転に対して、縦測定の設定アップでできること。

- ①空洞製作方法の評価、
- ②HOM couplerのRF設計の評価、耐電圧特性
HOM couplerのチューニング特性の評価(常温→低温)
- ③フィードスルーなど使用しているコンポーネントの評価: 耐電力特性

※クライオモジュールの運転では、セル部はHeジャケット内にあり、2Kのヘリウムで直接冷却される。HOM couplerは、Heジャケットの外側にあり、ビームパイプとサーマルアンカーからの伝熱のみでしか冷却されない。

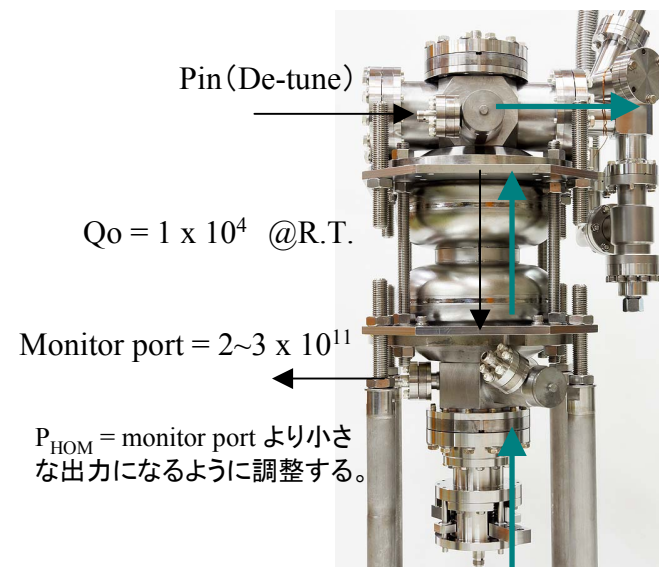
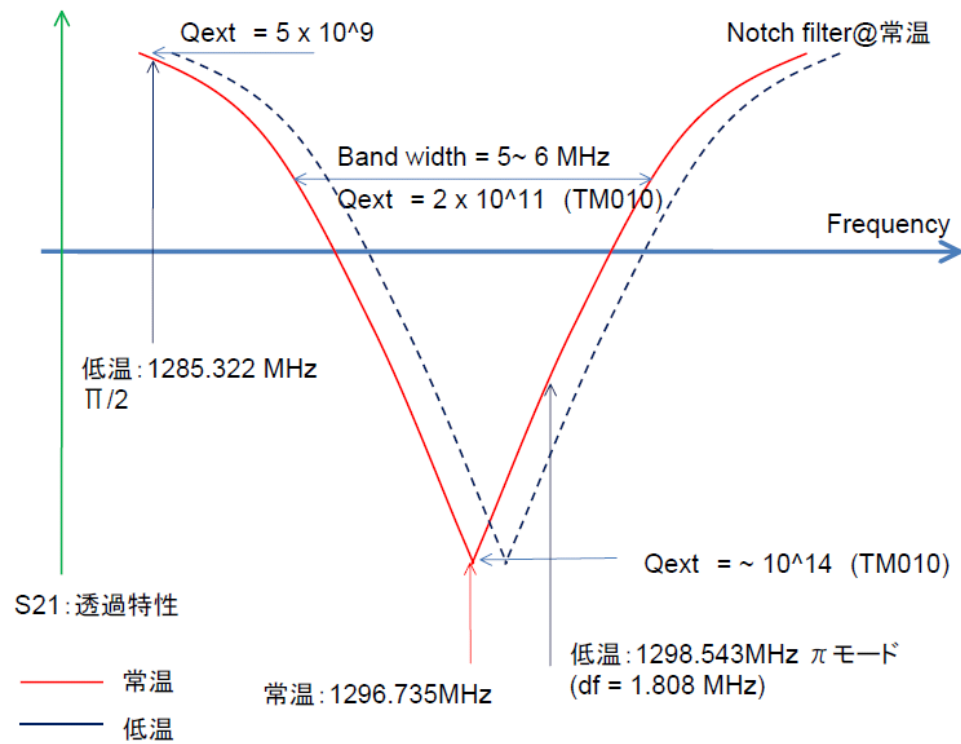
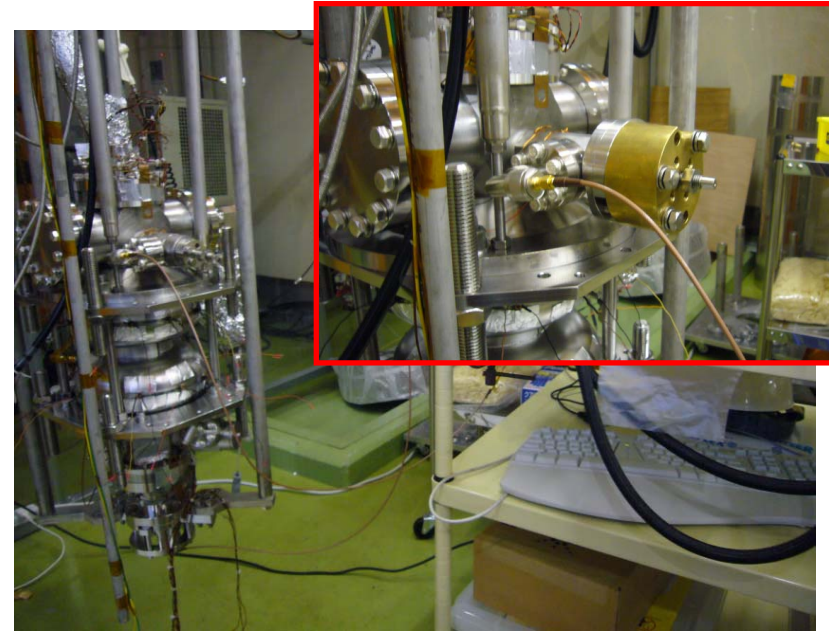
プロトタイプ2セル空洞#2の表面処理から縦測定まで

- ・2009年4月： 空洞完成・ 空洞の受け入れ検査(RF測定、品質検査)
- ・2009年7月： Pre-EP・EP-1(105um)、アニール
- ・2010年3月： EP-2(20um)、1回目縦測定： $E_{acc} = 40.9 \text{ MV/m}$ (CWで長時間維持可能)
(HOM pick-up無し。空洞単体の試験、主に空洞の製造工程・表面処理の評価)
- ・2010年4月： EP-2(20um)、2回目縦測定 (**HOM pick-up有り**、Gap=0.5mm。RF設計の評価)
 $E_{acc} = 14 \text{ MV/m}$
Heリークにより途中で試験中止 (ICF70の部分のリーク)
- ・2010年8月： EP-2(20um)、3回目縦測定 (**HOM pick-up有り**、Gap=0.5mm。)
 $E_{acc} = 38.4 \text{ MV/m}$ (瞬間最大、クエンチ@HOM pick-up)
HOM couplerがHeから出た状態における維持可能な電界強度：**12 MV/m**
クエンチ箇所：上部のHOM couplerのHOM pick-up
- ・2010年10月： EP-2(20um)、4回目縦測定 (**HOM pick-up有り**、Gap=2.0mm。
スズ鍍金ヘリコのテストを含む。)
 $E_{acc} = 42.6 \text{ MV/m}$ (瞬間最大、クエンチ@HOM pick-up)
HOM couplerがHeから出た状態における維持可能な電界強度：**13 MV/m**
クエンチ箇所：上部のHOM couplerのHOM pick-up



HOM couplerのチューニングについて(HOM pick-upありの場合)

- ・EP-2・各種リンス工程@STF
- ・組み立て・ベーキング@STFクリーンルーム
- ・縦測定スタンド@STF へ移動・吊り下げる
- ・釣り下がった状態で、常温下にて、HOM couplerのチューニングの実施。



HOM coupler のQext (3回目 縦測定の際の値)

Mode, Gap = 0.5mm	HOM1	HOM2	HOM3	HOM4	HOM5
TM010 pi 1298.543 MHz @1.73 K	6.80 E+11	3.92 E+12	3.45 E+11	2.45 E+12	6.11 E+11
TM010 pi/2 1285.322 MHz @1.17 K	6.60 E+09	4.79 E+09	6.12 E+09	4.98 E+09	5.64 E+09
Pout from HOM couplers TM010-pi @ 3.4 MV/m	4.37 mW	7.78 mW	8.82 mW	1.24 mW	4.99 mW
Pout from HOM couplers TM010-pi/2 @ 3.4 MV/m	0.48 W	0.65 W	0.51 W	0.63 W	0.56 W

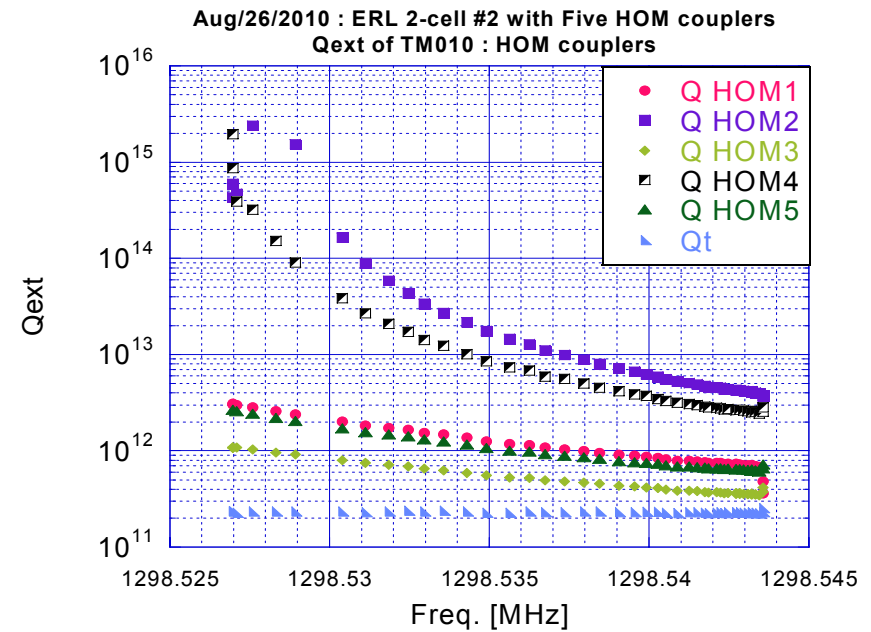
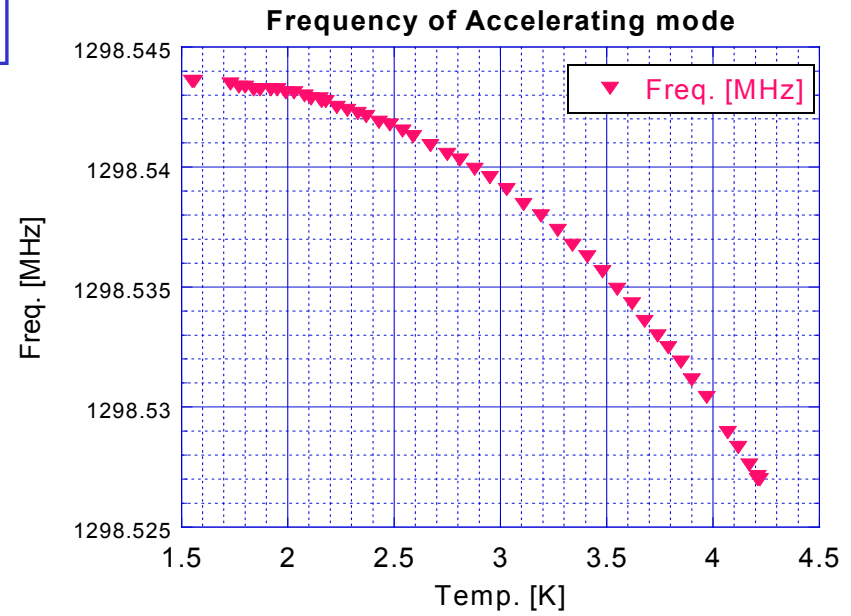
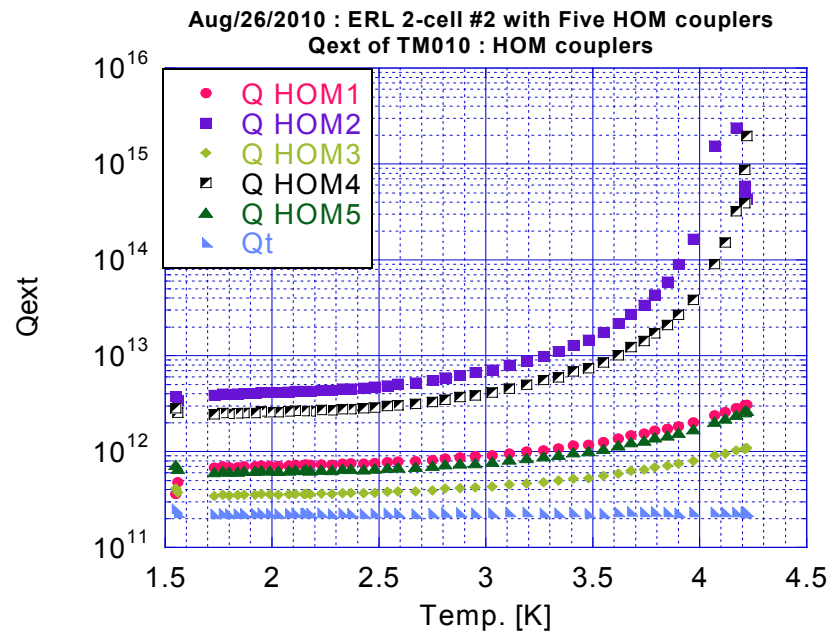
$\pi/2$ モードを測定することで、擬似的に加速モードの負荷(磁場)がある状態におけるHOM pick-upの耐電力特性を評価できる。

常温で、加速モードの出力が最小になるようにチューニングすれば、低温でもQextlに対して問題ないことが分かる。

(目標値: $>2 \times 10^{11}$)

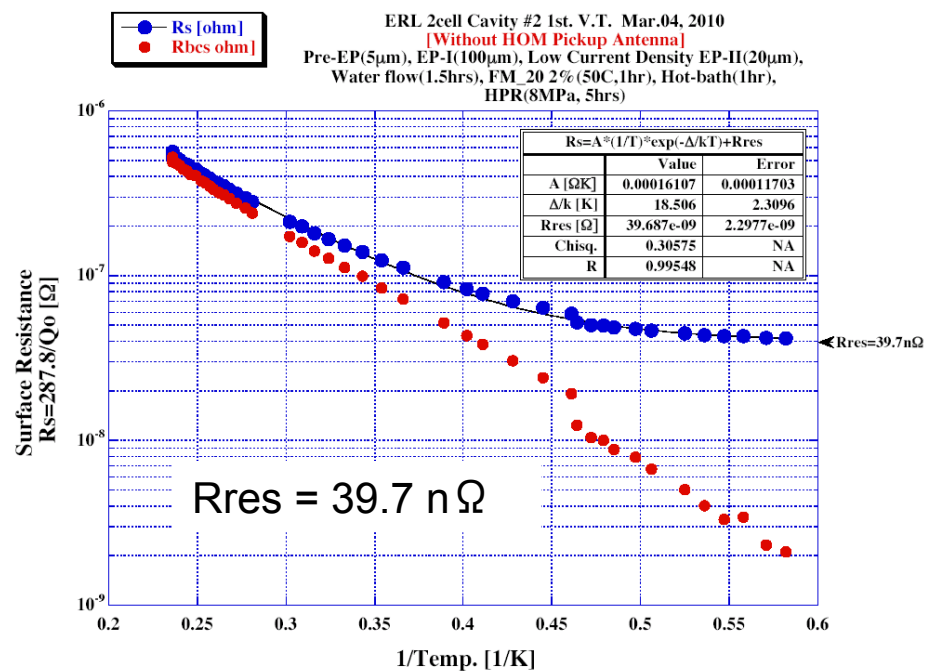
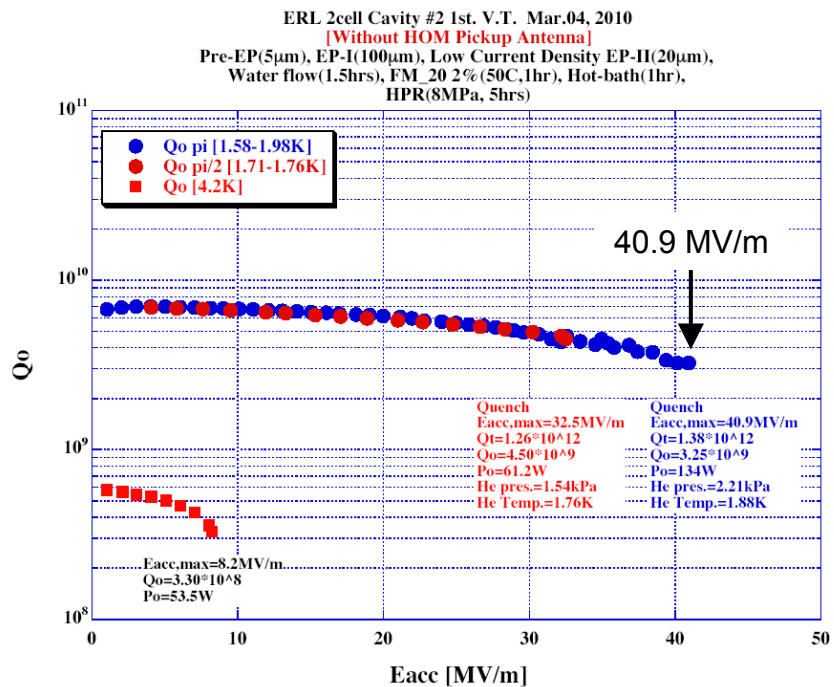
4回目 縦測定 Gap= 2.0mm	HOM1	HOM2	HOM3	HOM4	HOM5
Pi-mode: 1299.5162MHz @1.77 K	1.70 E+12	6.43 E+11	1.10 E+12	2.78 E+12	6.97 E+14
Pi/2 mode: 1286.2764MHz @1.58 K	1.65 E+10	8.01 E+09	1.44 E+10	1.86 E+10	1.66 E+10

減圧中の加速モードの周波数と Q_{ext} の変化



縦測定の結果について

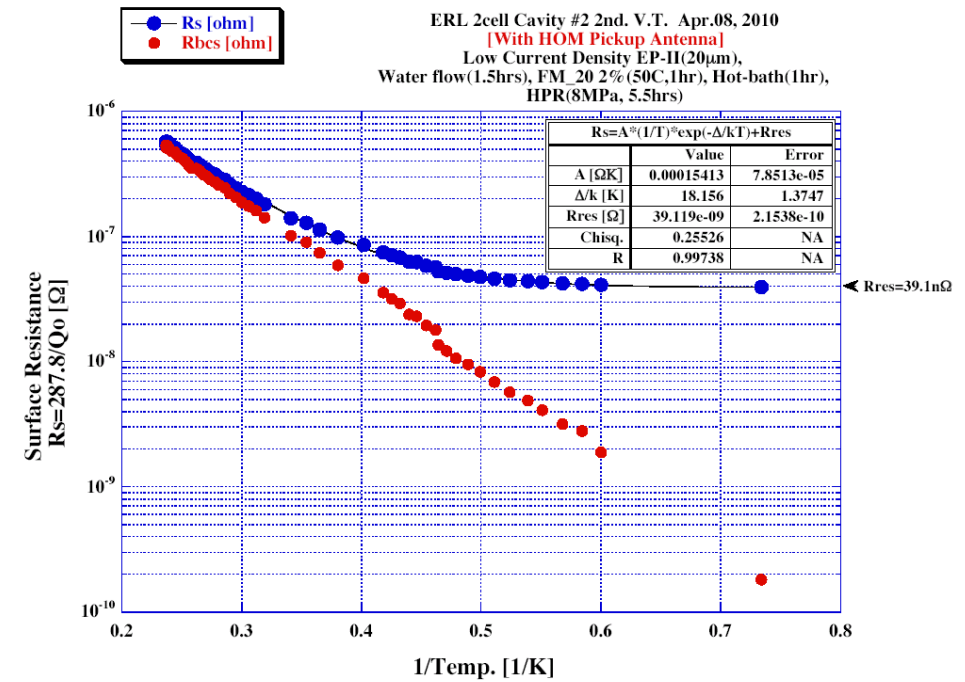
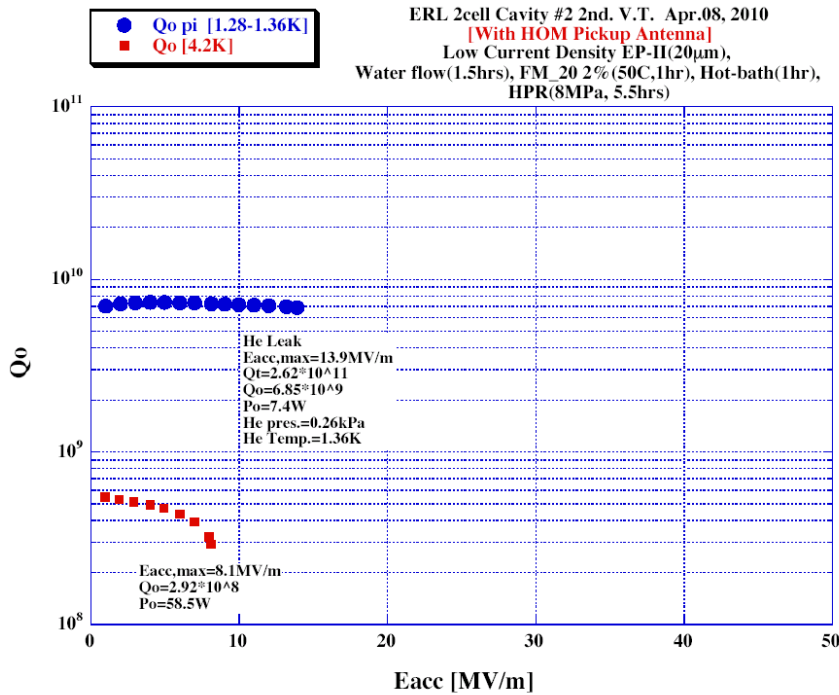
縦測定:1回目 HOM pick-upなし



- ・HOM pick-up無しの測定では、40MV/m(CW)を超えても電界を維持できている。
 (空洞はHeに完全に浸かった状態で終了した。)
- ・空洞製造工程上に問題は無いことが分かる。
- ・残留抵抗値が悪いのは、SUS端板の損失のためである。(大口径のビームパイプに起因するもの。)
- ・2回目以降の測定は、HOM couplerの評価が主になる。

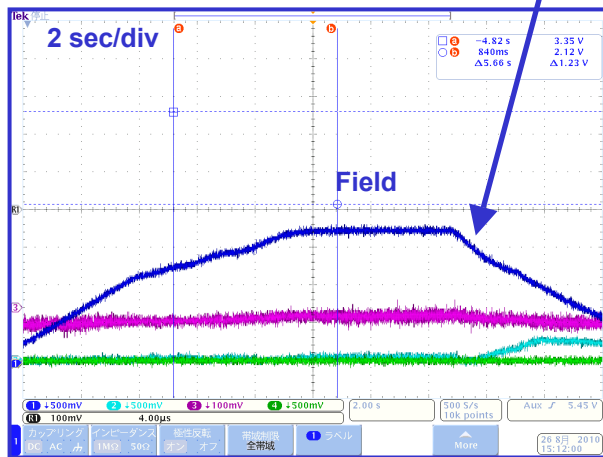
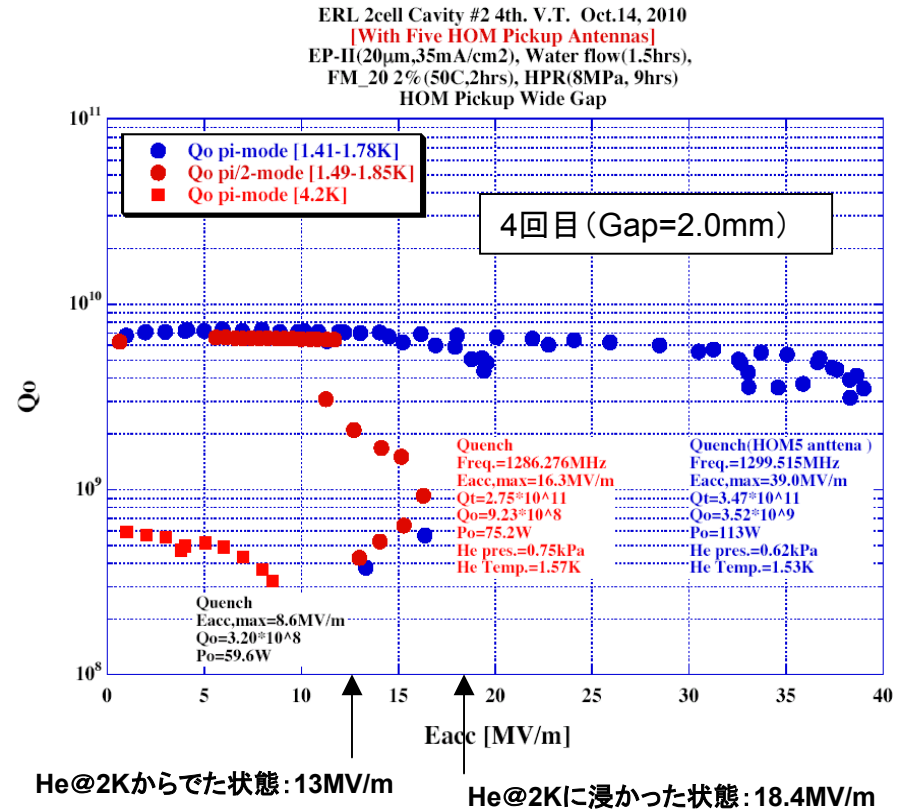
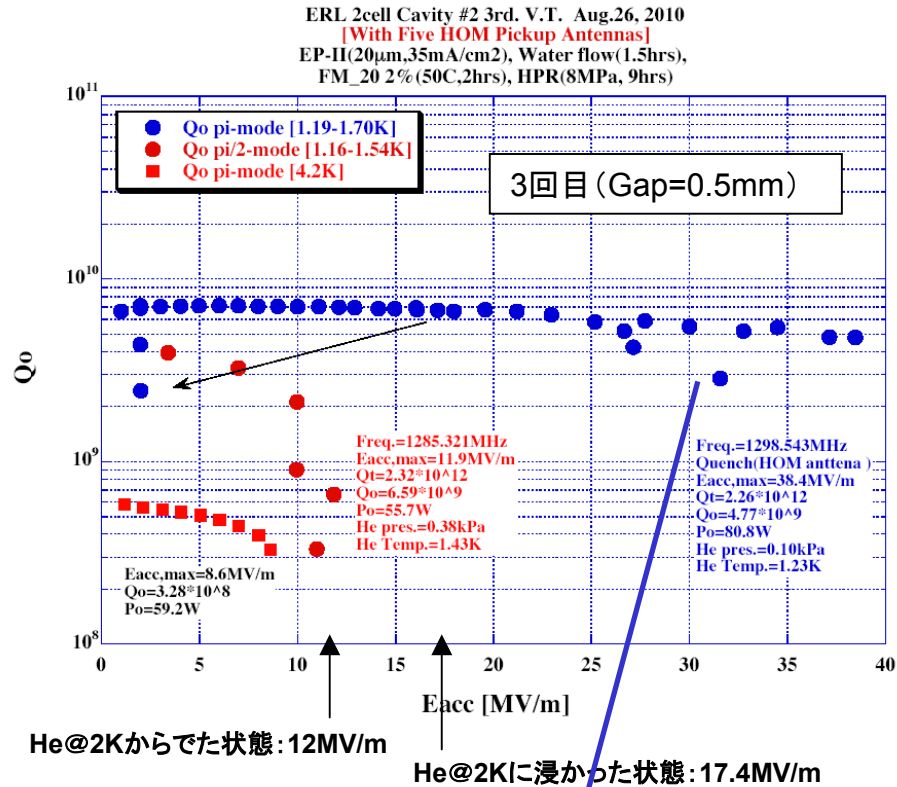


縦測定: 2回目 HOM pick-upあり、gap=0.5mm



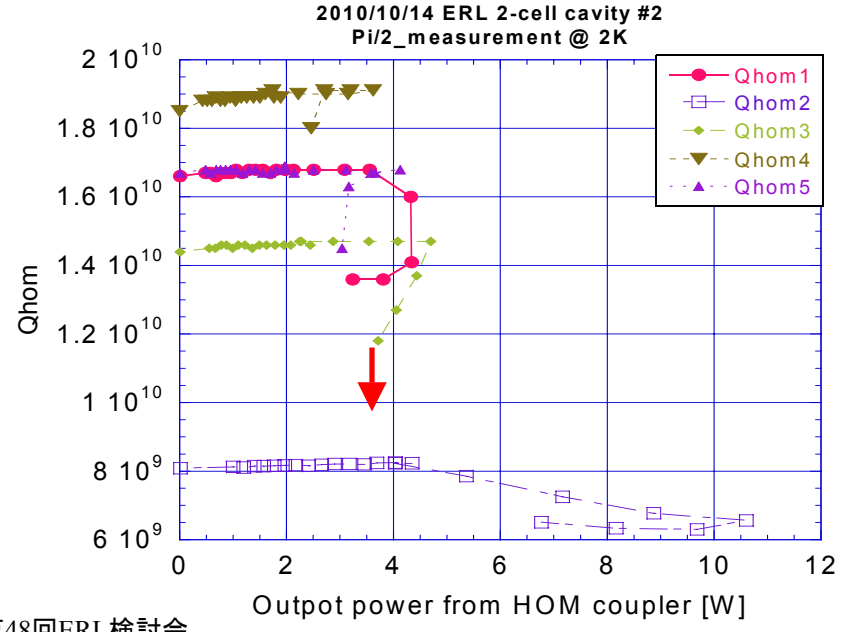
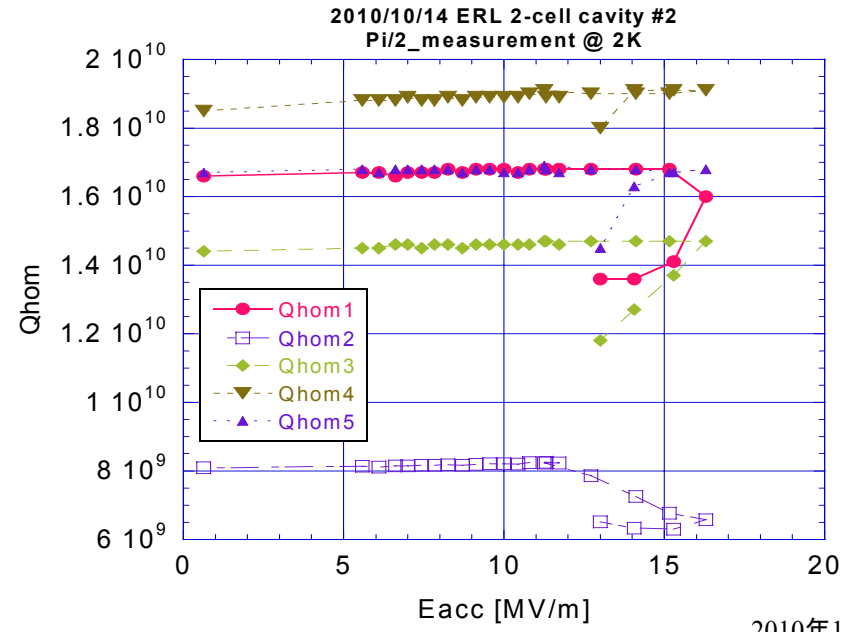
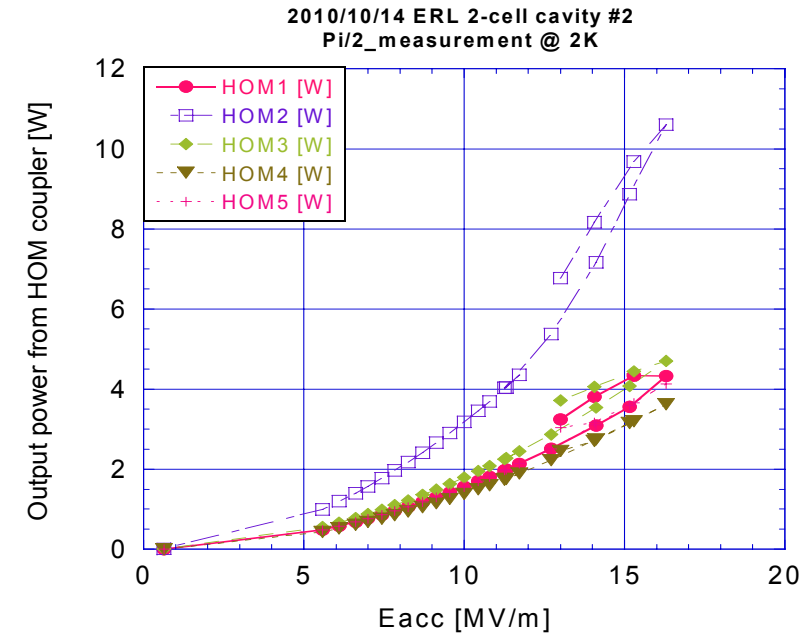
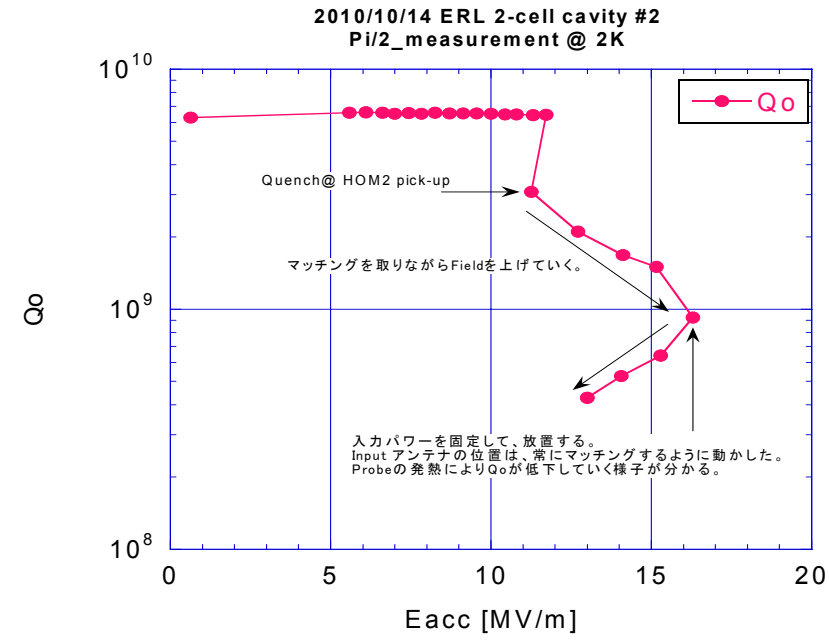
・2Kでの測定中に真空リーク(引き上げ後、リーク箇所を測定し、ICF70の部分からリークがあった。)が発生し、試験を中断した。空洞のすべての部分がHeに浸かった状態で終了した。

縦測定: 3回目 (Gap=0.5mm)、4回目 (2.0mm) HOM pick-upあり

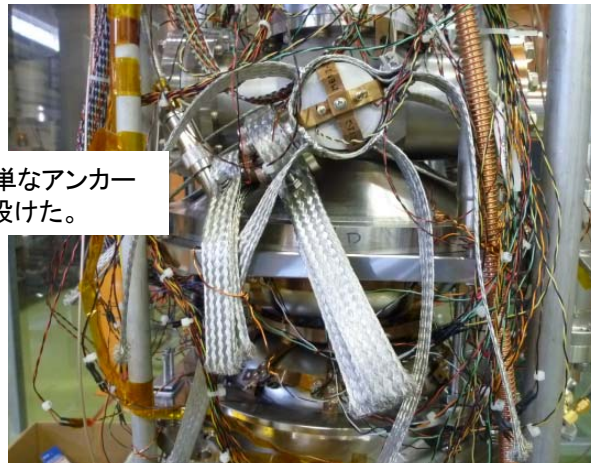
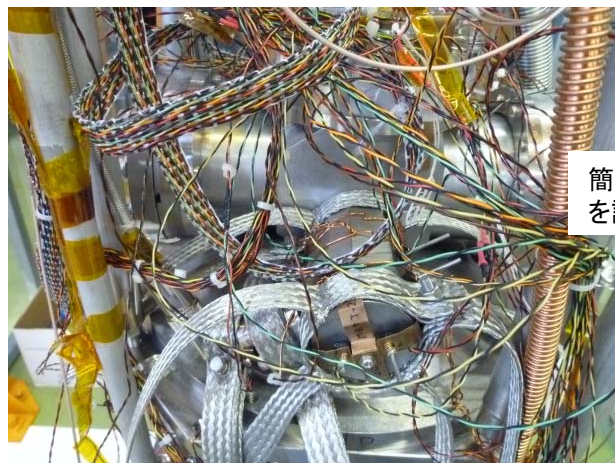
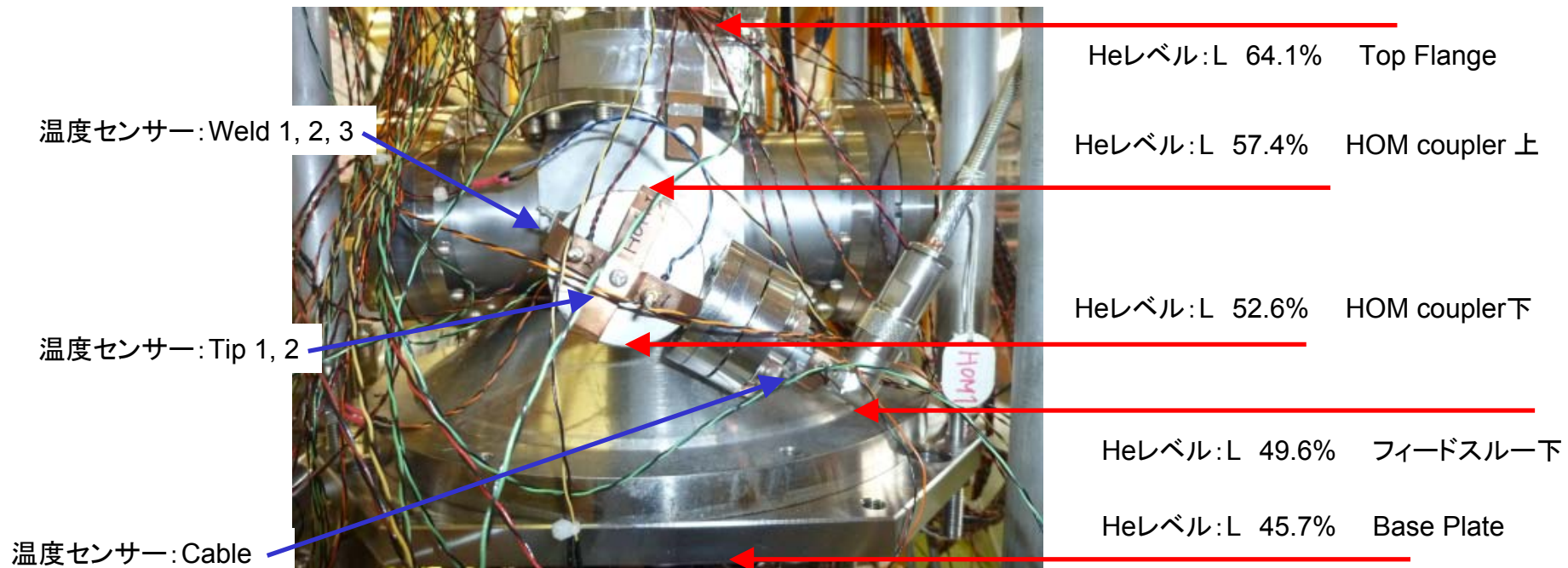


- ・ π -modeで瞬間的に高電界まで持って行き、エージングした。クエンチごとに発熱箇所は変化していった。
- ・ $\pi/2$ による負荷がある状態で、HOMカップラーからの出力電力に対する **HOM pick-upの耐電力特性**の評価。
- ・Heの液面レベルおよび液温に対する **維持可能な電界強度**の測定。そのときのクエンチ箇所の特定。

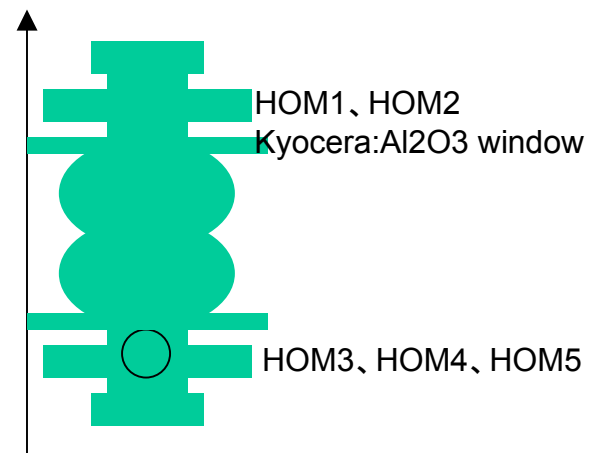
4回目縦測定 Pi/2-mode (測定時間 30 min) 冷却条件: Heに完全に浸っている状態。



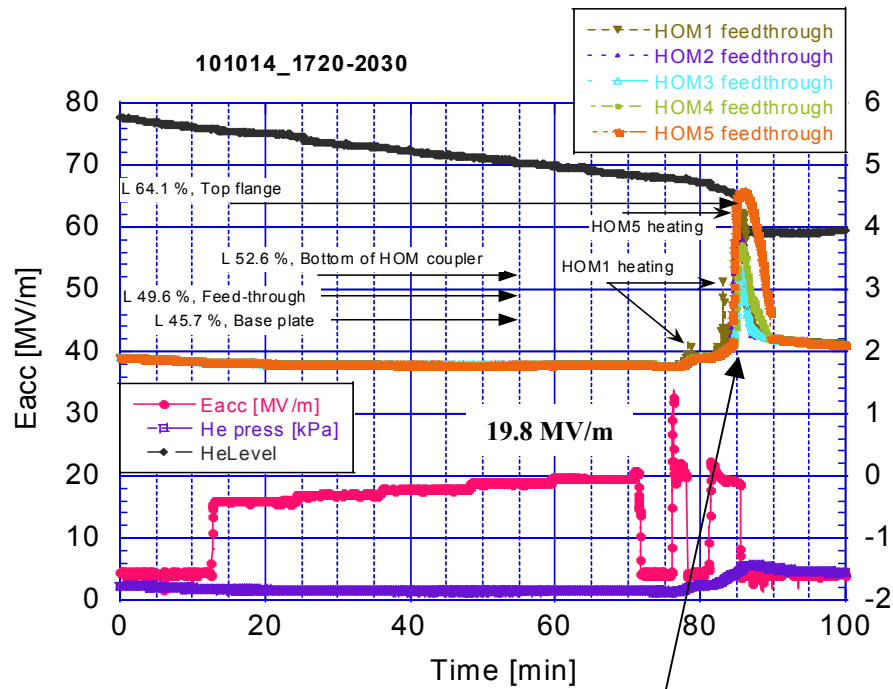
温度センサーの配置と液面レベル、HOM couplerの配置 4th Test



6sensors / HOM coupler x 5 couplers



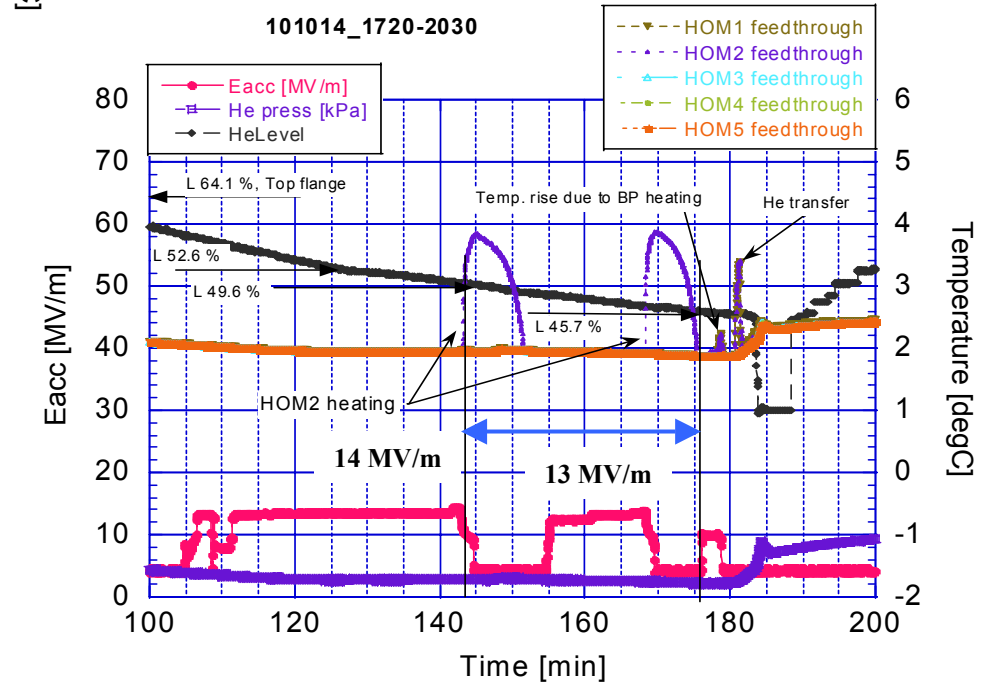
ヘリウムの液面レベルに対する維持可能な電界強度：4回目縦測定



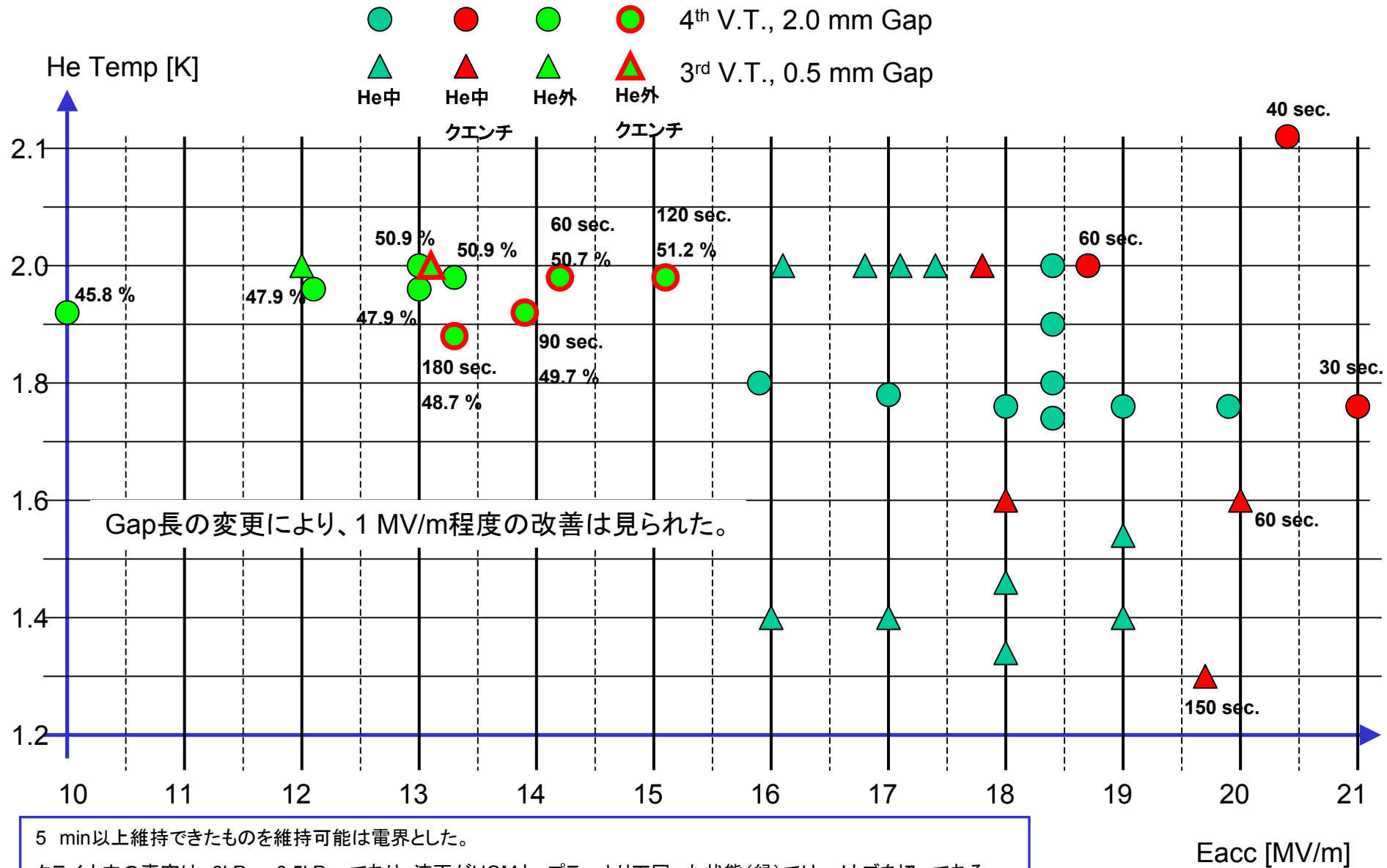
クエンチ箇所の同定とエージングのため、投入パワーを最大にした。結果、過負荷により超流動状態が破れたため、4Kまで温度が上昇した。

高電界でエージング後、ヘリウムの液面レベル(冷却条件)に対する維持可能な電界強度の測定を行った。

HOM couplerが完全にヘリウムから出るのは、<49.6 %である。ベースプレートが完全に出来るのは、<45.7 %である。



維持可能な加速電界とヘリウム温度および液面 (クエンチ箇所: HOM pick-up)



5 min以上維持できたものを維持可能な電界とした。
 クライオ内の真空は、3kPa~0.5kPa であり、液面がHOMカップラーより下回った状態(緑)では、メカブを切っている。
 液面から蒸発したガスの流量が多いと、そのガスによってHOMカップラー周りが冷やされるため。

まとめ・今後の対応

- ・2009年から入射器用2セル空洞の表面処理および縦測定を行ってきた。
- ・HOM pick-upなしの測定では、 $E_{acc} = >40\text{MV/m}$ を達成した。このことから、空洞の製造方法および品質に問題が無いことが確認できた。
- ・一方、HOM pick-upありの測定では、 $\pi/2$ モード励振時におけるHOM pick-upの耐電力特性の評価および、ヘリウムの液面レベル・液温(冷却条件)に対する維持可能な電界強度の測定を行った。

結果、HOM pick-upの耐電力特性では、 $\pi/2$ モードで $E_{acc} = 11\text{ MV/m}$, 4 W の透過電力でHOM pick-upの発熱が観測された。

HOM couplerが完全にHeから出た状態における維持可能な電界強度は、 13 MV/m (HOM pick-up・内導体間のGap = 2.0mmのセットアップ、[クエンチ箇所@HOM pick-up](#))であり、仕様には届いていない。

現状では、使用しているフィードスルーの冷却に問題があるため、次回以降の2セル空洞の測定では、下図のようなアンカーを準備し、フィードスルーの根元から冷却できる構造として、[耐電力・電圧特性](#)の向上を図りたい。

また、必要に応じて、伝熱特性の良いフィードスルーの開発も行うことも考えていく。

