

# ERL-9cell 2号機空洞 第1回縦測定の結果

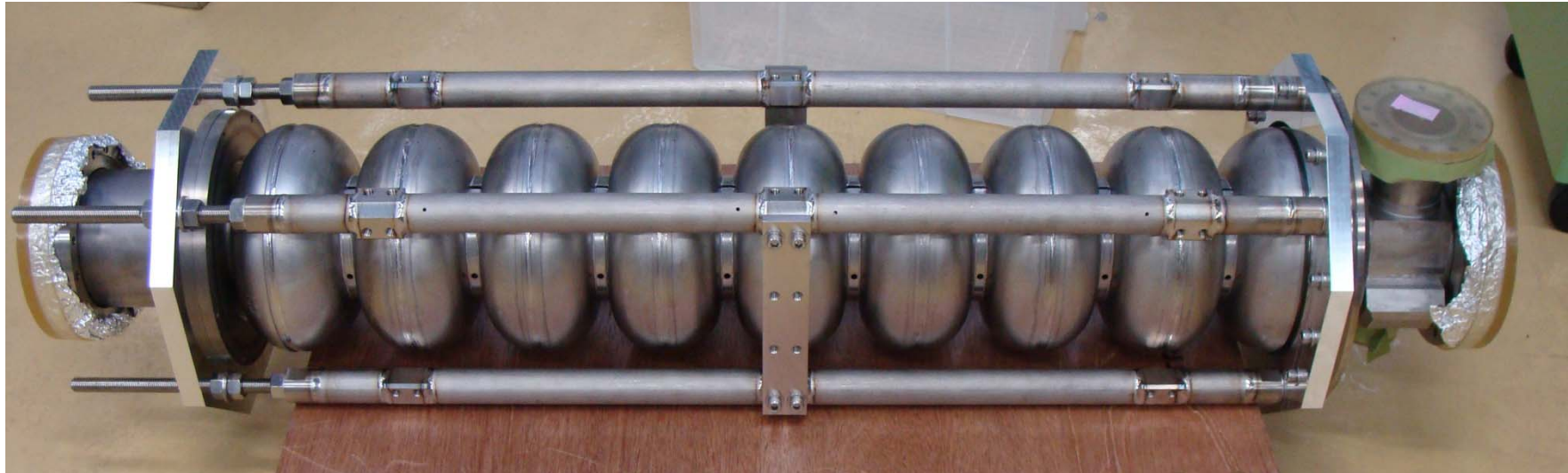
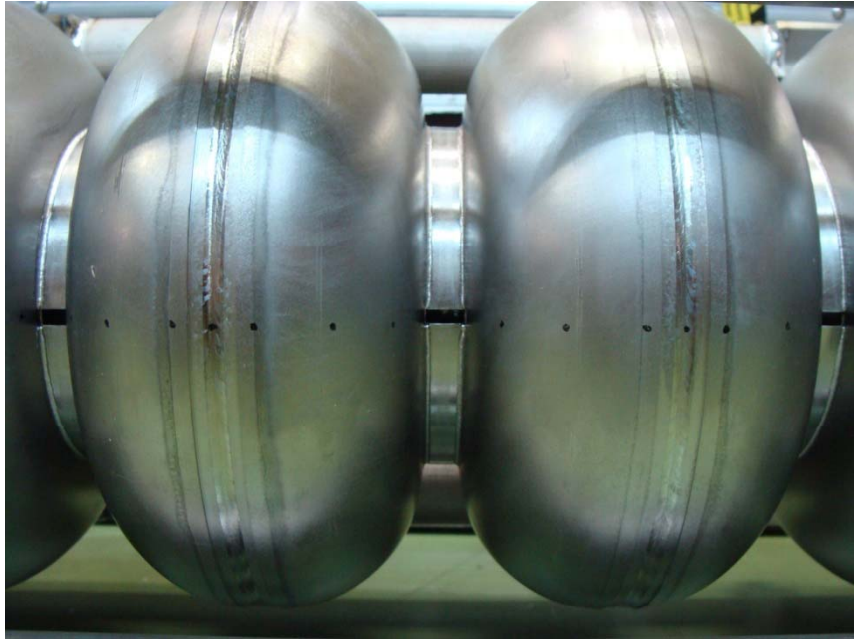
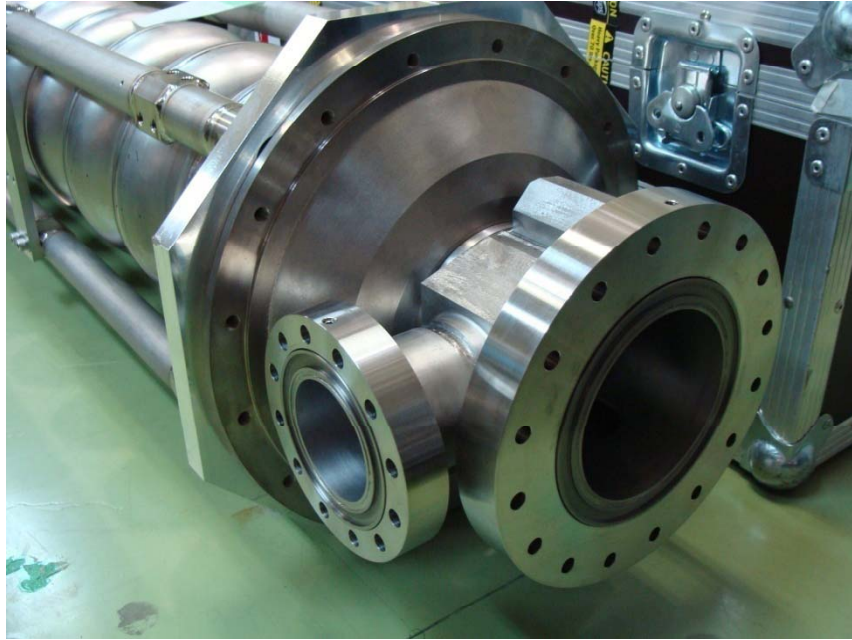
2010/10/8

ERL検討会

ERL-SCグループ 梅森健成、古屋貴章、阪井寛志  
沢村勝、篠江憲治、Enrico Cenni

## ERL-9cell空洞 #2号機

- 高圧ガス申請での強度計算、クライオモジュール組み立てを想定した、モジュール組み込み用のプロトタイプ空洞。
  - 高圧ガス申請を想定した製造工程の確認
    - 納品時の空洞全長、周波数等の本機へのフィードバック
  - 空洞性能の確認
  - 治具等の準備(来年度の本番でも同じものを使用)
- 2009年度に製作
- フランジは内輪がNbTi, 外輪がSUSで、ヘリコフレックス(インジウムメッキ)を使用。
- エンドセルは3.5mm厚のNbを使用
- アイリス部の強め輪あり
- Heジャケット用の端板あり



- ERL-9cell 2号機の初めての縦測定
  - 2010/9/29-10/1に測定を行った。
  - 4K測定、Q-T測定、2K測定 ( $\pi$ ,  $8\pi$ ,  $1\pi$ ,  $3\pi$ ,  $\pi(2)$ )
- 今回、EP-2は低電流密度EP( $30\text{mA}/\text{cm}^2$ )およびEP後の脱脂洗浄を行った。表面の仕上がりは上々。



# マッピング装置も今回改造(ジャケット端板、強め輪のため)

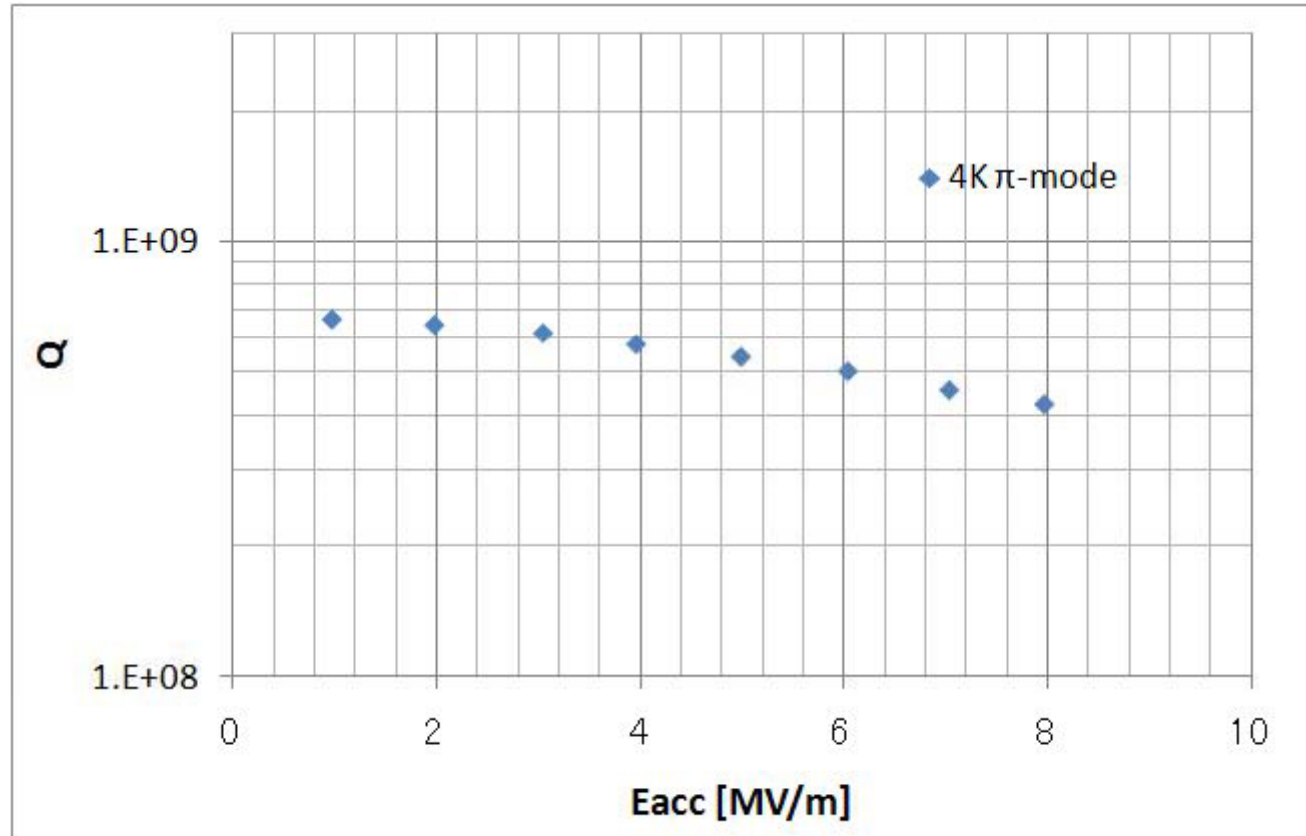


全体写真



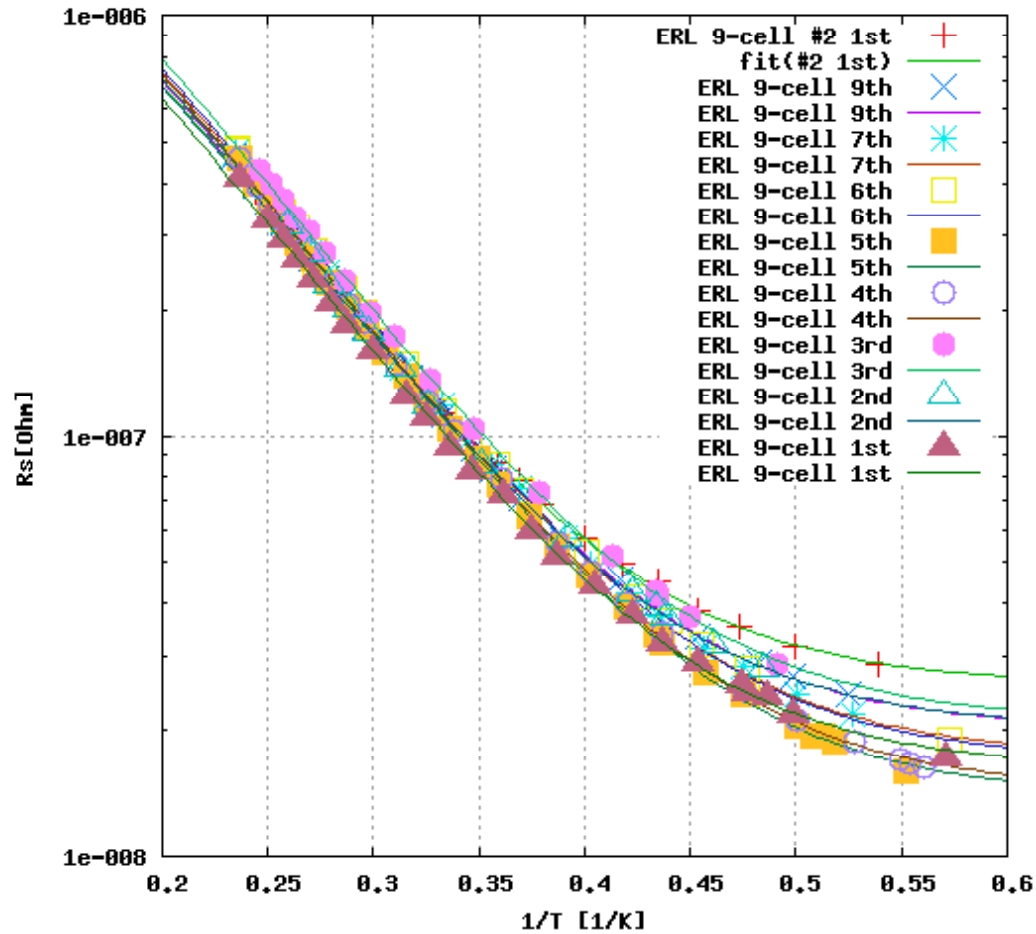
上部拡大

# 4K測定



- ・8MV/mまで到達
- ・8MV/mでわずかながらradiationを検出

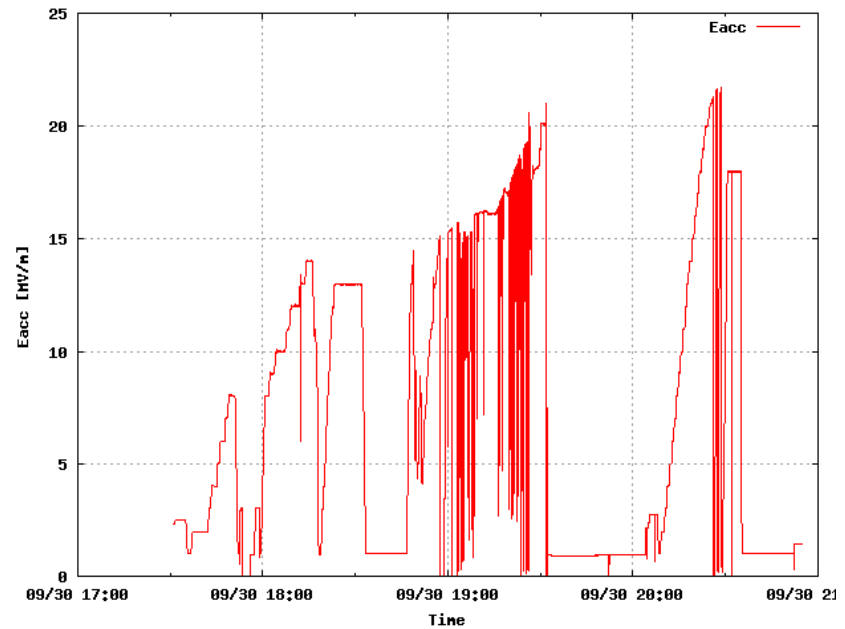
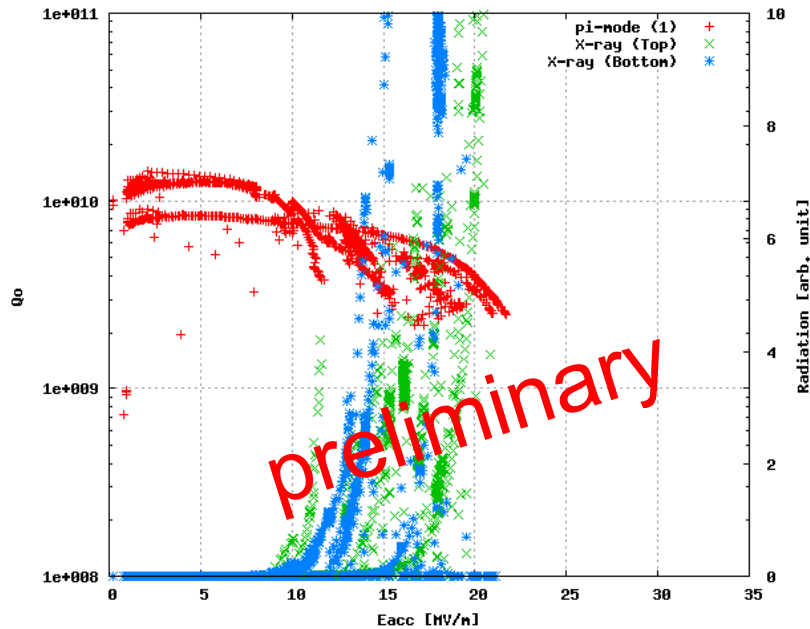
# Q-T curve



LBP, SBPフランジのSUS flangeによるロスを含んで26nΩ

通常は、2~3MV/mでデータ取り。今回は0.5 MV/mでデータ取り。

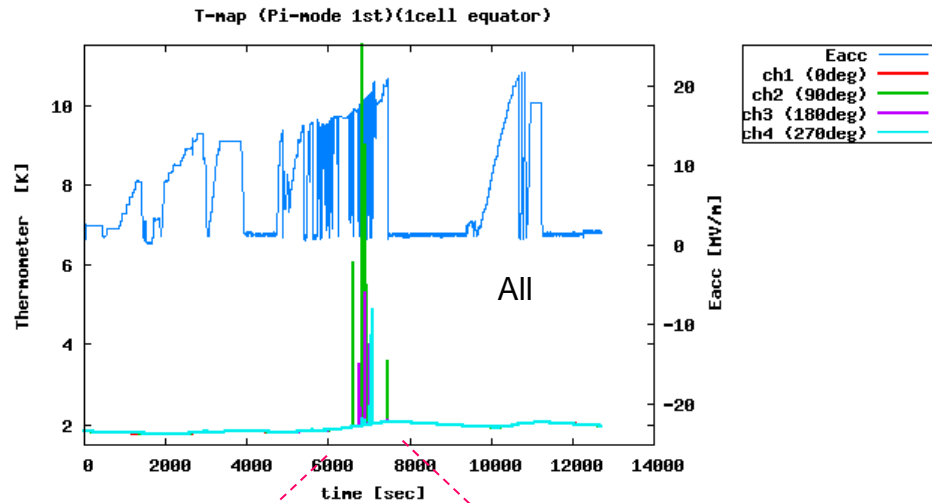
# $\pi$ -mode(1)



- 最初は8MV/mからradiationが始まり、10MV/mちょっとで制限
- 途中、プロセスしながらfieldが上昇
- 一時、性能悪化し、10MV/m以下に落ちることあり
- その後、プロセスが進み、21MV/mまで到達した。ただしQ値の劣化あり。
- 17~21MV/mのクエンチにおいては各セル赤道部にて発熱が見られる。その中でも1セルが顕著。
- 最終のクエンチの原因はMultipactigと思われる。
- プロセスは進行中であるが、emission&Q値劣化によりロス(170W)が大きい。



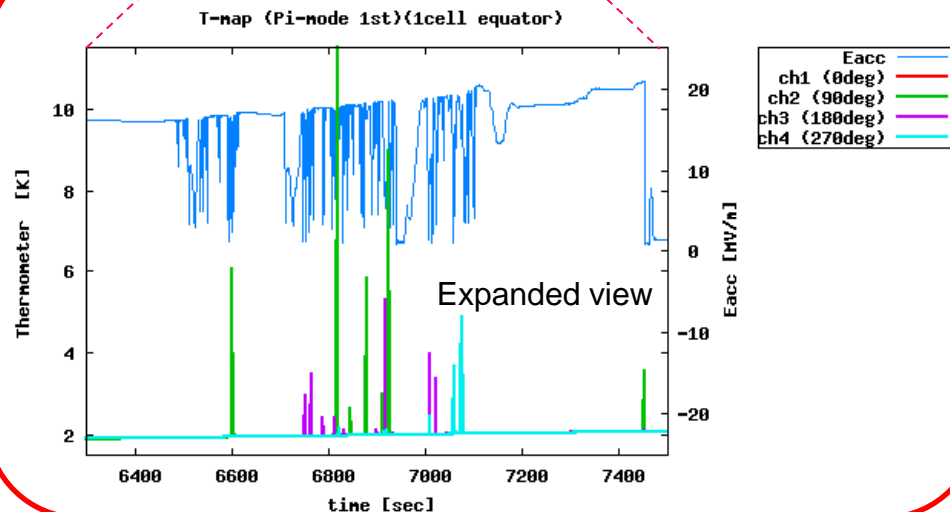
# Pi-mode (1<sup>st</sup>)での発熱の例(1cell)



## 1cell赤道部の炭素温度計データ

17-20MV/mで多数反応。  
特に18MV/m当たりで頻繁にクエンチが起き、各クエンチごとに温度計が反応。

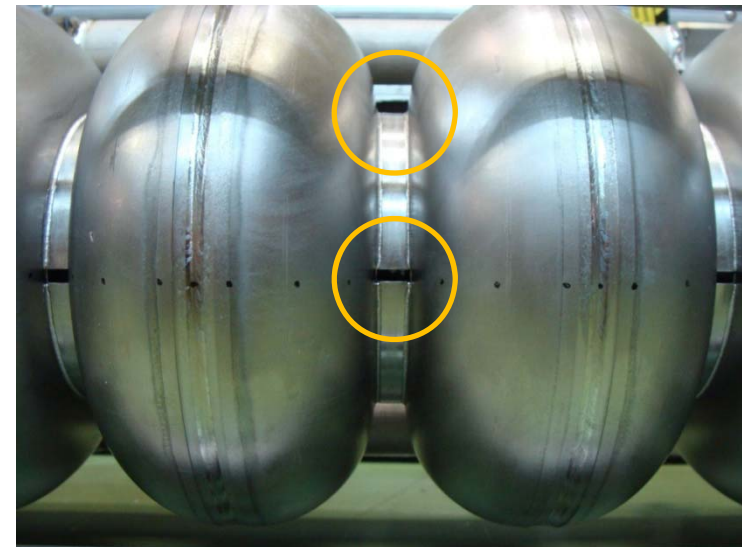
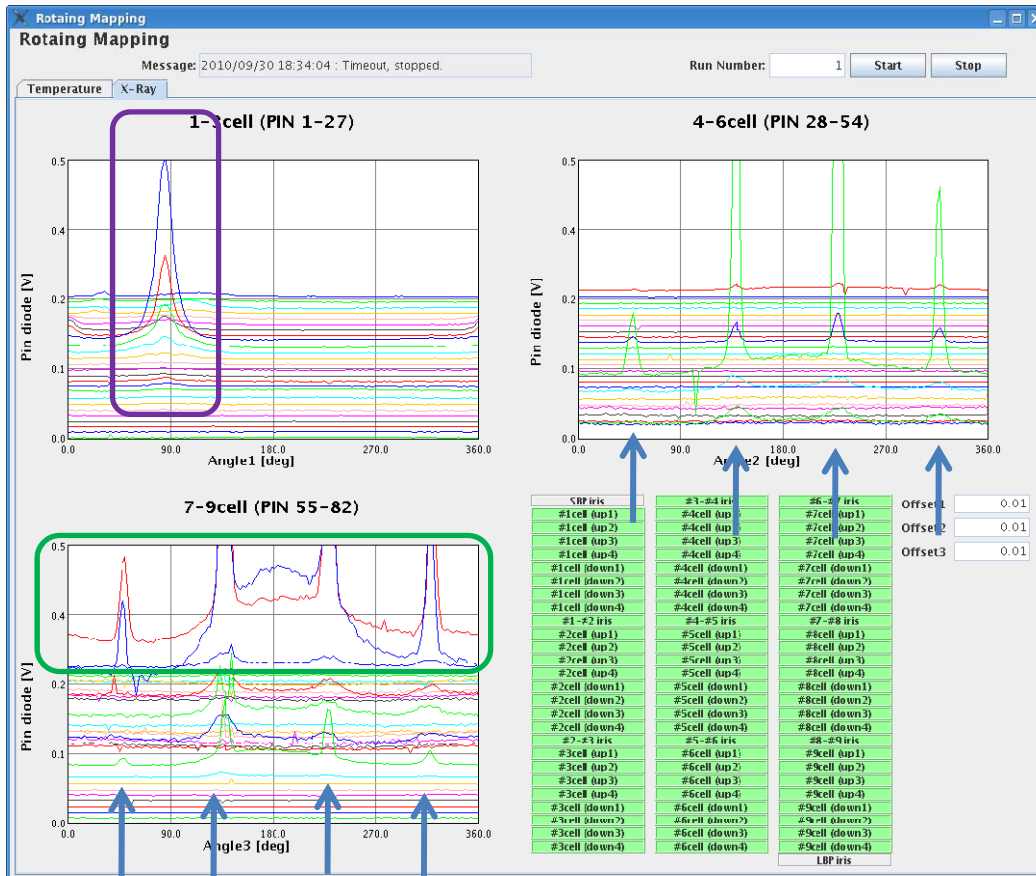
→multipactingの可能性が高い。



# X-ray mappingについて

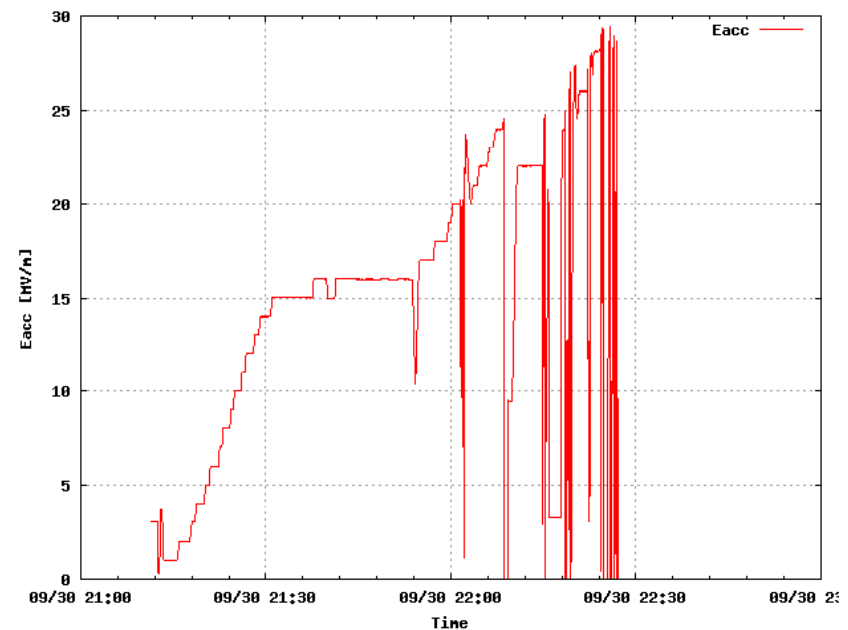
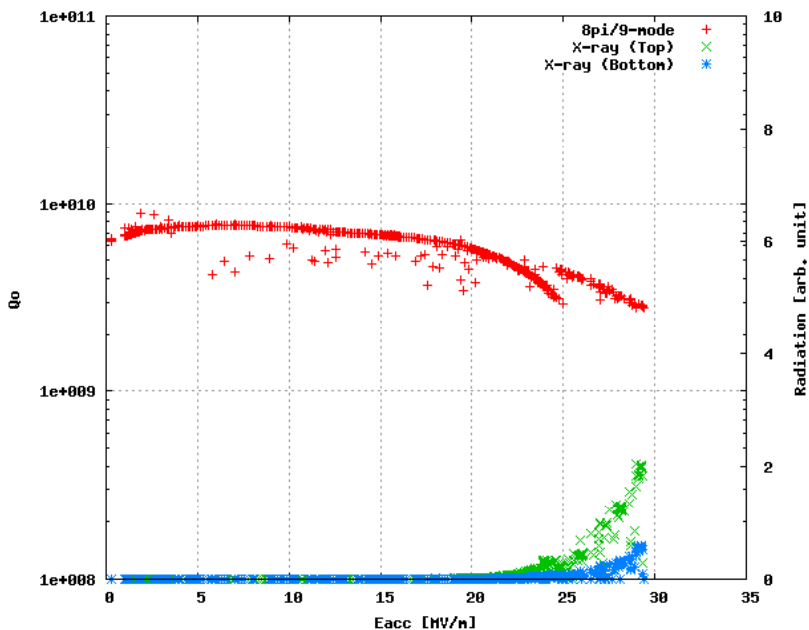
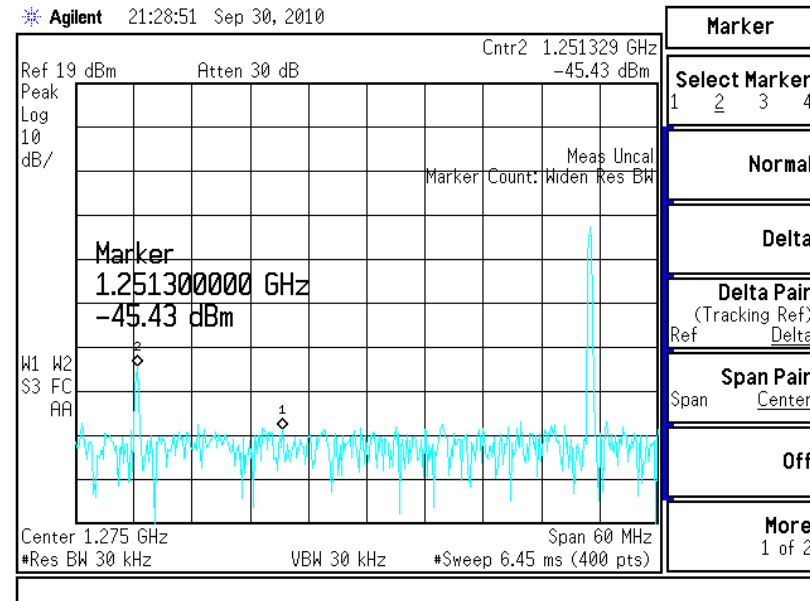
- 90度あたりに比較的シャープなピークあり
- 180度あたりにブロードなピークあり

アイリスの穴および隙間に対応する4本のピークが見られており、ソフト的・ハード的に対処が必要

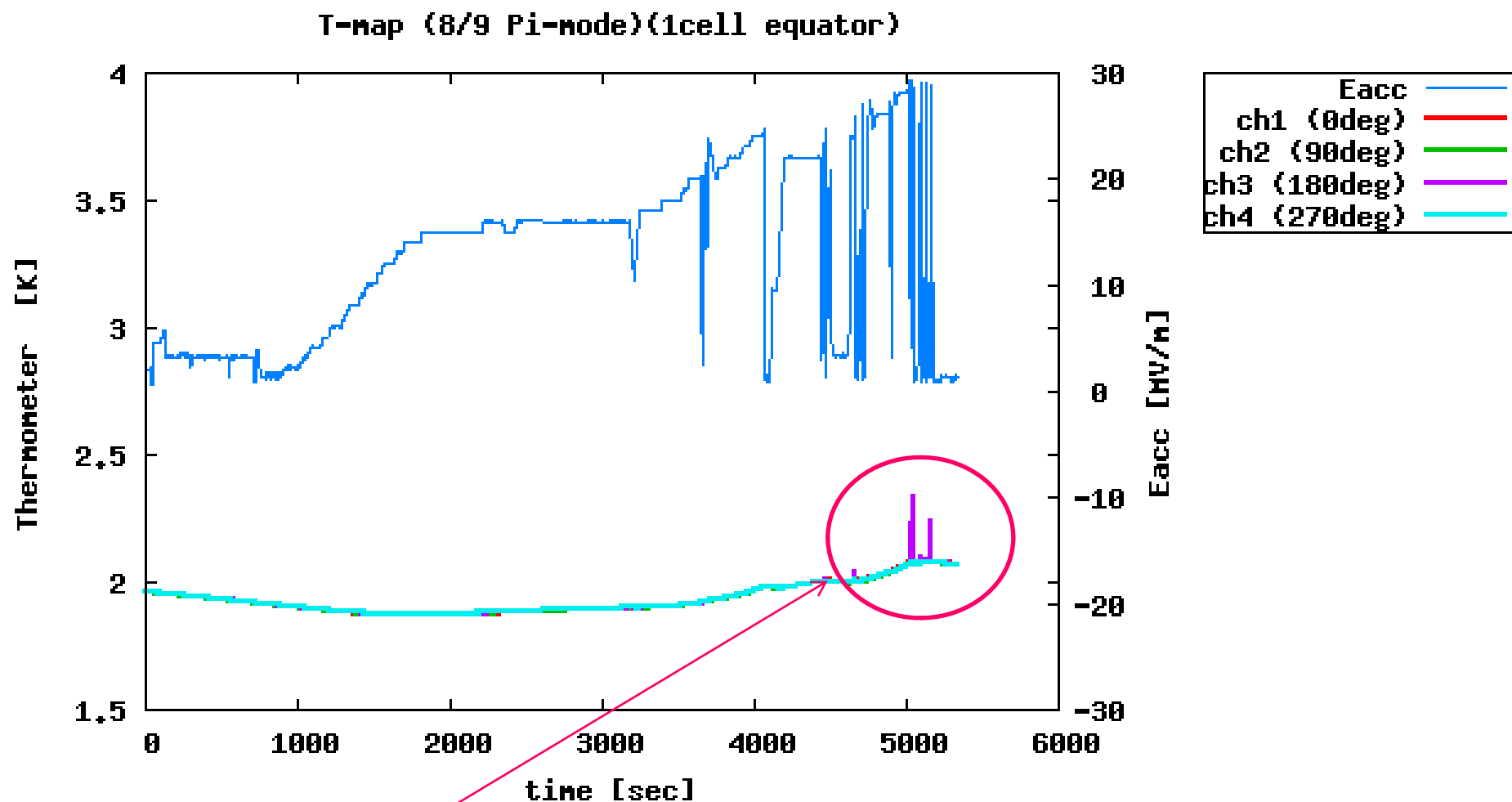


# 8 $\pi$ /9-mode

- ・1度プロセスして、fieldが多少伸びた。
- ・30MV/m(@end cell)近くまで到達
- ・クエンチ時に1セルと9セルで発熱を観測。Multipactingの可能性が高いか。
- ・プロセスはさらに進みそうだが、ロスが170Wに到達
- ・14MV/mから1 $\pi$ /9-modeがCW的に励振されるのを観測

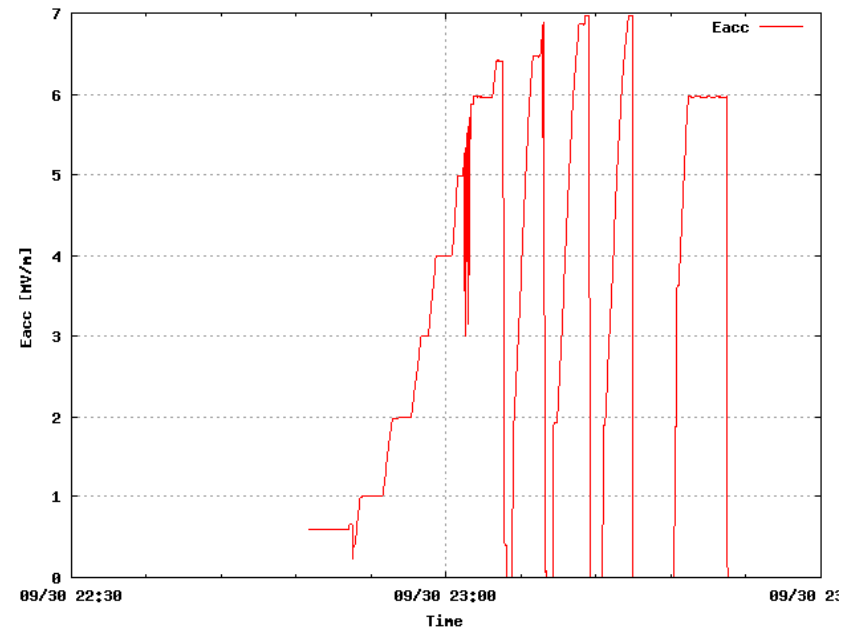
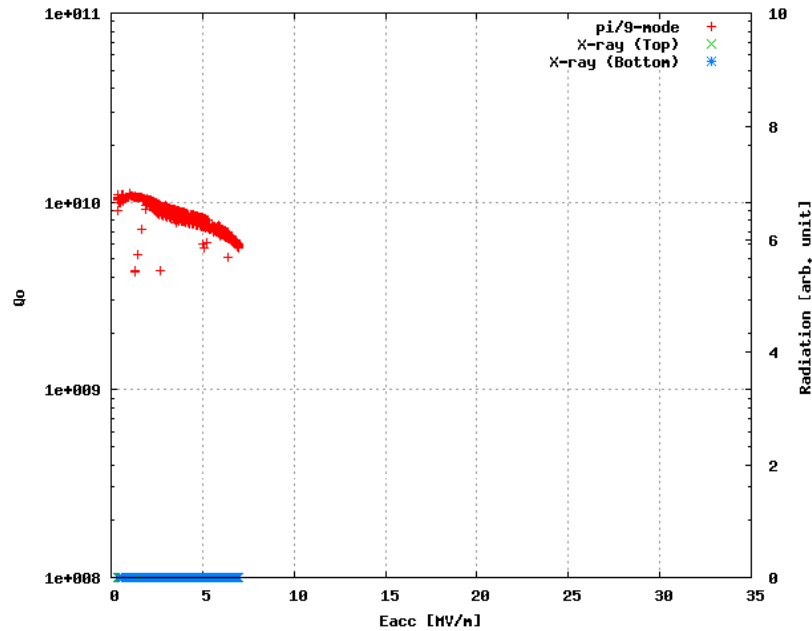


## 8/9pi-modeでの発熱の例(1cell)



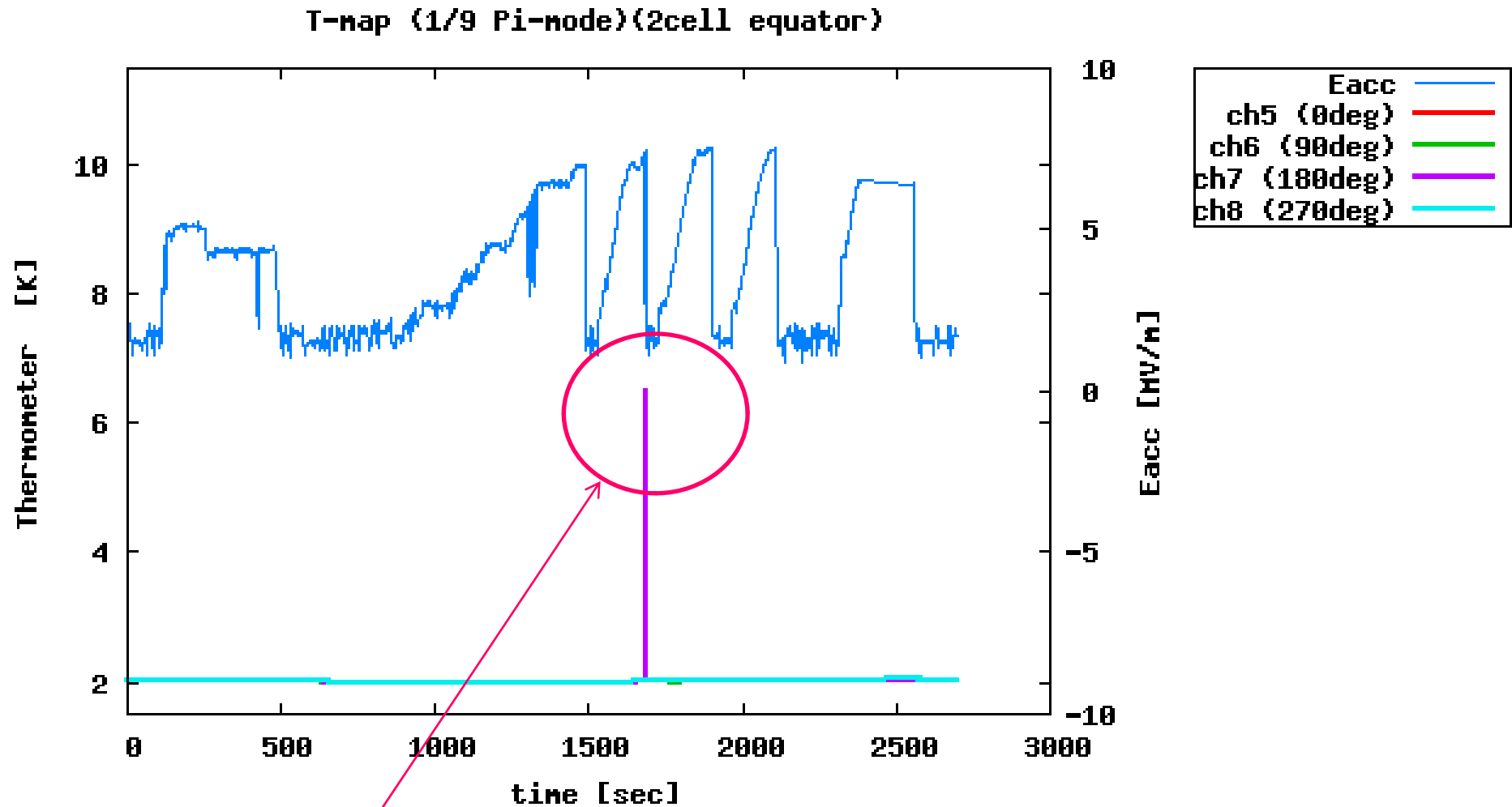
クエンチ時にいくつか赤道部に反応あり。Process継続中。

# 1 $\pi$ /9-mode



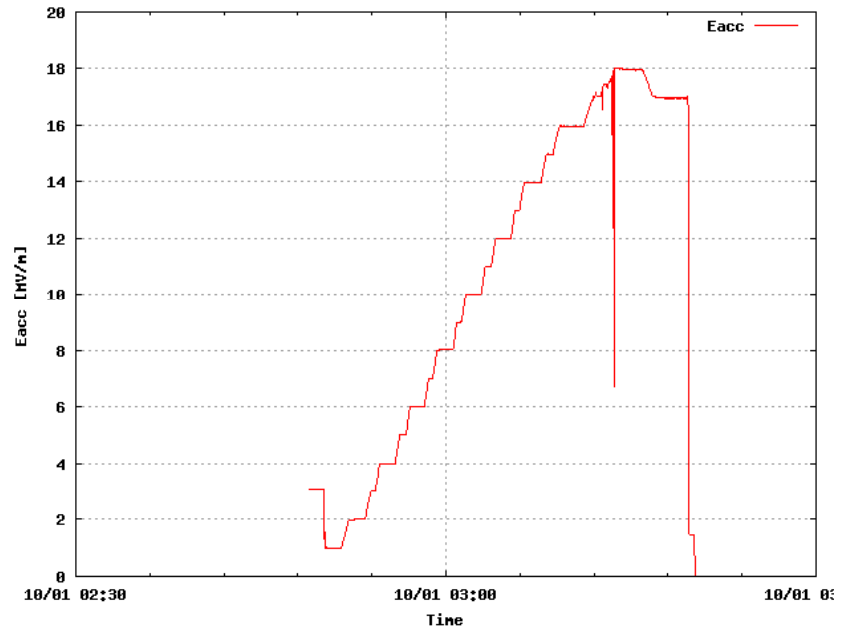
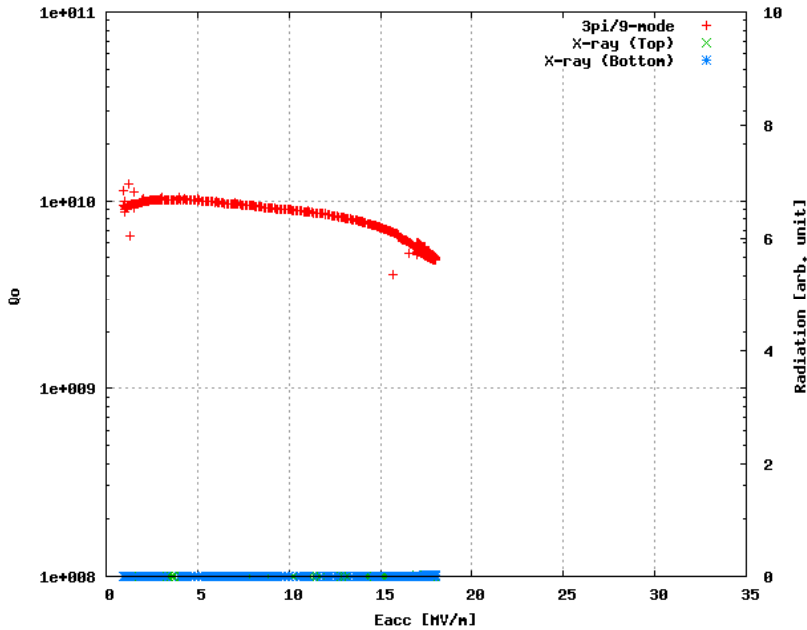
- 5.5MV/m付近から、何度かクエンチしながら7MV/mまで到達
- クエンチ時に2セルでの発熱が観測された時あり。
- X線は特に確認されていない。(Mappingでも)
- 最終は7MV/m(@end cell)。4,5,6セルでは35MV/m以上。
- Heが無くなってきたため終了した。

# 1/9pi-modeでの発熱の例(2cell)



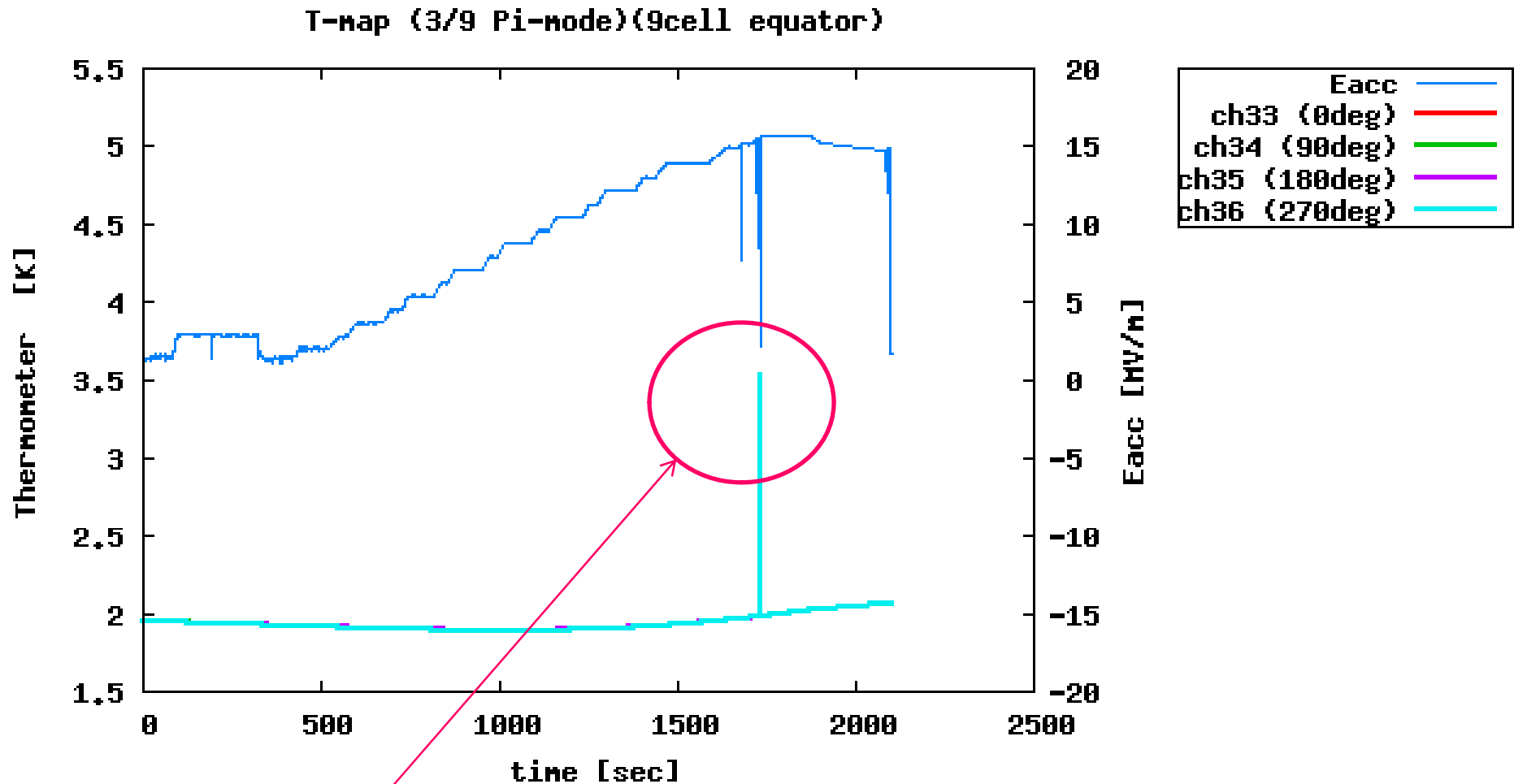
クエンチ時にいくつか赤道部に $90^\circ$ 、 $180^\circ$  反応あり。さらにProcess継続中。  
ちなみに2セル赤道部には $19\text{MV/m}$ 相当の電場が立っている。

# 3 $\pi$ /9-mode



- 17MV/m付近で数度クエンチした。
- 18MV/m(@end cell)まで到達。2,5,8セルは34MV/m相当。
- 9セルでの発熱を観測。
- X線は非常に小さい。Mappingではいくつかトレースあり。
- プロセス進行中だが、Heが減ってきたため、測定終了とした。

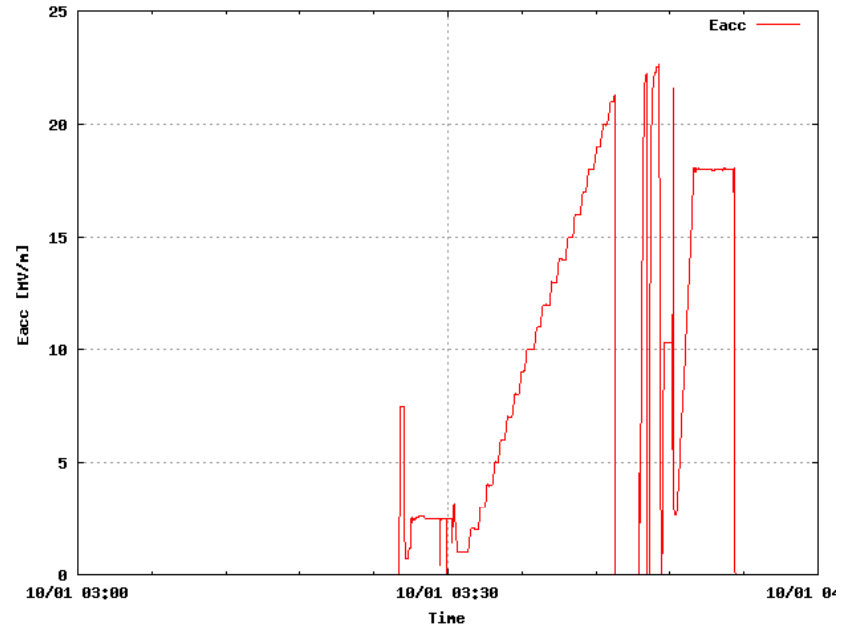
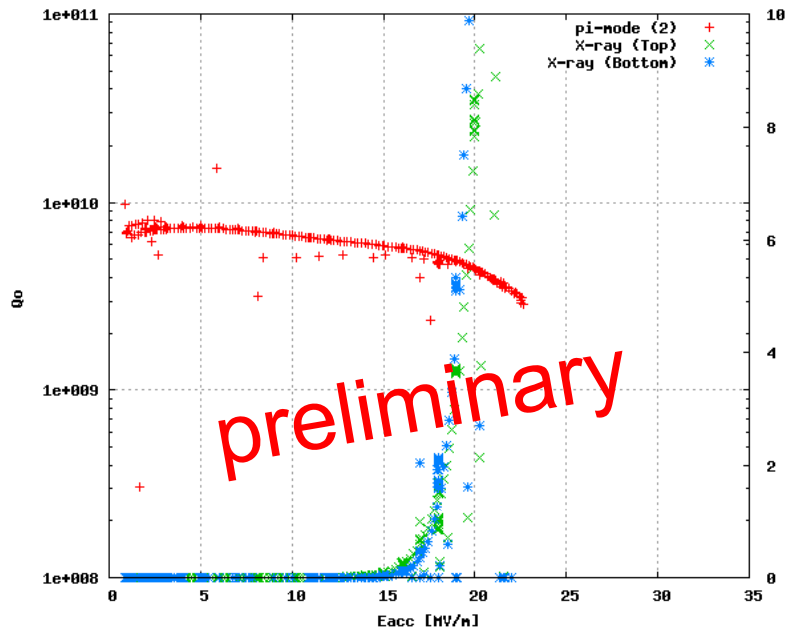
## 3/9pi-modeでの発熱の例(9cell)



クエンチ時に赤道部に270° 反応あり。さらにProcess継続中。  
これもMultipactingであると思われる。

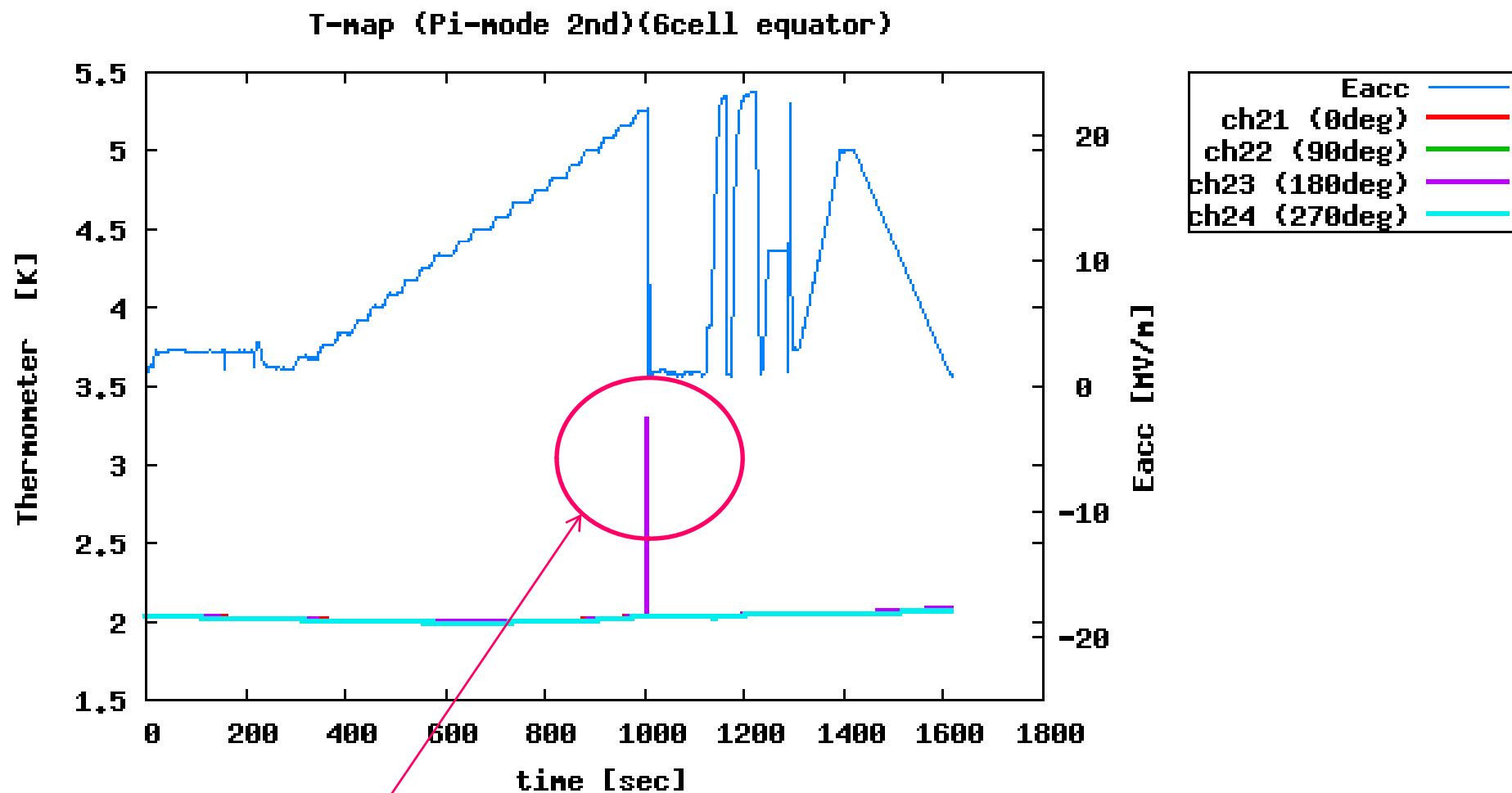


# $\pi$ -mode(2)



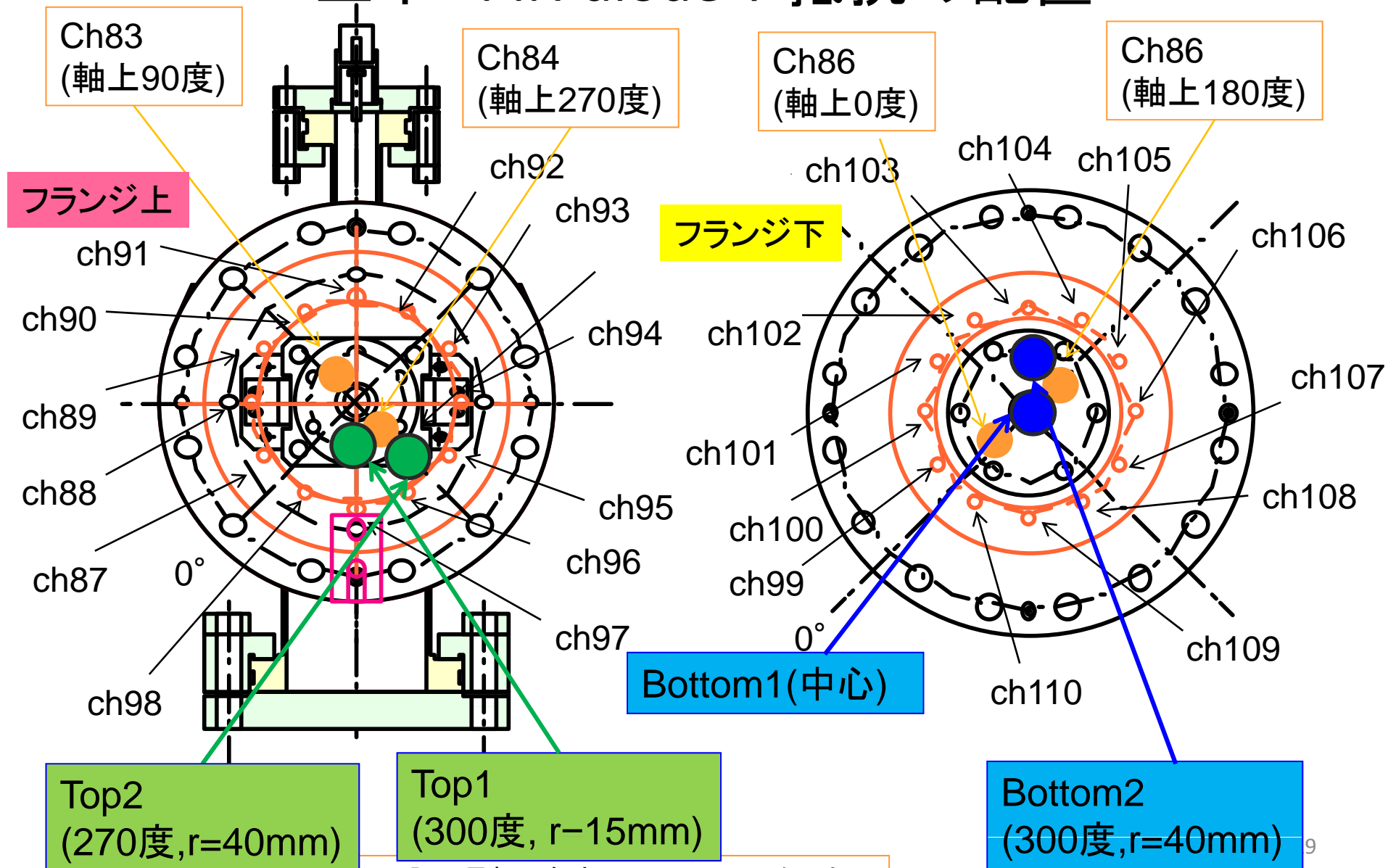
- クエンチすることなしに、20MV/m以上まで到達した。
- 最終で22.6MV/mまで到達
- X線も最初よりはだいぶ軽減された。
- ただし、low fieldでのQ値が大幅に減少した。
- 6セルでの発熱を観測。まだMultipactingが残っている様子。
- プロセス途中であったが、Heが無くなったため終了した。

## Pi-mode (2nd)での発熱の例(6cell)



クエンチ時に赤道部に180° 反応あり。さらにProcess継続中。

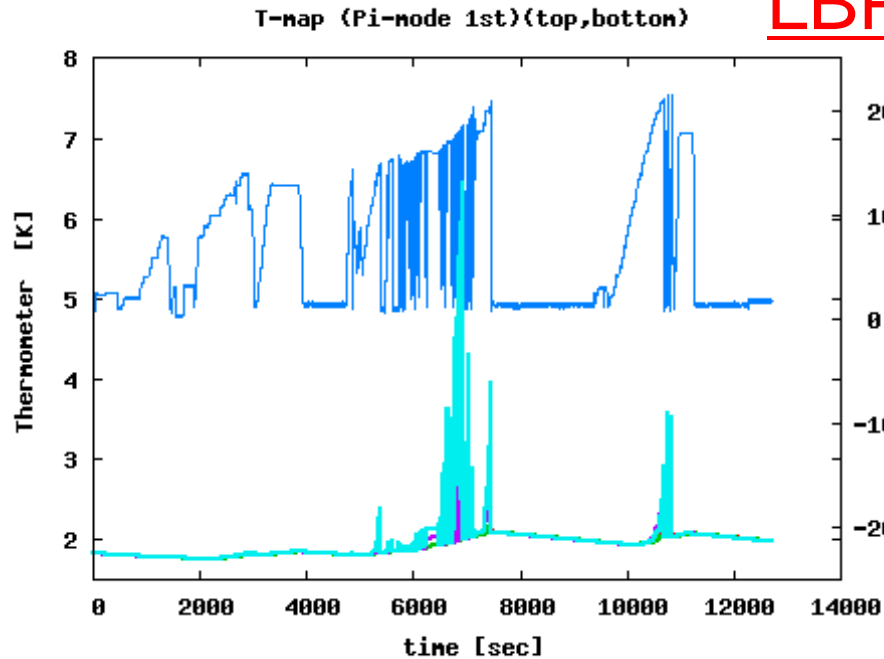
# 上下 PIN diode + 抵抗の配置



Ch87-98まで30° 間隔に設置最初の角度はmappingでいう15°  
 Ch99-110まで30° 間隔に設置最初の角度はmappingでいう15°  
 両方とも中心から45mmの位置に設置。

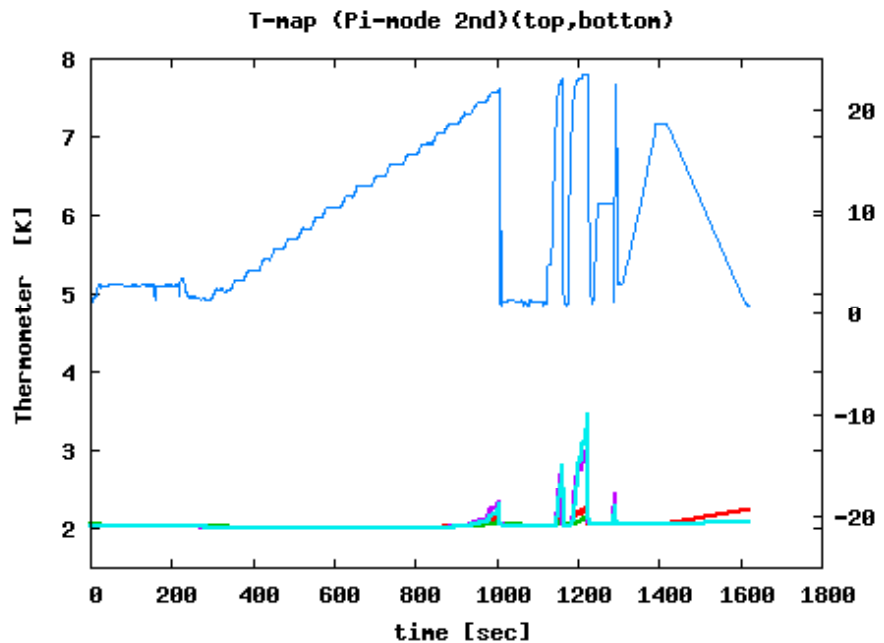
青が抵抗の配置  
 橙がPINの配置

# LBPおよびSBPフランジでの発熱



途中20MV/mあたりでbottom2の温度上昇が7Kちかくまで上昇。  
今までに見たことがないくらいの温度上昇。  
※ Bottom2は、中心から外れた方

最後はCh40 (bottom2)で4K程度の温度上昇で止まっている。(それでも4Kの温度)



22.5MV/m近くで3.6Kまで温度上昇  
@ch40 (bottom2)  
Topにも発熱は見えている

## Quench時に反応した炭素温度計まとめ

	Pi-mode (1 <sup>st</sup> )	8/9pi	1/9pi	3/9pi	Pi-mode 2nd
1cell	0° 90° 180° 270° (赤道) Down 1, 2 (0deg)	180° (赤道)			
2cell	90° ,180° (赤道)		90° 180° (赤道)		
3cell	270° (赤道)				
4cell	Down1,2 (0deg)				
5cell	0° 90° 180° (赤道) Up1,2 ,down1,2,3(0deg)				
6cell	270° (赤道)				180° (赤道) Down1,2,3 (0deg)
7cell					
8cell	90° 270° (赤道) Down1,2 (0deg)				
9cell	270° (赤道) Down1 (0deg)	0° (赤道)		270° (赤道)	
Quench Eacc	17-20 MV/m (特に18MV/mに集中)	28-29MV/m (fieldは上昇)	7MV/m(@end) 19MV/m(@2cell)	16MV/m	22MV/m (fieldは上昇)

18MV/mにて頻繁にクエンチが殆どのセルで起こっているのがわかる。Multipacting level であり、processをしながら、fieldが結果的に伸びていったようだ。Pi-mode (2<sup>nd</sup>)でも Quenchは起こったが、defectなどでのfield limitはなくまだfieldをlimitしているわけではない。

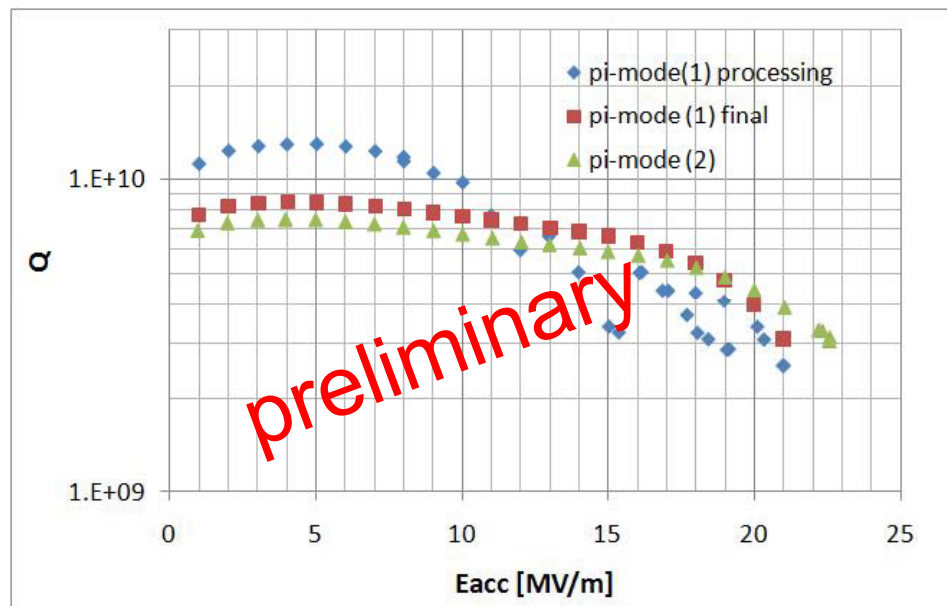
# 各セルの到達電界

	1,9cell	2.8cell	3,7cell	4,6cell	5cell
9pi	22.6	22.2	22.2	22.1	22.1
8pi	29.4	25.5	19.0	10.1	0.0
7pi					
6pi					
5pi					
4pi					
3pi	18.0	34.1	16.6	17.3	34.1
2pi					
1pi	7.0	19.1	29.0	35.5	37.7
Max	29.4	34.1	29.0	35.5	37.7

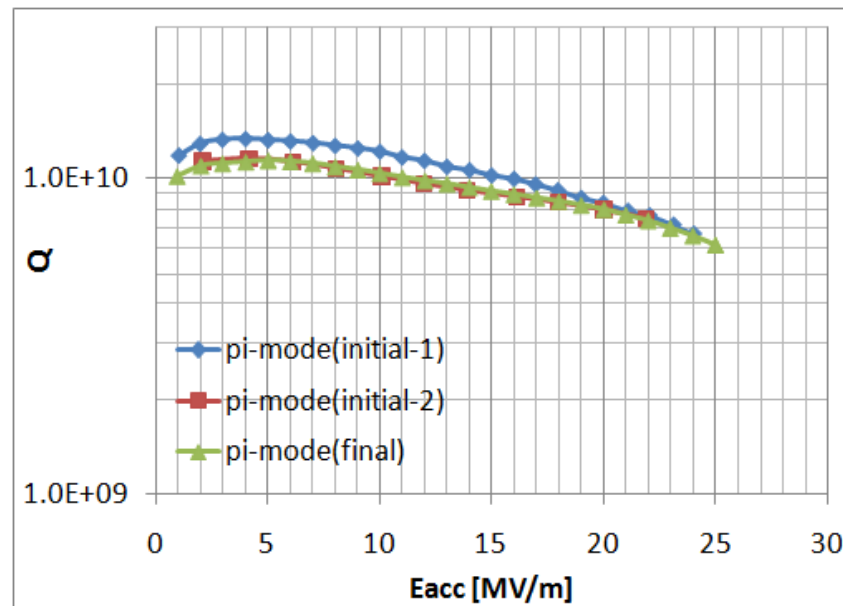
各セルともに30MV/m近く、もしくはそれ以上の加速勾配に到達しており、赤道部の溶接および処理はよい出来である。

# Q値の低下について

#2号機 1回目縦測定結果(今回)

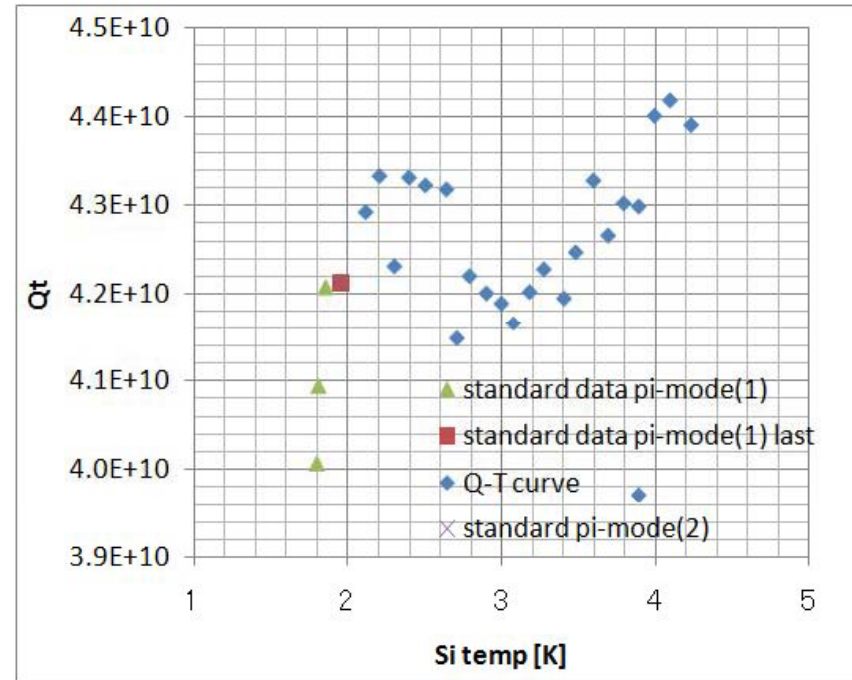
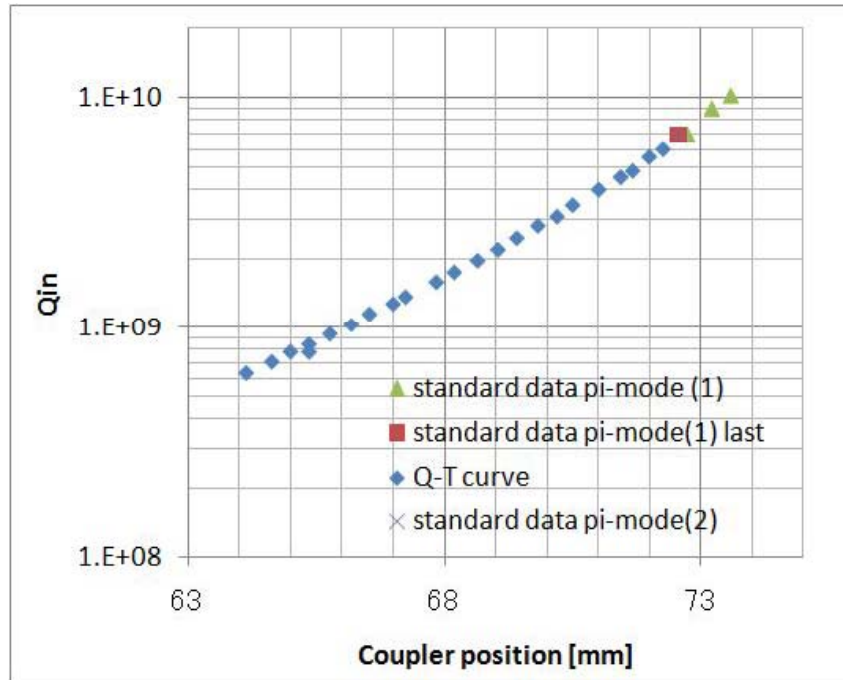


#1号機 9回目縦測定結果(前回)



- 前回の測定でも、Q値の低下は見られている。
- 考え得る原因としては、
  - 表面が実際に汚れた？  
(プロセスの際のスパッター?? Coupler?? SUS flunge??)
  - クエンチの際の磁場のトラップ？
  - low level系の問題？

# Q<sub>0</sub>の劣化についての考察



・ $Q_{in}$ や $Q_t$ に特におかしなところは見られない。

(図 青: Q-T data, 緑:  $\pi(1)$ の最初のstandard data, 赤:  $\pi(1)$ の最後にとった standard data, 紫:  $\pi(2)$ のstandard data)

・low level系には、特に問題は無いように思われる。



# その他、モジュール開発の現状

## ● クライオモジュール

- モジュール設計を検討。熱シールド、磁気シールド、サポート方法、アライメント、組み立て手順等々について議論
- 今年度分のモジュール製作をMHIが落札した。cERL用の3号機、4号機空洞、およびモジュール部品の製作が始まる。

## ● 入力カップラー

- これまで、JAEAで行っていたhigh power test standの東カウンターホールへの移設準備を進めている。試作入力カップラーの試験を計画。
- 洗浄・組み立ても東カウンターホールで行うよう整備を進めている。

## ● HOMダンパー

- 東大物性研にて、冷却試験が進行中。断熱真空槽を用いて、100~150Wのロスに対して、各種条件を変えて冷却試験を行っている。
- そのうち、沢村さんがまとめて報告

## ● チューナー

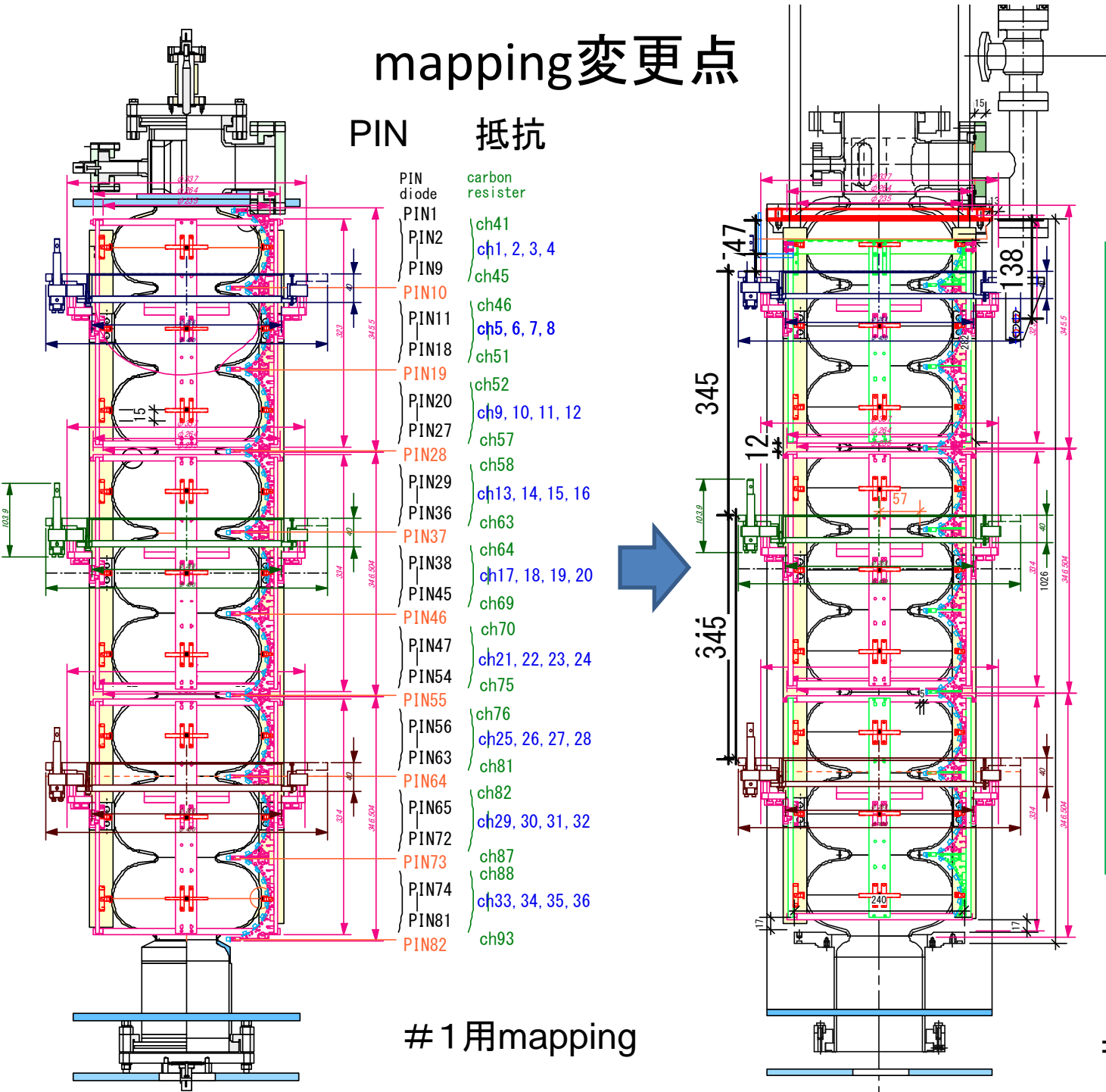
- プロトタイプは昨年度製作
- 近々、メカニカルチューナー、ピエゾチューナーの動作試験を計画

## まとめと今後の予定

- ERL-9cell 2号機の初めての縦測定を行った。
- 表面処理・アセンブリ・縦測定等の工程が一通り無事に終了した。
- 今回採用したNbTiフランジ+ヘリコフレックスによるシールで特に真空に問題は見られなかった。
- Multipactingによると思われるクエンチが数多く合ったが、プロセスした結果、22.6MV/mまで到達した。
- Field emissionも観測されていたが、プロセスの結果、だいぶ改善された。
- ただし、プロセス後、Q値が大きく低下してしまった。
- 次回は、11月下旬～12月上旬にEP-2と縦測定を予定。
- 空洞以外のモジュール設計、コンポーネント開発も進行中。

Backup slide

# mapping変更点



PIN	抵抗
PIN diode	carbon resistor
PIN1	ch41
PIN2	ch1, 2, 3, 4
PIN9	ch45
PIN10	ch46
PIN11	ch5, 6, 7, 8
PIN18	ch51
PIN19	ch52
PIN20	ch9, 10, 11, 12
PIN27	ch57
PIN28	ch58
PIN29	ch13, 14, 15, 16
PIN36	ch63
PIN37	ch64
PIN38	ch17, 18, 19, 20
PIN45	ch69
PIN46	ch70
PIN47	ch21, 22, 23, 24
PIN54	ch75
PIN55	ch76
PIN56	ch25, 26, 27, 28
PIN63	ch81
PIN64	ch82
PIN65	ch29, 30, 31, 32
PIN72	ch87
PIN73	ch88
PIN74	ch33, 34, 35, 36
PIN81	
PIN82	ch93

緑部が変更部

1cellのPINと抵抗が上半分がなくなった。

9cellの下の抵抗2つとPIN diode3つがなくなった。(LBP iris部を含む)

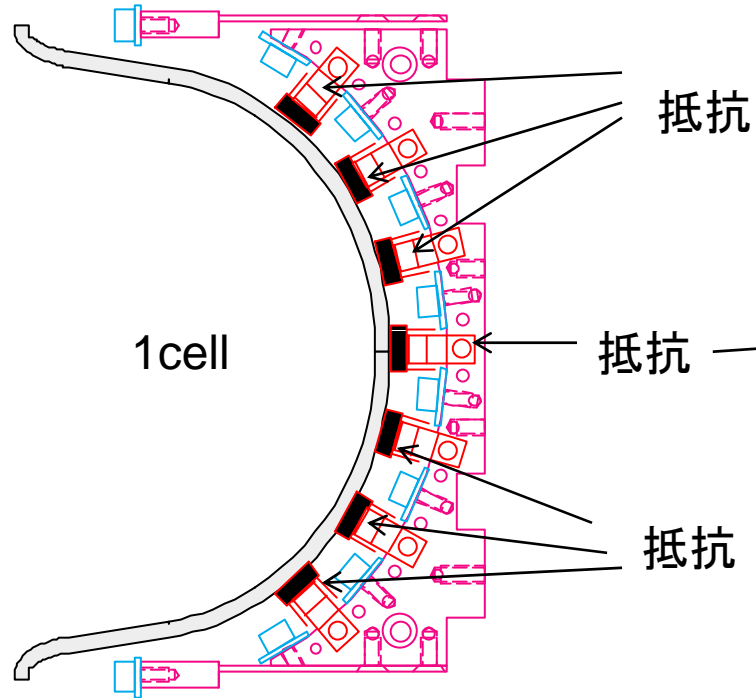
IrisのPIN diodeの距離を5mm径方向に大きくした。(stiffnerに当たらないようにした。)

#1用mapping

#2用mapping 28

# 各セルの温度 + PIN diodeの配置

Mappingの詳細



水色はPIN diode

抵抗は15mm間隔に設置

29

