

ファーストスベージングによる高Q値 超伝導加速空洞の探索

第18回日本加速器学会年会

2021/08/11

井藤 隼人¹, 荒木 隼人¹, 高橋 光太郎², 梅森 健成^{1,2}

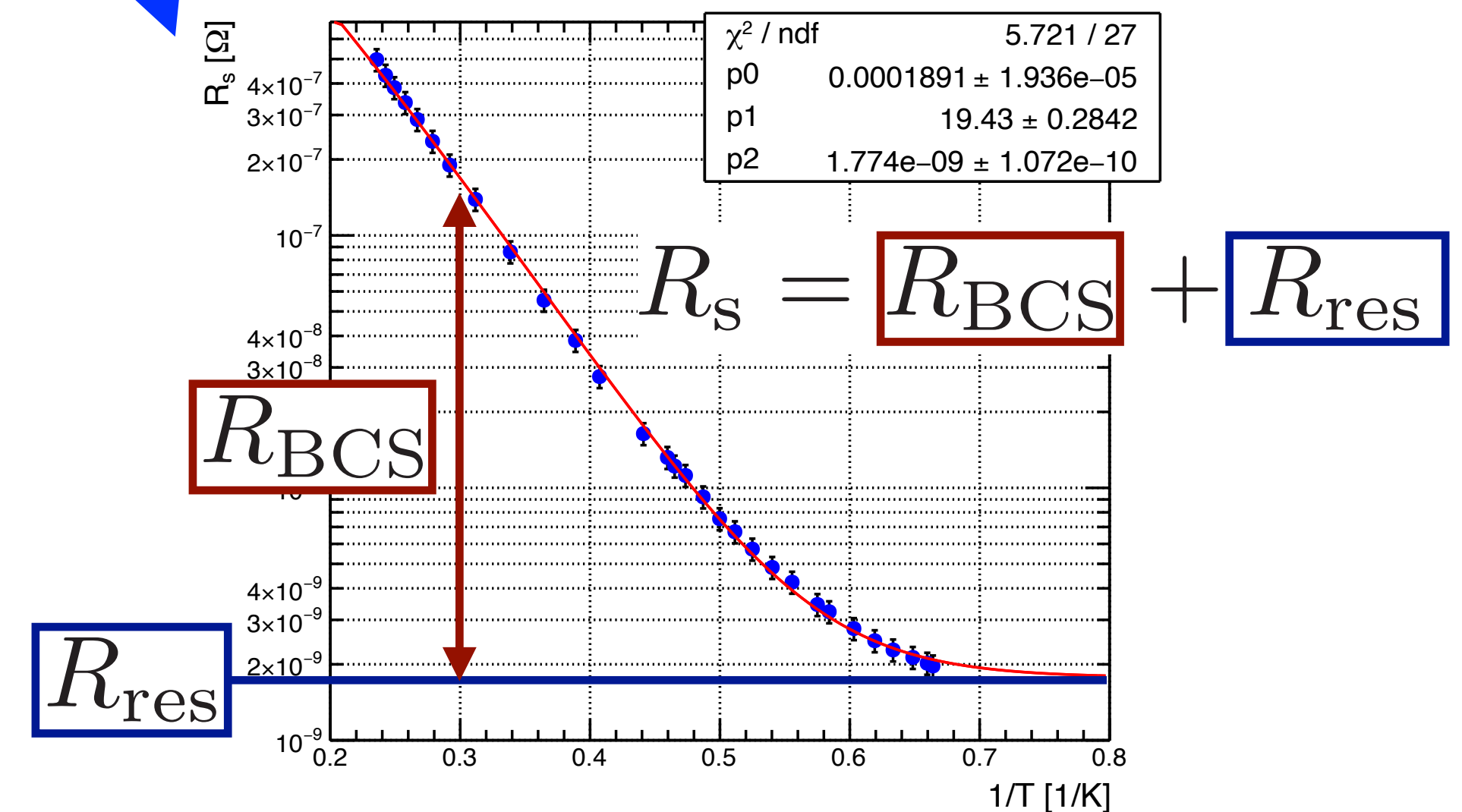
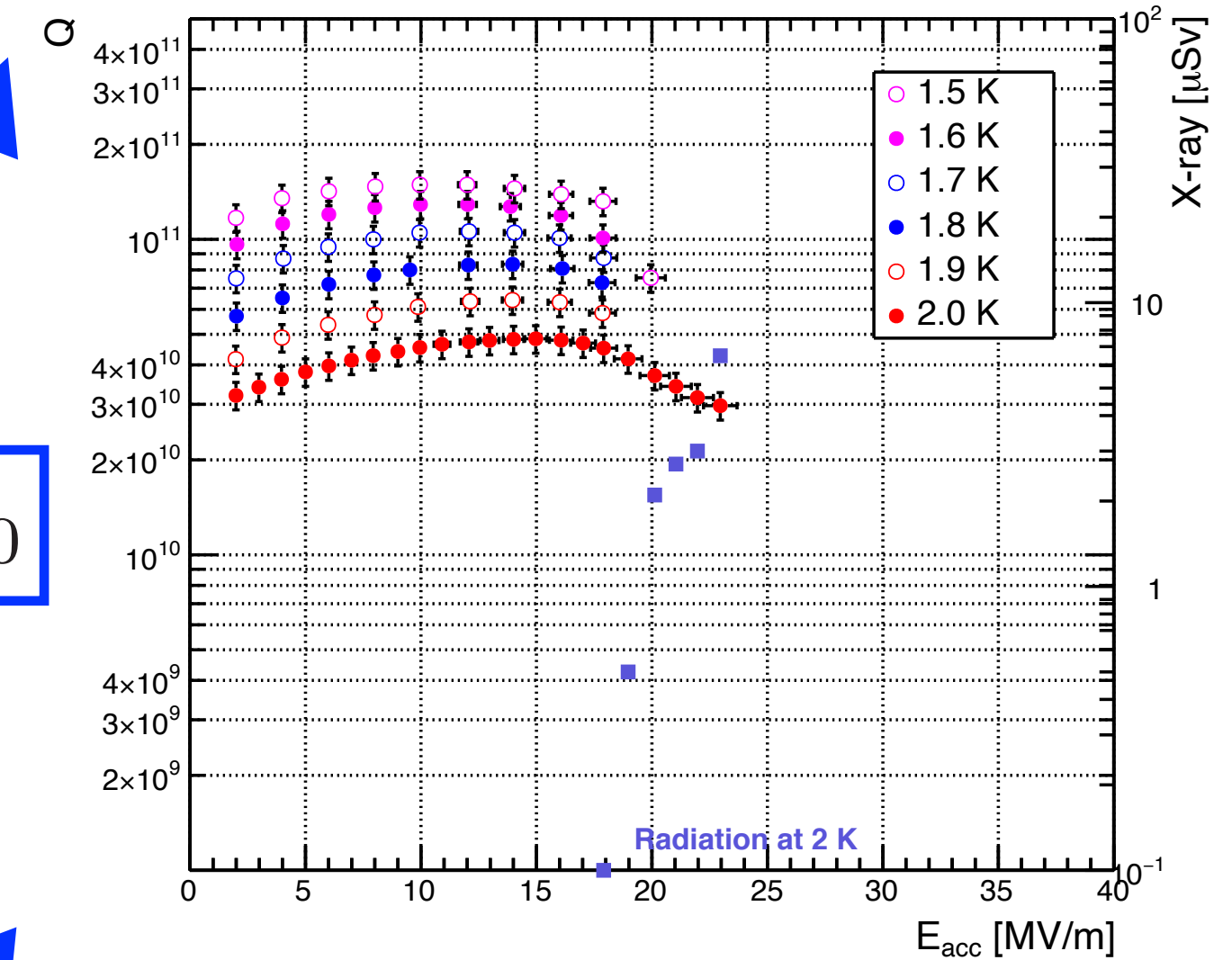
¹ KEK

² SOKENDAI

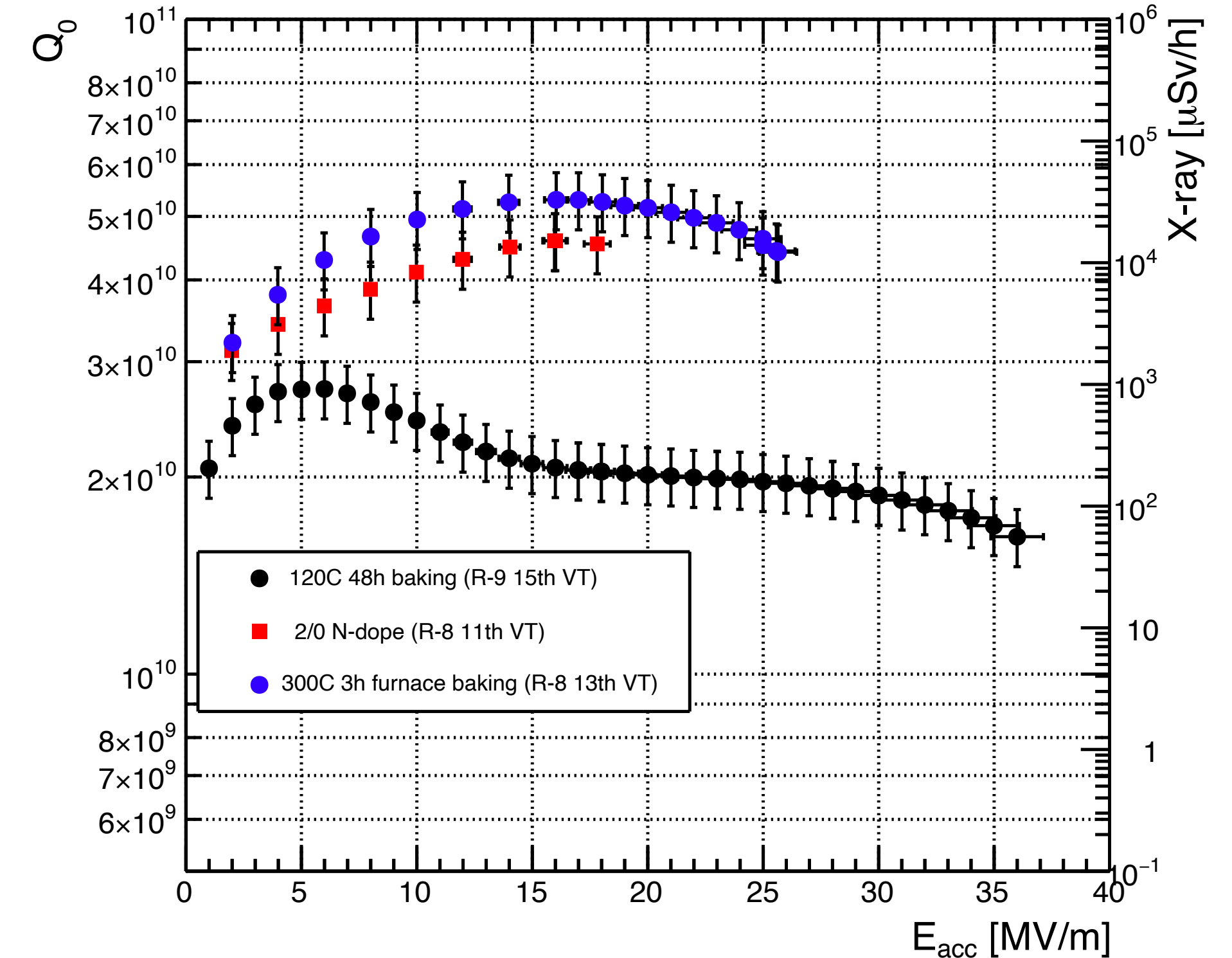
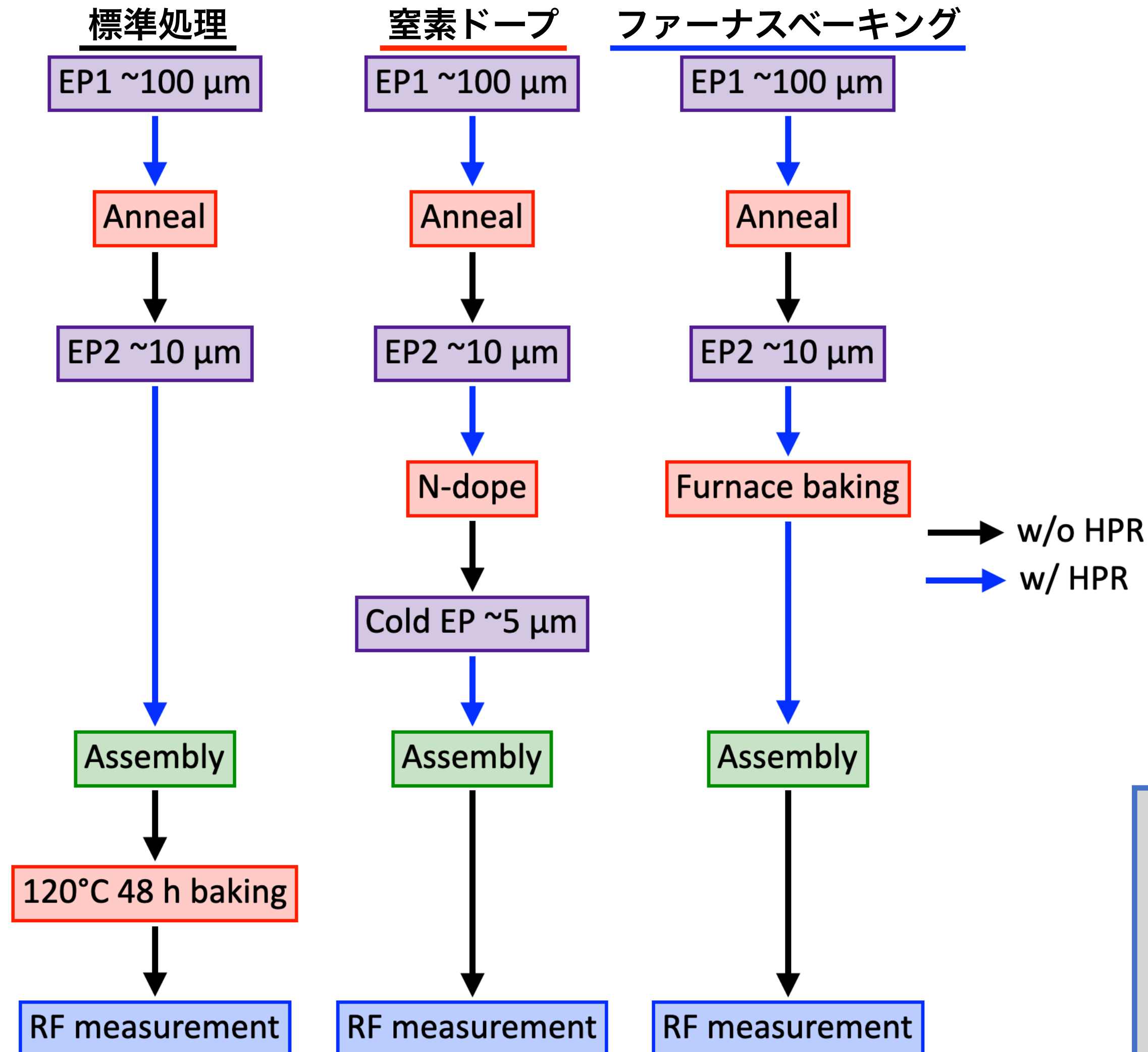
Outline

- ファーナスベーキング法について
- 空洞性能測定結果
 - Q-E カーブ
 - BCS 抵抗 (R_{BCS})
 - 残留抵抗 (R_{res})
- トラップ磁場に対する表面抵抗の感度
- 昇温中の周波数変化
- まとめ

$$R_s = G/Q_0$$

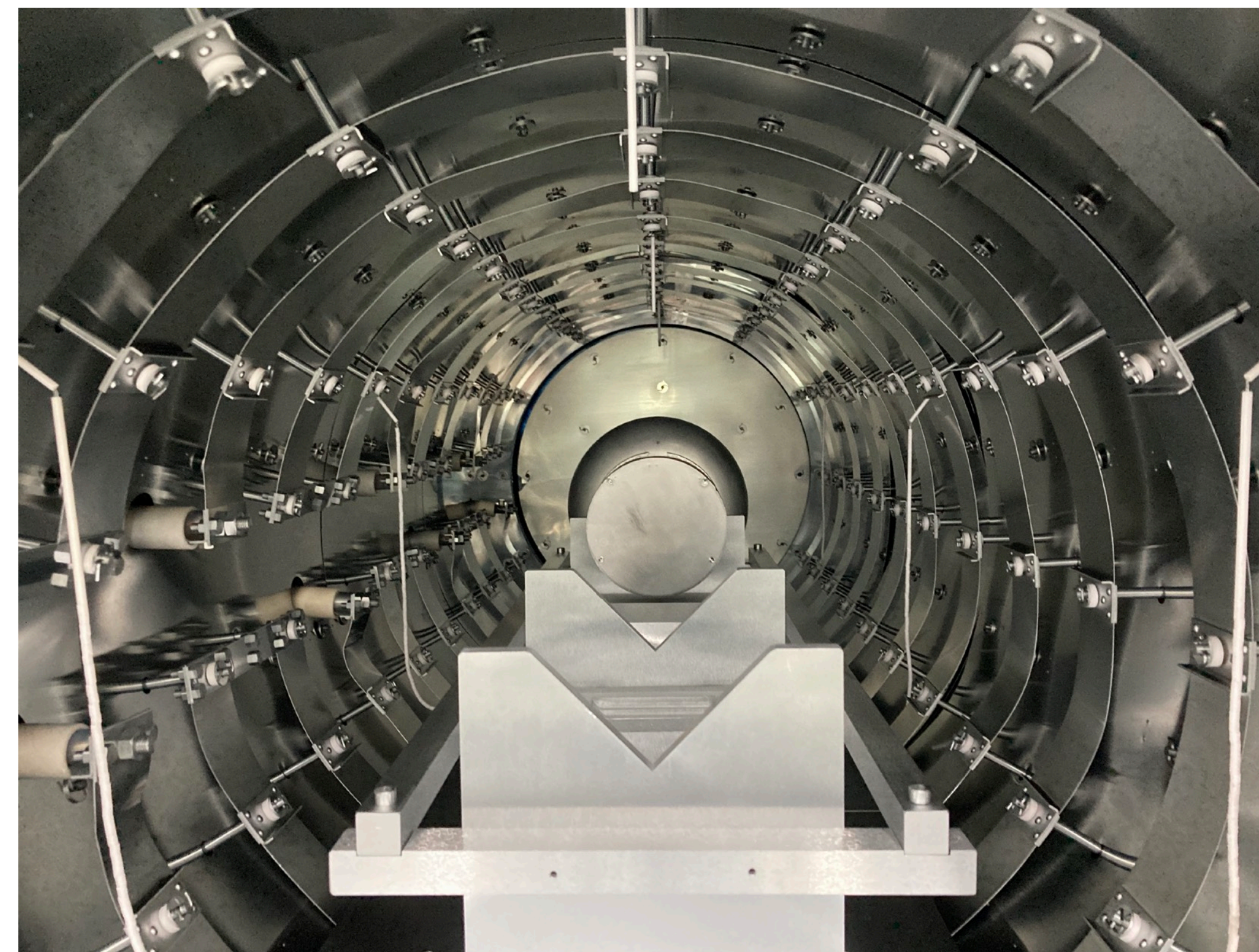
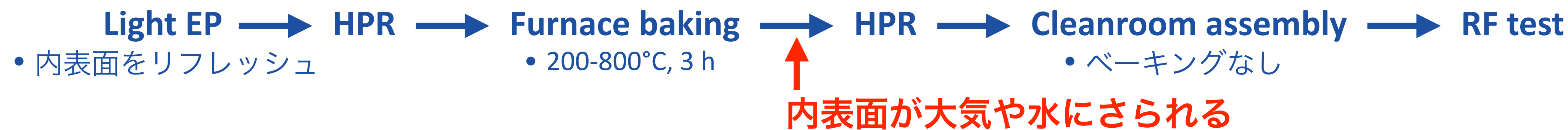


ファーンサベークイング法

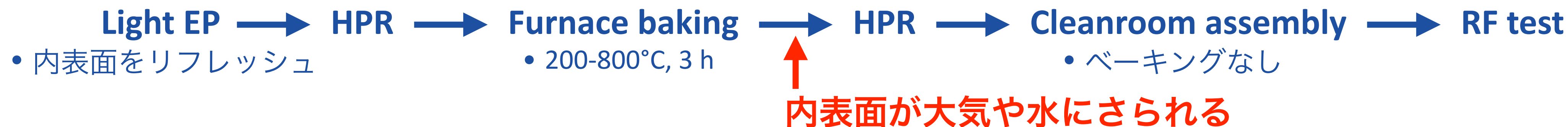


ファーンサベークイング法を用いることで、よりシンプルな手法で高Q値を実現する。

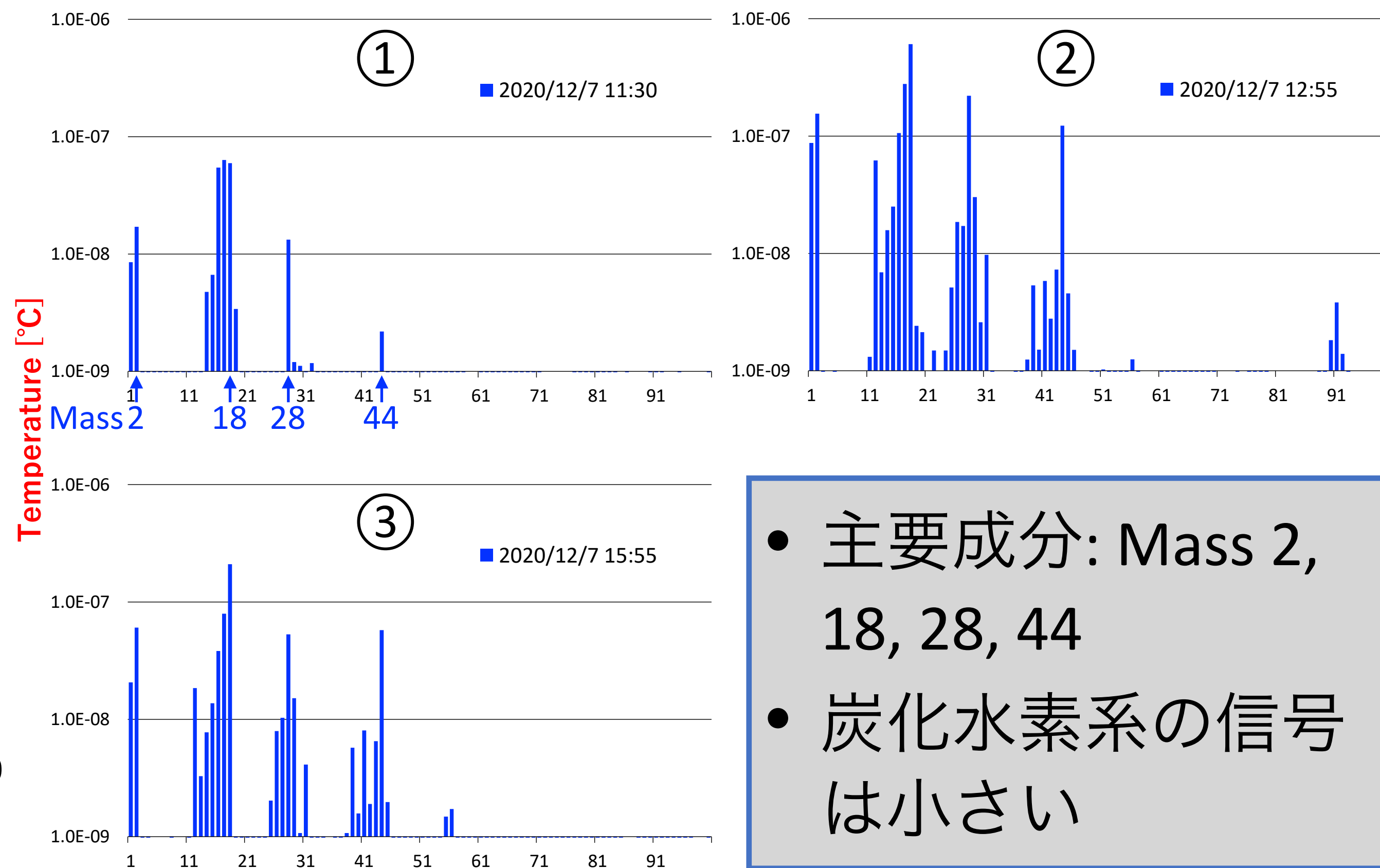
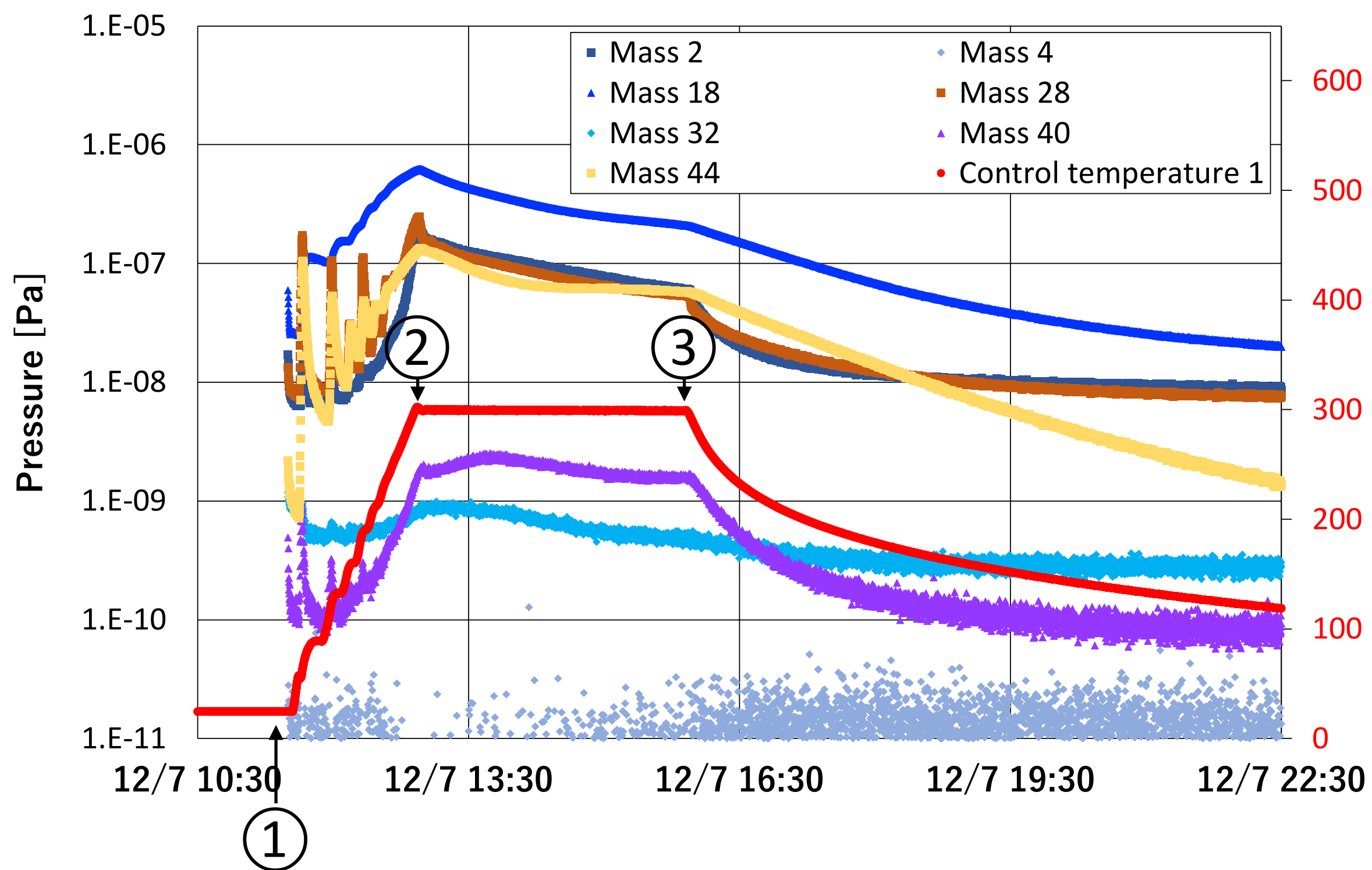
KEK でのファーマスベーキング



KEK でのファースベークキング

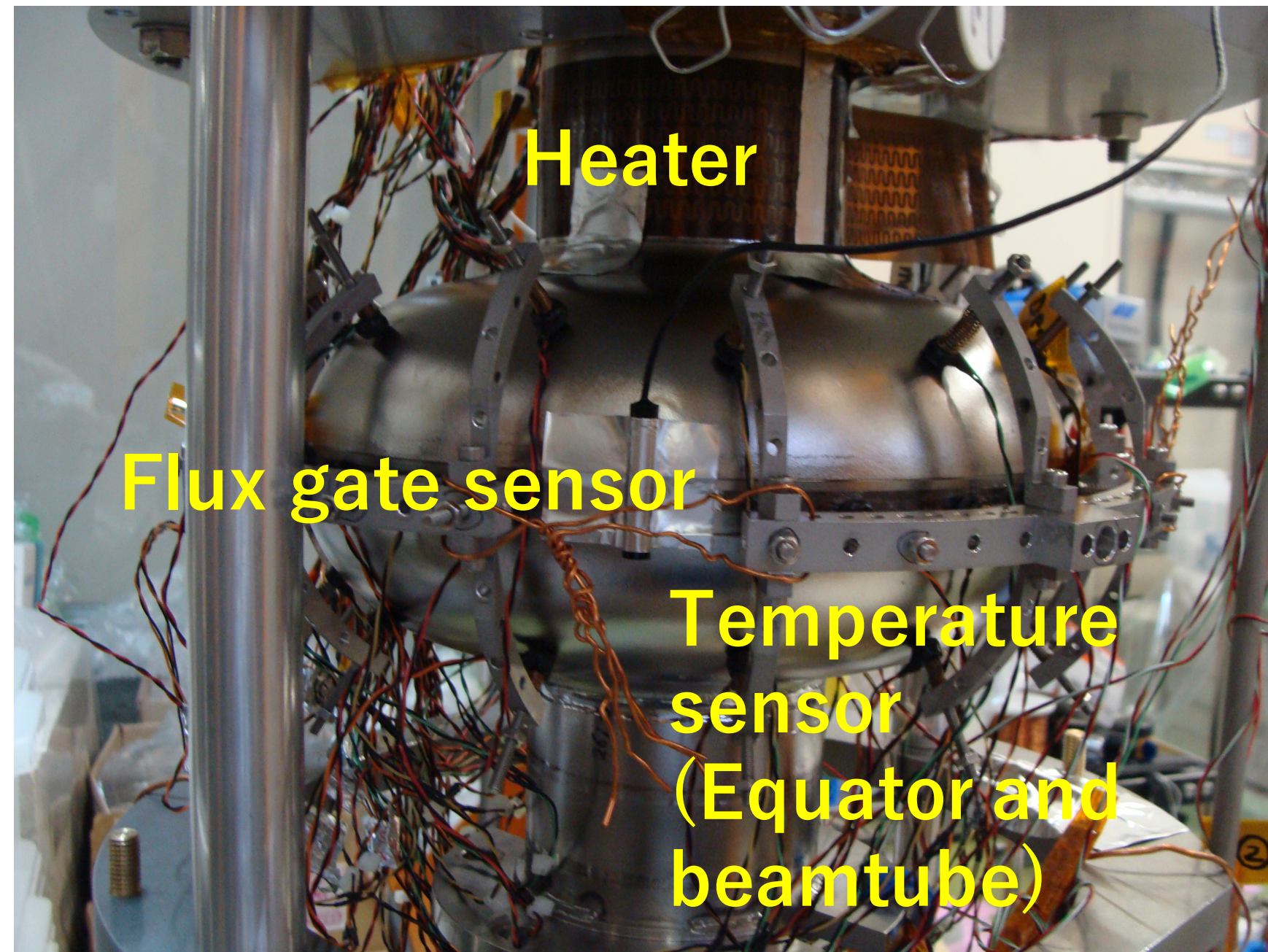


300C 3 h furnace baking (R-8) 2020/12/07



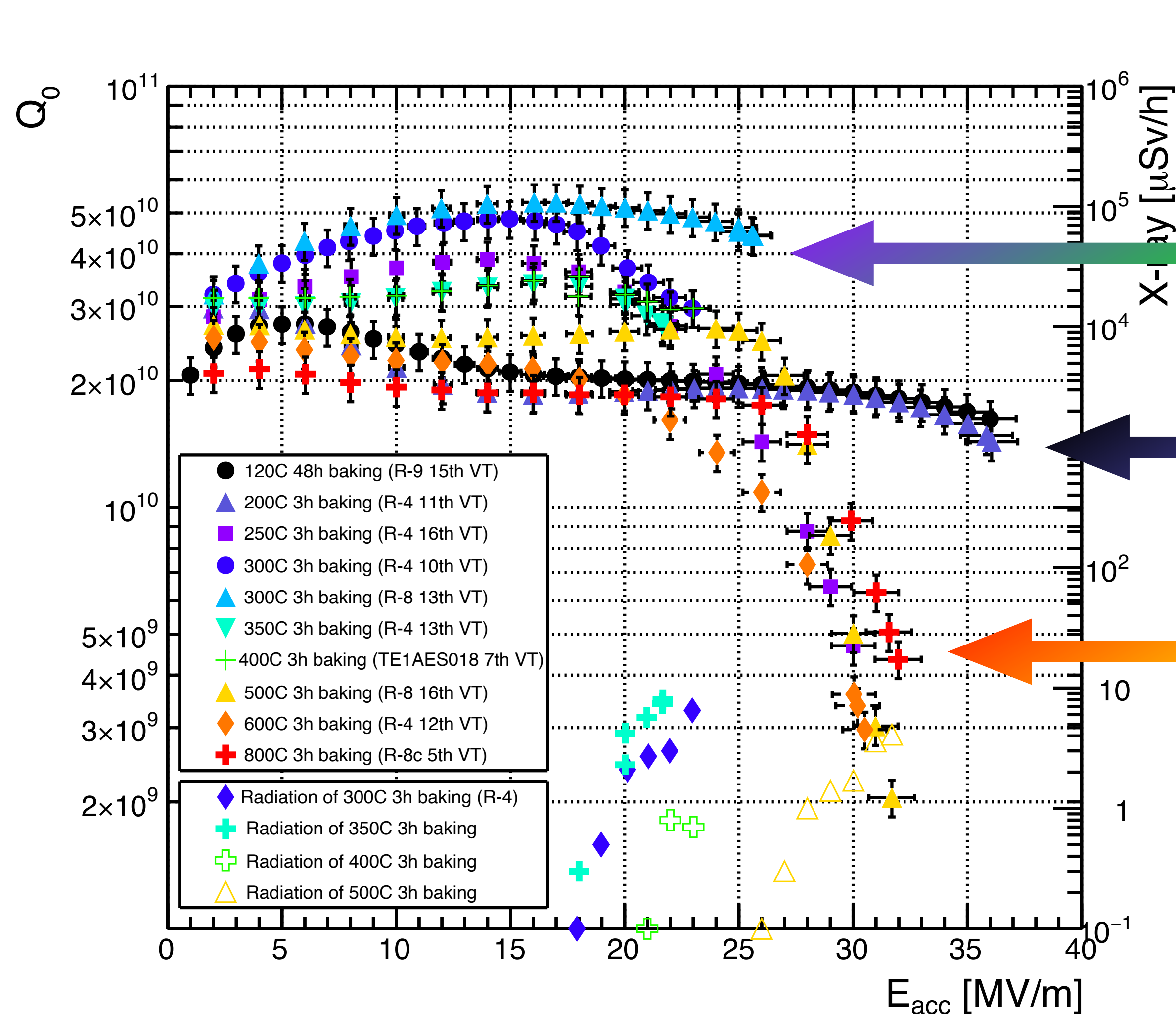
• 主要成分: Mass 2, 18, 28, 44
• 炭化水素系の信号は小さい

空洞性能測定の設定アップ



- 磁気シールドやソレノイドコイルを用いて環境磁場を ~ 1 mG 以下に抑える
- 温度勾配をつけながら冷却することで磁束トラップを抑える
- 以下のパラメータでファーンスベーキングを行った単セル空洞の性能測定を行った
 - 200, 250, 300, 350, 400, 500, 600, 800°C, 3 h

Q-E カーブの比較



- Cavity temperature during measurement**
- 120 ~ 600°C baking ... at 2.0 K (2.00~2.01 K)
 - 800°C baking ... at 2.1 K (2.07K)

250 ~ 400°C 3 h

- 非常に高い Q 値と anti-Q slope
- 300°C ファーナスベーキング空洞の最高 Q 値は ~ 5E10 at 2.0 K

標準処理 (120°C 48 h), 200°C 3 h

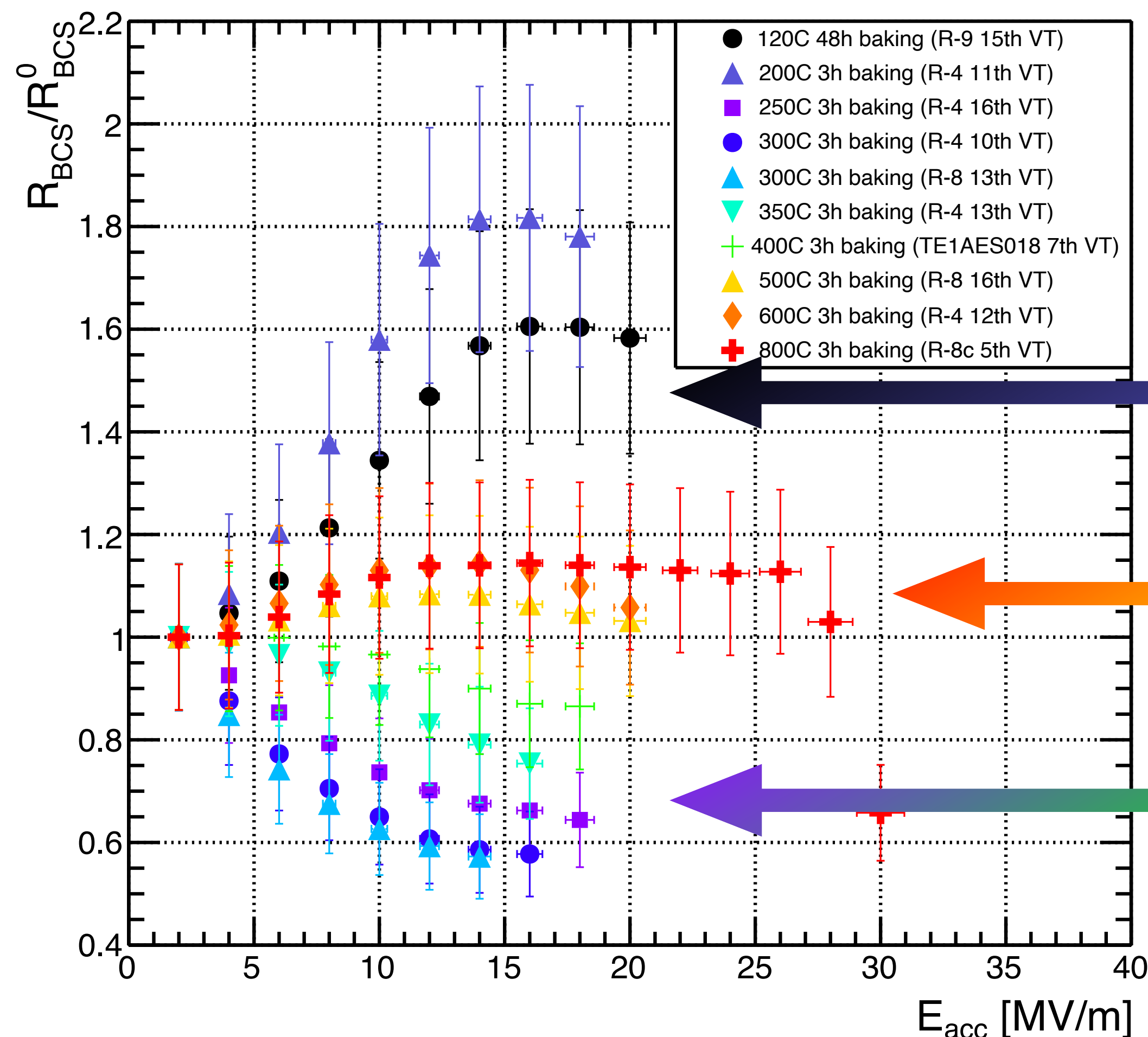
- 200°C ファーナスベーキング空洞は標準処理空洞とほぼ同等の性能
- 低 E_{acc} 側での Q-E の振る舞いが異なる

500 ~ 800°C 3 h

- Q 値は標準処理空洞と同程度
- High field Q slope が発生した

- ベーキング温度の違いで Q-E の挙動は大きく変化する
- 300~400°C のファーナスベーキングでは、最大 E_{acc} は 25 MV/m 程度となっている

R_{BCS} の比較



ベーキング温度の違いで R_{BCS} の振る舞いが大きく変化する。

標準処理 (120°C 48 h), 200°C 3 h

- E_{acc} の増加とともに R_{BCS} も増加する
- R_{BCS} の傾きは急激

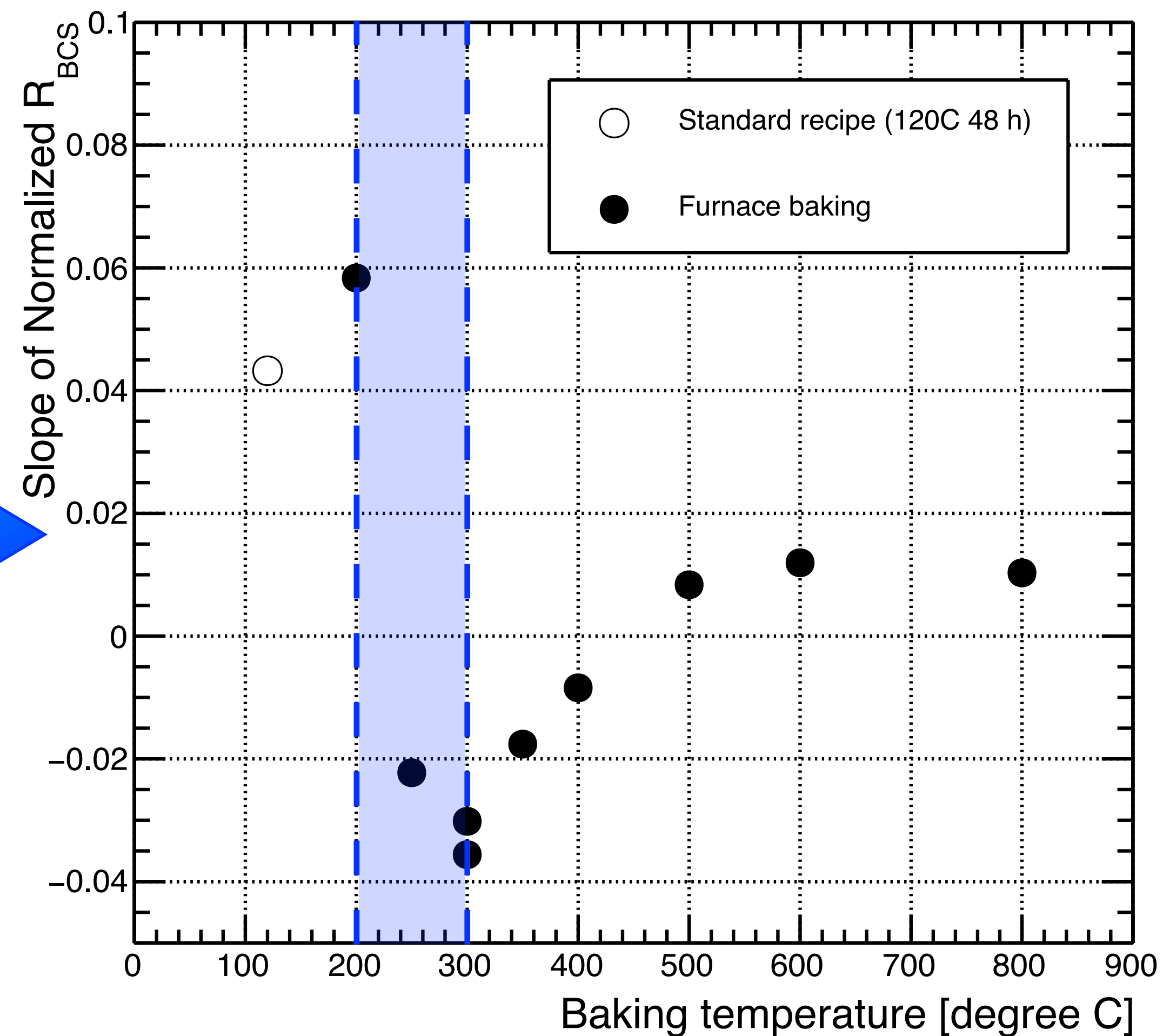
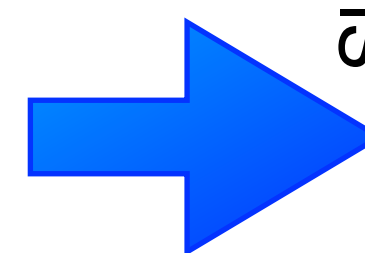
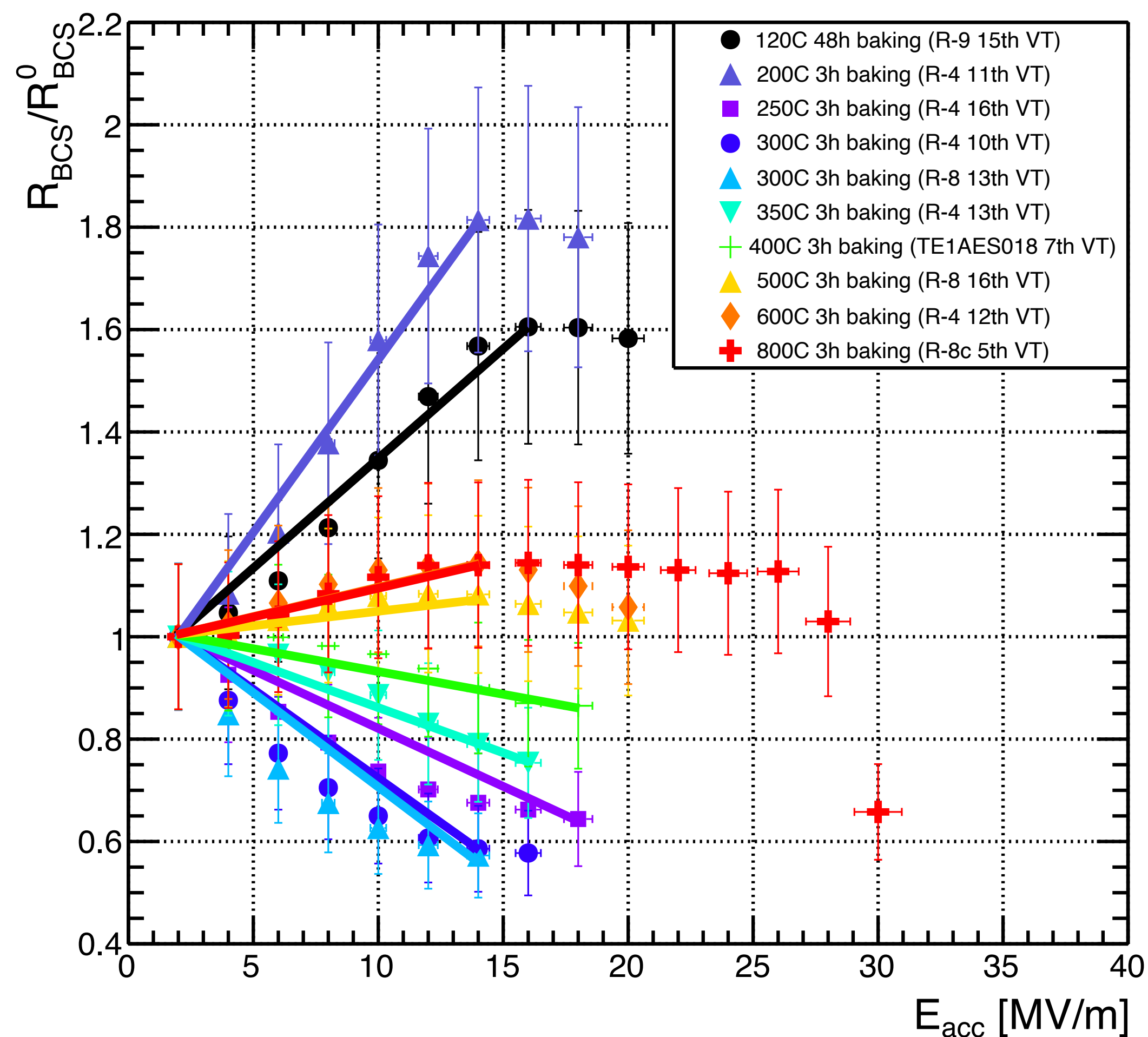
500 ~ 800°C 3 h

- 標準処理に比べて R_{BCS} の傾きは緩やか

250 ~ 400°C 3 h

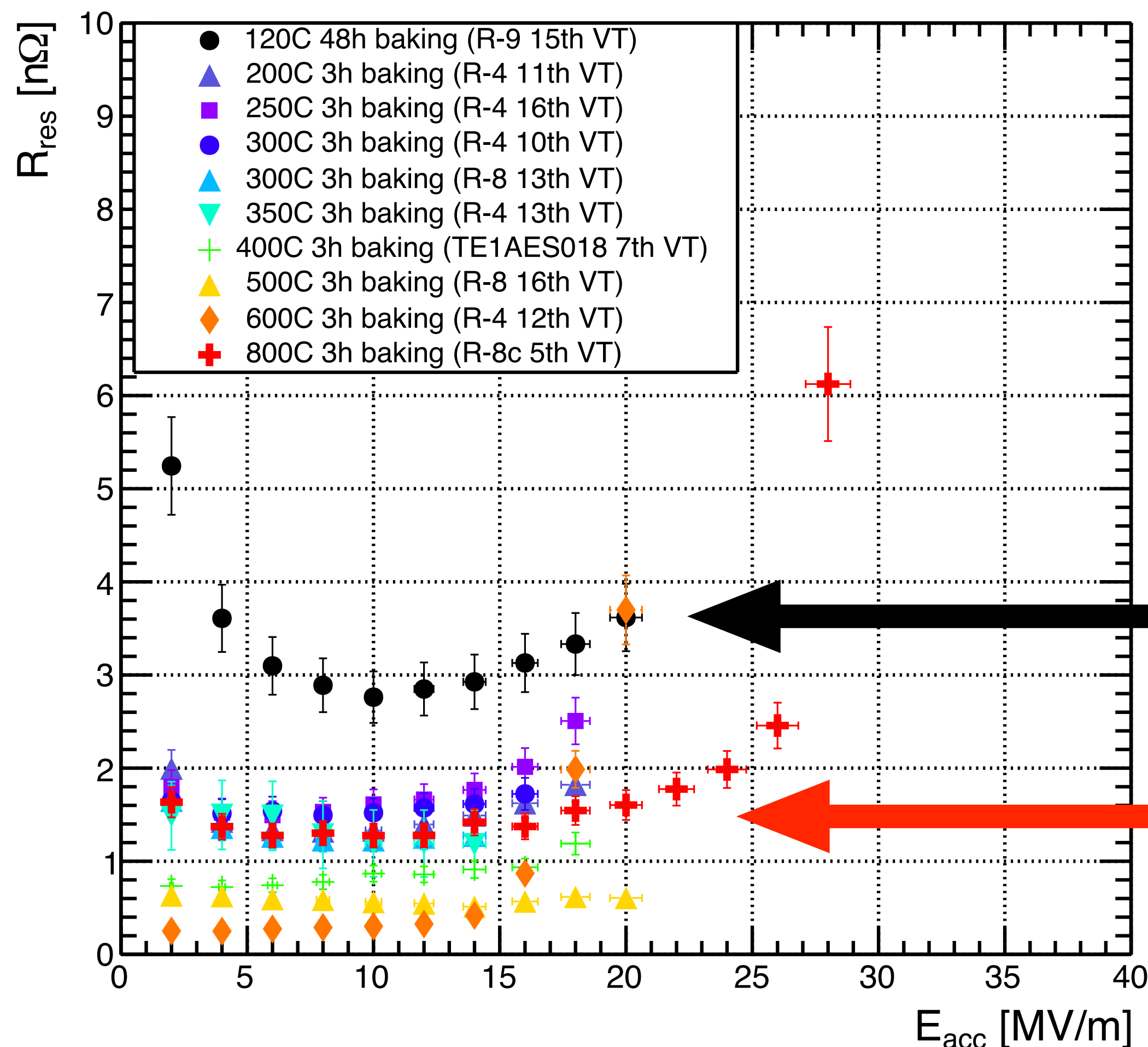
- E_{acc} の増加とともに R_{BCS} は減少する
- 2つの 300°C ベーキング空洞の R_{BCS} の再現性は良い

R_{BCS} の比較



200~300°C あたりで R_{BCS} の振る舞いが大きく変化している
 <- 空洞内表面に存在している Nb₂O₅ 層の分解温度 (250°C 以上) と関係していると思われる

R_{res} の比較



- ファーナスベーキングと標準処理で R_{res} の振る舞いに差がある
- ベーキング温度の違いで R_{res} の振る舞いが変化するが、R_{BCS} ほどの変化はない

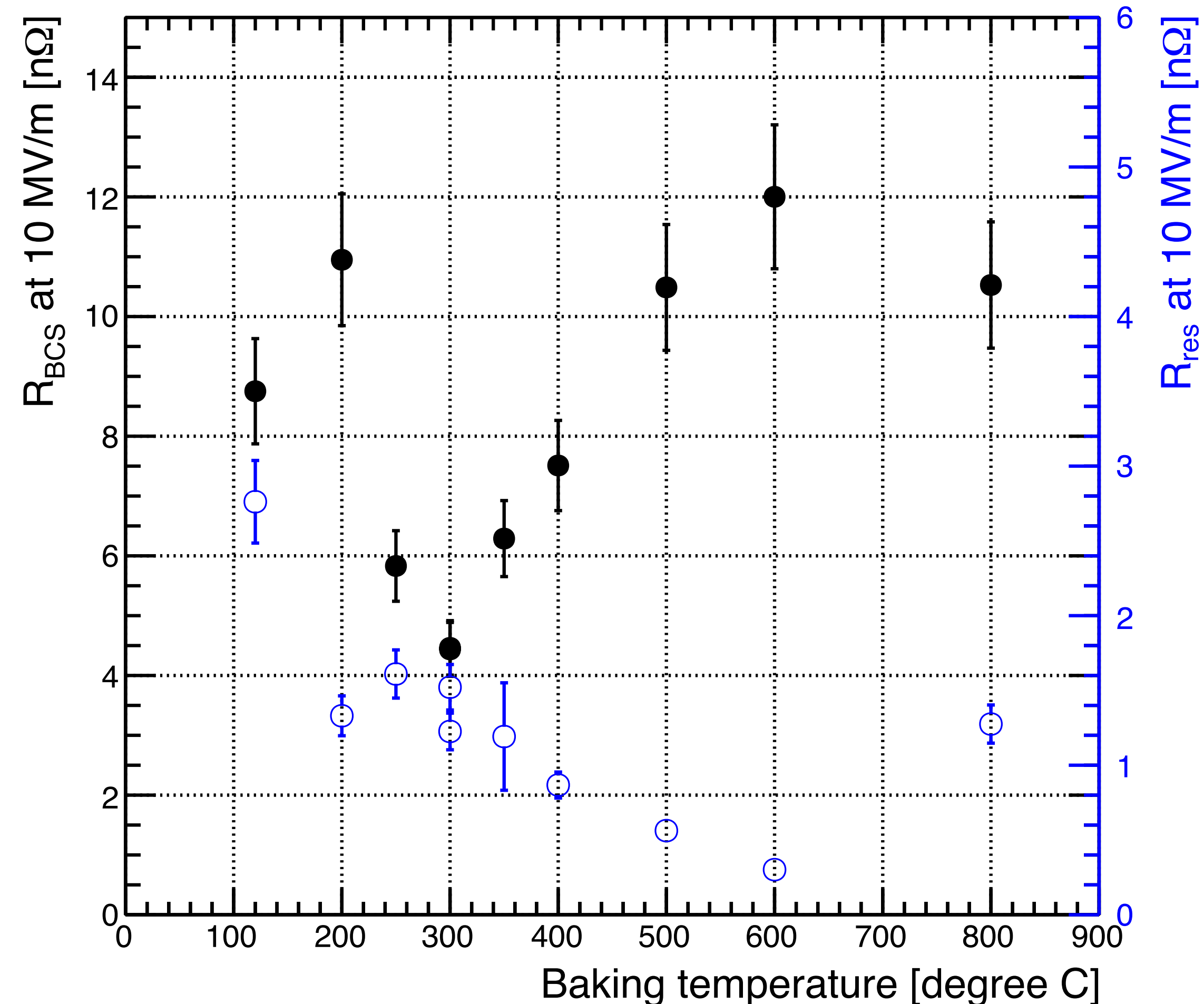
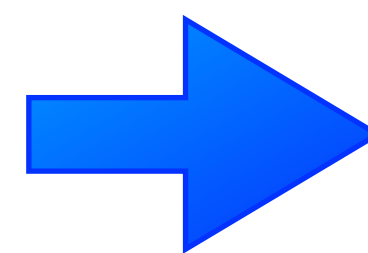
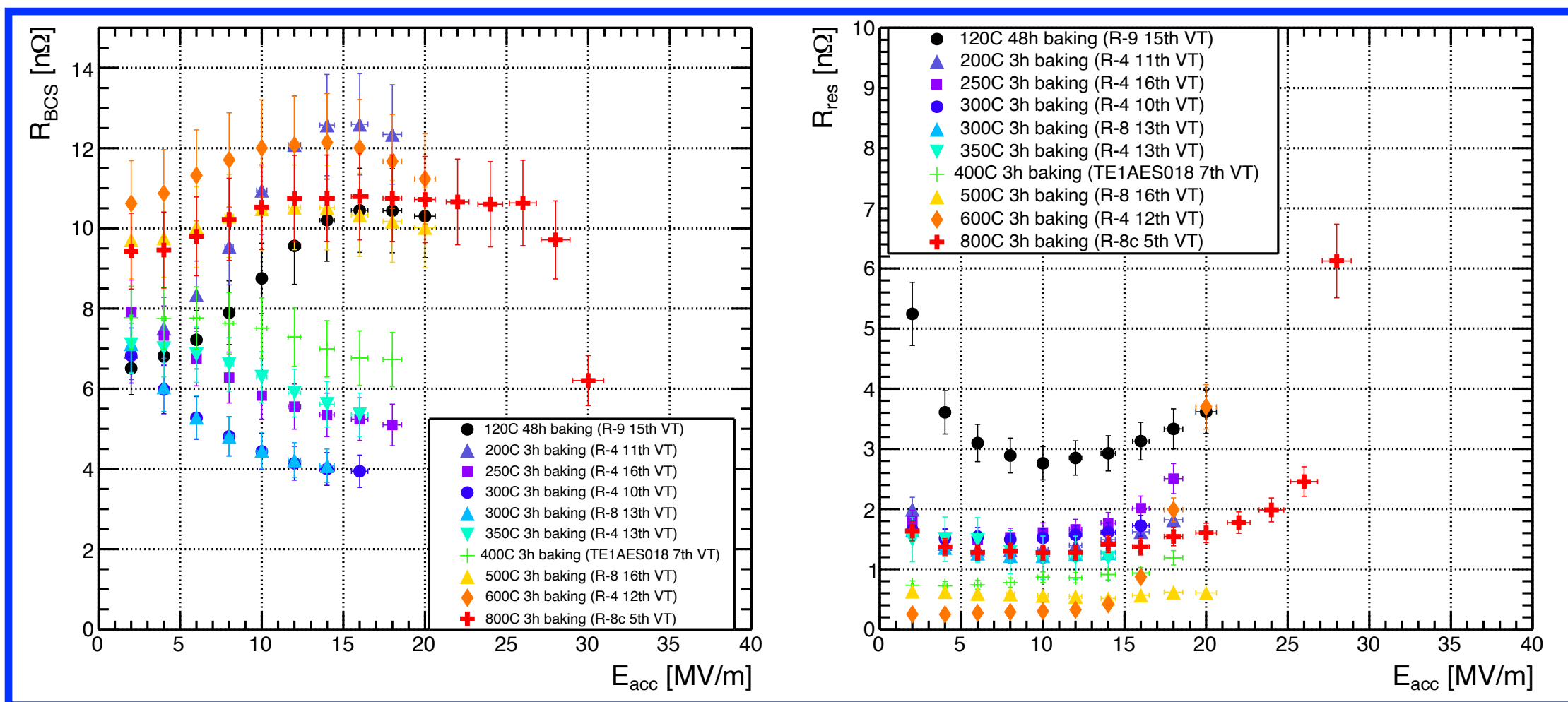
標準処理 (120°C 48 h)

- 高い R_{res}
- R_{res} は 10 MV/m で最小値をとる

ファーナスベーキング (200 ~ 800°C 3 h)

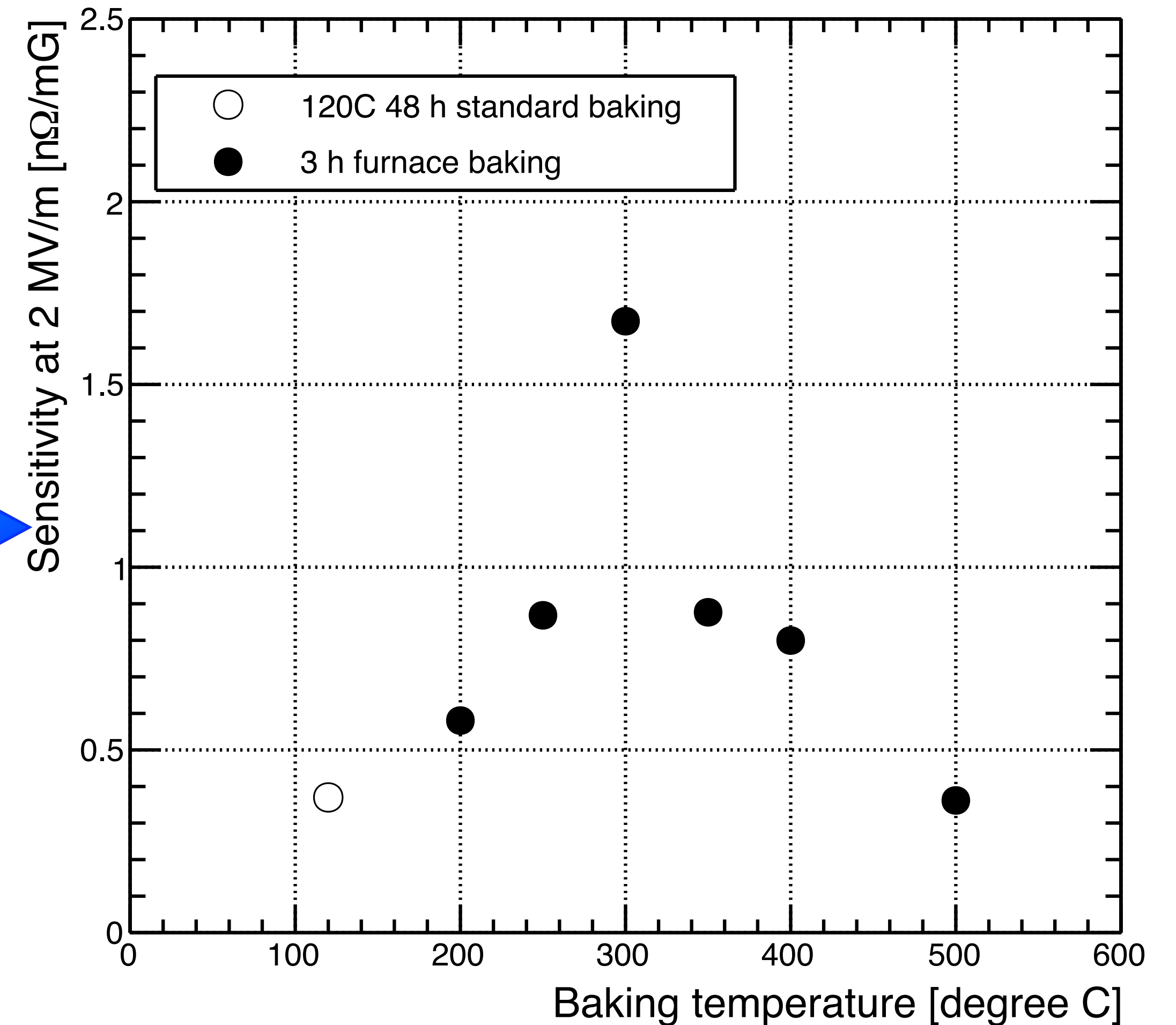
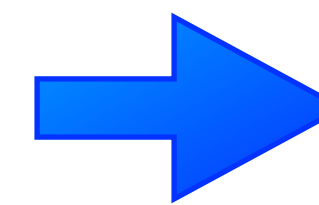
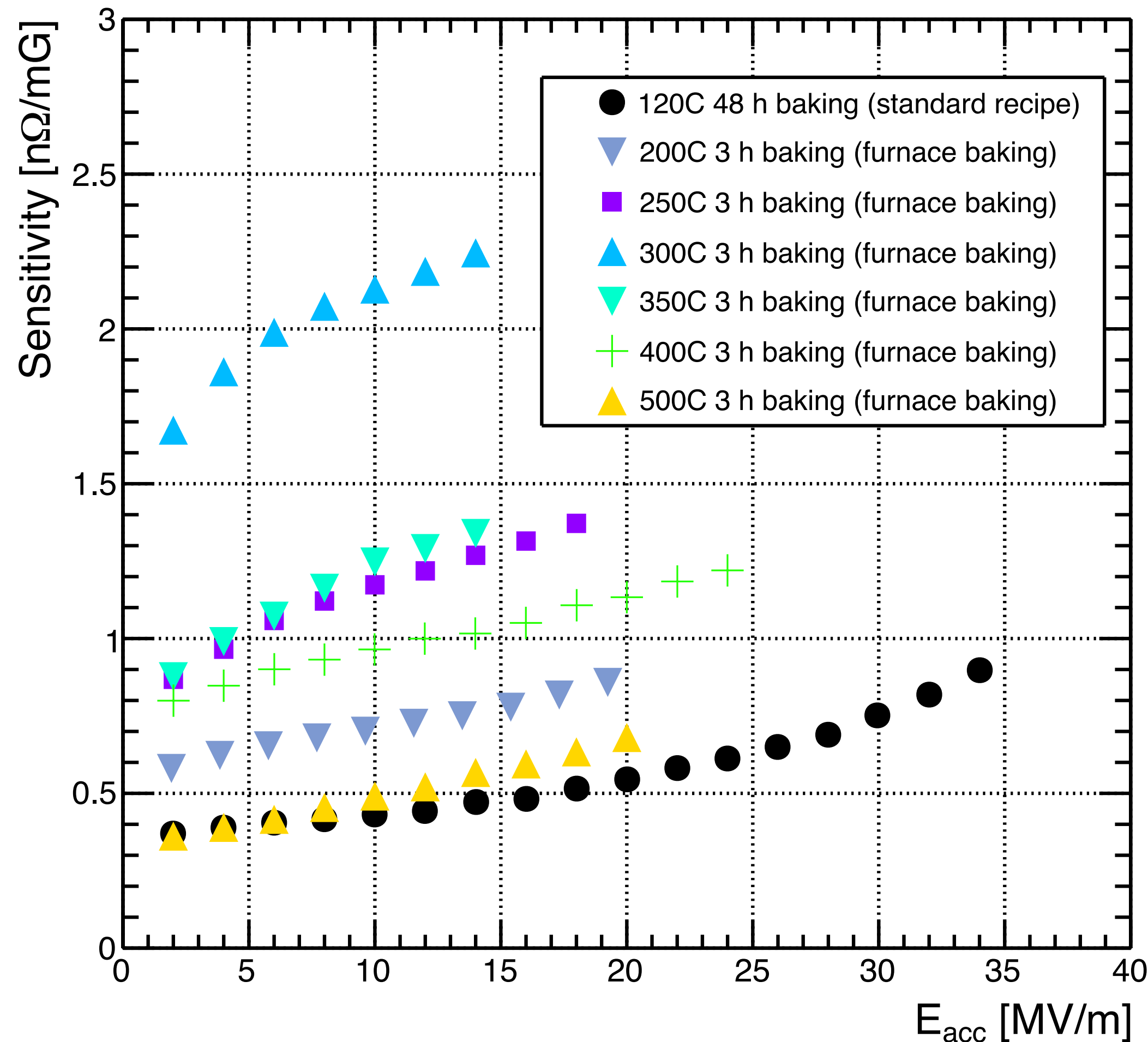
- 標準処理よりも低い R_{res}
- 600°C ベーキングでの R_{res} は極めて低い (~0.2 nΩ)

R_{BCS} , R_{res} とベーキング温度の関係



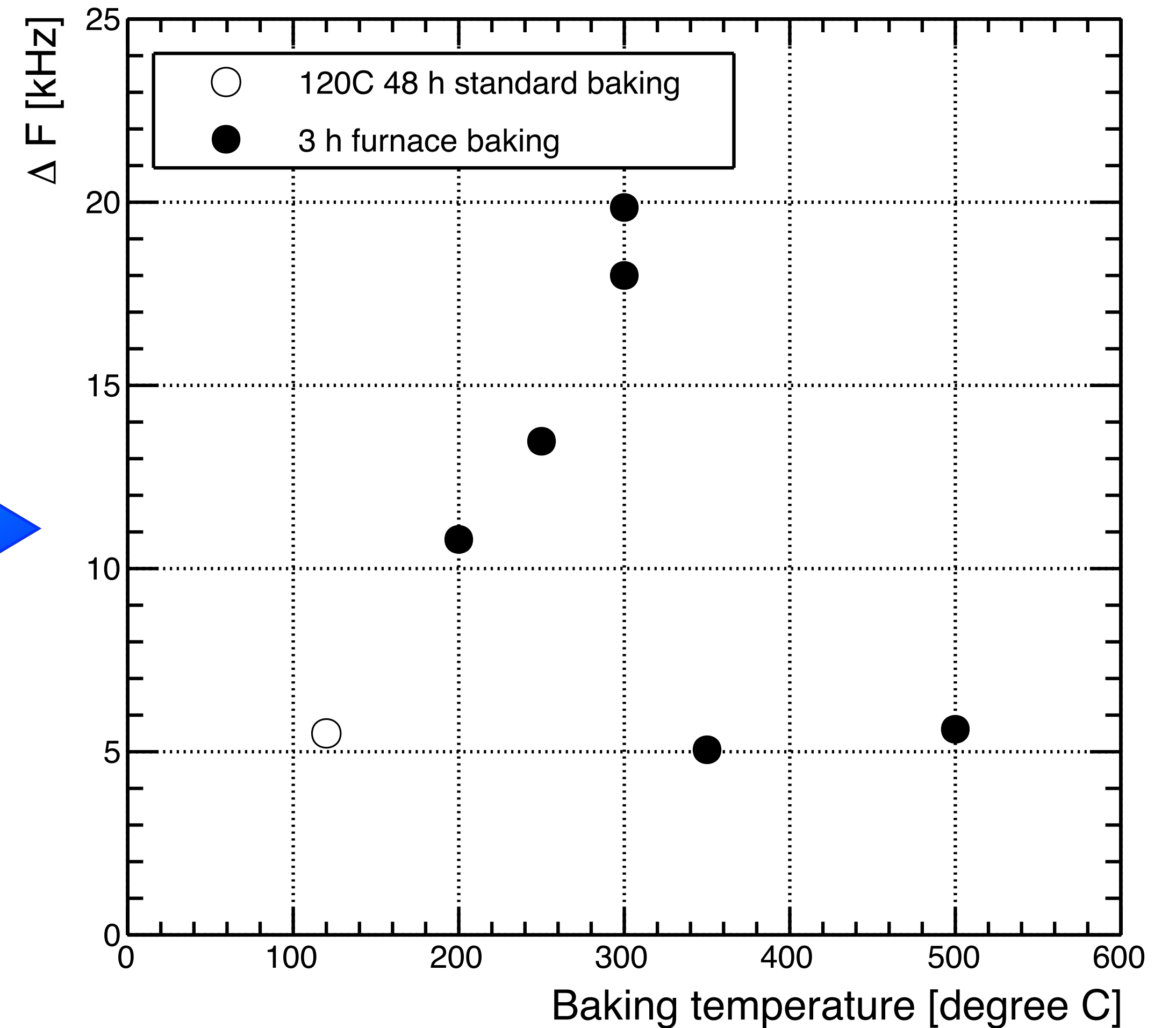
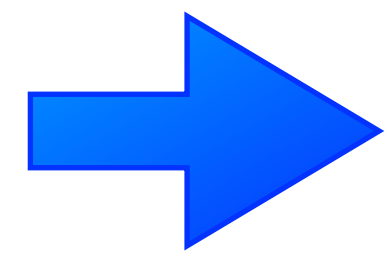
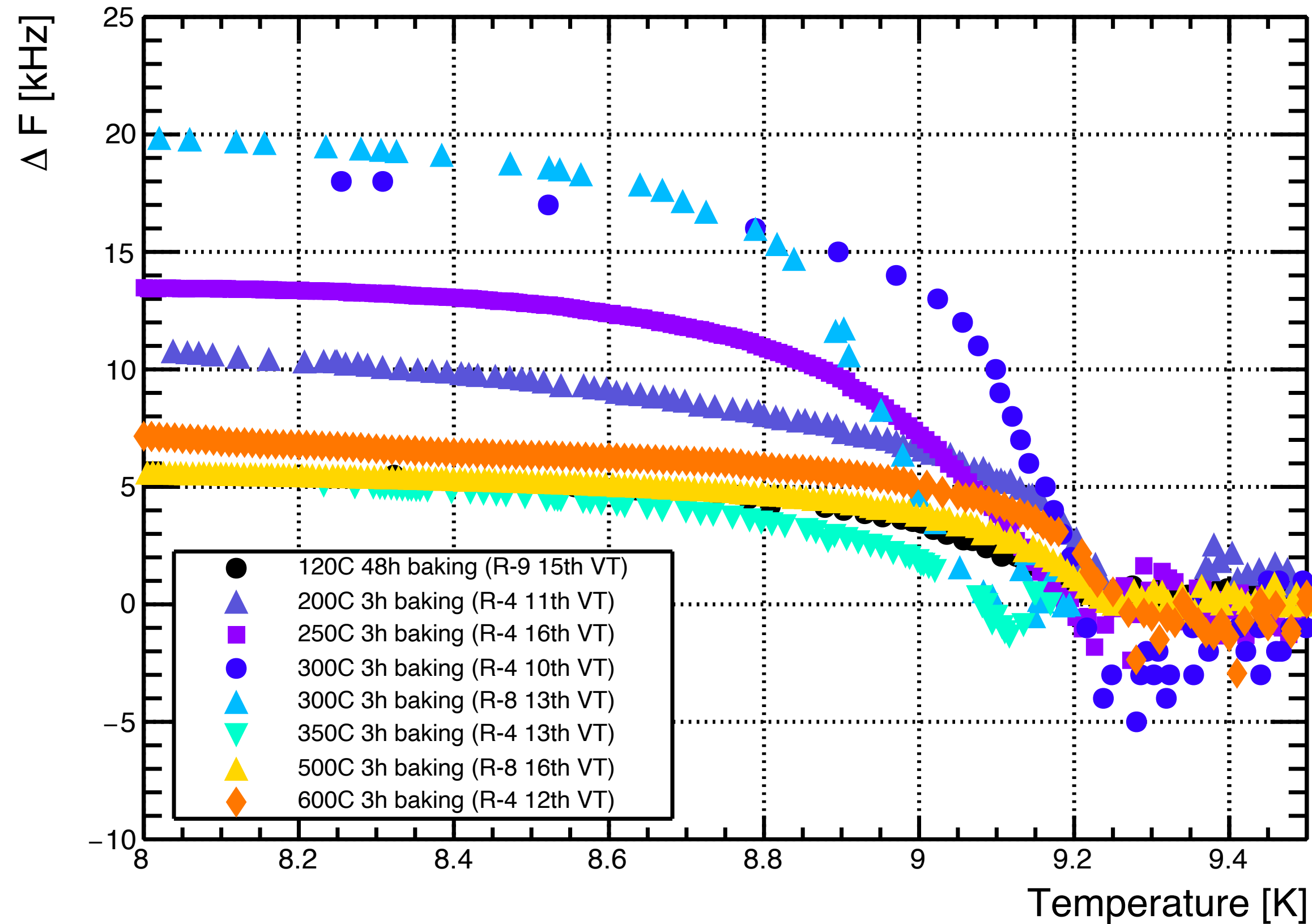
- E_{acc} が高くなるほど違いがはっきりする
- R_{BCS} の極小値は 300°C 付近、 R_{res} の極小値は 600°C 付近に存在する

トラップ磁場に対する表面抵抗の感度



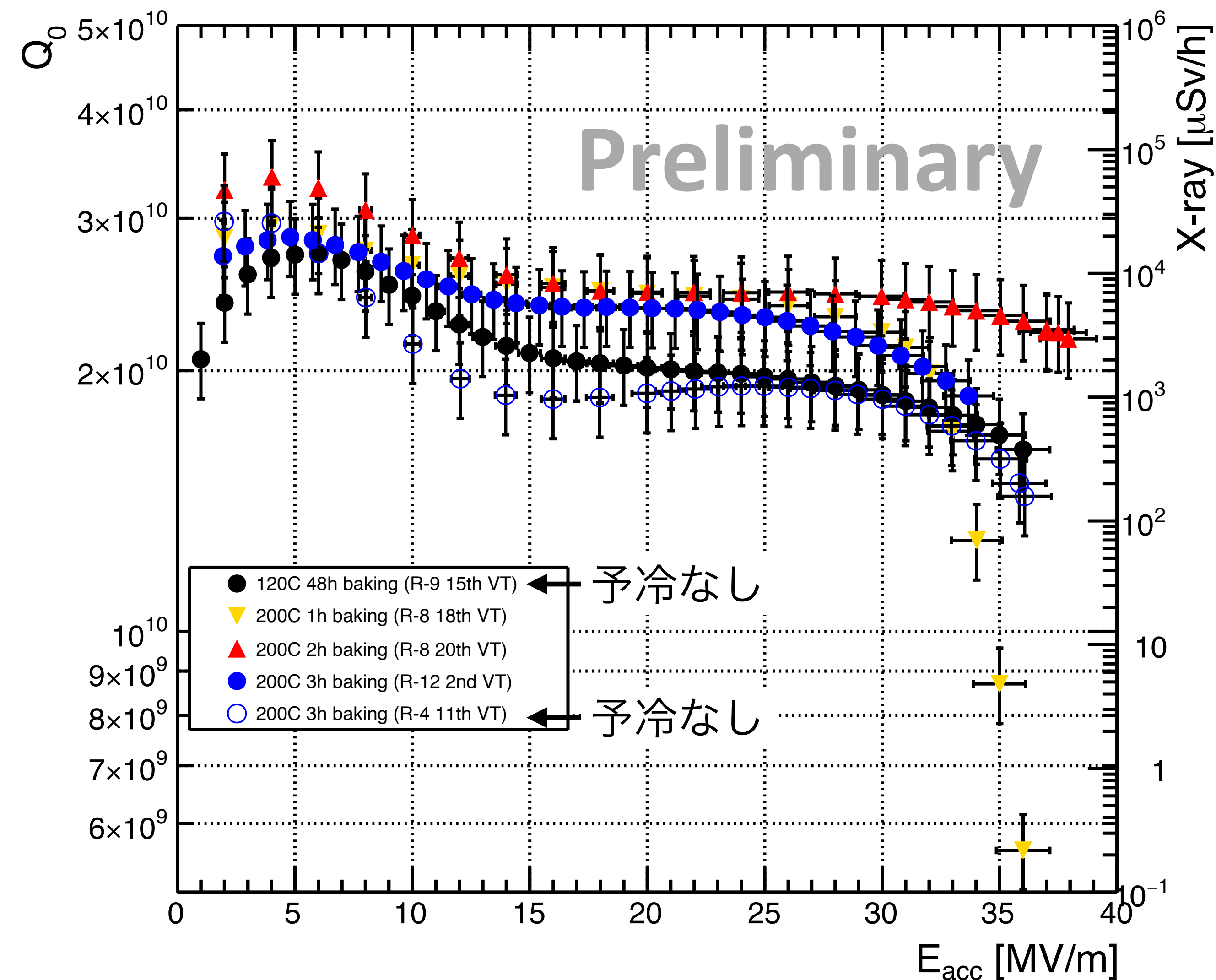
- 300°C ファーナスベーキング空洞はその他の空洞に比べて感度が高い
- 300°C 付近で鋭いピークを持つような構造がある

昇温中の周波数変化



- 300°C ファーナスベーキング空洞の周波数変化が最も大きい
- 感度 vs ベーキング温度と似た構造をもつ

200°C ベーキングでのベーキング時間の影響



200°C 1 時間ベーキング

High field Q slope が発生した。

200°C 2 時間ベーキング

High field Q slope は発生せず。
Q 値は 35 MV/m で 2E10 以上。

今後、空洞依存性や予冷の効果について調査する予定。

まとめ

- 単セル空洞に対して様々な温度でファーンラスベーキングを行った
 - ベーキング温度の違いで空洞性能が大きく変化することを明らかにした
 - 特に 300°C ファーンラスベーキング空洞は極めて高い Q 値を示すことが分かった
 - **ファーンラスベーキングは窒素ドーピングよりもシンプルなプロセスで高 Q 値空洞を実現することができる**
 - 今後も更に調査を進めていく予定である:
 - 表面状態を明らかにするためのサンプルを用いた調査
 - 9セル空洞、large grain 空洞への応用
 - ベーキングパラメータの最適化
- **高 Q 値と高 E_{acc} を両立**