

J-PARCニュートリノビームライン用 超伝導電磁石システム(9)

— 実証機及びプロトタイプ改造機の冷却試験結果 —

高エネ研^A, 総研大^B, 東芝^C

佐々木憲一^A, 中本建志^A, 木村誠宏^A, 安島泰雄^A, 荻津透^A, 東憲男^A, 荒岡修^A,
飯田真久^A, 大畠洋克^A, 岡村崇弘^A, 尾花哲浩^B, 折笠朝文^C, 笠見勝祐^A,
菅原繁勝^A, 田中賢一^A, 寺島昭男^A, 都丸隆行^A, 槇田康博^A, 山本明^A

発表内容

- ◆実証機・プロト改冷却試験結果
 - 磁場測定
 - クエンチ試験
 - 保護ヒーターの検証
- ◆まとめ

SCFM 冷却試験

- 2極・4極複合磁場型超伝導電磁石
 - プロトタイプ:
 - 設計・製作方法の確認を目的として、KEKが製作した最初の超伝導電磁石
 - 計装: スポットヒーター、電圧タップ
 - 実証機:
 - メーカーへの技術移転が目的
 - メーカーの技術者により高エネ研所内で製作（プロト機と同様の製作工程・治具）
 - 計装無し（実機予備機の可能性）
 - クエンチ保護ヒーター 2 枚を装着
 - プロトタイプ改造機:
 - クエンチ保護ヒーター取付のため、分解、再組立
 - クエンチ保護ヒーター8枚(冗長含む)を装着
 - 計装系はプロトタイプと同じ

◆実証機・プロト改冷却試験結果

○磁場測定

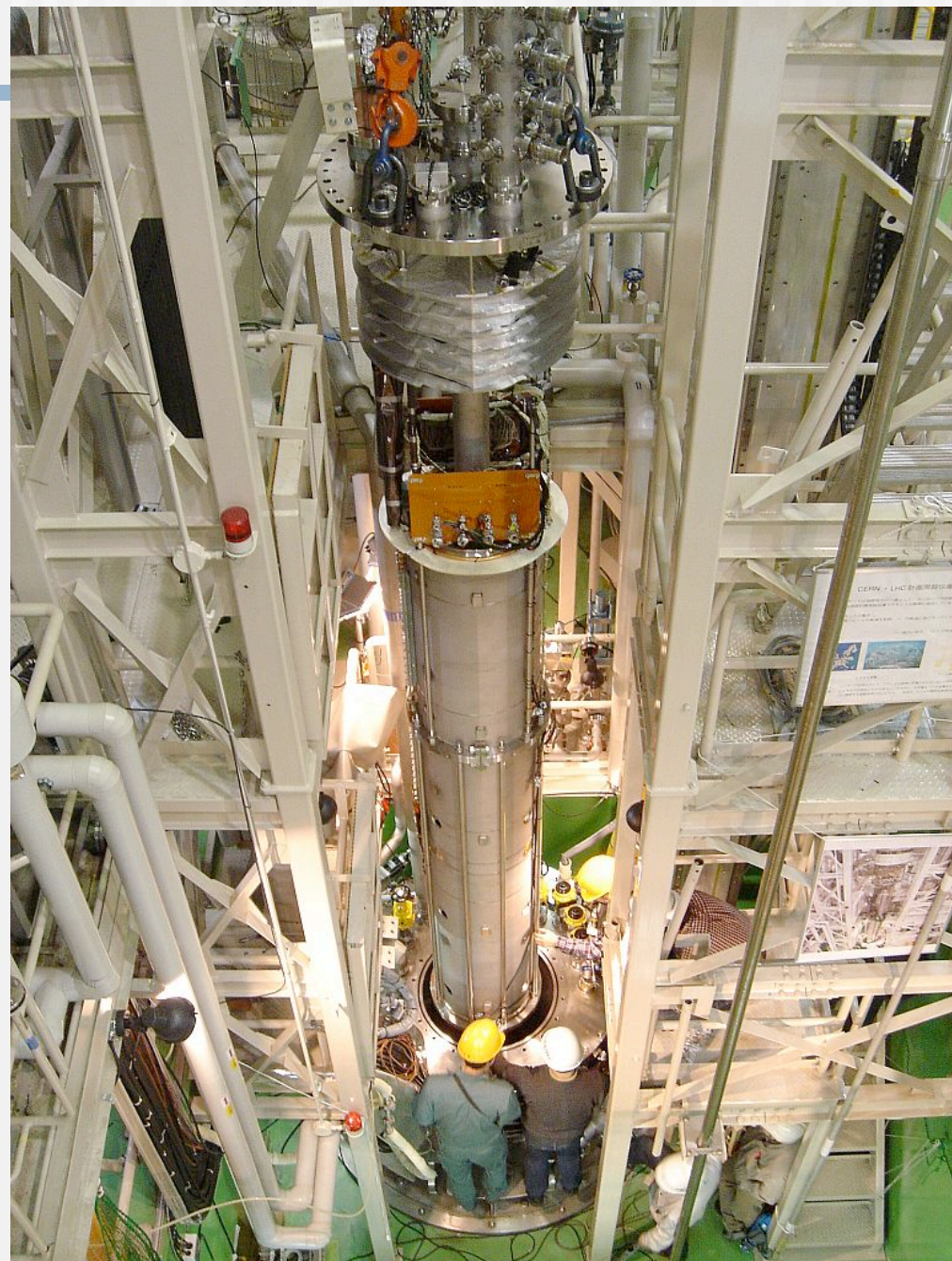
○クエンチ試験

・保護ヒーターの検証

◆まとめ

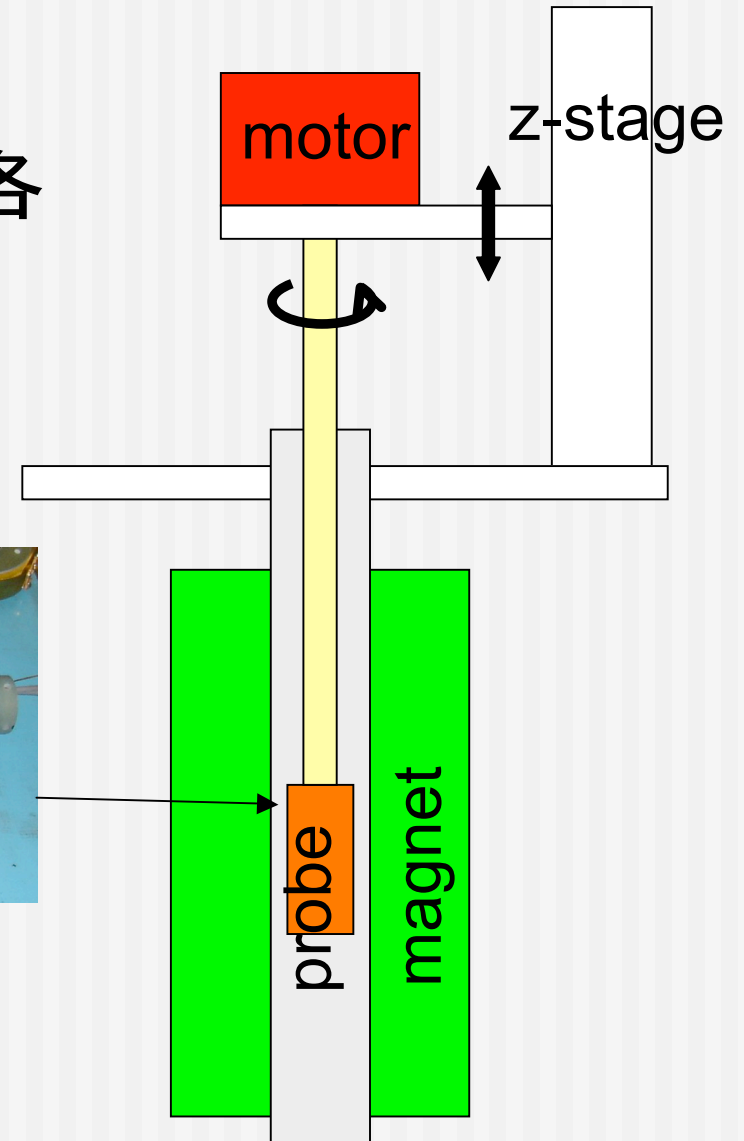
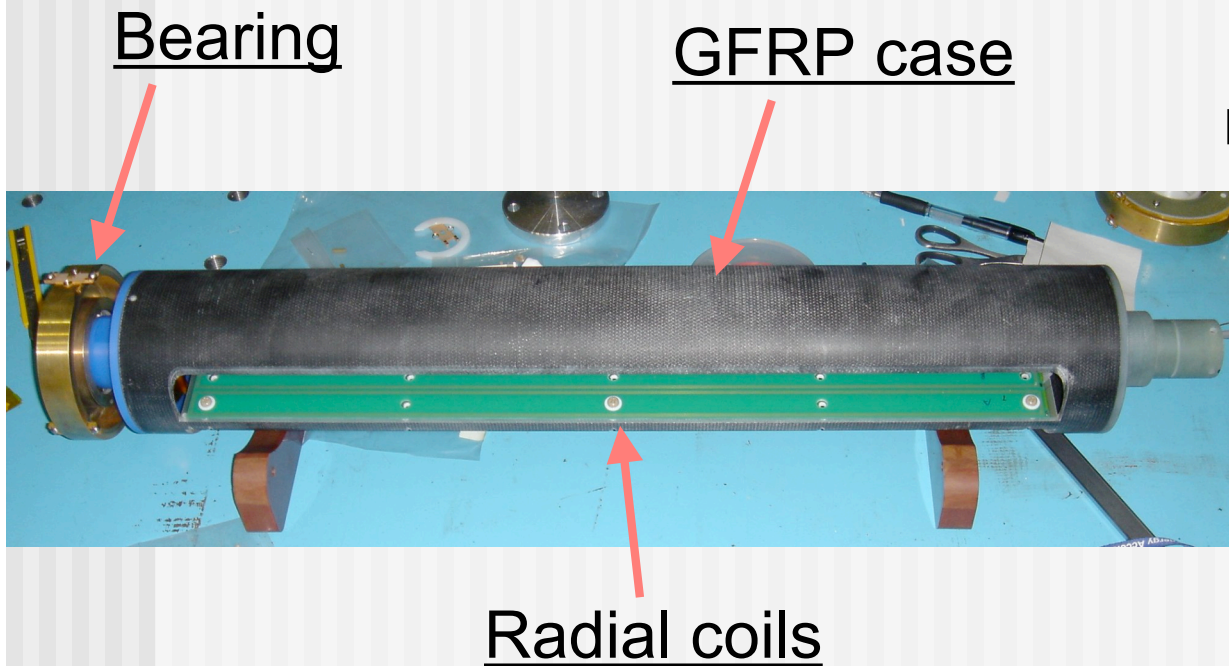
実験装置

- 縦型クライオスタット
- 液体ヘリウム4.2K冷却



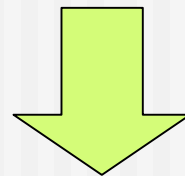
磁場測定装置

- ローテーティングコイル
 - 長さ: 500mm
- 磁石のボアに沿って移動させ、各位置における磁場を測定



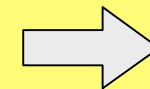
磁場解析について

- 電磁石の構造中心を原点として多極成分展開
- 縦型クライオ
 - 磁石の構造中心と測定コイル中心位置のズレを測定する事は困難



角度方向のみ補正

4極skew成分の直線部における
平均値



0

仮定: コイル中心と磁石中心は一致

2・4極成分・比較(直線部平均)

~50GeV

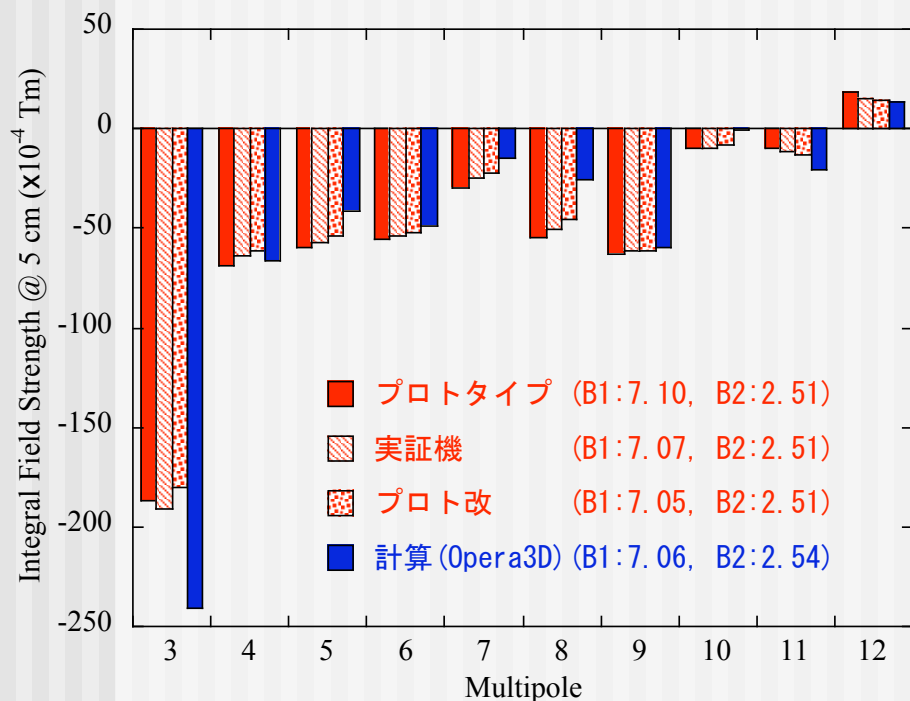
	プロトタイプ	実証機	プロト改	計算(Opera2D)
電流	7460 A	7460 A	7460 A	7460 A
B1	2.68 T	2.67 T	2.66 T	2.63 T
B2	19.0 T/m	19.0 T/m	19.0 T/m	19.0 T/m

~40GeV

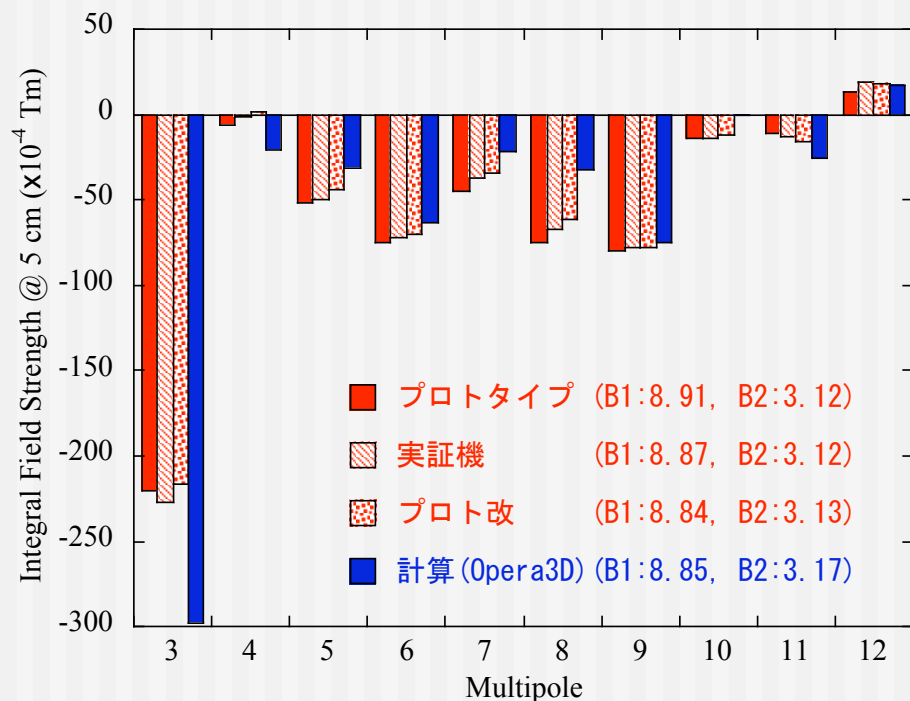
	プロトタイプ	実証機	プロト改	計算(Opera2D)
電流	5921A	5921 A	5921 A	5921A
B1	2.14 T	2.13 T	2.12 T	2.10 T
B2	15.2 T/m	15.2 T/m	15.3 T/m	15.3 T/m

6極以上の多極成分の磁場強度

積分磁場：磁石長手方向に磁場を積分した値



40GeV



50GeV

- 製作(ヨーキング)過程における再現性は良い
- 数値計算結果との比較においてもほぼ問題ない

◆実証機・プロト改冷却試験結果

○磁場測定

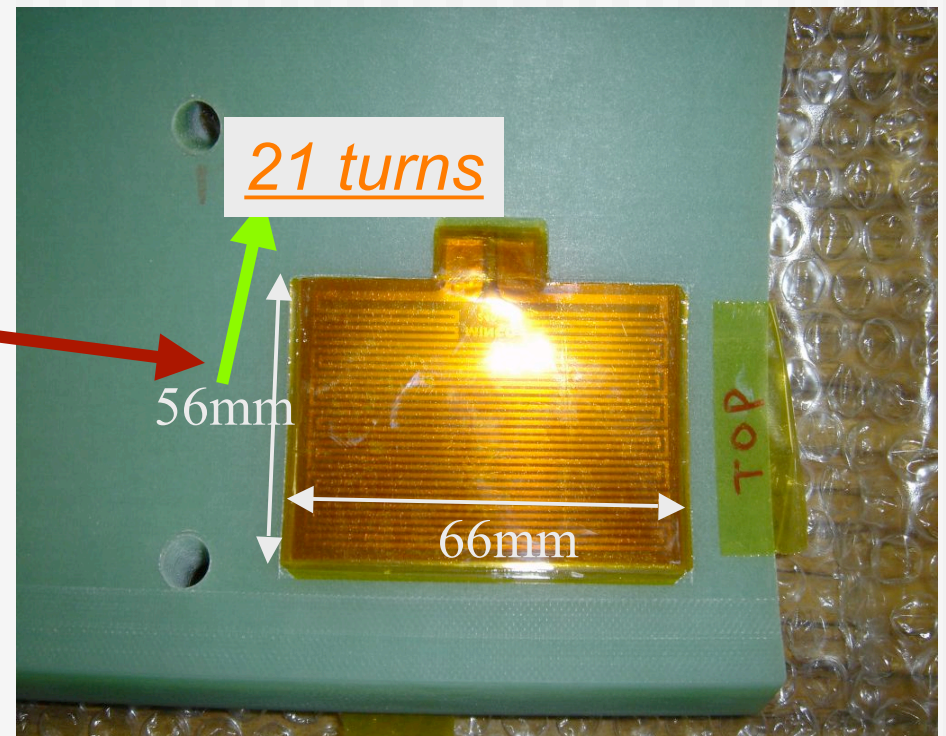
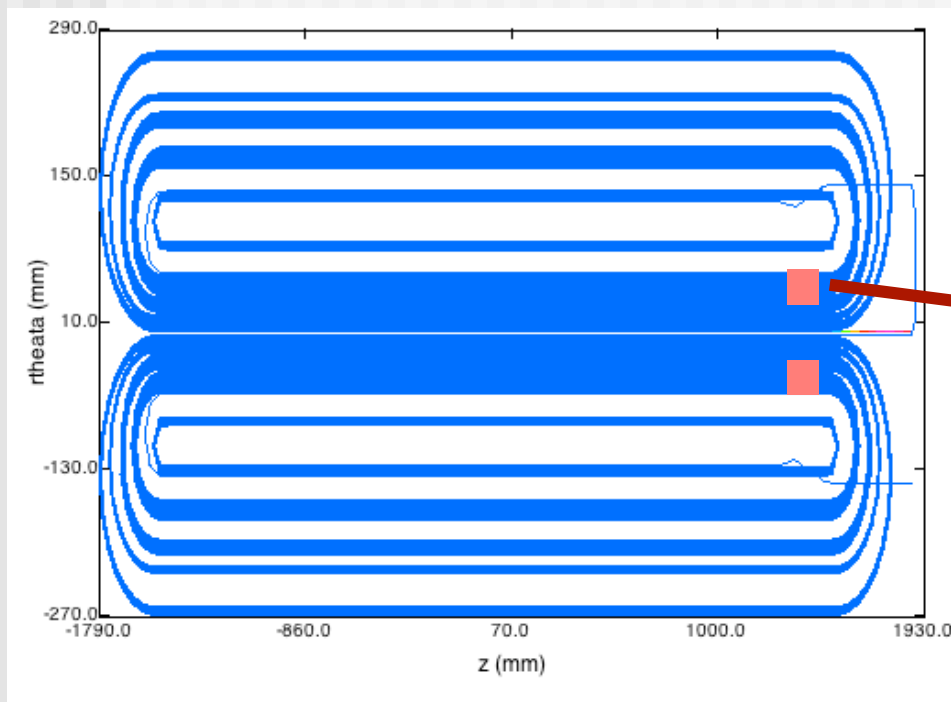
○クエンチ試験

• 保護ヒーターの検証

◆まとめ

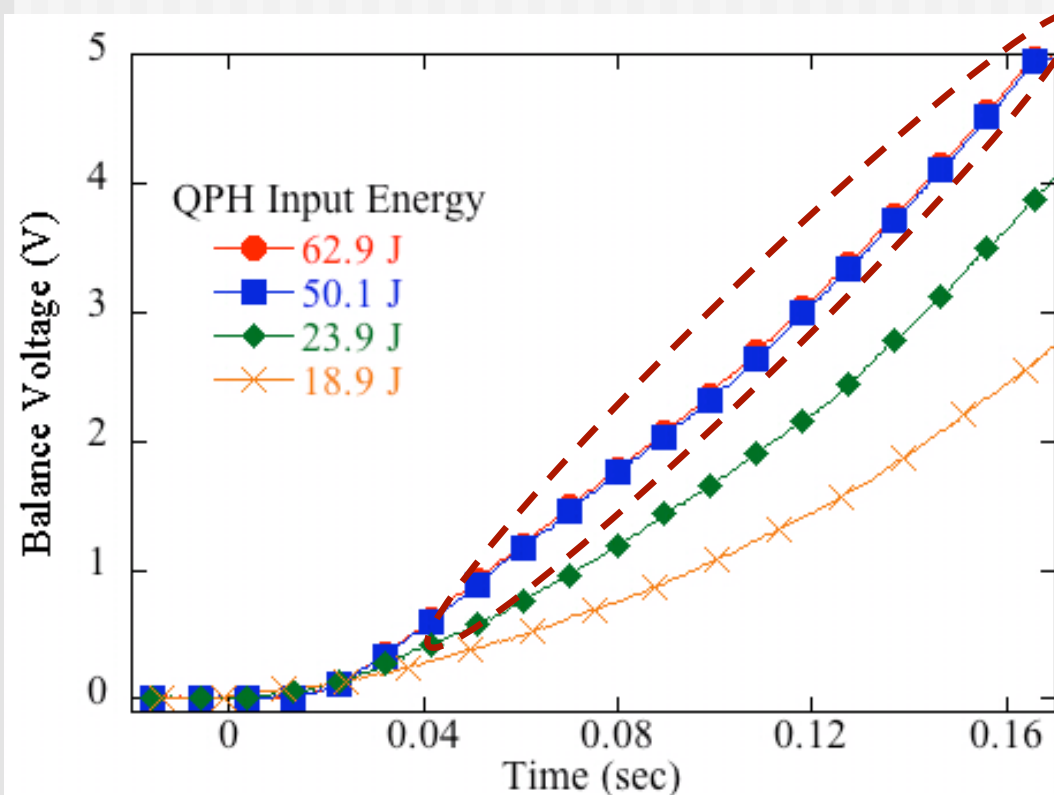
クエンチ保護ヒーター ～実証機

- 実証機：2枚のクエンチ保護ヒーター
 - サーモホイールヒーター：～120 ohm
 - 加熱面は21ターンに接触
- 必要エネルギー&熱拡散時定数を測定



バランス電圧信号 ～実証機

■ Current = 5920 A



同じ電圧上昇



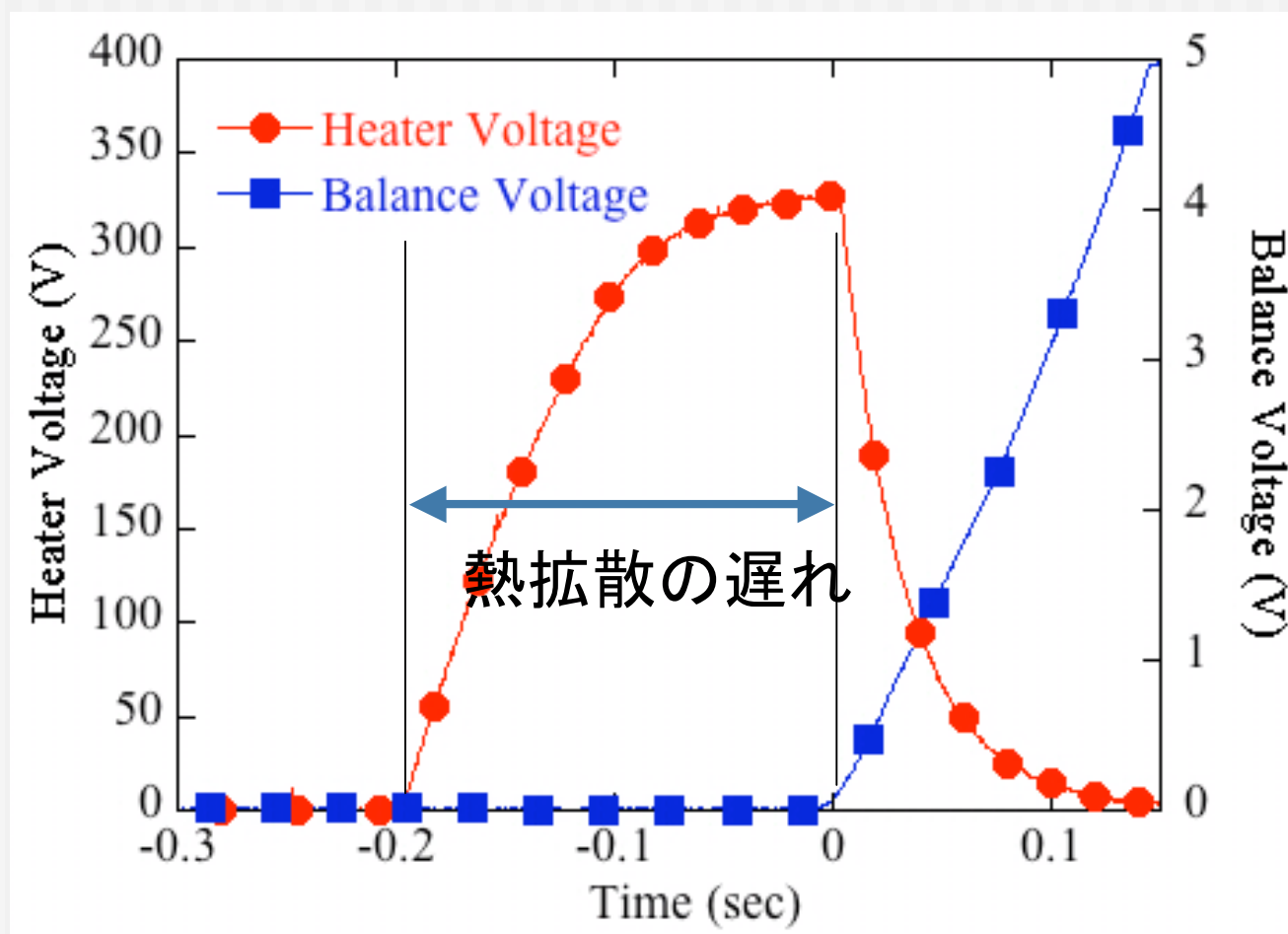
保護ヒーター加熱面上
の21ターンを同時にク
エンチさせる

↓
約50J必要

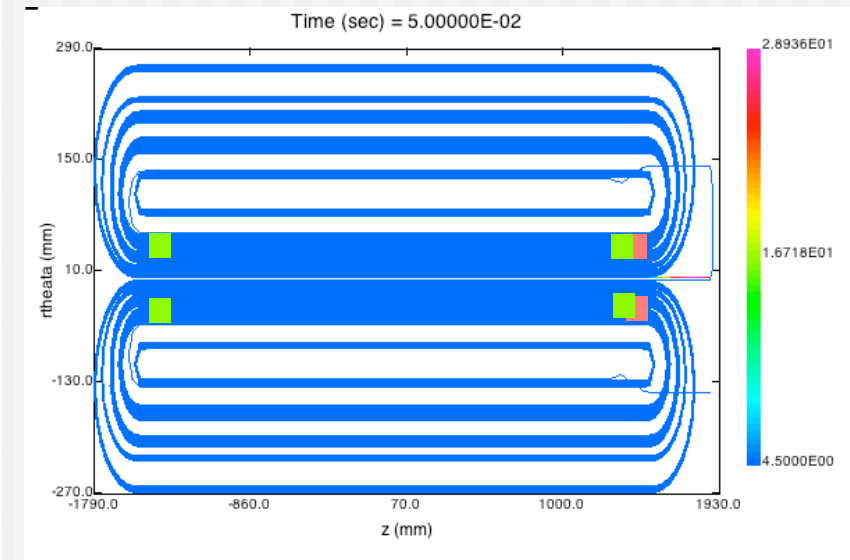
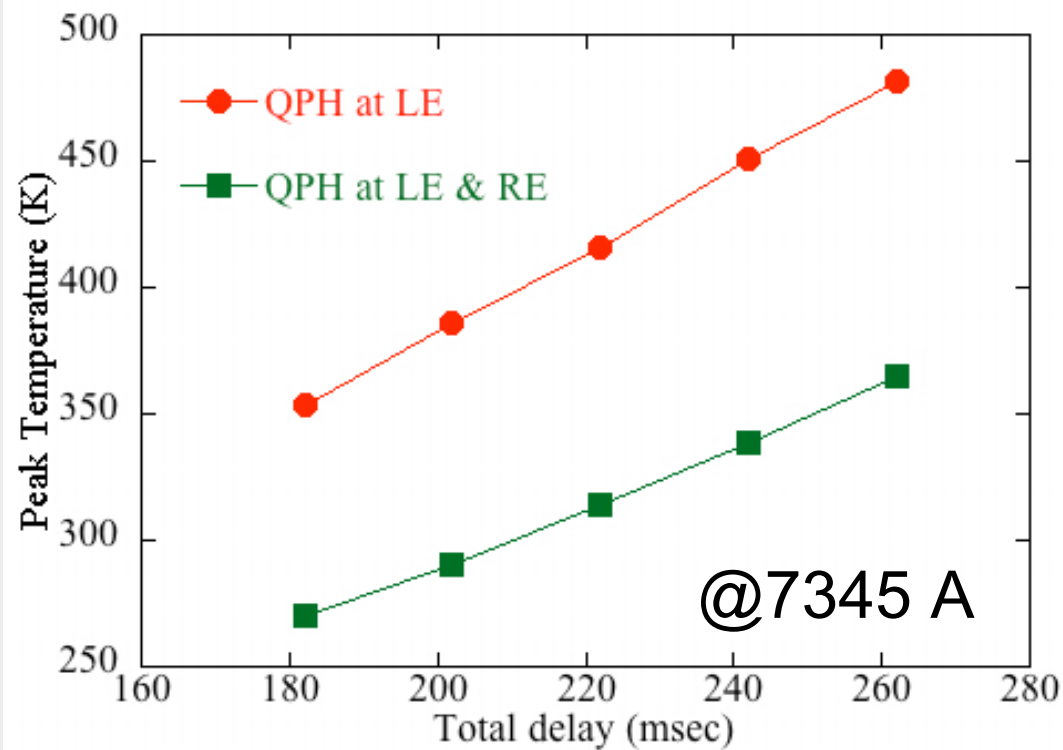
電流	上コイルヒータ	下コイルヒータ
5920 A	50.1 J	56.1 J
7460 A	62.9 J	49.5 J

熱拡散の遅延時間

■ Current = 5920 A



クエンチ保護ヒーター ～枚数の検討



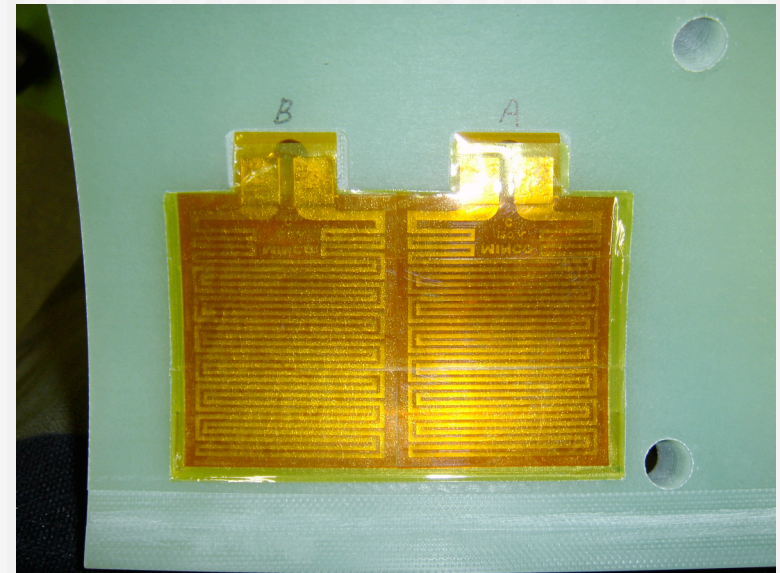
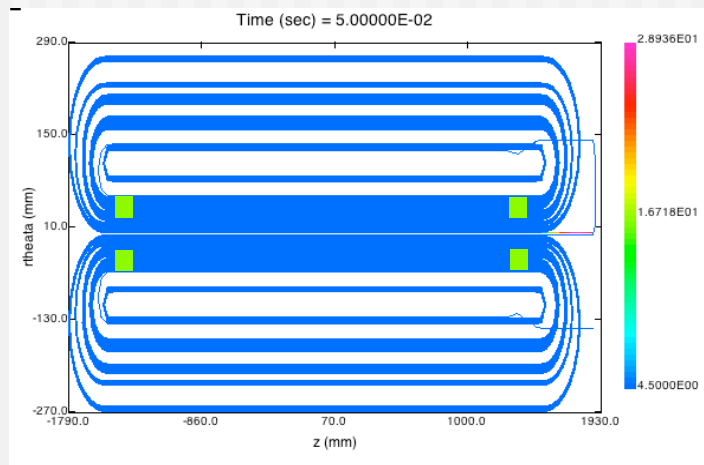
Total delay : クエンチ開始から保護ヒーターが有効になるまでの時間
= クエンチ検出にかかる時間 + 熱拡散遅れ

プロト試験: Q.D. 0.1V, 10msec → 110 msec@7345 A

- **保護ヒーターを4箇所に取り付ける**

プロトタイプ改造機 ～クエンチ保護ヒーター・電源

- 保護ヒーター
 - 36mm×41mm
 - 4箇所・8枚(冗長含む)

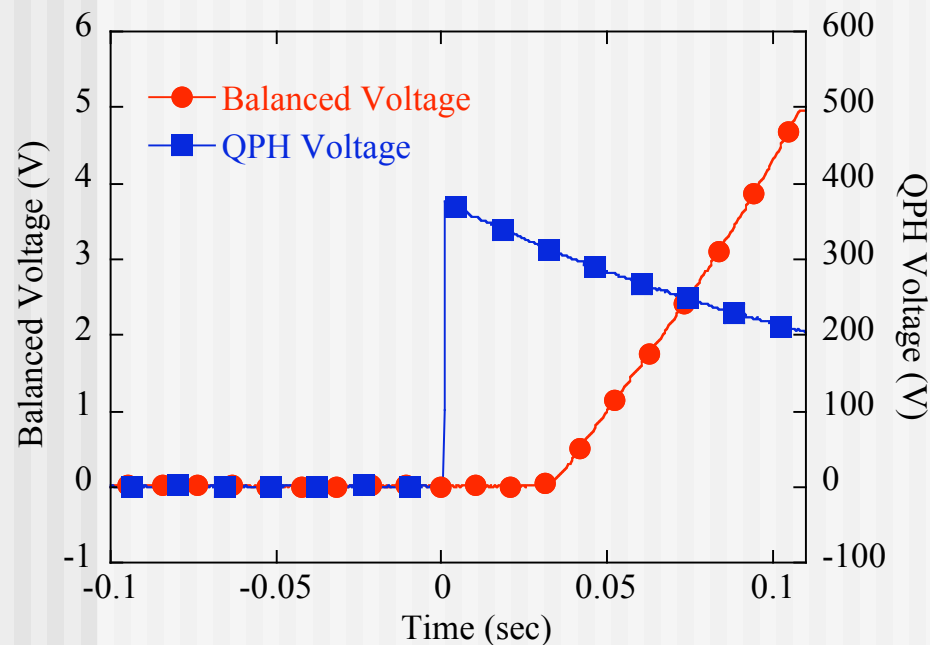


- 保護ヒーター用電源
 - キャパシタバンク放電回路
 - エネルギー100J/枚
 - 放電時定数0.1sec
- ヒーター抵抗: 16オーム/枚

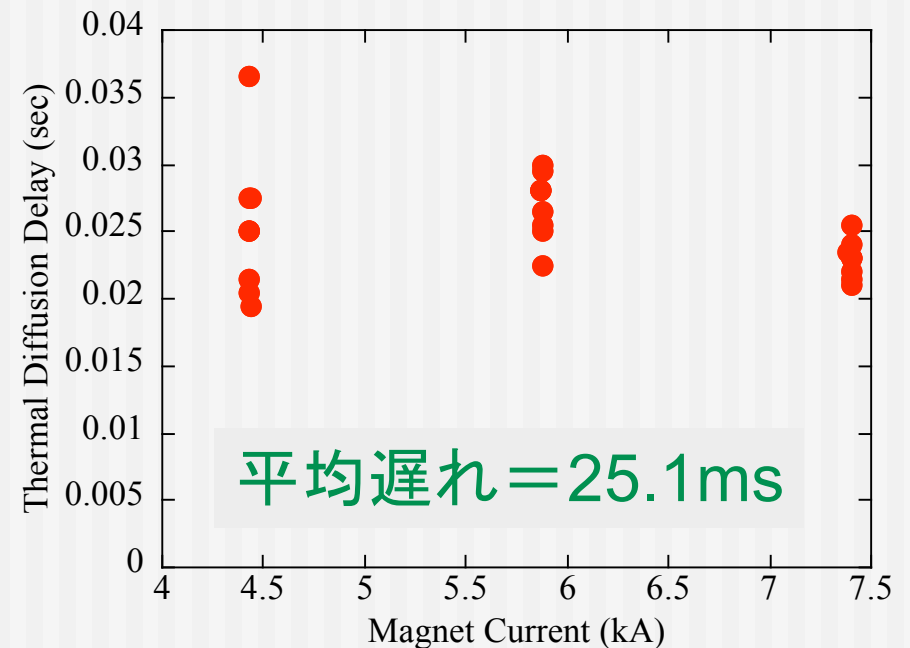
1枚の保護ヒーターによるクエンチ

- 保護ヒーター1枚に通電させてクエンチ
- 電流値:4400A, 5830A, 7345A

■ 信号例



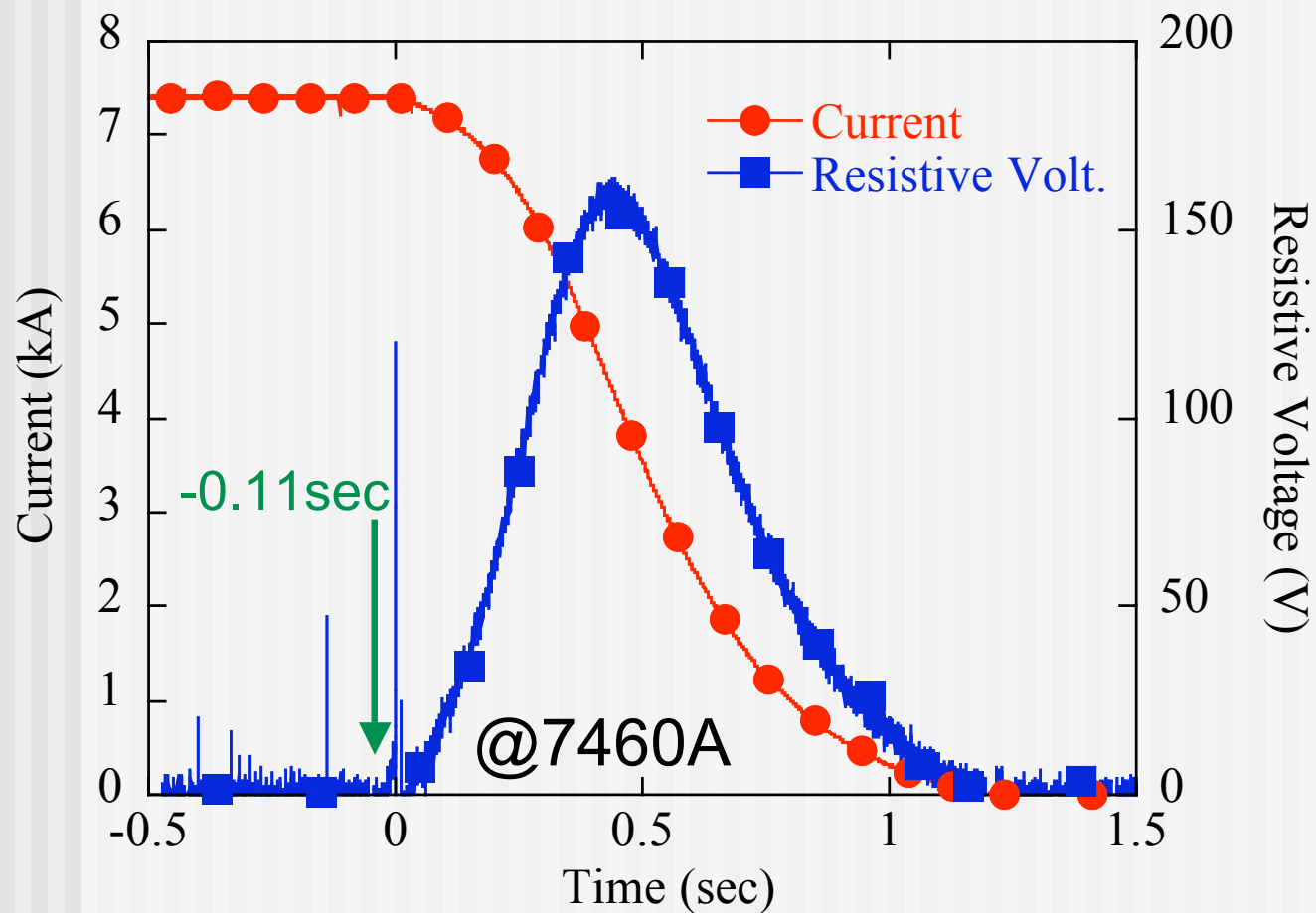
■ 熱拡散遅れ



絶縁厚さ:0.18mm

フルダンプ試験

- 実使用を模擬
 - スポットヒーターによりクエンチ
 - クエンチ検出器しきい値: 0.1V, 10ms
 - クエンチ検出後、磁石両端を短絡



MIITs:26.6



ピーク温度175 K

まとめ

- 実証機&プロトタイプ改造機での冷却・励磁試験
 - 磁場測定
 - 設計値との大幅なズレは見られなかった
 - クエンチ試験(クエンチ保護ヒーターの検証)
 - 実証機：
必要エネルギー&熱拡散時間の測定
 - 保護ヒーター取り付け箇所の検討 → 4カ所
 - プロト改：
熱拡散時間の測定
フルダンプ試験 → 予想ピーク温度～175K
- 今後の予定
 - 来年始めに実機2台を冷却試験予定