

BELLE 超伝導ソレノイド震災被害確認運転
及び ILC/TPC 開発向け無冷媒超伝導ソレノイドの整備
 クライオジェニックスグループ

1. 東日本大震災後の BELLE ソレノイド被害確認運転

東日本大震災によって BELLE 超伝導ソレノイドシステムが損害を受けていないことを確認するため、電力状況が回復した 2011 年 10 月 3～18 日にかけて性能確認運転を実施した。震災時は BELLE 本体と一体で、ソレノイド及び冷凍機は振動・衝撃を経験している。

性能試験結果を項目別に整理する。

- ・ 予冷曲線は以前の運転と同一。

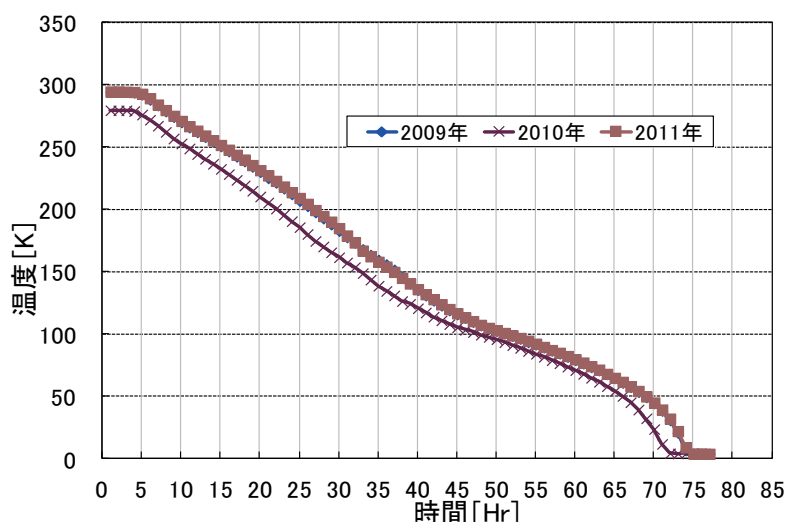


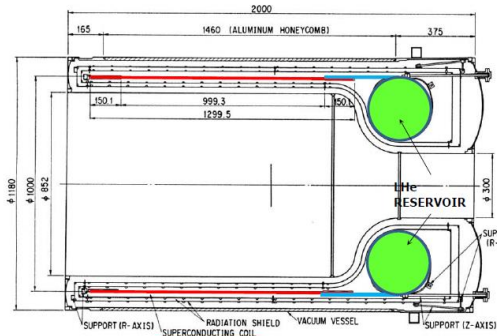
図 1 BELLE ソレノイド予冷曲線

- ・ 冷却能力は以前の運転時と同一。
 - 定常運転時の液面制御ヒーターの出力値で比較（余剰寒冷量に相当）
 - ◇ 2009 年 10 月 12 日 PV55% MV48~53%
 - ◇ 2010 年 7 月 5 日 PV55% MV45~50%
 - ◇ 2011 年 10 月 12 日 PV55% MV45~50% (冷却性の劣化はない)
- ・ 1000 A (定格は 4160 A) 励磁は問題なし。ひずみは正常、電圧スパイス等異常な症状は観測されなかった。本来は定格励磁するべきであったが、電源の冷却水能力不足のため 1000 A までで制限を受けた。

2. ILC/TPC 向け無冷媒超伝導ソレノイドの開発及び DESY への移送

もともと気球飛翔による宇宙粒子線観測装置向けに開発された薄肉超伝導ソレノイドを

ILC/TPC 開発向けに東カウンターホールや同設備シャットダウン後は DESY の T24-1 ビームラインに設置し、誘起される 1 テスラの磁場を利用してきた。気球飛翔を前提としているため、図 2 に示すように、寒冷源はソレノイドクライオスタット内部の液体ヘリウムタンクで、週 1 回の再充填が必要とされる。また永久電流励磁のため、励磁電源操作以外に永久電流スイッチの操作、電流リードガス制御など通常の超伝導磁石と比べ複雑な作業が励磁には必要であった。



Before the modification

Conduction cooling by Liq. Cooling in the reservoir tank (in green) in PCMAG

After the modification

Conduction cooling by two GM (Gifford McMahon) cryocoolers; One of two stages (4K), and another of one stage (10K). The reservoir tank remains as a heat sink.



図 2 改造前超伝導ソレノイドの断面図と改造後外観写真

これを現在 DCBA 実験で利用されている無冷媒超伝導ソレノイドと同様、無冷媒冷却方式に改造した。改造に当たり、最小コストと工程で実現するため、クライオスタットの分解は行わず、クライオスタットの端板の蓋開けのみで内部にアクセスし、小型冷凍機を胴体部に取り付け、冷凍機からタンクや輻射シールドへ冷却路となる熱伝導板を施工した。

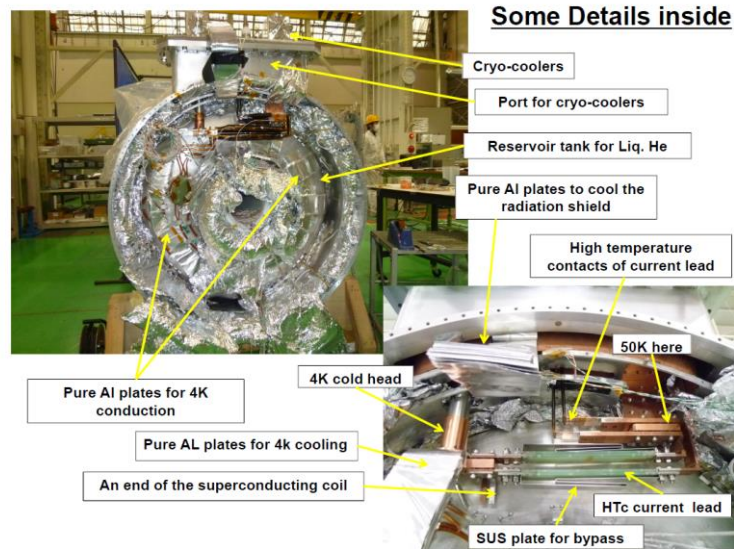


図 3 改造部写真、冷凍機及び電流導入部の内部構造

なお図 3 中に記載されている電流導入部の高温超伝導リード (HTc Current Lead と図中には記載) には侵入熱が従来のビスマス系超伝導材とくらべて半減するイットリウム系超伝導材を初めて採用した。

無冷媒方式に改造されたソレノイドはこれまでの永久電流励磁と異なり、クエンチ保護のためのクエンチ検出器、電源遮断器や保護抵抗が組み込まれた励磁系が必要となる。今回、市販の直流電源(アジレント製)と電磁接触器、SUS 板をグリッド加工した保護抵抗、メーカーリレー及び既存のクエンチ検出器などを組み合わせた、低コスト励磁系を構成し、ソレノイド性能確認運転に臨んだ。(図 4 写真)

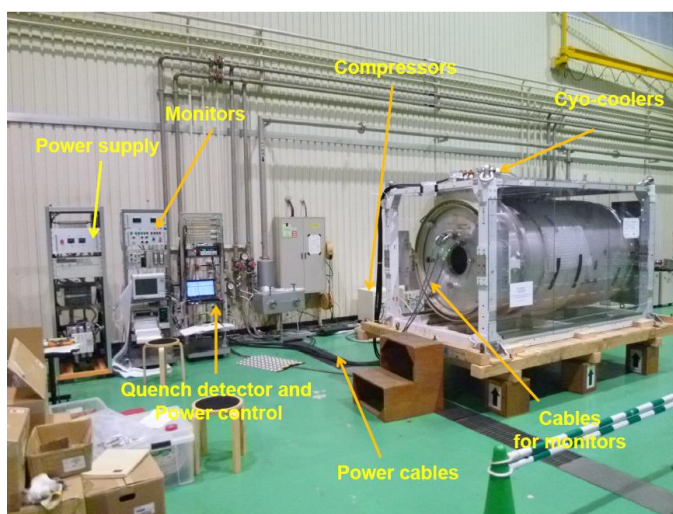


図 4 性能試験外観写真

ソレノイドは 9 日かけて 5 K 以下に予冷され、430 A、1 テスラ励磁を確認した。3 月末には DESY に発送された。励磁系も無事動作はしたので、KEK で最終調整を行い、DESY に 5 月中旬に発送する。5 月後半から 6 月にかけて DESY にて性能確認運転を行う。