

1 GHz 級 NMR 用加圧超流動クライオスタットの開発 - 移設・立上 -

Development of Superfluid-Cooled Cryostat for 1GHz-class NMR - Transportation and Reassembling -

NIMS^A, 神鋼^B, 池上技術^C, クライオバック^D、佐藤明男^A, 木吉司^A, 永井秀雄^A, 松本文明^A, 和田仁^A, 伊藤聡^B, 吉川正敏^B, 三木孝史^B, 濱田衛^B, 林征治^B, 川手剛雄^B, 野口隆志^C, 福居滋夫^D

A. Sato^A, T. Kiyoshi^A, H. Nagai^A, F. Matsumoto^A, H. Wada^A, S. Ito^B, M. Yoshikawa^B, T. Miki^B, M. Hamada^B, S. Hayashi^B, Y. Kawate^B, T. Noguchi^C, S. Fukui^D

^ANational Institute for Material Science, ^BKobe Steel, Ltd., ^Ckegami Technology, ^DCryovac Corp.

email : sato.akio@nims.go.jp

物質・材料研究機構(NIMS)と神戸製鋼の開発した1GHz級NMRは、NIMSの強磁場センターに新たに建設されたNMR棟に設置された(Fig. 1)。このマグネットは、2001年4月、神戸製鋼所高砂工場にて920MHz(21.6T)を世界に先駆けて達成している。4箇月間永久電流モードで運転されて[1, 2], その性能を確認した後、昨年暮れ、NIMSに移送された。移設にあたっては、輸送上の制約のために各部品に分解された。輸送と、組立、冷却、励磁の状況について報告する。

分解・再組み立てを考慮した構造設計

この装置は1GHzを目指した開発品である。しかし、最終的にHTSの内層コイルが開発されるまでは何度か内層コイルを交換する必要がある。一方、超流動ヘリウム槽は密閉された複雑な構造である。しかも、超流動ヘリウム槽は外径が1,284mmもあり、これをメタルオーリング等を用いて分解可能とするのは現実的ではない。クライオスタットの低温部はすべて溶接で構成された。超流動ヘリウム槽を構成する容器は、その溶接部が缶詰めの縁のような構造となっている。その縁を削って溶接をはずして分解し、同じ部分を再溶接する。すなわち、その縁の高さだけ分解・組み立てができる。

クライオスタットも、分解・再組み立てを想定した構成となっている。通常のClaudet型の超流動ヘリウムのクライオスタットとは異なり、マグネットを収納する超流動ヘリウム槽と液体ヘリウム補給槽、サブクーラーと機能別に独立した別個の部品で構成され、単品での検査、分解・組み立てが容易にできるような構造になっている。サブクーラーには、低温安全弁、パワーリード、PCS、液体ヘリウム注液ポートと機能が集中している。

輸送

クライオスタットは、スタンドをはずした状態で高さが3695mm。これをそのままつばまで移送するのは、日本の道路事情では困難である。クライオスタットは、窒素シールド、4Kシールド、液体ヘリウム補給槽、マグネット、その他真空容器に分解された。マグネットは、衝撃に弱いNb₃Snコイルを含む12のコイルを組み上げた状態での輸送となった。昨年の試験運転で、このマグネットの電流減衰率は極めて低いことが確かめられている[2]。超伝導線の接続がうまく行っている証左である。この状態を保持するため、マグネットからサブクーラー内のPCSまでの結線はバラさずに、マグネットの肩にサブクーラーを載せた形のまま、同一架台内にセットして輸送をおこなった。

輸送時の衝撃を緩和するため、マグネットは専用の輸送架台に設置した。また、防水・防塵対策のため、架台そのものをパネルで覆った。輸送には、エアサス車は使用せず通常の低床平ボディの10tトラックを使用した。衝撃吸収の必要な部品にはゴム製の緩衝シートを用いて対処した。輸送ルートは、路面状況の悪い一般道を極力避け、高速道

路、有料道路を主体にした。

現地組み立て

2001年暮れにNIMSに搬入され、2002年の正月明けから再組み立てに入った。生産設備の必ずしも整っていない現地での作業ではあったが、当初から再組み立てが容易な設計としていたため、作業は順調に推移し、一月弱で現地での再組み立て、気密チェックを終えた。



Fig. 1 Photo of the 1GHz-class NMR

冷却と励磁

冷却の様子をFig. 2に示す。使用した液体窒素室は、約8100L;液体ヘリウムは6500Lであった。これはほぼ前回初期冷却の実績値に近い。励磁には約2週間を要した。4月11日920.5MHzに到達し、永久電流モードとした。ちなみにノークエンチでの920MHz達成であった。

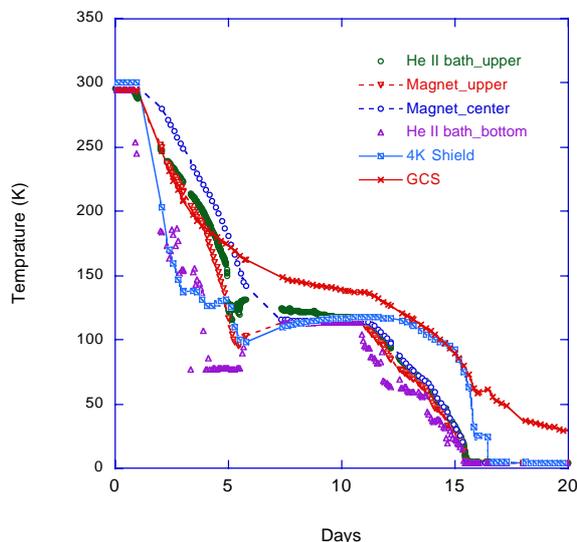


Fig. 4. Temperature variation in the precooling process.

参考文献

1. A. Sato et al., "Long Term Testing of Superfluid-Cooled 900 MHz NMR Cryostat," 5th European Conference on Applied Superconductivity, Aug. 2001 (Denmark).
2. T. Kiyoshi et al., "Persistent Mode Operation of 920 MHz High-Resolution NMR Magnet," 17th International Conference on Magnet Technology, Sep. 2001 (Switzerland).