

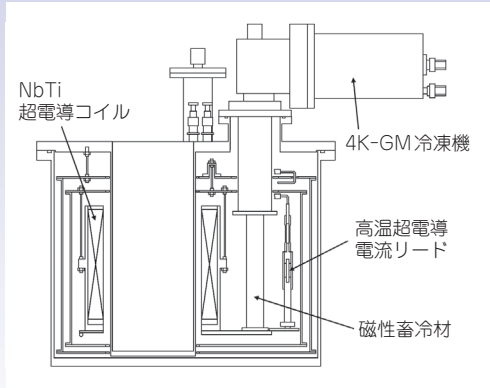
でんぎの礎

—振り返れば未来が見える—

れいとうきれいきやくにおぶちたん
冷凍機冷却ニオブ・チタン
ちようでんどうまくねつと
超電導マグネット

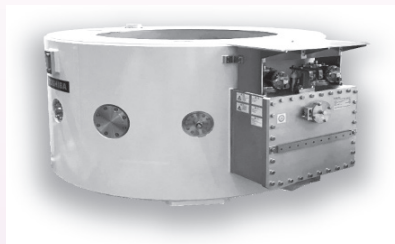
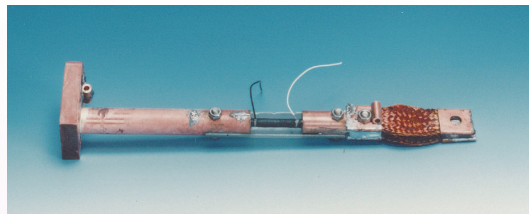
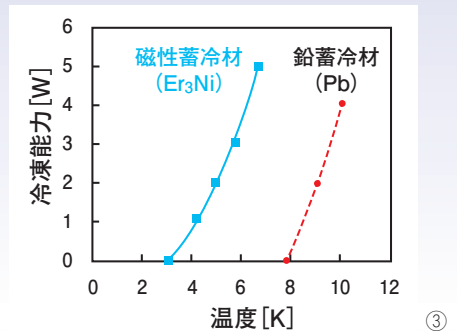
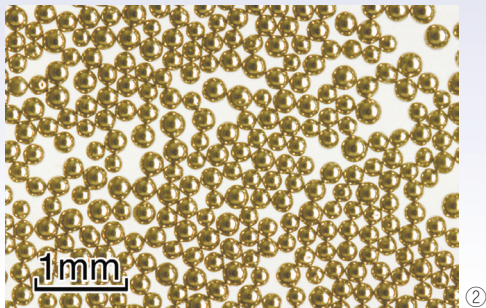
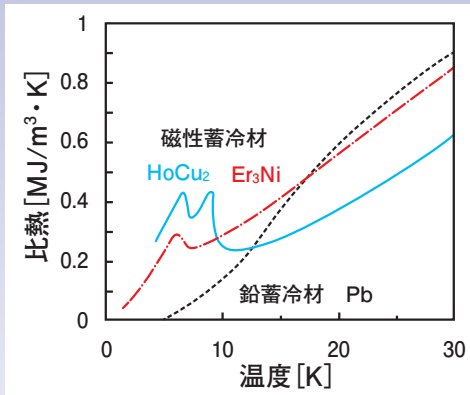
モノ

えきたいへりうむふようよんげー きよくていおんどうさ
～液体ヘリウム不要の4K (-269°C) 極低温動作～



超電導マグネットは広い空間に3T（テスラ）以上の高磁界の発生が可能で、1980年代に研究用から産業・医療用へと用途が広がりました。従来の超電導マグネットは冷却のために絶対温度4.2K（-269°C）の液体ヘリウムを必要としており、その価格は高価で、操作性、安全性、ヘリウム資源保存性等の問題が指摘されていました。そこで、液体ヘリウムを使うことなく直に冷凍機で超電導コイルを冷却する方法が1980年代前半に構想されました。これは、GM冷凍機（ギフォード・マクマホン冷凍機）を用いるもので、当初の動作温度は冷凍機特性により約10Kが下限で、その温度で使用できるニオブ3・スズ合金（ Nb_3Sn ）超電導線材を使用していました。しかし、 Nb_3Sn 線材は高価でかつコイル製造法が複雑なために普及にはいたりませんでした。汎用線材の代表であるニオブ・チタン（NbTi）線材を用いるマグネットは動作温度が低く、液体ヘリウムの使用が必須でした。そこで、10K以下で大きな比熱を有する磁性蓄冷材を用いた4K-GM冷凍機を開発、さらに電流リードに大電流容量と低熱侵入を両立する高温超電導体を用いて、4Kにおいて液体ヘリウムを使用することのない冷凍機冷却NbTi超電導マグネットを1993年（平成5年）に実現することができました。このマグネットは1995年（平成7年）には商品化に成功、その使いやすさから世界的に普及する礎となりました。現在では室温空間直径が2m近い大型のマグネットも実用化され、シリコン単結晶引上げ装置や重粒子線がん治療装置などに活用されています。

- ☆顕彰先 : 東芝エネルギーシステムズ株式会社
- ☆所在地 : 東芝未来科学館
〒212-8585 神奈川県川崎市幸区堀川町72番地34
(ラゾーナ川崎東芝ビル2階)
- ☆ホームページ : <https://toshiba-mirai-kagakukan.jp/>
- ☆アクセス（最寄駅）: JR川崎駅 徒歩1分



<写真・図表提供：①③④⑤東芝エネルギーシステムズ株式会社 ②東芝マテリアル株式会社>

- ① 冷凍機冷却超電導マグネットの外観と内部構造
- ② 磁性蓄冷材の比熱と球状磁性蓄冷材 (HoCu₂)
- ③ 4K-GM 冷凍機および冷凍能力線図 (Er₃Ni)
- ④ 高温超電導電流リード
- ⑤ シリコン単結晶引上げ装置用超電導マグネット外観