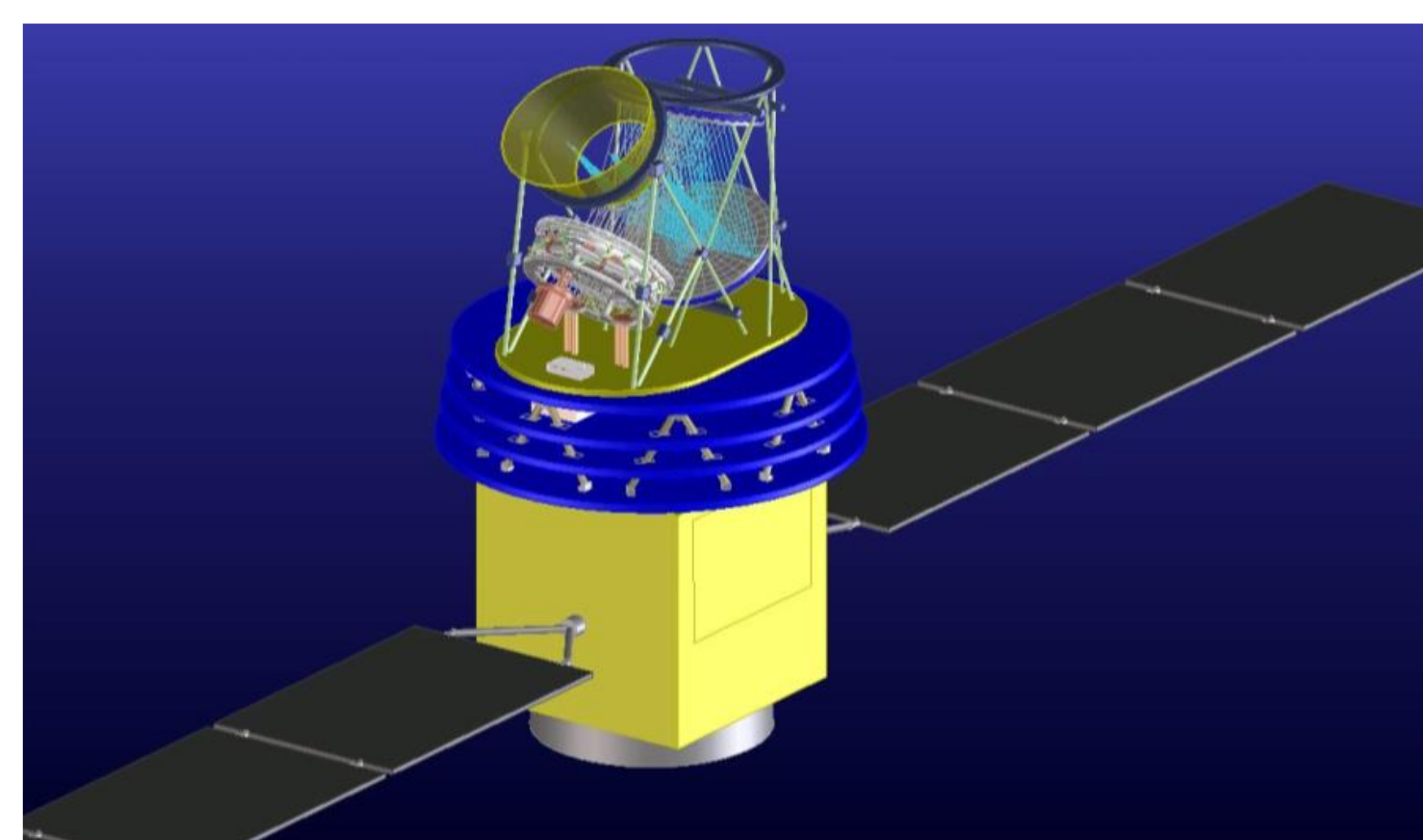


Lite BIRD搭載に向けた軽量化ADRシステムの検討

○ 高田 卓¹⁾、原田 匠²⁾、木村 誠宏³⁾& LiteBIRD WG

- (1) 自然科学研究機構核融合科学研究所
- (2) 筑波大学大学院システム情報工学研究科
- (3) 高エネルギー加速器研究機構



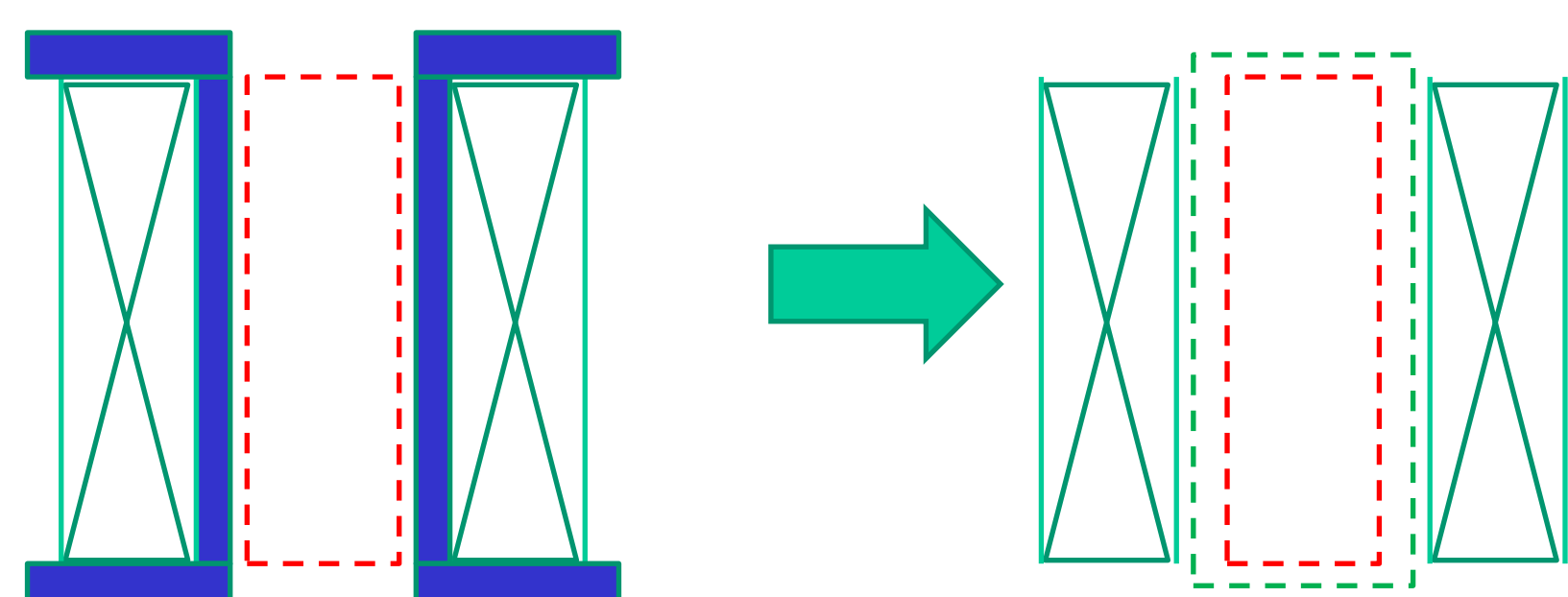
冷却系においてADRの軽量化が重要

LiteBIRDの熱設計の基本構想

光学系(主鏡・副鏡)全てを4K以下: 2段スターリング+4He JT冷凍機 (SMILES, ASTRO-H等)
焦点面は0.1K以下: 多段ADR (3段~4段) (ASTRO-H, IXO)

ADR重量32 kg (3段GGG, GLF, CPA)
2.45 μ W at 0.1 K (holding time 24 hour)
冷凍チェーン重量の約半分

①マグネットのボビンレス化

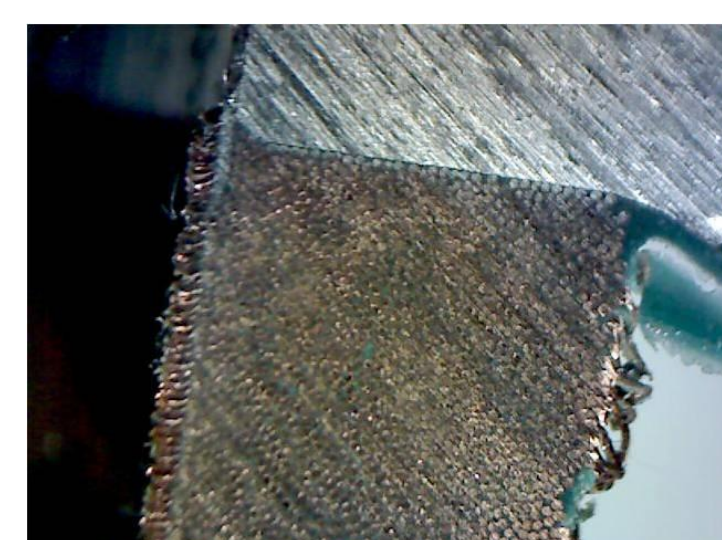


軽量化・常磁性塩ユニットの容量増
→ 質量当たりの冷凍能力増大

ADR はそのほとんどが内径20~50 mm程度の大きさ、
通常のボビン肉厚1~2mm程度無くしてしまうだけで
搭載ソルトピル容積が10%近くの増大

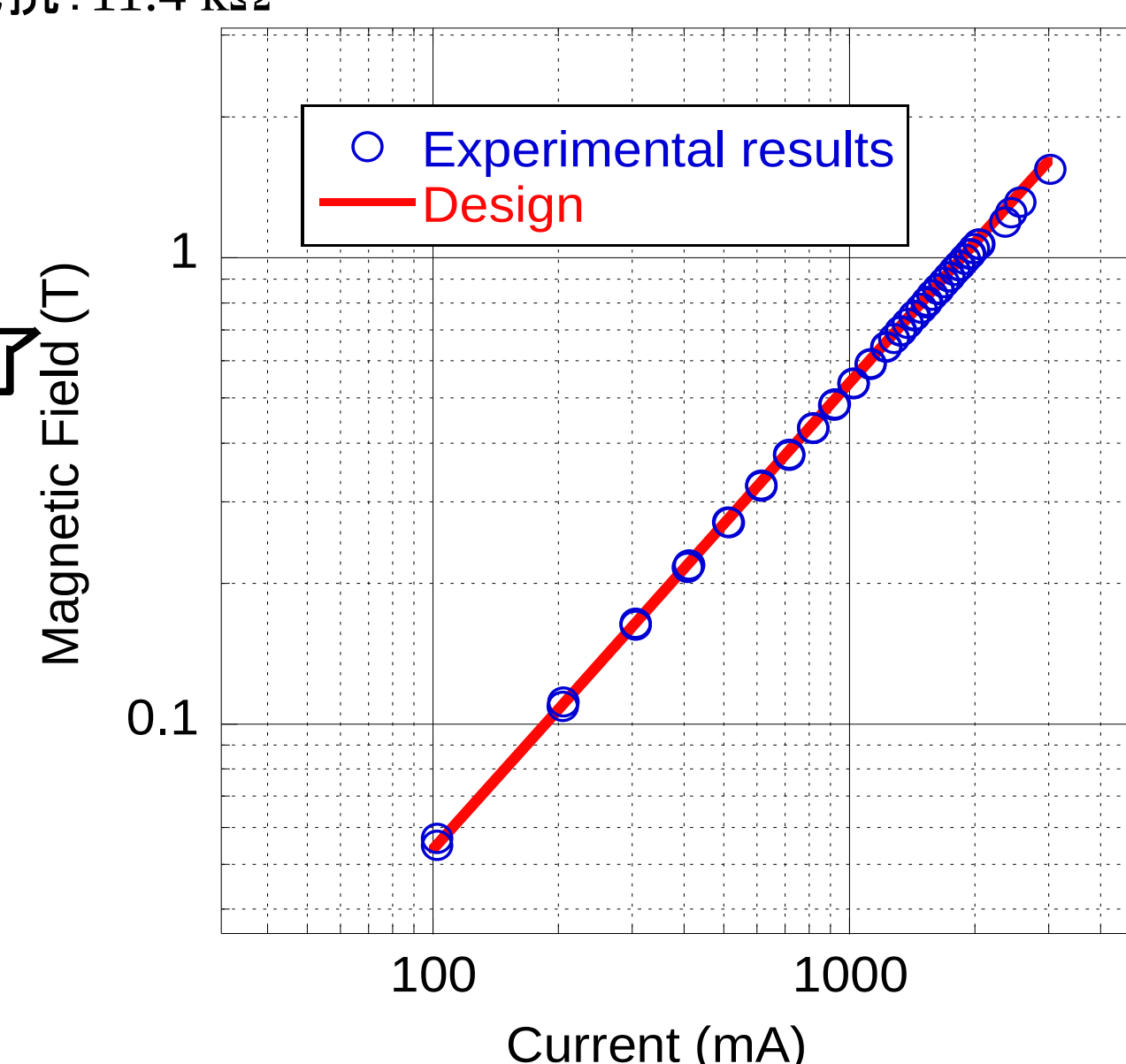


極細超伝導線用巻き線機の開発を完了



自作したデモンストレーションマグネット断面

超伝導材: NbTi(安定化材: Cu比 NbTi : Cu =1.3 : 1)
線径: 0.127mm (Insulation含む)
巻き数: 約26500 turn (線材長 3.2 km)
層数: 45 層
磁気インダクタンス: 7.2 H
常温時抵抗: 11.4 k Ω



重量 320.3g
22g (約7%)削減
(t1.0mmのボビンを仮定)

冷媒搭載可能領域14% up
(Salt pill-Mag間を0.5mmと仮定)

約3A で中心磁場1.5Tを達成!!

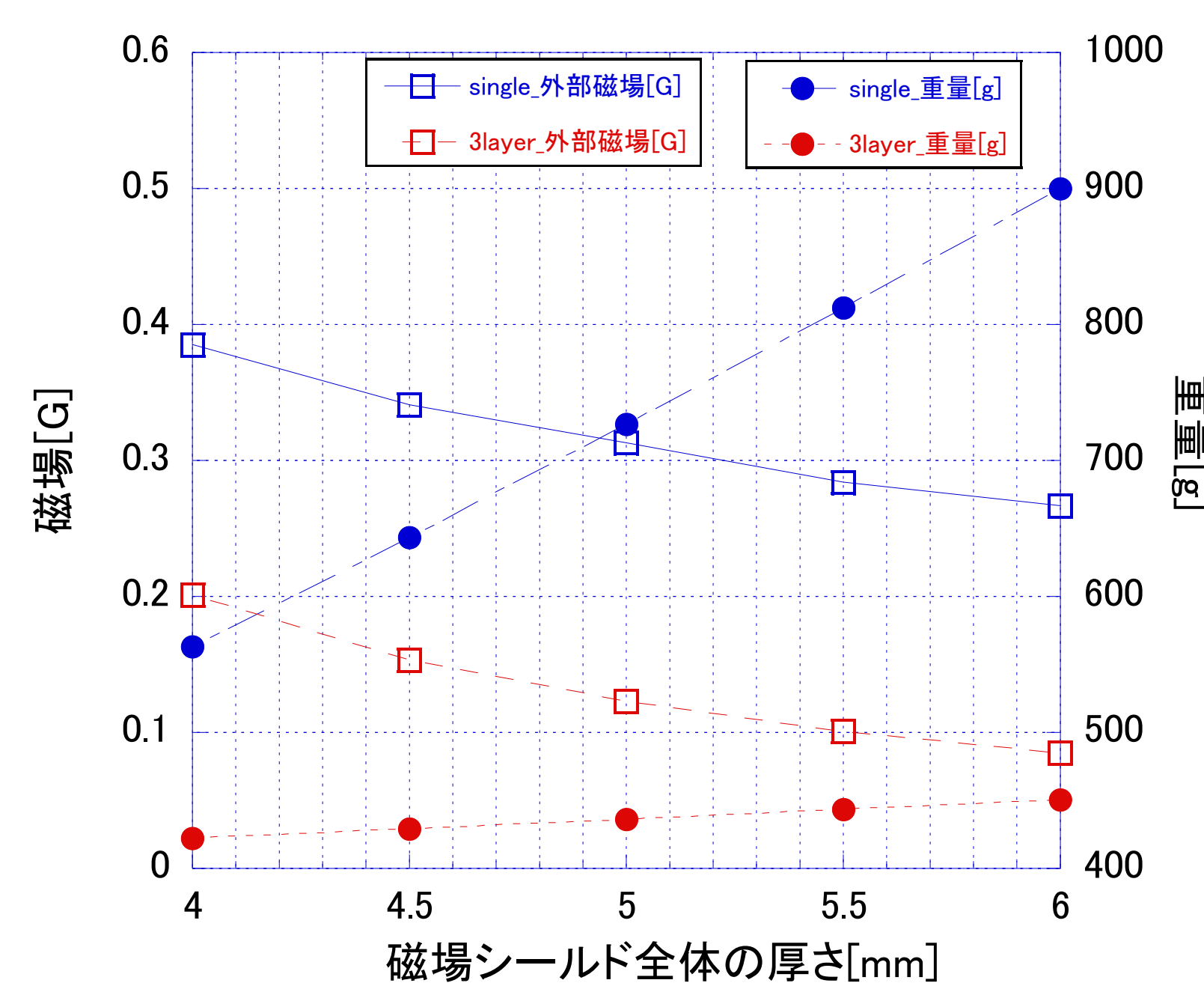
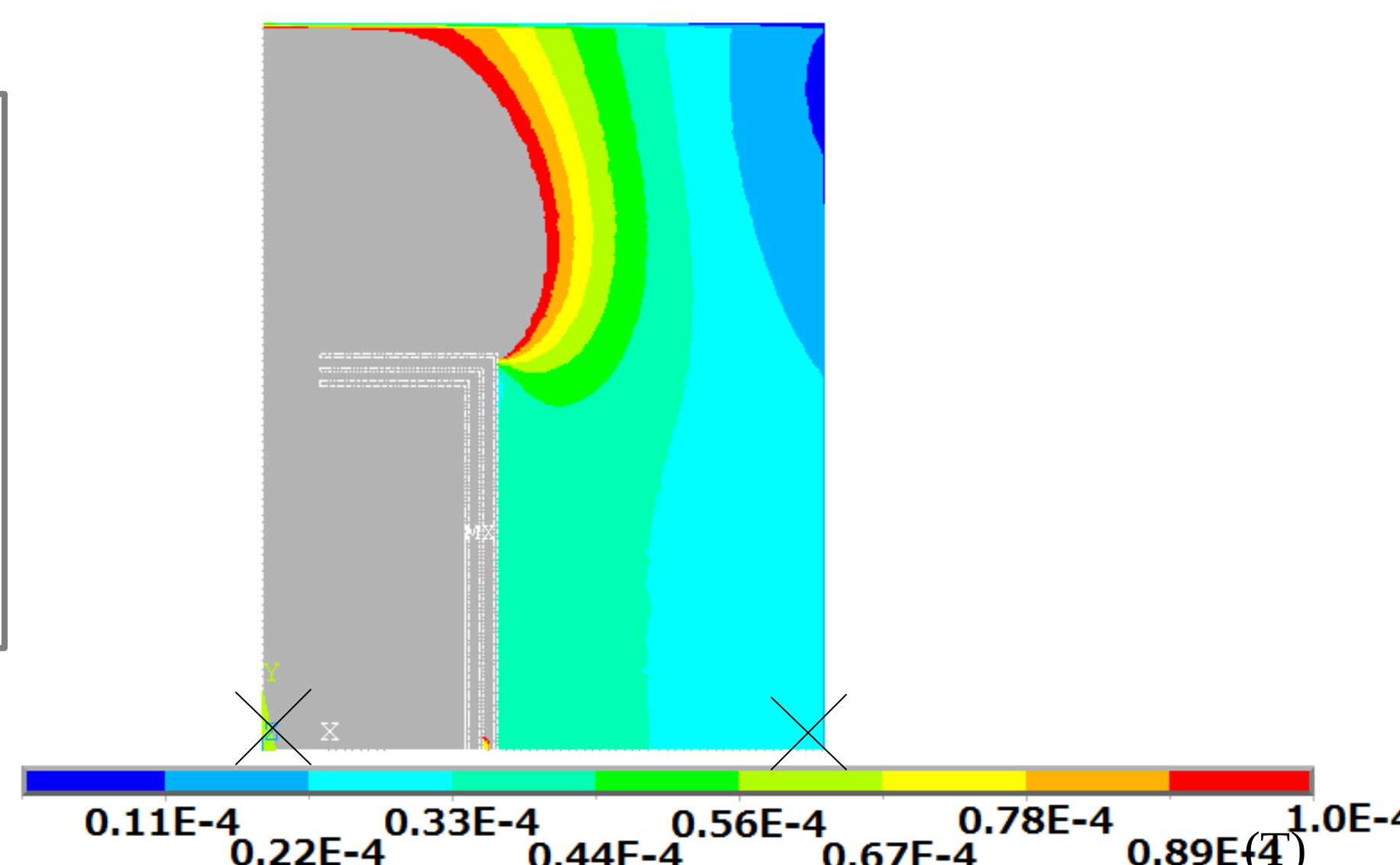
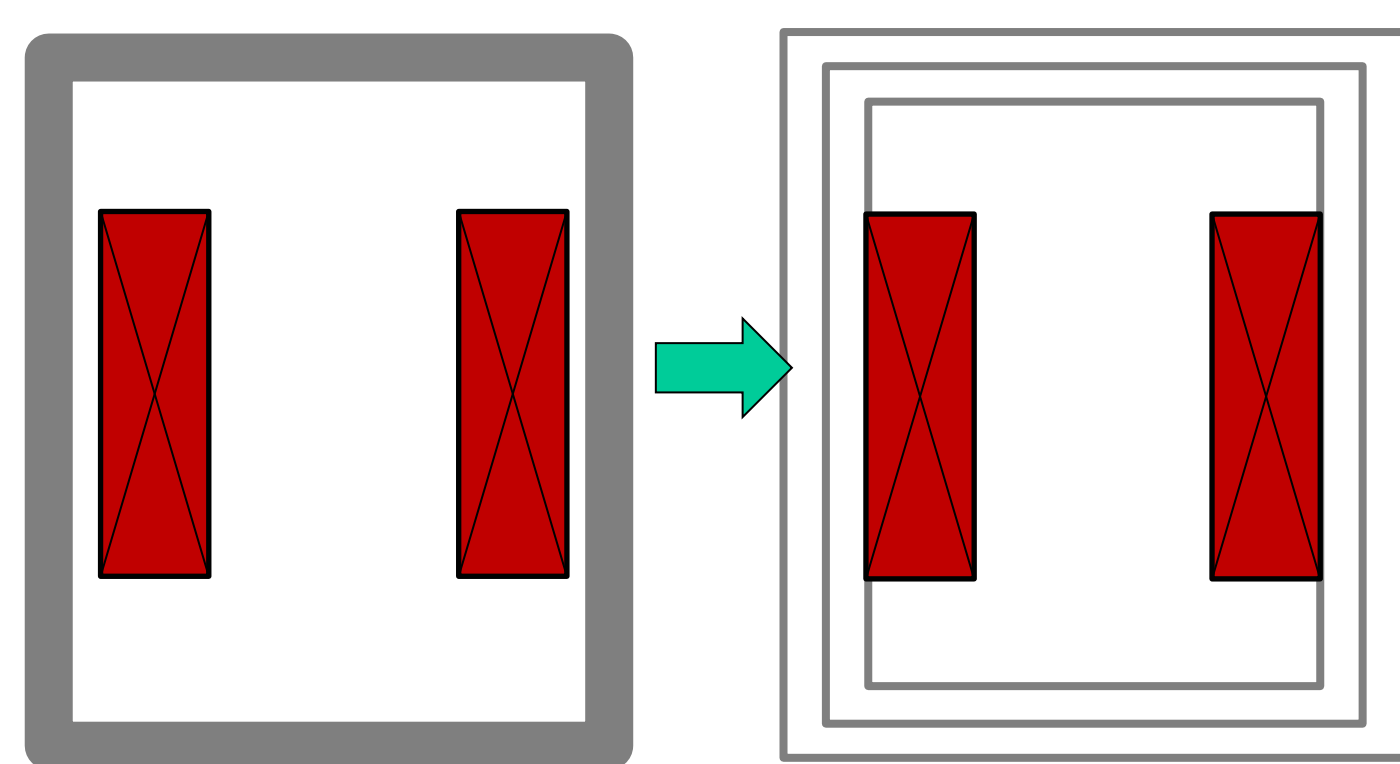
設計通りの磁場生成

LHe浸漬冷却で、クエンチ電流以下で試験、磁場はホール素子によって測定

②磁場シールド多層化

多層化シュミレーション

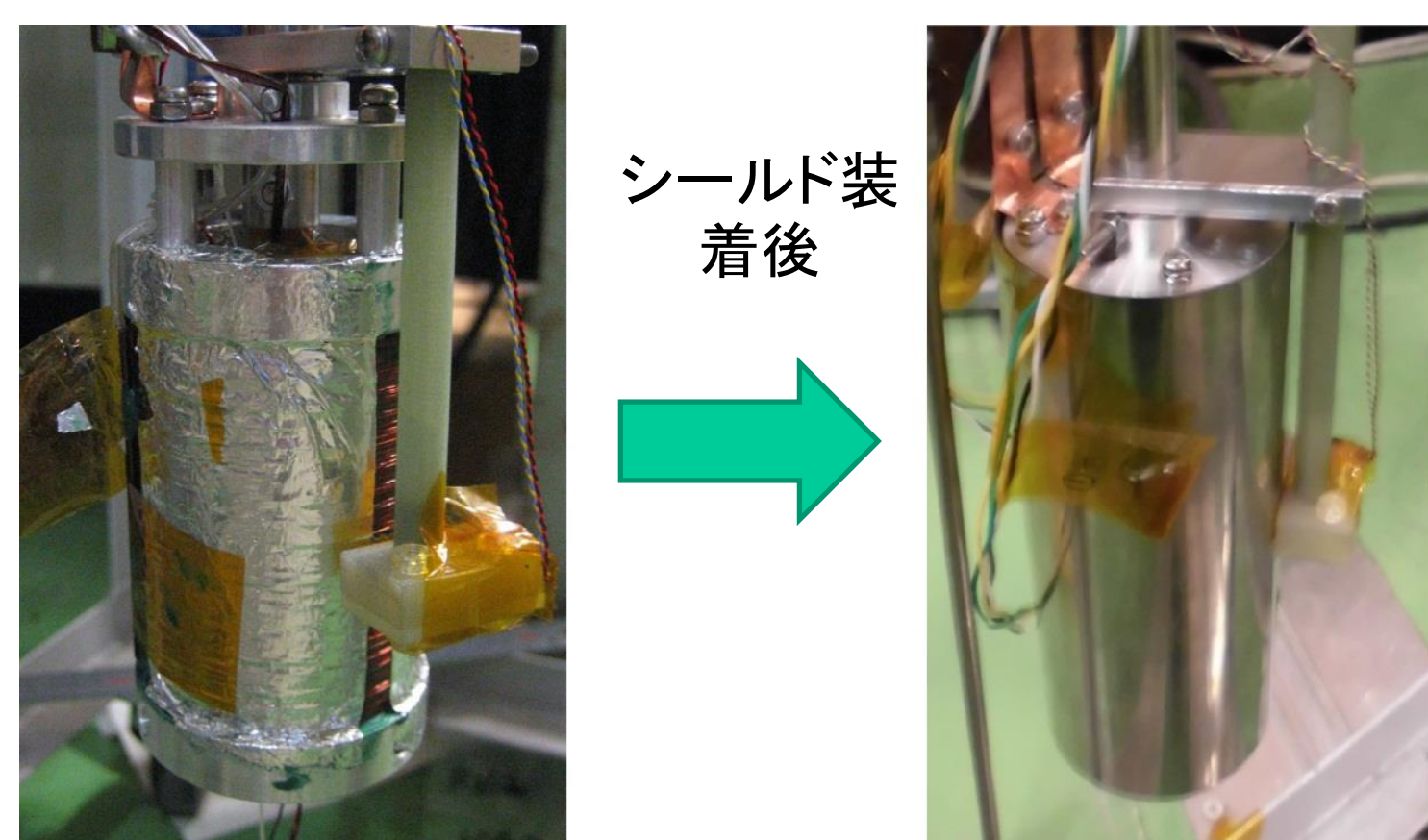
漏洩磁場解析の一例: 3層の磁場シールド (ANSYSによる)
(0.5mm x3 layers with the gap 1.25 mm)
4分の1軸対象分割モデル



単層・3層の比較 (3層は各層1mmで隙間厚さのみ変化させている)
ミュー値20000のシールド材の場合

重量をかけずに高い遮蔽効果が得られる
3割程度の重量にすることは十分可能

デモ実験 多層化磁気シールド



シールド装
着後

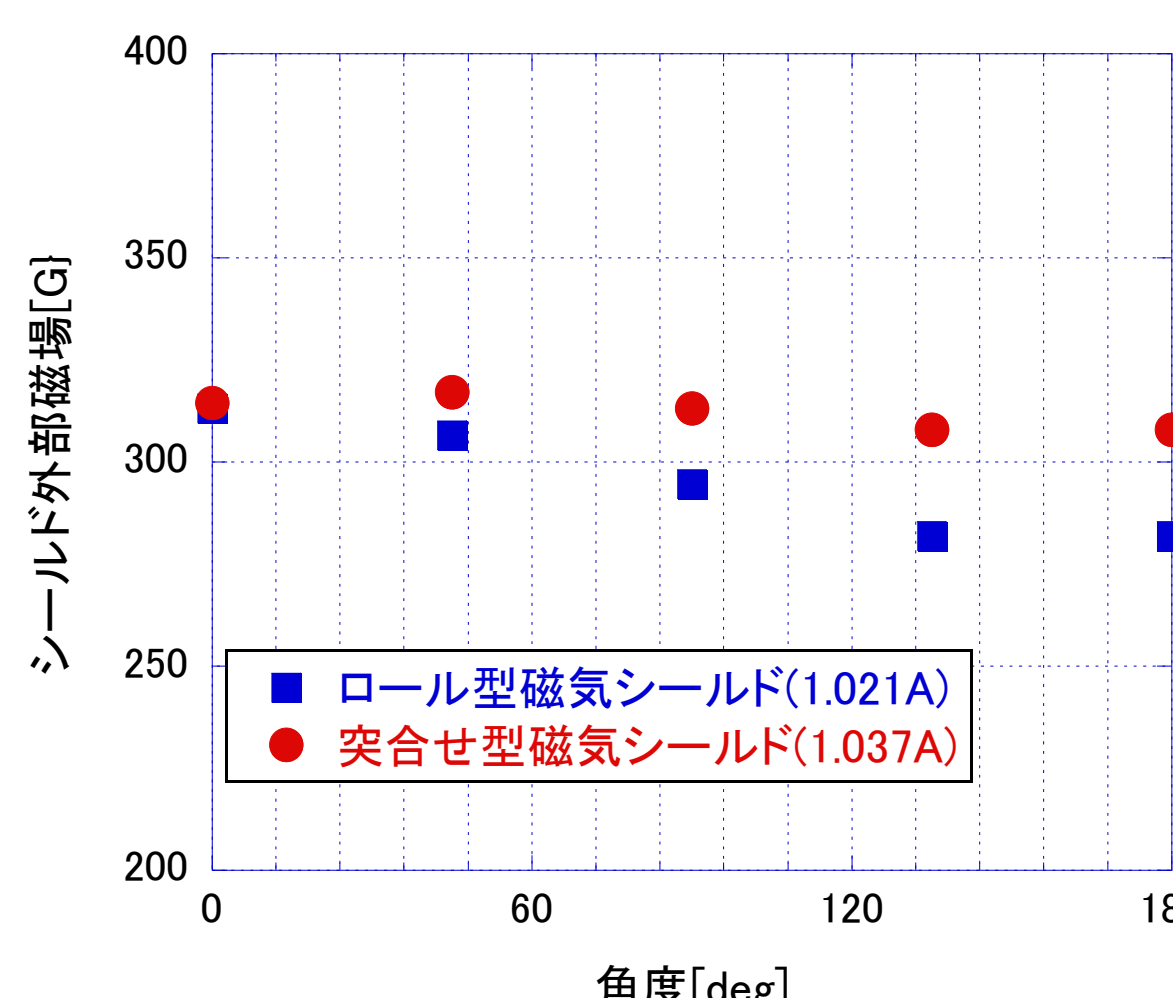
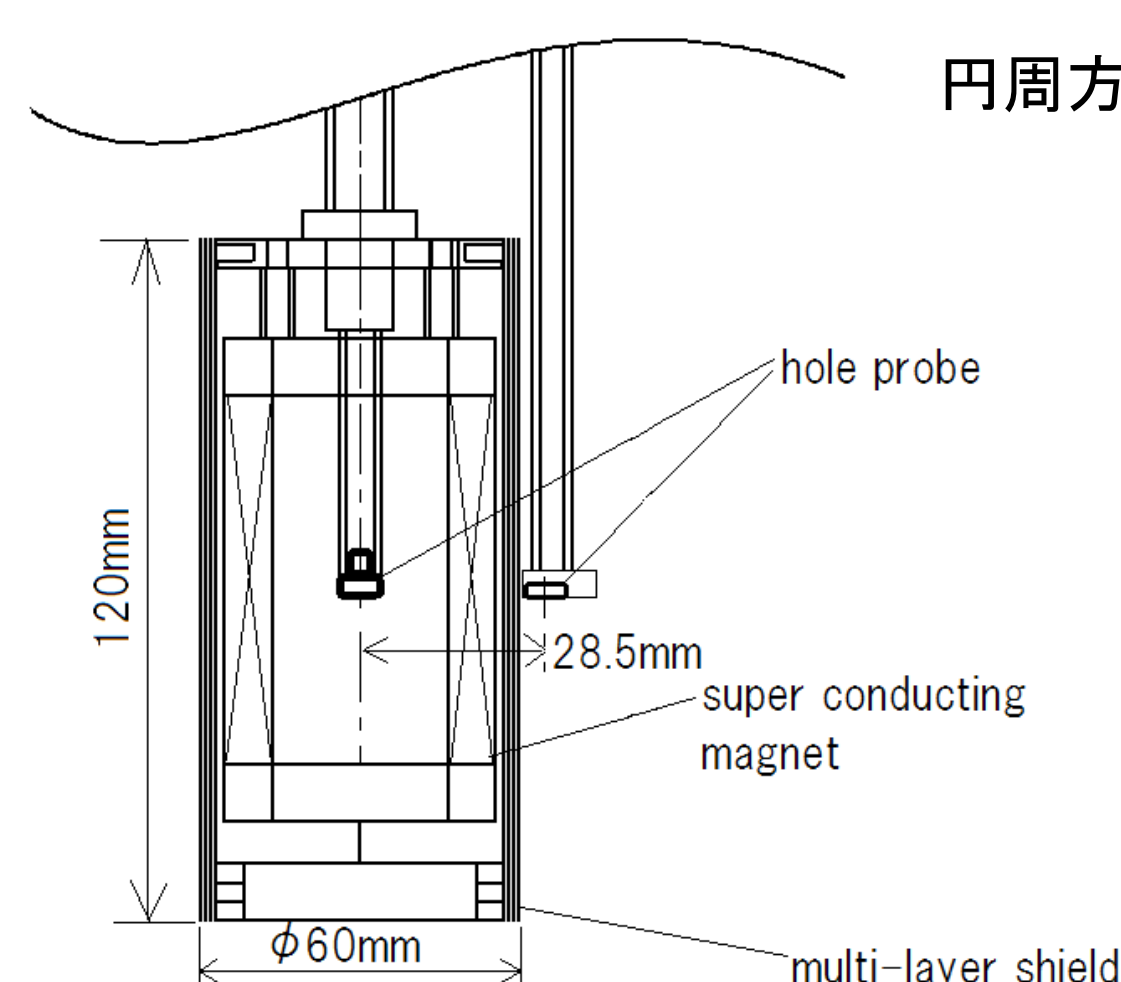
t0.1mm5層の PBパーマロイ板
純アルミt0.25mm(スペーサ)を使って簡便なデモ品を試作



ロール型シールド 突合せ型シールド

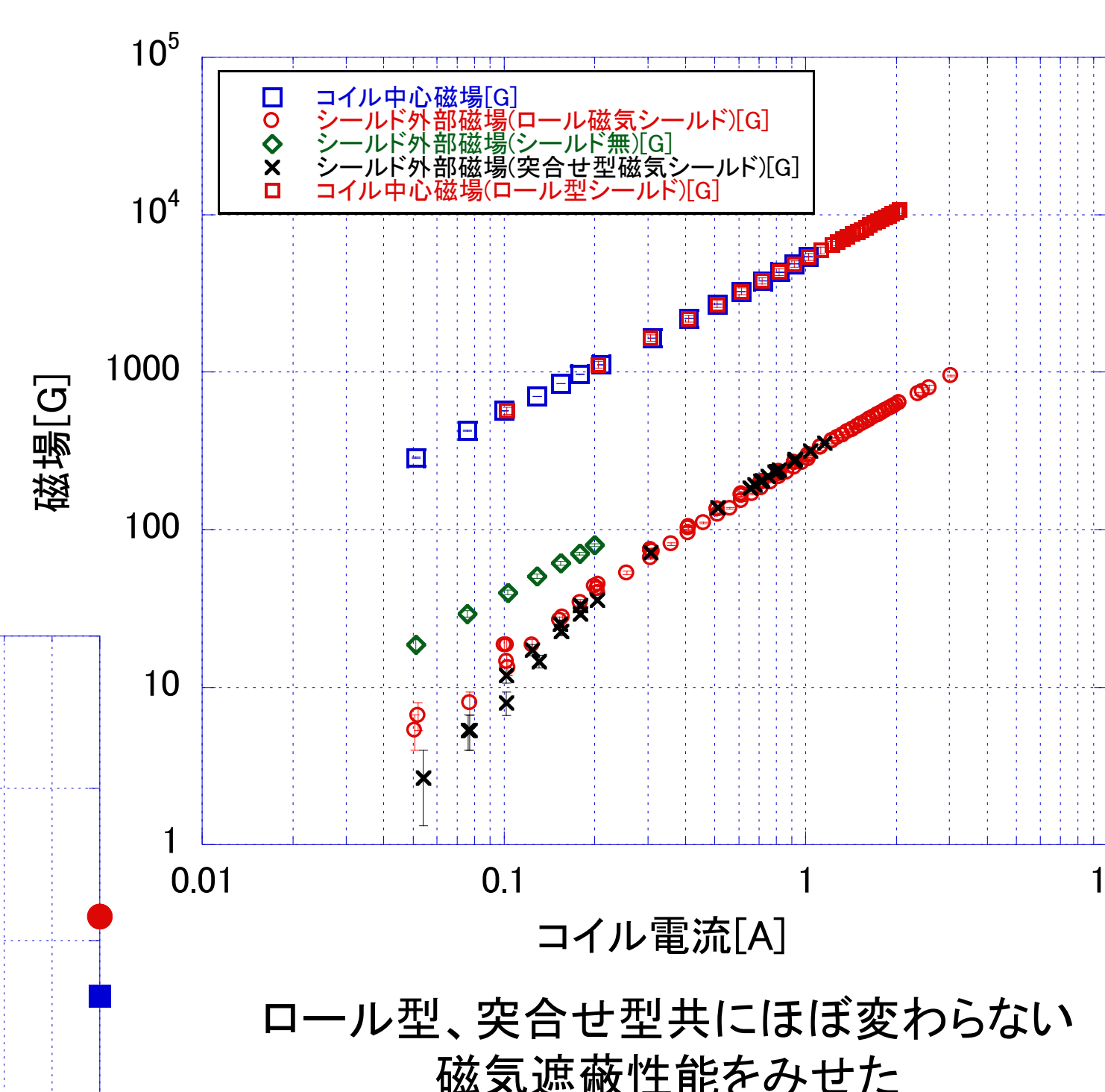
溶接なし、曲げのみで加工による構成

パーマロイ、クライオパーム、珪素鋼などどれも硬く、加工性が悪い
厚さ0.5mm程度までなら、切断や曲げも容易



継ぎ目(0° 地点)からの漏えい磁場はロール型でも10%程度でそれほど大きくない

LHe浸漬冷却(@4.2 K)
円周方向の漏えい磁場分布をホール素子で計測
端部(0° 地点)~180°



ロール型、突合せ型共にほぼ変わらない
磁気遮蔽性能をみせた

まとめ

LiteBIRD冷却系の軽量化の為、
その半分の重量を占めるADRについて
軽量化の為に2つの方策
『ボビンレスマグネット』
『多層磁気シールド』
についてR&Dを行った。

- ・ ϕ 0.1mm超伝導線によるボビンレスマグネットの製作に成功 1.5T @3A
- ・数値計算により、磁気シールド重量を劇的に下げるデザイン
- ・溶接なしで、曲げ加工のみによる薄板による多層シールドのデモを開始
→ 漏れ磁場分布<10%(ロール型)

2014年1月9-10日宇宙科学シンポジウム

This document is provided by JAXA.