

KEKにおける1.3GHz超伝導加速空洞 クライオモジュール開発

原 隆文 (KEK)
On behalf of KEK iCASA SRF Group

Acknowledgement: S. Belomestnykh, G. Wu, C. Grimm, Y. Orlov (FNAL); H. Weise, D. Kostin (DESY)
謝辞: 本研究は、文部科学省「将来加速器の性能向上に向けた重要要素技術開発」事業JPMXP1423812204の助成を受けたものです。

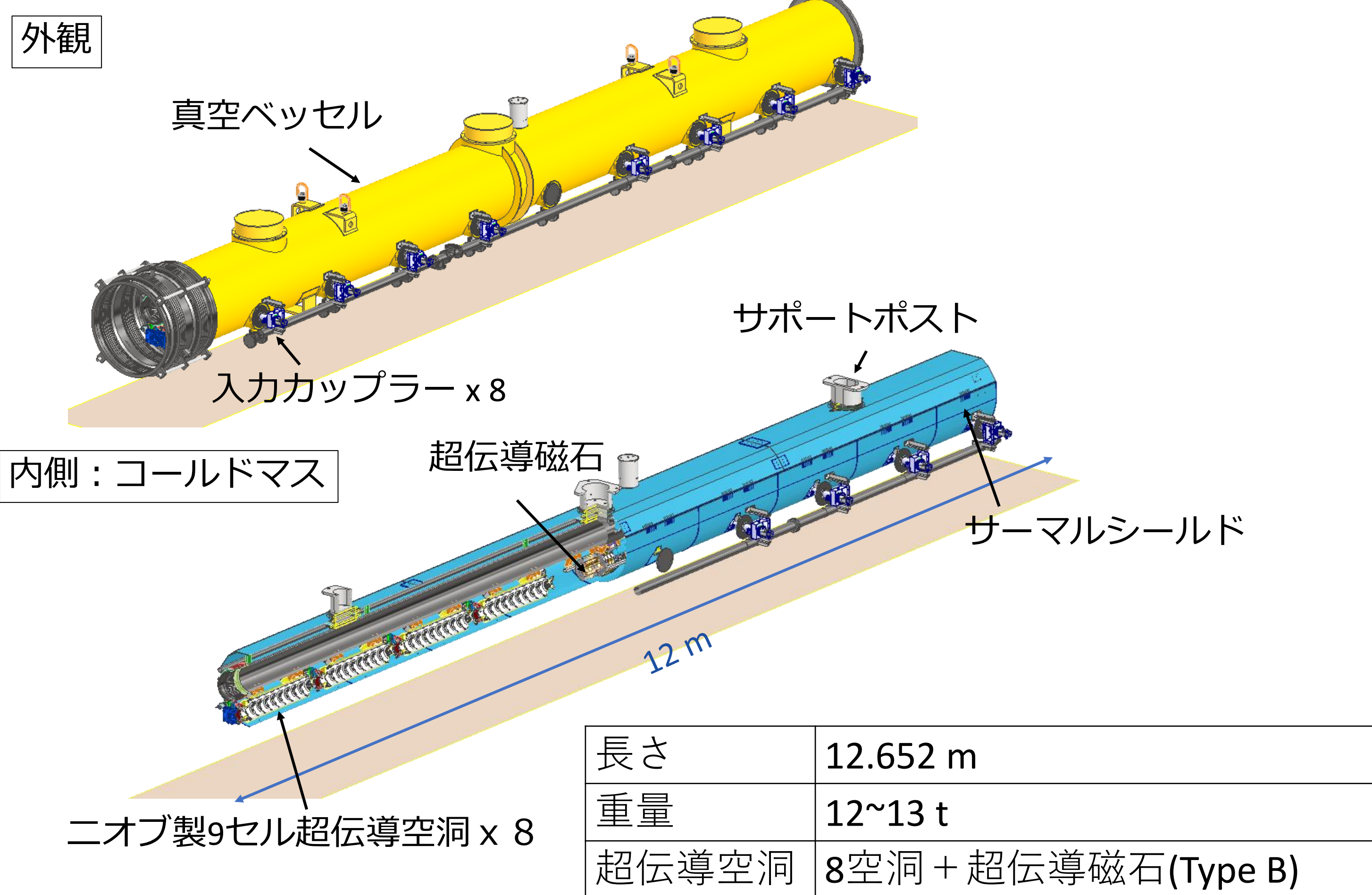
アブストラクト

国際リニアコライダーでは、電子・陽電子ビーム加速に超伝導線形加速器が必要である。超伝導線形加速器は、約800台のクライオモジュールで構成されている。クライオモジュールとは、ニオブ製超伝導空洞、高周波数チューナー（チューナー）、超伝導空洞に大電力高周波を供給するための入力カップラー、超伝導空洞を2Kまで冷却・保持するための冷却配管・輻射熱シールドが一体となった加速器コンポーネントである。KEKでは、2023年度から5か年計画で、将来の加速器に用いるクライオモジュールの設計製造を進めている。本ポスターでは現状について説明する。

クライオモジュール

クライオモジュールは、超伝導空洞の超伝導状態の保持、入力カップラーによる大電力供給、チューナーによる共振周波数の調整、ビームの加速、収束を行う
今回のクライオモジュールの設計方針は、2013年に出版されたILC技術設計書(TDR)に基づき、一部を改変している

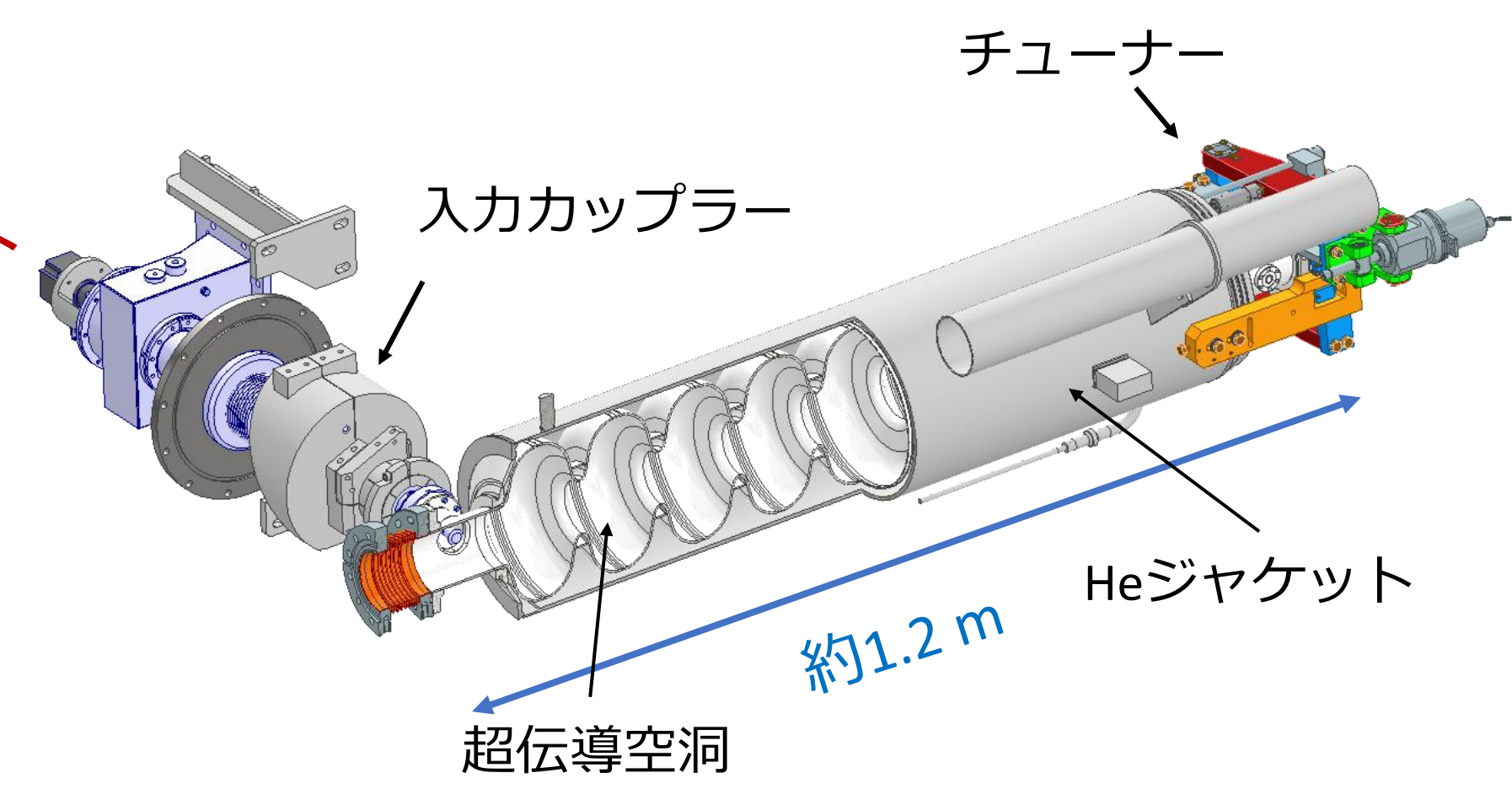
KEKで開発中のクライオモジュールの模式図



超伝導空洞パッケージ

超伝導空洞 + Heジャケット

- 液体ヘリウム温度2K
- 加速勾配 31.5 MV/m, Q値 1×10^{10} で加速
- 1.3GHz (π モード) で運転



入力カップラー

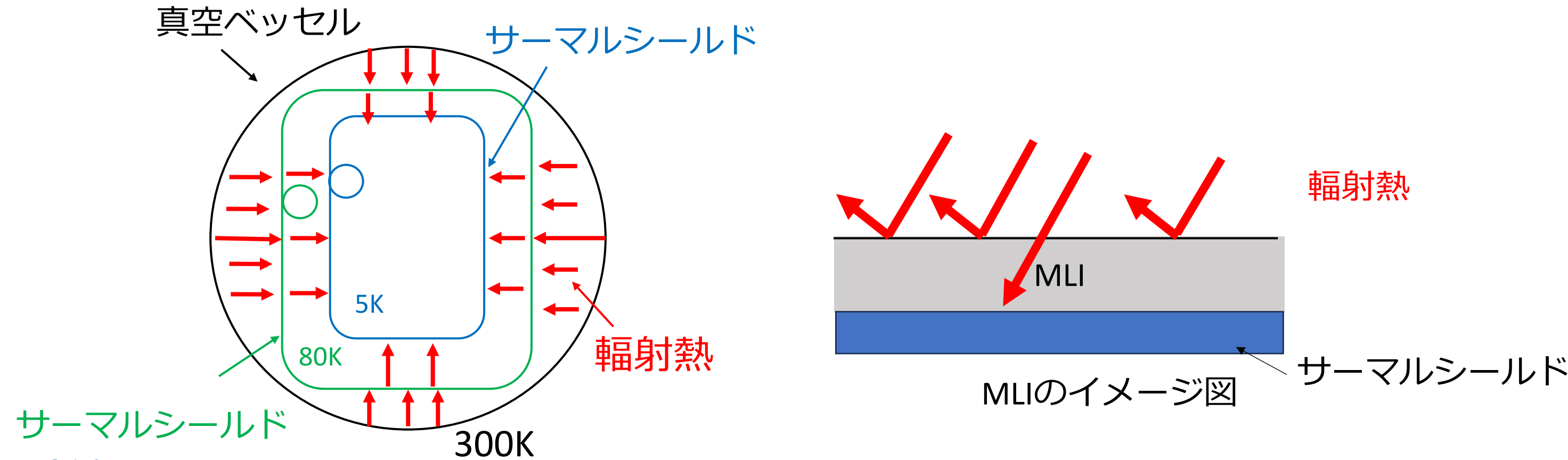
- 1.3GHzの大電力高周波を各空洞に供給
- セラミック窓が2枚入っており、真空気密を保ちつつ高周波を通す
- 入熱を抑えるためステンレスを母材として、表面だけ銅メッキ

チューナー

- モーターチューナー（粗調整）、ピエゾチューナー（微調整）
- 冷却後、空洞周波数を1.3GHzに調整する
- 運転中も1.3GHzに微調整する

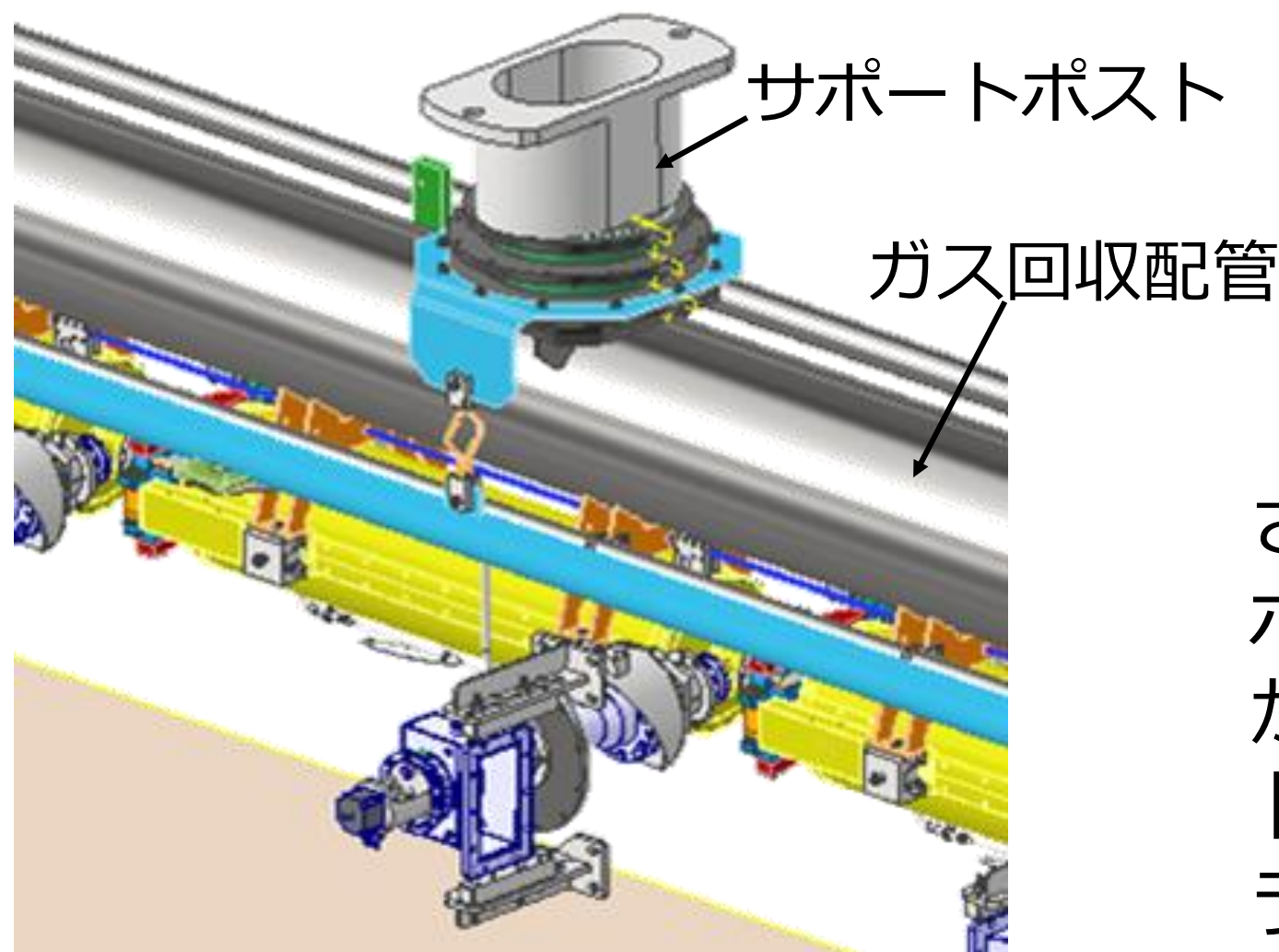
クライオモジュールへの熱侵入を最小にするための工夫

外部との間に約300Kの温度差があるので、
如何に空洞温度を2Kに維持するかが重要

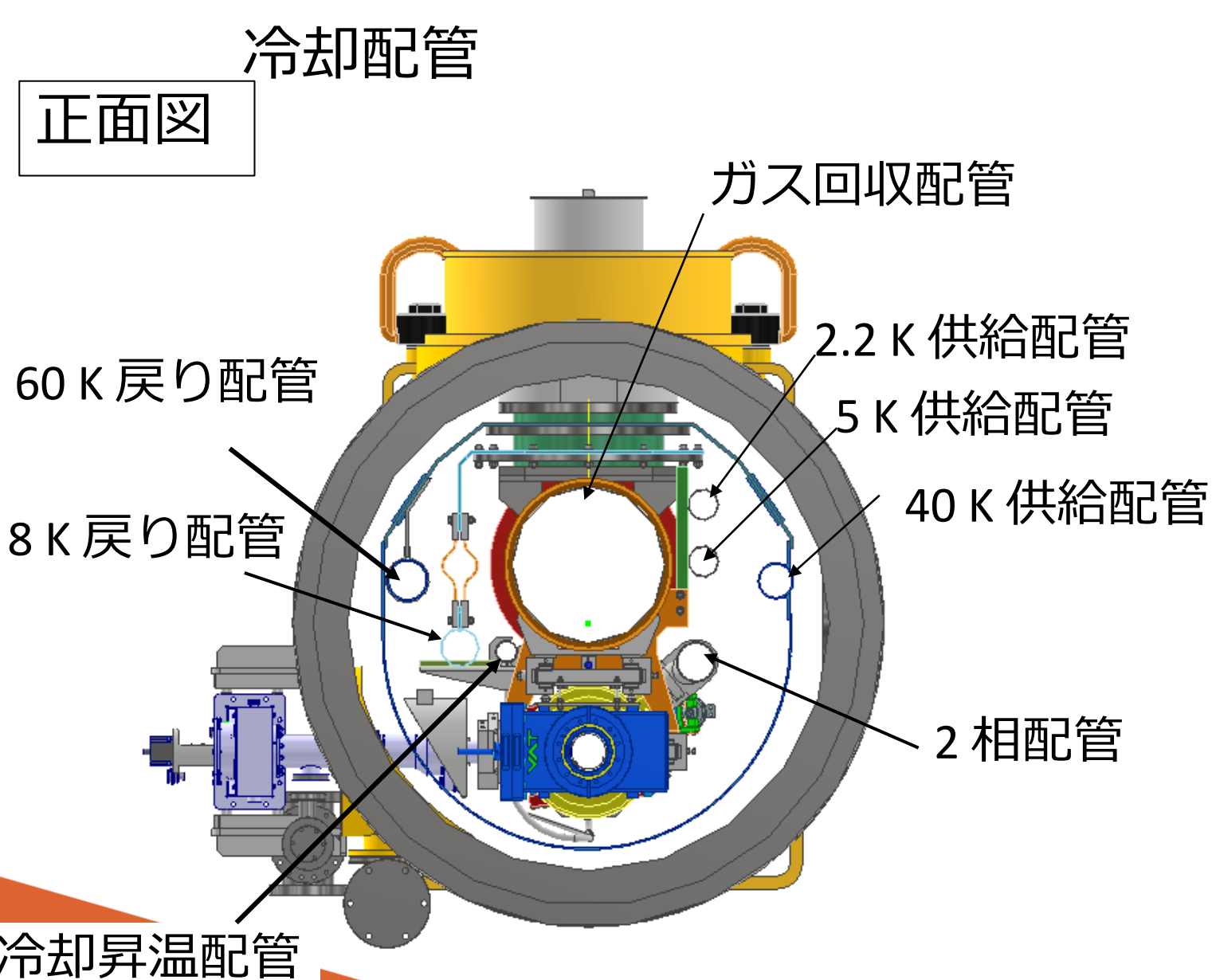


対策

- 真空ベッセルと呼ばれる、鉄製の真空断熱容器に格納する（対流効果無）
- 室温から超伝導空洞への物理的接触を最小にする（熱伝導効果最小）
- 真空ベッセル(300K)の内部にサーマルシールドと断熱材を設置することで、輻射熱の侵入を防ぐ（熱輻射効果最小）



空洞はガスリターンパイプから吊るされており、ガスリターンパイプはサポートポストにより真空ベッセルの上部から吊り下げられている。サポートポストは、熱伝導が小さいガラス繊維強化プラスチックで出来ている。



2相配管	空洞冷却、超伝導磁石
冷却昇温配管	空洞予冷・昇温用
ガス回収配管	He回収
5K 供給配管	HOMカップラー
8K 戻り配管	入力カップラー
40K 供給配管	サーマルシールド
60K 戻り配管	入力カップラー
2.2K 供給配管	将来使用

冷却による収縮の影響

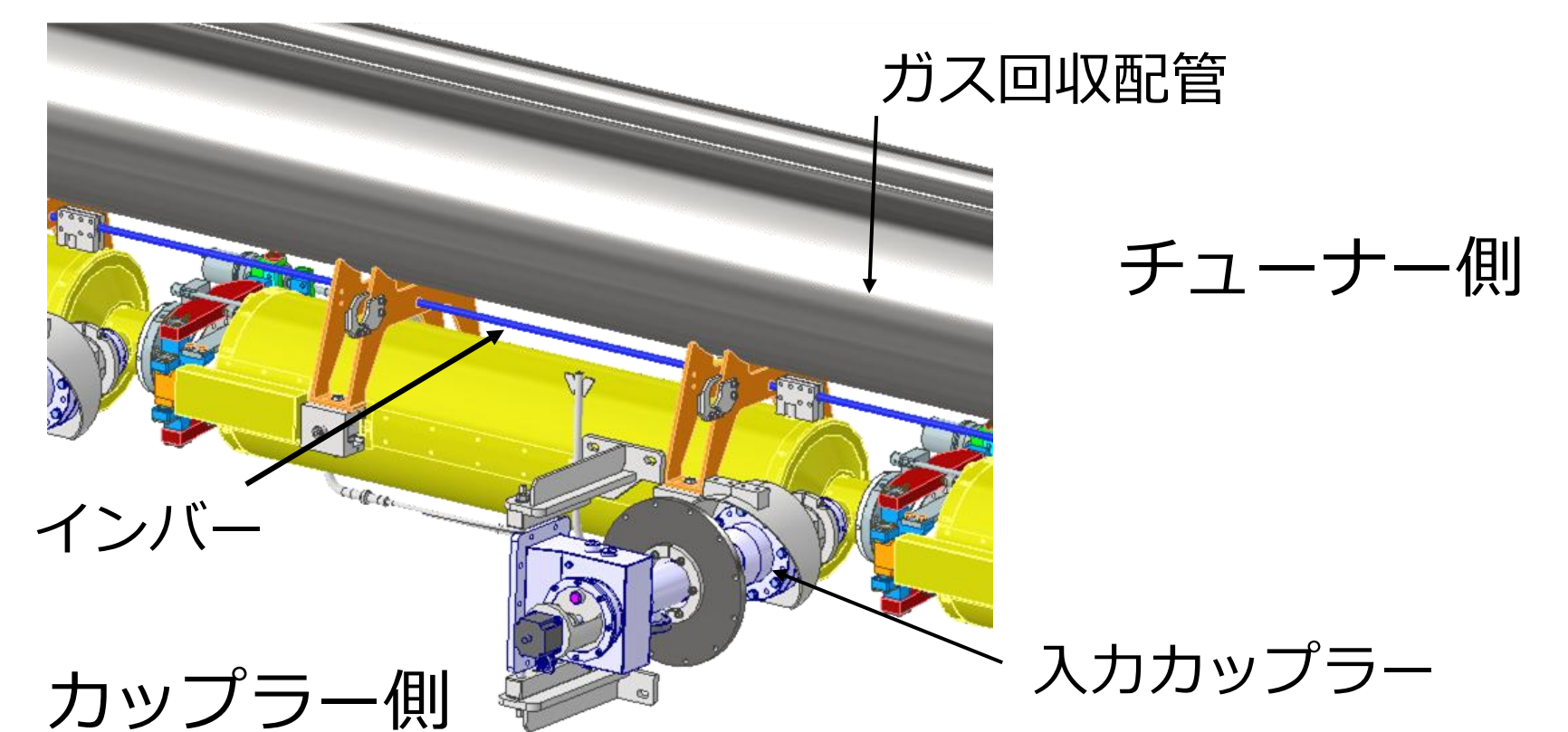
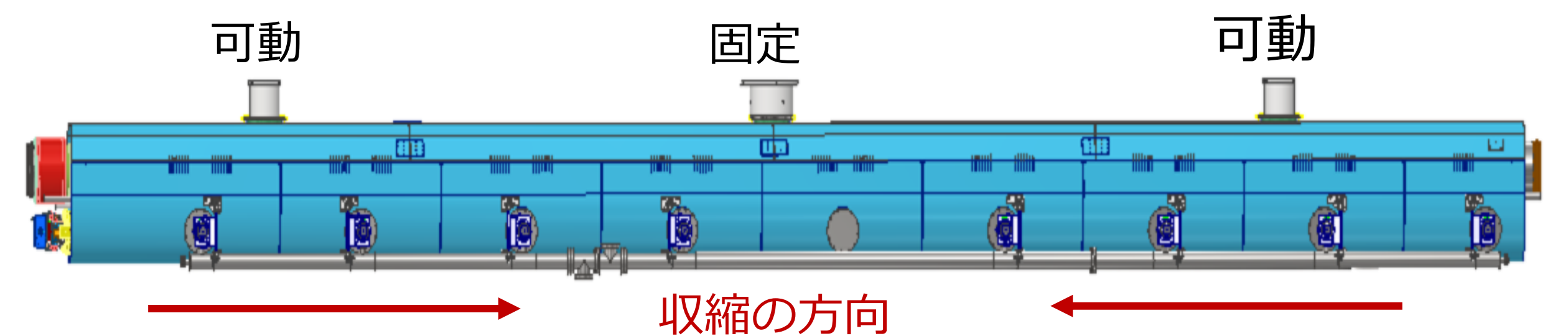
クライオモジュールは、12m以上の長さがあるため熱収縮の影響が大きい

コールドマス側の工夫

- 三つのサポートのうち、中央部で固定、両端は可動
- インバーはガス回収配管とクライオモジュール中央で一点固定

空洞側の工夫

- 入力カップラーが室温から空洞に直結して、空洞はインバー材と、入力カップラー側で一点固定
- 空洞はお互いにペローズビームパイプで連結



ILCTDRからの変更点

コストダウンを目指す。

- 5Kシールドの撤去
- サーマルシールドの熱アンカーを40K供給配管からとる
- MLI: サーマルシールド 30層 空洞と冷却配管 10層

