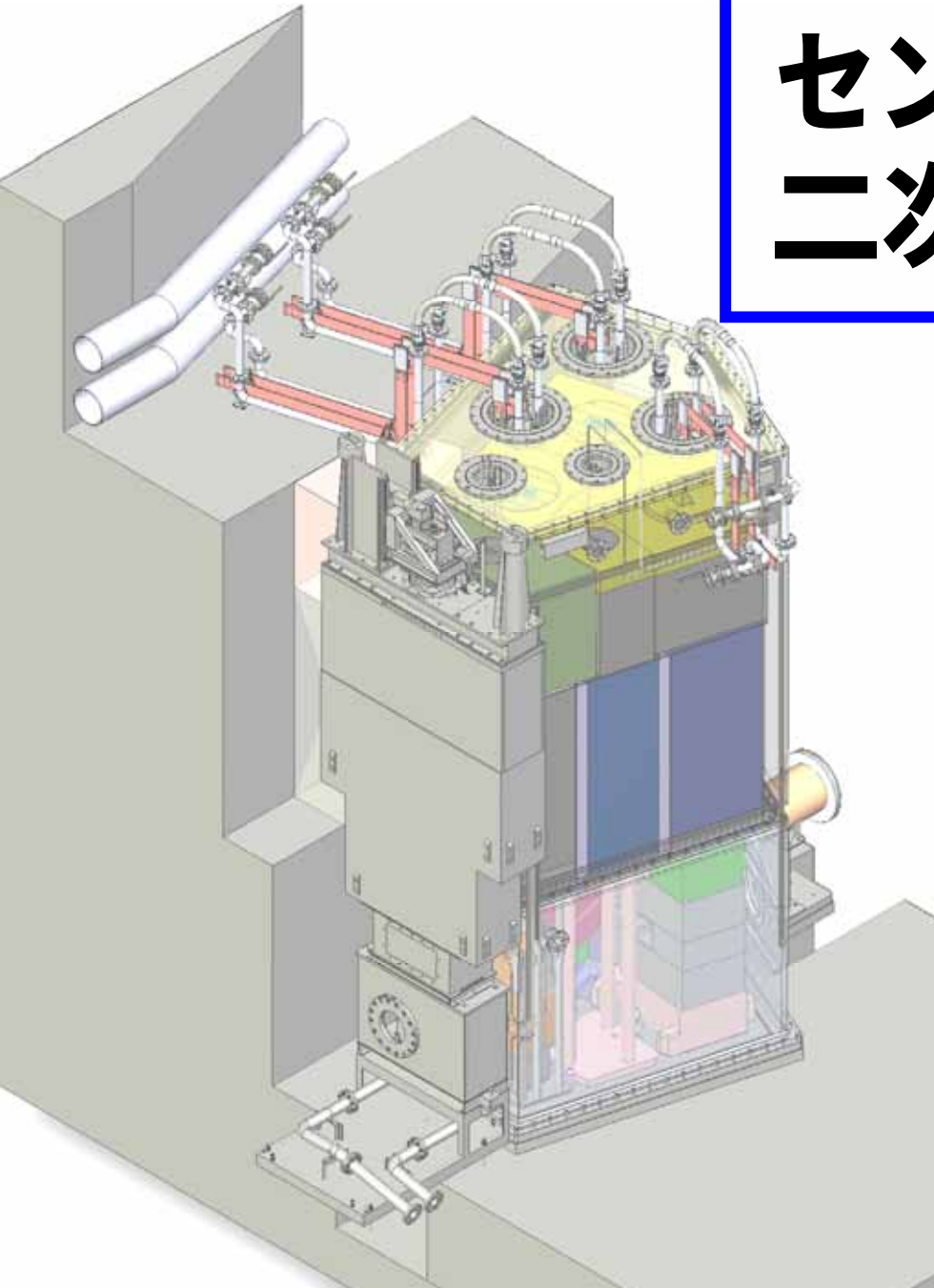


セントラルボックスと 二次ライン最上流部

ハドロンビームライングループ
高橋仁

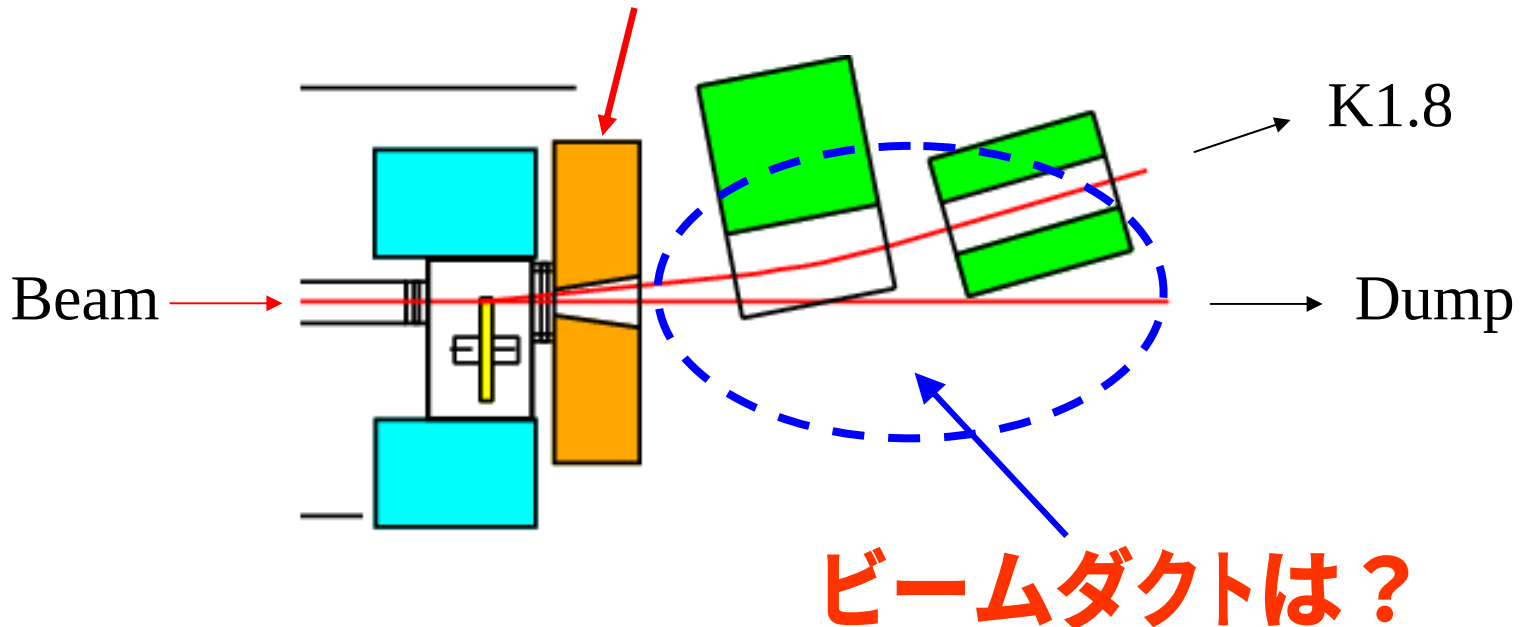
- T1標的の下流の熱問題
- 真空箱の構造、熱解析
- 真空中での電磁石運転
- 現状と今後の予定



T1標的の下流

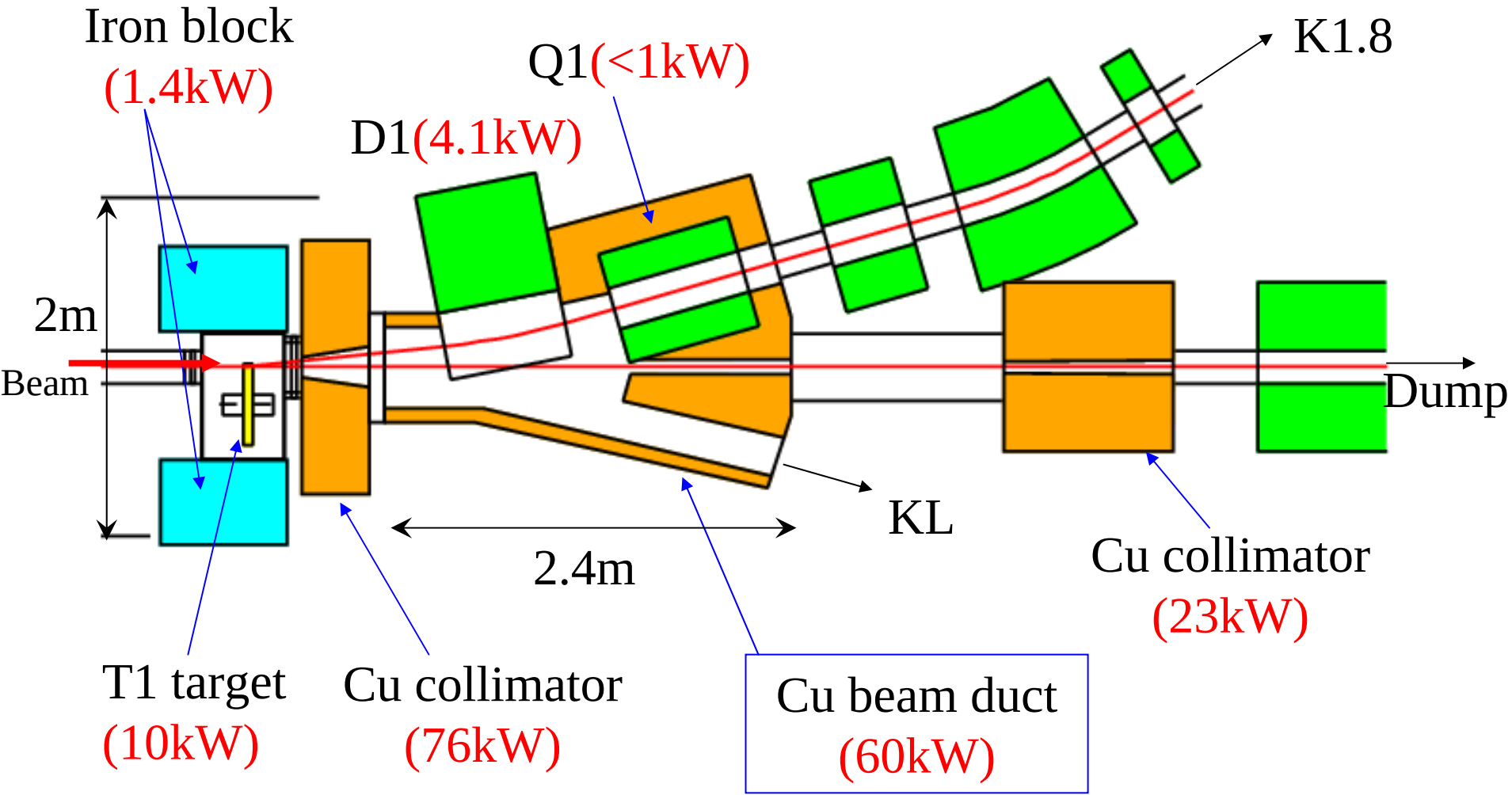
いかにしてビームライン機器を
200 kW の熱から守るか？

磁石は水冷銅コリメータで守る



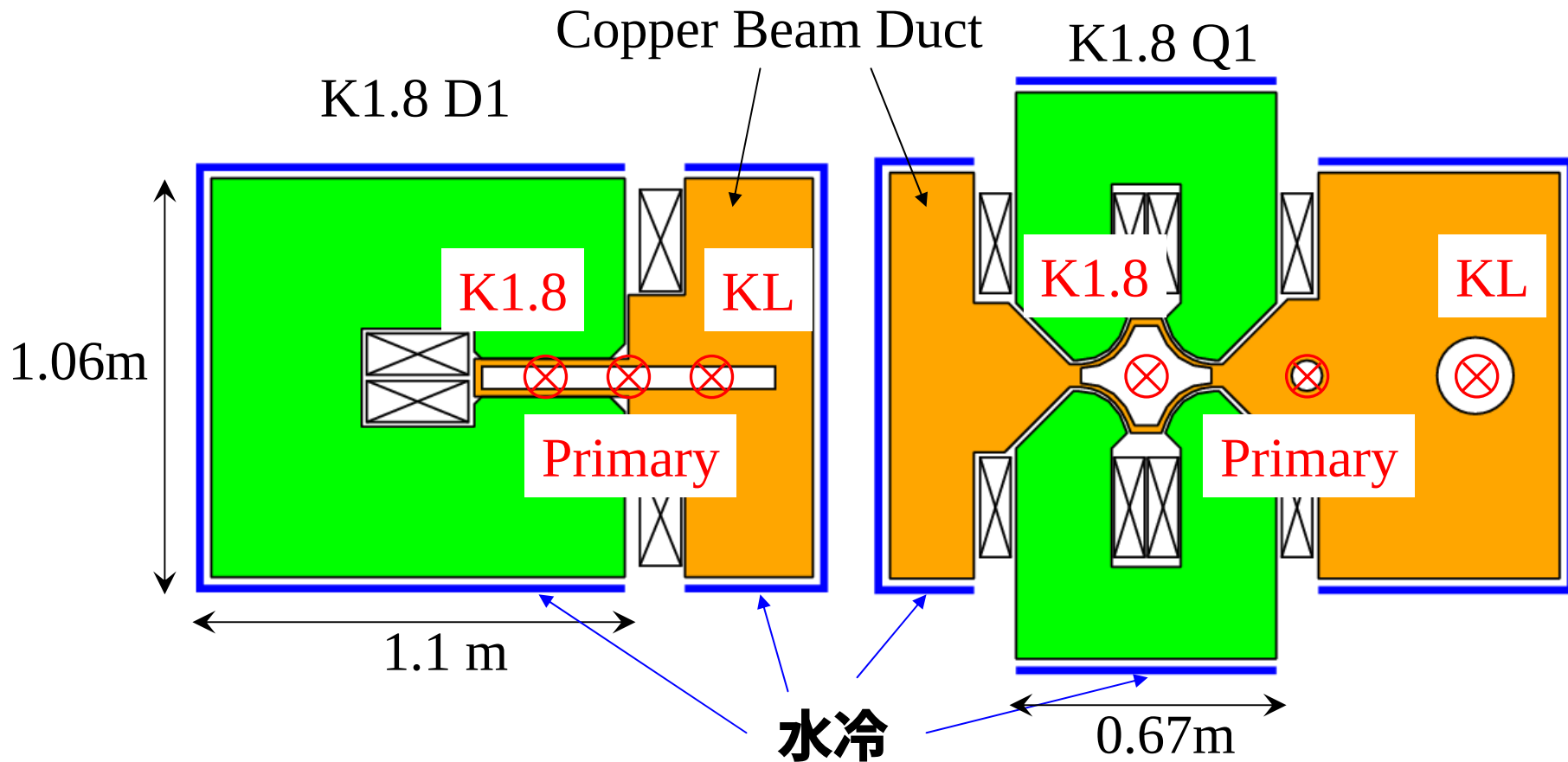
案(1) 水冷銅ダクト

熱伝導の良い銅製のダクトの周囲を水冷する



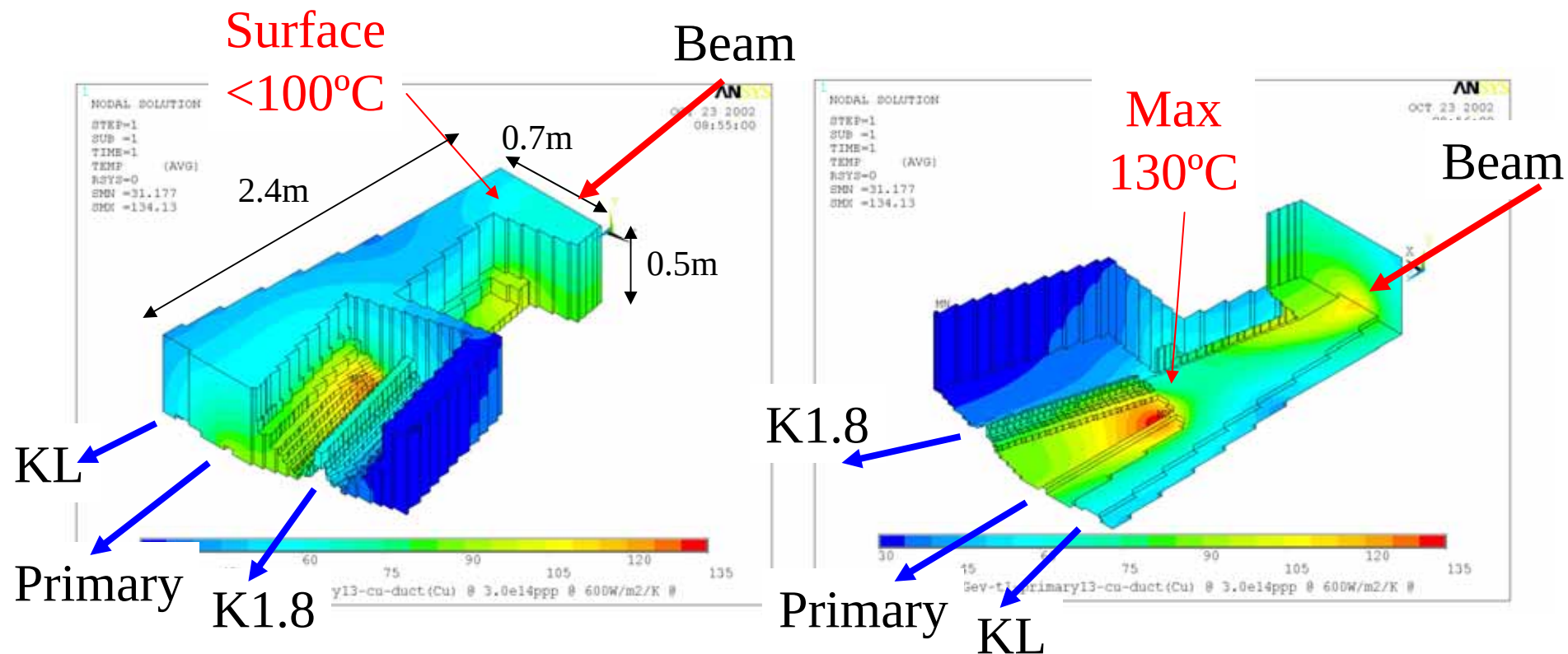
いかにダクトを冷やすか？ いかに真空をもたせるか？

K1.8 D1/Q1 磁石と銅ダクトの断面図



銅ダクトの温度計算結果

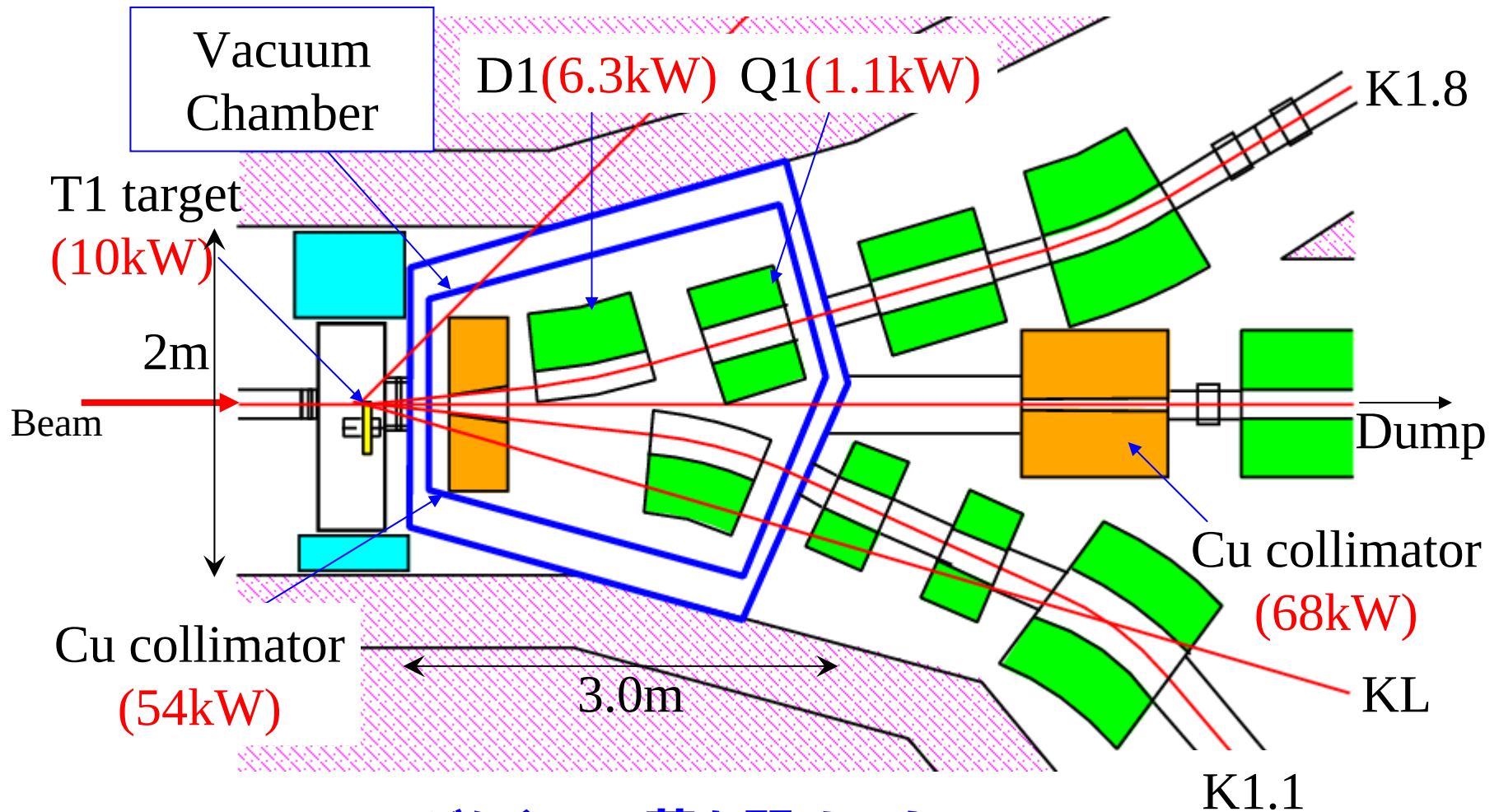
ANSYS計算 by 皆川



周囲を 600 W/m²/K で冷却

案(2) 大型真空箱

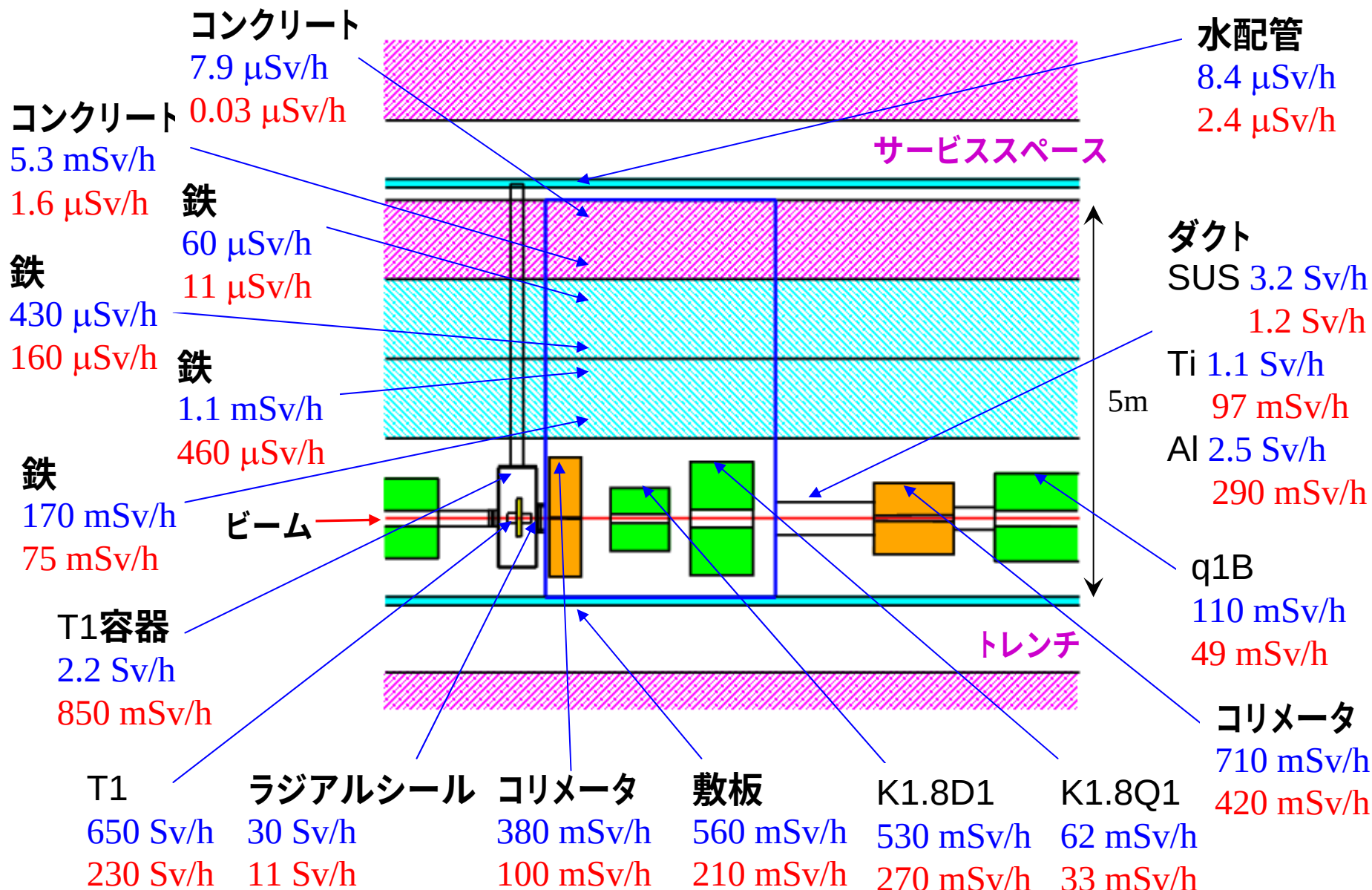
磁石の中に真空ビームダクトを入れる代わりに
真空箱の中に磁石を入れる



どうやって蓋を閉めるか？

ターゲット周辺の残留放射能

30日運転1日冷却後
1年運転半年冷却後



真空箱

サービススペース

真空箱

コンクリート遮蔽体

鉄遮蔽体

磁石

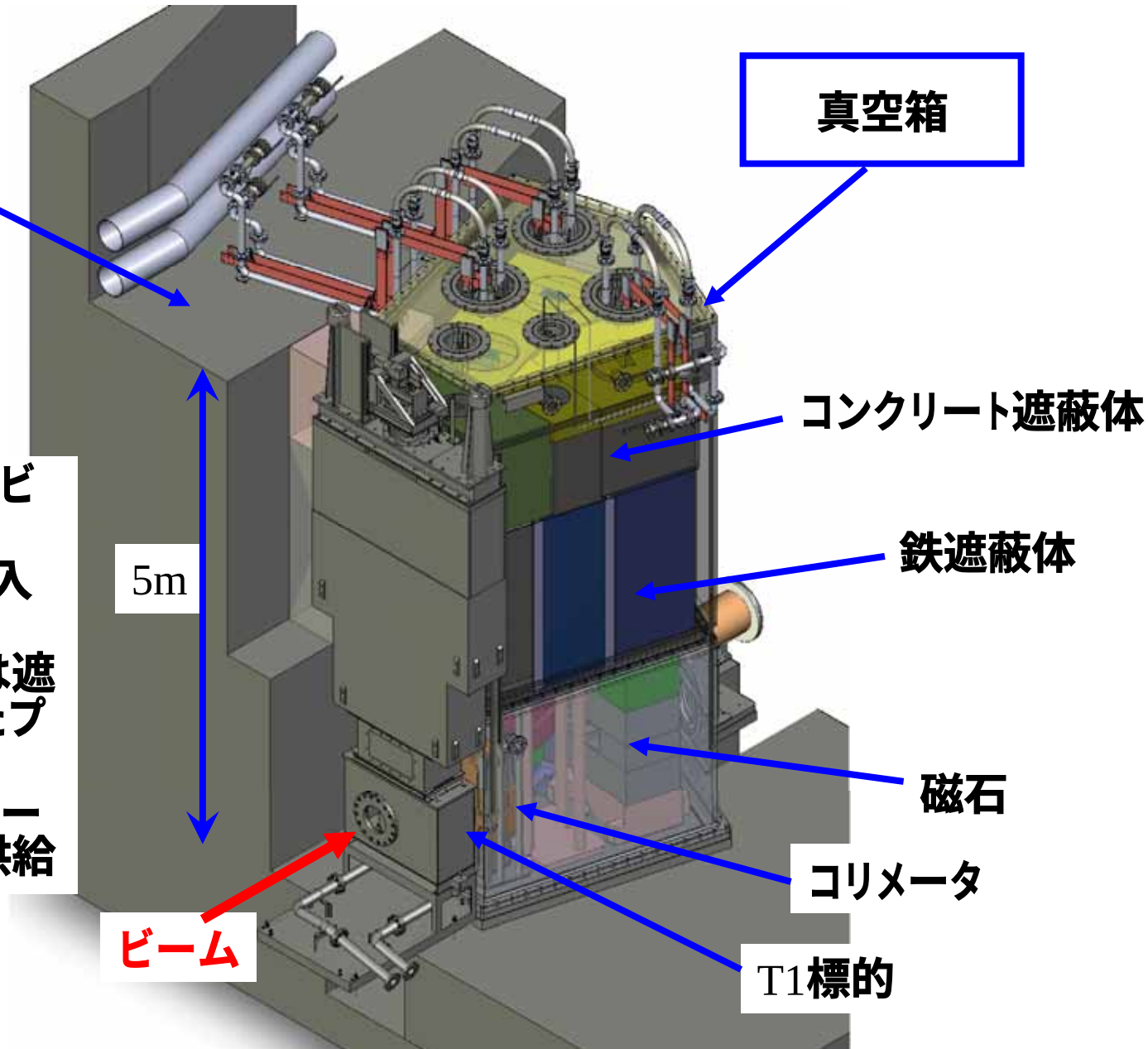
コリメータ

T1標的

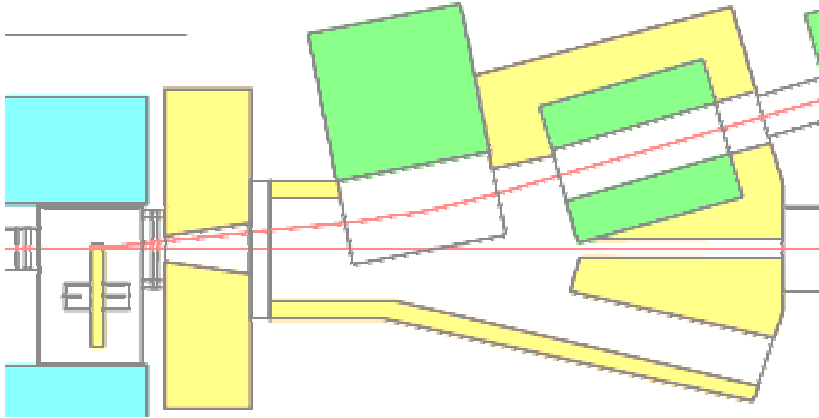
5m

ビーム

- ・ 真空箱の蓋はサービススペースの高さ
- ・ 遮蔽体も真空内に入る
- ・ 各磁石/コリメータは遮蔽体と一体となったプラグ構造
- ・ 電流や冷却水はサービススペースから供給

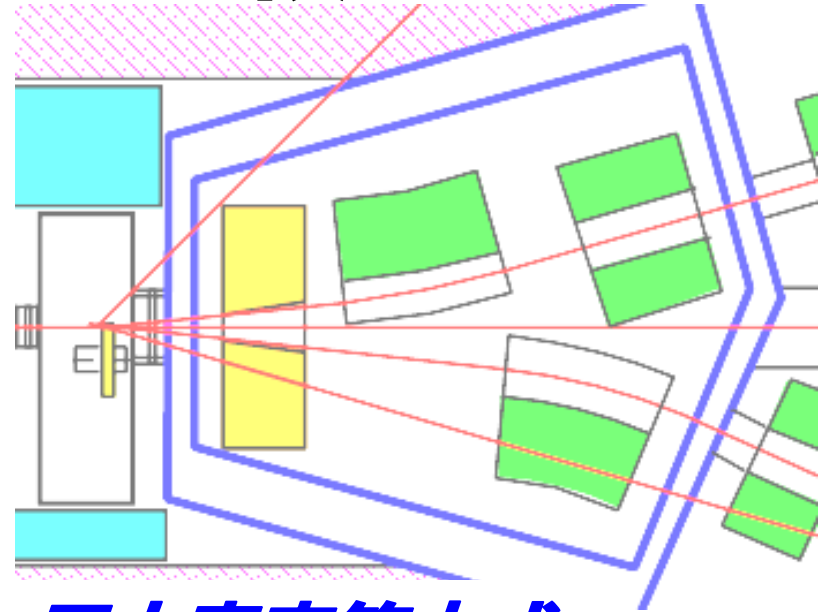


2方式の比較



水冷銅ダクト方式

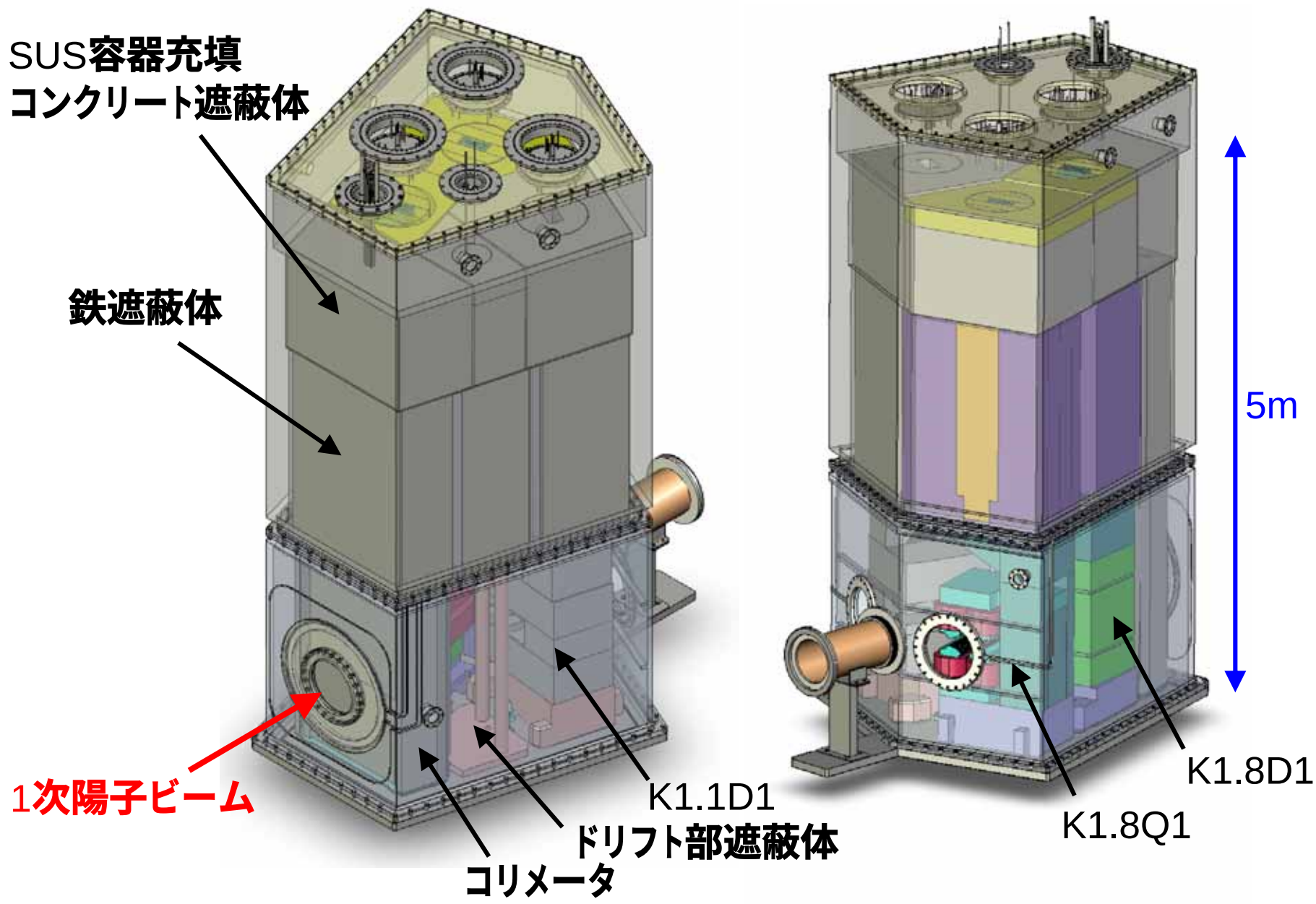
- メリット
 - 熱や放射線を局所化できる。
- デメリット
 - 配置、組み立てが大変。
 - 荷電ビームラインが1本しかできない。
 - コリメータとの真空のつながりが大変。



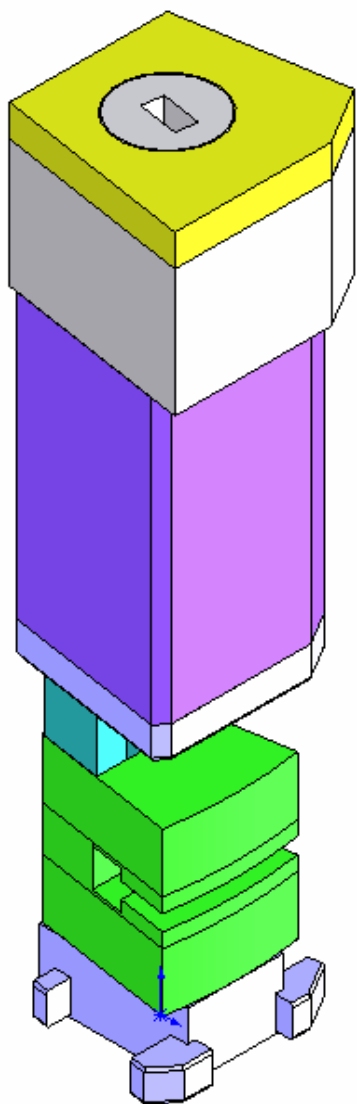
巨大真空箱方式

- メリット
 - 複雑な銅ダクトが不要。
 - 荷電ビームラインが2本できる。
 - 個別に交換が可能。
- デメリット
 - 真空の容積が大きい。
 - 磁石を真空中で運転させる。

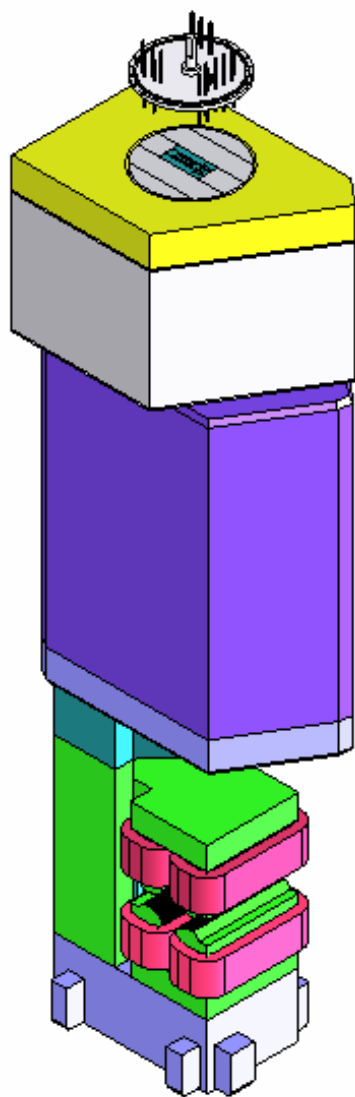
真空箱全体構造



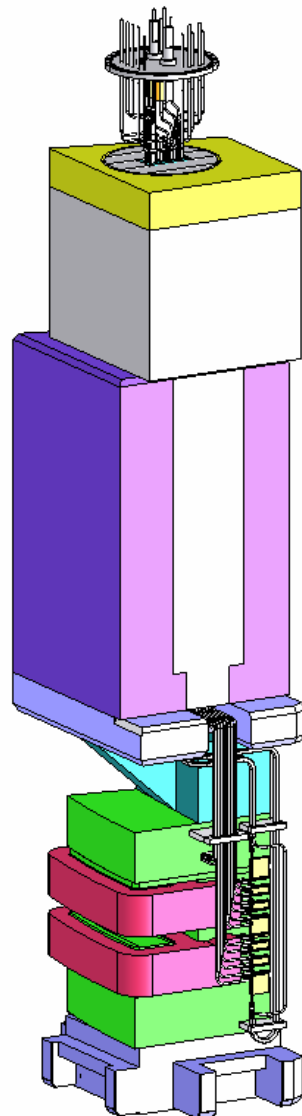
内部モジュール



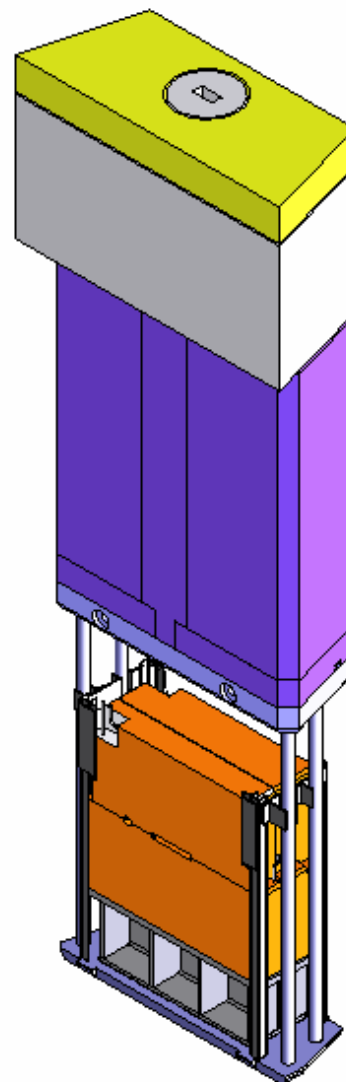
K1.1D1



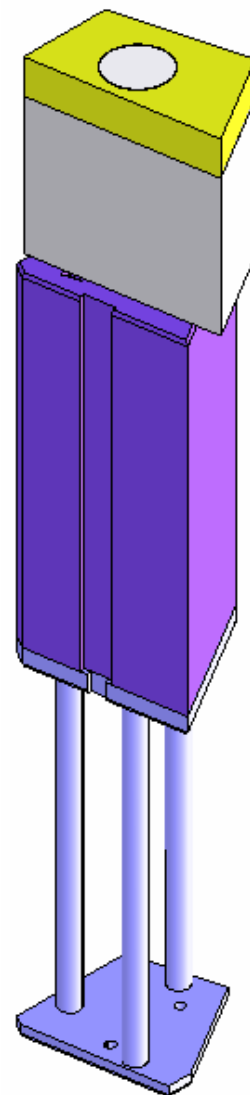
K1.8Q1



K1.8D1



コリメータ



ドリフト部遮蔽体

ダミーキャスクとレーザーポインタを使った 磁石設置試験

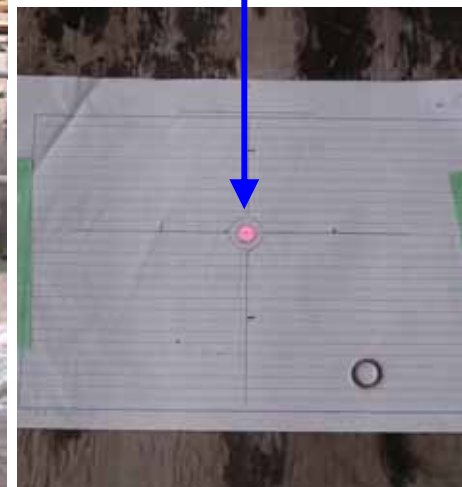


電磁石モジュール
モックアップ

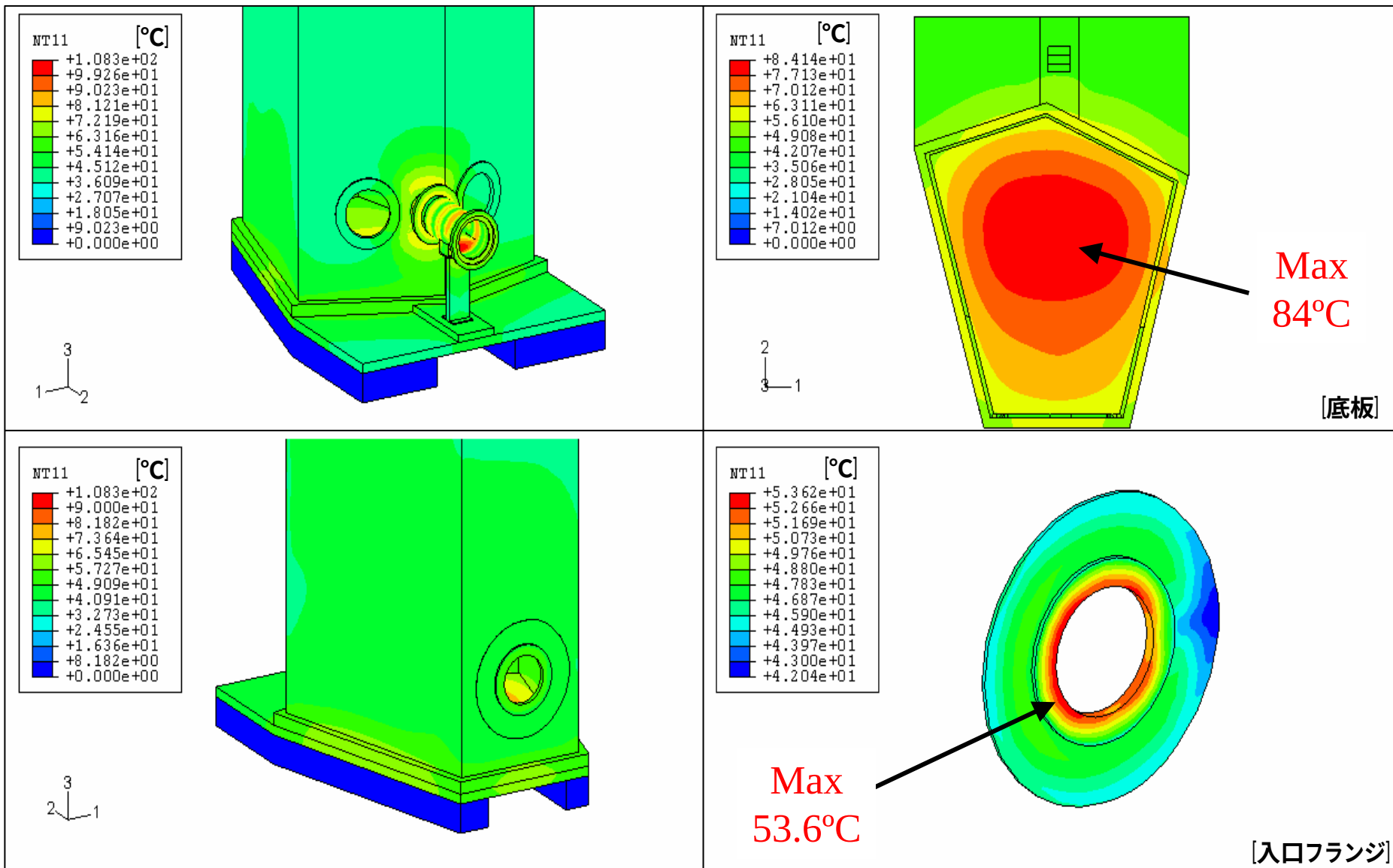


ダミーキャスク

レーザーポインタ



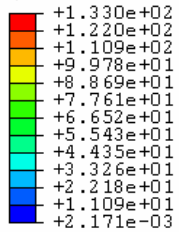
真空箱の温度解析結果



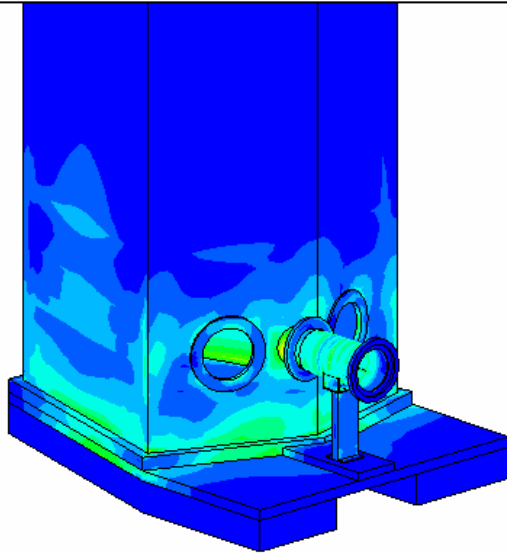
真空箱の応力解析結果

大気圧+重量+熱膨張

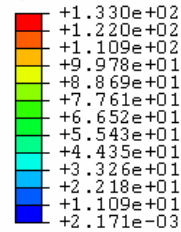
S, Mises [MPa]
(Ave. Crit.: 100%)



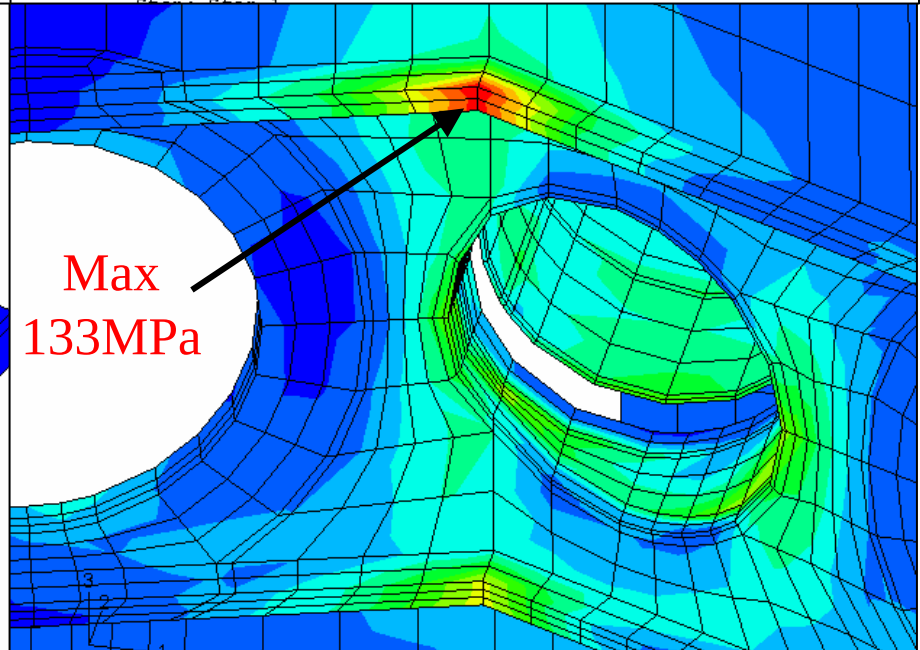
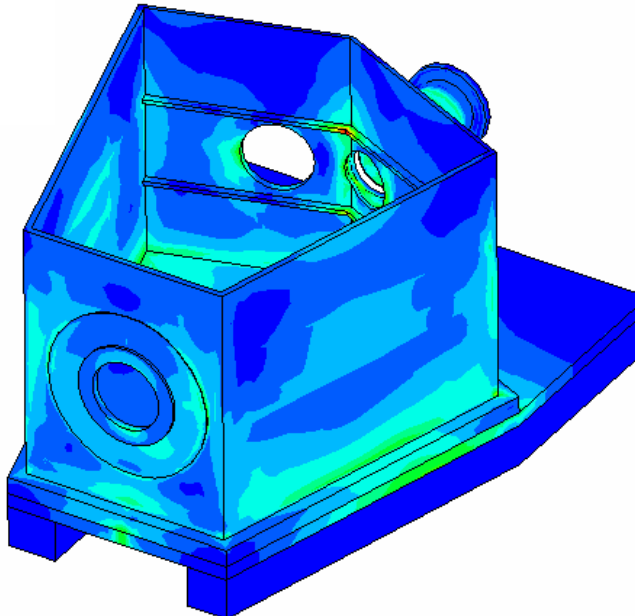
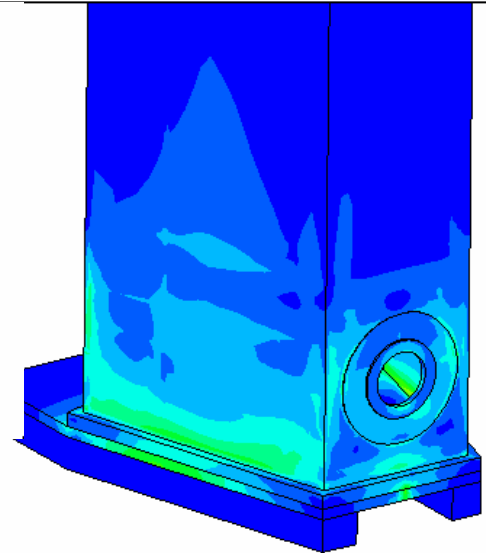
Max +1.330e+02
at node PART-1-1.7
Min +2.171e-03
at node PART-1-1.7



S, Mises [MPa]
(Ave. Crit.: 100%)

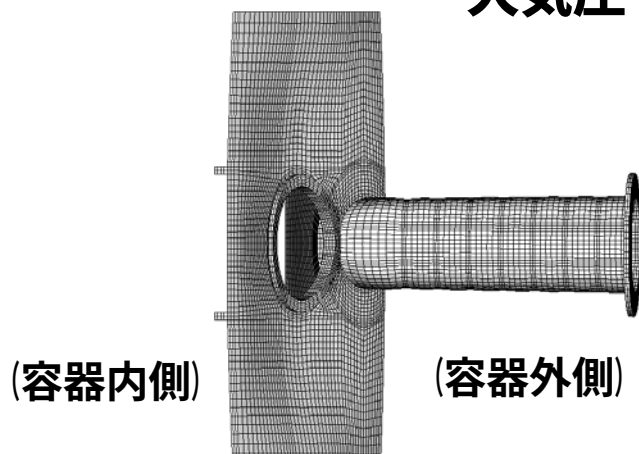


Max +1.330e+02
at node PART-1-1.7
Min +2.171e-03
at node PART-1-1.7

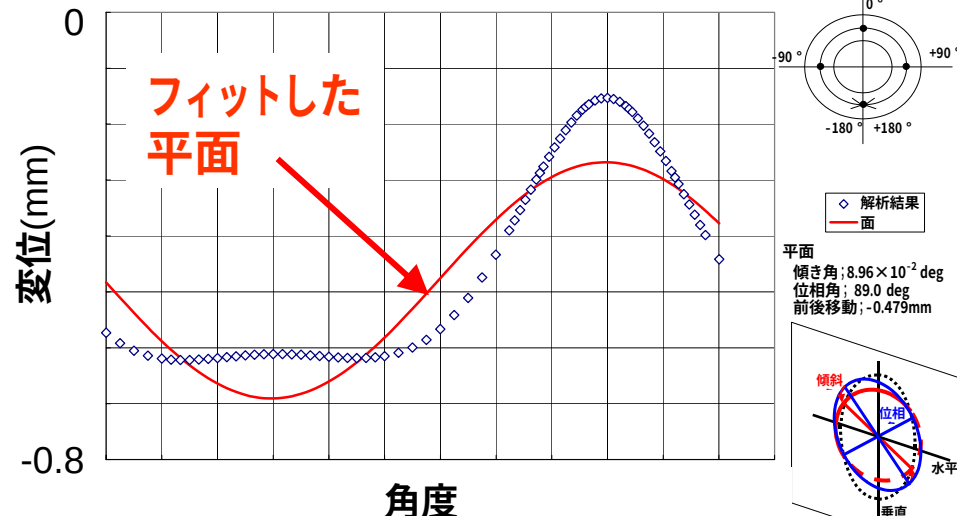


K1.1側出口フランジの変形

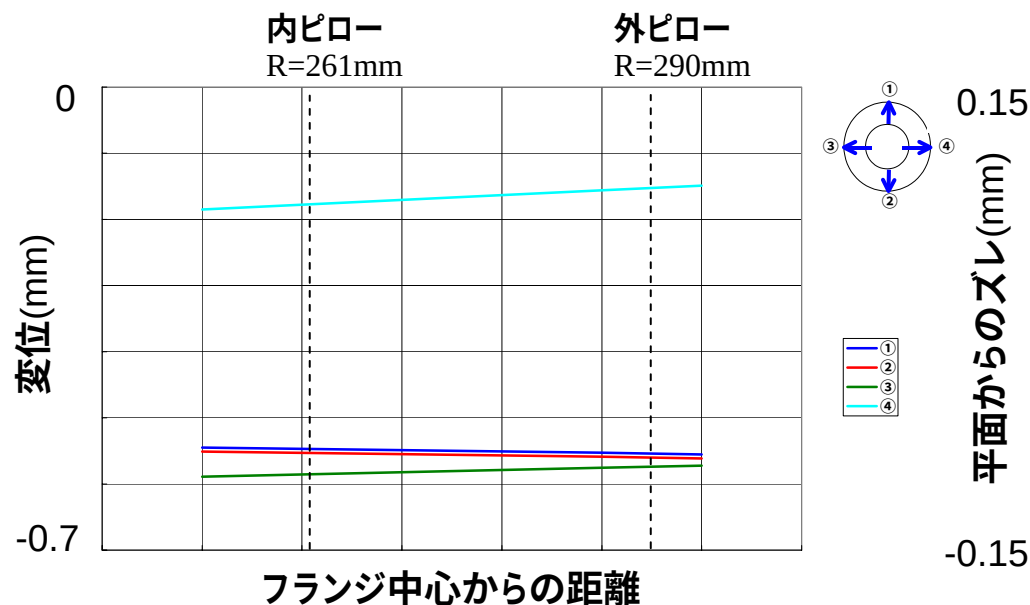
大気圧+重量+熱膨張



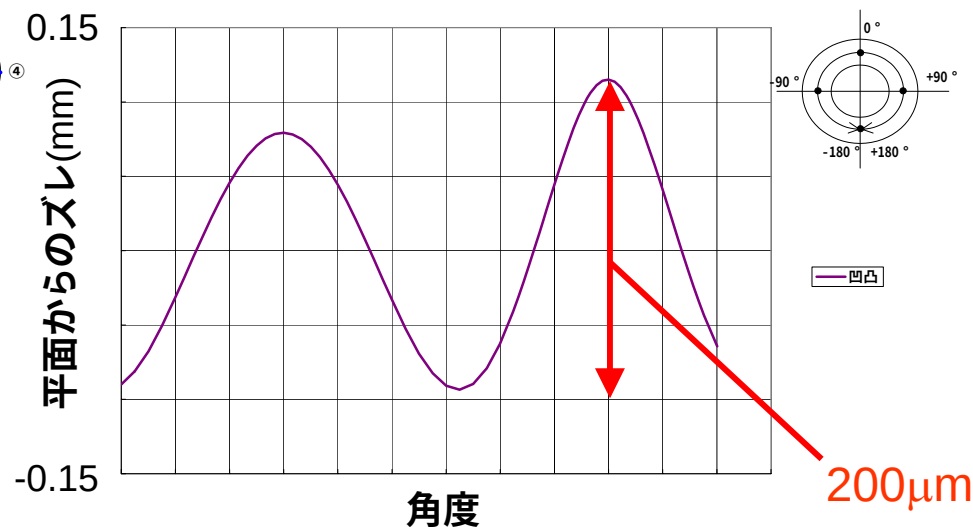
フランジの変形図



フランジ変形量の周方向分布



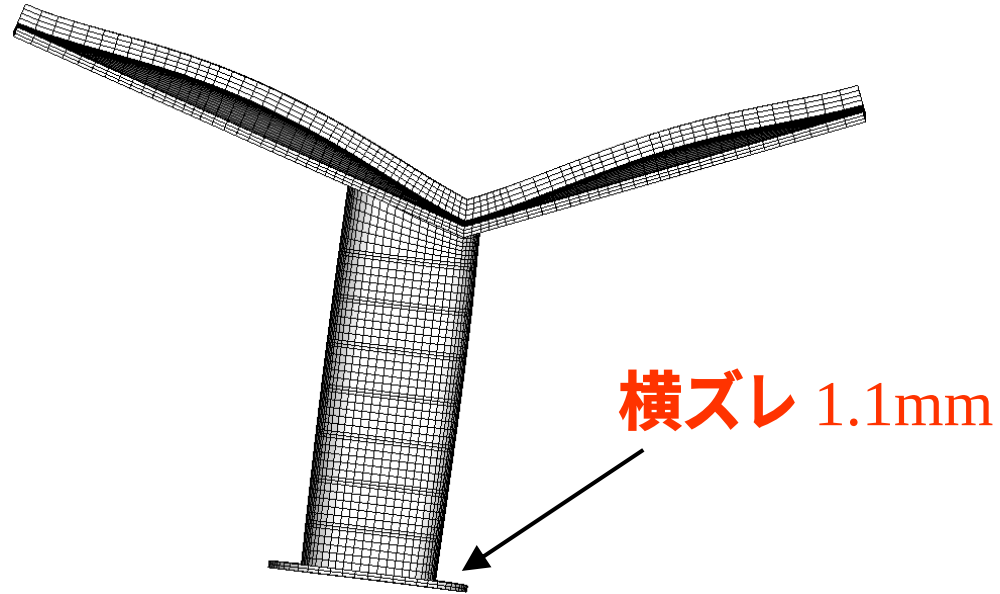
フランジ変形量の径方向分布



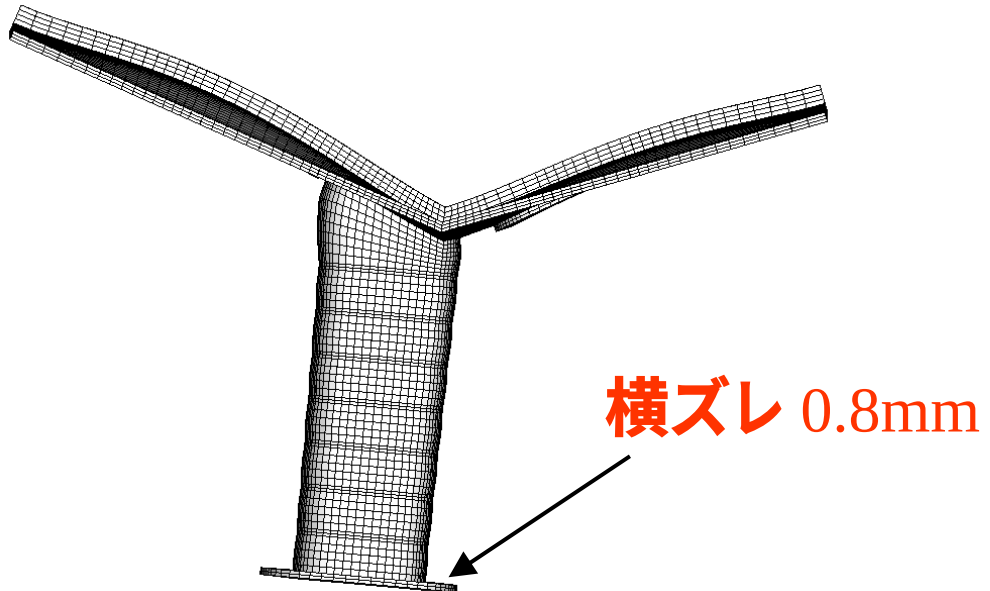
フランジ周方向の凹凸

1次ライン出口ダクトの変位

外圧のみ

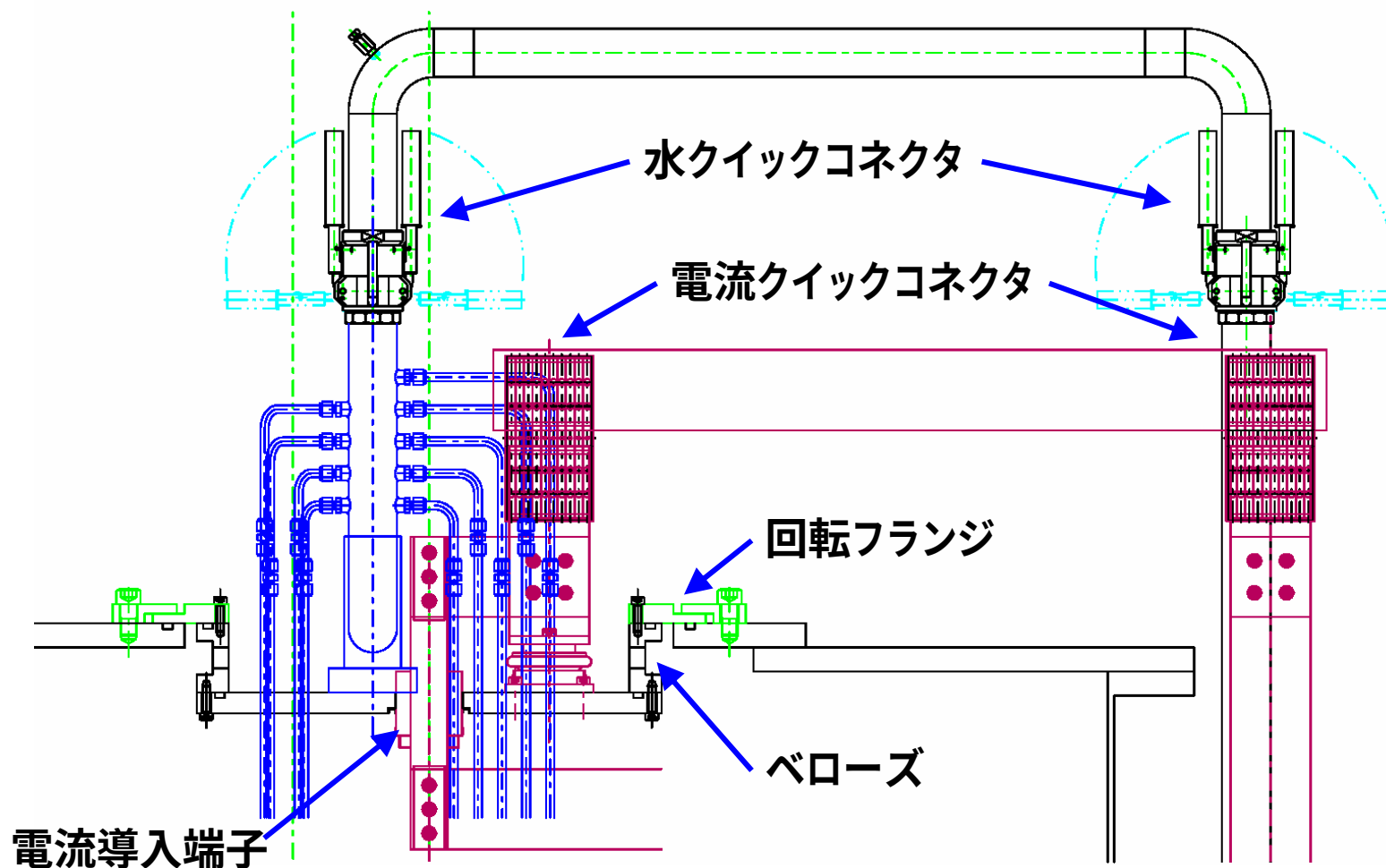


外圧+熱膨張



真空箱小蓋構造

- メンテナンス性
- 位置や角度のズレの吸収



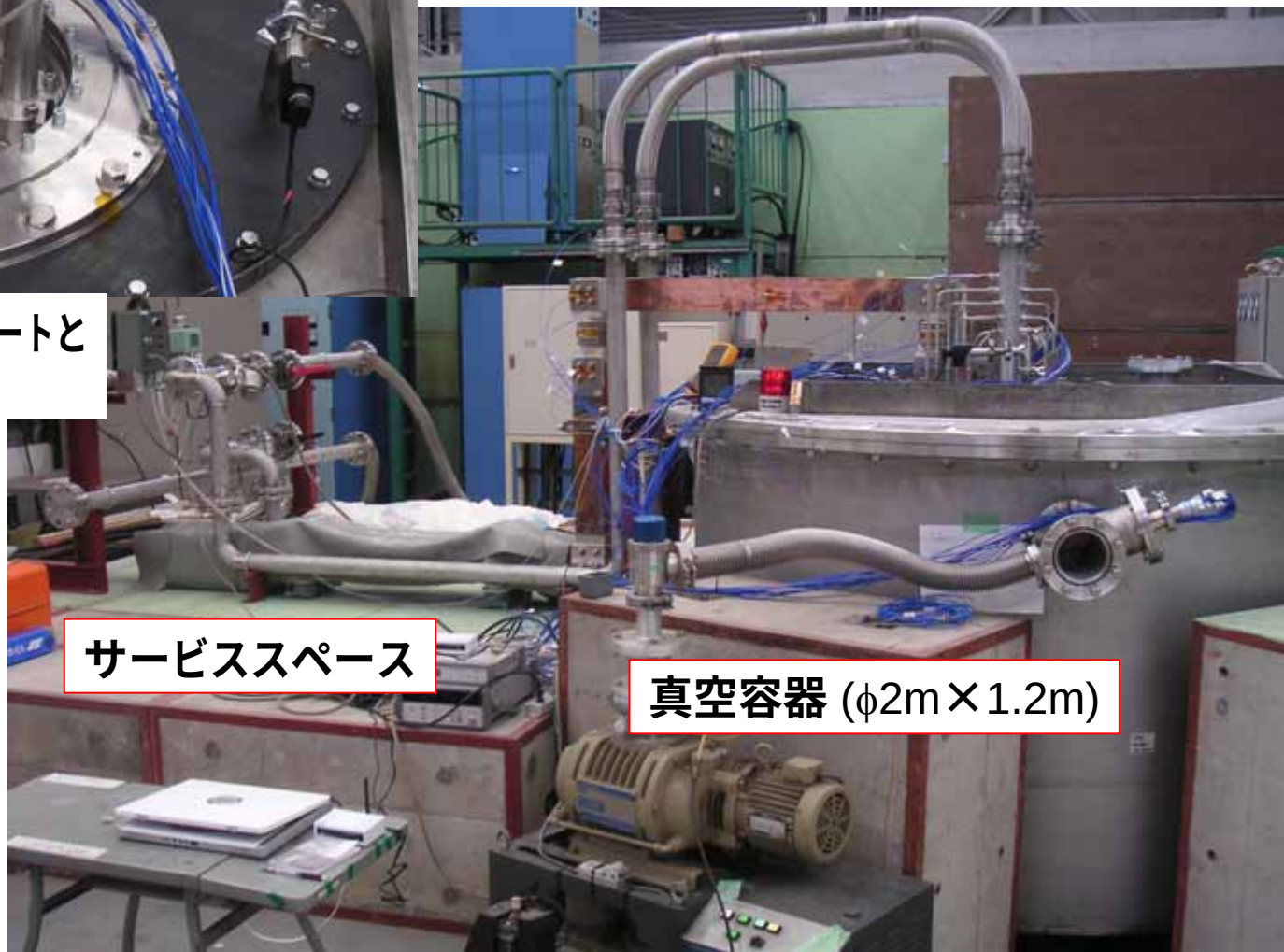
真空箱モックアップ

(@KEK-PS 東カウンターホール)



水・電気導入端子付きポートと
クイックコネクタ

- ・ 真空中の磁石運転試験
- ・ 水・電気のクイックコネクタの試験
- ・ 蓋構造の試験
- ・ メンテナンス方法の確立



サービススペース

真空容器 ($\phi 2\text{m} \times 1.2\text{m}$)

間接水冷型 無機絶縁コイル

Advantage

- 電気と水とが完全に分離している
→ 水漏れやショートの危険性が極めて小さい
- 水路数を調整することで、トリチウム生成量を小さくすることが可能

Disadvantage

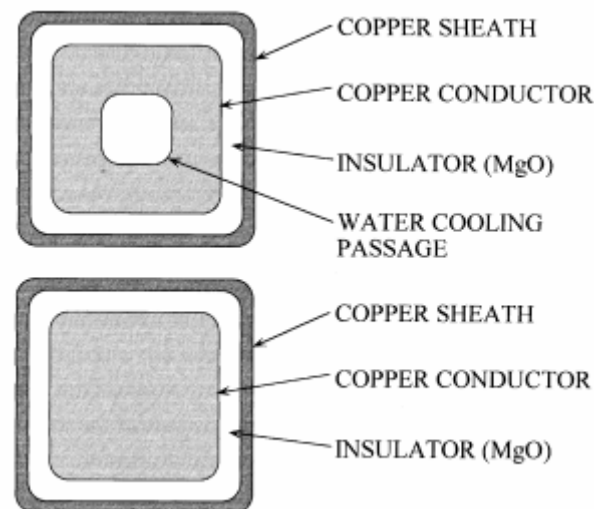
- 冷却効率が悪い

1000A級
中実MIC

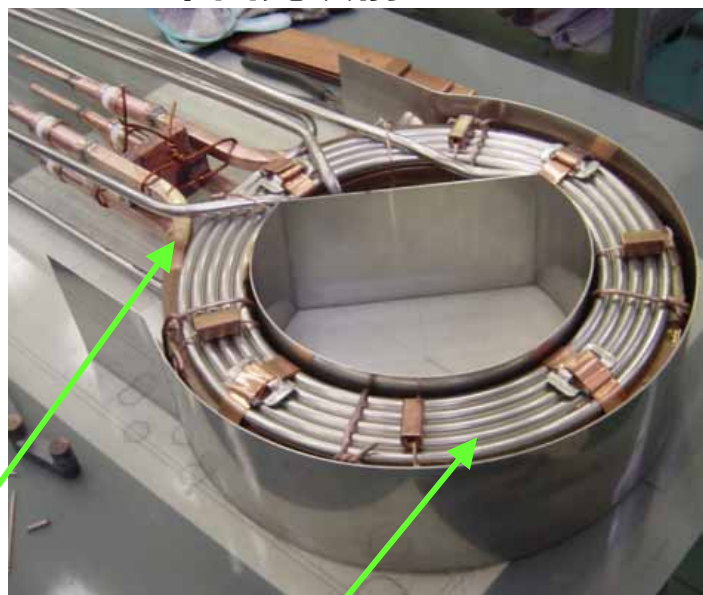
中空型MIC
→ 直接水冷

中実型MIC
→ 間接水冷

MIC断面図



半田充填前



水冷管

半田充填後



小型テストコイルを用いた 間接水冷型MICコイルの 真空中通電試験



ベローズ

電気と水の
真空導入端子

ニッケルめっき
ヨーク

1000A級
中実MICの
テストコイル

真空度: $\sim 0.4\text{Pa}$

最高温度

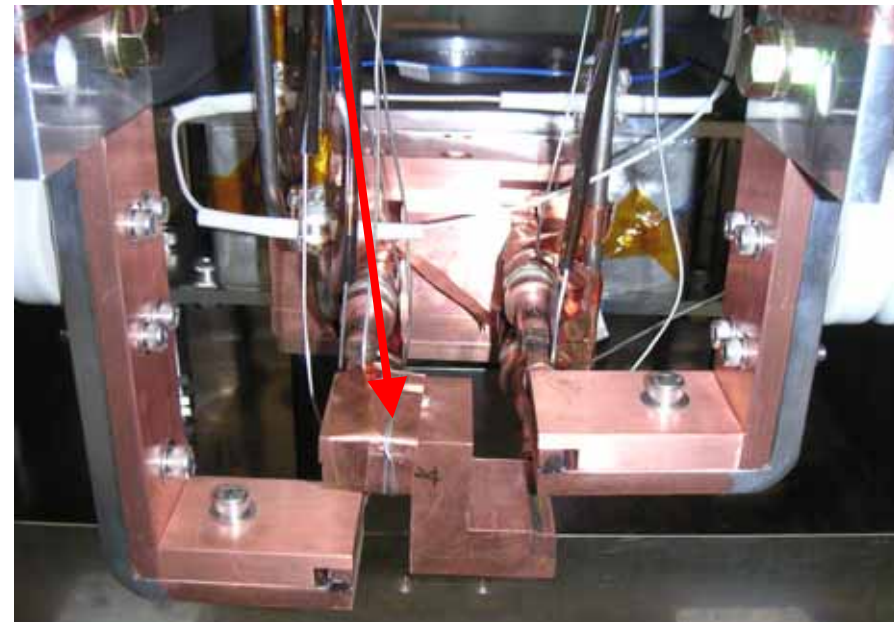
大気: $198^{\circ}\text{C}@1000\text{A}$

真空: $189^{\circ}\text{C}@700\text{A}$

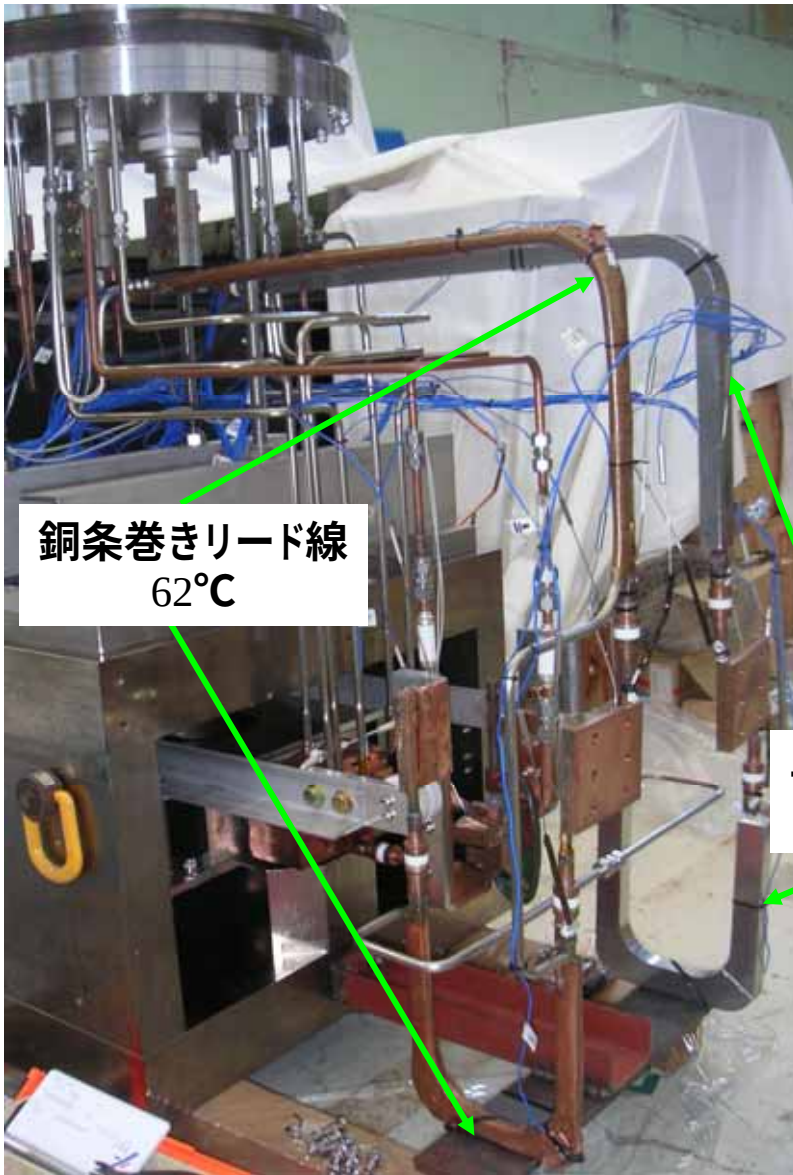
入水温

大気: 25°C

真空: 21°C



リード部テストサンプルの通電試験



銅条巻きリード線
62°C

半田充填リード線
36°C

入水温:26°C

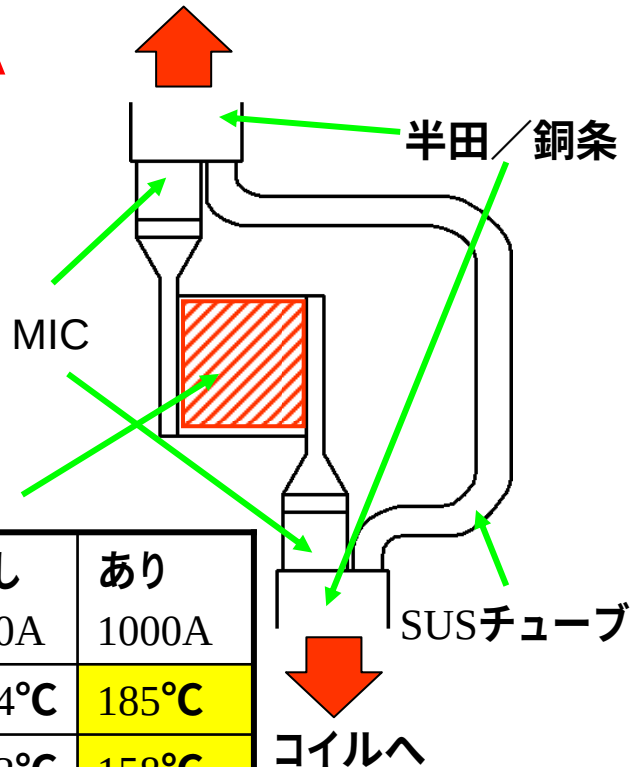
コイル-フィードスルー間の間接水冷リード線の
テストサンプル2種類

- 中実MICとSUSチューブを銅条で巻いたもの
- 中実MICとSUSチューブを型枠に入れ半田を充填したもの

中実MIC間のつなぎ部の冷却方法を試験するために
間接水冷リード線の途中につなぎ部を設けた

**真空中1000A
通電に成功！**

フィードスルーへ



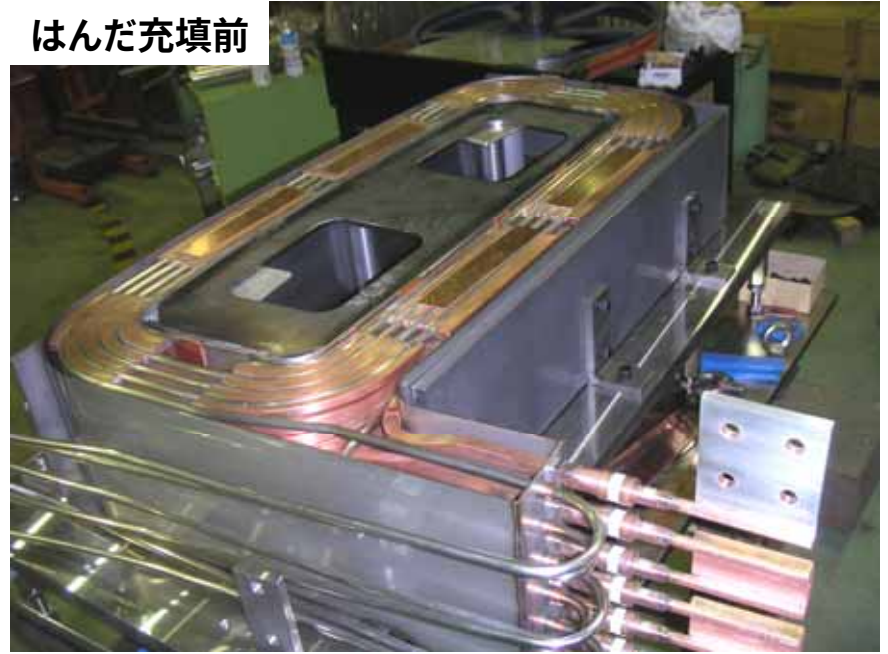
黒染め	なし	あり
	960A	1000A
銅条巻きリード線	204°C	185°C
半田充填リード線	162°C	158°C

K1.8D1用間接水冷型MICコイルの製作

巻き線終了後



はんだ充填前



はんだ充填後



SUSケース蓋溶接前



K1.8D1用 間接水冷型MICコイル



仮ヨーク+小蓋と組み合わせたK1.8D1コイル



大気中通電試験の様子



端末のブスバーを黒く塗ったところ

K1.8D1用間接水冷型MICコイル 通電試験結果

通電時の各部の温度 (°C)

真空度: $3.4 \sim 4.4 \times 10^{-3}$ Torr

雰囲気	大気		真空		
黒塗り	あり		なし	あり	
電流	1000A	1050A	1000A	1000A	1050A
MICつなぎブスバー	106.1	117.1	166.7	142.2	158.6
MICシース	72.0	78.6	101.8	95.4	105.6
SUSケース	43.1	46.3	52.9	53.1	57.0
入水温	22.3	22.7	24.7	24.5	24.8

**真空中1000A
通電に成功！**

現状と今後の予定

- **真空箱は底板のみ製作済み。**
- **真空箱本体は現在製作中。今年度内に完成、設置予定。**
- **K1.8D1、Q1の間接水冷型MICコイルは製作済み。**
- **K1.8D1、Q1モジュール全体は今年度内に完成、来年度早々に設置予定。**
- **K1.1D1はDay-0においては遮蔽体のみのダミーとなる。**