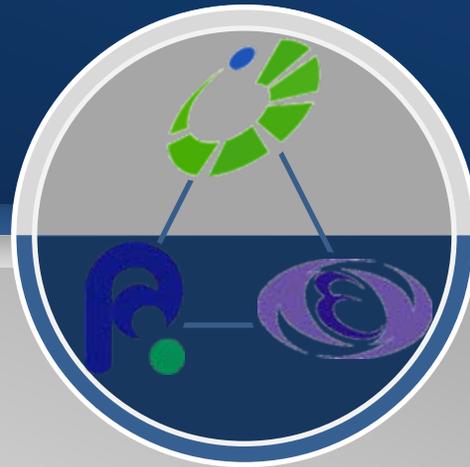


コリメータの現状



理化学研究所 仁科加速器研究センター

飯尾 雅実

for J-PARC Hadron Beam Line Grope

目次



1. コリメータの役割
2. 第1コリメータの設計・解析
3. 第2コリメータの解析
4. まとめ

コリメータの役割



● ビームパワー: **750 kW** (50 GeV 陽子ビーム)



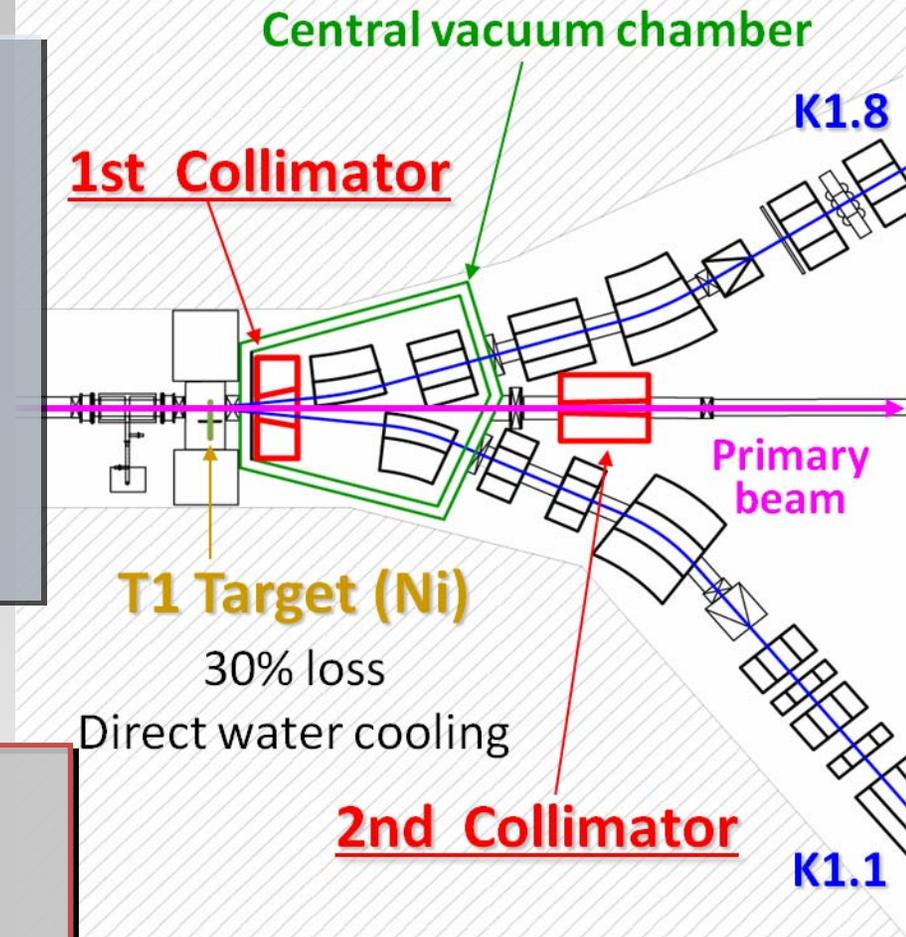
T1標的で30%損失させる (**200 kW以上**)

- コリメータ要求される性能 -

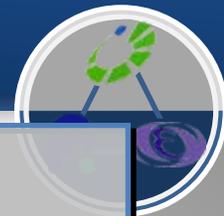
1. 十分なアクセプタンスの確保
2. 下流機器の熱負荷を軽減
3. 自身の耐久性に優れている
4. 冷媒の放射化を低く抑える



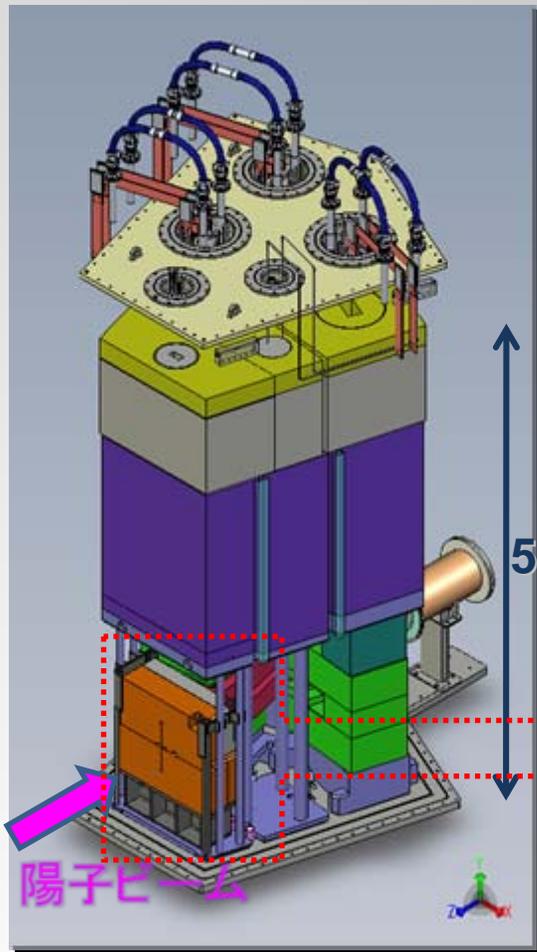
1次と2次ラインの用に分割し
2台のコリメータを設置する！



第1コリメータ



K1.8, K1.1の取り出し角：6°
(水平：±50mrad, 垂直：±10mrad)

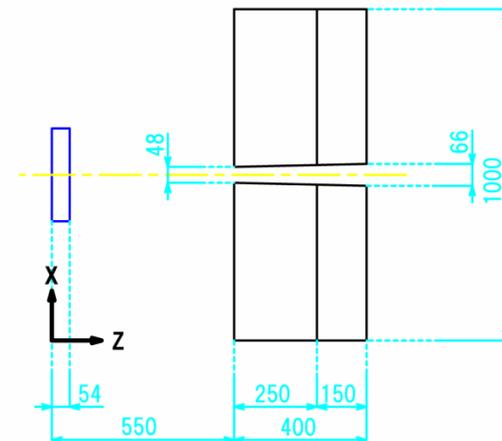
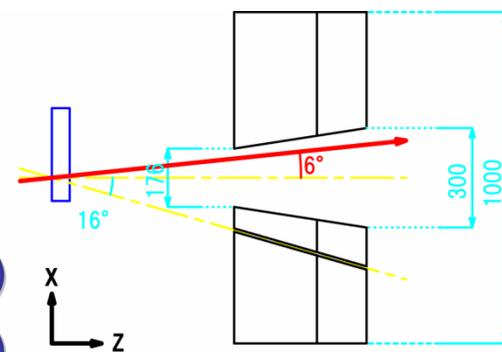
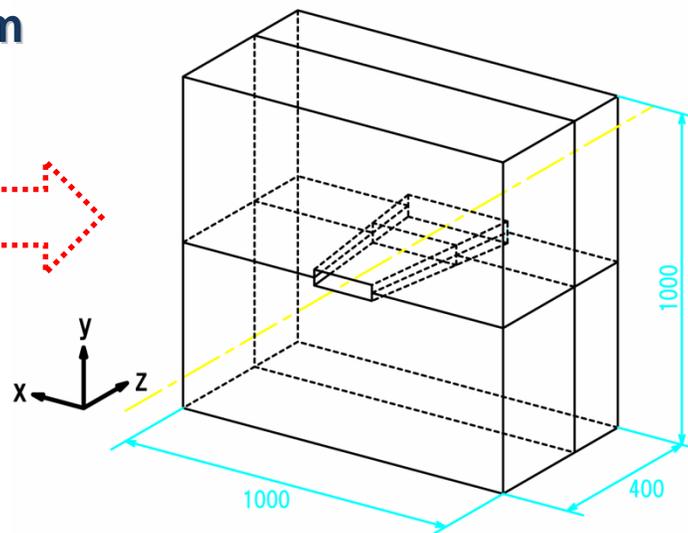


真空箱

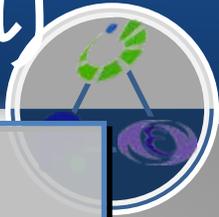
サイズ：1000x1000x400

材料：無酸素銅

分割：1000x500x250(上流)
1000x500x150(下流)



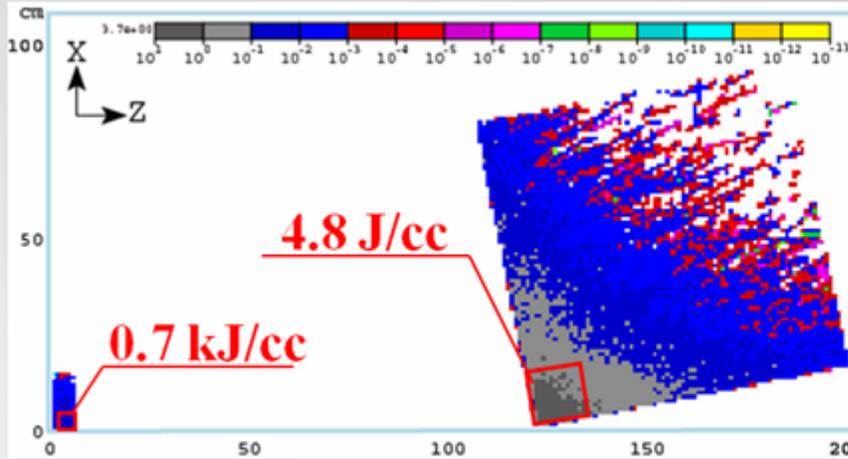
MARSによるエネルギー損失の見積もり



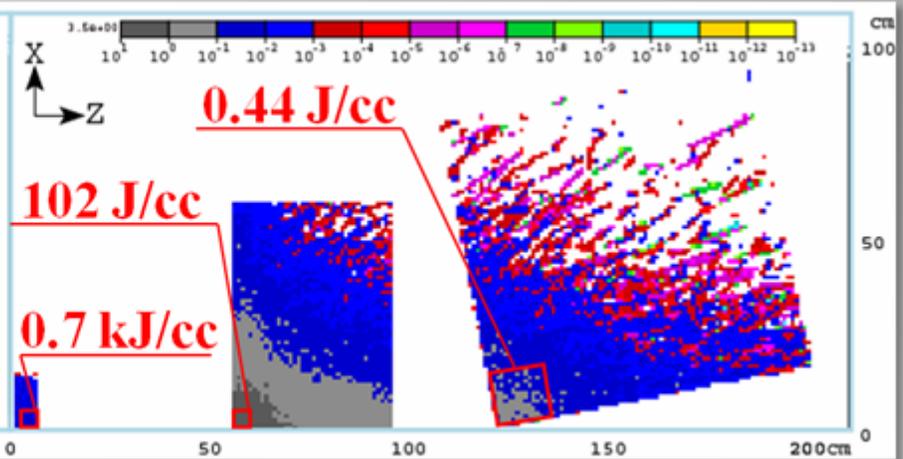
— 計算条件 —

陽子ビーム: 50 GeV, $3.0E+14$ ppp、T1標的: Ni (t=54 mm)

第1コリメータ: Cu (t=400 mm) テーパー有り、D1ヨーク: Fe



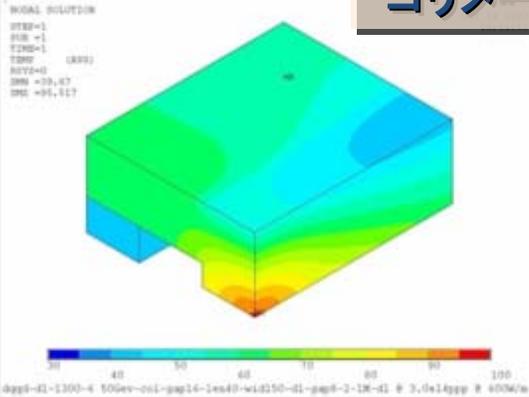
コリメータ無し



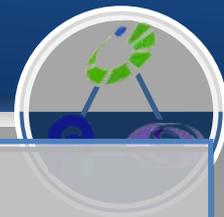
コリメータ有り



- D1でのエネルギー損失を約10分の1に軽減
- D1ヨークの温度: 100度以下 ($600 \text{ W/m}^2\text{K}$)



ANSYSによる熱解析



● 第1コリメータに落ちる総熱量: **~40 kW**

上流側2枚 (250mm圧): **33 kW** (80%以上)

冷却水の温度上昇: **~16 °C** (水冷経路: $\phi 18$ mm、流速: 1 m/sec)

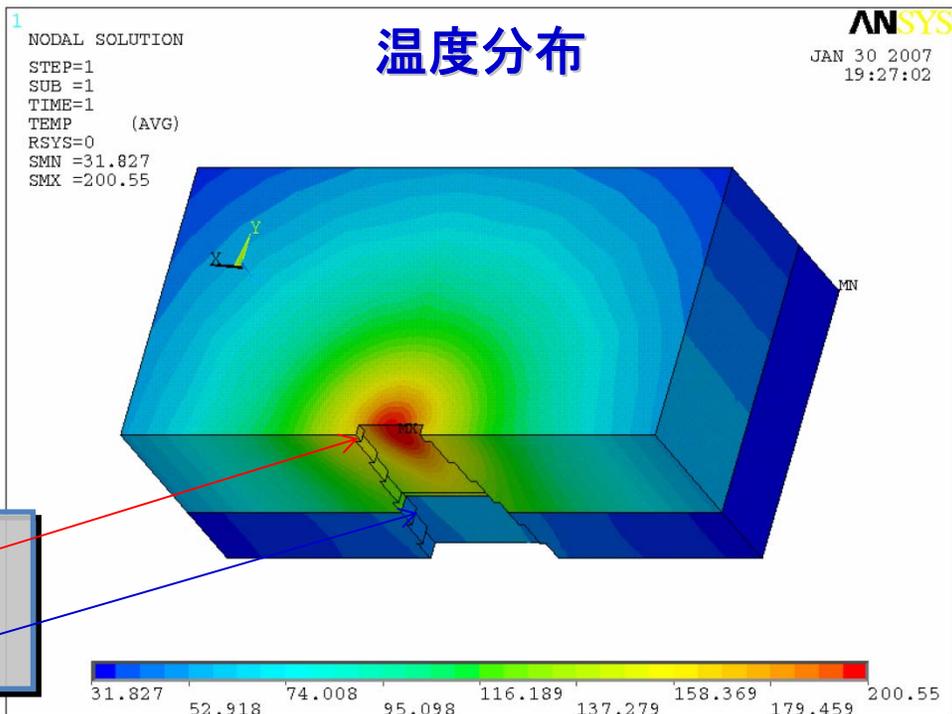
実際は銅ブロックに直径18 mmの水路を作り直接水冷する



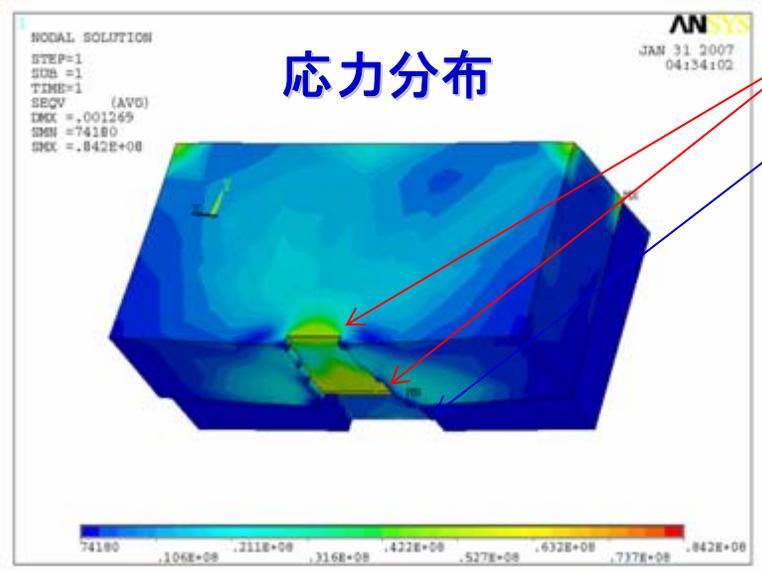
銅ブロックの周囲面を熱伝達係数 **2000 W/m²K** で外部 (**30 °C**) と熱交換させる。

上流側の中心部の温度: **200 °C**

下流側の最高到達温度: **60 °C**

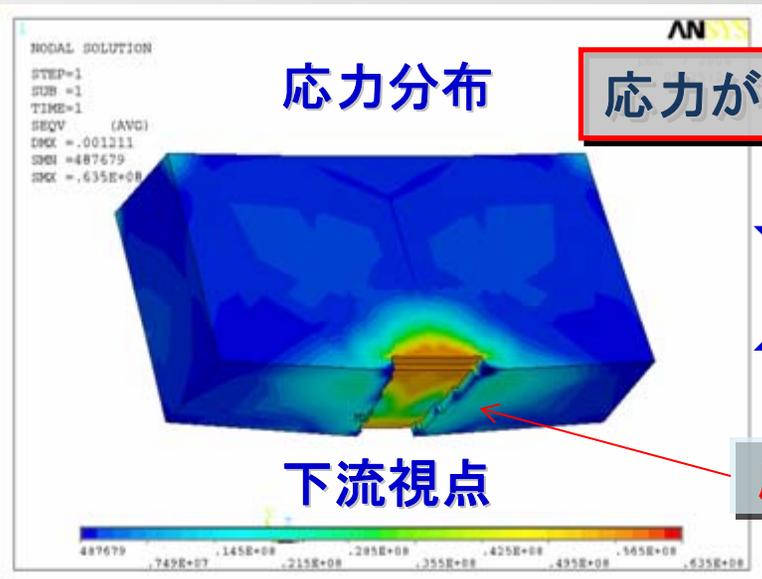


ANSYSによる構造解析



上流側の中心部の応力: **~50 MPa**
下流側の最高到達温度: **~15 MPa**

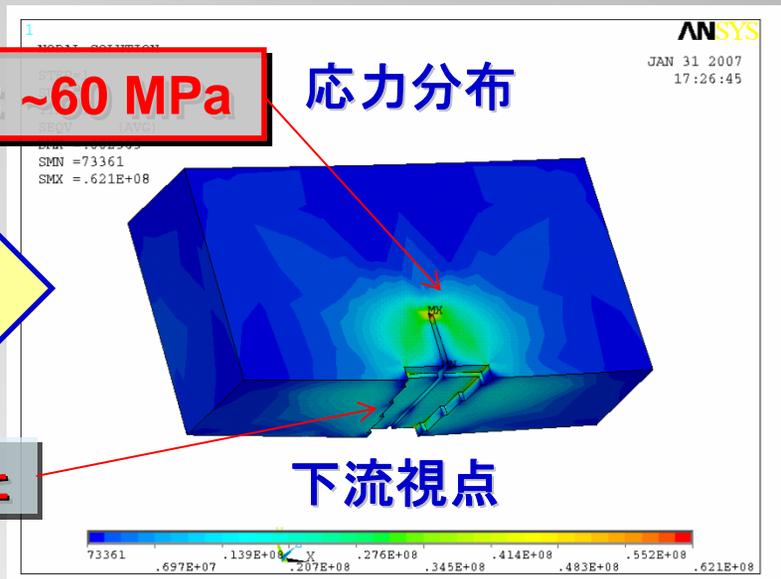
許容応力: **35 MPa** (OFC:~200°C)
↓
下流側は問題ないが、上流側は**応力**
を緩和させなければならない!



応力が集中している: **~60 MPa**

スリット加工

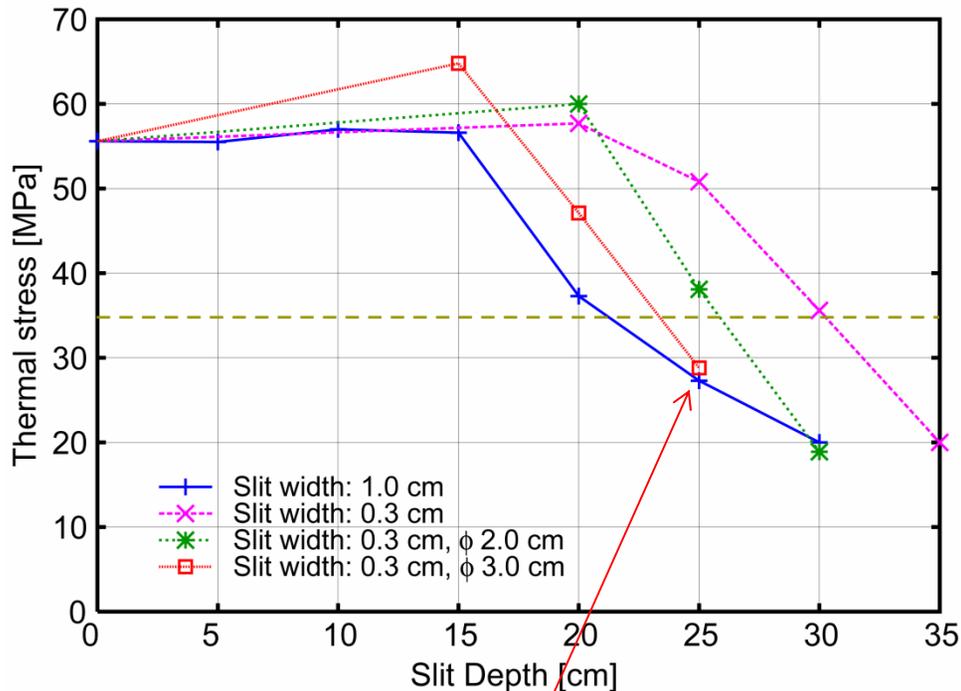
応力が緩和した



スリットの形状最適化



スリット終端の応力の変化



- 最適条件 -

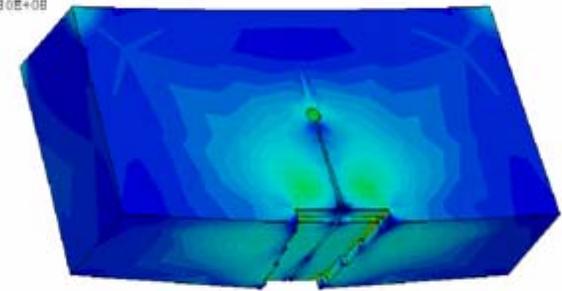
スリットの深さ: **25 cm**

スリット幅: **0.3 cm**

穴の直径: **ϕ 3 cm**

応力分布

NOVAL SOLUTION
STEP=1
SUB = 1
TIME=1
SEQV (AVG)
SMX = .001217
SMN = -174421
SXX = .580E+08

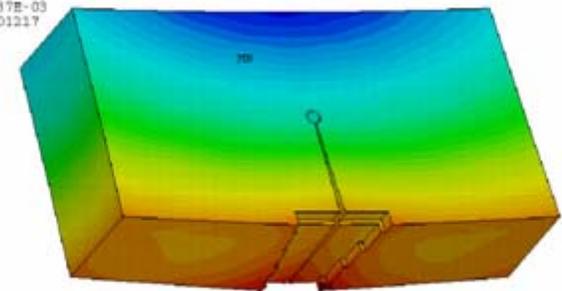


最大応力: **29 MPa**

174421 .450E+07 .110E+08 .195E+08 .259E+08 .323E+08 .387E+08 .452E+08 .516E+08 .580E+08

変位分布

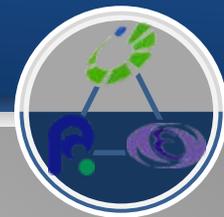
NOVAL SOLUTION
STEP=1
SUB = 1
TIME=1
USUM (AVG)
MYSIS=0
SMX = .001217
SMN = -.237E-03
SXX = .001217



変位の最大: **1.2 mm**

-.237E-03 .346E-03 .455E-03 .564E-03 .673E-03 .781E-03 .890E-03 .999E-03 .001217

第1コリメータの現状



◎ 2006年度予算で無酸素銅ブロックを購入



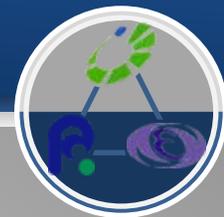
1000x500x250(上流側) x2



1000x500x150(下流側) x2

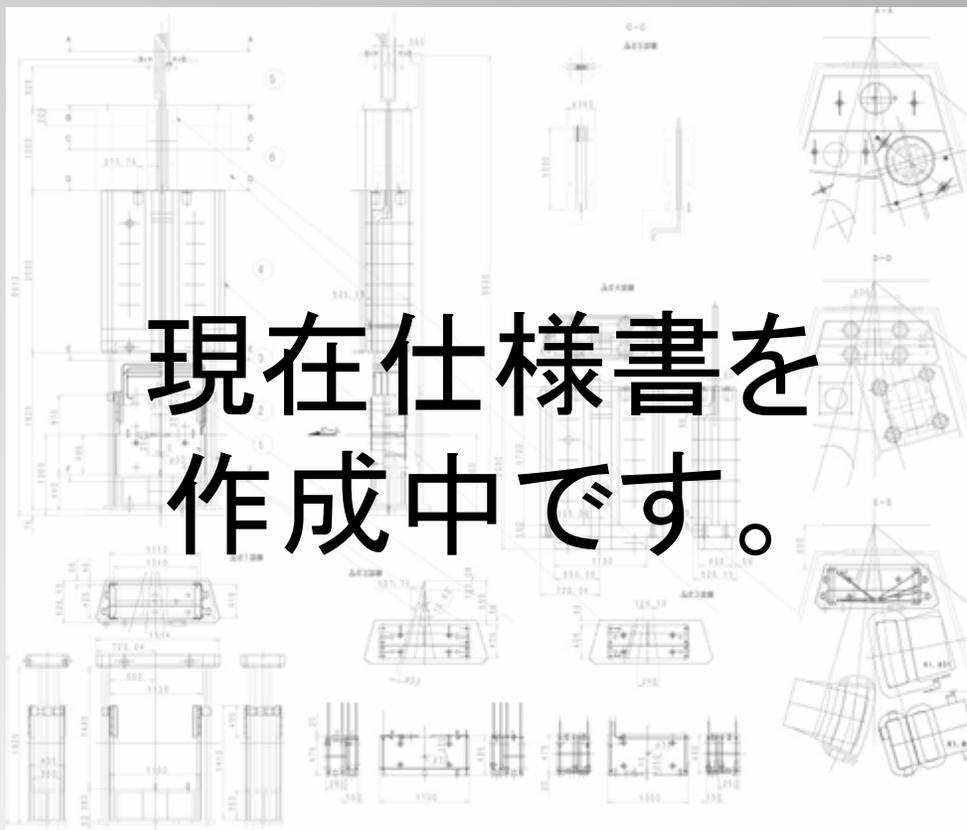
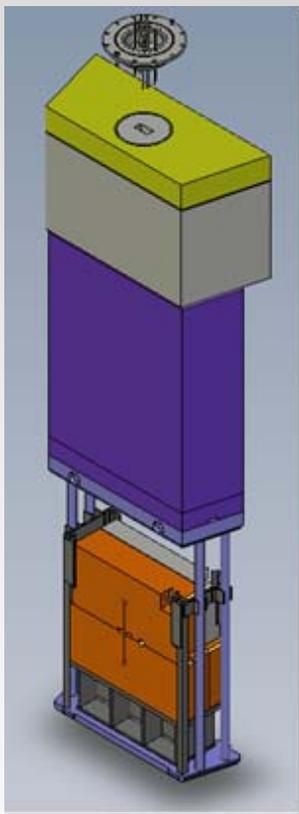


第1コリメータの現状

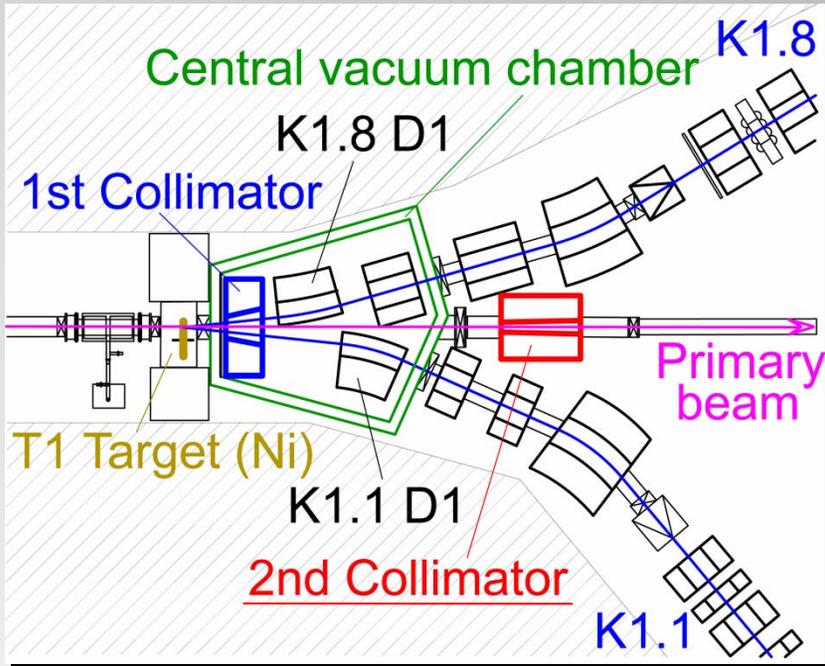
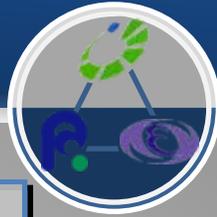


◎ 2007年度

- 銅の加工（スリット、水冷配管、遮蔽体結合）
- J-PARCハドロンホールで組み立て ⇒ **完成!**



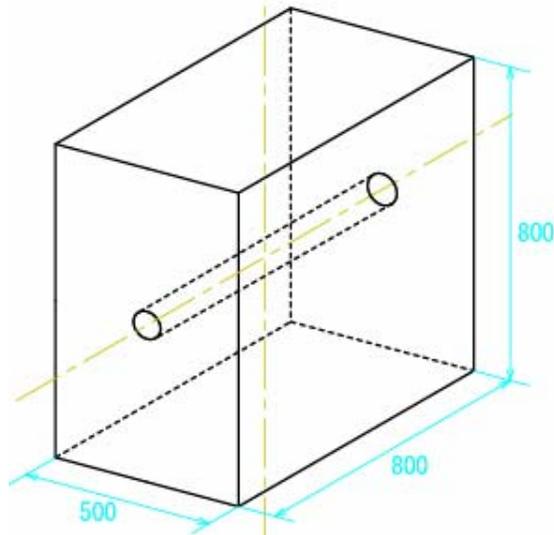
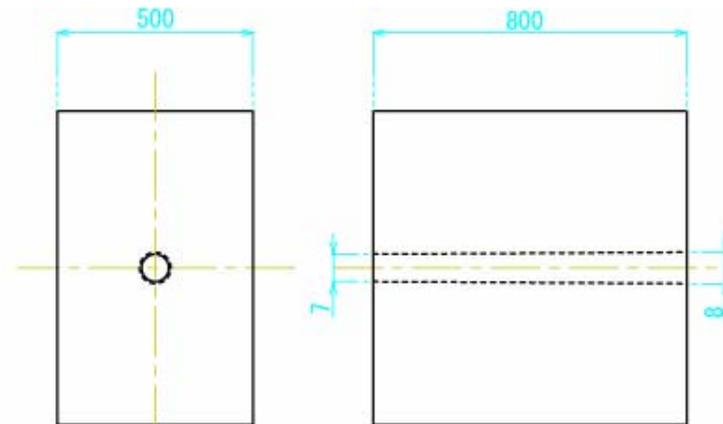
第2コリメータ



サイズ: 500x800x800

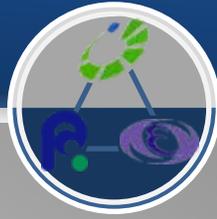
材料: 無酸素銅

分割: 無し?



コア部分で真空を止める構造が必要!

第2コリメータの熱解析



● 第2コリメータに落ちる総熱量: **~50 kW**

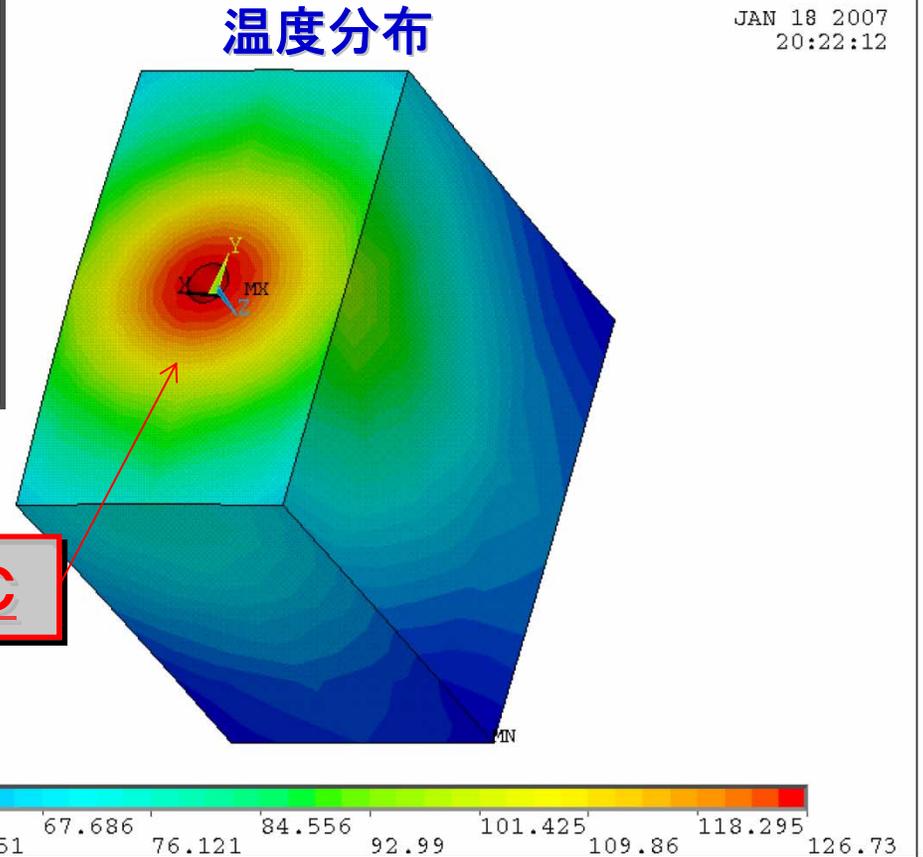
実際は銅ブロックを水冷配管で巻き間接的に水冷する



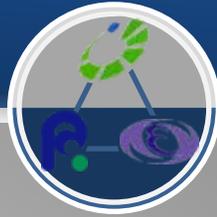
銅ブロックの周囲面を熱伝達係数 **600 W/m²K** で外部 (**30°C**) と熱交換させる。

```
MODAL SOLUTION  
STEP=1  
SUB =1  
TIME=1  
BFTEMP (AVG)  
RSYS=0  
DMX =.927E-03  
SMN =50.816
```

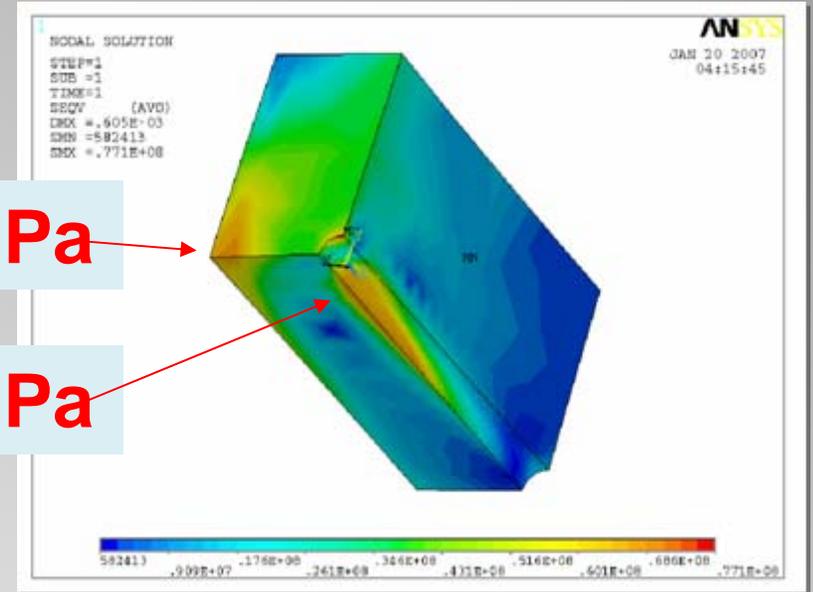
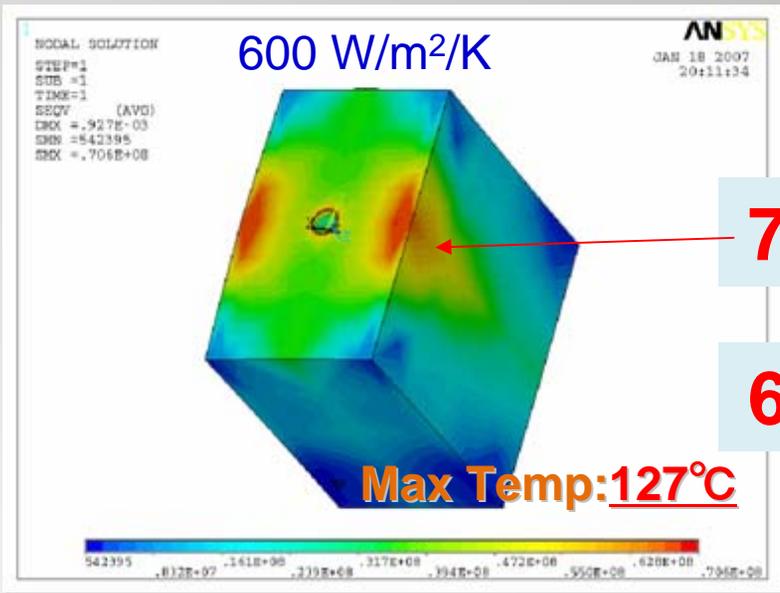
上流側の中心部の温度: **~130°C**



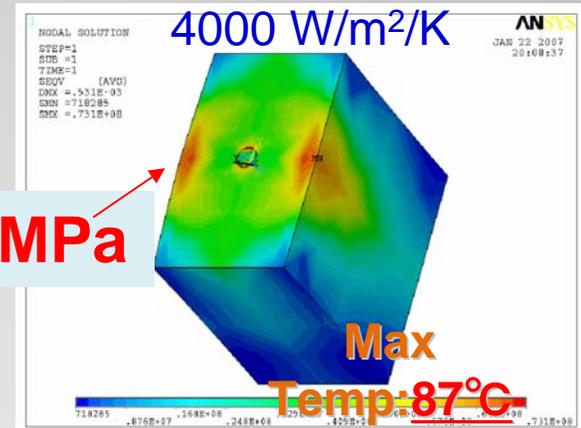
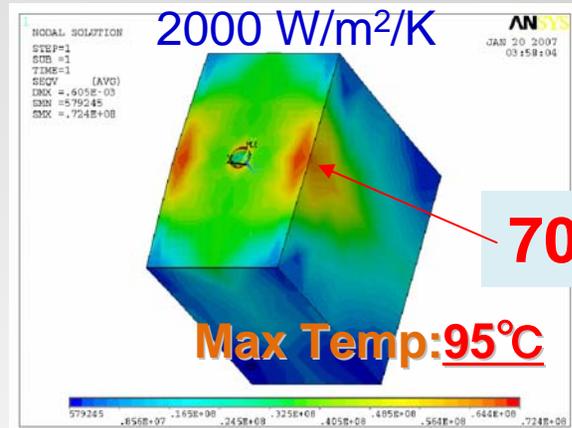
第2コリメータの応力解析



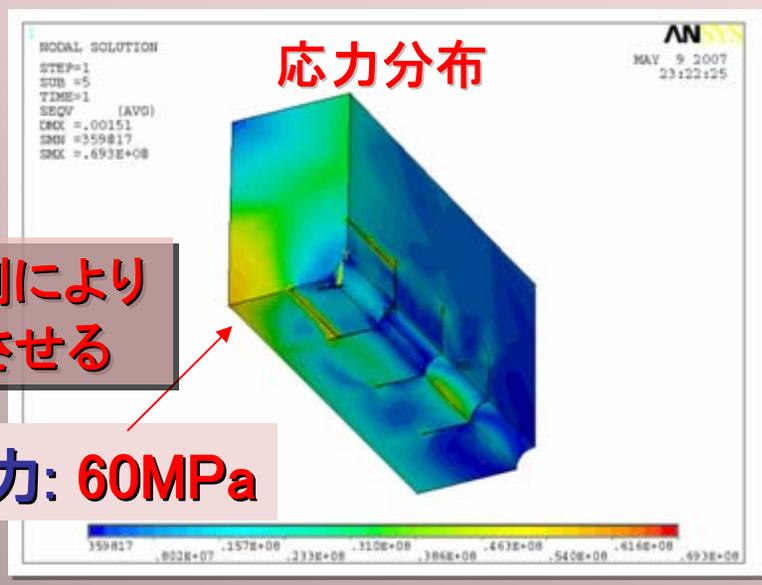
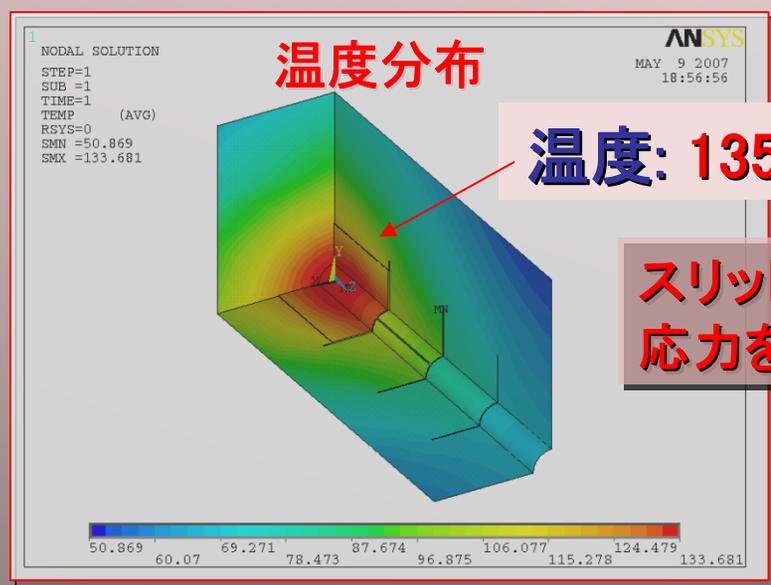
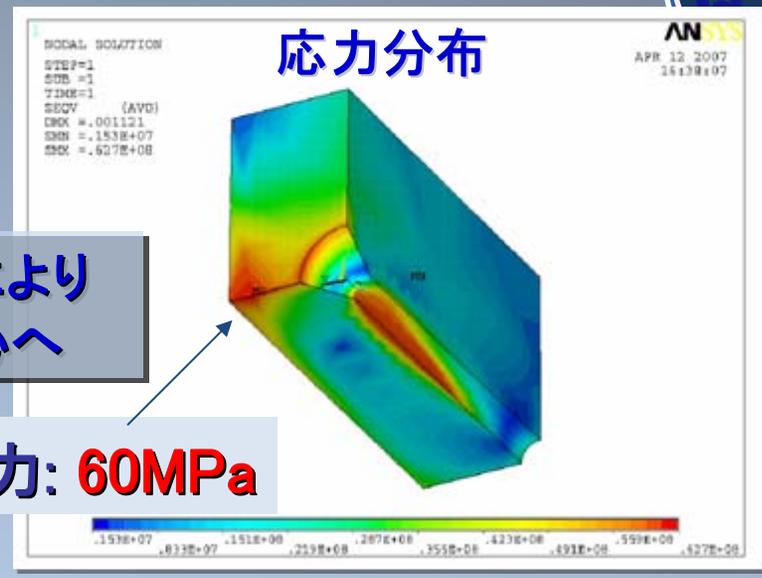
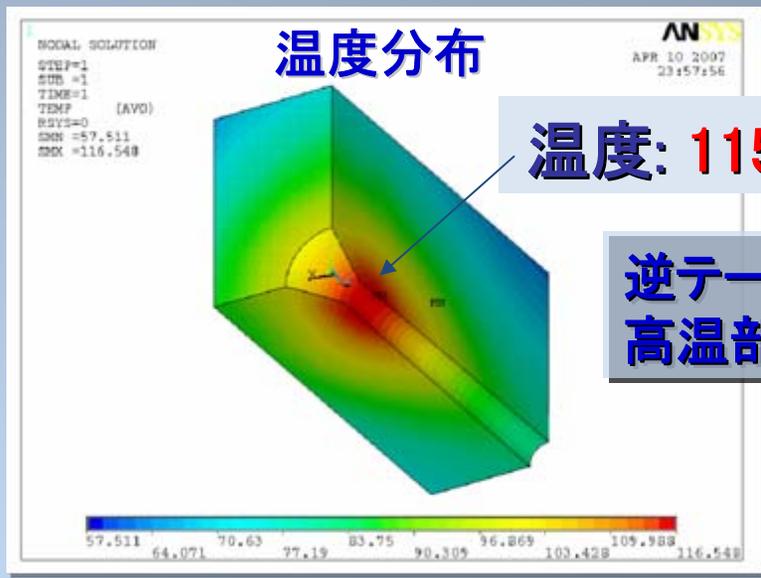
- 水平方向の外側の応力が高い: **約70 MPa**
- 中心部にも応力が高い部分がある: **約65 MPa** (スリットで緩和可能)



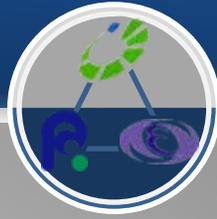
熱伝達係数を変えて
更に冷やしてみる



試行錯誤...

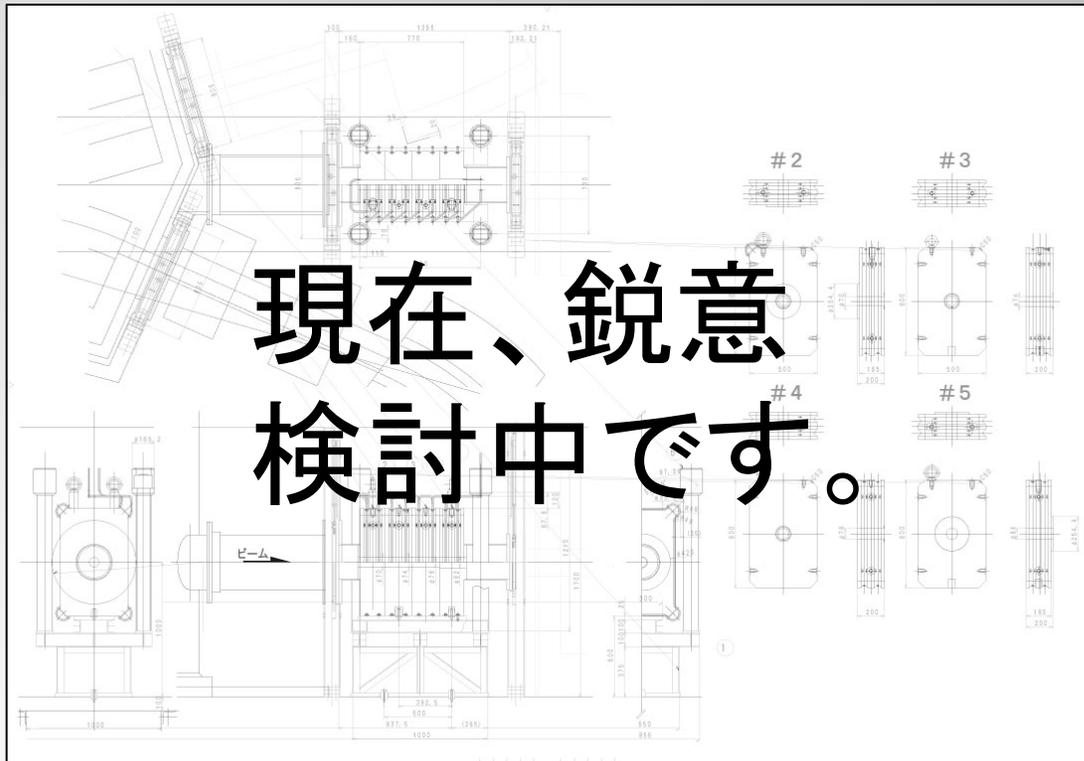


第2コリメータの現状

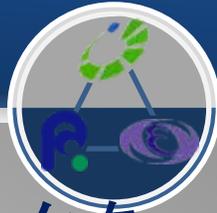


● 2007年度

- コア部の形状の最適化
- 無酸素銅素材の購入
- 可能ならば今年度銅の加工組み立て



まとめ



- T1下流の機器の保護と遮蔽を兼ねたコリメータを開発中である。
- MARSによるシミュレーションの結果、全体のサイズが1000x1000x400の銅をT1直下に置くことで、2次ラインの機器を十分保護できることがわかった。
- ANSYSを使った熱・構造解析の結果、熱応力が許容値以下にする無酸素銅の形状を決定でき、第1コリメータが製作可能となった。
- 2006年度に第1コリメータ用の無酸素銅素材を購入した。2007年度は加工、組み立てを行い完成させる予定である。
- 第2コリメータの設計のために、同様の熱・構造解析を行っている。