

Design and Development of HD-Hall Beamdump in J-PARC

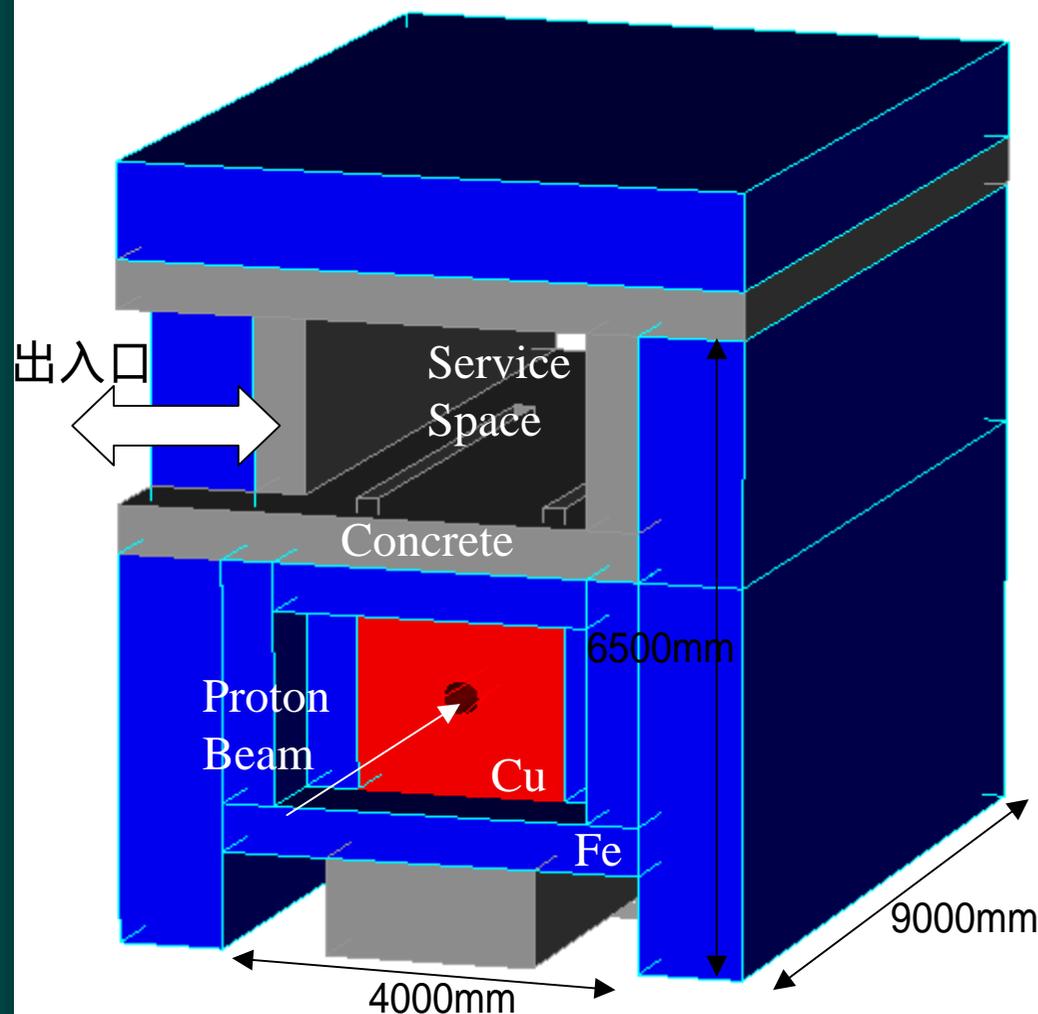
Keizo Agari, Masaharu Ieiri, Yohji Katoh, Yoshinori Sato, Yoshihiro Suzuki, Hitoshi Takahashi
Minoru Takasaki, Kazuhiro Tanaka, Akihisa Toyoda, Hiroyuki Noumi, Erina Hirose
Michifumi Minakawa, Taichi Miura, Yoshikazu Yamada, Yutaka Yamanoi, Hiroaki Watanabe
High Energy Accelerator Research Organization (KEK)

Outline

- 建屋現状
- 冷却装置の開発
 - ✓ シミュレーションと試験
- 移設設計
 - ✓ 2期計画でHDホール拡張工事のため、ダンプを下流に移設
- 耐震シミュレーション
- 製作状況
- 今後の予定



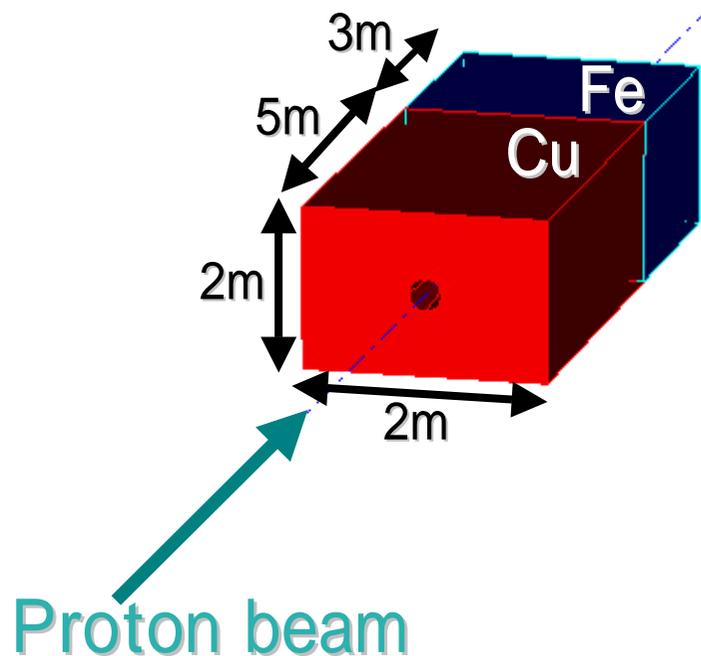
Beam Dump



- ◆ 無酸素銅、鉄、コンクリートから構成されている。
- ◆ 最大で750kWものビームによる発熱、放射線に耐えうる素材・装置の選択しなければならない。
- ◆ 2期に分かれているため、ビームダンプは移設可能でなければならない。
- ◆ 配管はサービススペースに、そこでマニホールドにつながる。



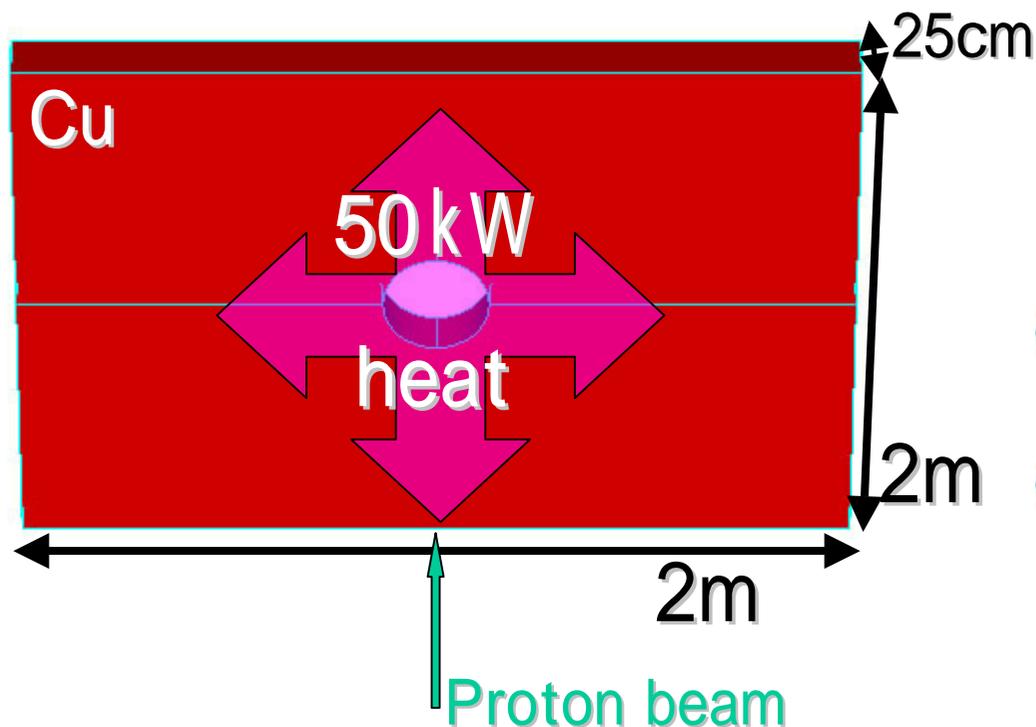
Core part of beam dump (1)



- ◆ 銅: $2 \times 2 \times 5 \text{m}^3$ (約180ton)、鉄: $2 \times 2 \times 3 \text{m}^3$ (約90ton) からなるコアを予定。
- ◆ エネルギー寄与をz方向に分散させるため、中心には円錐状の空洞がある。
- ◆ その空洞は常時排気する。

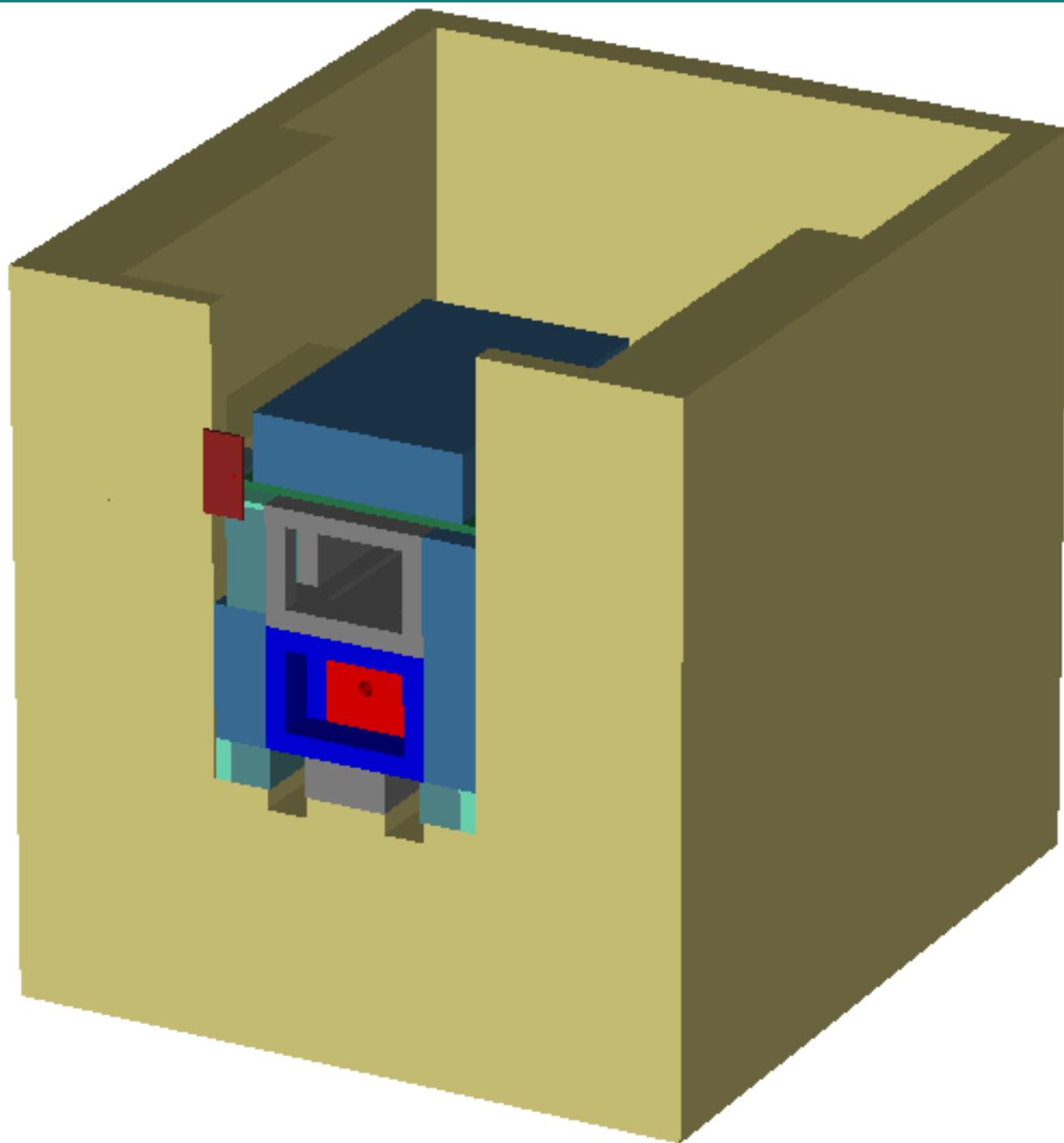


Core part of beam dump



- ◆ 日本で供給可能な無酸素銅のケーキ最大寸法
 - $0.62\text{m}^W \times 0.23\text{m}^T \times 6.0\text{m}^L$ 8t
H社
 - $1.07\text{m}^W \times 0.18\text{m}^T \times 6.4\text{m}^L$ 11t
F社
 - $1.05\text{m}^W \times 0.26\text{m}^T \times 4.0\text{m}^L$ 9t
M社
- ◆ 発熱を放射状に逃がす構造である。
- ◆ 離れた場所から冷却する事により、水の放射化を低減させている。
($0.7\text{Bq}/\text{cc}/30\text{days}$)
- ◆ 外表面の残留放射能を低減。

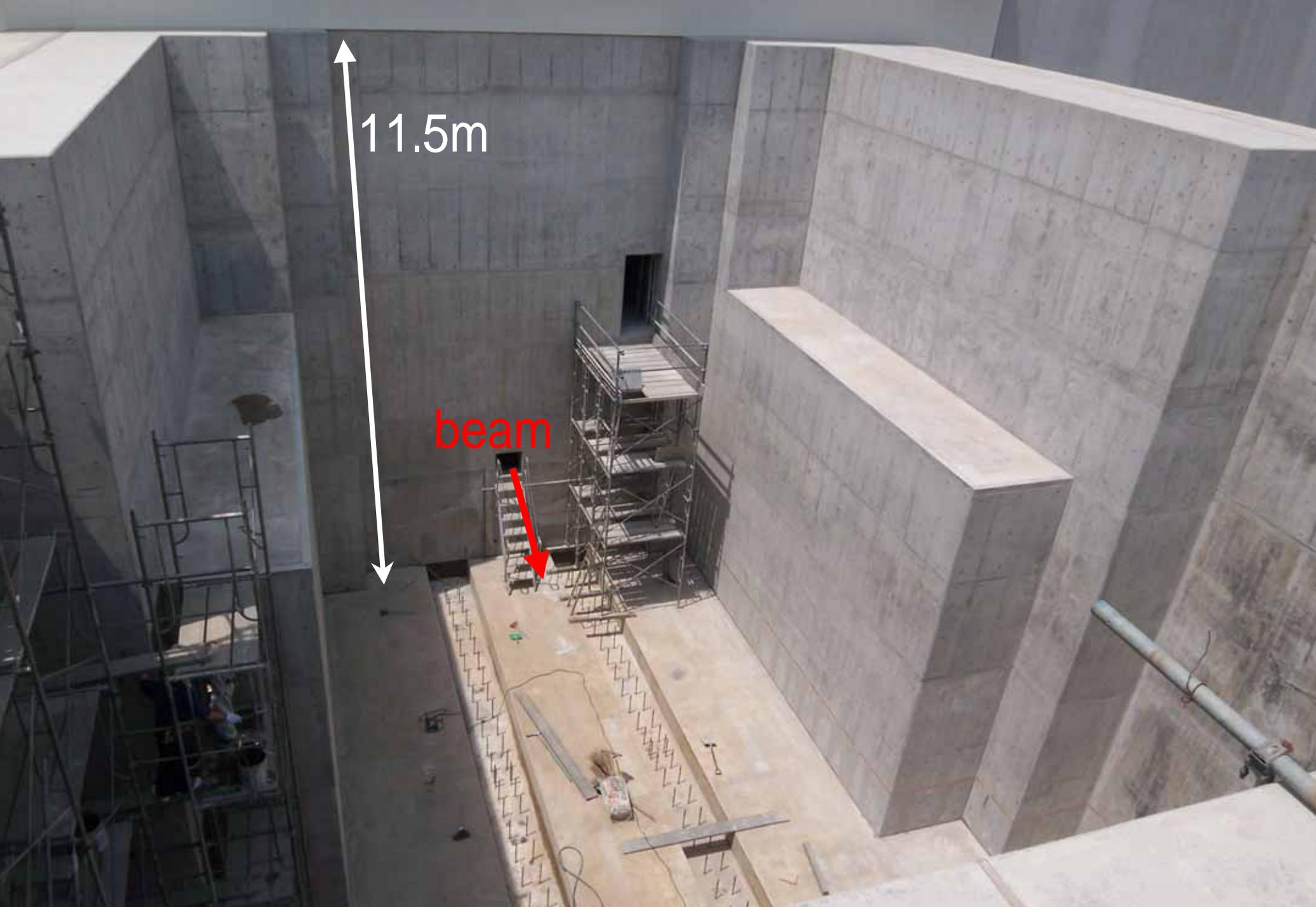


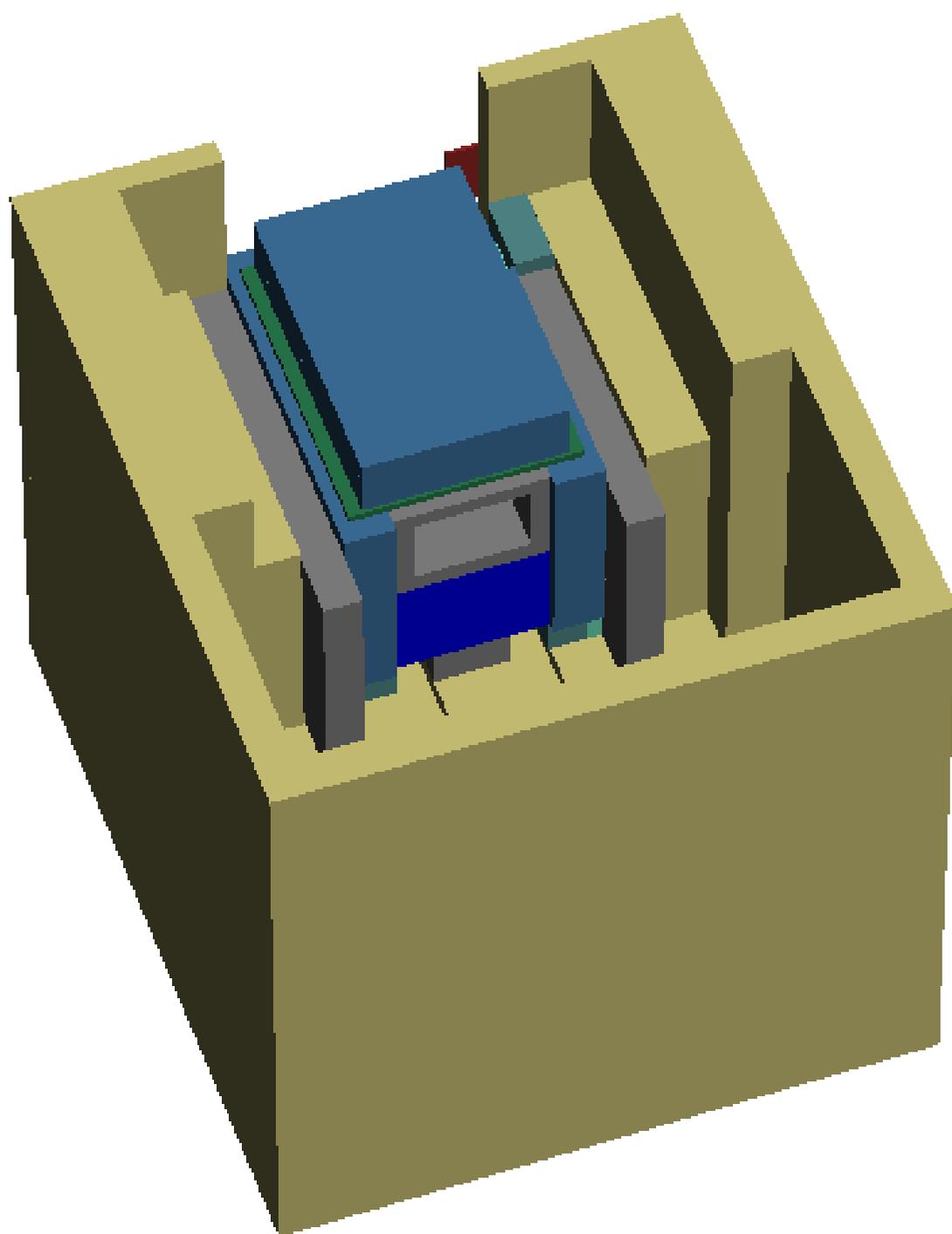




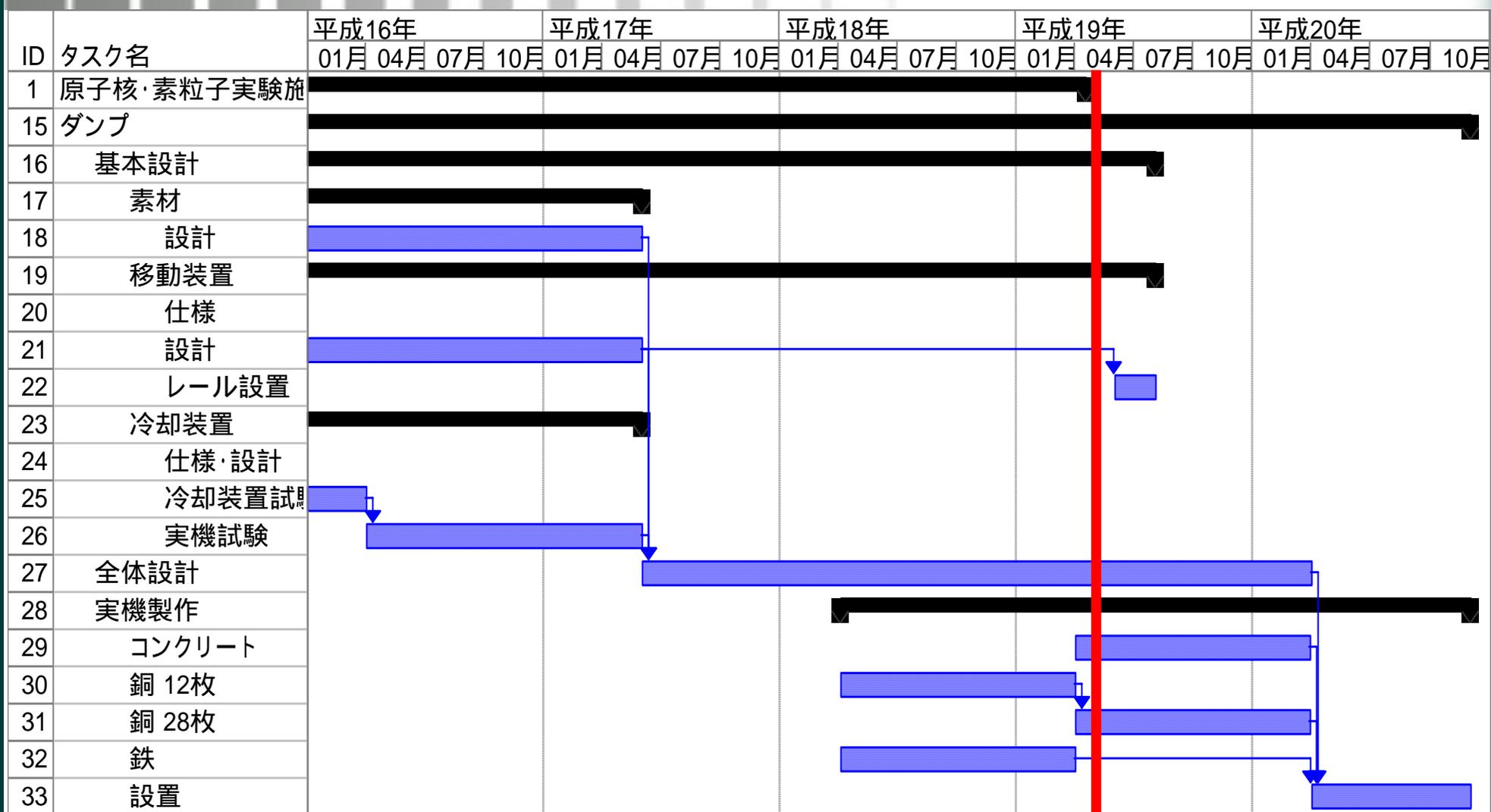
11.5m

beam





Schedule

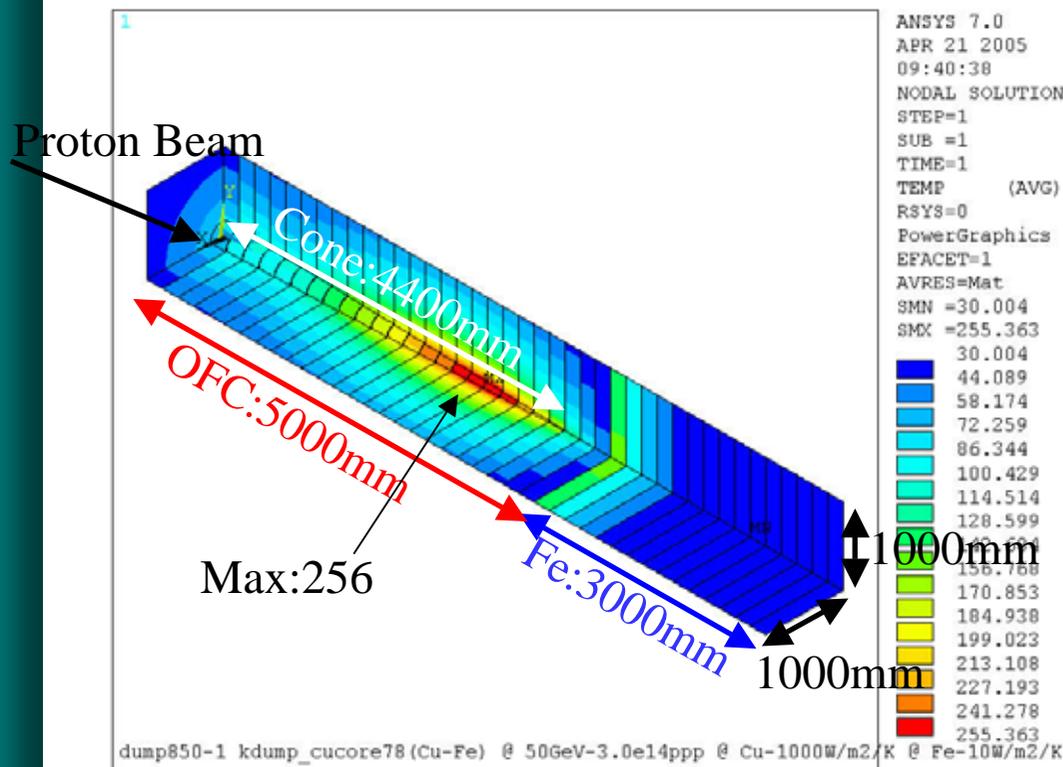


2007/5/13現在



Heat analysis by MARS & ANSYS

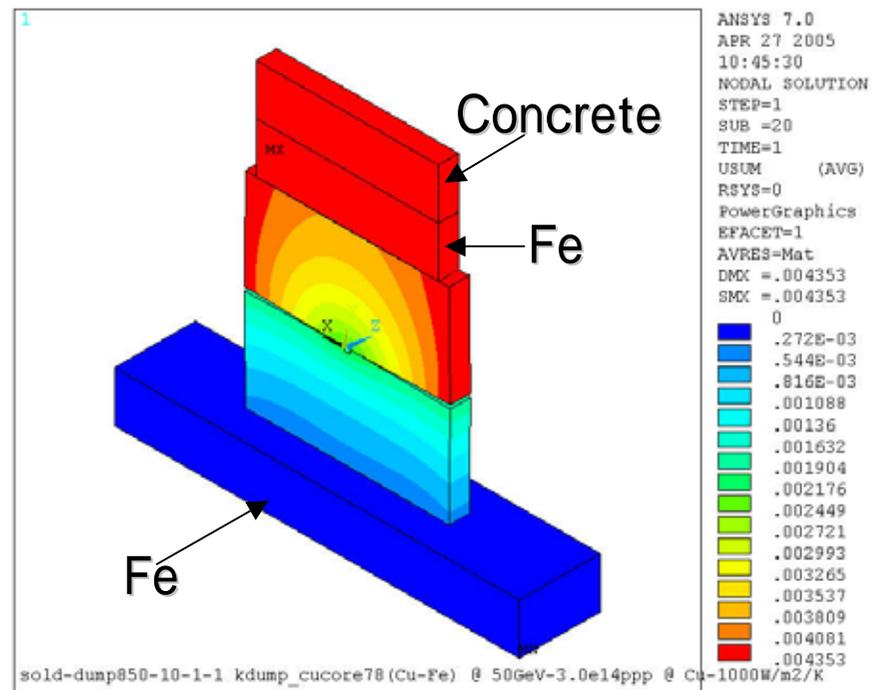
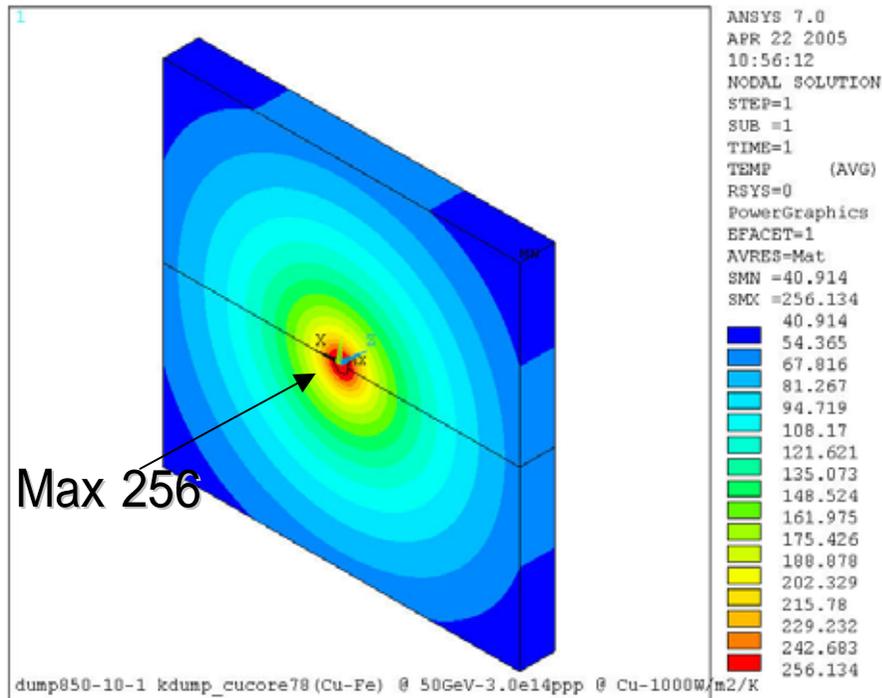
(calculated by A. TOYODA & M. MINAKAWA)



- ◆ 2x2x8m(OFC:5m,Fe3m)の時の1/4モデルでのエネルギー寄与による発熱計算。
- ◆ 50GeV、15 μ A、750kWの陽子ビームを受け止めた時の発熱である。
- ◆ 底面直径 350mm、高さ4400mmの円錐状空洞を持ち、最高温度で256 になった。
- ◆ 熱伝達係数は1000W/m²·K。



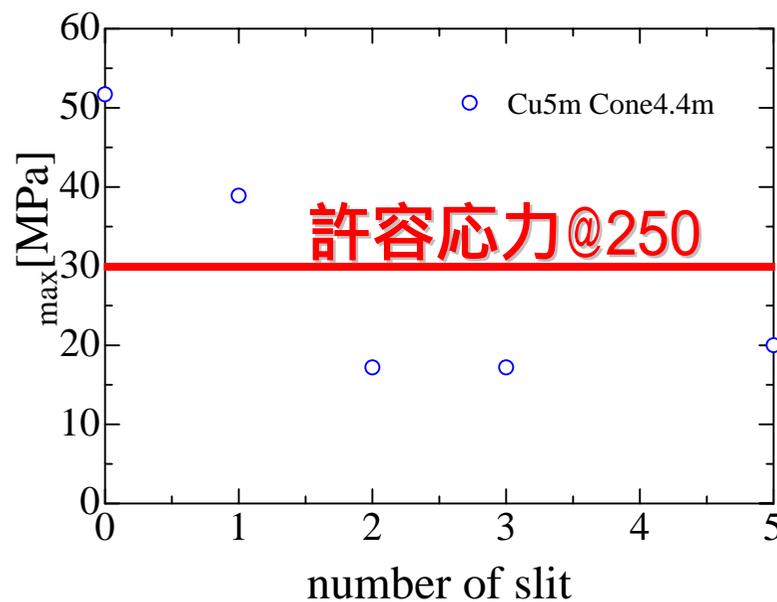
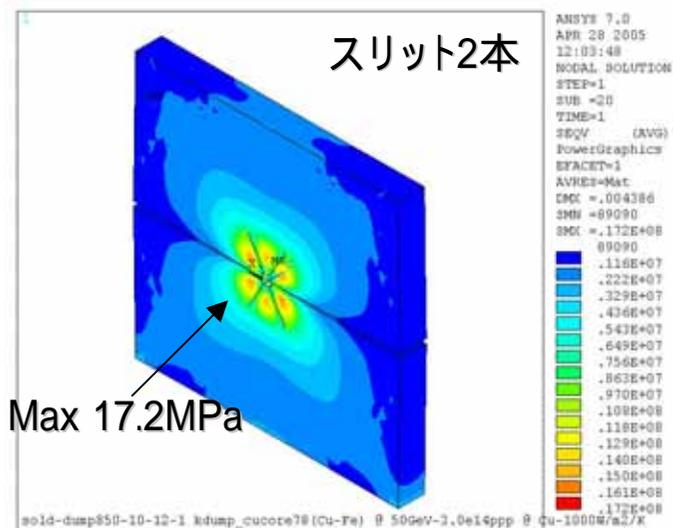
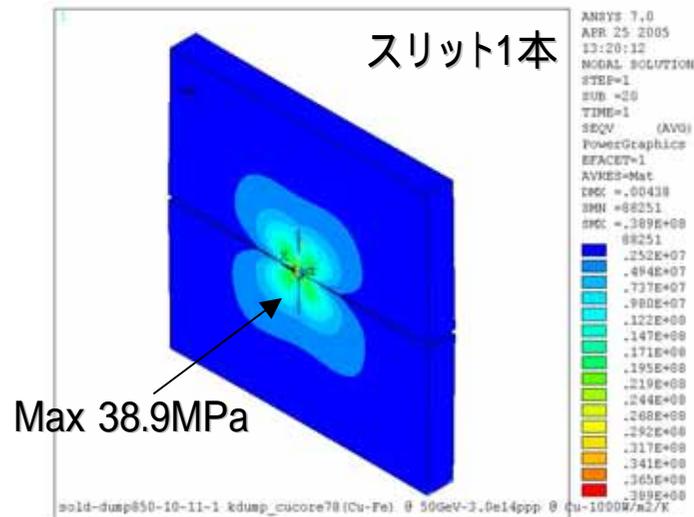
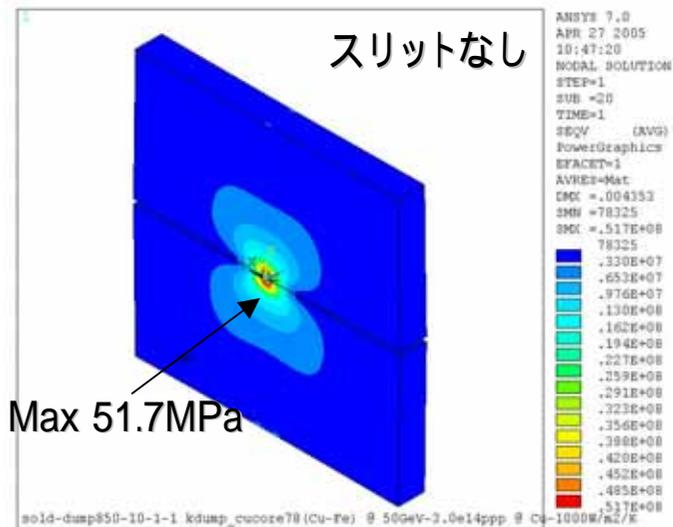
Heat generation by Energy deposition



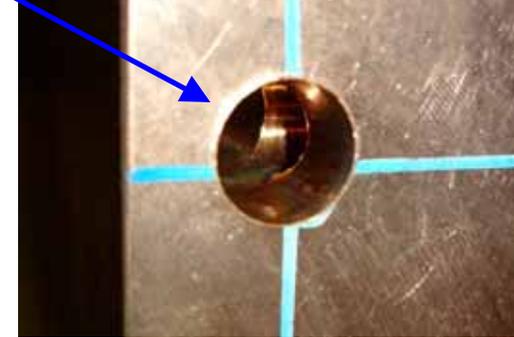
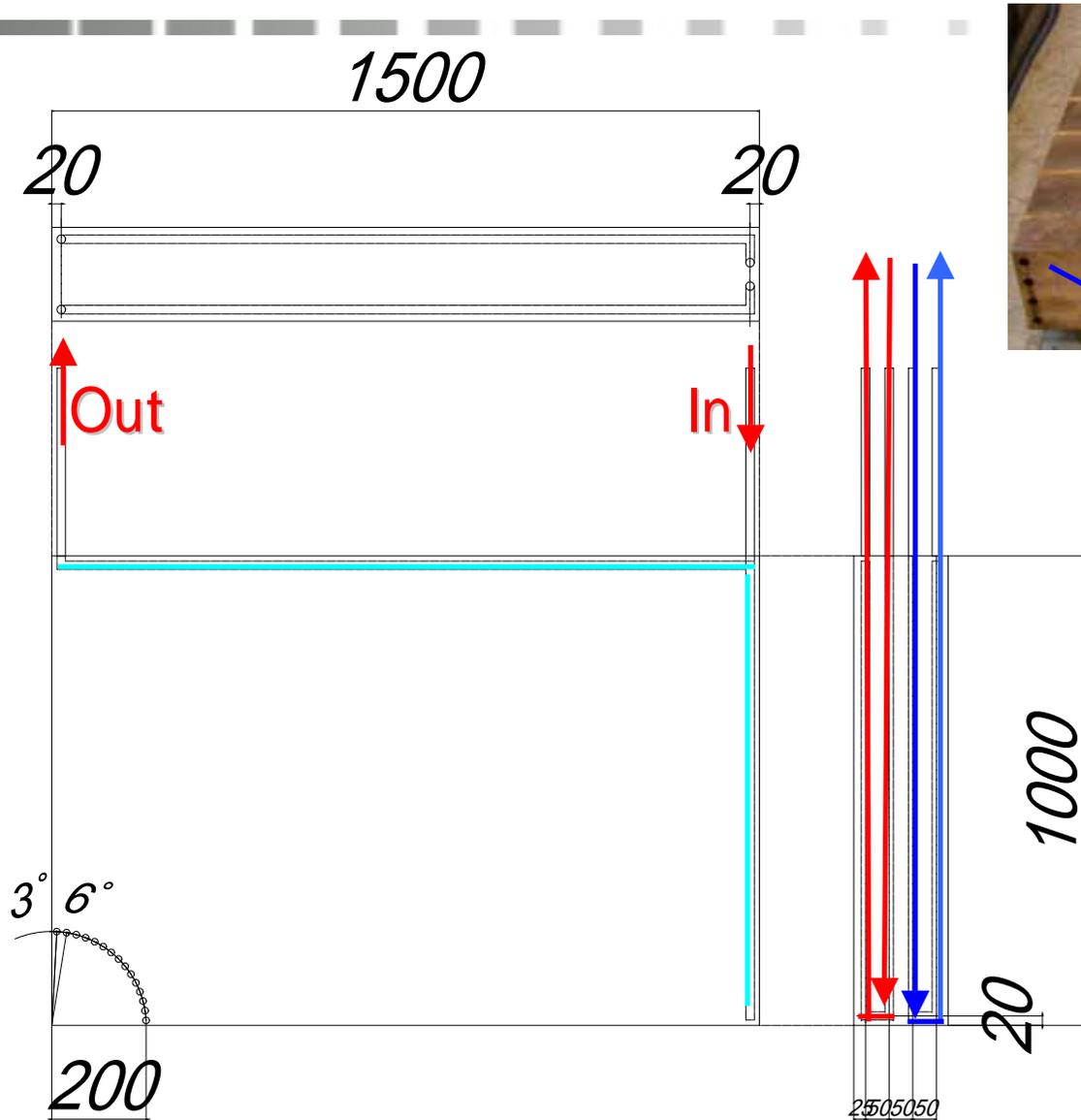
- ◆ 陽子ビームのエネルギー寄与が最大の銅板を取り出し計算した。
- ◆ 発熱によりy方向にほとんど変形し、最大で4.3mm変位する。
- ◆ 変位と熱応力の計算は鉄・コンクリート遮蔽体を載せた実際用いる環境で行われた。



Thermal Stress



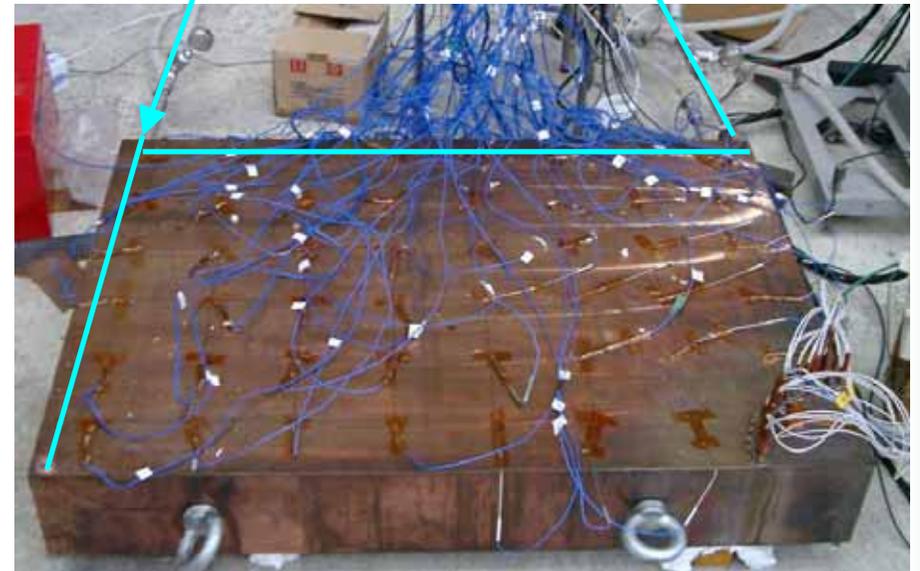
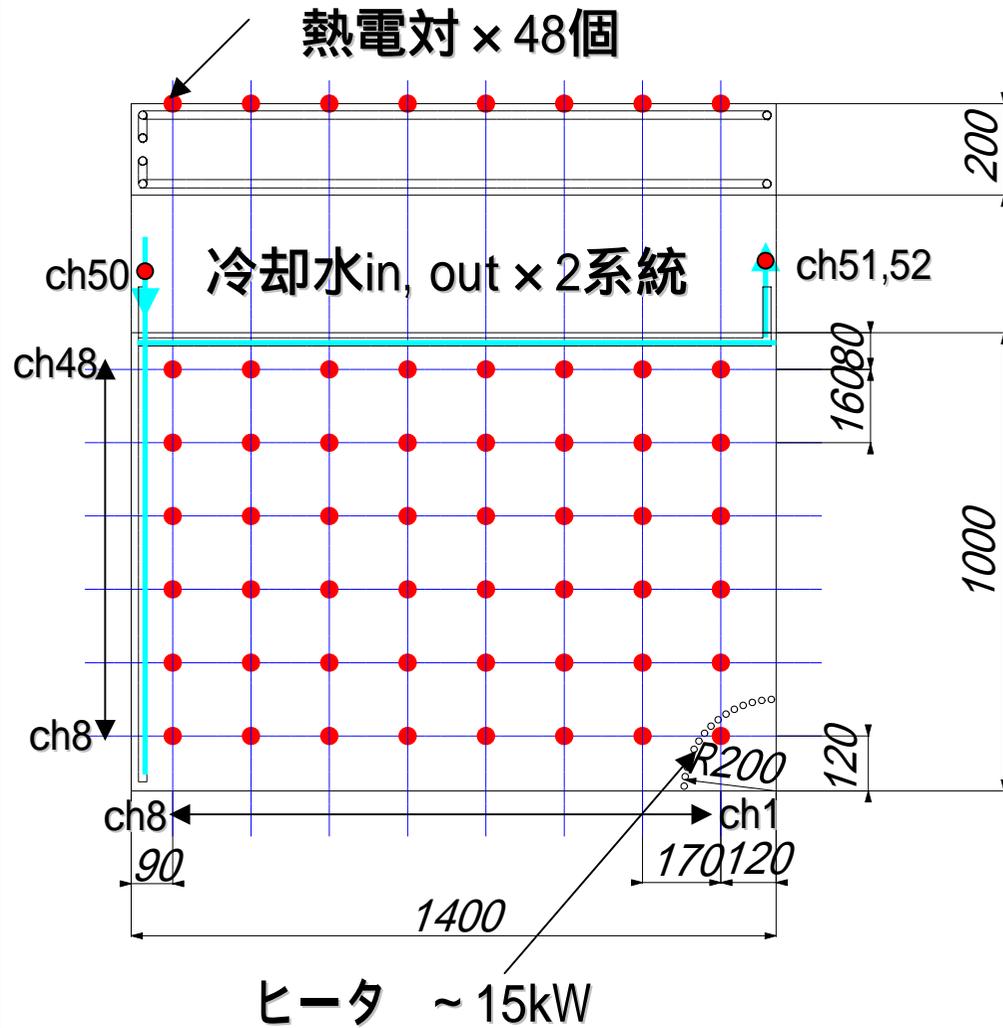
1/4 Model of beamdump



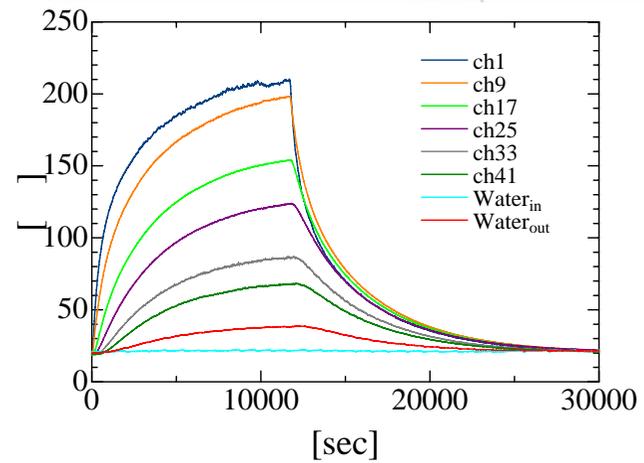
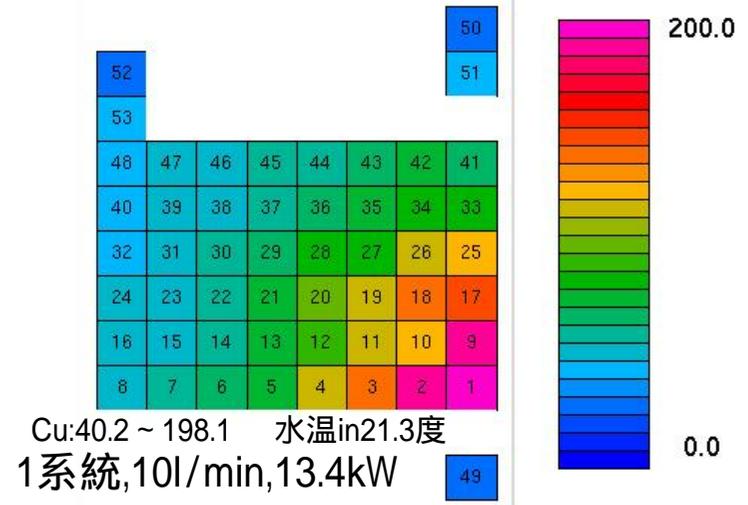
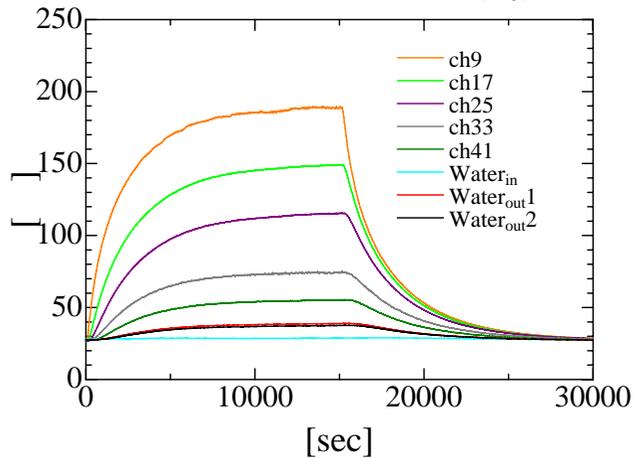
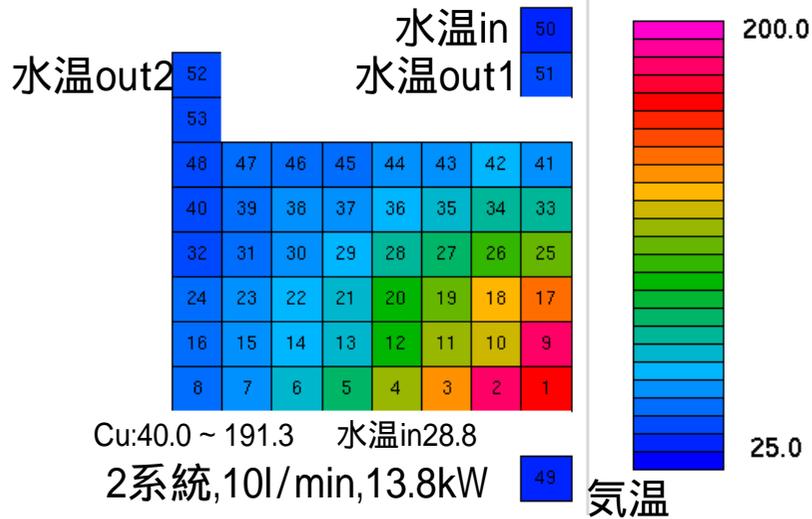
- ◆ 冷却装置にBTA方式を採用し、1/4モデルのモックアップを製作。
- ◆ 水漏れを考慮して、2系統の配管を設置。
- ◆ 写真よりBTAで加工した穴が互いに貫通しているのがわかる。



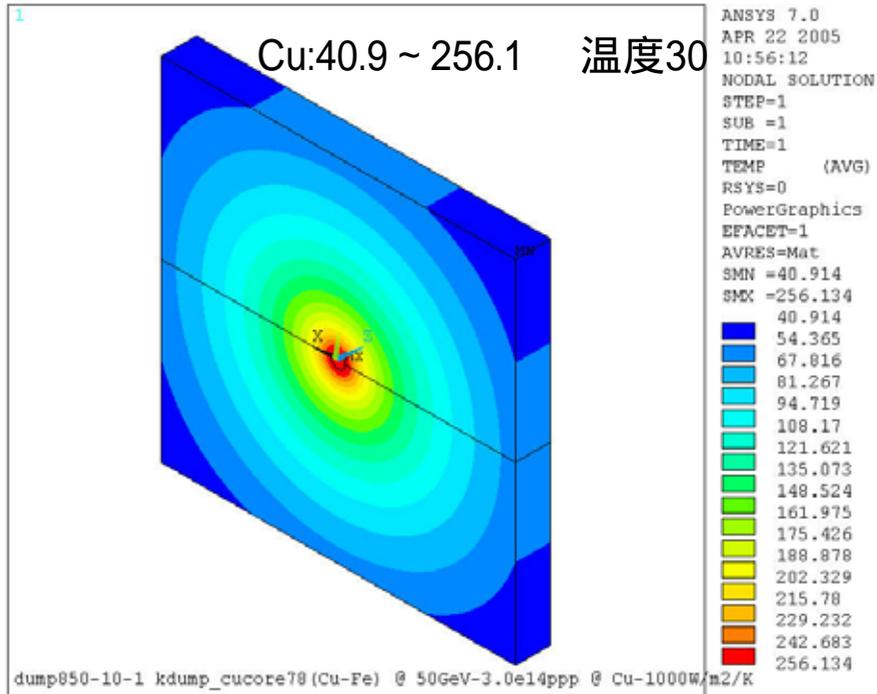
1/4実験モデル



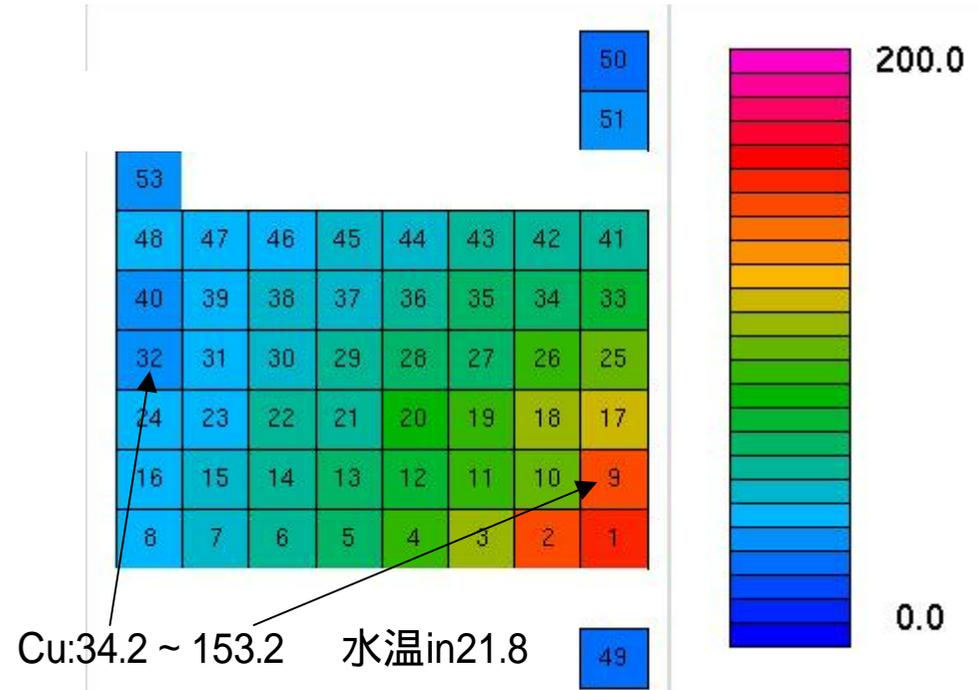
実験結果



シミュレーションと試験の比較



9.4 kW、1000W/m²·K



8.5 kW、10l/min (1系統)



冷却水停止、ヒータoff時

10l/min, 11.3kW

飽和



30.1 ~ 178.1

5分後



35.2 ~ 153.7

15分後



43.7 ~ 119.0

30分後

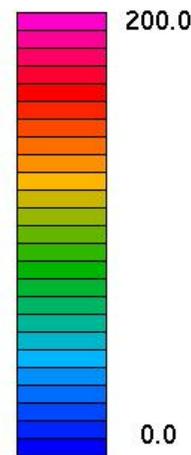
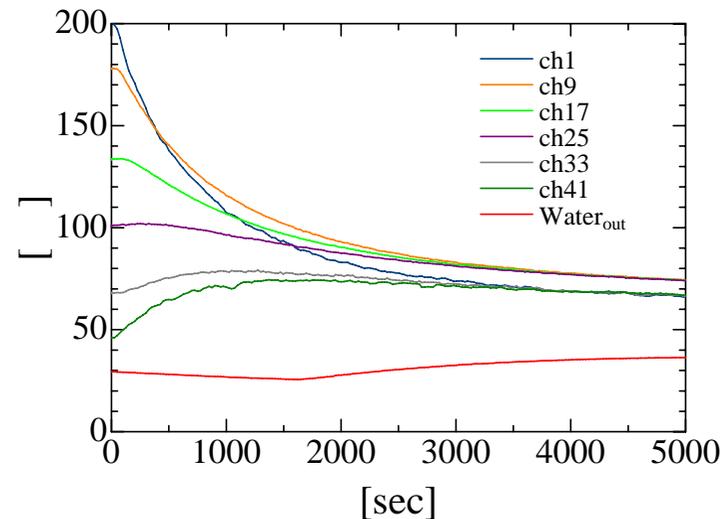


53.0 ~ 94.9

60分後



62.1 ~ 79.4

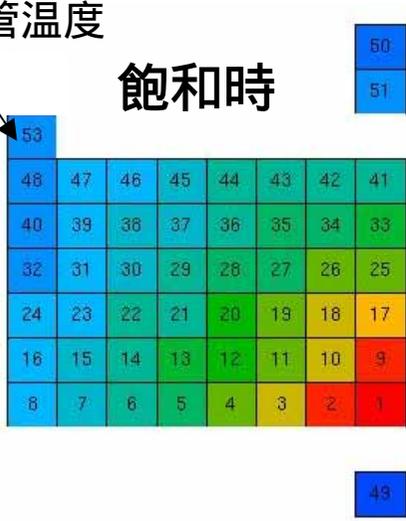


冷却水停止、ヒータon時

10l/min, 12.7kW

銅配管温度

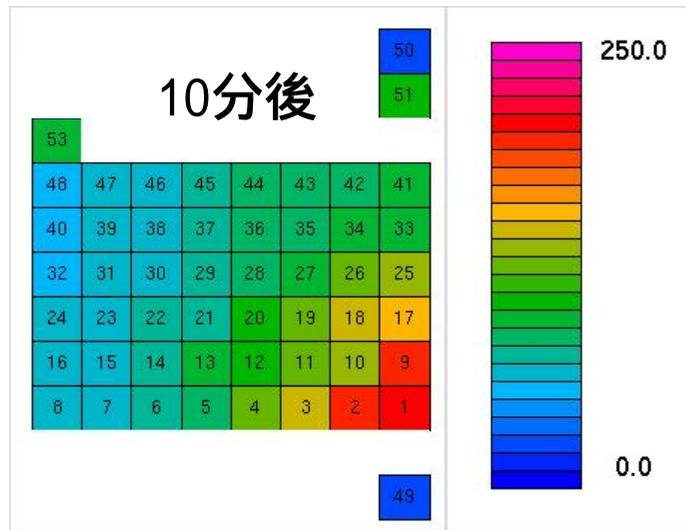
飽和時



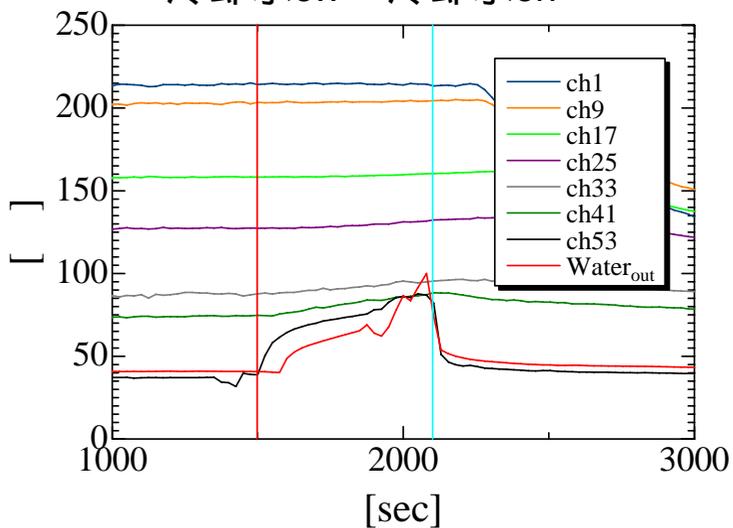
5分後



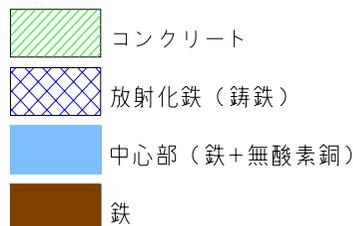
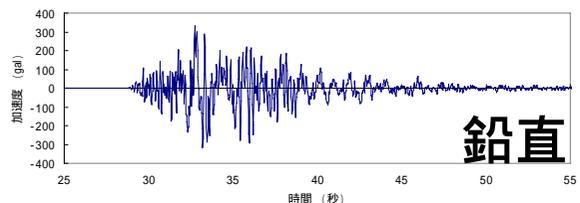
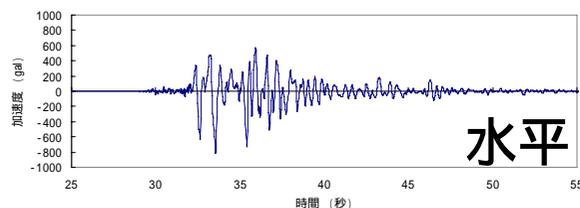
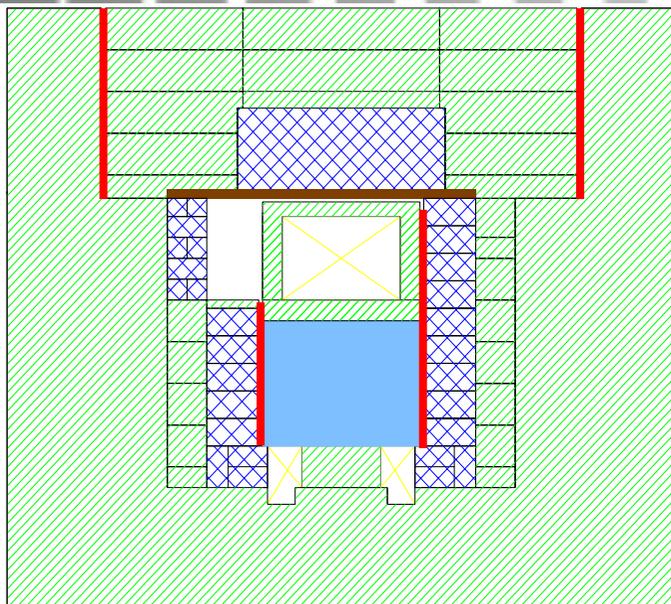
10分後



冷却水off 冷却水on



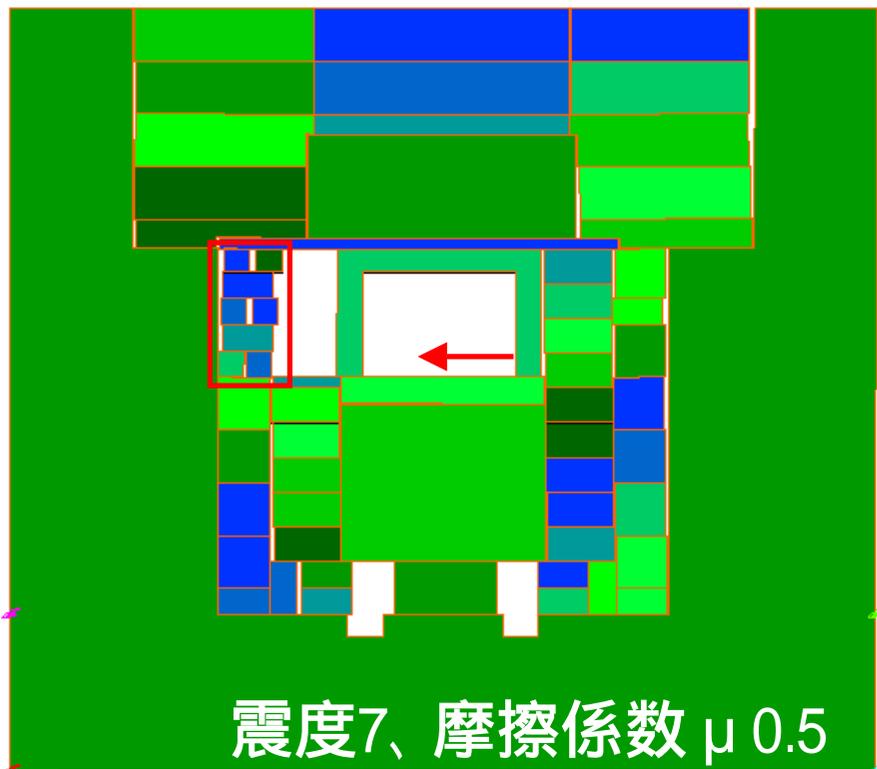
耐震設計



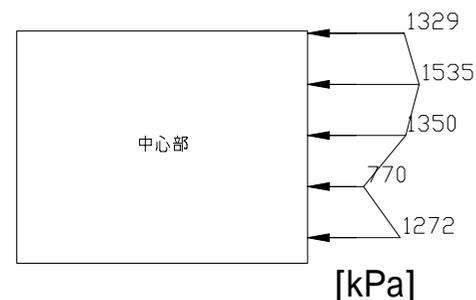
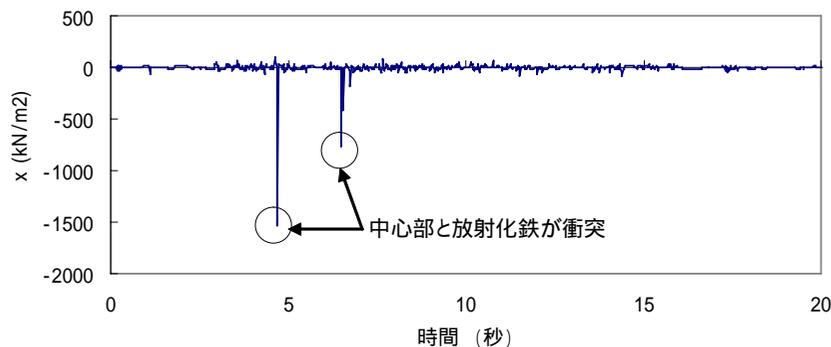
- ◆ 地震時ビームダンプ室内の遮蔽体の挙動を2次元でシミュレーションした。
- ◆ 震度5,7(兵庫県南部地震)、鉛直・水平方向を同時に建屋自体を震動させた。
- ◆ 遮蔽体の摩擦係数を0.3,0.4,0.5に変化させた。
- ◆ 最も弱い断面(隙間が多い)をモデル化。
- ◆ 中心部の横と上部コンクリートの端に隙間100mmを設定し、震動させた。



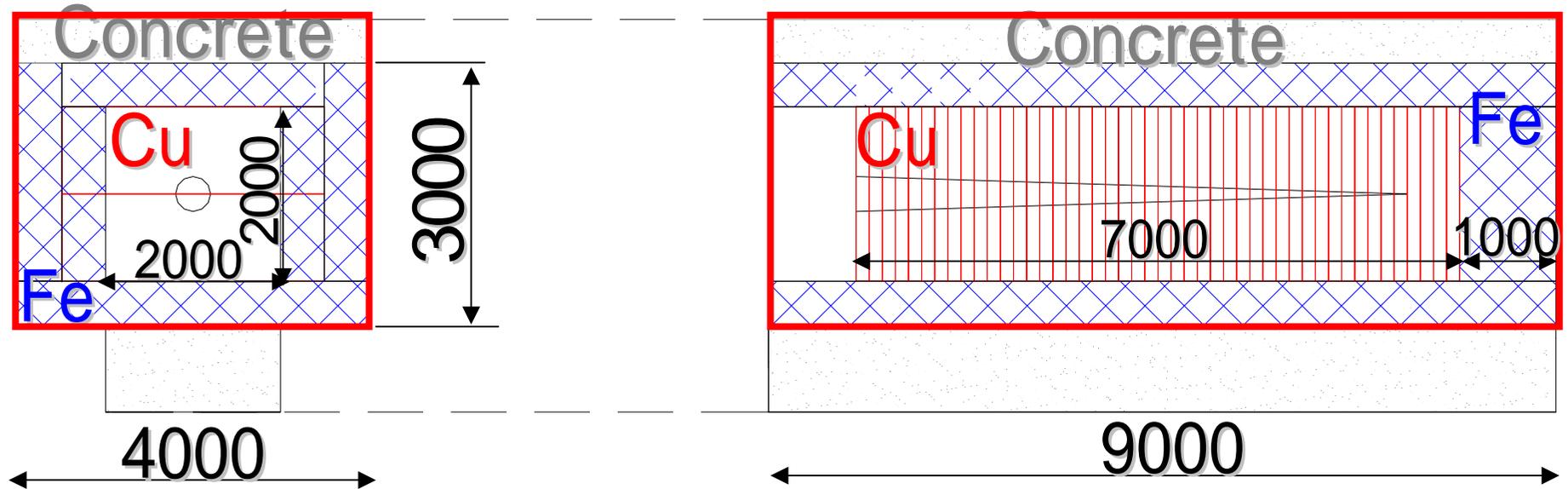
解析結果



- ◆ 上載荷重が小さいブロックに大きな変位が発生する。
- ◆ その中でもサービススペース横の鉄遮蔽体が重要であることが構造的に解かる。
- ◆ μ 0.5の時、門型コンクリートは88mm変位した。
- ◆ μ 0.3では倒壊寸前だったため、鉄遮蔽体には倒壊防止用治具を設置する。
- ◆ 中心部と遮蔽体の衝突があったが、許容応力以下である。



移設設計



- ◆ 拡張工事のために移設できる構造に設計。
- ◆ 設計重量:1000トン(内訳 銅:180トン 鉄:700トン コンクリート33トン、冷却配管など)
- ◆ 赤線枠の部分のみ移設
- ◆ 1日に移設できる装置を選択



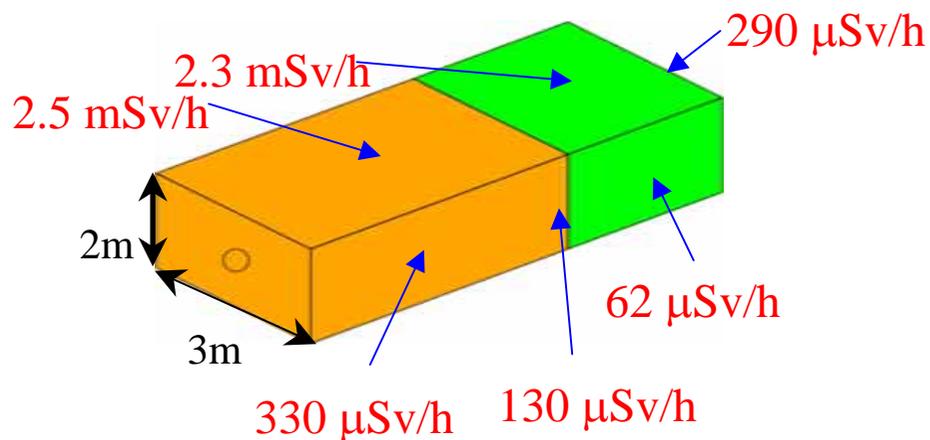
How to move

機能

長所

短所

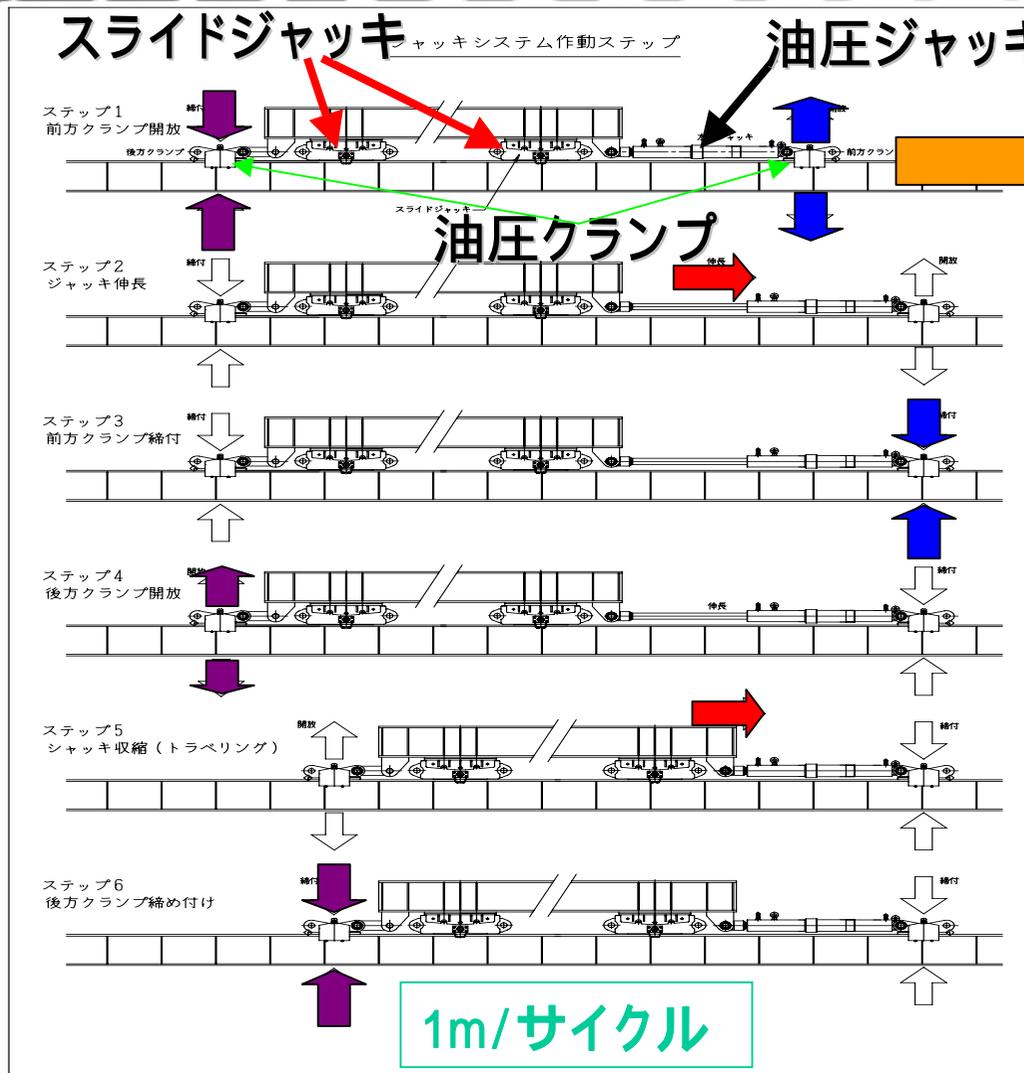
油圧ジャッキ 	<ul style="list-style-type: none"> ◆油圧により移動 ◆クランプと併用した尺取方式 	<ul style="list-style-type: none"> ◆橋梁の移設によく使われている ◆移動量の微調整が可能 	<ul style="list-style-type: none"> ◆設置時にダンプ近傍で作業
スライドジャッキ 	<ul style="list-style-type: none"> ◆すべり(水平方向)とジャッキ(鉛直方向)の2つの機能を持つ 	<ul style="list-style-type: none"> ◆省スペース ◆ジャッキ必要なし 	<ul style="list-style-type: none"> ◆油圧漏れ



- ◆ 左図は1年運転、半年冷却した場合の銅と鉄の残留放射能である。
- ◆ 実際にはこの周りに500mmの鉄で覆われているため、残留放射能はこれ以下に低減できる。



Traveling method



前方クランプ開放 5秒

ジャッキ伸長 53秒

前方クランプ締付 5秒

後方クランプ開放 5秒

ジャッキ収縮(トラベリング) 100秒

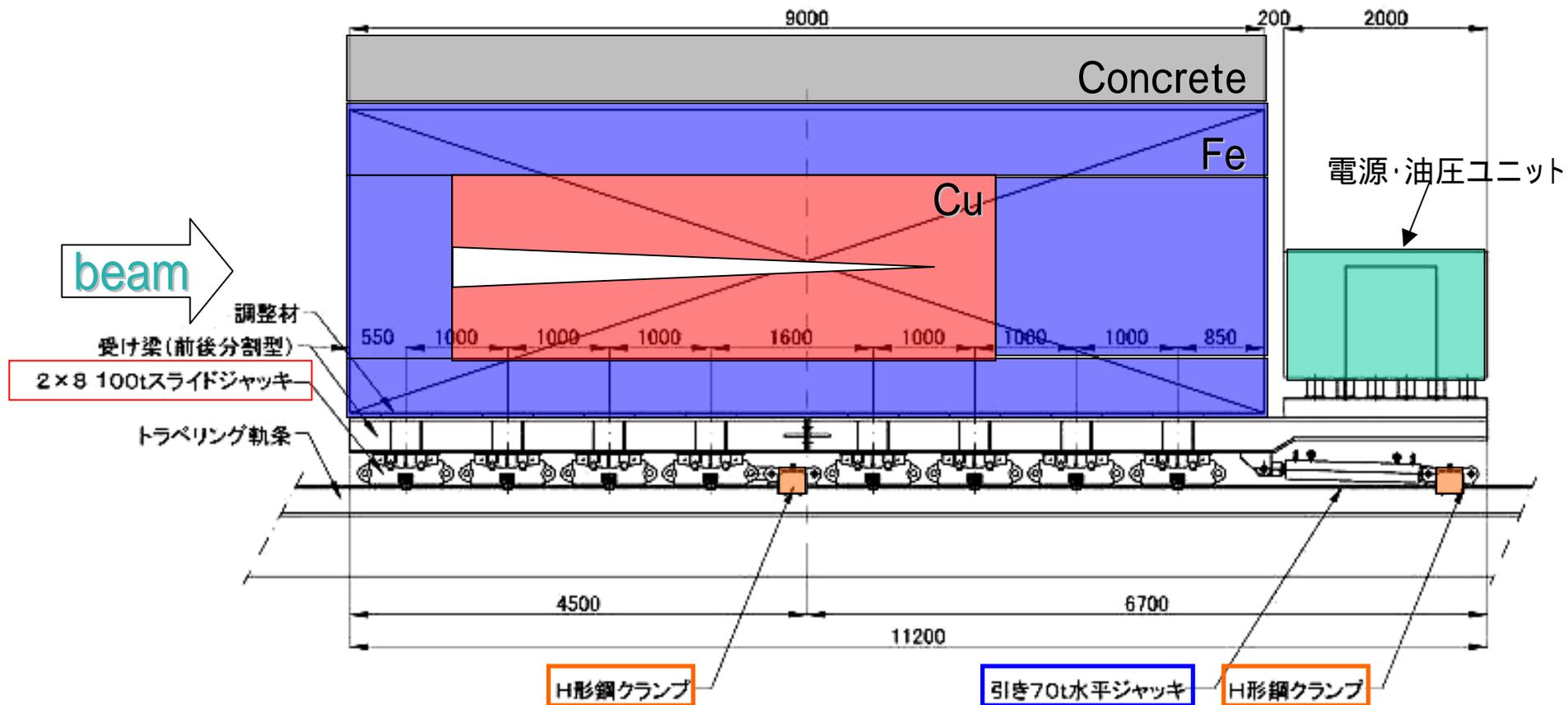
後方クランプ締め付け 5秒

合計173秒=約3分x50m

=150分で移設完了



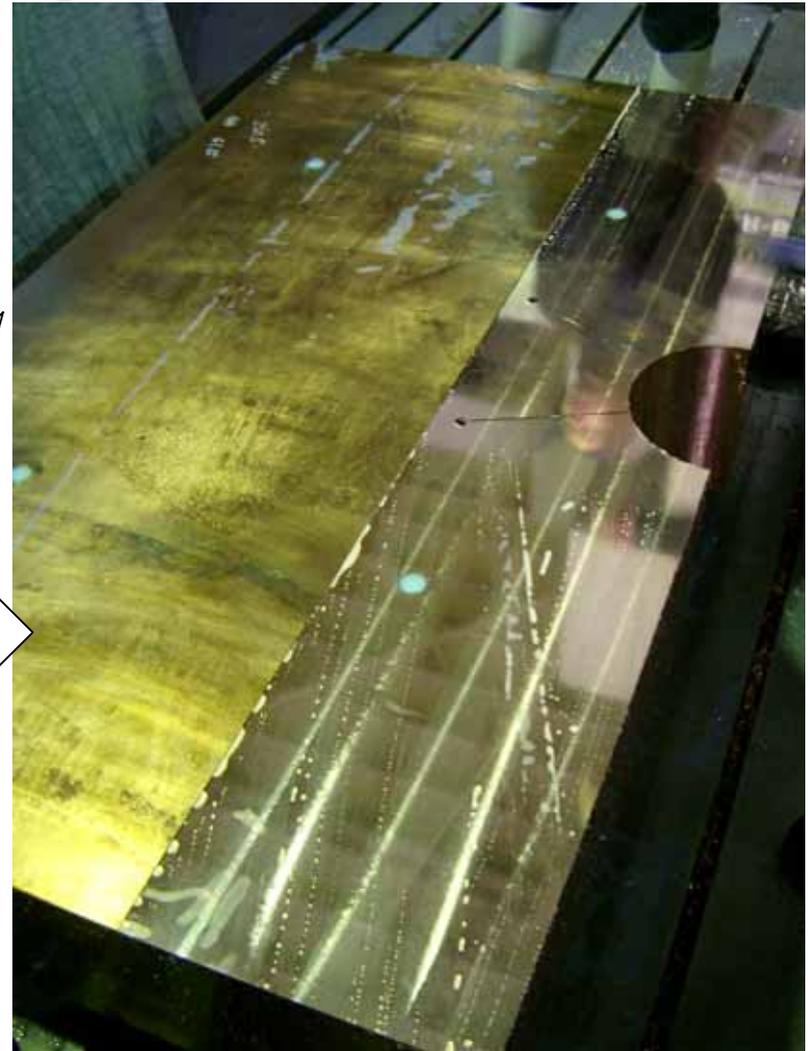
Structure of traveling devices



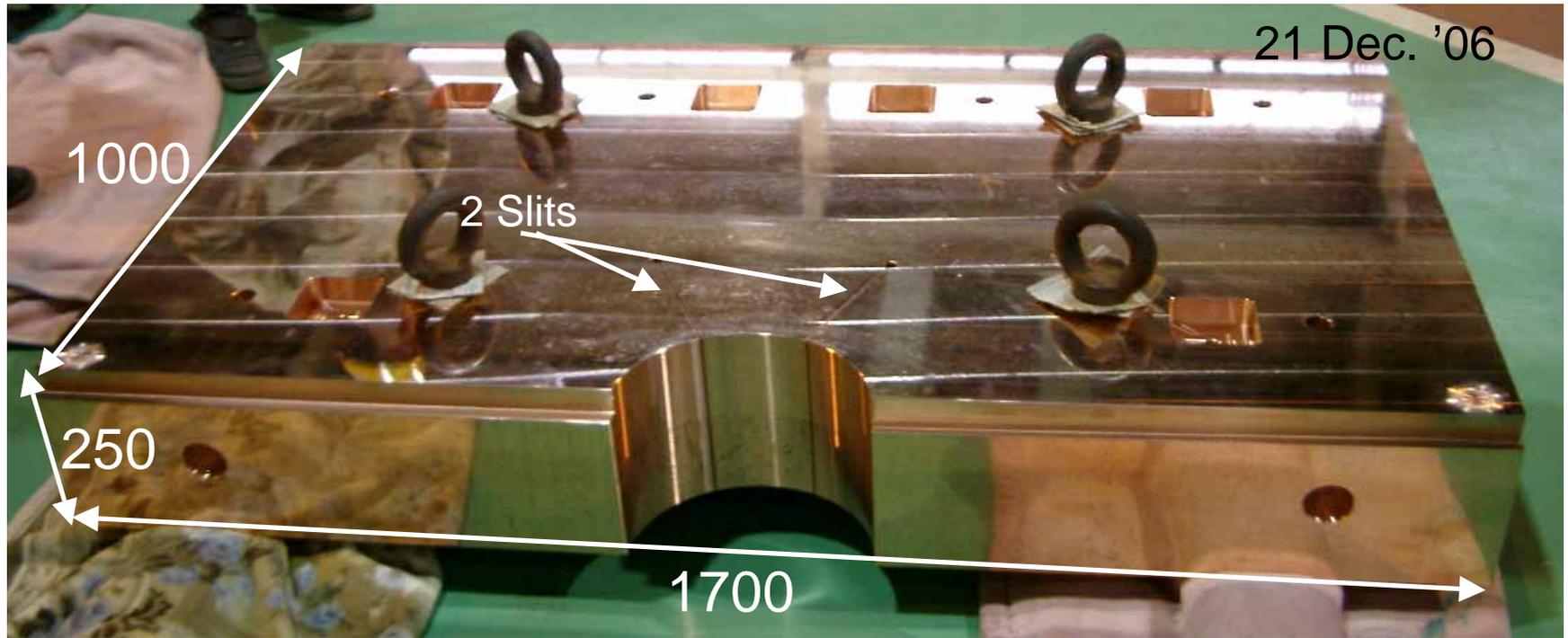
- ◆ 移設時にはビームダンプ前部を遮蔽しなければいけない。
- ◆ LANケーブルのみ操作室とつなぎ、遠隔操作し作業者の被曝を低減させる。



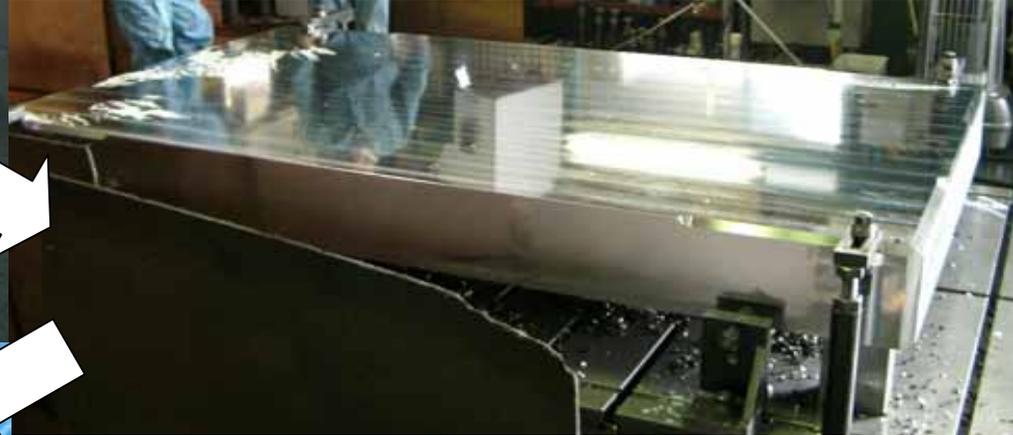
銅ブロックの加工



OFC parts



Iron shields



22 Dec. '06

30 Mar. '07 @ KEK



今後の予定

- ◆ 今年度(平成19年度)は銅28枚分加工、コンクリート・放射化鉄の製作、設置検討など。
- ◆ 平成20年度早々より設置開始。

