

DESIGN and R&D status OF NP-hall BEAM DUMP IN J-PARC

KEK 高エネルギー加速器研究機構

J-PARC ハドロンビームライングループ

上利恵三、家入正治、加藤洋二、広瀬恵理奈、皆川道文、三浦太一、野海博之
里嘉典、澤田真也、鈴木善尋、高橋仁、高崎稔、田中万博、山田善一、山野井豊

Outline

◇ビームダンプの形状の最適化

←ビームダンプコアと遮蔽体の設計

◇エネルギー寄与による発熱の冷却装置開発

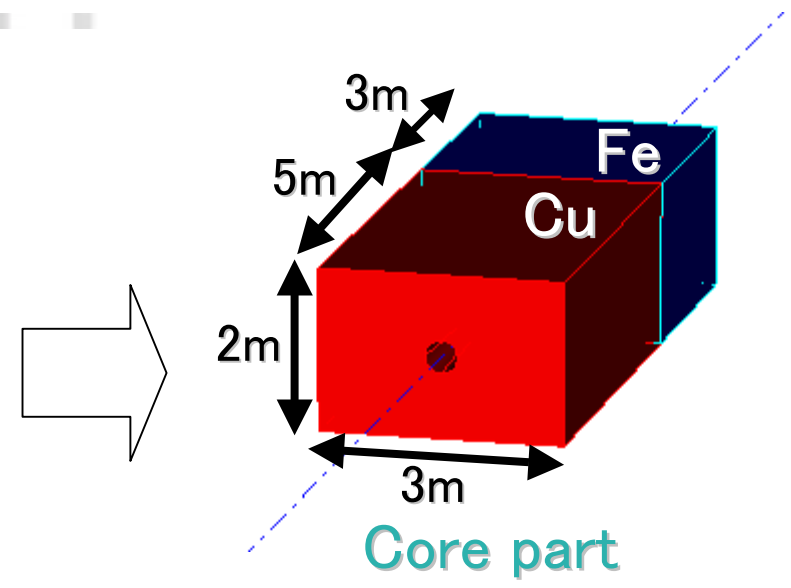
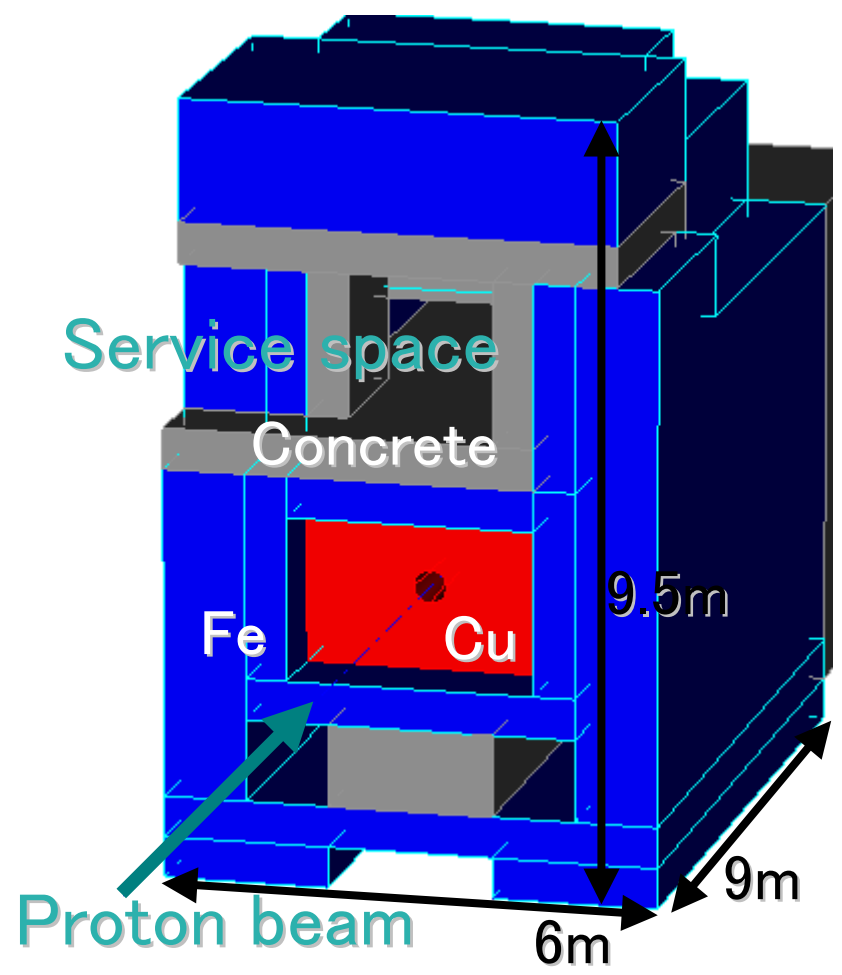
←コリメータの冷却装置にも併用

◇I期計画からII期への移設問題

←移動方法と装置



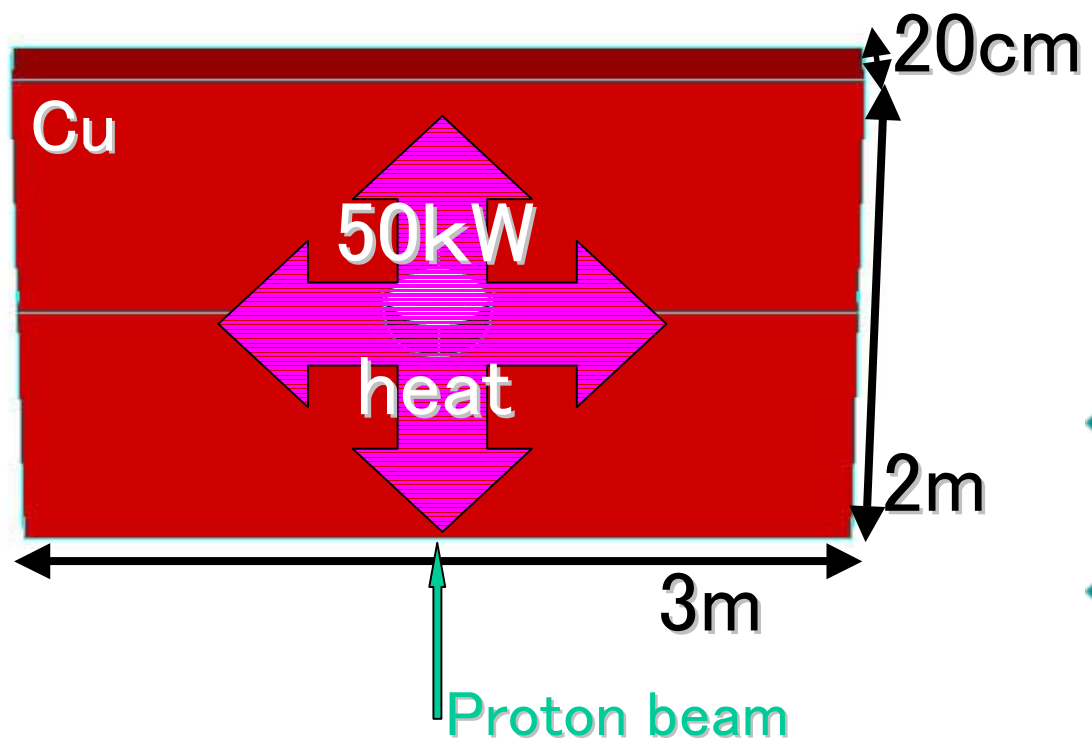
How to build



- ◆ 50GeV, 750kW, 3.0×10^{14} ppp
フルビームダンプ
- ◆ コアは高い熱伝導率と耐放射線性から銅を選択
- ◆ メンテナンスを考慮に入れた構造
→ サービススペース (S.S.)



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
 - $1.05\text{m}^W \times 0.26\text{m}^T \times 4.0\text{m}^L$ 10t 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。

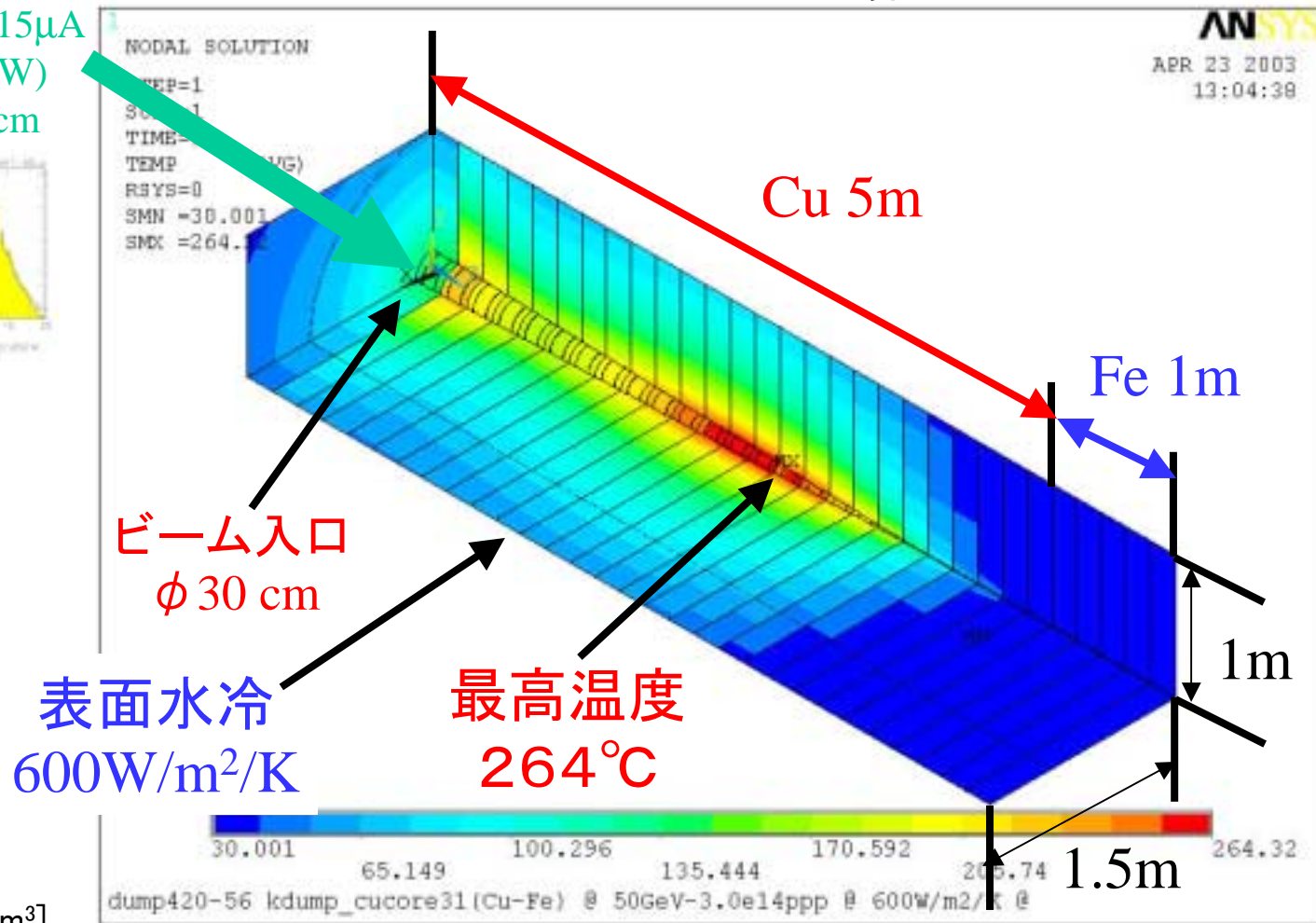
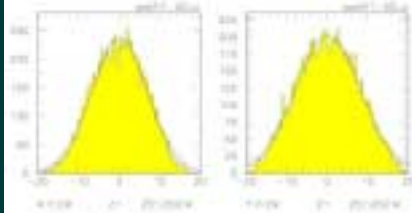


Heat analysis by MARS & ANSYS

(calculated by Y. SATO & M. MINAKAWA)

Proton beam
50GeV-15 μ A
(750kW)
 ϕ 40cm

ダンプコア1/4モデル計算の一例



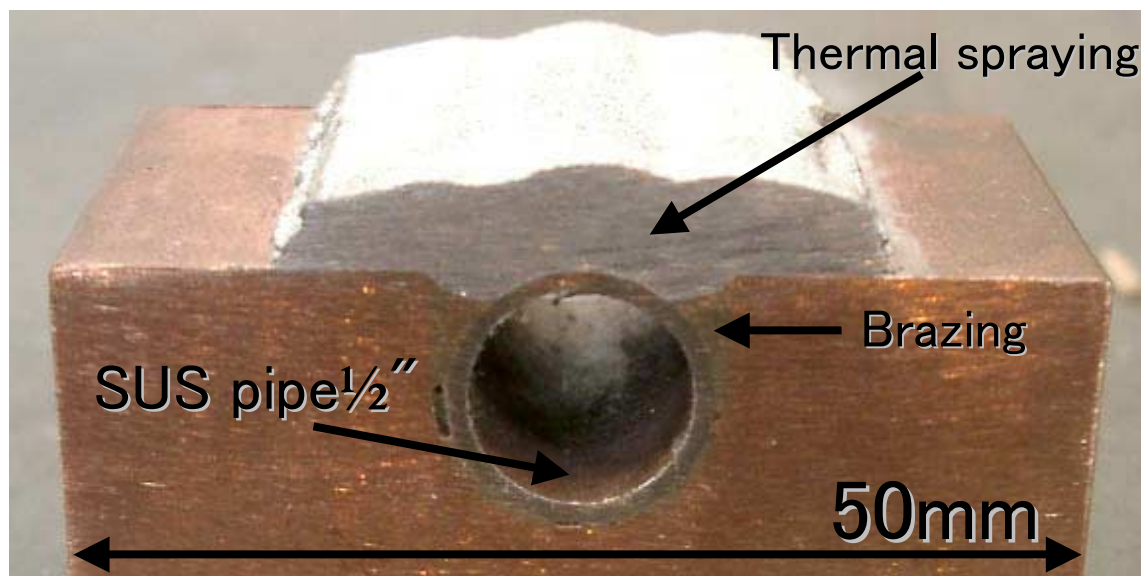
◆ 無酸素銅

- $\rho=8.9$ [g/cm³]
- 熱伝導率390 [W/m/K]



Thermal spraying

- ◆ 冷却する面に配管し、その上から溶射し接触面積を増加させる方法。
- ◆ スイスのPSI(Paul Scherre Institut)研究所で使用実績有り。
- ◆ 今回はアルミワイヤー溶射を用いて試験を行った。



Test models

- ◆ アルミワイヤー溶射で、6種類の溝形状、ロウ付けあり・なしを評価。
- ◆ 入力電力(800,375W)、冷却水流量(5,10,15L/min)を変化させ、冷却水出口温度と無酸素銅表面温度を測定。



①

- ◇ 溝加工なし
- ◇ ロウ付けあり



②

- ◇ 三角溝加工
- ◇ ロウ付けあり



③

- ◇ 半U溝加工
- ◇ ロウ付けあり



④

- ◇ U溝加工
- ◇ ロウ付けあり



⑤

- ◇ U溝加工
- ◇ ロウ付けなし



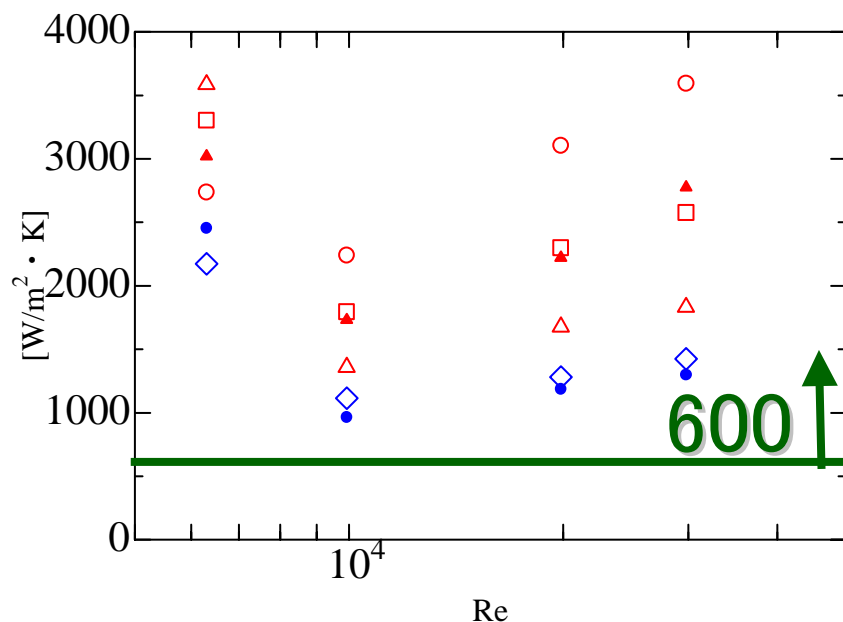
⑥

- ◇ V溝加工
- ◇ ロウ付けなし



Test results

- ◆ すべての条件において、シミュレーションで用いた600[W/m²·K]を達成。
- ◆ **ロウ付けあり**だと管と銅の接触が良好になり、熱伝達係数は増加する。
- ◆ **ロウ付けなし**では管と銅の間に空隙ができ、熱伝達係数の低下を引き起こしている。溶射が入り込むような溝形状の最適化が必要である。



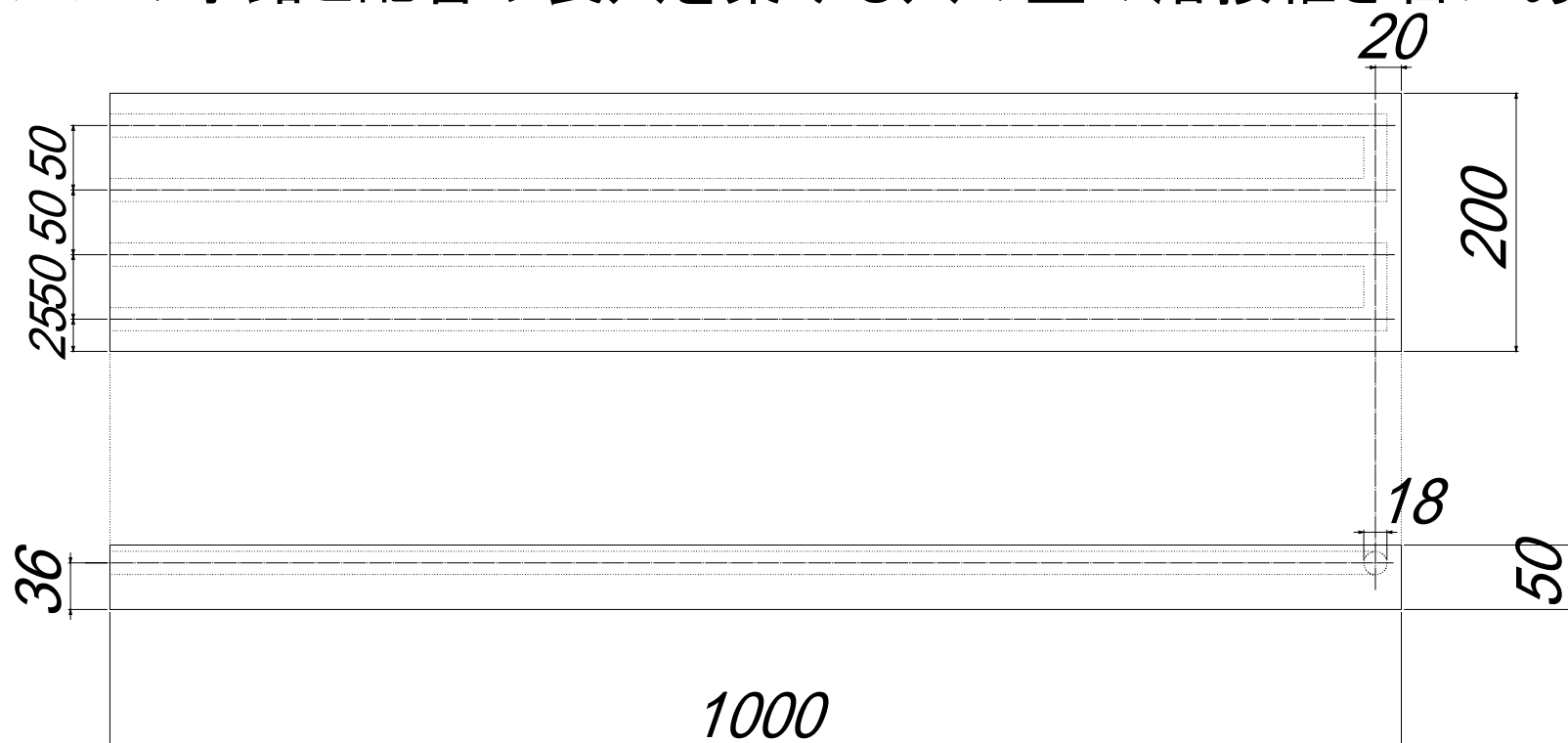
$$\alpha = \frac{Q}{A(T_{Cu} - T_{water})}$$

流量 [l/min]	流速 [m/s]	Re
5	0.93	9920
10	1.85	19842
15	2.75	29762



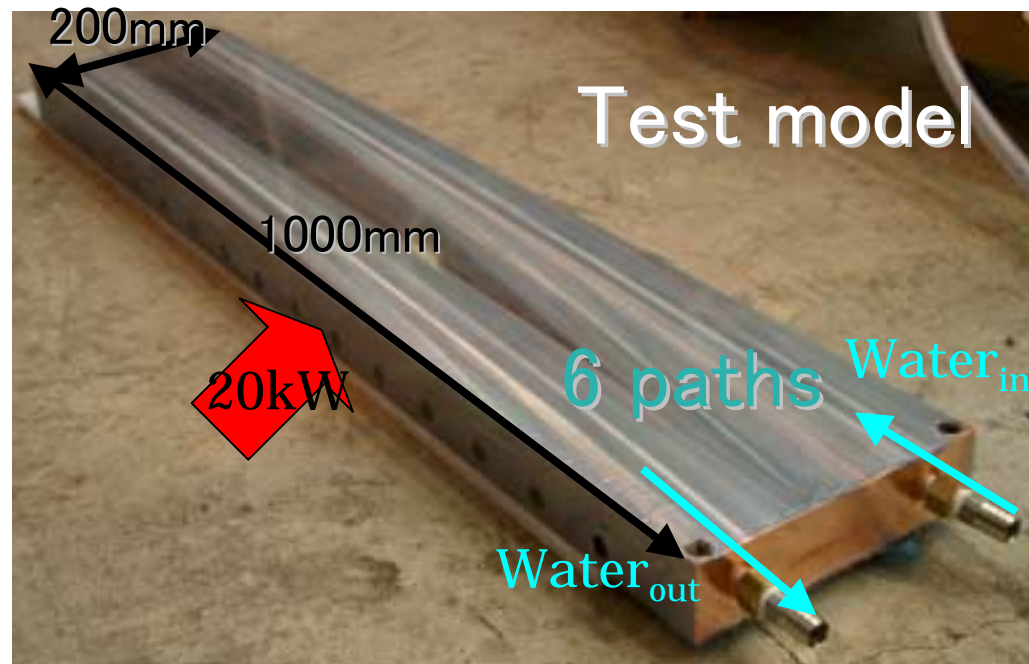
BTA(Boring and Trepaning Association) Process

- ◆ ドリルにより長穴を掘り、それらを繋げ水路とする方法。
- ◆ ドリルはドリル径の50～100倍の深さを掘ることが可能。
- ◆ ダンプの水路と配管や長穴を繋げる穴の蓋の溶接継ぎ目がある。



Friction stir welding (FSW)

- ◆ FSWとは摩擦により母材内部を流動、攪拌して接合する技術。
- ◆ 発熱面に溝を彫り、ふたをし、それに沿ってFSWする。
- ◆ ひずみが小さく、残留応力も少ない接合のため耐圧性能が向上。
- ◆ 右下図で冷却は6つのパスを持ち、加熱は最大20kW与えられる。



Moving scheme and Radiation

ビーム開始以前にテスト、その後実験開始

ビーム停止

約半年もしくは1年間放射線量を低減

拡張工事、放射線遮蔽の取り外し

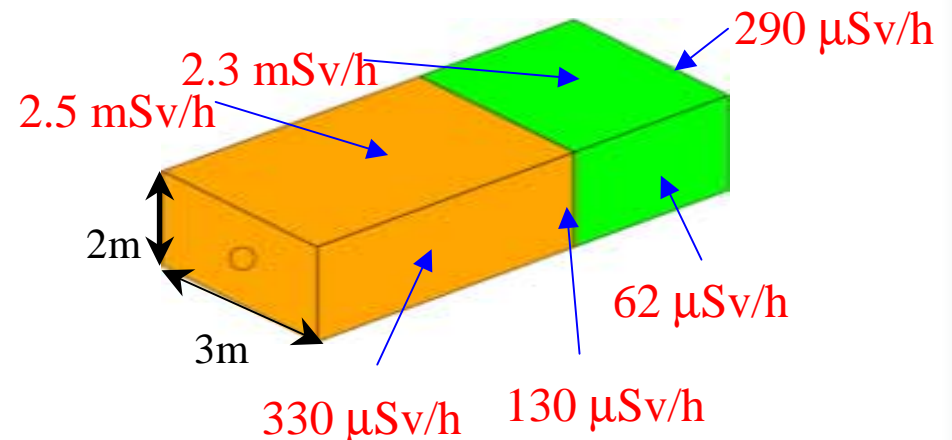
冷却、真空装置の養生

50m下流へ移設

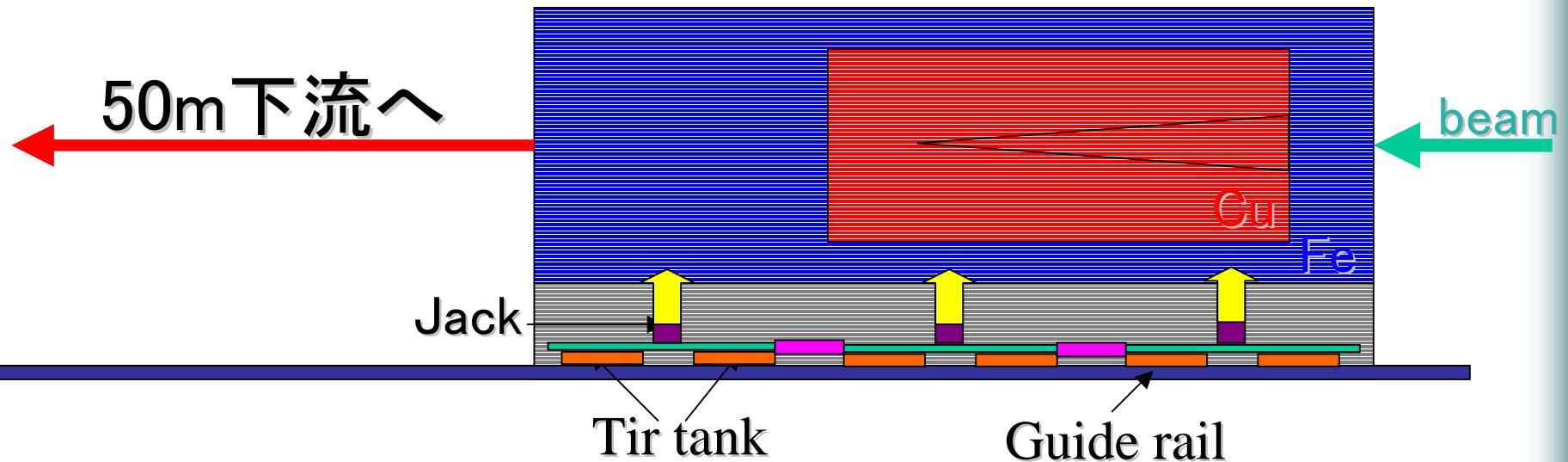
ダンプの再設置

実験再開

- ◆ 下図は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。



How to move



- ◆ チルタンクを連結させることにより、荷重を分散させる。
- ◆ ジャッキアップして、移動。
- ◆ 移動速度は1.7mm/s (50m/8hour)。



Conclusion and Prospects

NP-Hallビームダンプについて、次のような設計開発を行った。

- ✧ シミュレーションからコアと遮蔽体の設計が行われ、コア部は無酸素銅、鉄、コンクリートに最適化された。
- ✧ エネルギー寄与による発熱の冷却は3つの方法が提案された。
- ✧ 溶射の冷却試験では、すべてのモデルでシミュレーションで用いた $600[\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}]$ を達成。その他の冷却装置は今後試験する予定である。
- ✧ コア+遮蔽体(～約1000ton)の移動方法・スケジュールは現在検討中である。

