

LC加速器技術開発進捗状況

空洞製造技術開発施設(CFF) の取組み

機械工学センター
山中 将

発表内容

- KEK1号機の製造
- ジャケットの製造と高圧ガス保安法対応
- 量産技術の開発
- 今後のスケジュール

機構内で空洞製造を行う目的

17,000台の空洞製造を実現する生産技術の開発

- 歩留まりの向上 = 品質の安定
- 製造コストの低減
- 量産技術の開発



技術開発の項目

- 歩留まりの向上・品質の安定
 - 電子ビーム溶接の高度化
 - ニオブ(Nb)材の(切削・塑性)加工特性の把握
 - 工程の確立
 - プロセスの管理(コンタミ防止, 温度)
- 製造コストの低減
 - 工程の最適化
 - 加工時間の短縮
 - 新たな工法の開発
 - 材料の最適調達
- 量産技術の開発
 - 生産の自動化
 - ワーク搬送, 脱着などの技術開発
 - 治具の整備

CFFの主要設備



電子ビーム溶接機(ドイツSST社製)
最大ビーム電圧150 kV



マイクروسコープ
(表面観察用)



プレス機(アマダ製)
(サーボプレス)

空洞製造に必要な設備
が一通り揃っている



化学研磨(CP)室

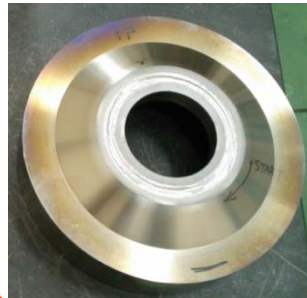


縦旋盤(森精機製)

空洞の製造 (KEK0号機, HOM無し)



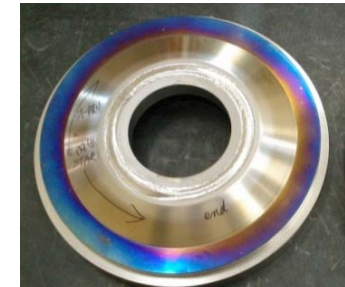
Beam-pipe (Nb)



End-Plate (Ti) + Nb ring



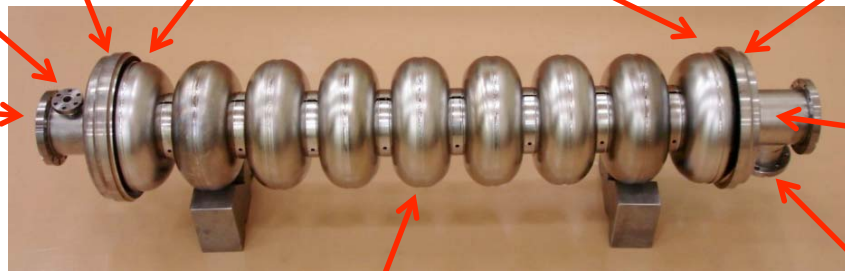
End-cells (Nb)



End-Plate (Ti) + Nb ring



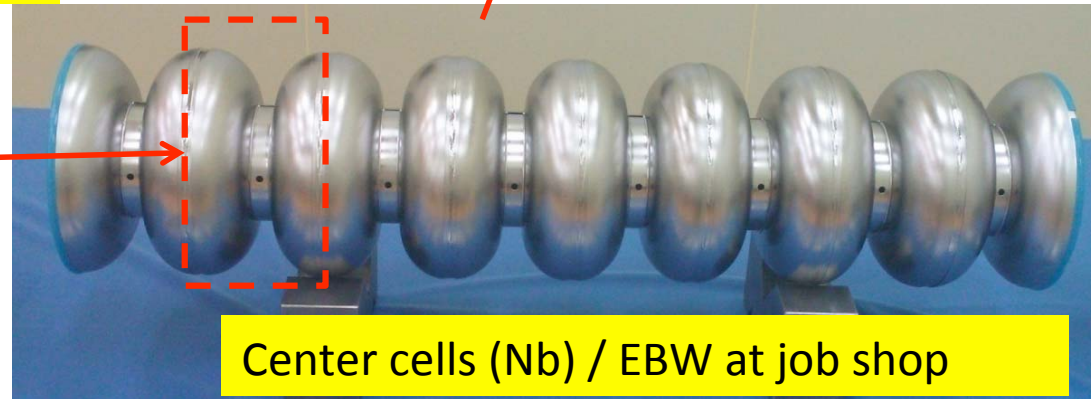
Flanges (Nb-Ti alloy)



Beam-pipe (Nb)



Dumbbell (Nb)



Center cells (Nb) / EBW at job shop



Input-port pipe (Nb)

KEK1号機の製造

- EBWは全てCFFで実施
- EBWの方式(Gunの方向)の変更
- HOMカプラーを装着(新工法のトライ)
- 細かい設計変更と検証
- 各種治具の整備



セルの矯正作業の様子

進捗状況

部品加工 90%完了(部品点数19のうち17完成)
溶接組立 30%完了

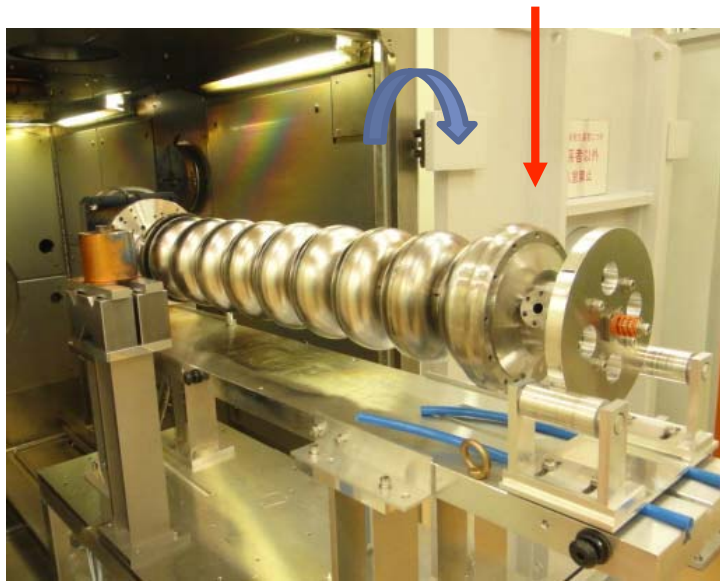
- 50: センターセル(ダンベル⇒ダンベル多連)
- 40: エンドグループ
- 10: センターセル+エンドグループ



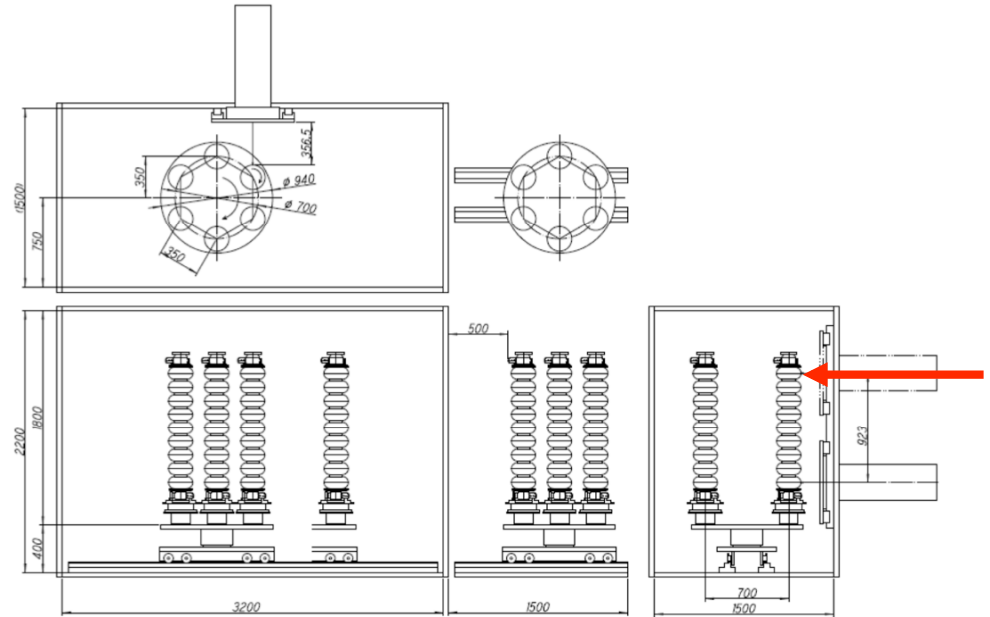
完成したダンベル

2013.3末完成を目標

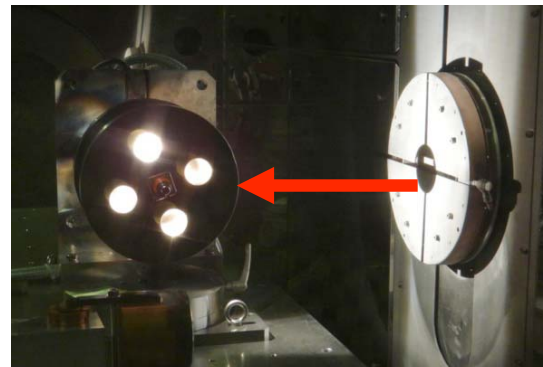
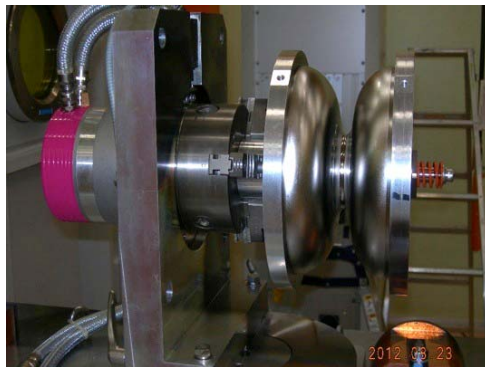
電子銃(Gun)の方向の変更



Gun縦置き(KEKO号機)
⇒空洞は**横**置き



Gun横置き(KEK1号機~)
⇒空洞は**縦**置き

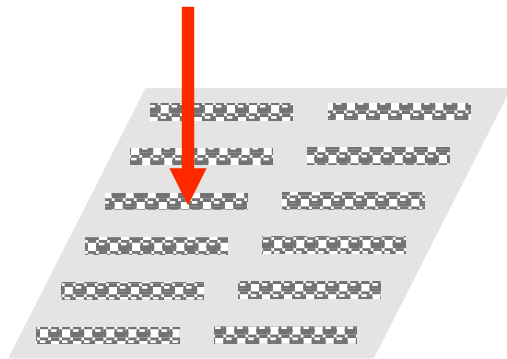


KEK1号機:ダンベルは**横**置きで溶接

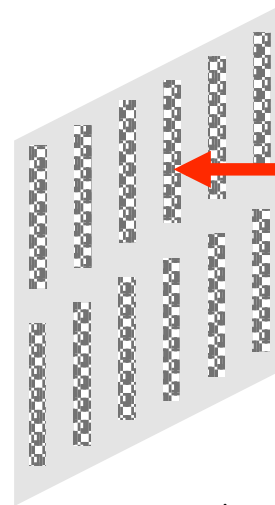
- ・セットアップ(ダンベルの積重ね)が容易
- ・多数個の同時溶接に対応可
- ⇒量産に適する

溶接テスト(センターセルアイリス部向け)

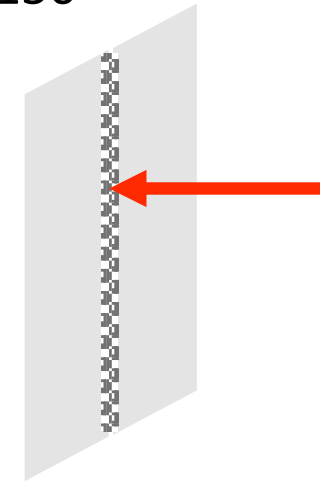
1. G:縦, W:横
(一枚板材 t2.6 mm)



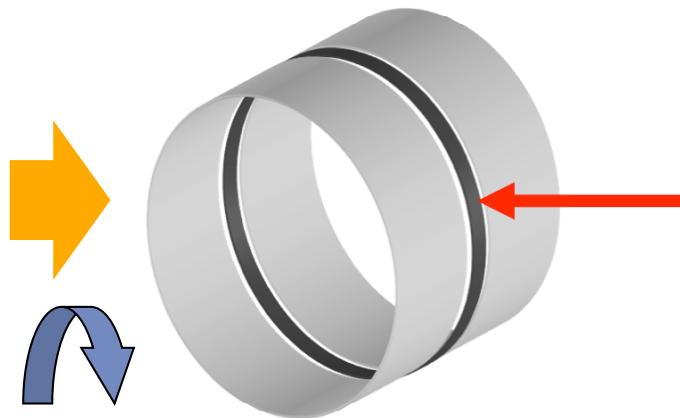
2. G:横, W:縦
(一枚板材)



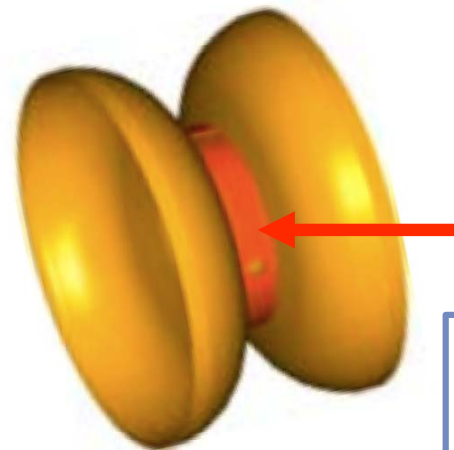
3. 板突合せ
24×150



4. リング突合せ
Φ73×15

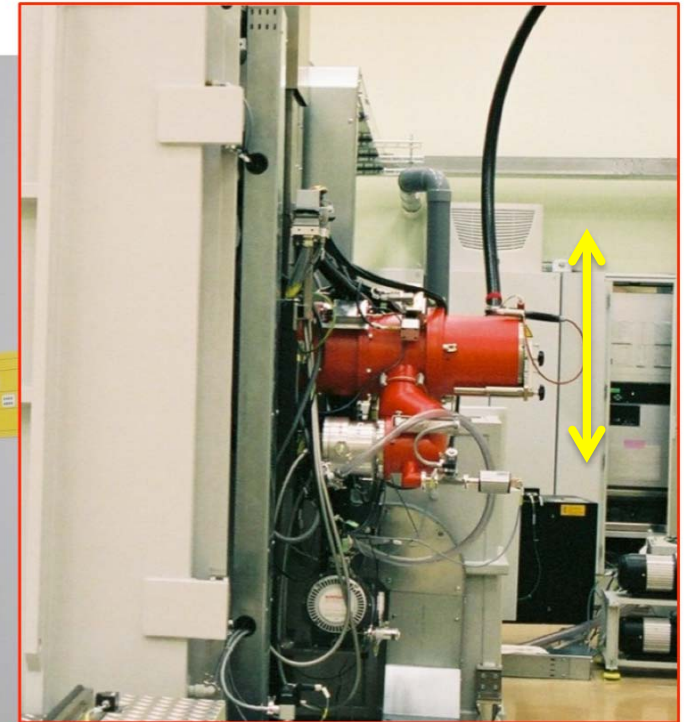
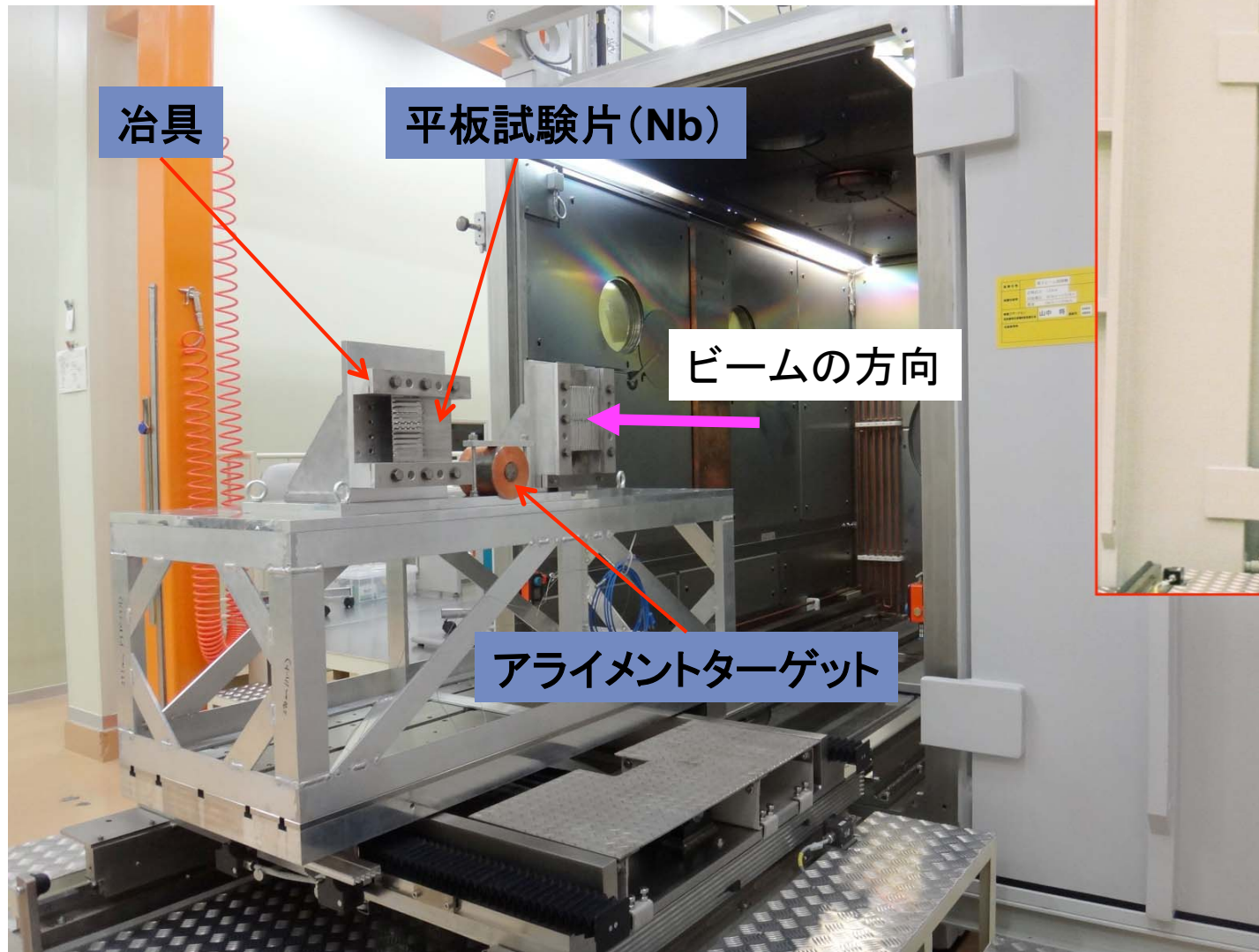


5. ダンベル突合せ



赤道部についても、
同様なテストを実施

溶接テストの様子



横置きしたGun

新工法の開発(HOMカプラー)



HOM外導体(φ48×64)
Nb材は高価なため、t2.8の板材から
塑性加工でカップ形状を製作
従来: 多段プレスによる成形
新工法: 深絞り1工程による成形

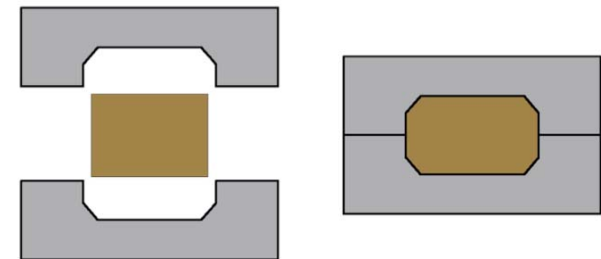


深絞り後の素材

アンテナ
従来: エンドミルによる削りだし
新工法: ウォータージェット加工
+ プレス加工



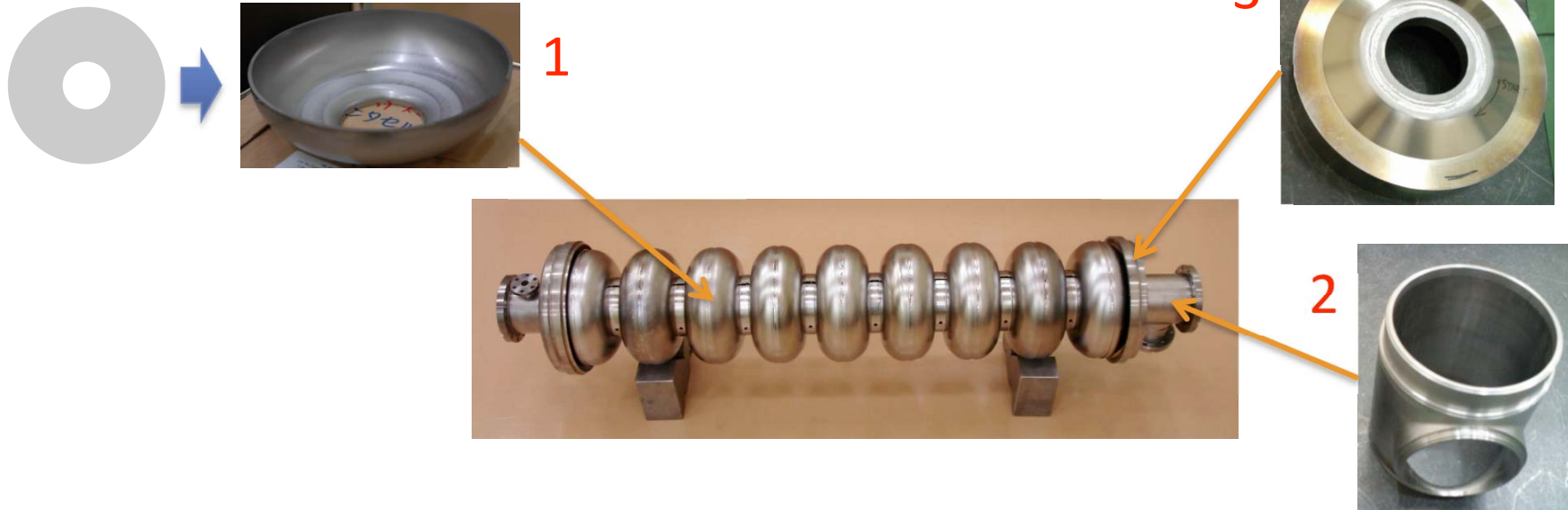
左: プレス前 右: プレス後



プレス工程

コスト削減(材料費)の例

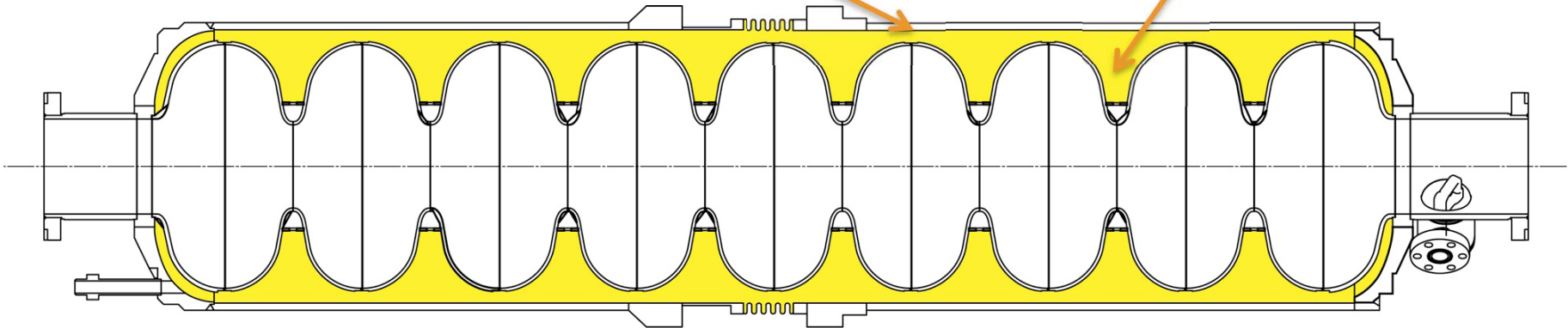
1. センターセル用Nb板(ドーナツ形状: 1台あたり16枚)
直径を $\phi 260 \Rightarrow 258$ に変更 → **1.5%削減**
2. ビームパイプ用Nbパイプ
左用 $\phi 90 \times 82$, 右用 $\phi 90 \times 132$ の2本 $\Rightarrow \phi 90 \times 200$ の1本に変更(加工時に切断)
→ **38%削減**
3. エンドプレート(Ti)
Tiの丸棒を材料メーカーから購入後、外注加工にて粗加工
 \Rightarrow 材料メーカーに粗加工込みで発注(材料メーカーの協力工場加工)
→ **20%削減**



ジャケットの製造と高圧ガス保安法対応

空洞は、チタン製のジャケットに入れる。

LHeを満たす



ジャケットは圧力容器である。



空洞をクライオモジュールに入れて運転するためには、高圧ガス保安法に準拠する必要がある。



KEKが申請者・製造者となって、
高圧ガス保安協会(KHK)に申請

初めての試み



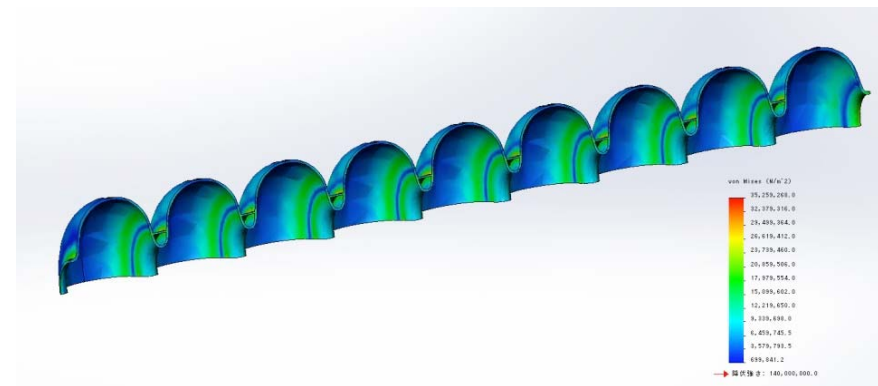
ジャケットの写真(MHI5号機)

高压ガス申請の準備

- 申請書類の準備
- 耐圧計算
 - 計算で求められない部分は、有限要素法にて求める
- 耐圧試験(KHKの立ち会い試験)
 - 試験装置の製作、試験の練習
- 溶接施行法の申請(KHKの立ち会い試験)
 - JISに規定された試験方法の練習
 - JIS溶接技能者の取得:H24.12に機械工学センターの2名の技術職員が試験に合格



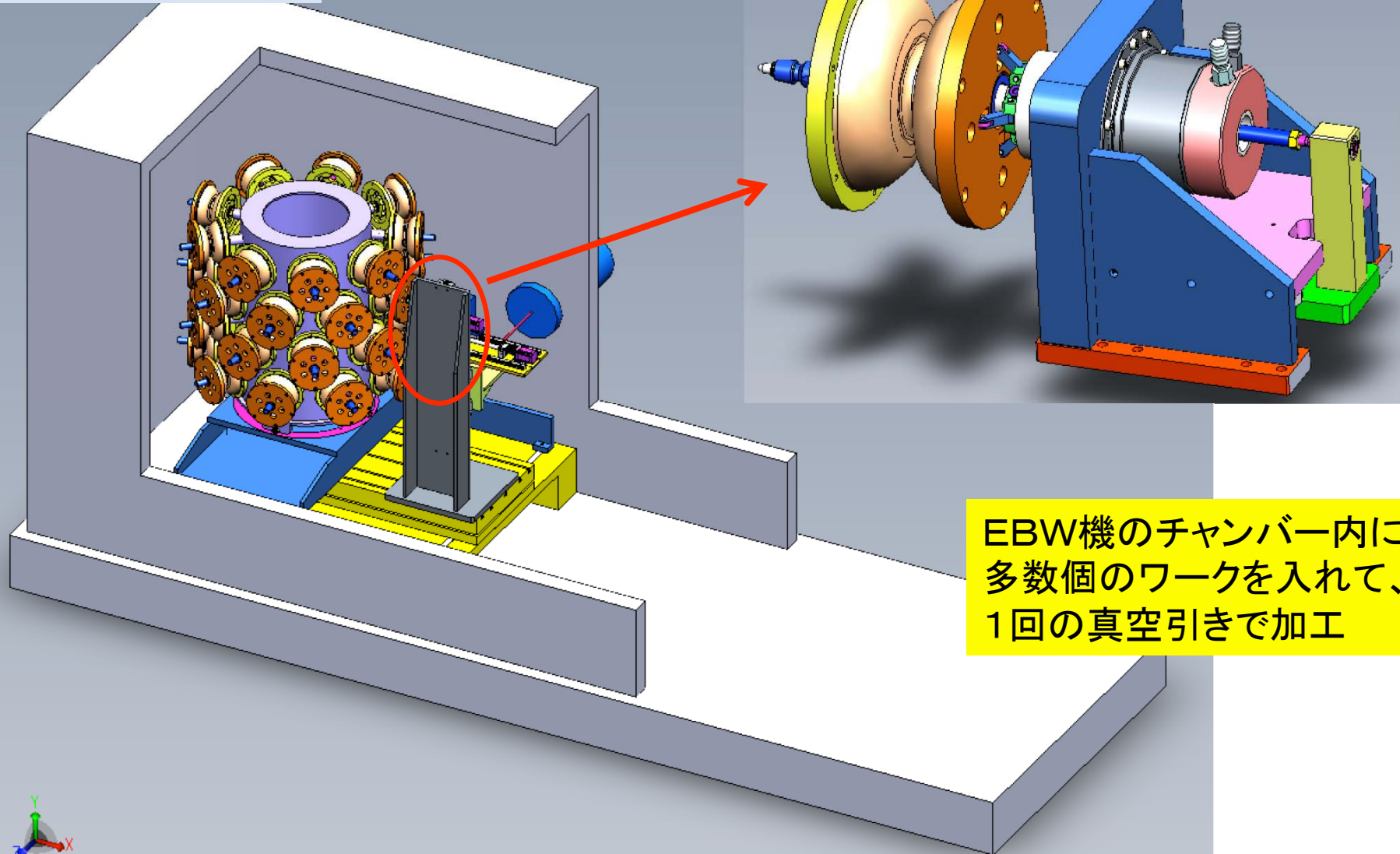
溶接試験に向けた練習の様子



有限要素法による応力解析の例

量産化の検討

ダンベルローダー

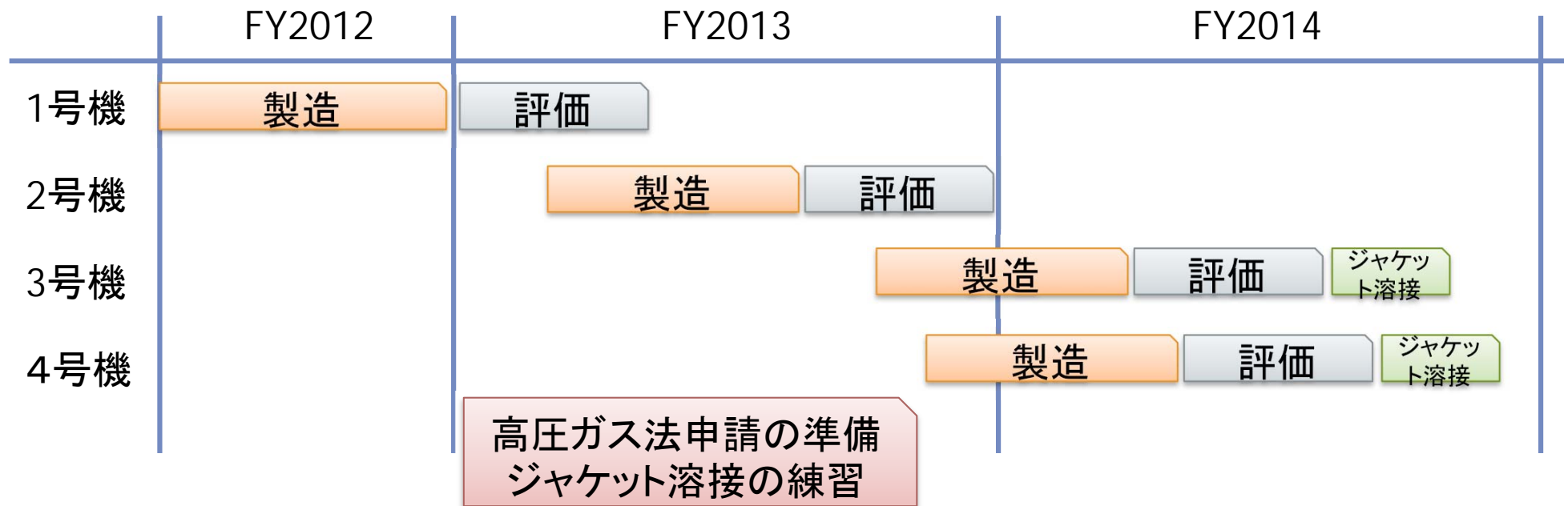


EBW機のチャンバー内に
多数個のワークを入れて、
1回の真空引きで加工



今後のスケジュール

3, 4号機は高圧ガス法対応にて製造し、クライオモジュールへの搭載を目標とする。



- 量産技術の開発・試作検証
- 溶接技術の高度化 (SST社との関係強化)
- 共同研究の進展
- 協力企業の開拓

まとめ

- KEK1号機の製造
 - 進捗状況：部品加工90%完了、溶接組立30%完了 2013.3末完成目標
 - EBWの方式を変更して、溶接テストをしながら製造
- ジャケットの製造と高圧ガス保安法対応
 - 高圧ガス法申請の準備に着手、JIS溶接技能者の取得
- 量産技術の開発
 - EBWに着目して、試作を実施
- 今後のスケジュール
 - 1号機完成後に高圧ガス法申請の準備、ジャケット溶接の練習を行う
 - 3, 4号機は高圧ガス法対応にて製造し、クライオモジュールへの搭載を目標とする。(FY2013-14)