

KEK機械工学センターの現在と 空洞製造技術開発施設(CFF)に おける空洞製造

高エネルギー加速器研究機構(KEK)

共通基盤研究施設

機械工学センター

渡邊勇一

2012 ILC用超伝導加速空洞の製作 (KEK技術交流会)

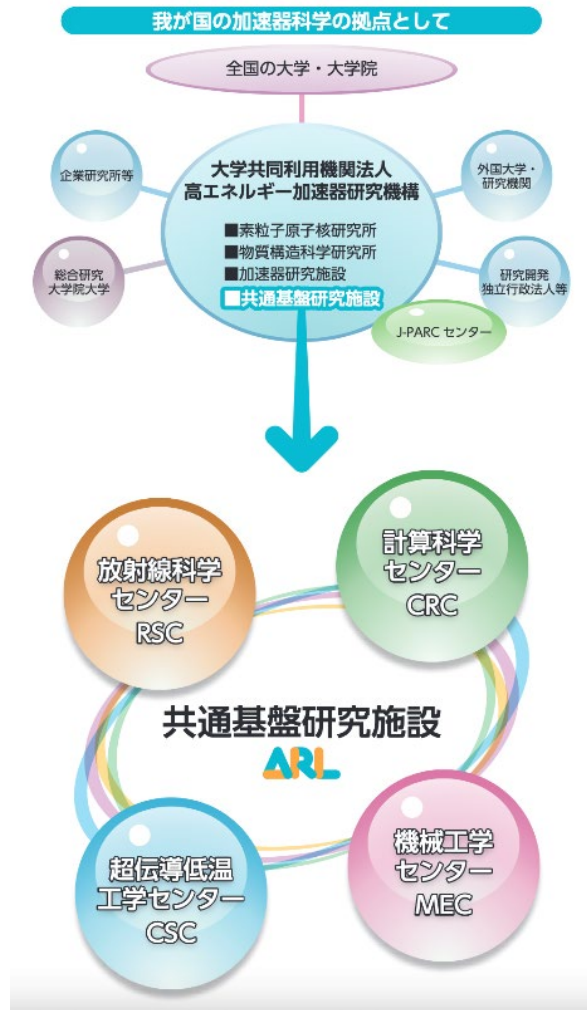
2022 超伝導加速空洞の製作 (KEK共通基盤研究施設技術交流会)

2025 はこぶ技術 -CFFを利用した空洞製造- (KEK技術交流会)

報告済

共通基盤研究施設

APPLIED RESEARCH LABORATORY



- 共通基盤研究施設（ARL）は、
 - KEK全体のあらゆる研究活動を「横断的・専門的技術」で支える基盤組織
 - 放射線科学センター
 - 加速器運転による放射線発生管理・モニター、実験で出た廃液の処理、排水の水質検査
 - 計算科学センター
 - KEKの実験データを解析する計算サーバとデータを蓄積するためのストレージ、機構内外のネットワーク整備、情報基盤、セキュリティ保全
 - 機械工学センター
 - 加速器や実験装置に必要な製造支援・開発支援、KEK内の「もの作りの中枢」
 - 超伝導低温工学センター
 - 加速器を動かすための冷媒供給（液体ヘリウム製造・供給・回収）
 - 加速器や粒子検出器に必要な、超伝導磁石・極低温機器の開発、試験、運転

機械工学センター



共通基盤研究施設

- ◆ 放射線科学センター
- ◆ 計算科学センター
- ◆ 機械工学センター
- ◆ 超伝導低温工学センター

◆ 超伝導低温工学センター
◆ 機械工学センター

技術職員+シニアフェロー(令和8年4月現在)
機械工学:8名 + 4名

機械工学センター の業務

機構が推進する計画や実験装置開発に対して開発支援及び製造支援をおこなう

研究開発

スタッフ 17名

センター長 : 平木雅彦

教職員 : 4名

技術職員 : 10名 (シニア2名)

研究支援員 : 3名

加速器科学に貢献する、機械工学分野の先進的な研究開発
新しい加工技術、要素技術の調査

支援業務

支援業務
開発支援
製造支援
サービス

教育・ 人材育成

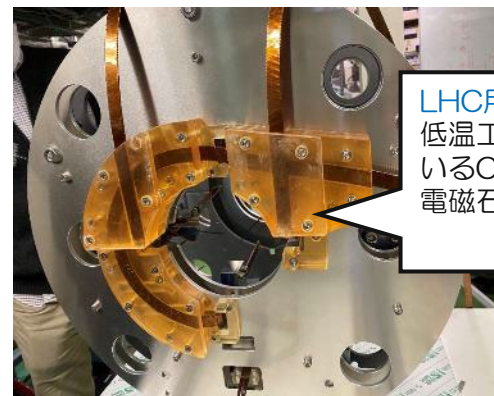
総研大の教育の分担
技術講習会の開催
企業への技術移転、技術指導

開発支援

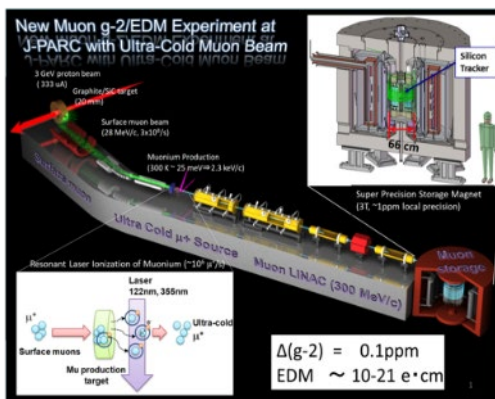
機械工学の専門的な立場から装置などの開発を中心とした
装置設計や試作を支援
2025年度の開発支援作業は11件



超伝導空洞9セル空洞の製造
電子ビーム溶接（EBW）による9セル空洞の製造方法の確立

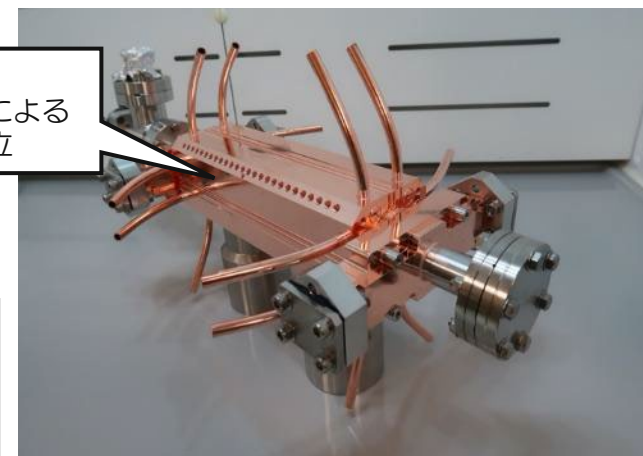


LHC用7m電磁石の開発
低温工学センターで製作しているCERN向けの7m超伝導電磁石に工学的な面で協力



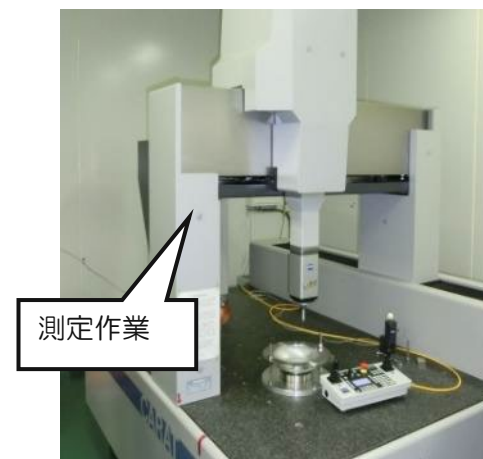
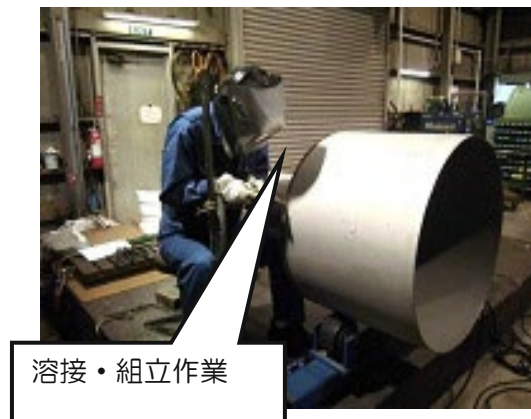
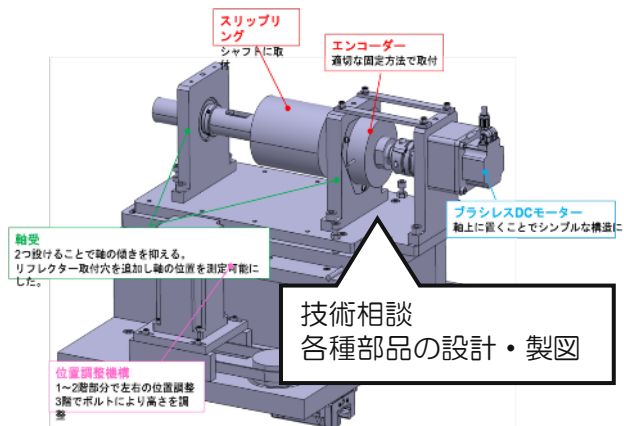
Xバンド加速管の開発
超精密加工と拡散接合による加速管の製作方法の確立

g-2Detector構造設計
g-2/EDM実験に使用されるディテクターの構造設計



製造支援

外注では困難な加工を含む実験機器の製作を中心に支援
(技術相談、各種部品の設計、製作、測定、組立、
3Dプリンタによる造形など)

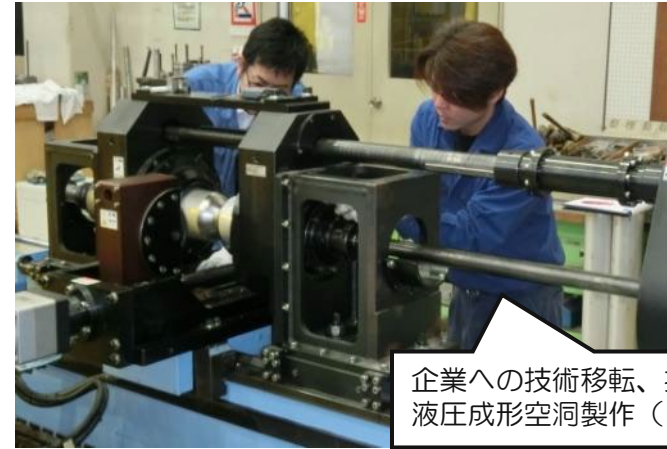


教育・人材育成

機構内外の人を対象に講習会や研修、技術移転をおこなっている



機械技術講習会の開催



企業への技術移転、技術指導
液圧成形空洞製作（くびれ加工）



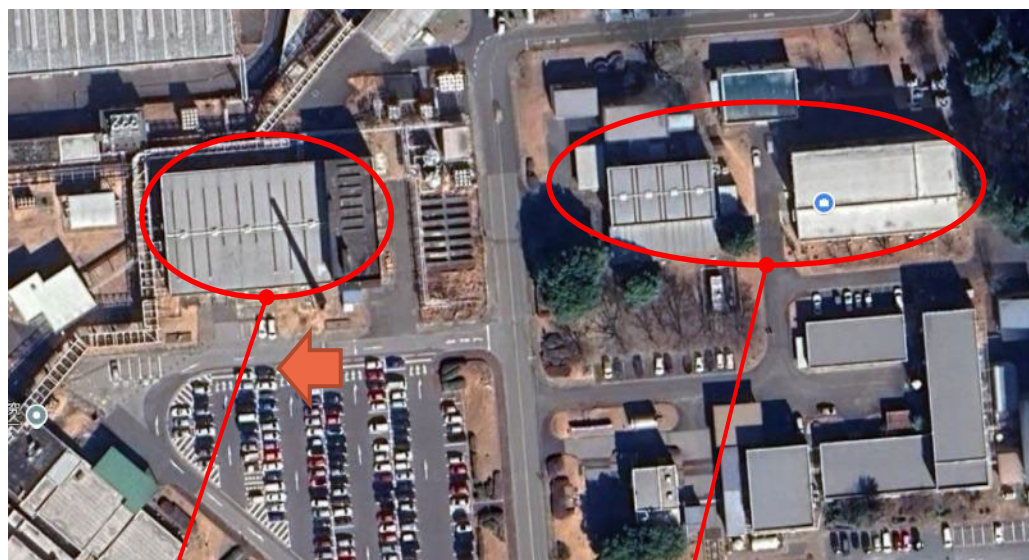
中学生の職場体験



受け入れ研修

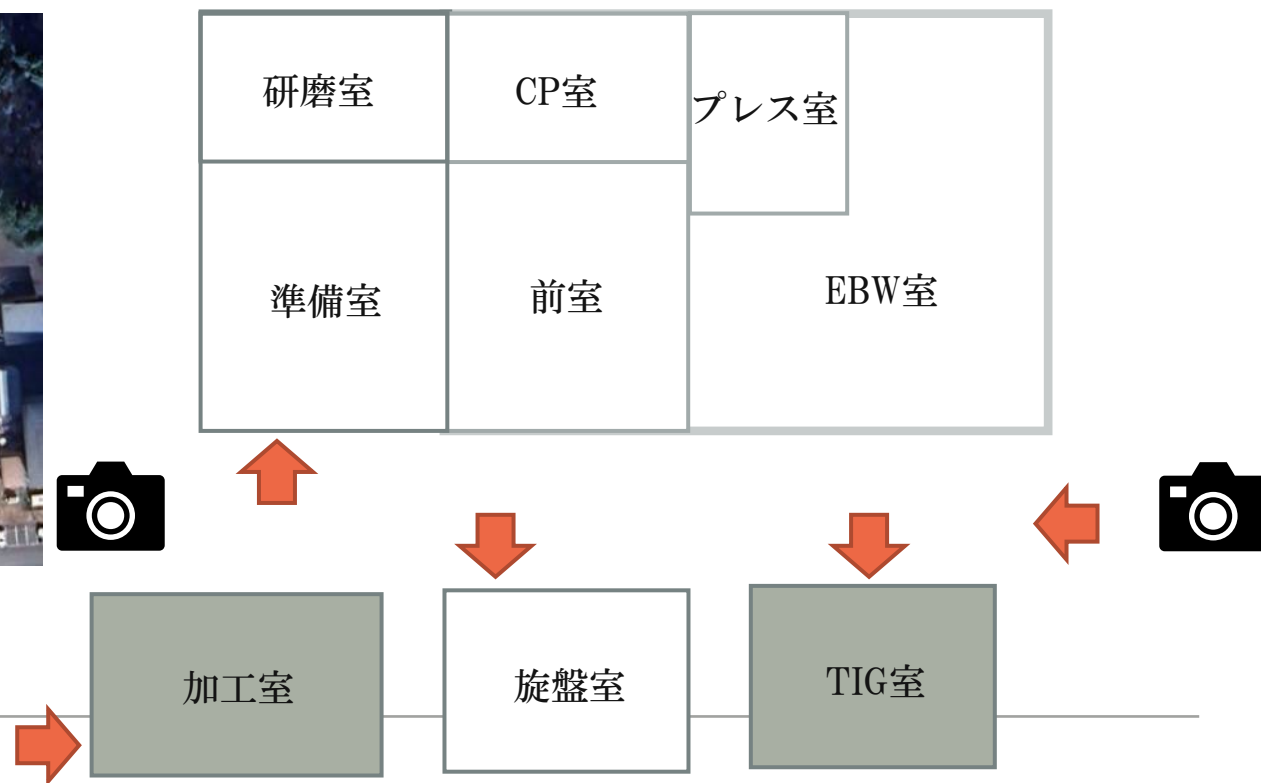
CFF<CAVITY FABRICATION FACILITY> 空洞製造技術開発施設

- 国際リニアコライダー(ILC)計画などの使用を目指した超伝導加速空洞の製造技術の開発や量産化の研究。機械工学センターの機器と合わせて機構内での製造を可能とする施設2009年頃から設置準備が開始され、加速器研究施設と共同で運用。



開発共用棟

機械工学センター



2024年追加

CFF-開発共用棟



準備室

前室

EBW室

旋盤室



TIG室

加工室



ドラフトチャンバ(CP室)



サーボプレス
(プレス室)



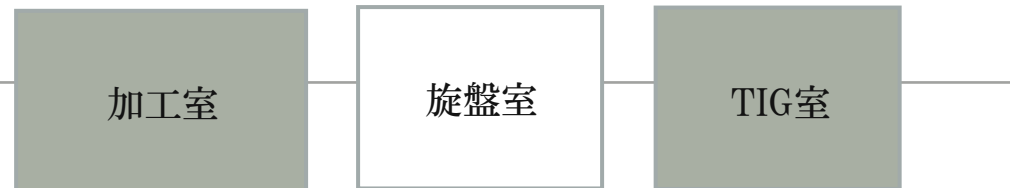
電子ビーム溶接機
(EBW室)_2011/4



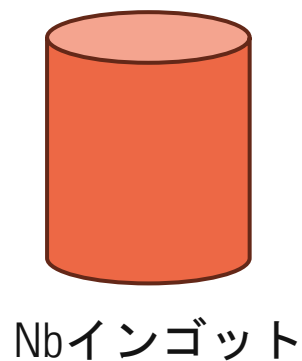
縦型旋盤
(旋盤室)



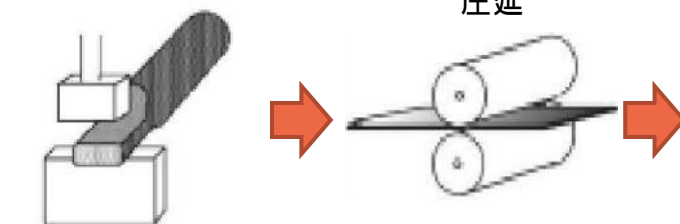
小型電子ビーム溶接機
(EBW室)_2024/3



NB



Nbインゴットの鍛造



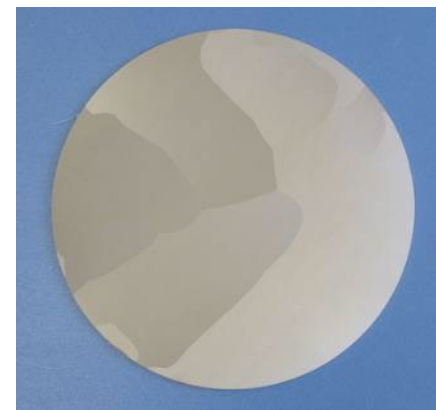
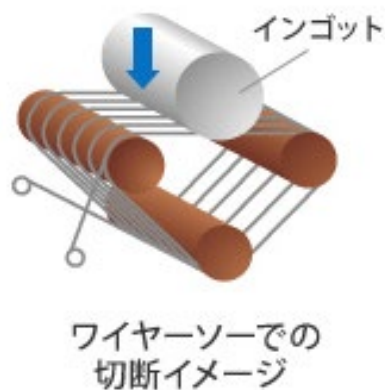
Fine-Grain (FG) Nb板
Grain Size < 0.1 mm



均一な素材
コストが高い
異物混入

Medium-Grain (MG)円盤

コストメリットが少ない
結晶粒界による
形状のばらつき
加工が難しい



コストが安い
結晶粒界による
形状のばらつき
加工が難しい

Large-Grain (LG)円盤
Grain Size >> 10mm

セル加工他



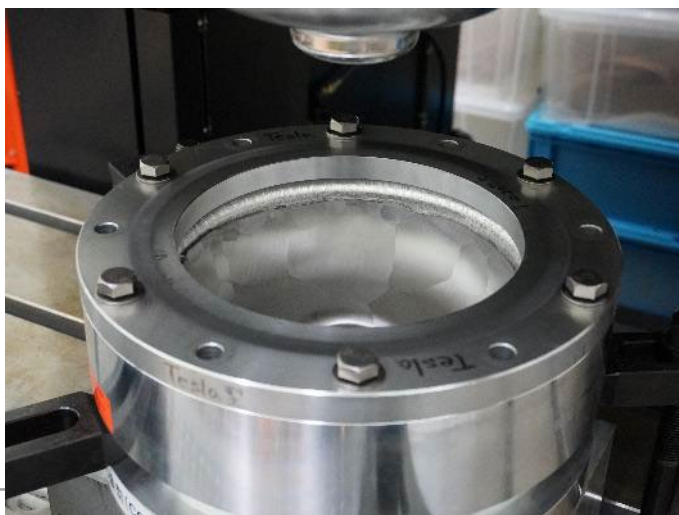
アイリス部パンチ加工



LG-Nb



トリム加工

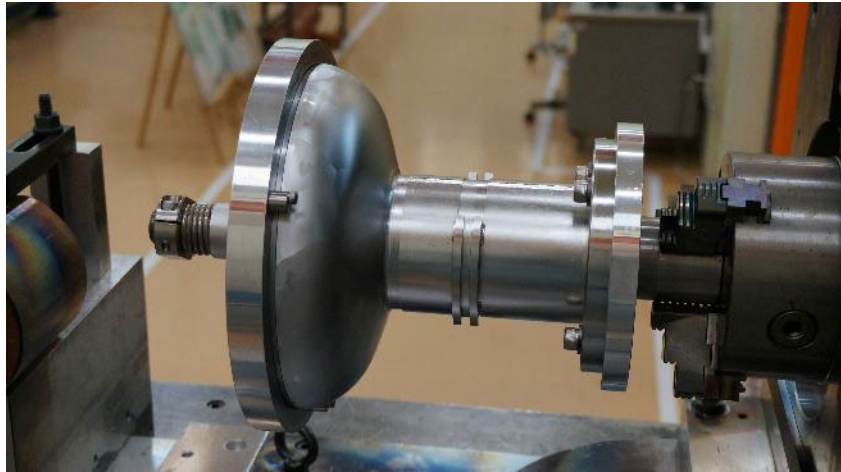
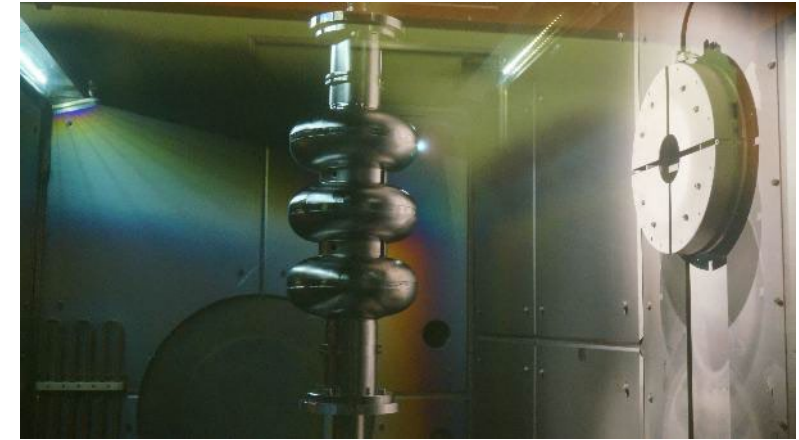
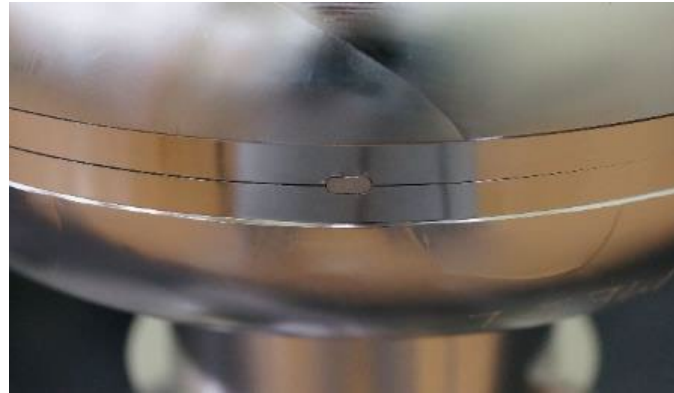
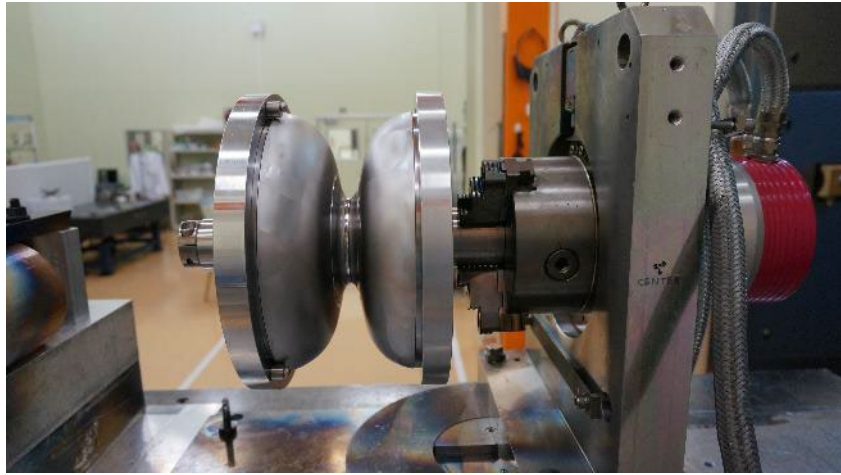


プレス加工



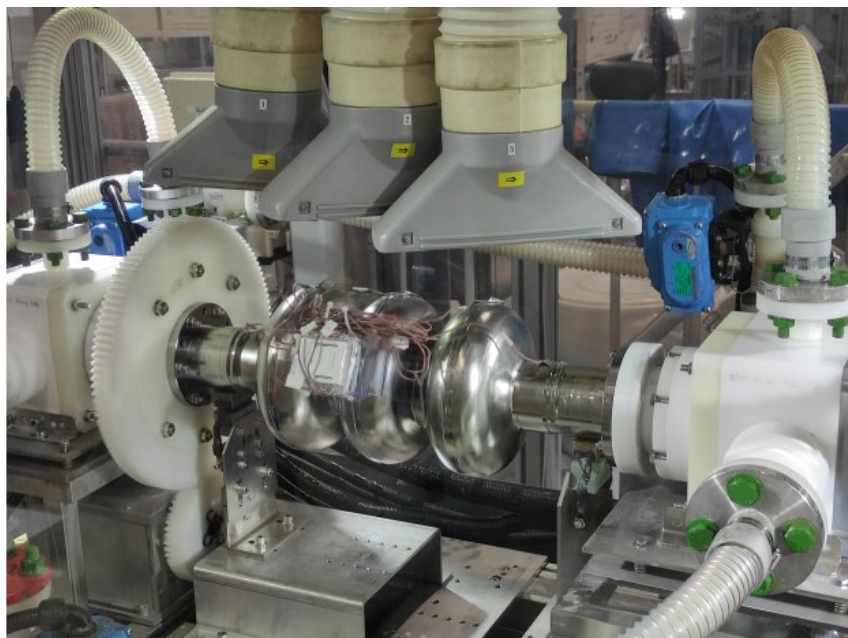
CP

LG Tesla 3cell cavity <2021>



R16_LG Tesla 3cell cavity _ High-RRR,Low-Ta x2
R17_LG Tesla 3cell cavity _ High-RRR,High-Ta x2
R17赤道部2か所補修あり

各種試験をSTF棟などで実施（加速器グループ）



EP（電解研磨）



HPR(High Pressure
Rinsing)

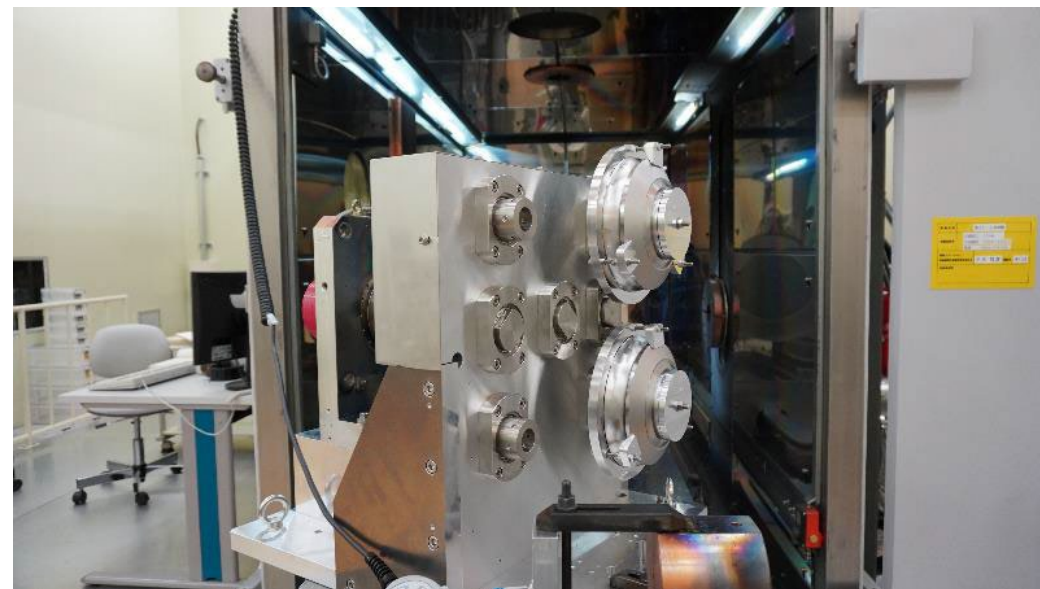


Baking(120°C48h)

LG TESLA 9CELL CAVITY <2021>



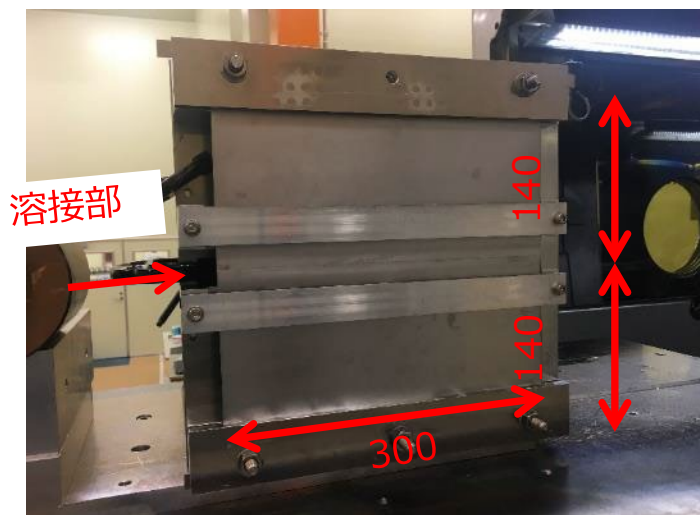
多ダンベル溶接ジグ
9セル空洞の中央部（ダンベル）の
アイリス部（くびれ部）の溶接など



複数溶接ジグ
9セル空洞の端部（エンド部）の
溶接など

- 量産化を目指し複数のワークを同時にセット、一度の真空引きで最大4個のワークの溶接が可能となった
セッティング時間は長くなるが真空引き+溶接+冷却の時間をトータルすると時間短縮が見込める

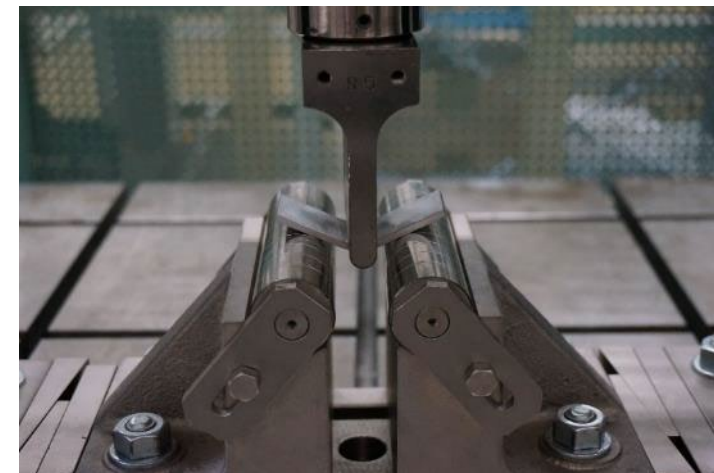
溶接施工法(TI-TI TIG) 機械試験



Nb板(t2.8)サンプル切出し用



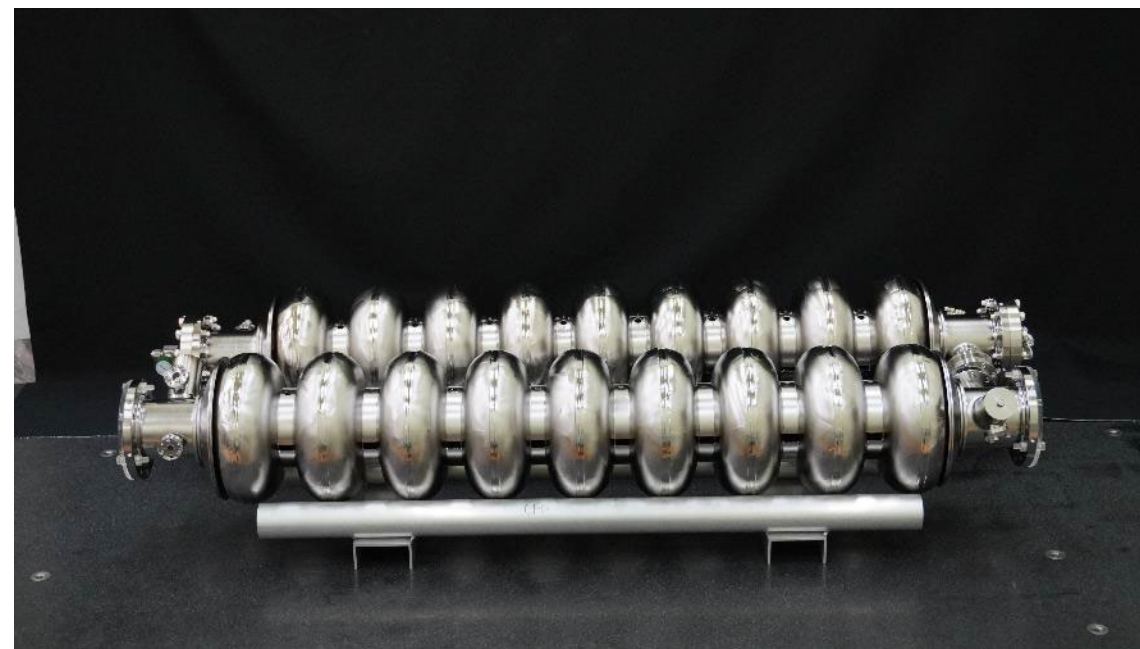
東京都立産業技術研究センター
でおこなった引張試験



曲げ試験

試験機関の調査、試験片製作などを担当
溶接部の健全性を確認した

LG TESLA 9CELL CAVITY <2021-2022>



KEK7,8_LG Tesla 9cell cavity_High-RRR,High-Ta

プレス加工、CP、EBW溶接、完成後のリークチェックなどを担当

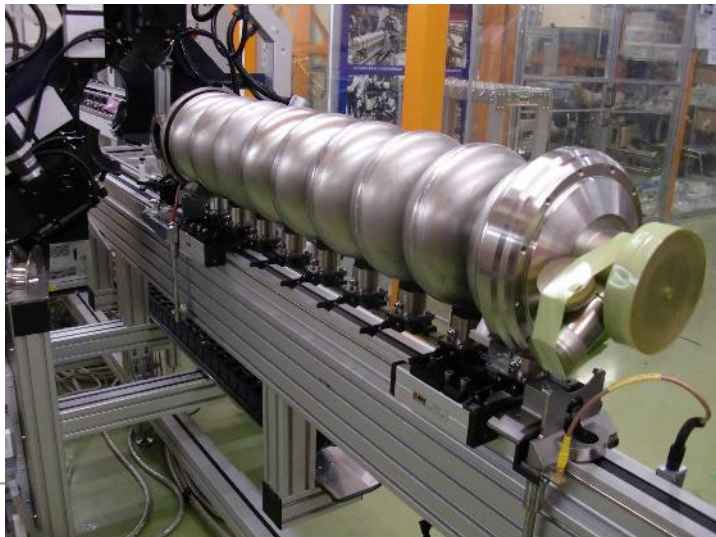
空洞の各種処理と試験



内面観察



アニール



チューニング



ジャケット取付け

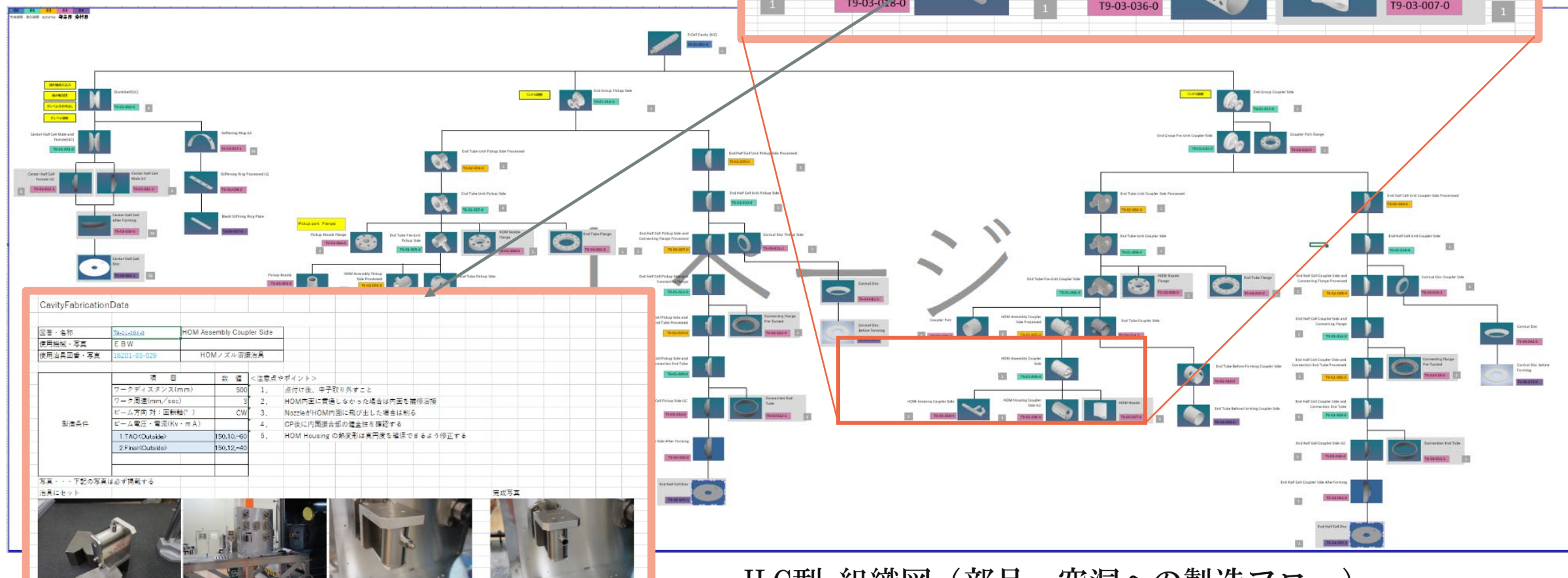


縦測定

加速空洞のCFFでの作業完了後、加速器のご担当でSTFなどで実施される

写真はSTF web などより

CAVITY FABRICATION DATA



ILC型-組織図（部品～空洞への製造フロー）

溶接の際に必要な情報にリンク

製造を外部に委託する際、情報伝達がスムーズに行えるように準備

2023～現在



CFFを利用した外部委託での空洞製造
複数の9セル空洞の製造が進行中

今後

- 複数台のTesla-9cell空洞がCFFを利用して製造中
- 製作手順のマニュアル化がほぼ完了、順次手直しが進められている
- EBW運転の安定化
 - クライオポンプの更新が完了後は安定して運転中
 - 各種ポンプの老朽化対策が必須
- 空洞溶接に関する技術を伝達
- 引き続きCFF周辺機器の安定運用に努める



クライオポンプの更新(2025/2)