

SCRF加速器技術開発の進展

機構内での空洞製造技術の進展



高エネルギー加速器研究機構
機械工学センター

山中 将





- 機構内で空洞製造を行う目的
- 空洞製造技術開発施設(CFF)の紹介
- 空洞製造の現状と取り組み
- 今後のスケジュールと技術課題

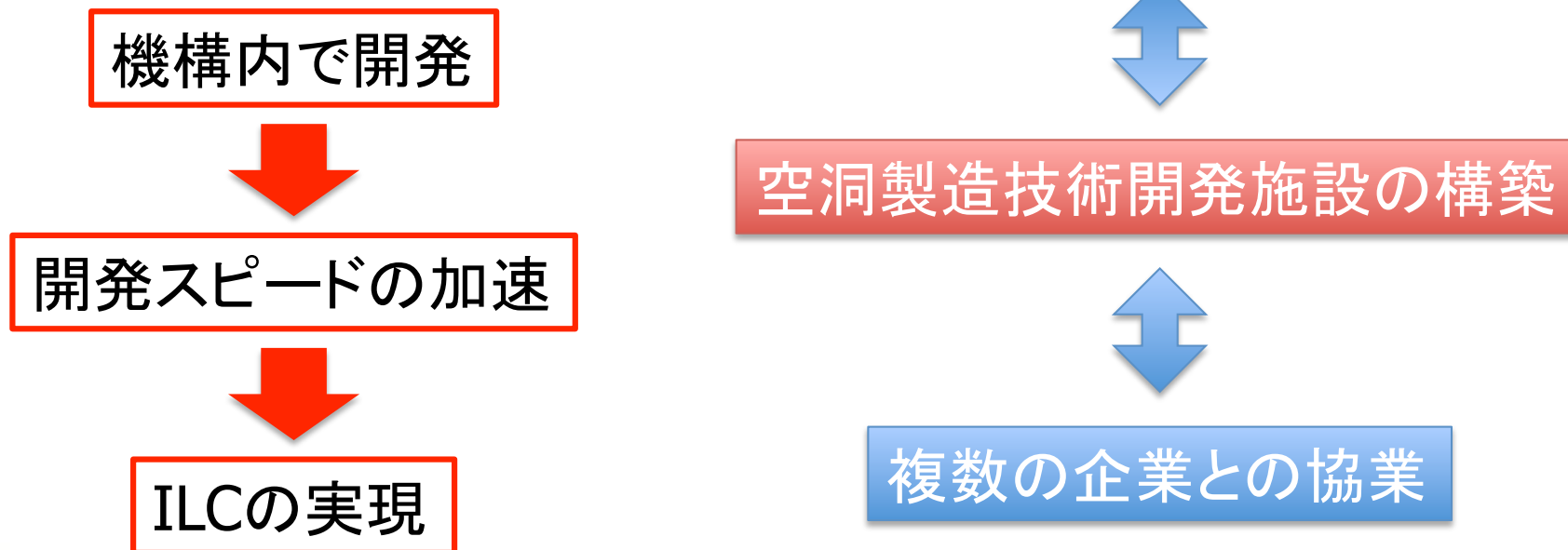




機構内で空洞製造を行う目的

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





- 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
- 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





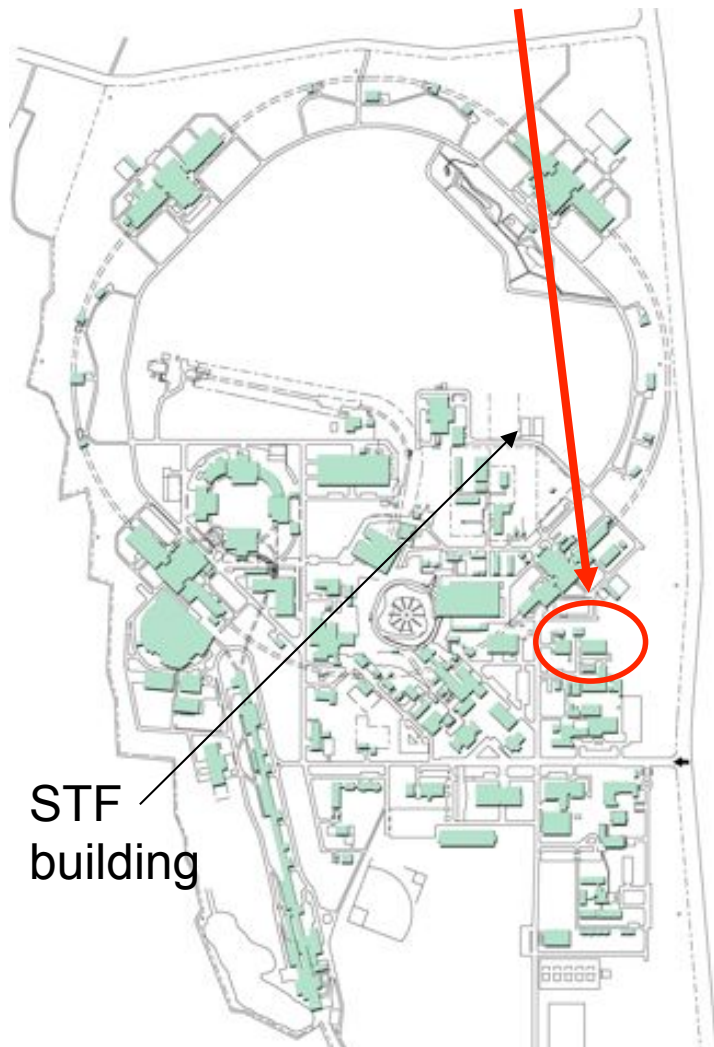
空洞製造技術開発施設 (CFF) の紹介

Cavity Fabrication Facility

Clean room 19m x 14m x 5m (Height)
Cleanness ISO 5

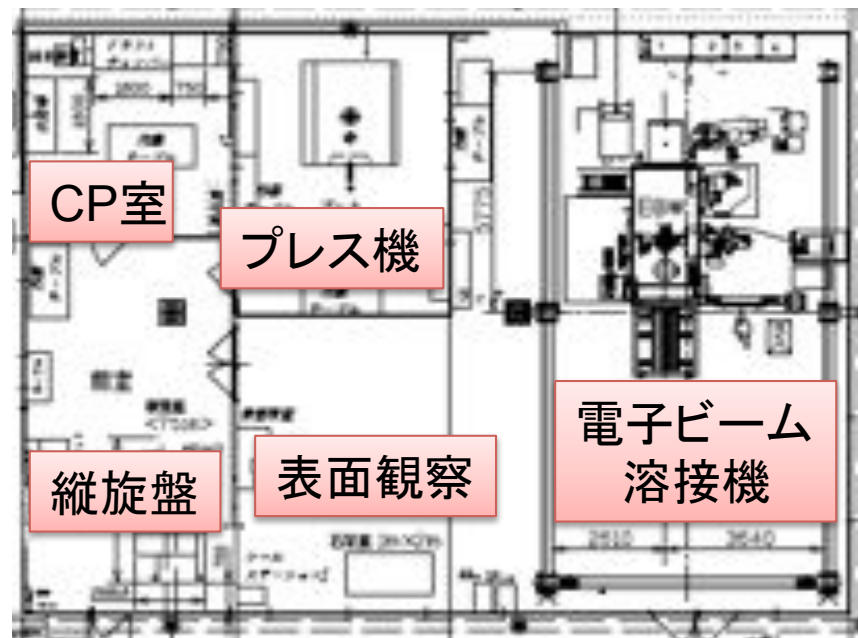


2011.7 竣工



STF building

Map of KEK





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



プレス機(アマダ製)
(サーボプレス)



化学研磨(CP)室



マイクロスコープ
(表面観察用)

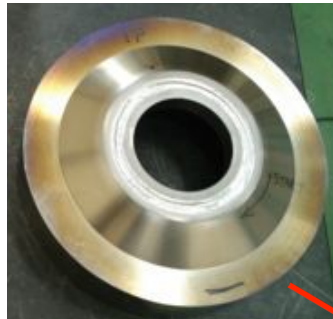
空洞製造に必要な設備
が一通り揃っている



縦旋盤(森精機製)



空洞の製造 (KEKO号機, HOM無し)



Beam-pipe (Nb)



End-cells (Nb)

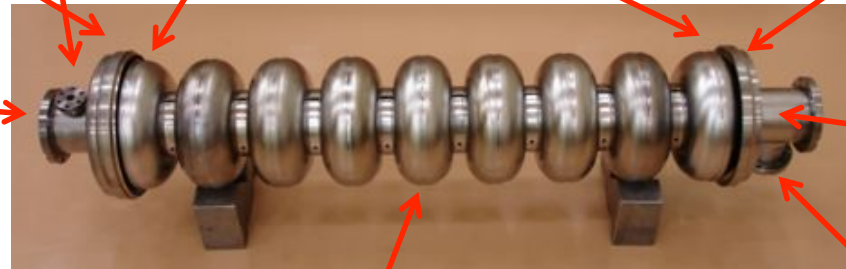


End-Plates (Ti) + Nb ring

End-Plates (Ti) + Nb ring



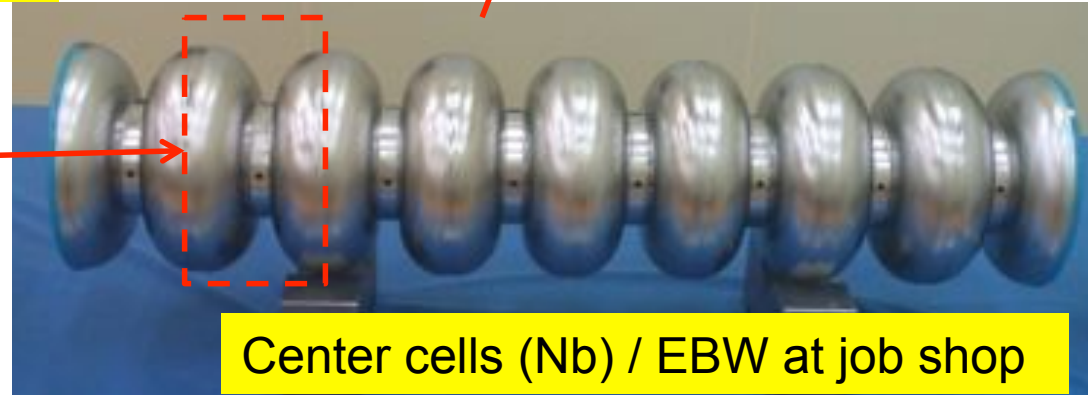
Flanges (Nb-Ti alloy)



Beam-pipe (Nb)



Dumb-bell (Nb)



Center cells (Nb) / EBW at job shop

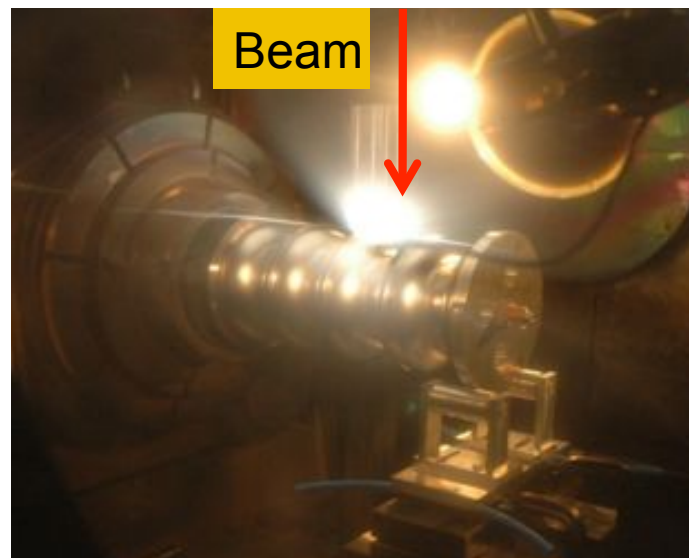


Input-port pipe (Nb)

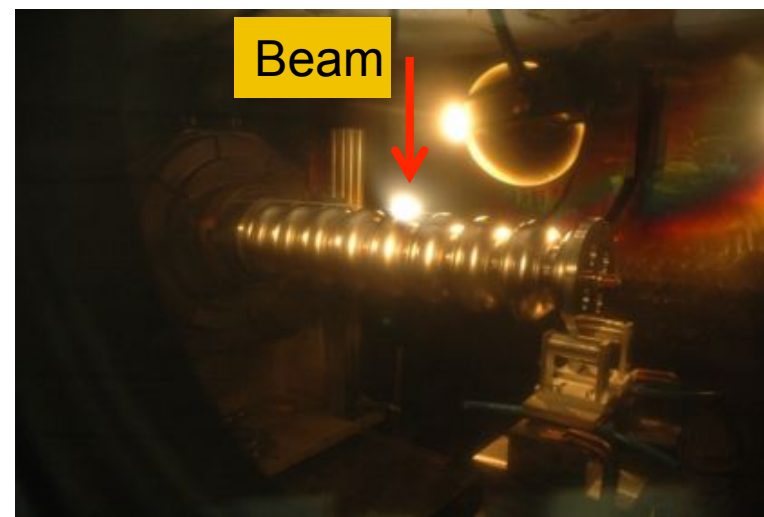


電子ビーム溶接の様子

KEK0号機: 溶接の一部は機構外のジョブショップで実施



30 June 2011
6 July 2011



8 July
2011



京都カメラ(STF)による内面観察

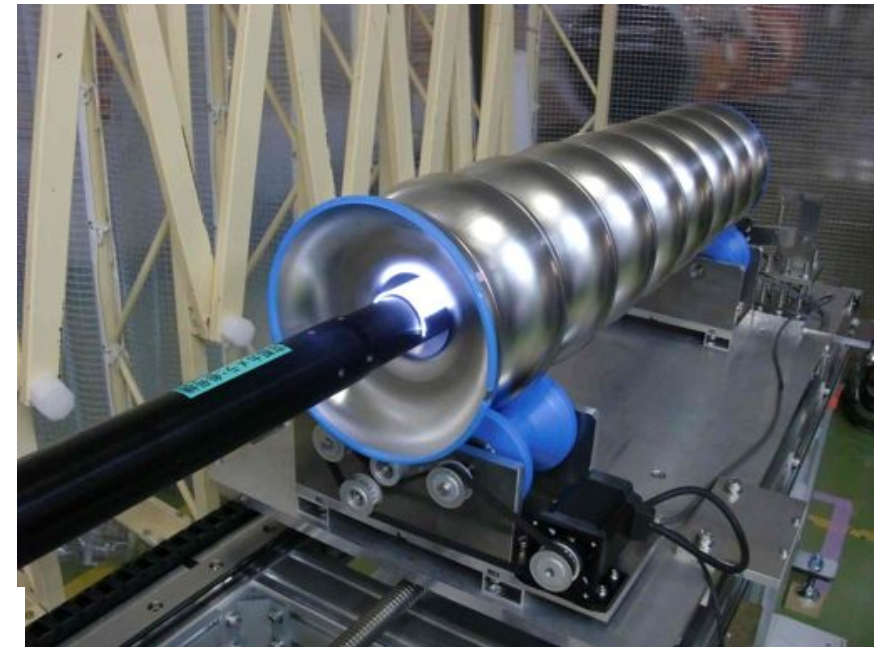


KEK0号機

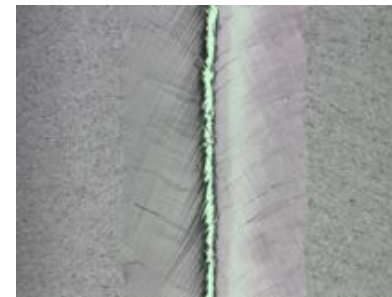
EBW of center cells was done at job shop and was completed in July 2011.

EBW condition at equator: 120 kV, 35 – 39 mA
Oscillation: diameter 3.0 mm, frequency 1 kHz

品質の安定に不可欠



Inner inspection of center cells



Equator



Iris





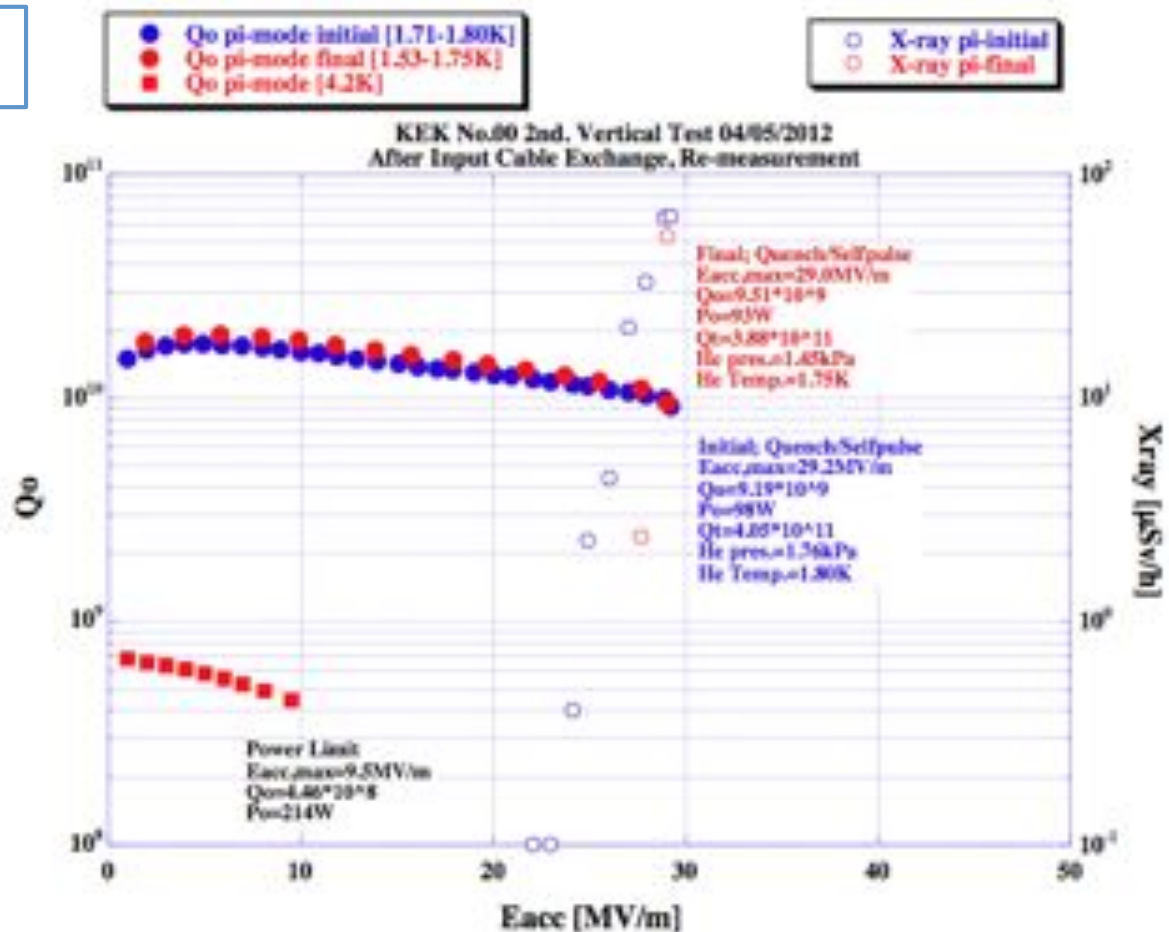
電界性能試験(たて測定)の結果



limited by cell#2 defects,
other cells were over 40MV/m

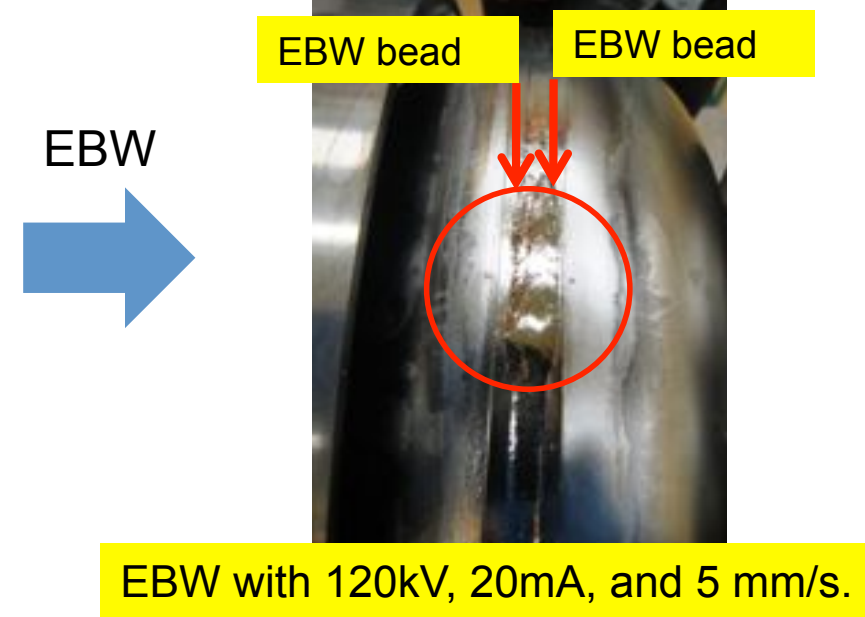
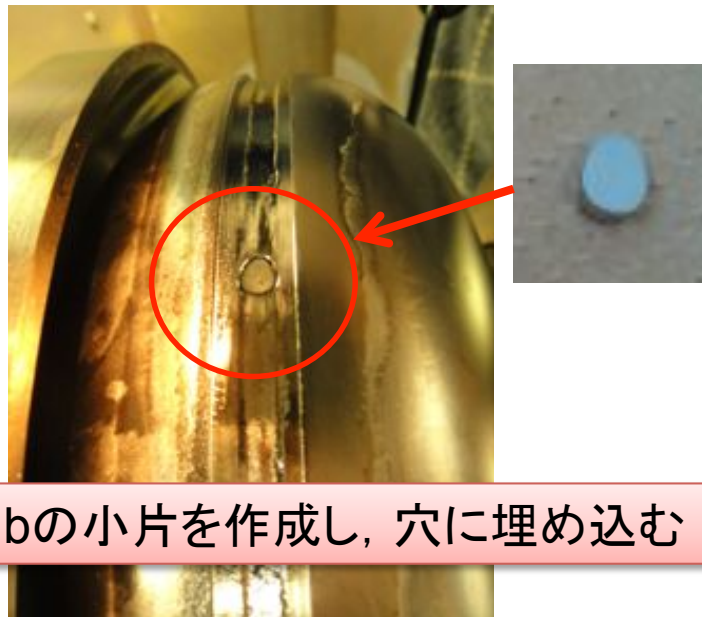
最大加速電場 29 MV/mまで到達
穴補修をした部分の影響は無し

STFで実施





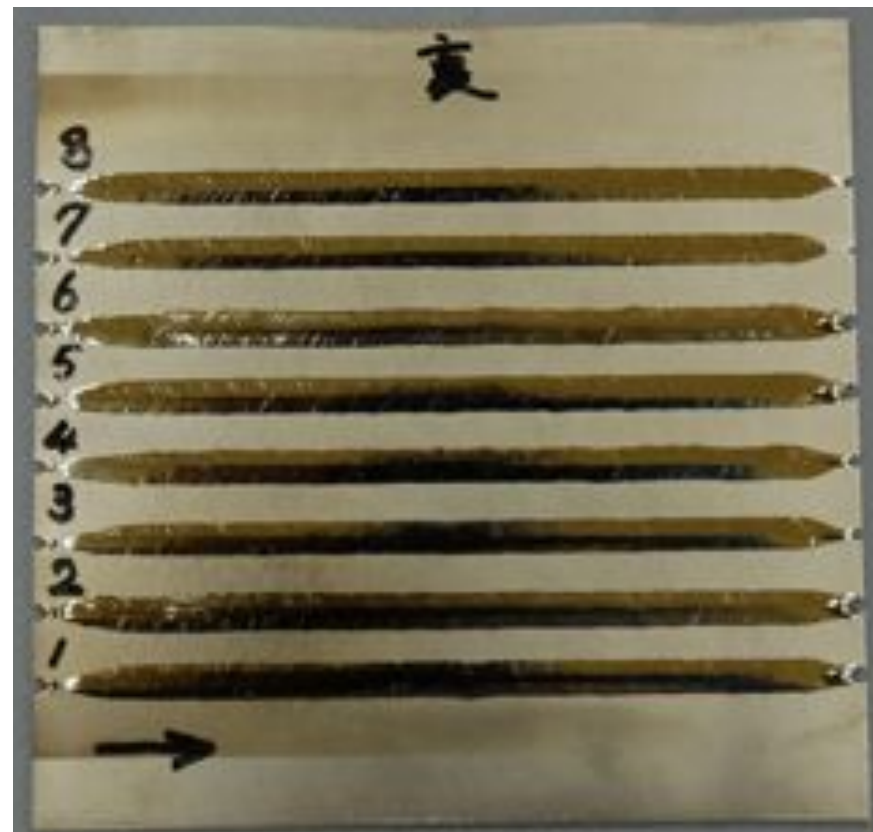
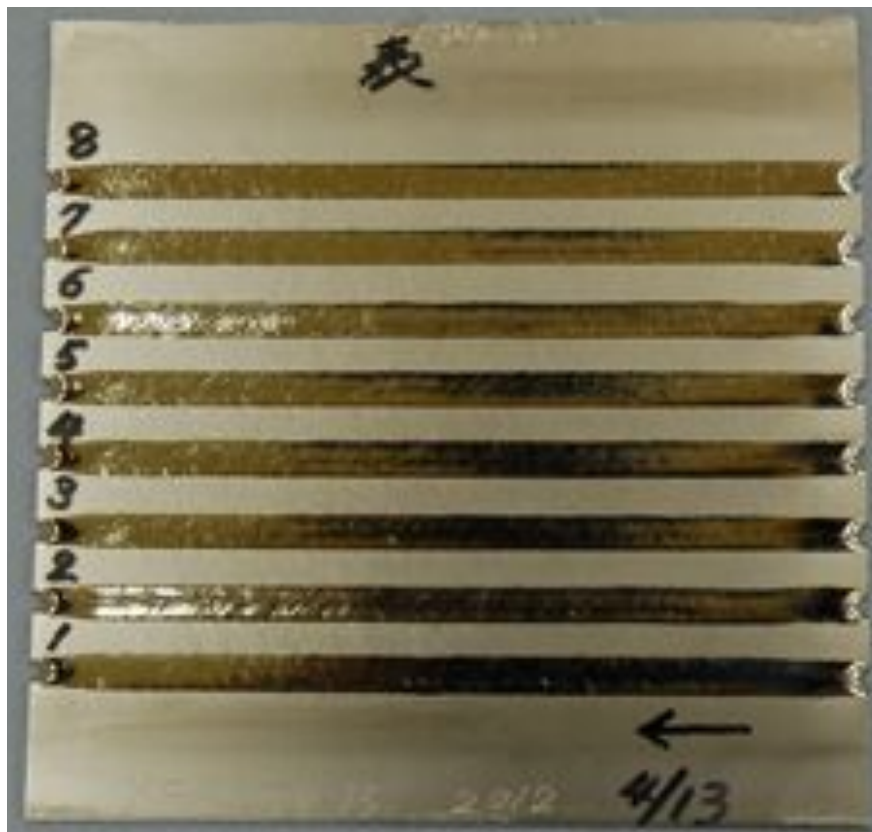
穴の補修





電子ビーム溶接の高度化

Nb平板を用いた溶接の基礎テストを実施中

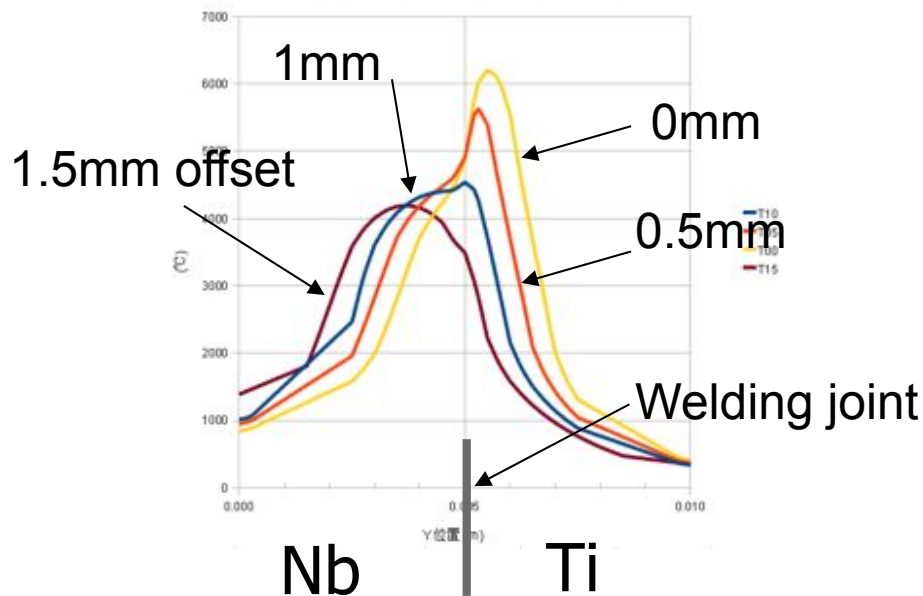


表面から溶接し、裏面に貫通ビードを得るのが基本
ビーム電圧・電流等の溶接条件を変えて試験を行い、
安定したビードが得られる条件を探索



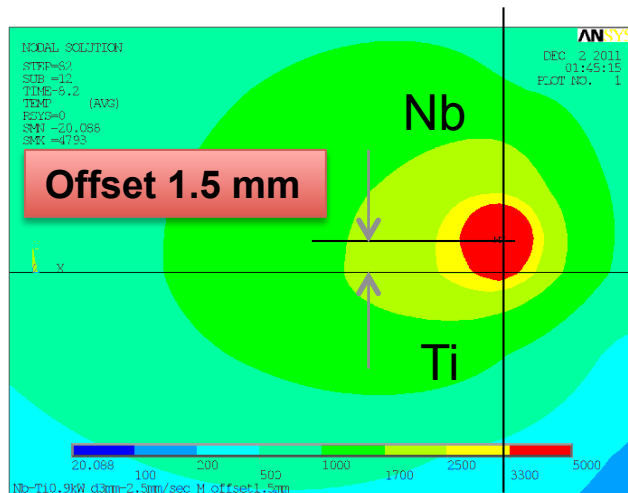


シミュレーションを活用した溶接条件の決定



EBW power 0.9kw,
Beam dia. 3mm,
Moving speed 5mm/sec,
Giving heat on the Ti / Nb surface
and simulated the temperature
distribution. (plot after welding length
of 20mm)

Simulation by S. Koike



NbはTiに較べて融点が高いため、NbとTiの接合面をNbが十分溶融する温度まで溶接すると、Tiが蒸発してしまい、溶接ができない。
⇒Nb側にオフセットした位置を溶接する。



オフセット量をFE解析により求めた。
実際の溶接は良好に行うことができた。





コストダウンの例：新工法の開発

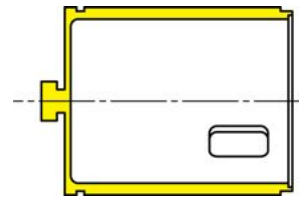
深絞りによるHOM外導体の製造

Nb材は高価なため、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

t2.8の板材を使用



HOM外導体 (φ48×64)



開発初期

70 mm超を実現



突起部も
プレス加工で製作



しのはらプレスサービスとの共同研究

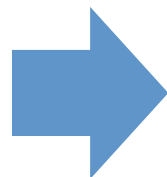


コストダウンの例：新工法の開発2

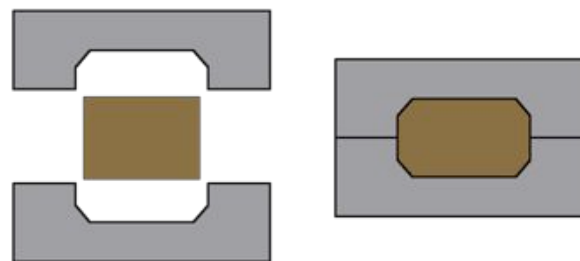
プレス加工によるHOMアンテナの製造

従来：切削加工

新工法：ウォータージェット加工+プレス加工



Water-jet cutting in a job shop



Press-forming



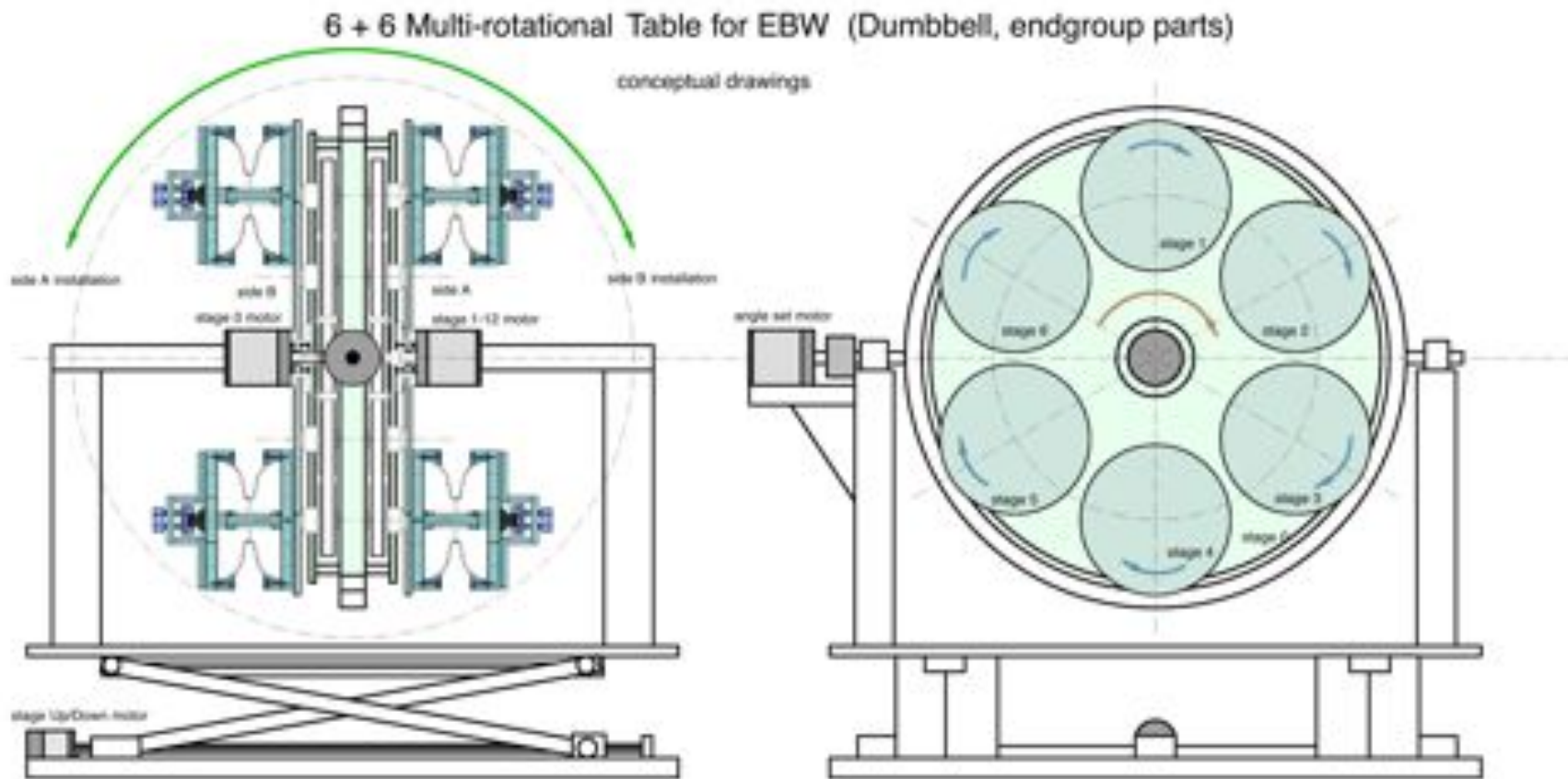
しのはらプレスサービスとの共同研究



量産化の検討

マルチ・ダンベル溶接の案その1

EBW真空チェンバーのなかに多数の溶接すべき部品を配置し、1回の真空引きで多数の部品を溶接する。
(リボルバー回転式)



07032011 H. Hayano

EBW rotational jig for multi-dumbbell and end-parts

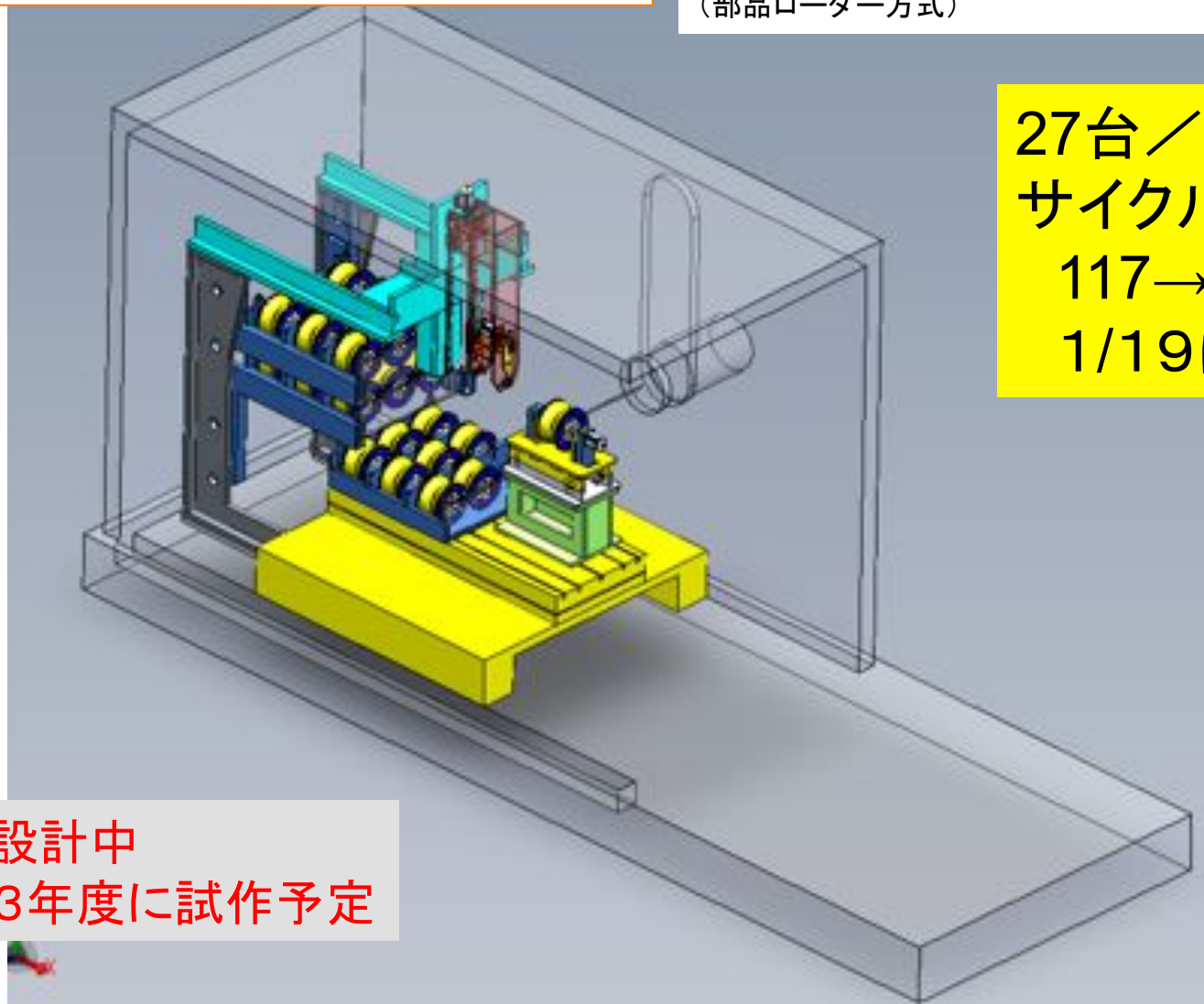




量産化の検討2

マルチ・ダンベル溶接の案その2

EBW真空チェンバーのなかに多数の溶接すべき部品を配置し、1回の真空引きで多数の部品を溶接する。
(部品ローダー方式)



27台／バッチ
サイクルタイム
117→6.3分／台
1/19に短縮

詳細設計中
2013年度に試作予定

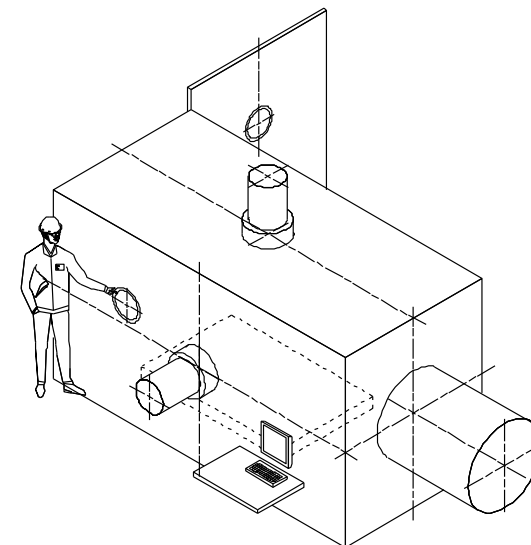
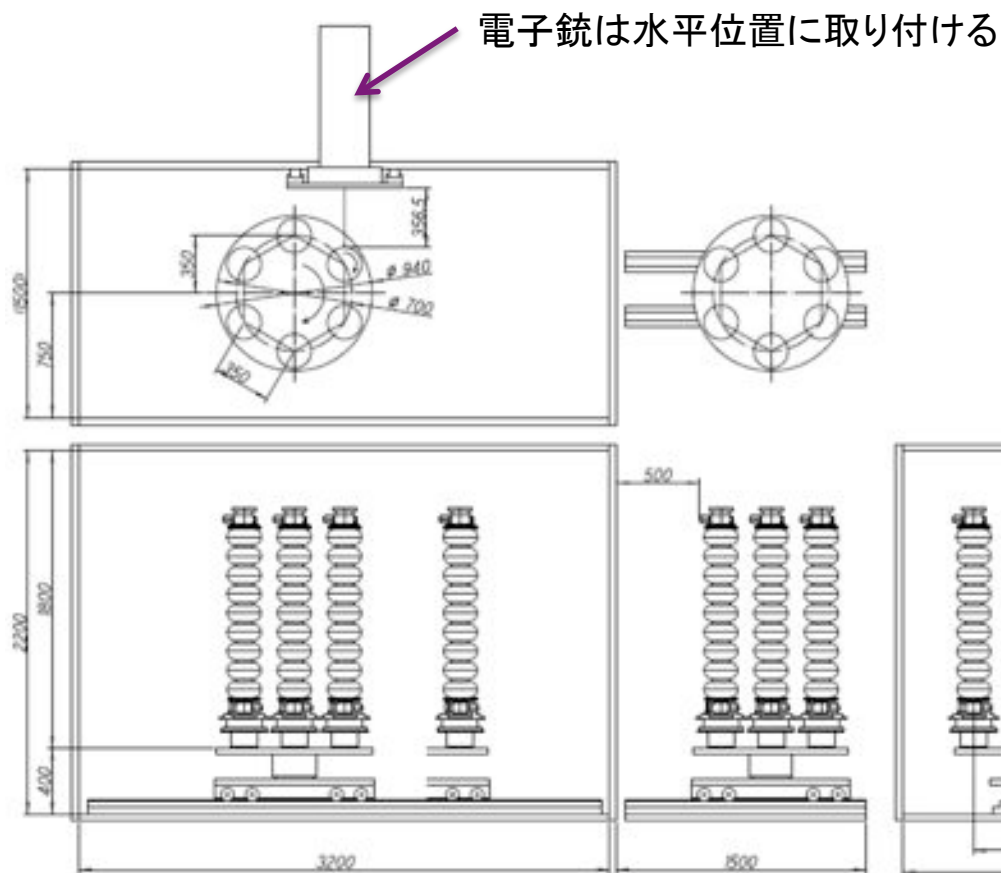




量産化の検討3

6台の9セル空洞の多重溶接治具案

4ダンベル、8ダンベル、エンドセルと8ダンベルの最終溶接に使用



電子銃は垂直位置を自由に変えられる。

構想設計中

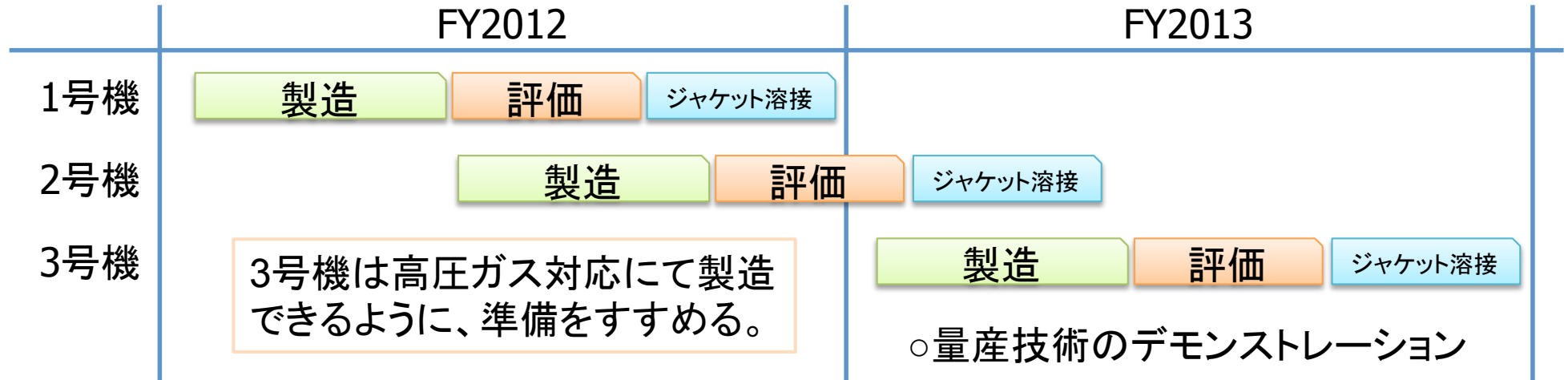
EBW rotational jig for multi 9 cell cavities



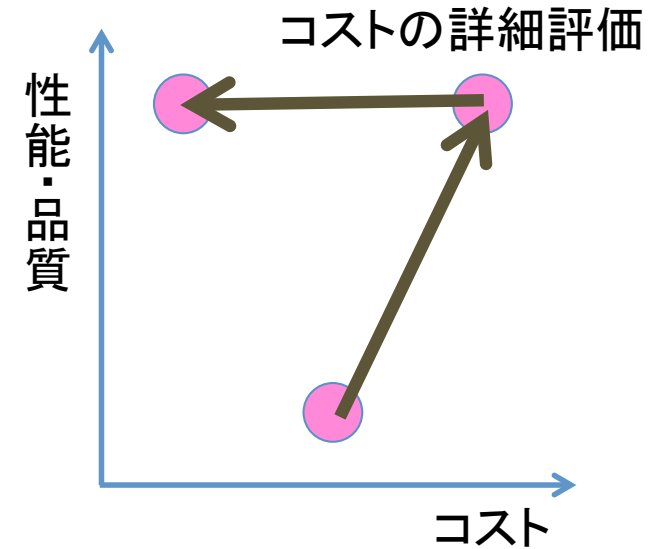
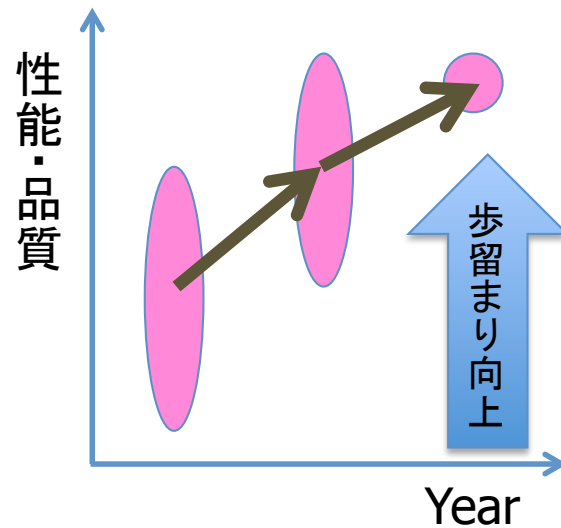


今後のスケジュール

空洞製造計画：今後2年間で3台の空洞を製造



技術課題





- 17,000台の空洞製造を実現する生産技術の開発を加速するため、機構内に空洞製造施設を構築し、2011.7に竣工した。
- 同設備を用いて生産した空洞(KEK0号機)の最大加速電場は29 MV/mである。
- FY2012-3に3台の空洞を製造する。
- 歩留まりの向上を図り、次のステップとして歩留まりを維持しながら、コストダウンを図る。

