

# 原子力機構 (スポーク空洞、大電流電子源)

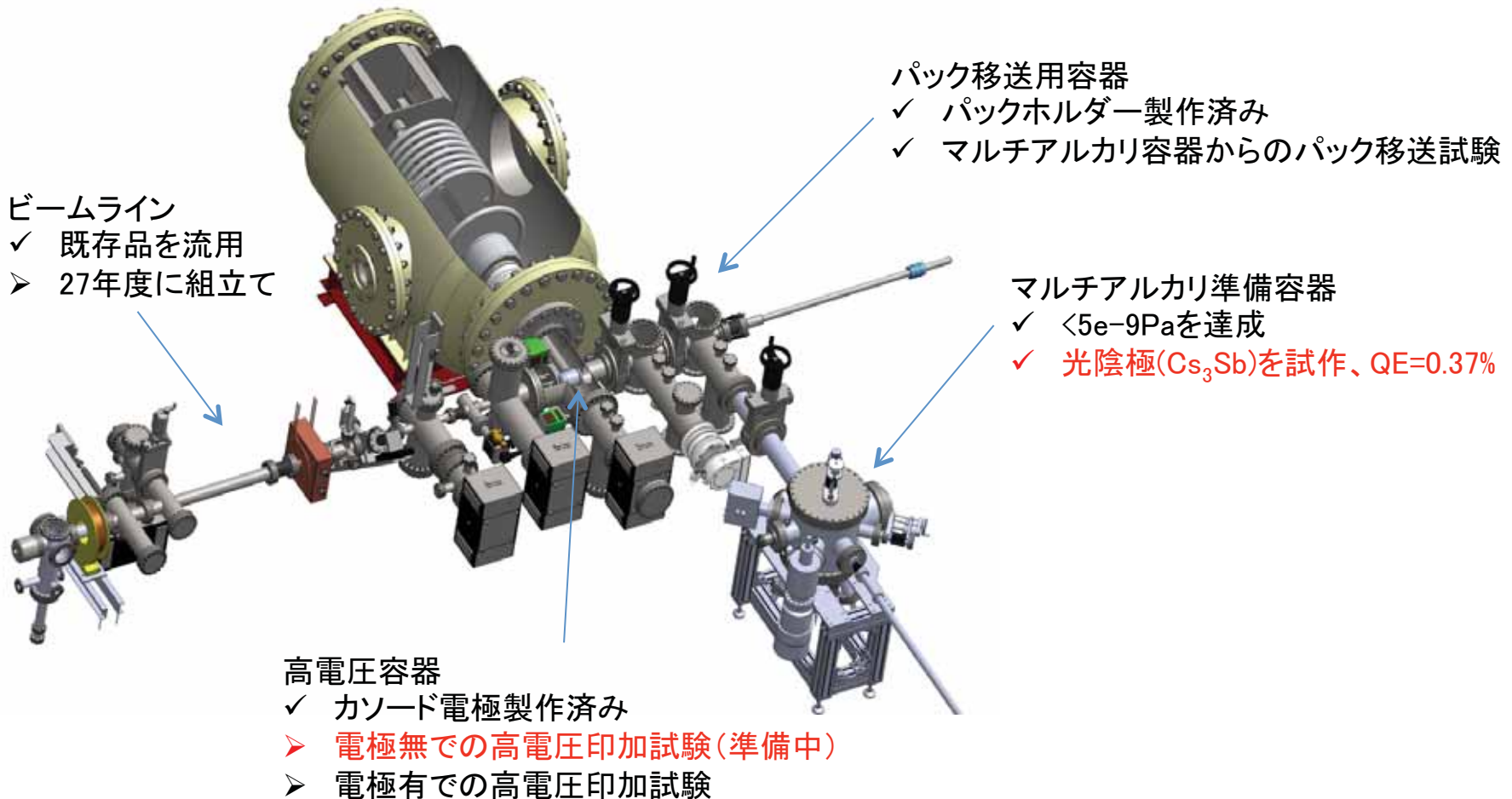
日本原子力研究開発機構  
羽島良一、沢村 勝、西森信行

光・量子融合連携研究開発プログラム  
「小型加速器による小型高輝度X線源とイメージング基盤技術開発」  
第11回全体会議  
2015/5/14、東北大学

# 50mA級大電流光陰極の開発状況と予定

## H27年度計画

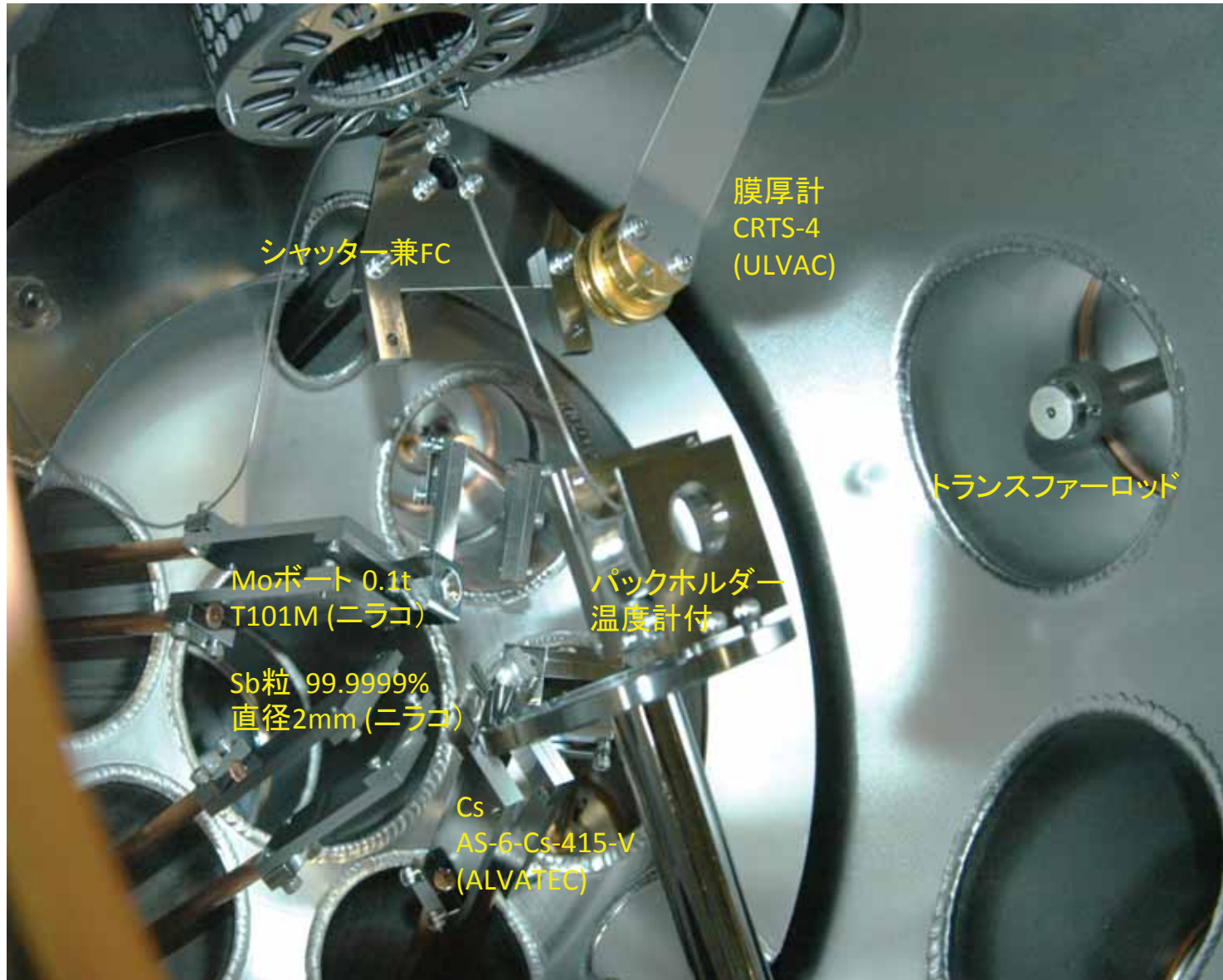
### 1. マルチアルカリ光陰極を電子銃に組み込み電子ビーム生成試験を行う



# マルチアルカリ準備容器 真空槽内部



Moパック  
(cERL互換)  
Si(100)基板  
P-type  
<0.02Ωcm  
(ニラコ)  
Taキャップ



シャッター兼FC

膜厚計  
CRTS-4  
(ULVAC)

トランスファーロッド

Moボート 0.1t  
T101M (ニラコ)

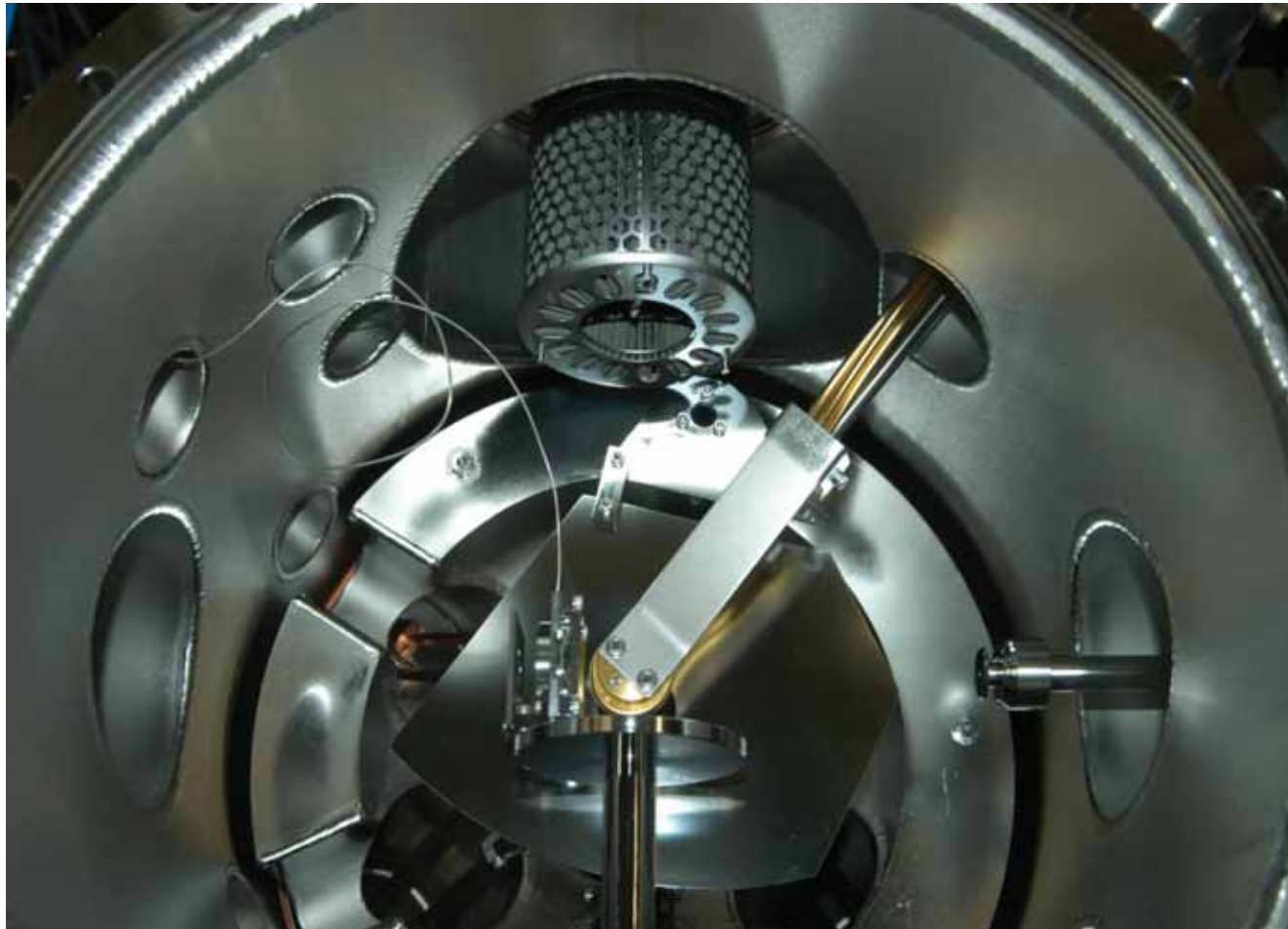
パックホルダー  
温度計付

Sb粒 99.9999%  
直径2mm (ニラコ)

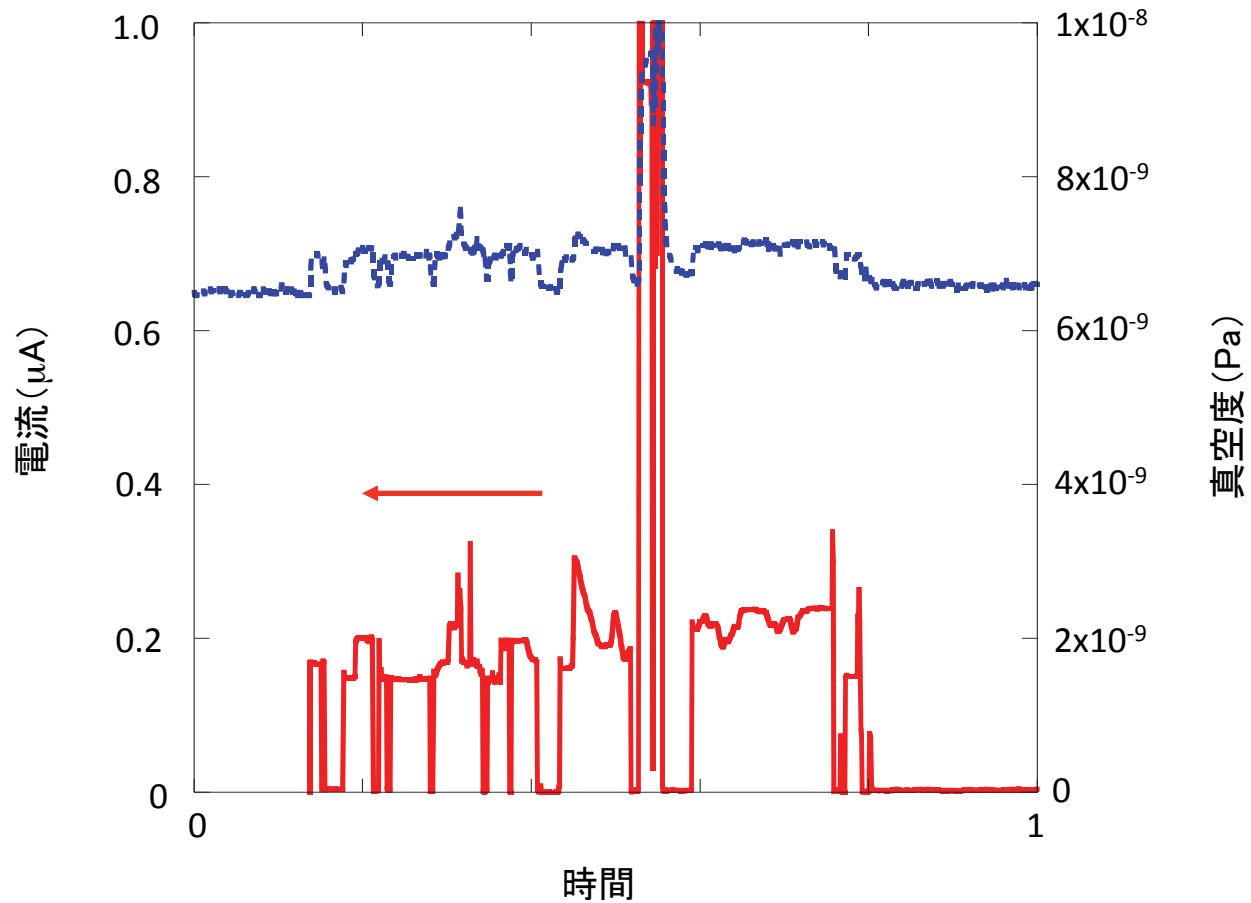
Cs  
AS-6-Cs-415-V  
(ALVATEC)

# マルチアルカリ準備容器システム チェック

- ✓ 熱電対付パックホルダーの180度回転。パックの輸送、成膜に支障がないように。
- ✓ 膜厚計が成膜位置に来ることを確認。
- ✓ トランスファーロッドによるパック輸送を確認。マルチアルカリ準備容器 ⇔ GaAs準備容器



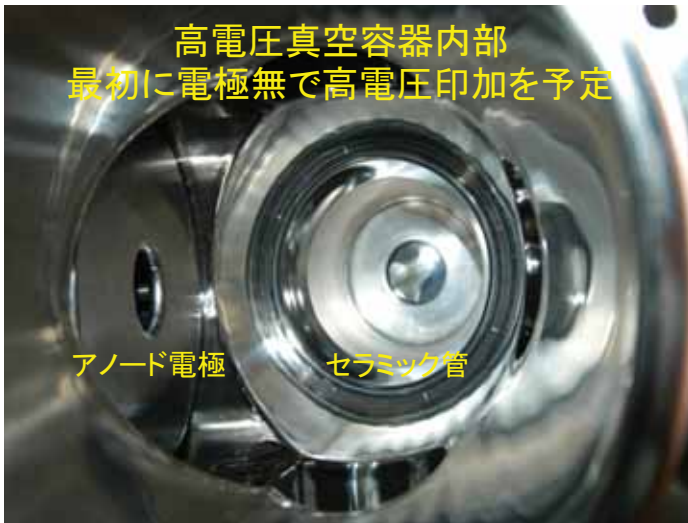
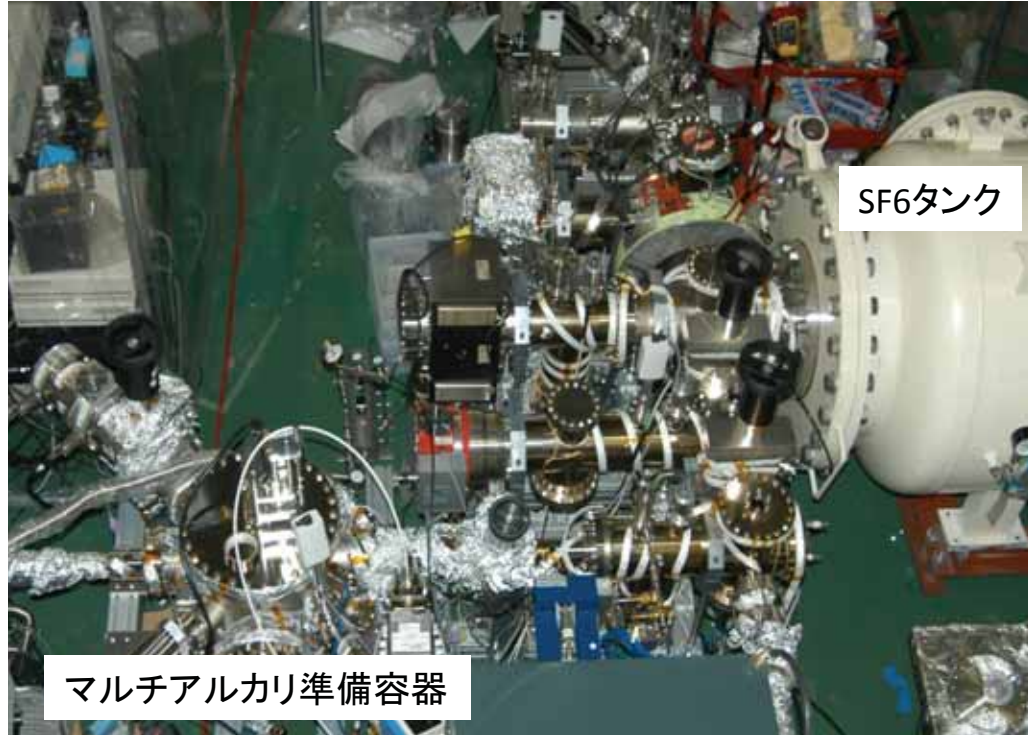
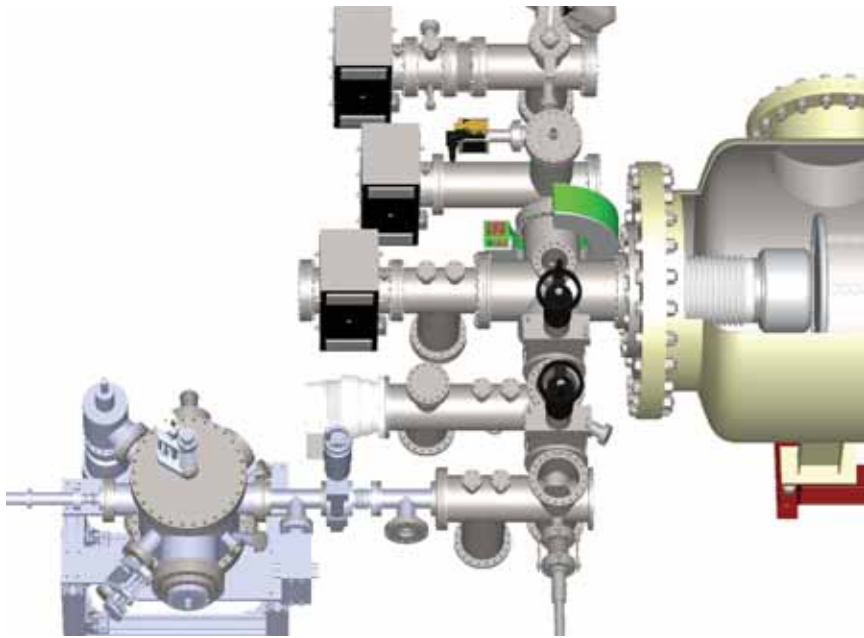
# QE計測 ( $\text{Cs}_3\text{Sb}$ )



✓ [0.2 \$\mu\text{A}\$ @125 \$\mu\text{W}\$ /532nm](#)  $\rightarrow$  QE = 0.37%



# 高電圧印加試験準備



電極無で高電圧印加試験を行い、  
制御システムなど装置の再立ち上げを  
予定。

その後、  
新カソード電極を取り付け、高電圧印加  
試験及びビーム生成試験を行う予定。



# まとめ、今後の予定

## 完了

- ✓ マルチアルカリ準備容器に蒸着システムを全てインストール。
- ✓ パックの輸送テスト(マルチアルカリ⇔GaAs準備容器間)を実施。
- ✓ ベーキング、NEG活性化を実施。
- ✓ マルチアルカリ蒸着、 $\text{Cs}_3\text{Sb}$ 量子効率0.37%を達成。
- ✓ 高電圧容器から旧電極を取り外し、電極無しでの高電圧印加試験準備を開始。SF6タンクをセット。

## 予定

- 電極無しでの高電圧印加試験
- 電極有での高電圧印加試験
- $\text{Cs}_3\text{Sb}$ カソードを用いたビーム生成試験

# スポーク空洞開発の現状



# 金型設計

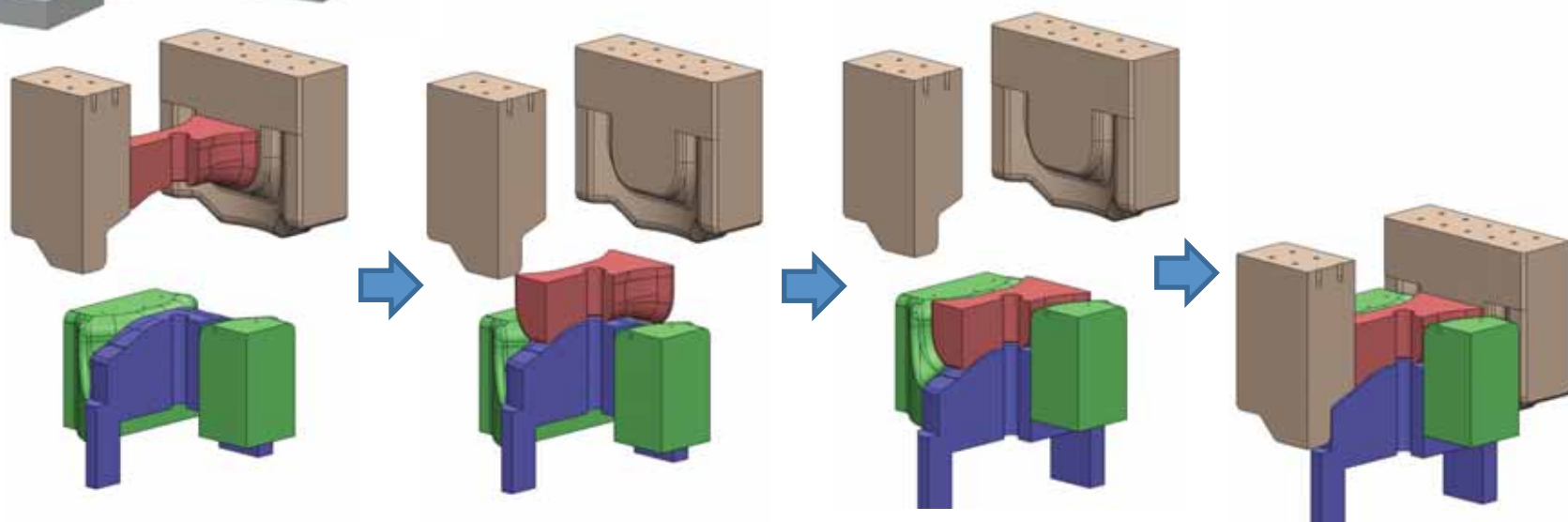
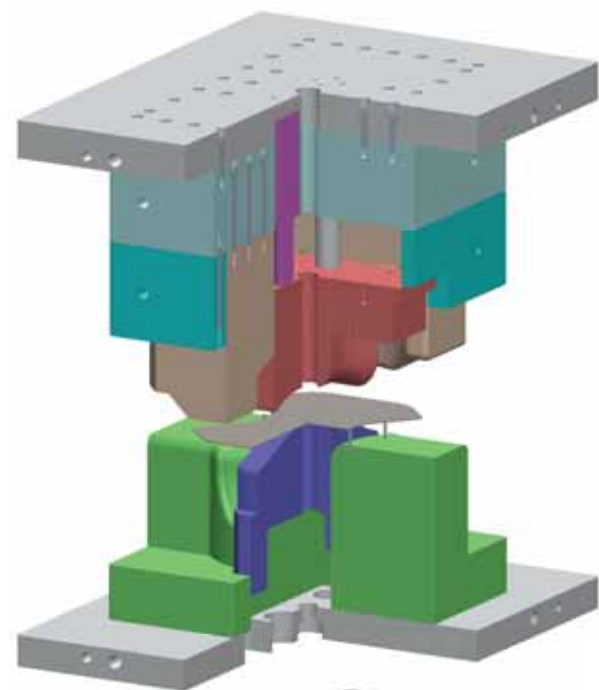
# ハーフスポーク金型

- パンチ、ダイとも2部品で構成

① インナーパンチが動く

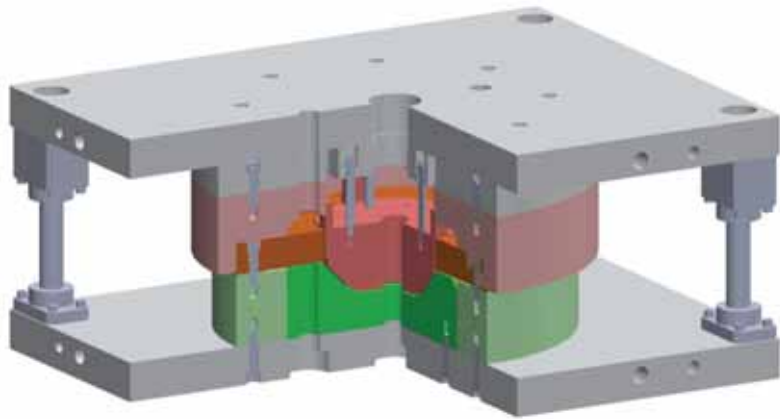
② インナーパンチとダイ入れ子が同時に動く

③ アウターパンチが動く

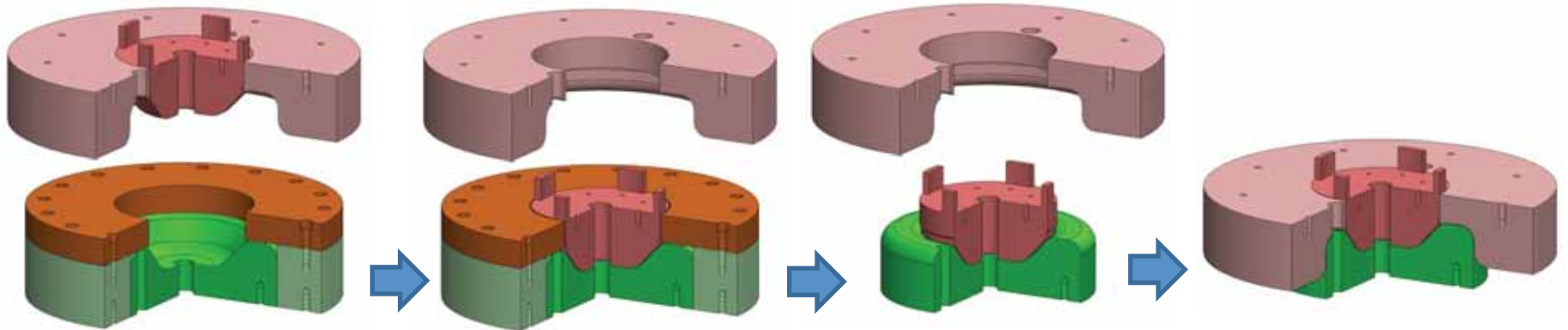


# エンドノーズ金型

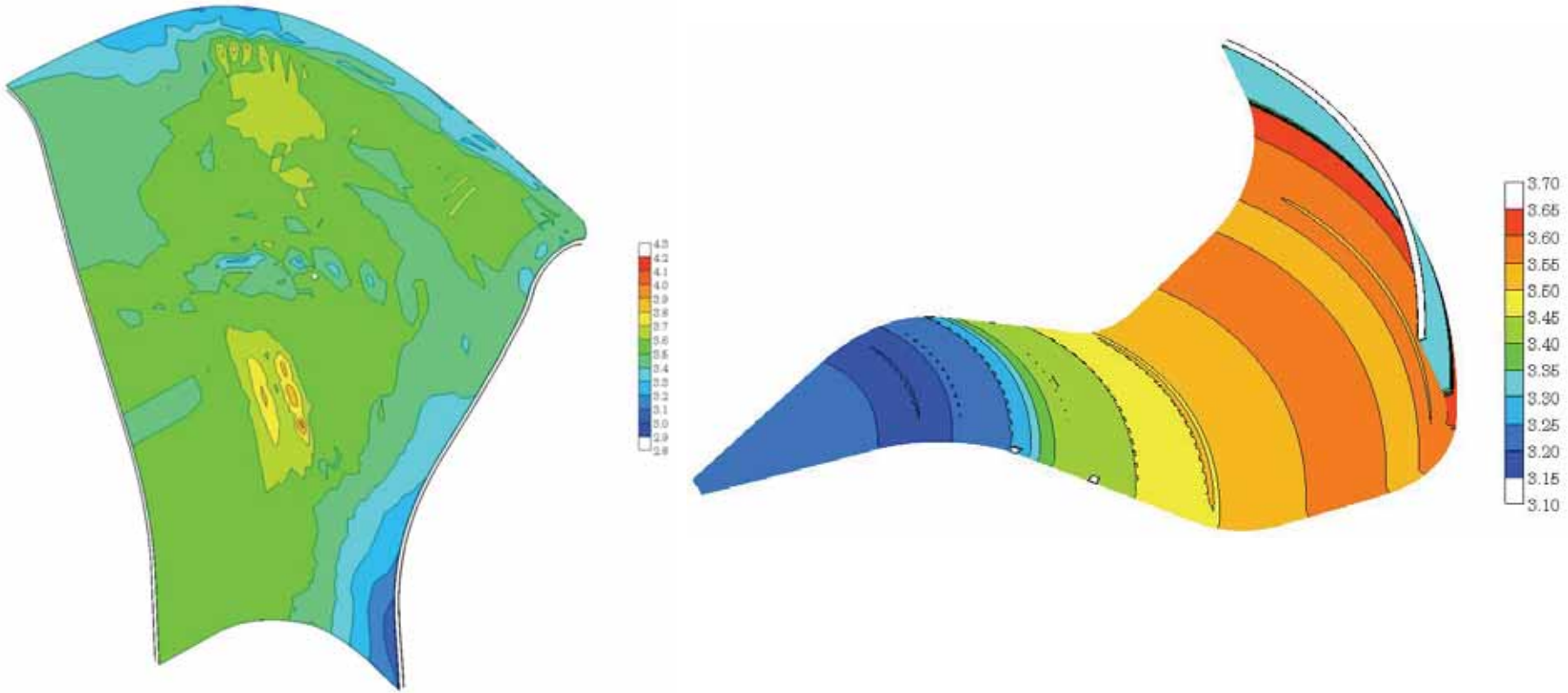
- 内側と外側を順番に成型



- ① インナーパンチが動く
- ② 材料ガイドと板押えを取り外す
- ③ アウターパンチが動く



# 成型後ニオブシート厚さ



- ハーフスポーク 3.5mm ⇒ 3.03mm~4.03mm (側面が薄くなる)
- エンドノーズ 3.5mm ⇒ 3.16mm~3.65mm (中心部が薄くなる)

# 今年度以降の計画 (周波数変更の検討)



# 今後の費用概算（主に材料費）

- スポーク空洞製作のために必要な費用を概算
  - ニオブシート（不足分）
    - 周波数を変えた時はハーフスポーク用のみ厚さを変えたニオブシートを購入
    - エンドノーズとタンクは購入済みのものを使うとする
  - 金型用材料（AlとSS）
  - 治具用材料（Al）・・・スポークのトリム、EBW用
  - 単価
    - Nb: \70,000/kg
    - Al: \3,100/kg
    - SS: \300/kg

# 材料費概算

		325MHz	433MHz	500MHz	650MHz
		現状	周波数を変えた場合		
ニオブシート厚さ		3.5mm	2.6mm	2.3mm	1.7mm
Nb購入 (kg)		34.6	9.3	6.0	3.8
金型 (kg)	Al	1,483	627	407	172
	SS	15,788	6,676	4,336	1,833
治具 (kg)	Al	417	177	115	49
費用比率		1	0.39	0.26	0.12

- 削り出し前の材料寸法から積算
- 金型や治具の大きさは波長でスケーリング 1~13,000
  - 325MHz:433MHz:500MHz:650MHz= 1 : 0.42 : 0.27 : 0.13
- ニオブシートの厚さに関しては強度計算をまだ行っていないため、厚くなる可能性がある

# 重量

重量	空洞※ (kg)	ハーフスポーク金型(ton)			エンドノーズ金型(ton)		
		下組	上組	合計	下組	上組	合計
325MHz	76.2	2.89	5.01	7.90	2.29	2.17	4.46
433MHz	32.2	1.22	2.12	3.34	0.97	0.92	1.89
500MHz	20.9	0.79	1.38	2.17	0.63	0.60	1.23
650MHz	9.5	0.36	0.63	0.99	0.29	0.27	0.56

※フランジを除く

# 内体積

重量	内体積 (litter)
325MHz	220.4
433MHz	93.2
500MHz	60.5
650MHz	27.6

BCPの費用に関係

# 金型3D形状の加工

- 5軸制御マシニングセンタの加工可能範囲
  - － 外径450mm×高さ290mm半球
  - － 加工形状により変化

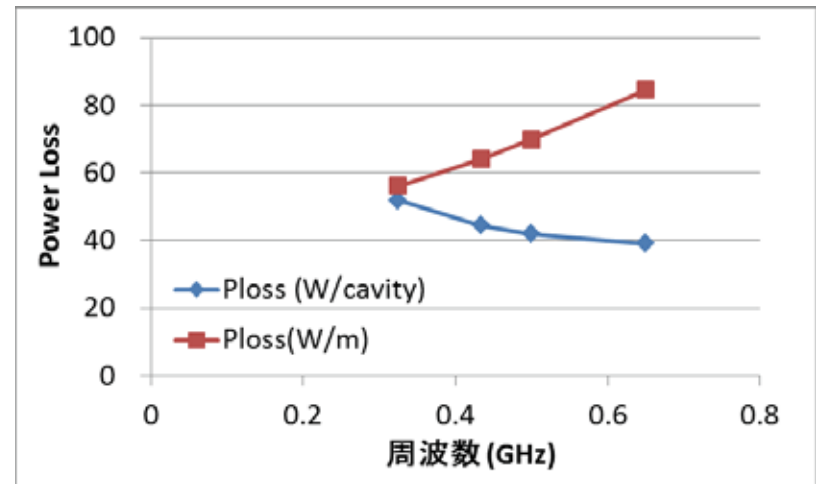
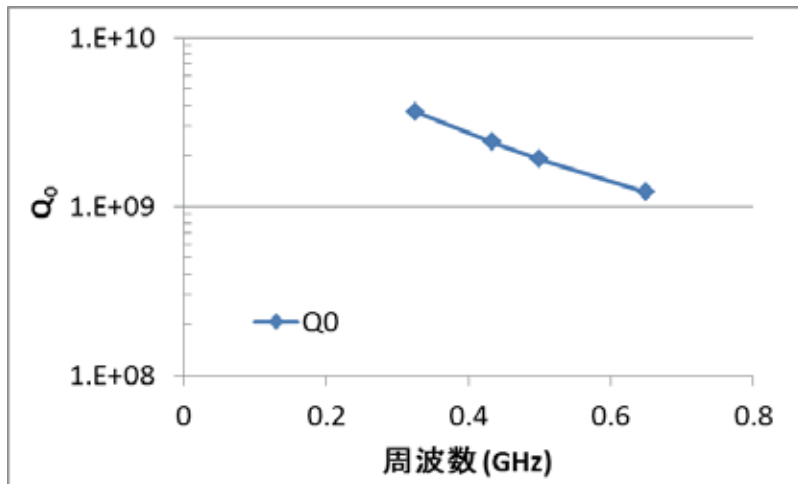
※一部形状変更必要

	325MHz	433MHz	500MHz	650MHz
外注	ダイ ダイ入れ子 アウターパンチ インナーパンチ	ダイ ダイ入れ子 アウターパンチ	アウターパンチ	
内作		インナーパンチ	ダイ ダイ入れ子※ インナーパンチ	ダイ ダイ入れ子※ アウターパンチ インナーパンチ
				

加工可能範囲

# その他

	タンク径 (mm)	タンク長さ (mm)	ボア径 (mm)	$Q_0$ (ideal)	$P_{\text{loss}}$ (W/cavity)	$P_{\text{loss}}$ (W/m)
325MHz	609.4	923.1	60	$3.7 \times 10^9$	51.9	56.3
433MHz	457.4	692.8	45	$2.4 \times 10^9$	44.4	64.1
500MHz	396.1	600.0	39	$1.9 \times 10^9$	42.0	70.0
650MHz	304.7	461.6	30	$1.2 \times 10^9$	39.0	84.6



- 周波数を上げるとビームボア径が小さくなる
- 表面処理の時、ビームパイプからHPRノズルを通すことが難しくなる可能性



# まとめ

- 周波数を高くすると

- メリット

- 材料費は激減する

- 433MHzで39%、500MHzで26%、650MHzで12%

- 金型等内作できる部品が増える

- BCPに必要な液剤の量が減る

- デメリット

- HPRの作業が難しくなる

- 空洞のQ値が小さくなる

- 金型設計の再計算が必要