

# マルチアルカリ高量子効率・ 長寿命カソード開発

2015年5月14日

広島大学 加速器物理研究室

栗木雅夫、根岸健太郎、郭磊、浦野正洋、横田温貴

KEK

清宮裕史、許斐太郎、山本尚人

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

# レーザーコンプトン散乱による単色X線源

## X線フラックス

$$N_X = L_\sigma \propto \frac{I}{S_\sigma}$$

X線の数を増やすには、  
電流密度を最大化する

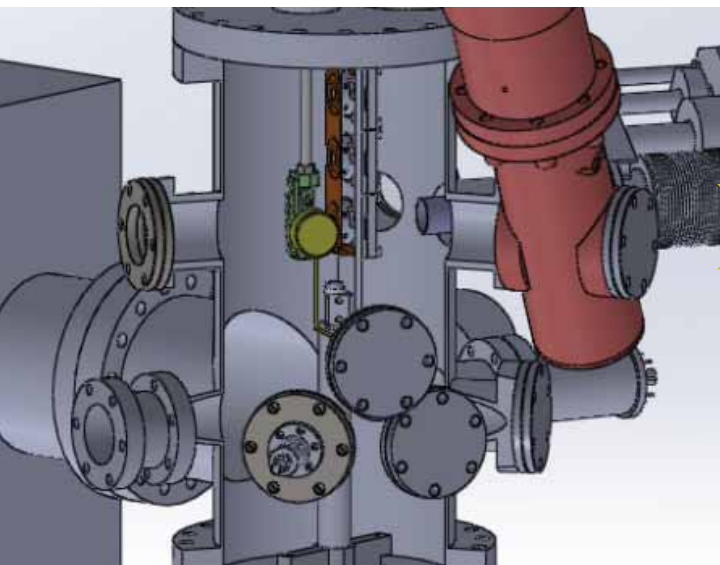
電子発生的には、

- 小さいスポットから
- 大きな電流

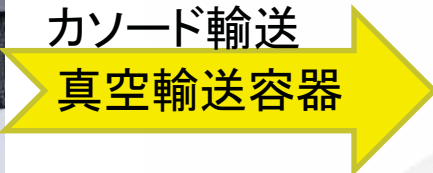
## 課題

- 量子効率
- 耐久性(寿命)

## 広島大学先端研 カソード成膜



カソード輸送  
真空輸送容器



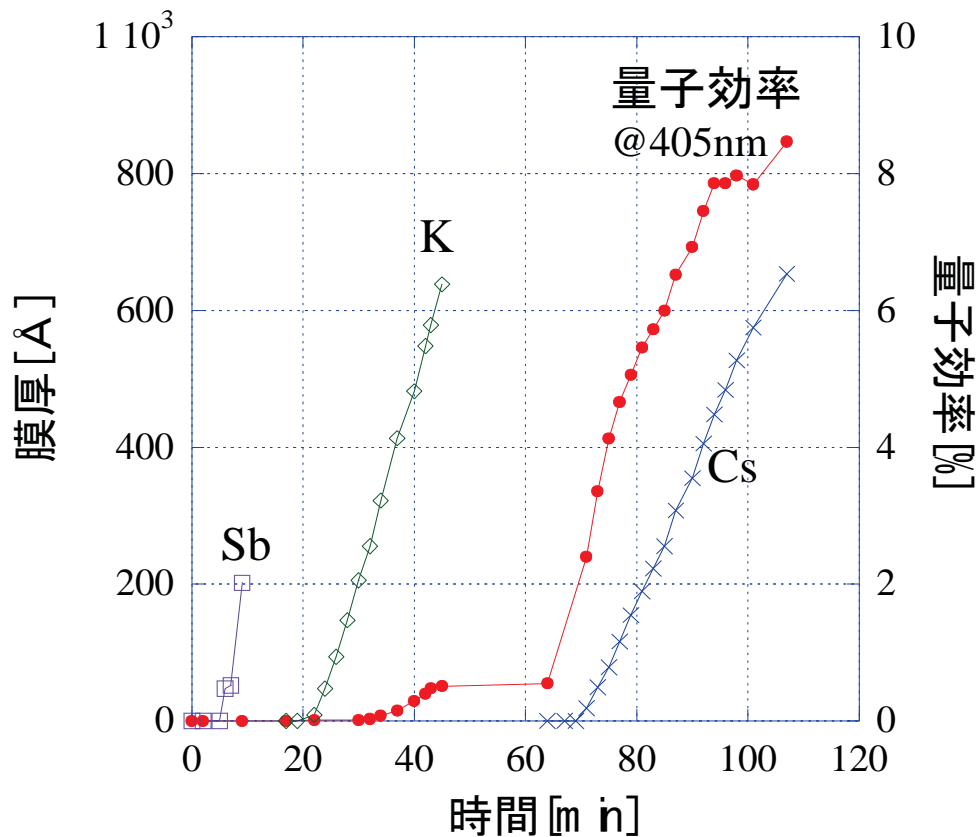
## KEK-cERL X線発生



# マルチアルカリ陰極 (CsK<sub>2</sub>Sb)

- 緑色励起 (532 nm)可能な、光電陰極物質
- 高耐久加速器用電子源として期待
- 既存GaAsカソードの10倍以上の耐久性を期待

## 成膜時の膜厚と量子効率の変化



## カソード生成手順

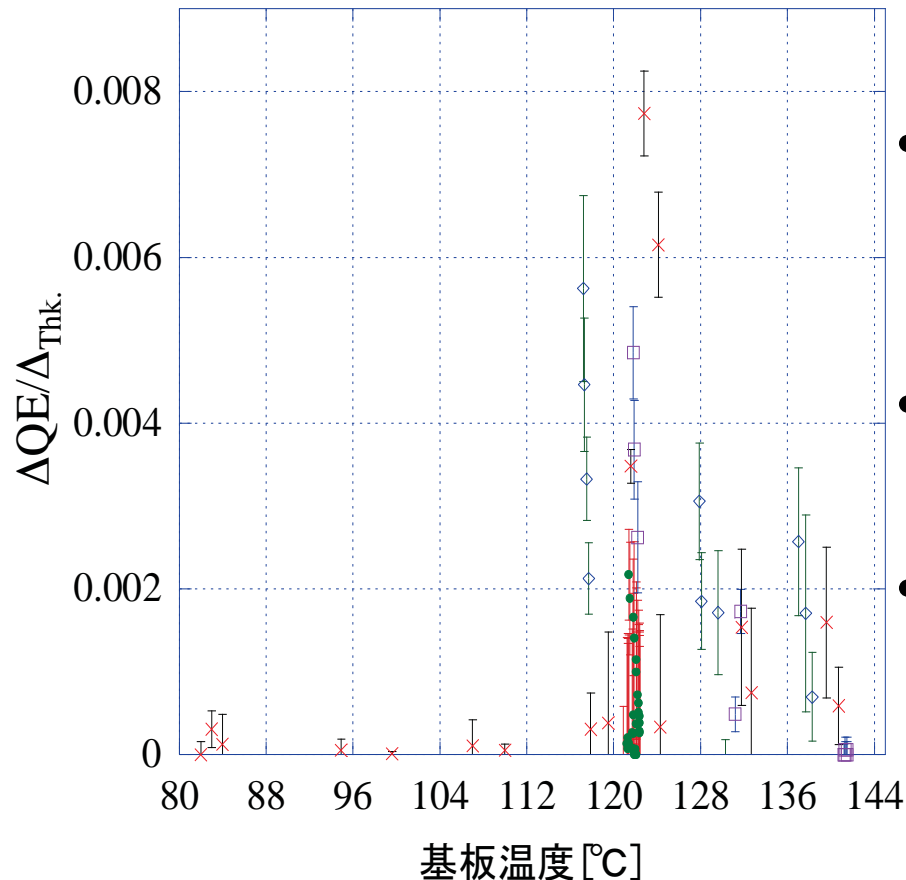
- 1) 基板加熱洗浄 (600 °C)
- 2) 基板冷却 (100 °C)
- 3) Sb蒸着 (膜厚制御)
- 4) K蒸着 (膜厚制御)
- 5) Cs蒸着 (QE max)

## 作成結果

基板温度	103 °C
Sb膜厚	202 Å
K膜厚	638 Å
Cs膜厚	654 Å
QE at 405 nm	9.28±0.04 %
QE at 532 nm	2.91±0.02 %

# 基板温度 vs $\Delta QE/\Delta Thk.$ @ K蒸着

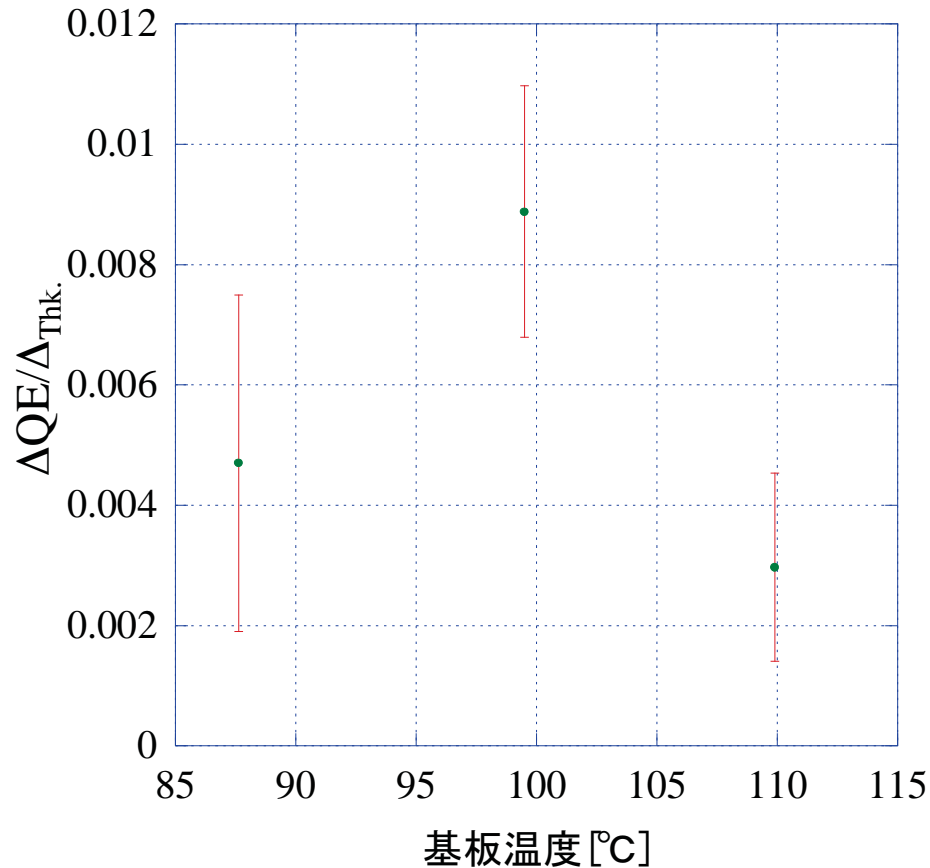
蒸着時基板裏ヒーターで温度を制御、  
蒸着中のQEの変化量を測定する事で、蒸着時の最適な基板温度を探す  
at K蒸着



- 4回分の $K_3Sb$ 蒸着  
基板温度 vs  $\Delta QE/\Delta Thk.$ プロット
- 120 °C付近でQEの伸び最大  
- 最適温度(?)
- バラつきも大きい  
- 蒸着金属の密度ムラ(?)

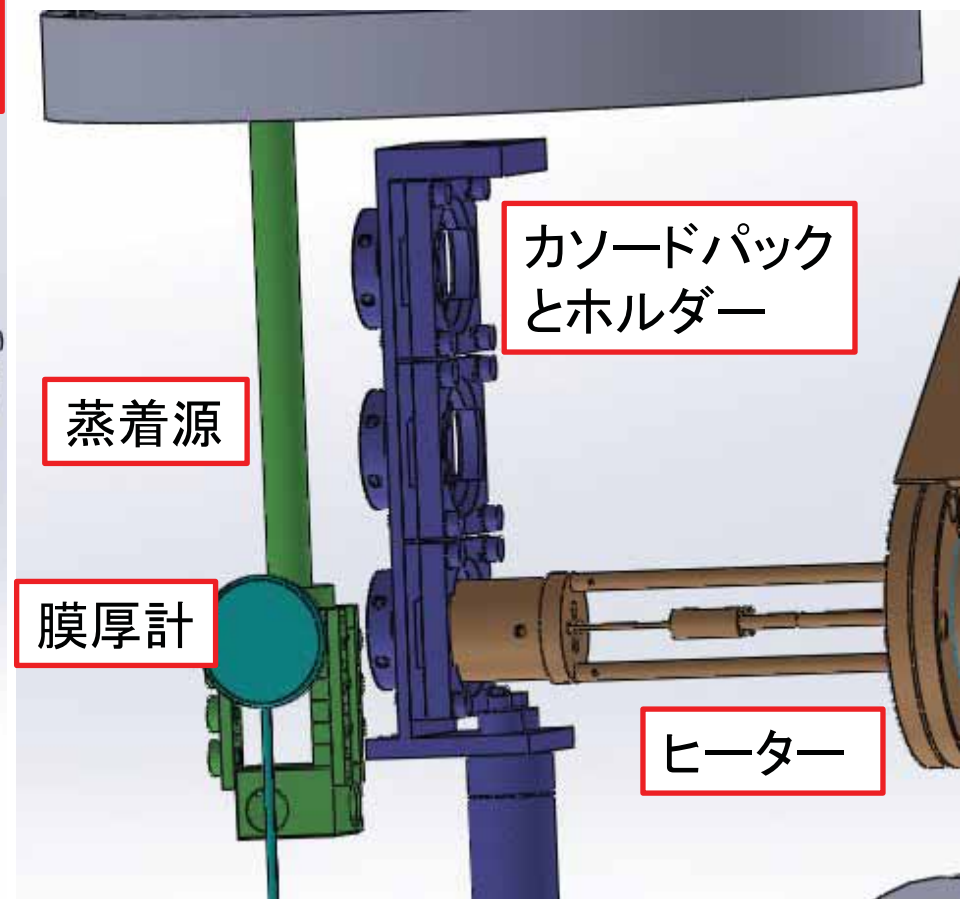
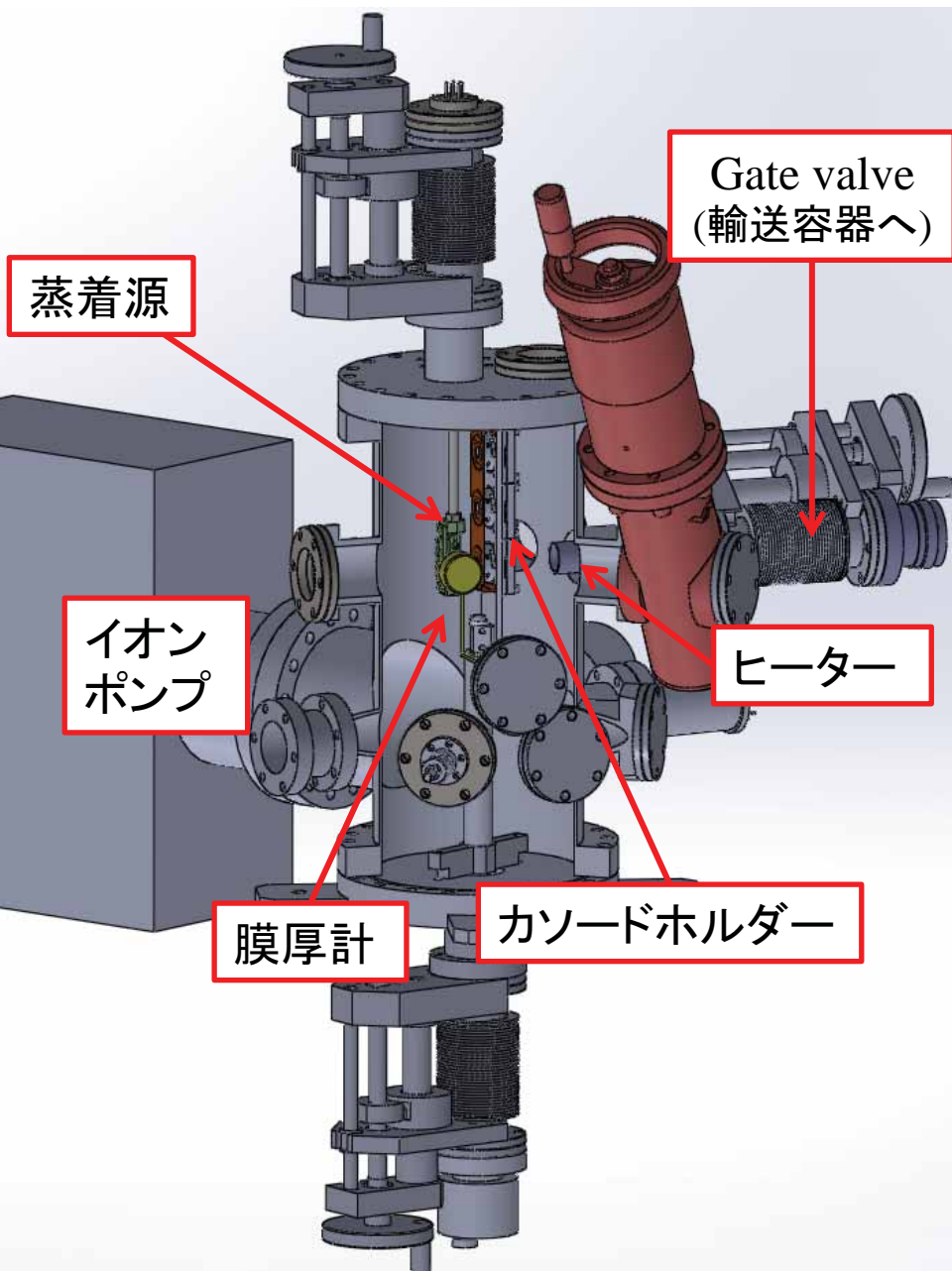
# 基板温度 vs $\Delta QE/\Delta Thk.$ @ Cs蒸着

蒸着時基板裏ヒーターで温度を制御、  
蒸着中のQEの変化量を測定する事で、蒸着時の最適な基板温度を探す  
at Cs蒸着



- Thk. 100 Å ~ 500 Åで測定
  - QE変化率の安定のため
- 100 °C付近が最適温度(?)
  - Need More Further Study

# マルチアルカリ蒸着槽 (真空輸送容器対応)





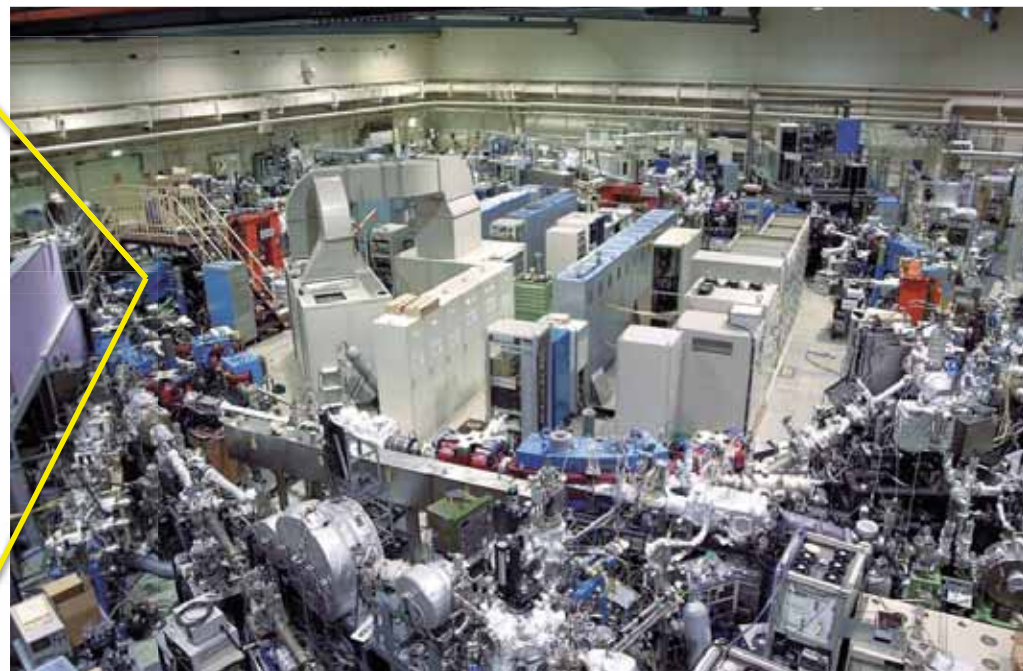
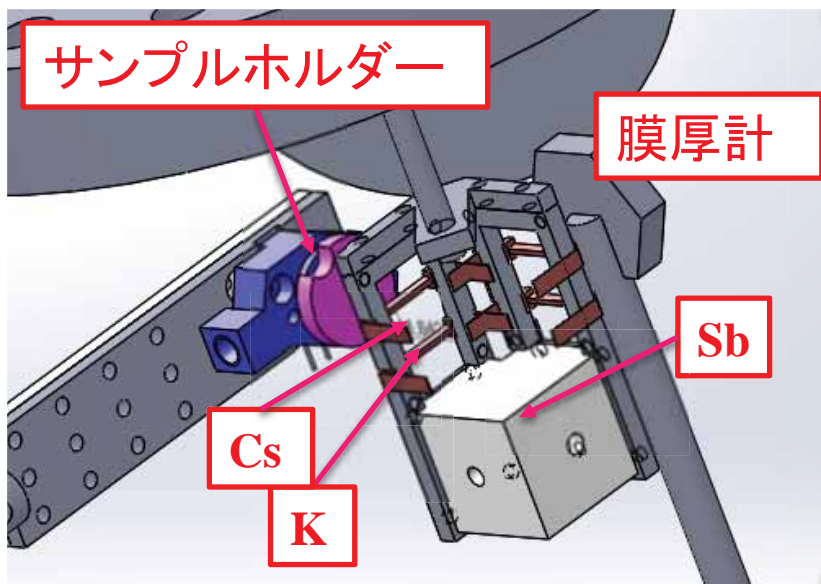
# 真空輸送容器対応蒸着装置

- 広島大学で作成したマルチアルカリカソードをKEKに輸送  
cERL他の加速器で利用
- 真空容器  
(KEK-cERLグループ製作)  
に対応したカソード蒸着用器
- 現在真空立ち上げ作業中
- 蒸着試験開始予定



# 表面分析 with PES

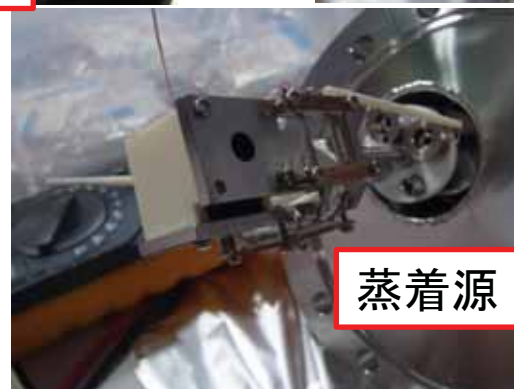
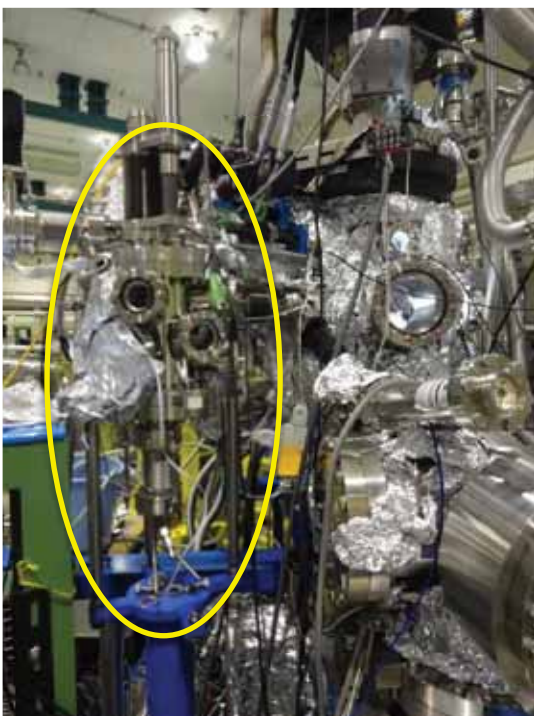
- マルチアルカリカソード生成条件の最適化のため、XPS/UPSによる表面評価
  - XPS/UPS : 元素分析、結合状態分析
- UVSOR-BL2Bを利用
  - 電子のMFPのユニバーサルカーブを用いた深さ方向の元素分布
  - 劣化プロセスの観察





# 表面分析 with PES

- マルチアルカリカソード生成条件の最適化のため、XPS/UPSによる表面評価
  - XPS/UPS : 元素分析、結合状態分析
- UVSOR-BL2Bを利用
  - 電子のMFPのユニバーサルカーブを用いた深さ方向の元素分布
  - 劣化プロセスの観察



# スペクトル解析

結合エネルギー

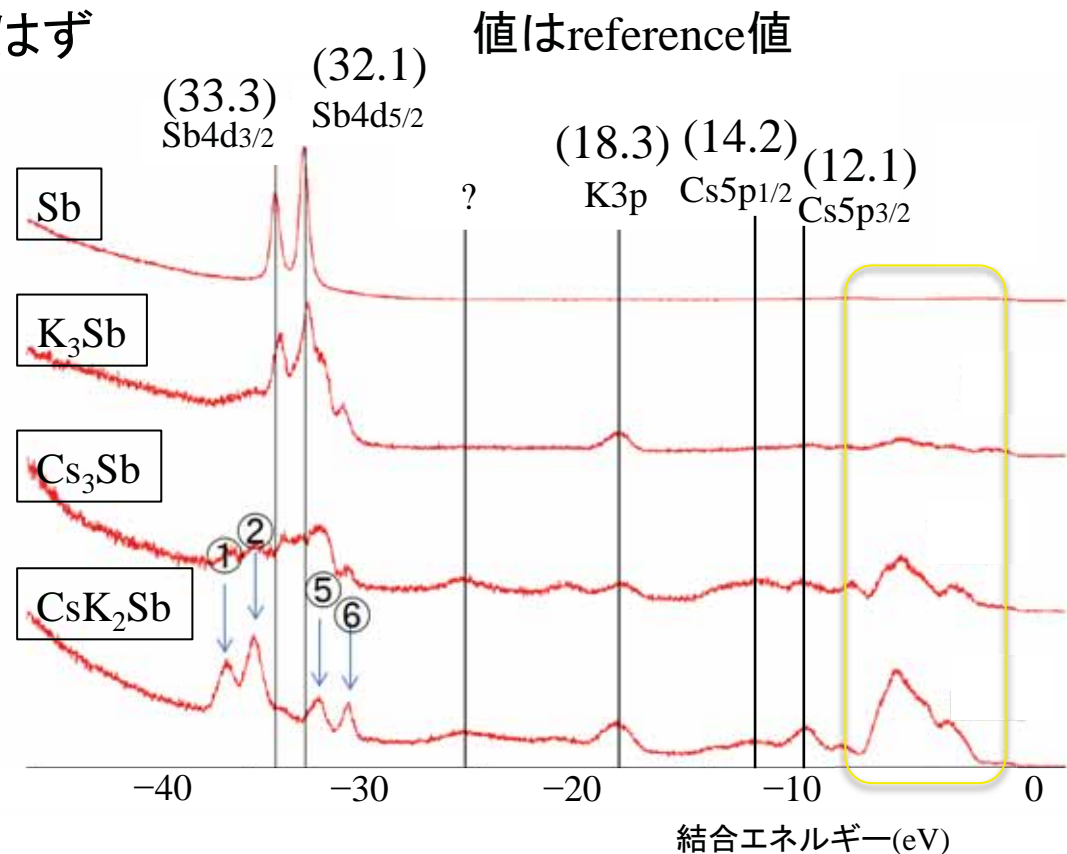
$$E_B = h\nu - E_k \quad \left( -E_A \right)$$

入射X線    運動エネルギー    アナライザ

1. Sb4dのピークはスピン相互作用によって分裂している
2. Sb→CsK<sub>2</sub>Sbに向けてバレンスが盛り上がる
3. Csを蒸着すると-25eV付近にピークが見えるが、Csではこの付近にピークは出ないはず

## 今後取り組むべき点

- K3sがSb4dにかぶっているか、その左側に見えている可能性がある
- ①②⑤⑥のピーク分裂の原因の特定
- -25eVに見えているピークの正体説明



# Summary

- 広島大学でCsK<sub>2</sub>Sbカソードの蒸着技術確立
  - 蒸着最適温度探索
  - 寿命測定
- 真空輸送容器対応蒸着槽にて蒸着試験の開始
- 生成カソードの状態計測
  - PES
- 課題：
  - 高量子効率化 (> 6%)、再現性、均一性、寿命モデルの検証
  - 表面状態(元素比、結晶性、化学状態)の理解  
with UPS, XPS, LEED
  - カソード輸送システムの実証