

# cERL電子銃のセラミック管増設

---

JAEA 西森信行、羽島良一  
KEK 山本将博、宮島司、内山隆司

協力： 三菱 飯島氏、NAT 浅川氏、NAT 沼田氏

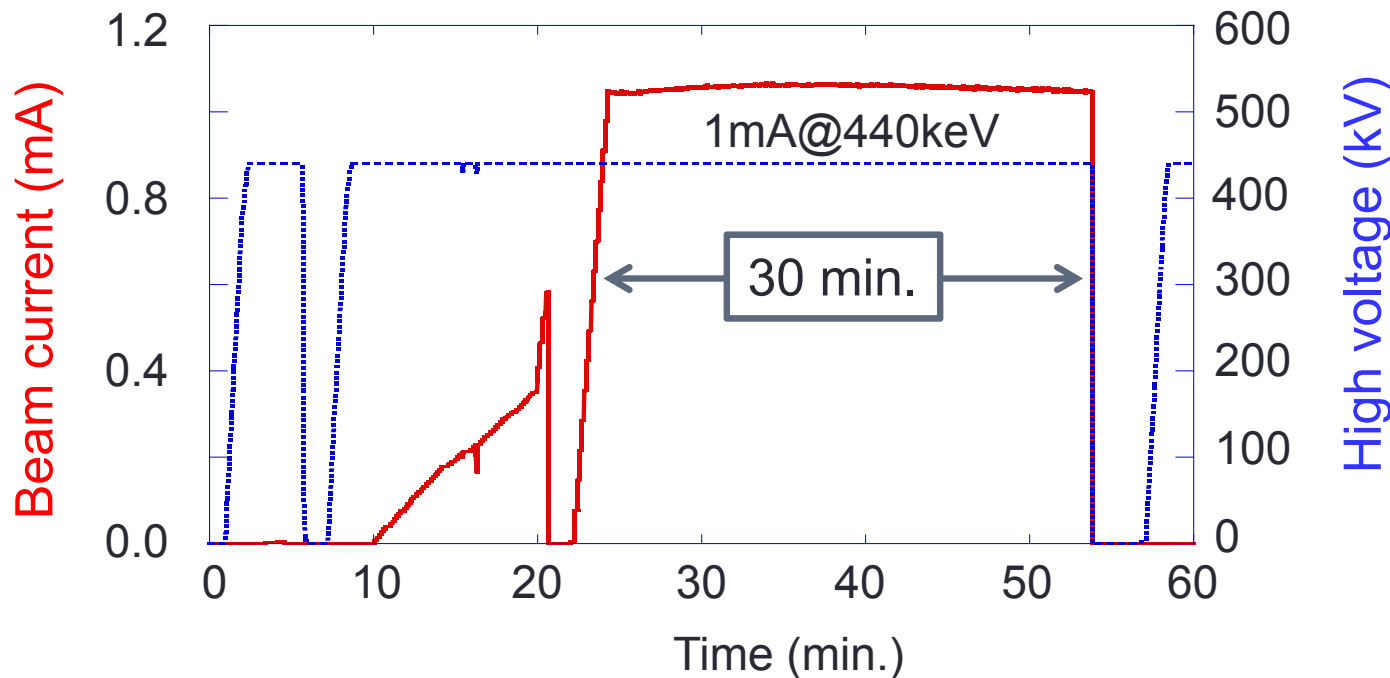
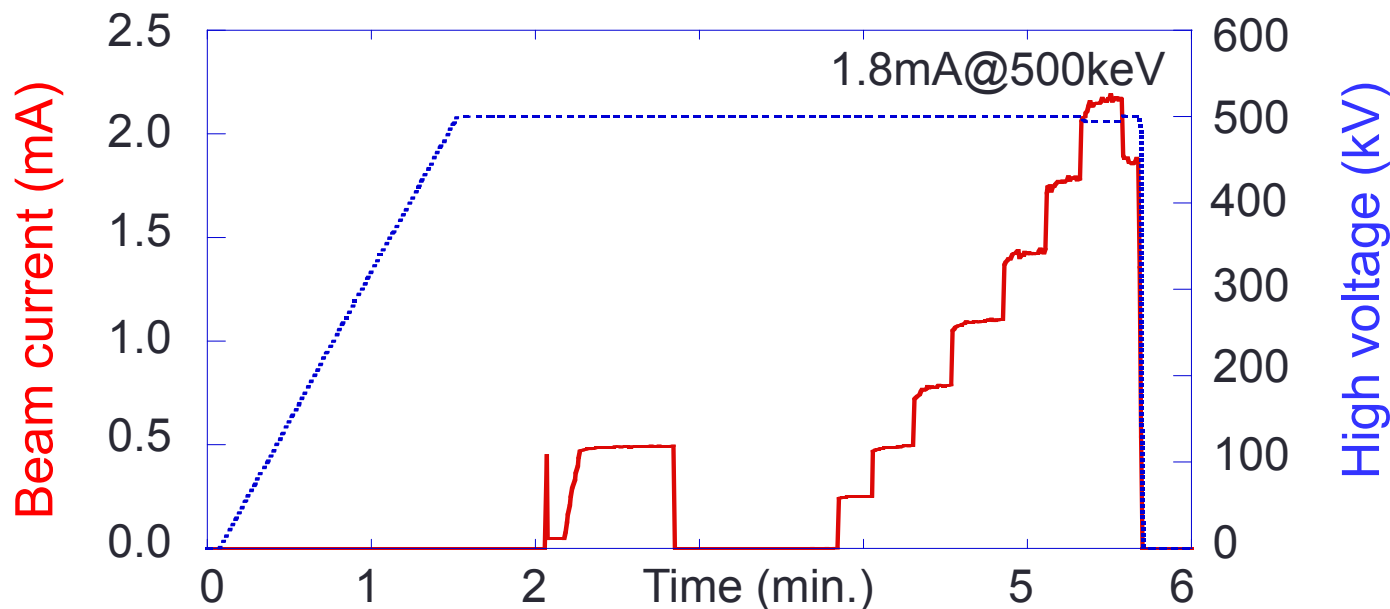
第94回ERL検討会  
2016年1月14日

# 動機、背景

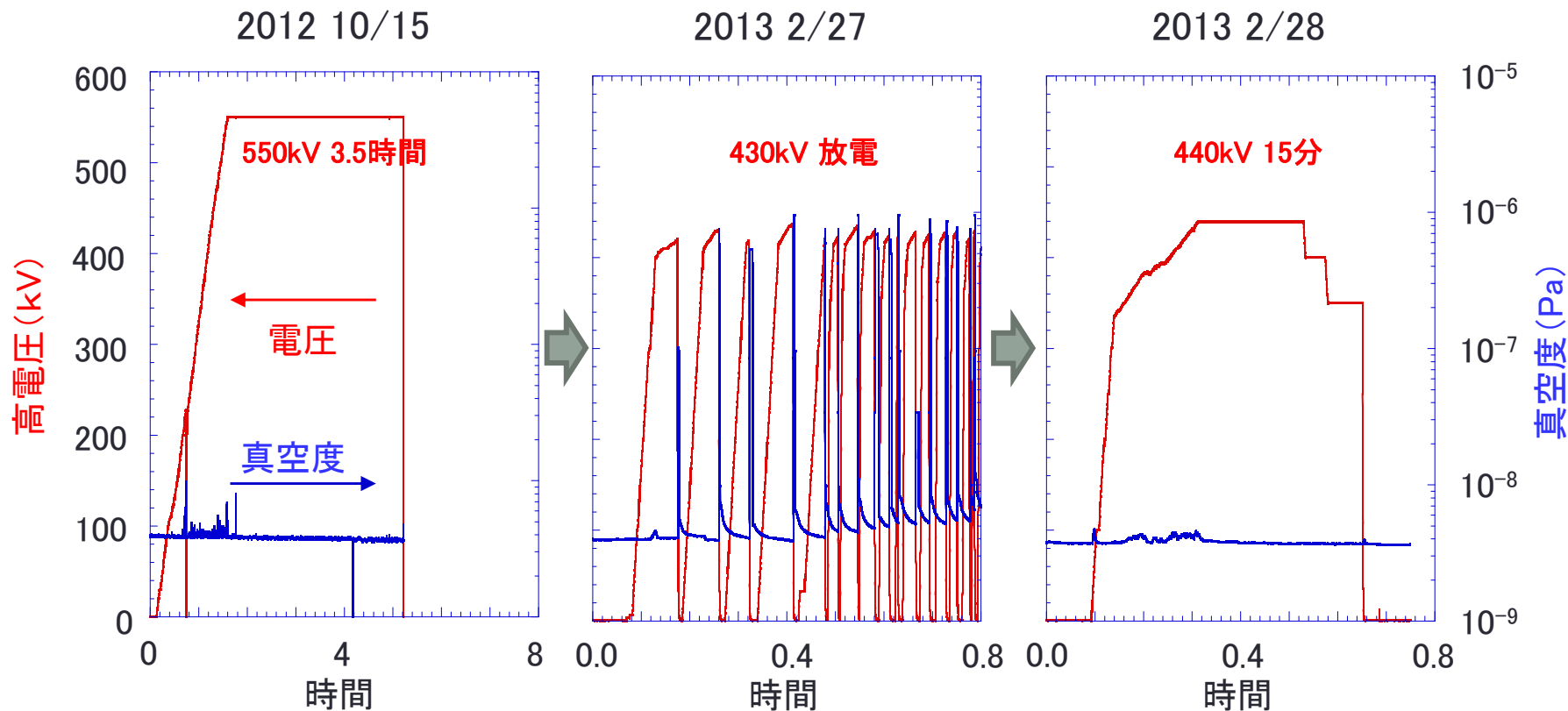
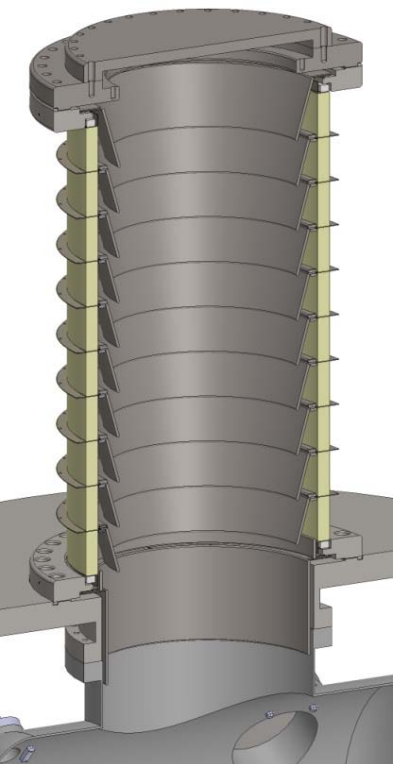
JAEAで500keVビーム生成に成功したが、当時の電圧保持時間は500kVで40分、390kVでも3時間程度であり、長時間のビーム生成に耐えられる状態ではなかった(2012年10月)。

原因はKEKへ移設後に明らかになったが(2013年2月)、500keVビームを安定に出したいという思いを持続。

N. Nishimori et al., APL 102, 234103 (2013)



# cERLへ移設前後のセラミック管単独試験



移設前@JAEA  
問題なしと思っ  
ていたが…



移設後@KEK  
問題発生  
セラミックの最上段、  
最下段にしみを確認

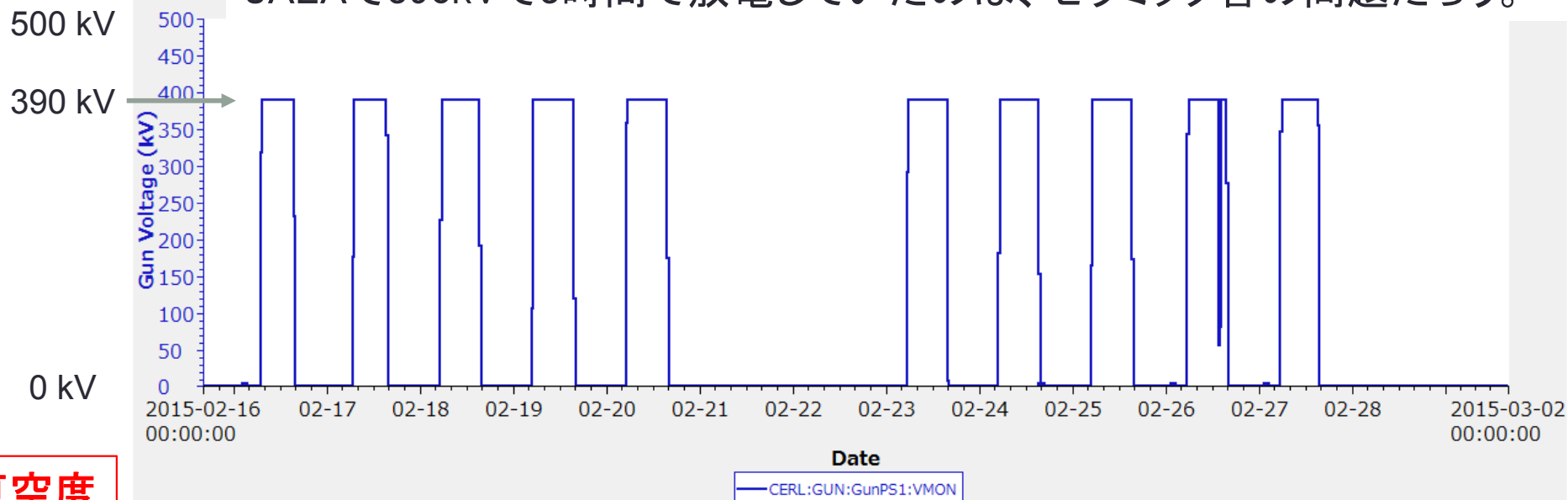


移設後@KEK  
問題解決  
最上下段セラミック短絡、  
8段運転で安定化  
セラミック管が原因！

# 8段セラミックでの安定な390kV電子銃運転

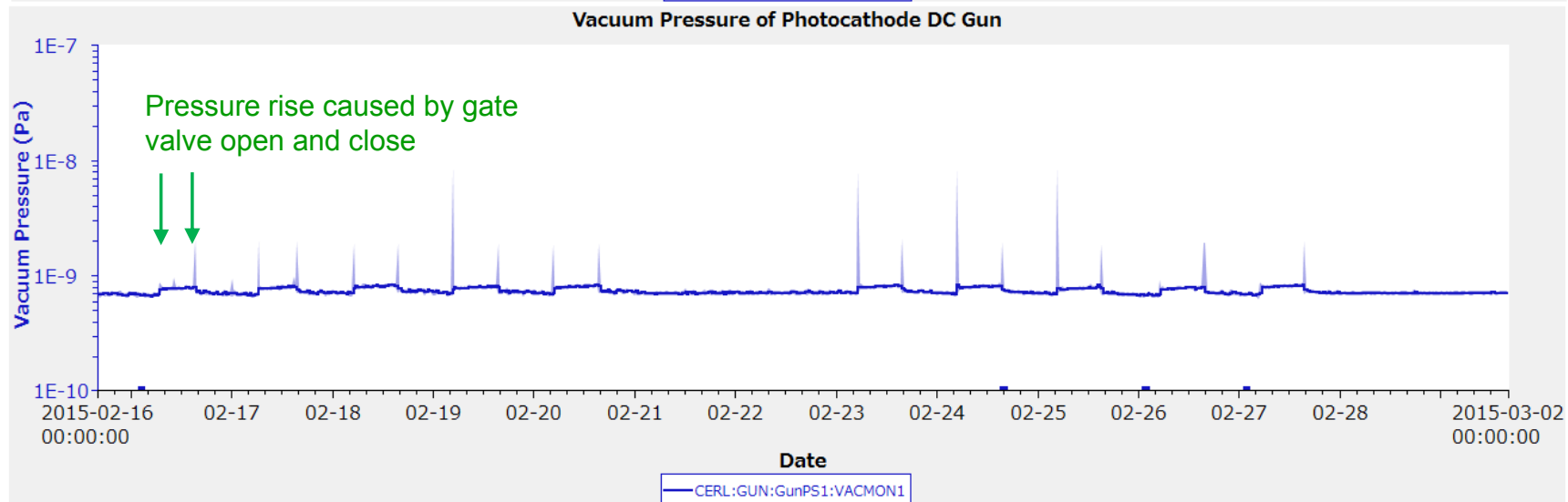
## 電圧

2013年4月から15年6月まで延べ1200時間以上電子銃起因の放電無し。  
JAEAで390kVで3時間で放電していたのは、セラミック管の問題だろう。

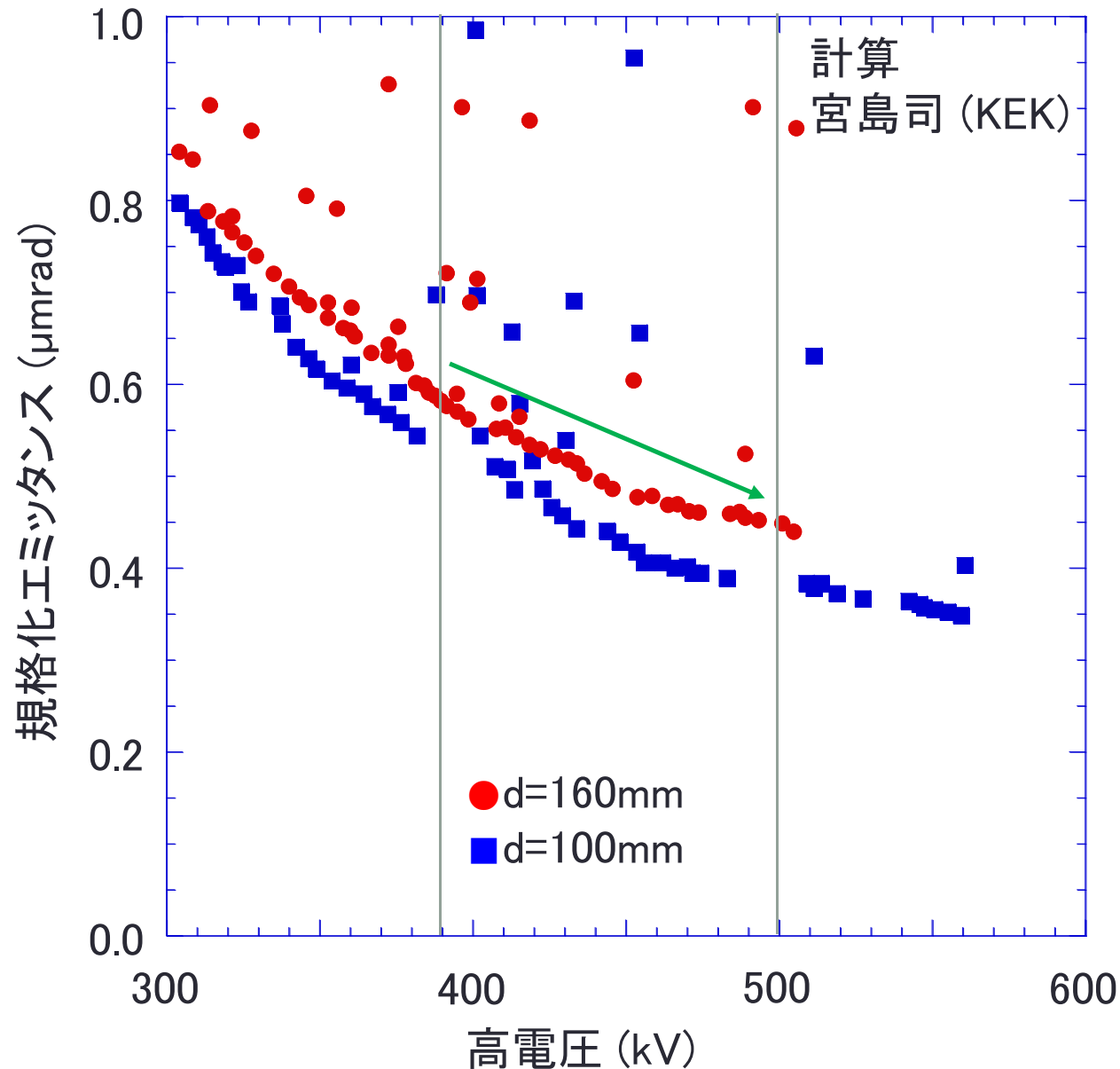


## 真空度

$10^{-7}$  Pa  
 $10^{-8}$  Pa  
 $10^{-10}$  Pa



# 次世代FEL(LCLS-II、EUV-FEL)には高電圧電子銃



8段セラミックで500kVは当面回避

10段に戻す策として

1. 「電子銃セラミック修理案」  
西森 2013年5月9日 cERL建設打ち合わせ  
サンドブラストによる修理案

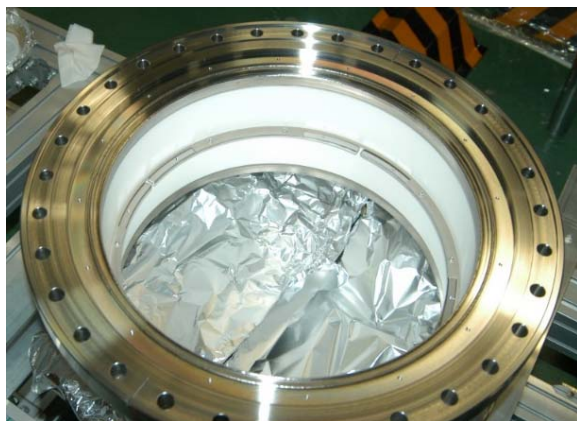
野心的過ぎて承認得られず。

2. 「cERL電子銃セラミックの改造案」  
西森 2013年10月第55回電子源打ち合わせ  
2段セラミック管増設案

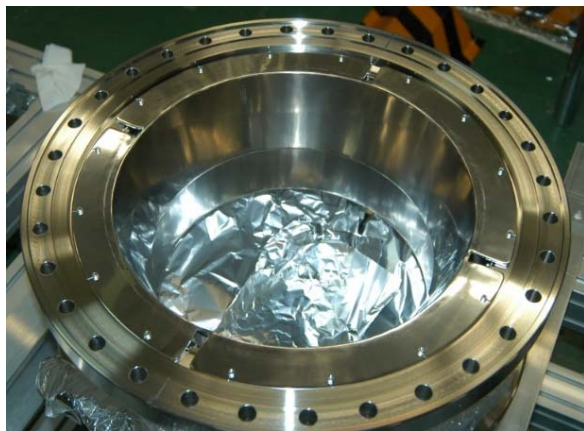
余り注目されなかったが、最良案と考え個人的に予算獲得の努力。  
科研費、JAEA内部競争的資金の獲得に失敗し、壁にぶつかる。

# 増設セラミック管製作@JAEA

- JAEAガンマ線Gの予算投資が決定(2014年度総額?)
- 限られた予算内で関連部品を含め整備(2014年度中に終了)



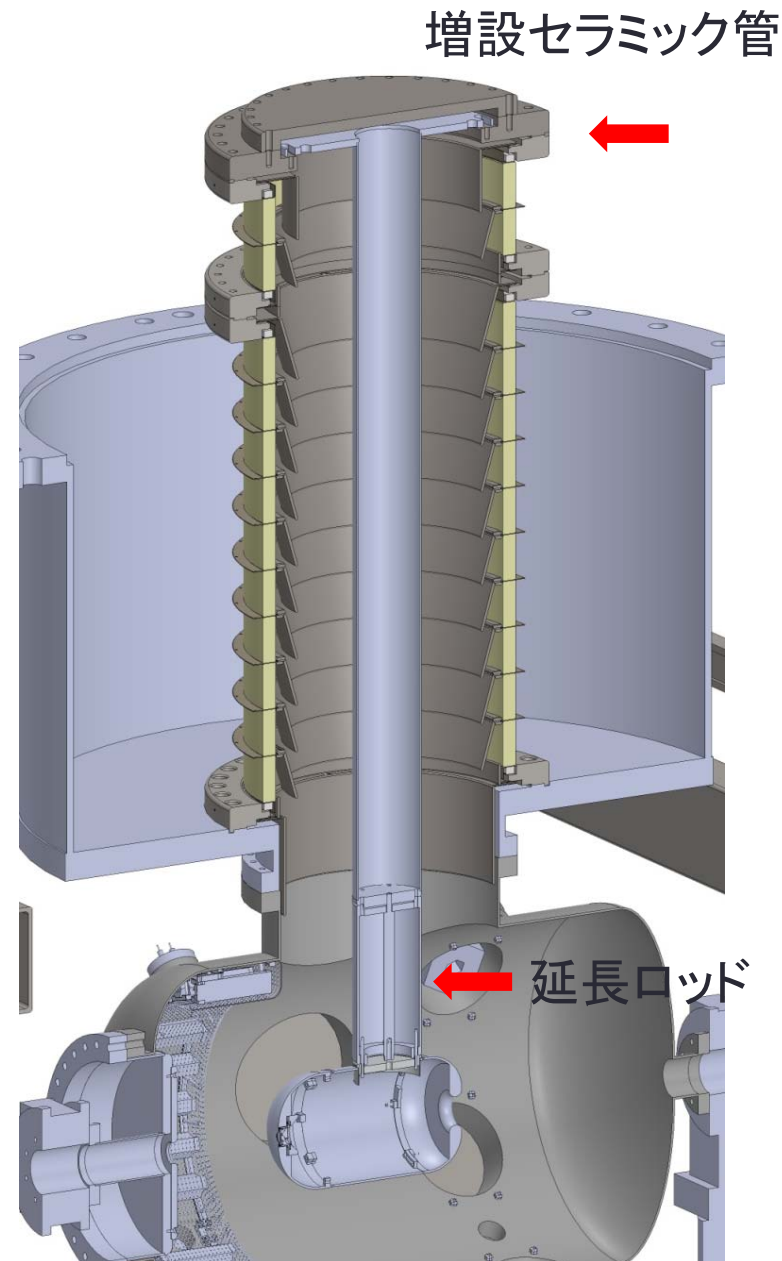
セラミック管ベーキング用断熱材  
(橋本機工)



2段セラミック管(日立パワーデバイス)  
ガードリング、延長ロッド(新光産業)



出力抵抗  
(JAEA工作工場)



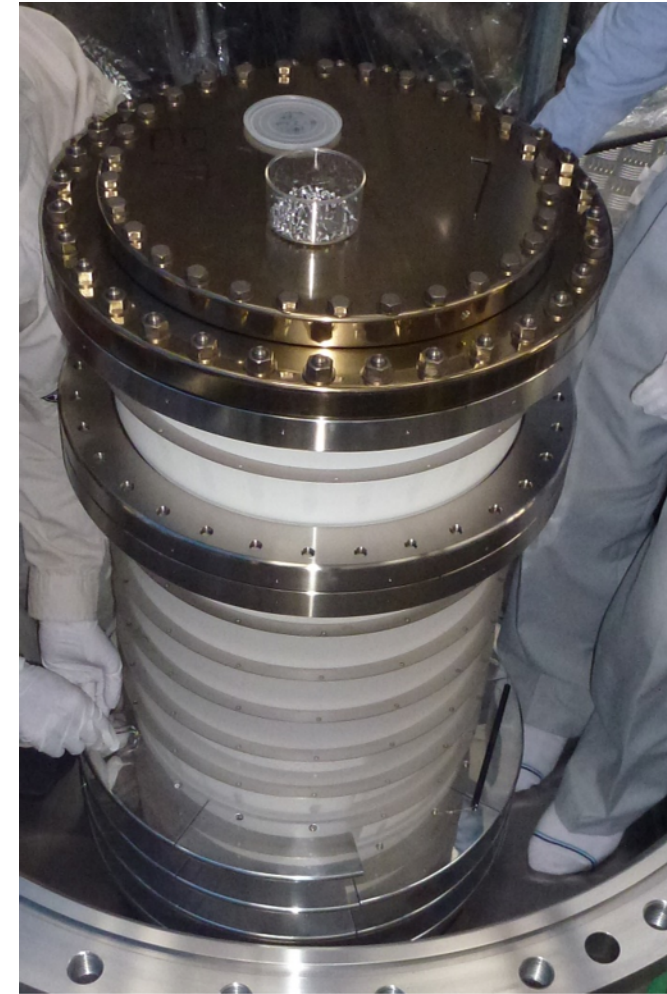
# 増設セラミック管インストールの承認手続き

- 「第一電子銃へのセラミック管増設計画・準備状況」  
西森 2014年12月5日 cERL建設打ち合わせ  
準備状況と具体的なインストール計画を説明、好感触
- 2015年3月までにLCS実験、及び100 $\mu$ A運転成功。cERL運転に一区切り。
- 「2段セラミック管の仮組作業状況」  
西森 2015年5月15日 cERL建設打ち合わせ  
河田ERL推進室長から500kV運転へ向けた増設作業への明確なゴーサイン  
2年半の思いが半分実る。
- 2015年7月から、cERL入射器グループ(特に山本将氏)の全面的な協力を頂き、インストール作業開始。



# セラミック管増設作業 2015年7月1日

カソード電極、サポートロッドを外して、2段セラミック管増設  
2段、10段セラミック管のヘリコフレックスからリーク。増し締めで解決。



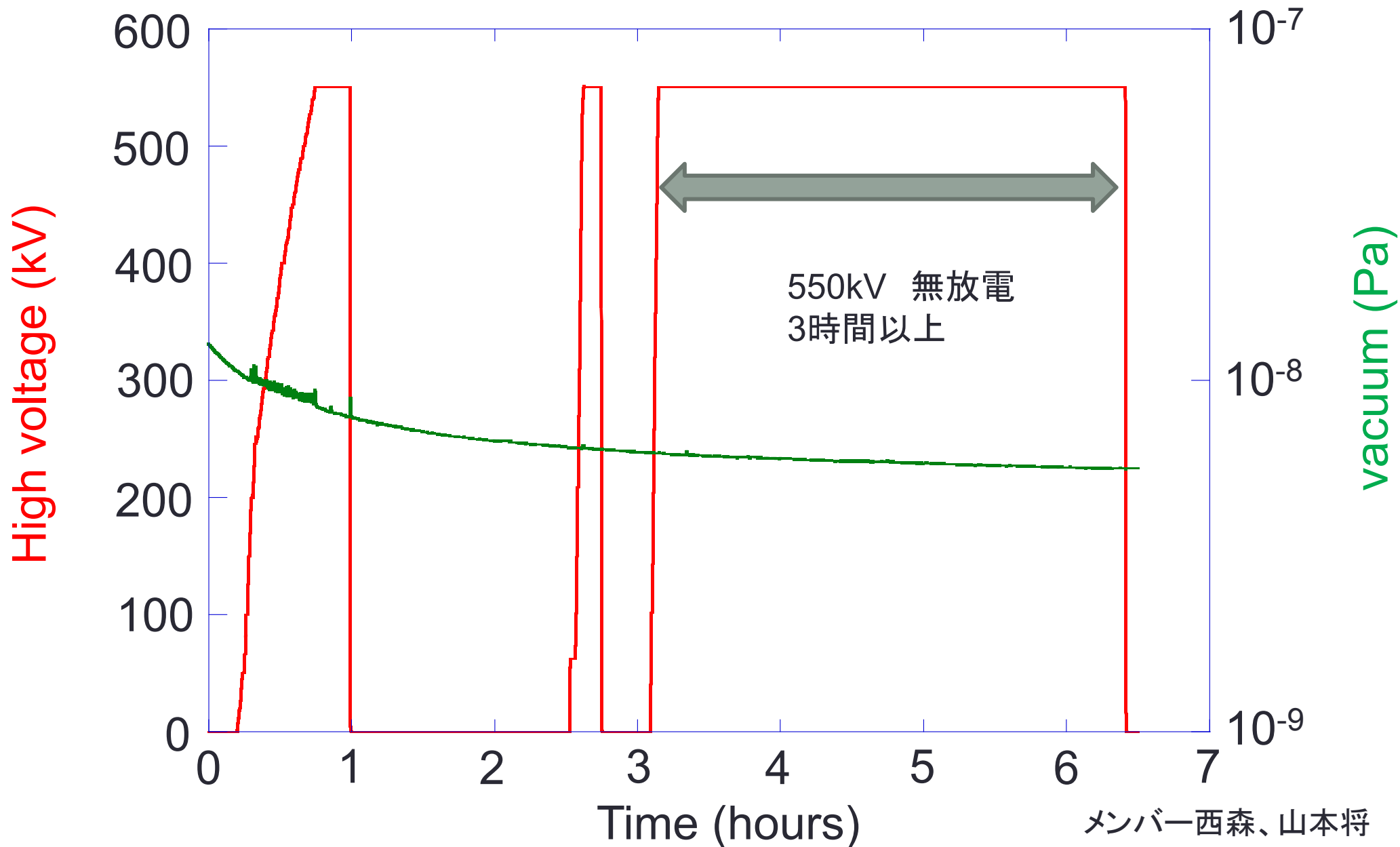
作業メンバー西森、山本将、内山、飯島、浅川、沼田



# 8+2段セラミック管単独高電圧試験

2015年7月15日

無放電で550kVまで昇圧。2009年の10段セラミック管の試験よりはるかに高性能



# 高電圧コンディショニング ('15 11/26~12/20)

1. 延べ150時間程度のコンディショニング
2. 電圧印加はNAT浅川氏、沼田氏が中心(9:00-17:00)。  
山本将、宮島、内山 各氏が交代でサポート。  
西森は電話などでインターロック条件などを指定。
3. 暗電流発生無しに548kV印加に成功 (浅川氏、沼田氏)。
4. 12/14-12/20は西森も加わり、21:00までコンディショニング。土日も実施。
5. 500kVで4時間以上の無放電に成功。セラミック管電圧490kVに相当。
6. 4月以降にコンディショニングを再開し、更なる昇圧を目指す予定。
7. 12/21に保護抵抗を交換。100M $\Omega$ →66.6k $\Omega$ 。1mAビーム試験用。
8. 保護抵抗が小さいので、ビーム生成試験時の電圧は要検討。450kV位か。

# まとめ

1. 500kVの長時間安定印加とビーム生成が2012年10月以来の目標。
2. 2段セラミック管の増設を提案、羽島氏の力添えもありその準備を14年度までに終了。
3. cERL電子銃へのインストールが15年5月に許可され、目標達成へ大きく前進。
4. cERL入射器グループのバックアップを得て15年7月に増設セラミック管をインストールし、550kV高電圧印加試験に成功。
5. サポートロッドと電極を15年9月インストールし高電圧印加試験で180kVで放電。延長ロッドとの継ぎ目が原因。
6. 緊急に新サポートロッドを製作し15年11月にインストール。
7. 15年11月末からの高電圧印加試験で548kVを達成し、500kV(セラミック管490kV)で4時間以上無放電。
8. 電子銃としての最高性能を知るため更なるコンディショニングを16年度中に希望。今回は明らかに時間不足。
9. 出力抵抗を1mA用の66.6k $\Omega$ に交換済。本来なら100M $\Omega$ で高電圧ビーム生成試験を行いたい所。3月の高電圧運転をどう設定するか、要相談。490kVは避けたい。

目標達成はまだ先ですが、多くの方々の御力添えにより大きく前進することができました。深く感謝いたします。