

ITER HNB真空高電圧機器の耐電圧性能への局所高電界の影響 Effect of Locally Strong Electric Field on Voltage Holding Capability in vacuum for High-voltage Equipment of ITER HNB

錦織良¹、小島有志¹、柏木美恵子¹、渡邊和弘¹、梅田尚孝¹、戸張博之¹、吉田雅史¹、
市川雅浩¹、平塚淳一¹、ニコラピラン²、山納康³、大倉徹也³、NB加熱開発グループ¹

Ryo NISHIKIORI¹, Atsushi KOJIMA¹, Mieko KASHIWAGI¹,
Nicola PILAN², Yasushi YAMANO³, et al.

¹ 量研機構、² RFX研究所、³ 埼玉大学
¹ QST, ² CONSORZIO RFX, ³ Saitama Univ.

国際熱核融合実験炉（ITER）の加熱用中性粒子入射装置（HNB）で 1 MeV の高エネルギービームを安定供給するためには、日本が調達を担当する高電圧ブッシング（HVB）や負イオン加速器のような大面積真空高電圧機器の耐電圧が重大な課題となっている。

量研機構では、このような高電圧機器の耐電圧を物理理解に基づいて設計するために、真空放電の物理過程の研究を実施している。この真空放電は、電界により放出される電子が電極表面に付着している酸化物の塊（クランプ）に衝突し、それが対向する電極に向かって放出されることで発生すると考えている。そのため、電子が電極全体に一樣に放出される一樣電界分布においては、面積の増加に伴って耐電圧が劣化する、面積効果を基にした耐電圧予測手法を開発してきた。

しかし、実際の HVB や負イオン加速器の電極の曲率部には、一樣電界よりも 2~3 倍高い、局所的な高電界分布が発生しており、これまでの試験ではこの曲率部においても絶縁破壊が発生し、面積

効果だけでは耐電圧を予測する事ができなかった。

そこで今回、図 1 に示す様に、HVB や加速器の曲率部を模擬した電極を用いて、局所高電界分布が耐電圧に与える影響を調べた。

試験では、円筒型電極の局所高電界分布を決める曲率部の曲率半径 r や、局所高電界分布の面積を決める円筒部の半径 R が異なる電極を用いて、局所電界分布の異なる電極の耐電圧を測定した。

r は 5~20 mm、 R は 65~850 mm、電極間のギャップは 15 mm とし、電圧は 10 秒間で 1 kV の速度で絶縁破壊が起きるまで上昇させた。絶縁破壊を繰り返して、印加電圧が飽和するまで十分に電極のコンディショニングを行い、絶縁破壊電圧の確率分布を取得して、線形補間した確率が 0% となる電圧を耐電圧 V とした。また、 V に対する電極の局所高電界分布の最大値を E とした。

その結果、クランプが対向電極に衝突する際のエネルギーに対応する $E \times V$ と、円筒半径 R の間に図 2 のように $EV = \sim 3 \times 10^3 \times e^{-0.001R}$ の関係が得られた。この経験則を真空高電圧機器の設計に反映することで、局所高電界分布の影響を含めた耐電圧を予測し、耐電圧性能の改善を図ることができる。

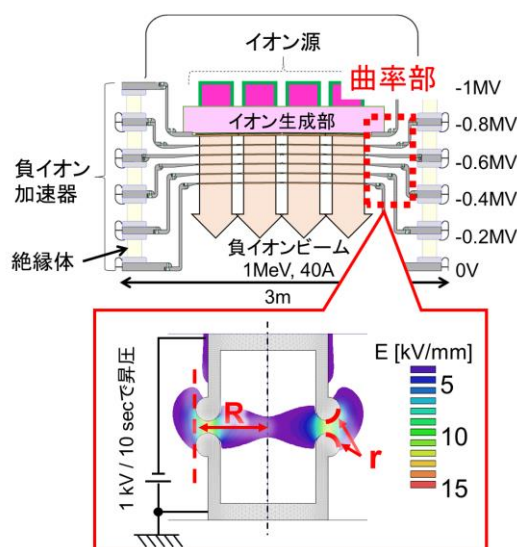


図 1 ITER 用負イオン加速器と模擬電極

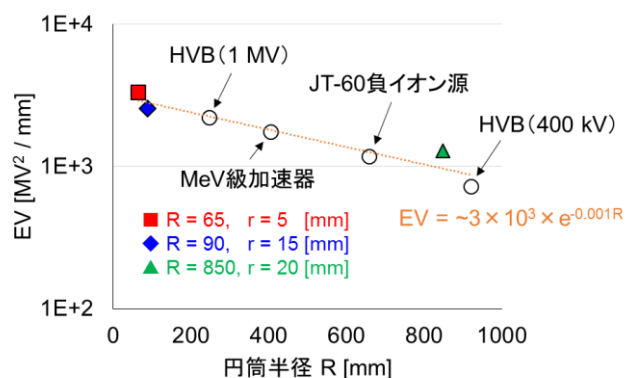


図 2 局所電界の最大値 $E \times$ 耐電圧 V と円筒半径 R の関係