

# 超伝導空洞の国内外の進展について

氏名 阪井寛志

所属 高エネルギー加速器研究機構(KEK) 加速器研究施設

1965年に超伝導空洞の開発がSLACでスタートし、現在では、世界的に超伝導空洞を用いた加速器の数は飛躍的に伸びている。超伝導空洞材料としてはNbが用いられているが、特に、ここ10数年での超伝導空洞の表面処理、製作技術の向上もあり、それらの成功の下で、空洞の量産が進み、超伝導空洞による大電流、高輝度ビームの生成実現を可能としている。本研究会の題目である「高繰り返し極短パルス光源の未来」の実現に向けては、特にこの超伝導空洞の世界的な発展の寄与が大きく、従来の常伝導空洞では不可能な連続(CW)、高繰り返し(kHz~MHz)のX線レーザー生成を可能とし、具体的には米国のLCLS-IIの建設に見られるようにいよいよその高繰り返しfsレベルの短パルスレーザーの実現が現実となっている。

本講演の前半では、その超伝導空洞の基本的な性能とそれを用いるとなぜ高繰り返しが可能かを述べるとともに、国内外の超伝導空洞の加速器としての世界的な進展を述べる。

近年、超伝導空洞における表面処理工程に窒素を用いることで加速勾配を上げるとともに、さらにQ値の性能も上がることがわかってきた。ひとつは「窒素インフュージョン」と呼ばれる処理である。真空炉の熱処理中に120度で48時間窒素雰囲気(3Pa程度)を維持することで、加速勾配を35MV/m以上に押し上げながら、さらにQ値も2倍程度になる性能が出ることが確認されている。そのため、その応用として、加速勾配が必要な国際リニアコライダ計画にこの「窒素インフュージョン」技術を用いることが期待されている。もうひとつは「窒素ドープ」と呼ばれる処理であり、真空炉の800度の熱処理中に数分だけ窒素雰囲気(3Pa程度)に維持し、その後、5 $\mu$ m程度の電解研磨を行うことで15~20MV/mの中程度の加速勾配にてQ値が数倍以上に安定に維持することが可能であることがわかってきた。前述した米国で建設中のCW型のX線自由電子レーザーであるLCLS-II計画にこの処理が用いられ、冷凍機負荷の格段な軽減が期待されている。上記2つの処理は2013年以降にFNAL(米)にて発見された処理であり、そのインパクトから、超伝導空洞の性能向上に向けた研究開発、およびその背景にある物理などが精力的に全世界で研究されている。

本講演の後半では、この窒素処理を用いた超伝導空洞について紹介するとともに、現在 KEK で進めている窒素処理を用いた超伝導空洞開発の現状について、述べる。さらに、高加速勾配、高 Q 値の空洞開発に向けた、Nb 材料以外の新たな材料による開発の今後の展望などについても、講演する予定である。