

はじめに ; ビッグサイエンスの真空装置

Introductory talk; Vacuum system of big-science machine

東大宇宙線研 齊藤 芳男

ICRR, Univ. Tokyo, Yoshio Saito

E-mail: syoshio@icrr.u-tokyo.ac.jp

巨大な真空装置を構築あるいは利用して実験を行ういわゆるビッグサイエンスの代表として、宇宙機器、核融合装置、高エネルギー加速器、さらに重力波観測用干渉計などが挙げられる。これらはいずれも単に高真空・超高真空の環境を実現するだけでなく、高電界、高エネルギー粒子、高温/極低温、空間分子密度揺らぎなど多くの外的要因に対して長期間にわたり安定な運転を行える装置であることが要求される。真空をその性質や環境で捉えようとする場合、例えば各種デバイス製造などの際に必要な「Clean Vacuum」、高電界などの存在する環境である「Hot Vacuum」、分子密度のゆらぎを極限まで制御したい「Quiet Vacuum」の簡単な言葉で表現できそうである。

まず、宇宙機器においては、原子状酸素や放射線、高温・低温などの過酷な宇宙環境に耐える真空材料が不可欠である。国内では JAXA を中心にシリコン系コーティング技術や低アウトガス性を有する先端材料の開発や、宇宙の「Hot Vacuum」環境で発生する放電現象の発生と進展過程に関する研究などが進められている。

また、加速器の真空システムでは、ビームの高性能化にともない、ビームとダクト内面との直接的間接的な相互作用の解明と抑止法の開発、および加速電場のさらなる高電界化など、やはり「Hot Vacuum」下での安定運転の要求に応えなければならない。代表的な例として、国内の大型大強度加速器 SuperKEKB や J-PARC では、ビームダクト内面に二次電子放出係数の低い TiN コーティングを施すことで、陽電子や陽子ビームに悪影響を及ぼす電子雲を抑制することに成功している。欧州原子核研究機構 (CERN) の陽子衝突型加速器 LHC でも同様の目的で非蒸発型ゲッター (NEG) コーティングが開発され、この技術はビームダクトを真空ポンプとしても機能させることから、近年の高輝度放射光源リングを中心に応用が進んでいる。現在国内で構想されている SPring-8-II, SLiF-J, KEK-LS などの超低エミッタンスビームの次世代放射光源では、ビームダクトの狭小化による真空材料とビームとの相互作用の増大に対応すべき低光刺激脱離特性や低インピーダンス特性をもつ真空材料の開発が不可欠となる。

重力波観測用干渉計ではレーザー光路上の残留気体分子による散乱を低減しなければならないが、必要な感度を得るためには空間分子密度のゆらぎを低減した「Quiet Vacuum」が要求される。ゆらぎは原理的には空間分子密度そのものに依存し超高真空領域の実現が求められるが、真空装置としては体積、内面積とも我が国で最大となる干渉計である KAGRA の建設が現在進められている。