第59回 AVS シンポジウム報告

末 次 祐 介*¹

Report on AVS 59th Symposium

Yusuke SUETSUGU*¹

*¹High Energy Accelerator Research Organization (KEK), 1-1 Oho, Tsukuba-shi, Ibaraki 305-0801, Japan

(Received December 21, 2012, Accepted January 9, 2013)

1. はじめに

アメリカはフロリダ州、タンパ (Tampa). 2012年の59th AVS symposium は、10月28日から11月2日にかけて、南国味あふれるこの地で開催された。会場は Tampa Convention Center. 海岸近くにある大きな会議場であった (図1)。相変わらず参加者の多い盛大な国際会議で、口頭発表数は1300以上 (招待講演250以上)、ポスター発表を含めると1500以上の発表があった。含まれる内容も多岐に渡り、セッション数は140に上った。毎日15セッション程度が、会議場に並んでいる小部屋で同時に開かれていた。その他、多くの特別イベントがプログラムに組まれていた。

私は、諸都合により、29日から2日間のみ、VT (Vacuum Technology) セッションに参加した。このセッションでは、口頭発表が33件 (招待講演7件、表面のセッションとのジョイント8件を含む)、ポスター発表が17件あり、比較的大きなセッションであった。ただ、その内容が多岐にわたっていることから、くくりが大きいことも確かであろう。口頭発表時は、多い時には60人程度が集まっていた。今回は、大型真空装置 (加速器やスペースチェンバー) に関する講演が比較的多かった。ここでは、少々範囲が狭いが、私の仕事に関連する加速器に関するものを中心に、何件か口頭発

表内容を紹介する。なお、本シンポジウムの WEB ページは <http://www2.avs.org/symposium/AVS59/pages/greetings.html>

である。

2. VT セッション

近年の高性能電子加速器では、電子の源となる電子銃の性能がその加速器の性能を大きく左右する。高電流、超低エミッタンスの電子銃が求められる。最近では、運動量とエネルギーのそろった電子を生成できるレーザー励起光陰極が多く開発されているが、残留ガスで生成されるイオンによる損傷を防ぐため、電子銃室には超高真空、極高真空が求められる。Stutzman らは、クライオポンプ、NEG ポンプを組み合わせた装置を紹介していた。Siviero らは、ベーキング中の水の排気が到達圧力に大きな影響を及ぼすことから、ベーキング中に NEG (Non Evaporable Getter) ポンプを使用することを提唱していた。

極高真空を生成すると同時に、その真空度を正確に測定することも必要になる。彼らは、市販されている3種類の真空計を用いて比較検討していたが、真空計によって数倍指示値が異なっていた。通常超高真空を測定するには、熱陰極真空計が用いられている。しかし、極高真空を測定する際の問題は、イオン・電子衝撃によるガス放出や、X線の影響である。市販されている超高真空用真空計では電場や磁場を用いてそれらの影響を極力排除する工夫が凝らされている。それに対して、Mulhollan らは、超高真空での残留ガスが水素であることから、チタニア (Titanium, TiO_2) 表面の水素吸着量で圧力を測定する方法を提案していた。水素の吸着でチタニア表面の導電率が変化することを利用するもので、熱陰極真空計での上記問題が生じない。ただ、超高真空・極高真空では表面が平衡状態になるまで長い時間がかかり、真空計として感度が問題となる。彼らは、表面にレーザー (あるいはLED光) を照射して感度を上げる工夫を提案していた。メタンや一酸化炭素の影響など未だ理解すべき点も多いが、斬新な発想で今後の発展が期待される。

加速器には多くの電磁的なノイズ (真空システムにとっては、であるが) を発生する機器が組み込まれるため、ビームパイプ内の圧力を測定する真空計にも影響を与える。大型の加速器では、測定素子とその制御機器間のケーブルも長いいため、ケーブル自体の特性変化も圧力の読み値に誤差をもたら

図1 椰子の木に囲まれた Tampa Convention Center.

*¹ 高エネルギー加速器研究機構 (〒305-0801 茨城県つくば市大穂 1-1)

す。Smart らの発表は、ビーム軌道補正用マグネットの磁場変化がコンベクトロンゲージの読み値を狂わせ、異常に高い圧力を示す例を挙げていた。フィラメントの温度を一定に保つ回路に影響を与えるとのことだった。また、ケーブルへの日光の影響にも触れていた。我々の加速器でも、加速器運転中に四重極質量分析器のバックグラウンドが高くなり測定できないなどの経験があり、身近な話題であった。電磁的なものの以外にも、ビームパイプ内の電子、イオン、光子の影響で真空計の読みが実際の圧力とは異なったり、装置から発生する X 線でケーブルが損傷を受けたりするので注意が必要である。

加速器のビームパイプ内には、高エネルギーの荷電粒子が存在する。そのため、ビームパイプのガス放出として、真空装置で一般的に問題となる熱的ガス放出や外部からのリーク、材料からの拡散の他に、ビームパイプ内で生成されるイオンや電子、光子が壁に衝突した際に放出するガスも考慮する必要がある、通常後者の方が支配的となる。Marishev の発表は、加速器ビームパイプ内のこれらのガス放出についての系統的なレビューであった。ビームパイプ内の圧力を評価する際には、各プロセスによるガス放出率がまずは必要であるが、問題を複雑にするのは、ガス放出率がイオンや電子、光のエネルギーに依存すること、ビームパイプの表面状態にも大きく依存することである。さらに、それらの照射量によってもガス放出率が刻々と変化する（エージングともいう）ことである。放射光はビームパイプに沿って一様に照射されるわけではないので、ビームパイプ内では空間的にも一様にはならない。それでも、これまでの加速器での実績から、ガス放出率のおおよそそのエネルギー依存性、エージング曲線も得られており、彼が手がけた DIAMOND（英国オックスフォードにあるシンクロトロン放射光施設）との測定結果とは良い一致が得られていた。様々なシミュレーション手法も紹介されていたが、なかなか汎用的に使用できるものはないようだ。加速器の真空にたずさわっていて、宇宙空間に加速器ができれば楽なのに、と常々思っていたが、彼に依れば、ビームパイプからのガス放出があるため、結局は真空ポンプが必要との事だった。言われてみれば、なるほど、である。最後に彼が紹介した、Mathewson の名言、“Vacuum is not exact science” はなかなか意味深いものであった。

私は、上記ビームパイプ内の電子が陽子・陽電子加速器で問題となる、電子雲不安定性について発表した。現在高エネルギー加速器研究機構（KEK）で建設されている Super-KEKB 加速器の陽電子リングで採用される対策手法を紹介した。

加速器の真空システムの話題としては、他に、最近ビーム運転が始まった Cornell 大学で進んでいる ERL プロジェクトの線形加速器部（Li ら）、台湾で建設中の TPS の入射部（Chan ら）、同じく TPS の長尺ビームパイプの製作（Chen ら）があった。TPS は来年早々にも建物が完成するとのことだった。

もちろん、大型加速器の話題以外の、真空ポンプ（ターボポンプ、スクロールポンプ、クライオポンプ）や真空計（ダイアフラムゲージ、スピニングロータゲージ）、その他コン

図2 とある企業展示ブース。

ポーネントについての発表が多かった。機能向上を図った工夫や、外部環境（磁場等）の影響解析、長期・短期の安定性、3次元シミュレーション手法を用いたポンプ内の気体分子の振る舞い解析など、興味深かった。高橋、吉田らは、ステンレスの焼結材を用いた標準リークについて発表していた。焼結材中に形成された細い通路を利用したもので、結構高い一次圧力でも分子流領域になることから、圧力に依らないコンダクタンスが得られる。ユーザがリーク量、ガス種を決められることが特徴のようだ。意図したリーク量を持つ焼結材を作成するのが現段階では難しいようだが今後の改良が待たれる。

3. おわりに

久しぶりの参加であったので私には目新しく感じたが、参加登録（Registration）は自分で PC 端末から行い、その後指定された受付デスクに行くと自分の資料、名札、鞆が既に用意されている（プリントされている）といった合理化されたシステムであった。重いプロシーディングスも渡される訳ではなく、近くの机に積んであり、必要な人が持っていくというものであった。モバイル端末の使用が広まったための近代化なのだろう。ただ、建物も比較的新しそうであったが、会場で Wi-Fi が使えないのは不便であった。もっとも、講演中の PC 使用が必ずしも良いとは限らないが。

AVS symposium のもう一つの楽しみは、多くの企業の展示を見て回ることである。今回も約150社以上の企業がブースを出展しており、連日盛況のようであった。ランチはチケットでとることができたが、ランチ会場が企業展示ブースの傍にあり、それも人集めに功を奏していたようだ。フランチを製作するメーカーからスパッタリング装置をシステムとして販売する業者まで広範囲の企業が出展していて、なかなか興味深かった。日本の展示会とは違い、ゲームコーナーや、マッサージスペース、似顔絵コーナーもあり、楽しい雰囲気を盛り上げていた（図2）。

今回は2日間という短い期間であったが、セッションでは質疑応答も活発で多くの知見が得られた。少々大きすぎる会議でもあるが、若い研究者が参加するには大変良い場だと思う。