

賛助会員のページ

(株)トヤマ 加速器事業の紹介

佐治 晃弘*

1. はじめに

株式会社トヤマは最先端の研究開発装置を製造する真空装置メーカーである。創業以来、研究者や科学者の良きパートナーとして、その時代、その時代の先端技術や斬新な製品のアイデアを具現化することに協力してきた。創業当初はミランダカメラ部品を始めとする受託加工を中心に行っていたが、1956年に(株)東芝総合研究所より真空装置の製作を依頼され協力して以降、真空チャンバーなどの真空機器の製作を手掛けるようになり、設計・製作に関するノウハウを蓄積するに至った。真空技術は粒子加速器、半導体関連、表面分析、原子力などの広範囲な先端技術の領域に使用されており、このように分野の研究開発装置の製造に当社は協力してきた。加速器や放射光関連製品の製造については、1967年に東京大学原子核研究所のシンクロトロン放射光実験用施設開発・建設に際し、四極電磁石、偏向電磁石、キッカー電磁石、真空チャンバーなどの設計・製造を担当したことが始まりであった。その後多くの製作機会に恵まれて、現在では放射光施設向けの加速器製品や放射光関連機器（フロントエンドからエンドステーションまでのコンポーネント）が当社の主力製品である。

2015年の本社工場（図1）移転に伴い、精密機器の製造設備を増強した。本投稿では、加速器分野においてこれまで製作してきた製品の紹介および事業展望について紹介する。

2. 製品紹介

当社の加速器事業は、上記で述べた1967年の



図1 株式会社トヤマ本社・工場（神奈川県足柄上郡）。

加速器製品の製作以降、高エネルギー加速器研究機構（KEK）の陽子加速器、フォトンファクトリー、トリスタン、電子陽電子入射器、Super-KEKB、日本大学の電子線利用研究施設（LEBRA）、大型放射光施設（SPring-8）、X線自由電子レーザー施設（SACLA）、大強度陽子加速器施設（J-PARC）などに代表される国内の粒子加速器施設の建設に協力してきた。加速器関連製品に関して、粒子源から粒子線形加速部、電磁石、粒子モニター、ビーム輸送路の真空ダクトと下流部から上流部まで幅広い製品の設計・製作に携っており、以下に当社の加速器関連製品を紹介する。

2.1 粒子源

これまで電子や陽子源である電子銃や負水素イオン源の製作を担当し、KEK、J-PARC、SPring-8などに納入してきた。最近では100 keV や50 keV の熱電子銃を製作している。図2, 3に当社が製作した負水素イオン源と50 keV の熱カソード電子銃を示す。また、名古屋大学や大阪電気通信大学の研

* 株式会社トヤマ 加速器タスクフォース Manager 〒258-0112 神奈川県足柄上郡山北町岸3816-1

(Akihiro Saji E-mail: saji@toyama-jp.com)

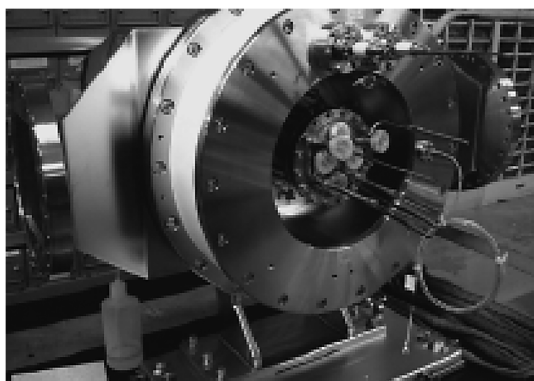


図2 負水素イオン源.

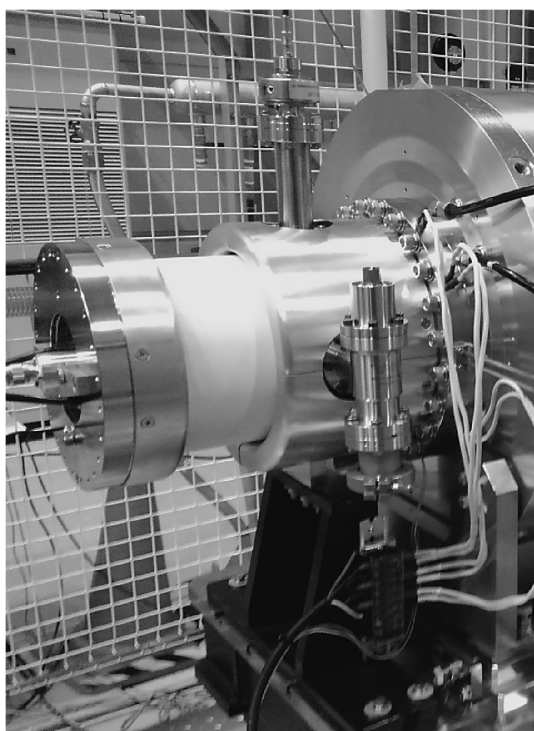


図3 50 keV カソード電子銃.

究者と共に、スピン偏極電子源の開発にも協力してきた。最近では、電子源と RF 加速空洞の両方の機能を備えた RF 電子銃の製作にも力を入れている。

2.2 粒子線形加速部

高周波電場によってイオンや電子を加速する加速管の製作は、現在当社が最も力を入れている分野の一つであり、その取組みは、国内の研究機関へ加速管を安定した品質と価格で供給することを目的として始まっている。イオン加速管については、2012 年に J-PARC 向けに負水素イオンを加速する高周波四重極線形加速器 (RFQ, 図4) を製

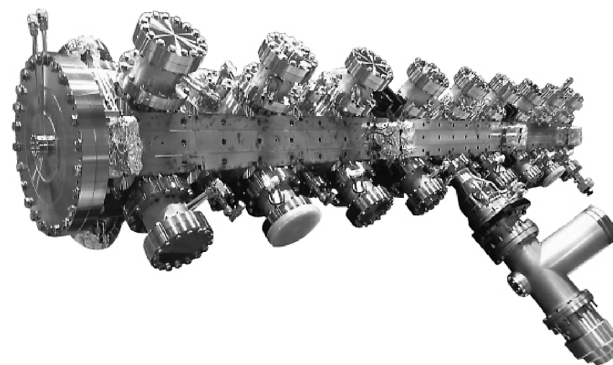


図4 高周波四重極線形加速器.

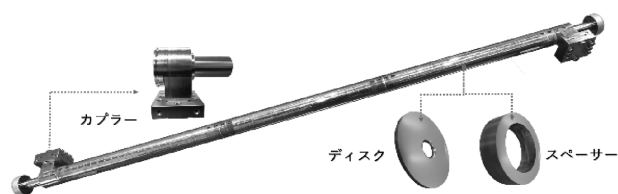


図5 C-band 加速管.

作した実績がある。電子加速管については、2011 年より共同研究先の KEK から超精密加工技術、洗浄技術、RF 測定技術、拡散接合技術等に関する指導を受け、2014 年に自社向けながら初めて C バンド加速管を製作した (図5)。その後、2015 年の本社移転に伴い、超精密非球面加工機 (旋盤)、真空炉、3 次元形状測定器、非接触表面形状測定器等の設備を導入したことにより、加速管の内作が可能となった。最近では自社の超精密加工により S バンド及び C バンド加速管をサブミクロンの精度で加工した実績がある。クライストロンから供給される高周波電力を加速管へ伝送する導波管の製作実績もある。現在、C バンドバンチャー加速管を製作中である。

2.3 加速器用電磁石

粒子加速器用の電磁石の製作は、当社の得意分野のひとつである。鉄心の高精度加工技術を用いて磁場特性の良好な二極電磁石、四極電磁石、六極電磁石、ステアリング電磁石などを製作し納入してきた。図6 と図7 に当社が製作した 30° 偏向電磁石、トリプレット四極電磁石を示す。近年ではパルス電磁石であるセプタム電磁石を J-PARC、九州シンクロトロン光研究センター、KEK の電子陽電子入射器向けに設計・製作し納入した。図8 に J-PARC に納めたセプタム電磁石を示す。パルス型や直流型電磁石共に製作実績がある。

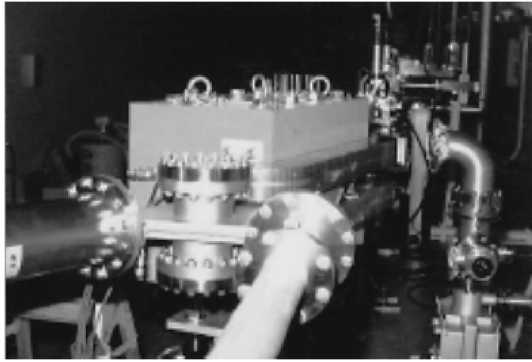


図6 30°偏向電磁石.



図7 トリプレット四極電磁石.

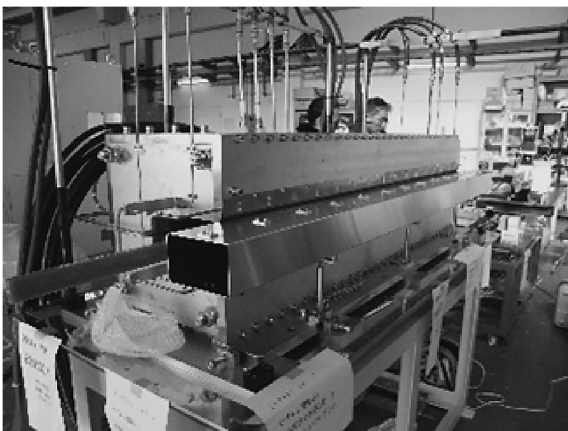


図8 セプタム電磁石.

2.4 加速器用ビームモニター

粒子ビームモニターは、粒子の形状、位置、電流を測定するための装置である。当社は、陽子加速器、電子加速器で用いられるビームポジションモニター（BPM）、ビームプロファイルモニター、ビーム電流モニター、エミッタンス測定装置などを製作し納入してきた。BPMに関しては、空洞型、電極型の両方のBPMの製作実績がある。図9に空洞型とストリップライン型BPMを示す。ストリップライン型BPMでは、電極が4電極や



図9 空洞型BPM(左)とストリップライン型BPM(右).

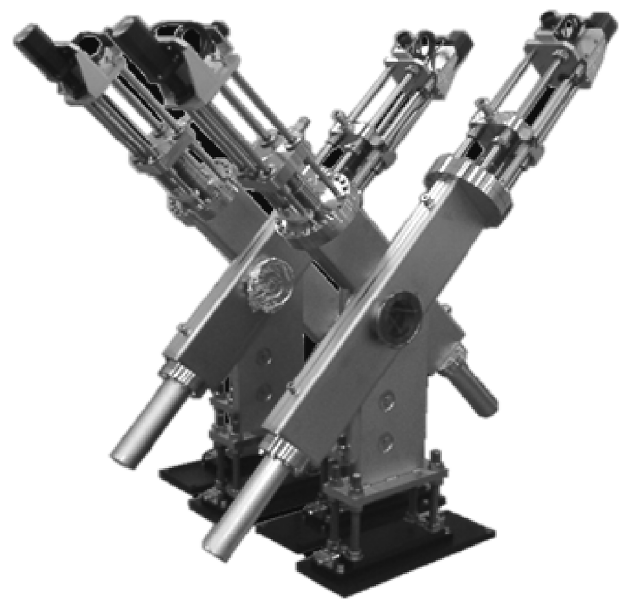


図10 ワイヤースキャナーモニター.

6電極、16電極等のものを製作した実績がある。図10は、荷電粒子のエミッタンスを測定するためのワイヤースキャナーモニターを示している。モニターの駆動機構を含め設計・製作を行っている。

2.5 その他の加速器用コンポーネント

その他の加速器用コンポーネントとして、輸送部の真空ビームダクト、ビームハローや暗電流を取り除くためのスリット機構など、様々なコンポーネントの製作をしている。

KEKの蓄積リングの主リングで使用されている一部のビームパイプは、蓄積ビームの不安定性を低減するためにアンテチェンバー型の構造が採用されており、当社は、主リング内のアーク部、直線部などで使用する櫛歯型RFシールドを内蔵

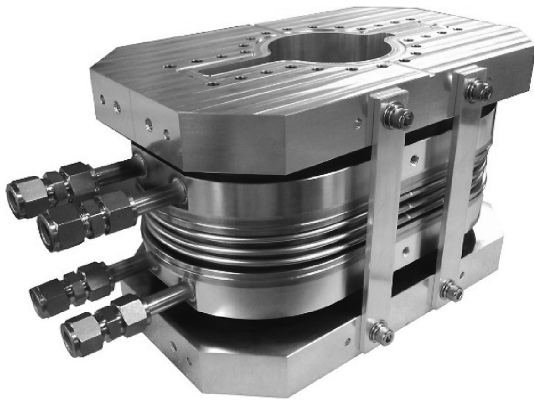


図11 アルミニウム製ベローズチェンバー.

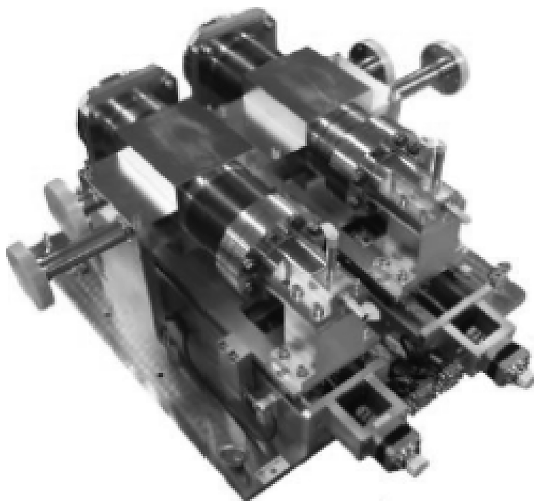


図12 シケイン部エネルギースリット.

したアンテチェンバー型のベローズチェンバー(図11)やビームダクトの設計・製作を担当した。写真はアルミ製であるが、放射光強度が強い場所で使用する銅製のベローズチェンバーも製作した。

その他、アンジュレーター用の真空ダクトや入射部のシケインで使用するエネルギースリット(図12)、陽電子発生部で用いるフラックスコンセンレーターなど様々な加速器コンポーネントの設計・製作をしている。

3. 事業展望

当社は、加速器の粒子源から粒子輸送路までの種々の製品に関して設計から製作、設置、アライメントまでを一貫して請け負ってきた。このような製品を製作する中で培ってきた技術は、①精密加工技術、②超高真空技術、③システム統合技術、④超精密位置決め技術、⑤精密アライメント技術、⑥設計・解析技術であり、現在の当社の基盤技術でもある。これまで加速器関連事業は主に国内向けであったが、海外の国立研究所や民間企業からの引合いも頂けるようになった。今後も国内外問わず様々な案件に対応することで、技術向上に励み、研究者の良きパートナーとしてモノづくりの面で科学技術の発展に貢献していきたいと考えている。