

## 5-1 大強度高品質ビームを長時間安定に生成する —高周波駆動型負水素イオン源の開発—

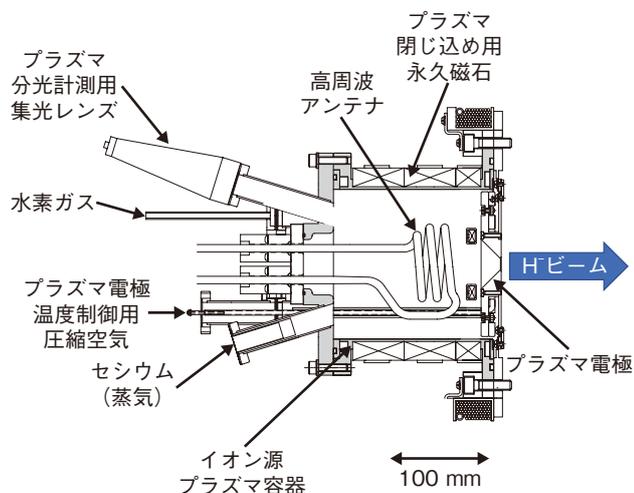


図5-2 J-PARC 高周波駆動型負水素イオン源の構造図

イオン源真空容器内にアンテナを挿入し、高周波を印加することで水素プラズマを生成しています。イオン源真空容器内にセシウム (Cs) を導入し、プラズマ電極 (PE) 表面での負水素イオン生成量の増大化を行っています。

J-PARC では、物質・生命科学実験施設 (MLF) で 1 MW という世界最高レベルの大出力ビームを発生するために、イオン源から繰り返し周波数 25 Hz、パルス幅 0.5 ms、60 mA の H<sup>-</sup> ビーム電流を安定に連続して引き出すことが必要です。

2014 年夏まで、私たちは熱陰極が放出した高速電子でプラズマを生成する熱陰極放電型負水素イオン源を用いて H<sup>-</sup> ビームを生成していました。しかし、このイオン源では、ビーム電流量が最大 17 mA、連続運転時間が最長約 1200 時間でした。そこで、ビーム電流の大強度化、イオン源の長時間運転化を図るために、高周波で加速した電子でプラズマを生成する高周波駆動型 H<sup>-</sup> イオン源 (RF-IS) の開発に着手しました。図5-2 に J-PARC で用いている RF-IS を示します。

RF-IS では、セシウム (Cs) をイオン源プラズマ容器 (PCH) 内に導入し、H<sup>-</sup> ビームを引き出すために -50 kV の高電圧を印加するプラズマ電極 (PE) での表面生成による H<sup>-</sup> 生成量の増大化を行っています。私たちは、この効果の高効率化のために 45° のテーパ付きの構造の PE の開発、Cs 蒸着量最適化のための PE 表面温度制

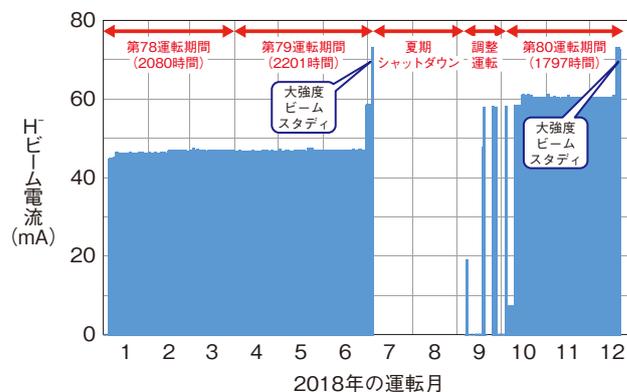


図5-3 2018年のJ-PARC高周波駆動型負水素イオン源より引き出されたH<sup>-</sup>ビーム電流のトレンド

高周波駆動型負水素イオン源より引き出されるH<sup>-</sup>ビーム電流は、ユーザー側の要求に応じて調整しています。連続運転時間は4～7月に約2200時間に達しました。加速器ビーム試験では、72 mAのH<sup>-</sup>ビームを引き出すことに成功しました。

御などの研究開発の結果、2018年に最大72 mAのH<sup>-</sup>ビームをリニアックに入射しました。

一方で、RF-ISには高周波アンテナ破損による寿命の問題がありました。私たちは、ビーム運転中にイオン化したPCH内の不純物（質量の大きい原子）のアンテナ表面への入射によりアンテナが破損すると考えました。そこで、より高真空環境を作るために、ビーム運転前に短時間のプラズマ生成と真空排気を数回繰り返すことで、PCH内壁に付着した不純物を除去（プレコンディショニング）した結果、アンテナ破損率をこれまでの3分の1以下に低下することに成功しました。このプレコンディショニング法確立によりアンテナの長寿命化が図れ、RF-IS実用化に大きく前進しました。

図5-3に2018年のJ-PARCでのRF-ISより引き出されたH<sup>-</sup>ビーム電流を示します。私たちは4月中旬から7月初旬まで約3ヶ月（2201時間）の連続運転に成功しました。また、7月にはMLFに1 MWビーム供給の実証試験が実施され、1時間の連続運転でのビーム供給に成功しました。同年秋よりイオン源から60 mAのH<sup>-</sup>ビームをリニアックに連続供給しています。

### ●参考文献

Shinto, K. et al., Progress of the J-PARC Cesium RF-Driven Negative Hydrogen Ion Source, AIP Conference Proceedings, vol.2052, 2018, p.050002-1-050002-7.