

## 05 量子機器 Quantum Equipment

当社の量子機器事業は加速器、マグネット、極低温技術といったコアコンピタンスを基盤として医療、産業機械、学術研究などの分野においてさまざまな製品を提供している。

放射性核種アスタチン-211の大量生産が求められるアルファ線核医学治療においては、アスタチン-211の製造能力向上を目指し、高強度のヘリウム原子核ビームを出力できる新型サイクロトロン「MP-30X」を開発した。本機はECRイオン源およびバンチャーの改良により、200 $\mu$ A以上のHe<sup>2+</sup>ビームを引き出すことができる。現在、2027年の運用開始に向けて性能試験を実施中である。

BNCT治療で用いる照射装置は、定期的な定常性確認が必要となる。これまでは熱中性子の測定に金属の放射化法を用いていたが、煩雑な解析が必要であるなど利便性に問題があった。このたび新たに開発した中性子フルエンス計は、リアルタイムかつ簡便に熱中性子が測定できるうえに、国家標準とのトレーサビリティも確保している。本装置を利用するこ

とで医療従事者の負担軽減が期待される。

放射線利用事業においては、IP転写法での測定結果から中性子束を求め、中性子スペクトルを導出する新しい測定方法を開発した。近年ニーズが高まっている高速中性子の活用に有効と考えている。

宇宙開発分野では、温室効果ガス・水循環観測技術衛星「いぶきGW」に搭載される観測センサ「TANSO-3」の検出器冷却装置を開発した。高い安定度で検出器を-123℃に冷却することができ、温室効果ガスの高精度な観測を支えている。「いぶきGW」は2025年6月に打ち上げられ、すでに定常運用を開始している。

## MP-30Xの開発

現在、アスタチン-211を用いたアルファ線核医学治療が注目を集めている。アスタチン-211は約30 MeVに加速したヘリウム原子核ビームをビスマス-209標的に照射することで製造される。当社ではアスタチン-211の入手性を向上させ創薬の世界的活性化を促進することを目的として、市販機世界最高強度である200 $\mu$ AのHe<sup>2+</sup>ビームを出力可能なMP-30Xサイクロトロンを開発した。

MP-30Xには当社の重粒子線治療で実績のあったECRイオン源をHe<sup>2+</sup>用に改良して採用しており、出力ビーム電流が大幅に上がっている。さらに、当社のBNCT用サイクロトロンで実績のあるバンチャーもMP-30X用に改良して採用し、

従来機MP-30の6.7倍程度のHe<sup>2+</sup>ビーム電流が見込まれている。ビーム電流の増加によって、空間電荷効果によるビーム透過効率の低下が避けられないが、設計段階で空間電荷効果を考慮した軌道計算を行い、サイクロトロンから200 $\mu$ A以上のHe<sup>2+</sup>ビームが引き出されることを確認した。また、ビーム電流の増加に伴い、各機器へのビームによる入熱が大きくなることへの対策として各機器の冷却構造も見直した。

現在、新居浜工場では社内での統合試験を行っており、イオン源からサイクロトロンまでのビーム試験を実施する予定であり、2027年の運用開始を目指している。



〈産業機器事業部〉

## BNCT用リアルタイム中性子フルエンス計

当社のBNCT治療システムNeuCureは、2020年に医療機器承認を受け、2025年までに900例を超える治療が行われている。BNCTの治療に使用される熱中性子の測定は、一般的に金属の放射化法が用いられている。一方、金属の放射化法は、その欠点として「リアルタイムに測定結果を取得できない」「照射後の測定に煩雑な解析が必要」「国家標準とのトレーサビリティ確保が容易ではない」などが挙げられる。そのため、BNCT照射装置の定常性を定期的に確認する熱中性子測定には多大な時間と労力を要しており、BNCT施設や患者が増えている昨今の状況において大きな問題となっている。そこで、当社はリアルタイムかつ簡便に熱中性子を測定可能なリアル

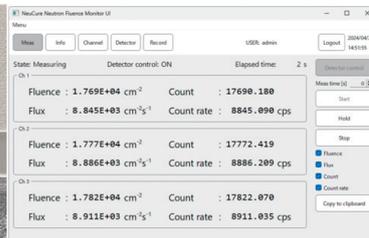
タイム中性子フルエンス計を開発した。

本製品は信号処理を行うサーバ、熱中性子検出器、ユーザが直感的に操作可能なGUIアプリから構成されている。当社はBNCT臨床場で本製品の照射試験および評価を行い、BNCT照射場の定期的な線量評価に利用できることを確認した。本製品を用いることで、医療従事者の負担が軽減され、金属の放射化法に精通していない担当者でも簡便に熱中性子測定が行えることが期待される。今後も線量測定技術の改良を進め、BNCTの普及に貢献していく。

※「NeuCure」は、住友重機械工業株式会社の登録商標です。



サーバ外観図



GUIアプリ画面



熱中性子検出器外観図

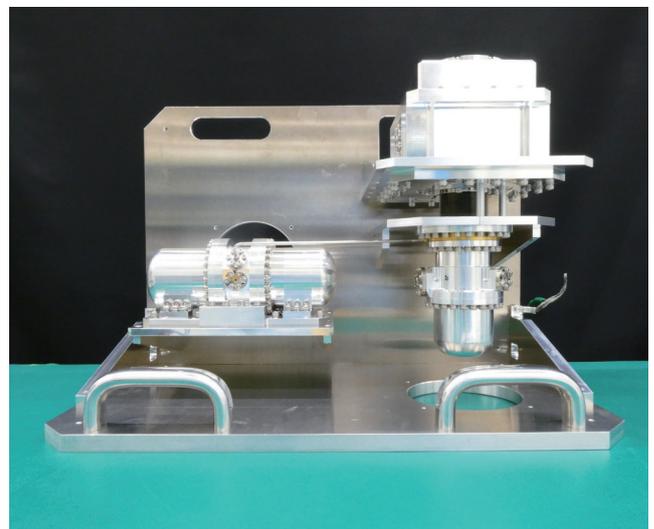
(産業機器事業部)

## 温室効果ガス・水循環観測技術衛星「いぶきGW」搭載TANSO-3冷却装置

「いぶきGW」(GOSAT-GW)は、国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構、環境省、国立研究開発法人国立環境研究所が開発してきた温室効果ガス・水循環観測技術衛星である。海面水温や降水量など水に関する観測を行う「高性能マイクロ波放射計3：AMSR3」と、温室効果ガスを観測する「温室効果ガス観測センサ3型：TANSO-3」が搭載されている。主契約会社である三菱電機株式会社が開発を行い、当社は顧客である三菱電機株式会社の下で、TANSO-3の検出器冷却装置の開発を行った。

TANSO-3の検出器冷却装置は、Cooler Dewer Assembly (CDA)とCooler Control Electronics (CCE)で構成されている。CDAは真空容器中に検出器を保持し、1段スターリング冷凍機で検出器を $-123^{\circ}\text{C}$  (150 K)に冷却できる。CCEはスターリング冷凍機に電力を供給すると同時に、温度測定および温度制御を行う。周囲温度が $10^{\circ}\text{C}$ 変動しても、冷却温度を $\pm 1.0^{\circ}\text{C}$ の安定度で維持できる。

「いぶきGW」は2025年6月にH-IIAロケット50号機により打ち上げられた。TANSO-3は、「いぶき」(2009年打上げ)、「いぶき2号」(2018年打上げ)による温室効果ガス観測ミッションを引き継ぐセンサであり、二酸化炭素やメタンをより詳細に観測でき、新たに二酸化窒素の観測も可能となった。本装置は、さらに詳細な観測データが蓄積されることで、地球温暖化対策への貢献が大いに期待できる。



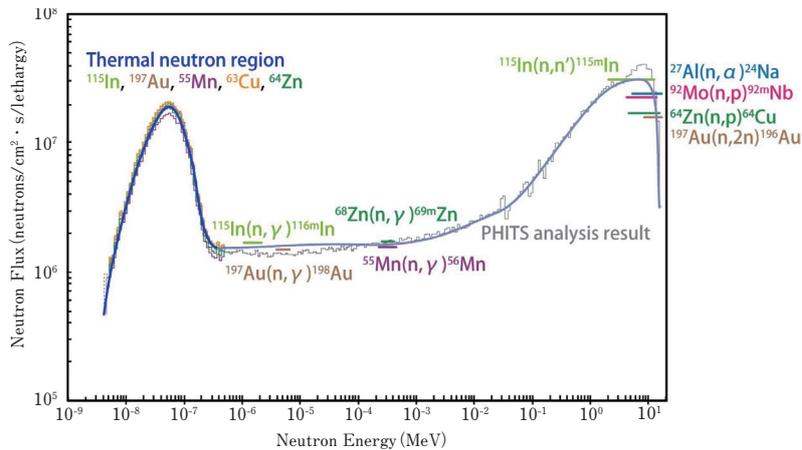
(産業機器事業部)

## 加速器中性子源における中性子エネルギー分布測定技術

住重アテックス株式会社では、中性子発生機構を擁する陽子サイクロトロンを活用し業務に供している。利用する中性子は熱平衡化された熱中性子だが、昨今ニーズの高まってきた高速中性子を活用するには、その中性子エネルギースペクトルを把握する必要がある、これを新しい手法で測定した。

熱中性子から高速中性子の範囲のスペクトルを測定するために、共鳴吸収エネルギーやしきい値核反応エネルギーの異なる9種類の金属箔(Dy, In, Au, Mn, Cu, Ni, Zn, Al, Mo)を中性子により放射化した。また、同じ金属で厚さの異なるステップウェッジとCdフィルタを組み合わせ、熱中性子成

分を除去して共鳴領域や高速中性子領域の測定を高感度化した。生成核種についてはHPGe半導体検出器で $\gamma$ 線を測定し同位体ごとに定量した。これらの放射能とイメージングプレート(IP)転写法の測定輝度値(PSL)を比較して相対関係を求めた。これにより、IP転写法で各反応に寄与した中性子束を一挙に求めること、つまり中性子エネルギースペクトルを求めることが可能となる。この手法を用いることでIPの結果から中性子束への換算を実現し、中性子スペクトルを導出することを達成した。得られた測定結果は、粒子輸送計算コードPHITSにより計算されたスペクトルと良好な一致を示した。



中性子エネルギースペクトル測定結果(水平ポート)

〈住重アテックス株式会社〉