

課題名 (タイトル) :

**RIBF 加速器の電磁場および構造計算**

利用者氏名 :

○大西 純一

理研での所属研究室名 :

仁科加速器研究センター 加速器高度化チーム

## 1. 本課題の研究の背景、目的、関係するプロジェクトとの関係

仁科加速器研究センターの RI ビームファクトリー (RIBF) は原子核物理の研究などを目的として、リニアックやサイクロトロンなどの加速器や多数の実験装置から構成される。本研究では加速器関連機器の設計や開発のため電磁場計算や構造計算を行なう。今年度はイオン源に使用する高温オープン用のるつぼの設計計算を引き続き実施した。

## 2. 具体的な利用内容、計算方法

HOKUSAI に導入されている有限要素法ソフトウェア ANSYS を用いてイオン源に使用する高温るつぼの設計を行った。るつぼは図 1 に示す形状で、胴部の内径が 14 mm、肉厚 0.38 mm、全高 41 mm のタングステン製である。るつぼに直接 650A 程度の直流電流を通電することにより約 2000°C にジュール加熱して酸化ウランなどの蒸気を生成する。図 2 に ANSYS で計算を行った全体モデルを示す。るつぼは先端部の熱シールド (黄緑色) の内側に置かれており、上下を水冷された銅製のブロック (青) で支持されている。ANSYS の計算では熱-構造-電気要素を使用して、上下の銅ブロックの後部に電圧を与えることによりるつぼ内の電流分布と温度分布を計算する。温度分布の計算例を図 1 に示す。

## 3. 結果

今年度は RIBF 実験のため、これまでに ANSYS を用いて設計したるつぼを 28 GHz 超伝導 ECR イオン源に入れてビームを生成した。2017 年 5 月から 6 月はウランビーム、12 月から 2018 年 1 月はバナジウムビームを供給した。バナジウムビームはるつぼに金属バナジウムを充填し、約 1900°C

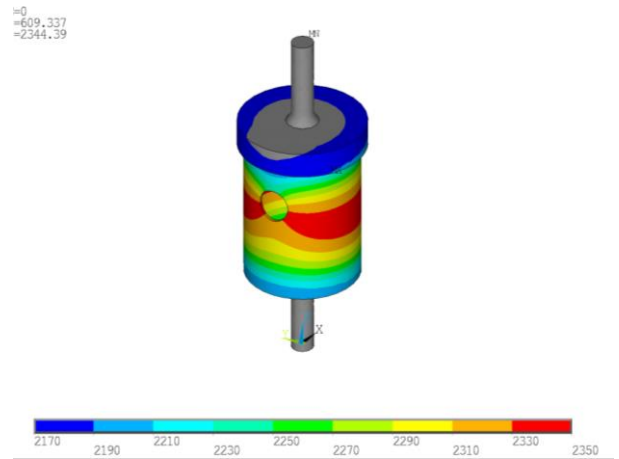


図 1 るつぼ温度分布 (電流値 585 A、放射率 0.15)

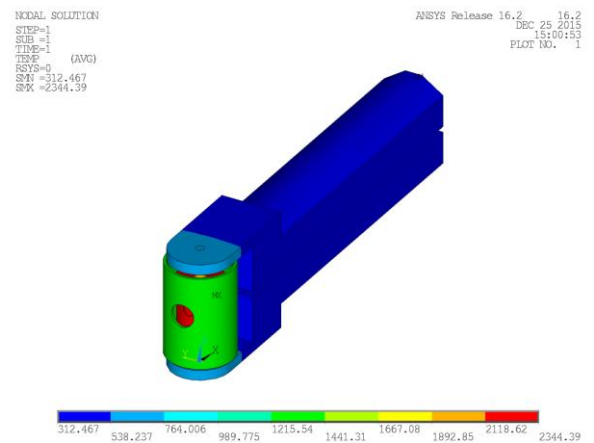


図 2 るつぼの支持ブロックと熱シールド

に加熱し、イオン源プラズマへバナジウム蒸気を供給する。

ウランのマシニングでは連続運転中になるつぼの蒸気噴出口 (直径 4mm) が酸化ウランの膜によって閉塞する現象が発生し、ビーム供給に支障をきたした。このため、温度分布を改良するため、熱シールドなしの場合やるつぼの胴部の厚さなどを変えた計算を行った。熱シールドがない場合、噴出口周辺部温度の低下は小さくなるが、2000°C まで温度を上げるためには電流値を 700A 以上に

する必要がある。その場合、ANSYS の計算により、上下の軸部分で局所的に温度が上昇し、逆に胴部の温度が低下する現象が起こる可能性がわかった。現在、計算と実験の両面から、蒸気噴出口の閉塞の問題の解決を目指している。

4. まとめ

2000℃という高温のるつぼの設計においては ANSYS によるシミュレーションが不可欠である。今年度は蒸気噴出孔の閉塞の問題は未解決であるが、2013 年度から開発を行ってきた高温オープンにより高強度のウランビームとバナジウムビームを RIBF 実験に供給できたことは非常に大きな成果であると言える。

5. 今後の計画・展望

蒸気噴出口の閉塞の問題を解決することは喫緊の課題であるが、るつぼの内容積の増加や酸化ウラン、バナジウム以外の高融点物質のビーム供給を目的として、ANSYS を利用してるつぼ形状の改良を進めていきたいと考えている。