

COMSOLを使ったマイクロ波イオン源 チャンバーの反射特性改善

住友重機械工業株式会社
技術研究所
村田裕彦

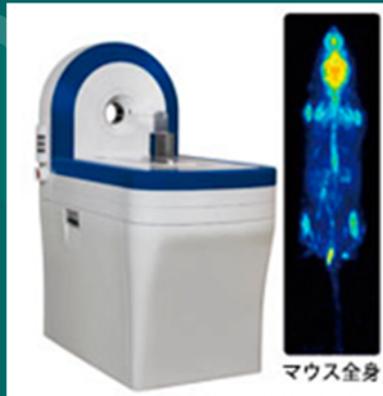
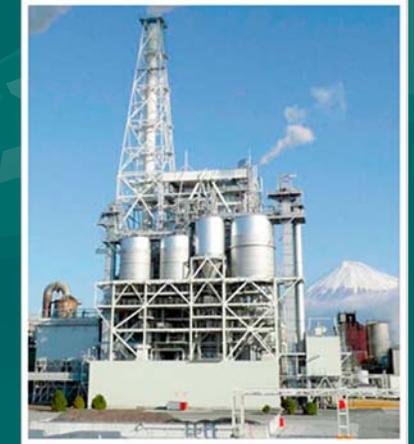
COMSOL CONFERENCE TOKYO 2013
2013/12/6

内容

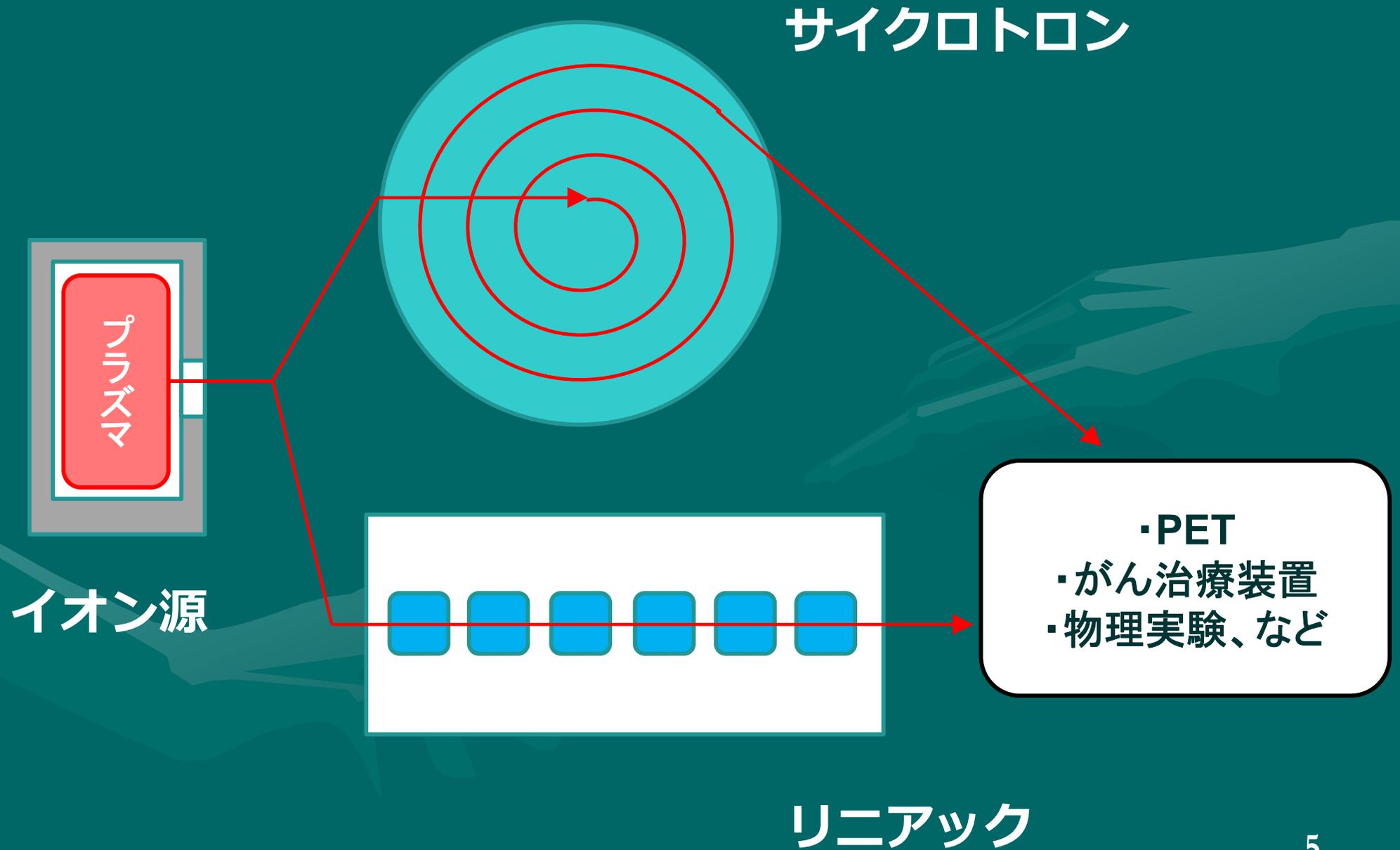
1. 住友重機械の事業内容紹介
2. マイクロ波イオン源開発
3. 今回の動機
4. 計算手法と結果
5. まとめ
6. COMSOLへの要望

1. 住友重機械の事業内容紹介
2. マイクロ波イオン源開発
3. 今回の動機
4. 計算手法と結果
5. まとめ
6. COMSOLへの要望

1. 住友重機械工業の事業内容



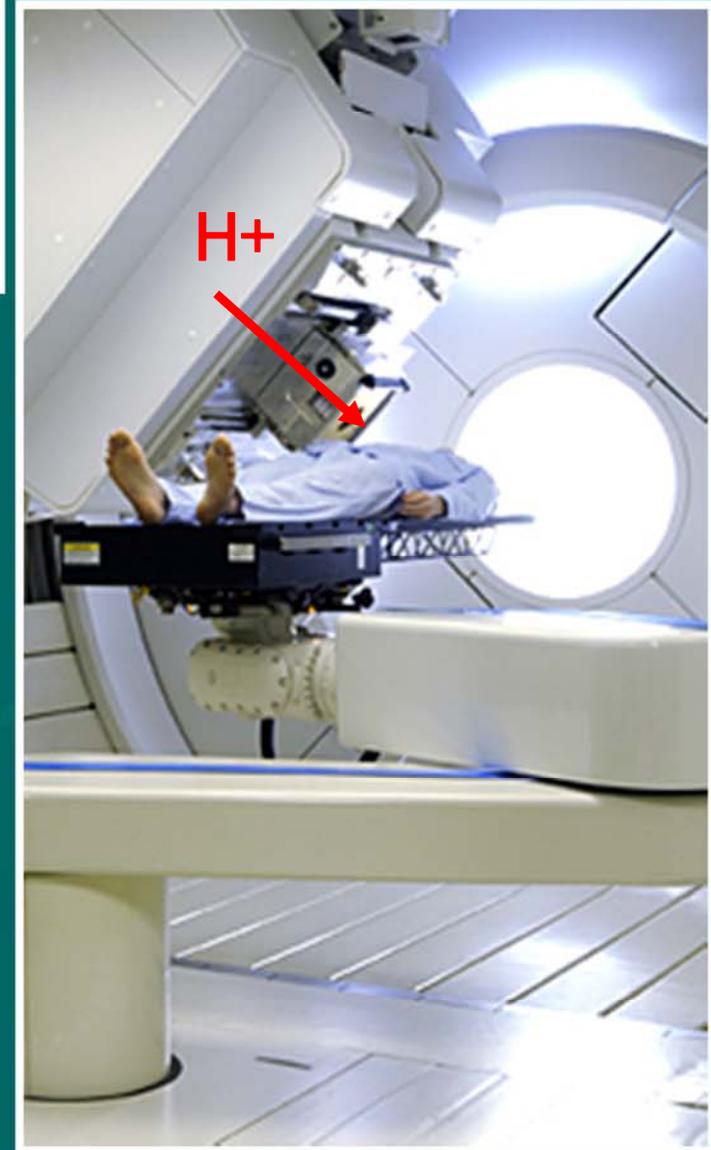
1. 住友重機械の加速器



1. イオン源の応用：陽子線がん治療装置

Vol.2

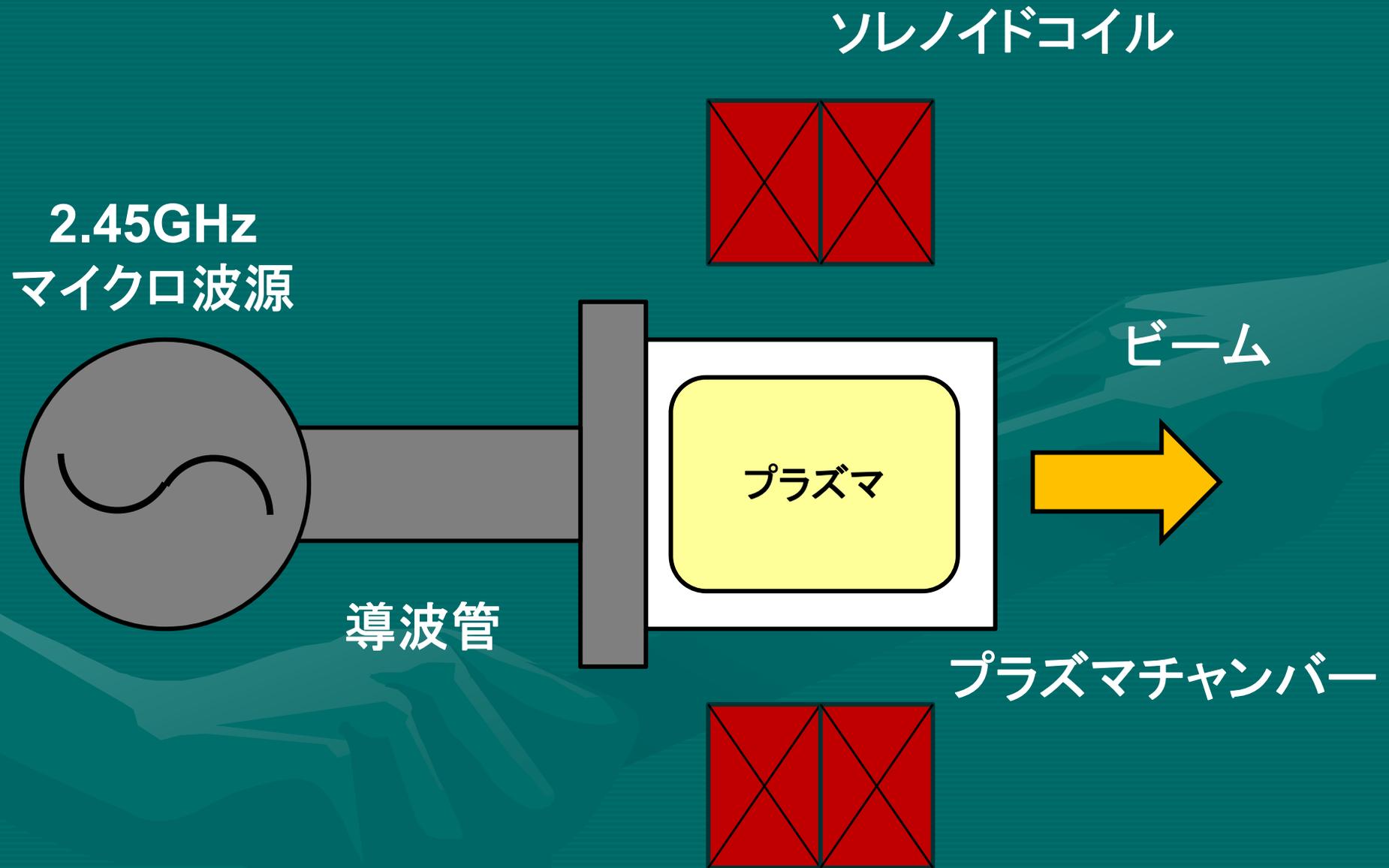
切らずに治す
がん治療の最先端



イオン照射で切らずにがんを治療する

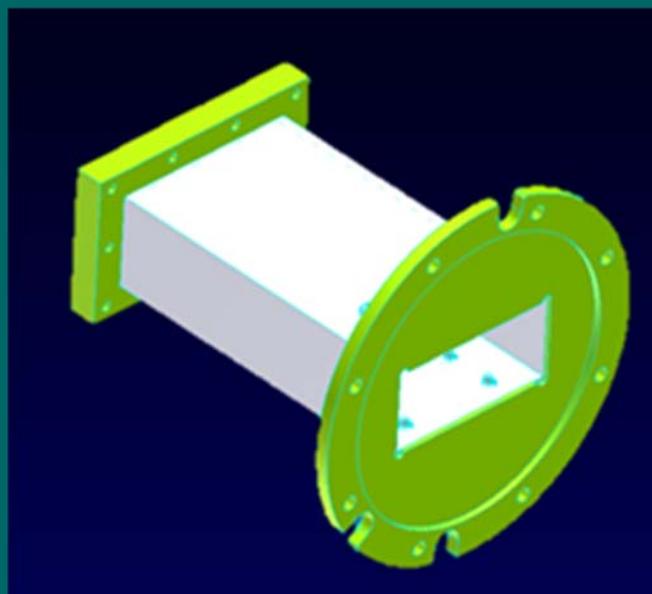
1. 住友重機械の事業内容紹介
2. マイクロ波イオン源開発
3. 今回の動機
4. 計算手法と結果
5. まとめ
6. COMSOLへの要望

2. マイクロ波イオン源の開発

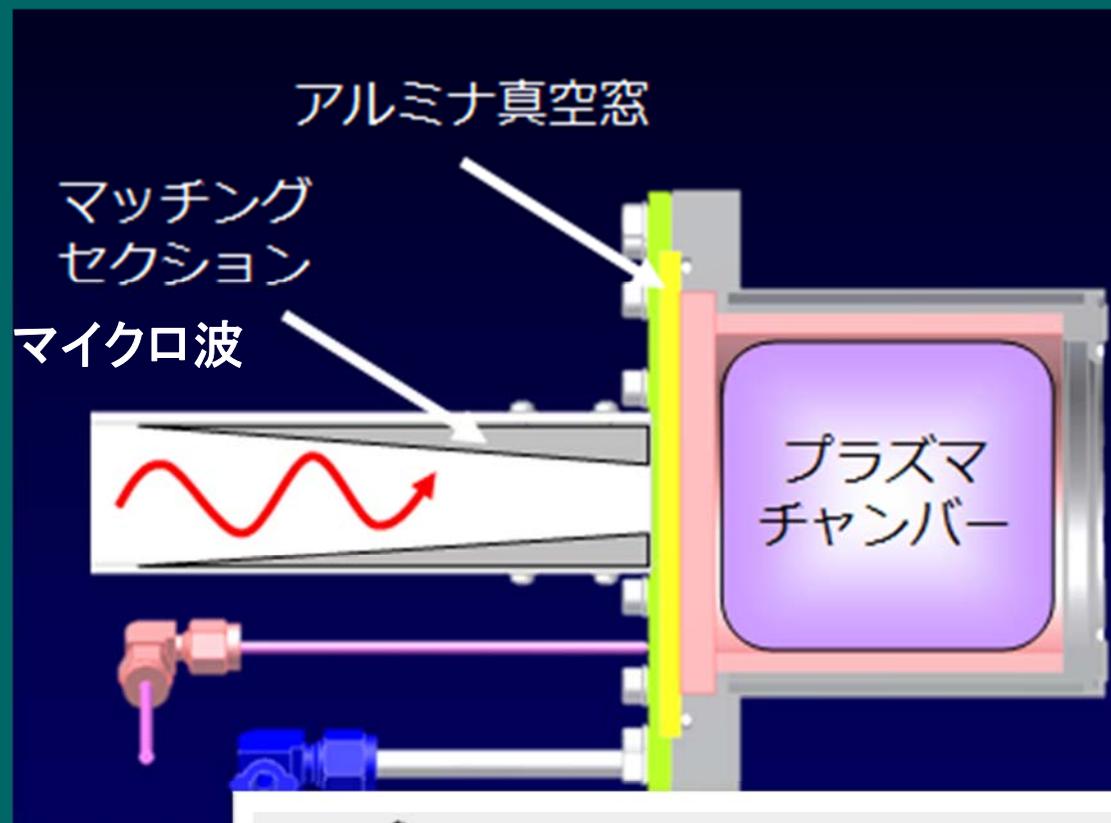


寿命、電流量アップが期待できる

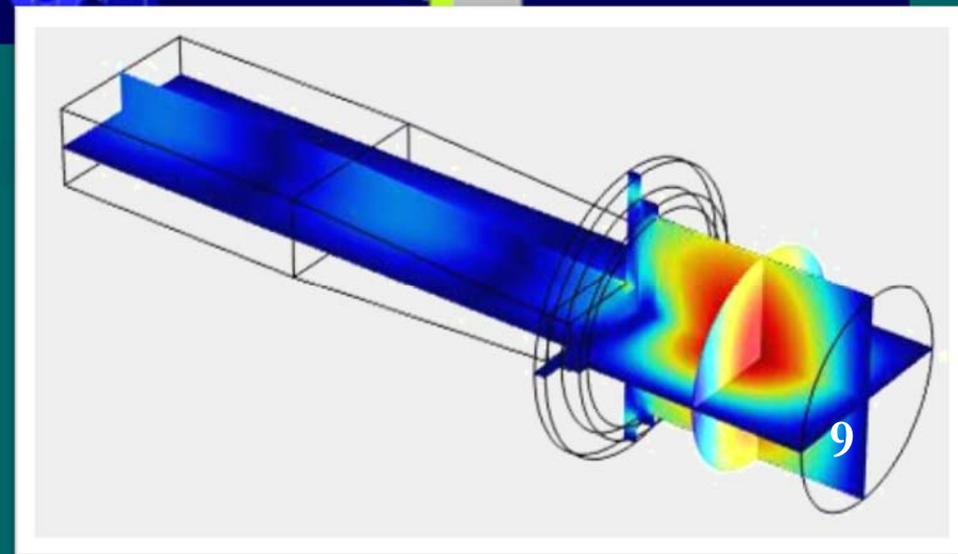
2. マイクロ波イオン源の開発 チャンバー、マッチングセクションの設計・評価



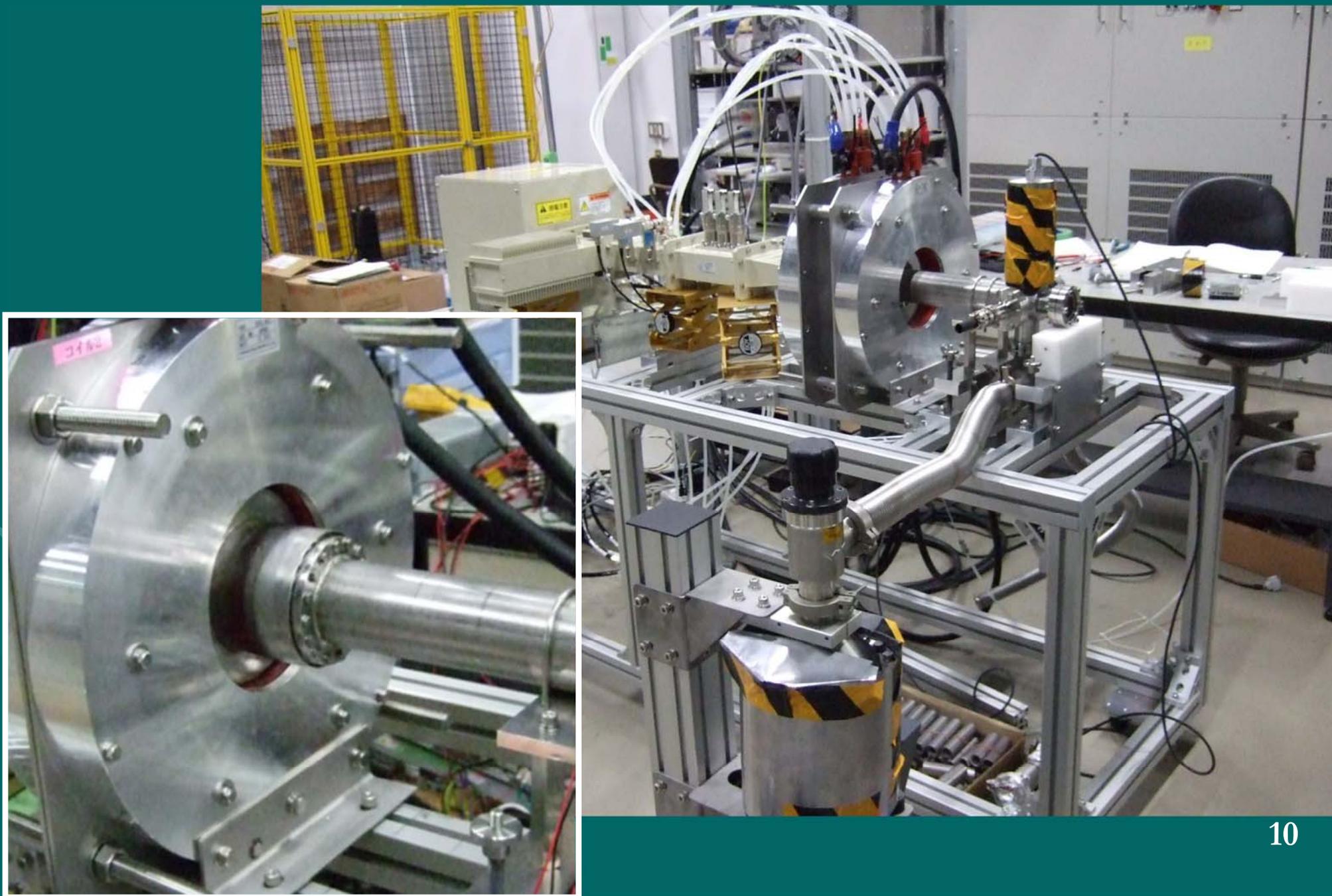
マッチングセクション



チャンバー直径、長さ、マッチングセクションのテーパ長、角度の最適化を実施。
プラズマを着火して評価実施。

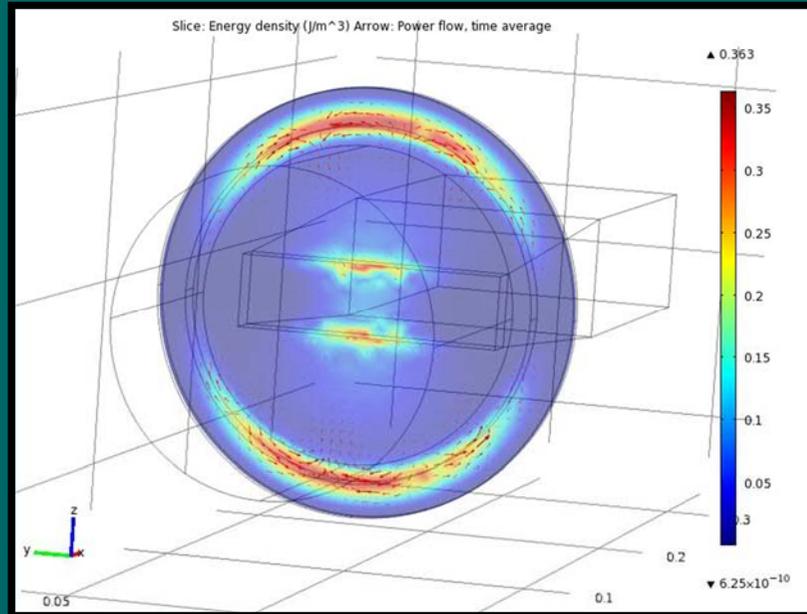


2. マイクロ波イオン源テストスタンド



2. マイクロ波イオン源の評価 アルミナ窓が割れた原因の解析

マッチングを取ることで評価中にアルミナ窓の割れ発生。

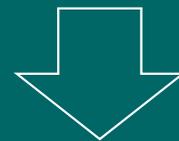


電磁場計算結果



割れたアルミナ窓

解析結果とアルミナ窓の焦げ後が定性的に一致
電磁波のエネルギー分布の不均一性が問題



マッチングセクションを再設計

2. マッチングセクションを設計変更



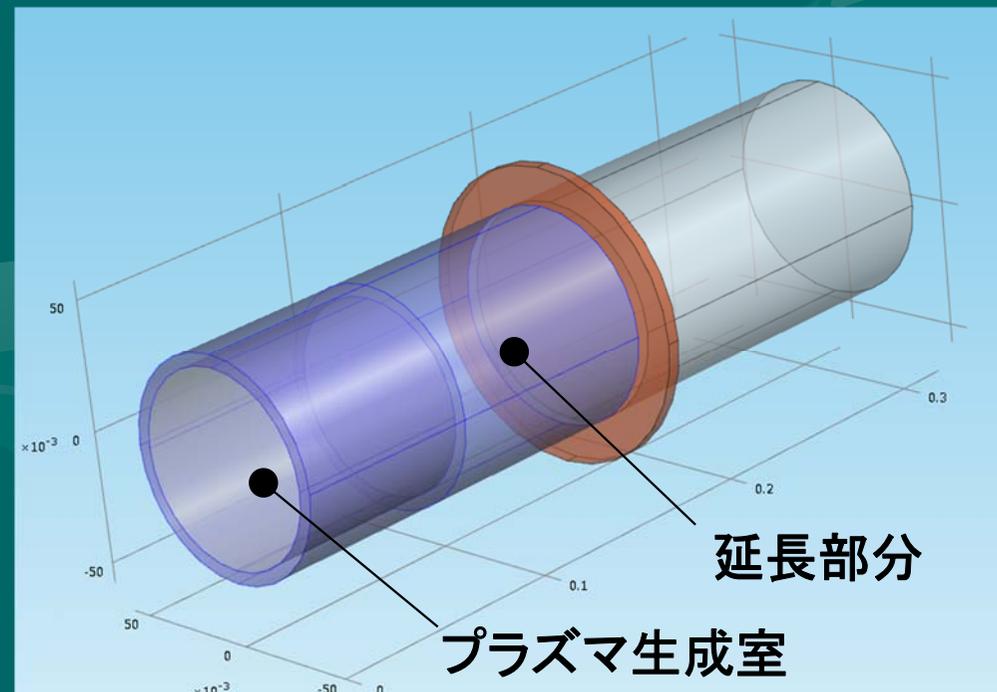
共振によるマッチングではなく、できるだけ低反射となるよう導波管断面が徐々にプラズマチャンバー形状に変わるように変更。

マッチングセクションの長さは1/4波長の5倍(230mm)とした。

1. 住友重機械の事業内容紹介
2. マイクロ波イオン源開発
3. 今回の動機
4. 計算手法と結果
5. まとめ
6. COMSOLへの要望

3. 今回の動機 チャンバー再設計

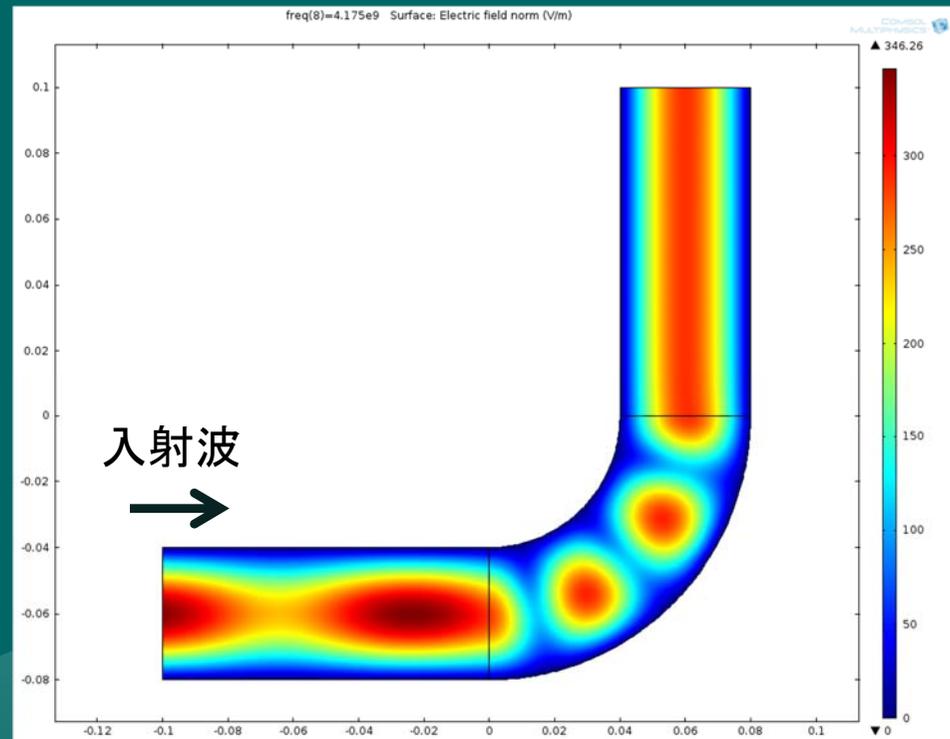
- ・ ビーム評価用にチャンバー長延長が必要。
 - 延長した部分はBN材で埋める。
 - 反射率が最低になるようにCOMSOLのRFモジュールでBN材長さを設計する。



1. 住友重機械の事業内容紹介
2. マイクロ波イオン源開発
3. 今回の動機
4. 計算手法と結果
5. まとめ
6. COMSOLへの要望

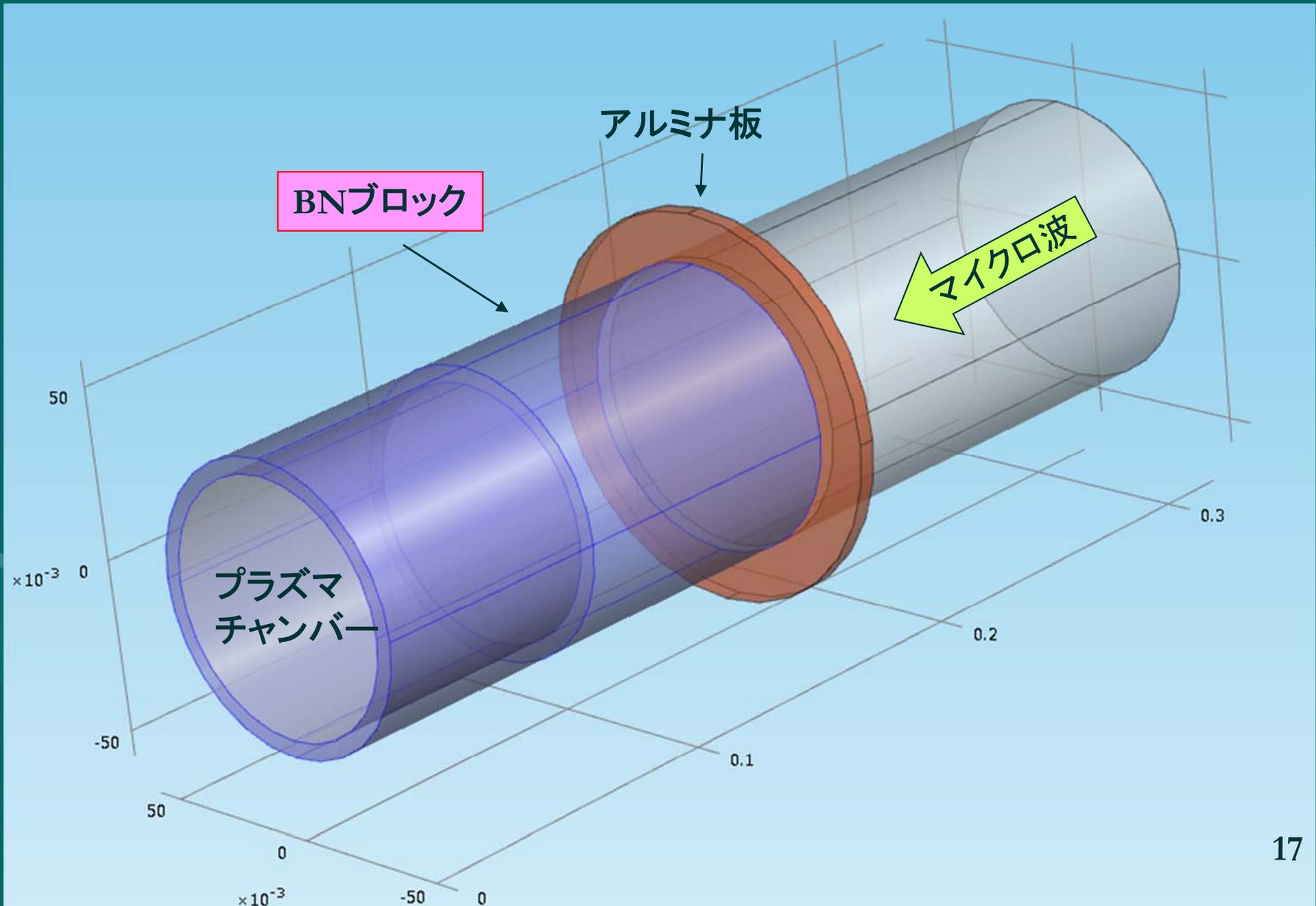
4. 計算方法

- H-bend waveguideの例題に倣う。

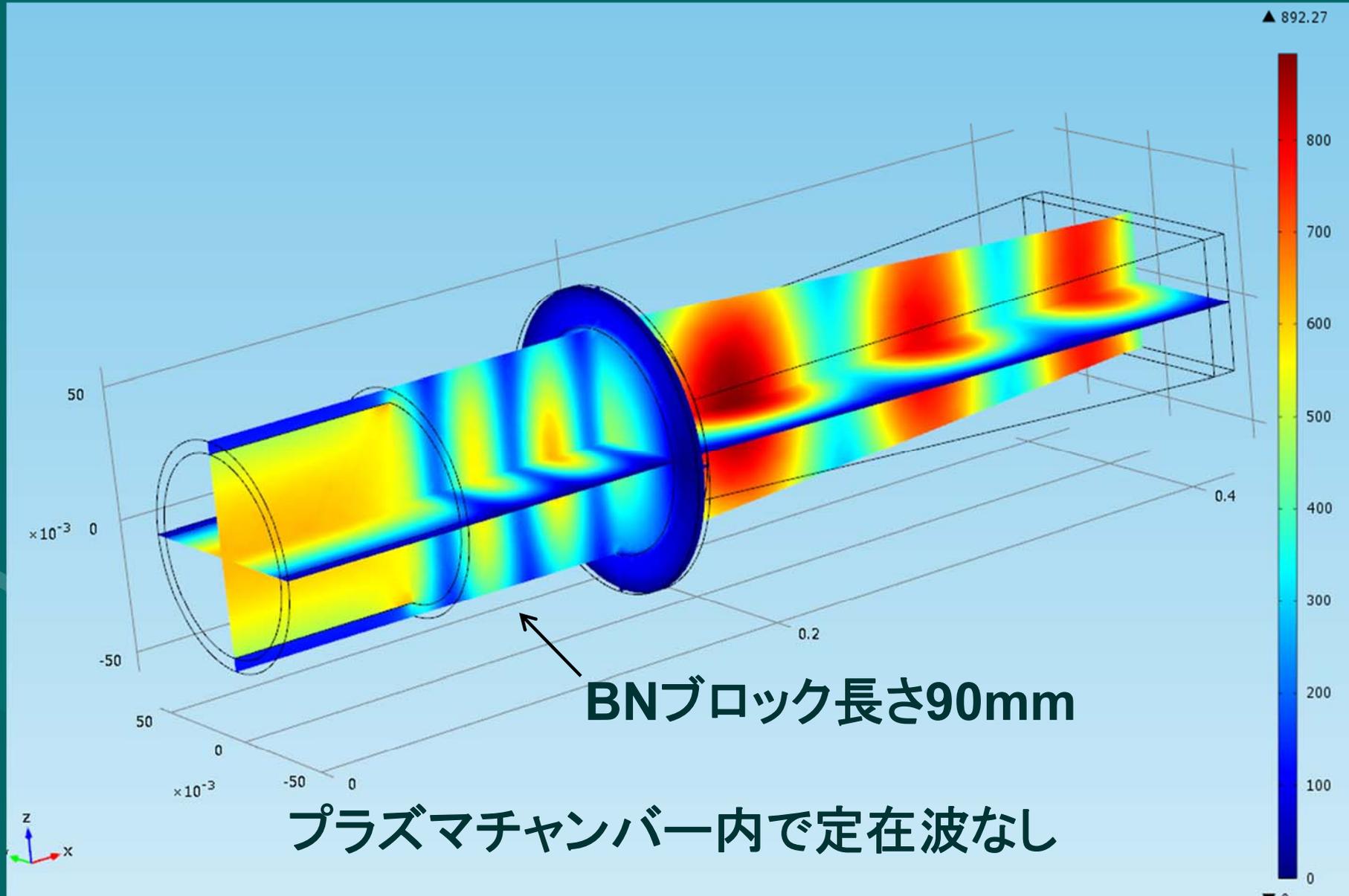


- プラズマチャンバーに入ったパワーは全てプラズマに吸収。
→チャンバー端で反射波無し。
→チャンバー内に定在波無し。

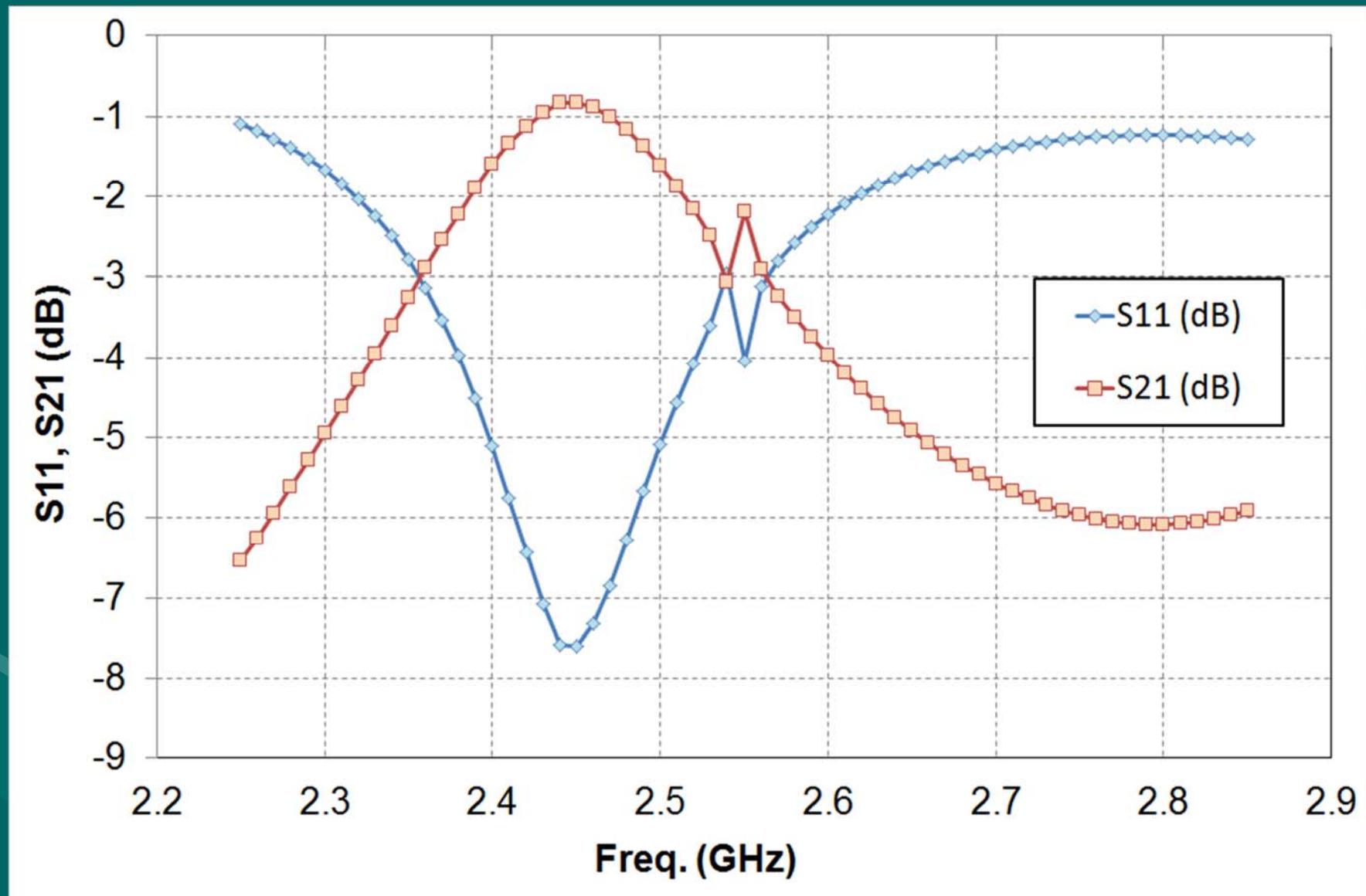
4. チャンバー形状



4. マッチングセクションと合わせたモデルの計算



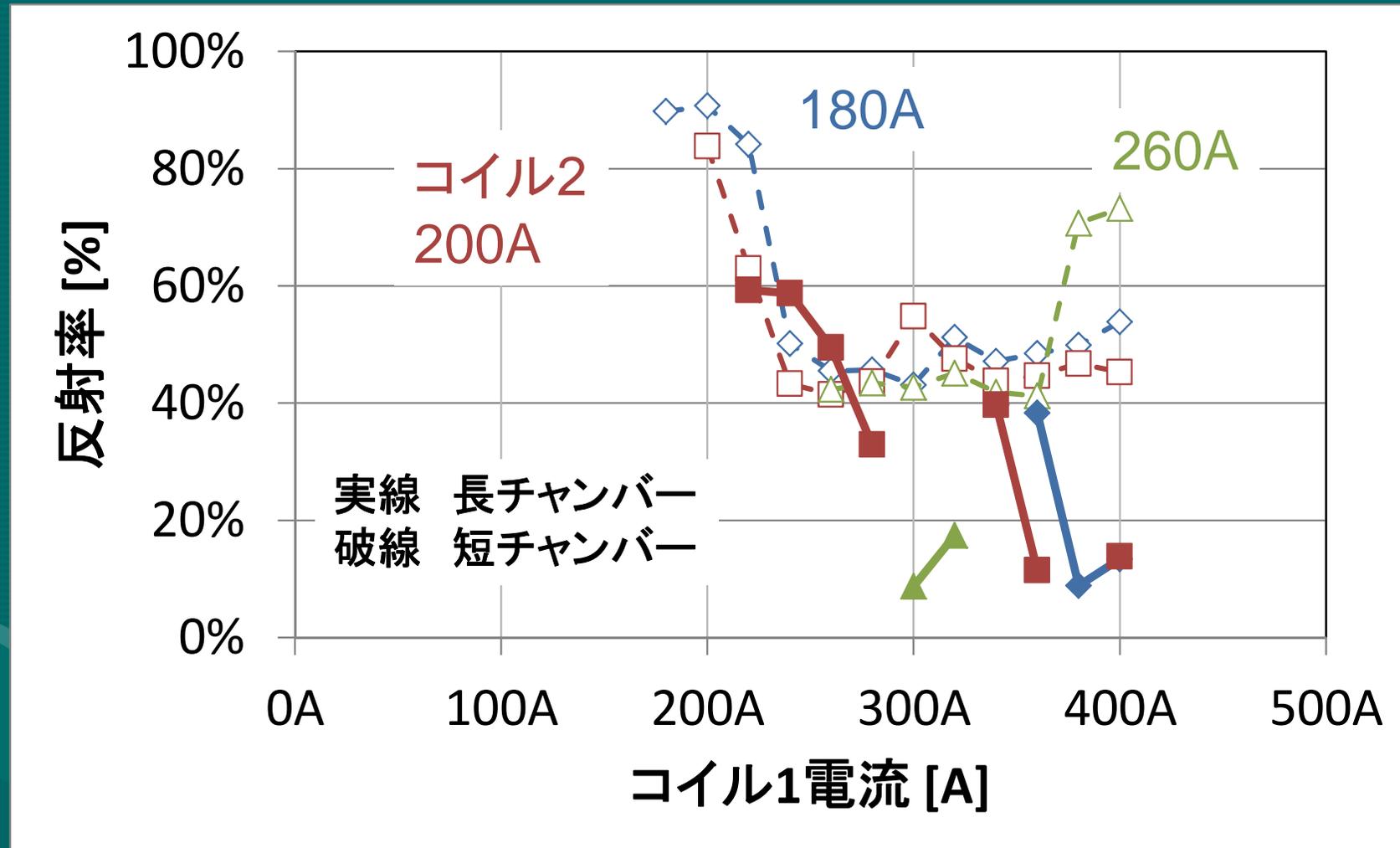
4. マッチングセクションと合わせたモデルの計算



2.45GHzで電力反射率は17.4%

4. 反射率実測結果

Ar 1ccm、500W入力で反射率を測定



短チャンバーでの反射率に比べ、長チャンバーでの反射率が大きく改善した。計算値の半分程度になる条件もあった。

4. BN材放電痕

マイクロ波入力側から

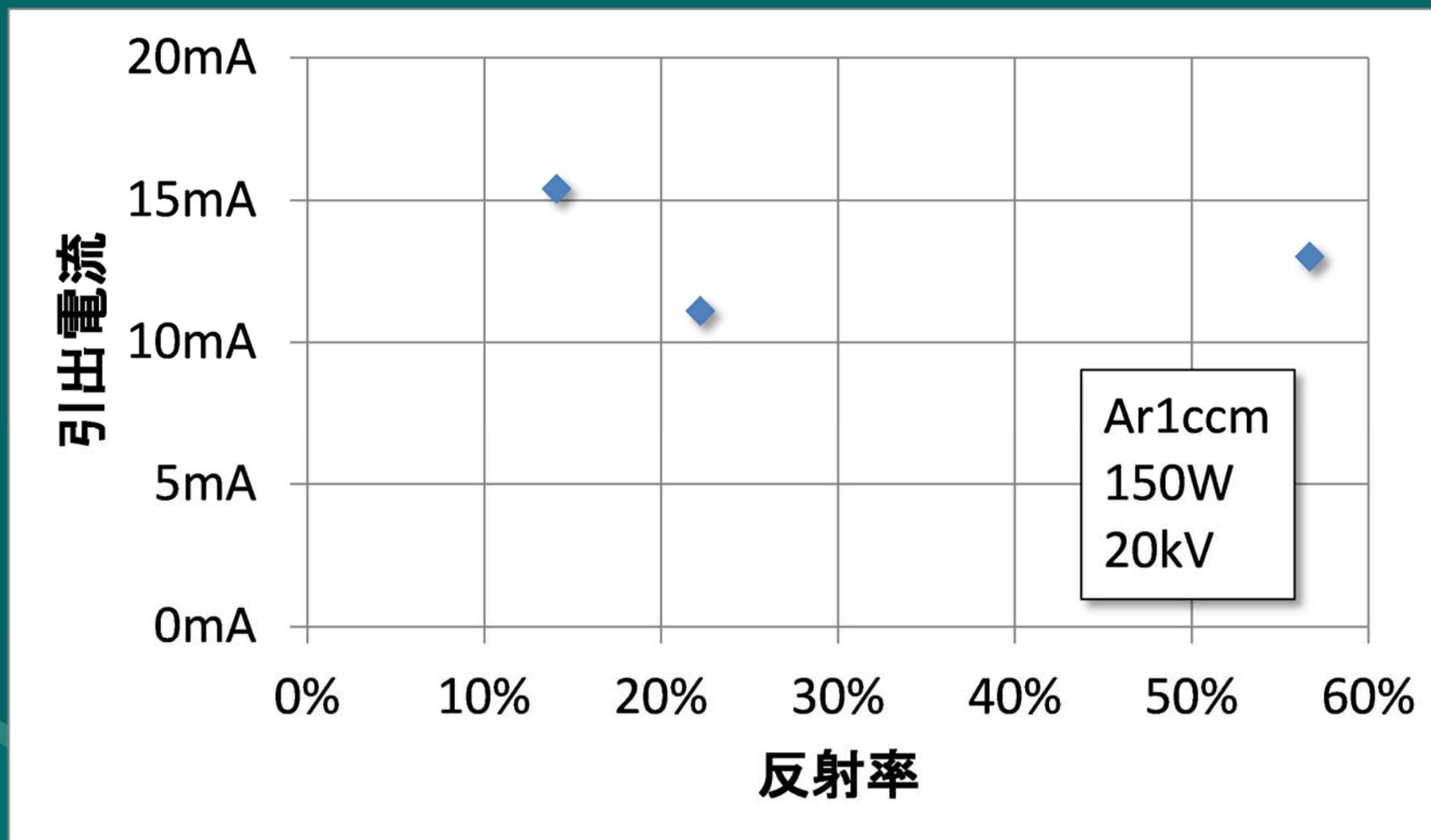


追加BNブロック



BN材の間隙でもプラズマが着火し、
反射率が計算値より低下していると思われる。

4. Arビーム電流量



必ずしも反射率が低いとビーム電流量が高くなるわけではない。

→引き出し部でのプラズマ密度が重要

1. 住友重機械の事業内容紹介
2. マイクロ波イオン源開発
3. 今回の動機
4. 計算手法と結果
5. まとめ
6. COMSOLへの要望

5. まとめ

- BN形状の設計にCOMSOLのRFモジュールを使い、反射率が半減できる形状を決定した。
- 評価の結果、反射率は計算値よりも更に半分近い結果が得られた。これはBN材間隙でのプラズマ着火が一因ではないかと考えられる。
- 反射率とビーム電流は必ずしもリンクしない。反射率最低時がビーム引き出し部でのプラズマ密度最大となるわけではないからと思われる。

1. 住友重機械の事業内容紹介
2. マイクロ波イオン源開発
3. 今回の動機
4. 計算手法と結果
5. まとめ
6. COMSOLへの要望

6. COMSOLへの要望

