

# 産業用途向け小型・省電力な先端量子ビーム発生用加速器技術の調査研究

## Design studies of compact, energy-efficient accelerator technology for production of advanced particle beams for industrial use

### 目的 Purpose

量子ビーム計測（陽電子線・中性子線等）は、材料開発や医療等様々な分野で有用性が示されているが、発生用加速器を含む施設の床面積、消費電力、放射線管理といった課題のために新規導入（特に産業界）は容易でない。本研究では、導入を容易にする量子ビーム発生用加速器要素技術を調査する。

### 方法 Method

4機関・連携研究員12名からなる研究チーム体制を構築し、以下に取り組んだ。まず、課題解決に有望な加速器要素技術の調査を実施し、その中で特にXバンド高周波加速空洞簡易製作法検討のために実際に試作を進めた。また、産総研陽電子発生用加速器の実用的小型化設計案を検討した。

### 展望 Prospect

装置全体を構成する個々パーツ（電子銃、加速管、量子ビーム源等）の小型・省エネ化要素技術が進展している。これら要素技術は、程度の差こそあるものの現在も高度化・洗練化が進行中であるため、今後の展開を注視し、実際の施設（産業利用含む）への導入計画を議論しつづける必要がある。

## 小型・省エネ化のための次世代加速器要素技術の調査

### Survey of next-generation accelerator technologies for miniaturization and energy saving

4機関（産総研・KEK・秋田高専・東工大）の連携研究員12名で、量子ビーム装置全体を構成するパーツ（電子銃、加速管、量子ビーム発生部等）において、小型・省エネ化に資する要素技術をピックアップし、それぞれの技術の特徴を粒子加速電界周波数・加速エネルギー・ビーム電流・照射パワー等の指標にて整理した。調査した技術の一例を表1に示す。これらは、現在も高度化・洗練化が進行中である。

今回の調査には含めなかったが、加速器を設置環境の整備費、各種メンテナンス費も低減することは重要であり、関連技術の発展に着目して、産業利用含む実機の導入計画を議論しつづける必要がある。

調査した技術の一つであるXバンド高周波加速空洞技術は、実用段階に近いもののひとつであり、産業利用を後押しするための簡易製作技術の開発が重要である。このため、2分割の加工パーツを用いる簡易な加速空洞製作法をSバンド空洞にも応用し、実際に製作までを行った(図1)。今後、低電力高周波検査による試作空洞の特性評価を進める。

表1：主に電子加速器の小型化・省エネ化に有効な技術の例

要素技術キーワード	特徴（主に小型化・省エネ化に着目）
RFガン	電子銃の短パルス化、初段加速部の小型化
レーザー誘電体加速空洞	初段加速部の超小型化
Xバンド高周波加速空洞	加速管の小型化
常伝導加速空洞の形状工夫	高効率加速による省エネ化
誘電体を用いた加速空洞	高効率加速による省エネ化
超伝導加速空洞（無蒸発型）	高効率加速による省エネ化
リジトロン	多段加速による大電力化（床面積削減）

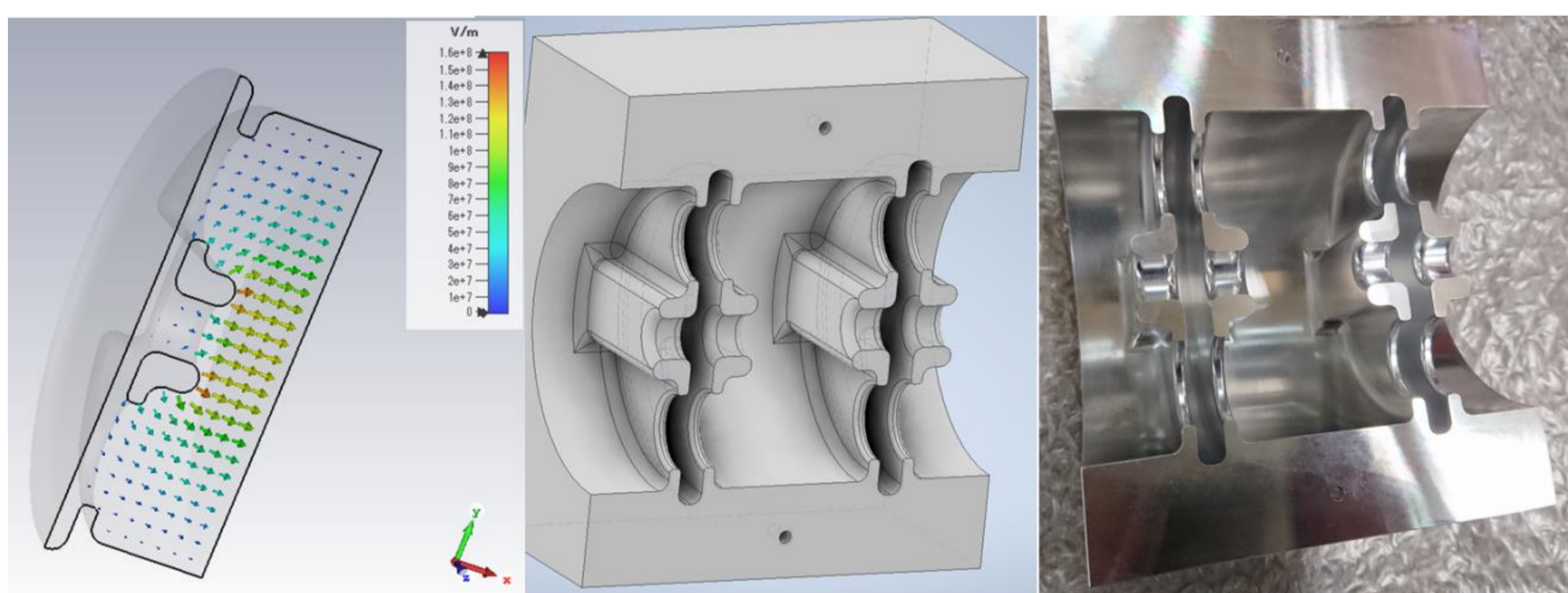


図1：2分割空洞製作。左) 加速電界計算例、中央) 設計図、右) 試作品。

## 汎用技術を用いた小型陽電子発生用加速器の設計

### Design study of a compact accelerator with conventional technology for the AIST slow positron facility

産総研共用施設内で運用している既存の陽電子発生用電子加速器を、汎用技術を最適化することで小型化・高出力化することを目的に、設計・仕様を検討した。なお、既存電子加速器（全長~12 m）は、常伝導加速管（マイクロ波加速周波数2.8 GHz）2本で構成されており、その仕様は、加速エネルギーは~40 MeV、パルス幅は~2 us、出力は数百Wである。加速管を現状の2本から1本に削減するアイデアで設計・仕様を検討した結果、全長で~8 m（現状の約2/3倍）、出力で2-4 kW（現状の約10倍）が達成可能であり、汎用技術でも小型化と高出力化の両性能面を改善できることを示した。