

# 研究成果報告書

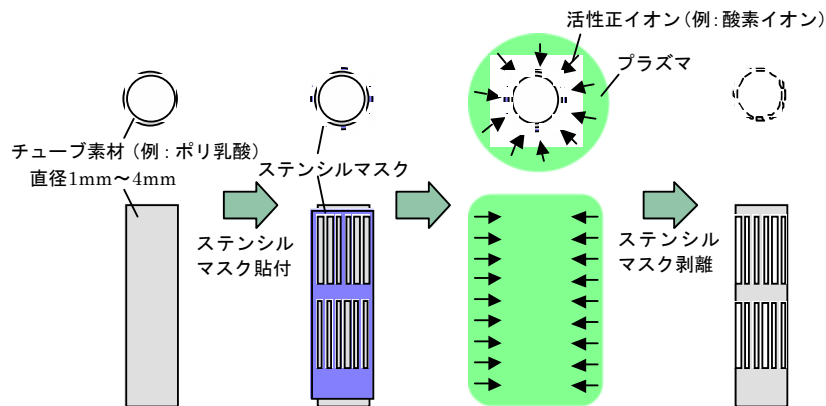
| 研 究 題 目   |     | 円筒状プラズマを用いた立体的微細加工システムの開発 | 実 施 年 度<br>平成 26-27 年度 |
|-----------|-----|---------------------------|------------------------|
| 代 表 研 究 者 | 所 属 | 山口大学大学院 創成科学研究科           |                        |
|           | 氏 名 | 南 和 幸 印                   |                        |

1. 研究の目的・背景

心筋梗塞などに対する低侵襲の治療のために、血管内に挿入する細いポリマーチューブであるカテーテルや血管内に留置されるステントと呼ばれるチューブ状の治療器具が使われているが、これまでの加工技術では生体の柔軟性に適合した治療効果の高い微細構造を製作できないという問題点があり、高度な医療器具開発の障壁となっている。したがって、超高齢化社会に対応した低侵襲で高度な医療技術の実現には、細径チューブ状のポリマー材料を微細加工できる新しい加工法の実現が必要である。

一般に円筒面の微細加工には、レーザービーム加工やイオンビーム加工などの描画加工が用いられているが、加工速度が遅く、強度低下を招く加工変質層も形成される。また、金属に対してならばマイクロ放電加工法が利用できるが、本研究における加工対象である絶縁体のポリマーへの適用は難しい。一方、円筒面を一括で加工できる方法には、本申請者などが開発した円筒面露光法と等方性エッチングの併用があるが、異方性のある微細な深掘り加工は不可能である。すなわち、これまで実用化や研究されている射出成形や機械加工、特殊加工などの既存の技術では、前述のような医療器具等の加工要請には応えることができない。したがって、新規な加工技術の開発が必要不可欠である。

開発を進めているチューブ素材の円筒面に対する反応性イオンエッチング加工（円筒面反応性イオンエッチング加工）のイメージ図を次図に示す。本申請研究の目的は、外径 2mm 以下、長さ 50mm 以上のチューブを加工できる新規で最適な微細加工システムの設計・試作とそれを用いた加工プロセスの開発を行い、加工実験により基本的な加工特性を明らかにすることである。



チューブ素材（例：ポリ乳酸）  
直径1mm～4mm

ステンシルマスク

ステンシルマスク貼付

活性正イオン（例：酸素イオン）

プラズマ

ステンシルマスク剥離

## 2. 研究成果及び考察（申請時の計画に対する達成度合を織込む）

### （1）細径チューブ状素材表面を深掘り微細加工する微細加工システムの開発

図1に設計・試作を行った微細加工システムシステムの加工部概略図、図2に試作品の写真を示す。写真中央の銅色の細い電極にポリマーチューブを装着して加工する。

図3に基本特性であるプラズマ生成用 RF パワーならびにセルフバイアス電圧生成用 RF パワーと発生したセルフバイアス電圧の関係を測定した結果を示す。用いたガスは酸素である。プラズマ生成用 RF パワーにあまり依存しないが、セルフバイアス電圧生成用 RF パワーに対してセルフバイアス電圧が直線的に変化しており、設計通りの結果が得られた。これにより、微細加工システムがポリマーチューブの微細加工に使用できることを確認できた。

一方で、設計思想とは異なり、セルフバイアス電圧に対するプラズマ生成用 RF パワーの影響は少なかった。今後電極位置など影響を検討する予定である。達成率は 95%である。

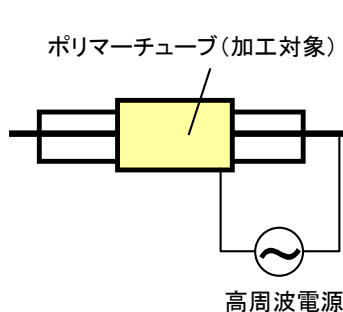


図1 概要図

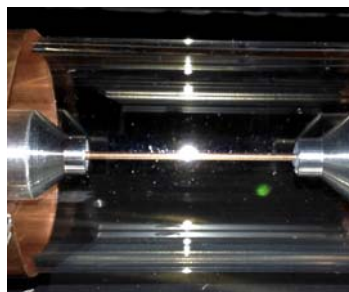


図2 電極部写真

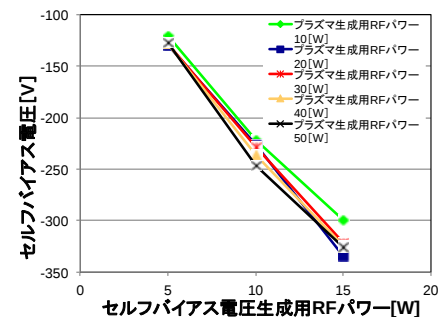


図3 セルフバイアス電圧測定

### （2）加工プロセス開発と基本加工特性の評価

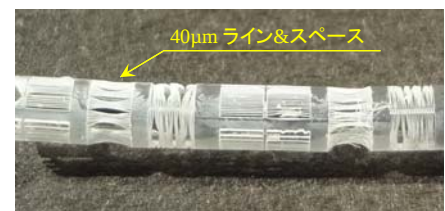
微細加工システムシステムの加工特性を評価するため、外径 2.2mm、肉厚 0.2mm のポリ乳酸チューブの表面から 40 $\mu$ m~100 $\mu$ m ライン&スペースパターンの深掘り加工を行った。深さ測定からエッチングレート（加工速度）を求めたところ、長手方向に沿って遅くなることが分かった。エッチング反応が不均一に生じているためと推測される。今後、加工均一性の検討を行う必要があることが分かった。ポリ乳酸チューブの貫通加工を行った結果を図3に示す。ステント製作に必要な貫通加工を確認できた。達成率は 70%である。

|     | エッチングレート<br>[ $\mu$ m/min] |
|-----|----------------------------|
| 左部  | 0.28                       |
| 中央部 | 0.16                       |
| 右部  | 0.14                       |

表1 加工速度



(a)全体図



(b)拡大図

図3 外径 2.2mm のポリ乳酸チューブの貫通加工

### 3. 経費の使用状況（申請時の計画に対する実績を記述）

- ・設備備品費

申請通り高周波電源を購入した。また使用予定であった既存の冷却水循環装置が修理不能であったため、申請書には無かった冷却水循環装置を購入した。このため 15 万円ほど支出が増加した。消耗品費で補填した。

- ・旅費

4 回で 24 万円を計上していたが、1 回のみ出張であったため、数万円の残額が生じた。

- ・消耗品費

旅費の残額を加え、申請通りに装置の製作に必要な材料・部品類、および加工特性実験に必要な薬品・材料・器具類の購入に使用した。

- ・その他

学会に情報収集のため参加したので、申請書には無かった参加登録料を支出した。

### 4. 将来展望（今後の発展性、実用化の見込み等について記述）

基本的な特性が確認でき、ステントなどの製作に有用であるとの確証を得た。しかし、まだ加工装置としての特性が不十分で有り、また明確になっていない特性もある。今後も装置特性の解明を進めるが、装置には改造の余地が十分にあるので、さらに特性を改善することによりステント類の製造に使用できる微細加工システムが確立できるものと期待される。

また現在開発を進めているポリ乳酸製ステントの加工に使用し、実用性を確認する予定である。

5. 成果の発表（学会での発表、学術誌への投稿等を記載。予定を含む）

新規な加工システムであるため、加工特性の全体像を掴むためにはさらに詳細なデータの取得が必要である。追加データを取得した後に解析し、学会で発表する予定である。