

針なし気泡注射器：電界誘起気泡によるバイオメディカル応用



研究者所属・職名：
九州大学・大学院工学研究院機械工学部門・教授

ふりがな やまにし ようこ

氏名：山西 陽子

主な採択課題：

- [基盤研究\(B\)「気泡圧壊誘導による集中放電穿孔法による針なし気泡注射器の創成」\(2016-2018\)](#)
- [基盤研究\(B\)「生体へのフレキシブル情報埋込及びトレーシング技術の研究」\(2019-2021\)](#)
- [新学術領域研究\(研究領域提案型\)「マイクロプラズマ・液体界面によるバイオメディカル・新材料の機能創発」\(2015-2016\)](#)

分野：マイクロマシン、マイクロナノメカトロニクス

キーワード：マイクロバブル、キャビテーション、インジェクション、電界誘起気泡、気液界面反応

課題

- なぜこの研究をおこなったのか？（研究の背景・目的）

インジェクション技術は、細胞加工や遺伝子導入などの実験の現場や、注射のような日常の現場で活用されている。しかし、針を用いたインジェクション技術では対象物の構造の一部を破壊するなどし、対象へのダメージを与えるリスクがあった。山西らは、毛細管内のマイクロ空間内に放電を発生させ、その爆発的なパワーによって液中に指向性を有する高速気泡列が発射される現象を発見した。本研究は、高速発射気泡圧壊現象(キャビテーション)の先鋭形状ガスに放電現象を誘導かつ集中させて、物理的かつ電気的な穿孔を同時に達成し、これまでにない低侵襲かつ穿孔深度の深い穿孔能力を生み出す革新的技術を生み出すものであり、この現象を利用してインジェクション技術を発展させ、「針なし気泡注射器」を創成するものである。

- 研究するにあたっての苦労や工夫（研究の手法）

出力を上げると図1のような放電によるスパークが気泡圧壊による先鋭形状ガス内を優先的に走り先鋭部に集中して落ちる可能性を確認し、さらなる穿孔深さを増大させる兆候が見られていたが、気泡圧壊現象が先かプラズマ放電現象が先かが不明であった。これらの現象を理解するためには、放電現象を捉えることのできる超高速カメラが必要であり、撮像系の工夫が求められた。

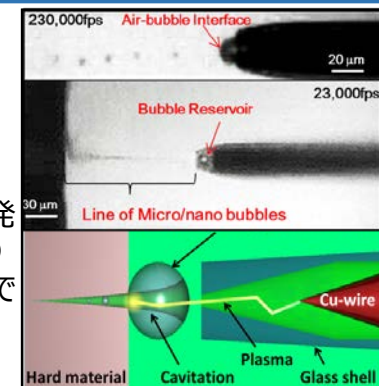


図1 気泡圧潰誘導による集中放電穿孔のイメージ図

針なし気泡注射器：電界誘起気泡によるバイオメディカル応用

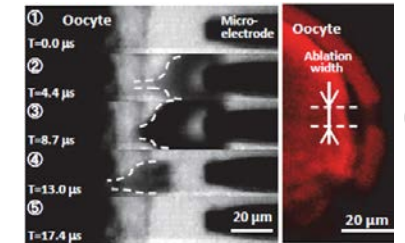
研究成果

●どんな成果がでたか？どんな発見があったか？

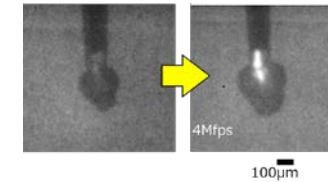
この気泡の圧壊による先鋭形状のガスの突端に放電スパークが優先的に誘導され、通常の放電(電解)加工等ではどこに落ちるかわからなかったスパークが常に決まった場所に誘導され集中して落ちることは、かなり特異かつ有効な現象である。本研究では物理的な気泡圧壊現象が電気的な放電技術の方向性を誘導し、これまでに例のない新しいパワフルな低侵襲かつ深度の深い穿孔技術へと応用できることを示すことに成功した。

400万 fpsの超ハイスピードカメラによって圧潰する気泡内に放電現象が誘導されている様子を捉えることにより気泡が先でプラズマ放電現象がほぼ同時もしくは後に発生していることが確認されたことより、このような現象をプラズマキャビテーション現象と名付けた。気泡圧潰とプラズマ放電による物理的及び電気的な穿孔能力のシナジー効果によって、約2 mm厚のCFRP製の板を滑らかな端面を有したまま穿孔できることを示すことができた。

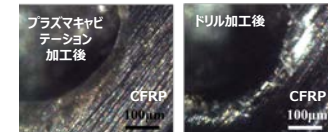
本研究成果のポイントとしては、放電加工等において従来どこに落ちるかわからなかった放電スパークが、マイクロバブルの圧壊現象という物理的現象を利用して、気泡圧壊時に発生するマイクロジェットと呼ばれる先鋭ガス領域に放電スパークが誘導され、位置決め精度良く、決まった場所に落ちるという点にある。この放電スパークを誘導出来るメカニズムを制御することによって、これまでにない気泡圧壊による穿孔能力と電気的な穿孔能力が融合した新しい穿孔技術の学理を開拓できる可能性を開くことができた。この独創的な穿孔技術を利用することによって、生体から金属への幅広い対象への穿孔や試薬導入を同時に導入するインジェクション技術を構築した。



気泡
圧潰
による
細胞
加工



圧潰気泡内
に誘導される
放電現象



プラズマキャ
ビテーション
現象による加工

図2 気泡による圧潰穿孔とプラズマキャビテーション現象による加工法

今後の展望

●今後の展望・期待される効果

上記成果により、電界誘起気泡によりダイナミックレンジの大きな固さや物性を対象とした穿孔やインジェクション(注射器)技術への展開が期待され、動植物への細胞や組織のレベルから金属に至るまでの幅広い対象へ、遺伝子から化学薬品まで幅広い薬剤をインジェクション(注射)する技術の実用化への試みが始まっている。特にプラズマ放電時の気液界面の反応性を利用した配線技術など、上記の技術を起点とした新しい機能創発も期待されている。

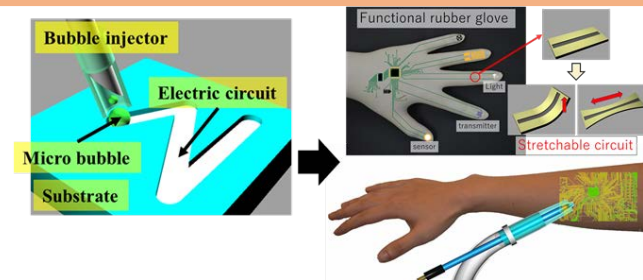


図3 電界誘起気泡の応用技術と将来像