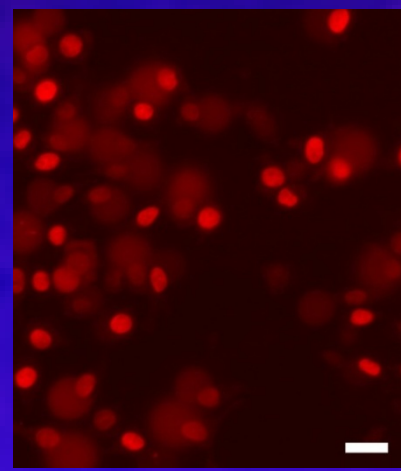
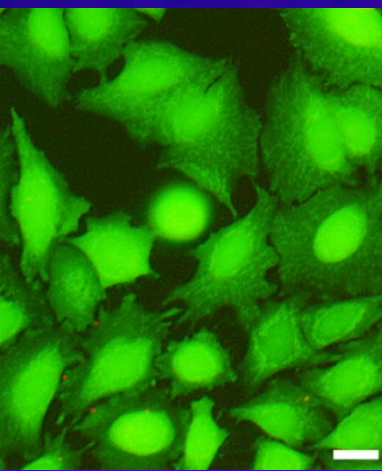


大気圧プラズマ流による細胞の活性化・不活性化機構

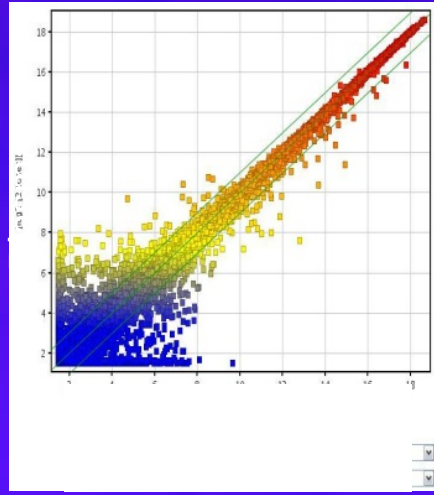
○プラズマが生成する化学種が細胞にどのような影響を与えているのかを解明し、プラズマ医療の基礎学理と応用を目指します。

プラズマ流を制御し照射することで、細胞を活性化したり不活性化したりできることを明らかにし、その生体応答機構を形態や生存率、遺伝子応答などを解析することで解明を目指しています。また、プラズマが生成した化学種の輸送機構の解明も取り組んでいます。

T. Sato et al., J. Phys. D: Appl. Phys., 44 (2011), 372001
M. Yokoyama et al., BBRC, 450 (2014), 1266
T. Miyahara et al., AIP Advances, 4 (2014), 047115



がん細胞 プラズマにより死滅した様子

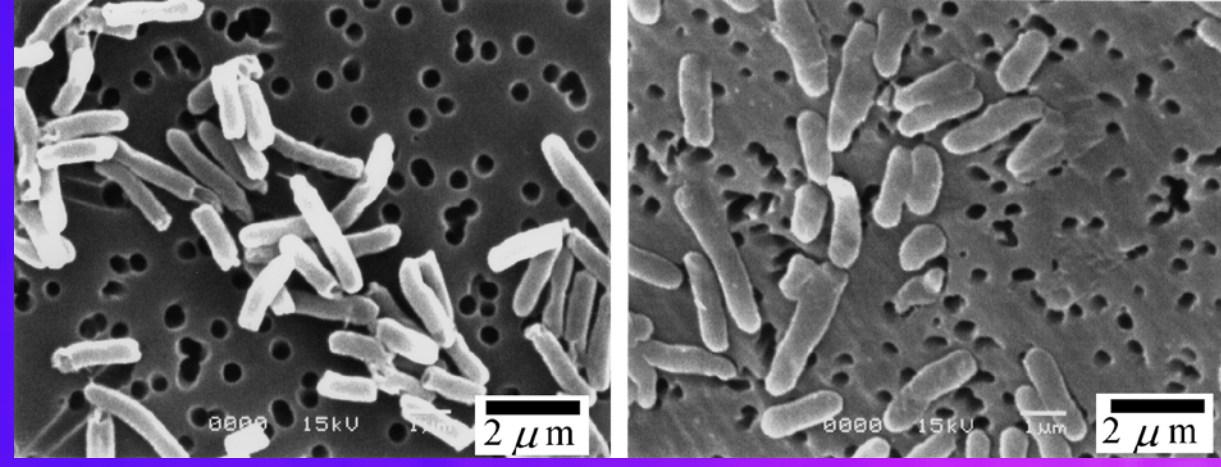
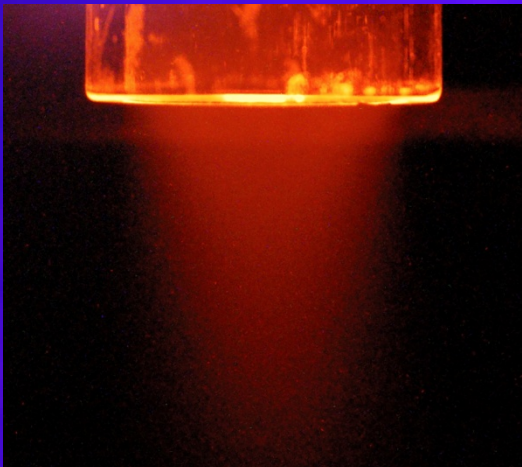


遺伝子発現の変化

大気圧低温プラズマ流による滅菌装置と滅菌機構

○マイクロ波アルゴンプラズマ流による滅菌装置

マイクロ波トーチ内で発生したプラズマを噴出させ細菌に照射する方法です。大腸菌照射実験より、生成された化学種が細胞壁と細胞膜に損傷を与える事を明らかにしました。



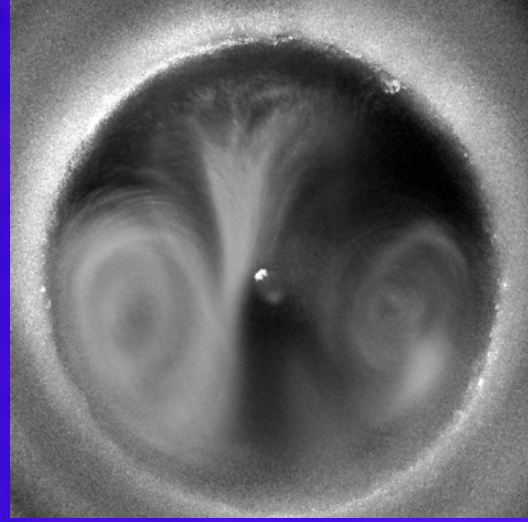
プラズマ照射による大腸菌の形状変化。右が照射後

大気圧低温プラズマ流の可視化

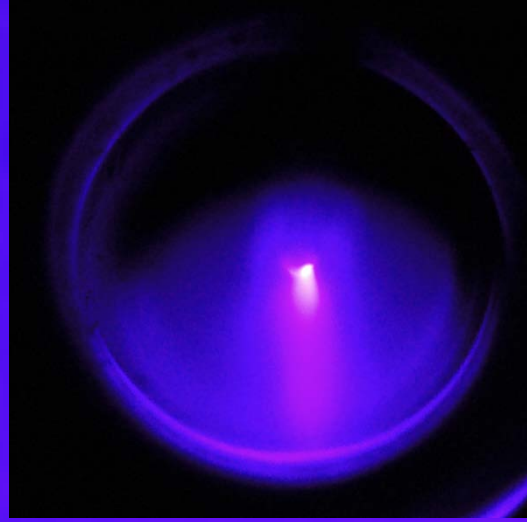
T. Sato et al., Applied Physics Letters, 89 (2006), 073902.
T. Sato et al., IEEE Trans. Industry Appl., 42 (2006), 399.
T. Sato et al., IEEE Trans. Industry Appl., 43 (2007), 1159.
T. Miyahara et al., Europhysics Letters, 86 (2009), 45001.
T. Sato et al., New Journal of Physics, 11 (2009), 115018.
国際出願 PCT/JP2005/15431, 特願2007-001999, 特願2008-06604

○細管内プラズマ滅菌装置

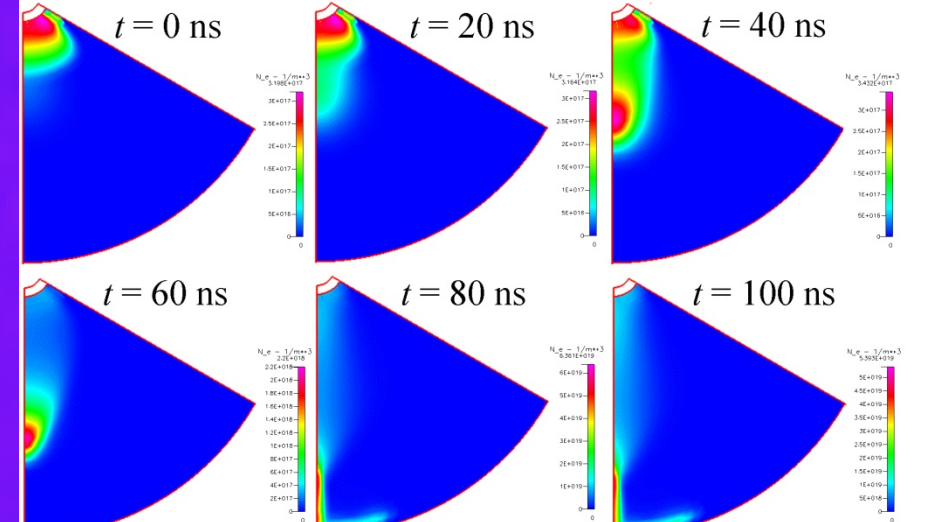
プラズマ流動制御により、低温ラジカルの輸送・濃縮を行い、低耐熱性材料の滅菌・表面改質を行います。実用化に向けて、長さ100 mm、内径 3 mm の細管内壁を壁温70℃、滅菌時間5分、消費電力13Wで滅菌可能なシステムの開発に成功しています。



流動場: 双子渦の形成



発光分布: 400nm

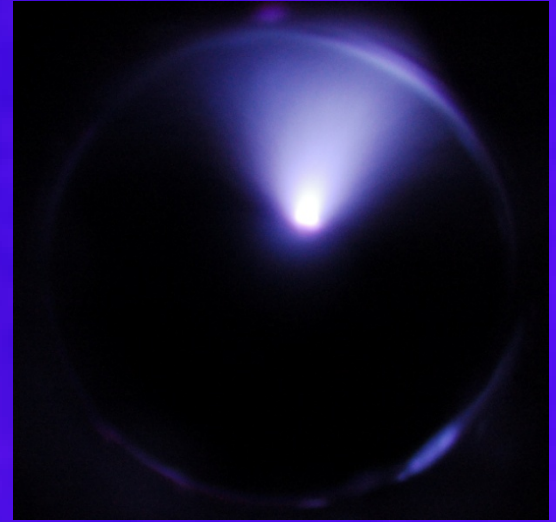


ストリーマ進展時の電子数密度分布の時間変化(数値解析)

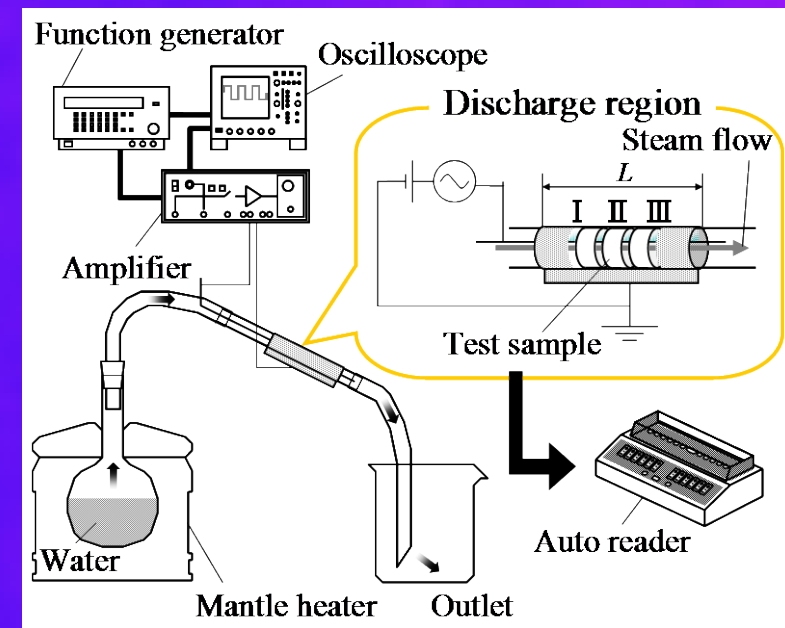
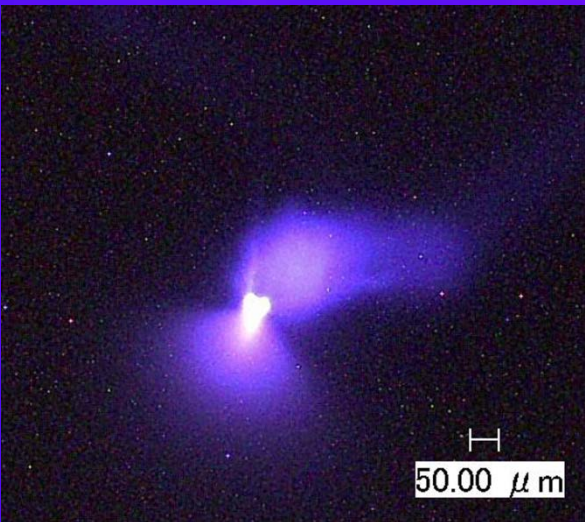
T. Sato et al., Plasma Processes and Polymers, 5 (2008), 606.
T. Sato et al., IEEE Trans. Industry Appl., 45 (2009), 44.
特許4898635号, 4902842号
国際出願PCT/JP2006/315958, 特願2005-270014, 特願2006-220400, 他

○大気圧水蒸気プラズマ滅菌装置

大気圧100℃の水蒸気を利用したプラズマ生成システムの開発を行い、OHラジカルの生成輸送制御による滅菌装置を開発しています。水蒸気プラズマによりOHラジカルを生成させ、100℃、30分程度でプラズマ生成部近傍の滅菌が可能であることを明らかにしました。



水蒸気中に生成したプラズマ



管内の水蒸気をプラズマ化し、滅菌を行う装置。

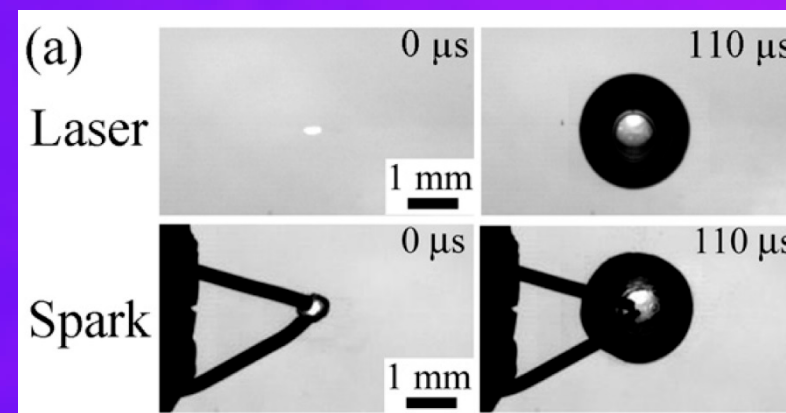
古居, 佐藤, 日本機械学会論文集B編, 70 (2008), 879.
特許4881249号

プラズマ誘起キャビテーション気泡の挙動

○水中でプラズマにより生成した気泡のリバウンド挙動を明らかにすることで、水中プラズマ医療器具開発に向けた基礎研究を行っています。

レーザーやスパークを利用した高熱源による気泡生成時に水素ガスが生成され気泡に取り込まれることで、リバウンドが変化することを明らかにしました。

T. Sato et al., APL 102 (2013), 074105.



水中に形成される気泡の挙動

共同研究：スイス連邦工科大学（スイス），マックスプランク地球圏外物理研究所（ドイツ），大分大学，静岡大学，信州大学，東北大学，東北薬科大学 他

東北大学流体科学研究所
ナノ流動研究部門
生体ナノ反応流研究分野



教授： 佐藤岳彦
博士研究員： 奥村賢直
技術専門職員： 中嶋智樹
秘書： 赤間 恵

D1：張 家興
M2：鎌田さやか
M2：熊谷 諒
M1：秋村隆仁
M1：及川港基
B4：久保英次郎
B4：村松海里
B3：石塚陽樹
B3：多田隼都

連絡先：sato@ifs.tohoku.ac.jp

大気圧における低温プラズマの流れは、熱、光、化学種、荷電粒子、衝撃波などの生成や輸送が簡便に行えるため、近年これらの特徴を利用した殺菌や治療法の研究が進められています。本研究分野では、細胞の活性化や不活性化過程の解明、プラズマ殺菌法の開発、気液プラズマの反応流動機構の解明、ナノ流動現象の解明などにより、プラズマの流れと生体の相互作用について明らかにし、次世代医療技術として期待されている「プラズマ医療」の基礎学理の構築ならびに応用をすすめ、国民の健康を守る新しい医療技術の創成を目指しています。

はじめに



プラズマは、様々な分野で应用されていますが、大気圧では対流の役割が重要となるため、電気、化学、材料だけではなく熱流体の視点も不可欠です。

当研究分野では、気液中に生成した大気圧低温

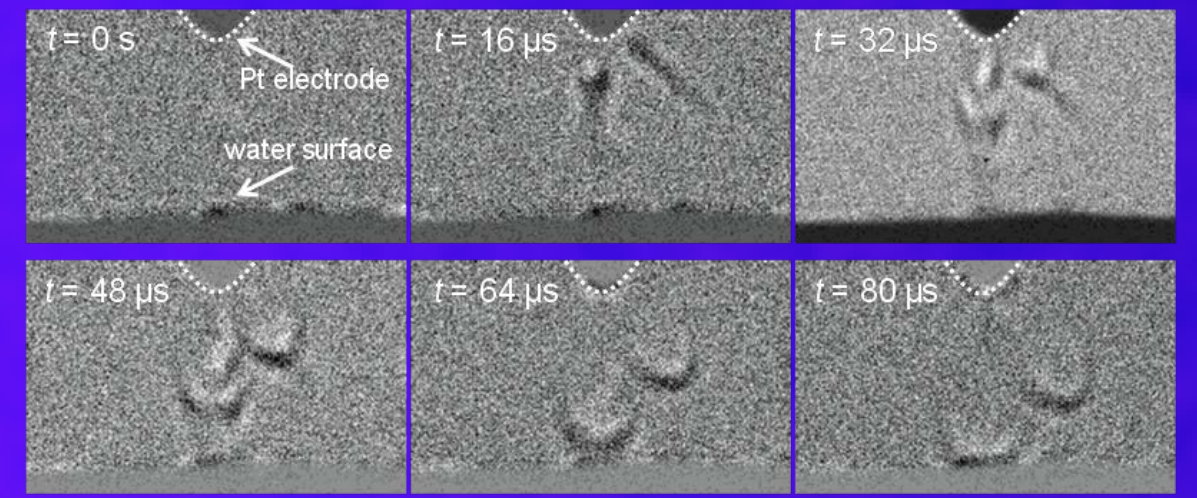
低温プラズマ流のラジカル生成輸送機構、生体との相互作用機構、気液プラズマ流の気泡生成消滅機構や反応プロセスの数値解析に取り組んでいます。また、国内外の大学・研究機関、企業との共同研究も進め、実用化を見据えた基礎研究を推進しています。

日本機械学会流体工学部門ニュースレター特集「大気圧プラズマ流」2007年12月号、「医療と流体工学」2011年12月号（解説記事）：<http://www.jsme-fed.org/newsletters/index.html>
佐藤, 静電気学会誌, 33, 137 (2009), 静電気学会誌, 37, 127 (2013). (解説記事)
神原 (編集代表), 大気圧プラズマ反応工学ハンドブック(NTS, 2013). (分担執筆)
日本学術振興会153委員会編, 大気圧プラズマ基礎と応用(オーム社, 2009). (分担執筆)

気液プラズマ流による熱流動場形成と化学輸送

○気液界面を介する化学輸送の解明を行い、プラズマ医療への応用を目指します。

水面上に形成したプラズマが気相中に熱流動場を形成すること、それにより水中に流れが誘起されること、気相中に生成された化学種が水中に溶解し主として対流により輸送されることを明らかにしました。



水面上のプラズマにより形成される熱流動場。秒速15 m/s程度の気流が放電時に発生する様子

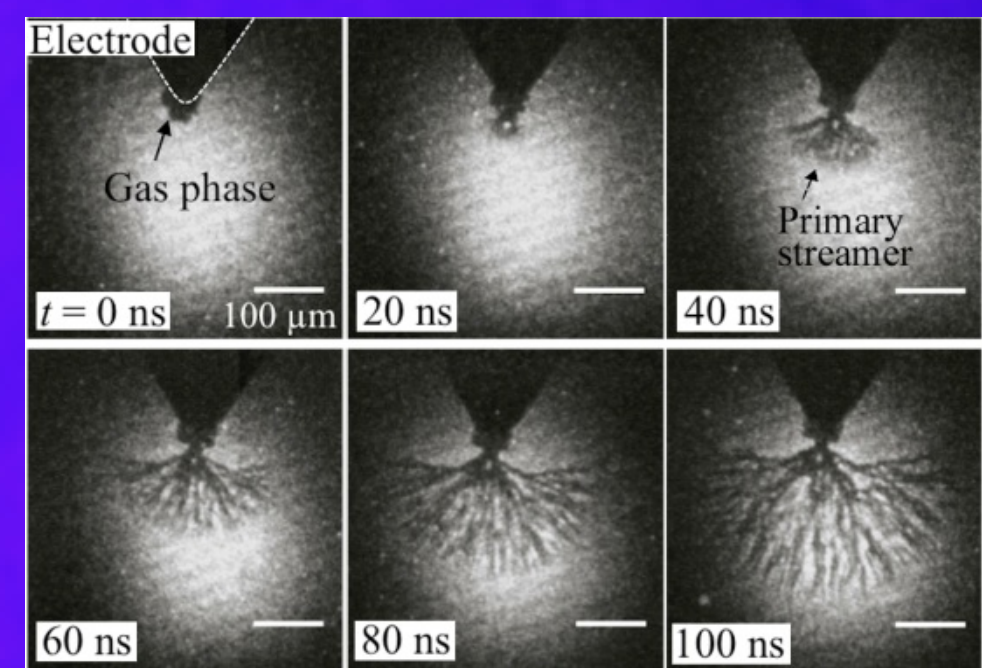
T. Shimizu et al., New J. Phys., 13 (2011), 053025.
T. Shimizu et al., J. Photochem. Sci. Tech., 24 (2011), 421R.

水中ストリーマの進展機構

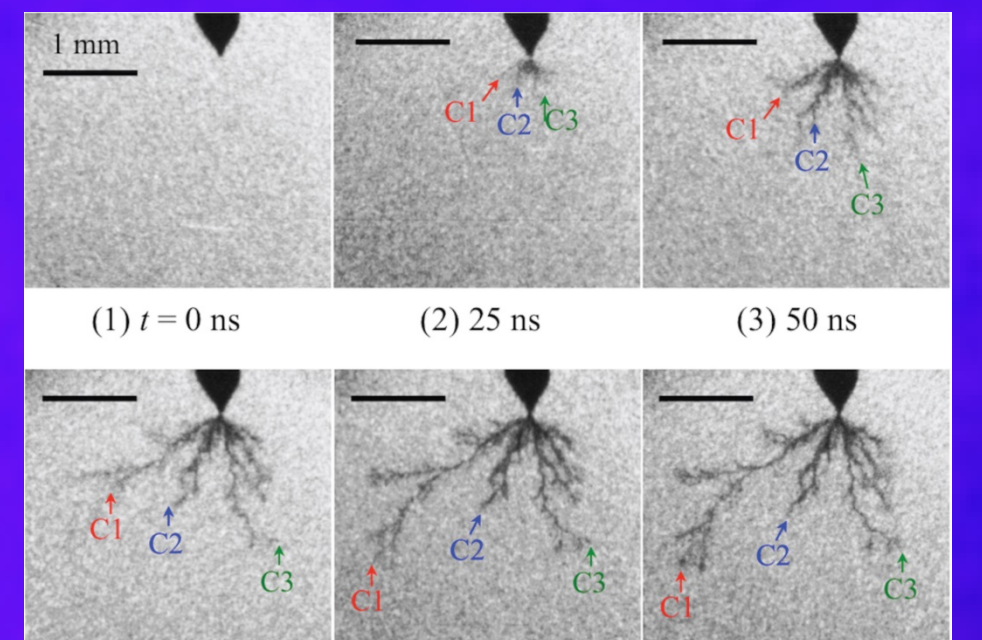
○水中の微小高速放電現象の解明と制御を行い、細胞照射用水中プラズマ発生装置の開発を目指します。

水中に形成される一次ストリーマは、細いストリーマチャネルが2.5 km/s程度で半球状に広がり最終的にフィラメント状に進展します。また、ストリーマが微小パルス状放電電流と共に進展することを明らかにしました。さらに、20 km/s程度で高速進展する2次ストリーマは、放電電流に連続成分が観察される時のみに進展することを明らかにしました。これにより、2次ストリーマには連続した放電電流が発生することが重要な要件であることを世界で初めて提案しました。

H. Fujita et al., J. Appl. Phys. 113 (2013), 113304.
H. Fujita et al., EPL, 105 (2014), 15003.
H. Fujita et al., J. Appl. Phys. 116 (2014), 213301.



水中に形成される1次ストリーマ進展の様子



水中に形成される2次ストリーマ進展の様子