

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 15 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2010～2012

課題番号：22390356

研究課題名（和文）水プラズマによる生体に優しい低温滅菌法の開発と実用化

研究課題名（英文）Development of safe and clean low-temperature sterilization using water vapor plasma

研究代表者

玉澤 かほる（TAMAZAWA KAORU）

東北大学・病院・講師

研究者番号：00124602

研究成果の概要（和文）：

生体に優しい低温滅菌法を目指して、水のみで生成されたプラズマについて検討した。その結果、1) 超極微量用のマスフローメーター（0.02g/min）と給・排気のタイミングの適正化により水プラズマの安定した生成が可能となった 2) 包装されているバイオリジカルインジケータ（BI、 10^6 個の *G. stearothermophilus* 芽胞）を完全に死滅できた。3) 水プラズマ処理後の多孔質金属円板の細胞生体適合性試験基準の達成を確認した。

研究成果の概要（英文）：

The aim of this study was to generate stable H₂O plasma and to evaluate its efficacy of sterilization and biomaterial compatibility. As the results of that, 1) stable generation of H₂O plasma was possible by optimization the timing of air supply and an exhaust gas and application of ultra low-volume mass flow controller (0.02 g/min). 2) H₂O plasma showed high sterilization effect to kill 10^6 *G. stearothermophilus* spores wrapped with tyvec^R at 60°C in 10 min. 3) porous metal disc treated with H₂O plasma cleared standard cell compatibility.

交付決定額

（金額単位：円）

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|---------|-----------|-----------|-----------|
| 2008 年度 | 3,000,000 | 900,000 | 3,900,000 |
| 2009 年度 | 2,400,000 | 720,000 | 3,120,000 |
| 2010 年度 | 1,900,000 | 570,000 | 2,470,000 |
| 年度 | | | |
| 年度 | | | |
| 総計 | 7,300,000 | 2,190,000 | 9,490,000 |

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：歯学・保存治療系歯学

キーワード：プラズマ、水、低温滅菌、芽胞、エンドトキシン、生体親和性

1. 研究開始当初の背景

E O ガス滅菌法は、発ガン性があり毒性が強いことから、WHO では 1994 年から、日本でも 2001 年より法的規制が施行されており、E O ガス滅菌法に代わる低温滅菌法の開発は、世界各国の緊急課題である。

現在、E O ガス滅菌法の代替え滅菌法として、“プラズマ滅菌法”あるいは“ステラッド”と通称される過酸化水素ガス低温プラズマ滅菌法（ジョンソン&ジョンソン）が普及している。しかし、この滅菌法の機序はプラズマ効

果ではなく、過酸化水素ガスの毒性に依存している（玉澤ら、医科器械学、2001；Tamazawa etc、IADR、2006）。すなわち、E O ガス滅菌の問題点が解決された低温プラズマ滅菌法は未だ開発されていない。

最近、真空ポンプが不要な大気圧プラズマを用いた滅菌法の開発や研究が盛んに行われている。この方法は装置を小型化できる大きなメリットがある。しかし、オゾンや NOX などが生成され、強烈な臭いも伴うことがあるため、生体への安全性や環境汚染の問題を解

決する必要がある。

研究代表者は、これまで、プラズマは毒ガスのような浸透性がなく、効果が表面的であるため、プラズマの特性を考慮して、細菌を薄く均一に付着させた自家製の試料を用いてきた。また、細菌試料は包装せずにプラズマ処理し、液体培地にて培養陰性、陽性を判定して、滅菌効果を評価してきた。滅菌法の実用化に向けて、他の方法と比較するため、滅菌効果について客観的評価ができる市販品を使用する必要がある。

プラズマは、高いエネルギーを持ち反応性が非常に高いが、マクロの視点ではその効果は表層である。そのため、プラズマによる滅菌法について多数の報告があるものの、そのほとんどが直接プラズマを菌に照射した場合の結果である。包装器材をプラズマを用いて滅菌するには、包装表面に電極を密着させるなどの特殊な技術が必要であると報告している(永津, J. Plasma Fusion Res, 2007)。実際の治療においては、滅菌袋に入った器材を使用するため、包装された細菌試料を滅菌できなければ、プラズマ滅菌の実用化は困難である。

現在、使用されている滅菌法の中では、オートクレーブ滅菌が、効果の確実性や生体への安全性などの観点から最も優れている。しかし、医療の先端化・高度化に伴い、オートクレーブで対応できない低温低湿下で滅菌処理の必要な繊細な器材が増加しており、新しい滅菌法の開発が必要とされている。また、毒ガスによる低温滅菌法では、処理器材に残留するガスの毒性が懸念されることから、処理器材の生体親和性も滅菌法の開発に際して考慮すべき要件である。

2. 研究の目的

本研究の目的は、プラズマ滅菌の実用化を視野に入れて、ガスポンペを必要とせずに環境に優しく安全性を確保できるキャリアガスとして水に注目し、水のみで生成されるプラズマを用いた低温滅菌法を開発することにある。水のみで滅菌に有効なプラズマを生成できればガスポンペが不要になるので装置の小型化が可能であり、水より O_2 だけでなくHやOHなどの活性種生成が期待できる。また、酸素ガスのように可燃性がないため、環境に対しても安全性が高まる。水プラズマを安定して生成できるシステムを確立するために、水蒸気の給・排気系の結露を抑制できる水の適正供給量、供給方法について検討する。また、プラズマ滅菌の実用化を図るために、市販品の包装された細菌試料を用いて、滅菌できる処理条件の効果を検討する。また、プラズマ処理器材の生体親和性の確認と、発熱作用の強力なエンドトキシンの不活化効果について

検討を加える。

3. 研究の方法

(1) 水プラズマの安定生成

工業用プラズマエッチング装置(PACK III、ワイエイシイ、同軸電極)と気化式水供給装置(図1)を用いて、水プラズマの安定生成と給排気系の結露防止策について検討した。



図1 気化式水供給装置

(2) 滅菌効果の検討

①使用した細菌試料

細菌試料として、ステンレスディスクに塗布された芽胞が樹脂袋で包装された芽胞数 10^6 の市販のBI(バイオロジカルインディケータ(SGM ディスク、メルクおよびレーベンジャパン)を用いた(図2)。



図2 細菌試料

②滅菌効果の評価

滅菌効果は、これまで、プラズマ滅菌(過酸化水素プラズマ滅菌法)で指標菌とされている*G. stearothermophilus*を主として検討した。プラズマはキャリアガスが異なると、指標菌すなわち最抵抗性菌も異なる可能性があると考え、他の滅菌指標菌である*B. atrophaeus*と*B. pumilus*についても滅菌効果を検討した。培地は3菌種ともSCD(ソイビーン・カゼイン・ダイジェスト)寒天培地を用いて48時間培養して、CFU(colony forming unit)を算出して生残菌数を求めた。培養温度は*B. stearothermophilus*は $58^{\circ}C$ で*B. atrophaeus*と*B. pumilus*が $32^{\circ}C$ とした。

③プラズマ処理条件

これらの BI をプラズマ装置のチャンバに設置して出力 150W、チャンバ温度 60°C を基本条件として、水の流量 (5~20ml/min)、CCV (コントロールバルブの開閉角度 (20~80°)、処理時間 10~30 分、BI の包装状態をパラメータとしてプラズマ処理した。BI は BI を包装した状態と、包装を外して SUS 円板を露出させた状態の 2 通りでプラズマ処理した。対照として O₂ プラズマや N₂ プラズマについても検討を加えた。

④芽胞細胞の形態変化

BI 試料の一部は芽胞の形態変化を走査型電子顕微鏡 (電界放出型、日立 S-4700) にて加速電圧 3kV、倍率×20k で観察し、滅菌機序推察の一助とした。

⑤発光スペクトル解析

滅菌効果の検討に用いたプラズマ処理条件について、処理中の発光状態をプラズマプロセスモニター (C7460-02、UV 対応レンズ、位置確認用アダプタ、浜松ホトニクス) を用いて、5 つの窓が付与された開閉装置に、発光ファイバーの位置を精密に制御できる XYZ 軸ステージと α 軸ゴニオステージを取り付けて発光スペクトルを計測した (図 3)。

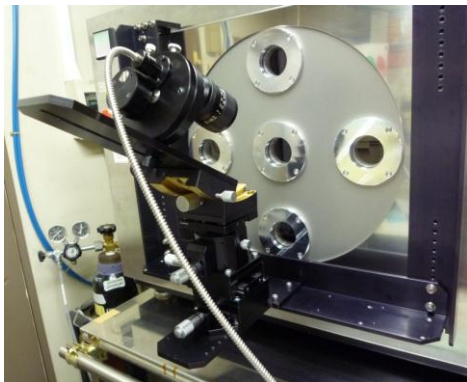


図 3 発光スペクトル測定

(3) ET 不活化効果

①ET 試料と ET 定量

1) ET 試料:

担体は特注した 3 種 (ガラス、SUS、ポリイミド) の円板 (直径 10mm、厚さ 2mm) とした。担体に ET インジケータ (E. coli 055 : B5、和光純薬工業、10,000,000 EU/vial) を 10 μL 負荷 (500 EU/担体) して一晩風乾した後、ET 負荷面を上にしてガラスバイアルに入れ、アルミホイルで蓋をしたものを ET 試料とした。

2) ET 定量: プラズマ処理後の ET 試料は、ET 試験用水を 2mL 入れ、60 分静置後 15 分超音波処理した。その後、ボルテックスミキサーで 1 分間攪拌後、リムルス E S II シングルテスト (和光純薬工業) とトキシノメーター ET-5000 (和光純薬工業) を用いて、比濁時間分析法にて残留 ET 量を測定した。使用する器

材はすべて注射用水で洗浄し、250°C 2 時間乾熱滅菌して用い、希釈は ET 試験用水を用いた。

②プラズマ処理

ET 試料は、出力 150W、チャンバ温度 60°C、処理時間 10 分、水の流量 5~20 ml/min の条件下でプラズマ処理をした。対照はオートクレーブ処理 (121°C で 20 分、乾燥 10 分) とした。

(4) 生体親和性の検討

毒ガスによる低温滅菌法では、毒ガスが器材内部の深部に取り込まれた場合は、エアレーションしても除去が困難であることから、生体への影響が懸念されている。このような背景をもとに、プラズマ処理後の器材について生体親和性を検討するために、多数の気孔を有する SUS 円板を特注して検討した。

①試料: 焼結多孔質 SUS 円板 (特注、気孔径 100 μm、Ø10mm、SUS316、富士ケミカル)。

②細胞の準備: L29 細胞を 1 ml の MEM (minimal essential medium) に 10% (v/v) 牛血清、ペニシリン (50U/ml)、ストレプトマイシン (50 μg/ml) を添加した培地で増殖させた。

③プラズマ処理 (ガス種: H₂O、O₂、N₂) 対照はオートクレーブ滅菌処理 (135°C、12 分、VS シリーズ、サクラ精機) とした。

④細胞適合性試験

1 ウェルに L929 cells の懸濁液 (1×10⁴) を入れ、プラズマ処理した SUS 円板を投入して、37°C、5% CO₂、95% air、相対湿度 100% の条件下で培養した。48 時間後、自動セルカウンター (TC10、Bio-Rad) で細胞数を計測し、オートクレーブ処理後の細胞数に対する相対細胞増殖率 (RGR) を算出し、SUS の JIS 細胞適合性試験の基準を満たすかを検討した。

⑤バーの表面変化

スチール製の歯科用切削バーを 10 回プラズマ処理し、表面性状を電界放出型走査型電子顕微鏡 (S-4700、日立) と EDX (エネルギー分散型 X 線分析、アメテック) を用いて検討した。プラズマ処理条件は、出力 150W、チャンバ温度 60°C、処理時間 10 分、水の流量 5~20 ml/min とし、対照はオートクレーブ処理 (121°C で 20 分、乾燥 10 分) とした。

4. 研究成果

(1) 水プラズマの安定生成

超微量用の液体微小マスフローメーター (0.02g/min、H₂O 流量最大 25ml/min) を用いて、給・排気のタイミングの最適化により、長時間稼働させても給排気系に結露を生じることなく H₂O プラズマの安定した生成が可能となった。

水導入前のチャンバの真空度は、高いほど安定した水プラズマが生成された。

チャンバの真空度を高めるためには、他のガスとは異なり、RF 放電よりパージが有効で

あった。パーズにより、給気・排気系が空気で洗浄されるためと推察された。

(2) 滅菌効果

①水プラズマの滅菌効果 (表 1)

10 分間の水プラズマ処理により、ガス流量 10 あるいは 20ml/min で、 10^6 の芽胞の BI を完全に滅菌できた。しかし、同条件のガス流量とガス圧で処理したときに完全滅菌できない場合もあった。

O_2 や N_2 などでは CCV (conductance control valve、ガス流量コントロールバルブ) の開閉角度とガス流量を設定するならば、一定のガス圧が得られるが、水プラズマでは CCV と流量だけではガス圧の安定化が困難な場合があった。ガスを導入する前のチャンバのガス圧をバキューム操作で小さくでき、また、RF 放電中のガス圧の変化が小さい時に滅菌効果が高くなる傾向があった。

表 1 水プラズマの滅菌効果

| プラズマ処理条件 | | | | | 滅菌効果 |
|----------|------------------|-------------|------------------|----------------|------------------------------|
| 処理日 | ガス種 | CCV* (°) | ガス流量 (ml/min) | 処理後の 温度(°C) | BI**生残菌数(CFU**) mean ± SD |
| cc/dd | H ₂ O | 40 | 10 | 70 | 0 ± 0 |
| ee/ff | H ₂ O | 40 | 20 | 70 | 0 ± 0 |
| aa/bb | H ₂ O | 80 | 20 | 67 | 0 ± 0 |
| aa/bb | H ₂ O | 80 | 10 | 67 | 3 ± 6 |
| aa/bb | H ₂ O | 40 | 20 | 70 | 7 ± 6 |
| aa/bb | H ₂ O | 80 | 5 | 67 | 13 ± 15 |
| ii/jj | H ₂ O | 40 | 20 | 70 | 43 ± 35 |
| ii/jj | H ₂ O | 80 | 20 | 63 | 47 ± 23 |
| gg/hh | H ₂ O | 80 | 2.5 | 68 | 60 ± 26 |
| gg/hh | H ₂ O | 80 | 5 | 67 | 67 ± 15 |

②最抵抗性菌

これまでプラズマ滅菌の指標菌は *B. stearothermophilus* とされてきたが、今回の検討でガス種により最抵抗性菌が異なることが明らかとなった。水プラズマと O_2 プラズマの最抵抗性菌は *B. pumilus* であり、 N_2 プラズマは *B. atrophaeus* であることがわかった。*B. stearothermophilus* は、最も高い耐熱性を示すことから、通常、高圧蒸気滅菌用の指標菌として用いられているが、この菌に対しては、水プラズマと O_2 プラズマは 10^6 個の芽胞を 10 分で死滅できる強力な滅菌効果を有した。しかし、*B. pumilus* に対しては 10^6 芽胞を包装した状態で処理した場合の生残菌数は $10^4 \sim 10^5$ であった。

③芽胞細胞の形態変化と包装

同一のガス種でも、ガス圧力、包装の有無によって、芽胞の形態変化が異なった。水プラズマでは包装の有無で芽胞の形態に差が認められなかった。一方、 O_2 プラズマでは、包装を外して処理した場合はアッシング効果による細胞の縮小化が認められた。しかし、包装を外した BI で細胞の縮小化は認められなかった。また、包装 BI が、未包装 BI より滅

菌効果が必ずしも劣るとは限らず、その逆の例も存在した。包装はプラズマ浸透を阻害し、滅菌効果が低下するが、処理条件によっては包装による物理的あるいは化学的な効果が存在する可能性が示唆された。

④発光スペクトル

水プラズマの発光スペクトルは、309nm、487nm、657nm などに水由来のピークが認められ、また、パーズ時に取込まれた空気由来のピークもみられた。これらのピーク強度と滅菌効果との関係については明らかにすることはできなかった。また、水蒸気をチャンバに導入する前の真空度と、水蒸気量および CCV 角度とのバランスが最適化されたときに、滅菌に有効な活性種が多量生成されて、滅菌効果が高くなると推察される。また、同一の水蒸気量と CCV であっても、発光の色 (図 4 はともに 20ml/min、CCV80°) が異なる場合があった。水の量が多くなると 309nm のピーク強度が高くなる傾向にあった。(図 5 上: 10ml/min、CCV80°、図 5 下: 20ml/min、CCV80°)

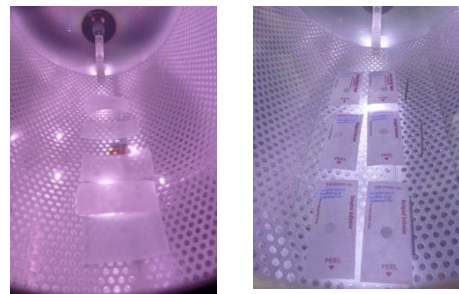


図 4 水プラズマ発光状態

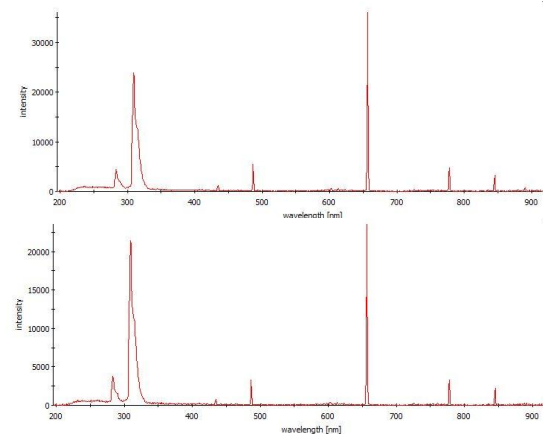


図 5 発光スペクトル

(3) ET 不活化効果

水プラズマ処理後の残留 ET を定量して ET 不活化率を算出した。その結果、ET 試料よりアルミホイルの蓋を外して水プラズマ処理 (流量 20 ml/min) した場合には、SUS 円板で 99%、ガラス円板で 95%、ポリイミド円板で 59%であった。一方、対照としたオートクレー

ブ処理では SUS が 68%、ガラスとポリイミドはともに 99%であった。SUS 円板においては水プラズマはオートクレーブ処理より ET 不活化効果が高かった。

(4) 生体親和性の検討

図 6 はプラズマ処理あるいはオートクレーブ処理後の SUS 円板に増殖できた細胞数を示す。SUS の JIS 細胞適合性試験基準は、オートクレーブ処理後の RGR (相対細胞増殖率) の 0.7 以上とされており、各処理後の RGR を算出すると、H₂O プラズマは 0.95、O₂ プラズマでは 0.97、N₂ プラズマでは 0.95 であり、プラズマ処理後の試料の RGR は、ガス種を問わず 0.7 以上を示した。以上より、H₂O プラズマは多孔体の SUS 試料において JIS 細胞適合性試験をクリアできた。

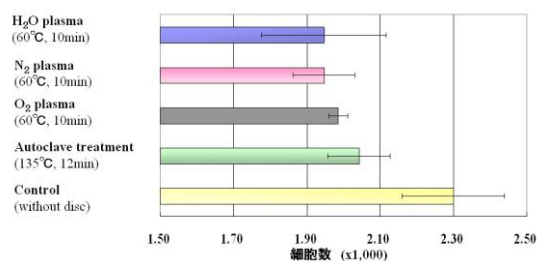


図 6：各処理法と増殖細胞数

(5) バーの表面変化

スチールバーを水プラズマで処理した場合には、10 回処理後でも変色や腐食は認められず、EDX のスペクトルピーク強度比 “O/Fe” は低値であった。一方、オートクレーブ処理では、1 回の処理で変色や腐食がみられ、処理回数とともに腐食が進行し、ピーク強度比 “O/Fe” の増大がみられた (図 7)。このスチールバーは、切れ味に優れることから歯の切削で多用されているが、オートクレーブ処理すると腐食や錆が生じることからこの対応には労力を要している。水プラズマは、10 回処理しても表面に変化が認められなかったことから、スチール製の素材のみならず、高温高湿に耐性の低い器材に対して実用性の高い滅菌処理法になり得ると思われた。

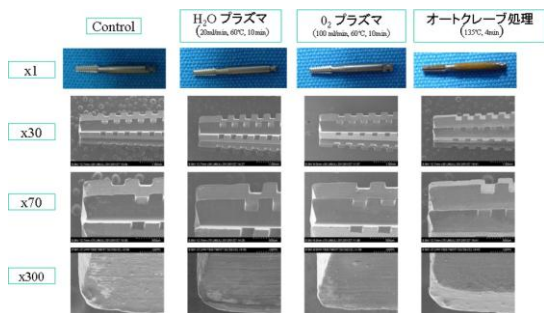


図 7 各処理法とバーの表面変化

(6) 今後の展望

本研究により、水のみで生成したプラズマにより、包装された 10⁶ 芽胞の BI を 10 分で完全に死滅することができた。しかし、同じ条件で処理しても完全滅菌が得られなかった場合があった。今回、制御できたパラメータは、出力、チャンバ温度、処理時間、水の供給量、CCV の開閉角度である。滅菌効果の確実化に必要なパラメータについて見落としがあるのかもしれない。この問題解決には生成されたプラズマの計測項目の追加が必要と考え、プローブによるプラズマ密度計測を試みた。しかし、本装置はプラズマ密度が低いため、プローブ計測は有効な手段にはなり得なかった。また、発光スペクトルのピーク波長とピーク強度においても、滅菌効果との対応をとり検討したが、明らかな関係を見い出せなかった。O₂ や N₂ などと異なり、水プラズマでは CCV と流量だけではガス圧の安定化が困難なことも滅菌効果に影響を与えていると考えられる。H₂O は常時ガス体でなく、液体とガスの両方の状態をとること、給気・排気系に残留した水の状態と量により、その挙動変化があること、また、チャンバ温度やパージ時に取り込まれる空気との相互作用も関与していると推察される。滅菌効果の確実化にはこれらの状態を計測・制御できるシステムが必要と思われた。

水のみで生成されたプラズマは、包装された 10⁶ 芽胞を 60°C、10 分で滅菌でき、エンドトキシンに対しても高い不活化作用を有し、生体親和性も高かったことから次世代の新しい滅菌法になり得ると思われた。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 5 件)

① 玉澤佳純、玉澤かほる、岩松正明：脊柱湾曲症患者対応のデンタルチェアの開発；日本老年歯科医学会雑誌、373～384、2013、査読あり。

② 玉澤佳純、玉澤かほる、岩松正明、山口哲史：高齢者の歯科治療の最適時間帯を探る—アンケート調査からの考察—；日本老年歯科医学会雑誌、69-76、2012、査読あり。

https://www.jstage.jst.go.jp/article/jsg/27/2/27_69/_pdf

③ 玉澤かほる：医療は安全が第一 ラバーダムして根管治療をしよう！；Quintessence、30、2157-2159、2011、査読なし。

④ 玉澤佳純、玉澤かほる、高橋正美、國島広之：眼への血液・体液曝露事例の原因と対策；日本環境感染学会誌、26、222-227、2011、査読あり、doi:10.4058/jsei.26.222。

⑤ 玉澤かほる：プラズマ講座「プラズマによ

るエンドトキシンの不活化効果」;防菌防黴誌、39(2)、99-111、2011、査読なし。
http://saaaj.jp/legacy/magazine/abstract/magazine_3902abstract05.html (要約)

〔学会発表〕(計 10 件)

- ① 玉澤かほる、高岡文、伊東久美子、玉澤佳純、島内英俊：水プラズマによるエンドトキシン不活化効果とバーの表面変化；日本防菌防黴学会、2013年9月10日～11日、千里ライフサイエンスセンター、大阪(発表確定)。
- ② 玉澤かほる、玉澤佳純、根本英二、島内英俊：水プラズマによる低温滅菌法；日本歯科保存学会、2012年11月22日～2012年11月23日、広島国際会議場、広島。
- ③ 玉澤かほる、玉澤佳純、山田則一、伊東久美子、越川富比古、島内英俊：水プラズマによる滅菌効果と細胞毒性評価および器材表面の性状変化；日本防菌防黴学会、2012年09月11日～2012年09月12日、東京、きゅりあん。
- ④ T. Chikazawa, S. Kataoka, Y. Shimabukuro, H. Masunaga, Y. Ogata, K. Tamazawa, H. Shimauchi, T. Nishida, K. Ito, T. Yamamoto, S. Murakami : Effects of L-ascorbic acid 2-phosphate magnesium salt on gingivitis: a blinded, randomized-control clinical trial; Europerio 7, 2012年06月06日～2012年06月09日, Vienna, Austria.
- ⑤ K. Tamazawa and Y. Tamazawa : Sterilization effect and biomaterial compatibility of H₂O plasma ; Journal of clinical periodontology ; Europerio 7, 2012年06月06日～2012年06月09日, Vienna, Austria.
- ⑥ 玉澤佳純、玉澤かほる：眼への血液・体液曝露後の対応の問題；日本環境感染学会、2012年2月4日、福岡市：福岡国際会議場。
- ⑦ 玉澤かほる、玉澤佳純、島内英俊：生体に安全なガスで生成されるプラズマの滅菌効果と芽胞の形態変化；第54回秋季日本歯周病学会、2011年9月24日、下関市：海峡メッセ下関。
- ⑧ 玉澤かほる、玉澤佳純、石田欣二、花坂智人、松浦絵里、小笠原勝利：プラズマ処理後の芽胞の形態変化；日本顕微鏡学会 第67回学術講演会、2011年5月16日、福岡市：福岡国際会議場。
- ⑨ Kaoru Tamazawa, Yoshinori Tamazawa and Hidetoshi Shimauchi : Sterilization effect in low pressure discharge plasma using non-toxic Gas ; The 4th International Symposium for Interface Oral Health Science, March 8, 2011, Sendai, JAPAN.
- ⑩ K. TAMAZAWA, Y. TAMAZAWA, and H. SHIMAUCHI : Effect of Plasma Sterilization on *Geobacillus* Spores

Using Non-toxic Gas ; 88th General Session & Exhibition of the IADR, July 15, Barcelona, SPAIN, 2010.

〔図書〕(計 3件)

- ① 玉澤かほる、玉澤佳純、(作道章一編著)：食と安全の安全：食と健康の高安全化－殺菌、滅菌、消毒、不活化、有害物除去技術－；第6章3節一歯科施設の感染対策－；S&T出版、東京、363-384、2012。
- ② 玉澤かほる：従来法のエンドトキシン除去効果とプラズマを用いたエンドトキシン不活化効果；「プラズマ照射による医療用品の滅菌、エンドトキシンならびにプリオン不活性化法と応用」に関する研究開発専門委員会報告書、日本学術振興会「プラズマ照射による医療用品の滅菌、エンドトキシンならびにプリオン不活性化法と応用」に関する研究開発専門委員会、16-19、2011。
- ③ Kaoru Tamazawa : Inactivation of endotoxin by low-pressure plasma ; In, Akikazu Sakudo and Hideharu Shintani, Sterilization and Disinfection by Plasma: Sterilization Mechanisms, Biological and Medical Applications , Nova Science Publishers Inc, New York, 19-31, 2011.

〔産業財産権〕

○出願状況(計 0件)

○取得状況(計 0件)

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

玉澤 かほる(TAMAZAWA KAORU)
東北大学・病院・講師
研究者番号：00124602

(2) 研究分担者

玉澤 佳純(TAMAZAWA YOSHINORI)
東北大学・病院・准教授
研究者番号：10124603

根本 英二(NEMOTO EIJI)
東北大学・大学院歯学研究科・准教授
研究者番号：40292221

(3) 連携研究者