

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 29 日現在

機関番号：32678

研究種目：新学術領域研究(研究領域提案型)

研究期間：2012～2016

課題番号：24108010

研究課題名(和文)プラズマによる細胞/組織の活性化・改質及び再生医療への応用展開

研究課題名(英文)Activation and modification of cell/organization with plasma and application to regenerative medicine

研究代表者

平田 孝道(Hirata, Takamichi)

東京都市大学・工学部・教授

研究者番号：80260420

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 82,100,000円

研究成果の概要(和文)：心疾患及び呼吸器疾患の治療を目的とした心筋梗塞発症モデルラットへのプラズマ吸入による実験・評価を行なった。プラズマは、ガラスキャピラリー先端に接続したシリコンチューブを介して小動物の肺に吸入した。カテーテル型一酸化窒素(NO)センサにより血液中NO濃度の測定、更に血圧はマイクロ圧力センサにより測定した。Heガス吸入ではSpO₂に変化は殆どみられなかったが、プラズマ吸入では血圧低下する傾向がみられた。更に、プラズマ吸入後から血液中NO濃度が増加することから、NOによる血管拡張作用に起因した血圧低下であることが判明した。

研究成果の概要(英文)：The use of inhaled plasma, generated by an atmospheric-pressure plasma (APP) reactor, in a rat myocardial infarction (MI) model resulted in increased saturation pulse oxygen (SpO₂) in the blood, which suggests that this method can be beneficial in restoring heart function following cardiac ischemia. Additionally, in vivo blood pressure decreased from 89/81 to 73/60 mmHg in the abdominal aorta during plasma inhalation. Nitric oxide (NO) concentrations in the abdominal aorta increased after 20 s of plasma inhalation, reaching a maximum value at about 160 s and gradually decreased thereafter.

研究分野：プラズマ理工学

キーワード：プラズマ 大気圧プラズマ プラズマ医療 再生医療

1. 研究開始当初の背景

大気圧下の空間もしくはガス流体中で非平衡プラズマを発生させる「大気圧プラズマ」等を駆使した液相中もしくは気相-液相界面反応場を利用した“新規プラズマ”の生成基礎及び応用展開に関する研究は、国内外の大学や民間研究所の化学・固体物理・ナノ材料分野で盛んに行われている。しかし、本研究課題のように、プラズマ科学、デバイス工学、表面・界面化学、生体分子学等の学際的分野を駆使した研究は、欧米に比べて若干の遅れがあるというのが現状である。特に「大気圧プラズマ」は、滅菌・殺菌、有害物質分解、表面改質のみならず、ナノテクノロジー・バイオテクノロジー・メディカルサイエンスの多面性を必須とする複合新領域の開拓・発展には必要不可欠である。更に、プラズマの応用事例として近年注目されつつある「パルス・プラズマを用いた皮膚の改質・再生治療」もしくは「プラズマ方式分子導入装置を用いた細胞及び組織への遺伝子(DNA)、蛋白質、医薬系低分子化合物の導入」など、実用化が先行しているにもかかわらず物理的メカニズムが未だ解明されていない状況を解決する手段として、プラズマ理工学方面からのメカニズム解明が重要なキーポイントと成り得る。

2. 研究の目的

本研究課題では、臨床応用・適用を目的とした新規プラズマ治療装置の開発を行う。具体的には、低侵襲型マイクロスポット大気圧プラズマ源の開発・特性評価による気相-プラズマ-液相界面反応場の挙動解明、並びにプラズマ理工学、生理学、病理学、再生医療学等からの多角的アプローチによるプラズマ照射と細胞増殖及び血管拡張作用のメカニズム解明、並びに臨床応用展開に関する可能性と問題点について検証を行う。

3. 研究の方法

臨床応用・適用を目的とした新規プラズマ治療装置の開発を中心に、5年間の研究期間を3段階の順序にて実施した。●フェーズⅠ：大気圧プラズマ源の開発及び臨床用新規プラズマ治療装置の試作、●フェーズⅡ：培養細胞及び動物を用いたプラズマ照射実験、並びに分子生物学・内科学的検証、●フェーズⅢ：細胞/組織の活性化メカニズム解明と臨床応用に関する検討。さらに、フェーズ内を各チームに分けて遂行した。(1)プラズマ装置チーム：マイクロスポット大気圧プラズマ源の作製及び特性評価を行う。具体的には、生体組織への侵襲性を軽減させるための構造を有する新規プラズマ治療装置を作製・特性評価する。(2)培養細胞チーム：各種培養細胞を用いたプラズマ照射実験を行う。対象とする細胞は、表皮細胞、骨芽細胞、軟骨細胞、心筋細胞、肝細胞、頭髪系細胞であり、生命維持及び新陳代謝に必要と思われる細胞に

着目した培養実験を行う。(3)実験動物チーム：火傷・切創を形成させた小動物(ラット)へのプラズマ照射、並びに中動物(ミニブタ・ヤギ)の肺へのプラズマ吸入を行う。プラズマ照射が生体に与える影響を把握するために、内科学的な一般検査である血球算定検査、生化学検査、逆転写ポリメラーゼ連鎖反応(RT-PCR)による遺伝子発現解析、体重測定、及び皮膚形態変化観察(目視及び細胞核染色)による評価を行う。さらに、自動血球計数器を用いた血液検査による炎症状態の把握を行う。(4)病理検査チーム：プラズマ照射を行った部位(皮膚及び肺)について、病理切片を作製し、病理学的見地からの評価を行う。

4. 研究成果

研究の成果を以下に示す。

プラズマ照射時間に対する細胞数変化

プラズマ照射時間に対する細胞数変化について測定を行った。大気圧プラズマ発生装置本体は、ガラスキャピラリー(プラズマ発生部の内径:6 mm、先端部の内径:1 mm)内に直径1 mmのタングステン電極を導入し、外部に筒状グラウンド電極を設置した同軸構造である。プラズマ発生条件は、印加電圧:5-9 kV_{pp}、周波数:1-3 kHzであり、ヘリウム(He)ガス流量:1-1.5 L/min、照射距離:5-10 mm、プラズマ照射時間:1-300 sである。実験は、培養容器上にマウス繊維芽細胞(NIH3T3)を含有した無血清培地を展開し、プラズマ照射処理を施した。さらに、プラズマ照射処理を施した培養容器をCO₂-インキュベーター(温度:37℃、CO₂ガス濃度:5%)に導入し、24時間培養と光学顕微鏡による観察を行った。

プラズマ照射時間に対する細胞数変化のグラフを図1に示す。Heガスの場合、60s以上では減少傾向であるのに対して、プラズマフローの場合には約120s近くまでほぼ一定の細胞数が維持されることが判明した。したがって、プラズマと培地表面の相互作用が細胞内の成長因子増殖に大きな影響を及ぼしていると考えられる。

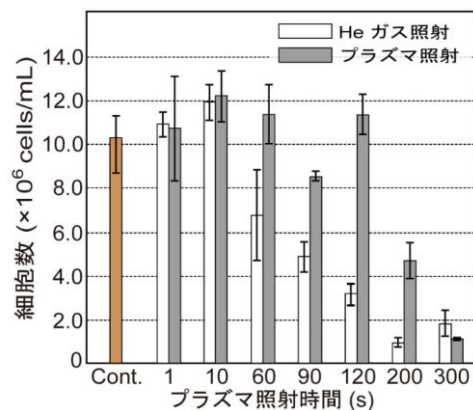


図1：プラズマ照射時間に対する細胞数変化

プラズマ照射による火傷治療

大気圧プラズマ発生装置の概略を図2に示す。プラズマを発生させるリアクタは、細胞増殖実験にて使用したものと同様であるガラスキャピ

ラリー（プラズマ発生部の内径:6 mm、先端部の内径:1 mm）内に直径 1 mm のタングステン電極を導入し、外部に筒状グランド電極を設置した同軸構造である。プラズマを発生させる高電圧は外部に接続した高電圧電源によって発生させる。本研究におけるプラズマの発生条件は、印加電圧:8 kV_{pp}、周波数:3 kHz(矩形波)、ヘリウム(He)ガス流量:1 L/min、照射距離:5 mm、照射時間:90 s である。この条件は、*in vitro* 実験にて行われた先行研究の結果より、株化細胞(NIH3T3 細胞株)及びブタ大動脈内皮細胞(POAEC)の増殖がもっとも認められた条件であるが、*in vivo* 実験にて行われた先行研究において、60 s 照射した場合よりもコントロールとの有意な差が見られたことから、照射時間は 90 s とした。

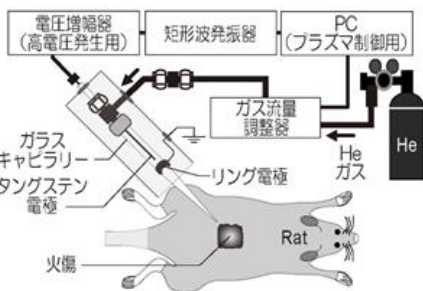


図 2：大気圧プラズマ発生装置概要図

ラットの背面に人為的に形成した熱傷部位に対して 1 日 1 回プラズマ照射を 30 日間に亘って行った目視観察の結果を図 3 に示す。2 匹の雄のラット(系統:Wistar, SPF, 7 週齢, 体重:170 g)に対して全身麻酔を行い、剃刀を用いて背部の剃毛を行った。ラットの背部に電気メスを用いて 5×5 mm² の熱傷(熱傷深度Ⅲ:真皮全層・皮下組織を傷害)を形成した。

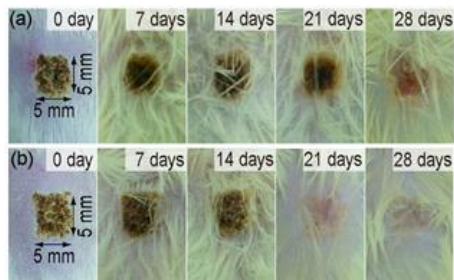


図 3：ラット熱傷部位の経過観察写真
(a)未照射 及び(b)プラズマ照射

観察開始直後には、炭化した皮膚とその周辺に炎症が認められる典型的な第Ⅲ度熱傷の様相を呈していたが、4 日目から表皮に瘡蓋(かさぶた)が生じ始めた。2 週間ほど経過した段階では、プラズマ照射を行った創傷部は全面に渡って完全な瘡蓋に覆われた[図 3(b)]。一方、図 3(a)に示す未処置のコントロールでは部分的に瘡蓋が形成し始めているものの、プラズマ照射を行った創傷部と比較して明らかに治癒が遅れている。さらに、21 日経過後にはプラズマ照射を行った創傷部は瘡蓋も殆どが剥離し、その下に

新たな表皮が再生しているのが観察された。サーモグラフを用いて体表面温度の測定を行った結果、照射部の温度は最大で 40-45℃程度であり、火傷を起こす温度には到達していないことが判明している。

図 4 にラット背部皮膚の火傷部位の病理組織像を示す。痂皮が表皮の上に確認でき、皮膚には歪みが目立たないが、プラズマ未照射では痂皮が同様にみられ、皮膚の歪みが目立っている。特に、プラズマ未照射の場合、毛包間に青く染まった結合組織の結節状の増殖が目立ち、毛包の配列に不整が見られるが、プラズマ照射の場合には毛包が規則正しく配列している。つまりケロイドにならないことが判明した。

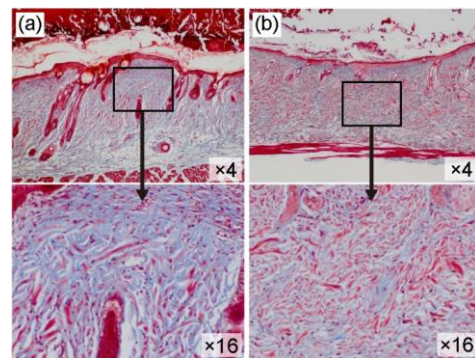


図 4：ラット皮膚の病理標本
[(a)未照射, (b)プラズマ照射]

さらに、プラズマ制御による火傷治癒メカニズム解明のため、プラズマ中のイオン種及びラジカル種の生成量を変化させた場合における火傷面積の評価を行い、火傷治癒に寄与する要因を明確するための実験を行った。プラズマ発生用印加電圧の周波数を 1, 2, 3, 4, 5 kHz と変化させてイオン種及びラジカル種の生成量を変化させたプラズマ照射を行った場合における熱傷の目視観察及び面積算定結果を図 5 に示す。未照射及び周波数 1, 2 kHz によるプラズマ照射を行ったラットでは、熱傷形成 12 日後までは熱傷面積の大きな変化は見られなかったが、12 日後から 27 日後にかけて減少した後に、30 日後にかけて緩やかに減少し、完治する傾向が見られた。一方、周波数 3, 4, 5 kHz の場合では、熱傷形成 6 日後付近から緩やかに減少する傾向があり、21 日後には 3 kHz によるプラズマ照射を行った熱傷組織はほぼ再生した。また、熱傷部位の組織がほぼ再生している状態に至るまでの期間は 4 kHz:24 日間、5 kHz:27 日間を擁しており、最も早く完治した 3 kHz に比べて約 3 日ずつ遅れる傾向が見られた。さらに、周波数 3, 4 kHz の熱傷部位では、未照射及び周波数 1, 2 kHz の熱傷部位と比較して、熱傷形成 12 日後から 24 日後にかけて熱傷面積が減少していることが判明した。

一般的に、大気圧プラズマによる放電ではプラズマ源周辺の窒素、酸素、並びに水分子等に起因した様々なイオン、ラジカル種、並びに励起種が生成されている。特に医療応用の観点からは、一重項酸素($1O_2$)、オゾン(O_3)、水酸基ラ

ジカル/ヒドロキシラジカル(OH)、スーパーオキシド($\cdot\text{O}_2$)、ヒドロキシラジカル(HO_2)、過酸化水素(H_2O_2)等の活性酸素種(ROS)や、一酸化窒素(NO)、二酸化窒素(NO_2)、ペルオキシナイトライト($\text{ONOO}\cdot$)、ペルオキシ亜硝酸(ONOOH)、三酸化二窒素(N_2O_3)などの活性酸素種(RNS)が気相中で生成されている。

以上の結果より、プラズマ照射による火傷患部の殺菌・滅菌により治癒が促進されるのではなく、プラズマ源から発生したイオン種及びラジカル種、並びに大気由来の副生成物による電気化学的刺激を含む組織表面反応が成長因子を活性化して血管新生を促進し、熱傷の治癒を促進させているものと考えられる。

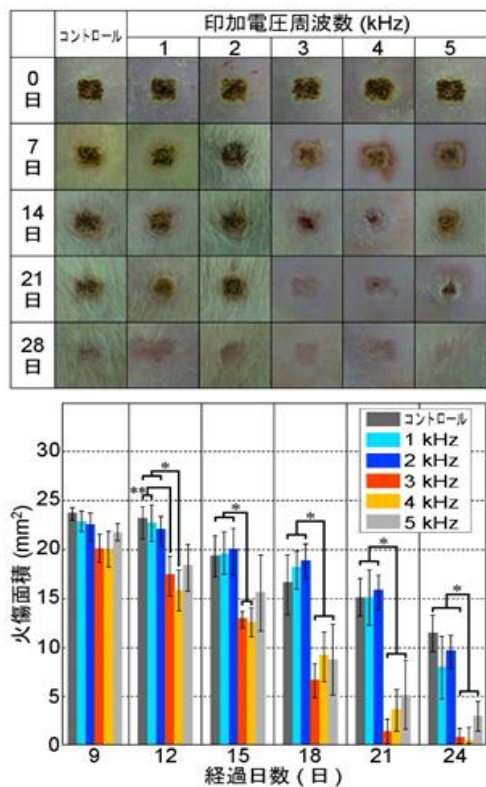


図 5：熱傷面積の経時変化 (n=3)

プラズマ吸入による心疾患の緩和治療

一方、プラズマ照射領域近傍における中性分子、イオン、ラジカルの挙動が細胞・組織の活性化に大きく関与していると考えられる。細胞・組織の活性化に重要な役割を果たしている窒素酸化物の中でも「NO 吸入療法」による肺疾患治療もしくは「NO-therapy」による創傷治療の観点から、我々は心疾患の治療を目的としたイオン種及びラジカル種を含む大気圧プラズマ吸入による実験・評価を行なった。特に、ここでは、虚血性心疾患の 1 つである心筋梗塞発症モデルラットを用いて実験を行った。

実験装置の概要を図 6 に示す。プラズマ発生装置本体は、火傷治療に用いたプラズマ源と同様に、ガラスキャピラリー内にタングステン線を導入し、外部に筒状グラウンド電極を設置した同軸状構造である。プラズマ発生条件は、印加電圧:8 kV_{pp}、周波数:3 kHz であり、ヘリウム(He)ガス流量:1 L/min、プラズマ照射時間:90 s であ

る。プラズマは、ガラスキャピラリー先端に接続したシリコンチューブ(長さ:L = 1000 mm)を介して小動物の肺に吸入する。実験に用いた小動物はラットであり、ガス麻酔による無意識下状態にて実験を行った。また、図 6 に示すように、カテーテル型 NO センサを腹部大動脈に直接挿入し、プラズマを直接肺に吸入した時の血液中 NO 濃度の測定を行った。また、血管内圧(血圧)は、カテーテル末端に接続した血圧測定用マイクロ圧力センサにより測定した。実験に使用した心筋梗塞モデルラットは、心臓の左心室にある左冠状動脈を糸で結紮して虚血状態にしたものであり、(財)動物繁殖研究所(茨城県かすみがうら市)に作製を委託した。

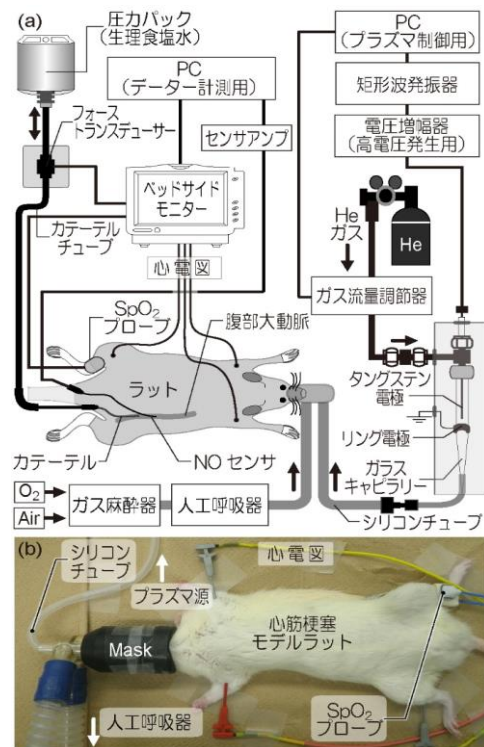


図 6：実験装置概要図

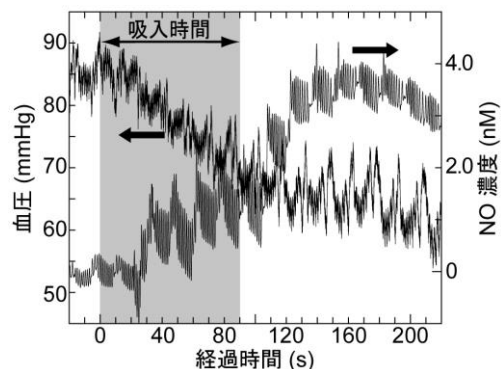


図 7：血圧及び血液中 NO 濃度の時間変動

図 7 は大動脈内血圧及び NO 濃度の時間変動を示したものである。血圧測定の結果、プラズマ吸入では血圧の降下(最高/最低:89/81 mmHg → 73/60 mmHg)がみられた。さらに、プラズマ吸入開始から 30 s 後には血液中 NO 濃度が増加したのみならず、血圧の降下に対

応して増加傾向を示すことが判明した。比較のために行なった高濃度 NO ガス吸入においても血圧の降下がみられ、一般的に報告されている NO による血管拡張作用に起因した血圧降下が計測された。ゆえに、プラズマ吸入と高濃度 NO ガス吸入では、同様の血圧変動がみられたことから、NO に起因した血圧降下であると考えられる。

従って、NO に起因した血管拡張による血圧降下は、狭心症や心筋梗塞などの心疾患の治療に有効であると考えている。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 5 件)

- ① 小林千尋, 森 晃, 平田孝道, 特集テーマ「プラズマ (加工) とその応用技術の現状と将来動向」大気圧プラズマを用いた細胞・組織の活性化メカニズムと再生医療への応用, 光技術コンタクト誌, 査読無, 2016, 28-34.
 - ② 清水鉄司, 平田孝道; -第 5 章 プラズマ刺激による細胞応答と応用 その 2-, 機械の研究, 査読無, 第 68 巻, 第 3 号, 2015, 228-233
 - ③ C. Tsutsui, M. Lee, G. Takahashi, S. Murata, T. Hirata, T. Kanai, A. Mori, Treatment of Cardiac Disease by Inhalation of Atmospheric Pressure Plasma Flow, Japanese Journal of Applied Physics, 査読有, 53, 2014, 060309. [http://dx.doi.org/10.7567/JJAP.53.060309]
 - ④ T. Hirata, T. Kishimoto, C. Tsutsui, T. Kanai, A. Mori, Healing burns using atmospheric pressure plasma irradiation, Japanese Journal of Applied Physics, 査読有, 53, 2014, 010302. [http://dx.doi.org/10.7567/JJAP.53.010302]
 - ⑤ 村田 茂, 森 晃, 和多田雅哉, 平田孝道, 筒井千尋, 近藤朱音, 山崎慶子, 米川侑希, プラズマ照射治療に使うプラズマ吸入がラットの下行大動脈圧に与える影響の検討, Clinical Engineering, 査読有, 第 23 巻, 2012, 45-55.
- [学会発表] (計 27 件)
- ① 平田孝道; 大気圧プラズマの照射・吸入による疾患治療, 独) 日本学術振興会プラズマ材料科学第 153 委員会 プラズマ材料科学, 平成 28 年 2 月 8 日
 - ② 平田孝道, 筒井千尋, 金井孝夫, 工藤美樹, 岩下光利, 森 晃; 大気圧プラズマの照射吸入による疾患治療と救急救命医療, 第 76 回応用物理学会秋季学術講演会, 平成 28 年 9 月 14 日
 - ③ 筒井千尋, 森 晃, 平田孝道; 大気圧プラズマを用いた新たな疾患治療と一酸化窒素の寄与, 新学術領域研究「プラズマ医療科学の創成」+「統合的神経機能の制御を標的とした糖鎖の作動原理解明」合同公開シンポジウム「新学術の最前線～プラズマと生物と医療の協奏曲～」, 平成 27 年 8 月 5 日
 - ④ 橋本 渉, 高橋玄宇, 森 晃, 平田孝道, 和多田雅哉; 大気圧プラズマが骨形成に与える影響の検討, 平成 27 年 電気学会全国大会, 平成 27 年 3 月 5 日

- ⑤ 平田孝道; 大気圧プラズマ源を用いた革新的医療応用, 第 8 回高度物理刺激と生体応答に関する研究分科会, 平成 27 年 1 月 20 日
 - ⑥ 八木一平, 安田拓真, 小野亮, 小田哲治, 筒井千尋, 平田孝道, 高木浩一; ナノ秒パルス放電プラズマによる生体応用, 電気学会研究会資料. PPT, パルスパワー研究会, 平成 24 年 8 月
 - ⑦ 八木一平, 安田拓真, 小野亮, 小田哲治, 筒井千尋, 平田孝道, 高木浩一; 低侵襲プラズマを用いたマウス線維芽細胞のアポトーシス誘導, 電気学会研究会資料. ED, 放電研究会, 平成 27 年 1 月
 - ⑧ 大澤 碧, 筒井千尋, 平田孝道, 秋谷昌宏, 森; 大気圧プラズマ源から生成されたイオン/ラジカルによる創傷治療の検討, 電気学会研究会資料. ED, 放電研究会, 平成 24 年 5 月 16 日
 - ⑨ 村田 茂, 森 晃, 和多田雅哉, 平田孝道, 西條北菜; プラズマ照射治療が生体に与える影響の検討, 第 50 回日本生体医工学会大会, 平成 24 年 5 月 1 日
- 国際会議論文 (外国語)
- ⑩ T. Hirata, C. Tsutsui, A. Mori, T. Kanai, Y. Kudo, T. Izawa, and M. Iwashita, Disease Treatment and Critical Care by Irradiation/Inhalation of Atmospheric Pressure Plasma, The 13th Asia-Pacific Conference on Plasma Science and Technology (APCPST2016), Shanghai / China, 平成 28 年 5 月 20 日
 - ⑪ T. Hirata, C. Tsutsui, A. Mori, T. Kanai, Y. Kudo, T. Izawa, and M. Iwashita, Medical Treatment Using Biomedical Plasma Techniques, XXXIIth International Conference on Phenomena in Ionized Gases (ICPIG), Iasi/Romania, 平成 27 年 7 月 28 日
 - ⑫ T. Hirata, C. Tsutsui, A. Mori, T. Kanai, Y. Kudo, T. Izawa, and M. Iwashita, Disease Treatments with Irradiation/Inhalation Using Atmospheric Pressure Plasma Source, The 2nd International Workshop on Plasma for Cancer Treatment (IWPCT-2), Nagoya university/Aichi, 平成 27 年 3 月 15 日
 - ⑬ T. Hirata, C. Tsutsui, T. Kanai, and A. Mori, Disease treatments with irradiation/inhalation to the biological tissues using nitric oxide generated by atmospheric pressure plasma source, ISPlasma2015/IC-PLANTS2015, Nagoya university/Aichi, 平成 27 年 3 月 28 日
 - ⑭ Y. Funaki, T. Hirata, C. Tsutsui, and A. Mori, Research on skin tissue improvement to burn by plasma irradiation, Plasma Conference 2014, Niigata Convention Center/Niigata, 平成 26 年 11 月 18 日
 - ⑮ T. Hirata, M. Lee, G. Takahashi, T. Kanai, C. Tsutsui, and A. Mori, Treatment of Cardiac Disease by Atmospheric Pressure Plasma Inhalation, The 15th IUMRS-International Conference in Asia (IUMRS-ICA 2014), Fukuoka university/Fukuoka,

- 平成26年8月26日
- ⑩ T. Hirata, T. Kishimoto, C. Tokita, C. Tsutsui, T. Kanai, A. Mori; Healing Burns Using Atmospheric Pressure Plasma Irradiation, 5th International Conference on Plasma Medicine (ICPM5), Nara Prefectural New Public Hall/Nara, 平成26年5月19日
 - ⑪ C. Tsutsui, T. Hirata, A. Mori; Cell Activation using Micro-Spot Atmospheric Pressure Plasma Derived FGF-2/VEGF, 5th International Conference on Plasma Medicine (ICPM5), Nara Prefectural New Public Hall/Nara, 平成26年5月19日
 - ⑫ G. Takahashi, C. Tsutsui, M. Watada, T. Hirata, A. Mori; Relationship of nitric oxide concentration in the blood pressure lowering in rats following atmospheric pressure plasma inhalation, 5th International Conference on Plasma Medicine (ICPM5), Nara Prefectural New Public Hall/Nara, 平成26年5月19日
 - ⑬ M. Lee, G. Takahashi, C. Tsutsui, T. Hirata, T. Kanai, A. Mori; Treatment of Cardiac Disease by of Atmospheric Pressure Plasma Inhalation, 5th International Conference on Plasma Medicine (ICPM5), Nara Prefectural New Public Hall/Nara, 平成26年5月20日
 - ⑭ C. Tokita, C. Tsutsui, T. Hirata, A. Mori; Research for Regenerative Medicine Using Micro-spot Atmospheric Pressure Plasma Source, 5th International Conference on Plasma Medicine (ICPM5), Nara Prefectural New Public Hall/Nara, 平成26年5月20日
 - 21 M. Oga, C. Tsutsui, T. Hirata, A. Mori; Research for Tissue Regeneration Using Micro-Spot Atmospheric Pressure Plasma Source, 5th International Conference on Plasma Medicine (ICPM5), Nara Prefectural New Public Hall/Nara, 平成26年5月20日
 - 22 T. Hirata, T. Kishimoto, C. Tsutsui, T. Kanai, A. Mori, Burn Wounds Healing Using Atmospheric Pressure Plasma Irradiation, The 8th International Conference on Reactive Plasmas / 31st Symposium on Plasma Processing (ICRP-8/SPP-31), Fukuoka International Congress Center/Fukuoka, 平成26年2月5日
 - 23 T. Hirata, C. Tsutsui, A. Mori, Treatment of Cardiac Disease by Inhalation of Atmospheric Pressure Plasma Flow, 8th Asia-Pacific International Symposium on the Basics and Applications of Plasma Technology (APSPT-8), Hsinchu /Taiwan, 平成25年12月21日
 - 24 T. Hirata, C. Tsutsui, A. Mori, Disease Treatments Specializing in the Regenerative Medicine Using Biomedical Plasma Techniques, 2013 JSAP-MRS Joint Symposia, Doshisha University /Kyoto, 平成25年9月16日
 - 25 C. Tsutsui, T. Komachi, T. Kishimoto, T. Hirata, A. Mori; Effect of Neoangiogenesis Using Micro-spot Atmospheric Pressure Plasma, American Physical Society, 65th Annual Gaseous Electronics

- Conference, Austin /USA, 平成24年10月24日
- 26 T. Kishimoto, T. Hirata, C. Tsutsui, M. Akiya, A. Mori; Body tissue activation using micro-spot atmospheric pressure plasma source, American Physical Society, 65th Annual Gaseous Electronics Conference, Austin/USA, 平成24年10月24日
 - 27 T. Hirata, S. Murata, T. Kishimoto, C. Tsutsui, A. Kondo, A. Mori; Pulmonary and heart diseases with inhalation of atmospheric pressure plasma flow, American Physical Society, 65th Annual Gaseous Electronics Conference, Austin/USA, 平成24年10月24日

[図書] (計2件)

- ① 平田孝道、森晃、筒井千尋、金井孝夫、工藤美樹、岩下光利、株式会社アドスリー、Biophilia (ビオフィリア) 電子版11号 (2014年10月)、平成26年11月、71-77
- ② 沖野晃俊 監修、シーエムシー出版、大気圧プラズマの技術とプロセス開発、平成23年5月、248-252

[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

- 東京都市大学工学部医用工学科
<http://www.bme.tcu.ac.jp>
- プラズマ再生医療合同チーム
<http://www.bme.tcu.ac.jp/rmct/index.html>
- 東京都市大学 プラズマ ライフサイエンス イノベーション 合同チーム
<https://www.facebook.com/東京都市大学-プラズマ-ライフサイエンス-イノベーション-合同チーム-1444771279075322/>

6. 研究組織

(1)研究代表者

平田 孝道 (HIRATA, Takamichi)
東京都市大学・工学部・教授
研究者番号: 80260420

(2)研究分担者

森 晃 (MORI, Akira)
東京都市大学・工学部・教授
研究者番号: 60219996

小林 千尋 (KOBAYASHI, Chihiro)
東京都市大学・工学部・講師
研究者番号: 00570699

岩下 光利 (IWASHITA, Mitsutoshi)
杏林大学・医学部・教授
研究者番号: 30124936

金井 孝夫 (KANAI, Takao) 【H24～H27】
東京女子医科大学・医学部・講師
研究者番号: 60104642

工藤 美樹 (KUDO, Yoshiki)
広島大学・その他の研究科・教授
研究者番号: 80241082