

## 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 4月 1日

機関番号：17401

研究種目：基盤研究（A）

研究期間：2008～2012

課題番号：20246053

研究課題名（和文）サブナノ秒パルスパワー技術開発と環境・バイオ・リサイクル・微細加工・医療への応用

研究課題名（英文）Development of Sub-nanosecond pulsed power technology and its applications

研究代表者

秋山 秀典（AKIYAMA HIDENORI）

熊本大学・大学院自然科学研究科・教授

研究者番号：50126827

研究成果の概要（和文）：ナノ秒及びサブナノ秒パルスパワー発生装置を開発し、このパルスパワーを高気圧気体、液体、超臨界流体及び固体に作用させて放電プラズマを生成した。放電プラズマ或いはパルスパワーの生体や廃棄物、化学物質等との相互作用を調べ、医療、リサイクル、環境分野での新しい産業創生につながる成果を得た。さらに、パルスパワーのバイオへの作用とその応用を取り扱うバイオエレクトリクスという学問創生に寄与した。

研究成果の概要（英文）：Pulsed power generators with risetime of nanosecond or sub-nanosecond were developed. The discharge plasmas in high-pressure gases, liquid and super-critical fluid were produced by the developed pulsed power generators. The research results of effects of pulsed power or discharge plasma on organism, wastes and chemicals are creating new industrial applications in medical, recycle and environmental fields. The research of action of pulsed power on bio contributed to create the new science of Bioelectrics.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	15,800,000	4,740,000	20,540,000
2009年度	3,900,000	1,170,000	5,070,000
2010年度	3,300,000	990,000	4,290,000
2011年度	9,700,000	2,910,000	12,610,000
2012年度	3,300,000	990,000	4,290,000
総計	36,000,000	10,800,000	46,800,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学、電力工学・電力変換・電気機器

キーワード：電気エネルギー工学、パルスパワー

## 1. 研究開始当初の背景

パルス幅が数十ナノ秒の高繰り返しパルスパワー発生装置の開発を行ってきた。この装置を用いて、大気圧気体中、水中及び固体中における大容量の放電プラズマの生成に成功した。この装置を用いた産業応用は、夏季に発生する湖沼でのアオコ処理等の環境浄化、新しい遺伝子導入法等のバイオ技術、高効率コンクリート内骨材分離等のリサイク

ル、次世代半導体リソグラフィ用極短紫外光源等の超微細加工、癌治療等の医療にまで発展しつつある。本研究に関連する国内・国外での研究動向として、USA で水中放電プラズマに関する大きいプロジェクト（MURI：Multidisciplinary Research University Initiative）が動いている。さらに、パルスパワーのバイオへの作用とその環境・医療への応用という新しい分野であるバイオエレ

クトリクス(新用語)の学問創生を目指して、熊本大学、オールドドミニオン大学(米国)、ドイツ中央研究所カールスルーエ(ドイツ)間で国際研究協定を2005年11月に締結し、年3回のフォーラムをインターネット会議システムを利用して行ってきた。2006年度には、ミズーリ大学コロンビア(米国)、低温プラズマ物理研究所(ドイツ)が加わり、年一回のバイオエレクトリクス国際会議を継続開催している

## 2. 研究の目的

本研究目的は、産業利用を目指し、パルスの立ち上がり時間と幅を減少させて、サブナノ秒以下にした高繰り返しパルスパワー発生装置を開発する。発生したパルスパワーを用いて、高気圧気体中、液体中、超臨界流体中及び固体中で放電プラズマを生成し、その特性を調べると共に、生体、廃棄物、化学物質等との相互作用を調べ、医療、リサイクル、環境分野での新しい産業創生につなげる。また、パルスパワーを直接癌細胞や腫瘍に照射して、アポトーシスを誘導することによる新しい癌治療方法の開発や、多能性分化能を持つES細胞(胚性幹細胞)に照射して分化制御を行うなど、パルスパワーのバイオへの作用とその応用を取り扱うバイオエレクトリクスという学問創生に寄与する。

## 3. 研究の方法

- 1) 磁気パルス圧縮方式によって1000ppsのパルスパワー発生装置を開発し、サブナノ秒パルスパワー発生装置のための一時電源とする。電圧増加のためには、空芯のパルストランスを用いる。
- 2) パルスの立ち上がり時間と幅を短くするために、ブルームライン線路及びLCR回路を用いて、サブナノ秒とする。
- 3) 生成された放電プラズマのプラズマパラメータは分光計測により求める。放電プラズマと周囲媒質の間の高エネルギー密度現象として、10000気圧を超える衝撃波、MV/cmを超えるような超高電界、ラディカル原子分子、高強度光放射等があるが、すべての現象を計測する。そのために、超高速フレーミング・ストリークICCDカメラ、レーザ計測システム、超高速時間分解を持つ分光装置を用いる。
- 4) ディーゼル車からの排ガス処理(大気環境浄化として)、ダムのアオコ処理(水環境浄化として)、金属蒸着プラスチックのリサイクル、次世代リソグラフィ用EUV光源(ナノテクとして)の四つに絞り、実用化に向けた研究を進める。
- 5) パルスパワーを細胞に照射して、細胞内作用部位の制御をおこなう。さらに、ヒラ細胞(人間の子宮がん細胞)に照射して、共焦点

顕微鏡で15分ごと7日間形態変化を観測すると共に、アポトーシスが起きているかどうかを調べる。

- 6) 万能細胞と言われているES細胞に、パルスパワーを印加して、細胞分化への影響を調べ、新しい作用因子となることを明らかにする。
- 7) パルスパワーを用いた産業創生に繋げるため、企業との積極的な共同研究を進める。
- 8) バイオエレクトリクスに関する世界最初の専門書を執筆するため、パルスパワーの生体への作用と環境・医療・食品への応用に関する基礎的な研究も並行して進める。

## 4. 研究成果

- 1) 2000ppsで動作する磁気パルス圧縮方式パルスパワー発生装置を開発した。出力電圧は15kVであるが、高周波に対応した磁性体を用いたトランスを出力端に置くことにより、高電圧化している。この装置を充電器とし、電圧の立ち上がり時間が600psのサブナノ秒パルスパワー発生装置を開発した。
- 2) 開発したパルスパワー発生装置を用いて、高気圧気体中、液体中、超臨界中及び固体中で放電プラズマを生成した。超臨界流体(超高压・超高温中)に挿入できる電極を開発し、超臨界流体中放電プラズマの進展状況や衝撃波の発生について明らかにした。
- 3) 放電プラズマと周囲媒質の間の高エネルギー密度現象として、10000気圧を超える衝撃波、MV/cmを超えるような超高電界、ラディカル原子分子、高強度光放射の現象を計測した。
- 4) パルスパワーを細胞に照射して、細胞内作用部位の制御を行った。さらに、ヒラ細胞に照射して、アポトーシスが起きていることを確認した。また、万能細胞と言われているES細胞に、パルスパワーを印加して、細胞分化への影響を調べ、新しい作用因子となることを明らかにした。メダカの尾を切り取りパルスパワーを印加することにより、iPS細胞生成の可能性も検討した。
- 5) ディーゼル車や船からの排ガス処理、ダムのアオコ処理、排水の殺菌、医療用殺菌の四つに絞り、基礎研究を行った。いずれの応用も実用化の可能性があったことが分かった。
- 6) ダムに長時間浮かべることのできるアオコ処理装置を開発した。電極自動送り装置を開発し、アオコの発生する夏の間メンテナンスフリーとした。
- 7) 金属蒸着プラスチックの高効率分離のため、40J/shotのパルスパワー装置を用い、放電プラズマを金属蒸着プラスチックの金属側で生成することにより、金属を剥離した。
- 8) 非侵襲型のがん治療装置の実用化を目指し、楕円体ミラーによる収束実験を行い、可能性のあることを明らかにした。

## 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 8 4 件)

- ①M. Yano, K. Abe, H. Akiyama and S. Katsuki, “Enhancement of Proliferation Activity of Mammalian Cells by Intense Burst Sinusoidal Electric Fields”, IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, Vol.19, No.1, pp.331-336, 2012. 査読有
- ②K. Mitsutake, A. Satoh, S. Mine, K. Abe, S. Katsuki and H. Akiyama, “Effect of Pulsing Sequence of Nanosecond Pulsed Electric Fields on Viability of HeLa S3 Cells”, IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, Vol.19, No.1, pp.337-342, 2012. 査読有
- ③K. Morotomi-Yano, S. Oyadomari, H. Akiyama, K. Yano, “Nanosecond pulsed electric fields act as a novel cellular stress that induces translational suppression accompanied by eIF2alpha phosphorylation and 4E-BP1 dephosphorylation”, Experimental Cell Research (Elsevier Inc.), Vol.318, pp.1733-1744, 2012. 査読有
- ④T. Furusato, T. Ihara, S. Kameda, T. Kiyon, S. Katsuki, M. Hara and H. Akiyama, “Fractal Analysis of Positive Pulsed Streamer Patterns in Supercritical Carbon Dioxide”, IEEE Transactions on Plasma Science, Vol.40, pp.2425-2430, 2012. 査読有
- ⑤D. Oshita, S. H. R. Hosseini, Y. Okuda, Y. Miyamoto, T. Sakugawa, S. Katsuki, H. Akiyama, “Time-Resolved High-Speed Visualization and Analysis of Underwater Shock Wave Focusing Generated by a Magnetic Pulse Compression Unit”, IEEE Transactions on Plasma Science, Vol.40, pp.2395-2400, 2012. 査読有
- ⑥T. Sakamoto, A. Nami, M. Akiyama, H. Akiyama, “A Repetitive Solid State Marx-Type Pulsed Power Generator Using Multistage Switch-Capacitor Cells”, IEEE Transactions on Plasma Science, Vol.40, pp.2316-2321, 2012. 査読有
- ⑦D. K. Kang, S.H.R. Hosseini, E. Shiraishi, M. Yamanaka, H. Akiyama, “Single Nanosecond Pulsed Electric Field Effects on Embryonic Development of the Medaka Fish”, IEEE Transactions on Plasma Science, Vol.40, pp.2379-2387, 2012. 査読有
- ⑧Wahyudiono, H. Watanabe, S. Machmudah, T. Kiyon, M. Sasaki, H. Akiyama, M. Goto, “Pyrrole conversion induced pulse discharge plasma over a water surface under high-pressure argon”, Chemical Engineering and Processing, 61, pp.51-57, 2012. 査読有
- ⑨P. Lu, D. Obata, T. Watanabe, K. Mitsutake, K. Abe, S. Katsuki, H. Akiyama, C.H. Zhang, “Influence of Intense Pulsed UV Irradiation on the Viability and Proliferation of HeLa Cells”, IEEE Transactions on Plasma Science, Vol.40, pp.2020-2027, 2012. 査読有
- ⑩N. Takamura, D. Wang, D. Seki, T. Namihira, K. Yano, H. Saitoh and H. Akiyama, “Protein transduction into Eukaryotic cells using non-thermal plasma”, International Journal of Plasma Environmental Science & Technology, Vol.6 No.1, pp.59-62, 2012. 査読有
- ⑪K. Morotomi-Yano, H. Akiyama, K. Yano, “Nanosecond pulsed electric fields activate AMP-activated protein kinase: Implications for calcium-mediated activation of cellular signaling”, Biochemical and Biophysical Research Communications, 428, pp.371-375, 2012. 査読有
- ⑫K. Hirayama, D. Wang, T. Namihira, H. Takano, S. Takio and H. Akiyama, “Effects of pulsed electric field and pulsed current on transcriptional activation of retrotransposon of *Porphyra yezoensis*”, International Journal of Plasma Environmental Science & Technology, Vol.6, No.3, pp.272-277, 2012. 査読有
- ⑬T. Ihara, T. Furusato, S. Kameda, T. Kiyon, S. Katsuki, M. Hara and H. Akiyama, “Initiation mechanism of a positive streamer in pressurized carbon dioxide up to liquid and supercritical phases with nanosecond pulsed voltages”, Journal of Physics D: Applied Physics, Vol.45, No.7 075204, 2012. 査読有
- ⑭D. Wang, M. Matsuda, T. Matsumoto, T. Namihira and H. Akiyama, “Energy Transfer Efficiency of Nano-Seconds Pulsed Power Generator for Nonthermal Plasma

Processing Technique”, IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, Vol.18, No.4, pp.1091-1096, 2011. 査読有

⑮M. Akiyama, E. Shiraishi, T. Sakugawa, S.H.R. Hosseini, H. Akiyama, N. Shiraki and S. Kume, “Influence of 60 ns Pulsed Electric Fields on Embryonic Stem Cells”, IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, Vol.18, No.4, pp.1119-1123, 2011. 査読有

⑯S. Zabihi, F. Zare, G. Ledwich, A. Ghosh and H. Akiyama, “A New Family of Marx Generators Based on Commutation Circuits”, IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, Vol.18, No.4, pp.1181-1188, 2011. 査読有

⑰T. Kiyan, T. Ihara, S. Kameda, T. Furusato, M. Hara, H. Akiyama, “Weibull Statistical Analysis of Pulsed Breakdown Voltages in High-Pressure Carbon Dioxide Including Supercritical Phase”, IEEE Transactions on Plasma Science, Vol.39, No.8, pp.1729-1735, 2011. 査読有

⑰P. Lu, S. Katsuki, T. Watanebe, H. Akiyama, “Electrical Recovery After Laser-Assisted Discharge for Highly Repetitive Plasma EUV Source”, IEEE Transactions on Plasma Science, Vol.39, No.9, pp.1849-1854, 2011. 査読有

⑱S. Moosavi Nejad, S.H.R. Hosseini, H. Akiyama, K. Tachibana, “Optical observation of cell sonoporation with low intensity ultrasound”, Biochemical and Biophysical Research Communications, Vol.413, No.2, pp.218-223, 2011. 査読有

⑳D. Wang, T. Namihira, and H. Akiyama, “Propagation of Streamer Heads During a 5-ns Pulsed Discharge”, IEEE Transactions on Plasma Science, Vol.39, No.11, pp.2268-2269, 2011. 査読有

㉑T. Matsumoto, D. Wang, T. Namihira, and H. Akiyama, “Discharge Appearances of 2- and 5-ns Pulsed Power”, IEEE Transactions on Plasma Science, Vol.39, No.11, pp.2262-2263, 2011. 査読有

㉒Wahyudiono, H. Watanabe, T. Kiyan, H. Akiyama, M. Sasaki and M. Goto, “Degradation of Aniline by Pulsed Discharge Plasma in Hydrothermal Conditions”, Transactions of the Materials Research Society of Japan,

Vol.36, No.3, pp.459-464, 2011. 査読有

㉓S.H.R. Hosseini, S. Iwasaki, T. Sakugawa and H. Akiyama, “Characteristics of Micro Underwater Shock Waves Produced by Pulsed Electric Discharges for Medical Applications”, Journal of the Korean Physical Society, Vol.59, No.6, pp.3526-3530, 2011. 査読有

㉔K. Morotomi-Yano, H. Akiyama, K. Yano, “Nanosecond pulsed electric fields activate MAPK pathways in human cells”, Archives of Biochemistry and Biophysics, Vol.515 (1-2), pp.99-106, 2011. 査読有

㉕D. Wang, T. Namihira, H. Akiyama, “Recent Progress of Nano-Seconds Pulsed Discharge and its Applications”, Journal of Advanced Oxidation Technologies, Vol.14, No.1, pp.131-137, 2011. 査読有

㉖K. Morotomi-Yano, Y. Uemura, S. Katsuki, H. Akiyama, K. Yano, “Activation of the JNK pathway by nanosecond pulsed electric fields”, Biochemical and Biophysical Research Communications, Vol.408, pp.471-476, 2011. 査読有

㉗T. Matsumoto, D. Wang, T. Namihira, H. Akiyama, “Process performances of 2 nano-seconds pulsed discharge plasma”, Japanese Journal of Applied Physics, Vol.50, No.8, pp.08JF14-1-5, 2011. 査読有

㉘S. Okada, D. Wang, T. Namihira, S. Katsuki, H. Akiyama, “Spatiotemporal distribution of nitrogen rotational temperature during pulsed discharge in air”, Japanese Journal of Applied Physics, Vol.50, No.8, pp.08JB06-1-5, 2011. 査読有

㉙T. Ihara, T. Kiyan, S. Katsuki, T. Furusato, M. Hara, and H. Akiyama, “Positive Pulsed Streamer in Supercritical Carbon Dioxide”, IEEE Transactions on Plasma Science, Vol.39, No.11, pp.2650-2651, 2011. 査読有

㉚T. Furusato, T. Ihara, T. Kiyan, S. Katsuki, M. Hara, and H. Akiyama, “Initiation Mechanism of a Negative Nanosecond Pulsed Discharge in Supercritical Carbon Dioxide”, IEEE Transactions on Plasma Science, Vol.40, No.11, pp.3105-3115, 2011. 査読有

㉛D. Wang, X. Lin, K. Hirayama, Z. Li, T.

Ohno, W. Zhang, T. Namihira, S. Katsuki, H. Takano, S. Takio and H. Akiyama, "A new application of underwater pulsed streamer-like discharge to transcriptional activation of retrotransposon of *Porphyra yezoensis*", IEEE Transactions on Plasma Science, Vol.38, pp.39-46, 2010. 査読有

③②D. Wang, T. Matsumoto, T. Namihira, H. Akiyama, "Development of higher yield ozonizer based on nano-seconds pulsed discharge", Journal of Advanced Oxidation Technologies, Vol.13, No.1, pp.71-78, 2010. 査読有

③③T. Matsumoto, D. Wang, T. Namihira, H. Akiyama, "Energy efficiency improvement of nitric oxide treatment using nano-seconds pulsed discharge", IEEE Transactions on Plasma Science, Vol.38, No.10, pp.2639-2643, 2010. 査読有

③④D. Wang, S. Okada, T. Matsumoto, T. Namihira, H. Akiyama, "Pulsed discharge induced by nano-seconds pulsed power in atmospheric air", IEEE Transactions on Plasma Science, Vol.38, No.10, pp.2746-2751, 2010. 査読有

③⑤S. Katsuki, K. Mitsutake, M. Yano, H. Akiyama, H. Kai, T. Shuto, "Non-thermal and transient thermal effects of burst 100 MHz sinusoidal electric fields on apoptotic activity in HeLa cells", IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, Vol.17, No.3, pp.678-684, 2010. 査読有

③⑥C.H. Zhang, P. Lv, Y.P. Zhao, Q. Wang, S. Katsuki, T. Namihira, H. Horta, H. Imamura, Y. Kondo, and H. Akiyama, "Xenon Discharge-Produced Plasma Radiation Source for EUV Lithography", IEEE Transactions on Industry Applications, Vol.46, No.4, pp.1661-1666, 2010. 査読有

③⑦M. Akiyama, T. Sakugawa, S.H.R. Hosseini, E. Shiraishi, T. Kiyon, and H. Akiyama, "High-Performance Pulsed-Power Generator Controlled by FPGA", IEEE Transactions on Plasma Science, Vol.38, No.10, pp.2588-2592, 2010. 査読有

③⑧S. Zabihi, F. Zare, G. Ledwich, A. Ghosh and H. Akiyama, "A Novel High-Voltage Pulsed-Power Supply Based on Low-Voltage Switch-Capacitor Units", IEEE Transactions on Plasma Science, Vol.38,

No.10, pp.2877-2887, 2010. 査読有

③⑨S. Zabihi, F. Zare, G. Ledwich, A. Ghosh and H. Akiyama, "A new pulsed power supply topology based on positive buck-boost converters concept", IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, Vol.17, No.6, pp.1901-1911, 2010. 査読有

④⑩P. Lu, S. Katsuki, T. Ueno, N. Tomimaru, H. Akiyama, "Dynamic Characteristics of Laser-Assisted Discharge Plasmas for Extreme Ultraviolet Light Sources", Japanese Journal of Applied Physics, Vol.49, pp.096202.1-096202.4, 2010. 査読有

[学会発表] (計201件)

①秋山秀典、Progress of Bioelectrics as Pulsed Power Application Through an International Framework、The 4th Euro-Asian Pulsed Power Conference (招待講演)、2012.10.4、Karlsruhe Institute of Technology, Karlsruhe, Germany

②秋山秀典、Action of plasma & pulsed power on cell and its application、The Japan Society of Applied Physics (招待講演)、2012.9.12、Matsuyama University, Matsuyama, Ehime, Japan

③秋山秀典、Progress of Bioelectrics Research at Kumamoto University、The 2nd International Symposium for Plasma Biosciences (招待講演)、2012.8.13、Kwangwoon University, Seoul, Korea

④秋山秀典、The use of pulsed power and non-thermal plasmas in gases or liquids to give novel physical stresses to biological cells, tissues and/or organisms as well as bacteria、Plasma Processing Science and Societal Grand Challenges (招待講演)、2012.7.23、Bryant University, Smithfield, USA

⑤秋山秀典、Development of a Rapid e-Learning System and its Use at Graduate School、ITHET2011 (招待講演)、2011.8.5、Koprumar Hotel, Kusadasi TURKIYE

⑥秋山秀典、Analysis of Ion Influx and Expression of CERAMIDE in HeLa S3 Cells Subjected to Nanosecond Pulsed Electric Fields、2011 International Bioelectrics Symposium (招待講演)、2011.5.5、Gustave Roussy institute, Toulouse, FRANCE

⑦秋山秀典、Medical and Environmental Applications in the field of Bioelectrics、7th International Bioelectrics Symposium (招待講演)、2010.6.24、Marriott Waterside hotel, Norfolk, VA, USA

⑧ 秋山秀典、Medical, Biological and Environmental Applications of High Performance Pulsed Power、2010 International Power Modulator and High Voltage Conference (招待講演)、2010. 5. 25、The Westin Peachtree Plaza Hotel, Atlanta, GA, USA

[図書] (計1件)

① 秋山秀典、熊本日日新聞社、雷さまの華麗なる技、2010、47頁

[産業財産権]

○出願状況 (計8件)

①名称：細胞改変方法

発明者：勝木淳、秋山秀典

権利者：熊本大学

種類：特許

番号：特願 2011-80533

出願年月日：平成 23 年 3 月 31 日

国内外の別：国内

②名称：ナノ秒パルス電界を用いたアポトーシス誘導方法

発明者：安部恵祐、光武和典、秋山秀典、勝木淳

権利者：熊本大学

種類：特許

番号：特願 2011-47162

出願年月日：平成 23 年 3 月 4 日

国内外の別：国内

③名称：超臨界非平衡プラズマ生成装置及び発生方法

発明者：喜屋武毅、秋山秀典、佐久川貴志

権利者：熊本大学

種類：特許

番号：特願 2010-75582

出願年月日：平成 22 年 3 月 29 日

国内外の別：国内

④名称：動物骨材のクラック形成装置及び形成方法

発明者：安部恵祐、秋山秀典、勝木淳

権利者：熊本大学

種類：特許

番号：特願 2010-43763

出願年月日：平成 22 年 3 月 1 日

国内外の別：国内

⑤名称：オゾン発生装置

発明者：木下洋平、佐久川貴志、秋山秀典

権利者：トヨタ自動車、熊本大学

種類：特許

番号：特願 2009-151032

出願年月日：平成 21 年 6 月 25 日

国内外の別：国内

⑥名称：超極細同軸ケーブルの端末加工方法

発明者：平加津雄、小林茂、浪平隆男、秋山秀典

権利者：吉野川電線

種類：特許

番号：特願 2009-146904

出願年月日：平成 21 年 6 月 19 日

国内外の別：国内

⑦名称：構造体の解体方法

発明者：浪平隆男、重石光弘、秋山秀典、大津政康、高橋伸幸

権利者：黒崎播磨、熊本大学

種類：特許

番号：特願 2008-314680

出願年月日：平成 20 年 12 月 10 日

国内外の別：国内

⑧名称：液体ストリーマ状放電発生装置

発明者：佐久川貴志、秋山秀典、末松弘、末松謙一、甲田忠

権利者：熊本大学、末松電子製作所

種類：特許

番号：特願 2008-137162

出願年月日：平成 20 年 5 月 26 日

国内外の別：国内

[その他]

報道関連 (新聞掲載)

① 日刊工業新聞、パルスパワー科学研を設立、2013. 3. 29

② 日経産業新聞、パルスパワー研究所を開設、2013. 3. 22

③ 熊本日日新聞社、“人工雷”がん治療に、2010. 3. 29 朝刊

④ 読売新聞社、世界水準の研究教育に資金配分 文科省 熊本大の2拠点採択、2008. 7. 3 西部朝刊

⑤ 朝日新聞社、熊大から2件選定 研究拠点支援の文科省プログラム、2008. 6. 20 朝刊

6. 研究組織

(1) 研究代表者

秋山 秀典 (AKIYAMA HIDENORI)

熊本大学・大学院自然科学研究科・教授

研究者番号：50126827

(2) 研究分担者

勝木 淳 (KATSUKI SUNAO)

熊本大学・バイオエレクトリクス研究センター・教授

研究者番号：80233758

浪平 隆男 (NAMIHIRA TAKAO)

熊本大学・バイオエレクトリクス研究センター・准教授

研究者番号：40315289

佐久川 貴志 (SAKUGAWA TAKASHI)

熊本大学・大学院自然科学研究科・准教授

研究者番号：40398186