

令和 2 年 9 月 8 日現在

機関番号：17401

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H03220

研究課題名(和文) タンパク質を主成分とする液体食品の安全で高品質な殺菌に関する研究

研究課題名(英文) Safe and quality sterilization of protein rich liquid foods

研究代表者

勝木 淳 (KATSUKI, Sunao)

熊本大学・産業ナノマテリアル研究所・教授

研究者番号：80233758

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目標は、タンパク質を主成分とする液体食品を安全かつ高品質に殺菌するため、サルモネラ菌等を含む導電性液体を、高強度、高エネルギー効率かつ高速に殺菌する方法を確立することである。本研究を通して次の5つの成果を得た。(1) 超高電界パルスおよび温熱の菌への作用と殺菌メカニズムを明らかにした。(2) 液卵に懸濁した菌の殺菌および液卵成分の殺菌への影響を明らかにした。(3) 殺菌メカニズムに基づいたプロセスの最適化により効率 1.9 kJ/kg を達成した。(4) ギャップスイッチを用いない高繰り返し高電圧矩形パルス電源を開発した。(5) 高流量の場合の流れと温度分布、殺菌特性を明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

パルス高電界(PEF)は、液状食品の非加熱殺菌法として、現行の高タンパク食品の品質を劇的に向上させる技術であるが、殺菌の強さ、処理速度ともに実用レベルには程遠い。液卵や牛乳等の高タンパク液状食品を機能を損なわずに長期間保存できるようになる。他の食品にも転用できることから、食品業界への波及効果と社会へのインパクトは大きい。本課題では、殺菌におけるPEFと温熱の役割を明らかにし、これに基づいて殺菌プロセスを総合的に最適化することによって、殺菌性能を実用可能レベルに引き上げ、さらに、産業利用可能な処理速度を達成するための技術課題を明らかにした。

研究成果の概要(英文)：Pulsed electric field (PEF) is one of the non-thermal physical bactericidal agents that are unlikely to denature ingredients in fresh liquid foods. We have achieved in this project the following: (1) clarifying the roles of PEF and the subsequent thermal energy in killing bacteria, (2) figuring out the characteristics of the PEF sterilization in liquid whole egg, (3) optimizing the operation parameters to maximize the killing effect, (4) developing the highly repetitive pulsed power generator to deliver electrical pulses to a large mass flow treatment chamber, and (5) figuring out the local heating in the vicinity of electrode, which is concerned about degrading protein-rich foods.

研究分野：バイオエレクトロクス

キーワード：液状食品の低温殺菌 高電界パルス PEF パルスパワー電源

1. 研究開始当初の背景

食品の殺菌には従来から加熱法が広く用いられている。加熱法は均一に加熱できれば、温度と時間の制御のみで信頼性の高い殺菌ができる。一方で、熱によって成分が変性して風味、色彩や成分が変化するため、予てから非加熱物理殺菌法が強く求められてきた。特に、熱に弱いタンパク質を主成分とする卵や生乳は58～65の超低温で殺菌されるが一部の成分の熱変性は避けられない。タンパク質が変性しない程度の温度で、十分な強度（減菌率6桁以上）の殺菌が一定の速度（1t/h以上）で処理できれば、品質の劣化なしに長期間保存可能な食品を社会に提供できるようになり、食品業界への波及効果と社会へのインパクトは極めて大きい。非加熱物理殺菌法には紫外線、電子線、超高圧、パルス電界等があり、比較的熱に強い食品など対象によっては実用化されている。しかしながら、卵や生乳に対しては、その品質劣化なしに産業で求められる殺菌強度と処理速度を満たす技術はない。非加熱殺菌法の中でパルス電界（PEF）法は、原理的にタンパク質への影響が小さく、処理部の構造がシンプルかつ連続処理が可能なことから有望であるが、そのためには、殺菌強度とエネルギー効率の大幅な改善が必要である。

申請者等は、50kV/cm級の超高電界パルス（iPEF）と55を超えない保温を組み合わせた1回通過型連続殺菌装置を用いて、グラム陰性菌を含んだ導電性液体を高強度（減菌率7桁）に殺菌することに世界で初めて成功した（Kajiwara, IEEE TDEI, 2015）。しかしながら、現状ではエネルギー効率が低いため、処理速度を大きくすると、冷却が間に合わずジュール熱による過度な温度上昇を抑えきれない。したがって、処理温度を55以下に維持し、かつ処理速度1t/hを達成するためには、エネルギー効率を大幅に改善し20kJ/kgを達成することが求められる（現在は300 kJ/kg）。iPEFと温熱を併用する方法では、電界強度やiPEF処理後の保温温度のほか、保温時間やiPEF印加中の温度など、殺菌効果に影響しうる操作因子が少なくない。これら因子の殺菌への影響やパルスと温熱の相乗作用機序を解明し、これに基づく殺菌プロセスの最適化によってエネルギー効率が大幅に改善される可能性がある。一方、高速処理のための装置上の課題として、iPEF殺菌に求められる20kV、2kA級の高電圧・大電流矩形パルスを安定に高繰り返し発生できる電源は世の中に存在しない。このため、殺菌処理の高速化 実用化のためには、エネルギー効率改善と同時に電源の開発が不可欠である。

2. 研究の目的

タンパク質を主成分とする液体食品を安全かつ高品質に殺菌するため、50kV/cm級の超高電界パルスとタンパク質を変性させない温熱を組合せて、サルモネラ菌等を含む導電性液体を、高強度（減菌率6桁以上）、高エネルギー効率（20kJ/kg以下）かつ高速（1t/h以上）に殺菌する方法を確立する。このためにまず、パルス因子・温度・流速などの条件を調整可能な実験系を構築し、殺菌効果の処理条件依存性を明らかにする。次に、温度調節可能なパルス印加装置を高速蛍光顕微鏡に組込んで生体応答リアルタイム解析システムを構築し、パルスと温熱の作用機序を明らかにする。その上で、作用機序に基づいて殺菌プロセスを最適化し、効率20kJ/kgを達成する。さらに、高繰り返し可能な矩形波高電圧パルス電源と高速処理システムを構築して高速処理時の殺菌特性を調べ、本方法の実用性を見極める。具体的には、次の事項を達成する。

- (1) 超高電界パルスおよび温熱の操作因子と殺菌効果の関係を明らかにする。
- (2) 超高電界パルスおよび温熱の菌への作用と殺菌メカニズムを明らかにする。
- (3) 液卵に懸濁した菌の殺菌および液卵成分の殺菌への影響を明らかにする。
- (4) 殺菌メカニズムに基づいたプロセスの最適化により効率20kJ/kgを達成する。
- (5) ギャップスイッチを用いない高繰り返し高電圧矩形パルス電源を開発する。
- (6) 高流量の場合の流れと温度分布、殺菌特性を明らかにする。

3. 研究の方法

2. に掲げた目的を達成するため、次の方法で研究を進めた。

(1) 超高電界パルスおよび温熱の操作因子と殺菌効果の関係を明らかにする。
超高電界パルス（iPEF）と温熱を併用する方法では、殺菌効果に影響すると思われる操作因子が少なくない。iPEFの因子（振幅、パルス幅、パルス数）を調整可能なパルス電源と、iPEF印加部や保温部における液体温度の調節とモニタリングが可能な液体フローシステムを構築し、殺菌効果のiPEFと各温度の操作因子への依存性を明らかにする。ここでは、液卵の模擬液（カルボキシメチルセルロース（CMC）水溶液）と非病原性のエンテロバクター菌（グラム陰性）を用いる。

(2) 超高電界パルスおよび温熱の菌への作用と殺菌メカニズムを明らかにする。
蛍光顕微鏡に温度調節可能なiPEF印加装置を組み込んで菌の生体応答をリアルタイムで解析可能なシステムを構築し、パルス印加後の膜傷害、菌内外のイオン流動、細胞内温度変化などを解析する。さらに、パルス印加後に温熱負荷を与えた場合やパルス印加時に温熱を与えた場合などについても同様に解析し、パルス印加中およびパルス印加後の温熱の作用を明らかにする。菌内部の温度変化を可視化するために、温度感受性の蛍光分子プローブを用いる。

(3) 液卵に懸濁した菌の殺菌および液卵成分の殺菌への影響を明らかにする。
媒体として液卵を用いた場合の殺菌効果を、均質なCMC水溶液の場合と比べる。また、液卵に含まれる黄

身および白味由来の多様な成分が混在する中での菌の存在状態を明らかにし、一様な媒質であるCMCとの殺菌効果の違いを理解する。本実験では、エンテロバクター菌と同時にサルモネラ菌（非病原性）に対する殺菌効果も明らかにする。

(4) 殺菌メカニズムに基づいたプロセスの最適化により効率20kJ/kgを達成する。

(1)～(3)から得られた知見をもとに殺菌プロセスを最適化し、目標とするエネルギー効率20 kJ/kgを達成する。

(5) ギャップスイッチを用いない高繰り返し高電圧矩形パルス電源を開発する。

殺菌処理の高速化には、液体フローシステムの大容量化と電源の高繰り返し化が必要である。現在の殺菌装置ではロータリー放電スイッチを用いているため大電力のハンドリングは得意であるが、高繰り返し動作、電圧安定性やスイッチ寿命に難点がある。電圧20kV、電流2kAの大電力を繰り返し周波数100Hzでハンドリングできる半導体スイッチの選定と駆動回路の構築が重要である。さらに、iPEF殺菌では電圧のパルス波形が極めて重要であり、立上がりと立下がり時間が50ns程度でフラットトップであることが求められる。上述の全てを満たす回路を構築する。

(6) 高流量の場合の流れと温度分布、殺菌特性を明らかにする。

液体フローの高速化と(5)の高繰り返しパルス電源によって殺菌処理を高速化し、流れと温度分布を観測する。その後殺菌実験を行い、殺菌可能な処理速度を見極める。

4. 研究成果

(1) 超高電界パルスおよび温熱の菌への作用と殺菌メカニズムを明らかにした。

蛍光顕微鏡に温度調節可能な高電界パルス印加装置を組み込んで、菌の生体応答をリアルタイムで解析可能なシステムを構築し、これを用いて、パルス印加後の膜傷害や膜障害の回復現象などを明らかにした。特に、パルス印加後に温熱負荷を与えた場合やパルス印加時に温熱を与えた場合の菌に着目し、本殺菌法におけるパルスと温熱の役割について理解を深めた。

超高電界パルスおよび温熱の菌への作用と殺菌メカニズムの解明：蛍光試薬を用いた高速リアルタイム顕微鏡観察から、30 kV/cmを超える高電界パルス印加後に細胞内外でイオンやタンパク質などの物質の出入りが起こることを明らかにした。これはパルスが膜を傷害することを示唆する。

電極損耗を決定づける電極と液体界面の電気化学現象の根拠となる電気二重層の形成の様子をインピーダンスアナライザーを用いて調べた。その結果、電気二重層の形成時間は1μ秒程度以上であることがわかった。電極材料や液体の導電性にも依存する。このことは、強電界パルスのパルス幅の決定根拠になる。

(2) 液卵に懸濁した菌の殺菌および液卵成分の殺菌への影響を明らかにした。

液卵を用いた殺菌試験を行い、H29年度に用いた合成水溶液（CMC）の場合に比べて殺菌効果が弱まることを明らかにした。液卵の顕微鏡観察を基に、菌が黄身および白味由来の粒子状成分と混在する状況を物理モデル化し、電界分布の数値計算を行った。その結果、粒子状成分が菌にかかる電界を弱めることが明らかとなり、殺菌効果が弱まる主因となりうることを示した。

菌を懸濁した液卵の殺菌および液卵成分の殺菌への影響：菌を懸濁した殺菌液卵の顕微鏡観察から、卵黄由来のリポタンパク等の粒状物質や卵白由来のゲル状物質が混在していること、これらが菌にまとわりついた状態で存在していることが明らかとなった。この状況を物理モデル化して菌内外の電界分布を有限要素法を用いて計算をしたところ、液卵由来物質が菌膜上の電界強度を著しく低下させることがわかった。電界を50 kV/cmにすると液卵でも6桁の殺菌が可能である。

(3) 超高電界パルスおよび温熱の操作因子と殺菌効果の関係を明らかにし、殺菌メカニズムに基づいたプロセスの最適化により効率19 kJ/kgを達成した。

グラム陰性菌を含む均質な導電性液体に対して、メカニズム解析で得られた成果を基に強電界パルスと前後の温熱処理の最適化によって、6桁の殺菌強度をエネルギー効率19 kJ/kgで達成した。

(4) ギャップスイッチを用いない高繰り返し高電圧矩形パルス電源を開発した。

ギャップスイッチを用いない高繰り返し高電圧矩形パルス電源の開発：ナノ秒級の立上がり時間を有する大容量パルス電源の製作を目的としてディスクリット型のSiCデバイスの並列回路の動作試験を行った。12個までのSiCデバイスの並列動作を行い、kAを超える電流を100ナノ秒以下でスイッチング可能であること確認した。

さらに、殺菌処理の高速化のために、SiCパワーデバイスを用いたマルクス回路構成の繰り返しパルス電源を開発した。最大200 Hzで稼働し、立上がりと立下がり時間がともに100 ns、パルス幅は200 ns～1 μ秒の間で調整可能で、フラットトップな電圧・電流波形を10⁶の負荷に連続して供給可能である。

(5) 高流量の場合の流れと温度分布、殺菌特性を明らかにする。

少流量の原理検証試験で得た高効率な殺菌効果を高流量で確認するため、100 L/hの高速液体搬送システムを構築し、開発済みの高繰り返しパルス電源と合わせて高流量連続殺菌装置を構築した。開発した殺菌装置を用いて細菌を含む導電性液体の大流量殺菌実験を行い、低流量実験と比較した。その結果、殺菌効果

は液体の粘度に依存することがわかった。粘度が小さい場合は、低流量時と同様の高電界パルス処理が可能で、殺菌効果も同様であった。一方、高粘度の場合は、電極間で放電が生じやすく、安定して動作可能な電界強度が小さくなった

次に、高電界パルス印加時の液体の流れと温度分布を可視化する装置を構築し、粘度と流速を変数とする液体の熱流体的挙動を調べた。その結果、液体挙動は粘度と流速に依存することがわかった。特に高粘度の場合、電極近傍の流速が小さくなり、過剰なジュール加熱が起こることが明らかとなった。このことは、より良い高電界パルス処理槽の設計根拠となる。

本課題研究の総括として、食品や食品機械製造企業の技術者7名と成果と実用化の可能性について意見交換を行った。本技術は液状食品全般に利用可能で、加工食品の高品質化に資するものであり、今後も集中的に技術開発をすすめるべきとの総意を得た。

<引用文献>

Kazuma Baba, Taiga Kajiwara, Shogo Watanabe, Sunao Katsuki, Ryo Sasahara, Kazuyuki Inoue, “Low-Temperature Pasteurization of Liquid Whole Egg using Intense Pulsed Electric Fields”, *Electronics and Communications in Japan* 101 (2018) 87-94

Ryuta Adachi, Shota Hatayama, Nobuaki Ohnishi, Sunao Katsuki, Toshiaki Wada, Keisuke Abe, “Cell Death induced by Nanosecond Pulsed Electric Fields and its Dependence on Pulse Duration”, *Electronics and Communications in Japan* 101 (2018) 38-48

Hollie A. Ryan, Shinji Hirakawa, Enbo Yang, Chunrong Zhou, Shu Xiao, “High-Voltage, Multiphasic, Nanosecond Pulses to Modulate Cellular Responses”, *IEEE Transactions on Biomedical Circuit and System* 12 (2018) 338-350

Nobuaki Ohnishi, Yusuke Fujiwara, Taichi Kamezaki, Sunao Katsuki, “Variations of Intracellular Ca²⁺ Mobilization Initiated by Nanosecond and Microsecond Electrical Pulses in HeLa Cells”, *IEEE Transactions on Biomedical Engineering* 66 (2019) 2259-2268

佐藤浩美, 安啓太, 南谷靖史, 大西伸明, 藤原裕介, 松林恭平, 宮川大輝, 勝木淳, “がん治療を目的とした高周波パーストパルスががん細胞へ与える影響の調”, *静電気学会誌* 42 (2018) 90-95

Tagawa Toru, Yamashita Tomohiko, Sakugawa Takashi, Katsuki Sunao, Hukuda Kenzi, Sakamoto Kunihiro, “Study of SiC device for pulsed power switching circuit”, *Electrical Engineering in Japan* 209 (2019) 3-9

Landon Collier, Taiga Kajiwara, James Dickens, John Mankowski, Andreas Neuber, “Fast SiC Switching Limits for Pulsed Power Applications”, *IEEE Transactions on Plasma Science* 47 (2019) 5306-5313

Urabe Gen, Katagiri Toshiaki, Katsuki Sunao, “Intense Pulsed Electric Fields Denature Urease Proteins”, *Bioelectricity* 2 (2020) 33-39

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 11件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Ohnishi Nobuaki, Fujiwara Yusuke, Kamezaki Taichi, Katsuki Sunao	4. 巻 66
2. 論文標題 Variations of Intracellular Ca ₂ Mobilization Initiated by Nanosecond and Microsecond Electrical Pulses in HeLa Cells	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Biomedical Engineering	6. 最初と最後の頁 2259-2268
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TBME.2018.2886602	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 佐藤浩美, 安啓太, 南谷靖史, 大西伸明, 藤原裕介, 松林恭平, 宮川大輝, 勝木淳	4. 巻 42
2. 論文標題 がん治療を目的とした 高周波バーストパルスががん細胞へ与える影響の調査	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 静電気学会誌	6. 最初と最後の頁 90-95
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 K. Baba, T. Kajiwara, S. Watanabe, S. Katsuki, R. Sasahara, K. Inoue	4. 巻 101
2. 論文標題 Low-Temperature Pasteurization of Liquid Whole Egg using Intense Pulsed Electric Fields	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Electronics and Communications in Japan	6. 最初と最後の頁 87-94
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ecj.12053	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 R. Adachi, S. Hatayama, N. Ohnishi, S. Katsuki, T. Wada, K. Abe	4. 巻 101
2. 論文標題 Cell Death induced by Nanosecond Pulsed Electric Fields and its Dependence on Pulse Duration	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Electronics and Communications in Japan	6. 最初と最後の頁 38-48
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ecj.12032	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 H.A. Ryan, S. Hirakawa, E. Yang, C. Zhou, S Xiao	4. 巻 12
2. 論文標題 High-Voltage, Multiphasic, Nanosecond Pulses to Modulate Cellular Responses	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Biomedical Circuit and Systems	6. 最初と最後の頁 338-350
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TBCAS.2017.2786586	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 S. Katsuki, Y. Li, D. Miyakawa, R. Yamada, N. Onishi, S. Lim	4. 巻 -
2. 論文標題 Response of Mammalian Cells to Non-thermal Intense Narrowband Pulsed Electric Fields	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proceedings of The 11th European Conference on Antennas and Propagation	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.23919/EuCAP.2017.7928345	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 勝木淳, 江衛華, 堀岡一彦, 菊池崇志, 橋本好幸, 南谷靖史, 高木浩一	4. 巻 137
2. 論文標題 パルスパワー技術研究開発の動向と最前線	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 電気学会基礎・材料・共通部門誌	6. 最初と最後の頁 10-14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejfms.137.10	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 T. Tagawa, T. Yamashita, T. Sakugawa, S. Katsuki, K. Hukuda, K. Sakamoto	4. 巻 209
2. 論文標題 Study of SiC device for pulsed power switching circuit	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Electrical Engineering in Japan	6. 最初と最後の頁 3-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/eej.23242	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ryan Hollie A., Hirakawa Shinji, Yang Enbo, Zhou Chunrong, Xiao Shu	4. 巻 12
2. 論文標題 High-Voltage, Multiphasic, Nanosecond Pulses to Modulate Cellular Responses	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Biomedical Circuits and Systems	6. 最初と最後の頁 338 ~ 350
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TBCAS.2017.2786586	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Urabe Gen, Katagiri Toshiaki, Katsuki Sunao	4. 巻 2
2. 論文標題 Intense Pulsed Electric Fields Denature Urease Protein	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Bioelectricity	6. 最初と最後の頁 33 ~ 39
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1089/bioe.2019.0021	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計15件 (うち招待講演 5件 / うち国際学会 6件)

1. 発表者名 S. Katsuki, N. Ohnishi, G. Urabe
2. 発表標題 Effects of Intense Pulsed Electric Field to Biological Cells
3. 学会等名 19th International Congress on Plasma Physics, Vancouver (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 N. Ohnishi, Y. Fujiwara, T. Kamezaki, S. Okamoto, S. Katsuki
2. 発表標題 Structural change of multimer proteins exposed to 300 kV/cm electrical pulses
3. 学会等名 15th International Bioelectrics Symposium, Prague
4. 発表年 2018年

1 . 発表者名 G. Urabe, T. Katagiri, N. Ohnishi, S. Katsuki
2 . 発表標題 Structural change of multimer proteins exposed to 300 kV/cm electrical pulses
3 . 学会等名 15th International Bioelectrics Symposium, Prague
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 S. Watanabe, T. Kajiwara, K. Katano, S. Katsuki
2 . 発表標題 Efficient liquid pasteurization using PEF combined with mild thermal energy
3 . 学会等名 15th International Bioelectrics Symposium, Prague
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 G. Urabe, T. Katagiri, N. Ohnishi, S. Katsuki
2 . 発表標題 Structural change of multimer proteins exposed to 300 kV/cm electrical pulses
3 . 学会等名 40th International Symposium on Dry Process, Nagoya
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 T. Kamezaki, Y. Fujiwara, N. Ohnishi, S. Okamoto, S. Katsuki
2 . 発表標題 Extraction of yeast ingredient using intense pulsed electric fields
3 . 学会等名 The 13th International Student Conference on Advanced Science and Technology, Manila
4 . 発表年 2018年

1. 発表者名 S. Kazue, K. Kishimoto, H. Toyomitsu, G. Urabe, S. Katsuki
2. 発表標題 Cellular response of mammalian cells exposed to high power microwave
3. 学会等名 The 13th International Student Conference on Advanced Science and Technology, Manila
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 勝木淳
2. 発表標題 パルスパワーを用いた革新的食品加工技術
3. 学会等名 化学工学会第50回秋季大会, 鹿児島 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 勝木淳
2. 発表標題 パルスパワーを用いる革新的食品低温プロセス ~殺菌、抽出を中心に~
3. 学会等名 第334回RISTフォーラム, 熊本 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 S. Katsuki, T. Kajiwara, S. Hirakawa, S. Watanabe
2. 発表標題 Inactivation of Gram-negative bacteria in liquid whole egg using intense pulsed lectric field combined with mild thermal energy
3. 学会等名 10th Asia-Pasific Symposium on Plasma Technology (国際学会)
4. 発表年 2017年

1 . 発表者名 K. Matsubayashi, Y. Fujiwara, S. Katsuki
2 . 発表標題 Characteristics of <i>Saccharomyces cerevisiae</i> Exposed to Nanosecond Pulsed Electric Fields
3 . 学会等名 10th Asia-Pasific Symposium on Plasma Technology (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 S. Katsuki
2 . 発表標題 1 MV/cm sub-nanosecond pulse exposure system for a study of PEF effect on proteins
3 . 学会等名 2nd World Congress on Electroporation (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 T. Kajiwara, S. Hirakawa, S. Watanabe, S. Katsuki
2 . 発表標題 Efficient PEF Sterilization of Liquid Whole Egg
3 . 学会等名 2nd World Congress on Electroporation (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 S. Hirakawa, T. Kajiwara, S. Watanabe, S. Katsuki
2 . 発表標題 DSC measurement of Gram-negative bacteria for understanding the dependence of the PEF sterilization effect on the treatment temperature
3 . 学会等名 2nd World Congress on Electroporation (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1. 発表者名 S. Katsuki, S. Lim, N. Ohnishi, T. Terahira, T. Katagiri
2. 発表標題 Effects of Intense Electrical Pulses on Proteins
3. 学会等名 13th Pacific Symposium on Pulsed Power and its applications (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 パルス電界を用いた液状食品の殺菌方法	発明者 勝木淳、梶原大河、 大橋重夫、井上和 幸、笹原亮	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2017-094021	出願年 2017年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

熊本大学パルスパワー科学研究所応用バイオエレクトリクス研究室 http://www.cs.kumamoto-u.ac.jp/~katsuki/

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	上野 崇寿 (Ueno Takahisa) (30508867)	大分工業高等専門学校・電気電子工学科・准教授 (57501)	
連携研究者	森村 茂 (Morimura Shigeru) (20230146)	熊本大学・工学部・准教授 (17401)	