

パルス電磁エネルギーによる植物の活性制御
Stimulation of plants using pulsed electromagnetic energy

王斗艶¹, 浪平隆男², 秋山秀典²
 Douyan Wang¹, Takao Namihira², Hidenori Akiyama²

¹熊本大学大学院先端機構, ²熊本大学パルスパワー科学研究所
^{1,2} Kumamoto Univ.

1. はじめに

静電界や直流放電による刺激が植物の生育に良い効果をもたらすことは、18世紀頃にさかのぼり報告されている[1]。様々な研究が試みられた中で、収量の増加に対する効果が得られる場合とそうでない場合があり、研究者によって異なっている。その中でも、植物の成長にとって空気イオンが重要であり、ATP代謝、成長、呼吸が早まり、イオンのない環境中では成長が抑えられるなどの知見が得られている[2, 3]。20世紀に入って、電気刺激下では成長に伴って植物体に流れる電流が増加していくことが明らかとなり、電流変化が生育指標となる可能性が唱えられた[4]。上記はいずれも直流電圧印加に伴う結果であるが、エネルギー効率や植物体への負荷を考慮すると、短い時間幅において繰り返し刺激を印加可能なパルス電磁エネルギーへの期待が高まる。

本稿では、パルス電磁エネルギーが植物体の活性制御に与える影響として、水中パルス放電プラズマによるスサビノリの遺伝子活性、およびパルス電界による水耕葉野菜の生育制御について、実験的評価を行う。

2. 水中パルス放電プラズマによるスサビノリの遺伝子活性

養殖海苔は我国の海水面養殖産業における資源植物として重要であり、スサビノリは主要対象種であり巻き寿司などに使われる身近な紅藻類の一種である。また、室内培養系が確立している上に均一な材料を大量調製できるため、生理学的研究が容易に行える特徴を有する。2013年3月には、スサビノリのゲノム（全遺伝情報）が解読され、優良品種の作製などに役立つことが期待されている[5]。

植物体は自然界の様々なストレス（紫外線や活性酸素など）に反応して、新種の植物変異体の誕生や特定の機能遺伝子の発現を誘起する

ことがある。水中パルス放電に伴う物理現象（紫外線、オゾン等のラジカル種、衝撃波、高電界、大電流など）にこの自然界のストレス源を重ね見て、適切な条件でスサビノリに放電プラズマを印加すると、遺伝子活性を誘発出来ることを実験的に証明した。

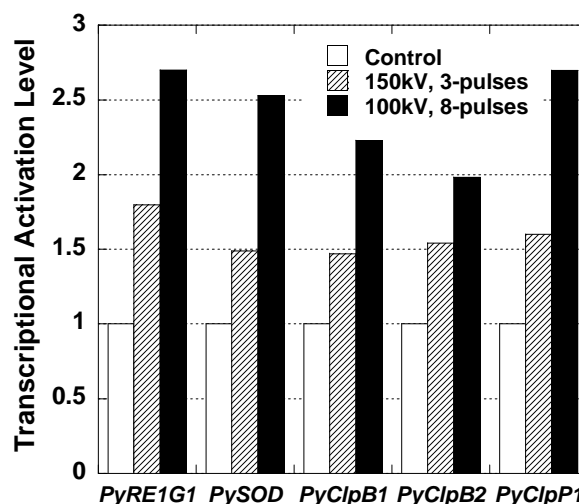


図1 水中パルス放電によるスサビノリの遺伝子活性[6-8]

図1は、水中パルス放電プラズマを印加したスサビノリの遺伝子活性について調べた結果である[6-8]。なお、グラフは各遺伝子のRNA転写レベルの電気泳動像を正規化した結果を示す。図1において、*PyRE1G1*はレトロトランスポゾン遺伝子であり、植物の進化に寄与してきた遺伝子と言われる。水中パルス放電を印加した*PyRE1G1*転写レベルは1時間後にコントロールの2.7倍となり、かつ、これまでに報告された他のストレスによる植物レトロトランスポゾン活性よりも数時間から数十時間短いという特徴を有する。また、*PySOD*は、スーパーオキシドアニオンラジカルから過酸化水素への変換反応を触媒し、酸素毒性から生体を保護する役割をもち、酸化ストレス防御系に重要な機能

遺伝子である。*PyClp*は、葉緑体内で凝集や変性を起こして傷ついたタンパク質を修復あるいは分解する作用を有するClp分子シャペロンシステムに寄与する遺伝子である。これら何れに対しても、水中パルス放電を印加することでその発現が得られたことは、ストレスにより機能低下した植物細胞を正常化させる可能性を秘めている。なお、水中パルス放電には様々な物理現象が伴うが、本研究の印加パラメータにおいては、電界と電流の複合作用が最も寄与しているのではないかと推測される。

3. パルス電界による水耕葉野菜の生育制御

天候・季節・栽培環境に左右されない、高度な環境制御と周年栽培を実現する植物工場は、大気汚染と地球温暖化が深刻な現代社会において、希望ある産業である。設備投資と投資回収が可能な採算性がカギを握る植物工場において、生産野菜の生育促進や高付加価値化が実現すれば、将来性の高いビジネスとなる。本研究は、主要栽培品種である水耕レタスについて、その根部へパルス電界を印加することで生育制御が可能であることを実験的に証明した。

図2に、パルス電界印加による水耕レタスの成育制御の結果を示す[6, 9]。

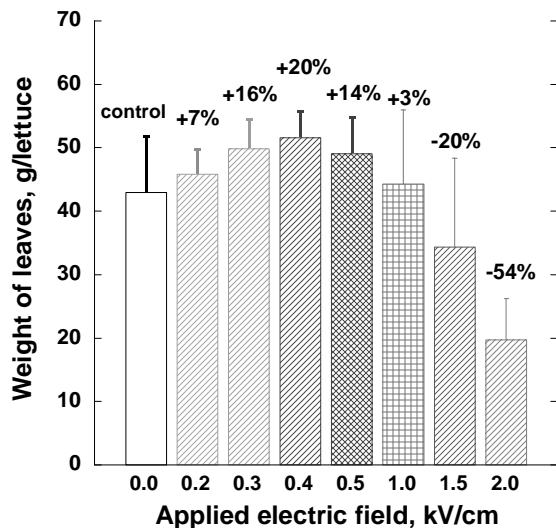


図2 パルス電界印加による水耕レタスの成育制御 [6, 9]

図2より、レタス根部へ適切な強度を有するパルス電界を印加することで、収穫部（葉部）の生重量を最大20%まで生育促進可能である。一方、強すぎる刺激においては、逆に生育を抑制する効果を来す。減産を招いた試験株においては、根部の形態が非常に脆いことから、高い

電界強度により不可逆な膜破壊が生じたために細胞破損が引起されたものと考えられる。一方、増産となった試験株においては、細胞膜の透過性が増すことで膜内外の物質移動が促進され、養分吸収を促したのではないかと考えられる。あるいは、根部細胞のイオンチャネル制御機構が外部ストレスを受けたことで活性化されたのではないかと考えられる[10]。ストレス応答メカニズムの解明には、モデル植物を用いた遺伝子レベルでの実証が求められる。

4. まとめ

パルス電磁エネルギーの生体応用が盛んに研究されているなかで、植物体を取り上げている例は比較的少ない。動物細胞と比較してその栽培サイクルが長いことや、試験区の場所確保など難点はあるものの、様々な問題を抱える日本農業の将来にとって、その研究成果が少しでもお役に立てればと願っている。

参考文献

- [1] C.H. Bachman, D. G. Handemenes and L.S. Underwood, "Ozone and air ions accompanying biological application of electric fields", *J. of Atmospheric and Terrestrial Physics*, **33**, 407-505 (1971)
- [2] S. Kotaka, A. P. Krueger and P. C. Andriese, "The effect of air ions on light-induced swelling and dark-induced shrinking of isolated chloroplasts", *Int. J. Biometeor.*, **12**(2), 85-92 (1968)
- [3] S. Kotaka and A. P. Krueger and P. C. Andriese, "Air ion effects on RNase activity in green barley leaf", *Int. J. Biometeor.*, **16**(1), 1-11 (1972)
- [4] 重光司, 渡辺康憲, "直流放電下での水耕栽培による植物生育の予備的検討", 電力中央研究所・研究報告, U87017 (1986)
- [5] Y. Nakamura *et al.*, "The First Symbiont-Free Genome Sequence of Marine Red Alga, *Susabi-nori* (*Pyropia yezoensis*)", *PLOS ONE*, open access journal, <http://www.plosone.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0057122> (2013)
- [6] 王斗艶, 秋山秀典, "パルスパワーによる液中の殺菌・バイオ応用", 静電気学会誌, **37** (3), 132-137 (2013)
- [7] D. Wang, X. Lin *et al.*, "A New Application of Underwater Pulsed Streamer-like Discharge to Transcriptional Activation of Retrotransposon of *Porphyra yezoensis*", *IEEE Trans. on Plasma Sci.*, **38** (1) 39-46 (2010)
- [8] K. Hirayama, D. Wang *et al.*, "Activation of retrotransposon in Red Alga by underwater pulsed discharge", *Acta Physica Polonica A*, **115** (6), 1110-1111 (2008)
- [9] 王斗艶ら, "パルス電界によるレタスの成育制御", パルスパワー研究会, PPT-12-004, 13-16 (2012)
- [10] 大川和秋, 植物細胞のイオンチャネル, 綜説, 膜, **18**(1), 3-12 (1993)