

パルス型アーク放電発生型フェンスによる蔓性雑草クズの防除

瀧川義浩¹, 志水恒介², 佐藤明彦², 梶村典彦³, 佐伯敏彦³, 平井真典⁴, 重岡 成²

要旨

パルス型アーク放電発生型フェンスによる蔓性雑草クズの研究施設内への侵入防止試験を実施した。本試験結果により、パルス型アーク放電発生型フェンスの有用性を確認することができた。

1. はじめに

筆者らは、静電場技術を利用した雑草防除の研究を進めている。静電場の基盤技術は、絶縁体に被覆された導体に高電圧を印加し、絶縁体被覆の周辺部に形成される静電場の捕捉引力を利用している^{1-6, ほか多数}。筆者らの静電場技術には放電（ここではコロナ放電とアーク放電）を利用した技術も含まれており、コロナ放電を利用した技術はタバコの煙粒子⁷やウイルス⁸の捕捉が可能であることを報告している。一方で、アーク放電による害虫防除^{9, 10}も報告している。アーク放電は、対象物への攻撃には効果が高いことから、雑草防除への適用も可能である^{11, 12}。そこで本稿では、実用化を目指したアーク放電発生型フェンスを製作して、難防除雑草として知られるクズ（図 1A）の防除を目的にした第 1 期の試験を行ったので、クズの侵入防止に役立つ装置の紹介とともに試験の経過を報告する。

2. クズとは

クズ (*Pueraria montana* var. *lobata*) は多年生のマメ科植物で、3 出複葉（図 1B）を着ける植物である。植物体は、当年生茎（図 1C）、多年生茎、節根、そして節根が伸長と肥大した塊根からなり¹³、その繁殖力の強さから制御不能な難防除雑草となっている。その一方で、塊根から得られるデンプン¹⁴や薬用の原材料¹⁵、家畜飼料¹⁶⁻¹⁹のために栽培がされている。利用価値のある植物であるが、近年ではその需要も減少し、適切な管理が行われず放置された結果、国内外で旺盛に繁殖した悪名高い雑草となった（図 1A）。クズは蔓性の植物で、フェンス（図 1A）、電柱や電線などに絡みつくように生長するため、植物体を完全に取り除くには手作業で実施するしか手段はない。除草剤を散布して植物体を枯らすことは可能であるが、図 1にあるように繁茂した現場では根の位置の特定が困難なため、クズ除草の根本的な解決には至っていない。筆者らの簡易な予備調査で、蔓の先端から 2 番目の当年生茎までの生長を計測して 1 日あたりのクズの生長を見積もったところ、約 3~8.25 cm の生長を把握している（データ示さず。研究グループ内の簡易調査から。）。正確性を欠くデータであることは承知しているが、大まかなクズの生長速度の指標と捉えれば、本植物の防除がいかに困難なことが理解できる。このことから、クズの侵入を可能な限り抑え、繁殖を防止する手法の開発が必要である。

原稿受付 2021 年 12 月 27 日

1. 近畿大学 先端技術総合研究所 植物センター 〒642-0017 和歌山県海南市南赤坂 14-1
2. 近畿大学附属農場 湯浅農場, 〒643-0004 和歌山県有田郡湯浅町湯浅 2355-2
3. トワロン株式会社 〒592-8331 大阪府堺市西区築港新町 2-6-13
4. 朝日金網株式会社 〒575-0002 大阪府四條畷市岡山 2-21-22

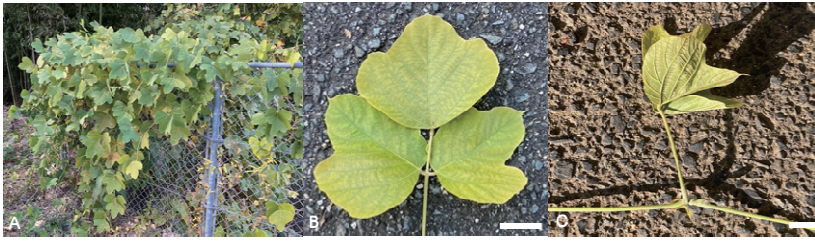


図1. 和歌山キャンパスに自生しているクズの繁茂状況 (A) と3出複葉 (B) を着ける当年生茎 (C)
スケールバーは20 mmを示す。

3. クズ防除のためのアーク放電発生型フェンス

クズの侵入防止に試作したアーク放電発生型フェンス（アーク放電フェンス）は単純な構成となっている（図2）。すなわち、絶縁体被覆線、電気柵から電圧が印加されるステンレスの帯電導体線、そしてアースに直結するアース線を一定の間隔で配置している（図2）。アーク放電フェンスは、横に長いシート状（本試験では長さ10 m）のため、設置時のたわみ防止のために、一定の間隔でプラスチックの支柱を挿入している。今回の試験では、1メートル間隔で支柱を挿入しているショートスパン区（S区）、2メートル間隔で支柱を挿入しているロングスパン区（L区）のアーク放電フェンスを用意した。なお、L区については、支柱間隔が長いために、仮設置時にアーク放電フェンスのたわみが生じたので、それを抑えるための抑え網を追加設置した。試作したこのアーク放電フェンスは、筆者らの共同研究者であるトワロン株式会社と朝日金網株式会社から供給を受けている。電気柵は、一般に市販されているものであり、太陽光での発電で帯電導体線に電圧の印加を可能としている。今回の試験で使用した電気柵の電圧印加形式は1秒間隔で10 kVの電圧を印加するパルス型である。絶縁体被覆線は、帯電導体線とアース線との間隔保持の役割を担っている。クズは地面に根を張っているためにアースされている状態である。さらに、クズがアーク放電フェンスに向かって生長する時はフェンスに絡まる状態となることが予想されるために、アーク放電フェンスに編み込まれているアース線に接触することで植物体は確実にアースされた状態となる。したがって、その状態でクズの蔓の先端が帯電導体線の領域（図2のピンク部分を例にして）に侵入したときにのみ、帯電導体線と植物体との電位差により植物体に向かってアーク放電が起こる。結果的にクズはアーク放電による熱（図2）で枯死し、その後の生長が阻止されることとなる。なお、アーク放電を受けたクズは80℃に達する温度になることが筆者らの研究で明らかになっている¹²⁾。

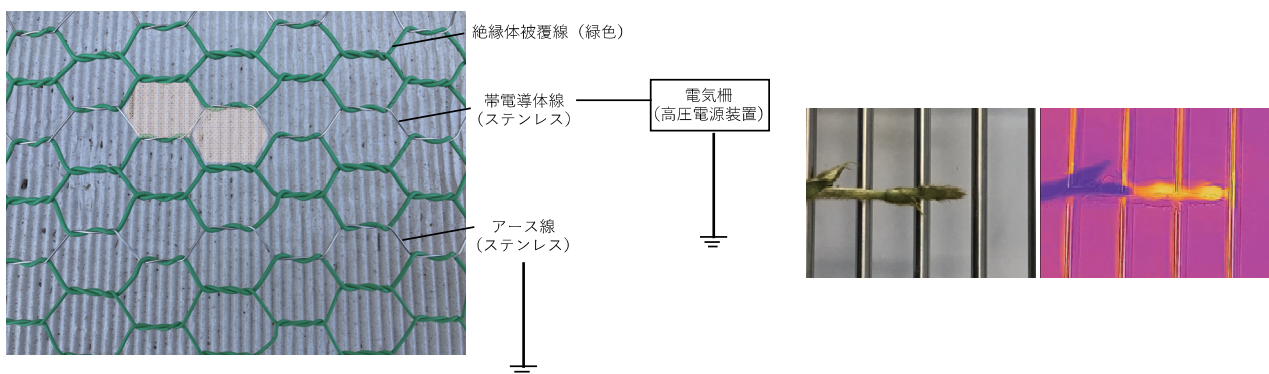


図2. 使用したアーク放電発生型フェンスの構成（左）と放電を受けたクズの温度上昇（右）

フェンスは絶縁体被覆線、帯電導体線とアース線が織込まれたシート状になっている。ピンク色で示す部分にクズが侵入するとアーク放電が発生する。電気柵は太陽光発電により 10 kV の電圧が帯電導体線に印加される。アーク放電を受けたクズは温度が上昇により枯死する（写真は予備検討試験結果を示す。サーモグラフィカメラにより撮影）。

4. 静電場技術によるクズの防除試験の実施

クズの侵入防除試験は近畿大学附属農場である湯浅農場（和歌山県）で実施した。湯浅農場では、敷地内に侵入してくるクズがフェンスに絡みつき、敷地内の景観を著しく損なう状況となっており（図 3 A）、定期的な除草作業がこれまでに行われていた。このことからクズの侵入防除試験には最適であると判断した。試験は複数回に分けて行うことを予定しており、第 1 期は 2021 年 8 月 5 日から 10 月 21 日とした。これは、植物体の旺盛な生育が見込まれ、かつ夏季の強い日差し、台風、雨などの環境下で駆動させた場合のアーク放電フェンスの耐候性の把握も目的にしているために、上記の約 2 ヶ月程度を試験期間とした。これ以降の期間は冬季の気温低下による雑草の繁茂が抑えられるとの予想から試験は実施せず試験現場から撤去した。アーク放電フェンスの設置にあたり、まずは繁茂しているクズの除草作業を実施した（図 4）。試験区は、アーク放電フェンスを設置した区間と設置していない区間を設定した。アーク放電フェンスは、太陽光発電が可能な電気柵で駆動させ、定期的な観察を行うことで侵入防除効果を調査した。



図 4. 湯浅農場におけるクズ侵入防止のためのフェンス設置作業状況

A: 本学湯浅農場内のクズの繁茂状況（2021 年 8 月 5 日撮影）、B: アーク放電フェンス設置前のクズの除草作業状況、C: アーク放電フェンスの準備、D: アーク放電フェンスの設置（矢印）、E: アーク放電フェンスの帯電導体線に電圧を印加する太陽光発電機能を持つ電気柵。

5. アーク放電フェンスによるクズの防除試験の経過観察

約 2 ヶ月の試験を実施したところ、設置したアーク放電フェンスの耐久性は問題がなかった。絶縁体被覆線の被覆は 8 月の強い日差しでも劣化していなかった。風雨による錆を考慮し、帯電導体線、アース線

をステンレス線にしたため、錆の発生はなかった。実施期間中は台風や風雨の影響を受けていたが、故障やトラブルはなく安定してアーク放電フェンスは駆動していた。アーク放電フェンスを設置して2週目からは、無設置区、設置区ともに雑草が目立つようになった(図5B, H)。設置3週目にはクズの蔓がアーク放電フェンスに接近する様子が観察できた。また、アーク放電フェンスに接近してきたクズの一部には放電を受けずに網目を通過している蔓も確認できている(図6)。これは、帯電導体線が入っていない部位によるものである。5週目には、アーク放電で攻撃されているクズが観察され、無設置区と比較すると明らかな差が生じていた。6週目になると、L区にある抑え網でクズの侵入が防止されていた(データ示さず)。7週目になると、クズ以外の雑草の侵入にも効果が見られた(図5E, K)。無設置区と比較するとその差は明らかであった。8週目の無設置区では、フェンスにクズの蔓の巻き付きがあるが、アーク放電フェンス設置区では侵入防止が継続していた。その効果は9週目(図5F, L)、10週目と継続していた。なお、S区とL区との侵入効果の差異はないと判断している。結果的に、フェンスを設置していない区域と比較すると農場施設内に侵入するクズは明らかに抑えられていた(図5)。

以上のことから、試作したアーク放電フェンスはクズの侵入防止に役立つことが明らかとなった。このアーク放電フェンスは台風や雨にも耐候性もあり、長期に渡って性能を持続できる可能性を証明した。しかしながら、今回の試験で問題点も把握することができた。試作したアーク放電フェンスは、帯電導体線による放電領域が地面に近い部位にはなかったことから、網目を通過して侵入するクズが観察されたことである。対応策として、絶縁体被覆線、帯電導体線、そしてアース線で織り込まれて形成される網目構造の大きさを小さくする、アーク放電フェンス下側に、新たに開発する静電除草装置(未発表)の配置が必要であると考えている。現在のところ、アーク放電フェンスの設置範囲を広げた第2期の試験を計画中であり、今回の試験で明らかとなった問題点を解決していくことを考えている。

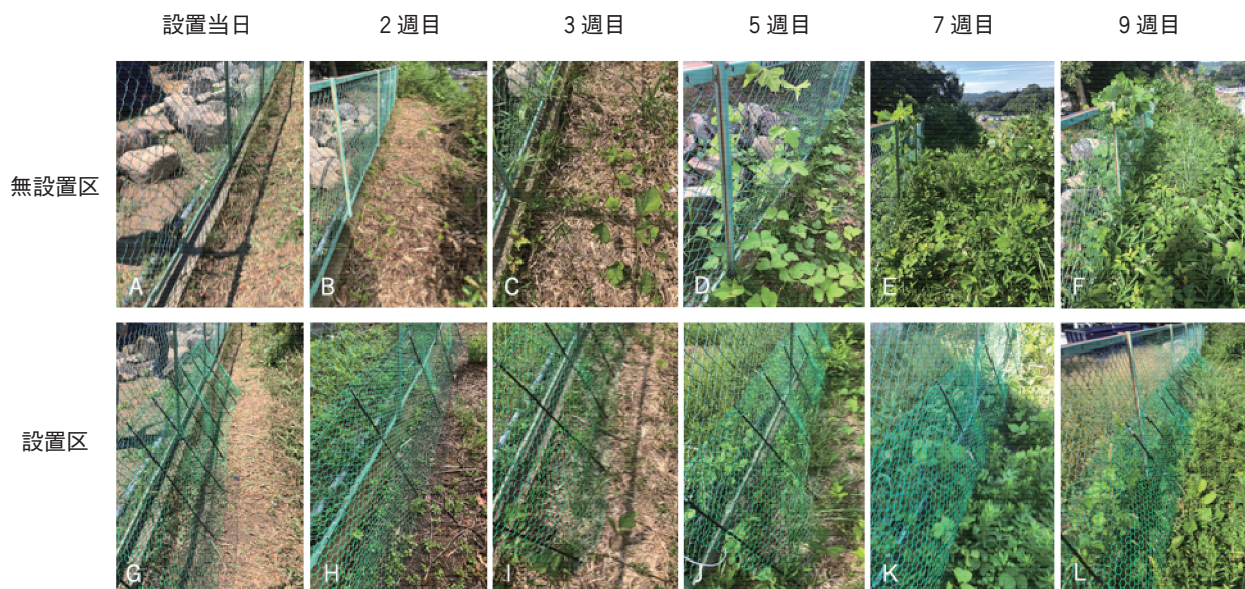


図5. パルス型アーク放電発生型フェンスによるクズの侵入防止試験の様子

試験は設置当日の2021年8月5日から10月21日まで実施した。装置は10月21日に撤去した。写真は9週目までの写真を示した。

設置区の写真は支柱間隔が短いS区、支柱間隔が長いL区を区別せずに示した。



図6. パルス型アーク放電発生型フェンスの網目を通過するクズ（白矢印）

写真は設置3週目を示した。

6. おわりに

クズの侵入防止に使用するこのアーク放電フェンスは柔軟性があるために、さまざまな場所への設置を可能としている。例えば、樹木の下部への設置により、蔓性の雑草から樹木を守ることが期待できる。除草のための労力軽減や薬剤散布の減少にも繋がることから新しい雑草防除の手法として今後の使用が期待できる。

参考文献

- 1) Matsuda, Y., Ikeda, H., Moriura, N., Tanaka, N., Shimizu, K., Oichi, W. Nonomura, T., Kakutani, K., Kusakari, S., Higashi, K. and Toyoda, H. (2006). A new spore precipitator with polarized dielectric insulators for physical control of tomato powdery mildew. *Phytopathology*, 96:967-974.
- 2) Tanaka, N., Matsuda, Y., Kato, E., Kokabe, K., Furukawa, T., Nonomura, T. Honda, K., Kusakari, S., Imura, T., Kimbara, J. and Toyoda, H. (2008). An electric dipolar screen with oppositely polarized insulators for excluding whiteflies from greenhouses. *Crop Protection*, 27:215-221.
- 3) Takikawa, Y. Matsuda, Y., Nonomura, T., Kakutani, K., Kimbara, J., Osamura, K., Kusakari, S. and Toyoda, H. (2014). Electrostatic guarding of bookshelves for mould-free preservation of valuable library books. *Aerobiologia*, 30:435-444.
- 4) Takikawa, Y., Matsuda, Y., Kakutani, K., Nonomura, T., Kusakari, Okada, K., Kimbara, J., Osamura, K and Toyoda, H. (2015). Electrostatic insect sweeper for eliminating whiteflies colonizing host plants: a complementary pest control device in an electric field screen-guarded greenhouse. *Insects*, 6(2):442-454.
- 5) Takikawa, Y., Kakutani, K., Matsuda, Y., Nonomura, T., Kusakari, S. and Toyoda, H. (2019). A promising physical pest-control system demonstrated in a greenhouse equipped with simple electrostatic devices that excluded all insect pests: a review. *Journal of Agricultural Science*, 11(18):1-20
- 6) Kakutani, K., Matsuda, Y., Nonomura, T., Takikawa, Y., Osamura, K., Toyoda, H. (2021). Remote-controlled monitoring of flying pests with an electrostatic insect capturing apparatus carried by an unmanned aerial vehicle. *Agriculture*, 11(2):176.
- 7) Matsuda, Y., Kakutani, K., Nonomura, T., Takikawa, Y., Okada, K., Shibao, M., Miyama, K., Yokoo, S., Kusakari, S., and Toyoda, H. (2018), A simple electrostatic device for eliminating tobacco sidestream to prevent passive smoking. *Instruments*, 2(3):13.

- 8) Kakutani, K., Matsuda, Y., Nonomura, T., Takikawa, Y., Takami, T. and Toyoda, H. (2021). A simple electrostatic precipitator for trapping virus particles spread via droplet transmission. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(9):4934.
- 9) Matsuda, Y., Takikawa, Y., Nonomura, T., Kakutani, K., Okada, K., Shibao, M., Kusakari, S., Miyama, K. and Toyoda, H. (2018). Selective electrostatic eradication of *Sitophilus oryzae* nesting in stored rice. *Journal of Food technology and Preservation*, 2(1):15-20.
- 10) Kakutani, K., Yoshihiro Takikawa and Yoshinori Matsuda. (2021). Selective arcing electrostatically eradicates rice weevils in rice grains. *Insects*, 12, 522.
- 11) Matsuda, Y., Shimizu, K., Sonoda, T. and Takikawa, Y. (2020). Use of electric discharge for simultaneous control of weeds and houseflies emerging from soil. *Insects*, 11:861.
- 12) Matsuda, Y., Takikawa, Y., Kakutani, K., Nonomura, T., Okada, K., Kusakari, S. and Toyoda, H. (2020). Use of pulsed arc discharge exposure to impede expansion of the invasive vine *Pueraria montana*. *Agriculture*, 10:600.
- 13) 伊藤操子 (2010). クズ (*Pueraria lobata* Ohwi) 草と緑, 2:36-41.
- 14) Shurtle, W & Aoyagi, A. (1997). The Ancient genie. In *The book of Kudzu*; Jones, B., Childers, S. Eds.; Autumn Press: Berkeley, CA, USA, pp9-18.
- 15) Wang, F.R., Zhang, Y., Yang, X.B., Liu, C.X., Yang, V. W., Xu, W. and Liu, J.X. (2017). Rapid determination of 30 polyphenols in Tongmai formula, a combination of *Puerariae Lobatae Radix*, *Salviae Miltiorrhizae Radix* et *Rhizoma*, and *Chuanxiong Rhizoma*, via liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *Molecules*, 22:545.
- 16) Corley, R., Woldegebriel, A. and Murphy, M. (1997). Evaluation of the nutritive value of kudzu (*Pueraria lobate*) as a feed for ruminants. *Animal Feed Science and Technology*, 68:183-188.
- 17) Guliza, J. P. and Downs, K. M. (2019). A review of Kudzu's use and characteristics as potential feedstock. *Agriculture*, 9 (10) :220.
- 18) Glass, D. and Al-Hamadani, S. (2016). Kudzu forage quality evaluation as an animal feed source. *American Journal of Plant Sciences*, 7:702-707.
- 19) Hiep, N. V., Wiktosson, H. and Man, N. V. (2008). The effect of molasses on the quality of kudzu silage and evaluation of feed intake and digestibility of diets supplemented with kudzu silage or kudzu hay by heifers. *Livestock Research for Rural Development*, 20:1-3.

英文抄録

Physical control of the invasive Kudzu vine *Pueraria montana* using pulsed arc discharge nets

Yoshihiro Takikawa¹, Kosuke Shimizu², Akihiko Sato, Norihiko Kajimura³, Toshihiko Saiki³, Maou Hirai⁴ and Shigeru Shigeoka²

The kudzu causes a serious weed problem in Japan. In the present study, we performed an experiment for suppressing the invasive growth of kudzu using pulsed arc discharge nets at Experimental Farm, Kindai University. The discharge exposure against the kudzu was effective that the growth of the plants was clearly suppressed. Our results indicated that this apparatus was useful as a practical physical method for controlling weeds such as Kudzu.

1. Plant Center, Institute of Advanced Technology, Kindai University, Wakayama 624-0017, Japan

2. Experimental Farm, Kindai University, Wakayama 643-0004, Japan

3. Towaron Co., Ltd. Osaka 592-8331, Japan

4. Asahi Wire Netting Co., Ltd. Osaka 575-0002, Japan