高張力線を使った電気牧柵設置システム
−宮崎牧場モデル−



2021 年 11 月

（2024 年２月改訂）

独立行政法人　家畜改良センター宮崎牧場

目次

第一章　　高張力線を使った電気牧柵システムの設置手順

① 放牧予定地の面積や外周の測定.... 4
② 設置図の作成....5
③ 支柱の設置.... 7
④ 碍子の取り付け.... 8
⑤ ワイヤーの設置....11
⑥ 杭及びバトンの設置....12
⑦ 緊張具の取り付け....14
⑧ クランプの取り付け....15
⑨ 危険表示板の取り付け....16
⑩ ゲートの設置....17
⑪ 電牧器の設置....20
⑫ アースの設置....21
⑬ 通電及び電圧の確認....21

第二章 簡易柵による牧区の設定.... 22

第三章　　牛を電気牧柵に馴致させる....23

第四章　　電気牧柵の日常管理....24

終わりに....25

参考文献.... 25

見学・研修会の紹介.... 26

問い合わせ先....26

第一章　高張力線を使った電気牧柵システムの設置手順

宮崎牧場における具体的な設置方法を手順に沿って紹介します。

高張力線は鋼線に亜鉛やアルミを加えた金属線です。その特徴はポリワイヤーと比較して強度や耐久性が高いことです。そのため、牛の脱柵を防ぎたい方や、放牧地の長期利用を考えている方におすすめです。

高張力線を使った電気牧柵は、主にパワーユニット（電牧器）、アース、ワイヤー（高張力線）、支柱、杭及びバトンで構成されています（図1）。

支柱はコーナーポストや入退場ゲートの門の柱として、杭はワイヤーの高さを一定に、バトンは打ち込まない杭で各段のワイヤーの間隔を一定に保つために使います。クランプは電牧器が直接つながったワイヤー以外にも電流を流せるようにし、緊張具はワイヤーに張りをもたせます。各道具の詳細についてはこの後に説明していきます。

一方で、高張力線を使った電気牧柵は、ポリワイヤーを使った電気牧柵よりもコストや労力がかかることを心配される方もいます。しかし、支柱の設置場所などポイントをおさえることでコストを比較的抑えることができ、設置作業も要領をつかめば、かなりスピードアップするので、それほど苦にはなりません。また、一度設置してしまえば、耐久性が高いため改めて張り直す必要がなく、日常の手直しといった手間を省くことができます。

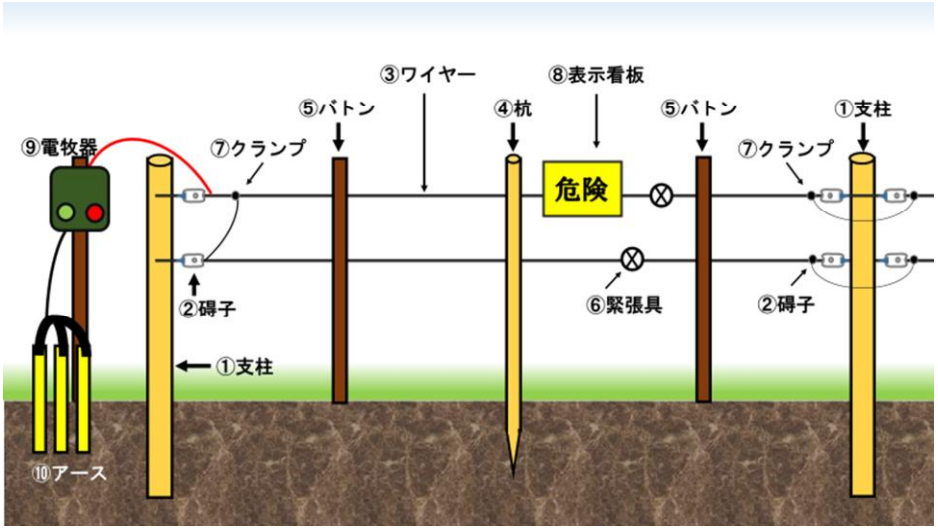


図1　基本的な高張力線による電気牧柵システムの概要図

＜参考＞高張力線電気牧柵システムを用いた放牧風景









①放牧予定地の面積及び外周の測定

放牧予定地の面積と周囲の距離（外周）を測定します（写真１）。面積や外周は、実際に測る方法や航空写真、衛星画像などを使用することで算出できます（図２）。



写真１　外周測定の様子

電気牧柵設置予定の周辺は草刈りを行い、メジャーにて計測している。

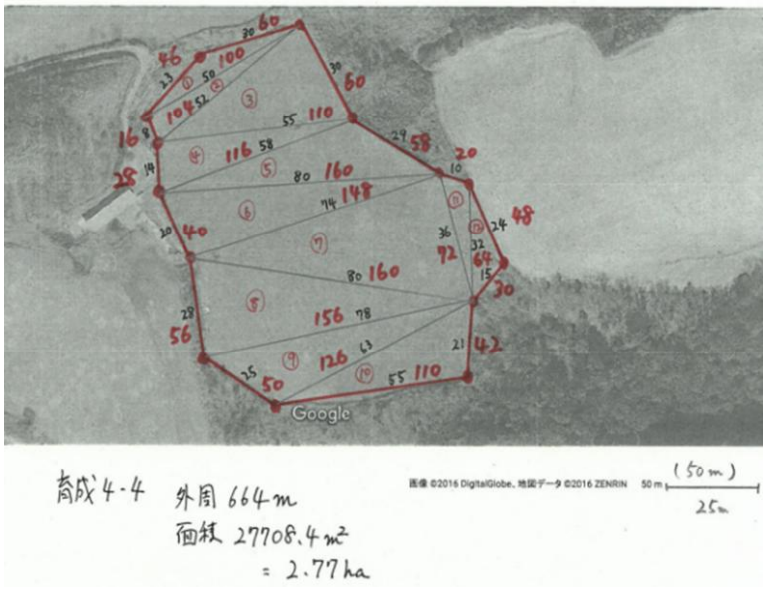


図２　航空写真から外周と面積を算出

②設置図の作成

電気牧柵の設置図は、測定結果を基に支柱やゲートの設置位置を決めて作成します（図3）。設置図を作成することで、資材費の算出ができます。

設置図の作成時に航空写真や衛星写真を使用する場合は、土地の傾斜等を考慮しないため資材が不足する可能性があります。そのため杭やワイヤーは多めに準備しておくとよいでしょう。

支柱の設置場所については次のようなポイントがあげられます。

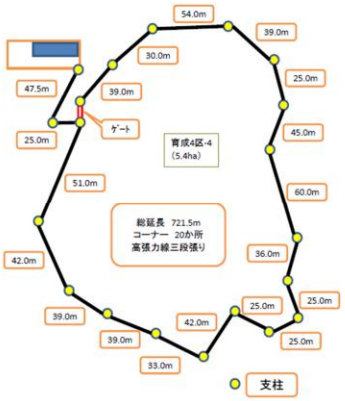


図3　設置図

＜支柱設置のポイント1＞　可能な限り少ない本数で！

支柱は牧柵を張る方向が変わる場所のコーナーポストとして、また人や牛、そして作業機械が出入りするためのゲートの門柱として設置します（図3）。支柱が多いと設置作業の労力やコストがかかるため、支柱と支柱の間隔は100mを上限にできるだけ長く設けて、設置本数を少なくします（図4）。

また、放牧地を広く確保しようとして、支柱を敷地の境界線近くに設置すると草刈り等の管理が煩雑となります。定期的に草刈りを実施しないと、生い茂った草がワイヤーと接触し漏電する恐れがあり、電気牧柵の効果が大きく損なわれます。そのため、支柱の位置は敷地の外周から1m内側に選定します。

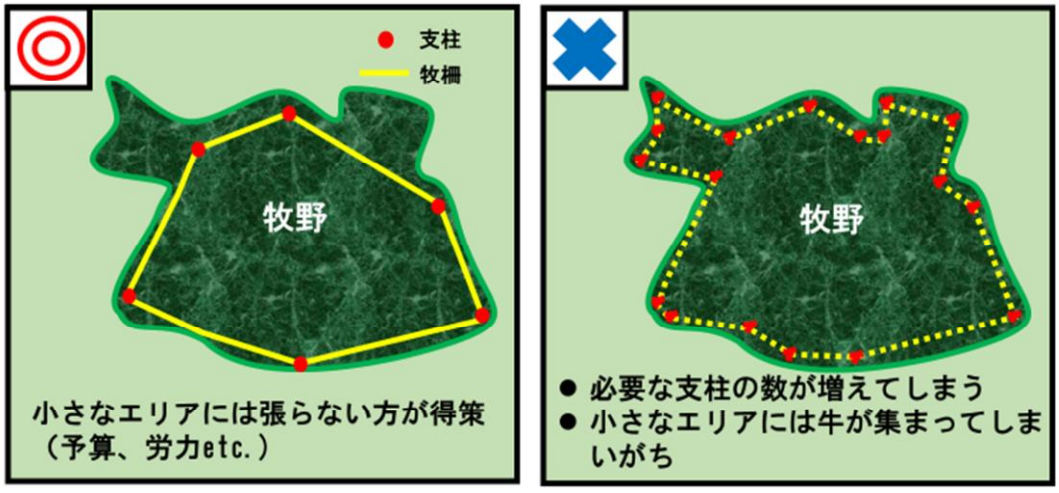


図4　支柱の設置イメージ

＜支柱設置のポイント2＞　斜面に沿った設置を！

牧柵の設置場所に段差がある場合は凹部と凸部に支柱を設置し、電牧線の高さが地面から一定になるように斜面に沿って設置します（図5）。

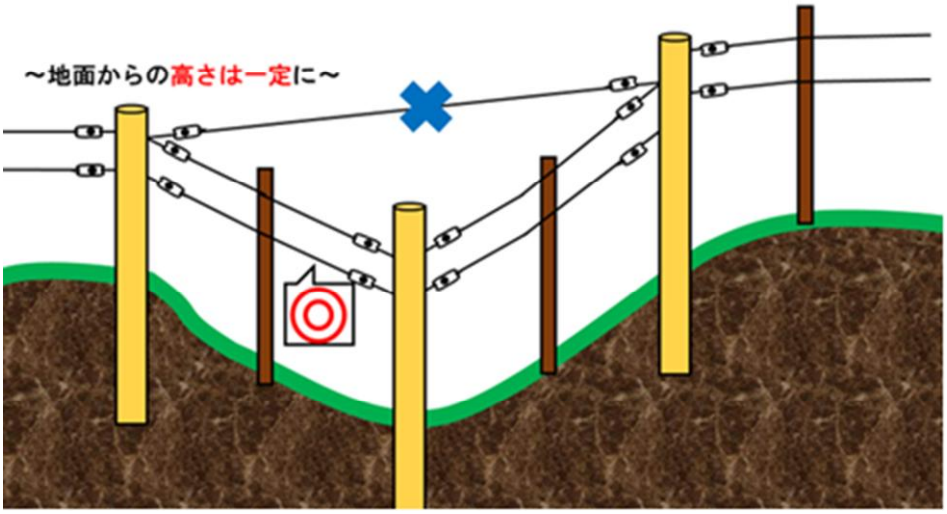


図5　斜面に沿って設定する

＜支柱設置のポイント3＞コーナーの角度を緩くし牛の逃げ場を！

放牧地のコーナーは緩やかに設定することで、牛が追い詰められた時に、電牧線に沿って逃げられるようにします（図6）。もし、鋭角の形状にした場合、牛は逃げ道をなくし、慌てふためいて脱柵または怪我をする危険性があります。また、支柱を鋭角に設置する場合は、コーナーポストへの張力が大きくなるため支柱が抜ける原因にもなります。

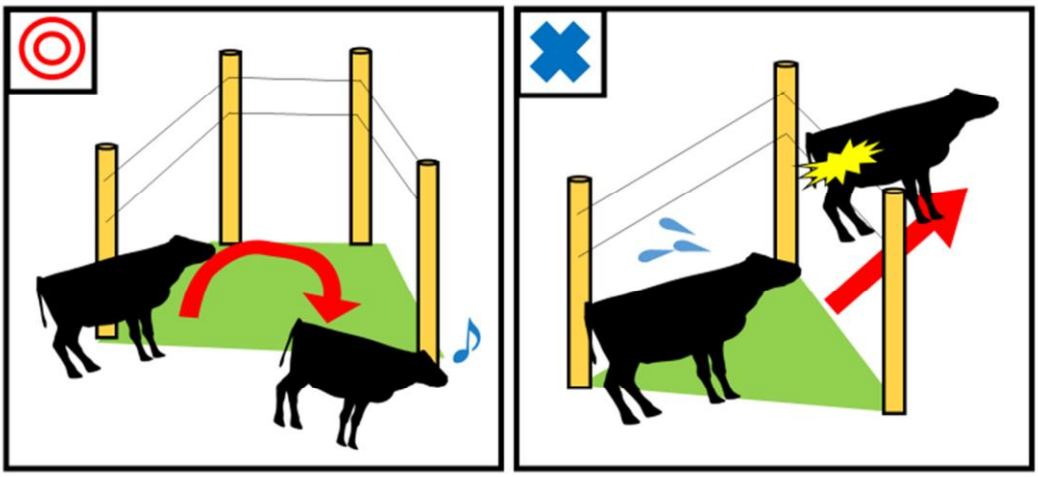


図6　コーナーは緩い角度にする

③支柱の設置方法

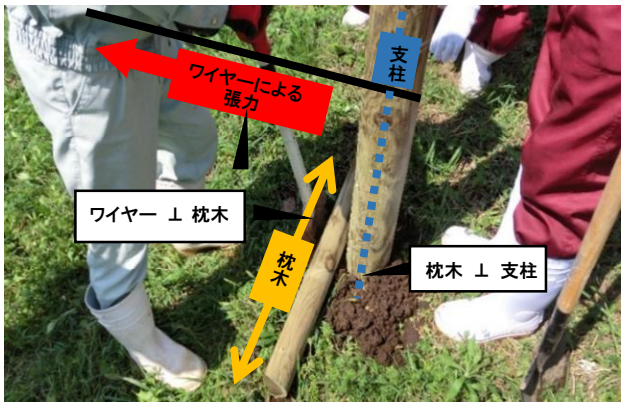
支柱を設置する場所に、深さ 50cm程度の穴を掘り、垂直に支柱を差し込みます。ゲートとなる門柱も同時に設置します。できるだけ高さをそろえて打ち込み、見た目を整えます。事前に、支柱、バトン及び杭にワイヤーを張る高さで目印をつけておくと、後々の作業が行いやすくなります。

宮崎牧場の支柱は、強度が高く、長年使用できる防腐剤が浸透処理された木製の丸太、直径 12cm×長さ 2mを使用しています。

＜ポイント＞ 枕木を設置する

ワイヤーの強い張力で支柱が傾くのを防ぐために、支柱の地際に枕木を設置します(写真4)。枕木は写真4のように支柱及びワイヤーと垂直に交差するように埋設します。これにより、支柱の強度が増します。

枕木は 60cm程の長さがあり、主に放牧地の角になる支柱に使用します。





←写真4　枕木設置の様子
（黒線はワイヤー）

④碍子（がいし）の取り付け

碍子は支柱とワイヤーの間を絶縁するために用いる器具です。碍子はワイヤーを張る高さに取り付けます（写真5）。一般的なワイヤーの高さは、3段張りが地面から50cm、80cm、110cm（写真6）。2段張りが地面から 60cm、90cmとなります。



写真5　碍子取り付けの様子



写真6　碍子取り付け後

＜ポイント1＞　碍子が必要な理由

木製の支柱は電気を通します。そのため、直接丸太にワイヤーを取り付けると漏電します。そこで絶縁体である碍子を使用することで、漏電しないようにします（図7）。

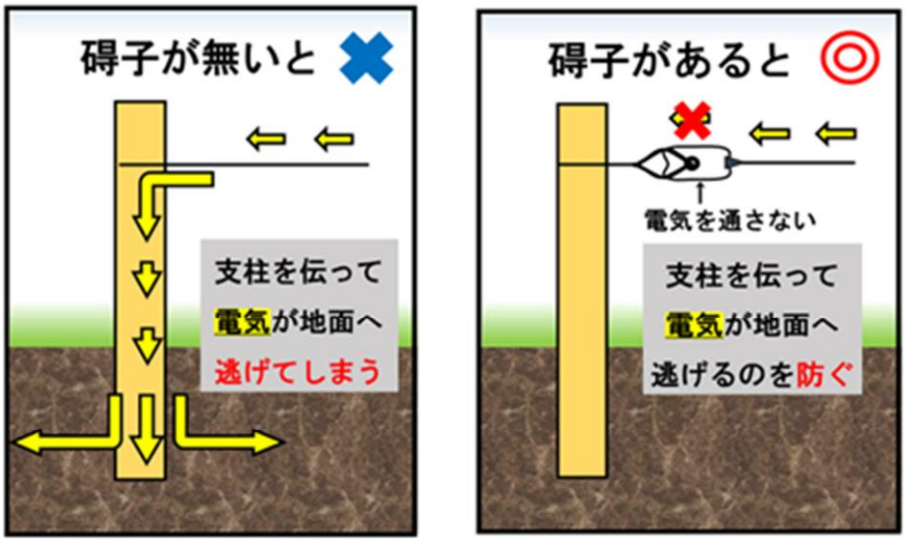


図７　碍子の必要性

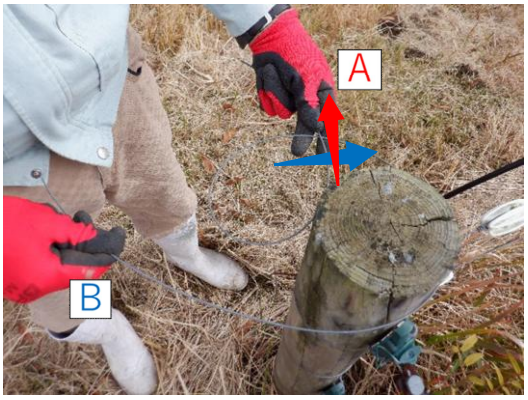
＜ポイント2＞　碍子の取り付け方

　初めに、支柱で碍子の取り付けを予定している高さにワイヤーを固定します。その後、固定したワイヤーに碍子を取り付けます。

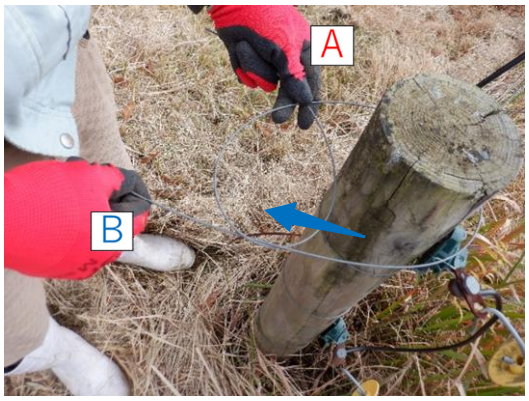
　ワイヤーは非常に硬く危険なため、必ず手袋を装着しましょう。



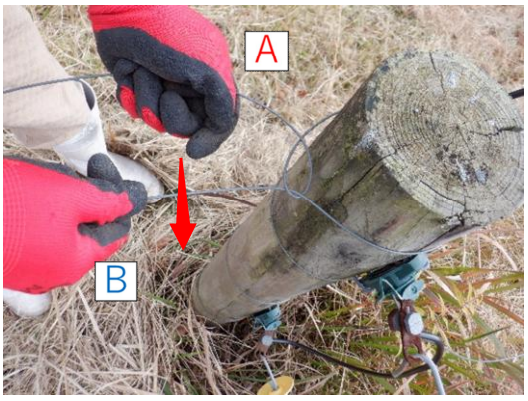
① ワイヤーを１巻（１ｍ）ほどで切ります。



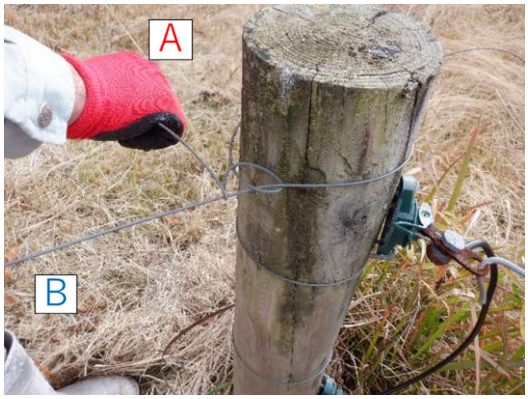
②Ａのワイヤー先端（赤色）が上になるように小さな輪を作り、ワイヤー全体で支柱を囲みます。



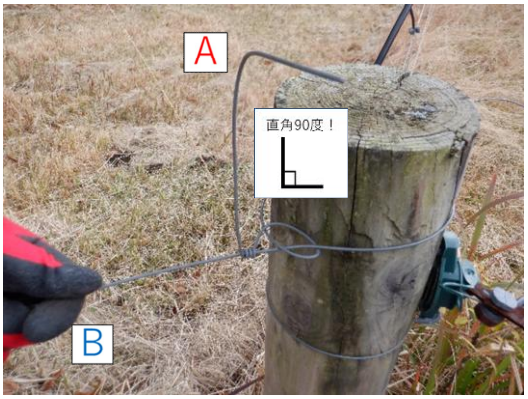
③ Ｂの先を、小さな輪の上から通し、手前まで引っ張ります。



④ 軽く引いて輪を小さくしてから、Ｂを引っ張りつつ、ＡをＢの下にくぐらせます。



⑤ＡをＢの反時計周りの方向（赤矢印）に３～４回ほど巻き付けます。この時、Ｂを引っ張りながらすると、巻きやすくなります。



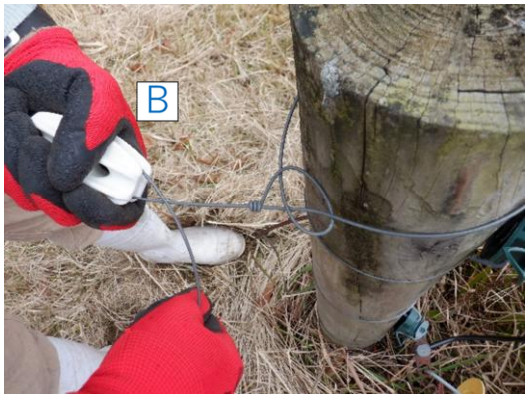
⑥ ＡをＢに対して垂直に位置させて、さらに拳１つ分あけて、直角に曲げます。そしてＡをハンドルにして数回回し、余分なワイヤーを切ります。



⑦ ④で残した輪は緩衝材の役割があります。次はＢに碍子を取り付けます。



⑧ 握り拳１つ分の間をあけ、Ｂのワイヤーを碍子に通します。



⑨ 碍子の筋に沿ってワイヤーを折り曲げます。４回程Ｂをワイヤーに巻き付け、余ったワイヤーを⑥と同様に切断します。



⑩ 完成です。



⑪ 上から見たみた碍子です。



⑫ 横から見た碍子です。



⑬ このように両端をワイヤーで引っ張り合っています。

⑤ワイヤーの設置

ワイヤーを長距離張る時は、ワイヤー繰り出し機の使用が便利です（写真7）。ワイヤー繰り出し機はワイヤーを絡みにくくします。ワイヤーの先端を、それぞれの支柱に取り付けた碍子の残りの穴に通し 10 ページの⑧⑨⑩と同様に結びます。

宮崎牧場では、強度と使いやすさを考慮して、直径 1.6mmのワイヤーを使用しています。ワイヤーは太いほど強度が増し、断線の危険性が低下します。しかし、太いほど取り扱いにくいというデメリットもありますので適したものを選びましょう。



写真7　ワイヤー取り付けの様子

＜ポイント＞　ワイヤーの長さが足りなかった場合

ワイヤーの長さが足りなかった場合、ワイヤーの太さにあった平行連結金具を使用することで、ワイヤー同士をつなげて使用することができます（写真8）。



写真8　平行連結金具の使用

⑥杭及びバトンの設置

支柱の間を補強するために、杭（パーマネントポスト）及びバトンを設置します。宮崎牧場では杭1本に対しバトン3本を4m間隔で設置しています（図8）。杭は 30cm程度地面に打ち込みます。杭はワイヤーの高さ、バトンは各段のワイヤーの間隔を一定に保つ役割があります（写真9）。杭とバトンは絶縁性のもの（又はそのような加工が施されているもの）を使用すると、直接ワイヤーを取り付けられます。よじり棒を使用すると簡単にワイヤーと取り付けることができます（写真 10）。

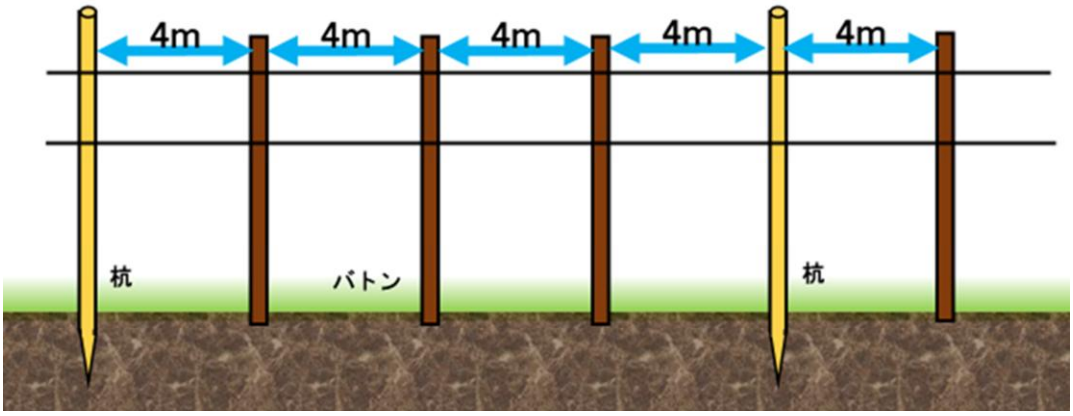


図8　宮崎牧場の杭とバトンの設置幅



←写真９　杭とバトン
杭はバトンより長く、打ち込みやすくなっています。



写真 10　よじり棒

＜ポイント＞　バトンと杭のワイヤーへの取り付け方

バトンと杭はワイヤーに対し放牧地の外側に設置します。これにより、通電したワイヤーが放牧地の内側となるため、牛が杭やバトンで遊ぶのを防止できます。バトンと杭には、それぞれワイヤーを取り付けるための専用のワイヤータイがあります（バトン用、杭用）。杭は高さを合わせて地面に打ち込み、ワイヤータイにワイヤーを取り付けます（写真 11、12）。バトンは地面に打ち込まず、ワイヤータイをワイヤーに巻き付けて取り付けます（写真 13、14）。





写真 11　杭の取り付け
（黄色矢印がワイヤータイ）
←写真 12　ランマーを使用して杭を設置する様子





写真 13　バトンの取り付け
（黄色矢印がワイヤータイ）
ワイヤータイの先端は牛の怪我防止のため放牧地外へ向けます。
←写真 14　バトンをワイヤーに取り付ける

⑦緊張具の取り付け

ワイヤーを設置した直後は張りがなく弛(ゆる)んでいるため、緊張具を用いてワイヤーに張りを持たせます（写真 14）。使い方は、緊張具用のハンドルを使用してワイヤーを巻き取り、ストッパーピン（写真 15）で固定します。もし、牛や作業機械が誤ってワイヤーに接触し弛むようなことがあっても、緊張具で調整することで簡単に復元できます（写真 16）。



写真 15　緊張具取り付けの様子



写真 16　緊張具とストッパーピン

専用ハンドルで緊張具を回してワイヤーを締め付け、専用のストッパーピンで固定します。



写真 17　緊張具設置後の様子

⑧クランプの取り付け

ここからは全体に電流を流すための作業を説明します。

クランプを用いて上下のワイヤー同士をつなぐことで、段々に架線した全てのワイヤーに通電できます（写真 18）。また、支柱は絶縁体の碍子が取り付けられているため、絶縁体より前側のワイヤー同士をつなげます(写真 19-1，19-2)。写真 19-1 は同じ高さのワイヤー同士を平行に、写真 19-2 は上段から下段へワイヤーをつなげた様子です。



写真 18　クランプ取り付けの様子

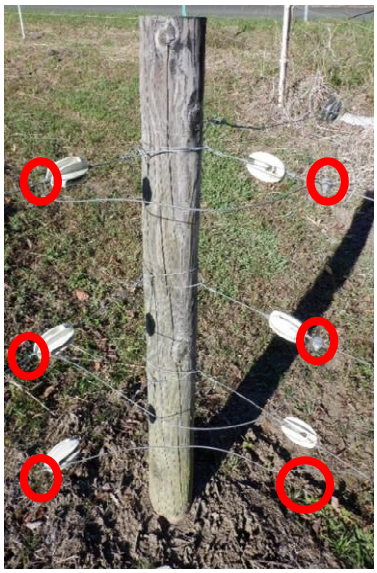


写真 19-1　支柱の状態（赤丸がクランプ）

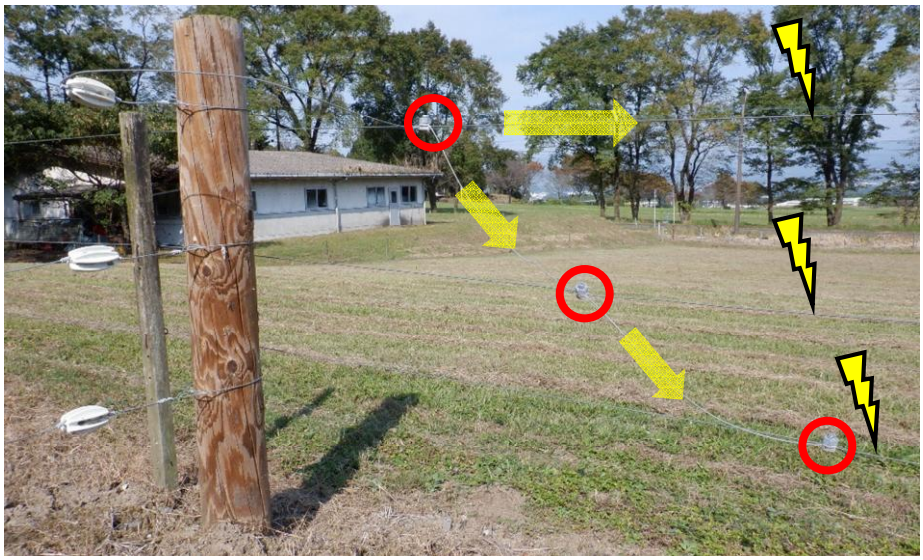


写真 19-2　各段連結の様子（赤丸がクランプ）

⑨危険表示板の取り付け

危険表示板は、電気牧柵の近くを通行する人に注意喚起するために必ず取り付けます。目につきやすい位置に表示しましょう（写真 20）。また、牛が脱柵した場合に発見者から連絡してもらえるよう、危険表示板に連絡先を記入しておきます。



写真 20　危険表示版の設置

文字が大きく、誰にでも分かりやすいものを使用します。

＜ポイント＞　電気牧柵の人体への影響は？

電気牧柵は専用の電牧器の使用で、パルス電流をワイヤーに流します。電牧器のパルス電流は、数千ボルトの微電流を約１秒間隔で１回程度流れるようになっています。この仕組みにより人が誤って電牧線へ触れても、瞬間的に電流が流れるのみですぐに手を離すことができ、人体への影響はありません。もし、濡れた状態で電気牧柵に触れた場合、乾いた状態よりも強い衝撃を受けます。もちろん人体への影響が少ないからといって、むやみに触れるのは大変危険です。

過去に自作の電牧器を使用したことによる電気牧柵の死傷事案が発生しており、農水省では定められた以下の基準を満たすよう呼びかけを行っています。

① 危険である主旨の表示をすること
② 出力電源が制限される電気柵電源装置を使用すること
③ 漏電遮断器を使用すること
④ 開閉器（スイッチ）を使用すること

農林水産省 http://www.maff.go.jp/j/seisan/tyozyu/higai/tyuuikanki/denkisaku.html

⑩ゲートの設置

作業機械や人が放牧地に出入りしやすいようにするため、専用のゲートを設けます（写真 21）。

もし、放牧地に複数のゲートがある場合、一つでもゲートが開いている状態では回路が成り立ちません。これを解消するため、ワイヤーを地中に埋設し、これを外周柵のワイヤーに接続します（図9）。これで、いずれかのゲートを開けた状態であっても、地中に埋設したワイヤーにより常に外周柵全体へ電気が行き渡ります。

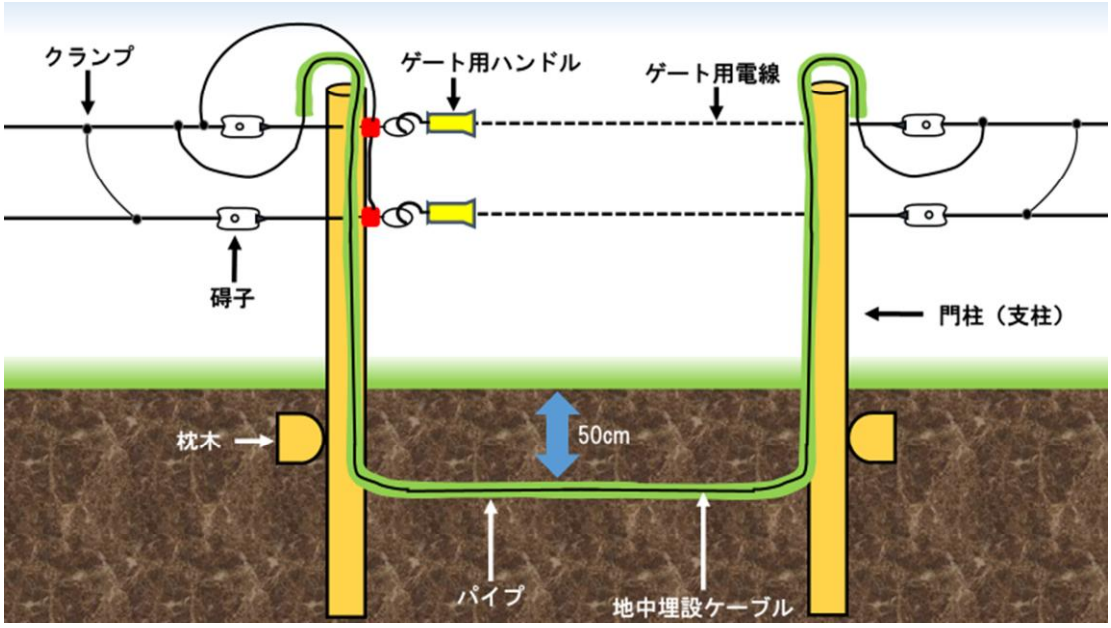


図9　ゲートの概要図



写真 21　ゲート作成例

＜ポイント1＞　ゲートの設置方法

ゲートでは支柱を門柱として使います。直径3cmのパイプの中にワイヤーを通し、これをゲート部分の地中 50cmの深さに埋設します（写真 22）。クランプを用いて埋設したワイヤーの先端と外周柵のワイヤーを接続します(写真 23)。埋設ワイヤーを設置することで、ゲートを閉じていなくても常に電気が流れます。ゲート部分には、ゲート用のフック及びワイヤーを取り付けます。門柱に避雷器を取りつけ落雷による電牧器の故障を予防します（写真 24）。



←写真 22
ワイヤー埋設の様子



写真 23　ゲート設置（横側）
埋設したケーブルは、地上のワイヤーとつなげます。



写真 24　避雷器の設置

＜ポイント2＞　ゲートの種類について

　ゲート部分には、ゲート用のフック付きハンドル及びワイヤーを取り付けます。ワイヤーは伸縮する特殊なものが数種類あり、適したタイプを選定します。宮崎牧場では幅4ｍのゲートにはバネ仕様のスプリングタイプ（写真 25）を、幅5～7ｍにはゴム状ワイヤー仕様のロープタイプ（写真 26）を使用する等、場所によって使い分けています。



写真 25　スプリングタイプのゲート
高伸張性のバネが施されたゲート。耐久性があり、取り扱いやすさに優れていますが、ゲート幅が広すぎるとスプリング同士が絡まる恐れがあります。



写真 26　ロープタイプのゲート
ゴム状のワイヤーにステンレス線が編み込まれたゲート。延長距離をスプリングタイプよりも長くできます。だたし、耐久性は低く劣化により切断しやすいです。

⑪電牧器の設置

送電可能距離や電源の種類に応じて、適切な電気柵用電源装置（電牧器）を設置します。電牧器には、近くの商用電源（AC 電源）に接続し電気を送る方法（図 10、写真 27）と、ソーラーパネルとバッテリーを使用し（写真 28）電気を送る方法の２種類あります。

電牧器の耐用年数は、メーカーや商品にもよりますが一般的には 8～10 年になります。使用する際は、電牧器のプラス側は付随のケーブルでワイヤーとつなぎ、マイナス側はアース棒からのリード線につなぎます。

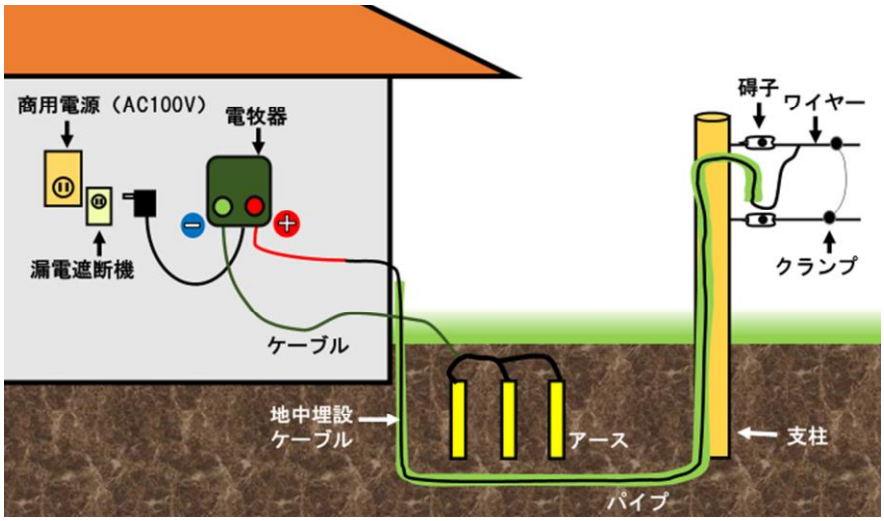


図 10　商用電源の設置概要図



←写真 27　商用電源の使用

直接 AC100V または 200V の電源を使用する場合は、漏電遮断器の設置（赤丸）が必要です。

写真 28　ソーラーパネルの使用→

ソーラーパネルとバッテリーを使用することで、電源のない場所でも電気を供給できます。



⑫アースの設置

アースは地面に流れた電気を引き戻す役割をしています。牛が電柵に触れた場合、電流が牛の体をつたって地面からアースへと流れるため、電気ショックが与えられます。アースが錆びていたり設置が不十分だったりすると、回路が成立せず電気が流れない場合があります。

アース棒は湿り気のある地中に深く埋め、垂直に打ち込みます。間隔はできるだけ離して設置し、1m以上あるアース棒の場合、2m以上あけるようにします。宮崎牧場では長さ約1mのアース棒を地中に3本打ち込んでいます。

アースを設置したら、アース棒からのリード線は電牧器のマイナス側と接続します。

⑬通電及び電圧の確認

電牧器を稼働し、電圧テスターを使用して各段とも 3000V 以上の電圧が来ていることを確認します。なお、脱柵防止には 3000V 以上の電圧を確保することが必要とされています（写真 29）。



写真 29　電圧確認の様子

電圧が低い場合は、電牧器から電気が正常に送られているか、または、草木により漏電していないか調べます。

第二章　簡易柵による牧区の設定

牧草は草丈が低いと、栄養価や嗜好性が高くなります。適正なタイミングで牛に牧草を食べさせ、牧草の再生性を最大に促すことで、放牧地を最大限に活用できます。

放牧は様々なやり方がありますが、その１つに放牧地を複数の牧区に区分して、牛や牧草の様子を見ながら転牧させていく方法があります。牧区はポリワイヤー及び専用のポールを用いて、簡単に仕切ることができます（内柵）。

＜ポイント＞ポリワイヤーを使った簡易柵の設置方法（内柵編）

① ポリワイヤーの先端にゲート用のハンドルを取りつけて外周柵のワイヤーにかけます。これにより、新たに電牧器を使用せず、ポリワイヤーに通電させることができます（写真 30）。
② ポリワイヤーを巻いたリールから、ポリワイヤーを繰り出しながら目的地まで歩きます。
③ 10m程度の間隔で専用のポールを打ち込み、それにポリワイヤーを取り付け一定の高さを確保します。宮崎牧場ではピッグテールポール（写真 31）を使用しています。ピッグテールポールは先端が絶縁性の樹脂でコーティングされているため、漏電の心配はありません。
④ ポリワイヤーを張り終わったら、リールを専用のスタンドに取り付けます（写真 32）。
⑤ リールをロックし、余ったポリワイヤーを巻き取って張りを持たせます。



写真 30　外柵との接続部分（始点）



写真 31　ピッグテールポール



写真 32　リールの取り付け（終点）

第三章　牛を電気牧柵に馴致（じゅんち）させる

放牧地へ牛を放す前に、電気牧柵に馴致させる必要があります。

宮崎牧場では、電気牧柵の馴致方法として牛舎内にポリワイヤーを張り電気を流します。馴致にかかる日数は約7～10 日間です。



写真 33　電気牧柵馴致の様子

牛は好奇心から、鼻先をポリワイヤーへ近づけます。この時、湿った鼻がポリワイヤーに触れることで電気ショックがあたえられます。この経験することで、牛はワイヤーに接すると痛みが生じることを学習し、放牧してもワイヤーに近づかなくなります。

電気牧柵は「物理柵」ではなく「心理柵」のため、放牧予定牛は全頭しっかりと馴致させる必要があります。

第四章　電気牧柵の日常管理

電気牧柵を最大限に活用するため、適正に管理する必要があります。

①　電気は常時十分な電圧で通電させます。

牛は電気牧柵の学習がされていても、電気牧柵へ触れることがあります。そのため常に、十分な電圧で通電していることが大切です。定期的に電圧テスターで電圧をチェックします。電柵に電圧 3000V 以上で点滅する測定器等を設置しておくと日常管理の手間を省けます（写真 34）。

電圧が低い場合は、草木等による漏電が起きていないか、電牧器が正常に稼働しているか確認します。また、通電していても、放牧地の草が足りない状況が続くと脱柵する可能性があります。見回りの際には牛や牧草の様子を確認して、適宜対応するようにしましょう。



写真 34　電圧テスターの使用



写真 34　漏電例

ワイヤーに雑草がかかり、漏電している。

② 電気牧柵の破損状況を確認します。

電気牧柵には様々な資材が使われており、それぞれの耐久性は異なります。電気牧柵は太陽や雨風にさらされているため劣化していきます。そのため、定期的に点検を行い、破損が確認された場合は速やかに交換します。

おわりに

今回は宮崎牧場における実証展示放牧地を例に、ワイヤー（高張力線）を使った電気牧柵の設置方法を紹介しました。電気牧柵の資材は専用のメーカーで購入できる他に、身近にあるパイプなどを上手く活用することもできます。

実際に電気牧柵を用いた放牧に取り組まれている方からは、「意外と設置が簡単で、脱柵もない。もっと早く取り組んでおけばよかった」という声があります。

ぜひ、狭い面積からでも電気牧柵を活用し、牛の飼養管理の改善や作業の省力化に繋がると幸いです。

参考文献

独立行政法人　農業・食品産業技術総合研究機構（2009），よく分かる移動放牧Q&A，近畿中国四国農業研究センター，P54-57

平野清（2021），イチからわかる　牛の放牧入門、一般社団法人　農山漁村文化協会，P60

ファームエイジ株式会社（2021），電気柵総合カタログ vol.04

サージ　ミヤワキ株式会社（2021），獣害対策カタログ，P8，12，14，17，27

独立行政法人　農業・食品産業技術総合研究機構（2011），技術リポート10号小規模移動放牧技術汎用化マニュアル（Q&A）「身近な草資源を放牧地としてもっと活用しよう！」―耕作放棄地解消に向けた放牧活用技術―，P2-3

農林水産省農村振興局農村政策部鳥獣対策・農村環境課鳥獣対策室　“鳥獣による農作物等の被害の防止に係る電気さく施設における安全確保について”　2016-03　https://www.maff.go.jp/j/seisan/tyozyu/higai/tyuuikanki/denkisaku.html（参照 2021-11-25）

見学･研修会の紹介

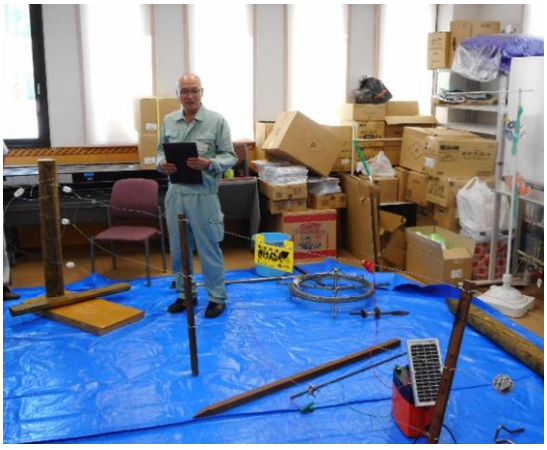
宮崎牧場では、放牧地の実証展示見学や電気牧柵設置の技術研修などを随時受け付けております。

技術研修は、実際に職員が高張力線電気牧柵の設置を考えている現地を訪問し、研修会を兼ねた設置作業を行います。

見学や研修に関するご質問は問い合わせ先へお電話ください。









問い合わせ先

独立行政法人家畜改良センター宮崎牧場　業務第二課
〒886-0004　宮崎県小林市細野 5157-29
TEL:(0984)23-3500(代表)　FAX:(0984)24-0953