

無線操作による急傾斜草地 の草地更新（除染）の手引き



はじめに

2011年3月の東京電力福島第一原子力発電所の事故では、放射性物質が放出され広い範囲で草地や飼料畑が汚染され、北関東、東北地域では牧草や飼料作物の利用自粛が余儀なくされました。モニタリング調査の結果を受けて、飼料作物、牧草の利用自粛は順次解除されていきましたが、飼料の暫定許容値である 100Bq/kg を上まわる可能性があるとして、約 34,000ha の草地が放射性物質の移行抑制対策の対象となりました。これらの牧草地では除染や吸収抑制として、草地更新が推奨されました。現在では、機械作業が容易な草地の除染はほぼ終了し、急傾斜や石礫などの理由による耕起困難草地が残されています。急傾斜草地は草地更新に必要な機械作業が困難なことから、安全な機械作業の開発が求められました。農研機構では、急傾斜草地の作業に適したトラクタ向けのロータリを松山株式会社と共同開発し、無線操作で安全に草地更新を行える作業体系を構築しました。この作業体系は、急傾斜な草地をもつ公共草地で除染、吸収抑制対策として適用され、利用再開に貢献した実績があります。これまで農研機構に、除染が必要な急傾斜草地を持つ自治体などから利用再開への相談が数多く寄せられたことから、本体系を活用いただけるよう手引きを作成しました。

また、この作業体系は、草刈り、施肥、耕うん、播種、鎮圧の一連の草地更新作業を無線操作で安全に実施できるので、急傾斜草地の草地管理にも利用できます。これまで十分に管理ができなかった草地の植生・生産量改善にも広く活用されることを願っております。

農研機構 畜産研究部門 畜産飼料作研究監
大同 久明

目 次

1.	無線トラクタ作業の概要	1
2.	無線トラクタ	2
	1) 作業に用いるトラクタの特徴	
	2) トラクタの操作	
	3) 作業機の着脱	
3.	無線操作による傾斜草地の更新作業	6
	1) 草地更新作業の概要	
	2) 各作業機の特徴	
	3) 作業時間の目安	
	4) 放射性物質の低減効果	
4.	作業時の安全対策と留意点	11
	1) 安全対策	
	2) 警告表示	
	3) 各作業の留意点	
5.	土壌流亡対策	14
	1) 草地更新計画の検討	
	2) 草生帯の利用	
	3) 土壌保全効果の高い草種の利用	
6.	放射性セシウム低減のポイント	19
	1) 丁寧な耕うん	
	2) 適正なカリ施肥	

1. 無線トラクタ作業の概要

乗用トラクタでは作業困難な 15° ~30° の急傾斜草地の草地更新作業を低重心のクローラ式無線トラクタで行う作業です。離れて操作でき、無線が届かなくなると自動停止するので安全です。草地更新に必要な専用の作業機を装着して油圧動力で作業を行います。



図 1-1 急傾斜草地の草地更新に用いるトラクタと作業機

2. 無線トラクタ

1) 作業に用いるトラクタの特徴

河川敷法面の草刈り用に開発された低重心で転倒しにくく、急傾斜でも安定して走行できるクローラ式の無線操作のトラクタ（クボタ AMX-7 または筑水キャニコム CG670）を用います。

使用するトラクタ（以後無線トラクタと呼ぶ）は①低重心で倒れにくい、②無線で離れて操縦できるので転倒時の重大事故を避けられる、③クローラ（キャタピラ）走行ですべりにくい、という傾斜地作業に適した特徴を持っています。この無線トラクタは河川敷法面の草刈り作業用として(株)クボタが開発し、ラジコン草刈り機（AMX-7）として利用されています（図 2-1）。現在は、筑水キャニコムからラジコン大型雑草刈車・クロカンジョージ（CG670、図 1-1）として販売されています。等高線方向、登坂・降坂方向ともに 40°まで作業でき、静的横方向転倒角は 65°です（資料 a）。無線トラクタの大きさ、重量、馬力は表 2-1 の通りです。作業機を油圧で駆動する機構のため、一般のトラクタに通常装備されている機械式の動力取出し軸を備えていません。また、作業機を取付ける三点リンクヒッチと機体との関係位置が一般のトラクタとは異なるので、使用できる作業機はほぼ専用のものに限られます。



図 2-1 クボタが開発した無線トラクタ AMX-7

表 2-1 無線トラクタの主要諸元（フレールモア装着時）

全長	4390mm
全幅	2040mm
全高	1260mm
質量	2800 kg
出力	67 馬力

表 2-2 に無線トラクタ用の傾斜草地除染に使用する作業機を示しました。AMX-7、CG670 の両方に適合します。作業に合わせて 4 種の作業機を取り替えて草地更新作業を行います。なお、無線トラクタの作業機昇降装置の揚力で、装着できる作業機の重さ（積載物込み）は、重心の位置にも影響されますが 450kg 程度までです。

表 2-2 無線トラクタで使用する作業機（草地更新関係）

作業機	作業	備考（型式名など）
フレールモア	刈払い	無線トラクタに標準装備
ブロードキャスト	肥料・種子散布	タカキタ CC3530DRC
ロータリ	耕うん	ニプロ CGR1610M
鎮圧ローラ	鎮圧	タカキタ PR1125
参考（スプレーヤ）	薬剤（除草剤）散布	試作機（P8）

2) トラクタの操作

草地更新作業に必要な操作を送信機から行えます。無線が届かなくなると自動的に緊急停止するので、暴走することはありません。操作方法は必ず取り扱い説明書に従ってください。無線操作に特別な免許は必要ありません。



図 2-2 トラクタ側面のスイッチ類

無線トラクタの操縦は、エンジン始動・停止やエンジン回転速度の増減を無線トラクタ本体側面のキー・レバー・スイッチ類（図 2-2）で、前・後進の切替えや速度調節、操舵、作業機の上げ下げ、作業機回転速度増減などの操作を無線の送信機のスティック・スイッチ類（図 2-3）で行います。作業時のほとんどの操作を無線送信機で行い、始動および始動直後・作業前のエンジン回転速度設定などを本体で行うこととなります（表 2-3）。無線送信機で最大 100m の遠隔操作が可能です。緊急時にも必要となるエンジン停止操作は、本体および送信機の両方で行えます。送信機では非常停止スイッチを押す、本体ではキースイッチを「OFF」にする、又は緊急エンジン停止ノブ（機体後面左下部に装備されている）を押します。なお、この無線トラクタの無線操作は免許を必要としません。



図 2-3 無線送信器

表 2-3 主な操作を行うスイッチ類配置の本体、送信機の別

本体・送信機の別	操 作 の 項 目
本体	エンジン始動・停止、エンジン回転速度増減、作業機駆動の油圧流量切替え(表示は「作業機切替」)
送信機	前進・後進切替え、速度調節、操舵、作業機昇降、作業機回転開始・停止、作業機回転速度増減、エンジン停止（「非常停止」）

3) 作業機の着脱

作業機の装着は、本体側オートヒッチフレームのフックに掛けてつり上げてからロックする方式です。鎮圧ローラ以外の作業機は駆動するための油圧ホースを連結します。

作業機は、オートヒッチフレームを介して無線トラクタに取り付けます。作業機のトップマスト上部ピン（トップピン）をオートヒッチフレームのフック部でつり上げることで、作業機が上昇し、作業機左右のローアピンガイドがオートヒッチフレームの下部（図 2-4 の赤丸印）にはまり込みます。この後、レバーを操作して固定し、その後ロック金具でロックします。

着脱方法は、表 2-4 のように 4 種の作業機でほぼ同じです。資料 a（P47～）にフレールモーア着脱のしかたが記載されていますので、他の 3 種の作業機についてもこれに倣って行います。装着後のロックの方法も資料 a に従って行います。ロータリについてはさらに追加のロック操作が必要です（資料 d の P22, 23）。

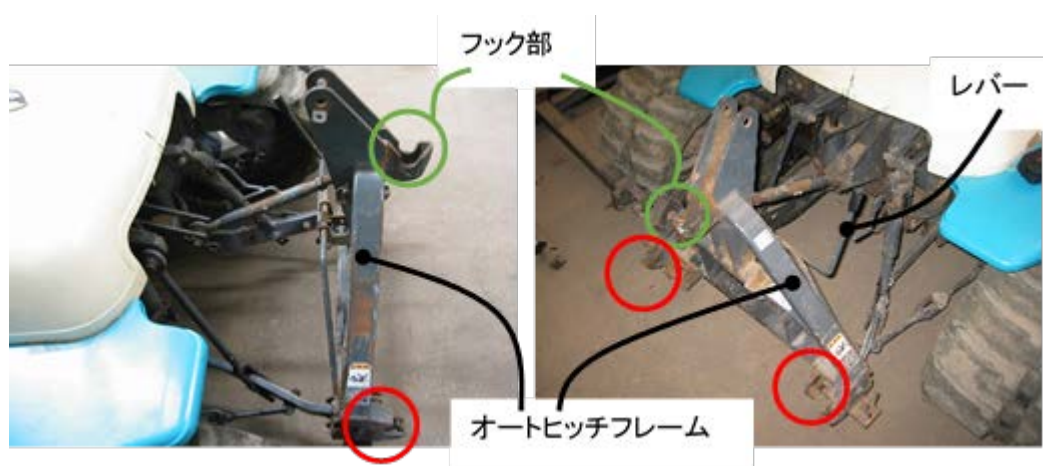


図 2-4 オートヒッチフレーム

作業機はトラクタ三点リンクの油圧動力で上昇させますが、下降は作業機の重さを利用するので、作業機が地面に着くとオートヒッチフレームはそれより下には下がりません。オートヒッチフレームをさらに下げて、作業機を取外すには、資料 a (P55 左欄の ②) にあるように、落下防止バルブの手動解除ボタン(資料 a の P60 の図) を押して、その後、三点リンクに荷重をかけてオートヒッチフレームを下降させ、取外します。

作業機着脱では、作業機を駆動するための作動油を送るホース着脱も必要となります。フレールモーアおよびロータリは 3 本のホースを、ブロードキャストは 2 本のホースを接続します。鎮圧ローラは油圧機器を使用しませんので、ホースは必要ありません。オートヒッチフレームの中央部を通して、無線トラクタの外部油圧取り出し部に油圧カプラで接続します。取付け前にはウエスなどで油圧カプラをきれいに拭き、取外した際の油圧カプラにはカバーをして、ほこりなどの油圧経路への混入を防ぎます。

表 2-4 作業機の油圧ホースおよび取付け後ロック

	油圧ホース	装着時ロック方法
フレールモーア	3 本	資料 a の P53～
ブロードキャスト	2 本	フレールモーアに準ずる
ロータリ	3 本	フレールモーアに準じて行い、その後追加ロック操作が必要。資料 d の P21～23
鎮圧ローラ	なし	フレールモーアに準ずる
(スプレーヤ)*	2 本	フレールモーアに準ずる

*試作機 P8 参照

参考資料 (文中引用箇所に記号を記載)

- a. 「草刈作業車 CG670 取扱説明書」(株)筑水キャニコム
<http://www.canycom.jp/products/2015/10/17/cg670/> の取扱説明書(2018年1月24日閲覧)
- b. 「取扱説明書及び部品表 Takakita コンポキャスト CC2030D、CC3530D」(株)タカキタ
- c. 「取扱説明書及び部品表 Takakita コンポキャスト CC3530D 用ラジコンアタッチ CC-R C」(株)タカキタ
- d. 無線傾斜地トラクタ用ロータリ CGR1610M 取扱説明書 松山 (株)

3. 無線トラクタによる傾斜草地の更新作業

1) 草地更新作業の概要

無線トラクタに専用の作業機を取り付けて、30° までの急傾斜草地の等高線、上り、下りいずれの方向でも作業が可能です。各作業機の操作方法は必ず取扱説明書に従ってください。事前に大きな岩や窪みがある場所には目印をつけておきましょう。また、人身事故防止のために、作業機に近づき過ぎたり、下方に立ったりしないように注意してください。

傾斜草地の更新作業は、図 3-1 のように専用の作業機を用いて行います。大きな段差や石に乗り上げると転倒や故障のおそれがあります。あらかじめ、危険な箇所を調べ、目印をつけておきます。前植生の処理はフレールモアによって刈払いを行います。除草剤の処理も前植生処理に有力な方法で、スプレーヤの試作機 (P8 参照) を開発しましたが、残念ながら製品化には至っていません。強害雑草が繁茂している箇所のみスポット的に人力で散布するなどの対応となります。なお、除草剤の散布後、雑草等が枯れるまでには3週間程度かかりますので、以降の作業計画はこのことを考慮してください。その後、土壤改良資材や肥料をブロードキャスタで散布、ロータリで耕うん、ブロードキャスタで播種、鎮圧ローラで鎮圧します。実証試験地では最大傾斜角度 38° の草地において草地更新作業が行えましたが、作業安定性や土壤流亡の危険性から 30° 程度を上限の目安とします。

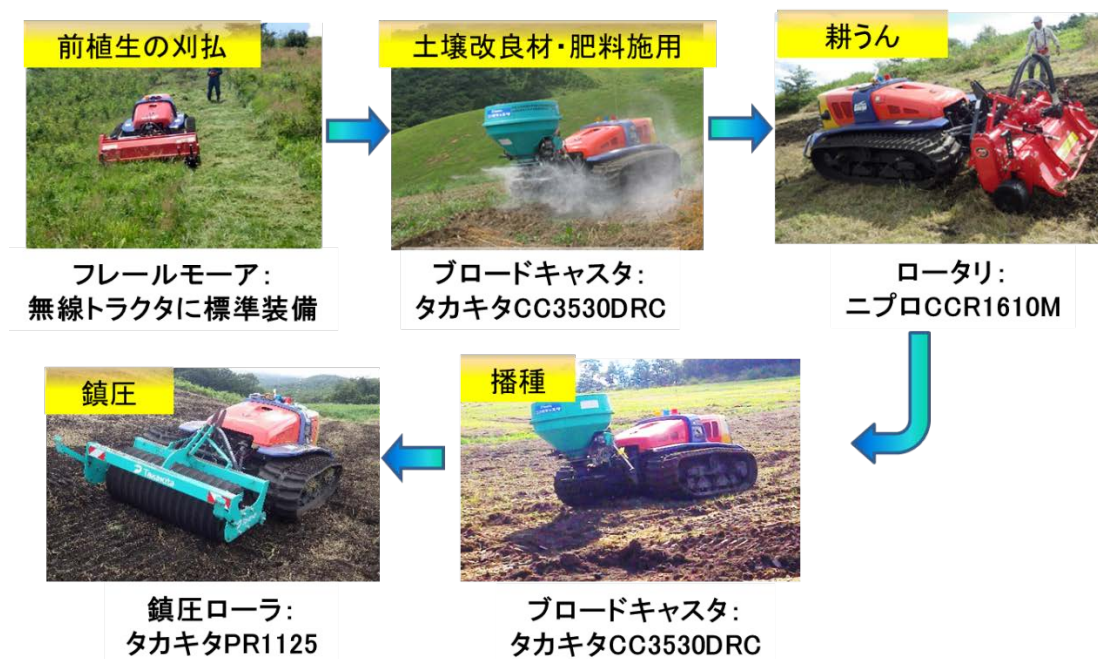


図 3-1 無線トラクタを用いた草地更新作業体系

2) 各作業機の特徴

(1) フレールモーア

フレールタイプの刈刃によって刈払いを行う機械で、作業幅は1.9mです。モーアの回転は正転で行い、通常は前進で作業します。場合によっては後進で作業することも可能です(モーアの回転は正転)。エンジン回転速度は2600rpm程度(アクセルレバーはほぼ全開)で、作業機の回転は(送信機の「PTO回転」)90~100%程度を目安にして、草の刈払い、細断状況を見ながら調節します。数年間利用されていなかった草地では、灌木などが侵入していることがあります。直径5cm程度の灌木であれば刈り倒すことが可能です。

(2) ブロードキャスタ

石灰等の土壌改良材や粒状肥料、種子の散布に使用します。資材搭載容量は350ℓです。傾斜地では資材を満量にするとこぼれるので、やや少なめに積込みます。散布幅は、粒状化成肥料では10m程度、種子では4m程度ですが、資材や作業機の回転速度によって異なるので、試走して散布幅を確認してください。また、風が強い場合には、散布が偏り、特に種子は軽くて風の影響を受けやすいので、散布範囲を確認することが重要です。散布量はシャッターの開度と作業速度によって調節します(肥料の目安表:資料bのP19またはホッパに表示)。この設定で作業を開始し、作業途中で使用量から面積当たりの散布量を確認して、設定量と大きな差がある場合は、シャッター開度や作業速度を修正します。散布装置の回転速度は、最高で540rpmに抑えます。エンジン回転速度が2900rpm、PTO回転ダイヤルが60%の時におよそ540rpmとなります(本体操作スイッチの作業機切替は「集草」です。作業機切替が「草刈」では回転速度がこれよりも高くなり、機械破損の原因となるので、注意してください)。散布装置の回転速度は散布幅などを見ながら、状況に応じて調節してください。

種子の繰出し量の目安は資料に記載されていませんので、図3-2を参考にしてください。例えば、播種計画量4kg/10a、散布幅4m、作業速度1m/s(3.6km/h)とすると10aを4.17min(1000m²を毎秒の4m²で割る;250s=4.17min)で作業することになり、繰出し量が0.96kg/min(=4kg÷4.17min)と計算されますので、図からシャッター開度は34~36程度と読み取れます。

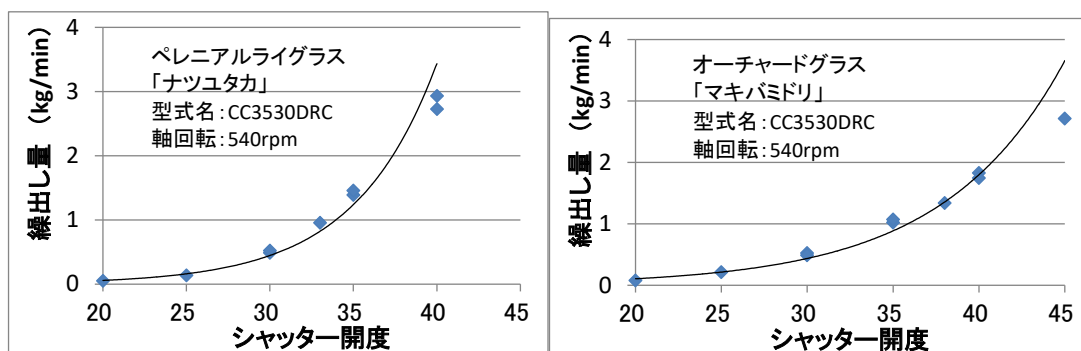


図3-2 種子繰出し量の目安

(3) ロータリ

耕うん・砕土に用います。L爪となた爪の間隔的な幅広の耕うん爪で、油圧駆動による緩衝作用で石などの衝撃にも比較的強くなっています。耕うんの深さ（耕深）の調節は、2個のゲージ輪で行います。ロータリの最大耕深は12cm程度ですが、表面が硬い圃場では、一度の耕うんでは目標の深さに達しない場合があります。2回掛けで耕深を確保することが必要です。ロータリの両横にゲージ輪を備え、草地面の凹凸に追従して、丁寧に耕うんできるように工夫されています。作業幅は1.6mで、無線トラクタのクローラ外側間距離の1.9mよりも狭いので、耕うんした部分の一部を後の行程で踏むこととなりますが、播種作業には影響はありません。除染のための耕うんでは、深く、細かな砕土の耕うんが必要です（P19参照）。このため、なるべく深くロータリの爪が入るよう、ゲージ輪の高さを調節します。また、ロータリの回転は速くして砕土性を高くして作業することも重要で、エンジン回転速度は2500rpm程度以上で、PTO回転は最大（ロータリの軸回転速度およそ240rpm）、作業速度を0.4～0.5m/sを標準にして、砕土程度を観察して調節します。



図 3-3 ロータリの爪

(4) 鎮圧ローラ

播種後の土壌を鎮圧します。鎮圧ローラの作業幅は約1.1mで、重さは約450kgです。無線トラクタのクローラ（幅0.45mが2本）にも鎮圧作用がありますので、ローラとクローラとを合わせて、幅1.9mを鎮圧できます。ローラを牽引するのみで大きな動力を必要としませんので、エンジン回転は比較的低くても作業可能です。傾斜や速度などにあわせて調節してください。条件が良ければ1.0m/s以上の作業速度も可能です。なお、前後進どちらの方向でも作業できますので、旋回せずに往復作業ができます。

スプレーヤの試作機

～創意工夫功労者賞受賞～

除草剤を散布したいという要望に応じて開発しました。ブロードキャストを基にし、ホッパを薬液タンクに改造しました。着脱はブロードキャストと同じ要領です。散布幅は約4mで、10a当たり100ℓの液を散布する場合は、薬液ポンプの圧力設定を1.5MPa、ポンプ回転速度を750rpmで0.4m/s程度の速度となるよう操縦します。補給は上部にあるホース挿入口のねじ式の蓋を外して行います。タンクを空にする場合は、薬液ポンプを作動させて薬液吐出経路の途中の排出口から出すか、あるいはノズルから吐出するようにします。「急傾斜草地に対応したスプレーヤの開発」として文部科学省の平成29年度創意工夫功労者賞を受賞しました。無線操縦で離れた位置から操作するので、農薬被曝を減らすことができますが、作業時には手袋、マスク、保護めがねの着用など、通常の薬剤散布作業で必要とされている被曝抑制対策が必要です。



3) 作業時間の目安

作業能率は、地形や石礫などによって大きく左右されます。石礫によって、耕うん作業の能率が著しく低下する場合があります。作業の支障となる大きな岩、窪地、溝などの場所を事前に確認し、避けられるように目印を立てます。また、作業動線、燃料や資材の補給場所を考えてから作業を始めましょう。

2013年に上記の作業機を用いて傾斜草地更新を行った4箇所の牧場の作業記録を集計して、10a当たりの作業時間を表3-1に示しました。

10a当たりの作業時間は、刈払いが1時間弱、ブロードキャスタと鎮圧ローラの作業が20～30分程度であり、最も時間を要するのは耕うん作業です。2回掛けで10a当たりおよそ1時間半を要しました。耕うん作業の能率は圃場の状況に大きく左右され、石礫の多少によって違いが生じます。地中の大きな岩に爪が当たったり、石がつまったりして、大きな負荷がかかると自動的にエンジンが停止します。石が多いと作業速度を上げることができず、また、作業機につまった石(P13参照)を取り除くのに時間を要します。

ブロードキャスタの作業時間には、資材の補給などの時間が含まれています。作業幅が広いので能率は比較的高くなっています。地形などで資材が補給できる場所が限られ、補給場所までの無線トラクタの空走距離が長くなる場合には、能率が低下します。補給場所の選定や資材運搬者との組作業などで能率低下を防ぎます。一連の作業の合計は、10a当たり4時間程度です。表3-1の土壤改良資材散布と肥料散布はいずれも1回の作業における所用時間ですが、資材の種類が増えて複数回になる場合はそれらを加えます。

表3-1 各作業の面積当たり所要時間

作業の種類	作業機	作業時間 (時間/10a)	備考
刈払い	フレールモータ	0.88(0.67～1.22)	
土壤改良資材散布	ブロードキャスタ	0.50(0.25～0.89)	炭カル
肥料散布	ブロードキャスタ	0.37(0.19～0.56)	化成肥料
耕うん	ロータリ	1.55(0.88～2.78)	ロータリ 2回掛け
播種	ブロードキャスタ	0.36(0.15～0.50)	
鎮圧	ローラ	0.39	1牧場での結果
合計		4.05	

注) 平成25年に傾斜草地更新を行った4牧場での平均、()内は4牧場の最小と最大値。

草地更新面積は0.9～7ha。鎮圧作業は、鎮圧ローラを使用した1牧場での測定値、その他の3牧場では無線トラクタのクローラで鎮圧したので、この表には含んでいない。

4) 放射性物質の低減効果

草地更新による除染後、傾斜牧草地の空間線量率は除染前の70%に、翌年の牧草の放射性セシウム濃度は未除染(未更新)のまま場合と比べて37~78%に低下しました。低下が78%と不十分な草地では土壌中の交換性カリ含量が低く、適切なカリ対策を合わせて実施することが重要です。

草地表面にあった放射性セシウムは草地更新によって土中に埋設されます。土の遮蔽効果により空間線量率が低下し、外部被曝量の低減にもなります。また、放射性セシウムを高濃度を含む草地表層はロータリ耕により汚染されていない土壌とよく混和され、植物が放射性セシウムを吸いにくくなります。空間線量率や牧草の放射性セシウム濃度の低減効果は、耕起深が深いほど高いですが、急傾斜草地はプラウなどで深く耕起することが困難です。また、急傾斜地を深く起こすと土砂崩れの危険性が高まるため、無線トラクタのロータリの設定耕起深は15cmまでと深い耕うんを想定していません。

2012年に3カ所の試験圃場で無線トラクタによる草地更新を行い、空間線量率の低下を調べました。最大耕起深は12cm程度でしたが、空間線量率は約70%に低下しました(図3-4)。また、翌年の牧草の放射性セシウム濃度を更新しなかった区と比較しました。草地A、草地Bでは未更新のままにしておくよりも、草地更新した方が牧草の濃度は半分~3分の1と大きく減少することが確認されました(図3-5)。しかし、土壌中の交換性カリ含量が10mg/100g乾土と低い草地Cでは、草地更新による吸収抑制効果は78%しか発揮できませんでした。6. 放射性セシウム低減のポイント(P19)にあるように、適切なカリ施肥を合わせて実施することが重要です。

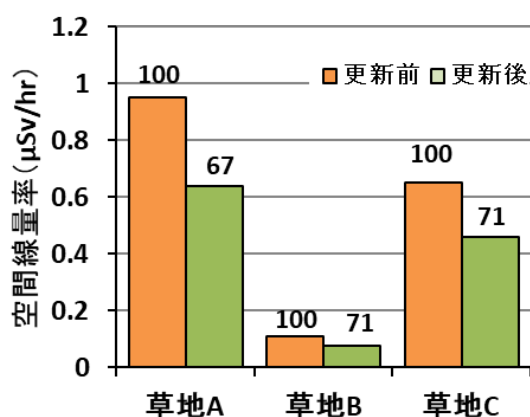


図3-4 草地更新前後における草地の空間線量率の変化

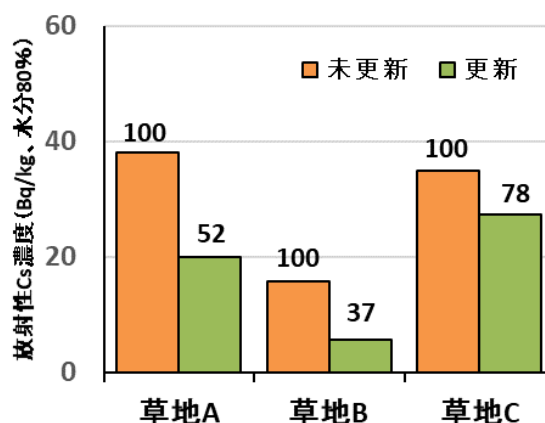


図3-5 草地更新の有無による牧草の放射性セシウム濃度
草地A: 1~3番草、草地B: 1番草、草地C: 1~4番草

4. 作業時の安全対策と留意点

1) 安全対策

無線トラクタも不安定な場所で転倒する危険性があります。ヘルメット、安全靴を着用して、安全な場所から離れて操作しましょう。前方の障害物に注意して操作します。

傾斜地では機械の転倒・転落、すべりの危険性がある上、数年間も利用を休止していた草地では図 4-1 や図 4-2 のように前植生が繁茂して、障害物が見つげにくくなっています。乗用のトラクタでは危険な作業を無線で行える利点がありますが、無線トラクタも大きな段差などでバランスを崩して転倒する場合があります。無線トラクタから距離をおいた山側など安全な場所で操作を行います。また、作業機が石や岩などの障害物に接触すると、故障や事故につながる場合がありますので、これを避けるため、進行方向を常に確認する必要があります。操縦者は前方の状況を認識できる距離を保つことになります。あらかじめ、石や岩、大きな窪地等の障害物に目印をつけておくといいでしょう。

機械操作時の安全上の服装等の留意点としては、ヘルメットおよび滑りにくい靴を着用しましょう。また、刈払い作業や耕うん作業では、草や土で多量の粉塵が発生する場合があります。除染のための草地更新では、草や土の粉塵に放射性セシウムが含まれています。無線トラクタは離れて作業できる利点がありますが、粉塵吸引による内部被曝の心配がある場合は、風上での作業、マスクや手袋の着用が有効です。



図 4-1 6年間利用を休止していた草地。前植生が繁茂して見通しが悪い。



図 4-2 2m 近く繁茂した前植生に覆われた、深さ 30cm ほどの大きな溝。

2) 警告表示

無線トラクタ上部には以下の3つの回転灯があり、異常等を示します。点灯時は以下のような対応をしてください。

赤（受信異常表示）：送信機からの電波が届かないと点灯

送信機の電波は100m程度届くことになっていますが、何らかの障害で電波が届かないことがあります。この場合、無線トラクタは走行を停止します。また、作業機の回転も約5秒後に停止します。送信機の電源を確認する、無線トラクタに近づくなどの措置をとります。電波が届くようになるとふたたび送信機の操作に従って動作します。

青（作業機作動中表示）：作業機を回転させていると点灯

フレールモア、ブロードキャスト、ロータリなどの軸が回転しているので、機械への接近には注意が必要です。

黄（傾斜警告表示）：機体横方向の傾斜角度が35°を超えると点灯

速度を下げる、進行方向を変更するなどして、気をつけて操縦してください。草刈り作業は40°までとされています。

3) 各作業の留意点

(1) 刈払い作業

フレールモア作業では、回転方向を「正転」で作業します。刃の回転速度は2600rpm程度と高速なため、石などをはね上げる場合があります。回転方向を「逆転」とする場合には石などが前方に飛ぶことがありますので、人が前方にいないようにします。石などに刃が当たって、刃が欠けたり折れたりすることもあります。これにより軸のバランスが崩れて振動が激しくなりますので、刃が破損した場合にはすみやかに交換します。

(2) 土壌改良材・肥料・種子散布作業

土壌改良材・肥料散布作業では、湿度が低いと埃が多く発生するので、作業時にはマスクや保護めがねが必要です。一方、湿度が高いと肥料が固まってホップ出口付近で詰まるなどトラブルが起きます。夕方の湿度が高くなる時間帯には注意が必要です。作業後は、清掃をしましょう。

(3) 耕うん作業

石が多い圃場では、ロータリの爪が石と接触して機体が激しく振動したり、石がつまったりします。振動が激しい場合には、ロータリの回転速度を落とす、あるいは前進の速度を落とすなどして耕うんします。ただし、回転速度を落とすと碎土性能が低下して、牧草の放射性セシウム濃度に対する低減効果が劣る場合があります。ルートマットや植物が細かくなって土と良く混合されていることを確認しながら、作業を進めます。

また、石がロータリの爪とカバーとの間に挟まる場合(図 4-3)や、爪と爪との間に挟まる場合(図 4-4)があります。大きさが 20~30cm 程度の石が挟まりやすくなっています。カバーとの間の場合には、エンジンへの負荷が増してエンジン回転速度が低下し、停止することがあります。この時には、エンジンを始動して回転速度をアイドリング程度に調節し、ロータリを少し持ち上げた状態で、前後進をせずに PTO を逆転して石をはき出すようにします。エンジン回転速度が不足する時は少し上げてみます。ロータリの爪と爪との間に石が詰まった場合には、ロータリを停止して機体を持ち上げた状態でエンジンを止めて、ハンマーなどでたたいて落とします。ロータリを持ち上げた状態では、その下にはもぐらないようにします。

ねじ類は振動によってゆるみやすくなります。特に激しい振動があるロータリでは爪を取り付けているボルトがゆるみやすくなります。作業期間中は 1 日に 1 回ボルトのしまり具合をチェックし、ゆるんでいる場合は増締めします。

これまで石が多い圃場での作業でも、爪が折れた事例はありませんが、爪の摩耗が見られます。図 4-5 の圃場で延べ 37.8 時間 (760a) の耕うんを行ったところ、爪の摩耗は先端付近の幅が使用前 78.7mm であったものが平均 18.3mm 減って、残りが平均 60.4mm となっていました。爪交換の目安とされる残りの量は 35mm 程度です。この場合の処理面積では交換までには至りませんでした。が、碎土性能が低下して植物の土との混合・攪拌状態が悪い場合には、摩耗量が目安以下でも爪を交換するようにします。図 4-6 は、比較的石礫の多い草地の除染作業で使われていたロータリの爪です。激しく摩耗しています。このように摩耗すると交換が必要です。



図 4-3 爪とカバー間の石の詰まり



図 4-4 爪間の石の詰まり



図 4-5 ロータリ爪の耐久を調査した石が多い圃場



図 4-6 新品のロータリ爪 (上) と摩耗した爪 (下)

5. 土壌流亡対策

1) 草地更新計画の検討

傾斜草地の更新では、耕うんにして裸地になったところに、台風などで大量の降雨があった場合、斜面の土が流れ出すことがあります。過去に大規模な土砂崩れなどが起きた場所では、特に注意が必要です。周辺への影響なども十分に考慮し、広範な面積を同時に耕起しない、危険な箇所は耕起しないなど、土壌流亡を考慮した計画的な草地更新を検討します。



図 5-1 緩傾斜草地における草地更新後の土壌侵食

傾斜草地の除染における草地更新作業では、耕起・播種後の土壌流亡が懸念されます。緩傾斜の草地であっても草地更新後は、大なり小なり土壌侵食や土壌流亡が発生します(図 5-1)。

草地更新による裸地状態の段階で土壌侵食を防ぐことは困難であり、図 5-2 左図のように侵食溝は斜面下流に向かって規模

が大きくなることが予想されます。特に、過去の草地造成のときに土壌流出した経歴や、周辺で大規模な土砂崩れがあった場合は、注意を要します。一般的に草地更新が行われる 8 月～10 月は、秋雨や台風の季節と重なり、土壌流出を起こした場合の影響を考えることは不可欠です。草地更新が妥当かどうかも含めて検討します。長い傾斜面がある場合や、草地面積が広いなどで更新作業が長期間に及ぶ場合は、広範な草地が長期間にわたって裸地にならないように、草地を区分けして順次草地更新します。草地斜面の下部から作業を開始すると、作業期間内に発生した降雨による表流水が斜面上方から流下して、更新部分の土壌侵食を助長することになります。したがって、更新作業はできるだけ斜面の上方から順次行うことが重要です。

上方から行うことで、次の作業まで、下部の未更新部の植生が草生帯(グリーンベルト)の役割を果たすこととなります。草生帯によって完全に土壌侵食を防ぐことは困難ですが、ない場合に比べると、土壌侵食の規模は小さくなります(図 5-2 右)。しかし、この方法は、先に草地更新した部分が牧草に被覆されてから次の草地更新を行うことになり、時間を要するという難点があります。そこで、草地更新を行う前に、予め初期成

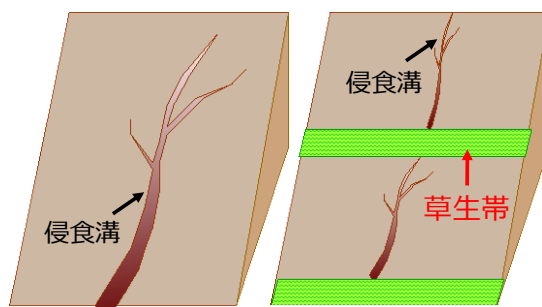


図 5-2 草地斜面における草生帯の有無による土壌侵食発達の差異

育の早い牧草を播種して草生帯を造成し、草生が生育した段階で草地更新を実施する「草地保全型更新法」を考案しました。

2) 草生帯の利用

更新作業は、図 5-3 に示すように 2 段階で進めます。

①更新作業を実施するおおむね 1 ヶ月前までに草地面の植生を枯らしておき、草生帯設置ラインを無線トラクタで刈り払い、その後、耕起、播種、施肥、鎮圧を行います。草生帯は短期間で、ある程度の草高を得る必要があるため、イタリアンライグラスやエン麦など、初期生育の速い草種を選択します。播種量は標準の倍量くらいにするとよいでしょう。草生帯の幅は、広いほど高い侵食抑制効果を発揮しますが、作業性を考慮し、往復走行をした場合の 3.2m(ロータリー幅 1.6m の 2 倍)を基本とします。

②本更新では、草生帯以外の部分を対象に、一連の草地更新作業を実施します。

2014 年に福島県内の公共牧場で試行された「草地保全型更新法」の導入例を紹介します。

草生帯はほぼ等高線に沿って、斜面長 20~30m

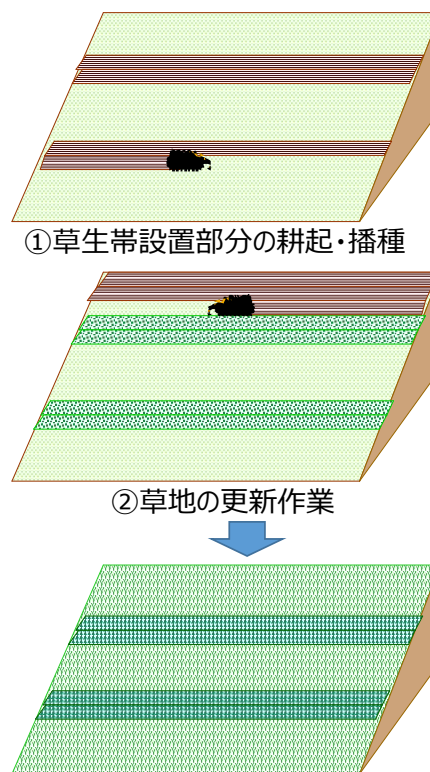


図 5-3 草生帯設置による
土壌保全型更新法

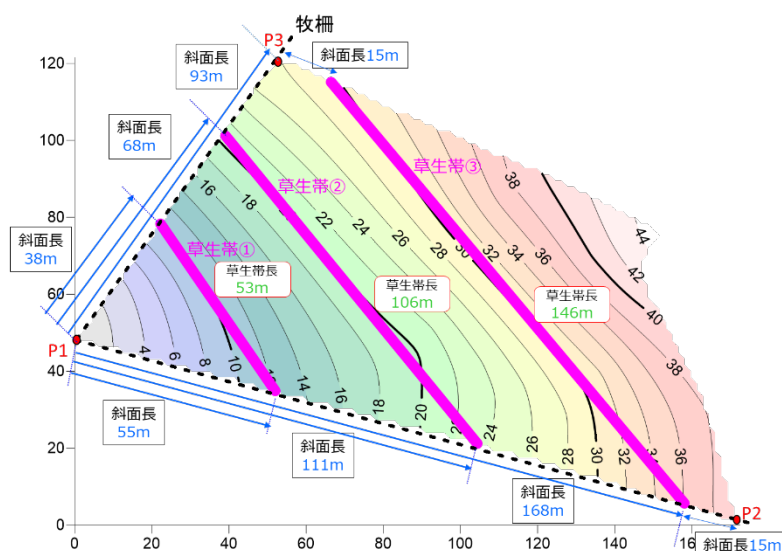


図 5-4 草生帯の配置計画図の例

程度の間隔で配置します(図 5-4)。この事例では、イタリアンライグラス(ワセアオバ)を 10a 当たり約 12kg、草生帯①、②、③にそれぞれ 2kg、4kg、6kg 播種しました。草生帯の造成は 2014 年の 9 月 1 日から 9 月 3 日の間に実施され、播種は 9 月 2 日に行われました。更新の状況、各時期の草生帯の状況

などを図 5-5 に示します。更新後の 10 月に上・中旬に台風による豪雨が 2 回ありましたが、草地には目立った侵食は発生しておらず、本対策法が土壌流亡抑制に一定

の効果を発揮したと考えられます。イタリアンライグラスは1年生のため、翌年には枯れますが、その後には自然下種したイタリアンライグラスや他の永年牧草種子が発芽して裸地になることはありませんでした。



更新(耕起時)の様子

更新(播種時)の様子



更新(耕起)から約2週間後の様子(2014.09.26)



播種から25日後の草生帯の様子
(2014.09.26)



更新約1ヶ月後、草生帯造成約1ヶ月半後の様子(2014.10.17)

図 5-5 更新後の草地の様子

3) 土壤保全効果の高い草種の利用

土壤流亡対策として、土壤保全効果の高い牧草を播種することが有効です。また、初期成育が早い牧草の利用も、裸地の期間を短くできるので有効です。土壤流亡のリスクを低減するために複数の草種を播種しましょう。

傾斜地の中でも特に急傾斜で採草利用できない放牧地では、複数の草種（4～5種）を組合せて播種（混播）し、その際オーチャードグラスやトールフェスク等の適草種以外に、下記2草種を含めると良いでしょう。

- ① ケンタッキーブルーグラス：ほふく茎を持ち土壤緊縛力が高いため、急傾斜地での土壤保全に適します。
- ② ペレニアルライグラス：他の寒地型牧草種より初期生育が早く、傾斜土壤表面を早期に被覆するため、降雨による土壤流亡を抑える点で有利と考えられます。越夏性の強い品種を使ってください。

混播の一例：	オーチャードグラス	1.0kg/10a
	トールフェスク	1.0kg/10a
	ペレニアルライグラス	1.0kg/10a
	ケンタッキーブルーグラス	0.5kg/10a
	シロクローバ	0.3kg/10a

草地の造成において、数種類の草種を混播する事が多くあります。基幹草種と呼ばれる生産量等から最も主要である草種に、補助草種と呼ばれる副次的な草種を組み合わせることにより、①生産量増大、②環境適応性向上、③初期生育確保と利用年限延長の両立、④イネ科とマメ科の組合せによる栄養バランス改善やマメ科の窒素固定能による減肥効果が期待されます。その際、基幹草種として東北地域に適したオーチャードグラスを中心として、環境ストレス耐性等に優れるトールフェスクや、初期生育に優れるペレニアルライグラスを用います。寒冷地ではオーチャードグラスの代わりに寒さに強いチモシー等を組み合わせます。また、マメ科牧草としてシロクローバ等を補助草種とします。

ケンタッキーブルーグラスは、収量・栄養価は他のイネ科寒地型牧草より少なく、初期生育が遅い特徴があり、採草地では導入しない牧草ですが、傾斜地の放牧地では前述のように適草種なので、上記に加えて播種すると良いでしょう。表 5-1 に主要な牧草種の特性を記載しました。

表5-1. 主な寒地型牧草の栽培適地と利用形態に対する基幹草種・補助草種の分類、および環境ストレスに対する特性

草種	寒地型牧草地帯 I (8°C以下)				寒地型牧草地帯II (8°C~12°C)				環境ストレス耐性					
	採草利用		放牧利用		採草利用		放牧利用		耐寒性	耐暑性	耐乾性	耐湿性	酸性土壌耐性	耐陰性
	基幹草種	補助草種	基幹草種	補助草種	基幹草種	補助草種	基幹草種	補助草種						
イネ科牧草														
オーチャードグラス	○		○		○		○		中	中	強	弱	中	強
トールフェスク		○		○	○		○		中	強	強	中	強	強
ペレニアルライグラス	○		○		○		○	○	弱	弱	弱	中	中	中
チモシー	○		○		○				強	弱		強	中	弱
メドウフェスク		○	○	○					中	中	中	中	強	中
ケンタッキーブルーグラス				○				○	強	中	中		中	弱
マメ科牧草														
アルファルファ	○				○				強		強	弱	弱	弱
アカクローバ		○				○			中		弱	弱	中	弱
シロクローバ		○				○		○	中		弱	中	中	

注意点

- ・草種・品種については、家畜(繁殖牛、育成牛、肥育牛、搾乳牛)・利用方法(採草・放牧)を考慮し、原則として県が指定している奨励品種を用いてください。また、家畜の栄養要求量に適した草種を利用することが必要です。また、採草利用時には混播イネ科草種の開花時期を揃えることが必要です。草種選定において最も重要なことは、地域の気候に適した草種を選ぶことで、奨励品種は、この条件を満たしています。
- ・播種適期は8月下旬~9月中下旬頃を目安に、各地域において初霜30~40日前を基準としてください。
- ・圃場にシカの糞などが見られる場合には、電気牧柵を設置するなど、獣害対策をきちんと行いましょう。獣害被害が深刻な地域では、草地更新直後の新芽をシカにより食べられて造成を失敗する場合があります。
- ・もし、草地の一部が急速に衰退して裸地が見える場合には、追播適性に優れたペレニアルライグラスを適期に表面播種し、草地の牧草密度を保持すると良いでしょう。

6. 放射性セシウム低減のポイント

草地更新による放射性セシウム対策では、土を細かく丁寧に耕うんすることが重要です。また、牧草への放射性セシウム移行は土壌中の交換性カリによって抑制されることが知られています。一方、過剰なカリ施肥はグラステタニーなどのリスクを高めます。土壌分析による適正なカリ施肥量を施用します。

1) 丁寧な耕うん

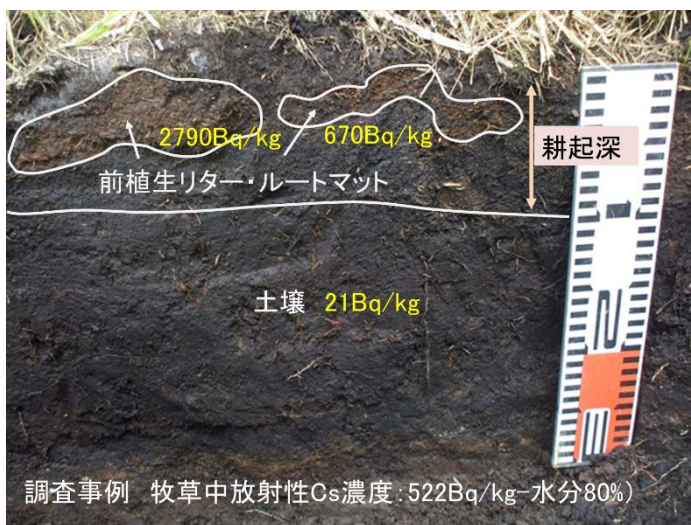


図 6-1 除染後も牧草の放射性 Cs 濃度が暫定許容値を超過した草地の土壌断面図

草地更新による除染では、草地の表面の汚染されたリターやルートマットを土壌と丁寧に混和することが重要です。これまでの研究から、土を深く、細かく耕すと牧草への放射性セシウム濃度は低くなることが認められています。草地更新による除染を行ったにもかかわらず、牧草の放射性セシウム濃度が暫定許容値を超えた草地を調査すると、図 6-1 のように、土の浅いところに、高濃度の放射性セシウムを

含むリター塊が存在し、牧草の根が到達しているケースがありました。無線トラクタ用のロータリは、土を細かく耕うんできる特徴をしていますが、耕起深の設定が最大 15cm までしか設定できません。また、前植生が多量にある場合や石礫が多い場合は、丁寧な耕うんができない場合があります。そのため、耕うん作業では、ゆっくり走行させて、リター・ルートマット塊が残らないように丁寧に耕うんしてください。石礫や土が硬くて耕起深が浅くなる場合は、2度耕うんすることも有効です。

2) 適正なカリ施肥

牧草の放射性セシウム濃度は土壌中の交換性カリ含量に大きく影響されます。これは、根からの吸収においてセシウムとカリウムが競合関係にあるからです。0-15cm 深の土壌の交換性カリ含量が 30mg/100 g を下回ると、土壌中の放射性セシウムの吸収割合(移行係数=牧草の放射性セシウム濃度/土壌の放射性セシウム濃度)が急激に高まります(図 6-2)。

しかし、土壌中の交換性カリ高いほどいいわけではありません。土壌の交換性カリ含量が高くなると牧草のカリウム濃度も高まり、グラステタニーや乳熱の発症リスクが高

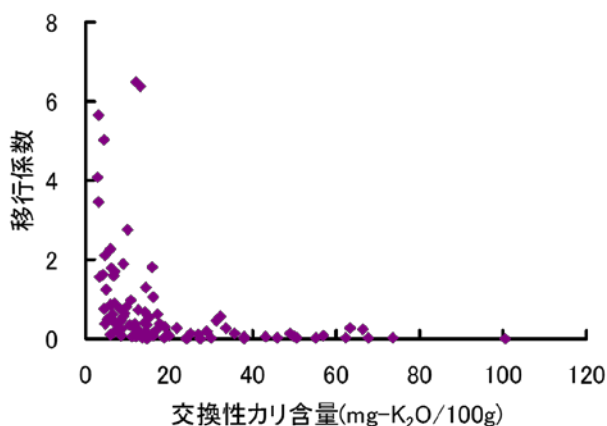


図 6-2 土壌中 (0-15cm) の交換性カリ含量が牧草の放射性 Cs 吸収に及ぼす影響

くなります。除染のための草地更新では、土壌中 (0-15cm) の交換性カリ含量の目標値は 30-40mg/100g が適正です。適正なカリレベルにするため土壌分析を行いましょう。放牧地では糞尿によってカリが還元されますが、放牧家畜の糞尿の排せつは尾根などの平坦地で多く、斜面では少ない傾向にあります。土壌中の交換性カリ含量も地形によってばらつきがあります。従って、土壌分析も地形を考慮して行うことが理想的です。

～謝 辞～

ロータリは農林水産省の競争的研究資金である平成 24 年度新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業によって開発しました。無線トラクタを用いた実証試験は平成 25 年度 JRA 畜産振興事業 (実施主体: (一社) 日本草地畜産種子協会) によって実施されました。土壌流亡対策としての草生帯設置試験は農林水産省委託プロジェクト「農地等の放射性物質の除去・低減技術の開発」によって実施しました。また、調査研究や実証試験では以下の団体の方々に協力を得ました。深くお礼申し上げます。

福島県農業総合センター畜産研究所

福島県いわき市

いわき市畜産団体連絡協議会

岩手県農業研究センター畜産研究所

宮城県畜産試験場

(公社) みやぎ農業振興公社

(独) 家畜改良センター

執筆者

草地利用研究領域 梅村 恭子：全体取りまとめ、1、3. 4)、6

飼養管理技術研究領域 伊吹 俊彦：2、3.1)～3)、4

草地利用研究領域 喜田 環樹：写真

草地利用研究領域 中尾 誠司：5. 1)～2)

草地利用研究領域 平野 清：5. 3)

農研機構のウェブサイト NAROchannel に無線トラクタについての動画が掲載されています。

本手引きの掲載内容を転載、複製する場合は、農研機構畜産研究部門の許可を得てください。

農研機構畜産研究部門 技術レポート 19号

無線操作による急傾斜草地の草地更新（除染）の手引き

2018年3月発行

編集：梅村恭子、伊吹俊彦、中尾誠司

執筆：伊吹俊彦、喜田環樹、梅村恭子、平野清、中尾誠司

問合せ先：国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構

畜産研究部門 企画管理部企画連携室

TEL:029-838-8292

メールアドレス(URL) <http://www.naro.affrc.go.jp/inquiry/index.html>

