

〔短報〕

傾斜地用草刈り機の作業性能評価

稲野 一郎^{*1} 石井 耕太^{*1} 金子 剛^{*1}

傾斜地における刈払機による草刈り作業は事故のリスクとともに、作業強度が高い。近年、事故防止や作業者の高齢化の観点から傾斜地に適応できるスイング式草刈り機やラジオコントロール（ラジコン）式草刈り機が導入されている。これらの草刈り機の実用性や導入効果を評価する。法面傾斜角46°、法長0.9mの水田畦畔でスイング式草刈り機を使用したときの作業能率は2.0～2.2h/10aであり、刈払機の1/7の所要時間であった。46°の傾斜角では、機体が下方に落とされるため、ハンドル挟持部を引き上げながら作業する応分の力と技術が必要となる。法面傾斜角23°、法長2.4mの果樹園外構部でラジコン式草刈り機（刈幅700mm）を使用したときの作業能率は最大2.3h/10aであった。ラジコン式草刈り機は他の草刈り機に比べ、高価ではあるが、習熟期間が2日間ほどと短く、作業者の安全性が保たれ、疲労度も小さかった。

結 言

刈払機の作業事故が増加したため、2000年に労働省労働基準局長から「刈払機取扱作業者に対する安全教育」が発出された。その実施要領に基づき、建設機械会社等で安全講習が実施されている。しかし、2004年から2022年まで北海道の動力刈払機操作時の農作業事故は毎年13～40件発生しており、いっそうの安全対策が求められている（図1）^{6) 7)}。刈払機の作業では木片や、小石などの異物が回転刃に接触して飛んでくることがあり、作業者の負傷の原因となる。そのため、防護眼鏡やフェイスシールド、手袋、ヘルメット、スネあて、安全靴の着用が推奨されている。

また、畦畔法面など傾斜地では転倒事故が発生しており、滑り止めのついた靴の着用が勧められている。中山間地域において、トラクタ装着モアが作業困難な傾斜地では刈払機が使用されているが、地形的にも効率が悪く、作業者の高齢化に伴って、事故のリスクが高くなっている。

木村ら³⁾は畦畔法面の実態調査を行った結果、つぶれ地を減少するために法面の急勾配化の傾向が強く、緩勾配化法面では作業強度は低下するが除草時間の短縮にはならないことを農家が認識していることを指摘している。

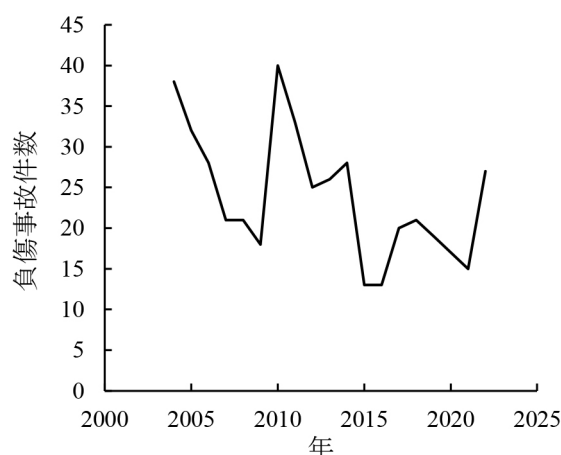


図1 動力刈払機の負傷事故件数の推移
北海道農作業事故報告書からデータを抽出

また、畦畔に付随して、隣接する水田、農道、水路との間に法面が存在することがあるが、これらの管理作業はコメの生産性に含まれていない⁵⁾。その費用は利益から充当されることになり、作業意欲を減じている。しかし、管理作業は生産環境の保全や景観維持のため必要であり、高能率作業機械の導入が求められている。

近年、傾斜地に適応可能で刈取り部と操作部が離れて操作でき、作業者の転倒リスクが小さいスイング式草刈り機やラジオコントロール（ラジコン）式草刈り機が販売されている¹⁾。これら傾斜地に適応可能な草刈り作業

令和6年10月29日受理

^{*1} (地独) 北海道立総合研究機構中央農業試験場 (069-1395 夕張郡長沼町)

E-mail: inano-ichiro@hro.or.jp

機の実用性や導入効果を評価するとともに、先進事例や最新技術について調査する。

試験方法

1 障害物エリア内でのラジコン草刈り機の作業性能調査

中央農業試験場果樹園内（北海道夕張郡長沼町）で樹木、棚支柱などの障害物が多いエリア内でのラジコン式草刈り機「RJ703」の作業性能を評価する。令和5年6月6日、9月26日に、調査を実施し、傾斜角、雑草量、草丈、刈高さ、作業能率を測定した。

2 傾斜地適応草刈り機の作業性能調査

中央農業試験場遺伝資源部水田畦畔（北海道滝川市）において、傾斜地に対応したスイング式草刈り機「GC-M500」および果樹園外構部法面においてラジコン式草刈り機「RJ703」、「RCM600」の作業性能を評価する。遺伝資源部水田畦畔では令和5年6月15日、7月18日、8月29日、10月4日に調査を実施し、果樹園外構部法面において「RJ703」を使用した調査を6月6日、7月24日、9月26日に、「RCM600」を使用した調査を7月26日に実施し、傾斜角、雑草量、雑草種、草丈、刈高さ、作業能率を測定した。

3 傾斜地適応草刈り機の導入効果

遺伝資源部場内の水田畦畔において、畦畔の形状、法面の傾斜度、水路の有無を確認し、スイング式草刈り機の作業可能エリアを示し、導入前後の省力性を比較する。また、供試機使用後の聞き取り調査によって操作性を評価し、先進事例調査機種「SH950C」を含め機種ごとの特徴を明らかにする。作業経路は「GC-M500」にマーカー（直径10cmの二重円）を取り付けて作業した時の画像を運動解析ソフトウェア「Kinovea 0.9.5」²⁾を使用して、マーカーの移動方向を解析した。

4 草刈り機の主要諸元と特徴

ラジコン式「RJ703」は走行部がゴムクローラ（トレッド940mm）で13.4kWのガソリンエンジンを搭載している（表1、図2）。刈取り部は水平刃でほぼ機体中央下部に取り付けられており、刈幅700mm、エンジンを動力源とする。走行部は電動モータで駆動する。エンジンが振り子のように支持されており、傾斜角45°まで作業可能である。なお、傾斜センサを搭載しており、45°以上を検知すると一時停止する。操作は専用コントローラで行い、往復刈り（前後進の刈取り作業）が可能である。

スイング式「GC-M500」はオペレータがハンドルを介して、自走する草刈り機を操作する法面用草刈り機で、オペレータは法面上部の平らな通路を歩きながら作業できる。2.5kWのガソリンエンジンを搭載しており、走行部は4輪である（図3）。刈取り刃は水平フリー刃で刈幅500mmである。傾斜角は50°まで、往復刈りの作業が可能である。

ラジコン式「RCM600」は小型草刈り機で4.1kWのガソリンエンジンを搭載している（図4）。刈取り部は水平刃でほぼ機体中央下部に取り付けられており、刈幅は600mm、ガソリンエンジンを動力源とする。走行部は電動モータで駆動する。エンジンが振り子のように支持されており、傾斜角は45°まで作業可能であり、それ以上の傾斜角になると警告ランプで知らせる。操作は専用コントローラで行い、往復刈り作業が可能である。

ラジコン式「SH950C」は走行部がゴムクローラで10.3kWのエンジンを搭載している（図5）。刈取り部は刈幅950mmのハンマーナイフ方式で機体前方に取り付けられており、油圧モータで駆動する。走行部の動力はHST方式で左右独立させて駆動できる。傾斜角は45°まで作業可能であり、それ以上の傾斜角になると警告ランプと音で知らせる。操作は専用コントローラで行い、往復刈り作業が可能である。

表1 供試機主要諸元

		ラジコン式	スイング式	ラジコン式	ラジコン式
型 式		RJ703	GC-M500	RCM600	SH950RC
質 量	(kg)	360	60	220	340
エンジン出力	(kW)	13.4	2.5	4.1	10.3
刈幅	(mm)	700	500	600	950
刈高さ	(mm)	45～90	20, 30, 40	30～100	20～200
最大作業角度		45°	50°	45°	45°
作業時最高速度	(km/h)	3.1	2.6	4.0	4.9
刈取り方式		水平 フリー刃	水平 フリー刃	水平 フリー刃	ハンマー ナイフ



図2 ラジコン式草刈り機「RJ703」



図3 スイング式草刈り機「GC-M500」



図4 ラジコン式草刈り機「RCM600」



図5 ラジコン式草刈り機「SH950RC」

結 果

1 障害物エリア内でのラジコン草刈り機の作業性能調査
傾斜角1°の果樹園内の小果樹エリアで、6月6日は5樹列間のみを、9月26日は5樹列間に加え樹間の草刈りを

行った。オーチャードグラスを含めた雑草風乾重は6月6日で542 g/m²、9月26日は333 g/m²であった（表2）。6月6日の作業能率は0.76h/10a、9月26日は5樹列間（面積比78%）と樹間（22%）の計153m²の草刈りを実施した結果、作業能率は1.4h/10aであった。

表2 ラジコン式草刈り機「RJ703」の作業能率

		6月6日	9月26日
主な雑草種		ウマノアシガタ	シロクローバ
		ペレニアルライグラス	エゾノギンギシ
		シロツメクサ	メヒシバ
		エゾノギンギシ	カタバミ
			ヒメジョオン
草高さ	(cm)	30	28
風乾重	(g/m ²)	542	333
刈高さ	(cm)	5	12
作業速度	(m/s)	0.64	0.78
作業能率	(h/10a)	0.76	1.41

2 傾斜地適応草刈り機の作業性能調査

遺伝資源部水田畦畔はスイング式「GC-M500」を、果樹園外構部はラジコン式「RJ703」を用いた。作業能率測定斜面の傾斜角は遺伝資源部水田畦畔で46°、果樹園外構部法面で23°であり（図6）、草高さはそれぞれ14～44cm、52～102cm、雑草風乾重は308～758g/m²、541～1358g/m²であった（表3、表4）。

遺伝資源部では6月15日に法面のみを2行程で、7月18日に法面上部通路に1行程、法面に2行程、田面に1行程を要した。8月29日と10月4日は法面上部通路に2行程、田面に1行程を要した。10月4日の法面は2行程で処理できたが、8月29日は通常の処理工程に加え、法面途中で傾斜によって機体が落とされ、刈り残しの処理に1工程が必要であった。作業能率は2.0～2.2h/10aであった。

果樹園外構部法面において6月6日は法面上部通路に2

行程、法面に4行程、法面下部に2行程を、7月24日はそれぞれ1行程、4行程、1行程を、9月26日は3行程、6行程、5行程を要した。作業能率は作業速度を各作業日において0.28m/sから0.69m/sまで上げていき、その結果、作業能率は2.3～0.9h/10aとなった。雑草風乾重が大きい6月6日、作業速度が大きい9月26日は刈高さが高くなる傾向にあり、小果樹エリアで作業速度を上げた9月26日も刈高さが高くなったことから、当該機は処理量（g/h）が大きくなると刈高さが高くなる。左右のクローラ間の機体底部に水平フリー刃を有している機種では、機体底部と地表面とのクリアランスが低い。そのため、処理量が大きい場合は雑草を押し倒したまま水平フリー刃が作用することで刈り高さが高くなるのが原因として考えられる。

表3 水田畦畔法面のスイング式草刈り機「GC-M500」作業能率

		6月15日	7月18日	8月29日	10月4日
主な雑草種			ヘラオオバコ ブタナ スギナ オオブタクサ	メヒシバ エノコログサ ヒメジョオン オオブタクサ ヘラオオバコ スギナ	ヒメジョオン オオブタクサ ヘラオオバコ スギナ タンポポ オオバコ カタバミ
草高さ	(cm)	28	44	21	14
風乾重	(g/m ²)	542	758	308	642
刈高さ	(cm)	5	4	6	4
行程数		2	4	6	5
作業面積	(m ²)	40.5	26.4	97.5	96.5
作業速度	(m/s)	0.3	0.3	0.4	0.4
作業能率	(h/10a)	2.1	2.1	2.0	2.2

表4 果樹園外構部法面「RJ703」のラジコン式草刈り機作業能率

		6月6日	7月24日	9月26日
主な雑草種		ウマノアシガタ ペレニアルライグラス シロツメクサ エゾノギシギシ	シロツメクサ エゾノギシギシ オーチャード ウマノアシガタ ペレニアルライグラス	シロクローバ エゾノギシギシ メヒシバ カタバミ ヒメジョオン
草高さ	(cm)	102	52	57
風乾重	(g/m ²)	1358	541	718
刈高さ	(cm)	14	9	12
行程数		8	6	14
作業面積	(m ²)	131.7	102.2	677.0
作業速度	(m/s)	0.28	0.39	0.69
作業能率	(h/10a)	2.0	2.3	0.9
処理量	(kg/h)	693	231	816

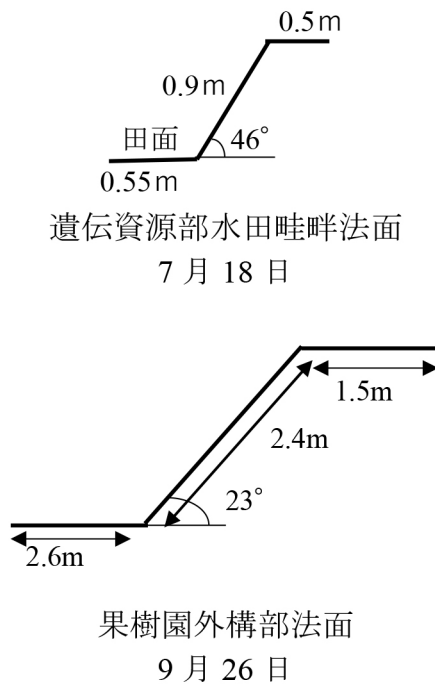


図6 傾斜地法面概略図

ラジコン式「RJ703」に比べて小型の草刈り機 RCM600 (刈幅600mm) の作業性能を果樹園外構法面において調査した。草高さ29cmの法面を4往復作業し、作業能率は1.2h/10a、刈高さは6cmであった。

表5 ラジコン式草刈り機「RCM600」の作業能率

主な雑草種	シロツメクサ	
	エゾノギシギシ	
	オーチャード	
	ウマノアシガタ	
	ペレニアルライグラス	
草高さ	(cm)	29
風乾重	(g/m ²)	-
刈高さ	(cm)	6
行程数		4
作業面積	(m ²)	134.9
作業速度	(m/s)	0.4~0.5
作業能率	(h/10a)	1.2

3 傾斜地適応草刈り機の導入効果

遺伝資源部の水田畦畔には通路に接している法面と用水路に接している法面がある (図6, 図7, 図8)。用水路に接する法面傾斜角は平均32°, 田面に接する法面で39°~40°, 法面の総延長は計3411m, 草刈り作業総面積3299m²であった (表6)。同じ斜面で刈払機を使用した時の作業能率は13.5h/10aであり, スイング式の7倍の時間を要する。

ラジコン式草刈り機の操作は草刈り本体と離れたところで専用コントローラによって操作する。操作は2日程度で慣れる。往復刈りができるため, 傾斜地での旋回は必要なく, 機体転倒の危険性は低いが, 機体の真下で操作することは避ける。

図9に遺伝資源部の水田畦畔でのスイング式草刈り機の進行状況を示す。46°の急傾斜では, 機体が下方に落とされないように支持していたが, 12.5°下方に向かって走行したため, 機体を進行方向の19°上方に向けながら作業を行っていた。急傾斜での作業は, ハンドルの長さ, 角度の調整のほか, ハンドル挟持部を引き上げることから, 応分の力と技術が必要となる。

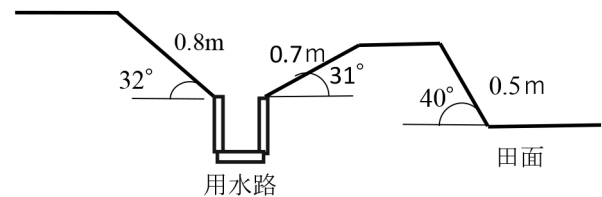


図7 遺伝資源部用水路に接している法面の一例

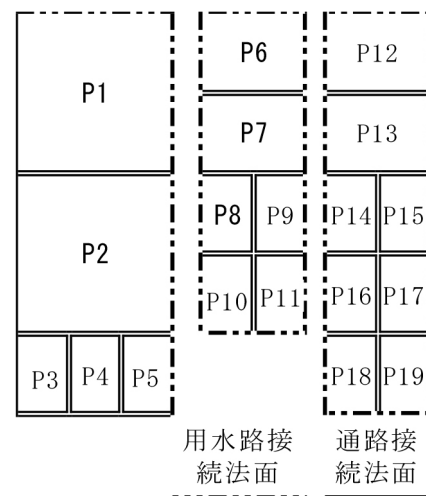


図8 遺伝資源部水田法面の作業図



図9 遺伝資源部畦畔法面におけるスイング式草刈り機「GC-M500」の機体の進行状況

表6 畦畔法面の傾斜角およびの法長

		用水路を伴う法面		通路から 田面に接続 する法面
		用水路 接続法面	田面 接続法面	
法面角度	(°)	32	40	39
法長	(m)	0.82	0.75	0.52
総延長	(m)	2241		1170
作業面積	(m ²)	2246		585

ラジコン式草刈り機「SH950RC」(刈幅950mm)について聞き取り調査した。正逆転可能なハンマーナイフモアが機体前方に取り付けられているため、走行部のクローラで踏む倒すことがなく、草高の高い草も細断可能である。カタログ値の走行速度は1.4m/s、作業能率は0.47h/10aである。

考 察

刈払機の回転刃は左回転で、作業者は左方向への払い動作を行う。回転刃で刈られた草は回転刃の上に乗ることがあるが、回転刃の回転半径や草の質量が小さいため、草に対する回転エネルギーが小さく回転刃から放出されない。回転半径が大きい払い動作による回転エネルギーが加わり回転刃の接線速度が増えることで、草が放出される。もし、逆方向への払い動作を行うと回転刃と払い動作の回転エネルギーが打ち消しあい、回転刃の上に草が乗り続け飛散防護カバーと回転刃の隙間に葉が詰まることになる。遺伝資源部水田法面の刈払機による作業においても上方向へ刈払う(刈上げ)動作の角速度が小さくなるため、度々刈草が詰まった。

傾斜地において刈払機を使用する場合にも払い動作が必要である。その場合、法面上部では下方向へ向けて刈払う(刈下げ)方式を採用し、法面下部(法先部)では刈草が田面に落下しないよう刈上げ方式を採用することが多い。刈上げ方式は刈下げ方式に比べ熟練者であっても作業中の心拍数は大きくなり、勾配が大きくなれば、その傾向は大きい³⁾。また、傾斜地では作業者は転倒のリスクを抑えるため、傾斜に対して垂直ではなく、鉛直方向に立とうとする。その時、刈払い円弧が小さくなることで、一度の刈払いによる刈取り面積が低下する。同時に刈払い円弧の角速度が小さくなることで刈取られた草が放出されず飛散防止カバーに詰まる。

このように傾斜地の草刈り作業に刈払機を使用することで作業能率や作業の安全性が低下し、作業者の疲労度を増加させることになる。スイング式草刈り機は傾斜がきついと前述のように機体が落とされることがあるため、相応の技術や力が必要となるが、価格が安く、作業者の安全性が保たれる。ラジコン式草刈り機は他の草刈り機に比べ、高価ではあるが、習熟期間が2日間ほどと短く、作業者の安全性が保たれ、聞き取り調査から疲労度も小さい。トラクタに装着できるモアで草刈り作業が不可能な傾斜地が多い場合には、機種毎の特徴を把握したうえで導入を推奨する。

謝 辞 本研究を遂行するにあたり、圃場作業人員の調整および機器賃借事務等に尽力いただいた中央農業試験場中道浩司研究主幹、黒島 学研究主幹(現花・野菜技術センター研究部長)、鈴木和織研究主幹(現北海道立総合研究機構本部)、草刈り作業を行っていただいた中央農業試験場研究支援の皆様へ厚くお礼申し上げます。

引用文献

- 1) 機械化農業編集部. 畦畔管理作業の負担軽減が課題. 機械化農業. 2, 5-7 (2023)
- 2) 菊地麗, 奥野林太郎, 佐藤達也, 亀井雅浩. 急傾斜法面に対応した小型草刈りロボットの開発. 農作業研究. 55(3), 155-162 (2020)
- 3) 木村和弘, 有田博之, 内川義行. 急傾斜地水田の畦畔法面の形態と除草作業の実態. 農業土木学会論文集. 170, 1-10 (1994)
- 4) 鬼頭功, 淡路和則, 三浦聡. 傾斜地における畦畔管理負担の評価. 農業経営研究. 48(1), 67-72 (2010)
- 5) 鬼頭功, 淡路和則, 三浦聡. 大規模水田作経営における中山間地域の畦畔管理の対応. 農業経営研究. 49(3), 67-72 (2011)
- 6) 北海道農作業事故本部. 令和4年度北海道農作業事故報告書. 29, (2023)
- 7) 北海道農作業事故本部. 平成26年度北海道農作業事故報告書. 29, (2015)

Evaluation on weeding machines for a sloping area

Ichiro INANO^{*1}, Kouta ISHII^{*1} and Tsuyoshi KANEKO^{*1}

^{*1} Hokkaido Central Agricultural Experiment Station
(Naganuma Hokkaido, 069-1395 Japan)
E-mail: inano-ichiro@hro.or.jp