

## 6. 無人・有人対応型草刈機の開発

国土交通省 北陸地方整備局 北陸技術事務所 宮島 実  
○ 小林 弘朗

### 1. はじめに

現在、堤防除草作業に使用している大型遠隔操縦式草刈機（以下「現有機」という）は、急勾配法面における施工の機械化によるコスト縮減及び遠隔操作による安全確保に多大に寄与している。しかし、機械価格が高価なこと、また、作業速度が緩傾斜部ではハンドガイド式草刈機（以下「ハンドガイド」という）に比べ十分な優位性がないことなど課題があり、これらの改善を行うことで更なるコスト縮減が期待できる。

本報告は、機械価格の低減と施工効率の向上による除草コスト縮減を目的に、市販のハンドガイドに遠隔操縦機能を付加し、現場条件に応じて遠隔（以下「無人」という）及び搭乗（以下「有人」という）操作の使い分けが可能な無人・有人対応型草刈機を開発したので、その機能と効果について紹介するものである。

### 2. 現状の課題と対策

現有機は、機械価格が草刈機＋集草装置で約12,000千円と高価なため、地方自治体及び民間への普及が進まないほか、施工コストを押し上げる一因となっている。

また、緩傾斜部における作業速度は、現有機よりもハンドガイドが速く差がある。

そこで、市販のハンドガイド（集草機含み約6,000千円）に遠隔操縦機能と安全対策機構を付加し、現場条件に最適な操作である無人及び有人操作の使い分けが可能で機械価格が安価な草刈機を開発することとした。

### 3. 開発目標

#### (1)機械価格

現有機の約12,000千円から30%低減の約8,000千円。

#### (2)作業能力

現有機の0.32h/1,000㎡からの10%向上の0.29h/1,000㎡。

### 4. 開発工程

平成17年度から平成21年度までの5ヶ年の開発工程を表-1に示す。

試作機製作の他に、施工歩掛（案）、安全施工マニュアル（案）、製作仕様書（案）を作成した。

表-1 開発工程

項目	17年度	18年度	19年度	20年度	21年度
①実態調査	—				
②基本構想		—			
③概略設計			—		
④詳細設計				—	
⑤試作機製作					—
⑥性能試験					—
⑦現地性能確認試験				—	
⑧試作機の改良					—
⑨飛石防止装置効果検証試験					—
⑩現地性能確認試験(追加)					—
⑪現地適応性試験(長期調査)					—
⑫施工歩掛(案)の作成					—
⑬安全施工マニュアル(案)の作成					—
⑭飛石防止装置のオプション化検討					—
⑮不具合箇所対策検討					—
⑯製作仕様書の作成					—

### 5. 開発機の機能

開発にあたり「現有機に対する不満」「必要・不要な装置」について河川管理者と請負者にアンケートを実施した。

改善要望と改善方針を表-2に示す。

表-2 改善要望と改善方針

改善要望	要望理由	改善方針	
草刈機本体	刈残し 解消	・制御の応答遅れ ・刈幅が広く不陸に追従できない	・制御技術の変更 ・刈幅を狭くする
	法面損傷 の防止	・方向転換時に法面が荒れる	・接地圧、重量の軽減
	車両の 小型化	・狭い所に入れず刈り残しが出る	・機械幅、刈幅を狭くする
	飛石の 防止	・飛石による事故が発生する	・飛石防止装置の強化
送信機	防水仕様	・湿気による誤動作が発生する	・防水性能を高める
	転倒防止 ルール撤去	・送信機の操作時に邪魔になる	・転倒警報装置の装備

### 6. 開発機の製作

改善方針に基づき検討、開発、現場試験を行い、開発機に新たに搭載した機能を以下に示す。

### 6.1 ハンドガイド式草刈機（ベースマシン）

ハンドガイドでは実績の多い刈幅 1.5m 級をベースマシンとして改造を施すこととした（写真-1、写真-2 参照）。

これにより刈幅を狭く、重量を軽くでき、接地圧は 9% 低減される。



無人操作

有人操作

写真-1 操作方法



写真-2 開発機外観

### 6.2 路面追従機能の装備

法面の不陸に自動追従させるため、作業装置の油圧をフリーとするフローティング機能と倣い装置を採用した（写真-3 参照）。

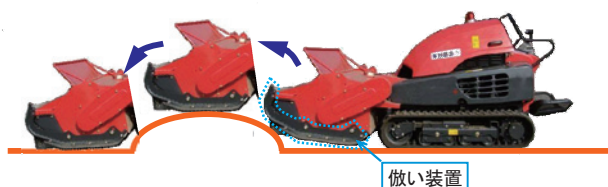


写真-3 路面追従のイメージ

### 6.3 飛石防止装置の装備

開発機は、小形化に伴う能力低下を避けるため、草刈効率が優れているアップカット方式を採用した。

アップカット方式は、ダウンカット方式に比べ飛石の増加が懸念されるため、新たな飛石防止装置を開発した（写真-4 参照）。

装置は、形状、材質、取付位置等を変えて試作、試験を行った結果、刈刃に一番近い 1 段目には金属チェーンを配置し、2 段目には合成ゴム板 2 枚をスリットが千鳥になるよう配置した。

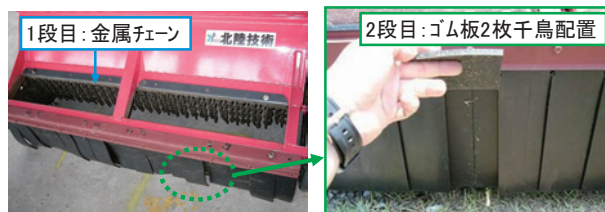


写真-4 飛石防止装置

### 6.4 傾斜警報機能の装備

オペレータ転倒時の操作レバー誤操作などによる草刈機の暴走を防止するため、送信機に傾斜計を内蔵し、送信機の異常な傾斜角度（前 60° 後 30° 左右 45° 以上を 3 秒連続）を検知すると草刈機が停止する。

また、有人操作及び無人操作における機械転倒事故を防止するため、草刈機本体にも傾斜計を装備し、危険な角度（有人操作：左右 27° 以上を 2 秒連続、無人操作：左右 35° 以上を 2 秒連続）を検知すると警報を発する（写真-5 参照）。

### 6.5 振動警報機能の装備

作業装置のカバーに振動計を装備し、刈刃欠損による異常振動（約 2.6G [刈刃 2 枚が外れた状態に相当] 以上の振動を 4 秒連続）を検知すると警報を発する（写真-5 参照）。



写真-5 傾斜計・振動計

### 6.6 送受信機の防滴防塵仕様

送受信機は、防塵防水の国際規格（International Protection）の IP65 仕様を採用した（写真-6 参照）。

#### (1)防塵性

等級 6：塵埃は侵入しない。

#### (2)防水性

等級 5:あらゆる方向からのノズルによる噴流水に対して保護する。

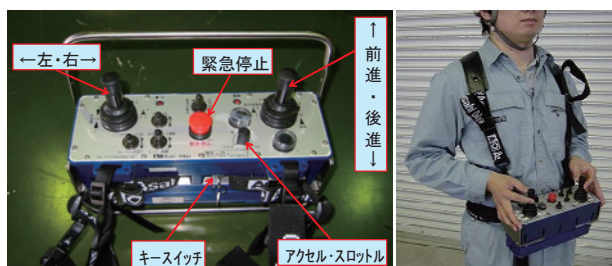


写真-6 送信機

## 7. 飛石防止装置の効果

開発した飛石防止装置の効果を定量的に把握するため、開発機、ハンドガイド及び現有機を使用し比較試験を実施した（写真-7 参照）。

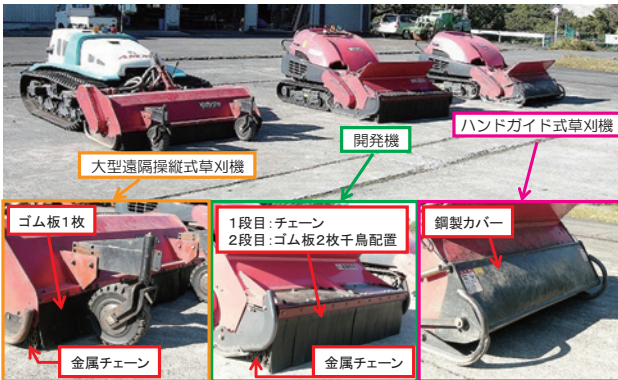


写真-7 試験に使用した3機種

試験方法は、再生クラッシュラン（RC-40）を使い整形した試験床（幅 200mm×長さ 1,500mm×高さ 100mm）の上に作業装置をセットし、刈刃を回転して試験床を切削させ、草刈機（本体+作業装置）より外（前後左右）へ飛散した質量を計測した（写真-8 参照）。

次に示す式(1)より「飛散率」を算出し比較した。

結果は、表-3 のとおりであり、開発した飛石防止装置の有効性が証明された。



写真-8 飛石試験状況

$$\text{飛散率} = \frac{\text{草刈機より外に飛散した質量}}{\text{刈刃が切削した質量}} \quad \dots(1)$$

表-3 草刈機外への飛散率

	開発機	ハンドガイド	大型遠隔
飛散率	0.28%	17.60%	10.25%

なお、この飛石防止装置は、市販されているハンドガイドにもオプションとして装備できるように製作会社の協力を得て概略設計を実施した。

## 8. 開発機の性能確認

北陸地整管内の堤防除草作業で試験施工を行い、収集したデータを解析し、開発機の作業性能（出来形管理基準の確保、最大除草法面勾配、1,000 m<sup>2</sup>当り作業能力）について評価した。

### 8.1 出来形の確保

開発機は、草刈効率が優れているアップカット1回刈りによる作業効率向上を目的としているため、1回刈りで刈高さ 10 cm（出来形管理基準）を満足するか確認を行った。

刈高の計測結果を図-1 に示す。（グラフの値は、最高、平均、最低の刈高を示している）

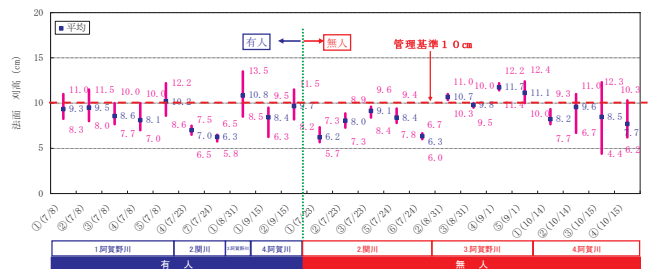


図-1 平均刈高の計測結果（法面）

#### (1) 有人操作時

平均値では、8/10 工区（80%）において管理基準を満足した。

#### (2) 無人操作時

平均値では、10/13 工区（77%）において管理基準を満足した。

無人操作時において、最低刈高も管理基準を満足しなかった工区は、ススキが多かったため、その切株の上をフローティングで通過したため刈高が高くなった。

なお、1回刈りで出来形管理基準を満足しなかった工区も、複数回刈りにより基準値を満足することを確認している。

### 8.2 最大除草法面勾配

除草作業を行った法面勾配範囲を表-4 に示す。

無人操作時の最大除草法面勾配の目標値「35.5°（1:1.4）以上」での作業を実施し、適応可能であることを確認した。

表-4 試験実施の法面勾配範囲

試験	無人（遠隔）操作	有人（搭乗）操作
現場性能確認試験 (現場での性能確認)	35.5° ~ 23.9° (1:1.4~2.3)	33.2° ~ 23.1° (1:1.5~2.3)
現場適応性試験 (歩掛データ収集など)	35.5° ~ 23.1° (1:1.4~2.0)	33.2° ~ 24.4° (1:1.6~2.2)

### 8.3 作業能力

積算の条件を合わせるため、降雨による履帯の横滑り、法面をバックで戻りながらのレーン切り替え、天端での方向転換の度に仮刃の回転を停止させるなどの異常値を除いて比較した。

作業能力の計測結果を図-2に示す。

#### (1) 有人操作時

作業能力は  $0.24 \text{ h} / 1,000 \text{ m}^2$  (平均勾配  $29.8^\circ$  (約 1:1.7)) となり、目標値  $0.29 \text{ h} / 1,000 \text{ m}^2$  を 17% 上回った。

#### (2) 無人操作時

作業能力は  $0.26 \text{ h} / 1,000 \text{ m}^2$  (平均勾配:  $31.1^\circ$  (約 1:1.6)) となり、目標値を 10% 上回った。

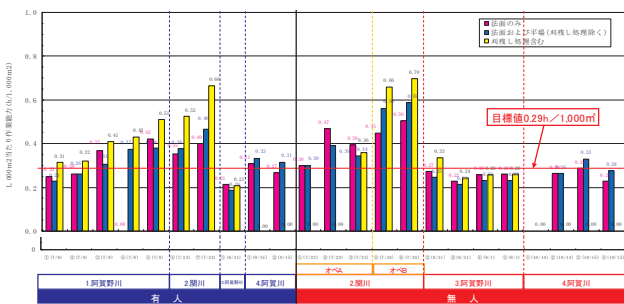


図-2 作業能力の計測結果

## 9. 施工単価

### 9.1 機械価格

開発機(本体+集草機)の価格は10,400千円(税抜き)となり、現有機の12,000千円(税抜き)から-13%の低減となったが、目標の-30%低減を達成することが出来なかった(図-3参照)。

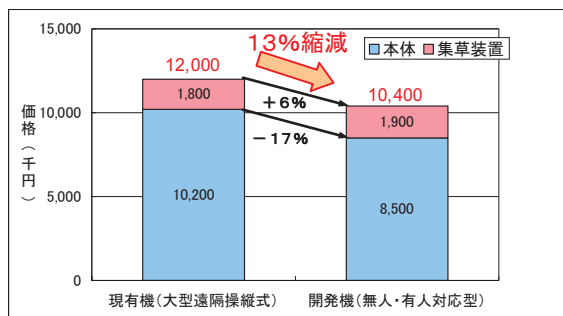


図-3 価格の低減率

### 9.2 施工単価

現有機と開発機の  $1,000 \text{ m}^2$  当たり施工単価(直接工事費、機械損料: 業者持込み)の比較を図-4に示す。

暫定値ではあるが、労務、機械損料、諸雑費(補助機械及び燃料)の合計額で現有機を 100% とすると約 -5% のコスト縮減が期待できる。

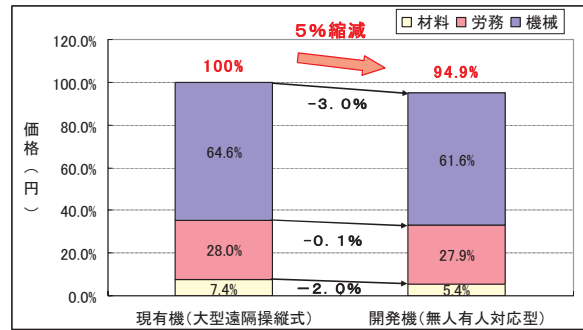


図-4 施工単価の縮減率(暫定値)

## 10. 考察

開発機の製作は、草刈機本体の製作、遠隔操縦化への改造、送信機の製作と3社による分業となったため、機械価格は目標値を達成できなかったものと考えられる。

施工費の縮減率については、今後、より多くの現場において施工合理化調査を実施し、歩掛の精度を上げたうえで評価を行う必要がある。

### 11. まとめ

アップカット方式の市販機をベースとして開発したことにより、目標を概ね達成することができた。

#### (1) 機械価格

草刈機+集草装置の価格は、10,400千円(税抜き)。

(現有機から-13%の低減)

#### (2) 作業能力

$1,000 \text{ m}^2$  作業能力は、 $0.26 \text{ h} / 1,000 \text{ m}^2$ 。

(現有機から19%の向上)

### 12. あとがき

開発機の製作にあたり、制御方式を機械式から電子式に変更したため、有人及び無人での操作性を両立させることが難しく、現場性能確認試験を2ヶ年に渡り実施した。

また、飛石防止装置の開発は、試作した6パターンを工場における飛石試験で3パターンに絞り込み、現場で性能を確認して決定するなど、改良と試験に多くの時間を要した。

開発機は、平成22年度に北陸地整管内の河川事務所に7台を配備するほか、当面、小型遠隔操縦式草刈機の更新機として漸次導入を計画している。

導入後は、無人・有人対応型草刈機の技術的フォローアップ、コスト縮減効果の検証や技術紹介など、普及拡大に努め、堤防除草作業のコスト縮減に寄与していきたい。