

新技術開発探訪

有人・無人対応型草刈機の開発

1. はじめに

河川管理の主な項目の一つに堤防機能確保のための適切な植生管理がある。北陸地方の河川堤防は急斜面が多く、ハンドガイド式草刈機（以下「ハンドガイド」という）では転倒の危険性があり、また肩掛け式草刈機では労力がかかりコスト高となっていることから、北陸技術事務所では、急勾配法面の作業効率向上を目的に、平成3年に遠隔操縦式の小型草刈機（刈幅1.2m）を開発した。

また、平成9年に刈幅を1.85mとした大型遠隔操縦式草刈機（以下「現有機」という）を開発、肩掛け式と比べ、草刈にかかる費用を約25%低減するなど、直轄河川の維持管理費縮減に大いに貢献しているところである。

しかし、現有機は機械価格が高価なため国土交通省の河川事務所以外になかなか普及しないこと、緩傾斜部においてはハンドガイドの方が作業性で優位であることなどの課題が残されている。

本報告は、比較的安価な市販のハンドガイドに遠隔操縦機能を付加し、現場条件に応じて無人（遠隔）および有人（搭

乗）操作を使い分けることにより、機械価格の低減と作業効率の向上を実現した草刈機の開発について紹介するものである。

2. 現状の課題と対策

現有機の機械価格が高価（集草機含み約12,000千円）なため、民間普及の障害、施工コストを押し上げる原因となっている。また、緩傾斜部における作業速度は、現有機が約2 km/hに対し、ハンドガイドが約3 km/hと差がある。

また、現有機を使用している河川管理者および受注者にアンケート調査を実施し、改善方針をまとめた（表-1）。

これらを踏まえ、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、現場条件に応じて無人（遠隔）および有人（搭乗）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。

表-1 改善要望と改善方針

改善要望	内 容	改善方針
刈残し解消	・制御の応答遅れ ・刈幅が広く不陸に対応できない	・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	・狭い場所に入れず刈残しが出る	・機械幅、刈幅を狭くする
送受信機の防水	・湿気による誤動作が発生する	・防水性能を高める
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
送信機の転倒防止 フレーム撤去	・送信機の操作時に邪魔になる (送信機転倒時の誤作動防止)	・転倒警報装置の装備

3. 開発目標

開発の目標を以下に示す。

- ① 機械価格は、現有機の約12,000千円から30%低減の約8,000千円。
- ② 作業能力は、現有機の0.32h/1,000m²からの10%向上の0.29h/1,000m²。

4. 開発機の製作

本開発に際し、公募により参加意思を表明したハスクバーナ・ゼノア株式会社（旧：小松ゼノア株式会社）製のZHM1510（刈幅1.5m級）をベースとして開発を行うこととした。

改善方針に基づき検討、開発、現場試験を行い決定した開発機の仕様を以下に示す。なお、(2)～(6)は新たに開発した機能である。

(1) ハンドガイド式草刈機（ベースマシン）

刈幅1.5m級を無人（遠隔）および有人（搭乗）対応型に改造する。これにより接地圧は9%低減される（写真-1）。



写真-1 作業状況（無人，有人）

(2) 路面追従機能を装備

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」の採用により法面の不陸に自動追従する（写真-2）。



写真-2 路面追従のイメージ

(3) 刈草方式の変更

現有機は、飛石防止対策として刈刃の回転方向

をダウンカットとしているが、刈残しが多いため往路・復路の2回刈りを行っている。開発機は、刈刃の回転方向を草刈効率が優れているアップカット方式とする。これにより1回刈りが可能となり、作業効率が大幅に向上する。

(4) 飛石防止装置の装備

アップカット方式の採用により飛石事故の発生が懸念されるため、新たな飛石防止装置を開発、装備する（写真-3）。



写真-3 飛石防止装置

(5) 傾斜警報機能の装備

オペレータ転倒による誤作動を防止するため、送信機に傾斜計を内蔵し、異常な角度を検知すると草刈機が停止する。また、搭乗操作および遠隔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、危険な角度に達すると警報を発する（写真-4）。



写真-4 傾斜計

(6) 振動警報機能の装備

作業装置に振動計を装備し、刈刃欠損による異常振動を検知し警報を発する（写真-5）。

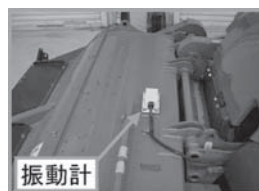


写真-5 振動計

(7) 送受信機の防滴防塵仕様

送受信機は、建設機械用（特定小電力無線局）の防滴防塵仕様を採用する（写真-6）。

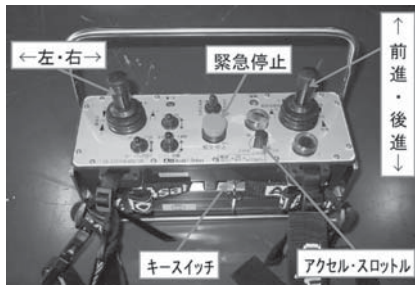


写真-6 送信機

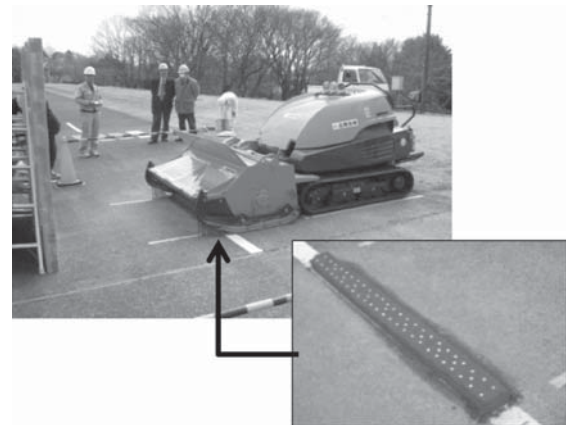


写真-7 試験実施状況

5. 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、ハンドガイドおよび現有機を使用し比較試験を実施した。

試験方法は、再生クラッシュラン（RC-40）を幅200×長さ1,500×高さ100mmに整形し、その上に草刈機の刈刃をセットし、削り、草刈機（本体+作業装置）より外（前後左右）へ飛散した量を計測した（写真-7）。

刈刃が削った石の重量に対する草刈機より外に飛散した石の重量の割合は表-2に示すとおりであり、開発した飛石防止装置の有効性が確認された。

	開発機	ハンドガイド	大型遠隔
草刈機外飛散率	0.09%	6.13%	2.77%

6. 開発機の性能確認

北陸地方整備局管内で開発機を使った堤防除草作業を行い、データを収集し解析を行った。

(1) 出来形管理基準（刈高さ10cm）の確保

1回刈りによる刈高の計測結果を図-1に示す。

① 搭乗（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 遠隔（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。

・管理基準を満足しなかった理由

遠隔（無人）操作時に、最低刈高も管理基準を満足できなかった工区はススキが多く、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ものと思われる。

(2) 最大除草法面勾配

遠隔操縦時の最大除草法面勾配の目標値「35.5°（1：1.4）以上」について、現場適応性試験などを実施し、適応可能であることを確認した（表-3）。

試験	遠隔操縦	搭乗運転
現場適応性試験	35.5°～23.1° (1:1.4～2.0)	33.2°～24.4° (1:1.6～2.2)
現場性能確認試験	35.5°～23.9° (1:1.4～2.3)	33.2°～23.1° (1:1.5～2.3)

(3) 1,000m²当たり作業能力

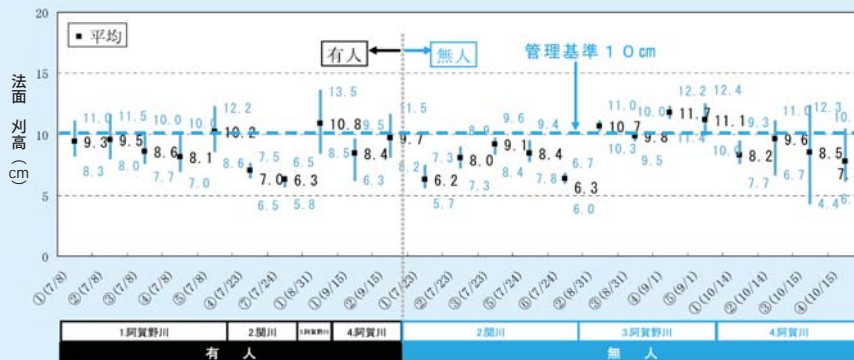
計測結果を図-2に示す。

① 搭乗（有人）操作時

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、天端での方向転換時刈刃の回転停止など比較対象外のデータを除くと、作業能力は0.24h/1,000m²（平均勾配29.8°（約1：1.7））となり、目標を17%上回った。

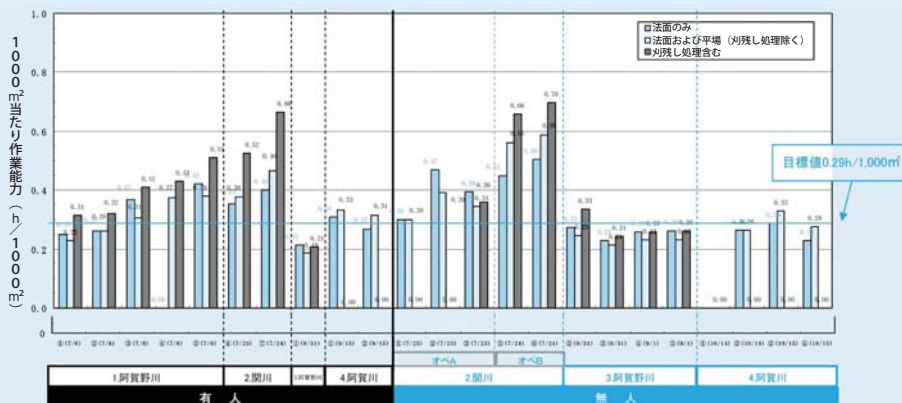
② 遠隔（無人）操作時

比較対象外のデータを除く作業能力は0.26h/1,000m²（平均勾配：31.1°（約1：1.6））とな



※グラフの値は、最高、平均、最低の刈高を示している。

図一 刈高の計測結果（法面）



図二 作業能力の計測結果

り、目標を10%上回った。

7. 試作機の改良

現地性能試験の結果、抽出された不具合などについて以下の改良を行った。

(1) 搭乗運転レバーの改良

遠隔操縦化に伴い搭乗運転レバーを電気式に変更したところ、レバー操作に草刈機が過敏に反応し、搭乗者が姿勢を崩す問題があった。

この問題を改善するため、市販のハンドガイドとの運転感覚が同一となるよう、操作レバーのストローク改良およびポテンショメータの追加、レバーの角度と出力電流の調整を行ったことにより、草刈機のスムーズな動きを可能とした。

(2) 送信機の改良

遠隔操縦用送信機の重量が約2.9kgと重く、長時間作業を行った場合、首の痛みなどを訴えるオペレータが多くいた。これを解消するために、送信機のレバーガードを取り外すなど軽量化を行い、重量を約1.9kgとするとともに送信機を支える方式を首から写真一8に示すように両肩で支える方式に改良した。



写真一8 送信機の改良

(3) 草刈機重量バランスの改善

飛び石防止装置など新規に追加した装置の重量が増したことにより、草刈機の重心が前方に移動

し、急勾配の作業の際、草刈機が法面下に向きやすいといった問題が発生した（重心位置が現行機に対して下方に10mm、右方向に10mm、前方に40mm移動）。

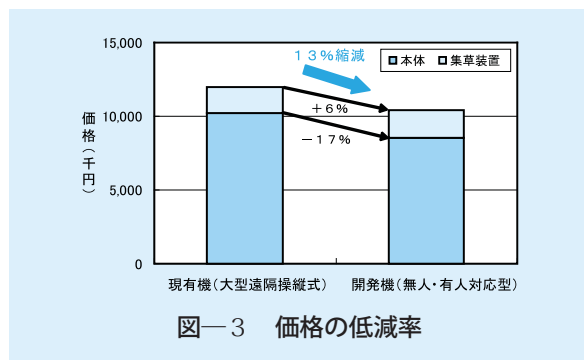
各装置の軽量化を行い、作業装置全体で約18kgを削減することにより、走行安定性に一定の効果が得られた。

8. コスト削減効果

(1) 機械価格（基礎価格）

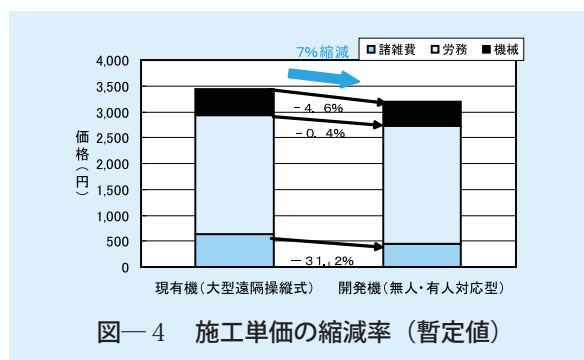
開発機（本体+集草機）の価格は現有機の約12,000千円（税抜き）から-13%の低減となったが、目標の-30%低減を達成することはできなかった（図-3）。

操作性の向上や安全対策のために必要な機能を付加したことが影響しているものと考えられる。



(2) 施工単価

現有機と開発機の1,000m²あたり施工単価（直接工事費）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（補助機械および燃料）の合計額で約-7%のコスト削減となった。

今後は、より多くの現場において施工合理化調査を実施し、精度をあげた上で再評価を行う予定である。

9. 施工マニュアル（案）の作成

本開発機の導入に当たり、除草作業を行う上で必要な安全確保をはじめ、遠隔操縦時の注意事項などをとりまとめた「有人・無人対応型草刈機用堤防除草安全施工マニュアル（案）」を作成した。記載項目は以下のとおりである。

- ① 有人・無人対応型草刈機の概要
- ② 除草作業時に起きやすい事故
- ③ 本草刈機の特記事項
 - ・操作上の注意事項（共通、ハンドガイド運転時、遠隔操縦時）
- ④ 除草作業における一般的な注意事項
- ⑤ 草刈機点検記録簿

10. まとめ

「有人・無人対応型草刈機」の開発を市販の量産機をベースに行ったことにより、機械価格の低減と同時に施工効率向上による草刈コストの縮減を実現することができた。

本開発機は、平成22年度より現有機の小型遠隔操縦式草刈機の後継機として順次導入されており、平成24年度からは現有機の後継機としての導入が予定されている。

今後の実作業を通じて、有人・無人対応型草刈機の開発技術に関するフォローアップ、コスト削減効果の検証を行うとともに、その効果を紹介することで有人・無人対応型草刈機の普及拡大に努め、堤防除草作業のコスト削減に寄与していきたいと考えている。

国土交通省北陸地方整備局北陸技術事務所 施工調査課 施工調査課長 小泉 倫彦
 施工調査係長 齋藤 真