

23. ホイール式堤防法面草刈車の開発

建設省東北技術事務所：熊本 泰俊・*今野 順二
及川自動車㈱：及川美喜雄

1. はじめに

河川における堤防は、国民の生命と財産を守る重要な構造物である。その堤防の機能を維持するために、除草は重要な位置をしめている。

堤防法面の除草は、主に「肩掛け式（人力）」および「ハンドガイド式」により施工されている。一部で「大型自走式（履带式）」が使用されているが、方向転換時や作業中に法面を傷めることなどから、普及が進まない現状である。

そこで、既存の草刈機械を見直し、新しい構想のもとに「ホイール式草刈車（8輪駆動+操舵）」を開発し、機械施工を促進させ、除草作業の安全性及び施工性の向上を図るものである。

2. 除草作業の現状と問題点

図-1 に示すとおり、東北地建管内の除草作業工法割合は、9割以上が肩掛け式およびハンドガイド式であり、法面自走式は約7%のみである。ロングリーチ式に至ってはほとんど使用されていない実態である。（H2年度調べ）

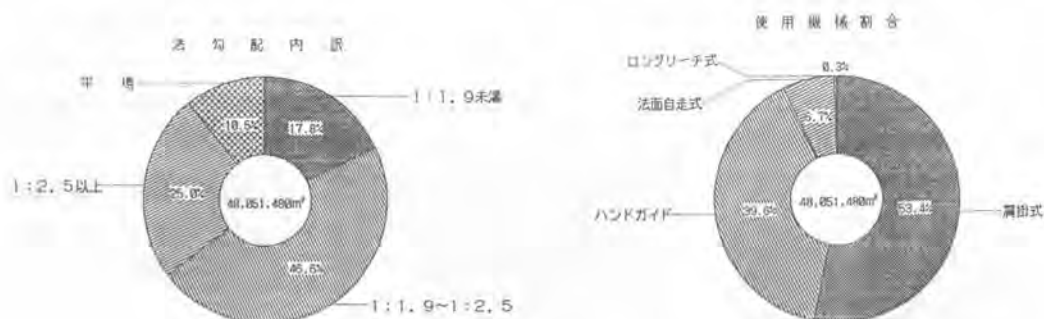


表-1 管内堤防法勾配内訳および除草使用機械（H2年11月調べ）

現在主流の肩掛け式やハンドガイド式は、法面上での苦渋作業であり、危険も伴っている。さらに、これらの工法では多くの作業員（人手）が必要であり施工単価が高く、さらに将来的に人手不足が予想されるなどの諸問題をはらんでいる。

機械施工が遅れている要因を以下のとおりまとめる。

- (1) 堤防法面は急勾配で断面形状の変化（小段など）があり、機械化には技術的問題が多い。また、構造物（樋門、樋管など）や坂路なども機械施工を難しくしている。
- (2) 請負業者が、特殊で高価な草刈機械を保有するのが難しい。
- (3) 草刈機械の主力機種である「履带式草刈車（大型自走式）」には、操向時（軌道修正や方向転換）に堤防表面を傷めやすい欠点がある。

3・走行体に求められる特性

草刈機械の走行体に求められる条件を次のとおりまとめる。

- (1) 堤防を損傷しないこと
- (2) 法面（傾斜地）での走行安定性に優れること
- (3) 不整地での走行安定性に優れること
- (4) 適度な踏固め効果があることが望ましい（イタドリなどの雑草の繁茂を抑え、野芝の育成に有利になる）

以上より、既存の履带式草刈機械の問題点を見直すことにし、諸条件を満たし実用的な走行体を検討した結果、ホイール式（8輪）を選定した。

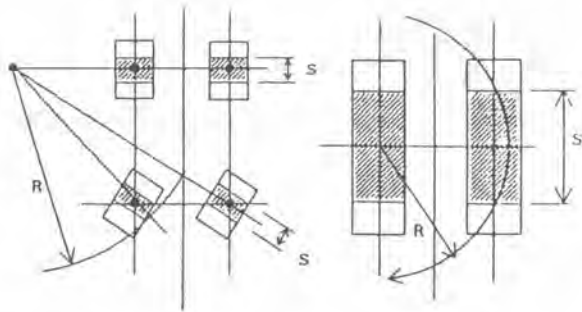
4. ホイール式走行体の特徴（選定理由）

ホイール式走行体の特徴を、現在主に使用されている履带式と比較して表-1に示す。

表-2 走行方式比較表

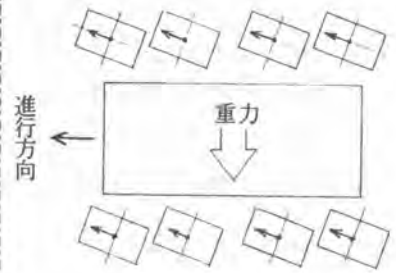
項目	ホイール式	履带式
操向特性	図-1に示すとおり、操舵により円滑に旋回できる。さらに差動装置を組み込むことにより、内外輪の速度差を吸収するので、「滑り」がほとんど発生しないため、土壌のかき乱しがない。 ◎	図-1に示すよう両側の履帯の速度に差をもたせること（またはお互い反対方向に駆動させる）により進行方向を変える。よって、土壌をかき乱す。 ×
接地特性	タイヤの空気がクッションになり平均的かつ柔軟に荷重を受けとめるため、踏堅め効果が期待できる ○	履帯には柔軟性がなく、突起部に荷重が集中する。柔らかい土壌では「下駄歯状」の走行跡ができる △
法面走行性	主に、地面とタイヤの摩擦力で横滑りに耐えるもので、8輪駆動と8輪操舵により適応性が高い（図-2参照） ◎	履帯の突起が地面に食込むことによる土壌のせん断抵抗により横滑りに耐える。軽量機種であれば堤防法面の傾斜でも作業が可能 ◎
その他	傾斜地では、谷側のタイヤにかかると負担が平坦地より多くなるため必要数を増やして荷重を分散させる必要がある。多輪により全長が長くなる △	法面走行性で述べたとおり、土壌のせん断抵抗で履帯の谷側「エッジ」下部に集中する。よって履帯の長さ（図-1の「S」）を大きくすれば横滑り防止の有効量が増える。しかし、操向時のかき乱し量が増えるため、現実的には小型軽量化が不可欠である △

◎=たいへん良い ○=良い ×=悪い △=問題がある・検討が必要



ホイール式 履帯式

図-1 操向方法



全輪を山側に操舵することにより滑落をバランス良く抑える

図-2 ホイール式の
法面走行方法

5. ホイール式草刈車（試作機）

開発方針に基づき、ホイール式草刈車の試作機を製作した。表-2 に試作機の主要仕様、図-3 に外形図を示す。

表-2 試作機主要仕様および外形図

項目	数 値 等	備 考	
型 式	8 輪駆動・8 輪操舵		
全長×全幅×全高	5,300mm×2,320mm×2,350mm		
重 量	約2,700kg		
駆 動 方 式	油圧モータ+タンデムドライブ	8×8 輪駆動	
作業法勾配（目標値）	1 : 1.9（約27.8度）以上	管内の8割以上適応	
作業速度（目標値）	4 km/h		
タイヤ	種 類	芝生・フィールド用タイヤ	φ742mm×幅310mm
	空 気 圧	1.2 kg/cm ²	
草刈作業装置	プロペラカッタ2条式（刈幅2,220mm） （ハンマーナイフ式（刈幅1,870mm））		

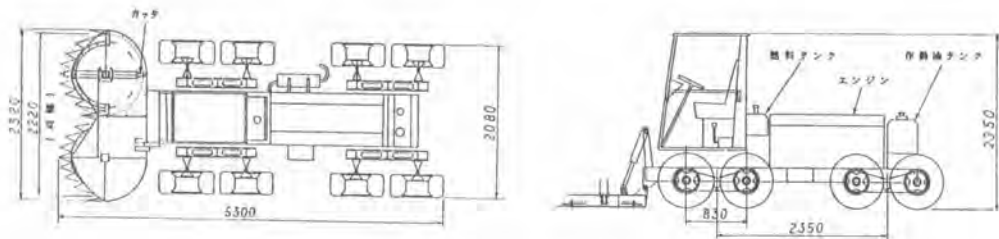


図-3 試作機外形図

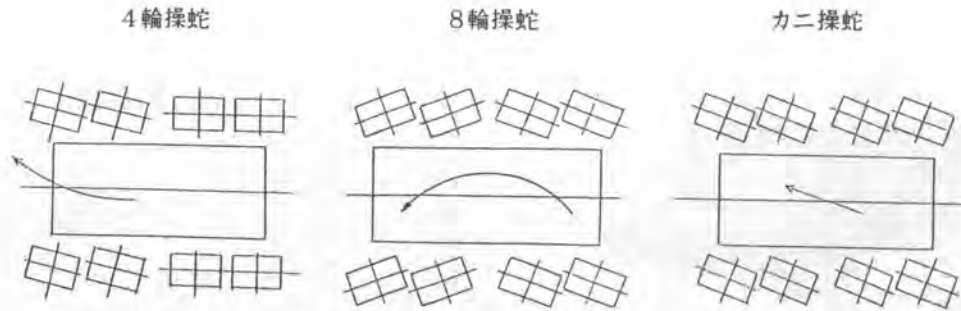


図-4 試作機操舵方式

6-1. 走行特性調査

ホイール式草刈車の堤防法面での特性を確認するため、試作機による特性調査を実施した。表-4に調査結果を示す。なお、法面損傷度は、目視評価によるものである。

表-4 試作機特性

項 目	結 果	備 考
法面損傷度	ゴム履带式草刈機（リモコン）も比較の為に試験を行った。その結果、両者ほぼ同程度か、状況によっては試作機の方がやや良いと判断された。（履带式では操向時に一部土壌のかき乱しが認められた）	比較した履带式はR100式草刈機械で刈幅1.2m総重量1.2tと軽量でかつ前後進刈り機能を持つ旋回の不要な法面損傷に配慮した機種である。
法面走行性	蛇行量=5cm程度（5m間隔）であり十分安定していると言える。	法勾配1:1.7（30.5度） 走行速度3.4km/h
最大走行速度	16.1km/h	平坦舗装路
最小回転半径	右/左回転=4.23/4.05m	
静的転倒角度	56.5度（1:0.66）以上（右/左共）	自動車傾斜角度測定装置
その他	<ul style="list-style-type: none"> ○法面走行において、カニ操舵にした場合に蛇行量が少なく安定走行することが確認できた ○タイヤ溝に泥詰まりが発生し、グリップを失う場合があった ○高出力エンジンを搭載しており、高能力が期待できる 	

ホイール式試作機



履带式（リモコン式）



写真-1 特性調査状況（法勾配1：1.7）

6-2. 法面走行影響調査

調査は、法勾配1：1.7（30.5度）の堤防を試作機および履带式草刈機で等高線方向に走行し、土壌支持力強度およびわだち深さを測定した。土壌支持力強度は山中式土壌硬度計により調査したもので土壌表層部の値である。

また、踏堅め率は支持力強度の $\frac{\text{走行部}}{\text{未走行部}}$ を表している。以下に調査結果をまとめた。

表-5 堤防走行踏堅め・わだち深さ（測定平均値）

測定箇所 機種		土壌支持力強度（山中式土壌硬度計）					わだち 深さ mm	備考
		未走行部 支持力 kg/cm ²	走行部(わだち)		わだち凸部			
			支持力 kg/cm ²	踏堅率 %	支持力 kg/cm ²	踏堅率 %		
試作機	山側	1.4	2.2	157	-	-	15	車両重量2.7t
	谷川	1.9	2.8	147	-	-	17	
履带式	山側	1.5	2.0	133	1.4	93	11	車両重量1.2t
	谷川	1.9	2.3	121	1.7	89	14	

まとめ

- ①踏固め率・わだち深さとともに試作機の方がやや大きくなる傾向が見られた。これは、試作機の車両重量の影響と考えられが、両者の重量の差を考慮すれば、ホイール式の柔軟に荷重を受けとめる特性の効果が現れていると判断できる。
- ②履带式の場合、わだち（凸部）の支持力強度が未走行部の値より低下する傾向が見られる。
- ③支持力強度に関しては、平均的に踏固められる試作機（ホイール式）の特性は芝の植生面から考えると、有利に働くことが期待できる。（文献によれば、芝草の根の伸長圧10 kg/cm²以下であり、他の植物が入り込めない土壤に育成する）

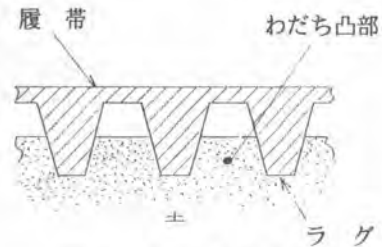


図-5 履带式走行図

6-3. 接地圧調査

調査は、試作機および従来機種の実接地圧を圧力測定フィルム及び圧力変換器（ひずみゲージ式微小型圧力センサー）により測定した。以下に測定結果をまとめた。なお、2種類の測定方法で調査したのは、調査が難しい接地圧の測定値の信頼性を高めるためである。

表-6 接地圧調査

測定値 調査機種等	圧力測定フィルム		圧力変換器		重量 (kg)	備考
	平均 kg/cm ²	最大 kg/cm ²	平均 kg/cm ²	最大 kg/cm ²		
試作機（ホイール式）	2.7	3.2	2.5	3.0	2,700	空気圧1.2kg/cm ²
ゴム履帯式	1.6～5.5		0.5～5.6		1,250	搭乗式小型草刈車
ハンドガイド式	6.2	6.9	5.6	6.2	335	自立状態
肩掛け式	1.4～3.6		0.5～3.5		65	かかと部が高接地圧

- ①ホイール式の接地圧は輪荷重に影響されず、各輪ごと、接地部分ごとのばらつきが少ない。
- ②履帯式は接地圧にばらつきがあり、ローラが押しているラグが高い接地圧を示した。
- ③接地圧の大きさは、ハンドガイド式>ゴムクローラ式>ホイール式≧肩掛け式の傾向を示した。

6. 試作機の改良点・問題点

これまでの試験などの結果以下の改良点・問題点を抽出した。

- (1) 重量が重いため、急勾配や含水率が高い場合など厳しい条件下での作業が難しい。（軽量化が必要）
- (2) 全長およびホイールベースが長いため小廻り特性が良くない。（しかし8輪操舵により全長の割には良い）
- (3) 重心位置が前に片寄っているため、重量バランスを改良する必要がある。
- (4) 泥詰まりの発生しないタイヤパターンを選定が必要である。
- (5) 操作性の向上のため操作レバー・ペダルの配置や操作方法を改良する必要がある。

7. まとめ

特性調査の結果、試作機では改良点があるものの、法面自走式草刈車の走行体としてホイール式が適していると判断できた。

今後は、試作機の問題点を改良した実用的な草刈車の開発を行い、堤防除草の機械化・効率化を目指すものである。

参考文献：「堤防雑草調査（芝地保全のための考察）」 大類 雄一 1984年11月
（第38回 建設省技術研究会講演概要）

「土質調査法（植生工調査の項）」 土質工学会