

続・小型自走式刈り払い機は林地でどこまで使えるのか？

－「山もっとジョージ」の誕生－

渡辺一郎

前報までのあらまし

タイトルに「続」を付けたとおり、本報は、光珠内季報 No. 188（2018年11月）に掲載した「小型自走式刈り払い機は林地でどこまで使えるのか？－ブッシュカッタージョージの挑戦－」の続報です（サブタイトルについては、後ほど説明します）。前報では、株式会社筑水キャニコム製の商品名「ブッシュカッタージョージ」と呼ばれる河川敷法面や公園緑地向けの小型自走式刈り払い機を林地に持ち込み性能試験を実施し、その活用方法について検討しました。その結果、「残材が除去され根株が無い林地」であれば従来型の肩掛け式刈り払い機による作業よりも効率が上がることが分かりました。しかし、現地検討会などで要望されたのは、根株を粉砕できる能力を持った刈り払い機の開発でした。この根株粉砕可能な機械開発は、かなりハードルの高い課題でした。当時、根株を粉砕できる機械として油圧ショベルのアタッチメントを活用した機械（例えば、Seppi社製クラッシャー）のような大型機械はありましたが、地拵えで使うことができても下刈り作業への活用を考えると車体が大き過ぎます。しかし、これまで根株を粉砕できるほどのパワーもしくは機能を持った小型機械はありませんでした。そこで、下刈りでも使える機械を目指して、ブッシュカッタージョージの挑戦、もとい、(株)筑水キャニコムの新たな機械開発が始まりました。林業試験場では、造林作業機械として必要な要件についてアドバイスするとともに、試作機の性能評価を行いました。本報では、前報の最後で予告した「ブッシュカッタージョージの新たな挑戦」の結果について報告します。

ブッシュカッタージョージ改良からの「山もっとジョージ」の誕生

開発機械のベースには、横斜面の走行など山林地走行性の良さを活かし、既存の刈り払い機「ブッシュカッタージョージ」を使いました。この既存機械を造林作業用機械として利用可能とするため、いくつかの改良を施しました。主な改良点について、図-1に示します。

- ① ヘッドガード：上空からの小枝の落下などからオペレータを保護します。また、チシマザサのような高さ2mを超えるような雑草木を刈り払う場合、斜め前方から倒れ込んでくるササなどからオペレータを保護することにも有効です。
- ② クローラスパイク：細かい凸凹や傾斜がある造林地での走行を安定させることが出来ます。また、後述するとおり、根株粉砕作業の効率化にも有効でした。荒れ地走行性能をアピールするため「イバラ進む」



図-1 既存機械からの主な改良点

「平成30年度地拵え、下刈り等の軽労化に向けた多目的造林機械の開発・改良」より一部抜粋



写真-1 傾斜の付いたステップ（2018年10月）

という愛称も付けられました。

③ アンダーガード：地面の凸凹や残材，根株から機械下部の配管を守ります。

④ 根株粉碎機械：後ほど，詳しく説明します。

その他にも，傾斜地で体重を預けて乗車姿勢を保持しやすくするために傾斜を設けたステップ（写真-1），凹凸の激しい林地での機械の転倒事故を防止するために傾斜 30 度で警報を鳴らし，35 度で自動的にエンジンを停止させる仕組みが搭載されました（自動停止後は，再始動と運転が 5 分間可能なので，その間に安全な場所まで移動することになります）。

こうして，造林作業用機械として機能強化された「ブッシュカッタージョージ」には，新たな名称が授けられました。「山もつとジョージ」の誕生です（写真-2，表-1）。命名者は，やはり，「ブッシュカッタージョージ」の名付け親である（株）筑水キャニコム（株）の包行会長だと聞いていますが，またしても何処かの有名人の名前に掛けています。2018 年 11 月に東京都で開催された森林・林業・環境機械展示実演会において公表され，2019 年 6 月に製品の発売が始まりました。価格は 1400 万円です（2019 年 6 月現在）。



写真-2 山もつとジョージ (2018年11月)

表-1 開発機械の概要

製造：（株）筑水キャニコム

○ベースマシン

名 称：山もつとジョージ (CG510)

サイズ：長さ 3.6m，幅 1.6m，高さ 2.3m

最低地上高：26cm

機械質量：2.4t

○根株粉碎機（マルチャー）

名 称：オーロラトランプシェーバー (TS1200)

刈 幅：1.2m

刈刃数：40 枚（10 枚×4 列）

根株粉碎機（オーロラトランプシェーバー）の概要

山もつとジョージの最大の特徴は，根株粉碎機にあります。写真-3 にその拡大写真を示しました。四角い刈刃が螺旋状に付いているのが分かるでしょうか。この形状から，アタッチメントにも愛称が付けられました。その名も「オーロラトランプシェーバー」。四角い刈刃をカードゲームの“トランプ”，らせん状の刃の配置状態を冬の夜空を彩る“オーロラ”，四角い刃を高速回転させて削る様子を“シェーバー（髭剃り）”に見立てました。もちろん，前機種と同様にアメリカ大統領の名前に掛けるのも忘れていません。この刈刃は正方形型の刃の 4 辺全てに刃が付いており，中心のネジを緩めて刃を回すことによって 4 回使用することが可能です。



写真-3 根株粉碎機の刈刃 (2019年12月)

試験概要

こうして開発された「山もつとジョージ」を林地に持ち込み，まず根株粉碎方法の検討等の予備試験を行った後，根株粉碎性能と下刈り作業工程を調べました。

(1) 試験地の概要

試験は，まず，美瑛町のカラマツ主伐跡地で 30 本の根株を対象に効率的な根株粉碎方法を見つけるための予備試験を実施しました（2018 年 9 月 10～14 日）。ここでは，伐採

表-2 試験地概要

場 所	虻田郡京極町
試験期間	2018 年 10 月 9～18 日
標 高	350m
傾 斜	0～27 度
主伐年	2016 年 3 月 (45～51 年生)
植栽年	2017 年 10 月 (トマツ)

跡地にまだ苗木が植栽されておらず、自由に機械を動かして試験が可能でした。

その後、虻田郡京極町の（一財）北海道森林整備公社の社有林に移動し、本試験に移りました。

京極町の試験地概要について表-2 に示します。試験地はカラマツ主伐後 2 年半が経過し、1 年前の 2017 年 10 月にトドマツが植栽されていました。試験を行う時点でのトドマツの苗高は約 50cm でした。トドマツは列間 2.7m、苗間 2.0m の間隔で植栽されており、列間は山もつとジョージが走行可能な幅を有していました。そこで、造林地であることを活用し、根株粉碎試験を含む下刈り実証試験をしました。写真-4 は、京極町の下刈り試験後に UAV によって空撮した試験地全景です。茶色く見える部分が下刈りを実施した場所で、緑の縦ラインに見える部分が刈り残されたトドマツが植栽されている場所です。



写真-4 根株粉碎を伴う下刈り作業が行われたトドマツ造林地（2018年10月）

（2）根株粉碎体積の推定方法と粉碎時間の測定方法

粉碎したカラマツ根株の概要について表-3 に示します。

ここで、注目してもらいたいのは、根株高のバラツキについてです。根株の切断面には段差が無く（写真-5）、伐木作業はハーベスタもしくはフェラバンチャのような大型機械によるものと推定でき、伐木後の根株高はある程度一定であることを期待しました。だが、実際は斜面傾斜や積雪期に伐木した影響が現れ、根株高には高いものから低いものまでかなりの開きがありました。当初は根株粉碎時間の比較検討を根株断面積で行うことを考えていましたが、それでは正確性に著しく欠けることが明らかとなりました。そこで、根株直径と根株高から求めた円柱体を根株体積と仮定して比較対象とすることとしました。ただし、実際の根株は末広りの円錐台に近い形状であるので、求められた根株体積はやや過小評価となっています。



写真-5 カラマツ根株

これらのカラマツ根株を 5 人の作業員が交代しながら粉碎しました。そして、根株粉碎作業を録画した動画を室内で再生し、根株一本ずつの粉碎時間を計測しました。5 人の作業員はいずれも改良前の自走式刈り払い機ブッシュカッタージョージでの作業経験はありましたが、林地で山もつとジョージによる本格的な根株粉碎作業は今回が初めてでした。なお、京極町での試験は下刈り作業が中心でしたが、根株粉碎作業に当たる部分だけを抜き出して測定しています。

表-3 粉碎したカラマツ根株の概要

試験地	根株粉碎数	平均根株直径 (cm)	平均根株高 (cm)
京極町	332	30.5±5.4 (Max. 50.0, Min. 15.0)	21.7±8.5 (Max. 48.0, Min. 8.0)

*平均値±標準偏差で示した。

（3）下刈り試験

試験を実施した 10 月は本来の下刈りシーズンではありませんが、機械開発のスケジュールの都合でこの時期に行うこととしました。林地の植生は植被率 60% 程度のやや疎な状態でしたが、主な植生であるヨモギやセイタカアワダチソウ、ササはまだ青々としており、植生高も 60cm ほどあったため、トドマツは植生の中にやや隠れている状態でした。また、残材は地拵え時に全て片付けられていました。ここで、2.7m の列間について根株粉碎を含む下刈り作業を行いました。苗間については行っていません。機械の刈幅が 1.2m であるため、斜面を往復して下刈りしました。対象とした面積は 0.64ha、根株の本数密度は 570 本/ha でした。

山もつとジョージの実力はいかに？

(1) カラマツ根株をどれくらいの時間で粉碎できるのか？

①根株粉碎方法の検討（予備試験）

まず、最初に取り組まなければなかったのは、効率的な根株粉碎方法を見つけることでした。例えば、機械をゆっくり前進させて粉碎機を根株にじっくり押し当てて粉碎する方法も試しましたが、時間がかかり、回転する刃との摩擦熱で根株が黒く焦げてしまいました。最終的には、機械を前後に細かく往復させて、粉碎機を少しずつ根株に当てる方法で落ち着きました。写真-6は根株粉碎中の様子で、粉碎機をバックさせた瞬間です。左下にまだ完全に粉碎されていない根株が見えます。この後、前進して根株を完全に粉碎しました。また、この予備試験中に想定外の機械トラブル（オイル漏れなど）をいくつか経験し、これらを乗り越えて機械の完成度を高めて行きました。

②カラマツ根株の粉碎時間の測定

では、カラマツ根株の粉碎にはどれくらいの時間がかかるのでしょうか？ここでは、後述するとおり、作業員によって根株の粉碎効率が違っていたため、最も多く根株を粉碎し、機械の操作にも慣れた作業員のデータによって、カラマツ根株粉碎速度のポテンシャルについて検討することとします。全部で141本の根株を粉碎した結果、根株の粉碎体積とそれらの根株の粉碎にかかった時間の関係は図-2のようになりました。根株が大きくなるにつれ粉碎時間が長くなって行きました。この関係式から、141本の平均的な大きさの根株（0.017m³、直径30cm、根株高25cm）の粉碎時間を計算すると88秒/本となりました。

③作業員による根株粉碎時間の差

今回の試験では、5人の作業員（A～E）が交代しながら根株粉碎作業を行いました。現地での試験状況から根株粉碎作業には経験による差がありそうに思いました。そこで、根株粉碎数を作業経験の多寡と仮定し、単位体積（1000cm³）当たりの粉碎時間を比較してみました。計算に用いたのは直近の10本の根株の粉碎時間です（図-3）。単位体積当たりの粉碎時間（秒/1000cm³）は根株粉碎数が多いほど短く、少ないほど長くなる傾向がみられ、その差は最大1.7倍になりました。根株粉碎数は、最も根株粉碎数が多い作業員Aは100本を超えているのに対し、最も少ない作業員Eは25本未満とその差は4倍以上ありました。このことから、根株粉碎作業を効率アップするためには、ある程度の経験を積むことが必要といえそうです。



写真-6 根株粉碎中の山もつとジョージ

(2019年6月) *左下にカラマツ根株が見える

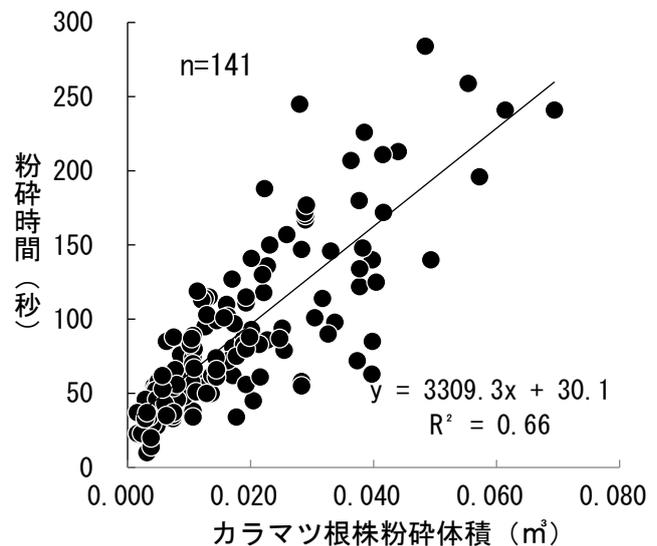


図-2 カラマツ根株の大きさと粉碎時間の関係

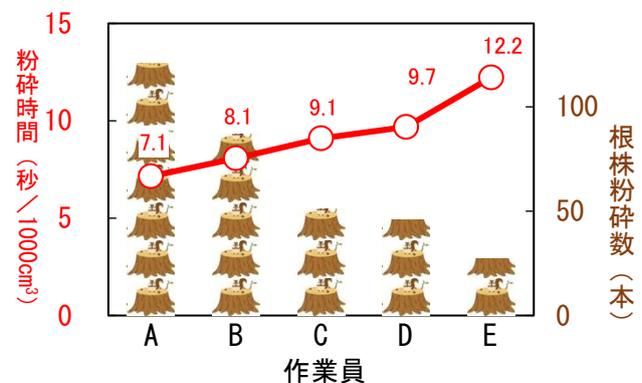


図-3 根株粉碎の経験本数と粉碎時間の関係

(2) 下刈り作業としてはどうか？

本来、下刈り作業では根株を粉砕する必要はありません。ですが、今回対象としている自走式機械で下刈り作業を行うためには、根株が邪魔になるため粉砕するなどして根株をなくす必要があります。そのため、最初に確認しなければならないのは「本当に列間で根株粉砕作業を行いながらの作業が可能か？」ということでした。このことが確認できれば、根株粉砕作業の過程で草刈りも為されるので下刈り作業が可能となります。まず、初日は平坦な場所から作業しました。そして、難なく作業可能であることを確認した上で、2日目からは、最大斜度 27 度の斜面に挑みました（写真-7）。この斜面は写真でも分かるとおり、横傾斜（最大 27 度）で作業しなければならない場所も含まれている本格的な造林地です。試験期間中は、毎晩雨が降り、日中は曇りか晴れの天候で、林地は常に湿っている状況でしたが、植栽されているトドマツを傷めること無く、作業を完了できました。これは、比較検証はできていませんが、クローラスパイクの装着により、湿潤土壌においてクローラの滑りを抑え、走行が安定したためだと考えています。

さて、下刈り作業効率としての評価はどのようなものになるのでしょうか？図-4 は、山もつとジョージによる下刈り作業の結果について、根株粉砕作業を含んだ場合と根株粉砕後（根株粉砕無し）の作業効率を示したものです。現在の下刈り方法との比較のため、肩掛け式刈払い機による下刈り作業効率も載せました。肩掛け式刈払い機による作業は、根株が残っている林地で根株をかわしながらのもので、作業効率値には根株除去などの作業は含まれていません。結果は、さすがに根株粉砕作業を行いながらでは、山もつとジョージは肩掛け式刈払い機には追いつけないようです。また、山もつとジョージの作業は列間のみであり、苗木の周りをきれいに刈り払うためには苗間刈りが必要になるので、トータルの作業効率はあと少し落ちると思われます。ただ、根株まできれいに粉砕しながらで、よくぞここまで肉薄したという見方もできるのではないのでしょうか。さて、2 年目以降は根株が無い状態での下刈り作業（根株粉砕無し）となります。その場合、苗間刈りが含まれない条件ですが、肩掛け式刈払い機の 3 倍の効率で行えます。

まとめ

(株)筑水キャニコム製の小型自走式刈払い機ブッシュカッタージョージをベースマシンとして、林地での作業性能に改良が加えられ、かつ根株粉砕機などを開発することにより、造林用機械として開発された「山もつとジョージ」について、根株粉砕性能を中心に下刈り作業についての実証試験を行いました。今回の試験結果より、一般的な造林樹種の中では最も硬い部類に属するカラマツ根株を熟練した作業員であれば一株当たり平均 90 秒程度で粉砕できることが分かりました。カラマツよりも柔らかいトドマツやエゾマツならば、もっと速く粉砕できることでしょう。そして、カラマツの根株粉砕を伴う下刈り作業では、肩掛け式刈払い機による通常下刈り作業にはわずかに及ばないことが分かりました。また、下刈り作業コストについては、まだ消耗品（特に、刈刃）のコストが確定できていないので高目の設定での計算ですが、造林事業単価表（北海道水産林務部，2019）にある下刈り作業単価を下回るには、年間作業面積が 50ha 必要と試算しています。こちらも、根株粉砕作業に掛かる時間が大きく影響しているため、トドマツやエゾマツの主伐跡地であったならば、結果が変わってくると思われます。



写真-7 下刈り試験の様子 (2018年10月)

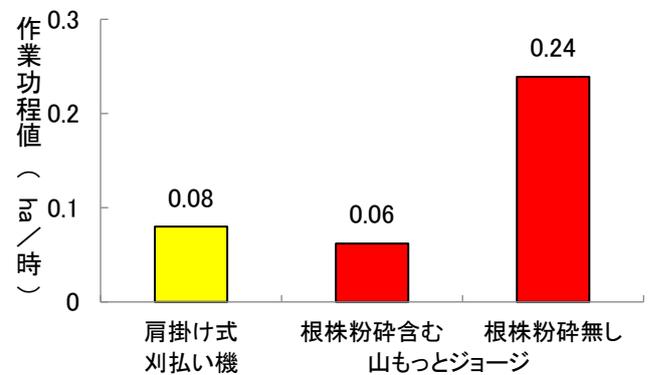


図-4 下刈り作業効率の比較
(根株密度：570本/ha)

草刈り機を超えた多目的造林機械を目指して

この機械には他にもオプションが設けられています。それは、林地の残材を除去するためのレーキ（写真-8）とコンテナ苗運搬箱（写真-9）です。レーキは残材除去だけではなく、浅めですが林地に刺してササの根切り地拵えにも使えそうです。こうしたオプションを上手く活用することにより、下刈り作業以外の多目的な用途への使用方法が広がり、機械の稼働率を上げることができれば、更なるコストダウンにも繋がることでしょう。



写真-8 レーキアタッチメント (2018年9月)



写真-9 苗箱運搬アタッチメント (2018年9月)

今後の機械開発状況～話はまだ終わらない～

実は「山もつとジョージ」の進化はまだ続いています。2019年度より、新たなアタッチメントの開発が始まっています。それは、コンテナ苗用の植栽穴掘り機および無線誘導技術の開発です。ベースマシンはやはり同機械を使用しています。これらの機械開発が順調に進み、実用化されたならば、再び本誌で「山もつとジョージの新たな挑戦」として報告できるかもしれません。

(森林経営部経営グループ)