

## 土そりとグラップルローダによる集材

渡辺 一郎

### 土そり集材とは

高性能林業機械が北海道に本格導入されて20年近くが経過し、各地で多くの高性能林業機械が稼働しています。中でもハーベスタは最も多く導入されています。ハーベスタは、林内において伐木から玉切りまでの一連の作業を1台でこなすことができ、フォワーダと組み合わせることにより、効率の良い素材生産システムになると考えられています。しかし、フォワーダの導入台数はハーベスタの184台に対して10台程度であり（H19北海道調べ）、実際には、ハーベスタ・フォワーダシステムはそれほど普及していません。その理由としては、導入された多くのフォワーダの集材作業がグラップルサイズの制限を受けて十分な生産性を発揮できていないこと、そして荷台の構造上の制約から短幹集材にしか対応できないことが挙げられます。

こうしたことを背景に、高性能林業機械によらない集材方法が新たに現れています。それが、今回ご紹介する「土そり集材」です。これは、昔、冬季の集材に用いられていた「馬そり集材」を機械化して夏季にも使うようにしたものです。作業方法は基本的にフォワーダと同様で、土そりに材を積載し、グラップルローダで牽引して運びます。本来、グラップルローダは土場での極積（はいづみ）み作業を想定して開発された機械ですが、現在は林内での木寄せ、その延長線上で集材にも使われており、この土そり集材はそのうちで最も集材に特化した使い方と位置づけられるでしょう。また、この集材方法は、フォワーダによる集材方法と異なり、短幹・全幹・全木など様々な状況に対応できる特徴があります。土そりは道内各地に様々な形状のものがあり、重量は600～1700kgの範囲に広くわたります。また、牽引方法はワイヤーロープを用いるものが主流ですが、鋼鉄製の牽引桿を持つものもあります（写真—1）。

今回は、このうち千歳で開発された土そり集材を紹介します（写真 1左上、写真 2）。この土そりは、鋼鉄製の牽引桿でグラップルローダと連結するため、グラップルローダに乗ったままで土そりの取り付け・取り外しが容易にき、下げ荷にも適用できます。また、重量が1700kgと数ある土そりの中で最も重いことも特徴の一つです。この土そりとグラップルローダに夜集材作業でどれくらいの生産性を期待できるのかについて、林野庁事業「低コスト作業システム構築事業」の中で調査する機会が得られましたので報告します。



千歳	倶知安	芽室
更別	栗沢	

\* 写真の土そりの所在地

写真—1 北海道内にある土そりの例



写真-2 試験に使用した土そりとグラップルローダ (2007年10月 名寄市)

表-1 グラップルローダと土そりの主要諸元

グラップルローダ		土そり	
コマツ PC120-6E0		王木林材 (株) 小林氏製作	
バケット容量	0.45 m <sup>3</sup>	全長	3,280mm
全長 (輸送時)	7,595mm	全幅	1,900mm
全幅 (輸送時)	2,490mm	地上高	350mm
最低地上高	400mm	荷台長	2,826mm
機械質量	11,700kg	荷台幅	1,780mm
定格出力	68.4kW	支柱高	2,000mm
グラップル型式	TMS-62N	重量	1,760kg

### 調査地と方法

調査地は、北海道北部に位置する名寄市のカラマツ人工林39年生です。平均胸高直径は27.1cm、平均樹高は24.5m、本数密度は約580本/ha、林分材積は約400m<sup>3</sup>/haで、これまでに2回の間伐が行われています。地形は0~10°の緩傾斜ですが部分的に約20°におよぶ箇所もあります。また、下層には植生高が約1.5mになるクマイザサで被覆されています。ここで、伐採幅5m、残存幅20mの列状間伐を設計しましたが、地形が一樣ではなく植栽列が極めて不明瞭であったため間伐列を直線状に配置することができず途中から折れ曲がるように配置されました。また、残存列に対して定性間伐を加えた影響もあって、典型的な列状間伐のように材の集積場所は直線状に並ばず、伐採後の見た目の状況は列状間伐というよりは定性間伐後の状況に近くなりました。そのため、ここでの集材作業工程は列状間伐と定性間伐の間ぐらいの位置づけにした方が的確だと思います。間伐は、ロングリーチハーベスタ (CAT312C/keto150) により伐採から採材まで行い、採材の種類は長材 (3.3m) と短材 (2.2m) の2種類としました。集材は、グラップルローダと土そり (表 1) により短幹集材としました。なお、集材距離は、作業道120m+林内10~80mです。

また、土そり集材は大量の材を一度に積載して走行するため、林内で作業した場合には、林地の表層土壌を締め固めてしまい、樹木の成長に悪い影響を与える恐れがあります。そこで、SH型簡易土壌貫入試験器を用い土壌貫入抵抗値を求めて、表層土壌への締め固めの影響について評価しました。調査は、作業終了後、3週間後に行いました。

### 土そり集材の工程

土そり集材の流れについて図-1に示します。グラップルローダが空荷の土そりを後ろにして牽引、場合によっては、土そりを進行方向前方に置いて、土そりの前方をグラップルでつかんで少し浮かせながら押して移動します (写真-3)。集材場所に着いてからは、短幹状に採材された材をグラップルで整理しながら土そりへ積載、そして移動、材整理、積載を繰り返しながら進みます。この際、林内の材の集積状況によっては土そりを切り離して、グラップルローダで林内の材を整理することもあります。この辺の柔軟性も土そり集材の特徴と言えるでしょう。こうして十分に材を積載した後に、土場へ向かって出発します。作業道上での走行速度は4.2



写真-3 土そりを掴んで移動するグラップルローダ (2007年6月 千歳市)

km/時で、フォワーダなど集材専門機に比べれば遅いです。土場で材を下ろした後、グラップルローダで土そりをつかみ上げて、180度回転させて方向転換します。この時、下部走行部のクローラは動かさず上部のみで旋回作業を行います。そのためトラクタやフォワーダが方向転換時にクローラで地面を引っかき回すのに比べて、土場を傷めずに済むのも作業上の特徴です。

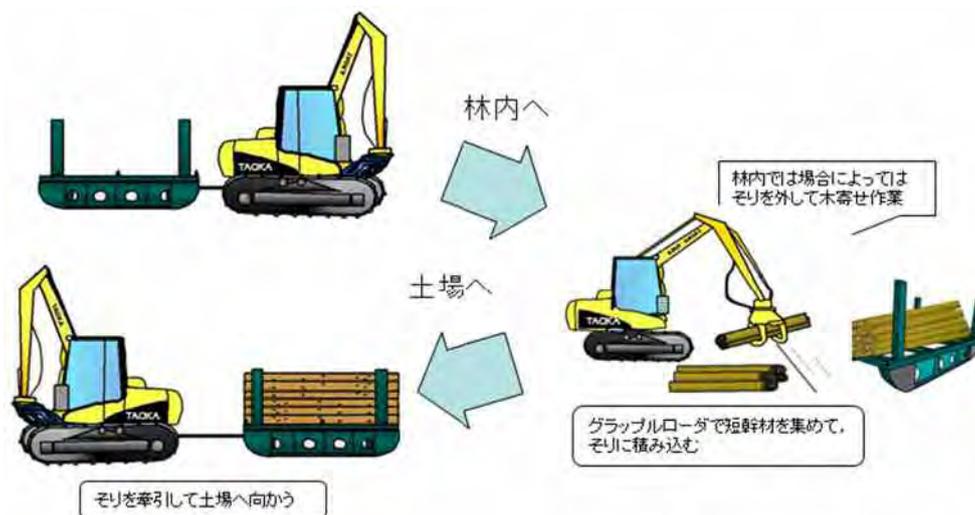


図-1 土そり集材の流れ

## 集材量と生産性

### (1) 土そりの積載量は？

土そり集材作業の結果を表 2 に示しました。集材作業は全部で6回測定しましたが、1回目と2回目については合算して記録しています。さて、どれくらいの材を運べるのか？ についてですが、1回当たりの最大積載量は3回目の集材時で $9.7\text{m}^3$ の材を積むことができました。写真 4 左にあるとおり、土そりのステッキの高さを越えて、まさに“超満載”です。写真-4の右は2番目に多く積んだ状態で、これではほぼ100%の積載状態となり、この時の積載量は $8.4\text{m}^3$ でした。土そりの積載能力が積載する材のサイズ（特に長さ）にも影響を受けることを考慮しつつ推測すると、今回の試験結果からでは、積載量は約 $10.0\text{m}^3$ 前後であると推測されます。以前に、尾張敏章氏（現・東京大学北海道演習林）が芽室町森林組合（現・十勝広域森林組合）で2001年に聞き取り調査した事例では、土そりの集材量は短幹で $12\text{m}^3$ ということしたから、これよりは若干少ない結果となりました。

### (2) 土そり集材の生産量は？

次に、時間当たりどれくらいの生産性を期待できるのかについてみてみます。これは、積載量だけではなく、積み時間や走行時間など作業工程の全てを含めた集材作業全体の生産性です。ここではなるべく実証的なデータの収集を目的としたので、積載量が少ない時もあるし集材距離も一定していません。そのうち生産性に最も大きな影響を与えるのは集材距離ですが、一般にグラップルローダによる集材距離は200～300mまでが効率的とされているのに対し、今回の集材距離は150～220mなので一般的な集材距離の範囲で行われたと考えていいでしょう。では、これらを踏まえた上で生産性をみてみましょう。表-2最下段の数値が生産性（ $\text{m}^3/\text{時}$ ）です。生産性は、 $6.4\sim 10.4\text{m}^3/\text{時}$ の範囲で、平均値は $8.4\text{m}^3/\text{時}$ となりました。他の主な集材機械の生産性は、フォワーダで約 $4\text{m}^3/\text{時}$ 、トラクタで $4\sim 6.5\text{m}^3/\text{時}$ ですから、この生産性の数値は、これらと比較しても十分高いと言えます。



写真-4 土そり積載状態の例 (左:3回目, 右:5回目) (2007年10月 名寄市)

表-2 土そりの集材生産性

集材サイクル	1, 2回目	3回目	4回目	5回目	6回目	
集材量 (m <sup>3</sup> )	3.3m材 6.2 (64本)	6.0 (62本)	2.3 (23本)	4.9 (41本)	1.6 (19本)	
(m <sup>3</sup> )	2.2m材 5.8 (151本)	3.7 (87本)	2.4 (63本)	3.5 (78本)	2.4 (60本)	
合計材積 (m <sup>3</sup> )	12.0	9.7	4.7	8.4	4.0	
作業時間 (秒)	4,152	3,827	2,548	3,165	2,236	
集材距離 (m)	151.2	218.4	197.1	188.6	163.8	生産性の平均値
生産性 (m <sup>3</sup> /時)	10.4	9.1	6.6	9.6	6.4	8.4 m <sup>3</sup> /時

\*1回目と2回目は、分けて記録できなかったため合算している。

### 林地への影響

次に、土そり集材による林地への影響についてみていきます。調査は、対照区として土そりなど大型機械が走行していない林地を「林内(無攪乱)」とし、土そりの走行回数が2回だけの場所を「林内(機械走行・少)」、土そりが何度も走り、林内幹線路のようになった場所を「林内(機械走行・多)」、トラックも走行可能な作業道を「作業道(トラック道)」と設定しました。さらに、それぞれの場所において、土壌深度により0cm, 0~10cm, 10~20cm, 20~30cmのカテゴリーに分けて平均値を求めました。結果を図-2に示します。どの場所も土壌深度が深くなるにつれ土壌貫入抵抗値は上がる傾向にあります。土壌貫入抵抗値は5(Nd/drop)を超えると樹木の根が入りづらくなるとされています。何度も土そりが走行した「林内(機械走行・多)」では、0~10cmの層から5(Nd/drop)を超えました。一方、土そりの走行回数

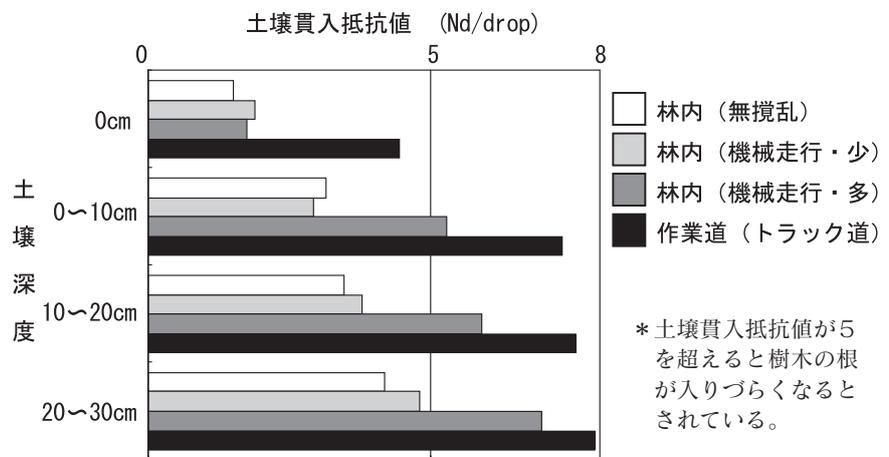


図-2 土そり走行による表層土壌締め固めへの影響 (SH型簡易土壌貫入試験機による評価)

\*土壌貫入抵抗値が5を超えると樹木の根が入りづらくなるとされている。

が2回(往復のみ)までの「林内(機械走行 少)」では、土壌貫入抵抗値の傾向は「林内(無攪乱)」より少し高い程度であり、20～30cmの土壌深度においても5(Nd/drop)を超えませんでした。これらのことより、土そりの走行回数を最小限に抑えることができれば林地への影響は小さいものに収まるものと考えられます。土そり集材を行う際には、あらかじめ主要走行路の配置を考えて計画的に作業することが大切になるでしょう。

### おわりに

グラップルローダと土そりによる土そり集材は、高い生産を期待できること、走行路の配置にさえ気をつければ林地への影響を小さくできることを明らかにしてきました。しかし、現行のグラップルローダは牽引を目的とした機械ではありません。ある事業体からの聞き取りでは、クローラの寿命は通常の使用状態に比べ半分になるそうです。そのため、使用には十分注意する必要があります。

一方で、土そり集材に限らず、グラップルローダを集材に使用するケースは増えています。ある事業体では駆動モータを低速なものに交換する、あるいは佐々木尚三氏(森林総研北海道支所)の報告のように土そりにクローラを取り付けてクローラカートにするなどの工夫をしている例もあり、将来的にはこうした林業現場の状況に対応するために機械自体の改良が進むことを期待します。

調査を遂行するに当たり、延べ30日近い日数を要し、多数の方々の協力を戴きました。中でも(株)王子林材の小林幸平氏および上川北部森林組合の皆さまには、作業機械、オペレータなどの面で大変お世話になりました。ここに併せて、感謝の意を表します。

また、この報告の中で触れた関連文献をいかに紹介します。ご参考になれば幸いです。

尾張敏章(2001)：高性能林業機械化による低コスト生産の実現に向けて 北海道・芽室町森林組合の事例から-、山林、1406、23-30

佐々木尚三(2008)：北海道における低コスト化に向けた機械化伐出システムの課題-林内走行型ハーベスタ作業システム-、北の森だより、vol.2、9-13

### 林業機械の説明

- ・ハーベスタ：高性能林業機械の一種で樹木の伐倒、枝払い、玉切りの作業を1台で行う。
- ・フォワーダ：高性能林業機械の一種で付属のグラップルクレーンを使って、1台で材の積み込み、運搬ができる車両
- ・グラップルローダ：土場で玉切りされた材を整頓することを目的に開発された機械だが、使い勝手の良さから最近では伐倒補助や集材など多用途に使われることが多い。