

## 滝上町におけるバイオマス発生量と間伐造材作業工程

神崎康一

(株)グリーンたきのうえ 鳴島隆吉、川上哲也、林 直樹、武田 勉

2006 年(平成 18 年)1 月 20 日から 2 月 1 日までの期間中に、滝上町内にある 3 つの造材作業現場および興部町の 1 造材現場において、作業工程とバイオマス発生量の調査を実施した。滝上町内の 3 現場は間伐である。主な造材対象樹種はトドマツで、一部に広葉樹が含まれていたが、ここでは、トドマツ造材の調査結果について述べる。バイオマス発生量の調査は、滝上町内の 3 現場だけで行っている。

ここで述べる造材作業はいずれも大量伐採で広い土場が必要な作業仕組みの場合である。

### 1. 造材方法

まず、造材方法について説明する。

必要に応じて路網と造材土場を敷設し、以下のような順序で造材作業が行われた。

チェーンソー伐倒 路上からのウインチ木寄せまたは路上での直接束ね作業 造材土場までブルドーザ搬出 土場にてプロセッサ造材 トラック運材

この過程で、滝上町内の 3 現場のうち 2 つの現場では、枝葉と梢端部を林地に落として、枝葉や梢端部を土場に持ち込まないことを原則にしていた。残りの 1 現場ではトドマツが全木で土場まで運ばれ、土場で枝葉の処理が行われた。

### 2. バイオマス発生量

現地では、追い上げと呼んでいる根元のサルカ部分を切り落としたものと、材幹の曲がりなどで除かれた部分、および先端の規定の丸太材を取れない部分が残材として土場に集積される。これらの部分を枝葉と区別するため端材と呼ぶことにする。

伐採木 1 本ごとに造材された丸太材積を末口二乗法により求め、丸太部分と端材部分を別にして各々重量を計測した。この端材部分をバイオマスと呼ぶことにする。

| 計測時 | 平成 18 年 1 月 |       |        | 平成 12 年 8 月 |       |        |
|-----|-------------|-------|--------|-------------|-------|--------|
| 項目  | 生重量         | 乾燥重量  | 含水率(%) | 生重量         | 乾燥重量  | 含水率(%) |
| 丸太  | 783.0       | 479.6 | 64.1   | 905.3       | 494.5 | 83.1   |
| 端材  | 163.7       | 98.7  | 64.1   | 62.9        | 34.4  | 83.1   |
| 枝葉  |             |       |        | 396.6       | 174.8 | 128.0  |

表-1 丸太材積 m3 あたりの部位別平均重量

表-1 は、今回計測したデータの平均値と平成 12 年の調査データを対比させたものである。平成 18 年のデータは冬季、平成 12 年データは夏季のデータである。当然季節によって含水率が異なるので、m3 あたり生重量も異なる。図-1 はこの相違を分かりやすく示している。

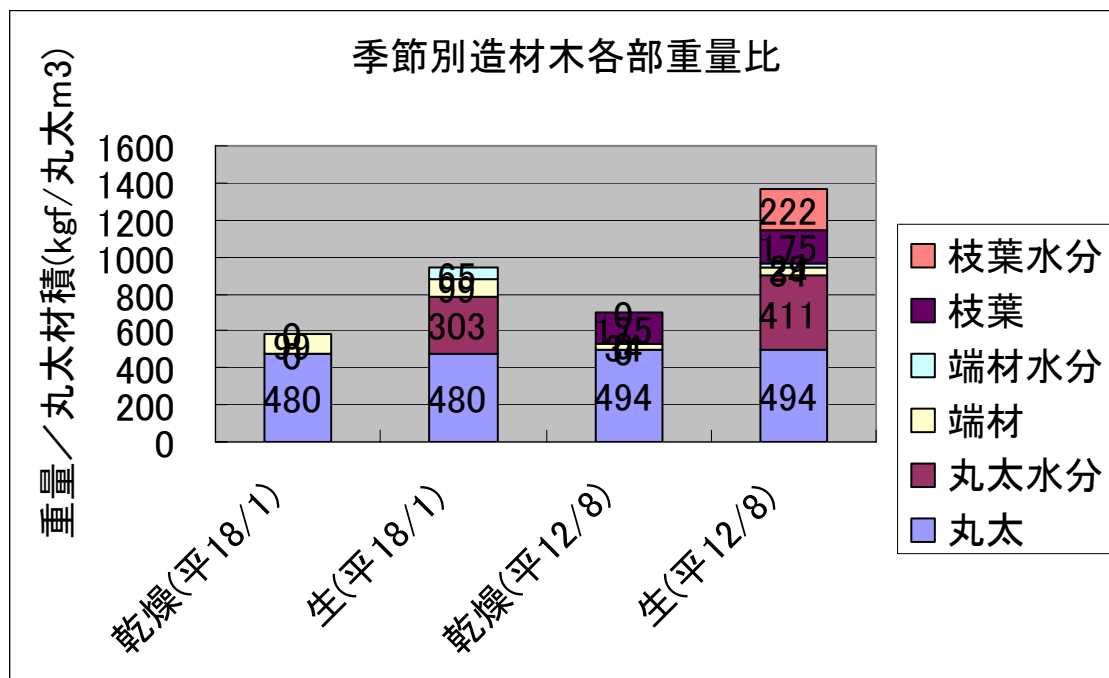


図-1 トドマツ各部位重量の季節相違

生丸太の m<sup>3</sup> あたり重量は夏冬で相当異なっているが、乾燥状態では、その相違はほとんどないと言ってよい。含水率データから、生材の重量差が含まれる水分のものであることは明らかである。つまり、夏は水分が多く含まれているだけ材が重いということである。

このデータは、現在の伐採現場では、平均して、丸太 1m<sup>3</sup> 生産されるたびに 98.7 kgの乾燥バイオマスが発生することを示している。平成 12 年のデータでは、端材量が少なくなっているが、これは、計測のために枝葉を林地で落とさずに土場まで運んでもらって造材をしたので、枝葉のついたままの梢端部分が枝葉と一緒に計測されたことによっている。

| 計測場所        | 生重量/丸太材積 (kg/m <sup>3</sup> ) |       |       | 絶乾重量/丸太材積 (kg/m <sup>3</sup> ) |       |       | 含水率 (%) |     | 備考       |
|-------------|-------------------------------|-------|-------|--------------------------------|-------|-------|---------|-----|----------|
| 平成 18 年 1 月 | 丸太                            | 端材    | 枝葉    | 丸太                             | 端材    | 枝葉    | 端材      | 枝葉  | 2.4m 材のみ |
| A           | 840.7                         | 83.9  |       | 544.7                          | 53.9  |       | 54.8    |     |          |
| B           | 742.1                         | 151.3 |       | 429.2                          | 86.6  |       | 72.8    |     |          |
| C           | 759.1                         | 184.0 |       | 470.3                          | 112.9 |       | 61.3    |     |          |
| D           | 771.2                         | 154.3 |       | 477.8                          | 95.7  |       | 61.7    |     |          |
| A+B+C       | 783.0                         | 163.7 |       | 479.6                          | 98.7  |       | 64.1    |     |          |
| 平成 12 年 8 月 | 905.3                         | 62.9  | 396.6 | 494.5                          | 34.4  | 174.8 | 83.1    | 128 |          |

表-2 各現場別バイオマス発生量

表-2 は、丸太材積 m<sup>3</sup> あたりの部位別平均重量を現場別に示したものである。A,B は林地に枝葉を残して集材された場所で、C および D は全木集材が行われた同じ場所のものである。C は全端材について重量計測したもの、D は、2.4m 材に整形された端材のみを計ったものである。これは、C,D では、バイオマス搬出を意図しており、カラス止まりと呼ばれる先端部まで利用することを考えて全木集材され、トラック積みの効率をよくするために端材部分も 2.4m 材に裁断されたことによる。したがって、A,B に較べて、C の端材量が多くなっており、C では丸太重量の 24%に相当する重量の端材が発生しているのに対して、D の 2.4m 材に整形された端材重量は丸太重量の 20%である。

### 3. バイオマス運搬費用

ついで、端材の運搬費用について考えてみよう。

造材過程のうち、端材を発生させる過程はプロセッサ造材である。しかし、この過程はバイオマス利用の如何にかかわらず実行されるものであるから、実質的には丸太製造過程である。この過程で捨てられた部分がバイオマスである。したがって、バイオマス生産費用は、この端材をトラック積みして運搬する過程の費用のみと考えてよい。

トラックには通常積載制限重量がある。きっちりと制限重量だけの積載ができるものとすると、1 車分としては平均して制限積載重量/(平均端材重量/m<sup>3</sup>) = 積載材積だけの端材材積が運ばれることになる。この積載制限を前提として 10t トラックを用いる場合の端材運搬費用を求めると、次の表-3 のようになる。図-2 はこれを図示したものである。もちろん、トラックの積載量が多ければ多いほど端材運材費用は安くなる。

10tトラックによる端材運材費

(円/kg)

| 運搬距離(km) | 冬乾燥 kg あたり | 夏乾燥 kg あたり | 生材 kg あたり |
|----------|------------|------------|-----------|
| 10       | 1.62       | 1.82       | 0.99      |
| 20       | 2.09       | 2.35       | 1.28      |
| 30       | 2.56       | 2.88       | 1.57      |
| 40       | 3.03       | 3.40       | 1.86      |
| 50       | 3.50       | 3.93       | 2.15      |
| 60       | 3.98       | 4.46       | 2.43      |
| 70       | 4.45       | 4.99       | 2.72      |
| 80       | 4.92       | 5.52       | 3.01      |
| 90       | 5.39       | 6.05       | 3.30      |
| 100      | 5.86       | 6.57       | 3.59      |
| 110      | 6.33       | 7.10       | 3.88      |
| 120      | 6.80       | 7.63       | 4.16      |
| 130      | 7.27       | 8.16       | 4.45      |

|     |       |       |      |
|-----|-------|-------|------|
| 140 | 7.74  | 8.69  | 4.74 |
| 150 | 8.21  | 9.21  | 5.03 |
| 160 | 8.68  | 9.74  | 5.32 |
| 170 | 9.15  | 10.27 | 5.61 |
| 180 | 9.62  | 10.80 | 5.90 |
| 190 | 10.10 | 11.33 | 6.18 |
| 200 | 10.57 | 11.86 | 6.47 |

表3 10tトラックによる端材運材費

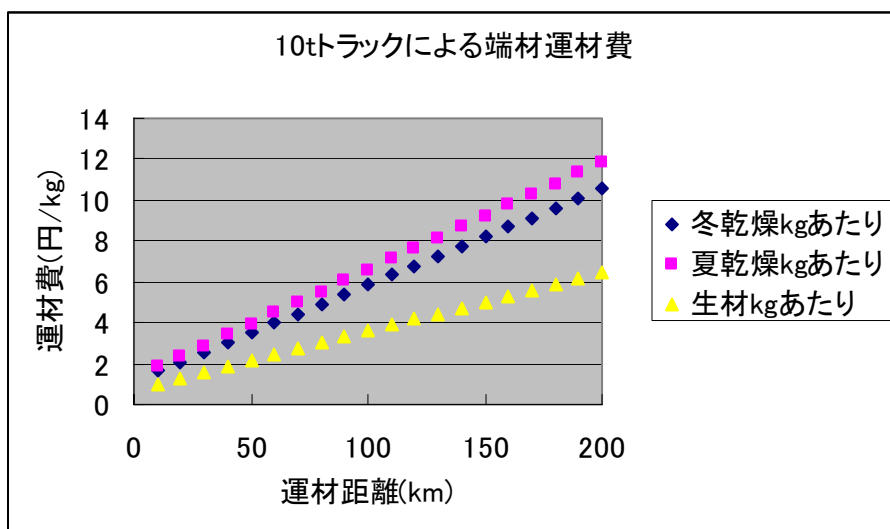


図-2 10tトラックによる端材運材費

通常、バイオマス運搬距離の限界が60kmないし100kmと言われているが、表-3でみるかぎりでは、60kmでは乾燥kgあたり4円(冬)から4.5円(夏)、生kgあたりでは、2.5円でいどである。100kmではこれが乾燥kgあたり6ないし6.5円、生kgあたりで3.6円になる。

この計算では、積み込みを別の土場整理に使われているグラップルを用いるものとしてグラップル費用を含めている。したがって、グラップル付のトラックを用いて運転手1人で端材を集めて回れば、その分だけ費用は安くなる。この場合、運搬費用は、運搬距離10kmで表-3の値の64%くらいに、60kmで85%、100kmで90%程度に低下する。

また、しばらく土場で乾燥させれば、含水率が下がった分だけ積載量を増やすことができる。

なお、参考までに、プロセッサ造材の端材発生部分の作業時間をとって、費用を求めると、図-3のようになることを示しておく。もっとも、これは、先ほど述べたように、バイオマスの利用如何にかかわらず発生するコストである。

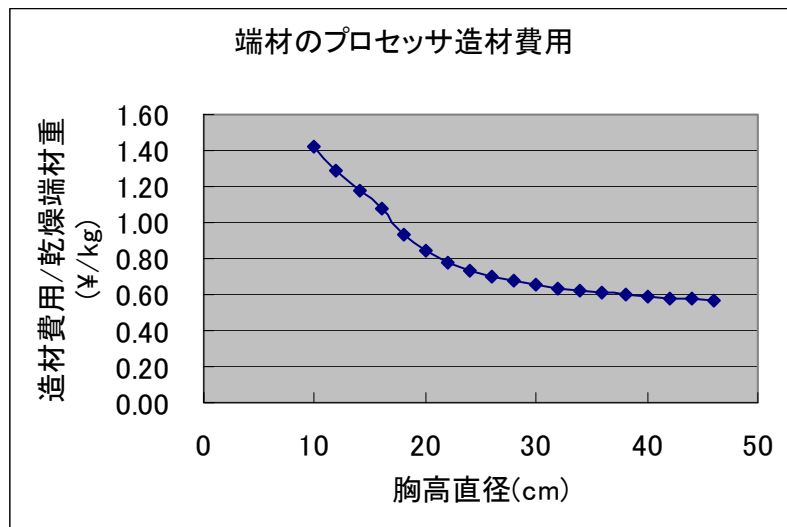


図-3 端材発生部分の作業時間から求めた端材生産費用

#### 4.各作業工程

さて、次に造材作業そのものの工程についてみてみよう。

伐倒、ウインチ木寄せ束ねおよび直接束ね、ブルドーザ搬出、プロセッサ造材、トラック運材の各過程の1日あたり出来高(丸太材積)と丸太材積 m<sup>3</sup>あたりの作業費用を計算すると以下ようになる。

##### 1)伐倒

トドマツ伐倒作業

| 胸高直径(cm) | 材積/日  |       | 費用/m <sup>3</sup> |       |
|----------|-------|-------|-------------------|-------|
|          | 無積雪時  | 積雪時   | 無積雪時              | 積雪時   |
| 10       | 14.66 | 6.36  | 1,197             | 6,300 |
| 12       | 20.39 | 10.01 | 861               | 4,001 |
| 14       | 26.46 | 14.61 | 663               | 2,741 |
| 16       | 32.71 | 20.17 | 536               | 1,986 |
| 18       | 39.05 | 26.67 | 449               | 1,502 |
| 20       | 45.41 | 34.10 | 386               | 1,175 |
| 22       | 51.76 | 42.41 | 339               | 944   |
| 24       | 58.07 | 51.56 | 302               | 777   |
| 26       | 64.33 | 61.51 | 273               | 651   |
| 28       | 70.54 | 70.54 | 249               | 568   |
| 30       | 76.70 | 76.70 | 229               | 522   |
| 32       | 82.79 | 82.79 | 212               | 484   |
| 34       | 88.84 | 88.84 | 198               | 451   |

|    |        |        |     |     |
|----|--------|--------|-----|-----|
| 36 | 94.82  | 94.82  | 185 | 422 |
| 38 | 100.76 | 100.76 | 174 | 397 |
| 40 | 106.65 | 106.65 | 165 | 376 |
| 42 | 112.49 | 112.49 | 156 | 356 |
| 44 | 118.28 | 118.28 | 148 | 339 |
| 46 | 124.04 | 124.04 | 141 | 323 |

冬季 3 人作業  
積雪  
50cm

表-4 伐倒作業工程

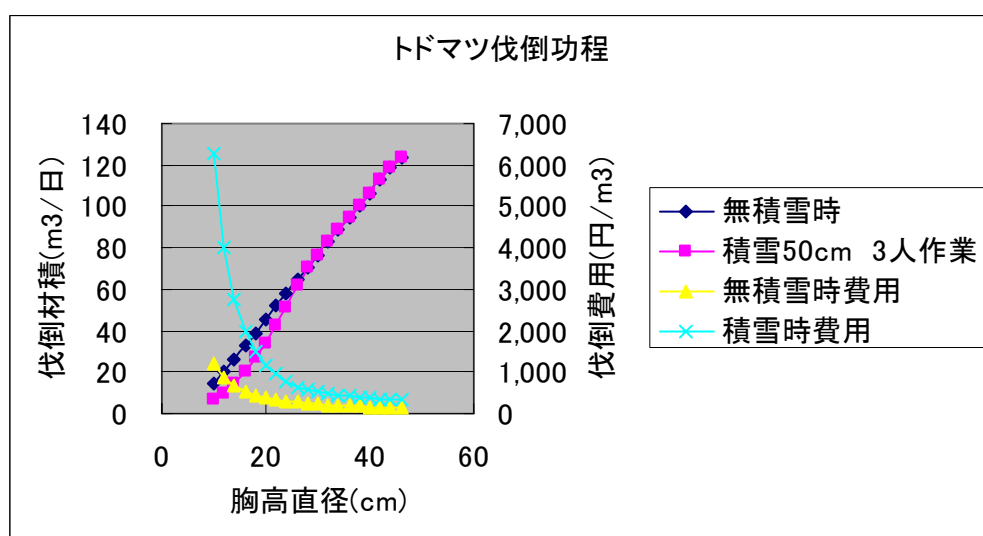


図-3 伐倒作業工程

このデータには、間伐の場合と皆伐の場合が含まれているが、この両者の間に統計的有意差が認められなかったので、両方を一緒にして扱っている。

伐倒作業工程には、胸高直径が大きく影響する。とくに 20 cm以下の細材では急激にコストが上昇する。若齢間伐の不利はこの点からも明らかである。

ほとんど平地林のフィンランドでは、高齢林でも細材が多いが、この場合に、ハーベスタ付フォーワーダ(組み合わせ言葉でフォーベスタなどと呼ばれる)を用いて効率よく全木収穫する方法が試みられている。

今ひとつの障害は積雪である。積雪の深さはいろいろであるが、50cm の場合のデータでは上記のようになった。1 本あたりの根掘り平均時間は 3 分 8 秒であった。この計測をした現場では、チェーンソー 1 台と 3 人組みで伐倒を行っていたが、データに見られるように胸高直径 28cm 以下の細材では能率が相当大きく落ち、費用も大きく跳ね上がってしまう。したがって、積雪期には、その一部部分にでも、ハーベスタによる直接機械伐倒ができれば、状況は大幅に改良される。

2)ウインチ木寄せと直接束ね

トマツ、ウインチ木寄せ功程

| 引き寄せ距離(m) | 材積／日  | 費用／m3 |
|-----------|-------|-------|
| 10        | 30.20 | 1,465 |
| 12        | 30.03 | 1,473 |
| 14        | 29.86 | 1,482 |
| 16        | 29.69 | 1,490 |
| 18        | 29.52 | 1,498 |
| 20        | 29.36 | 1,507 |
| 22        | 29.19 | 1,515 |
| 24        | 29.03 | 1,524 |
| 26        | 28.87 | 1,532 |
| 28        | 28.72 | 1,540 |
| 30        | 28.56 | 1,549 |
| 32        | 28.41 | 1,557 |
| 34        | 28.25 | 1,565 |
| 36        | 28.10 | 1,574 |
| 38        | 27.95 | 1,582 |
| 40        | 27.81 | 1,591 |
| 42        | 27.66 | 1,599 |
| 44        | 27.52 | 1,607 |
| 46        | 27.37 | 1,616 |
| 48        | 27.23 | 1,624 |
| 50        | 27.09 | 1,633 |
| 直接束ね      | 77.61 | 417   |

表-5 木寄せ束ね作業功程

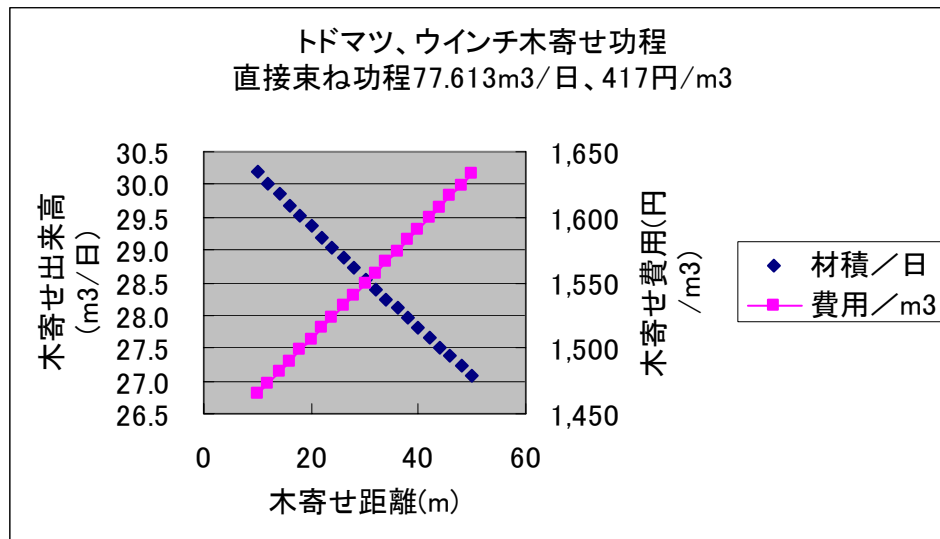


図-5 木寄せ束ね作業工程

グラップルのブームが届く範囲では、伐倒木を直接把持して束ねることができる。この場合は1日平均77.6m<sup>3</sup>の能率で作業を進めることができる。しかし、ブームが届かない範囲では、ワイヤロープを使ってグラップルのウインチで引き寄せ作業をしなければならぬ。この場合には、地上作業を行う荷掛け作業が必要になる。したがって、直接掴んで束ねる場合に比べて、能率は半分以下に落ち、費用が3.5倍から4倍に跳ね上がる。しかも、この作業は引き寄せ距離を短くしてもその負担は軽減されない。したがって、この作業は排除したいところである。この作業の多寡は路網配置によって決まる。

ウインチ木寄せ作業のデータにも、皆伐現場のものが含まれているが、皆伐-間伐間に統計的有意差が認められなかったので一緒にして扱っている。

### 3)ブルドーザ搬出

#### ブルドーザ搬出工程

| 搬出距離(m) | 材積／日   | 費用／m <sup>3</sup> |
|---------|--------|-------------------|
| 50      | 517.16 | 65                |
| 100     | 285.94 | 118               |
| 150     | 175.04 | 192               |
| 200     | 117.68 | 286               |
| 250     | 84.75  | 397               |
| 300     | 64.17  | 524               |
| 350     | 50.46  | 667               |
| 400     | 40.84  | 823               |
| 450     | 33.82  | 994               |

|      |       |       |
|------|-------|-------|
| 500  | 28.53 | 1,179 |
| 550  | 24.44 | 1,376 |
| 600  | 21.21 | 1,585 |
| 650  | 18.61 | 1,807 |
| 700  | 16.48 | 2,041 |
| 750  | 14.71 | 2,286 |
| 800  | 13.22 | 2,543 |
| 850  | 11.96 | 2,811 |
| 900  | 10.89 | 3,089 |
| 950  | 9.95  | 3,379 |
| 1000 | 9.14  | 3,679 |

表-6 ブルドーザ搬出功程

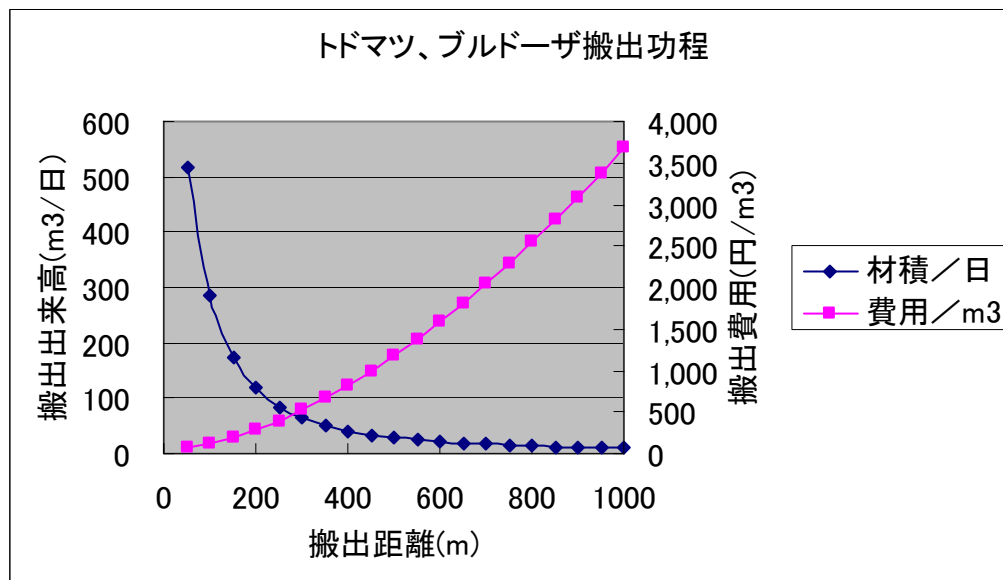


図-6 ブルドーザ搬出功程

先にグラップルで束ねられた伐倒木の束をブルドーザで搬出路上を土場まで運搬する作業であるが、1回の1束材積×回数が出来高/日になるので、1束の大きさと搬出距離が決め手になる。1束の大きさは使用するブルドーザの牽引能力によって決まってしまうが、搬出距離は路網上の土場配置によって決まる。つまり、1つの土場の集材範囲の広さによって決まる。この過程以後には、皆伐-間伐間の相違は起こりえない。

ブルドーザは足が遅いので搬出距離がその功程に大きな影響を及ぼす。この搬出作業だけに限って考えれば、この過程には足が速く足回りコストも安いホイール型トラクタの使用が望ましいところである。

#### 4) プロセッサ造材

プロセッサ造材工程

| 胸高直径(m) | 材積／日   | 費用／m3 |
|---------|--------|-------|
| 10      | 28.13  | 1,235 |
| 12      | 36.62  | 949   |
| 14      | 45.77  | 759   |
| 16      | 55.52  | 626   |
| 18      | 65.82  | 528   |
| 20      | 76.66  | 453   |
| 22      | 87.99  | 395   |
| 24      | 99.79  | 348   |
| 26      | 112.03 | 310   |
| 28      | 124.71 | 279   |
| 30      | 137.79 | 252   |
| 32      | 151.27 | 230   |
| 34      | 165.13 | 210   |
| 36      | 179.37 | 194   |
| 38      | 193.95 | 179   |
| 40      | 208.89 | 166   |
| 42      | 224.16 | 155   |
| 44      | 239.76 | 145   |
| 46      | 255.68 | 136   |

表-7 プロセッサ造材工程

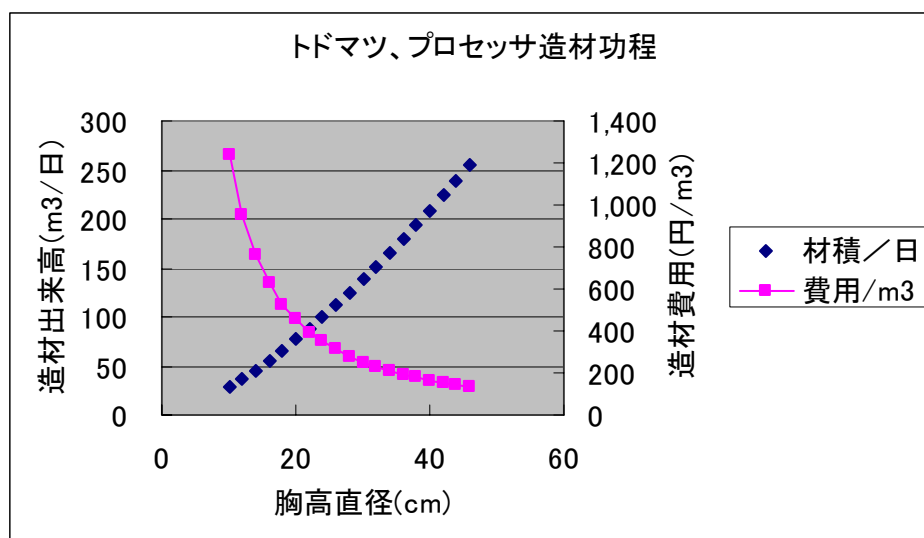


図-7 プロセッサ造材工程

表-2 に示した現場別を表す記号で B 現場ではプロセッサ造材作業と胸高直径の関係

は明瞭ではなかったが、A および C,D では、明瞭にでており、現場間に統計的有意差が認められなかったので、全てのデータを一緒にして扱っている。全体では、直接切断作業を行っている「追い上げ、玉切り、梢端捨て」を一纏めにした過程には、明瞭な胸高直径との関係が認められた。この過程でも、伐倒作業と同様に細材の不利はまぬかれない。

#### 5)トラック運材

| 運搬距離<br>(km) | 材積(冬)<br>(m3／日) | 費用(冬)<br>(円／m3) | 材積(夏)<br>(m3／日) | 費用(夏)<br>(円／m3) |
|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 10           | 80.49           | 802             | 76.01           | 838             |
| 20           | 61.06           | 1,007           | 56.41           | 1,075           |
| 30           | 49.18           | 1,213           | 44.85           | 1,313           |
| 40           | 41.17           | 1,418           | 37.22           | 1,550           |
| 50           | 35.41           | 1,623           | 31.81           | 1,787           |
| 60           | 31.06           | 1,828           | 27.77           | 2,024           |
| 70           | 27.66           | 2,034           | 24.64           | 2,262           |
| 80           | 24.93           | 2,239           | 22.15           | 2,499           |
| 90           | 22.70           | 2,444           | 20.11           | 2,736           |
| 100          | 20.83           | 2,649           | 18.42           | 2,973           |
| 110          | 19.24           | 2,855           | 16.99           | 3,210           |
| 120          | 17.88           | 3,060           | 15.76           | 3,448           |
| 130          | 16.70           | 3,265           | 14.70           | 3,685           |
| 140          | 15.67           | 3,470           | 13.78           | 3,922           |
| 150          | 14.75           | 3,676           | 12.96           | 4,159           |
| 160          | 13.94           | 3,881           | 12.24           | 4,397           |
| 170          | 13.21           | 4,086           | 11.59           | 4,634           |
| 180          | 12.55           | 4,291           | 11.01           | 4,871           |
| 190          | 11.96           | 4,497           | 10.48           | 5,108           |
| 200          | 11.42           | 4,702           | 10.00           | 5,345           |

表-8 11t トラック運材工程

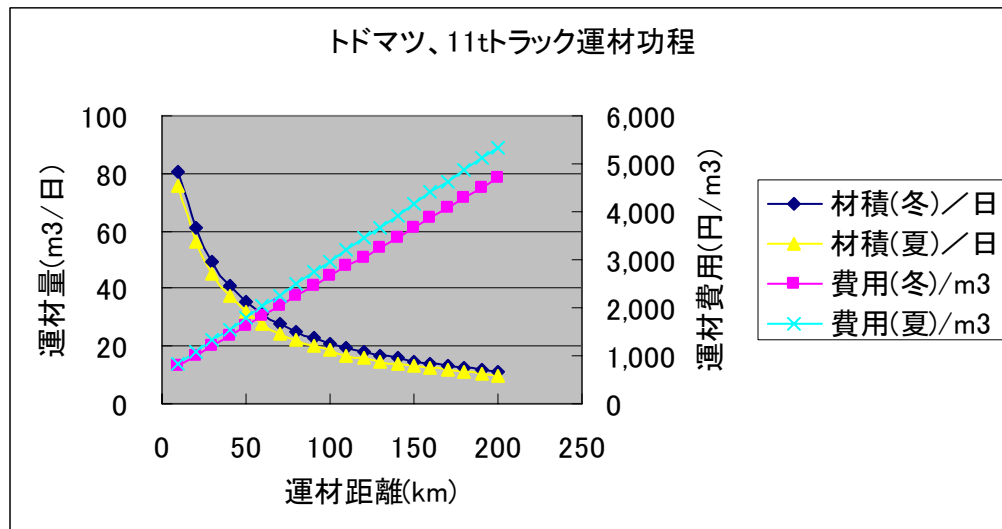


図-8 11tトラック運材工期

滝上では、運材に11tトラックを使用する場合が多い。

トラック運材費はトラックが大きければ大きいほど低くなる。しかし、急峻地形では、道幅に限界があり、使用できるトラックの大きさにも限界がある。

この測定ケースは、多少積み込み過程が長く掛りすぎているという現地での説明があったが、積み込みデータはそのまま使っている。

また、平均走行速度を時速60kmとして計算している。軽油費は107円/ℓ、燃費2.2km/ℓとした。これは聞き取りデータである。一部に燃費6km/ℓというのもあるので、その場合には、費用が少し低くなる。

積載量は規定の積載重量が厳密に守られるものとし、平均丸太重量から積載丸太材積を計算した。夏冬で含水率の差があり、材積あたりの重量が異なることから、夏冬で積載材積が異なる。

葉枯らしなどで、材の水分を減らして軽くなった材ならば、その分だけ多く積める。

## 5. 造材作業全体の工期

少人数(たとえば1人)で上記の各作業過程を順にこなしていけばよいような場合、全ての機械を借り上げで実行できると仮定できるのであれば、造材作業全体の費用/m³は、各過程の費用の足し算になる。

一方、その場合の全体の能率は、正確には各作業の逆数の和の逆数というややこしいものになる。この関係には、全体の能率は各作業の能率のうち最小のものより小さくなるという性質がある。全体の能率が一番大きくなるのは、各作業の能率が同じに揃っている場合である。

したがって、全体の過程数が少なく、各過程の能率が揃っているほど有利である。

以上に述べたような大規模伐採で、土場で集中的に造材が行われる場合には、ブルドーザ搬出とプロセッサ造材の能率が揃っていないと、どちらかに遊び時間が生じる。この遊び時間の間も機械借料は掛かっているため、この場合にはこの費用も生産費用に含まれることになる。遊び時間の作業者の費用も同じである。このように組み作業の場合には、組作業全体で工期を考えなければならない。

このような組作業の工期を求めるために、別紙のような計算表を作った。(エクセル・ブック「LoggingSheetTakinoue.xls」、(夏季)計算表および(冬季)計算表)

## 6. 組作業工期計算表の使い方

1)エクセルのブック(LoggingSheetTakinoue.xls)を開き、計算表というタブのついたシートを開く。

計算表には(夏季)と(冬季)が別シートになっている。

2)A30 欄に(条件)という文字が入っているが、まず、B30 から O30 までの欄内の数値を消去する。

3)A27 のあたりにある(マクロ 1)と書かれたボタンを左クリックする。ここで、「運材距離をキロでいれてください。」というダイアログが出るから、B30 に該当する距離をいれる。次々と、平均胸高直径、平均ブルドーザ搬出距離、平均ウインチ木寄せ距離、ウインチ木寄せの必要な場所のパーセンテージの順に入力が要求される。これら全てをいれる。

4)そうすると、伐倒からトラック運材を組み作業とした場合、伐倒作業を別にした場合、伐倒とトラック運材を別にした場合の 3 つのケースについて、プロセッサ造材 1 台に遊びを生じないように各作業の必要組数を設定して、そのときの全体の出来高丸太材積  $m^3$ /日 (B34,B40,B46) と費用  $/m^3$ (M36,M42,M48) をマクロが計算してくれる。なお、(O36,O42,O48)は、積雪 50cm 時の費用 $/m^3$ である。

5)以上の結果は必ずしも最小費用を表すものではない。同時バランス組数(トラック、プロセッサ、ブル、ウインチ付きグラップル、直接束ねグラップル、無雪伐木、積雪伐木)の組数を変えてみるともっといい結果が得られることがある。したがって、これらの値をいろいろと変えてみて結果を調べて見ると良い。

6)(マクロ 2)のボタンは、同じ条件で、組作業による遊びの生じない場合の工期を計算する。ここでは各作業の組数は整数ではなく、少数部分のついた数値になる。

## 7. 小規模伐採の作業仕組みについて

以上に述べたところは、大規模伐採で広い土場に伐倒木を集めて造材するシステムであるが、少量の伐採、とくに間伐の場合には、土場を作らずに作業路で造材をして、これをフォワーダで拾い集めてトラックの入れる林道端まで出しておく方法が有利な場合も多い。

路網が十分敷設されておれば、小規模な個人の森林の間伐は、自分でチェーンソーとウインチ付きトラクタおよび小型のフォーワーダで十分作業ができる。小型のフォーワーダやプロセッサ、あるいはグラップルなどの機械類がリースされていれば、さらに充実した作業ができるものと思われる。この場合には、ベースマシーンとしては、0.25m<sup>3</sup>級の小旋回型のものが良い。このクラスの機械ならば、道幅 2.5m の作業道でも利用できる。

#### 8. 2.5m幅作業路網による伐出作業工程

狭い幅の高密作業路網を敷設して、0.25m<sup>3</sup>級小旋回型ハーベスタおよびグラップルと 3t 積みフォーワーダを用いた伐出作業の例として岡山県向井林業のデータを示しておく。35 年生ヒノキ林間伐の例である。このデータは京大、新永智士君の卒業論文（平成 17 年 3 月）による。

作業仕組は、チェーンソー伐倒 作業路から 16m 以内の木は直接造材、16 - 19m の範囲のものはグラップルで木寄せ後造材、19m 以上離れた木はウインチ引き寄せ後造材 クローラ型フォーワーダ搬出 トラック運材 である。

1) チェーンソー伐倒からプロセッサ造材までの平均費用は図 - 9 のようになっている。

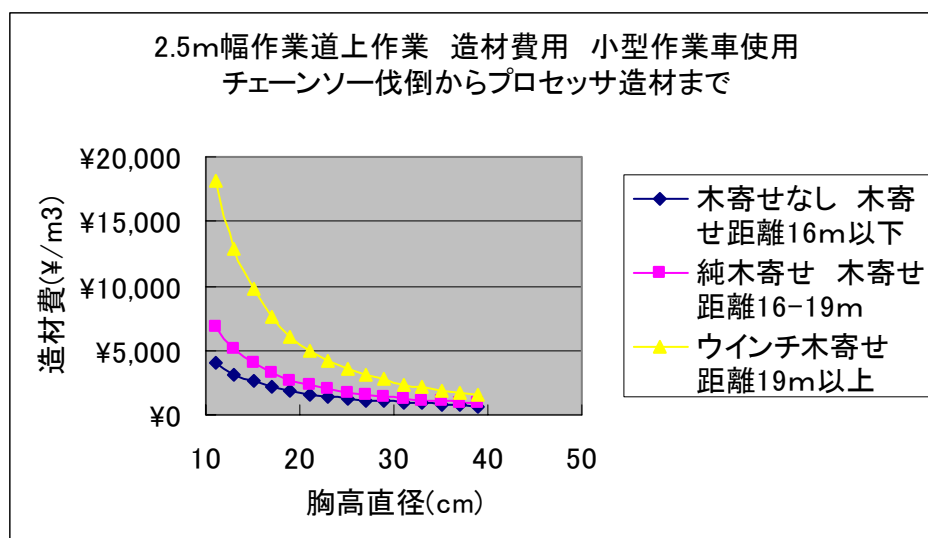


図 - 9 狭小高密路網による間伐伐出作業 伐倒から造材までの費用

明らかに直接把持できる範囲に伐採木がある場合が有利である。例えば、胸高直径 21 cm の場合、木寄せなしでは 1588 円/m<sup>3</sup>、グラップル木寄せの場合には、2256 円/m<sup>3</sup>、ウインチ木寄せでは、5019 円/m<sup>3</sup> となる。ウインチ木寄せを使う場合および小径木の場合は、滝上の例と同じく不利になる。

2) この路上で造材するシステムでは、造材丸太は作業道端に置かれているので、これをフォーワーダでトラックの入る林道端まで運ばなければならない。この小運搬費用とトラック運材費を足したものを図 - 10 に示す。ここでは 3t 積みクローラ型フォーワーダを用

いて、11 tトラックに積む場合である。

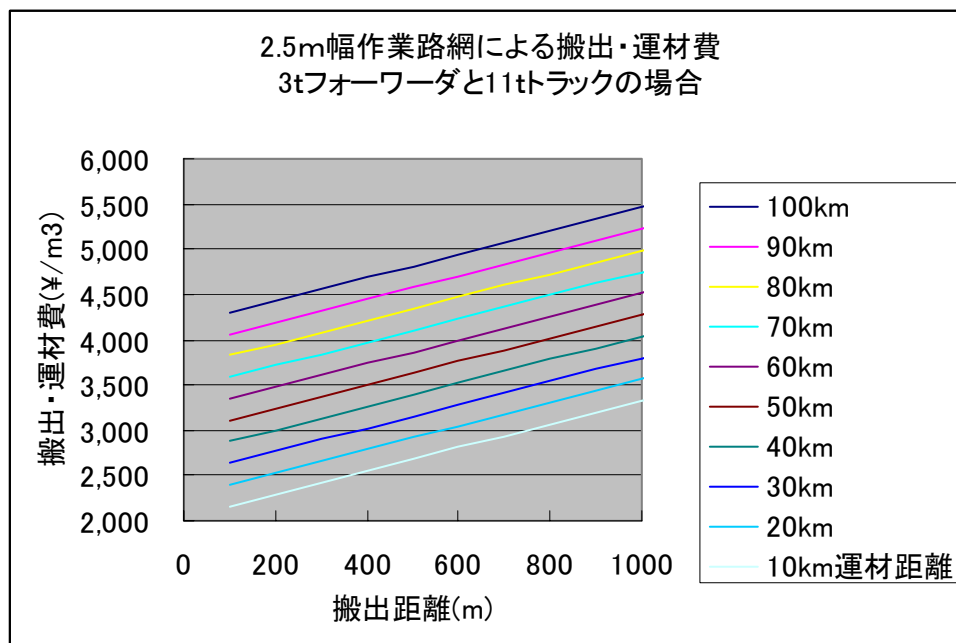


図 - 10 狭小高密度路網による間伐伐出作業 フォーワーダ搬出とトラック運材

このフォーワーダ搬出過程には積み込みと林道端土場での極積作業も含まれている。

材積あたりの伐出費用は上の二つの費用を足したものになる。したがって、作業路は間隔をつめてできるだけ直接プロセッサ、あるいはチェーンソーで路上造材できるようにしておきたい。仮に、平均胸高直径が 21 cm で、ほとんどの材を直接造材できるとすると、ここまでで、平均 1588 円/m<sup>3</sup> のコストがかかるので、例えば、全体で 5,000 円/m<sup>3</sup> に納めたい場合には、運材距離が 50km であれば、作業路上の搬出距離を平均で 400m 以下になるように考えなければならない。

#### 9. 高密度路網の場合のバイオマス搬出費

この高密度路網による伐出に伴う端材の搬出については、トラック運賃だけを考えればよかった土場を構える場合と異なって、端材は作業道端に散らばっているため、これをフォーワーダなどで集めてこなければならない。この搬出費が +  $\alpha$  になる。

最後に、作業道端の端材を集めて搬出し、トラックで運ぶ場合の費用を求めると、図 - 11 のようになる。

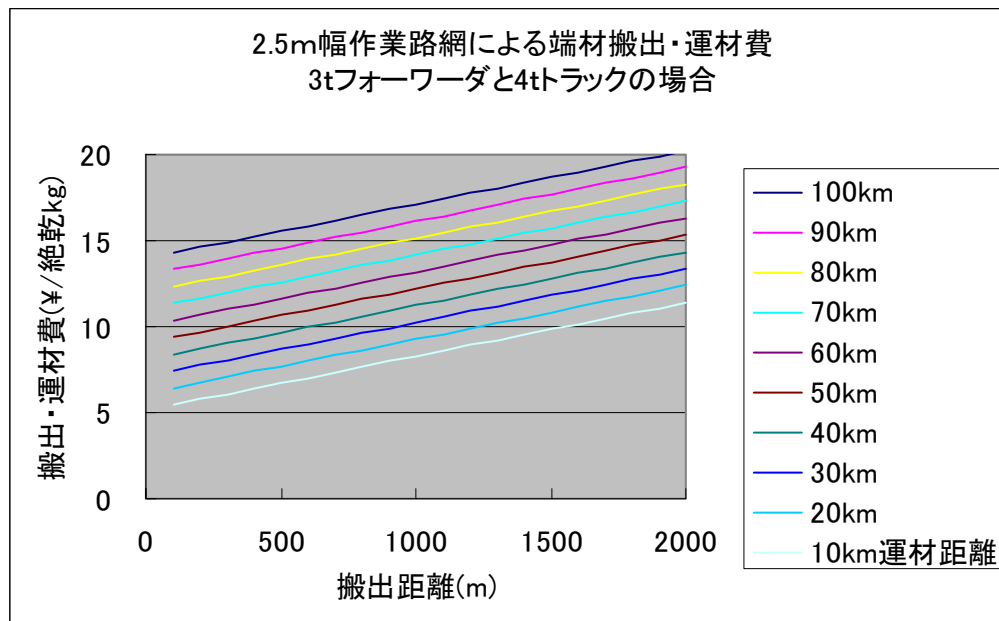


図 - 1 1 3 t フォーワーダと 4 t トラックでの端材搬出・運材費

今盛んにバイオマス発電事業のテストをやっている中国電力関係の資料によると、10 円/絶乾 kg がバイオマス入手価格の手ごろなところということらしい。そうすると、端材を 4 t 積めるトラックを使用する場合には、50km までなら何とかということになる。また、運材距離が僅かに 10km しかない場合には、作業路上の搬出距離は平均で 1500m まで許されることになる。もちろん、トラック積載量を大きくできれば、それだけ広い範囲のバイオマスを集めることが可能になる。ちなみに、11 t 積める場合には、図 - 1 2 のような結果になる。

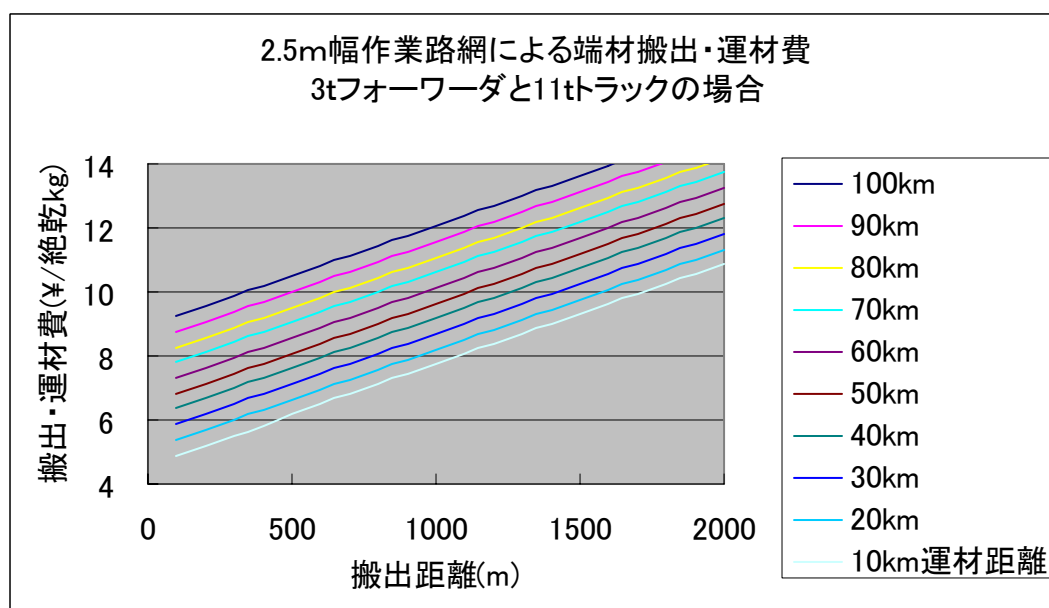


図 - 1 2 3 t フォーワーダと 11 t トラックを用いた場合の端材搬出・運材費

この場合には 100km まで範囲を広げることが可能になる。大型トラックでの運材が有利であることは歴然としているが、林道の状況によって必ずしも大型を使えるとはかぎらない。また、個人で運ぶ場合には、4t トラックが適当な場合もありうる。