



Title	タワーヤード集材作業における架線伐開幅の影響
Author(s)	木幡, 靖夫; KOHATA, Yasuo; 夏目, 俊二 他
Citation	北海道大学農学部 演習林研究報告, 56(1), 41-54
Issue Date	1999-02
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/21448
Type	departmental bulletin paper
File Information	56(1)_P41-54.pdf



タワーヤード集材作業における架線伐開幅の影響

木幡 靖夫¹ 夏目 俊二² 由田 茂一¹ 湊 克之²

The Influence of Corridor Width on a Mobile Tower Yarder Thinning Operation

by

Yasuo KOHATA¹, Syunji NATSUME², Shigeichi YOSHIDA¹ and Katsuyuki MINATO²

要 旨

タワーヤードを用いて集材作業を行う場合、架線を架設し、伐採された材を搬出するための架線伐開幅を林内に確保する必要がある。森林空間の有効活用を図る上で架線伐開幅はできるだけ狭い方が望ましいが、作業の容易さや生産性の観点からは広い方が有利と考えられる。今回、北海道大学檜山地方演習林の上木がスギ、下木がヒバで構成される人工林において、架線伐開幅の異なる集材試験を実施し、要素作業の構成状況、生産性、損傷被害の発生状況について調査した。設定した架線伐開幅は4.8mと3.0mの2種類で、それぞれ広いケース、狭いケースとした。空搬器および実搬器の走行速度、メインラインの引出しおよび巻取り速度は広いケースが狭いケースを上回り、実搬器走行速度は1.0m/秒で2倍の速さとなった。この結果、集材距離や横取り距離の等しい範囲でみると、横取りを行った場合の生産性は広いケースが1.49m³/人時で狭いケース1.46m³/人時を上回ったが、その差は極めて小さいものであった。大差がつかなかった理由は、立木密度が504本/haと低く、狭いケースでも作業が比較的容易に行えたためと考える。残存木の損傷被害は上木のスギでは両ケースに差がなかったが、下木のヒバでは広いケースで有意に多く、作業を慎重に進める必要が認められた。

以上のように、搬器の走行速度やメインラインの引出し・巻取り速度で差が認められたことから、架線伐開幅の広狭がタワーヤードによる集材作業の内容や生産性に影響を及ぼすと考えられた。ただし、立木密度の低い林分では立木間の距離が広いためその影響は小さいと推察された。

キーワード：タワーヤード、集材作業、架線伐開幅、間伐作業

1998年8月31日受理。 Received August 31, 1998.

1：北海道立林業試験場

Hokkaido Forestry Research Institute

2：北海道大学農学部附属演習林

The University Forests, Faculty of Agriculture, Hokkaido University

1. はじめに

タワーヤーダは車両系機械の走行が困難な急傾斜地における集材作業を安全かつ効率的に行う機械として、本州方面で広く普及している。1997年3月末時点におけるタワーヤーダの保有台数は180台に達しており、これを県別にみると大分県が13台で最も多く、次いで熊本および宮崎県がそれぞれ12台で、沖縄県を含めた九州全体に53台が導入されている(2)。一方、起伏や傾斜の緩やかな場所が多い北海道では、タワーヤーダの導入台数はまだ1台と少ない。しかし、道南および日高地方にみられる急傾斜地や、環境への配慮から車両系機械の林内進入が制限される場所において集材作業を行う場合、タワーヤーダの活用が極めて有効であると考えられる。

タワーヤーダ作業の生産性は、間伐方法、集材方式、集材方向、集材および横取り距離等の影響を受けることが報告されている(1, 3, 4, 5, 6, 10)。しかし、架線を架設し、かつ集材時に材が方向転換するために必要な架線伐開幅(以下、伐開幅という)

と生産性や残存木の損傷被害との関係についての研究は極めて少ない(9)。森林空間の有効活用を図る上で架線伐開幅はできるだけ狭い方が望ましいが、作業の容易さや生産性の観点からは広い方が有利と考えられる。本研究では、同一林分内で伐開幅の異なる集材試験を実施し、伐開幅の違いが集材作業の生産性や損傷被害の発生状況に及ぼす影響について考察した。

2. 場所と方法

2.1 試験地の概要

タワーヤーダによる集材試験は、1996年10月に北海道大学檜山地方演習林6林班、1960年植栽のスギ人工林内において実施した。本林分内に面積約0.5haの試験地を設定し、毎木調査や立木位置の測量を行った。試験地は東向き斜面の下部に位置し、標高120~150m、平均傾斜18度となっている。試験地の上部は幅員約4mの林道と接しており、タワーヤーダはこの林道上に設置した(図-1)。試験地

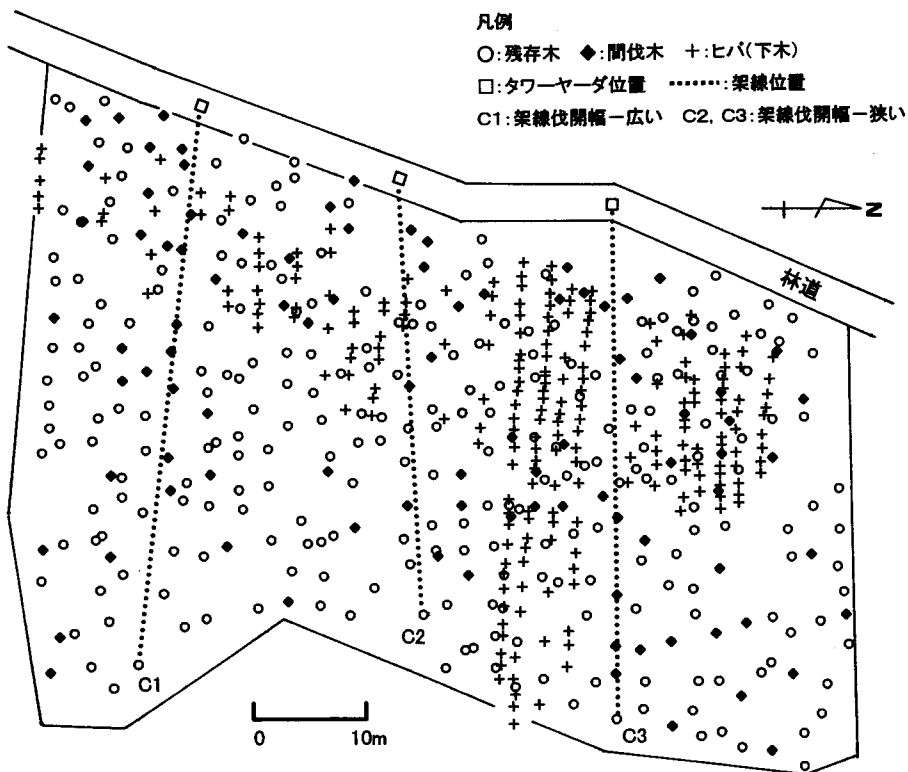


図-1 調査地の概況

における間伐前の林況は、立木本数342本（684本 a）、立木材積153.6m³（307.2m³/ha）、平均胸高直径25.2cm、平均樹高16.4mであった。なお、本林分の林床には林齢14～18年生のヒバが下木として植栽されており、将来は二段林作業への移行が計画されている。そこで、試験地内のヒバについても毎木調査を行い、集材作業による下木の損傷被害についても解析した。ヒバの植込み本数は225本（450本/ha）、平均樹高は53.7cmであった。

2.2 供試機種と試験方法

本試験に用いたタワーヤードは、及川自動車（株）社製 RME-300T である。本機は重量6.7トン、出力87馬力、300mまでの索張り・集材が可能であり、国産のタワーヤードとしては中型に区分される（表－1）。本機の大きな特徴は、キャブスタンドラムの採用により、トルクや回転に変化がなく、安定した作業索の引張力と速度がとれることである。集材作業は機械を操作するオペレータ1名、荷掛け手1名、荷おろし手1名の3名で実施した。



写真－1 伐間幅の広いケース
先柱側からタワーヤード方面をみた状況。

表－1 供試機種の主要仕様

型式	○社製 RME-300T
全長	5,300mm
全高	2,615mm
全幅	1,800mm
重量	6,700kg
出力	87ps / 2,300rpm
駆動方式	ホイタイプ 6輪全輪駆動
タワー	油圧式伸縮 伸9.0m 縮5.0m
ウィンチ	ダブルキャブスタンドラム メインライン 太さ9mm 長さ350m ホールバックライン 太さ9mm 長さ650m 直引力 1,500kg

集材試験に先立ち、チェーンソーを用いて間伐木の伐倒作業を実施した。間伐方法は定性で、立木本数90本（180本/ha）、立木材積38.6m³（77.2m³/ha）を伐倒し、本数間伐率26.3%、材積間伐率25.1%となった。間伐木は伐倒地点で枝払いし、すべて材長3.65mの短幹材に玉切りした。

集材試験は、試験地の上部を通過する林道にタワーヤードを設置し、ランニングスカイライン式索張りにより、短幹材を林道沿いまで上げ荷集材する方法で行った。その際、伐開幅が比較的広いケース

1箇所と狭いケース2箇所を設定した。伐開幅が広いケースは、架設時に1列の列状伐採を行って平均伐開幅4.8m（3.8～6.5m）を確保したもので、タワーから先柱までのスパン長は50.8m、支間傾斜は17度である（図－1中の架線位置C1、写真－1）。一方、伐開幅が狭いケースは、伐採は特に行わず樹間を利用して架設したもので、2箇所における平均伐開幅は3.0m（1.8～4.6m）であるが、スパン長および支間傾斜はそれぞれ39.2mと22度（図－1中の架線位置C2、写真－2）、43.0mと19度（同C3）となった。それぞれの架線位置における地形の縦断状況は図－2に示すとおりで、3箇所の架設位置には若干の地形的な差異がみられたが、それらが集材作業に大きく影響することはないと判断された。

試験結果に基づいて伐開幅の広狭と作業構成、生産性との比較分析を行うため、要素作業別の所要時間、集材本数・材積、横取り距離、集材距離を測定した。時間観測にはポータブルコンピュータ（SHARP製 PC-1600K）を使用し、作業の進行状況



写真-2 伐間幅の狭いケース

先柱側からタワーヤード方面をみた状況、背中を向けた人と正面奥のタワーヤードを結んだ部分が伐間幅。

を秒単位で正確に記録した。

損傷被害は、集材作業終了後に上木のスギと下木のヒバについて毎木調査を実施し、個々の損傷についてその発生原因を特定するとともに、損傷部の長さ、幅、高さ（中心までの地上高）の測定、損傷程度の区分を行った。損傷程度は、擦過傷による小面積の樹皮の剥離等で今後の成長や材質にほとんど影響しないと考えられるもの（微害）、木質部に達するような深い傷等で今後の成長や材質に重大な影響を及ぼすと判断されたもの（激害）、およびその中間のもの（中害）に3区分した。

3. 結果と考察

3.1 実施した集材作業

伐間幅が広い架線位置 C1では32サイクルの集材作業を行い、短幹材80本、材積8.062m³を集材した。32サイクル中の22サイクルは横取りなし、残りの10サイクルは横取りありの場合である。集材距離、集材材積、サイクルタイムの平均値は、前者でそれぞれ29.8m、0.232m³、195.0秒、後者では15.0m、0.296m³、246.5秒、また平均横取り距離は10.6mとなった（表-2）。

伐間幅が狭いケースについては2箇所集材作業を行い、架線位置 C2で24サイクル、C3で39サイクル、合計63サイクル分のデータを収集することが

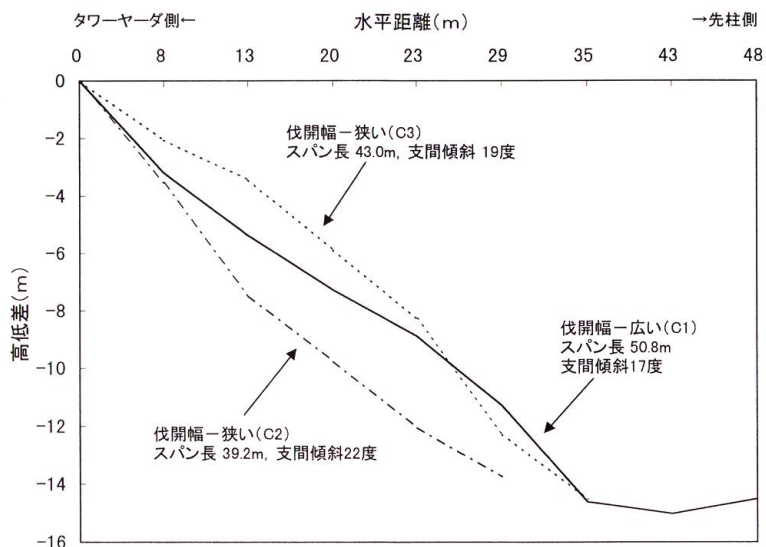


図-2 架線位置における地形の縦断図

表一 集材作業の実施結果

伐開幅	横取り	データ数 (サイクル)	集材距離 (m)	横取り距離 (m)	集材本数 (本/サイクル)	集材材積 (m ³ /サイクル)	サイクルタイム (秒/サイクル)
広い (C1)	なし	22	29.8 (11.6~47.9)	—	2.6 (2~4)	0.232 (0.082~0.441)	195.0 (134~358)
	あり	10	15.0 (3.0~42.6)	10.6 (3.0~29.9)	2.4 (2~4)	0.296 (0.123~0.533)	246.5 (172~477)
狭い (C2, C3)	なし	15	16.3 (3.6~38.6)	—	2.9 (1~5)	0.238 (0.101~0.491)	162.6 (93~222)
	あり	48	14.5 (3.0~35.6)	9.6 (1.5~30.0)	2.4 (1~5)	0.271 (0.081~0.491)	219.5 (108~590)

注1. 伐開幅欄の()内記号は図一 中の架線位置を示す。

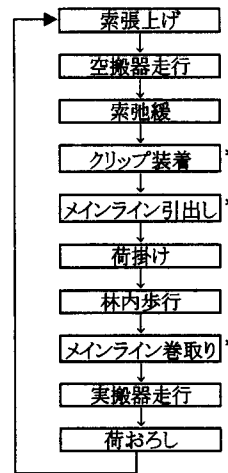
注2. 集材距離, 横取り距離, 集材本数, 集材材積, サイクルタイム欄の上段は平均値, 下段の()内は最小値と最大値を示す。

できた。両者の架線位置における地形や集材状況に大差がみられなかったことから、本論中の分析ではこれらのデータをまとめて取り扱うことにした。63サイクル中の15サイクルは横取りなし、残りの48サイクルは横取りありの場合である。伐開幅が広いケースと同様に集材距離、集材材積、サイクルタイムの平均値を調べると、前者でそれぞれ16.3m、0.238m³、162.6秒、後者では14.5m、0.271m³、219.5秒、また平均横取り距離は9.6mとなった。サイクルタイムは、伐開幅が広いケースと同様、横取りのある場合の方が長くなる状況にあった。

3.2 要素作業の分析

タワーヤード集材作業の1サイクルは、索張上げ、空搬器走行、索弛緩、クリップ装着、メインライン引出し、荷掛け、林内歩行、メインライン巻取り、実搬器走行、荷おろしの要素作業に区分することができた(図一 3)。クリップ装着とは、横取り時に搬器をホールバックラインに固定するためクリップストップ(キトクリップとも呼ばれる)を取り付ける作業である。また、林内歩行とは荷掛け手が荷掛け終了後安全な場所まで退避したり、次の荷掛け地点へ移動する作業である。クリップ装着、メインライン引出し、メインライン巻取りの3要素作業は、横取りを行う場合にのみ必要となる。

伐開幅が広いケースにおける要素作業の構成状況を図一 4 に示した。横取りがない場合は、荷掛けの割合が最も高く、作業時間全体の23.6%を占めた。また、空搬器走行、実搬器走行という搬器が移動している時間の割合はそれぞれ13.9%と20.9%であ



図一 3 1サイクルを構成する要素作業と作業の流れ
注. *印の要素作業は横取り時に必要となる。

り、これらの合計は34.8%となった。索張上げ時間は16.4%と比較的大きな割合を占めているが、タワーや先柱に急激な力が加わらないよう慎重に作業を行ったためと考えられる。なお、横取りを行っていないにもかかわらずメインラインを引き出すことがあったが、その際の引出し長は1m以内の極めて短いものであった。一方、横取りがある場合はクリップ装着、メインライン引出し、荷掛け、メインライン巻取りという横取りに関わる要素作業が作業時間全体の41.0%を占め、空搬器走行および実搬器走行時間の合計は24.5%となった。本試験地のように平均集材距離が15.0mと比較的短い場所で10mを超える距離の横取りを行った場合、横取りに関わる要

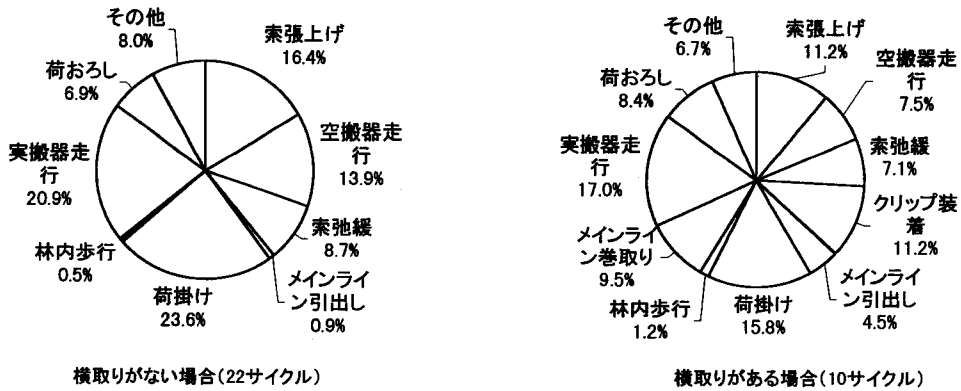


図-4 伐開幅が広いケースにおける要素作業時間の構成状況

注. 分析に用いた総作業時間は、横取りがない場合4,289秒、横取りがある場合2,465秒である。

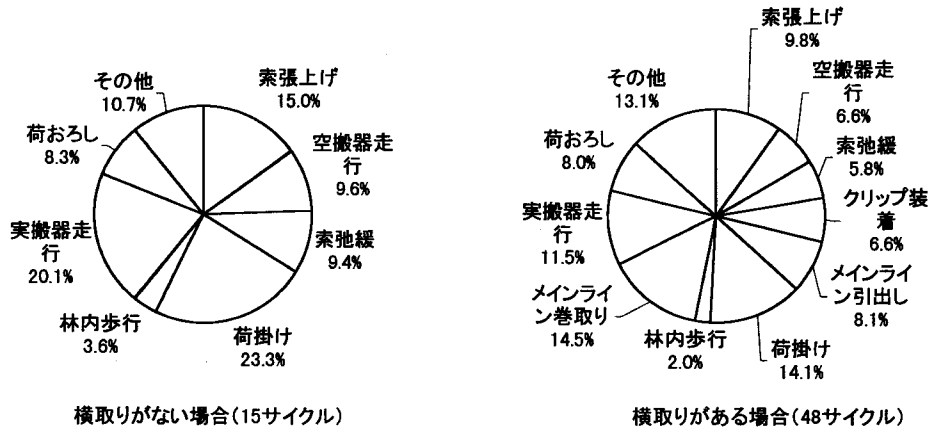


図-5 伐開幅が狭いケースにおける要素作業時間の構成状況

注. 分析に用いた総作業時間は、横取りがない場合2,439秒、横取りがある場合10,534秒である。

素作業時間の占める割合が高くなり、タワーヤダの集材効率が低下すると考えられた。

次に、伐開幅が狭いケースについてみると、横取りがない場合は伐開幅が広いケースと同じく荷掛けの割合が23.3%で最も高かった(図-5)。また、空搬器走行および実搬器走行の割合はそれぞれ9.6%、20.1%となり、後者は前者の倍以上の時間を要していたことがわかった。この差は、伐開幅が広い場合における両者の差(7.0%)を上回るものであった。これらのことから、実搬器走行時は集材中の丸太の挙動に注意を払いながら慎重に機械操作を行うため空搬器走行よりも時間を要すること、さらにその度合いは伐開幅が狭いケースにおいてより

顕著となることが考えられた。横取りがある場合は、横取りに関わる要素作業時間が全体の43.3%を占め、伐開幅の広いケースと同様に集材効率への影響が認められた。さらに、ここでは平均横取り距離が短く集材材積が少なかったにもかかわらず、横取りに関わる要素作業時間の占める割合が伐開幅の広いケースを若干上回る結果となっていた。このことから、伐開幅の狭さが横取りにも影響を及ぼしていると考えられた。

以上のように、伐開幅が狭くなると実搬器走行や横取りに影響が現われ、所要時間が増大する傾向がうかがわれた。したがって、伐開幅が狭くなる場合は生産性の低下が予想される。

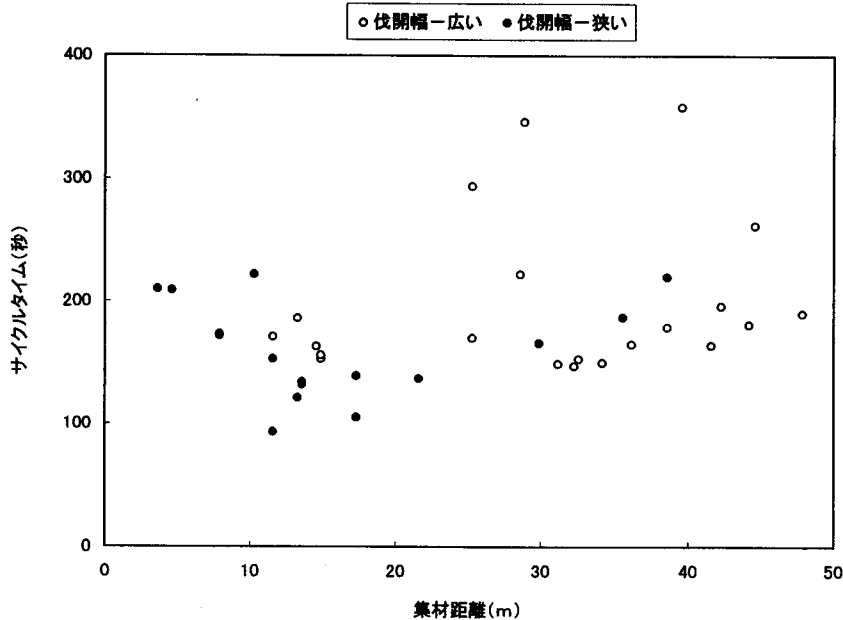


図-6 横取りがない場合における集材距離とサイクルタイムの関係

3.3 搬器の走行速度

一般に横取りが発生せず、1回当たりの集材材積に極端な差がなければ、サイクルタイムは集材距離に比例して増大する(4)。図-6は本研究で得られた両者の関係を示したものである。これを見ると、集材距離の増加に伴ってサイクルタイムが増大する傾向がみられるが、データのばらつきが大きいので、いずれのケースにおいても統計的に有意な関係とはならなかった。また、伐開幅の広狭によるサイクルタイムへの影響についても明瞭な差異が認められなかった。そこで、集材距離同様サイクルタイムの長短に大きく影響する空搬器および実搬器の走行速度を調べてみた(表-3)。空搬器および実搬器

の平均走行速度は、伐開幅が広いケースでそれぞれ1.4m/秒、1.0m/秒、伐開幅が狭いケースで1.0m/秒、0.5m/秒となった。すなわち、いずれのケースにおいても空搬器の走行速度が実搬器のそれを1.4~2.0倍上回っていたこと、さらに走行速度は伐開幅の広いケースが狭いケースを上回り、空搬器で1.4倍、実搬器で2倍の速さとなっていたことがわかった。したがって、前節で行った考察が実際のデータによって確認することができたといえよう。なお、実搬器の走行速度には集材材積の多少も影響すると考えられるが、ここでは両者の間に有意な相関関係が認められなかった。

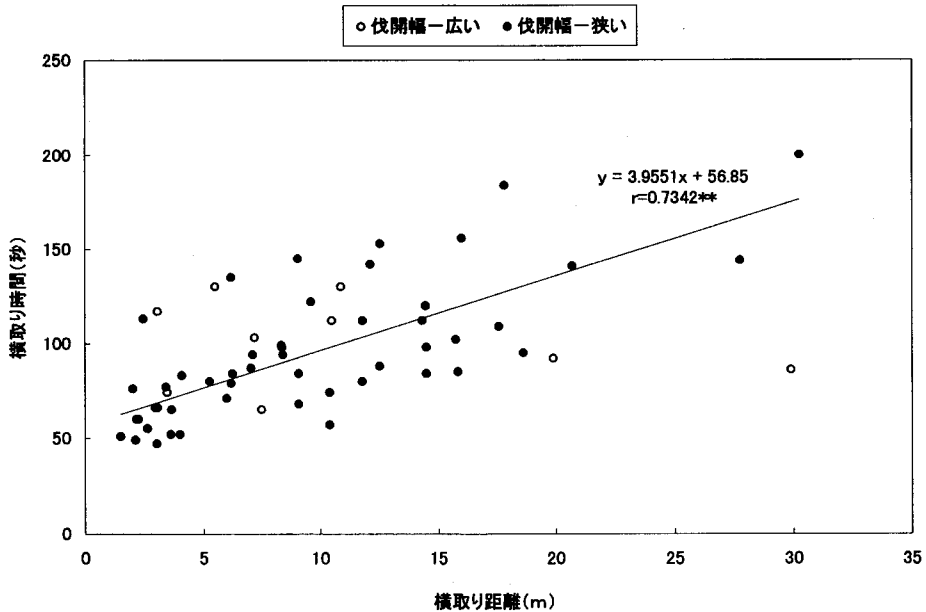
表-3 横取りがない場合における搬器の走行速度

伐開幅	走行速度	
	空搬器 (m/sec)	実搬器 (m/sec)
広い	1.401 (0.347~2.600)	1.042 (0.227~2.994)
狭い	1.013 (0.240~1.678)	0.535 (0.193~1.135)

注. 走行速度の上段は平均値、下段の()内は最小値と最大値を示す。

3.4 横取り時間

横取り時間は、横取り距離の長短(5)や、横取り線上に位置する障害物の出現頻度の影響(10)を受ける。しかし、本試験地では横取りに支障を与えるような障害物は少なく、このため横取り時間は主として横取り距離の影響を受けると考えられた(図-7)。ここで横取り時間とは、クリップ装着、メインライン引出し、荷掛け、メインライン巻取りに要した時間の合計である。伐開幅の広いケースにおいては横取り距離と横取り時間との間に統計的に



図一七 横取り距離と横取り時間の関係

注. 図中の関係式は伐開幅が狭いケースについて。

表一四 横取り時におけるメインラインの引出し速度と巻取り速度

伐開幅	引出し速度 (m/sec)	巻取り速度 (m/sec)
広い	1.0	0.5
狭い	0.5	0.3

注. 引出し速度, 巻取り速度とも全サイクルの平均値である。

有意な関係はみられなかったが, 伐開幅の狭いケースでは両者の間に極めて高い正の相関関係が得られた。ただし, 両ケースの差異は集材距離とサイクルタイムについての分析結果と同様に明瞭なものではなかった。伐開幅の広狭が横取り距離に影響を及ぼしたかを調べるため, 両ケースの横取り距離について平均値の差の検定を行ったが, 有意な差は認められなかった。

次に, メインラインの引出し速度と巻取り速度を調べてみた(表一四)。その結果, 伐開幅の広いケースにおける平均引出し速度は1.0m/秒, 巻取り速度は0.5m/秒で, 前者は人力による作業であるにもかかわらず後者の2倍の速さとなっていた。一方, 伐開幅の狭いケースではそれぞれ0.5m/秒, 0.3m/秒

となり, 伐開幅が広いケースに比べて50~60%の速さに低下していた。

以上のことから, 伐開幅の広狭によりメインラインの引出し速度や巻取り速度が大きく変化することが明らかとなった。なお, クリップ装着からメインライン巻取りまでの横取り作業全体をみた場合に伐開幅の影響が顕著とならなかった理由は, 材の集積状況(本数や位置)に差があり荷掛け時間が大きくばらついたためと考える。特に, 伐開幅が広いケースでは集積状況に乱れが認められた。これは, 作業が容易に行えるという先入観と関係しているのではないかと推察された。

ところで, 架線集材における伐開幅を決定する上で, 横取りされた材が方向転換するために必要な幅(方向転換幅)を知ることは多いに参考となる。この方向転換幅を求める方法として次式が提案されている(9)。

$$B_a = 2/3L \times a / 90 \tag{1}$$

ただし, B_a : 方向転換幅 (m)

L : 材長 (m)

a : 横取り角度 (度)

(1)式を用いれば, 材長3.65mの短幹材を引き出すために必要な方向転換幅は, 横取り角度30度の場

表-5 作業条件を揃えた場合の生産性の比較

伐開幅	横取り	作業条件			生産性 (m ³ /人時)
		集材距離 (m)	集材材積 (m ³ /サイクル)	横取り距離 (m)	
広い	なし	10~40	0.10~0.35	—	1.66
	あり	3~12	0.10~0.53	2~30	1.49
狭い	なし	10~40	0.10~0.35	—	1.53
	あり	3~12	0.10~0.53	2~30	1.46

注. 表中の作業条件に該当するサイクルデータのみを使用して生産性を計算した。

合で約0.8m, 同60度で約1.6m, 同90度で約2.4mと計算できる。方向転換幅は架線の両側に設定されるので、伐開幅の半分となる。したがって、伐開幅が4.8mと広いケースでは90度の角度（真横方向）からも横取り可能であるが、伐開幅が3.0mと狭いケースでは60度の角度でも横取り作業に支障が生じることが予想された。

なお、横取りは立木密度とも関係するが(4)、本林分における間伐後の立木密度は504本/haと比較的低かった。このため、残存木が横取りの障害となることは少なかったと思われる。立木密度が高い場所における伐開幅と横取りとの関係解析については今後の検討課題としたい。

3.5 生産性の試算とシミュレーション

試験結果に基づき、両ケースにおける生産性の試算を行った。生産性は、総作業時間、総集材材積、作業人員数を用い、1人1時間当たりの集材量として次式により求めた。

$$P = T \times V / M \quad (2)$$

ただし、P：生産性（m³/人時）

T：総作業時間（時）

V：総集材材積（m³）

M：作業人員数（人）

全データを用いた試算結果から、横取りがない場合の生産性は伐開幅が広いケース1.43m³/人時、狭いケース1.76m³/人時、一方横取りがある場合はそれぞれ1.44m³/人時、1.48m³/人時となった。この結果からは、伐開幅の広狭や横取りの有無と生産性との間に一定の関係が見出せないが、これは表-2で示したように集材距離や集材材積の条件が異なっているためである。そこで、集材距離や集材材積の範囲を限定し、ほぼ同一の作業条件下における生産性を求めた（表-5）。集材距離10~40m, 集材材積0.10~0.35m³/サイクルの範囲に限定して求めた横取りがない場合の生産性は、伐開幅が広いケース1.66m³/人時（試算に用いたデータ数は14サイクル）、狭いケース1.53m³/人時（同10サイクル）となり、前者が後者を上回るもののその差はわずかであった。また、横取りがある場合については、集材距離3~12m, 横取り距離2~30m, 集材材積0.10~0.53m³/サイクルの範囲で試算すると、伐開幅が広いケース1.49m³/人時（試算に用いたデータ数は8サイクル）、狭いケース1.46m³/人時（同24サイクル）となり、横取りがない場合と同様の結果が得られた。このように、集材距離や集材材積が同じ条件で比較すれば、伐開幅の違いが生産性に影響することが明らかとなった。ただし、本試験で設定したような伐開幅の違いであれば、生産性の低下の度合いは小さいと考えられた。ここで得られた生産性を作業条件の異なる他の事例(4, 5, 6)と比較するのは困難であるが、3人1班で1日6間実施した場合の生産性は26~30m³と計算されることから、決して小さい値ではないと考える。

次に、生産性のシミュレーションを試みた。その際、サイクルタイムは図-3に示した要素作業と付帯作業に要する時間で構成され、次式により求められる。

$$T_c = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 + T_6 + T_7 + T_8 + T_9 + T_{10} + T_{11} \quad (3)$$

ただし、T_c：サイクルタイム（秒）

T₁：索張上げ時間（秒）

T₂：空搬器走行時間（秒）

T₃：索弛緩時間（秒）

T₄：クリップ装着時間（秒）

T₅：メインライン引出し時間（秒）

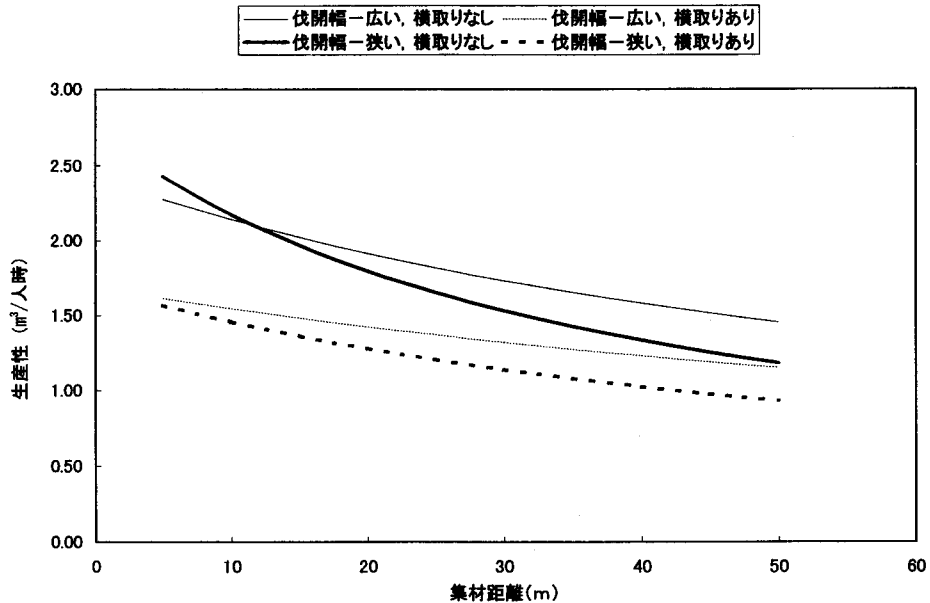


図-8 生産性のシミュレーション

注. 1サイクル当たりの集材材積は 0.259m^3 , 横取り距離は 10m として計算した。

- T_6 : 荷掛け時間 (秒)
 T_7 : 林内歩行時間 (秒)
 T_8 : メインライン巻取り時間 (秒)
 T_9 : 実搬器走行時間 (秒)
 T_{10} : 荷おろし時間 (秒)
 T_{11} : 付帯作業時間 (秒)

時間観測結果から得られた値を T_1 , T_3 , T_4 , T_6 , T_7 , T_{10} , T_{11} に当てはめ, T_2 , T_9 を集材距離 (D_1)と空搬器・実搬器の搬器速度, T_5 , T_8 を横取り距離 (D_2)とメインラインの引出し・巻取り速度によって求めれば, それぞれのケースにおけるサイクルタイムは以下のように表わすことができる。

伐開幅が広いケース (横取りなし)

$$T_c = 32 + D_1/1.4 + 17 + 48 + 1 + D_1/1.0 + 14 + 16 \quad (4)$$

同上 (横取りあり)

$$T_c = 28 + D_1/1.4 + 18 + 28 + D_2/1.0 + 39 + 3 + D_2/0.5 + D_1/1.0 + 21 + 17 \quad (5)$$

伐開幅が狭いケース (横取りなし)

$$T_c = 24 + D_1/1.0 + 15 + 38 + 6 + D_1/0.5 + 13 + 17 \quad (6)$$

同上 (横取りあり)

$$T_c = 21 + D_1/1.0 + 13 + 14 + D_2/0.5 + 31 + 4$$

$$+ D_2/0.3 + D_1/0.5 + 18 + 29 \quad (7)$$

(4)~(7)式により得られるサイクルタイムを用いて, 集材距離別の生産性を求めたものが図-8である。ただし, 試験データの平均値より1サイクル当たりの集材材積は 0.259m^3 , 横取り距離は 10m とした。この結果からも, 伐開幅が狭いほど, また横取りがある場合ほど生産性が低下する状況が明らかである。なお, 集材距離 10m 以下の部分で, 伐開幅が狭く横取りがない場合の生産性が高くなっているが, この範囲では搬器の走行速度の差よりも索張上げや索弛緩等に要する時間の影響が強く働いたためと考える。

3.6 損傷被害

集材作業に伴う損傷被害は, 上木のスギおよび下木のヒバのいずれにも発生した (表-6)。上木についてみると, 伐開幅の広狭にかかわらず損傷被害率は5%程度であり, 他の報告例 (4, 5, 8)と比べても極端に大きな被害率とはならなかった。損傷のほとんどは微害であり, 発生原因はいずれのケースにおいてもワイヤロープの接触による樹皮剥離が大半を占め, 搬器や丸太との接触による樹皮剥離は少なかった (図-9)。また, 損傷の発生した高さ

表-6 損傷被害の発生状況

伐開幅	樹種	被害程度別の本数				損傷被害率 (%)
		微害 (本)	中害 (本)	激害 (本)	計 (本)	
広い	スギ(上木)	4	1	0	5	5.5
	ヒバ(下木)	14	0	0	14	46.7
狭い	スギ(上木)	8	0	0	8	5.2
	ヒバ(下木)	38	0	12	50	25.6

注1. 微害は、擦過傷による小面積の樹皮の剥離等で今後の成長や材質にほとんど影響しないもの。

激害は、木質部に達するような深い傷等で今後の成長や材質に重大な影響を及ぼすもの。

中害は、微害と激害の中間のもの。

注2. 損傷被害率は、残存木本数に対する被害木本数の割合で示した。

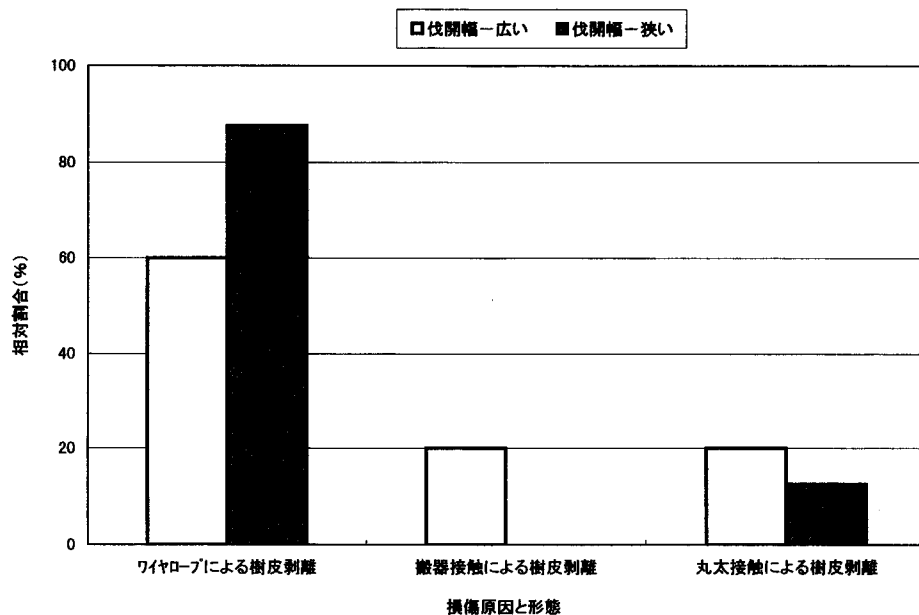


図-9 スギ（上木）の損傷被害

面積を調べると（図-10）、伐開幅の広いケースでは損傷位置が0.1~5.0mの広い範囲で見られるのに対し、伐開幅の狭いケースでは0.8m以下の比較的低い位置でとどまっていることに注目される。また、損傷面積の大部分は300cm²以内となっているが、伐開幅の広いケースでは2,000cm²に達するほどの大きな損傷も発生した。

一方、下木のヒバをみると、損傷被害率は伐開幅の広いケースで46.7%、狭いケースで25.6%となり、上木の被害率を上回った。伐開幅による損傷被害率の違いを調べるため χ^2 検定を行ったところ、

5%水準で有意な結果が得られた。すなわち、伐開幅の広い方が明らかに損傷発生率が高いことが示された。この理由として、伐開幅が広い場合は作業を進める上での慎重さを欠きやすいのではないかと考えられた。次に、損傷形態と損傷程度を調べると、伐開幅の広いケースではほとんどが集材木の通過による倒伏という回復可能なものであった（図-11）。これに対し、伐開幅の狭いケースでも倒伏、擦過傷、枝折れという軽微な傷が損傷全体の76%を占めたが、根抜け、幹折れ、消失という回復困難な激害も発生していた。ほとんどの激害木は、伐開幅内や複

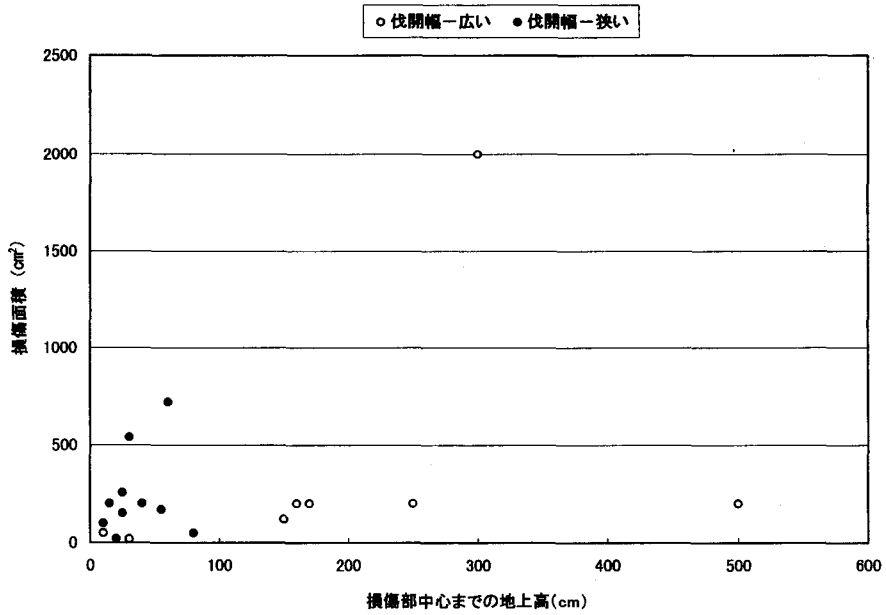


図-10 スギ (上木) の損傷高と損傷面積
注. 複数箇所に損傷を受けた個体がある。

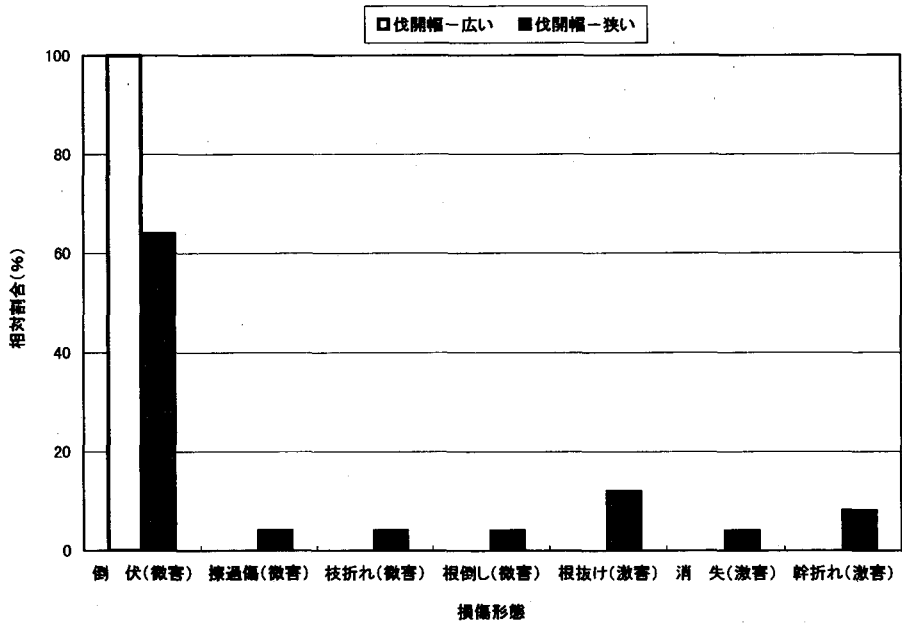


図-11 ヒバ (下木) の損傷状況

数回の横取りが行われた場所に位置していた。

複層林の造成を図る上で、下木の健全な成長を促すことは極めて重要である。架線集材は、トラクタなどを利用する車両系の集材方式と比べ、下木の損傷被害を防止する上で有効と考えられるが、被害を全面的に回避することは難しい(7)。ただし、下木の成長に重大な影響を及ぼすような激しい損傷の発生については、保護具の使用や集材方法の改善によって防止していく必要がある。

4. おわりに

以上述べてきたように、タワーヤード集材作業では伐開幅が狭くなると、搬器や丸太の挙動に注意しながら作業する場面が多くなり、この結果として搬器の走行速度が低下することがわかった。空搬器および実搬器の走行速度は、伐開幅が広いケースでそれぞれ1.4m/秒、1.0m/秒、狭いケースで1.0m/秒、0.5m/秒となり、実搬器では半分に低下した。さらに、同様の影響は横取り時におけるメインラインの引出し速度および巻取り速度にもみられ、伐開幅の広いケースでそれぞれ1.0m/秒、0.5m/秒、狭いケースで0.5m/秒、0.3m/秒となった。これらの影響を受け、伐開幅の狭いケースにおける生産性は低下した。ただし、伐開幅の広狭が集材作業の生産性に及ぼす影響の度合いは立木密度とも関連しており、本林分のように間伐後の立木密度が約500本/haと低い場合はその影響が小さいと考えられた。

また、集材作業に伴って発生した残存木の損傷被害率は、上木のスギでは伐開幅による違いがなかった。しかし、下木のヒバでは伐開幅の広いケースにおける損傷被害率が明らかに高いという結果となった。これは、伐開幅の広さが逆効果をもたらし、作業を進める上での慎重さを欠いたためではないかと考えられた。

結論として、搬器の走行速度やメインラインの引出し・巻取り速度で差が認められたことから、架線伐開幅の広狭がタワーヤードによる集材作業の内容や生産性に影響を及ぼすと考えられた。ただし、立木密度の低い林分では立木間の距離が広いためその影響は小さいと推察された。立木密度の高い林分における伐開幅と生産性の関係解明は今後の課題である。

最後に、本研究に対する助言と欧文要約の校閲

を賜ったカナダ林業工学研究所(The Forest Engineering Research Institute of Canada, Vancouver)の上級研究官であるBrian Boswell氏に深謝の意を表す。また、集材試験の実施およびデータ収集にあたり、檜山地方演習林の杉山弘技官ならびに北海道立林業試験場の大箭敏雄運転技術員には多大なる御協力を頂いた。ここに記して心よりお礼申し上げる。さらに、間伐作業を実施していただいた三国林業株式会社の皆様にも厚くお礼申し上げる。

引用文献

- (1) 阿部鴻文・猪内正雄・佐々木幸敏(1993): モービルタワーヤードによる列状間伐集材作業の生産性とコスト, 104回日林論, 849-850
- (2) 神林弘之(1997): 林業機械の保有状況調査について, 機械化林業528, 45-55
- (3) 小林洋司・仁多見俊夫・岩岡正博・伊藤幸也(1992): 急傾斜地における高能率搬出作業仕組みの考究, 103回日林論, 649-650
- (4) 木幡靖夫・由田茂一・岡本全史(1996): タワーヤードによるトドマツの全木集材事例, 107回日林論, 367-369
- (5) 木幡靖夫・由田茂一・菊地健(1998): タワーヤード集材作業における上げ荷, 下げ荷の比較試験, 日林北支論46, 114-116
- (6) 朴相俊・岩岡正博・酒井秀夫・小林洋司(1994): タワーヤードによる間伐作業システムと適正路網密度, 東大演報92, 175-197
- (7) 湊克之・門松昌彦・野田真人・小宮圭示(1997): 北海道大学和歌山地方演習林におけるスギ・ヒノキ複層林の施業実験(Ⅳ) 一列条間伐作業と樹下植栽木の被害一, 北大演報54(2), 143-158
- (8) 大里正一・鈴木誠・前原忠・佐倉詔夫・石原猛・山中征夫(1994): タワーヤードによる間伐木搬出における立木の損傷(Ⅰ), 45回日林関東支論, 103-106
- (9) SANKTJOHANSER L(1981): Probleme kleinflächiger Nutzungen im steilen Gelände - Geometrisch-Physikalische Zusammenhänge bei der Holzbringung -, Proc. XVII IUFRO World Congress Div.3, 179-188
- (10) 吉田智佳史・岡勝・田中良明・井上源基(1997): タワーヤードによる適正作業法の解明-横取り方法の検討-, 108回日林論, 445-448

Summary

Cable yarding with a mobile tower yarder in a thinning operation requires corridors in order to set up cables and extract the logs. It is desirable for effective utilization of forest space to keep the corridors narrow. However, wide corridors are thought to make operations easier and increase productivity. An experiment on the influence of corridor width was carried out in the two-storied forest on Hiyama Experiment Forest, University of Hokkaido. Two corridor widths were studied; wide (4.8 m) and narrow (3.0 m). Yarding distance, volume, and detailed timing data were measured during all operations on the study area. These data were used to calculate yarder productivities. Residual tree damage was measured in post-harvest surveys. Equipment used in this study was a Japanese small mobile tower yarder, RYOSHIN RME-300T, Oikawa Motors Company. The carriage was an ordinary type with 3 sheaves. The cable system was a running skyline system.

Carriage outhaul and inhaul speeds were faster in the wide corridor. Inhaul speed of loaded carriage was 1.0 m/second in the wide corridor and 0.5 m/second in the narrow corridor. As a result of these speeds, productivity in the wide corridor was 1.49 m³/an-hour. This productivity was higher than in the narrow corridor, however, there was not much difference in productivity between the wide corridor and the narrow corridor. Stand density of 504 trees/ha allowed easy operation even in the narrow corridor. There was no difference in damage to over-story residual trees between the two corridors. A lot of damage to under-story residual trees occurred in the wide corridor. Careful operation was demanded to reduce damage in the wide corridor.

As mentioned above, the influence of corridor width on carriage speed and productivity of the mobile tower yarder was verified in this study. The influence is not serious where stand density is low. More study on the relationship between corridor width and stand density is required.

Key words : Mobile tower yarder, Cable yarding, Width of corridor, Thinning operation