

タワーヤーダの現状と今後の普及に関する一考察

伊藤崇之・上村 巧・吉田智佳史・佐々木達也・中澤昌彦（森林総研）・山崎敏彦（高知県立森林技術センター）

要旨：タワーヤーダの普及を促進していくための指針を得ることを目的に、国内におけるタワーヤーダの現状を調査し、その特徴を分析・評価した。機械保有台数は減少傾向にあると同時に稼働率は低迷し、現在ではほとんど使用されていない。また、外国製の機種は国内製に比べ大型・高性能であり、牽引能力が低くても搬器を高速にして生産性を向上させていると考えられた。文献調査によってこれまでの作業事例を取りまとめた結果、サイクルあたりの材積は外国に比べ半分程度の水準であった。また、主索式は非主索式よりも集材距離の増加に伴うサイクルタイムの増加が緩やかで、主索式は搬器の高速化による集材距離の拡大が可能である事が確認された。

キーワード：タワーヤーダ、普及、稼働率、性能比較

Abstract : To obtain an indicator to promote the spread of the tower-yarder, we analyzed and evaluated the current state of the domestic tower-yarder. This item can now be considered in a state of virtual disuse because the number of such machines and its utilization rate have both considerably declined. Foreign machines are larger in scale and more powerful than domestic machines, and it was thought that improved productivity was targeted by accelerating the carriage, regardless of pulling power. As a result of documentary investigation of past examples, the log volume per cycle in Japan was about half the foreign values. As for skyline logging, the rise in cycle time with increasing logging distance was slower than non-skyline logging, and the logging distance can be expanded by accelerating the carriage.

Keywords : tower-yarder, diffusion, utilization rate, performance comparison

I はじめに

近年、欧州の山岳林で使用され実績を上げているタワーヤーダが注目され、一部では既に導入が始まっている。急傾斜地が多い我が国では架線による集材は依然として重要な地位を占めており、集材機集材よりも簡易で、スイングヤーダより長距離・大径材に対応できるタワーヤーダはこれからの急傾斜地集材を担う機械として期待される。しかし、我が国では過去にもタワーヤーダの導入が試みられ、国内製の機械が開発されたものの、継続的に普及するには至らなかったという経緯がある。これについては、当時は単木材積が小さく生産性が上がらなかった等の理由が指摘されているが、体系的な考察はなされていない。そこで本研究では、今後のタワーヤーダの普及促進にあたり同じ轍を踏むことを防ぎ、機械の導入および開発・改良ならびに作業システム確立のための指針を得ることを目的に、国内におけるタワーヤーダの現状および特徴を分析・評価した。

タワーヤーダの評価については、これまでに吉田ら(18)が国内に導入された機械を大型・中型・小型に区分した上で搬器走行距離や横取り距離と作業時間の関係

ならびに索張りタイプと生産性の関係を分析している。また、上村ら(16)は高性能林業機械6種類の導入状況の地域性を類型化し、その特徴が経時的に変化していることを示した。本研究では、保有台数・稼働率・機械諸元・生産性などから過去のタワーヤーダの特徴を抽出するとともに、諸元や生産性については外国の事例について調査し、比較・分析した。

II 調査方法

タワーヤーダの保有台数および稼働率については、林野庁が各都道府県を通して毎年行っている林業機械保有台数調査結果のうち、平成8年度から22年度までのデータを使用した。そのうち平成8年度から15年度までは上村ら(16)が取りまとめた保有台数および稼働率の数値を使用した。集計は筆者らが独自に行っており、(16)と同様に導入当年度は全て保有台数として計上、廃棄当年度は全て非計上としているため、林野庁の発表している数値に比べ低い数値となっている。

国内外のタワーヤーダの諸元については、現地の機械展示会やメーカーへの訪問、インターネット等を通して

Takayuki ITO, Takumi UEMURA, Chikashi YOSHIDA, Tatsuya SASAKI and Masahiko NAKAZAWA (For. and Forest Prod. Res. Inst., Tsukuba 305-8687), Toshihiko YAMASAKI (Kochi Pref. For. Tech. Ctr., Kami 782-0078), A study on the current situation and the future diffusion of tower-yarder.

収集したカタログを取りまとめた。現状では国内で製造しているメーカーが1社のみであること、これに対し外国機種の調査は平成23～24年度に行われたことから、外国機種は現在製造中のもの、国内機種はこれまでに製造された全ての機種を対象としている。この他に、かつて外国から導入された機種についても、諸元が明らかなのは集計の対象とし、別途集計した。

生産性についてはこれまで発表された文献から、作業条件が詳細に記録されているものを抽出して集計した。

III 結果と考察

1.保有台数および稼働率 我が国におけるタワーヤード保有台数と稼働率の推移を図-1に示す。タワーヤードは昭和63年から導入が始まったが、平成12年に191台のピークを迎えた後に減少に転じ、平成22年度は140台まで減少している。ベース車両別にみると、平成22年度現在ではホイール式運材車ベースが42台、クローラ式運材車ベースが38台、トラックベースが32台となっており、この3種類で全体の80%を占めている。時系列でみると、導入当初はホイール式運材車ベースとトラックベースが多く、全体の保有台数と同様の傾向で推移してきた。従ってこの2種は近年減少傾向にあるが、これに対しクローラ式運材車ベースは他の機種に比べ遅れて導入が始まったものの、近年でも横ばいを保っており、新規導入も見られる。これは、現在このタイプのみが製造を継続しているということであるが、現在でも一定の需要が存在していることを示している。

次に、平成22年度現在の機械稼働日数分布を図-2に示す。半数近い62台が稼働実績0日であり、9割が100日以下だった。また、200日以上稼働しているのは6台のみで、全てレンタル機であった。稼働率が低い理

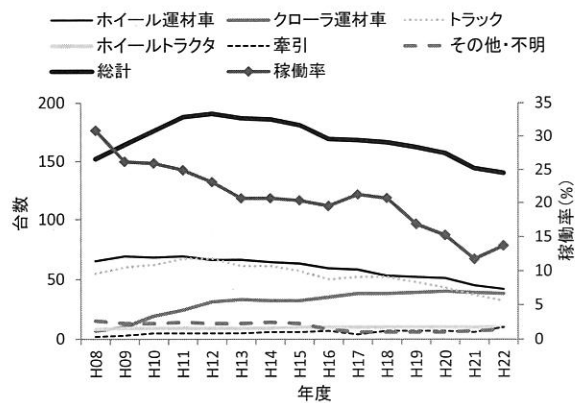


図-1. 機械保有台数と稼働率の推移

Fig.1 Changes in the number and utilization rate of tower-yarder in Japan

由としては「機械に適合する現場が無かった」などの意見が見られ、国内のタワーヤードがほとんど活用されていないという現状が確認できる。また、機械稼働率の推移(図-1)を見ると、平成12年度にピークを持つ保有台数の推移とは関係なく一貫して減少しており、最も高い平成8年度でも30.9%と低い水準である。このことから、精力的に導入を進めた当時から作業に適した現場が少なく、稼働状況は常に低調であったことが分かる。

2.国内外機種の性能比較 確認された機械は、国内製7メーカー19機種、外国製7メーカー40機種、国内に導入された外国製が3メーカー5機種である。機械の性能を良く表すと考えられる最大スパン、ウインチの最大直引力および最大巻き取り速度の分布を図-3～5に示す。いずれも国内製機種よりも外国製機種の方が大型・高性能である。一方で、国内に導入された外国製機種は国内製に近い性能であり、国内の状況に合わせ比較的小型な機種を選定して導入されたことが分かる。次に、最大直引力と最大速度の関係を見ると(図-6)、比較的大型の集団と小型の集団に二分されている。国内製機種は全て小さい方に含まれており、この集団は最大直引力と最大速度に直線関係がみられるのに対し、大きい方は最大速度が8～10m/sとかなりの高速度を確保しつつ、対応する最大直引力は20～80kNに広く分布している。最大直引力は一度に集材可能な材積に対応しているが、その大小に関わらず搬器の速度を大きくし、生産性を向上させようとする意図があることが推察される。

3.作業条件と生産性 国内で平成5～16年の間に行われたタワーヤード作業の報告のうち、14文献から37事例を抽出し、平均集材距離と1サイクルあたりの材積を度数分布として図-7,8に示した(1～3, 5～11, 13～15, 17)。非主索式の平均集材距離は半数以上が20～40mであり、全て100m以内に収まっている。それに比べ主索式は幾分長い範囲に分布しており中には300m

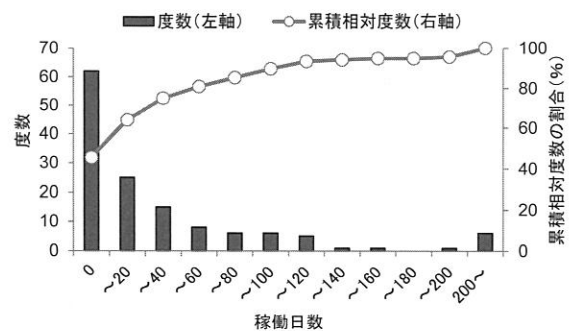


図-2. 稼働日数の分布(平成22年度)

Fig.2 Distribution of the operation days of tower-yarder (2010)

以上のものも存在するが、大部分は 100m 以内である。1 サイクルあたりの材積については 0.4m^3 以下が全体の 63% を占めており、中央値は 0.316m^3 であった。単木材積が小さいことが影響しているものと考えられるが、外国の報告 (4, 12) では約 $0.6\sim 0.9\text{m}^3$ であることと比べると半分程度の水準であり、生産性を下げる要因となっていたことが推察される。国内 14 文献のうち、集材距離とサイクルタイムとの関係式を明らかにしている 6 文献 6 事例と、上記の外国 2 文献 3 事例 (2, 4, 5, 7, 8, 12, 15, 17) について両者の関係を図-9 に図示した。国内の内訳は非主索式 3 例、主索式 3 例で、外国の 3 例はすべて主索式である。集材距離の範囲が示されている場合にはその範囲で、示されていない場合には平均集材距離の 2 倍の範囲で記載した。非主索式は 2 事例が 60m 以下の集材範囲で、3 事例とも集材距離の増加に伴ってサイクルタイムが大きく増大している。一方、主索式は国内外にかかわらず集材距離の増加に伴うサイクルタイムの増加は比較的緩やかで、搬器移動の高速化により集材距離の拡大が可能となっていることが確認された。集材距離が短い範囲では非主索式の方がサイクルタイムは短い。しかし、100m 以下の範囲はスイングヤーダの適地である。タワーヤーダを使用する場合にはそれ以上の距離を集材する必要があり、必然的に主索式が有利になると考えられる。

IV おわりに

本調査結果から、我が国におけるタワーヤーダの動向について以下の通り推察された。まず、これまでの我が国のタワーヤーダ集材は立木材積が小さかったために能力を十分に発揮できなかった。保有台数の推移からは、小さい立木と細い作業道に対応して運材車ベースの小型機種が開発されて導入が進んだことが確認できるが、小型化とランニングスカイライン式索張りを採用することで短スパン化が進み、その後同様にランニングスカイライン式を採用するスイングヤーダが登場するとタワーヤーダとの作業範囲が重なることとなった。スイングヤーダはより簡易に作業が行えるだけでなく、油圧ショベルやグラブローダとしても使用できて稼働率を上げ易いため導入が進み、タワーヤーダは役割を失っていったものと考えられる。

タワーヤーダ作業には架線集材に特有である架設・撤去時間が非生産時間として存在するため、生産性を高めるためにはそれをカバーするだけの生産量が必要である。そのためには 1 線あたりの集材面積を大きくする必要があるので自然とスパンは長くなる。スパンが長くなると

平均集材距離が伸びて生産性が低下するため、搬器の高速化が必要になってくる。欧州の比較的大型の機械はこれに対応した、理にかなった性能を有していると言える。

大型の機械は広い道と伐区を必要とするため、現状の我が国で適用できる林地は多くないかもしれないが、過去の例のような性能低下を伴う小型化を避け、道路の作設方法や作業方法の工夫、架設撤去の迅速化等、機械の能力を十分発揮できる使用条件を整えるための取り組みを行う必要があると考える。

V 引用文献

- (1) 阿部鴻文 (1993) タワーヤーダを主体とした伐出作業—平成 4 年度の調査結果から—。機械化林業 480 : 8-13.
- (2) 阿部鴻文・猪内正雄・佐々木幸敏 (1993) モービルタワーヤーダによる列状間伐集材作業の生産性とコスト。日林論 104 : 849-850.
- (3) 林公彦・引田裕之・中村引一 (1995) タワーヤーダによる集材効率と作業条件—茨城県北林業地帯における事例分析—。機械化林業 501 : 19-23.
- (4) HUYLER, N., K. and LEDOUX, C., B. (1997) Cycle-Time Equation for the Koller K300 Cable Yarder Operating on Steep Slopes in the Northeast. Res. Pap. NE-705. Radnor, PA: U.S. Dep. of Agric., Forest Service, Northeast. Forest Exp. Station: 1-4.
- (5) 飯田富士雄・吉田智佳史・岡勝・井上源基 (2000) タワーヤーダによる効率的な間伐作業方法の検討(II)—伐区形状と作業性—。日林関東支論 51 : 153-154.
- (6) 乾雅晴 (1994) タワーヤーダを中心とした搬出作業。機械化林業 488 : 26-33.
- (7) 関西チーム (1993) タワーヤーダ、ローダ、プロセッサの組み合わせによる搬出作業—。機械化林業 480 : 20-24.
- (8) 木幡靖夫・由田茂一・岡本全史 (1996) タワーヤーダによるトドマツの全木集材事例。日林論 107 : 367-370.
- (9) 水戸辺栄三郎 (1995) タワーヤーダとプロセッサによる集材・造材作業。機械化林業 501 : 12-18.
- (10) 並木勝義 (1996) タワーヤーダを中心とした搬出作業。機械化林業 513 : 16-23.
- (11) 林野庁業務部業務第一課森林技術推進班 (1999) タワーヤーダによる間伐材集材作業システムの分析—高性能林業機械委託調査の結果について—。機械化林業 542 : 62-70.
- (12) STAMPFER, K., LIMBECK-LILIENAU, B., KANZIAN,

C. and VIERTLER, K, (2003) Baumverfahren im Seilgelände. 27pp, Kooperationsabkommen Forst-Platte-Papier, Wien.

(13) 谷山徹・戸田正和・石川実 (2004) 中型タワーヤーダを使用した列状・魚骨状間伐の集材に関する研究. 愛媛県林技研報 22 : 1-8.

(14) 戸田正和 (1994) 複層林上層木の伐出作業ータワーヤーダを使った事例一. 機械化林業 488 : 34-39.

(15) 戸田正和・谷山徹 (1998) 大型タワーヤーダを使った集材作業に関する研究. 愛媛県林技研報 19:41-51.

(16) 上村巧・鈴木秀典・伊藤崇之 (2000) 高性能林業機械導入の地域性について. 日林関東支論 51:149-150.

(17) 谷山徹・戸田正和 (1996) タワーヤーダを使用した群状択伐集材作業について. 機械化林業 513 : 31-37.

(18) 吉田智佳史・岡勝・井上源基 (1998) タワーヤーダ集材作業におけるタイプ別の適応条件と生産性. 日林関東支論 49 : 111-112.

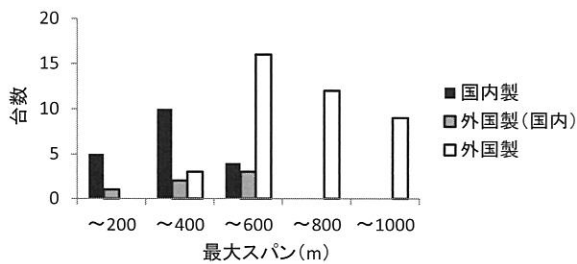


図-3. 最大スパンの分布

Fig.3 Distribution of the maximum span

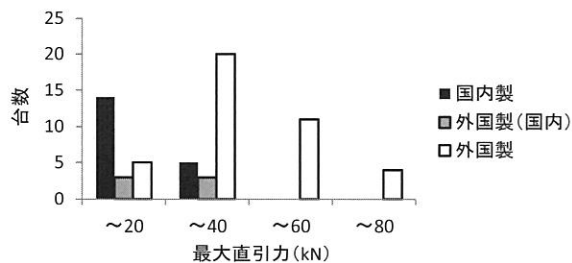


図-4. ウインチ最大直引力の分布

Fig.4 Distribution of the maximum pulling power

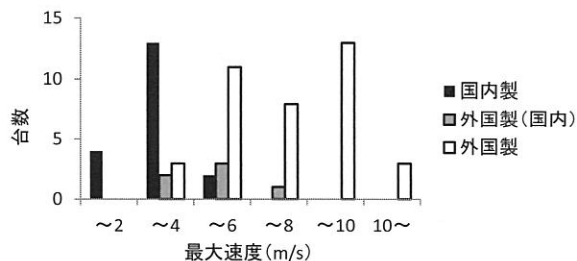


図-5. ウインチ最大巻き取り速度の分布

Fig.5 Distribution of the maximum winding speed

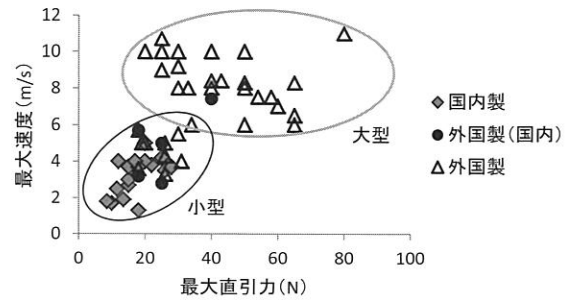


図-6. 最大直引力と最大速度との関係

Fig.6 Relations with the maximum pulling power and the maximum winding speed

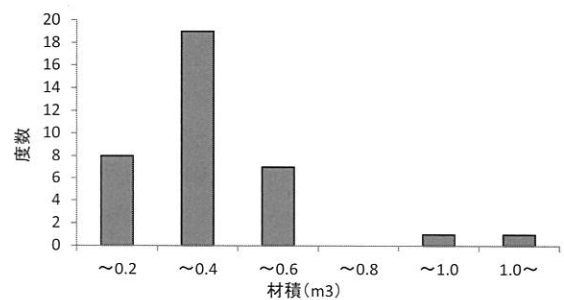


図-7. サイクルあたり材積の分布

Fig.7 Distribution of the log volume per cycle

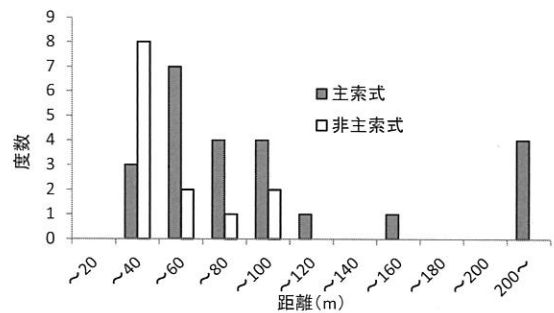


図-8. 平均集材距離の分布

Fig.8 Distribution of the average logging distance

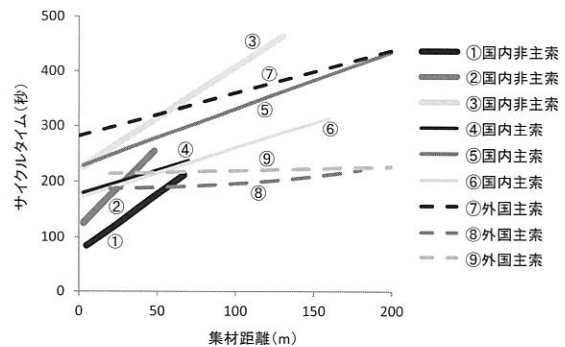


図-9. 集材距離とサイクルタイムとの関係

Fig.9 Relations with the logging distance and the cycle time