MIZUHO

みずほリサーチ&テクノロジーズ

One MIZUHO

令和４年度
高性能林業機械の導入促進に向けた調査事業　報告書

みずほリサーチ&テクノロジーズ

2023年2月10日

サステナビリティコンサルティング第2部

One MIZUHO 未来へ。お客さまとともに

Copyright Mizuho Research & Technologies, Ltd. All Rights Reserved.

・本調査報告書は、林野庁の委託により、内容は林野庁の見解を示すものではありません。

・記載内容には、ヒアリングによるものが含まれますが、発言はそのまま掲載しており、その正確性、完全性を保証するものではありません。

・海外文献については機械翻訳を使用しており、訳出についてその正確性を保証するものではありません。

目次

1．調査概要・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・3

2．国内のホイール型林業機械活用状況・・・・・・・・・・・・・8

1. ホイール型林業機械のタイプ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 10
2. ホイール型林業機械のメリット、活用に必要な条件・・・・・・・・・・・・・・・・12
3. 国内の運用状況（作業システム）・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 14
4. 回送・公道走行・・ 15
5. 調査結果詳細・・・ 17
   - ① 導入経緯
   - ② 保有形態・メンテナンス体制
   - ③ 運用状況（作業システム）
   - ④ 導入効果
   - ⑤ 活用に必要な条件
   - ⑥ 公道走行・運転免許
   - ⑦ ホイール型機械の普及に向けた課題と必要な措置について

3．海外のホイール型林業機械の活用状況・・・・・・・・・・・38

1. 運用実態・・39
   - ① 各国における作業システム
   - ② ホイール型林業機械の導入状況（機械の種類、規格、台数等）
   - ③ ホイール型林業機械の作業現場間の移動の仕方の実態・頻度の状況
2. 関係法令・・59
   - ① 欧州における林業機械に係る規制の概況
   - ② 林業機械の車両規格
3. 林業に係る事故状況・安全対策・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・69

Copyright Mizuho Research & Technologies, Ltd. All Rights Reserved.

１．調査概要

Copyright Mizuho Research & Technologies, Ltd. All Rights Reserved.

調査概要

- 日本国内の人工林資源が本格的な利用期を迎える中、大径化が進む木材を安全・効率的に処理できる作業システムを構築する必要がある。急峻かつ複雑な地形、高い労働災害率といった我が国の森林・林業において、生産性及び安全性を向上させるためには、傾斜等の地形条件に応じて高性能林業機械を活用することが期待される。

- 車両系機械について、国内ではクローラ型を中心に導入が進んでいるが、欧州では走行性の高いホイール型林業機械の導入が進んでいる。海外製のホイール型林業機械を導入した国内の事業体においては、機械稼働率の向上や工程の簡素化が実現し生産性が向上したという事例があり、国内でも条件によってはホイール型林業機械の活用は選択肢としてあり得る。

- 本調査では、国内の林業事業体やメーカーへのヒアリングを通じ、ホイール型林業機械の活用の状況を調査し、作業システムや導入に必要な条件について整理を行う。また、ホイール型林業機械の導入が進む欧州について、運用実態と公道走行に係る法令を調査した。

Copyright Mizuho Research & Technologies, Ltd. All Rights Reserved.

調査概要（国内調査）

■ ヒアリング調査

- ✓ 現在、ホイール型林業機械を導入している林業経営体及び機械メーカー等に対してヒアリング調査を行った。
- ✓ ヒアリング調査は、①ホイール型機械の導入状況及び活用状況、②ホイール型機械の効果と活用における必要条件、③公道走行・免許取得に関する状況、④ホイール型機械の普及に向けた課題と必要な措置を把握することを目的とした。
- ✓ 林野庁において過年度に実施した林業経営体に対するヒアリング結果も含め、分析を実施した。

ヒアリング調査実施先概要

		実施日	ヒアリング実施理由
林業経営体	a社	2022年 10月6日	■ オーストリア製のホイール式ハーベスタを導入。
	b社	2022年 10月28日	■ フィンランド製のホイール式ハーベスタ及びスウェーデン製のフォワーダを導入。森林総合研究所との共同研究も実施。
	c社	2022年 12月23日	■ フィンランド製のホイール式ハーベスタ及びフォワーダを導入。国内製の半クローラ型フォワーダについても導入実績あり。
機械メーカー等	d社	2022年 12月5日	■ 海外向けにホイール型林業機械を製造・販売。日本での普及に向けた示唆を得られると考えられる。
	e社	2022年 12月13日	■ フィンランド機械メーカー製品、スウェーデン機械メーカー製品等の代理店。

■ アンケート調査（2022年12月28日～2023年1月20日）

- ✓ 対象：大型（0.8クラス）の林業機械又はホイール型機械を保有（リース・レンタルも含む）する林業経営体

  ※ 過去にヒアリング調査を実施した事業体を除く

  計：134経営体　回答：67経営体（50.0%）
- ✓ 運転免許（大型特殊自動車免許等）の取得意向やホイール型林業機械への関心等について調査

Copyright Mizuho Research & Technologies, Ltd. All Rights Reserved.

調査概要（海外調査）

- 本調査では、ホイール型林業機械を活用した作業システムが普及しているフィンランド、オーストリア、ドイツの３カ国を対象とし、文献調査・ヒアリング調査を実施した。
- 選定事由は以下のとおりである。
  - ✓ オーストリア：日本と類似した地形での作業システムを参考とする。
  - ✓ ドイツ：傾斜地における車両型機械の利用に関する研究開発に関して参照する。
  - ✓ フィンランド：北欧地域は、車両型作業システムの開発地であり機械システムについて参考とする。
- また、本調査では、主にハーベスタ・フォワーダを調査対象とし文献調査・ヒアリング調査を実施している。

※文献調査においては、本調査では機械翻訳を使用している。

オーストリア	ドイツ	フィンランド
• 国土に占める森林面積の割合は5割 • 日本と同じく急峻な地形であるが、北欧の車両系作業システムを導入し傾斜地でも林業機械の導入検討が進む。日本の1/5程度の面積ながら、伐出コストは安価で木材生産の効率は高く、約1,800万㎥を生産（日本：約2,800万㎥）	• 国土に占める森林面積の割合は3割 • 地域により地形が大きく異なり、国内でも様々な作業システムで施業している。主に平坦な作業場で車両系作業システムを導入している。落葉樹の伐採・造材は主にチェーンソーで行われているが、機械伐採の比率を高める取り組みを実施。 • 北欧で主流となるCTLと併せ全幹集材も行われている。北欧メーカーの林業機械をドイツの市場に合わせスキッダとフォワーダの両機能を持つよう改造したものを導入。	• 国土に占める森林面積の割合は欧州域内では最も大きく、7割を超える。 • 平坦な地形を生かし、車両系作業システムが発達。地盤が頑強であるため、路網の拡大・車両の大型化により作業の効率化を実現。国内の施業はほぼ全てCTLシステムによって行われている。

Copyright Mizuho Research & Technologies, Ltd. All Rights Reserved.

海外調査ヒアリング先一覧

- 文献調査に加え、欧州の林業機械運用および法規制についてヒアリングを実施した。ヒアリング先は下記のとおり。

分類		ヒアリング先
林業機械全般	-	毛綱　昌弘氏 【林業機械】 （森林総合研究所林業工学研究領域長）
欧州における林業機械の活用状況	オーストリア、ドイツ	久保山 裕史氏 【林政】 （森林総合研究所林業経営・政策研究領域長）
	北欧、オーストリア	中澤 昌彦氏 【林業機械】 （森林総合研究所林業工学研究領域 収穫システム研究室 室長）
国内メーカー	林業機械メーカー	小松製作所(株)
	卸売事業者	(株)サナース
海外メーカー	欧州全般	Konrad社（本社：オーストリア）
	欧州全般	John Deere社
業界団体	ドイツ	ドイツ林業技術・機械協会
森林教育事業者	フィンランド	Riveria

Copyright Mizuho Research & Technologies, Ltd. All Rights Reserved.

２． 国内のホイール型林業機械活用状況

※主要な報告ページでは海外調査結果の参照先を記載しているので参照されたい。

Copyright Mizuho Research & Technologies, Ltd. All Rights Reserved.

国内のホイール型林業機械活用状況　調査項目

（１）ホイール型林業機械のタイプ

（２）ホイール型林業機械のメリット、活用に必要な条件

（３）国内の運用状況（作業システム）

（４）回送・公道走行

（５）調査結果詳細

① 導入経緯
② 保有形態・メンテナンス体制
③ 運用状況（作業システム）
④ 導入効果
⑤ 活用に必要な条件
⑥ 公道走行・運転免許
⑦ ホイール型機械の普及に向けた課題と必要な措置について

Copyright Mizuho Research & Technologies, Ltd. All Rights Reserved.

（１）ホイール型林業機械のタイプ

海外動向：50頁参照

- 本報告書では、ヒアリング調査等で聞き取った国内に導入されているホイール型林業機械を下記の２種類に整理し、記述する。
- 現在主流の機械は、1990年代に使用されていたものに比べ、ホイール径が大きくなり走行性が向上している。

A. 海外製を中心とした大型ハーベスタ、フォワーダ

- 出力が大きくパワフルで、ハーベスタでは林内作業（乗り越え性能）、フォワーダはスピードに優位性がある。
- 車高、車幅等のサイズが大きく、幅広の林道が必要。

（例）GREMO 1050F4
長さ：8.925m　幅　：2.75m
高さ：3.66m　重さ：12.5t

※ホイールにチェーンやバンド等を履かせることで、登坂性が向上する

ホイール（＝タイヤ）

クローラ（＝カタピラ）

B. 海外製及び国内で近年製造された小型ハーベスタ、フォワーダ

- 出力は大型機械（タイプA）に劣るが、クローラ型の日本の林業機械にサイズが近く、サイズ面の課題は少ない。
- 建機ベースの国内製機械と比較して、スピードに優位性。

（例）IHI建機　F801
長さ：7m　幅　：2.27m
高さ：2.27m　重さ：8.8t

※F801は、前輪がホイール、後輪がクローラ

Copyright Mizuho Research & Technologies, Ltd. All Rights Reserved.

（１）ホイール型林業機械のタイプ

海外動向：53-55頁参照

国内で導入されている主なホイール型林業機械

タイプ	機械名	種別（車輪数）	質量･寸法	性能
A.	KONRAD Highlander HL10-1	ハーベスタ（4W）	重量：22.5t ※1 L7.43m×W2.95m×H3.81m	エンジン出力：175kw 走行速度：18km/h 最大アーム長：10.8m
	KONRAD Highlander HL20-1	ハーベスタ（6W）	重量：25.5t ※1 L8.62m×W2.95m×H3.81m	エンジン出力：212kw 走行速度：18km/h 最大アーム長：10.8m
	PONSSE FOX	ハーベスタ（8W）	重量：20.2t L8.18m×W2.64~2.93m×H3.66m	エンジン出力：150kw 最大アーム長：10～11m
	PONSSE BEAR	ハーベスタ（8W）	重量：24.5t L8.99m×W2995～3.13m×H3.88m	エンジン出力：240kw 最大アーム長：8.6～10m
	PONSSE BEAVER	ハーベスタ（6W）	重量：14.9t L7.07m×W2.6m×H3.7m	エンジン出力：129kw 最大アーム長：10m
	PONSSE BUFFALO	フォワーダ（8W）	重量：19.8t L9.61～10.77m×W2.90～3.09m×H3.86m	エンジン出力：210kw 積載量：14～15t
	PONSSE GAZELEE	フォワーダ（8W）	重量：14t L8.83～9.08m（＋sliding bunk 0.61m） ×W2.45~2.69m×H3.71m	エンジン出力：129kw 走行速度：23km/h 積載量：10t
	GREMO 1050F4	フォワーダ（4W）	重量：12.5t L8.24～8.93m×W2.58～2.75m×H3.66m	エンジン出力：120kw 最大積載量：10.5t
B.	SAMPO SR1046Pro	ハーベスタ（4W）	重量：8.5t L8.7m×W2.3m×H3.1m	エンジン出力：73.5kw 作業半径：7.1m
	VIMEK 608	フォワーダ（6W）	重量：3.5t L6.2m×W1.9m×H2.6m	エンジン出力：18kw 最大積載量：4,500kg 作業半径：5.2m
	VIMEK 610 BioCombi	ハーベスタ（6W）	重量：4.995t L6.9m×W1.9~2.0m	エンジン出力：50kw 積載量：5t
	F801	フォワーダ （2W＋クローラ）	重量：8.8t L7m×W2.27m×H2.7m	エンジン出力：122kw 積載量：6～7m^3 走行速度：13～15km/h

※1：牽引ウインチ、クラムバンク、ハーベスタヘッドを含む重量

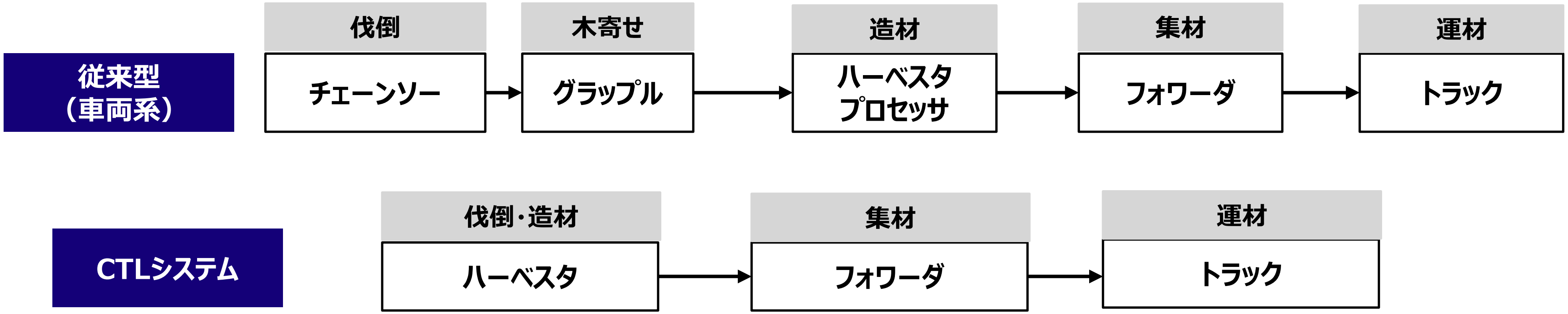
（出典）各社ウェブサイト、パンフレットよりみずほリサーチ＆テクノロジーズ作成

Copyright Mizuho Research & Technologies, Ltd. All Rights Reserved.

（２）ホイール型林業機械のメリットと活用に必要な条件

- ホイール型林業機械のメリット
  - ✓ ヒアリング結果によると、ホイール型林業機械の活用により、以下の効果が期待できる。
    - **大型機械（タイプA）の場合、乗り越え性能が高く林内走行が可能**である。そのため、従来型の作業システムに比べ、ハーベスタとフォワーダのみの**作業システム（CTL）の実施により、少人数での素材生産を実現**し、生産性の向上に貢献する。また、**油量が多いため出力が大きく、個別作業のサイクルタイムが短い**ことから、**生産性が向上**する。
    - キャビン内で全ての作業を完結できることから、**安全に伐倒でき、夏場の暑熱対策等による労働負荷改善が期待できる。**
    - 走行性能の高さは、**ハーベスタの林内移動やフォワーダの林道移動に貢献するほか、燃費面でもメリット**となる。

- CTLシステム
  - ✓ 従来型の作業システムでは、作業工程ごとに機械を使い分けるため複数の機械が必要だが、ホイール型のハーベスタ、フォワーダを活用したCTLシステム※では、伐倒・造材・集材を２台で完結できる。



※CTLシステム： 短幹集材（Cut To Length）システム。一般的なCTLシステムは、ハーベスタで林内に入り、伐倒、枝払い、造材を行ったのち、フォワーダで集材し、林内で造材まで終えるシステムである。

Copyright Mizuho Research & Technologies, Ltd. All Rights Reserved.

（２）ホイール型林業機械のメリットと活用に必要な条件

海外動向：40-47頁参照

■ 活用に必要な条件

✓ ヒアリング結果によると、ホイール型林業機械を国内において有効に活用するためには、以下の条件が必要となる。

ホイール型林業機械の普及に向けた条件の整理

	具体内容
林道	■大型機械（タイプA）では、走行可能な幅の林道が重要となる。
施業量	■ **大型機械（タイプA）のハーベスタは生産性が高く、その能力を発揮するには、施業地の安定的かつ面的な確保が重要**である（例えば、10ha以上が望ましいという声があった）。 ■ 大型機械（タイプA）のハーベスタは旋回半径が大きいため、**皆伐施業が向いている**。ただし 、**4輪駆動の機械や小型機械（タイプB）は旋回半径が小さいため、間伐が可能**である。
傾斜	■**緩傾斜が理想**とされているが、ハーベスタを利用している施業地の傾斜は、10度以下～25度程度までと幅があった。20度以上でも走行は可能であるが、走行速度が遅くなる、造材を行うスペースの確保が難しくなる等の作業上の制約が大きくなる。**傾斜が大きい施業地では、ウインチアシスト機能を活用**。
土壌条件	■**作業道への影響について**、泥炭質な北海道では雨が多い場合や雪解け時の作業道走行は**設置圧の低いクローラ型が良い**という声が聞かれる一方、**クローラ型と対応は同様**、クローラ型より設置圧が低いためホイール型を導入したという声も聞かれ、土壌条件・導入機械により**意見が異なる状況**。作業道への影響を回避するために、**6・8輪の機械を活用する、作業道に丸太や枝条を敷く**といった対応が行われている。

MIZUHO
Copyright Mizuho Research & Technologies, Ltd. All Rights Reserved.

（3）国内の運用状況（作業システム）

海外動向：40-47頁参照

- ホイール型林業機械により、**CTL（Cut to Length）システムで施業が行われていた。**一般的なCTLシステムは、ハーベスタで林内に入り、伐倒、枝払い、造材を行ったのち、フォワーダで集材するシステムである。
  - ✓ ホイール型林業機械は主に緩傾斜地で活用されているが、傾斜が急となる場合にも、**ウインチアシスト※機能を用い傾斜を下り伐採できる場合があり、35度程度の傾斜でも可能な場合がある。**ウインチやアンカーによる力はあくまでも補助であり、作業機自身の駆動力の発揮が求められることから、林地の表面の支持力が十分であり、作業機の自重が地表面で支えられることが必要である。
  - ✓ ハーベスタの生産性の高さから、ホイール型のフォワーダ1台では足りず、他のフォワーダを組み合わせて使用している例も見られた。

- 急傾斜地では、**チェーンソー伐倒しハーベスタで造材する**など、必ずしもCTLではない作業システムも見られた。
- バイオマス活用のため、ハーベスタで全木集材し造材した後、トラックで搬出するシステムも見られた。また、生産性の高さを活かし、土場でグラップルを利用する例も見られた。

	伐倒･造材		集材		運材
CTLシステム	ハーベスタ	→	フォワーダ	→	トラック

	伐倒･集材		造材		運材
ホイール型ハーベスタのクラムバンクスキッダ機能による全木集材	ハーベスタ	→	ハーベスタ	→	トラック

ウインチアシスト機能による傾斜地での活用

クラムバンクスキッダ機能による全木集材

※ウインチアシスト：ウインチ（ワイヤー）により、ハーベスタ等の林業機械を、アンカーとなる切株やウインチアシスト機械と連結することで、伐倒等の作業時のスリップや転倒を防止する方法。

（出典）ヒアリング調査結果、吉岡拓如ら（2020）『森林利用学』、KONRAD社パンフレットよりみずほリサーチ＆テクノロジーズ作成

Copyright Mizuho Research & Technologies, Ltd. All Rights Reserved.

（４）回送・公道走行

海外動向：57-58頁参照

- 機械の移動は、**低床トレーラー等に積載して回送する方法が主**である。
- ナンバーを取得して機械が自走する方法はほとんど行われていなかった。

- **長距離の移動となる場合は、トレーラーに比べた走行性能の低さなどから公道走行のニーズは低い一方、ナンバーを取得して自走する場合は、車検費用、タイヤの摩耗等によるメンテナンスが必要**となることに加え、ナンバー取得のために追加装備が必要となる場合もあり、手間に見合う効果が得られないという声が聞かれた。
- 一方で、**短距離の現場間移動、フォワーダでの木材搬出、回送時に林道の手前の公道が狭い場合に、トレーラーから下ろした後に公道を自走したいなどの声も聞かれた。**
- なお、公道を自走するためにはナンバーを取得することが一般的であるが、回送する際に、交通量の少ない林道手前の公道でトレーラーが通れない場合に、道路管理者等に許可をもらったうえで、誘導員を付けることで、自走した例も聞かれた。

- トレーラーによる回送についても、トレーラー積載時の寸法や重量が一定の値を超える場合は、特殊車両通行許可※1および制限外積載許可※2の申請が必要である。また、タイプAでは、低床トレーラーを用い、場合によりタイヤを外すなどの対応を行っている。

※1：高さ、幅、重量等の一般的制限値を一つでも超える車両（機械をトレーラー等に積載して輸送する場合は、積載した状態の重量・寸法）が公道を自走する場合には、道路管理者に特殊車両通行許可を得る必要がある。

※2：貨物を積載して車両を運転する（例：機械を低床トレーラーに積載して運転する）際に、当該貨物が分割できないものであるため、積載物の重量、大きさや積載の方法が、定められた制限を超えることとなる場合には、出発地を管轄する警察署長に制限外積載許可を得る必要がある。

（出典）林野庁「ホイール型林業機械及び大型の林業機械の走行・輸送に係る手続きについて」
（https://www.rinya.maff.go.jp/j/kaihatu/kikai/wheel.html）及びヒアリング調査結果よりみずほリサーチ＆テクノロジーズ作成

Copyright Mizuho Research & Technologies, Ltd. All Rights Reserved.

ホイール型林業機械の国内導入の課題と対応策

■ ホイール型林業機械の活用により、以下の効果が期待できる。

✓ 海外製の**大型機械（タイプA）の場合、乗り越え性能が高く林内走行が可能**である。そのため、従来型の作業システムに比べ、ハーベスタとフォワーダのみの作業システム（CTL）の実施により、**少人数での素材生産**を実現し、生産性の向上に貢献する。また、油量が多いため**出力が大きく**、個別作業のサイクルタイムが短いことから、**生産性が向上**する。

✓ キャビン内で全ての作業を完結できることから、**安全に伐倒**でき、夏場の暑熱対策等による**労働負荷改善**が期待できる。

✓ 走行性能の高さは、ハーベスタの林内移動や**フォワーダの林道移動に貢献**するほか、燃費面でもメリットとなる。

■ ホイール型林業機械を導入するにあたって、ヒアリングで挙げられた課題と対応策を以下のとおり整理した。

	導入検討	購入	搬送	現場運用	故障時
課題	製品・運用・保守に関する情報が少なく、導入の可否が判断しにくい	従来型機械と比較して価格が高い	車幅・車高・重量が大きく、現場までの回送が困難な場合がある	・地形・地質条件から、導入できる現場に制限有。施業地の安定的・面的確保が必要 ・土壌/林道の損傷	製造元のメーカーにメンテナンスを頼むと、コストが高くなる
対応策	• インターネットや海外の展示会への参加等による積極的な情報収集 • 導入事業体の視察	• 事業量の確保 • 補助金の活用 • リース等保有形態の工夫	• 現場周辺の道路状況等も勘案した機械の導入 • 道路管理者等と調整した走行	• タイヤへの滑り止めベルト等の着用、ウィンチアシスト機能の活用 • 強固な作業道の作設 • 作業道に枝条等を敷設 • 尾根に道をつけ林内作業道は減らす等、作業システム・インフラの対応	• 機械メーカー・代理店等との協力を含めたメンテナンス体制構築（欧州での研修への地元機械メーカーの同行等） • 軽微な故障等は自社でメンテナンスを実施

■ ホイール型林業機械の導入拡大に向け、メリットや制度について周知が必要。

（参考）林野庁HP　ホイール型林業機械及び大型の林業機械の走行・輸送に係る手続きについて
https://www.rinya.maff.go.jp/j/kaihatu/kikai/wheel.html

Copyright Mizuho Research & Technologies, Ltd. All Rights Reserved.

国内のホイール型林業機械活用状況　調査項目

（１）ホイール型林業機械のタイプ

（２）ホイール型林業機械のメリット、活用に必要な条件

（３）国内の運用状況（作業システム）

（４）回送・公道走行

（５）調査結果詳細

- **① 導入経緯**
- **② 保有形態・メンテナンス体制**
- **③ 運用状況（作業システム）**
- **④ 導入効果**
- **⑤ 活用に必要な条件**
- **⑥ 公道走行・運転免許**
- **⑦ ホイール型機械の普及に向けた課題と必要な措置について**

Copyright Mizuho Research & Technologies, Ltd. All Rights Reserved.

①導入経緯

- 最大の導入検討理由は**高い生産性への期待**であった。また、施業の際に乗降が必要なく、単独で作業可能であることから、**かかり木処理等による労働災害を防ぐため**に導入を検討した経営体、**搬出距離の拡大への対応のため**に導入を検討した経営体も存在した。
- 導入に当たっては、**インターネットや国内の林業機械展を通じた情報収集、海外視察、国内先行事業体の視察**等を通じて情報収集を行っていた。

- ヒアリング結果の詳細は以下の通り。
  - ✓ **作業機械・人員数を減らした作業システム**を検討したことが契機。**オーストリアで急傾斜の施業地を見学**し、日本での活用可能性があると感じた。また、バイオマスへの活用をねらい、枝条利用を想定した全木集材を行うことを検討した。全木集材にクラムバンクスキッダ機能が適していると判断した。
  - ✓ 従来の林業機械では、林内走行力に課題があり、伐倒できる範囲が作業路網周辺に留まることから、**林内走行可能なハーベスタ**の導入を検討。仮にハーベスタが林内でくまなく伐倒・造材した場合、短幹材の木寄せ工程が発生し効率が落ちるため、合わせて林内走行性の高いフォワーダが不可欠と判断した。
  - ✓ **かかり木処理等による労働災害を防ぐ**ことが、機械化の大きなモチベーションであった。
  - ✓ 近年搬出距離が長くなっており、クローラタイプだと林道の路面を傷つけるということもあり、ホイールタイプを探していた。
  - ✓ **インターネットや国内の林業機械展、既に導入した会社の視察等**を通じて情報収集を行った。

Copyright Mizuho Research & Technologies, Ltd. All Rights Reserved.

②保有形態・メンテナンス体制

海外動向：51-52頁参照

- **購入またはリースで導入。**特に購入の場合は補助金を活用している場合が多かったが、補助金を使用していない経営体もあった。
- **メンテナンスについては、メーカー・代理店に頼む場合に加え、経費削減のため自社で行う経営体もみられた。**
- **部品取り寄せに時間がかかるという声もあったが、国内のサービスチームがストックを有している、空輸のため対応が早いという声もあった。**海外研修への同行等を通じて、自社のみならず協力先である機械メーカーのキャパシティビルディングを行い、安定的な体制構築を目指す経営体も存在した。

- ヒアリング結果の詳細は以下の通り。　※青字は機械メーカー等へのヒアリング結果を示す
  - ✓ 補助金等は使用せず、リースで導入。メンテナンスについては基本的にオペレーター自身が実施しており、部品のみ代理店から購入している。専門の企業にメンテナンスを依頼すれば手間は少ないが、費用が高くなり、オペレーターの教育にも繋がらない。
  - ✓ 作業システム・メンテナンスにおいて工夫が可能な事業体でないと難しいのではないか。**海外製の林業機械は情報が少ないため、積極的に情報収集を行い、低コスト化の工夫を検討**することが求められる。
  - ✓ 林野庁の補助金を利用し、購入して導入。導入時には、**海外の機械メーカーに依頼し研修を実施。海外の林業機械メーカーでは、販売先の事業体に操作方法等の研修を実施することは一般的なことと認識**している。加えて、**海外での研修の際にはオペレーター等を向かわせるだけではなく、地元の機械メーカーに同行してもらい、国内でのメンテナンス体制の構築の検討**を実施した。
  - ✓ MT車でありオペレーターの運転技術が必要となるフォワーダではトラブルが頻発した。**オペレーターへの研修は有効な取組**と考えられる。
  - ✓ 補助金等は使用せず、代理店のルートで購入。メンテナンス用部品も代理店経由で購入しているが、割高と感じている。
  - ✓ 機械のメンテナンスについて、当社には修理専門の部署があり、基本的にそちらで対処。対処できないときは国内代理店で対応してもらっている。また部品についても海外から航空便で送ってもらうため対応が早く、特段困っていることはない。
  - ✓ ホイール型は海外製の機械が多いのでメンテナンスが大変（部品取り寄せに時間を要する等）。
  - ✓ ほとんどの場合は補助金を活用するため、必然的に購入が主である。リースの場合、一部期間を決めて補助する、ということもあったと記憶している。
  - ✓ メンテナンスについて、基本的には国内のサービスチームが提供するシステムになっており、パーツについても国内にストックを有している。想定を超える構造的故障がある場合はメーカーからの技術者を呼び、対策を検討することもある。

Copyright Mizuho Research & Technologies, Ltd. All Rights Reserved.

③運用状況（作業システム）

海外動向：40-47頁参照

- ホイール型林業機械により、**CTL（Cut to Length）システムで施業が行われていた。**一般的なCTLシステムは、ハーベスタで林内に入り、伐倒、枝払い、造材を行ったのち、フォワーダで集材するシステムである。
  - ✓ ホイール型林業機械は主に緩傾斜地で活用されているが、傾斜が急となる場合にも、**ウインチアシスト機能を用い傾斜を下り伐採できる場合があり、ドイツ・オーストリア等では16度以上の傾斜で使用した事例がある。**
  - ✓ ハーベスタの生産性の高さから、ホイール型のフォワーダ1台では足りず、他のフォワーダを組み合わせて使用している例も見られた。
- 急傾斜地では、**チェーンソー伐倒しハーベスタで造材する**など、必ずしもCTLではない作業システムも見られた。
- バイオマス活用のため、ハーベスタで全木集材し造材した後、トラックで搬出するシステムも見られた。また、生産性の高さを活かし、土場でグラップルを利用する例も見られた。

- ヒアリング結果の詳細は以下の通り。
  - ✓ 基本的には**伐倒・集材・造材をするオーストリア製ハーベスタと、巻き立て用のグラップルの二つの機械と二人のオペレーター**で作業。ハーベスタで伐倒し、ハーベスタについているクラムバンクスキッダで土場まで全木集材し、造材を行う。グラップルは土場で巻き立て・枝条整理等を行うシステムである。
  - ✓ **傾斜が25度以上の現場では伐倒はチェーンソーで行い、ハーベスタはウィンチ・スキッダでの集材や土場での造材に活用**している。
  - ✓ ハーベスタとフォワーダによるCTLシステムで運用。**森林作業道上でグラップルやプロセッサの機能のみを用いるならば、通常のグラップル・プロセッサの方が効率的であり、CTLのようなシステムでないと活かしきれない**のではないか。
  - ✓ ハーベスタで伐倒・集材・造材を行い、フォワーダに積み込んで搬出するCTLシステムで運用している。
  - ✓ 運搬可能なサイズの中で大きなドイツ製のホイール型ハーベスタを導入し、主に伐倒に使用。２名のオペレーターで、４台（油圧ショベル２台、ブルドーザー１台、ホイール型ハーベスタ１台）の機械を組み合わせて作業している。

Copyright Mizuho Research & Technologies, Ltd. All Rights Reserved.

③運用状況（作業システム）

- ヒアリング結果の詳細（つづき）
  - ✓ 傾斜のある現場では、伐倒（チェーンソー）→木寄せ→造材（ハーベスタ）→集材（フォワーダ）。傾斜が緩い現場では、伐倒・造材（ハーベスタ）→集材（フォワーダ）という施業体系である。
  - ✓ 傾斜地で重機をウインチで牽引する機械を導入。傾斜が緩やかな現場では横方向にコースを入れて伐っていくのが主流だが、傾斜のあるところでは縦方向に伐るため、活用が期待できる。
  - ✓ ホイール4輪で小回りが利き、アームが10m伸びるのでピンポイントで伐採可能。間伐（定性も行ったことがあるが基本的に列状間伐）も可能。
  - ✓ 施業は基本的にオーストリア製ハーベスタを使っているが、今後、起伏に合わせて対応しきれない所はタワーヤーダでの対応を考えている。
  - ✓ 傾斜は急な部分で24度程度。**尾根に道を通し、ホイール型ハーベスタがウインチアシスト機能を使って斜面を下り、林内で伐倒して全幹で作業道まで引き上げて造材（又はグラップルで造材）し、クローラ型フォワーダで集材**している。なお、**ホイール型フォワーダが林内まで入って集材することも可能**。
  - ✓ ８輪型のホイール型フォワーダを３台使用。0.45サイズのバックホウヘッドを交換しハーベスタやプロセッサとして使用。**ハーベスタとフォワーダの現場導入の比重は、現場条件にもよるが、通常は１機に対して１機**。皆伐や搬出路が長いなどの条件によってはハーベスタ１機に対してフォワーダ２機といったところもある。**ハーベスタは林内メイン**で使っている。
  - ✓ **欧州では、CTLもしくはタワーヤーダによる作業システムが一般的**であった。**CTLの限界は20度程度と言われていたが、最近はウィンチアシストによるシステムも普及が進んでおり、35度程度まで可能**となっている。

MIZUHO
Copyright Mizuho Research & Technologies, Ltd. All Rights Reserved.

④導入効果

- ホイール型機械の効果として、**乗り越え性能が高く林内走行が可能**である点、**新しい作業システム（CTL）の実施により、少人数での素材生産を実現**し、生産性の向上に貢献する点が挙げられた。**特に海外製の大型機械（タイプA）の場合、油量が多いため出力が大きく、個別作業のサイクルタイムが短い**ことから、**生産性が向上**している。
- キャビン内で全ての作業を完結できることから、**安全に伐倒でき、夏場の暑熱対策等による労働負荷が改善**したという声があった。
- 走行性能の高さは、**ハーベスタの林内移動やフォワーダの林道移動に貢献するほか、燃費面でもメリット**となる。
- 10tトラック等の大型運材車が林内には入れない場合、ホイール型林業機械を用いることで、大型のトラックに積み込み可能な土場まで運ぶことができれば、効率改善に大きく貢献する可能性もある。

- ヒアリング結果の詳細は以下の通り。
  - ✓ 傾斜が20度程度の皆伐現場で生産性を計測した際は、**国が公表している標準的な1人日当たりの出材量の4～5倍程度**であった。これは、従来システムより人が少なく、かつ作業自体も効率化されているためである。
  - ✓ **安全にキャビン内で作業でき、また夏期や冬期における労働負荷が改善**された。加えて、切株を難なく乗り越えるため林内走行が容易である。
  - ✓ 安全性という面でのメリットはやはり非常に大きい。ホイール型林業機械の**生産性のメリットが大きくないにしても、機械を用いて伐採作業ができるのであれば、労働災害は減少すると考えており、有意義**と考えている。
  - ✓ ホイール型のメリットは**速度が速く走行に安定性がある**点、**操作時に乗り降りが不要**な点である。また、フォワーダは10t程度積載できるため、**運搬効率が良い**こともメリットである。
  - ✓ ホイール型ハーベスタは６輪駆動、林内で10-20km/hで走行可能、傾斜は約20度まで走行可能。**スピードがあることに加え、少ない人数で安全かつ快適に作業が可能**。
  - ✓ クローラ式フォワーダの場合、積込のためにキャビンから出てクレーンを操作する必要があり、天候によるストレスや危険もあるが、スウェーデン製フォワーダはキャビンの運転席から降りずにクレーンを操作できるのでストレスなく積込可能。

Copyright Mizuho Research & Technologies, Ltd. All Rights Reserved.

④導入効果

■ ヒアリング結果の詳細は以下の通り。（つづき）

- ✓ 林道において、10tトラック等の大型機械が入れるような設計になっていない施業地は多い。施業地内の土場まで原木を運べたとしても、以降は一度小さいトラックで運ぶ必要があるため、そのコストは馬鹿にならない。**大型のトラックに積み込みが可能な土場までホイール型機械を用いて運べるのであれば、コスト低減に繋がる**ためメリットがあると思う。
- ✓ ホイール型のフォワーダは、クローラ型の場合路網を作らないと集材できないような施業地でも、**林内に入り集材できる**点が特徴である。また、**燃費においても海外製の大型ホイール型機械は大きなエンジンを積んでいることが多く、低い回転数でトルクを出せる為、燃費が良いのが利点**ではないか。クローラ型と比較して燃費性能が2倍程度になることもある。走行速度もおよそ倍程度は出るため、走行に関しては概算で４倍程度の効率を達成することが可能ではないか。
- ✓ まっすぐ走行する方がホイール型は得意であり、特別なスキルも必要ないものと認識している。ホイール型機械はキャビン内で全ての作業を実施でき、また視野も広くとれるため、作業環境の快適性という利点もある。

Copyright Mizuho Research & Technologies, Ltd. All Rights Reserved.

⑤活用に必要な条件（再掲）

- 活用に必要な条件
  - ✓ ホイール型林業機械を国内において有効に活用するためには、以下の条件が必要となる。

ホイール型林業機械の普及に向けた条件の整理

	具体内容
林道	■大型機械（タイプA）では、走行可能な幅の林道が重要となる。
施業量	■ **大型機械（タイプA）のハーベスタは生産性が高く、その能力を発揮するには、施業地の安定的かつ面的な確保が重要**である（例えば、10ha以上が望ましいという声があった）。 ■ 大型機械（タイプA）のハーベスタは旋回半径が大きいため、**皆伐施業が向いている**。ただし 、**4輪駆動の機械や小型機械（タイプB）は旋回半径が小さいため、間伐が可能**である。
傾斜	■**緩傾斜が理想**とされているが、ハーベスタを利用している施業地の傾斜は、10度以下～25度程度までと幅があった。20度以上でも走行は可能であるが、走行速度が遅くなる、造材を行うスペースの確保が難しくなる等の作業上の制約が大きくなる。**傾斜が大きい施業地では、ウインチアシスト機能を活用**。
土壌条件	■**作業道への影響について**、泥炭質な北海道では雨が多い場合や雪解け時の作業道走行は**設置圧の低いクローラ型が良い**という声が聞かれる一方、**クローラ型と対応は同様**、クローラ型より設置圧が低いためホイール型を導入したという声も聞かれ、土壌条件・導入機械により**意見が異なる状況**。作業道への影響を回避するために、**6・8輪の機械を活用する、作業道に丸太や枝条を敷く**といった対応が行われている。

Copyright Mizuho Research & Technologies, Ltd. All Rights Reserved.

⑤活用に必要な条件

■ ヒアリング結果の詳細は以下の通り。

【林道】

✓ 国内製の半クローラ型（前輪がホイール、後輪がクローラ）のフォワーダは、アーティキュレート方式で中折れし、旋回半径が小さくできる。14度の勾配を上がることも可能だが、トラックでは10度以下でないと登れない。

✓ **30～40年前につくられた林道が多くある地域では、大型機械が入れるような設計になっていない。**

✓ **日本の作業道のうち8～9割くらいはクローラ型でしか入れない。**0.9クラスの機械を入れる場合、機械後部に飛び出る部分があるので旋回半径が大きくなり、通常の作業道では旋回の際に切土面に当たってしまう。

✓ 現場を選ぶという点が一番の課題になっている。トレーラーで回送する際、公道がすべて2車線以上であれば良いが、そうではない。**施業地の環境に加えて、施業地間の移動についても課題があると認識**している。

✓ ホイール型機械は中折式のため、トラックでは曲がれない道でも曲がることができる。

✓ スイッチバックを行う必要があるような路網では、その場で回転も可能なクローラ型の方が効率的な場合もある。

※タイプAの林業機械では、キャビンまたは座席が回転するものも多い。

✓ ホイール型機械が特に設置圧が高いということはなく、作業道への影響はクローラ型でもさほど変わらないと考えている。ホイール型の場合ステアリングを切る作業等が必要となるため、これまで不十分であった道の整備が求められているのではないか。

【施業量】

✓ **施業地の安定的な確保は前提条件**と考えている。立木買いで施業地の面積を確保しているが、民有林では隣接している森林の林相の違いから、施業のタイミングが重ならないことが多く、広い面積を一回で確保するのは難しいかもしれない。

✓ **施業地は10ha以上あると望ましい**のではないか。**一定以上の道幅が必要なため間伐は難しく、基本は主伐ではないか。**

✓ 旋回半径が大きく、**皆伐施業でなければ大型機械を活用することは難しい。**

✓ **ホイール4輪で小回りが利き**、アームが10m伸びるのでピンポイントで伐採可能。**間伐**（定性も行ったことがあるが基本的に列状間伐）も可能。

✓ **保有機械とバランスのとれた作業量を確保することも必要。**

Copyright Mizuho Research & Technologies, Ltd. All Rights Reserved.

⑤活用に必要な条件

海外動向：40-47頁参照

■ ヒアリング結果の詳細（つづき）

【傾斜】

- ✓ ホイール型ハーベスタを導入する**環境的な要件としては、地形、土壌という順で検討が必要**だろう。環境的には北海道や長野などは導入がしやすいのではないか。ホイール型ハーベスタ**で対応できる傾斜の限界は25度くらい**と感じている。傾斜が25度以下の現場では、ウィンチアシスト無しで走行している。感覚的なものではあるが、**ウィンチアシストを使えば35度程度まで走行できるのではないか**。オーストリアの急傾斜地での作業を見て導入に踏み切ったが、実際に導入してみると**特に傾斜地の登坂性能については、泥炭質な北海道と乾燥･岩石質のオーストリアの土壌で異なっていた**。
- ✓ **特に20度未満の緩傾斜の施業地で活躍できる。傾斜が急であっても走行不可能ではないが、作業性等の制約が大きくなる**。特にロングリーチハーベスタは集材場所により造材の生産性が変わるため、**良い造材場所を確保できるかが重要**である。
- ✓ ホイール型ハーベスタ及びフォワーダは、**走行時は傾斜30～35度程度、伐倒時は傾斜15度程度まで対応可能**。例えば**6輪であれば、前2輪にボギーバンド、後輪にチェーンを装着することで登坂性が向上**する。15度～20度程度の傾斜地であれば走行可能であるが、この傾斜になると伐倒作業はチェーンソーで行い、ハーベスタは造材作業に用いる。８輪のほうが複雑な傾斜地でも安定する。
- ✓ **４輪の場合10度以下の緩傾斜の現場が理想であり、土壌の含水率に大きく影響を受けるのでぬかるみにくい尾根地形付近が良い**。フィンランド製ハーベスタの実証試験地では22度程度でも作業可能であったが、実際の運用では15度が限界ではないか。６輪のスウェーデン製フォワーダは傾斜が20度程度でも問題なく登れるが、エンジン出力が小さいので極端に走行速度が遅くなってしまう。
- ✓ 欧州では、車載の角度計においては**42～48度でもウィンチアシストを使って走行**している。**林道は尾根沿いに走っていることが多い**と認識しており、**急傾斜の場合はウィンチを使って上から機械が下りてくるような作業システムが多い**。
- ✓ ウィンチで傾斜に対応しようと思うと、導入のハードルは少し上がる。導入自体は可能かと思うが、まずは緩傾斜から導入するのが良いのではと考えている。地質等への対応としては、**滑りにくくなるようにホイールにチェーンを付けたりということで、各地の条件に合ったものを提供**している。環境に合わせて導入することが重要だろう。

Copyright Mizuho Research & Technologies, Ltd. All Rights Reserved.

⑤活用に必要な条件

- ヒアリング結果の詳細（つづき）

【土壌条件】

- ✓ **導入に際しては傾斜と地質が重要な変数**になる。ぬかるみ等に影響する地質については、**作業道上での作業には設地圧の削減が必須であり、6・8輪化とボギートラックの装着は重要**。ただし、ボギートラックを装着しても道を傷つけてしまう場合があるほか、**雨が多い・雪解け等でのぬかるみの問題もあり、そういった場合にはクローラ型を使うのが適切**と考えている。
- ✓ ホイール型ではスピードのメリットはあるかと思うが、補修頻度の兼ね合いもあり、必ずしもクローラ型と比べて優れているとは言い切れない。**泥になりやすい施業地では末木や枝条を敷き詰めて強固な作業道を整備するが、その場合でも大型車両が通過すると壊れる危険性**がある。
- ✓ 大分県は火山灰土壌が多く、また**車体も重くチェーンを巻いて走行するため、特に雨天時には作業道が相当程度掘れてしまう**。クローラ型機械と比較すると、作業道の修繕が発生する場合は多いかもしれない。
- ✓ ホイールだから泥濘にはまってスタックするということはほぼ無く、**走行が不安な箇所はオペレーターが自身で丸太を敷くなどして走行**する。
- ✓ ボギーがあるため、**切り株などを安定して乗り越えることが出来る。ホイール周りに履帯（チェーン）を履かせることによって、接地圧を弱めつつ、ボギーによって林内走行が可能**となっている。いずれのホイール型機械も、履帯（チェーン）を履かせて作業することがほとんどである。
- ✓ ホイール式のハーベスタは**切り株を乗り越えながら林内走行できることがメリット**。ただしある程度路盤を強化しないと沈み込んでしまうため、頑強な作業道でないと厳しい。デメリットは、油圧ショベルのようにくるりと後ろを向くことはできないこと。クローラ式もホイール式も両方使える方が良い。

Copyright Mizuho Research & Technologies, Ltd. All Rights Reserved.

⑥公道走行・免許取得

海外動向：57-58頁参照

- 機械の移動は、**低床トレーラー等に積載して回送する方法が主**であり、ナンバーを取得して機械が自走する方法はほとんど行われていなかった。
- 一方で、**短距離の現場間移動、フォワーダでの木材搬出、回送時に林道の手前の公道が狭い場合に、トレーラーから下した後に公道を自走したい**などの声も聞かれた。

- ヒアリング結果の詳細は以下の通り。
  - ✓ ホイール型ハーベスタの回送頻度は4～5回/年程度であり、うち、公道走行が有用と考えられる近距離の移動が1～2回/年程度である。上述の程度の頻度であるため、ナンバー取得のための追加費用（ブレーキやウィンカー等の装備の追加、メンテナンスの必要性、タイヤの摩耗、免税軽油対象外になる等）に対して見合う効果が得られるかは難しく、ナンバー取得には固執していない。
  - ✓ 短距離の移動では公道走行が有利ではないかという仮説の下にナンバーの取得を実施したが、最終的には回送の方が楽という結論になった。ホイール型の走行速度は一般車に比べると非常に遅く、またアーム等の装備の影響もあり公道走行の運転自体が難しい。ホイール型フォワーダはホイール型ハーベスタと比較して走行しやすいが、前輪にチェーン・後輪にボギートラックがあり、着脱の必要がある点はネックである。
  - ✓ 回送頻度は2～3ヵ月に一回程度であり、業者に依頼し超低床トレーラーを用いて運搬を行っている。ホイール型機械が公道走行を行い、次の現場に移動可能なケースは少ない。
  - ✓ 回送の際、トレーラーが通れない場合に、道路管理者等に許可をもらったうえで誘導員を付けることで、交通量の少ない箇所であれば自走する許可を得られるケースもあるが、幹線道路等では難しいだろう。
  - ✓ 現場までの機械の運搬は低床トレーラーに積載して行い、林道のゲートから現場（6km程度）は自走。トレーラーが行きついた先にも公道がある場合や、向かいの現場に移動する際に公道を挟む場合もある。ナンバーを取得すると、そういった細かな移動に対応できるというメリットがある。なお、ナンバー取得できたとしても、ホイール型機械の最高速度は10~20km/hであり長距離を自走することは出来ないため、事務所から現場までなど拠点間の移動はトレーラーによって輸送することとなる。
  - ✓ ６ｔのチェコ産フォワーダについて、ナンバーを取得して自走している。長い距離や通行量の多い一般道は低床トラックで輸送している。

Copyright Mizuho Research & Technologies, Ltd. All Rights Reserved.

⑥公道走行・免許取得

- ヒアリング結果の詳細（つづき）
  - ✓ 車検代や維持費の負担が大きいため、ナンバーは取得していない。理想は、ナンバーを取得して近場であれば現場間の移動は自走させたい。なお、ナンバーを取得しても、国道など通行量の多い道路や距離がある場合はトレーラーで輸送することになる。
  - ✓ 北海道以外では国道や県道でもトレーラーが侵入できない道が多くあり、そういった場合に備えてホイール型のナンバーを取得しておくというのは、コンプライアンス的にも理解できる。
  - ✓ ナンバーを取得して公道走行する意向はある。公道を自走できれば、トレーラーで運搬する必要がなくなるので、数百m離れている２つの現場を掛け持ちして作業することが出来る。
  - ✓ ハーベスタはナンバーは取得していない。フォワーダについてはウィンカー等が備わっておりナンバー取得自体は可能。機械メーカーとの打ち合わせの時にナンバー取得すると免税軽油が適用されないと聞いて断念。ハーベスタは山中での使用が主なので、ナンバー取得に関してはフォワーダの方が望ましい（総走行時間の1/3位は公道を走行するため、ハーベスタに比べナンバー取得のニーズが高い）。
  - ✓ ホイール型はいずれもナンバーなし。理由としては免税軽油の対象外※となることや、自賠責保険等さらなる経費も掛かってくるため。

    ※林業機械が公道走行する場合、公道走行以外の作業について免税軽油の対象となるかどうかは都道府県によって異なる

MIZUHO
Copyright Mizuho Research & Technologies, Ltd. All Rights Reserved.

⑥公道走行・免許取得

- ホイール型林業機械の公道走行にあたっては、**基本的には大型特殊免許取得が必要**となる※。ホイール型林業機械が公道走行しない場合も、トラックやトラクターの運転等のために免許を取得する例が見られた。
- アンケート調査結果によると、大型林業機械の公道走行に必要な運転免許（大型特殊免許等）の取得状況については、**全体の約64%が免許取得意向ありだが、うち約47%は実際の取得が限定的（一部の現場作業員のみ取得に留まる、ほとんどの現場作業員が未取得）との回答**であった。取得意向なしの回答の中には、保有機械がナンバーを取得していないといった理由があった。
- また、大型特殊免許取得の意向がある事業体のうち、**約51%は取得に課題が無い**との回答だった。取得に課題があるとした事業体は約44%であったが、課題として**「取得費用」と「取得に要する時間」**が挙げられた。
  - ✓ 特に費用面では、取得費用を会社が負担する事業体においては、免許取得後の離職により経費が無駄になることが指摘された。費用自己負担の事業体では、それゆえに免許取得が進まない、会社としても積極推進できないといった声があった。
- 一方、ヒアリング調査では、実際に大型特殊免許を取得している事業体では、免許取得に関する課題を挙げる事業体はなかった。結果の詳細は以下の通り。
  - ✓ トラクターの運転のためにけん引免許と大型特殊の免許を社員に取得させている。隣町に免許センターがあるため、免許取得に対して大きなハードルは感じなかった。
  - ✓ 課題があるとすれば値段のみであり、コスト以外に大きなハードル感はない。
  - ✓ **大型特殊免許を有しているのはトラックに乗車する社員のみ**である。取得ニーズが無いわけではないが、ナンバーを取得した場合に発生する車検対応の費用や手間と、使用頻度との兼ね合いで決まるのではないか。
  - ✓ ホイール型機械が自走しない限り、大型特殊免許自体はほとんど使わないが、免許を取得しておくと車両系木材伐出機械特別教育の期間が短くなる（１週間→２日）ことから、先に大型特殊免許を取っておく場合が多い。
  - ✓ 大型特殊免許、牽引免許を取得済み。免許は必要となれば取得するもので、むしろオペレーターとしての教育が重要。
- なお、大型特殊免許を取得しておらず、当初、取得時間に課題があると考えていた事業体において、ヒアリングで話を聞いてみたところ、大型特殊免許取得の手続や免許取得に必要な時間等を理解していないところがあった。
- これらの結果から、大型林業機械の公道走行に必要な運転免許の取得にかかる費用や時間等の**手続について、まずは林業事業体に分かりやすく周知する必要**があると考えられる。

（出典）林野庁「ホイール型林業機械及び大型の林業機械の走行・輸送に係る手続きについて」

Copyright Mizuho Research & Technologies, Ltd. All Rights Reserved.

⑦ホイール型機械の導入・普及に向けた課題と必要な措置について

- ホイール型林業機械の導入・普及に向けて必要な要素と措置について、ヒアリングで得られた意見は以下の通り。
  - ✓ **ウィンチアシストが普及すれば、傾斜の強い場所での機械の運用に対する考え方も変わっていく**のではないか。**尾根に道を付けて林内の作業道は減らす、といった作業システム・作業インフラの変更を柔軟に行う必要がある**だろう。また、走行速度を出せない場所であればクローラ型でも問題はないのではないか。**導入前にあきらめるのではなく、どうすれば導入・活用できるかを、他要素である作業システム等の変更も視野に入れて検討する**ことが肝要である。
  - ✓ 傾斜地での作業をウインチで支える**ケーブルアシストのオプションを付ければ北海道以外の傾斜地で活用できる場合**もある。
  - ✓ ホイール型機械の場合、**緩傾斜地が向いていることは確かであるが、国内に緩傾斜地の林分が潤沢にあるわけではなく、そこに帰結するような事例のみでは普及は難しい**だろう。当社としては、**ある程度傾斜がきつい施業地において**どの程度生産性を挙げられるかや、他の機械との組み合わせにより施業地全体でどこまで生産性を挙げられるか等に注目して**検証を行っている。**
  - ✓ **機械の価格が高い。**海外製の機械を導入しているが、日本の山には大きすぎると感じる。一方、国産の機械は建設機械がベースでありパワー不足で登坂性も低く、海外製機械の性能とは比べものにならない。
  - ✓ ヘッドの性能をフル活用するためには、油圧などの問題から、本来の林業専用機のベースマシンのほうがパフォーマンスを発揮できる。主伐期における**木材の大径化への対応、生産性の向上のためには建機ベースではなく林業専用機が重要**。
  - ✓ 現在保有している機械は購入から10年程経過し老朽化していること、また森林資源は大径化も進んでいることから、より大型の機械の導入を予定。他の事業体でも大径化への対応として大型機械の導入が進んでいる。また、ハーベスタに応じてフォワーダのスペックも大型化している傾向がある。
  - ✓ 林業機械の導入の一般的な課題として、やはり**金額は大きなネック**になっている。林業機械の運用では故障は必ず付いて回る問題であるので、**メンテナンス・アフターケアについての体制を構築することも、導入・普及のためには必須**であろう。
  - ✓ **オペレーター教育のため、社員を欧州へ派遣**している。**メンテナンスや安全性の面まで体系的に身につく研修であり意識が高まる。**当社の現場では海外製の林業機械専門班を編成している。

Copyright Mizuho Research & Technologies, Ltd. All Rights Reserved.

⑦ホイール型機械の導入・普及に向けた課題と必要な措置について

- ✓ ホイール型林業機械はかなり限られた地域で使える機械という印象であり、そこまで多くの買いたいという要望はない。地域としては北海道の一部、岩手の海側の地域等の緩傾斜の地域からは注目をいただいている。今、**林業の現場は奥山に入ることが増えており、使いやすいフォワーダは求められている**ように感じており、その中の一つとして、**比較的長距離の林道を走るにしても快適に運転が可能なホイール型フォワーダ**に興味を持ってもらっているように感じる。
- ✓ 静岡や中部のような山が急峻な場所、すなわち**道の整備が進んでおらず**、普通の建機ですら入りにくいところは批判的な意見が多い。欧州に比べて日本は林業に関するインフラが遅れているように感じるので、林道を整備しても、入り口に民家が迫っていたり、国や県が整備した道と林野庁が整備した道がマッチしていないところも多く、それが導入における障壁の一つと考えている。
- ✓ ホイール型林業機械自体は広く認知されており、要望をいただくのは事業体発信のことが多い。ただし、**価格・規格の対応等でコスト面が高く、導入に踏み切れない事業体が多いのではないか**と感じている。
- ✓ 狭い場所だと導入のメリットが少ないだろう。**まとまった施業ができることが重要**になってくる。そうなると皆伐が進んでいる北海道・九州・東北などが候補となりうるのではないかと考えている。普及が進んでいない理由としても、一年間機械が稼働できるかどうかが大きなものと考えている。その部分は他国と大きな差があるところだろう。日本に導入するには**ビジネス形態・所有形態・利用形態も含めて総合的な検討が必要**と考えている。**共同所有やレンタルも一案**だろう。また、オペレーション自体もこれまでのものと少し変わるので、林業大学校での教育等も実施していくことが必要だろう。
- ✓ **メンテナンスコストについてもやはり重要**だろう。当社はグループ会社での情報共有を行ってメンテナンス体制を構築している。
- ✓ **価格の高さはネック**となっている。
- ✓ アンケートから得られた結果は以下のとおり。
  - 回答した67事業体のホイール型の大型林業機械導入への関心については、「既に導入済み」が12件（17.9%）、「導入に関心あり」が34件（50.7%）、「導入に関心なし」が15件（22.4%）であった。
  - 「導入に関心あり」のうち、「具体的に検討したが導入しなかった」が8件（11.9%）であったのに対し、「具体的な検討はなし」が26件（38.8%）であった。
  - ホイール型の大型林業機械の導入に関心がある事業体とない事業体では、重視する点や懸念する点が異なっており、特に重視する点について、導入に関心のない事業体では「**キャビン内での作業が可能なため労働災害リスクが低い**」、「**特に海外製の場合、油量が多く出力が大きい**」といった点を重視するという回答が少ない結果となった。**こうした点について情報を提供を行うことで、ホイール型林業機械への関心を醸成できる可能性**が考えられる。

Copyright Mizuho Research & Technologies, Ltd. All Rights Reserved.

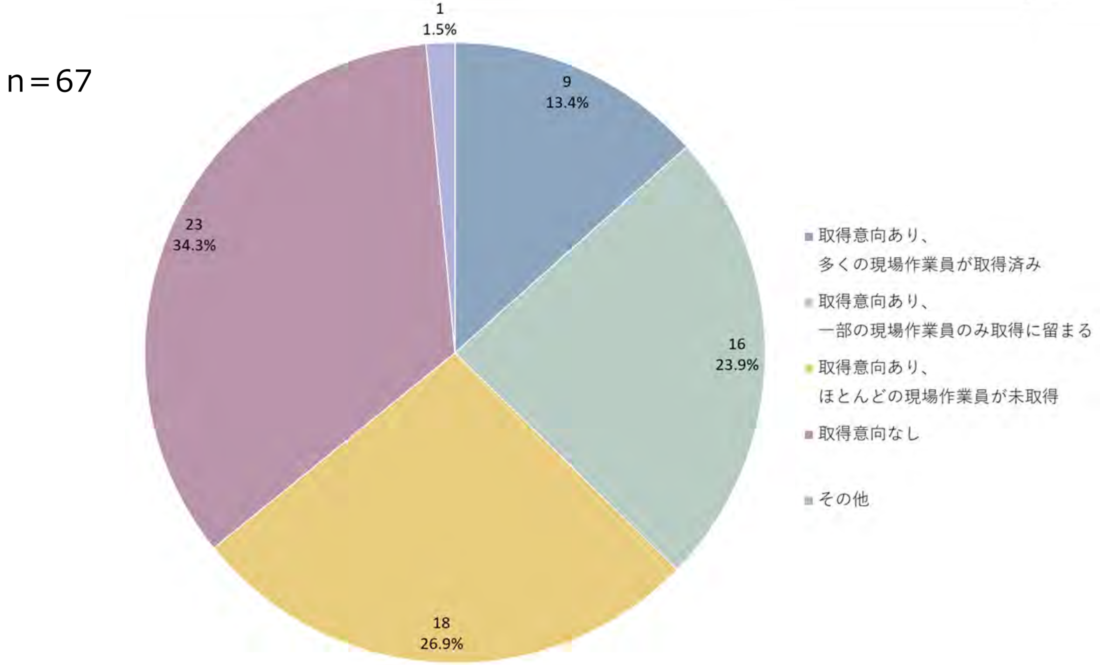
参考：ホイール型林業機械の導入・普及に向けたアンケート調査結果

Copyright Mizuho Research & Technologies, Ltd. All Rights Reserved.

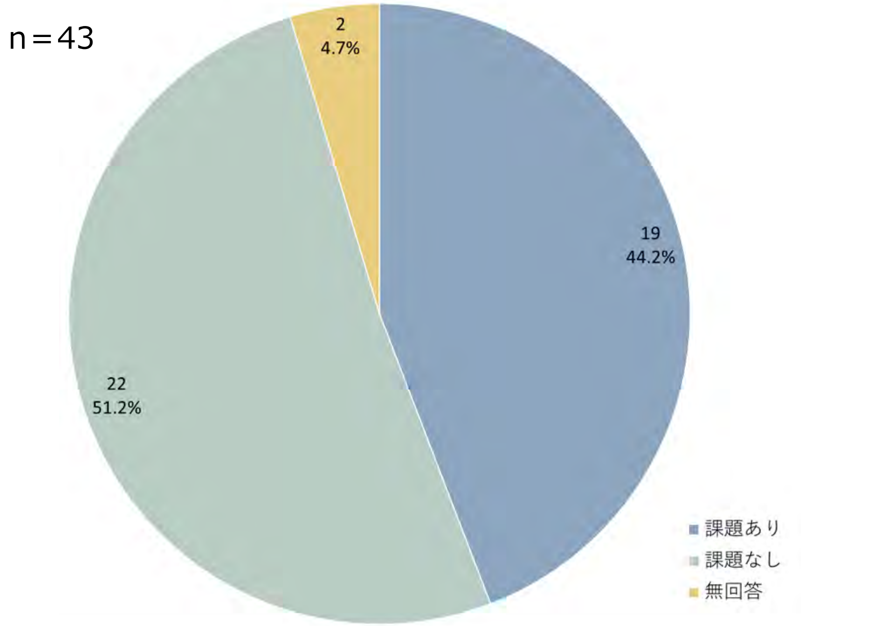
結果：運転免許（大型特殊自動車免許等）の取得状況、取得における課題の有無

- 回答した67事業体における、大型林業機械の公道走行に必要な運転免許（大型特殊自動車免許等）の取得状況は、下左図の通り。**全体の約64%が免許取得意向ありだが、うち約50%は実際の取得が限定的（一部の現場作業員のみ取得に留まる、ほとんどの現場作業員が未取得）との回答**であった。取得意向なしの回答の中には、保有機械がナンバーを取得していないといった理由があった。
- また、運転免許取得の意向がある事業体のうち、**約51%は取得に課題が無い**との回答だった。取得に課題があるとした事業体は約44%で、課題として**取得費用**が最も多く挙げられ（16件）**、取得に要する時間**が続き（７件）、その他には直接免許の取得と関係のない、大型林業機械の導入が難しいことや公道走行できないこと、免許取得後の安全な実作業習得等が挙げられた。
  - ✓ 費用については、取得費用の高さだけでなく、会社が負担する事業体では免許取得後の離職により経費が無駄になることが指摘された。費用自己負担の事業体では、それゆえに免許取得が進まない、会社としても積極推進できないといった課題が挙げられた。

大型林業機械の公道走行に必要な運転免許（大型特殊自動車免許等）の取得状況



運転免許の取得に際しての課題（免許取得意向が「ある」と回答した事業体のみ）

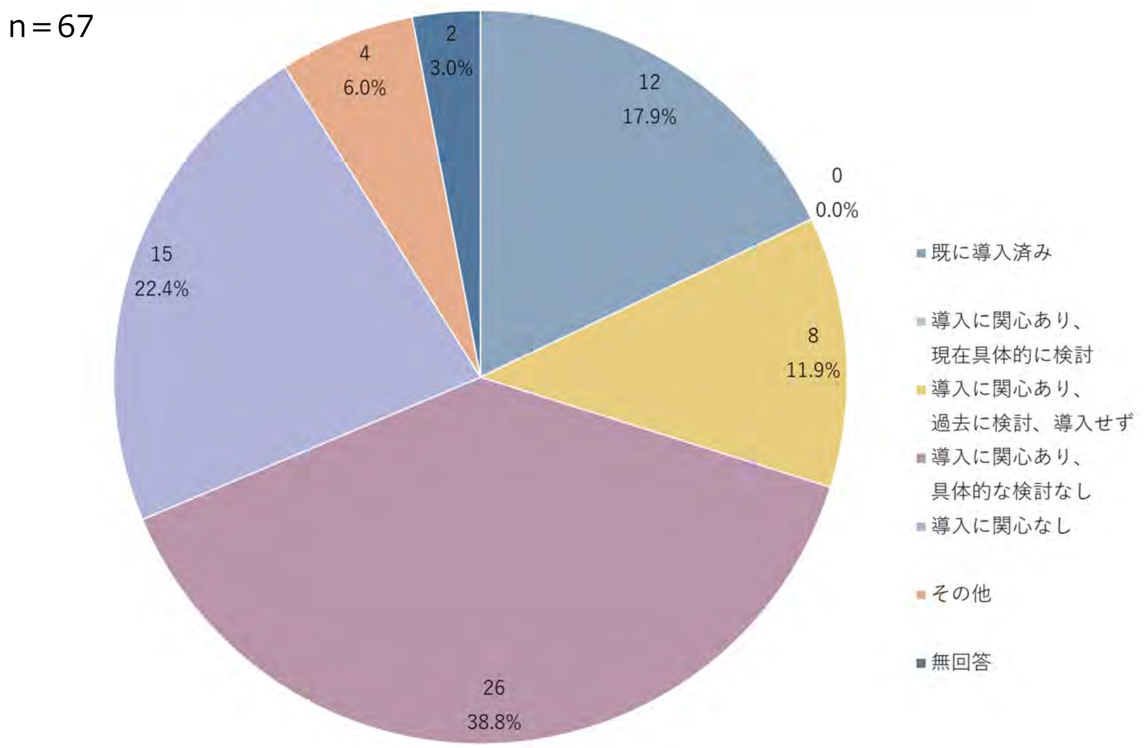


Copyright Mizuho Research & Technologies, Ltd. All Rights Reserved.

結果：ホイール型林業機械の導入への関心

- ホイール型の大型林業機械導入への関心については、「既に導入済み」が12件（17.9%）、「導入に関心あり」が34件（50.7%）、「導入に関心なし」が15件（22.4%）であった。
- 「導入に関心あり」のうち、「具体的に検討したが導入しなかった」が8件（11.9%）であったのに対し、「具体的な検討はなし」が26件（38.8%）であった。

ホイール型大型林業機械の導入への関心



MIZUHO

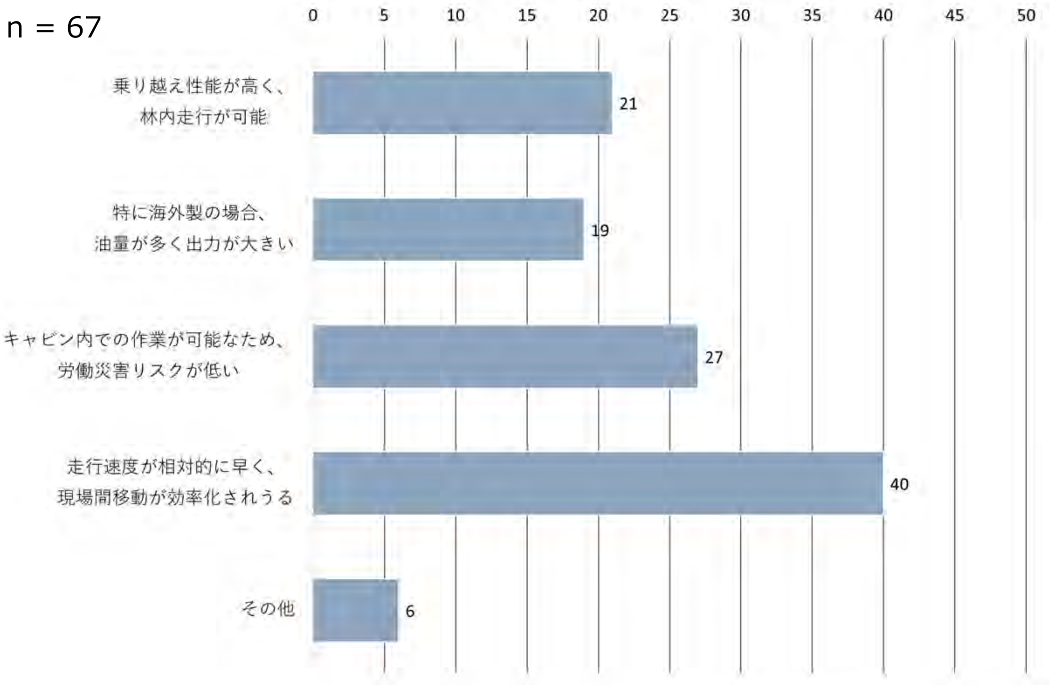
Copyright Mizuho Research & Technologies, Ltd. All Rights Reserved.

結果：ホイール型林業機械が有するメリットのうち、重視する点

- ホイール型の大型林業機械が有する種々のメリットのうち、重視される点としては、「**走行速度が相対的に早く、現場間移動が効率化されうる**」が最大であり、次いで「**キャビン内での作業が可能なため労働災害リスクが低い**」「乗り換え性能が高く林内走行が可能」であった。
- ホイール型の大型林業機械の導入に関心がある事業体とない事業体で重視する点を比較したところ、重視するとの回答が最も多い項目は両者とも全体傾向と同じであったが、**導入に関心のない事業体では「キャビン内での作業が可能なため労働災害リスクが低い」を重視するとの回答が6.7%と少なく、全体傾向や導入済・導入に関心のある事業者と異なる結果**が得られた。また、導入に関心のない事業体では「特に海外製の場合、油量が多く出力が大きい」を重視するという回答も、導入済み・導入に関心のある事業体と比べて少ない結果となった。
- その他のメリットとしては、「**災害時の移動や対応に際し能力が高い**」「**クローラ型と比較して路面を傷めない**」が挙げられた。

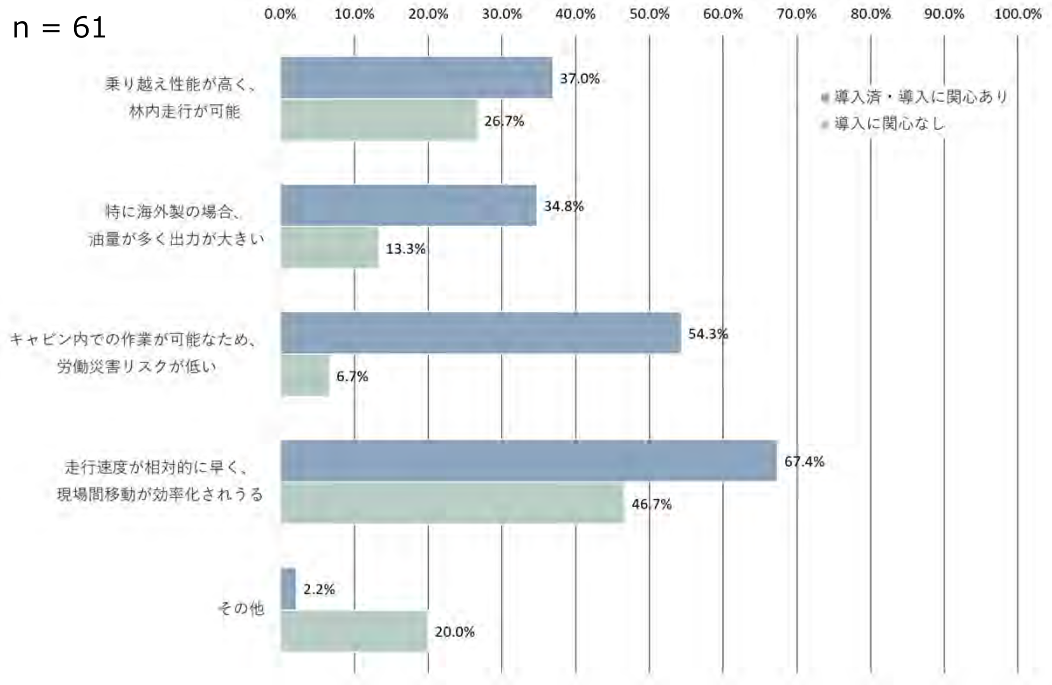
ホイール型大型林業機械のメリットのうち、重視する点（複数回答）

n = 67



ホイール型大型林業機械のメリットのうち、重視する点（導入への関心有無による比較）（複数回答）

n = 61



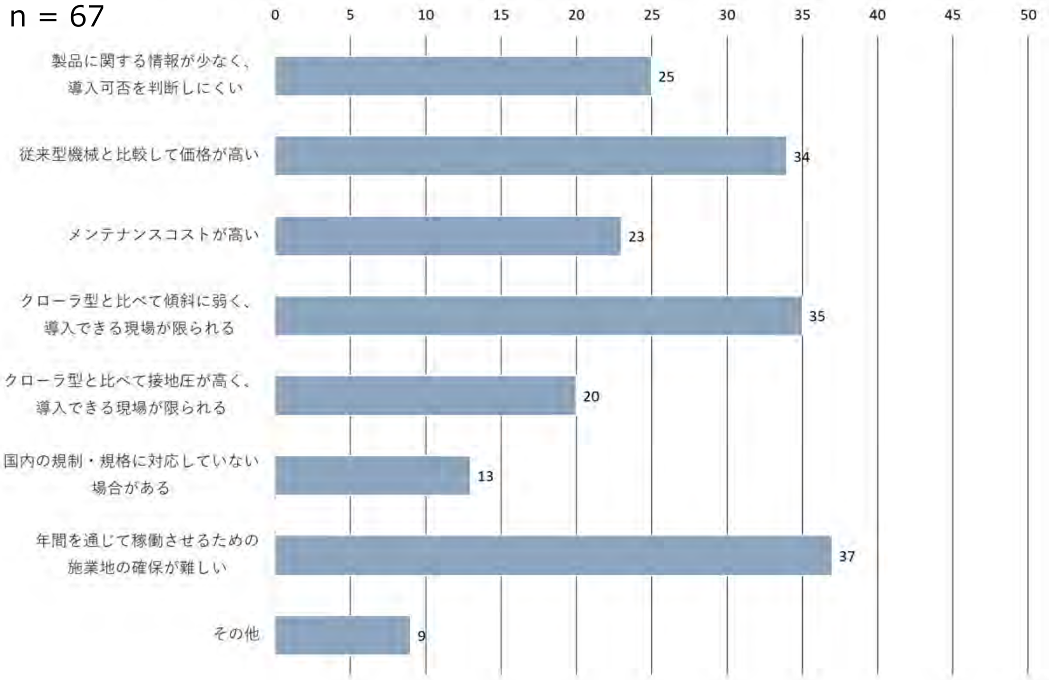
Copyright Mizuho Research & Technologies, Ltd. All Rights Reserved.

結果：ホイール型林業機械が有する課題のうち、懸念する点1/2

- ホイール型の大型林業機械が有する課題のうち、懸念される点については、以下の通り回答の傾向に差が見られた。
  - ✓ 全体：「年間を通じて稼働させるための施業地の確保が難しい」「クローラ型と比較して傾斜に弱く導入できる現場が限られる」「従来型と比較して価格が高い」の3点がほぼ横並びで回答数が大きかった。
  - ✓ 導入済・導入に関心ありの事業体：「**従来型と比較して価格が高い**」が最大、次いで「年間を通じて稼働させるための施業地の確保が難しい」であった。導入を検討したうえで価格が障壁になっているものと考えられる。
  - ✓ 導入に関心なしの事業体：「**クローラ型と比較して傾斜に弱く導入できる現場が限られる**」が最大（対象事業体のうち86.7%が当該課題を懸念と指摘）、次いで「年間を通じて稼働させるための施業地の確保が難しい」であった。地理的な条件等により利用可能性が低いと考え、導入に関心を示していない事業体が多いと考えられる。

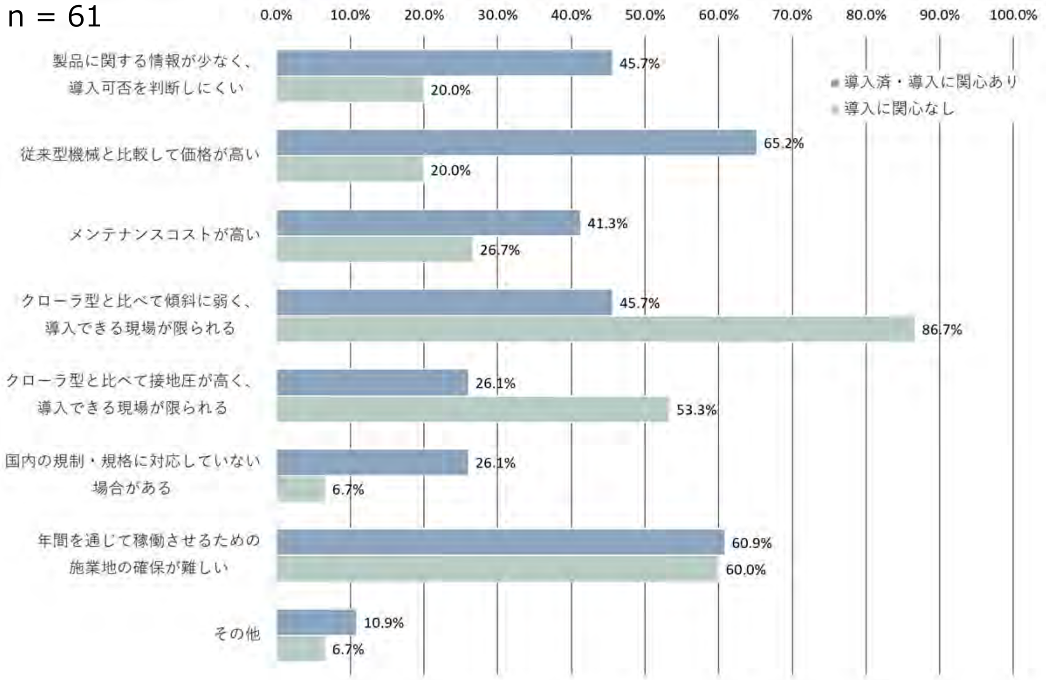
ホイール型大型林業機械が有する課題のうち、懸念する点（複数回答）

n = 67



ホイール型大型林業機械が有する課題のうち、懸念する点（導入への関心有無による比較）（複数回答）

n = 61



MIZUHO

Copyright Mizuho Research & Technologies, Ltd. All Rights Reserved.

3．海外のホイール型林業機械の活用状況

※本章では、英語以外の言語で記載された文献については機械翻訳による記載である

Copyright Mizuho Research & Technologies, Ltd. All Rights Reserved.

３．海外のホイール型林業機械の活用状況

1. 運用実態

- **① 各国における作業システム**
- ② ホイール型林業機械の導入状況（機械の種類、規格、台数等）
- ③ ホイール型林業機械の作業現場間の移動の仕方の実態・頻度の状況

2. 関係法令

3. 安全対策

MIZUHO
Copyright Mizuho Research & Technologies, Ltd. All Rights Reserved.

【ドイツ】作業システム

- ドイツでは、州ごとに地形・作業システムが大きく異なるが、ハーベスタとフォワーダを活用したCTL作業システムが高い比率を占めている。また、全幹集材も行われている。落葉樹の伐採・造材は主にチェーンソーで行われているが、機械伐採の比率を高める取組が行われている。
  - ✓ ヒアリングによれば、ハーベスタの数は約1600台程度であり比較的平坦な地形で用いられ国内伐採量の半分以上を処理している。
- 現状傾斜地でのハーベスタ・フォワーダの利用は限定的であるが、傾斜地における林業機械の活用が試みられており、30%程度**（約16.7度）**まではホイール型ハーベスタ・フォワーダの使用が可能であると考えられている。また、クレーン部分を傾けることが可能な機種であれば40%程度**（約21.8度）**まで施業可能と考えられており、その他にもトラクター・ウィンチを用いてホイール型機械をけん引し使用している事例もある。
- ドイツでは林業機械の使用可能な環境が限られており、林道が20m間隔となっているような政府管轄の森林で用いられている。このような林道密度はクレーンの腕部分が10mの機械に適した環境である。林業機械は山尾根から降りながら作業を行っている。
- 主要な作業システムについては下表に示した。州ごとに地形・作業システムが大きく異なる。ドイツ・バイエルン州では、次頁に示すとおり傾斜別に様々な作業システムを運用している。

主なドイツの作業システム

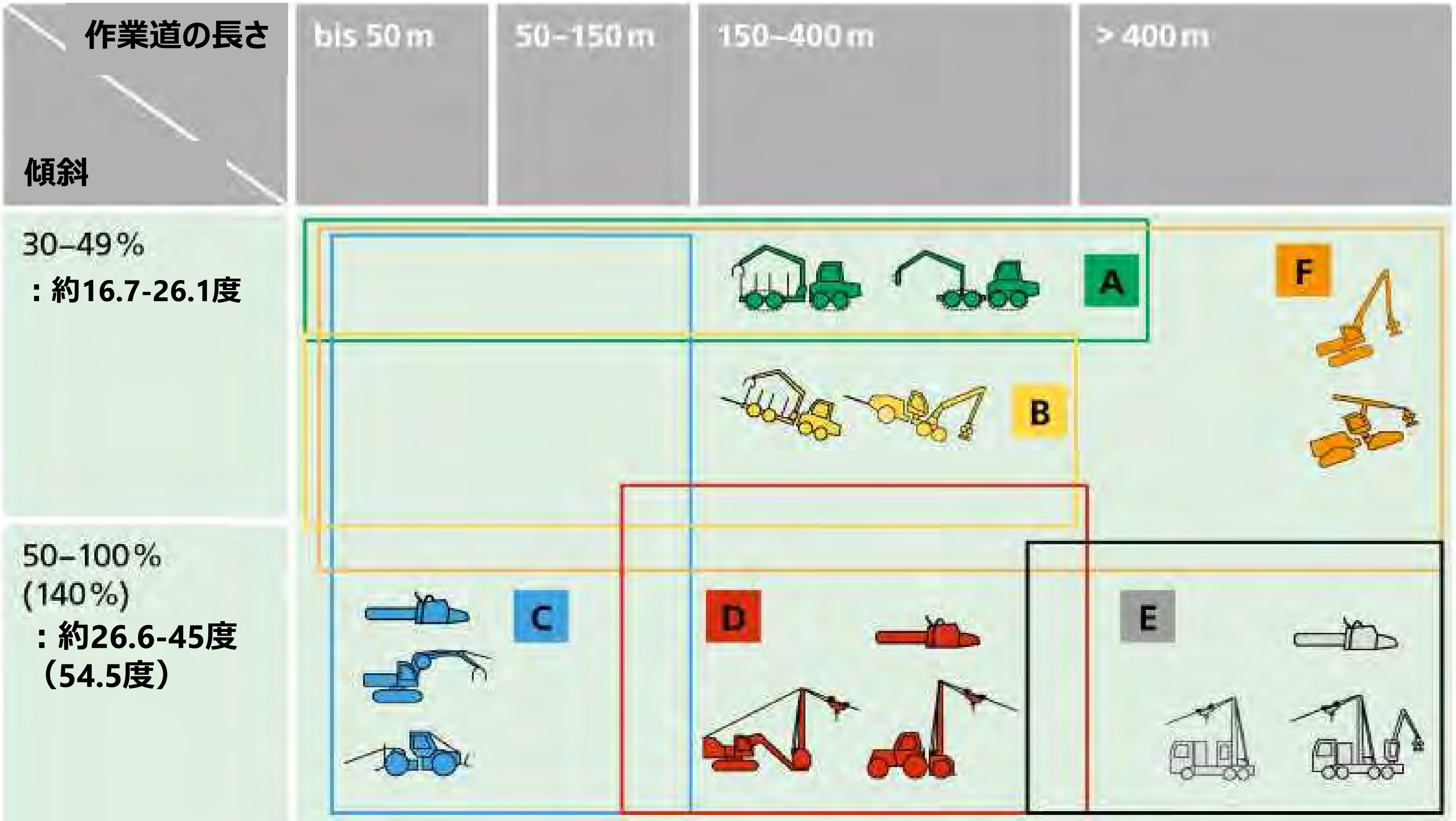
ハーベスタ＋フォワーダ	傾斜は30%程度**（約16.7度）**まで施業可能。 特定の機種では30% 以上の傾斜でも施業可能。
チェーンソー＋ウィンチ＋トラクター	伐採をチェーンソーを活用して手動で実施し、搬出をウィンチ、運搬をトレーラ付きトラクターで実施する作業システム。 傾斜50%程度**（約26.6度）**でも施業可能。
チェーンソー＋ケーブル	急傾斜地、環境林・保全林内等で実施。

（出所）ヒアリングよりみずほリサーチ＆テクノロジーズ作成

Copyright Mizuho Research & Technologies, Ltd. All Rights Reserved.

【ドイツ】傾斜別の作業システムの例

バイエルン州における作業環境別の使用機器の整理



凡例：
A 滑り止めベルト搭載車両
B 牽引補助ウインチ搭載ハーベスタとフォワーダ
C 各種車両のケーブルウインチ、チェーンソーによる伐採
D 短距離ケーブルクレーン、チェーンソーによる伐採
E 中・長距離ケーブルクレーン、マウンテンハーベスタ、チェーンソーによる伐採
F クローラ型ハーベスタ；正確な適用範囲は、使用する技術によって異なる。地形条件に応じた伐採方法が選択される。

（出所）バイエルン州立林業研究所　リーフレット13 “Holzernte in steilen Hanglagen” (2019)
https://www.lwf.bayern.de/mam/cms04/wissenstransfer/bilder/mb-13-2019-holzernte-steile-hanglagen.pd

Copyright Mizuho Research & Technologies, Ltd. All Rights Reserved.

【オーストリア】作業システム

- 伐木については、ハーベスタによる施業が全体の2割程度（次頁参照）を占め、ヒアリングによればチェーンソー＋タワーヤーダ等ロープ装置による施業も実施されている。
- 作業時の木材運搬は主にフォワーダまたは地上牽引で実施している。全伐採量のうちフォワーダと地上牽引（スキッダ等）による施業はそれぞれ4割程度を占めている。（次頁参照）
- また、オーストリアでは農業と林業の兼業が盛んであるため農林兼用トラクターも活用されている。
- 主に緩傾斜地では、ハーベスタ・フォワーダを用いた作業システムのほか、チェーンソー＋スキッダやチェーンソー＋フォワーダ等の組み合わせで施業されている。
- 急傾斜地ではチェーンソーとタワーヤーダ等の組み合わせで施業されているが、オーストリアは比較的硬質な土壌であるため、傾斜地における車両系の作業システムの検討・導入も進んでいる。タイヤへのバンド等カバーの装着やウインチアシストの活用により、傾斜地においてもハーベスタ・フォワーダの活用が近年進んでいる。
  - 林業機械の稼働時間は、年間1000~2000時間程度である。機械購入検討にあたっては、オーストリア林業機械協会Webサイトにて搬出量等のパラメーターを入力することにより収支試算を簡易的に行うことができる。
- オーストリアでは尾根まで道を入れることができないため、川に沿って林道が形成されており、機械が山を登りながら作業を行っている。
- オーストリアにおいては、柔らかく湿った土壌の場合は地面が凍結した状態での作業を行うことが推奨されている。ハーベスタよりフォワーダがより天候や土壌条件の影響を受けやすく、同じ道を数回運転すると深い轍が形成され、急な地形では大雨の際に土壌が侵食される恐れがある。

（出所）オーストリア連邦農業・地域・観光省 HOLZEINSCHLAGSMELDUN (2021)

Copyright Mizuho Research & Technologies, Ltd. All Rights Reserved.

【オーストリア】フォワーダ・ハーベスタの使用割合

オーストリアにおける伐採量に対するフォワーダ・ハーベスタの使用割合

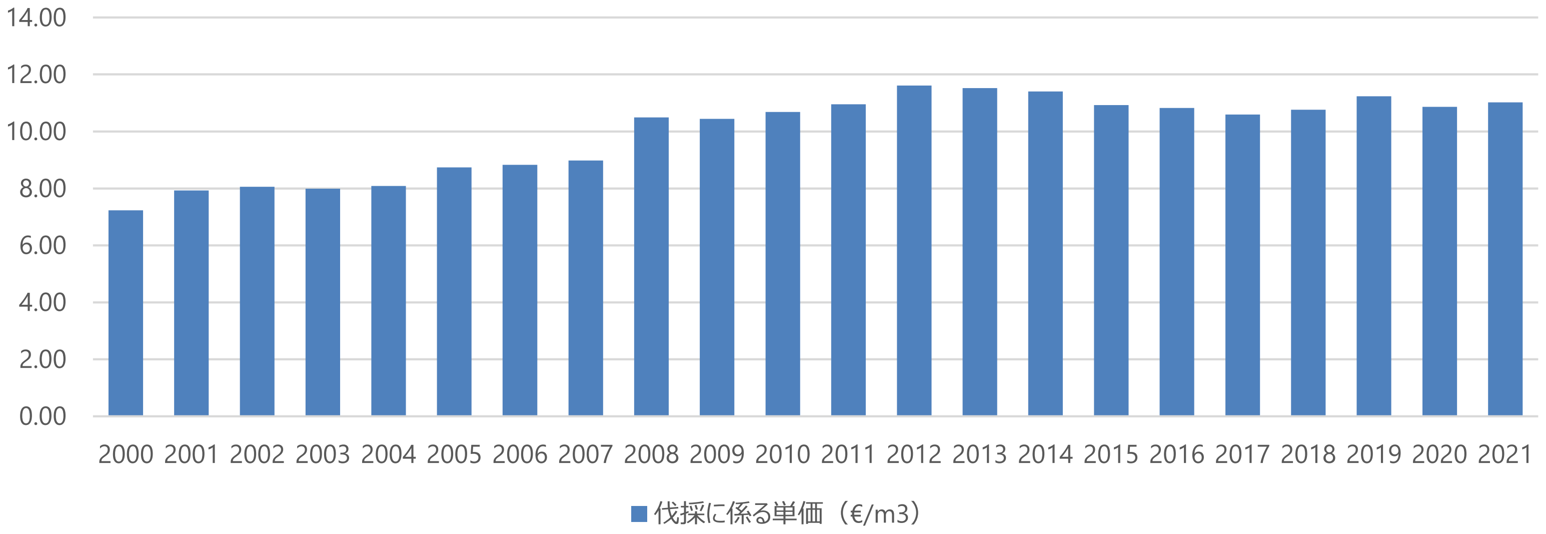
	割合 (%)	2021年	2020年	変動	
				前年比	割合 (%)
伐採量					
合計	**100.00**	**18,420,265**	16,789,570	1,630,695	9.71
針葉樹	85.03	15,663,416	13,946,286	1,717,130	12.31
広葉樹	14.97	2,756,849	2,843,284	-86,435	-3.04
運搬量					
地上けん引	37.38	6,885,654	6,354,176	531,478	8.36
ロープ装置	21.06	3,879,121	3,361,329	517,792	15.40
フォワーダ	**40.34**	**7,430,907**	6,779,714	651,193	9.61
その他	1.12	206,947	253,904	-46,957	-18.49
ハーベスタの使用					
ハーベスタの使用	**23.05**	**4,245,678**	3,444,963	800,715	23.24

（出所）オーストリア連邦農業・地域・観光省 HOLZEINSCHLAGSMELDUN (2021) よりみずほリサーチ＆テクノロジーズ作成

Copyright Mizuho Research & Technologies, Ltd. All Rights Reserved.

【フィンランド】作業システム

- 作業地が岩盤で堅く平坦な地形の北欧では、ほとんどの作業現場で大型で重量のある林業機械を用いることが可能である。フィンランドでは、ほぼ全ての施業地においてハーベスタ・フォワーダを用いたCTL方式での施業が行われている。
- チェーンソー伐倒はほとんど行われておらず、2000-2021年では統計上100%機械を使用した伐採が行われている。
  - 北欧は林業機械を用いた作業システムの発祥地でもあり、機械化が進んだ結果施業コストが低く抑えられている。2000年初頭の時点で1㎥あたり8ユーロ以下と非常に低コストであり、近年は1㎥あたり11ユーロ前後で推移している。
  - 機械が森林内を走行するにあたって、地表への圧力低減のため、ハーベスタの走路は枝条等で覆っている。フィンランドでは一般的に、生態系保全のため、造材後の枝葉を森林内に残置している。
  - 湖畔で作業を行う場合、ぬかるみによるスタックへの対応としてタイヤにチェーンやバンドを装着している。
- 傾斜地や保全林等ではチェーンソー伐倒も一部残っているとみられるが、ウインチアシストの活用やタイヤにバンド等アタッチメントを装着することにより、傾斜地においてもハーベスタ・フォワーダの活用が近年進んでいる。



フィンランドにおける伐採コスト

（出所）フィンランド天然資源研究所 統計
https://statdb.luke.fi/PxWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE__04%20Metsa__08%20Muut__Teollisuuspuun%20korjuu%20ja%20kaukokuljetus/05.12_Koneellisen_puunkorjuun_yksikkokustannuks.px/?rxid=001bc7da-70f4-47c4-a6c2-c9100d8b50db

MIZUHO
Copyright Mizuho Research & Technologies, Ltd. All Rights Reserved.

傾斜地におけるハーベスタ・フォワーダの利用事例

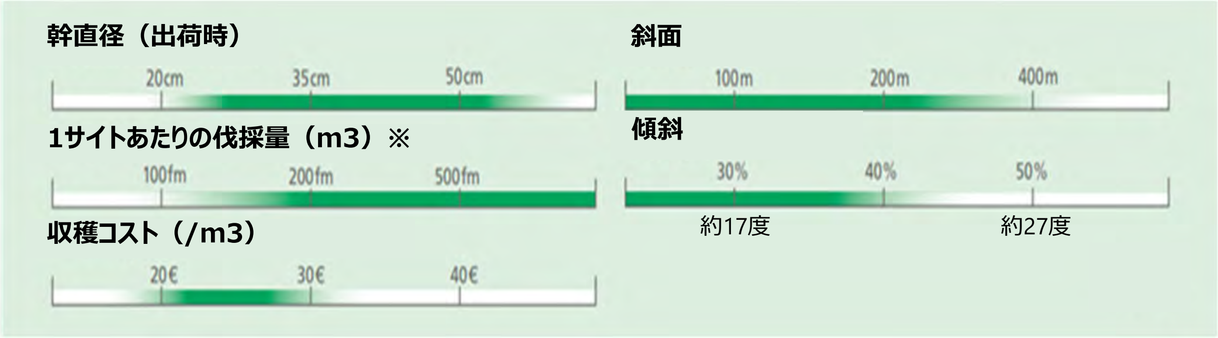
傾斜地における欧州の林業機械を用いた作業システムの事例を整理した。

- John Deere社によれば、一般に25度程度まではタイヤにバンド等カバーをつけることで走行可能である。
- ドイツにおいては、ホイール型林業機械は19度以上の岩盤上の急斜面では安全な走行ができないとされている。滑り止めベルト等の使用により、使用範囲は22度程度まで拡大可能であるが、この範囲外では牽引ウインチ（ウインチアシスト）や他の作業方法（ケーブルクレーン）が使用される。
  - ✓ 右図では滑り止めベルトを使用しハーベスタ・フォワーダで施業した場合の1サイトあたりの伐採量や収穫コスト、施業が可能な斜面や傾斜の度合いについて示している。
- 45度以上の傾斜地では、エンジンオイルを考慮すると車両構造上走行は不可能である。特殊な駆動コンセプトにより最大26.5度までの傾斜に対応できるハーベスタもある。一方、フォワーダは急斜面では使用することは困難である。
- オーストリアにおいても、急峻な地形でホイール型ハーベスタも用いられている。

50%の傾斜（約26.5度）に対応するハーベスタ

ハーベスタとフォワーダ（滑り止めベルト搭載） による作業工程と適応範囲（ドイツ）

作業工程	伐倒・造材	集材	積込	搬出
機種	ハーベスタ	フォワーダ		



※原文：Hiebsgröße (pro Einsatzort)

（出所）バイエルン州立林業研究所 リーフレット13 “Holzernte in steilen Hanglagen” (2019)
https://www.lwf.bayern.de/mam/cms04/wissenstransfer/bilder/mb-13-2019-holzernte-steile-hanglagen.pdf

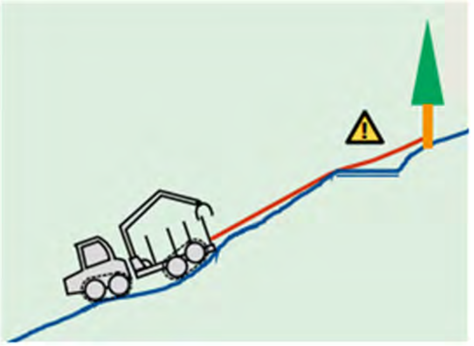
Copyright Mizuho Research & Technologies, Ltd. All Rights Reserved.

傾斜地におけるウインチアシスト機能付きハーベスタの利用事例

- 傾斜地でも、ウインチアシストによりホイール型ハーベスタの活用が可能。
- ウインチアシストにより、車輪の回転（スリップ）が防止されるので、この手法は緩傾斜地においても効果的である。作業可能な斜面長は、ケーブルの種類や長さにより最大300～500mとなる。

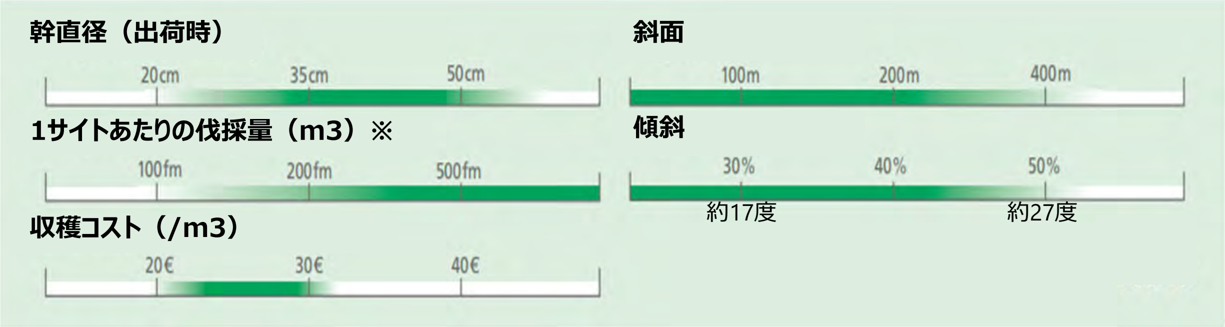
ウインチアシスト付きハーベスタ

アンカーツリーへの固定イメージ



ウインチアシスト付きハーベスタ／フォワーダによる作業工程と適応範囲（ドイツ）

作業工程	伐倒･造材	集材（車両系）	積込	搬出
機種	ハーベスタ	フォワーダ		



※原文：Hiebsgröße (pro Einsatzort)

（出所）バイエルン州立林業研究所 リーフレット13 “Holzernte in steilen Hanglagen” (2019)
https://www.lwf.bayern.de/mam/cms04/wissenstransfer/bilder/mb-13-2019-holzernte-steile-hanglagen.pdf

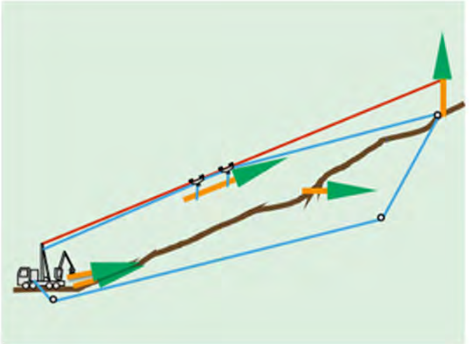
Copyright Mizuho Research & Technologies, Ltd. All Rights Reserved.

傾斜地におけるケーブルクレーン搭載ハーベスタの利用事例

- 26度以上の急斜面では、ケーブルクレーンによる集材が行われる。ケーブルクレーンには、積載重量に応じた短距離用、中距離用、長距離用がある。ほとんどの場合伐採と造材はチェーンソーで行われ、造材後はケーブルの経路に沿って斜めに配置される。
- オーストリアでは、2021年には約390万㎥（年間伐採量の約21%）がケーブルクレーン等のロープ装置によって供給されている。
- Konrad社のトラック搭載型タワーヤーダ（マウンテンハーベスタ）は造材と上り／循環／下りの集材を行う。リフトライナー／自走式ウッドライナーは無線操作が可能。また、道路走行可能なため2拠点間を迅速に移動できる。
- クレーンとハーベスタを組み合わせたマウンテンハーベスタはこの作業プロセスのために開発されたものであり、林道でのみ利用可能。

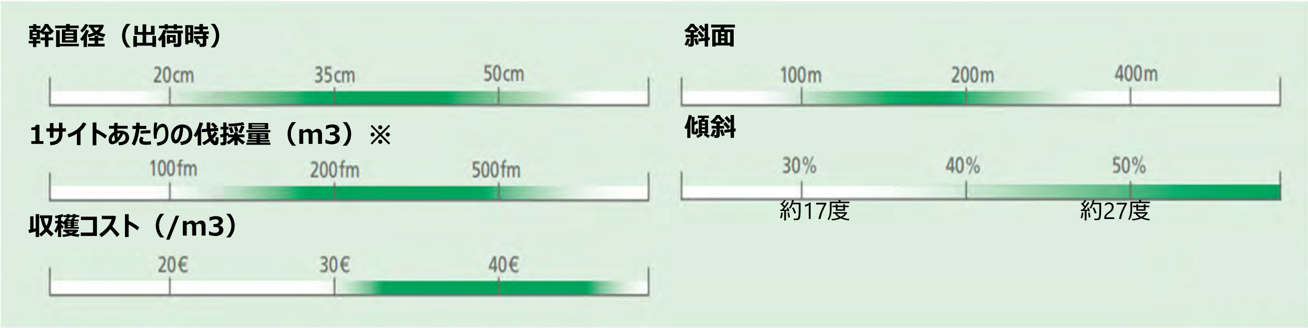
マウンテンハーベスタ

全幹集材（イメージ）



トラック搭載型ハーベスタ（マウンテンハーベスタ）とチェーンソーによる作業工程と適応範囲（ドイツ）

作業工程	伐倒	造材	集材	積込	搬出
機種	チェーンソー		マウンテンハーベスタ	フォワーダ	
機種	チェーンソー	マウンテンハーベスタ		フォワーダ	



※原文：Hiebsgröße (pro Einsatzort)

（出所）バイエルン州立林業研究所 リーフレット13 “Holzernte in steilen Hanglagen” (2019)
https://www.lwf.bayern.de/mam/cms04/wissenstransfer/bilder/mb-13-2019-holzernte-steile-hanglagen.pdf

Copyright Mizuho Research & Technologies, Ltd. All Rights Reserved.

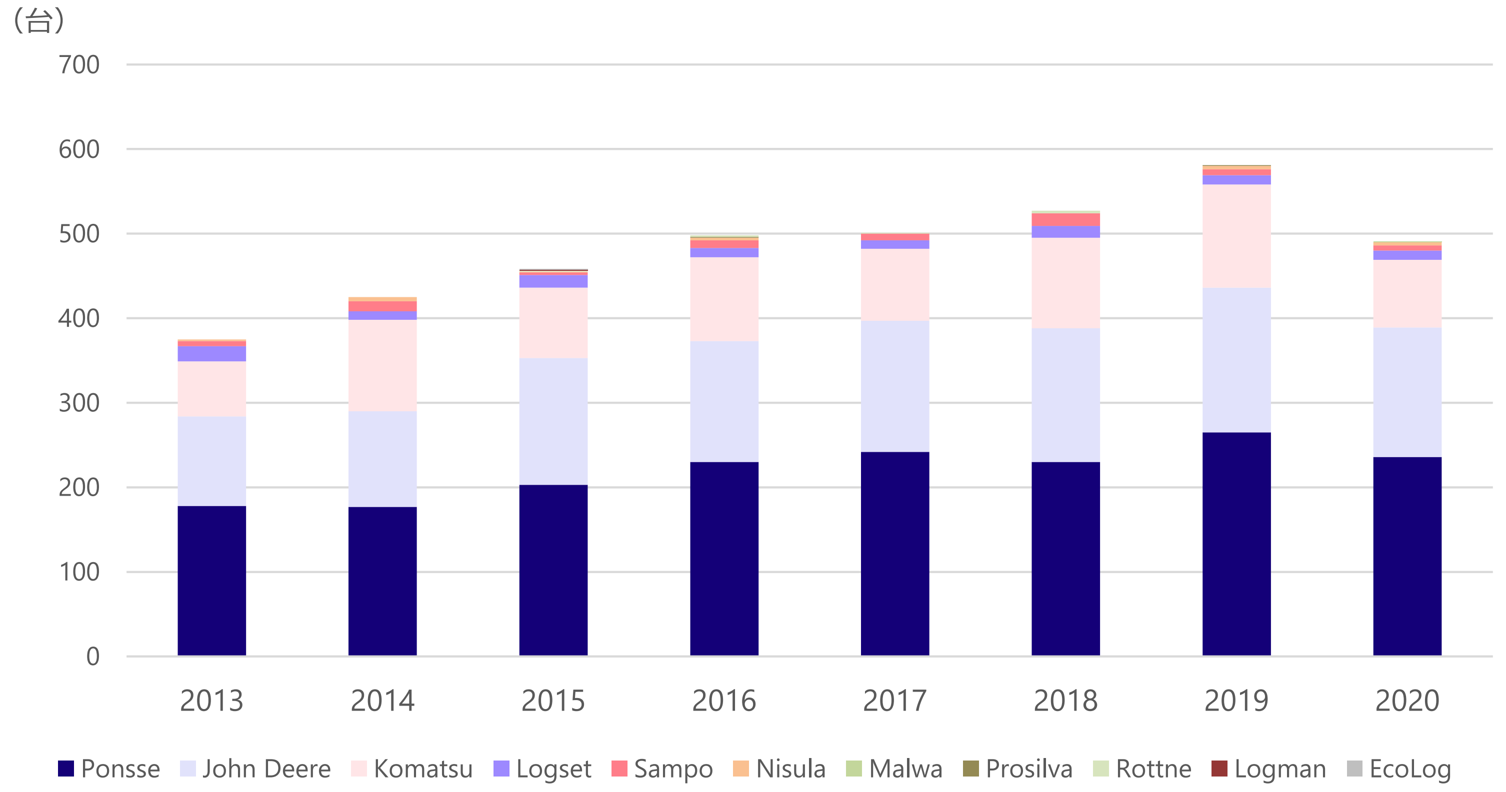
3．海外のホイール型林業機械の活用状況

1. 運用実態
① 各国における作業システム
② ホイール型林業機械の導入状況（機械の種類、規格、台数等）
③ ホイール型林業機械の作業現場間の移動の仕方の実態・頻度の状況
2. 関係法令
3. 安全対策

Copyright Mizuho Research & Technologies, Ltd. All Rights Reserved.

各国の林業機械導入台数

- 林業機械の導入台数については、各国の統計が整備されておらず部分的な把握に留まった。
- ドイツにおいては、林業機械の台数に係る統計は存在しておらず、ヒアリングによれば1600台程度のハーベスタが保有されている。オーストリアについても、農業車両に係る台数の統計はあるものの林業機械に係る統計データは得られなかった。
- フィンランドにおいては、総数は不明であるが年間400台程度の林業機械が新規登録されている。新規登録された林業機械のメーカー別の内訳が公開されており、Ponsse、John Deere、Komatsuの3社で9割程度のシェアを占めている。



新規登録されたメーカー別林業機械台数（フィンランド）

（出所）ヒアリングよりみずほリサーチ＆テクノロジーズ作成。各車両写真については本資料に限りJohn Deere Pekkenenn氏より掲載許可を得て掲載

Copyright Mizuho Research & Technologies, Ltd. All Rights Reserved.

林業機械の規格

最も需要の高い林業機械

- John Deere社へのヒアリングによると、欧州含め世界で一番利用されているのはミドルサイズのモデルである。ハーベスタでは1270G(8輪)、フォワーダーであれば1510Gでそれぞれ12t,15t程度となる。これらは日本国内の一般的なフォワーダーに比べて約3倍程度の積載容量となる。John Deere社のモデルのうち、日本に輸出されているモデルは総重量10t程度の1010Gが多く、欧州製林業機械の中でも小型のものが利用されている状況にあるといえる。
- フィンランドにおいては欧州域内でもより大型の機械が使用されており、ハーベスタは18-24t程度、フォワーダは15-22t程度の重量の機械が最も使用されている。

1270Gモデル(ハーベスター）

1510Gモデル（フォワーダー）

1010Gモデル（フォワーダー）

欧州におけるスタンダードなモデル（ミドルサイズ）

日本で使用されているモデル（スモールサイズ）

（出所）ヒアリングよりみずほリサーチ＆テクノロジーズ作成。各車両写真については本資料に限りJohn Deere Pekkenenn氏より掲載許可を得て掲載

Copyright Mizuho Research & Technologies, Ltd. All Rights Reserved.

林業機械の保有形態とメンテナンス方法

林業機械の保有状況

- 事業者の規模にもよるが、フィンランド、ドイツでは１～２台の林業機械を持つ小規模事業者もあれば、20台以上所有するところもあり、大規模になると100台以上持つところもある。フィンランドの比較的大きな請負事業者（例：Kalusto社）では、ハーベスタ23台、フォワーダ26台を所有している。
- 小規模な事業者は下請けの形態をとり、他の企業と共同して仕事を行うことが多い。また、外注を受けて他の企業の機械を使用して作業することもある。
- 林業機械のレンタルサービスはフィンランドではほとんどない。地域によっては中古機械のレンタルサービスもあるが、日本ほど一般的ではない。
- ヒアリングによれば、個人であれば時間貸しのリースサービスも存在している。小規模事業者が林業機械を借りる際は、林業組合連合会がとりまとめている。

メンテナンスについて

- 事業者自身で機械のメンテナンスを実施するかメーカーに依頼するかは、事業者により異なるが、基本的に小規模な修復作業、簡単な保守作業であればオペレータは自らが実施する。大規模な修復が必要な場合にはメーカーに依頼されている。
- オーストリア・ドイツにおいては、森林教育機関で林業機械に係る基礎的な授業がある。

（出所） Kalusto社ウェブサイト、ヒアリングよりみずほリサーチ＆テクノロジーズ作成

Copyright Mizuho Research & Technologies, Ltd. All Rights Reserved.

林業機械の購入方法

林業機械の購入について、欧州現地機関へのヒアリングにより以下の結果を得た。

一般的な購入方法

- 一般に林業への経済的な支援は銀行が行うことが多く、林業事業者は銀行から2～5年程度の融資で借り入れをして林業機械を購入する。
- 新品の林業機械の購入時だけでなく、中古機械の場合も融資を受けて購入するケースが多い。
- 林業機械の金額規模の目安としては、フィンランドにおいてはハーベスタは1台50-60万ユーロ。フォワーダは1台35-45万ユーロ程度である。

購入支援

- EUにおける経済的なサポートについては、北欧やオーストリアでは機械化が進んでいることもありEUレベルでの支援は行われていない。各国による機械購入の際の税制優遇がある。中欧や東欧等の機械化が進んでいない地域では、EUによる購入の補助金がある。
- ヒアリングによれば、ブルガリア・ルーマニア・ポルトガル等では地域毎のプロジェクトもあるとみられる。また、木材生産量により状況は異なるが、大手の林業事業者が、請負事業者が林業機械を導入する際に金銭的な補助を実施するケースがある。大規模なプロジェクトでは、プロジェクトに紐づいた林業機械購入等も行われているケースがある。

小規模事業者の購入方法

- フィンランドにおいては、小規模事業者や起業したばかりの事業者は中古機械・設備を購入する場合が多い。流通している中古の林業機械の8割は10年未満の比較的新しい機械である。また、中古機械の購入にあたっては比較的納品期間が短いというメリットもあり、追加の機械を即時購入しなくてはいけない場合に選択される場合もある。

（出所）ヒアリングよりみずほリサーチ＆テクノロジーズ作成

Copyright Mizuho Research & Technologies, Ltd. All Rights Reserved.

オーストリア国内で使用されているハーベスタ（１）

オーストリア林業機械協会が公表している現在オーストリア国内で使用されているハーベスタについて、以下の表に整理した。

型番	出力（kW）	重量（t）	車幅（m）	車高（m）
ECO LOG 550F	195	15.4	2.606	3.420
ECO LOG 580F	210	15.4	2.990	3.420
ECO LOG 688F	210	21.7	2.910	3.810
HSM 405 H2	210	25.4	2.860	3.750
HSM 405 H3	210	26.2	3.000	3.720
IMPEX Hannibal T30	141	30.5	3.000	3.680
JOHN DEERE 1070G	136	16.0	2.663	3.709
JOHN DEERE 1170G	155	19.5	2.720	3.718
JOHN DEERE 1270G	200	22.9	2.750	3.770

（出所）各メーカー製品情報、Bundesforschungszentrum für Wald: FORSTMASCHINEN database よりみずほリサーチ&テクノロジーズ作成
https://bfw.ac.at/fmdb/maschinen.web?kat=L14&lang=2

Copyright Mizuho Research & Technologies, Ltd. All Rights Reserved.

オーストリア国内で使用されているハーベスタ（２）

型番	出力（kW）	重量（t）	車幅（m）	車高（m）
JOHN DEERE 1470G	200	22.9	2.980	3.760
Komatsu 901	170	17.6	2.620	3.790
Komatsu 911	170	19.7	2.726	3.920
Komatsu 931	190	21.9	2.726	3.960
Komatsu 951	214	22.8	3.060	3.960
Konrad HIGHLANDER	175	22.5	2.950	3.200
LOGSET 5H GT	125	14.0	2.680	3.860
LOGSET 8H GT	205	18.0	2.930	3.700
NEUSON 104 HVT	86	13.8	2.500	3.400

（出所）各メーカー製品情報、Bundesforschungszentrum für Wald: FORSTMASCHINEN database よりみずほリサーチ&テクノロジーズ作成
https://bfw.ac.at/fmdb/maschinen.web?kat=L14&lang=2

Copyright Mizuho Research & Technologies, Ltd. All Rights Reserved.

オーストリア国内で使用されているハーベスタ（3）

型番	出力（kW）	重量（t）	車幅（m）	車高（m）
NEUSON 243 HVT	184	24.7	2.950	3.600
PONSSE BEAVER	145	19.2	2.600	3.800
PONSSE ERGO	210	19.0	2.670	3.770
PONSSE Fox	145	19.2	2.640	3.660
PONSSE Scorpion	210	21.2	2.640	3.720
PONSSE Scorpion King	210	22.5	2.640	3.720
ROTTNE H11 D	164	17.4	2.830	3.633
ROTTNE H21 D	227	21.5	3.000	3.700

（出所）各メーカー製品情報、Bundesforschungszentrum für Wald: FORSTMASCHINEN database よりみずほリサーチ&テクノロジーズ作成
https://bfw.ac.at/fmdb/maschinen.web?kat=L14&lang=2

MIZUHO

Copyright Mizuho Research & Technologies, Ltd. All Rights Reserved.

3．海外のホイール型林業機械の活用状況

1．運用実態

① 各国における作業システム

② ホイール型林業機械の導入状況（機械の種類、規格、台数等）

③ ホイール型林業機械の作業現場間の移動の仕方の実態・頻度の状況

2．関係法令

3．安全対策

Copyright Mizuho Research & Technologies, Ltd. All Rights Reserved.

ホイール型林業機械の作業現場間の移動の仕方の実態・頻度の状況(1)

林業機械の公道走行、回送に係る現状

- 林業機械の総走行時間のうち、公道を走行する時間は2-5%程度、年間で数時間程度である。移動距離が20kmを超えると、林業機械が自走して移動するより、トレーラーで機械を運搬した方が効率が良いものと考えられる。

- ドイツにおいては、作業現場間の機械の移動（回送）は基本的には低床トレーラーによる運搬で行われる。スキッダ・トラクターは走行速度が速く、長い距離を自走可能なため、小規模事業者の通勤や、現場間移動の際に公道を自走するケースもある。ハーベスタ・フォワーダは、数百m程度の短距離の作業現場間の移動で公道を自走するケースはある。フォワーダは荷がある状態では公道走行が不可となっているため、公道での木材の運搬は一般にローリーで実施されている。
  - ハーベスタ・フォワーダが公道走行することは稀だが、様々な規制・制限が緩和される20km/h以下で走行しているものが多いと考えられる。
  - 「自走式機械」のカテゴリに当てはまる機械は、20km/h以下で運行すれば、荷のある状態での公道の自走が認められるものの、フォワーダについては適用されない。

- フィンランドにおいても、一般的に林業機械は低床トレーラーにより回送される。回送業務の発生頻度が日本と比較し高く、1週に1度のペースで回送されることもある。フォワーダ等が木材運搬のために公道を自走するケースはほとんどない。
  - フィンランドにおいては、林道が公道のネットワークの一部として使われていることも多い。そのため、機械の輸送時に農場や住居の近くを通る必要があることも考慮し、低床トレーラーで時間帯を選んで輸送している。

- オーストリアにおいても、一般に林業機械は低床トレーラーで回送されており公道を自走するケースはほとんどない。トラクターであっても最大設計速度が40km程度の車両は公道走行するケースは少ない。最大設計速度が70km程度あるトラクターであれば、土場までの運搬を行い、さらに 20km以内程度であれば幹線道路を走るようなケースもある。
- 林道を走るのみの場合にはナンバー取得は不要であるが、オーストリアを拠点とするKonrad社担当者の所感では、林業用トラクターについては80%超はナンバーを取得している。ハーベスタ・フォワーダ等については、所有者の使用形態によるが、ナンバー取得率は20～25%以下とのことであった。

- フランスでは、施業時にチェーンを使用することが少なく、公道を自走しても道路を損壊させることが少ないため、最大20km程度の距離の現場間移動時に公道を自走するケースも存在する。

（出所）ヒアリングよりみずほリサーチ＆テクノロジーズ作成

Copyright Mizuho Research & Technologies, Ltd. All Rights Reserved.

ホイール型林業機械の作業現場間の移動の仕方の実態・頻度の状況(2)

公道走行時に発生する作業

- タイヤにチェーンやバンドを付けたままの公道の自走が認められないため、取り外す必要がある。
- 林業機械が公道を自走する場合、メーカーより提供される「路上走行キット」の装着が求められる。このキットの装着のタイミングについては、法的な拘束はなく、オペレータの常識的な感覚で実施される。
  - 新規車両が登録されると、メーカーから車両所有者に対して、方向指示器、ライト、ブレーキライト等の取り外し可能な「路上走行キット」が提供される。一般車両においてはこれらの取り外しは不可であるが、ハーベスタ・フォワーダ等については林内の作業時に取り外すことが認められている。
  - ドイツ林業機械・技術協会によると、後方ライトについては現場作業時に取り外されることが多いため、公道を走る際は取りつけ作業が必要となる。
  - 路上走行キットが提供されることから、基本的には林業機械全般が公道の自走が可能な車両となっているとみられる

公道走行を避ける事由

- 一般に、タイヤのチェーンやバンドの取り外し作業については、経験のある林業者であれば30分で終えることができるが、経験の浅い林業者にとっては負担の大きい作業であると思われる。チェーン・バンドの着脱には時間を要するのに加え、通常2名で行う作業のため、1名追加で作業者を用意しなければならない点もデメリットである。また、ライト等のアタッチメントの装着・取り外し作業も手間がかかる。
- 公道を損傷する可能性がある点も、大きなデメリットである。公道に傷をつけてしまった場合、修理費用を請求されるケースもあるため林業事業者は公道走行をできるだけ避け、林道に機械をおろす際もできるだけ作業地に寄せておろしている。

（出所）ヒアリングよりみずほリサーチ＆テクノロジーズ作成

Copyright Mizuho Research & Technologies, Ltd. All Rights Reserved.

３．海外のホイール型林業機械の活用状況

1. 運用実態
2. 関係法令
① 欧州における林業機械に係る規制の概況
② 林業機械の車両規格
3. 安全対策

※本項では、機械翻訳を利用しており、必ずしも正確な法律用語ではありません

Copyright Mizuho Research & Technologies, Ltd. All Rights Reserved.

林業機械に係る欧州規制の概況

欧州規制

- EU域内における林業車両に関する法令は、欧州機械指令（2006/42/EU）等、様々な規制が存在する。
- 例えば、農業・林業トラクターに対する型式認証は欧州指令（167/2013）で規定されているものの、**自走式機械（self-propelled machinery）に対しては、EUレベルではなく、各加盟国レベルでの制度で規定される部分が多い。**
- ハーベスタ・フォワーダの法律上の位置付けは、各加盟国レベルで異なり、共通の定義はない。例えばドイツでは、ハーベスタは通常「自走式機械」に該当するとされているが、フォワーダについての位置付けは曖昧である。

欧州規制とドイツ規制の関係

- John Deere社によると、**各メーカーは基本的にドイツの要件をベースに林業車両を設計している**とのことである。メーカー視点では同じ規格であることが重要であり、域内で最も制限の厳しいドイツの規格・規制に合わせ、統一して設計しているようである。
- ドイツは、欧州指令に独自のオプションを加えて規制を設定しており、他国の法律と比較して要件が多い場合がある。例えば、北欧ではライトが車両前方のみで十分であるが、ドイツではライトを車両後方にもつける必要がある。
- また、John Deere社によると、各メーカーは**基本的に製造段階で公道走行のケースを想定**しており、**車両の認証を取得した段階で基本的には走行可能な車両となっている**とのことである。

（出所）各種規制、ヒアリングよりみずほリサーチ＆テクノロジーズ作成

Copyright Mizuho Research & Technologies, Ltd. All Rights Reserved.

林業機械の公道走行：車両認証と道路運送に係る手続

- 欧州一般に、林業機械の公道走行を可能にするためには、**①車両認証と、②道路運送にかかる各種手続き（運転免許・ナンバープレートの取得等）の、2段階の手続きが必要**である。
  - ✓ メーカーは、林業機械を各種法的要件に従って製造し、販売前に車両認証（型式認証あるいは個別車両認可）を取得する。新型の機械を販売する場合、認可当局により指定された検査機関が工場に確認にきて、前モデルとの差異をチェックする。
  - ✓ 林業機械保有者は、林業機械購入後に、各国の法令に基づき車両登録を実施し、ナンバープレートを取得する。
- ドイツでは、ハーベスタ・フォワーダの公道走行について、保有者が実施するべき事項が一般車両と比較し簡易化されたものとなっている。
  - ✓ 最大設計速度が20km以下のハーベスタ・フォワーダは「自走式機械」のカテゴリで取り扱われ、ナンバー取得不要だが、公道走行時には要件に従い装備品の設置が必要。また、普通免許の取得で運転が可能。（なお、フィンランドやオーストリアでは、ハーベスタ・フォワーダにおいてもナンバー取得が必要。）
  - ✓ 一方、公道走行が認められる一定の車幅や車両長等を超過している場合は、走行に際し現地の交通当局から特別許可等を取得する必要がある。
※ドイツは公道走行に係る車幅の規定が欧州の他国と比較し厳しく、林業機械は規定を超過するケースが多い。

	欧州における一般車両の運用	ドイツにおけるハーベスタ・フォワーダの運用 ※保有者対応事項が簡易化されている
メーカーが対処すべき事項	• 市場で流通する車両は、基本的に各種法令や規格を満たすように製造される • メーカーは製造した車両について、型式認証を取得するか、個別認可を受ける必要がある	• ハーベスタ・フォワーダはドイツ国内法で規定される型式認証を取得し、販売される • 車両製造時に充足するように参照されている関係法令は、機械指令・ISO11850:2011があり、このほかにも規定は多く存在する
林業機械保有者が対処すべき事項	• 前提として、車両の運転者は、当該車両を運転するための免許の保有が必須である • 車両の保有者は、自身でナンバー取得（車両登録）を実施する • 加えて、農林業機械の場合、各国の公道走行にかかる保安基準に従い、警告板やリフレクタ、ライトを設置する	• ハーベスタ・フォワーダは「自走式機械」に該当し、ドイツでは最大設計時速20km以下のこれらの機械に対して優遇措置が取られているため、ナンバー取得が不要。ただし、公道走行にあたっては、道路交通規則（StVO）に従って、ライト・警告板等の設置が必要。 • 運転免許については、最大設計時速20km以下の自走式機械の場合は、普通乗用車免許を取得していれば運転が可能 • 公道走行で規定される車幅や車両長等の要件を超過する場合には、現地当局に申請し、特定の条件に従うことをもって、追加許可を取得する必要がある

（出所）各種規定よりみずほリサーチ&テクノロジーズ作成

MIZUHO

Copyright Mizuho Research & Technologies, Ltd. All Rights Reserved.

【欧州】車両型式認証

- 欧州では域内で流通する主な車両カテゴリに対しては、欧州共通でEU型式認証制度が規定。
  - ✓ 該当する車両については、EU共通の型式認証を取得することで、欧州の共通市場で当該車両を流通させる際に、都度認証の取得を実施することが不要となる。他方で加盟国それぞれで認証を取得する場合には、認証を得た国以外での上市が不可。
  - ✓ いくつかのカテゴリでは、製造者は欧州規制のほか加盟国規制による認証取得も選択することができる
- 但し、本事業での調査対象であるハーベスタ・フォワーダ等の機械は、EU型式認証のどのカテゴリに該当するかが明記されていない。
  - ✓ 従って、欧州で導入されているホイール型林業機械は、各国の型式認証で認可を取得することが必要。あるいは個別車両ごとに実施する個別車両認可の取得も選択肢としてあり得る。
  - ✓ ヒアリングに依れば、ドイツの林業機械に対する規制が最も制限が厳しいため、メーカーはドイツの要件を基準とした設計を実施しているとのことである。(John Deere社)

	カテゴリ	C	L	M	N	O	R	S	T	
	カテゴリ詳細	track-laying tractors（装軌式トラクター）	2- and 3-wheel vehicles and quadricycles（二輪車、三輪車およびクアドリサイクル）	vehicles carrying passengers（乗用車）	vehicles carrying goods (貨物用車)	Trailer (トレーラー)	Trailer (トレーラー)	Interchange-able towed equipment (交換可能な牽引される機器)	agricultural and forestry tractors and their trailers (農業および林業用トラクター / トレーラー)	
種類	細カテゴリ			M1, M2, M3	N1,N2,N3	O1,O2,O3,O4			T1,2,3,4.3	T4.1, T4.2
型式認証	欧州	Reg. 167/2013 または 各国規制	Reg. 168/2013	Reg.2018/858			Reg. 167/2013 または 各国規制	Reg. 167/2013 または 各国規制	Reg. 167/2013	Reg. 167/2013 または 各国規制
	加盟国									
個別車両認証	欧州	条件を満たす場合に、個別車両に対して認可								
	加盟国	EU規則で規定される適合要件を免除し、加盟国内で当該要件の代替措置が取られている場合、個別車両に対して認可								

（出所）各種規定よりみずほリサーチ&テクノロジーズ作成

※T4.1 ：ハイクリアランストラクター
T4.2 ：エクストラワイドトラクター

MIZUHO

Copyright Mizuho Research & Technologies, Ltd. All Rights Reserved.

【欧州】ホイール型林業機械に関連する法令

- 欧州レベルで規定されるホイール型林業機械の関係法令は下記に示す通りである。
- ハーベスタ・フォワーダ等の自走式林業機械などでは、各加盟国レベルの法令で補完される。
- なお、ヒアリングによれば、自走式林業機械および林業機械として構成された機械に対する一般的な安全要求事項を規定するISO 11850:2011 (Machinery for forestry — General safety requirements)に基づき、自走式林業機械を製造しているとのことである。(John Deere社)

関連規制	メーカーが満たすべき車両規格の要件					林業機械保有者が走行時に満たすべき運用に関連する要件		
	上市時：型式認証			上市時：個別認可	車両の安全基準	道路走行時の保安基準	ナンバー登録	運転免許
EU法令	REGULATION (EU) No 167/2013	REGULATION (EU) No 168/2013	REGULATION (EU) 2018/858	REGULATION (EU) 2018/858	DIRECTIVE 2006/42/EC（機械指令）			Directive 2006/126/EC
詳細	農業・林業車両（トラクター、トレーラー、交換可能な装備）のEU型式認証の技術的要件について規定	全てのLカテゴリの車両に対するEU型式認証の技術的要件を規定	EUにおける自動車の型式認証と市場管理に関する規則	EUにおける自動車の型式認証と市場管理に関する規則	機械の安全基準について規定	2023年2月現在欧州委員会により、域内共通のNRMM※に関連する道路走行時の安全要件を定める法案が提案段階。	1999/37/ECで加盟国が車両登録に関する法律を定め、書類を発行することを要求	EU共通免許を規定するものの、EUレベルの規定以上に、各加盟国の法律でも規定
ハーベスタ・フォワーダへの該当可否	× 林業トラクター・トレーラーが該当	×	○ 条件付ではあるが、自走式車両(Self-propelled vehicle)に、本規則適用可	○ 条件付ではあるが、自走式車両(Self-propelled vehicle)に、本規則適用可	○ 但し、農業用および林業用トラクターは適用対象外	採択された場合にはホイール型林業機械も適用対象となる可能性があるが、現時点では不明 ※道路での商品や乗客の輸送を目的としていない輸送可能な産業機器または車両		

（出所）各種規定よりみずほリサーチ&テクノロジーズ作成

Copyright Mizuho Research & Technologies, Ltd. All Rights Reserved.

【フィンランド、ドイツ】ホイール型林業機械に関連する法令

- 続いて、各国において林業機械に適用される法令について、ドイツ、フィンランドを例に下記のとおり整理した。
- 前述のとおり、ハーベスタ・フォワーダ等は各国が定める型式認証を取得した機械が流通している。一方、オーストリアで認められた車両は他国でも走行が可能（Konrad社）であり、機械メーカーは欧州域内で広く認められる基準で製造していると考えられる。
- 他方で、道路走行時に遵守すべき安全基準やナンバー登録については、それぞれ道路交通法や車両登録法等の個別の法律で規定される。

関連規制	メーカーが満たすべき車両規格の条件		林業機械保有者が公道走行時に満たすべき運用に関連する要件	
	車両規格	道路走行時に遵守すべき安全基準	ナンバー登録	運転免許
ドイツ	ISO規格 車両認証の取得	道路交通法 Straßenverkehrs-Ordnung (StVO) ・ 道路交通免許法 Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung (StVZO)	車両登録法 (Fahrzeug-Zulassungsverordnung - FZV)	道路交通への参加に関する条例 Fahrerlaubnisverordnung (FeV)
フィンランド		道路交通法 Tieliikennelaki 729/2018 特殊輸送車両TRAFI Erikoiskuljetukset ja erikoiskuljetusajoneuvot / /4592/03.04.03.00/2015	車両法Ajoneuvolaki 82/2021	道路での車両の利用に関する条例 Asetus ajoneuvojen käytöstä tiellä / 1257/1992

（出所）各種規定よりみずほリサーチ&テクノロジーズ作成

Copyright Mizuho Research & Technologies, Ltd. All Rights Reserved.

3．海外のホイール型林業機械の活用状況

1. 運用実態
2. 関係法令
① 欧州における林業機械に係る規制の概況
② 林業機械の車両規格
3. 安全対策

Copyright Mizuho Research & Technologies, Ltd. All Rights Reserved.

【欧州】林業機械の車両規格

前提事項

- 欧州の特定の国では型式認証が求められる。型式認証については、欧州全体で共通の認証があるわけではなく、国によってその承認プロセスや規制内容も異なる。
- 従って、欧州で導入されているホイール型林業機械は、各国の型式認証で認可を取得している。ヒアリングに依れば、オーストリアで取得した型式認証は、ドイツ・フィンランドでも適用可能である。（Konrad社）
  - ✓ ヒアリングに依れば、ドイツにおける林業機械に対する規制が最も制限が厳しいため、メーカーはドイツの要件を基準とした設計を実施しているとのことである。（John Deere社）

道路走行に際して必要な車両の型式認証の取得方法

- 国内型式認証：各機種のサンプル1台に対して検査を実施し、合格時に該当機種全ての車両が登録される。
  - ✓ 車両の技術的な詳細を示す書類を提出する必要があり、その書類に基づいて、当局はその車両が必要要件をすべて満たしているか検査を行う
  - ✓ 検査では、車両が書類と一致しているかどうかの評価を行う。
  - ※ John Deere社では特別な場合を除き、フィンランド運輸通信庁（Traficom）に型式承認を申請している。

- 個別承認：一台一台の車両について検査を実施して登録する。
  - ✓ 長所：規制の免除を受けやすくなる。（※例えば、安全基準と路上規制との間に矛盾がある場合に免除が必要）
  - ✓ 短所：車検場によって規制の解釈が異なる可能性がある。発売後、製品に変更が生じる可能性がある。

MIZUHO

Copyright Mizuho Research & Technologies, Ltd. All Rights Reserved.

公道走行時に許容される車両寸法

公道走行時の車両寸法規定

- 欧州において、各国の公道走行に際して許容される車両寸法は、国によって異なる。
- 特にドイツでは、寸法・重量の要件が非常に厳しく規定されている。ドイツは連邦制をとるため、州によっても規制の差異があり、ニーダーザクセン州、ヘッセン州、ノルトライン・ヴェストファーレン州、バーデン・ヴュルテンベルク州、ラインラント・プファルツ州、ザクセン・アンハルト州では、より簡便な承認プロセスが採られている。
- 以下でフィンランドとドイツの公道走行時の車両要件を比較した。車幅・車高・車両全長いずれをとっても、フィンランドと比較して、ドイツの方が許容寸法が小さく、厳しい要件であることが読み取れる。

フィンランドの車両寸法要件	
関係法令	• 道路交通法：Tieliikennelaki • 車両法： • 特殊輸送車両に関するTRAFY：TRAFI/4592/03.04.03.00/2015
車幅	4m未満（特殊輸送車両）
車高	4.2m未満
車両全長	最大20.00 m（特殊輸送車両）

ドイツの車両寸法要件	
関係法令	• 道路交通規制：Straßenverkehrsordnung（StVO） • 道路交通免許規制：Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung(StVZO)
車幅	原則2.55m（最大3m）
車高	4m
車両全長	12m トレーラーを牽引する場合、最大2つまで。その場合の車両長は18.75m

（出所）John Deere社提供情報より作成

Copyright Mizuho Research & Technologies, Ltd. All Rights Reserved.

【ドイツ】公道走行時に許容される車両要件（超過時）

超過時の対応

- ドイツでは、他国と比較し公道走行可能な車幅が2.5mと狭いため、林業機械は最大車幅の超過が多く発生する。一方、車体の重量超過はあまり発生しない。寸法や重量等が規定を超過した場合、特別許可の取得が必要となる。その際、走行可能な場所、道、時間等の制限が課されることが想定される。
- ドイツでは、規定される法定要件を超えた場合には、意見書等を用意し特例承認を受けた後（StVZO§70）、実際に車両を確認する車体検証による追加での許可証の交付が必要である。（StVO§29(3)）
- 特定の地域では、一定の大きさと重量を超えない車両については車両検証が不要となる簡易認可手続が設けられている。

ステップ1：特例承認

適用除外の承認（StVZO §70）
- 規定されている以上の寸法、軸荷重、エンジン出力となる車両はStVZO§70に基づき、例外的に走行が承認される
- 各州の現地道路当局への意見聴取が必要となる
- 適切な専門家による意見書が必要である（林業機械メーカーからの提供も可能である）
- 関係当局に提出する場合には、上記証明書は、発行から18か月以内のものとする

ステップ2：車両検証/特別許可発行

超過時の許可（StVO §29 (3)）
- 現地の交通当局に申請
- 法律で定められた要件を超過する車両が道路を走行して問題ないかどうかを、現地の道路管理局・警察署が実際に確認（＝車両検証）
- 許可証は3年間有効。車両運転時に携行必須

特定州*における簡易認可（StVO §29 (3)）
- 特定の州では、「StVO§29に基づく簡易認可手続き」が認められている
- 簡易認可は、州ごとに定める一定の大きさと重量の範囲を超えないメーカーの車両に対して一律に適用が可能。この場合、当局による車両検証が不要となる
- 「認可」は常に条件付き。州によって異なるが、想定できる条件としては：
  - ✓ 警告パネル、照明
  - ✓ 通行に危険な部品の固定
  - ✓ 3m以上の車幅で黄色の全周囲ランプを使用
  - ✓ 高速道路や自動車専用道路の使用禁止
  - ✓ 重量制限のある道路や橋の使用は禁止
  - ✓ 個別の道路でのみ走行が許可
  - ✓ 一般道での走行は、特別な時間帯にのみ可
  - ✓ 全周囲灯を装備した支援車両が必要
  - ✓ 道路地図に沿った道路、警察のパトロール、月単位の許可、高い料金

（出所）関連条項、Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, „Landwirtschaftliche Fahrzeuge im Straßenverkehr 2020“よりみずほリサーチ&テクノロジーズ作成

*ニーダーザクセン州、ヘッセン州、ノルトライン・ヴェストファーレン州、バーデン・ヴュルテンベルク州、ラインラント・プファルツ州、ザクセン・アンハルト州

Copyright Mizuho Research & Technologies, Ltd. All Rights Reserved.

３．海外のホイール型林業機械の活用状況

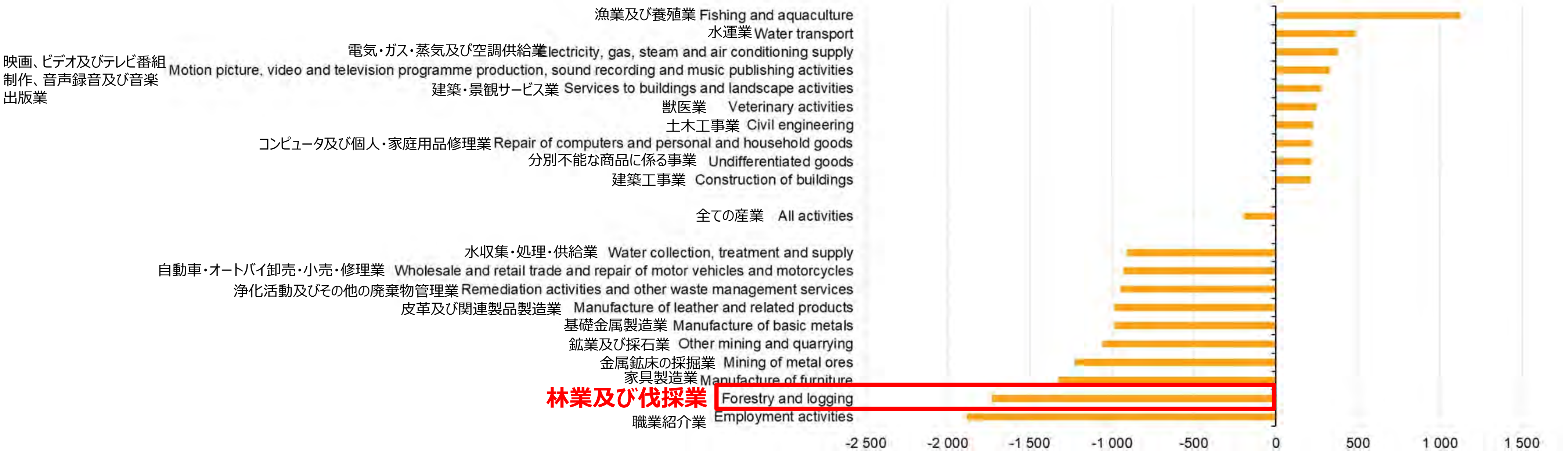
1. 運用実態
2. 関係法令
3. 林業に係る事故状況･安全対策

MIZUHO

Copyright Mizuho Research & Technologies, Ltd. All Rights Reserved.

【欧州】林業に係る事故状況

- 下図では非死亡事故の変化について、2010年と2019年を比較し産業分野別に示したものであるが、欧州における林業分野の事故率は大幅に減少している。これは、機械化が進み、人力での伐倒作業が減少したことが背景にあると考えられる。
- 林業機械の公道走行における事故に特定したデータは文献調査では得られず、またヒアリングにおいても該当する情報は得られなかったため、林業機械の公道走行時の事故は統計的に整理される程度の件数に達していないと推察される。調査対象国においても林業の機械化が進んだ背景から、数十年で森林作業における労働災害は大幅に減少している。



欧州における分野別産業事故率の変化（10万人あたり）

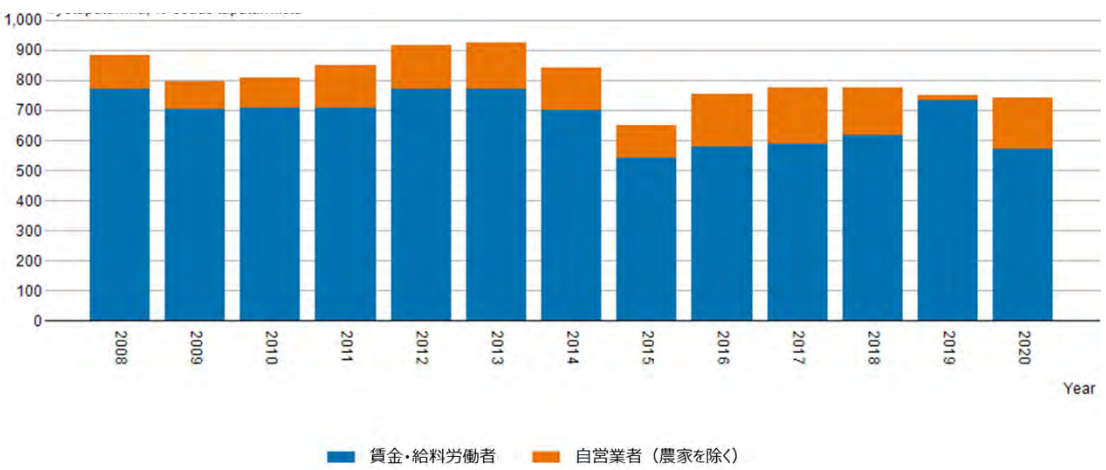
（2010-2019年度、死亡事故を除く）

（出所）欧州労働安全統計

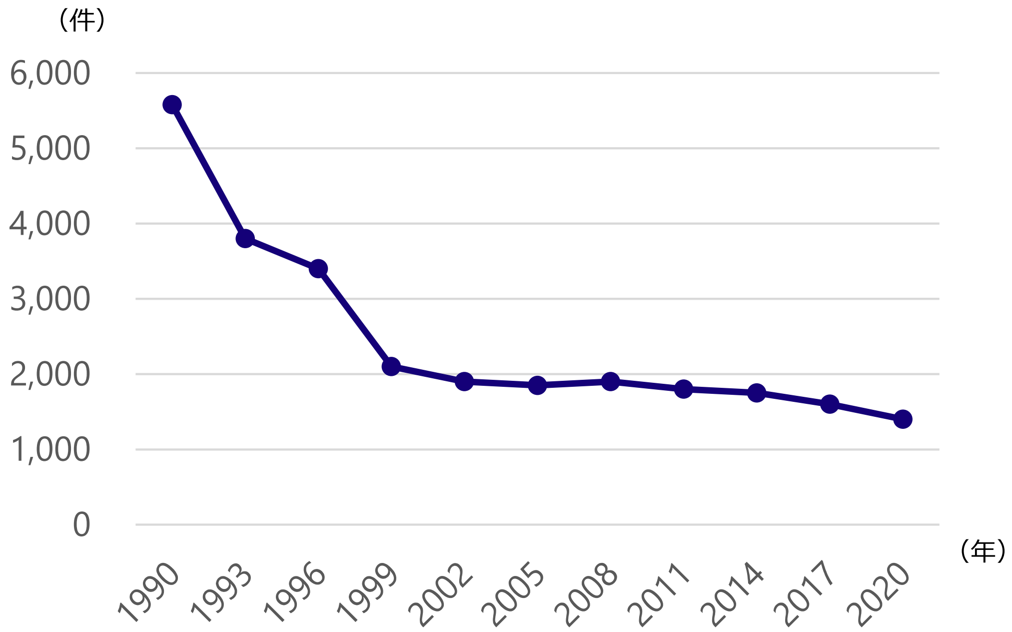
Copyright Mizuho Research & Technologies, Ltd. All Rights Reserved.

【フィンランド・オーストリア】森林作業中の事故件数の推移

- フィンランドではCTLシステムが広く普及し機械化が進んでおり、ほぼすべての伐採・集材が機械化されているため、死亡事故は非常に少ない。Ponsse社によれば森林産業での事故による犠牲者は平均して10年間で1人に留まっている。森林作業中の事故件数についても、減少傾向にある。
- オーストリアにおける森林作業中の事故件数は1990年に5,580件とピークに達したが、その後減少した。直近 10年間では、事故件数は1,400 から1,800 の間で横ばいになり、2020 年には 1,170 と過去最少件数となった。



フィンランドにおける森林作業中の事故件数の推移



オーストリアにおける森林作業中の事故件数の推移

（出所）Statics Finland
https://pxdata.stat.fi/PxWeb/pxweb/en/StatFin/StatFin__ttap/statfin_ttap_pxt_129s.px/ (2023年2月3日最終閲覧)

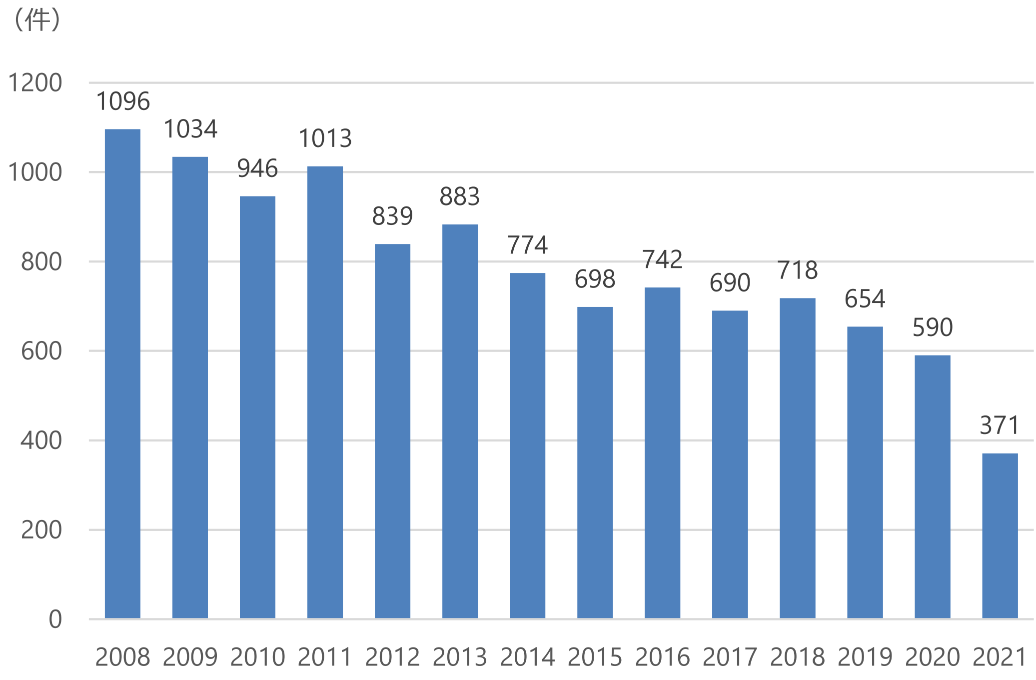
（出所）Sozialversicherungsanstalt der Selbständigenレポート「Forstliche Sicherheitsbestimmungen」

（出所）Ponsse社レポート「完璧な集材」https://pim.ponsse.com/media/ponsse-pim-api/api/content/getfile/16622404.pdf

Copyright Mizuho Research & Technologies, Ltd. All Rights Reserved.

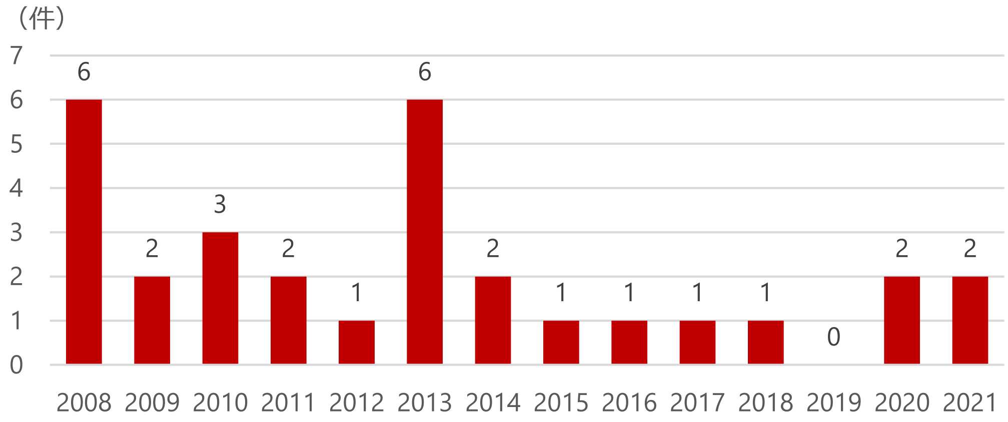
【ドイツ】森林作業中の事故件数の推移

- ドイツにおいても、森林作業時の事故は減少傾向にあり、公有林における死亡事故および30日以上の休養を要する作業中の事故の合計では、過去10年で顕著に減少しており、2011年の1013件に対して2021年の報告件数は半数以下の371件となっていた。「作業システム」で述べたとおり、ドイツ公有林ではハーベスタ・フォワーダの活用が進んでいることが要因と考えられる。公有林での死亡事故は年10件以下となっている。



ドイツ公有林における森林作業中の報告対象※事故件数の推移

※死亡もしくは30日以上の作業中断となった事故件数



ドイツ公有林における死亡事故件数の推移

（出所）KWF事故統計 https://unfallzahlen.kwf-online.de/ (2023年2月3日最終閲覧)よりみずほリサーチ＆テクノロジーズ作成

Copyright Mizuho Research & Technologies, Ltd. All Rights Reserved.

【ドイツ、オーストリア】森林作業中の事故の要因

- ドイツ、オーストリアについては事故要因の情報が得られた。
- チェーンソーに係る事故は現在でも一定数発生しており、オーストリアにおいてはチェーンソー作業時の事故が6割を占めている。チェーンソーの制御不能だけでなく、手伐倒を行うことによる落下・スリップ等が事故につながっているとみられ、作業の機械化は業務効率化だけでなく労働安全の担保にもつながっていると推察される。

ドイツにおける森林作業中の事故要因 (人数)

年度	2019年	2020年
農林水産社会保険に報告された労働災害	5257	4834
特に危険な作業		
伐採、積込、運搬作業中の事故	899	934
木材加工作業中の事故	1385	1262
特に高いリスク		
木や幹との衝突（3日以上の重症）	1680	1533
地面につまずく、滑る、転倒	1123	1005
チェーンソーに関連する事故	466	433

（出所）農林水産社会保険（SVLFG）プレスリリース（2021年2月）よりみずほリサーチ＆テクノロジーズ作成
https://cdn.svlfg.de/fiona8-blobs/public/svlfgonpremiseproduction/cd002202473640d7/946e25adffb3/pm-unfallzahlen-forst-20210722.pdf

オーストリアにおける森林作業中の事故要因

事故原因	
枝・木の制御不能	50%
落下・スリップ	26%
チェーンソーの制御不能	9%
事故時の状況	
チェーンソー等で作業時	60%
歩行時/移動時	16%
輸送手段を使用する時	13%
危険要因	
枝・木の幹	48%
地面（滑りやすい、葉っぱ、針金など）	17%
チェーンソー	6%
怪我	
骨折	48%
開放創	34%
捻挫/腫れ等	21%

（出所）” Forstliche Sicherheitsbestimmungen” より
みずほリサーチ＆テクノロジーズ作成

Copyright Mizuho Research & Technologies, Ltd. All Rights Reserved.

【欧州】NRMM※の公道走行に係る事故の把握状況 ※移動車両でないもの

- 林業機械の公道走行に特化した事故状況のデータが得られなかったため、 NRMM(Non-Road Mobile Machinery；道路での商品や乗客の輸送を目的としていない輸送可能な産業機器または車両）についての事故状況についても調査を行った。
- NRMMについても、欧州委員会のレポートにおいて公道走行に係る事故に関して利用可能な具体的な統計がないことがレポート内で言及されている。
- 国別の統計が存在する場合も、関係する車両の種類と事故の原因を特定するための細分化されたデータがないことが指摘されている。
  - ✓ 【ドイツ】連邦統計庁の交通事故データによると、年間約2,000件の人身事故 (死傷者および重軽傷者) が農業用トラクターの運転者で発生している。
  - ✓ 【オーストリア】NRMM・トラクターに係る事故件数は以下のとおり。

オーストリアにおけるNRMM・トラクターに係る事故件数

車両の種類	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
トラクター・移動機械-事故件数	149	143	125	156	131	109	154	146	179	133
トラクター・移動機械-死亡事故件数	8	6	4	4	9	3	3	5	9	8

（出所）NRMM Summary report PC Road Circulation report(2020)

Copyright Mizuho Research & Technologies, Ltd. All Rights Reserved.

【欧州】NRMMの公道走行に係る事故事例

- 欧州委員会のレポートにおいて、NRMMに係る事故の原因・要因の例が挙げられている。下表の事故事例は、道路清掃車や大型建設機械などの重機に関する事故などを含む。安定性の問題、視界が確保されていないこと、特に古い機械での整備不良(例：壊れたランプ)その他運転手の操作ミスが原因として挙げられている。

車両の特徴	事故の原因・要因
車両性能・制御（ブレーキシステム、ステアリングシステム、旋回半径、最大設計速度、速度計等）	• 最高車速の操作 • 運転席を離れ、パーキングブレーキが作動していない車両 • NRMMは特に走行速度の違いにより、他の道路利用者によって見過ごされる可能性が高い • ブレーキをかけると、荷重が前面に集中してメインフレームから外れる
車両の質量、寸法および構造（最大公認質量、最大長/幅/高さ、車両構造の完全性、スイング上部構造）	• 国レベルでの最大寸法の扱いが異なると、国境を越える際の道路の安全性に問題が生じる • 車高・車幅 • 上部構造
路面保護（最大アクスル荷重、最大表面接触圧力、タイヤおよびトラック）	• タイヤメッキ/エアロス
車両認識（警音装置、照明、信号装置、サイドリフレクター、回転ビーコン、外部騒音レベル）	• NRMMは、田畑への車道、小さな林道、工事現場など、通常の車両が通らない道の走行が多く、他の道路利用者は、車両がそこで曲がることを予測していないため左折時に特に危険である • 車幅が十分でない旨の表示が不十分 • ヘッドライト位置が低い車に気がつくことができない。低速走行車には、方向指示器付きの高位置ヘッドライト、ブレーキライト等を装備することが推奨される • 大型建設機械や路面清掃車の反転・急移動
オペレータービジョン（視界、ウィンドスクリーンワイパー、バックミラー、サンバイザー、ガラスおよび設置）	• 人又は物による視認性の障害(例:他の車両や自転車が見渡せる後方や側方、道路の境界線が正しく把握できず機械が溝に落下する可能性がある場所) • 不適切なアタッチメント/正面寸法を超えるアタッチメントによる視界妨害
機能安全に関する車両構成部品（車両構造の完全性、暖房/換気/ろ過システム、機械式カップリング/牽引装置、燃料タンクの加圧と漏れ、ガードとフェンダー、循環に関連するオペレータ制御、不正使用防止）	• 設計上の問題による安定性の問題 • オープンキャブの車両では、運転者は道路交通における危険から保護されていない • トレーラーの不正確な連結/欠陥のある連結装置 • 積載又は運搬に関する不足

（出所）NRMM Summary report PC Road Circulation report(2020)

Copyright Mizuho Research & Technologies, Ltd. All Rights Reserved.

林業機械による作業時の安全対策

- 林業機械を対象とした個別の安全対策については設定されておらず、公道での事故においては一般的な車両と同等の対応が求められる。
- 公道走行に限定されるものではないが、フィンランドにおける林業機械の作業者の安全確保に係る事項を以下に示す。

1．作業中の安全	現場での作業の安全性は、計画を慎重に立ててその計画通りに作業することで改善できる。国によっては、伐採に関する安全指示も含め、伐採作業の安全に関する法令が制定されている場合がある。例えばフィンランドでは、送電線までの安全距離、従業員間の安全距離、掛かり木の外し方、従業員の保護具要件などに関する情報を含む法令が制定されている。
2．安全な距離	機械伐採では、安全な距離は以下の式に基づいて計算される。 安全な距離：ブームの長さ＋2×伐倒する木の長さ(m) 目安としてハーベスタからは70メートル、フォワーダからは20メートルが安全な距離である。伐倒時は、倒れてくる木の他にチェーンが破断して飛んでくる恐れもある。ハーベスタのソーチェーンが切れると、チェーンの破片が弾丸のように高速で飛び散る。ソーラインを正しく選択することで、チェーンの破片がマシンに当たるのを防ぐことができる。ソーバーがマシンの方を向いていなければ、ソーラインは正しく選択されている。
3．運転室からの視野	運転室からは周囲の景色がはっきり見える必要がある。窓ガラスに汚れがなく、ライトが正常に機能することを確認する。ライトは少なくとも年に一度クリーニングする。視野が良好であることは、特に暗い場所での作業に重要である。視界が良ければ生産性が上がり、事故のリスクが低くなる。
4．送電線付近での作業	機械伐採において発生する、最も一般的な送電線・電話線の事故は以下のとおりである。 • フォワーダ、ハーベスタ、木材トラックのブームが送電線・電話線に触れる。 • 送電線・電話線の付近に木が倒れる。 • 嵐で倒れて送電線・電話線に掛かった木を除去する。 多くの国では、当局が送電線までの安全な距離に関する指示を公表している。目安としては、頭上に張り巡らされたいかなる種類の電線からも、常に5メートルの距離を確保する。マシンが送電線に当たった場合は、冷静に対処することが重要である。 • ブームやグラップルが電線に触れても、それほど絡まっておらずマシンを動かせる場合は、マシンをできるだけ電線から遠ざけるようにする。通常オペレータには、マシンから出るまでは感電の危険はない。 • マシンを動かせない場合は、助けを求めてマシンから出る準備をする。両足が同時に着地するように、マシンから飛び降りる。その際、マシンや地面に手を触れないこと。 電界半径は、地面では約20メートルである。両足で同時に着地するか、常に片足で着地するようにジャンプして、この範囲から離れること。

（出所）フィンランド Worldwide Construction And Forestry Division: Mechanized timber harvesting handbook（2021）よりみずほリサーチ＆テクノロジーズ作成

MIZUHO

Copyright Mizuho Research & Technologies, Ltd. All Rights Reserved.