

令和4年度

ドローンを活用した新たな造林技術の実証・

調査委託事業

報告書

令和5（2023）年3月

**林野庁**



## 目次

<b>1. 事業の概要</b> .....	<b>1</b>
1.1. 事業名.....	1
1.2. 事業目的.....	1
1.3. 事業内容.....	1
1.3.1. 検討委員会の設置・運営.....	1
1.3.2. ドローン等を活用した新たな造林技術の調査・分析.....	1
1.3.3. ドローンを活用した造林技術の調査・分析.....	1
<b>2. 検討委員会の設置・運営</b> .....	<b>3</b>
2.1. 検討委員会の設置.....	3
2.2. 検討委員会の運営.....	4
<b>3. ドローンを活用した造林技術の事例調査・分析</b> .....	<b>6</b>
3.1. 調査・分析方法.....	6
3.1.1. ヒアリング調査.....	6
3.1.2. ヒアリング調査結果.....	6
<b>4. ドローンを活用した苗木等運搬の実証</b> .....	<b>8</b>
4.1. 実証地と実証に用いたドローン.....	9
4.2. 苗木等運搬の実証のための調査方法の検討.....	10
4.2.1. 調査方法.....	10
4.3. 実証地詳細及び調査結果.....	11
4.3.1. 茨城県城里町（実証 No.1）.....	11
4.3.2. 静岡県小山町（実証 No.2）.....	15
4.3.3. 岐阜県七宗町（実証 No.3）.....	19
4.3.4. 徳島県海陽町（実証 No.4）.....	24
4.3.5. 熊本県高森町（実証 No.5）.....	29
4.3.6. 栃木県那須町（実証 No.6）.....	32
4.3.7. 愛媛県松野町（実証 No.7）.....	36
4.3.8. 京都府京都市（実証 No.8）.....	38
4.3.8. 宮崎県日南市（実証 No.9）.....	41
4.4. ドローン運搬に適した条件の分析.....	45
4.4.1. ドローン運搬が有効となる環境条件の抽出方法.....	45
4.4.2. 分析のための条件設定.....	46
4.4.3. 分析に使用した実証地.....	48
4.4.4. 分析結果.....	49
4.4.5. ドローン運搬が有効となる環境条件のまとめ.....	57
4.5. ドローンの運搬人工案の検討.....	58
4.6. ドローンを活用した苗木等運搬マニュアルの改訂.....	60
<b>5. ドローン運用管理システムの設計</b> .....	<b>61</b>
5.1. 調査概要.....	61

5.1.1. 背景及び目的 .....	61
5.1.2. 調査項目 .....	61
5.2. 現状調査.....	62
5.2.1. 都道府県アンケート調査.....	62
5.2.2. 他分野 API 連携ヒアリング.....	68
5.2.3. 現状調査のまとめ.....	70
5.3. 実証によるシステム上の課題抽出.....	72
5.3.1. 実証の目的・方法.....	72
5.3.2. 実証結果.....	75
5.3.3. 実証のまとめ .....	88
5.4. ドローン運用管理システムにおける今後の課題 .....	89
5.4.1. 電子申請に必要なデータ項目の標準化、オープン API の仕様の検討 .....	89
5.4.2. オルソ画像の撮影条件、検査方法の統一化を検討 .....	90
5.4.3. システム運用管理のあり方の検討.....	90
<b>6. 巻末資料 .....</b>	<b>92</b>
6.1. 検討委員会議事概要 .....	92
6.1.1. 第 1 回検討委員会議事概要.....	92
6.1.2. 第 2 回検討委員会議事概要.....	96
6.1.3. 第 3 回検討委員会議事概要.....	99
6.2. アンケート・ヒアリング結果 .....	102

# 1. 事業の概要

## 1.1. 事業名

令和4年度ドローンを活用した新たな造林技術の実証・調査委託事業

## 1.2. 事業目的

戦後造成された人工林が主伐期を迎える中、森林資源の循環利用の確立し、公益的機能を維持・向上の両立を図る必要がある。そのためには、主伐後の再造林の確保に加え、近年多発する地震、台風等によって裸地化した森林の再生も課題となっている。一方で、日本の森林の大半が急傾斜地にあり、造林作業は高コストかつ労働強度が高く、担い手不足の深刻化も懸念されている。

そのため、急傾斜地である日本の森林に対応した、ドローンを活用した造林技術の実証・調査を実施し、低コスト・省力的な造林技術を確立し、普及に繋げることを目的とした。

## 1.3. 事業内容

### 1.3.1. 検討委員会の設置・運営

事業の実施に当たっては検討委員会を設置し、技術的指導や助言を受けた。検討委員会は3回開催し、開催時期等については林野庁担当職員と調整のうえ決定した。

- (第1回) 調査方法、事業実施に当たっての留意事項の検討等
- (第2回) 現地調査結果の報告、得られた知見の整理
- (第3回) 分析結果の報告

委員は5名とし、学識経験者や業界団体等がバランス良く含まれるよう配慮し林野庁担当職員と調整のうえ決定した。なお、検討委員会における審議により事業内容について変更があり得るものとした。

### 1.3.2. ドローン等を活用した新たな造林技術の調査・分析

ドローンを運搬している事業者やドローン運用管理システムに類似している他分野のシステム開発関係者等へのアンケートやヒアリング調査により情報を収集し、現在の運用の実態、ドローンに適していると感じる環境条件などについて分析した。

#### (1) 調査・分析対象

- ア 苗木等運搬
- イ ドローン運用管理システムの設計

### 1.3.3. ドローンを活用した造林技術の調査・分析

1.3.2 で整理した調査・分析結果を基に、新たな造林技術の実用化に向けた実証等を行った。

#### (1) ドローンを活用した苗木等運搬の実証等

ドローンを用いた苗木や獣害対策ネットなどの造林資材（以下「苗木等」という。）の運搬（以

下「ドローン運搬」)における実証を行うとともに、環境条件の再分析やマニュアルの改訂を行った。実証等の内容については以下のとおり。

#### ア 苗木等の運搬の実証

人肩、ドローン運搬の現地実証を行い、作業工程等を計測することにより、ドローン運搬に適した条件（傾斜、運搬距離、運搬本数、路網整備状況）を明らかにする。運搬する苗木はコンテナ苗を基本とした。

実証地は、5箇所以上に設定するものとし、林野庁整備課と協議の上、決定した。国有林又は民有林の造林予定地で実証を行う場合の地拵え、植栽等の経費は本事業の経費に含まないものとした。

#### イ マニュアルの改訂

令和3年度事業で作成された苗木等運搬マニュアルの改訂を行った。マニュアルは、ドローン運搬の判断基準、苗木等の運搬に要求される機体性能、運用体制（オペレータ・補助者の人数と配置、業務委託）、アタッチメント、飛行計画を作成する上での注意点、苗木等の荷造り・荷掛け・荷下ろしの方法、安全管理、苗木等の配置計画、先進事例の紹介等の内容を盛り込むものとした。

### (2)ドローン運用管理システムの設計

造林分野におけるドローンの効率的な運用管理システムの設計に向けた調査・技術的課題の整理を行った。

## 2. 検討委員会の設置・運営

### 2.1. 検討委員会の設置

本事業の実施において、「ドローンを活用した新たな造林技術の実証・調査検討委員会」を設置した。

検討委員会は、森林経営、低コスト育林、ドローン技術、農業等に関する学識経験者5名の構成とした。検討委員会の委員を次に示す（表 2-1）。

表 2-1 検討委員会の構成(五十音順・敬称略)

検討委員	所属・役職等
岩瀬 将美	東京電機大学 未来科学部 ロボット・メカトロニクス学科 教授
児玉 和久	和歌山県 農林水産部 森林・林業局 森林整備課 課長
杉浦 綾	国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 農業情報研究センター 画像認識チーム長
寺岡 行雄	鹿児島大学 農学系農林環境科学科 教授
山川 博美	国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所 九州支所 森林生態系研究グループ 主任研究員

## 2.2. 検討委員会の運営

検討委員会は、令和4(2022)年9月9日、12月22日、令和5(2023)年2月24日の計3回実施した。実施方式は、新型コロナウイルス感染防止対策としてWEB会議方式を基本とした。検討委員会では、調査方法やデータ分析の技術的指導及び助言がなされたほか、各種調査結果や実証結果やマニュアルの記載内容等について検討した。検討委員会の実施日及び議事を示す(表2-2)。なお、議事概要については巻末に掲載した。

表 2-2 検討委員会の実施日と議事

検討委員会実施日	議事
第1回検討委員会 (令和4(2022)年9月9日)	(1) 令和4年度の事業概要について (2) ドローンを活用した造林技術の調査・調査等について (3) ドローン運用管理システムについて (4) その他
第2回検討委員会 (令和4(2022)年12月22日)	(1) ドローンを活用した苗木等運搬実証の調査・分析・実証結果について (2) ドローンによる苗木運搬マニュアルの素案について (3) ドローン運用管理システムについて (4) その他
第3回検討委員会 (令和5(2023)年2月24日)	(1) ドローンを活用した苗木等運搬の調査・分析について (2) ドローンによる苗木運搬マニュアル案について (3) ドローン運用管理システムについて



写真 2-1 第 1 回検討委員会



写真 2-2 第 2 回検討委員会



写真 2-3 第 3 回検討委員会

### 3. ドローンを活用した造林技術の事例調査・分析

#### 3.1. 調査・分析方法

ドローンを活用した造林技術の調査・分析に当たっては、①ドローン運搬、②ドローン運用管理システムについてそれぞれヒアリング調査を行った。

##### 3.1.1. ヒアリング調査

###### ① ドローン運搬

###### ■ヒアリング対象

令和3年度スマート林業補正予算などによりドローンを導入している事業者

###### ■ヒアリング内容

- ・ドローンの活用用途、使用しているドローンについて
- ・ドローンの運用状況について
- ・ドローンに適した環境条件について

###### ②ドローン運用管理システム

###### ■ヒアリング対象

農業分野での API 連携事例、建設分野 i-construction におけるオルソ化クラウドサービスの現状運用管理を行う行政機関や業者等

###### ■ヒアリング内容

詳細は 5.2.2.他分野 API 連携ヒアリングにて記載

##### 3.1.2. ヒアリング調査結果

ヒアリング調査は、①ドローン運搬については7件（令和3年度スマート林業補正予算でドローンを導入した事業者：5件、その他2件）、②ドローン運用管理システムについては3件のヒアリングを実施した。ヒアリング対象及び実施日は以下のとおりである（表 3-1）。

表 3-1 情報収集先一覧

内容	情報収集先	実施日
① ドローン運搬に関して	エコアス馬路村（林業事業体）	2022年11月3日
	海部森林組合（林業事業体）	2022年11月15日
	戸部木材（林業事業体）	2022年11月29日
	南那珂森林組合（林業事業体）	2022年12月22日
	耳川広域森林組合（林業事業体）	2022年12月28日
	DWS（ドローン開発・サービス会社）	2023年1月18日
	小倉銘木店（林業事業体）	2023年2月9日
② ドローン運用管理システム	国立開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 （行政機関）:WAGRI	2022年12月7日
	株式会社スカイマティクス（ドローン関連サービス）	2022年12月9日
	国立開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 （行政機関）:農機オープンAPI	2021年1月6日

※ヒアリング結果の詳細については、巻末に掲載した。

ヒアリングの結果、すでに導入した事業体がドローン運搬を実施したいと感じる環境条件は以下の通りであった。

表 3-2 林業事業体はドローン運搬を実施したいと感じる環境条件

項目	結果	備考
高低差	40～500m	機体やメーカーの性能が向上したらより遠方に運搬したい
水平距離	200～1000m	より短い距離であっても省力化につながるなら使用したい
傾斜	20° 以上	四国などでは土地が急峻のため、荷下ろし用の平らな場所が必要
その他	<ul style="list-style-type: none"> <li>・植生面積は2ha以上</li> <li>・省力化のため、面積が小さくとも使用したい</li> </ul>	

また、ドローンの導入に関する意見としては以下があげられた。

- ドローンによる苗木運搬は労働力の軽減に寄与するため、導入したい。
- 今後従業員が減少する可能性を考えると、今後のために導入等のコストがかかっても導入したい。

ドローン運用管理システムのヒアリング調査結果の内容については、ドローンを用いて取得したデータの共有・電子申請システムの検討と連動してくるため、それぞれ後述 5.2.2.に記載する。

## 4. ドローンを活用した苗木等運搬の実証

ドローン運搬の実証に当たっては、既にドローンの活用が行われている現地で苗木等の運搬に立ち会い、情報収集や各作業に係る時間計測等を行った。

実証にあたっては、以下の項目について検討した。

- ①実証地及び実証に用いるドローンやその操縦事業者の選定
- ②苗木等運搬の実証のための調査方法の検討
- ③現地でのドローンによる運搬作業
- ④ドローン運搬との比較のための人肩による運搬作業及びその作業負荷の計測
- ⑤調査結果等の分析方法
- ⑥ドローン運搬が有効となる作業手法、環境条件
- ⑦ドローン活用による省力化・低コスト化への効果
- ⑧ドローンの効率的な運用方法

また、上記の検討結果を踏まえ、ドローンによる苗木等運搬マニュアルの改訂を行った。なお、実証による運搬物はコンテナ苗を基本としつつ、シカ柵、丸太等の運搬も行った。

#### 4.1. 実証地と実証に用いたドローン

実証地については、事前の情報収集により、令和3年度スマート林業補正予算でドローンを導入している事業者から3箇所（徳島県、栃木県、京都府）、林業事業者から1箇所（熊本県）、ドローン運搬の協力が得られた5箇所の国有林（茨城県、静岡県、岐阜県、愛媛県、宮崎県）の計9箇所を選定した。

ドローン運搬の実施業者、使用するドローンの機種は、元々ドローン運搬が行われる民有林においては、予定されていた運搬事業者、機種とした。一方、国有林においては、近隣のドローンサービス事業者を選定し、その事業者が所有する苗木・林業用資材運搬用に開発された機種による実証を行った。

選定した実証地の概要は次のとおりである（表 4-1）。

表 4-1 実証地一覧

実証 No.	実証地	所有形態 植栽面積	運搬物	運搬事業者	機種 (メーカー)	操縦 方式	1往復の 運搬量	実証 時期
1	茨城県 城里町	国有林 5.84ha	スギのコンテナ 苗	(株)DroneWorkSystem (ドローン業者)	EAGLE24 EAGLE40 (DWS)	2 オペ 3 オペ	① 約 24kg ② 約 40kg	10/3
2	静岡県 小山町	国有林 4.2ha	ヒノキのコンテナ 苗	(株)山進 (ドローン業者)	XYZ20 (山進)	2 オペ	約 15kg	10/12
3	岐阜県 七宗町	国有林 8.96ha	ヒノキのコンテナ 苗	(株)ストーンモリス (ドローン業者)	森飛 15 森飛 25 (マゼックス)	2 オペ	① 約 15 kg ② 約 25kg	10/19
4	徳島県 海陽町	民有林 9.36ha	スギのコンテナ 苗	海部森林組合 (林業事業者)	森飛 15 (マゼックス)	2 オペ	約 15kg	10/26 -27
5	熊本県 高森町	民有林 4.65ha	防鹿柵（ネット、 支柱、杭）	阿蘇森林組合 (林業事業者)	森飛 2 オペ 型 (マゼックス)	2 オペ	約 15kg	11/17
6	栃木県 那須町	民有林 11.5ha	スギのコンテナ 苗	栃木県森林組合 連合会 (林業事業者)	森飛 25 (マゼックス)	2 オペ	約 25kg	11/22
7	愛媛県 松野町	国有林	スギのコンテナ 苗	古河産業(株) (ドローン業者)	(DWS)	2 オペ	約 49kg	12/20
8	京都府 京都市	民有林	磨き丸太用材	小倉銘木店 (林業事業者)	EAGLE40 (DWS)	2 オペ	約 40kg	2/9
9	宮崎県 日南市	国有林 5.93ha	スギのコンテナ 苗	延岡空撮 (ドローン業者)	ciDrone (ciRobotics)	1 オペ	約 20kg	2/21

## 4.2. 苗木等運搬の実証のための調査方法の検討

### 4.2.1. 調査方法

現地調査については、ドローン運搬が効果的となる作業手法や環境条件、省力化や低コスト化への効果等を分析するため、ドローンと人肩による運搬物・運搬量、運搬時間及び運搬した苗木の植栽にかかる人工（人日）数と、環境条件との調査を行った。

運搬物・運搬量については、運搬物と1往復あたりの運搬本数（重量）を記録・計測した。

運搬時間については、それぞれの運搬開始地点から荷下ろし地点までの往復時間を計測した。特にドローンによる運搬については、その特徴を詳細に把握し、また昨年度の結果と合わせて分析できるように、昨年度と同様に往路から荷下ろし、復路、バッテリー交換、荷掛けにかかる時間に分けて計測した。また、ドローン運搬を行っても植栽者は空荷で植栽地まで移動する必要があるため、空荷の場合の移動往復時間も計測した。

植栽については、ドローン運搬を実施した実証地において、植栽者から日報を提出してもらい、苗木運搬後の植栽にかかった人工数（人日数）を算出した。

調査項目は以下に整理する（表 4-2）。

表 4-2 各実証地における調査項目

区分	調査項目	詳細
ドローンによる 苗木等運搬	運搬物・運搬量	運搬物の種類、1往復あたりの運搬本数（重量）
	往路+荷下ろし時間	離陸から苗木を下ろすまで
	復路時間	苗木を下ろしてから着陸まで
	バッテリー交換+荷掛け時間	着陸から各作業を経て離陸まで
	荷掛けのみの時間	着陸から荷掛けを経て離陸まで
	運搬作業人数	ドローン運搬にかかる作業人数
人肩による 苗木等運搬	運搬本数（運搬重量）	1往復あたりの運搬本数（運搬重量）
	駐車位置～植栽エリア までの往復時間	人肩運搬時の往復時間
		空荷での移動時間
植栽	植栽にかかった人工数	植栽者からの日報を基に算出
環境条件	距離	荷掛け地点～荷下ろし地点までの直線距離
		（作業道に沿った）人肩運搬距離
	高低差	荷掛け地点と荷下ろし地点の標高差

### 4.3. 実証地詳細及び調査結果

#### 4.3.1. 茨城県城里町（実証 No.1）

##### (1) 実証地の概要

実証地は茨城県城里町の国有林における 5.84ha の植栽予定地とし、スギのコンテナ苗 (150cc) の実証調査を行った。

実証地の概要を次に示す（表 4-3）。

表 4-3 茨城県城里町における実証地の概要

実証地	茨城県城里町(大沢国有林 258 ろ 1 林小班)
植栽面積	5.84ha
植栽密度	2,100 本/ha
植栽本数	12,264 本
運搬物	スギのコンテナ苗(150cc) 苗高 69.1±3.8cm、根鉢長 12.3±0.5cm
傾斜	20～30°
水平距離	325～475m
高低差（標高差）	50～60m
標高（荷掛け地点）	230m
標高（荷下ろし地点）	280～290m
荷下ろし地点数	3 箇所
集材方式	車両系(フォワーダ)
人肩運搬による移動距離	606～1330m
運搬者	ドローン開発・サービス業者(株DWS)
使用機種（メーカー）	EAGLE24、EAGLE40(株DWS)
操縦方式	2 オペレーション(2 オペ)
ドローン運搬作業人数	4人

ドローン運搬の地点数は地形や運搬後の植栽作業のしやすさを考慮した 13 地点 3 地点とした。また、ドローン運搬のほか、人肩による運搬を実施し、それぞれの 1 往復あたりの運搬本数、運搬時間を計測し、比較分析を行った。

実証地の概略図とドローン発着位置の状況はそれぞれ、図 4-1、図 4-2 に示す。

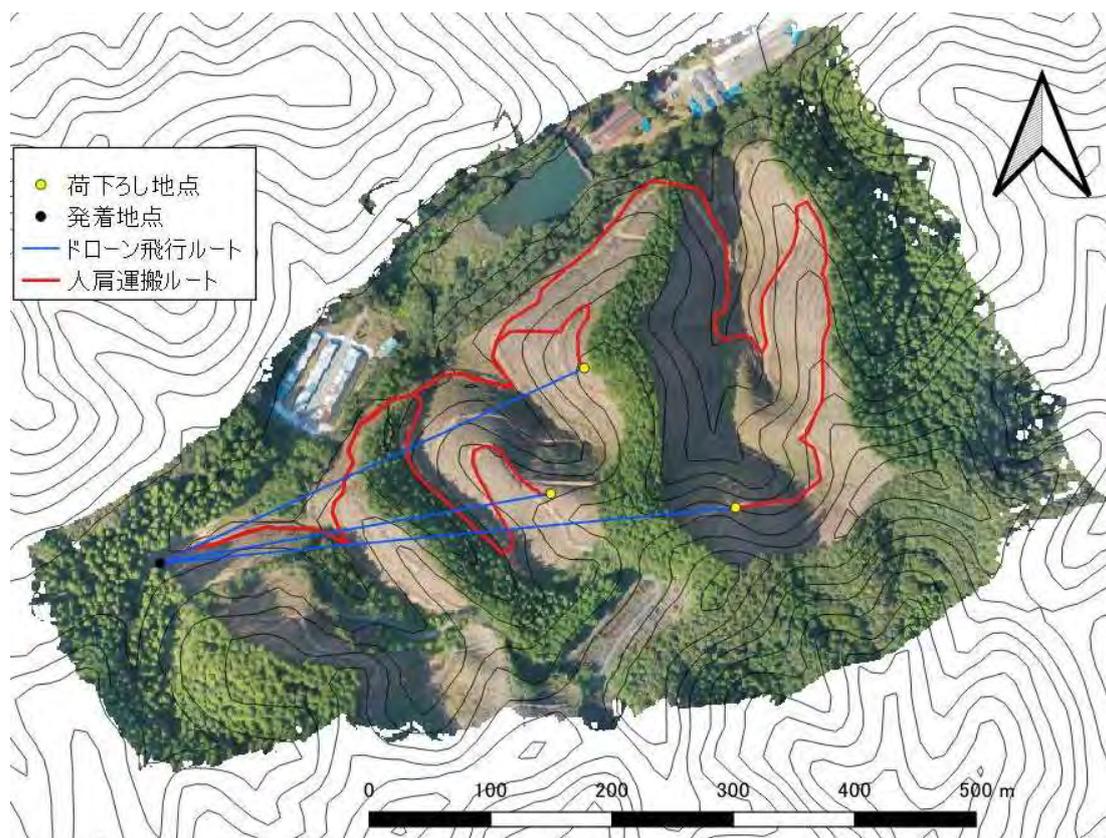


図 4-1 茨城縣城里町の実証地



図 4-2 実証地の様子

## (2) 調査結果

実証地の現地確認等の下見を令和4(2022)年9月12日に運搬業者・植栽業者等と実施し、実証調査は令和4(2022)年10月3日に実施した。

### ① 使用したドローン等

使用したドローンは林業用に開発された株式会社 DroneWorkSystem (DWS) の EAGLE24 と EAGLE40 とし、ドローン運搬も同社に依頼した。使用したドローン及び運搬体制・作業等の詳細は次のとおりである(表4-4)。

表 4-4 使用したドローン及び運搬体制・作業等の詳細

機種名 (メーカー)	EAGLE24/40 (DroneWorkSystem)	
概要	オペレータは発着地点に1人、荷下ろし地点に1人の計 <b>2人で手動</b> 飛行 補助者は発着地点に1人（バッテリー交換等全体雑務1人）、荷下ろし地点に1人（荷下ろし1人）の計 <b>2人で合計4人体制</b>	
1往復の 運搬可能量	EAGLE24：最大24kg（本実証地では2オペで使用） EAGLE40：最大40kg（本実証地では3オペで使用）	
苗木の荷掛け、 荷下ろし	荷掛け：発着地点に着陸させ、停止状態で苗木（袋）をフックに掛ける。 荷下ろし：荷下ろし地点で苗木を地面に接地させた状態でホバリングさせ、 <b>補助者が苗木（袋）をフックから外す。</b>	
写真	 EAGLE24:1700mm/18.8kg	 EAGLE40:1900mm/28.8kg

11

## ② ドローン運搬と人肩運搬との比較

本実証地では人肩運搬との比較を行った。ドローン及び人肩による苗木運搬における1往復あたりの運搬本数、運搬時間等は次のとおりであった（表 4-5）。

表 4-5 茨城県城里町におけるドローン及び人肩による1往復あたりの運搬本数・時間

計測・算出項目	運搬方式	
	ドローン運搬 (24/40)	人肩運搬
作業人数	4人	1人
1往復あたりの平均運搬本数	100本/150本	100本
1往復あたりの平均運搬時間 (EAGLE24/EAGLE40)	5.1分/6.85分	47.3/23.3分
1日あたりの運搬本数 (EAGLE24)	3,700本	761本
1人日あたりの運搬本数 (EAGLE24)	925本	761本

※1日の実労働時間を6時間として算出。

※EAGLE40は試験的な運搬で3往復のみ実施。そのため運搬本数はEAGLE24のみを記載した。

ドローン運搬と人肩運搬を比較すると、1往復あたりの運搬本数については同様であったが、往復時間はEAGLE24が1/9、EAGLE40が1/3以下と短かった。

1日あたりの運搬本数に換算すると、ドローン運搬の方が約5倍多かった。ドローン運搬に

は、4人の作業人数を要したが、約2倍以上運べる結果となった。

### (3) 運搬した苗木

運搬した苗木のおおよそのサイズを知るため、サンプルとして運搬前に20本ずつ直径、長さ、重さを計測した。結果を次に示す。

表 4-6 茨城県城里町における運搬した苗木の計測値情報

No.	樹種	地際径(mm)	全長(cm)	苗高(cm)	根鉢長(cm)	重量(g)
1	スギ	4.1	71.3	59.1	12.2	87
2	スギ	5.2	70.8	57.6	13.2	145
3	スギ	5.7	70.3	57.5	12.8	142
4	スギ	4.8	63.2	51.7	11.5	143
5	スギ	4.1	70.4	57.8	12.6	93
6	スギ	5.1	71.7	58.5	13.2	187
7	スギ	5.0	67.4	55.6	11.8	142
8	スギ	5.2	66.4	54.6	11.8	149
9	スギ	4.8	72.2	59.9	12.3	138
10	スギ	5.1	65.7	53.4	12.3	136
11	スギ	4.8	63.8	51.1	12.7	140
12	スギ	5.5	68.5	56.4	12.1	133
13	スギ	4.5	73.7	62.2	11.5	169
14	スギ	5.0	76.7	64.3	12.4	128
15	スギ	4.3	65.9	53.1	12.8	129
16	スギ	5.0	70.0	57.6	12.4	97
17	スギ	4.7	64.5	53.2	11.3	165
18	スギ	5.1	73.1	60.7	12.4	183
19	スギ	4.8	72.2	60.0	12.2	142
20	スギ	4.1	64.8	52.6	12.2	170
平均		4.8±0.4	69.1±3.8	56.8±3.6	12.3±0.5	140.9±26.9

#### 4.3.2. 静岡県小山町（実証 No.2）

##### (1) 実証地の概要

実証地は静岡県小山町の国有林における 4.2ha の植栽予定地とし、ヒノキのコンテナ苗 (300cc) を運搬する実証調査を行った。

実証地の概要を次に示す (表 4-7)。

表 4-7 静岡県小山町における実証地の概要

実証地	静岡県小山町（明神峠国有林 532 ろ 1 林小班）
植栽面積	4.2ha
植栽密度	2,100 本/ha
植栽本数	8,820 本
運搬物	ヒノキのコンテナ苗(300cc) 苗高 105.2±11.0cm、根鉢長 14.8±1.0cm
傾斜	25° ~30°
水平距離	240m
高低差（標高差）	100－145m
標高（荷掛け地点）	775m
標高（荷下ろし地点）	875m－940m
荷下ろし地点数	13 箇所
集材方式	架線
人肩・クローラ運搬による移動距離	1020-1255m
運搬者	ドローンサービス業者（株山進）
使用機種（メーカー）	XYZ20/Motte 2（株DWS）
操縦方式	2 オペレーション（3 オペ）
ドローン運搬作業人数	3 人

ドローン運搬の地点数は地形や運搬後の植栽作業のしやすさを考慮した 13 地点とした。また、ドローン運搬のほか、人肩による運搬を実施し、それぞれの 1 往復あたりの運搬重量、運搬時間を計測し、比較分析を行った。

実証地の概略図とドローン発着位置の状況はそれぞれ、図 4-3、図 4-4 に示す。

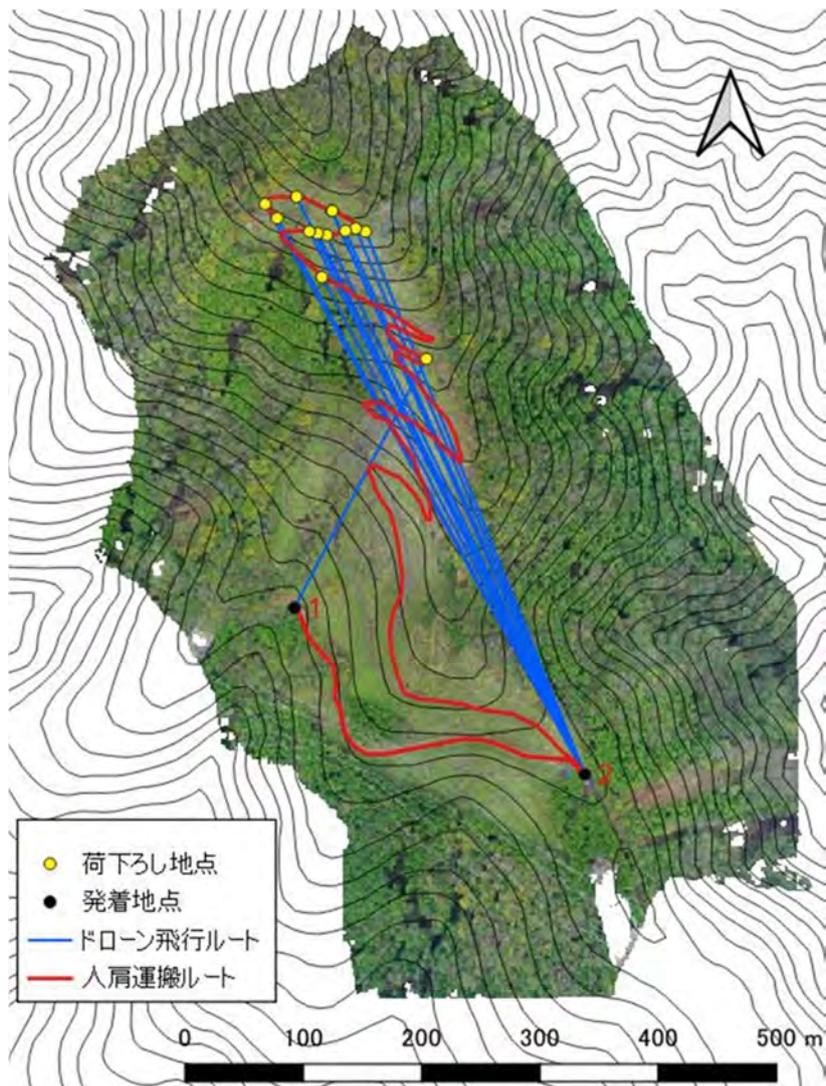


図 4-3 静岡小山町の実証地



荷下ろし地点B'付近



発着地点A



運搬用苗木

図 4-4 実証地の様子

## (2) 調査結果

実証地の現地確認等の下見を令和4(2022)年9月29日に運搬業者・植栽業者等と実施し、実証調査は令和4(2022)年10月12日に実施した。

① 使用したドローン等

使用したドローンは林業用に開発された株式会社山進（山進）のXYZ20/Motte2とした。運搬も同社に依頼した。使用したドローン及び運搬体制・作業等の詳細は次のとおりである（表 4-8）。

表 4-8 使用したドローン及び運搬体制・作業等の詳細

機種名 (メーカー)	XYZ20 / Motte2 (山進)	
概要	オペレーターは発着地点に1人、荷下ろし地点に1人の計 <b>2人で手動飛行</b> 補助者は発着地点に1人（バッテリー交換等全体雑務1人） で <b>合計3人体制</b>	
1往復の 運搬可能量	XYZ20 / Motte2 : 最大25kg	
苗木の荷掛け、 荷下ろし	荷掛け：発着地点に着陸させ、停止状態で苗木（袋）をフックに掛ける。 荷下ろし：荷下ろし地点で苗木が地面に接地すると、 <b>自動で苗木（袋）が</b> フックから外れるため、補助者は必要ない。	
写真	<div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p style="text-align: center; color: yellow;">XYZ20 / Motte2 : 2760mm/26.5kg</p> <p style="text-align: center;">本体:17.5kg バッテリー:9kg</p>	

13

## ② ドローン運搬と人肩運搬との比較

本実証地では人肩運搬との比較を行った。ドローン及び人肩による苗木運搬における1往復あたりの運搬重量、運搬時間等は次のとおりであった（表 4-9）。

表 4-9 静岡県小山町におけるドローン及び人肩による1往復あたりの運搬重量・時間

計測・算出項目	運搬方式	
	ドローン運搬	人肩運搬
作業人数	3人	1人
1往復あたりの平均運搬重量/本数	74本	75本
1往復あたりの平均運搬時間	5.56分	34.1分
1日あたりの運搬本数	2,425本	792本
1人日あたりの運搬重量	808本	792本

※1日の実労働時間を6時間として算出。

ドローン運搬と人肩運搬を比較すると、1往復あたりの運搬本数についてはほぼ同様であった。往復時間はドローン運搬が人肩運搬の約1/6と短かった。

また、1日あたりの運搬本数に換算すると、ドローン運搬の方が3倍近く多かった。ドローン運搬には、3人の作業人数を要したため、1人日あたりの運搬重量はほぼ同様となった。

## (3) 運搬した苗木

運搬した苗木のおおよそのサイズを知るため、サンプルとして運搬前に10本ずつ直径、長さ、重さを計測した。結果を次に示す。

表 4-10 静岡県小山町における運搬した苗木の計測値情報

No.	樹種	地際径(mm)	全長(cm)	苗高(cm)	根鉢長(cm)	重量(g)
1	ヒノキ	2.5	113.5	97.0	16.5	104.3
2	ヒノキ	2.0	113.5	98.3	15.2	97.2
3	ヒノキ	2.3	111.0	94.5	16.5	107.7
4	ヒノキ	2.0	107.5	93.5	14.0	92.7
5	ヒノキ	2.4	119.5	105.5	14.0	98.0
6	ヒノキ	2.5	113.0	98.0	15.0	96.2
7	ヒノキ	1.5	85.0	71.5	13.5	111.7
8	ヒノキ	2.2	95.5	81.5	14.0	104.0
9	ヒノキ	2.0	94.5	80.0	14.5	108.7
10	ヒノキ	2.6	99.0	84.5	14.5	105.3
平均		2.2±0.3	105.2±11.0	90.4±10.5	14.8±1.0	106.2±6.2

### 4.3.3. 岐阜県七宗町（実証 No.3）

#### (1) 実証地の概要

実証地は岐阜県七宗町の国有林における 8.96ha の植栽予定地とし、ヒノキのコンテナ苗（150cc）をドローンで運搬する実証調査を行った。

実証地の概要を次に示す（表 4-11）。

表 4-11 岐阜県七宗町における実証地の概要

実証地	岐阜県七宗村（七宗国有林 1201 ろ 2 林小班）
植栽面積	13.43ha
植栽密度	2,411 本/ha
植栽本数	21,603 本
運搬物	ヒノキのコンテナ苗（150cc） 苗高 $53.4 \pm 5.4$ cm、根鉢長 $12.0 \pm 0.3$ cm
傾斜	20～40°
水平距離	355～490m
高低差（標高差）	140～165m
標高（荷掛け地点）	370m
標高（荷下ろし地点）	510～535m
荷下ろし地点数	4 箇所
集材方式	架線
人肩運搬による移動距離	570～960m
運搬者	苗木等運搬ドローンサービス業者（株ストーンモリス）
使用機種（メーカー）	森飛 15/森飛 25（株マゼックス）
操縦方式	2 オペレーション（2 オペ）
ドローン運搬作業人数	3 人

ドローンによる苗木の運搬地点数は地形や運搬後の植栽作業のしやすさを考慮した 4 地点とした。

また、ドローンによる運搬のほか、人肩による運搬を実施し、それぞれの 1 往復あたりの運搬本数・運搬時間を計測し、比較分析を行った。

実証地の概略図とドローン発着位置の状況はそれぞれ、図 4-5、図 4-6 に示す。

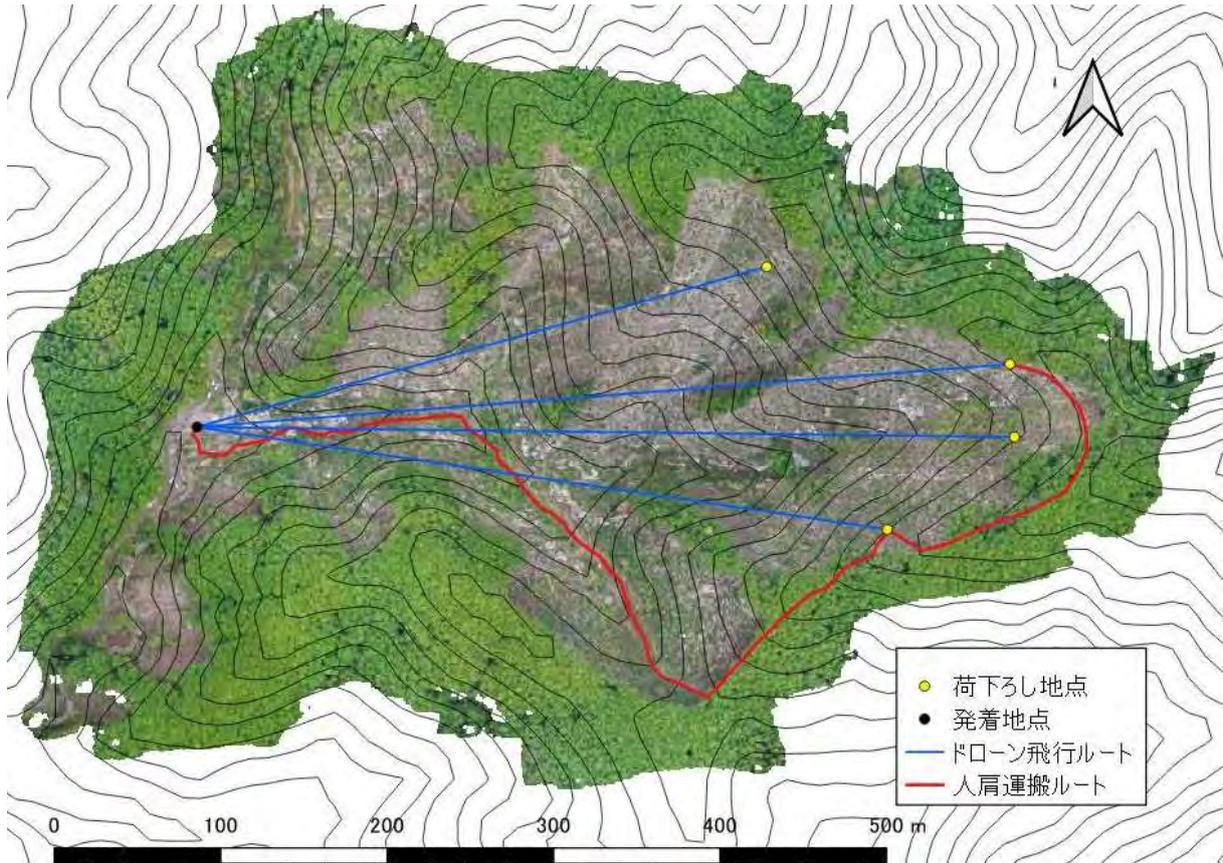


図 4-5 岐阜県七宗町の実証地



図 4-6 実証地の様子

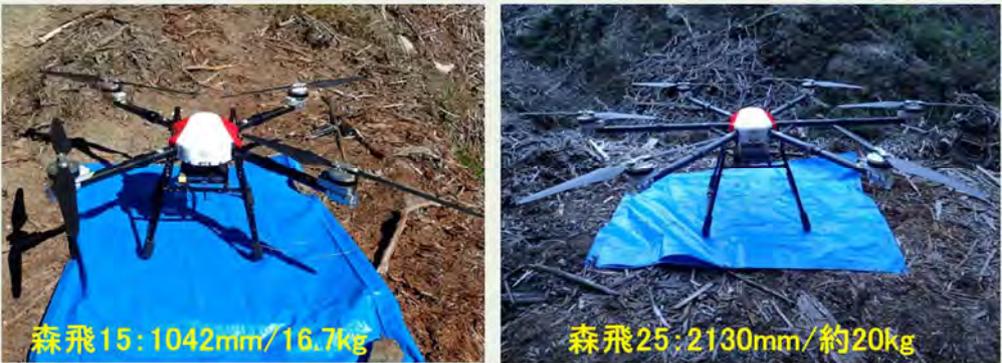
(2) 調査結果

実証地の現地確認等の下見を令和4(2022)年10月18日に運搬業者・植栽業者等と実施し、実証調査は令和4(2022)年10月19日に実施した。

### ① 使用したドローン等

使用したドローンは林業用に開発された(株)マゼックスの森飛 15/森飛 25 とした。運搬業者は森飛を用いた苗木運搬の実績のある株式会社ストーンモリスに依頼した。使用したドローン及び運搬体制・作業等の詳細は次のとおりである (表 4-7)。

表 4-7 使用したドローン及び運搬体制・作業等の詳細

機種名 (メーカー)	森飛15/25 (Mazex)	
概要	オペレータは発着地点に1人、荷下ろし地点に1人の計 <b>2人で手動飛行</b> 補助者は発着地点に1人 (バッテリー交換等全体雑務1人) で <b>合計3人体制</b>	
1往復の 運搬可能量	森飛15 : 最大15kg 森飛25 : 最大25kg	
苗木の荷掛け、 荷下ろし	荷掛け : 発着地点に着陸させ、停止状態で苗木 (袋) をフックに掛ける。 荷下ろし : 荷下ろし地点で苗木が地面に接地すると、 <b>自動で苗木 (袋) が</b> フックから外れるため、補助者は必要ない。	
写真	 <p style="text-align: center;">※機体寸法(プロペラ除く)</p>	

15

### ② ドローン運搬と人肩運搬との比較

本実証地では人肩運搬との比較を行った。ドローン及び人肩による苗木運搬における1往復あたりの運搬本数、運搬時間等は次のとおりであった (表 4-8)。

表 4-8 岐阜県七宗町におけるドローン及び人肩による1往復あたりの運搬本数・時間

計測・算出項目	運搬方式	
	ドローン運搬 (15/25)	人肩運搬
作業人数	3人	1人
1往復あたりの平均運搬本数（森飛 15/森飛 25）	100本/200本	100本
1往復あたりの平均運搬時間（森飛 15/森飛 25）	5.02分/4.73分	40.2分/31.1分
1日あたりの運搬本数（森飛 15）	5,400本	896本
1人日あたりの運搬本数（森飛 15）	1,800本	896本

※1日の実労働時間を6時間として算出。

※森飛 25 は試験的な運搬で2往復のみ実施。そのため運搬本数は森飛 15 のみを記載した。

ドローン運搬と人肩運搬を比較すると、1往復あたりの運搬本数について、森飛 15 は同量、森飛 25 は2倍の量を運搬できた。往復時間はドローン運搬の方が人肩運搬より、森飛 15 で1/8、森飛 25 で1/7 とかなり短かった。

また、1日あたりの運搬本数に換算すると、ドローン運搬の方が約6倍多かった。なお、ドローン運搬には、3人の作業人数を要していたが、1人日あたりの運搬本数で見てもドローンの方が約2倍多い結果となった。

### (3) 運搬した苗木

運搬した苗木のおおよそのサイズを知るため、サンプルとして運搬前に20本の直径、長さ、重さを計測した。結果を次に示す。

表 4-9 岐阜県七宗町における運搬した苗木の計測値情報

No.	樹種	地際径(mm)	全長(cm)	苗高(cm)	根鉢長(cm)	重量(g)
1	ヒノキ	4.1	51.3	38.5	12.8	94
2	ヒノキ	3.3	50.0	38.0	12.0	92
3	ヒノキ	3.2	52.5	40.6	11.9	101
4	ヒノキ	3.2	46.8	34.8	12.0	98
5	ヒノキ	4.0	64.0	51.5	12.5	95
6	ヒノキ	3.4	44.0	32.5	11.5	99
7	ヒノキ	4.3	50.0	38.0	12.0	94
8	ヒノキ	3.2	49.5	37.5	12.0	96
9	ヒノキ	4.4	55.5	43.5	12.0	91
10	ヒノキ	3.8	53.5	41.5	12.0	102
11	ヒノキ	4.2	53.0	41.0	12.0	98
12	ヒノキ	4.3	63.5	51.5	12.0	95
13	ヒノキ	4.0	57.5	45.5	12.0	97
14	ヒノキ	4.5	53.5	42.0	11.5	92
15	ヒノキ	4.5	57.0	45.0	12.0	94
16	ヒノキ	4.1	48.0	36.0	12.0	91
17	ヒノキ	3.7	50.0	38.0	12.0	102
18	ヒノキ	3.9	50.5	38.5	12.0	101
19	ヒノキ	4.5	62.5	50.5	12.0	97
20	ヒノキ	4.6	55.0	43.5	11.5	102
平均		4.0±0.5	53.4±5.4	41.4±5.4	12.0±0.3	96.6±3.7

#### 4.3.4. 徳島県海陽町（実証 No.4）

##### (1) 実証地の概要

実証地は徳島県海陽町の民有林における 9.36ha の植栽予定地とし、スギのコンテナ苗（150cc）をドローンで運搬する実証調査を行った。

実証地の概要を次に示す（表 4-10）。

表 4-10 徳島県海陽町における実証地の概要

実証地	徳島県海陽町（民有林）
植栽面積	9.36ha
植栽密度	—
植栽本数	—
運搬物	スギのコンテナ苗（150cc）
傾斜	20～40°
水平距離	375～570m
高低差（標高差）	175～320m
標高（荷掛け地点）	55m
標高（荷下ろし地点）	230～375m
荷下ろし地点数	32 箇所
集材方式	架線
人肩運搬による移動距離	465～1155m
運搬者	林業事業者（海部森林組合）
使用機種（メーカー）	森飛 15（株マゼックス）
操縦方式	2 オペレーション（2 オペ）
ドローン運搬作業人数	4 人

ドローンによるスギのコンテナ普通苗の運搬地点数は地形や運搬後の植栽作業のしやすさを考慮した 32 地点とした。また、本実証地ではドローン運搬のほか、人肩による運搬を実施し、それぞれの 1 往復あたりの運搬重量、運搬時間を計算し、比較分析を行った。

実証地の概略図とドローン発着位置の状況はそれぞれ、図 4-7、図 4-8 に示す。

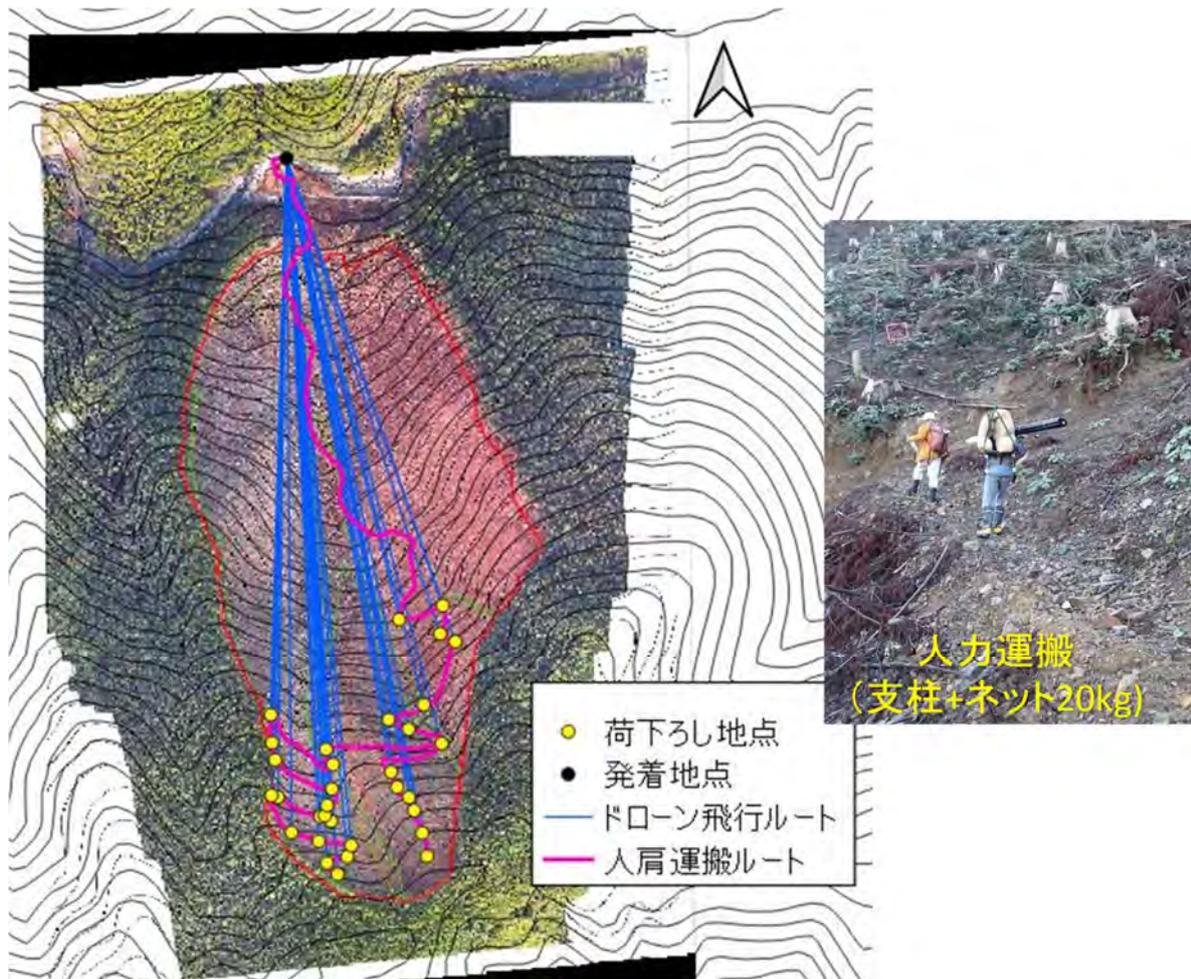


図 4-7 徳島県海陽町の実証地

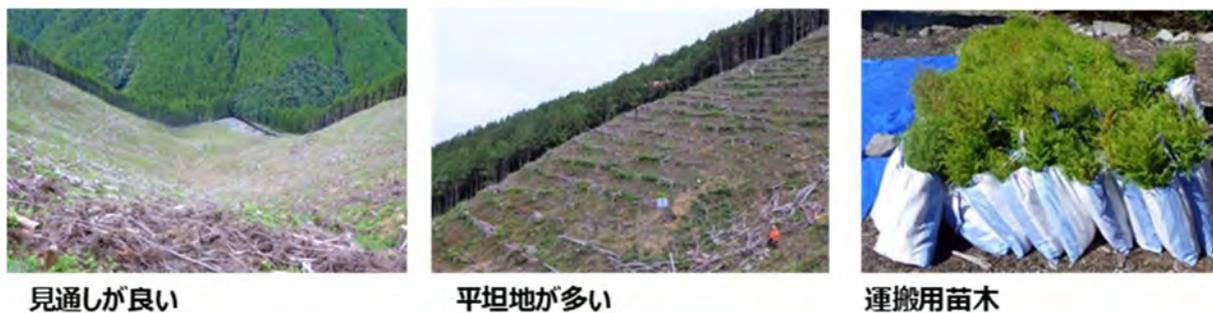


図 4-8 実証地の様子

## (2) 調査結果

実証調査は令和4(2022)年10月27日に実施した。

### ① 使用したドローン等

使用したドローンは林業用に開発された(株)マゼックスの森飛15とした。運搬は海部森林組合が実施した。使用したドローン及び運搬体制・作業等の詳細は次のとおりである(表4-11)。

表 4-11 使用したドローン及び運搬体制・作業等の詳細

機種名 (メーカー)	森飛15 (Mazex)	
概要	オペレータは発着地点に1人、荷下ろし地点に1人の計 <b>2人</b> で <b>手動</b> 飛行 補助者は発着地点に1人 (バッテリー交換等全体雑務1人)、荷下ろし地点に1人 (荷下ろし1人) で <b>合計4人体制</b>	
1往復の 運搬可能量	森飛15：最大15kg	
苗木の荷掛け、 荷下ろし	荷掛け：発着地点に着陸させ、停止状態で苗木 (袋) をフックに掛ける。 荷下ろし：荷下ろし地点で苗木が地面に接地すると、 <b>自動</b> で苗木 (袋) がフックから外れるため、補助者は必要ない (念のため人員は配置)。	
写真	 	

## ② ドローン運搬と人肩運搬との比較

本実証地では人肩運搬との比較を行った。ドローン及び人肩による苗木運搬における1往復あたりの運搬重量、運搬時間等は次のとおりであった（表 4-12）。

表 4-12 徳島県海陽町におけるドローン及び人肩による1往復あたりの運搬本数・時間

計測・算出項目	運搬方式	
	森飛（2 オペ）	人肩
作業人数	4 人	1 人
1 往復あたりの平均運搬本数	100 本	10kg（100 本相当）
1 往復あたりの平均運搬時間	5.56 分	58.6 分
1 日あたりの運搬本数	6,693 本	600 本
1 人日あたりの運搬本数	2,231 本	600 本

※1 日の実労働時間を 6 時間として算出。

ドローン運搬と人肩運搬を比較すると、1 往復あたりの運搬本数について、ドローン運搬と人肩運搬は同様であった。平均運搬時間は 1/10 とかなり短くなっていた。

また、1 日あたりの運搬重量に換算すると、ドローン運搬の方が約 8 倍多かった。ドローン運搬には、4 人の作業人数を要したが、1 人日あたりの運搬本数で見てもドローンの方が約 3 倍多い結果となった。

## (3) 運搬した苗木

運搬した苗木のおおよそのサイズを知るため、サンプルとして運搬前に 20 本の直径、長さ、重さを計測した。結果を次に示す。

表 4-13 徳島県海陽町における運搬した苗木の計測値情報

No.	樹種	地際径(mm)	全長(cm)	苗高(cm)	根鉢長(cm)	重量(kg)
1	スギ	6.4	82.0	69.0	13.0	7.00
2	スギ	6.3	79.5	68.0	11.5	6.44
3	スギ	4.8	76.5	63.0	13.5	6.44
4	スギ	5.5	79.5	67.0	12.5	6.17
5	スギ	5.5	89.0	77.0	12.0	7.48
6	スギ	4.7	87.5	75.0	12.5	7.34
7	スギ	5.9	80.5	68.0	12.5	6.83
8	スギ	5.6	73.0	60.0	13.0	7.20
9	スギ	4.7	75.0	63.0	12.0	6.90
10	スギ	5.6	80.5	68.0	12.5	7.55
11	スギ	3.9	67.0	56.0	11.0	7.16
12	スギ	6.1	85.5	73.0	12.5	7.50
13	スギ	4.7	72.0	59.0	13.0	7.50
14	スギ	5.7	77.5	64.5	13.0	6.84
15	スギ	6.6	84.5	72.0	12.5	7.90
16	スギ	4.9	80.0	67.5	12.5	7.19
17	スギ	5.4	70.5	57.5	13.0	7.19
18	スギ	5.3	80.5	67.5	13.0	7.16
19	スギ	4.2	83.0	71.0	12.0	7.58
20	スギ	5.0	65.5	53.0	12.5	7.65
平均		5.3±0.7	78.5±6.4	66.0±6.4	12.5±0.6	7.2±0.4

#### 4.3.5. 熊本県高森町（実証 No.5）

##### (1) 実証地の概要

実証地は熊本県高森町の民有林における 4.65ha の植栽予定地とし、シカ柵資材をドローンで運搬する実証調査を行った。

実証地の概要を次に示す（表 4-15）。

表 4-15 熊本県高森町における実証地の概要

実証地	熊本県高森町（民有林）
植栽面積	4.65ha
植栽密度	—
植栽本数	—
運搬物	ネット、アンカー、支柱（シカ柵資材）
傾斜	15° ～25°
水平距離	110～385m
高低差（標高差）	0～55m
標高（荷掛け地点）	805m
標高（荷下ろし地点）	795～860m
荷下ろし地点数	24 箇所
集材方式	架線
人肩運搬による移動距離	—
人肩運搬による累積標高差	—
運搬者	林業事業体（阿蘇森林組合）
使用機種（メーカー）	森飛 2 オペ（ウインチ）タイプ
操縦方式	2 オペレーション（2 オペ）
ドローン運搬作業人数	3 人

ドローン運搬の地点数は地形や運搬後の植栽作業のしやすさを考慮した 24 地点とした。  
実証地の概略図とドローン発着位置の状況はそれぞれ、図 4-9、図 4-10 に示す。

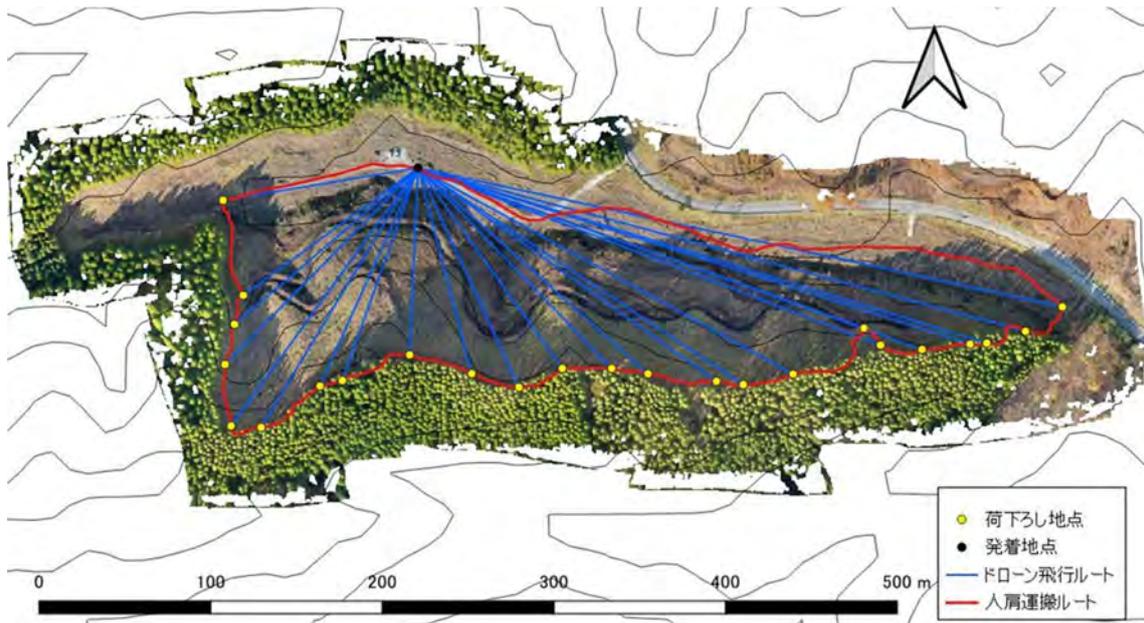


図 4-9 熊本県高森町の実証地



図 4-10 実証地の様子

## (2) 調査結果

実証調査は令和4(2022)年に11月17日に実施した。

### ① 使用したドローン等

使用したドローンはマゼックス社で開発された森飛2オペ型とし、運搬は阿蘇森林組合で実施した。使用したドローン及び運搬体制・作業等の詳細は次のとおりである(表4-20)。

表 4-16 使用したドローン及び運搬体制・作業等の詳細

機種名 (メーカー)	森飛 2オペ型 (Mazex)	
概要	オペレータは発着地点に1人、荷下ろし地点に1人の計2人で <b>手動飛行</b> 補助者は発着地点に1人 (バッテリー交換等全体雑務1人) で <b>合計3人体制</b>	
1往復の 運搬可能量	森飛 2 オペ型 : 最大15kg	
苗木の荷掛け、 荷下ろし	荷掛け : 発着地点に着陸させ、停止状態で <b>シカ柵等の荷物</b> をフックに掛ける。 荷下ろし : 荷下ろし地点で <b>荷物</b> が地面に接地すると、自動で フックから外れるため、補助者は <b>必要ない</b> 。	
写真	 <p>森飛2オペ型: 980mm/約15kg ※機体寸法(プロペラ除く)</p>	

19

## ② ドローン運搬と人肩運搬との比較

ドローンによる防鹿柵資材運搬における1往復あたりの運搬重量、運搬時間等は次のとおりであった (表 4-17)。

表 4-17 熊本県高森町におけるドローン及び人肩による1往復あたりの運搬本数・時間

計測・算出項目	運搬方式	
	ドローン	人肩
作業人数	3人	1人
1往復あたりの平均運搬重量	12.5kg	12.5kg
1往復あたりの平均運搬時間	4.72分	17.3分

往復時間はドローン運搬が人肩運搬の約1/4と短かった。

#### 4.3.6. 栃木県那須町（実証 No.6）

##### (1) 実証地の概要

実証地は栃木県那須町の県有林における 11.5ha の植栽予定地とし、スギのコンテナ苗（150cc）をドローンで運搬する実証調査を行った。

実証地の概要を次に示す（表 4-18）。

表 4-18 栃木県那須町における実証地の概要

実証地	栃木県那須町（県有林）
植栽面積	11.5ha
植栽密度	2,173 本/ha
植栽本数	25,000 本
運搬物	スギのコンテナ苗（150cc） 苗高 $79.7 \pm 9.1$ cm、根鉢長 $12.4 \pm 0.6$ cm
傾斜	16°
水平距離	200～300m
高低差（標高差）	80m
標高（荷掛け地点）	430m
標高（荷下ろし地点）	510m
荷下ろし地点数	3 箇所
集材方式	車両系（フォワーダ）
人肩運搬による移動距離	—
運搬者	林業事業体（栃木県森林組合連合会）
使用機種（メーカー）	森飛 25（㈱マゼックス）
操縦方式	2 オペレーション（2 オペ）
ドローン運搬作業人数	3 人

ドローンによる苗木の運搬地点数は現地の環境及び運搬後の植栽作業のしやすさから 3 地点とした。

実証地の概略図とドローン発着位置の状況はそれぞれ、図 4-11、図 4-12 に示す。



図 4-11 栃木県那須町の実証地



荷下ろし地点Bからみた  
発着地点



発着地点



リング付運搬用苗木

図 4-12 実証地の様子

## (2) 調査結果

実証調査は令和4(2022)年11月22日に実施した。

### ① 使用したドローン等

苗木運搬に使用したドローンはマゼックス社の森飛25とし、運搬は栃木県森林組合連合会が実施した。使用したドローン及び運搬体制・作業等の詳細は次のとおりである(表4-19)。

表 4-19 使用したドローン及び運搬体制・作業等の詳細

機種名 (メーカー)	森飛25 (Mazex)
概要	オペレータは発着地点に1人、荷下ろし地点に1人の計 <b>2人で手動飛行</b> 補助者は発着地点に1人(バッテリー交換等全体雑務1人) で <b>合計3人体制</b>
1往復の 運搬可能量	森飛25: 最大25kg
苗木の荷掛け、 荷下ろし	荷掛け: 発着地点に着陸させ、停止状態で苗木(袋)をフックに掛ける。 荷下ろし: 荷下ろし地点で苗木が地面に接地すると、 <b>自動で苗木(袋)</b> がフックから外れるため、補助者は必要ない。
写真	 <p>森飛25: 2130mm/約20kg</p> <p>※機体寸法(プロペラ除く)、実証No.5と同じ機体</p>

### ② ドローン運搬と人肩運搬との比較

本実証地では人肩運搬との比較を行った。ドローン及び人肩による苗木運搬における1往復あたりの運搬本数、運搬時間等は次のとおりであった(表4-20)。

表 4-20 栃木県那須町におけるドローン及び人肩による1往復あたりの運搬本数・時間

計測・算出項目	運搬方式	
	ドローン	人肩
作業人数	3	1
1往復あたりの平均運搬本数	38本	60本
1往復あたりの平均運搬時間(分)	4.96分	9.72分
1日あたりの運搬本数	1,260本	360本
1人日あたりの運搬本数	420本	360本

※1日の実労働時間を6時間として算出。

ドローン運搬と人肩運搬を比較すると、1往復あたりの運搬本数については、人肩運搬の方が多かったが、往復時間はドローン運搬が人肩運搬の約1/2と短かった。

1日あたりの運搬本数に換算すると、ドローン運搬の方が4倍近く多かった。本実証地では

3人体制でドローン運搬を行っていたため、1人日あたりの運搬本数で見るとドローン運搬の方が60本多いという結果であった。

### (3) 運搬した苗木

運搬した苗木のおおよそのサイズを知るため、サンプルとして運搬前に10本の直径、長さ、重さを計測した。結果を次に示す。

表 4-21 栃木県那須町における運搬した苗木の計測値情報

No.	樹種	地際径(mm)	全長(cm)	苗高(cm)	根鉢長(cm)	重量(g)
1	スギ	5.4	86.5	72.7	13.8	168
2	スギ	6.4	95.3	82.3	13.0	183
3	スギ	4.8	80.5	68.5	12.0	170
4	スギ	5.2	80.7	68.0	12.7	134
5	スギ	6.1	83.6	71.4	12.2	134
6	スギ	4.4	61.7	49.6	12.1	128
7	スギ	5.1	78.5	66.5	12.0	132
8	スギ	6.1	82.5	70.9	11.6	121
9	スギ	5.7	78.1	65.6	12.5	199
10	スギ	5.4	69.8	57.9	11.9	122
平均		5.5±0.6	79.7±9.1	67.3±8.8	12.4±0.6	149.1±28.2

#### 4.3.7. 愛媛県松野町（実証 No.7）

##### (1) 実証地の概要

実証地は愛媛県松野町の国有林での実証を予定していたが、積雪による悪天候により中止した。

実証地の概要を次に示す（表 4-22）。

表 4-22 愛媛県松野町における実証地の概要

実証地	愛媛県松野町（目黒山 2077 林班）
植栽面積	—
植栽密度	—
植栽本数	—
運搬物	スギのコンテナ苗（普通苗） —
傾斜	—
水平距離	—
高低差（標高差）	—
標高（荷掛け地点）	—
標高（荷下ろし地点）	—
荷下ろし地点数	—
集材方式	架線
人肩運搬による移動距離	—
運搬者	ドローン開発・サービス業者[古河産業(株)]
使用機種（メーカー）	—
操縦方式	—
ドローン運搬作業人数	—

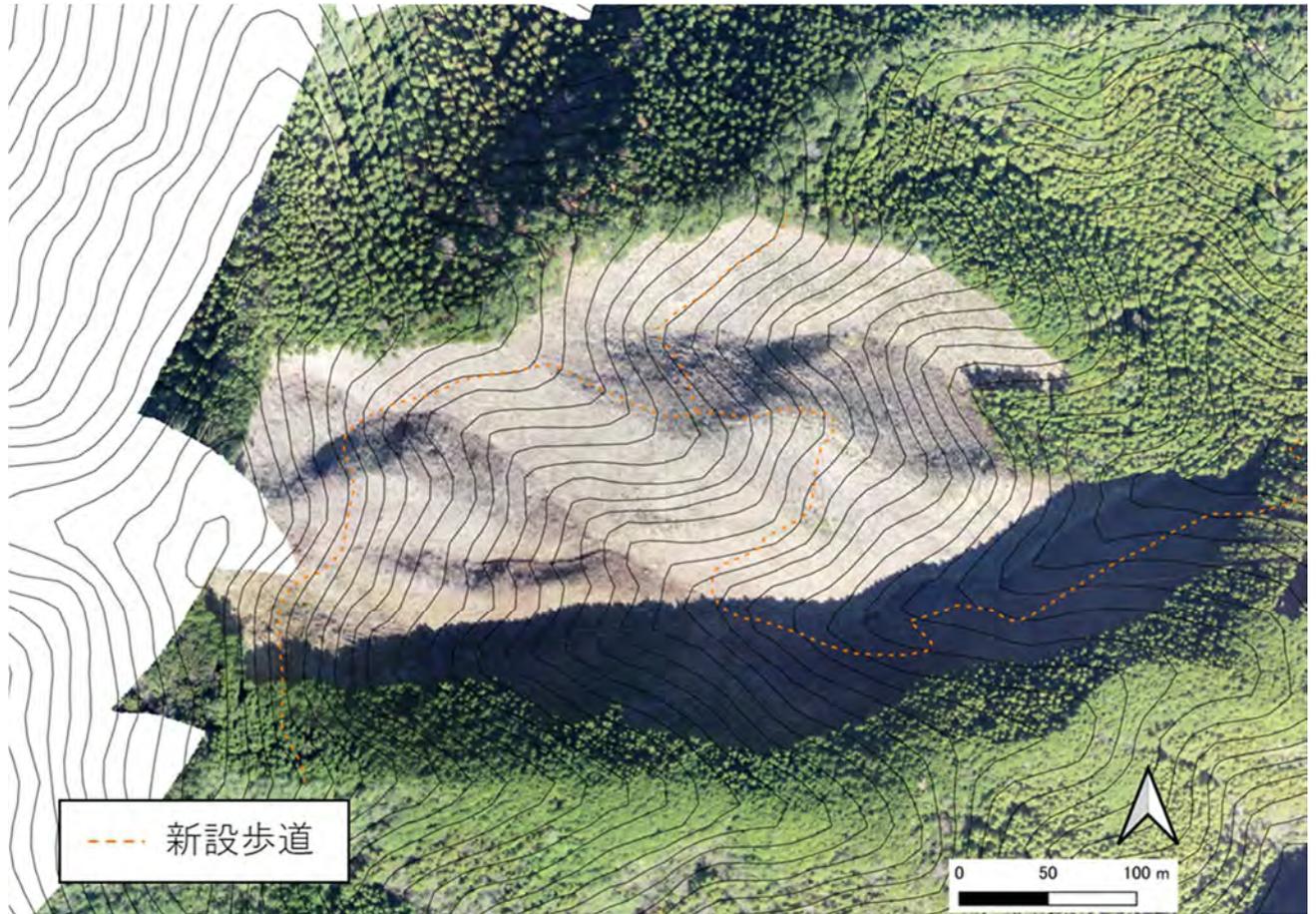


図 4-13 愛媛県松野町の実証地



図 4-14 実証地の様子

#### 4.3.8. 京都府京都市（実証 No.8）

##### (2) 実証地の概要

実証地は京都府京都市の民有林において、磨き丸太用材（スギ）をドローンで運搬する実証調査を行った。

実証地の概要を次に示す（表 4-23）。

表 4-23 京都府京都市における実証地の概要

実証地	京都府京都市の民有林
植栽面積	-
植栽密度	-
植栽本数	-
運搬物	磨き丸太用材（スギ） 2 寸(6cm)×6m 3 寸(9cm)×4m 4 寸(12cm)×3m 計 27 本
傾斜	-
水平距離	200m
高低差（標高差）	3m
標高（荷掛け地点）	378m
標高（荷下ろし地点）	375m
荷下ろし地点数	1 箇所
集材方式	-
人肩運搬による移動距離	-
運搬者	林業事業体（小倉銘木店）
使用機種（メーカー）	EAGLE40（DroneWorkSystem）
操縦方式	2 オペレーション（2 オペ）
ドローン運搬作業人数	4 人

実証地の概略図とドローン発着位置の状況はそれぞれ、図 4-15、図 4-16 に示す。

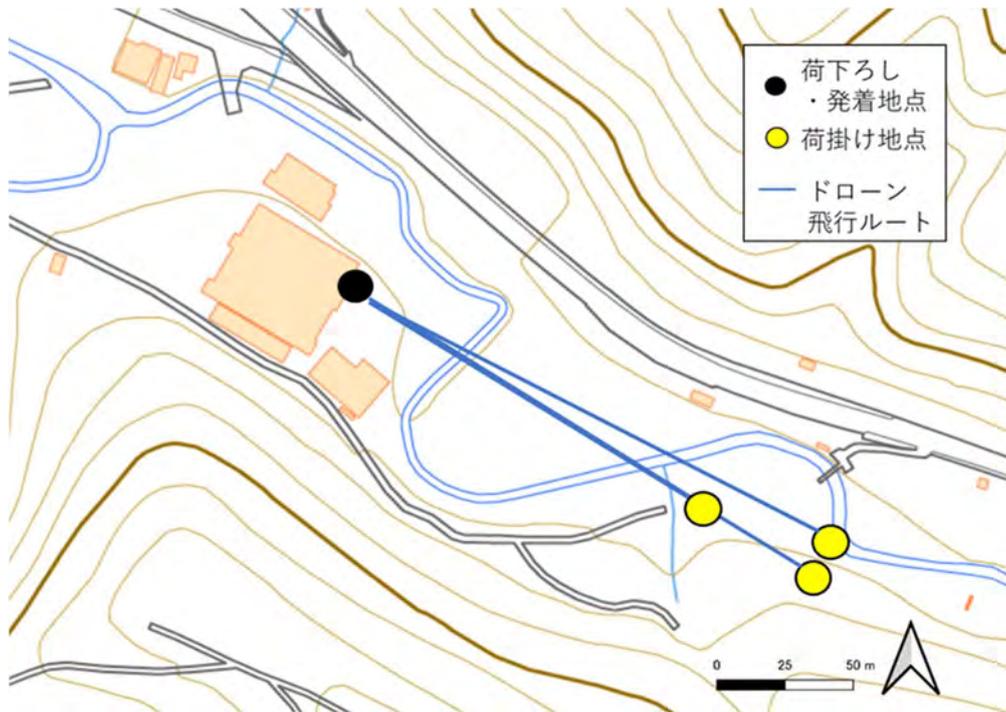


図 4-15 京都府京都市の実証地



運搬した丸太



丸太に使用した釣り紐



運搬の様子

図 4-16 実証地の様子

### (3) 調査結果

実証調査は令和 5(2023)年 2 月 9 日に実施した。なお、磨き丸太用材は 27 本運搬した。

#### ① 使用したドローン等

使用したドローンは Droneworksystems 社の EAGLE40 とし、運搬は小倉銘木店が実施した。使用したドローン及び運搬体制・作業等の詳細は、次のとおりである（表 4-24）。

表 4-24 使用したドローン及び運搬体制・作業等の詳細

機種名 (メーカー)	EAGLE40 (DroneWorkSystem)	
概要	オペレータは発着・荷下ろし地点に1人、荷掛け地点に1人の計2人で <b>手動</b> 飛行 補助者は発着・荷下ろし地点に1人（荷下ろし1人）、荷掛け地点に1人（荷掛 け1人）の計2人で <b>合計4人体制</b>	
1往復の 運搬可能量	EAGLE40：最大40kg（2オベ）	
苗木の荷掛け、 荷下ろし	荷掛け：発着地点にホバリングしてフックに掛ける。 荷下ろし：荷下ろし地点で丸太を地面に接地させた状態でホバリングさせ、 <b>補助者が丸太をフックから外す。</b>	
写真	 <p>機体とバッテリー</p>	 <p>簡易フック</p>

6

#### 4.3.8. 宮崎県日南市（実証 No.9）

##### (1) 実証地の概要

実証地は宮崎県日南市の国有林における 5.93ha の植栽予定地とし、スギのコンテナ苗（150cc）の実証調査を行った。

実証地の概要を次に示す（表 4-25）。

表 4-25 宮崎県日南市における実証地の概要

実証地	宮崎県日南市の国有林（富士 159 林班）
植栽面積	5.93ha
植栽密度	2,000 本/ha
植栽本数	11,900 本
運搬物	スギのコンテナ苗（150cc） 苗高 51.1±4.2cm、根鉢長 13.4±1.1cm
傾斜	25-30°
水平距離	535-733m
高低差（標高差）	224m
標高（荷掛け地点）	436m
標高（荷下ろし地点）	210-250m
荷下ろし地点数	7 箇所
集材方式	架線
人肩運搬による移動距離	約 1300m
運搬者	苗木等運搬ドローンサービス業者（延岡空撮）
使用機種（メーカー）	ciDrone TR-22（株ciRbotics）
操縦方式	1 オペレーション（1 オペ）
ドローン運搬作業人数	3 人

ドローンによる苗木の運搬地点数は地形や運搬後の植栽作業のしやすさを考慮した 7 地点とした。

実証地の概略図とドローン発着位置の状況はそれぞれ、図 4-17、図 4-18 に示す。

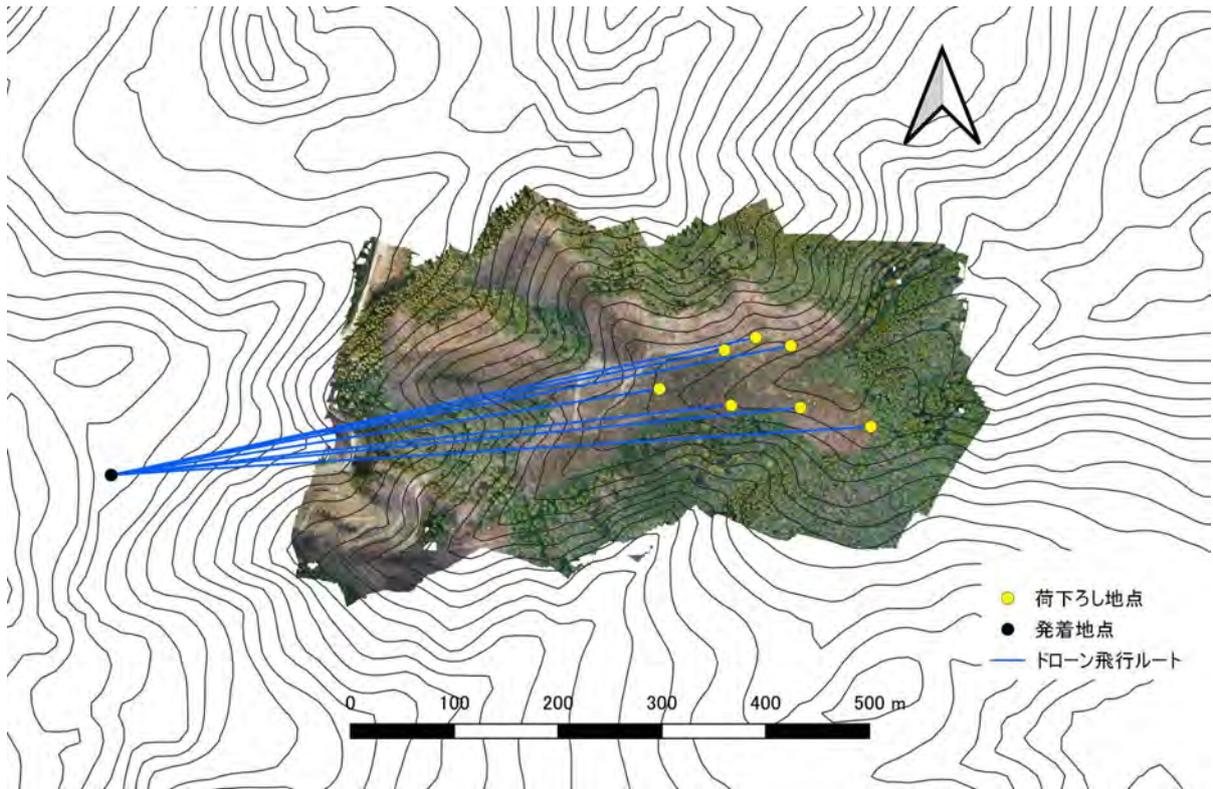


図 4-17 宮崎県日南市の実証地

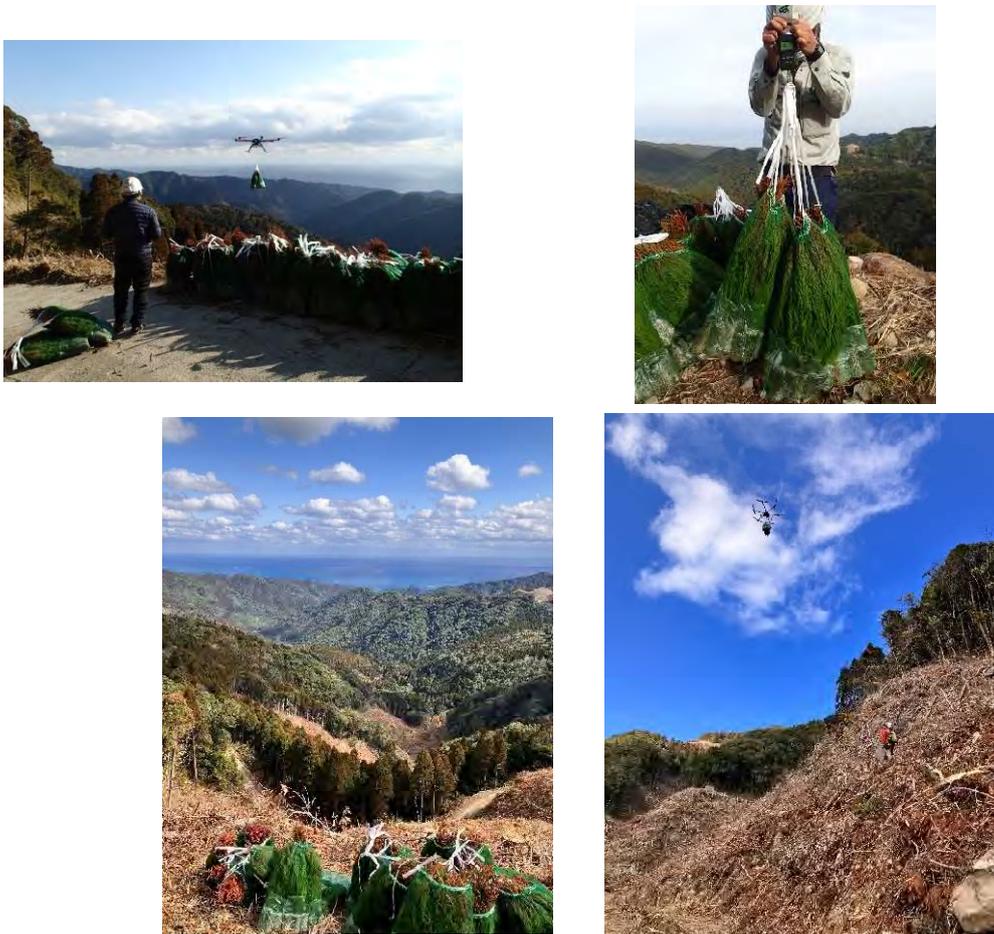


図 4-18 実証地の様子

## (2) 調査結果

実証地の現地確認等の下見を令和 5(2022)年 1 月 12 日に運搬業者・植栽業者等と実施し、実証調査を令和 5(2022)年 2 月 21 日に実施した。

### ① 使用したドローン等

使用したドローンは ciRobotics の ciDrone TR-22 とし、運搬業者は延岡空撮に委託した。使用したドローン及び運搬体制・作業等の詳細は次のとおりである（表 4-30）。

表 4-26 使用したドローン及び運搬体制・作業等の詳細

機種名 (メーカー)	ciDrone TR-22 (ciRobotics)	
概要	オペレータは発着地点に1人で手動飛行 補助者は発着地点に1人（荷掛け1人）、荷下ろし地点に1人 [誘導（補助者）1人]の計2人で合計3人体制	
1往復の 運搬可能量	ciDrone TR-22：最大20kg（1オベ）	
苗木の荷掛け、 荷下ろし	荷掛け：発着地点に着陸させ、停止状態で苗木（袋）をフックに掛ける。 荷下ろし：荷下ろし地点の誘導員の合図に従い、発着地点のオペレータが操作 を行い、苗木（袋）がフックから外れる。	
写真		
	機体	自動フック

8

### ② ドローン運搬と人肩運搬との比較

本実証地では人肩運搬との比較を行った。ドローン及び人肩による苗木運搬における 1 往復あたりの運搬本数、運搬時間等は次のとおりであった（表 4-27）。

表 4-27 宮崎県日南市におけるドローン及び人肩による1往復あたりの運搬本数・時間

計測・算出項目	運搬方式	
	ドローン	人肩
作業人数	3	1
1 往復あたりの平均運搬本数	103 本	100 本
1 往復あたりの平均運搬時間（分）	4.78 分	29.56 分
1 日あたりの運搬本数	4,000 本	600 本
1 人日あたりの運搬本数	1,334 本	600 本

※ 1 日の実労働時間を 6 時間として算出。

ドローン運搬と人肩運搬を比較すると、1 往復あたりの運搬本数については、ほぼ同じであったが、往復時間はドローン運搬が人肩運搬の約 1/6 と短かった。

また、1 日あたりの運搬重量に換算すると、ドローン運搬の方が約 7 倍多かった。ドローン

運搬には、3人の作業人数を要していたが、1人日あたりの運搬本数で見てもドローンの方が約2倍多い結果となった。

### (3) 運搬した苗木

運搬した苗木のおおよそのサイズを知るため、サンプルとして運搬前に20本の直径、長さ、重さを計測した。結果を次に示す。

表 4-28 宮崎県日南市における運搬した苗木の計測値情報

No.	樹種	地際径(mm)	全長(cm)	苗高(cm)	根鉢長(cm)	重量(g)
1	スギ	7.2	68.0	53.0	15.0	平均 183g
2	スギ	6.1	67.5	54.4	13.1	
3	スギ	8.3	63.8	52.8	11.0	
4	スギ	7.6	58.4	46.9	11.5	
5	スギ	8.1	75.6	61.1	14.5	
6	スギ	8.2	72.5	58.5	14.0	
7	スギ	6.7	57.3	43.2	14.1	
8	スギ	6.4	60.0	46.7	13.3	
9	スギ	6.8	62.9	49.9	13.0	
10	スギ	5.3	61.2	47.9	13.3	
11	スギ	7.6	61.0	48.0	13.0	
12	スギ	7.3	64.9	50.7	14.2	
13	スギ	6.3	60.1	46.3	13.8	
14	スギ	5.1	65.5	50.7	14.8	
15	スギ	6.4	65.8	51.6	14.2	
16	スギ	6.7	67.6	54.1	13.5	
17	スギ	6.8	65.8	51.8	14.0	
18	スギ	6.6	62.1	49.0	13.1	
19	スギ	6.9	63.9	51.6	12.3	
20	スギ	7.0	66.0	53.9	12.1	
平均		6.9±0.9	64.5±4.5	51.1±4.2	13.4±1.1	

#### 4.4. ドローン運搬に適した条件の分析

苗木等運搬に適した環境条件等については、昨年度事業においては、以下のことが明らかとなり、ドローンが効果的に活用できる可能性が示唆された。

- ▶ 令和2年度の事業において、ドローンによる運搬によって効率化が図れる条件として、人肩運搬時間と関係する環境条件を調査した。その結果、人肩運搬距離と運搬時間には比例関係があることがわかった。一方、水平距離や高低差、植栽面積などのわかりやすい指標に比例関係は認められなかった。
- ▶ ドローン運搬と人肩運搬について、ドローン運搬の方が有効となる（運搬から植栽までの総人工数が少なくなる）条件を調べたところ、1往復の人肩運搬時間が35分以上、または人肩運搬距離が500m以上の時に有効\*となることがわかった。

\*作業人数3人、1往復での運搬本数が100本の場合。

しかしながら、ドローン運搬を行うか検討する際に人肩運搬時間については、実際に人肩運搬しないとわからない、人肩運搬距離については水平距離ではないため図面からすぐに把握（計測）できないなど、指標としては使いにくい点があった。また、環境条件を調べる際の実証データの量や特に、高度差のある実証地が少なかった。

以上を踏まえ、「水平距離」や「高低差」といった直感的にわかりやすい指標に着目し、ドローン運搬が有効となる条件を明らかにするため、本年度の実証データを過年度データに追加し、データ量を充実させた上で、データの条件を整えて再度分析を実施した。

##### 4.4.1. ドローン運搬が有効となる環境条件の抽出方法

「運搬から植栽までにかかる人工数（人日数）」が「水平距離や高低差」の変化に伴い、人肩運搬の場合とドローンの場合それぞれにおいて、どう変化するかを回帰直線で示し、ドローン運搬と人肩運搬の人工数が等しくなる時（回帰直線の交点）の環境変数の値をドローン運搬が有効となる環境条件の閾値とした。

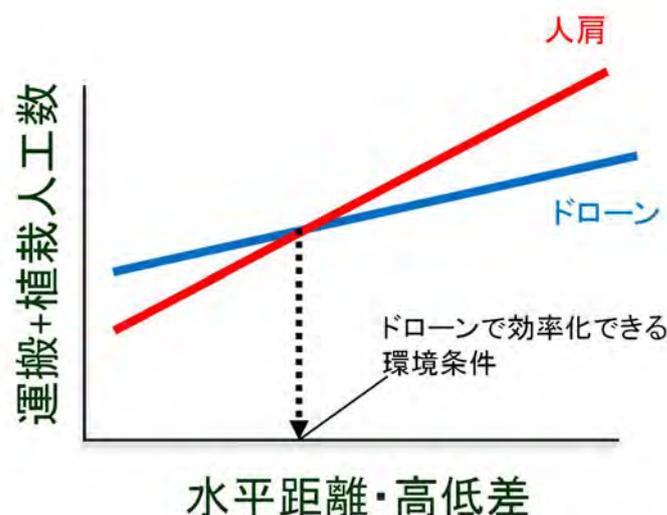


図 4-19 ドローン運搬が有効となる環境条件の求め方

#### 4.4.2. 分析のための条件設定

実証データの分析にあたり、統一した条件を以下のように再設定した。

A. 1往復の人肩運搬本数:100 本

※これまでの実証での人肩運搬の実態から。

B. 総運搬本数:10,000 本

※これまでの実証地の平均面積が 5.3ha であることと、国有林の皆伐面積は 1 箇所概ね 5ha 以下とされていることから、植栽面積 5ha とし、植栽密度を 2,000 本/ha と仮定して  $5 \times 2,000 = 10,000$  (本)。

C. 苗木 1 本あたりの植栽時間:1.728 分 [480 分 ÷ (100/0.36)]

※治山道必携のコンテナ苗 100 本植栽にかかる標準歩掛は 0.36 人/日 (8 時間)。

D. 1 日の作業時間:6 時間(360 分)

※200 本植栽するのに 345 分かかるため、人肩運搬は 2 往復まで (1 日に植栽できるのは 200 本まで)。

E. ドローン事前準備等人工数:2 人日(2 人 × 1 日)

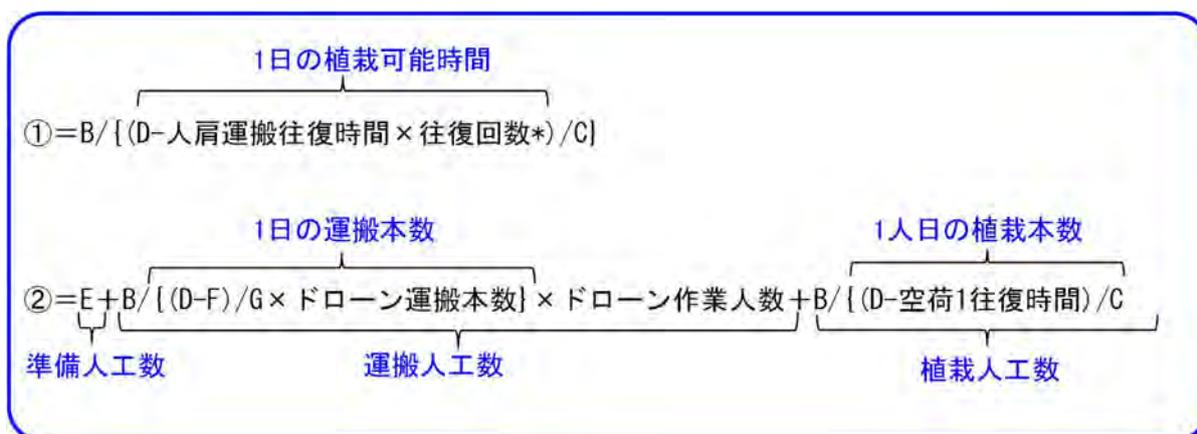
F. ドローンの当日の準備時間:1 時間(60 分)

※実証データの平均値。

G. ドローンの往復時間: $0.0098 \times \text{水平距離} + 1.3264(\text{分})$

※補足説明参照。

この条件を用い、①人肩運搬から植栽までの総人工数と②ドローン運搬の場合の運搬から植栽までの総人工数は以下の計算式で算出した。



### <補足説明：ドローンの往復飛行時間の条件設定>

各実証では、機種による飛行速度の違いや、バッテリー交換・荷掛け等の作業の効率性の違いから、同じ運搬距離でも往復時間に差が生じる場合があった。このため、各実証のデータ（N=23）を用い、①ドローン発着地点から荷下ろし地点までの平均直線距離と②ドローンの平均往復時間の関係を回帰分析した。

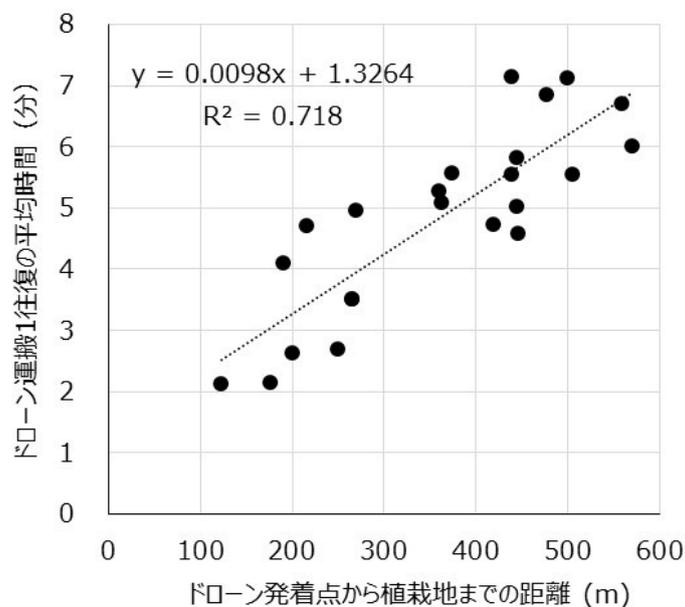


図 4-20 ドローン発着地点から植栽地までの平均距離とドローン平均往復時間との関係

回帰分析の結果、 $Y(②) = 0.0098 \times X(①) + 1.3264$  ( $R^2=0.718$ ) という、回帰直線が得られ、相関も  $r = 0.85$  と高く、有意であり ( $p < 0.001$ )、傾きも有意 ( $p < 0.001$ ) であった。

このように、ドローンの機種や作業効率は違っても概ね距離に応じて往復時間がかかり、ばらつきも少ないことがわかったため、この回帰直線式に従って往復時間がかかるものとした。

#### 4.4.3. 分析に使用した実証地

分析にあたっては人肩運搬時間の計測結果がある以下の15の実証データを使用した。

表 4-29 分析に用いた実証データとそれぞれの環境条件(ドローン1往復時間は直線距離から算出)

No.	実証地	植栽面積 (ha)	ドローン 往復運搬 時間(分)	運搬箇所までの			
				人肩往復 運搬時間 (分)	空荷往復 運搬時間 (分)	直線距離 (m)	高低差 (m)
1	R2 和歌山県日高川町	5.96	5.69	70.0	70.0	445	190
2	R2 和歌山県田辺市	1.42	3.06	12.6	12.6	177	84
3	R2 山口県山口市	1.17	2.53	9.8	9.8	123	50
4	R2 宮崎県延岡市	4.54	5.64	20.0	17.0	440	182
5	R3 岩手県奥州市	9.14	6.91	27.3	24.4	570	100
6	R3 宮城県石巻市	2.32	4.85	19.5	17.9	360	80
7	R3 長野県大桑村	4.92	3.19	19.8	19.3	190	70
8	R3 愛媛県四国中央市	4.94	6.23	42.8	42.8	500	150
9	R3 宮崎県都城市	3.55	3.29	9.7	9.7	200	35
10	R4 茨城県城里町	5.84	4.87	47.3	47.3	362	48
11	R4 茨城県城里町	5.84	6.00	23.3	23.3	477	62
12	R4 静岡県小山町	4.2	5.62	34.1	33.1	438	122
13	R4 岐阜県七宗町	8.96	5.69	40.2	32.2	445	155
14	R4 岐阜県七宗町	8.96	5.43	31.1	25.0	419	155
15	R4 徳島県海陽町	9.36	6.28	58.6	47.4	505	276

#### 4.4.4. 分析結果

分析結果については、ドローンの運搬作業人数とドローンの運搬本数を次の各パターンに分けて整理した。

表 4-30 ドローンの作業条件のパターン

作業条件		ドローン運搬本数(150cc コンテナ苗を想定)		
		50本(5-8kg 程度)	100本(10-15kg 程度)	200本(20-28kg 程度)
ドローン 作業人数	2人 (操縦1人、 補助者1人)	パターン1	パターン4	対応機種 ほとんどなし
	3人 (操縦2人、 補助者1人)	パターン2	パターン5	パターン7
	4人 (操縦2人、 補助者2人)	パターン3	パターン6	パターン8

#### (1) ドローン運搬作業人数2人、ドローン1往復あたりの運搬本数50本の場合(パターン1)

本パターンは1オペ方式のドローンを用いての運搬作業を想定した。作業条件は以下のとおりである。

表 4-31 ドローン運搬の作業人数が2人、ドローン1往復あたりの運搬本数が50本の場合

運搬本数(重量)	操縦方式	発着地点の作業人数		荷下ろし地点の作業人数	
		操縦者	補助者	操縦者	補助者
50本(5-8kg)	1オペ方式	1人	なし	なし	1人

分析の結果、水平距離は520m以上でドローン運搬が有効、高低差は150m以上でドローン運搬が有効であるという結果となった。

一万本運搬+植栽にかかる人工数

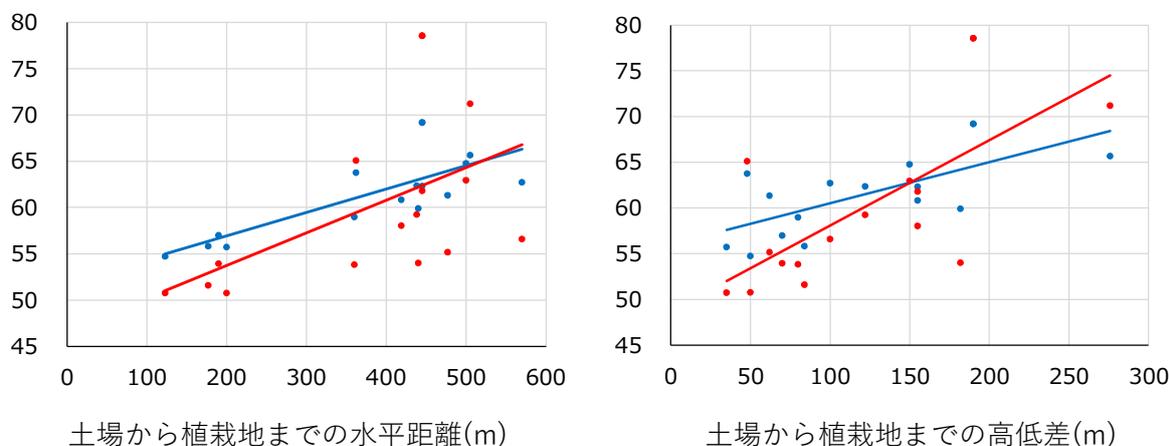


図 4-21 10,000本の運搬・植栽にかかるドローン/人肩運搬別人工数の回帰直線(パターン1)

(青:ドローン運搬、赤:人肩運搬、以下同。)

(2) ドローン運搬作業人数 3 人、ドローン1往復あたりの運搬本数 50 本の場合 (パターン 2)

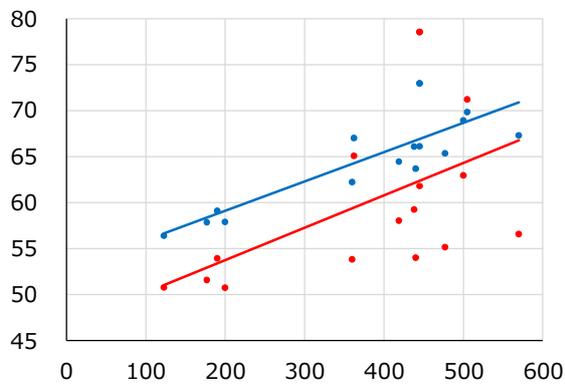
本パターンは 2 オペ方式のドローンを用いての運搬作業を想定した。作業条件は以下のとおりである。

表 4-32 ドローン運搬の作業人数が 3 人、ドローン1往復あたりの運搬本数が 50 本の場合

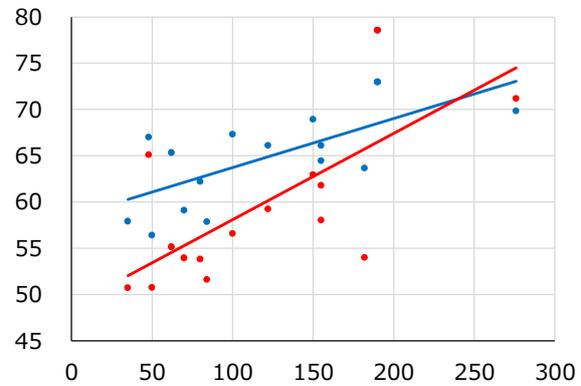
運搬本数(重量)	操縦方式	発着地点の作業人数		荷下ろし地点の作業人数	
		操縦者	補助者	操縦者	補助者
50 本 (5-8kg)	2 オペ方式	1 人	1 人	1 人	なし

分析の結果、水平距離はドローン運搬の人工が常に多く、ドローン運搬が有効となる条件は得られなかった。高低差は 240m 以上でドローン運搬が有効であるという結果となった。

一万本運搬+植栽にかかる人工数



土場から植栽地までの水平距離(m)



土場から植栽地までの高低差(m)

図 4-22 10,000 本の運搬・植栽にかかるドローン/人肩運搬別人工数の回帰直線(パターン 2)

(3) ドローン運搬作業人数 4 人、ドローン1往復あたりの運搬本数 50 本の場合 (パターン 3)

本パターンは 2 オペ方式のドローンを用いての運搬作業を想定した。作業条件は以下のとおりである。

表 4-33 ドローン運搬の作業人数が 3 人、ドローン1往復あたりの運搬本数が 50 本の場合

運搬本数(重量)	操縦方式	発着地点の作業人数		荷下ろし地点の作業人数	
		操縦者	補助者	操縦者	補助者
50 本 (5-8kg)	2 オペ方式	1 人	1 人	1 人	1 人

分析の結果、水平距離も高低差もドローン運搬の人工が常に多く、ドローン運搬が有効となる条件は得られなかった。

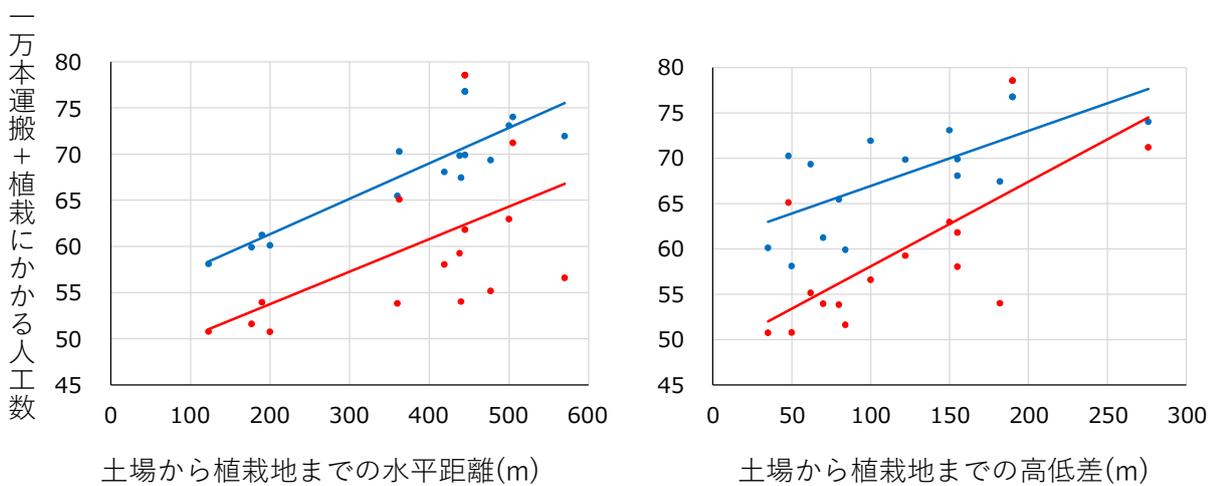


図 4-23 10,000 本の運搬・植栽にかかるドローン/人肩運搬別人工数の回帰直線(パターン 3)

(4)ドローン運搬作業人数 2 人、ドローン1往復あたりの運搬本数 100 本の場合(パターン 4)

本パターンは1オペ方式のドローンを用いての運搬作業を想定した。作業条件は以下のとおりである。

表 4-34 ドローン運搬の作業人数が2人、ドローン1往復あたりの運搬本数が100本の場合

運搬本数(重量)	操縦方式	発着地点の作業人数		荷下ろし地点の作業人数	
		操縦者	補助者	操縦者	補助者
100本(10-15kg)	1オペ方式	1人	なし	なし	1人

分析の結果、水平距離は260m以上でドローン運搬が有効、高低差は90m以上でドローン運搬が有効であるという結果となった。

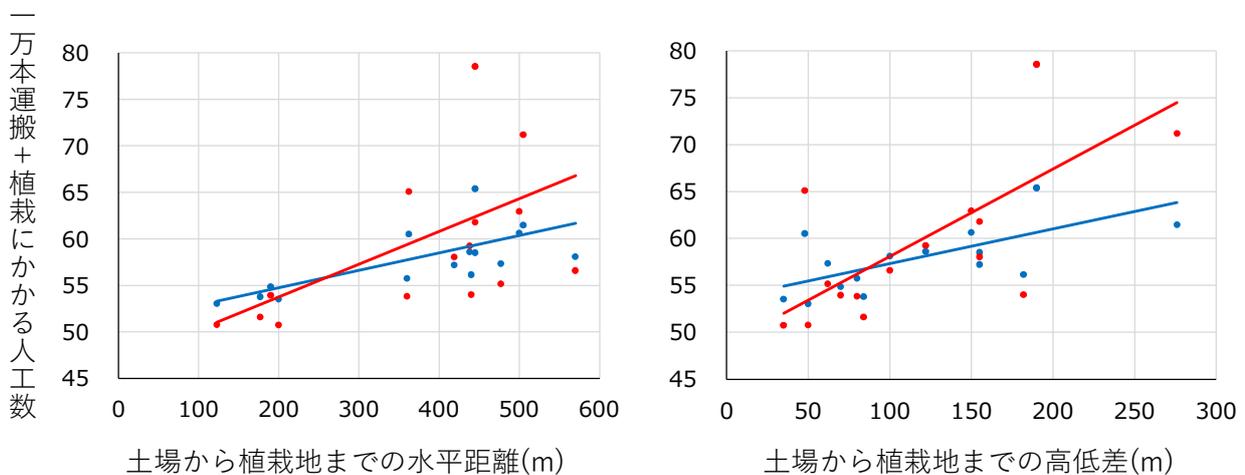


図 4-24 10,000本の運搬・植栽にかかるドローン/人肩運搬別人工数の回帰直線(パターン4)

(5)ドローン運搬作業人数 3 人、ドローン1往復あたりの運搬本数 100 本の場合(パターン 5)

本パターンは 2 オペ方式のドローンを用いての運搬作業を想定した。作業条件は以下のとおりである。

表 4-35 ドローン運搬の作業人数が3人、ドローン1往復あたりの運搬本数が 100 本の場合

運搬本数(重量)	操縦方式	発着地点の作業人数		荷下ろし地点の作業人数	
		操縦者	補助者	操縦者	補助者
100 本 (10-15kg)	2 オペ方式	1 人	1 人	1 人	なし

分析の結果、水平距離は 360m 以上でドローン運搬が有効、高低差は 120m 以上でドローン運搬が有効であるという結果となった。

また、実証結果から、本条件が通常のドローン運搬作業での作業人数と運搬本数になると考えられる。

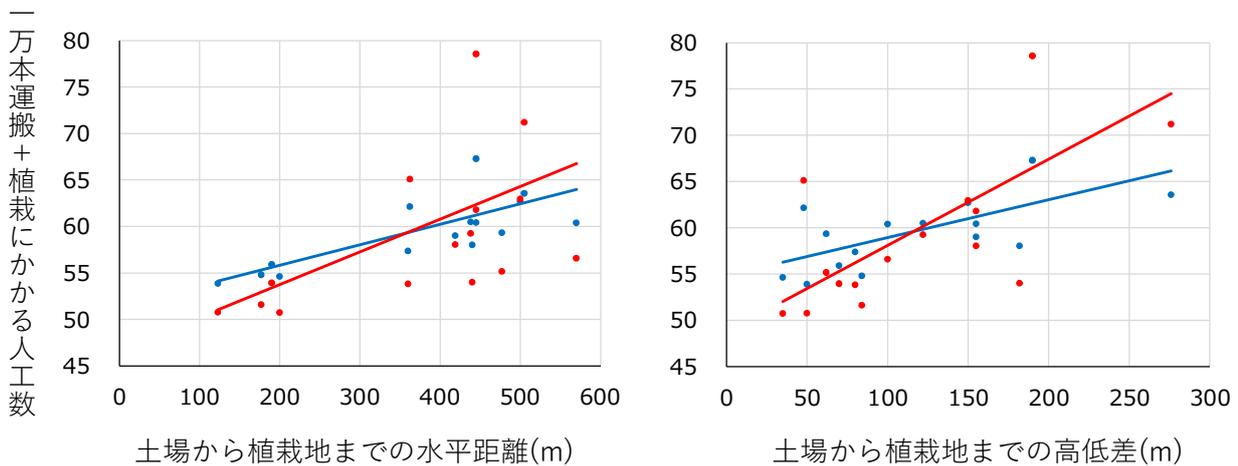


図 4-25 10,000 本の運搬・植栽にかかるドローン/人肩運搬別人工数の回帰直線(パターン 5)

(6) ドローン運搬作業人数 4 人、ドローン1往復あたりの運搬本数 100 本の場合 (パターン 6)

本パターンは 2 オペ方式のドローンを用いての運搬作業を想定した。作業条件は以下のとおりである。

表 4-36 ドローン運搬の作業人数が4人、ドローン1往復あたりの運搬本数が 50 本の場合

運搬本数(重量)	操縦方式	発着地点の作業人数		荷下ろし地点の作業人数	
		操縦者	補助者	操縦者	補助者
100 本 (10-15kg)	2 オペ方式	1 人	1 人	1 人	1 人

分析の結果、水平距離は 520m 以上でドローン運搬が有効、高低差は 150m 以上でドローン運搬が有効であるという結果となった。

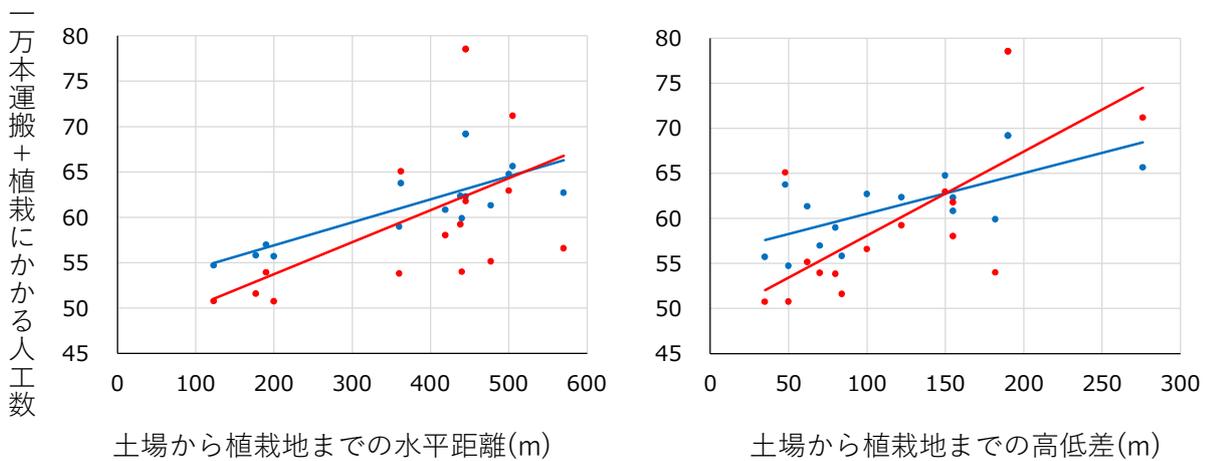


図 4-26 10,000 本の運搬・植栽にかかるドローン/人肩運搬別人工数の回帰直線(パターン 6)

(7)ドローン運搬作業人数 3 人、ドローン1往復あたりの運搬本数 200 本の場合(パターン 7)

本パターンは 2 オペ方式のドローンを用いての運搬作業を想定した。作業条件は以下のとおりである。

表 4-37 ドローン運搬の作業人数が3人、ドローン1往復あたりの運搬本数が 100 本の場合

運搬本数(重量)	操縦方式	発着地点の作業人数		荷下ろし地点の作業人数	
		操縦者	補助者	操縦者	補助者
200 本 (20-28kg)	2 オペ方式	1 人	1 人	1 人	なし

分析の結果、水平距離は 220m 以上でドローン運搬が有効、高低差は 70m 以上でドローン運搬が有効であるという結果となった。

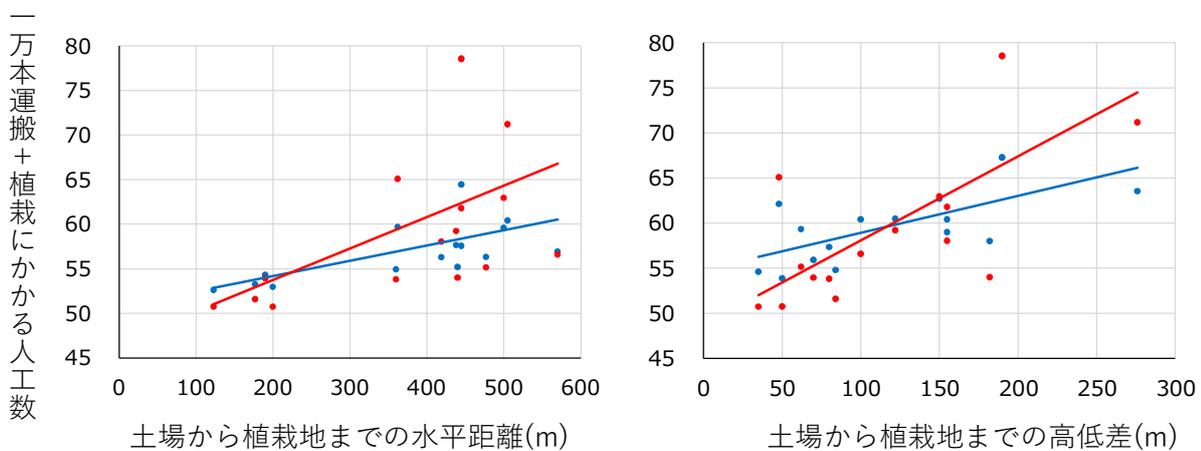


図 4-27 10,000 本の運搬・植栽にかかるドローン/人肩運搬別人工数の回帰直線(パターン 7)

(8)ドローン運搬作業人数 4 人、ドローン1往復あたりの運搬本数 200 本の場合(パターン 8)

本パターンは2オペ方式のドローンを用いての運搬作業を想定した。作業条件は以下のとおりである。

表 4-38 ドローン運搬の作業人数が4人、ドローン1往復あたりの運搬本数が 50 本の場合

運搬本数(重量)	操縦方式	発着地点の作業人数		荷下ろし地点の作業人数	
		操縦者	補助者	操縦者	補助者
200 本 (20-28kg)	2 オペ方式	1 人	1 人	1 人	1 人

分析の結果、水平距離は 520m 以上でドローン運搬が有効、高低差は 150m 以上でドローン運搬が有効であるという結果となった。

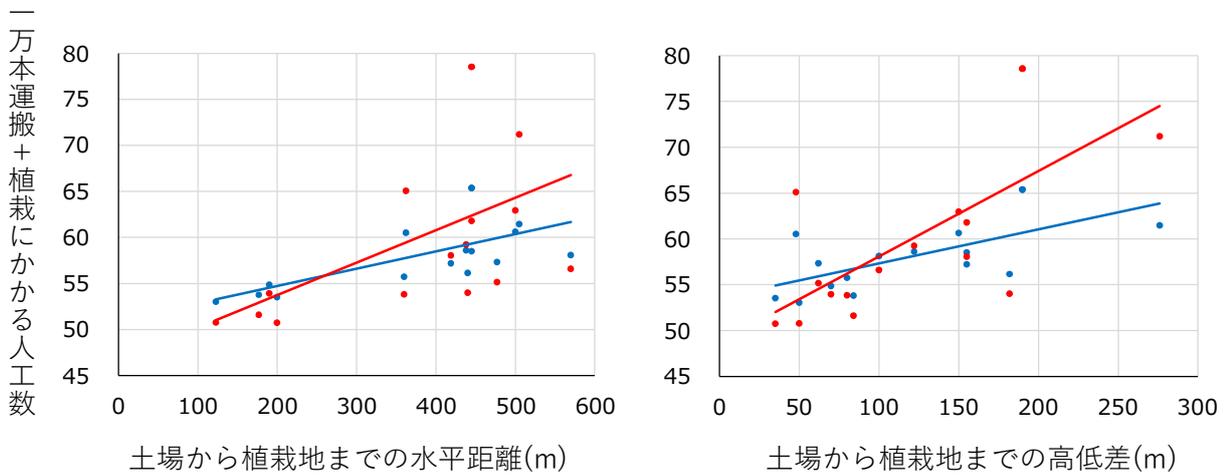


図 4-28 10,000 本の運搬・植栽にかかるドローン/人肩運搬別人工数の回帰直線(パターン 8)

#### 4.4.5. ドローン運搬が有効となる環境条件のまとめ

以上の分析の結果を整理すると、苗木等運搬へドローンを活用することにより人工削減が図れる高低差と水平距離の条件を以下のとおり明らかにすることができた。ドローン運搬作業者1人あたりの運搬本数が少なくなるほど、条件が厳しくなっていくことが明らかとなった。

表 4-39 ドローン運搬が有効となる(ドローンにより人工削減が図れる)環境条件

作業条件		ドローン運搬本数(150cc コンテナ苗を想定)		
		50本(5-8kg程度)	100本(10-15kg程度)	200本(20-28kg程度)
ドローン 作業人数	2人 (操縦1人、 補助者1人)	高低差 150m 以上 又は 水平距離 520m 以上	高低差 90m 以上 又は 水平距離 260m 以上	高低差 60m 以上 又は 水平距離 190m 以上 (対応機種ほとんどなし)
	3人 (操縦2人、 補助者1人)	高低差 240m 以上	高低差 120m 以上 又は 水平距離 360m 以上	高低差 70m 以上 又は 水平距離 220m 以上
	4人 (操縦2人、 補助者2人)	常に人力運搬より 人工が多く、 ドローン活用は不適	高低差 150m 以上 又は 水平距離 520m 以上	高低差 90m 以上 又は 水平距離 260m 以上

なお、このドローン運搬が有効となる条件については、現状の実証結果を基に設定した条件の下、人工削減の点のみに着目して分析しているため、留意点として以下が挙げられる。

- 作業人数は安全面や作業効率にも関わるため、人工削減のために無理に削減するのは避けること
- 技術開発が進むことでドローンの運搬速度や連続飛行時間、パイロードが向上した場合には、人工削減できる閾値は低くなること
- ドローンの活用は、作業者の労働強度や労災リスクの低減効果、男女雇用機会の均等化等の有用性があるため、人肩運搬より人工が多少かかっても、総合的にみてドローン導入のメリットが大きいという判断もあり得ること

#### 4.5. ドローンの運搬人工案の検討

前節においてドローン運搬が有効となる条件が明らかになったが、人肩運搬については「治山林道必携」により、以下のとおり 1,000 本あたりの苗木運搬歩掛が示されている。

表 4-40 人肩運搬による 1,000 本あたりの苗木運搬歩掛(マツ、スギ、ヒノキ等)

運搬距離									
100m まで	200m まで	300m まで	400m まで	500m まで	600m まで	700m まで	800m まで	900m まで	1,000m まで
0.5 人	0.55 人	0.59 人	0.64 人	0.69 人	0.74 人	0.78 人	0.83 人	0.88 人	0.92 人

※運搬距離は直高 1 m 上るごとに距離 6m を加える (運搬距離=水平距離+6×高低差)。

運搬距離が 1000m を超える場合は  $0.47/1000 \times \text{運搬距離} + 0.45$  で算出。

このため、人肩運搬による苗木運搬歩掛と比較するために、前節の分析で得られた情報を活用して、ドローンによる運搬における人工を算出した。運搬人工の算出に使用した情報(項目)と算出式は次のとおりである。

表 4-41 ドローンの運搬人工の算出に使用した情報

情報(項目)	内容	使用する値
①当日のドローン準備時間(分)*	ドローンの発着地点に到着してから苗木運搬開始までの時間(飛行前点検・キャリブレーション・テストフライト等の合計時間)	実証結果の平均時間から 60 分とする
②往復飛行時間(分)	運搬距離に応じたドローン運搬の往復時間(荷掛け、荷下ろし、バッテリー交換時間を含む)	$0.0098 \times \text{水平距離} + 1.3264$ (実証データから求めた回帰式)を活用して算出した値
③1 フライトあたりの運搬本数	ペイロード 15kg の機種で 150cc のコンテナ苗の運搬を想定した 1 フライトあたりの運搬本数	実証結果から 100 本とする
④ドローン運搬作業人数	2 オペ機種を想定したドローン運搬作業人数(発着地点のオペレータ、荷下ろし地点のオペレータ、バッテリー交換・荷掛け作業・安全管理等担当者)	通常の作業人数の 3 人とする

\*前日までのドローン準備時間等は含まない

#### <1,000 本あたりのドローン運搬人工の算出式>

苗木 5,000 本を運搬するのに要する作業時間(T) = ① + ② × (5,000 ÷ ③)

ドローンの運搬人工/1,000 本 = ④ × T ÷ 360 分 ÷ 5

※ドローン運搬では運搬開始までの当日の準備に 1 時間程度かかる一方、1,000 本の運搬は 1~1.5 時間程度で終わってしまうため、1,000 本の運搬で終えることは効率が悪く、通常は考えられない。このため、1 日で概ね運搬可能な 5,000 本を運搬するのに要する作業時間を 1 度算出し、それを 1,000 本あたりに割り戻す(5 で割る) ことにより算出することとした。

以上の算出方法をもとに発着地点から荷下ろし地点までの水平距離を 100m、200m、300m、400m、500m、600m、700m の 7 パターンに分けて計算した結果、次のとおりとなった。

なお、800m 以上については実証結果がなく、目視も困難になることから除くこととした。

表 4-42 ドローン運搬による 1,000 本当たりの苗木運搬人工数

水平距離						
100m	200m	300m	400m	500m	600m	700m
0.29 人	0.37 人	0.46 人	0.54 人	0.62 人	0.70 人	0.78 人

先述の治山林道必携による苗木運搬歩掛は 1 日の作業時間を 8 時間として計算しているため、1 日 6 時間作業に補正する（÷6/8 する）と下記の人工となり、全ての距離でドローン運搬の方が有利であることがわかった。

表 4-43 補正した人肩運搬による 1,000 本当たりの苗木運搬人工数

運搬距離						
100m まで	200m まで	300m まで	400m まで	500m まで	600m まで	700m まで
0.67 人	0.73 人	0.79 人	0.85 人	0.92 人	0.99 人	1.04 人

また、人肩運搬の運搬距離（m）については水平距離（m）に高低差（m）の 6 倍を加えた距離であるため、水平距離のみにすると表 4-40 の距離よりさらに短くなるため、ドローン運搬と人肩運搬の人工数の差はさらに大きくなる。

前節では運搬から植栽までの人工数を人肩運搬と比較し、ドローンが有効となる条件を整理したが、運搬のみで比較すると、距離にかかわらずドローン運搬により人工削減ができることがわかった。

#### 4.6. ドローンを活用した苗木等運搬マニュアルの改訂

令和3（2021）年度事業で作成された「ドローンを活用した苗木等運搬マニュアル」の改訂を行った。改訂にあたり、本マニュアルの対象とする読者は、これから苗木等運搬ドローンの導入を検討している事業者ならびにすでにドローンを導入しており、より効果的・効率的にドローンの運用をしたいと考えている事業者とした。

マニュアルは、以下の内容を含め、ドローン運搬に適した条件、ドローンの導入・運用方法、必要な機体性能やアタッチメント等、運搬前の飛行準備作業（飛行ルール等）、効率的に苗木等を運搬するための工程、作業体制（オペレータ、補助者の人数や配置等）を、実際にドローン運搬を行う際に必要な作業やその準備に係る手順を意識して構成した。特に、本年度までの実証結果から、ドローン運搬に適した条件を類型化し、苗木等運搬ドローンの導入を検討する際の目安となるようにした。ドローン運搬にかかる安全管理や留意点等については、関連する作業の付近にトピック記事やコラムとして掲載することで目に付くようにし、各作業を安全に行えるようにした。

また、本事業で行ったドローン運搬実証結果について、作業体制や使用機種紹介等、各地でのドローン運搬の事例を紹介し、苗木等運搬におけるドローンの普及の一助となるよう作成した。

表 4-44 ドローンを活用した苗木等運搬マニュアルの主な項目と内容

項目	内容
①ドローン運搬に適した条件	人肩運搬や小型運搬車との比較、ドローン運搬が効果的となる環境条件の判断基準、購入による利益が見込める年間稼働率等を解説。
②苗木等運搬用ドローンの導入・運用方法	各運用方法（購入、業者委託）をとった場合のメリット/デメリット、委託する場合のポイント等を解説。
③ドローン運搬に適した機体の選定	運搬目的別（運搬物、運搬可能重量、作業体制、機体サイズ等）の必要な機体性能、アタッチメント、その他準備すべき機材等を解説。
④ドローン運搬の飛行準備作業	ドローン購入時の手続き、効率的にドローン運搬を行うための飛行計画・苗木配置計画・荷造り作業、衝突対策や防火対策、苗木等運搬中の第三者への対応、非常時の連絡体制、機体等の準備・点検等について、やることリストや持ち物リストを作成して解説。
⑤運搬工程	荷掛け作業や荷下ろし作業、バッテリー交換等、運搬の全6工程について、効率的にドローン運搬を行うための方法を解説。
⑥作業体制	効果的・効率的にドローン運搬を行うための、荷掛け地点や荷下ろし地点に配置すべき人員（オペレータや補助者）を解説。
安全管理、留意点等	ドローンの飛行ルール、バッテリーの効果的な利用方法、気象条件による実施の判断等、運搬に伴う各作業を安全に行うためのポイントについてトピック記事を掲載。
事例紹介	本事業でドローン運搬を行った事例について、作業体制や使用機体等を紹介。

なお、マニュアルについては巻末に示す。

## 5. ドローン運用管理システムの設計

### 5.1. 調査概要

#### 5.1.1. 背景及び目的

ドローンによるオルソ画像に基づく造林補助金申請・検査（以下、「ドローン申請」という）については、制度として整ってきた一方で、現場においては、オルソ画像の提出は印刷出力（紙）やCD-ROMとなっており、データの管理体制の整備は遅れていることが昨年度までの調査により明らかとなった。また、既存の造林補助申請システムや森林クラウドにオルソ画像や申請データなどすべてのデータを持たせることはサーバ容量や機能開発の観点から難しく、図 5-1 のように目的に特化したシステムを複数連携させることの有効性が分かっている。

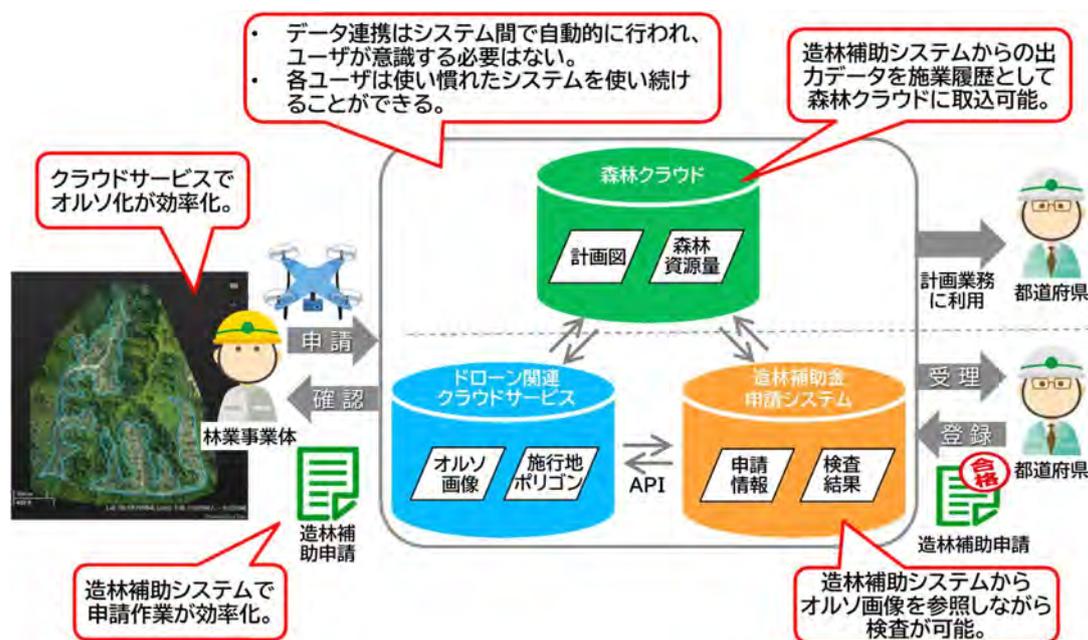


図 5-1 目指すイメージ

今年度は、47 都道府県にアンケートを実施し、補助金申請・検査におけるシステムの利用状況等を把握し、取組が進展している自治体に対しては追加ヒアリングを実施するとともに、他分野における API 連携の現状についてもヒアリングを行い、目標となるドローン申請の仕組みを検討することとした。

また、クラウド間連携によるドローン申請の技術的な課題を明らかにすることを目的とし、異なるメーカーが管理する 3 つのシステムを用いてドローン申請に関わるデータ連携の実証を行った。

#### 5.1.2. 調査項目

全都道府県を対象とするアンケート調査、他分野における API 連携の現状についてのヒアリングを中心とする現状調査と、実際のシステムを用いたドローン申請の実証を行う。

実証は、ドローン管理に特化したシステム、造林補助金申請に特化したシステムを用いた申請・検査の実証と、申請データから施業履歴等として管理が必要なデータを森林クラウドに取り込む実証を行った。

## 5.2. 現状調査

### 5.2.1. 都道府県アンケート調査

#### (1) アンケートの目的・方法

造林補助申請の手続きにおけるデジタル化の進捗度合い、ドローン申請の普及度合いの現状及び今後の電子化に向けた要望等を把握することを目的とし、都道府県を対象にアンケート調査を実施した。

調査票はメールでの送付・返信とし、回答期限は令和4（2022）年12月7日とした。

質問項目を以下に示す。

● 造林補助申請全般について

問1 造林補助申請にシステムを利用しているかどうかご回答ください。

ア 利用している。  
イ 利用していないが、今後の導入を検討している。  
ウ 利用していない。導入の予定はない。 →理由、課題等を自由記述欄へ

問2 （問1で「ア利用している」と回答した方のみ）  
造林補助申請にシステムを利用している場合、その概要についてご回答ください。

システムの名称、メーカーなど  
システムの概要  
導入費用  
年間の維持費  
システム利用上の利点、課題など

問3 ドローン申請・検査に対応した要綱・内規の改正状況についてご回答ください。

ア 改正済であり、運用している。  
イ 改正は済んでいるが、運用実態はない。  
ウ 改正が済んでいない。 →理由、課題等を自由記述欄へ

問4 森林整備事業の令和3年度年間申請件数と、うちドローン申請の件数についてご回答ください。

造林	年間申請件数	うちドローン申請件数
下刈り	年間申請件数	うちドローン申請件数
間伐	年間申請件数	うちドローン申請件数
その他	年間申請件数	うちドローン申請件数

● ドローンを用いない従来の申請（以下「従来申請」という）について

問5 従来申請で認められている方法をご回答ください。（複数選択可）

ア 林業事業者が紙書類で提出  
イ 林業事業者がファイル等を電子メールで提出 紙書類併用  
ウ 林業事業者がファイル等を電子メールで提出 メールのみで可  
エ 林業事業者が（問3で回答した）システムを利用して電子申請 紙書類併用  
オ 林業事業者が（問3で回答した）システムを利用して電子申請 電子のみで可  
カ その他 →自由記述欄へ

問6 従来申請で認められている測量成果の提出方法についてご回答ください。（複数選択可）

- ア 紙地図での提出
- イ 位置情報を持たない PDF ファイルでの提出
- ウ シェープファイル等 GIS で利用可能なファイル形式で提出 紙地図併用
- エ シェープファイル等 GIS で利用可能なファイル形式で提出 電子のみも可

● ドローン申請・検査について

※ 問3でドローン申請・検査に対応した要綱・内規の改正が「ウ改正が済んでいない」と回答された方は、問15へ進んでください。

問7 ドローン申請で認められている方法をご回答ください。(複数選択可)

- ア 紙書類で提出
- イ ファイル等を電子メールで提出 紙書類併用
- ウ ファイル等を電子メールで提出 メールのみで可
- エ DVD、HD等のメディアで提出 紙書類併用
- オ DVD、HD等のメディアで提出 電子のみで可
- カ (問3で回答した)システムを利用して電子申請 紙書類併用
- キ (問3で回答した)システムを利用して電子申請 電子のみで可
- ク その他 →自由記述欄へ

問8 ドローン申請におけるドローンオルソ画像の提出方法についてご回答ください。

(複数選択可)

- ア 印刷出力した紙図面を提出
- イ 位置情報のない PDF ファイルを提出
- ウ GIS で利用可能なファイル (GeoTIFF 等) を提出
- エ その他 →自由記述欄へ

問9 申請されたオルソ画像の保管方法について現状をご回答ください。(複数選択可)

- ア 紙図面を保管
- イ 提出されたメディアのまま保管
- ウ デスクトップ型 GIS で閲覧可能な状態で保管
- エ 森林クラウドで閲覧可能な状態で保管
- オ その他 →自由記述欄へ

問10 ドローン申請・検査により省力化やデータの有効活用が進んだ点についてご回答ください。

(自由記述)

問11 ドローン申請・検査における課題についてご回答ください。(自由記述)

問12 ドローン申請・検査について、今後への期待などをご回答ください。(自由記述)

● 造林補助金の申請結果を施業履歴として活用することについて

問13 造林補助金の申請結果を施業履歴として活用することについて、現状や考えをご回答ください。

- ア 活用していない。 →理由、考え等を自由記述欄へ
- イ 活用していないが、今後検討したい。 →理由、考え等を自由記述欄へ
- ウ 活用している。 →データの移行方法等を自由記述欄へ

問14 現在、施業履歴として管理している情報 (GIS データの属性など) についてご回答ください。

(自由記述)

● 最後に

問15 本事業では、既存のオルソ化クラウドサービスや造林補助金申請システムを連携してドローン申請・検査を効率化するとともに、施業履歴として森林クラウド上で管理する手法について検討しています。

このような手法に対する期待、課題等についてご回答ください。(自由記述)

(2) アンケート結果概要(詳細は巻末資料参照)

回答率は100% (47 都道府県) となった。

造林補助申請におけるシステムの利用状況については図 5-1 に示す。システムを利用している、今後の導入を検討していると回答した都道府県が 37/47 と大半を占めた。導入しない理由としては、申請件数が少ない、システム維持費が高い、などがあげられた。

利用しているシステムは、クボタシステムズ株式会社のシステムが最もシェアが大きく (14/47)、これと同程度の数 (12/47) が各県個別に開発したシステムであることが分かった。開発会社、システムはそれぞれ異なっている状況である。システムの利点としては、入力や計算の適正化、省力化があげられ、課題としては、GIS と連携できていない、年間維持費用が高額、改修の手間がかかる、といった点があげられた。

問1 造林補助申請にシステムを利用しているかどうかご回答ください。



問2 (問1で「ア利用している」と回答した方のみ)  
造林補助申請にシステムを利用している場合、その概要についてご回答ください。

システムの名称、メーカーなど

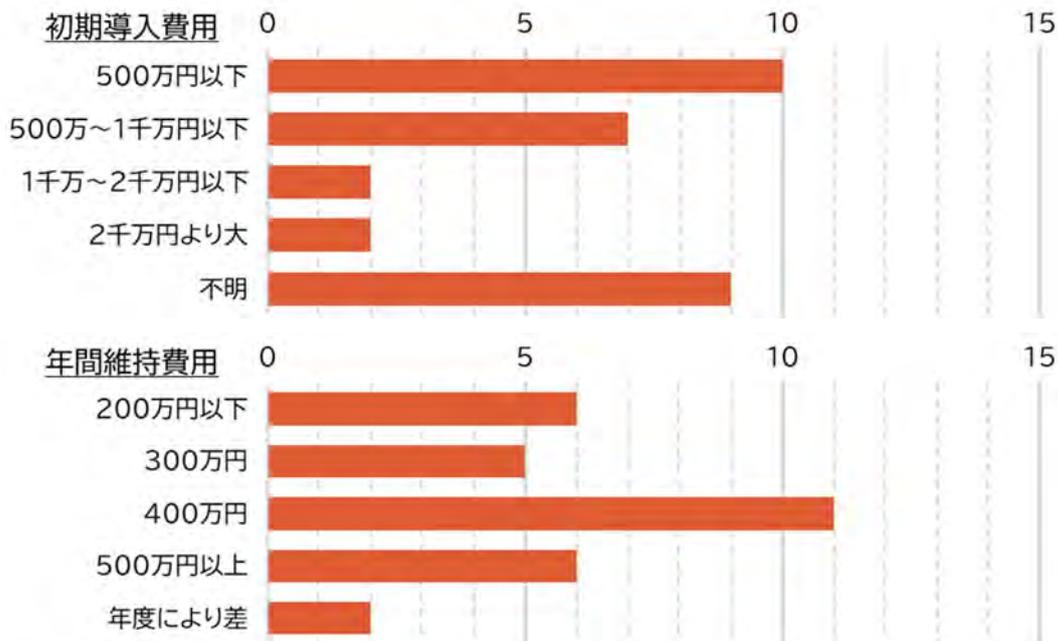
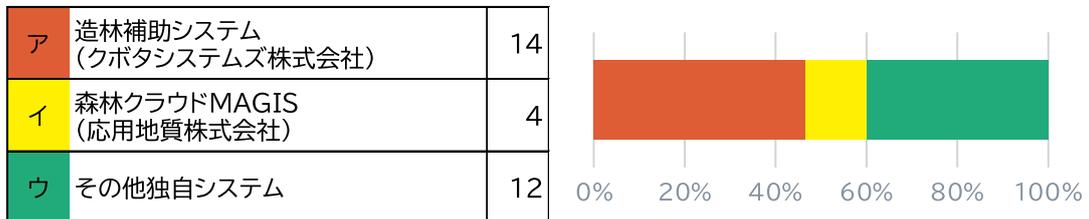
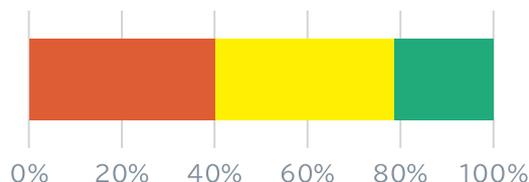


図 5-1 アンケート結果(造林補助申請におけるシステム利用)

ドローン申請の状況については図 5-2 に示す。要綱・内規の改正が完了していない理由としては、県側の対応が遅れている場合と、林業事業体側にドローンが導入されていない場合があった。申請件数の回答があった 45 都道府県における令和 3 年度の年間申請件数は 10 万件にのぼるが、そのうちドローン申請は 300 件と非常に少ない。

問3 ドローン申請・検査に対応した要綱・内規の改正状況についてご回答ください。

ア	改正済であり、運用している。	19
イ	改正は済んでいるが、運用実態はない。	18
ウ	改正が済んでいない。	10



問4 森林整備事業の令和3年度年間申請件数と、うちドローン申請の件数についてご回答ください。

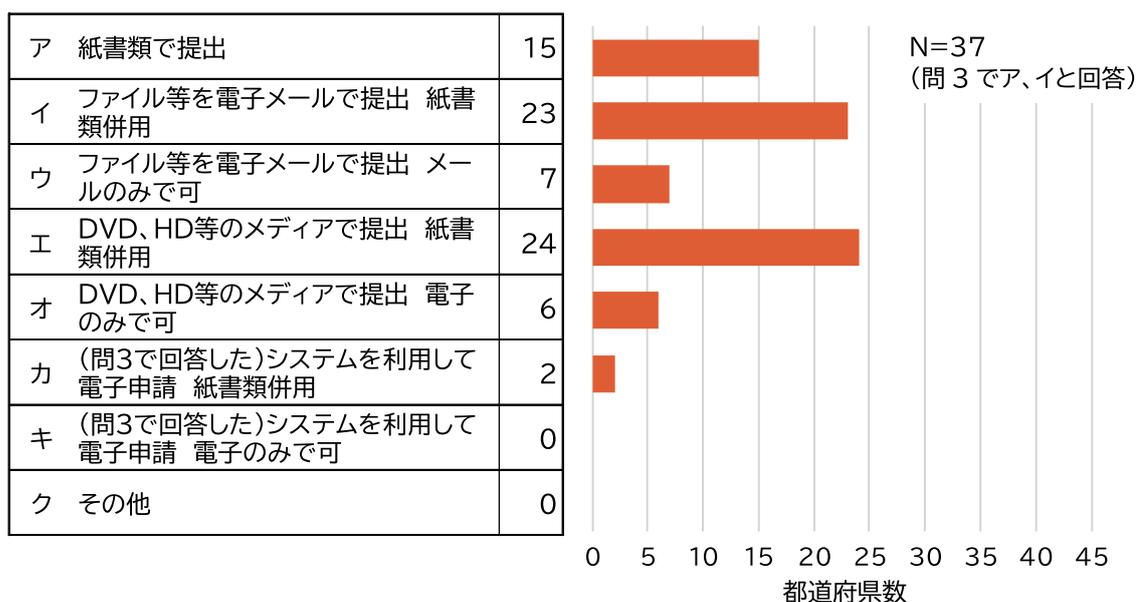
		N=45
造林	年間申請件数	11,512
	うちドローン申請件数	172
下刈り	年間申請件数	44,328
	うちドローン申請件数	74
間伐	年間申請件数	18,366
	うちドローン申請件数	16
その他	年間申請件数	30,746
	うちドローン申請件数	38
合計	年間申請件数	104,952
合計	うちドローン申請件数	300

図 5-2 アンケート結果(ドローン申請件数)

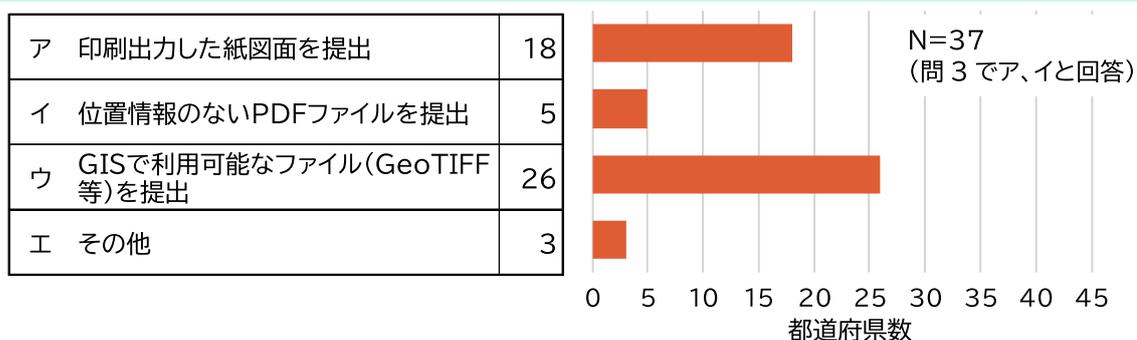
ドローン申請におけるデータの提出・管理状況について図 5-3 に示す。ドローン申請であっても紙書類の提出、データと紙書類の併用がほとんどであり、ペーパーレス化は進んでいないことが分かった。オルソ画像についても GIS で利用可能なデータを提出する都道府県は 26/37 にとどまっている。

申請に利用されたオルソ画像は施行地面積の証跡であるとともに、GIS 上で活用できるデータである。しかしながら、従来通りの紙図面で保管している都道府県が最も多く 14/37 であり、データとしての活用が進んでいないこと、保管方法も定まっていないことが推察される。

問7 ドローン申請で認められている方法をご回答ください。(複数選択可)



問8 ドローン申請におけるドローンオルソ画像の提出方法についてご回答ください。(複数選択可)



問9 申請されたオルソ画像の保管方法について現状をご回答ください。(複数選択可)

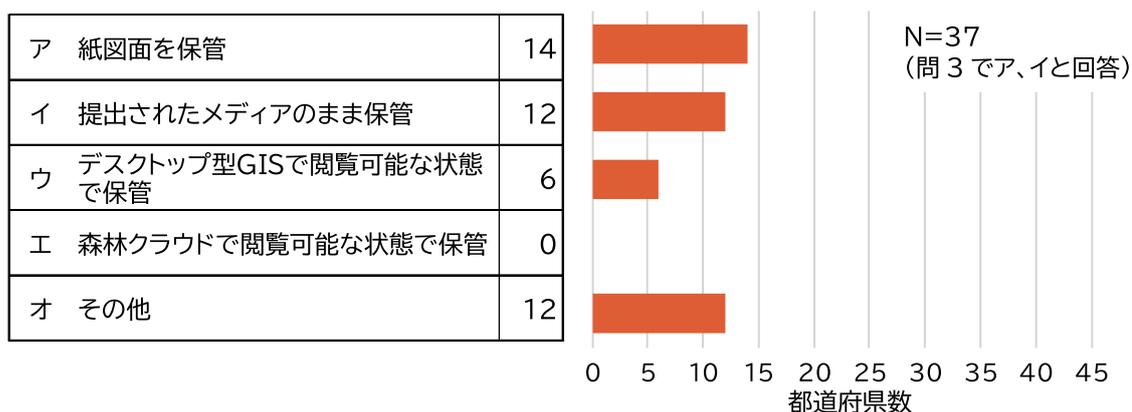


図 5-3 ドローン申請におけるデータ提出・管理

問10 ではドローン申請・検査により省力化やデータの有効活用が進んだ点について自由記述としており、面積測量の省力化（主に申請者側の省力化と読み取れる）が9件、県の検査の省力化が6件という結果であった。

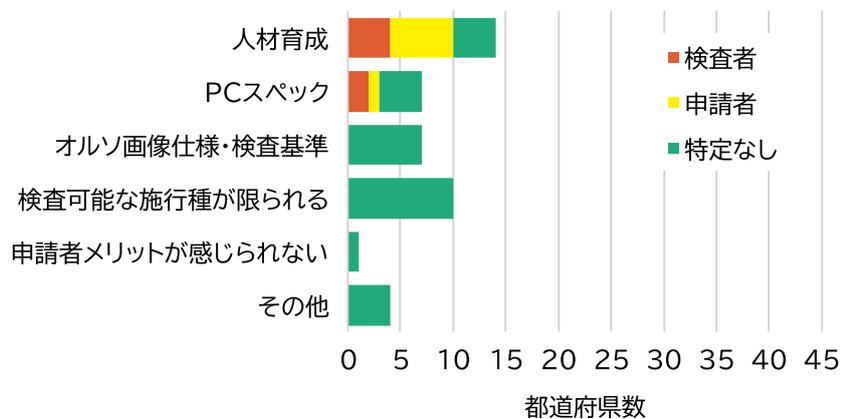
課題と今後の期待については図 5-4 に示す。課題としては人材育成と検査可能な施行種が限られることが多くあげられた。人材育成の必要性については、申請者である林業事業体のみならず、検査する側の都道府県の人材についても課題であることが分かった。

今後の期待については、課題面と表裏一体であり、省力化と間伐への活用が多くあげられた。

問11 ドローン申請・検査における課題についてご回答ください。(自由記述)

N=37  
(問3でア、イと回答)

自由記述を分類	検査者	申請者	特定なし
人材育成	4	6	4
PCスペック	2	1	4
オルソ画像仕様・検査基準			7
検査可能な施行種が限られる			10
申請者メリットが感じられない			1
その他			4



問12 ドローン申請・検査について、今後への期待などをご回答ください。(自由記述)

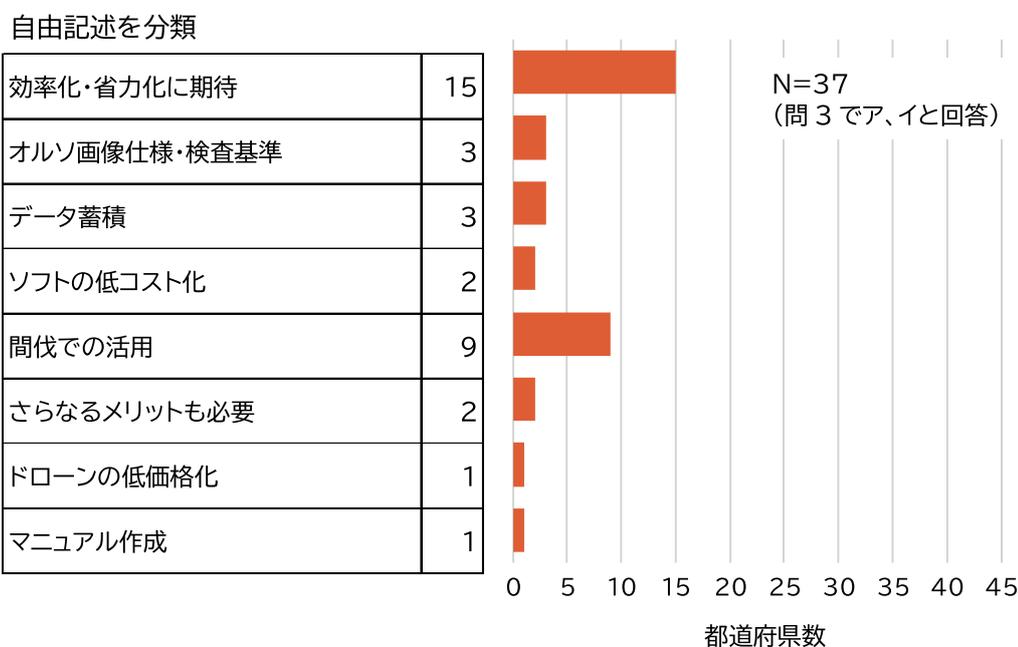


図 5-4 アンケート結果(ドローン申請・検査における課題と今後の期待)

## 5.2.2. 他分野 API 連携ヒアリング

### (1) ヒアリングの目的・方法

造林補助申請における API 連携について参考となる事例として、農業分野での API 連携事例、建設分野 i-construction におけるオルソ化クラウドサービスの現状を把握するため、表 5-1 に示すとおりヒアリングを実施した。

表 5-1 ヒアリング先

事例		ヒアリング先	実施日
API によるシステム間連携	農業データ連携基盤 (WAGRI)	農研機構 WAGRI 推進室	令和 4 年 12 月 7 日
	農機オープン API	農機 API 共通化コンソーシアム、農研機構	令和 5 年 1 月 6 日
申請・検査間のデータ共有	i-construction、オルソ化クラウドサービス	「くみき」(株)スカイマテイクス	令和 4 年 12 月 9 日

### (2) ヒアリング結果概要(詳細は巻末資料参照)

#### ① 農業データ連携基盤 (WAGRI)

WAGRI は、データに基づき栽培技術・経営の最適化を図る「データ駆動型農業」の実践を促進することを目的とし、内閣府 SIP(戦略的イノベーション創造プログラム)において考案・構築されたクラウドサービスである。機能のうち生育予測アプリの開発等を担った農研機構が運営母体となり平成 31 (2019) 年 4 月より本格運用が開始された。気象や農地、収量予測など農業に役立つデータやプログラムを提供しており、ICT ベンダーや農機メーカーが WAGRI 会員となり、農業関連データやプログラムを組み合わせ、Web サービスやアプリケーションを開発し、農業者に提供する仕組みとなっている。

費用負担の構造は、データ利用会員の利用料 4 万円/月となっている。データ利用会員は、メーカーや企業、ベンダー、JA 等の団体が主である。

一番の課題は料金システムであり、WAGRI の維持・運営にかかる費用は、データ利用会員の利用料だけでは利益はなく厳しい状況である。一方で、データ利用会員は WAGRI 利用料金を支払ったうえで、開発したアプリ等に対する農業者からの利用料により収益を得ることとなるが、農業者からの利用料を低く抑える必要があるため、WAGRI 利用料金が負担になると言われている。

将来的にはデータ駆動型農業が普及し、WAGRI の利用も増えることが想定されるが、現状で多数を占める小規模農家がデータ駆動型農業に移行するまでには時間がかかる。その移行期間においては、低価格または無償として利用者を増やすことを考えなければならない。

今後、農研機構で開発した予測プログラムの強化や、低料金お試し期間の設定などを行い、利用者を増やす取組を進めたい。

## ② 農機オープン API

データ駆動型農業の実施には、様々な農機の稼働データを営農管理ソフトで一元管理・分析することが必要である。これまでは、農機メーカー間のデータの互換性がなく、メーカーごとに複数のソフトを利用せざるを得ないという課題があった。

農林水産省は、内閣府の規制改革推進会議の答申を踏まえ、令和3（2021）年2月10日に「農業分野におけるオープン API の整備に向けたガイドライン」（以下ガイドラインという）を策定した。それと対応するように、令和3年度より農業分野におけるデータ利活用を推進する補助事業「農林水産データ管理・活用基盤強化事業」が開始された。農研機構は、農機メーカー、業界団体、ICT ベンダー等と協議の上、農業機械業界全体で本事業に取り組むべきと判断し、ガイドラインを始めとする各種指針に沿って農機のオープン API 整備を主導する実施計画を立てて「農機 API 共通化コンソーシアム」を設立（設立日：令和3年4月20日）した。当該コンソ名で補助事業に応募し、事業に採択されることになった。現在も事業代表機関として、様々な農機メーカー等と連携しながら事業を遂行している。

各機械メーカーが提供する機械システムのサーバーから情報を取り出す部分に共通の仕様で定めた API を実装して、機械システムと営農管理システム（圃場の GIS 情報や生産物情報等、農業に関わる様々な情報を管理できる農業者向けのシステム）の間のデータ連携を実現することとした。農業者が直接的に API に関与しなくても、機械システムと営農管理システムが連携できる仕組みを作ることで、農業者に技術的な部分については特に意識させずに、便利なサービスを提供することを目指している。

課題として、ICT の習熟度や利用者の規模の大きさによって、データ活用の効果に差があるため、大部分をしめる小規模な農業者は高度なデータ活用に苦戦することが考えられる。このため、情報等を活用し農業者とサービス提供者の双方にメリットをもたらす「キラーコンテンツ」が必要とされる。

農林水産省は、令和4（2022）年度予算から、農機メーカー以外が開発したソフトでもトラクターやコンバインなどの農機における位置情報や作業記録等のデータを利用できるように支援する補助金制度を導入し、普及のきっかけを提供している。

## ③ i-construction、オルソ化クラウドサービス

オルソ化クラウドサービスの「くみき」は、簡単な操作で、写真をアップロードし、オルソ画像・点群データ・DSM データを生成できる。独自の SfM/MVS 処理エンジンにより SfM 処理が大きく改善され、標高差がある山林地域（対地高度一定で撮影したデータ）でのオルソ化も適切にできる。

プロジェクトごとにデータを管理し、プロジェクトの一覧機能では、地図上のどこに各プロジェクトが位置しているかを閲覧できる。プロジェクトフォルダは、それぞれユーザーごとのアクセス権を付けることができる。

計測ツール（距離や面積）があり、ポリゴン等を作成でき、shp ファイルとして出力可能である。また、指定した全体の範囲内から除外したい範囲（除地など）を指定でき、計測したい部分の面積計測を簡単にできる「ドーナツポリゴン機能」も搭載されている。

森林整備事業における申請・検査についてオルソ画像の提出が可能になったこともあり、林業分野に非常に力を入れている。都道府県のアカウント内に各森林組合がユーザーとなり、その森

林組合ごとのフォルダ内で申請用オルソ画像を管理する仕組み（県は全組合にアクセスできるが、組合は他組合にアクセスできない）を提案している。

「くみき」のユーザーの約8～9割は建設・測量分野である。i-Constructionでは、ユーザーは「くみき」で作成した3D点群・オルソ画像をダウンロードし、そのデータを点群編集ソフトにインポートの上、出来形管理帳票の出力などに利用している。帳票出力以外の盛土・切土の計測など建設現場の日々の進捗管理では、「くみき」の計測機能や写真管理機能を利用している。

### 5.2.3. 現状調査のまとめ

#### (1) 現状調査結果の概要

都道府県アンケートから、造林補助申請のシステム化と、申請結果を施業履歴として活用することは進んでいるが、台帳ベースの連携が主であり位置情報の管理は進んでおらず、申請結果の活用方法としては、一層の効率化、省力化の余地があることが分かった。

ドローン申請についての実績は全国で300件程度とまだ少ない（森林整備事業の申請件数は年間約10万件）、オルソ画像、測量成果は紙媒体での提出も多く、デジタル化の効果が活かしきれていない。ドローン申請と従来の書類での申請が重複しているため、労力が増加している可能性がある。そのため、ペーパーレス化を進める必要がある。

ドローン申請に適合した撮影条件、検査方法を都道府県では定めがたいこと、定性間伐の申請・検査の省力化も進めたいことなど、課題もあげられた。

他分野におけるAPI連携の現状としては、農業分野ではデータ駆動型農業の推進のため、API連携が進んでおり、メーカー間の互換性も確保されている。一方で、普及に向けたコンテンツの充実や収益化の難しさなどの課題もあることが分かった。

建設分野では、クラウドでのドローンオルソ化サービスが進んでおり、機能も向上していることが分かった。

現状調査の結果をまとめると以下の通りである。

- ・ 他分野で進んでいるように森林分野においてもデータ連携の必要性は高まっている。
- ・ ドローン申請に適合した撮影条件、検査方法など技術面の取り組みも必要である。
- ・ ベンダーロックインを避ける必要がある。
- ・ 普及、利用者拡大に向けた取り組みも重要である。

#### (2) システム間連携の実施方針

昨年度及び今年度の現状調査の結果、ドローン撮影によるオルソ画像を用いた造林補助申請における、開発ベンダーや用途の異なる複数システム間でのデータ連携について以下のような実施方針が得られた。

##### 【ドローン造林補助申請におけるシステム間データ連携の実施方針】

##### ① ベンダーロックイン排除

現在、ドローン関連システム、造林補助申請および森林クラウドは複数のベンダーが開発、サービス展開しているため、これらのシステムやクラウドサービスに対応できる連携方式が必要である。また、ベンダーロックイン排除により、IT系業者の新規参入が図られ、サービス向上し、ドローン造林補助申請の普及に貢献する効果がある。

② GISによる画像や主題図の閲覧

森林管理においては、テキストや数値のデータだけではなく、森林の位置や面積を特定するための地理空間情報が重要であるため、これらのデータをGISに投影できる方式であることが必要である。

③ オルソ画像は画像に特化したシステムで管理

ドローン申請に必要なオルソ画像は、データ容量が大きいことから、現在利用が進んでいる森林クラウドサービスでの管理は、サーバコスト増加や回線負荷につながる可能性が高い。このため、オルソ画像は複数のサーバに複製データを保管せずに、画像管理に特化したシステム上で管理することが望ましい。

### 5.3. 実証によるシステム上の課題抽出

#### 5.3.1. 実証の目的・方法

ドローン運用管理システムのうち、造林補助申請に関わるシステム間連携における技術的な課題及びデータ共有 API の要件を整理するために実証を行った。

昨年度事業で用いたドローン関連クラウドサービスと森林クラウドに加え、造林補助申請システムを新たに用いた。造林補助申請システムは、都道府県アンケートの結果、利用件数が多かった製品を選択した。

表 5-2 ドローン関連クラウドサービスの概要

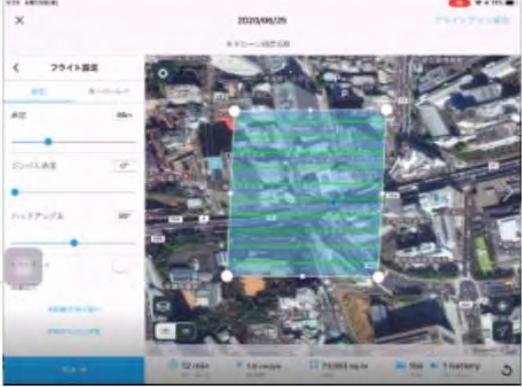
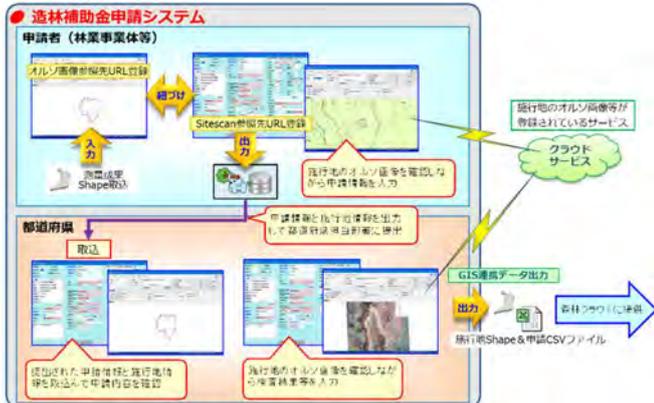
利用するシステム (ベンダー)	主な機能と実証における役割
Sitiescan for ArcGIS (ESRI ジャパン株式会社)	<p><b>【主な機能】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ ドローンの飛行計画 / 撮影計画を作成し実際にドローンを飛ばして撮影までを行う。</li> <li>・ 撮影した画像をクラウド上にアップロードするだけでオルソモザイク画像や数値標高モデル、3D メッシュ、点群などが作成できる。</li> <li>・ 撮影した画像を背景にポリゴン作成・出力 (SHP 形式) ができる。</li> <li>・ ブラウザ上で操作し、データ処理はクラウド上で行うため、パソコンのスペックに依存せず簡単に高速処理を行うことができる。</li> </ul>  <p><b>【実証における役割】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 林業事業者が撮影した画像をオルソ化した。</li> <li>・ オルソ画像閲覧用の URL を発行し、都道府県の検査時に参照できるようにした。</li> </ul>
Sitiescan for ArcGIS (ESRI ジャパン株式会社)	<p><b>【主な機能】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ UAV で撮影した写真を基に、ブラウザ上でオルソ画像の作成・距離や面積、傾斜等の測定等が行えるシステム。クラウドも兼ねており、ブラウザ上でオルソ画像の管理も行える。ArcGISonline との連携で簡単にオルソ画像の処理が可能。</li> </ul> <p><b>【実証における役割】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 現在、造林補助システムでは WMTS 形式のみが取り込み可能である。SiteScan は WMTS 形式に対応していないため、SiteScan で作成したオルソ画像を ArcGIS Online に取り込んで、ArcGIS Online 上で施行地ポリゴンを作成し、SHP 形式で出力した。</li> </ul>

表 5-3 森林クラウドの概要

利用するシステム (ベンダー)	主な機能と実証における役割
石川県森林クラウド 栃木県森林クラウド 製品名：PasCAL 森林 (株式会社パスコ)	<p><b>【主な機能】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>「PasCAL 森林」は LGWAN/InterNET 回線上で稼働するパッケージ型クラウドシステム。</li> <li>森林簿検索、地域森林計画編成、森林経営計画、伐採造林届管理、造林補助金管理、施業履歴管理などの森林管理行政支援機能を有する。</li> </ul> <p><b>【実証における役割】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>造林補助システムから出力された施行地ポリゴン (SHP 形式)、申請情報 (CSV 形式) を施業履歴として取り込んだ。</li> </ul> 

表 5-4 造林補助申請システムの概要

利用するシステム (ベンダー)	主な機能と実証における役割
造林補助システム (クボタシステムズ株式会社)	<p><b>【主な機能】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>森林環境保全整備事業実施要領に基づいて補助金の申請・査定・交付などの行政事務をサポートするシステム。</li> <li>補助金交付申請情報の入力・編集、現地検査の入力、補助金査定の算出、報告書作成のためのデータの出力等の機能を有する。</li> </ul> <p><b>【実証における役割】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>WMTS 形式で配信されているオルソ画像、計画図と施行地ポリゴンを重ね合わせて表示しながら申請情報を入力、検査結果を入力した。</li> </ul> 

実証の対象は、図 5-5～6 に示す施行地とした。ドローン写真は各県の林業事業体が撮影したものである。



実証対象地		石川県金沢市内
種別（施行面積）		伐採（0.5ha）
オルソ画像	面積	5.4ha
	解像度 （データ容量）	4.84cm/pixel (17.83MB)
	元となる 単写真	解像度約 2.5cm の 71 枚 (35GB)

図 5-5 実証地概要(石川県)



実証対象地		栃木県鹿沼市内
種別（施行面積）		伐採（4.3ha）
オルソ画像	面積	10.7ha
	解像度 （データ容量）	2.15cm/pixel (444MB)
	元となる 単写真	解像度約 2.5cm の 255 枚 (221GB)

図 5-6 実証地概要(栃木県)

### 5.3.2. 実証結果

#### (1) システムの操作

前掲表 5-4 に示す 3 つのシステム（SiteScan と ArcGIS Online をまとめて考える）間でのデータの流れは図 5-7 の通りである。以降で、A～J に関わるシステムの操作概要を図 5-8～20 に示す。

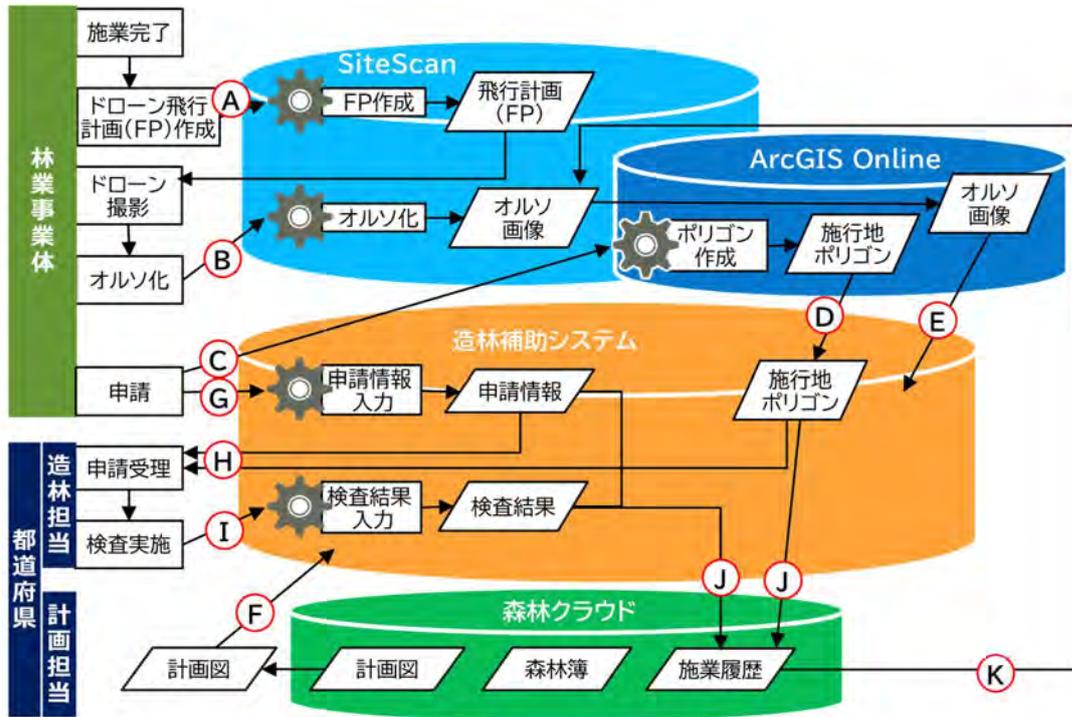


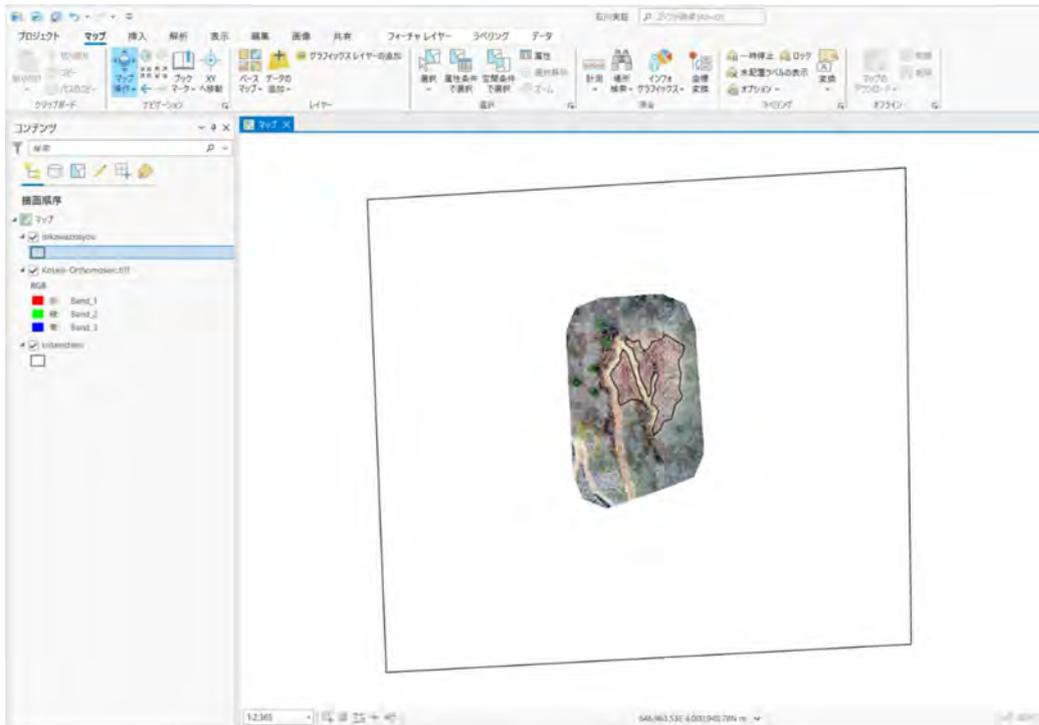
図 5-7 実証におけるデータの流れ

#### ■ 林業事業体



写真データをクラウドにアップロードし、オルソ化処理を行う。  
本実証においては、実際に林業事業体が撮影した写真を用いた。

図 5-8 B)オルソ画像作成



ArcGIS Pro を使用して、施行地ポリゴン、オルソ画像、および背景図に使用する白いダミーポリゴンを作成する。これら 2 つのデータ（オルソ画像とダミーポリゴン）を組み合わせ、タイルパッケージ形式のデータを作成する。施行地ポリゴンは SHP ファイル形式で出力する。これらのデータは、以降に出てくる造林補助金システムに使用する。

図 5-9 C) 施行地ポリゴン作成①

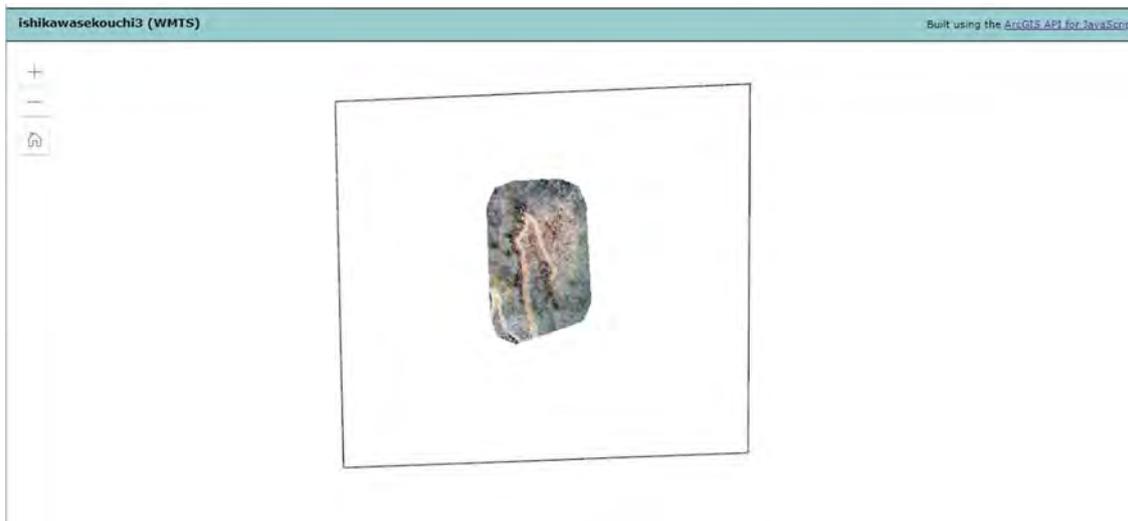
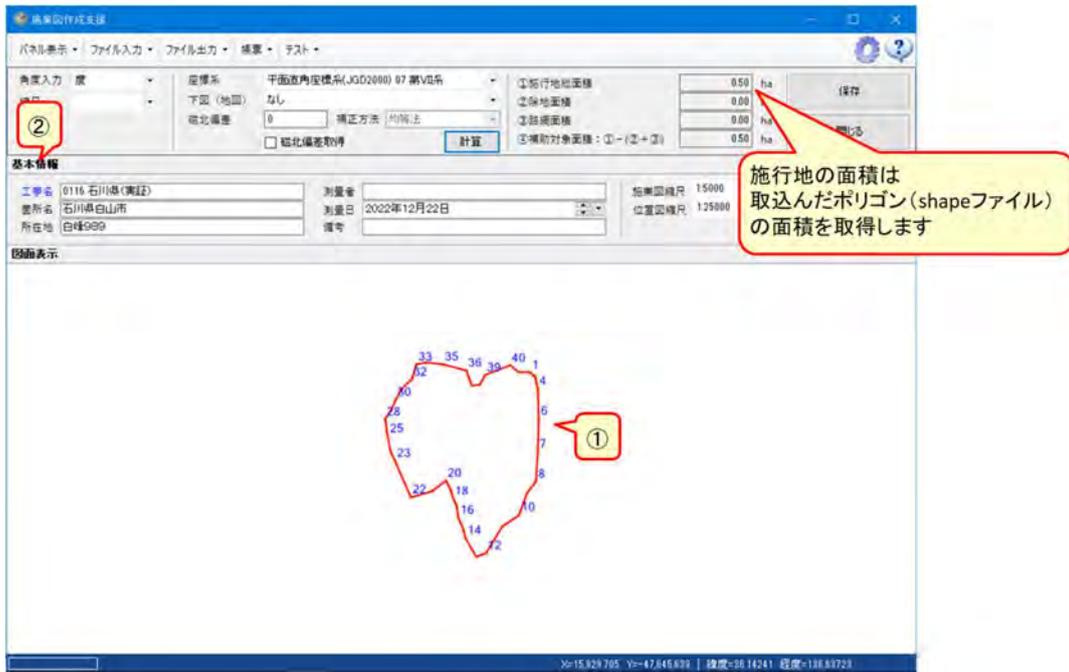


図 5-10 C) 施行地ポリゴン作成②

作成したタイルパッケージを ArcGIS Online にアップロードし、URL を発行する。これにより、WMTS 配信が可能となる。



- ① 図 5-9 で作成した施行地ポリゴンを造林補助金申請システムの施行図ツールに取り込み表示する。
- ② 工事名などの基本情報を入力する。

図 5-11 C,G)造林補助金申請システムによる施行地ポリゴン取り込み①

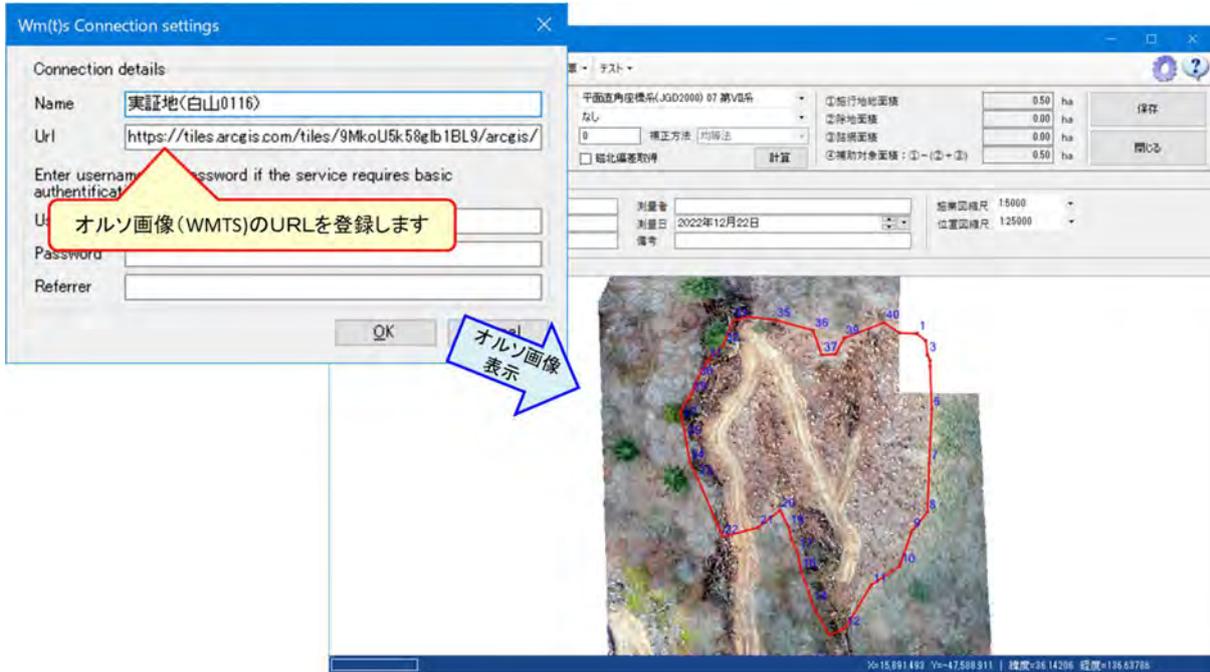


図 5-2 C,G)造林補助金申請システムによる施行地ポリゴン取り込み②

- ③ 施行地のオルソ画像 (WMTS 形式) のデータを施行図の背景に表示する。

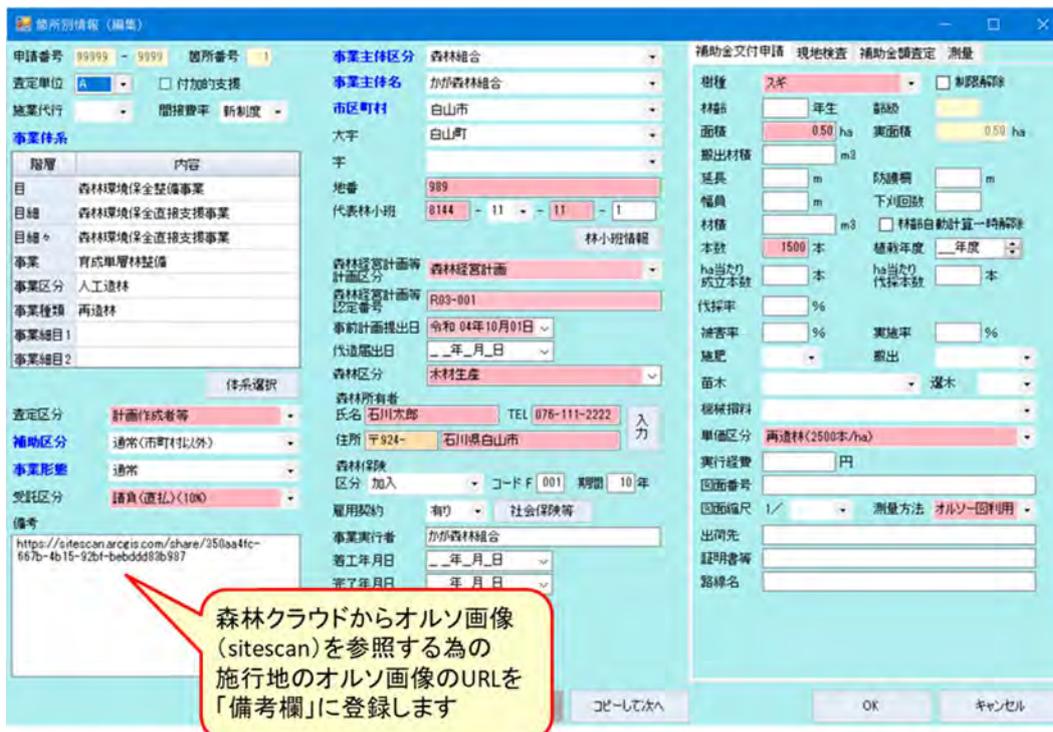


図 5-13 G)造林補助金申請システムへの入力①

① 造林補助金申請システムを使用して施行箇所の情報を入力する。  
※実施した施業種に応じた作業内容を入力



図 5-14 G)造林補助金申請システムへの入力②

② 補助金申請情報と登録した施行地情報（測量成果等）を紐づける。  
『測量』タブ画面の「測量成果管理」ボタンより施業図作成ツールを起動し登録した施行地情報（測量成果等）を指定する。



図 5-15 G)造林補助金申請情報の提出

- ① 登録した補助金申請情報と施行地情報（測量成果等）を都道府県に提出する為のデータを出力する。
- ② 都道府県の担当者は受領したデータを都道府県の造林補助金システムに取込む。

## ■都道府県（造林担当）

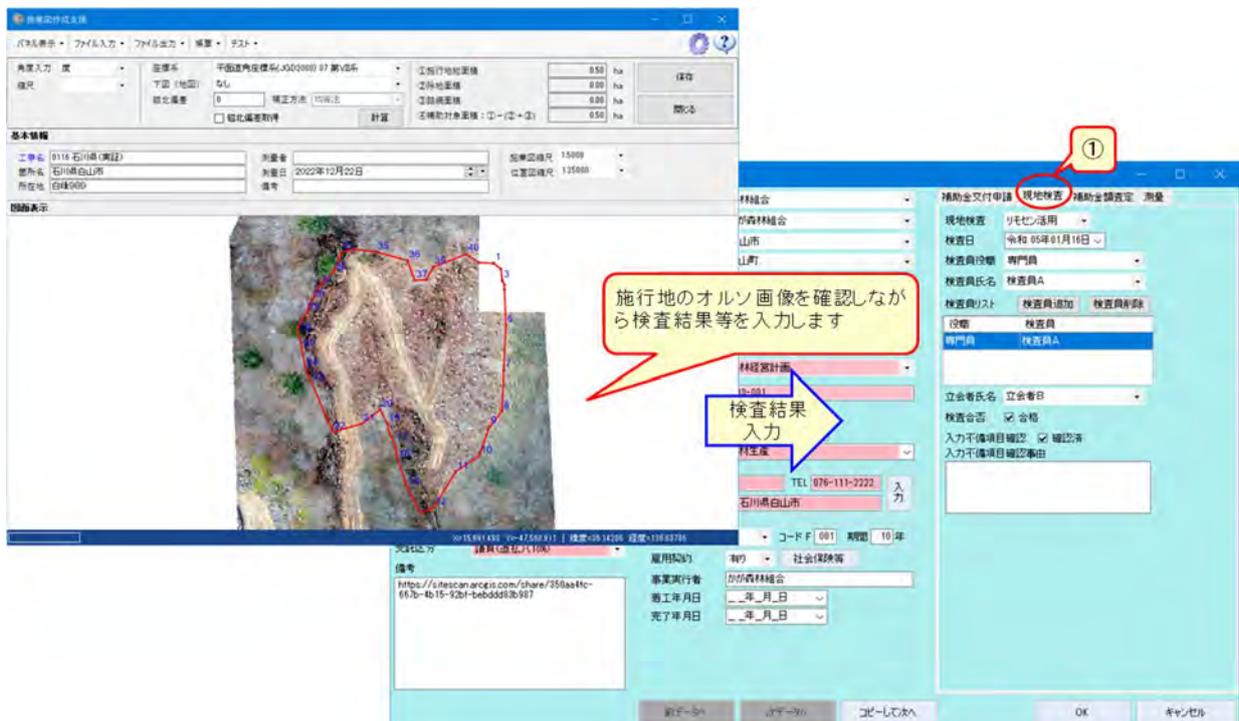


図 5-15 I) 施行地検査結果の入力

- ① 施行地のオルソ画像を確認しながら検査結果を入力する。



図 5-16 J) 森林クラウドシステムへのデータ提供

森林クラウドシステムに施業履歴や施行地の情報を提供するために、補助金申請情報と施行地情報（測量成果など）を出力する。（申請箇所 CSV ファイルと施行地 SHP ファイル）

■ 都道府県（計画担当）

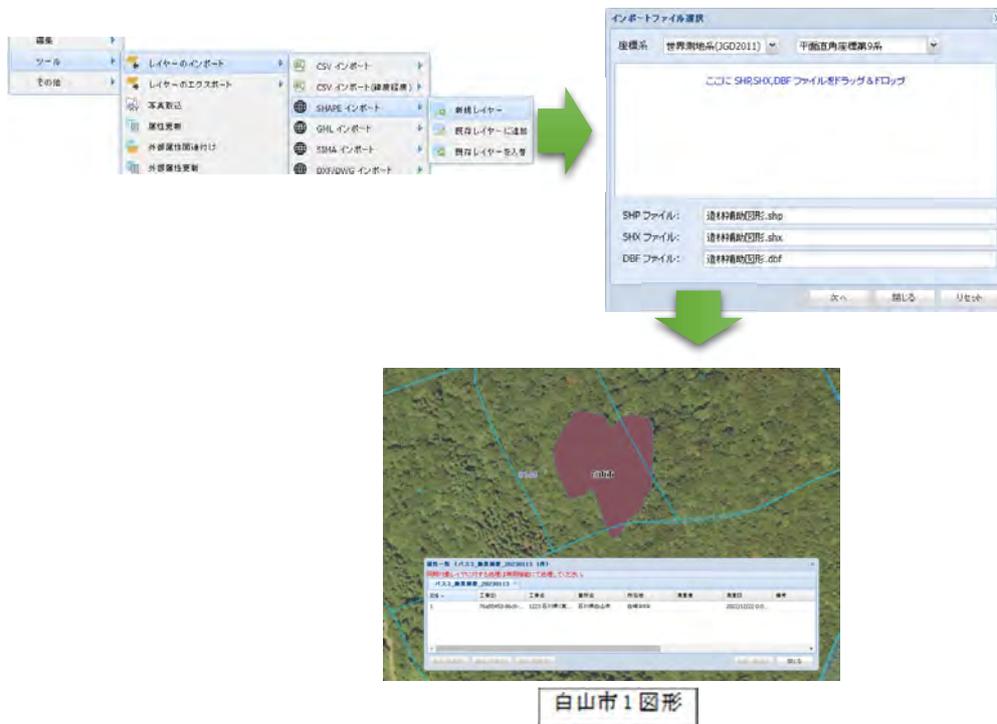


図 5-17 J) 森林クラウドシステムの図形取り込みイメージ

施業履歴など施行地の情報を森林クラウドシステムに取り込む為に、施行地 SHP ファイルをインポートする。



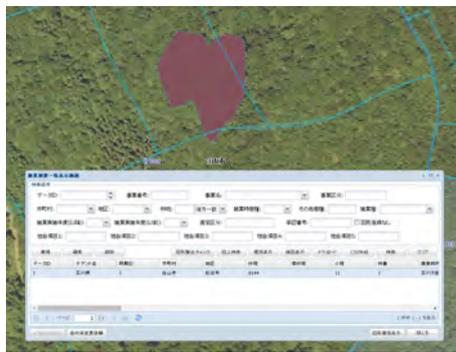


図 5-19 J) 施業履歴台帳と図形の紐づけ

施業履歴管理機能にて取込んだデータを検索し、図 5-17 で取込んだ施行地 SHP と施行履歴台帳を紐づける。



図 5-20 K) ブラウザ上での SiteScan で撮影したオルソ画像の確認

森林クラウドに取り込んだ施業履歴の備考に記載されている URL に接続することで、ブラウザ上で SiteScan を使用し、ドローン撮影のオルソ画像を表示することで確認が可能。

## (2) 参加者の意見

実証に参加した県職員の方の意見を表 5-5 に示す。ドローン申請による省力化だけでなく、他部署との連携により全体としての効率化及び森林管理の適正化が進むことへの期待が寄せられている。

表 5-5 実証参加者の意見

部署	意見
造林担当	<ul style="list-style-type: none"><li>・ 現地測量の省力化は申請側、検査側にメリットがある。</li><li>・ 皆伐・再造林より間伐が多く、間伐の申請検査への活用も望まれる。</li><li>・ 造林補助金の業務のみだけでなく、施業履歴として森林簿の更新が楽になるならば県全体としてのメリットは見いだせる。</li><li>・ システム間の連携が進めば、効率化、省力化になり、期待できる。</li></ul>
計画担当	<ul style="list-style-type: none"><li>・ 現状では、造林補助の実績をシステムに手入力しているの、データ連携は有用である。</li><li>・ 造林補助申請・検査の結果を市町村とも共有できると伐採・造林届出の確認ができるようになる。</li></ul>
共通	<ul style="list-style-type: none"><li>・ 検査の根拠となるオルソ画像が民間のクラウドシステム上に保管されていることになるため、費用負担は行政で担うべきなのか検討が必要。</li></ul>

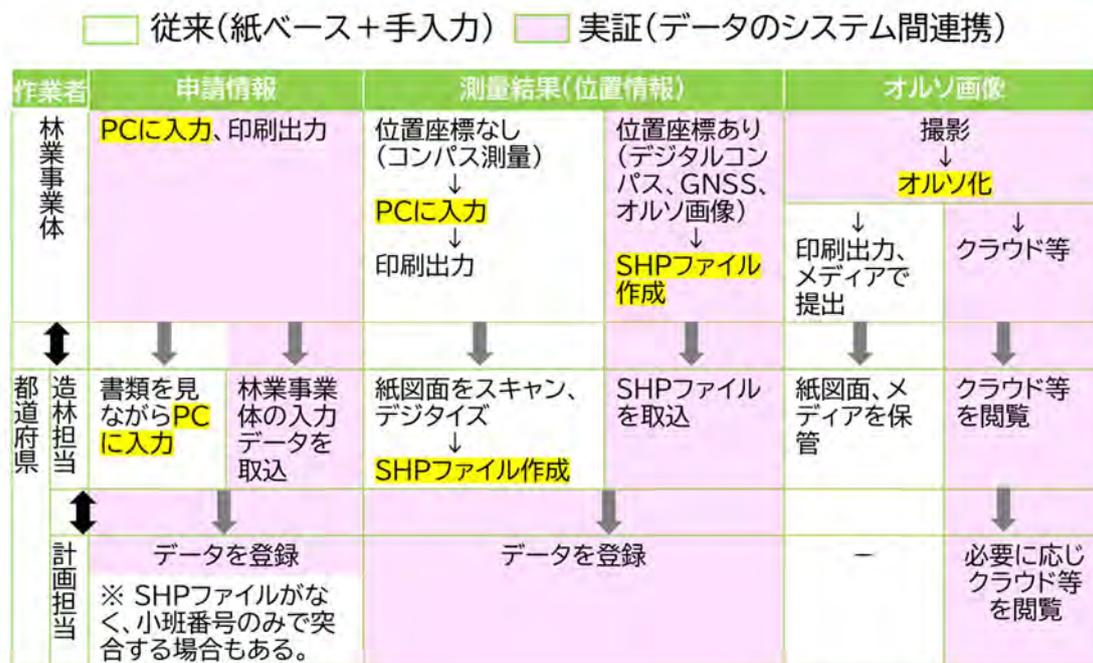
## (3) 造林補助申請のデータ特性

実証に用いたデータを申請情報、測量結果（位置情報）、オルソ画像の3つに整理し、概要を表 5-6 に、データの流れを表 5-7 に示す。現状では、申請情報を林業事業者がパソコン入力したものを紙に印刷し、都道府県側で紙書類を見ながら再度パソコン入力するというような作業が行われている場合もある。全体を効率化し、造林補助申請の情報を施業履歴として森林管理に活用するために、林業事業者が入力したデータを都道府県が簡単に取り込み、活用できる仕組みとする必要がある。

表 5-6 ドローン申請に必要なデータ

情報の種類		申請情報	測量結果（位置情報）	オルソ画像
概要		林小班番号、申請者名、施行種、施行面積、伐採・造林本数など申請に必要な情報。	申請に必要な施行面積の測量に関する情報。	申請に必要な施行面積の測量の証跡となる情報。
現状		申請システム等に森林簿、計画図等を参照しながら入力する。 入力した情報を紙書類として提出する。 一部都道府県においては、紙書類と合わせてデータを提出する。	コンパス測量、GNSS測量など現地に杭を設置し測量を実施する。 測量結果から施行地範囲を作図し、図面（紙）として提出する。	印刷出力し、図面（紙）として提出する。 一部都道府県においては、紙書類と合わせてデータをメディアで提出する。
実証	作業	オルソ画像、計画図と施行地ポリゴンを重ね合わせて表示しながら申請情報を入力する。	オルソ画像上の測量などにより施行地範囲をGISで測量・作図する。 施行地範囲をポリゴンデータとして提出する。	オルソ画像をクラウド上で管理し、必要に応じて造林補助申請システム、森林クラウドから閲覧して利用する。
	データ種類	テキスト、数値	図形ベクタ（ポリゴン）	ラスタ画像
	ファイル形式	CSV	SHP	URL（リンク形式）、WMTS

表 5-7 ドローン申請に必要なデータの流れ



これらドローン申請で利用されるデータの特性を以下に示す。このような特性に応じたシステム間連携の方式を検討する必要がある。

① 様々なデータタイプを利用

造林補助申請に利用されるデータは、様々なデータ形式（テキスト、数値、ラスタ画像、図形ベクタ情報）があり、更にクラウドシステム利用を前提とすると web 上で取り扱えるデータ形式である必要がある。データ連携方式はこれら様々なデータ形式に対応できる必要がある。

② データ容量が比較的小さい

造林補助申請に利用されるデータは比較的単純な構造をしており、基本的には申請単位のデータである。そのため、データ容量は小さく、新たなアプリケーション開発を伴うような大掛かりな連携方式は不要である。なお、オルソ画像データは、オルソ画像管理に特化したシステムで管理し、各サーバで保有しない事を前提としている。

#### (4) データ連携方式

一般的なシステム間データ連携方式の中から、実証で得られた造林補助申請のデータ特性や、今回の実証で用いたデータ連携方式の特長や課題を考慮し、造林補助申請における最適なデータ連携方式を検討した。

##### 1) 一般的なデータ連携方式

以下に一般的に用いられているデータ連携方式の概要と特徴を整理した。

表 5-8 データ連携方式の特徴 ※本実証では赤色部分を採用

連携方式	概要	連携数 受信 対 送信	データ形式	データ 量	コスト
 ファイル転送	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ファイル単位で1対1システム間でデータ連携する方法</li> <li>・送信側システムからバッチ処理や手作業により、ファイルを一括転送し、受信側システムのファイルが更新されることでデータ連携が完了</li> <li>・FTP (File Transfer Protocol)、SMB (Server Message Block)、CIFS (Common Internet File System)等のプロトコルを用いる</li> </ul>	1対1 ※システム間の合意が必要、クローズ連携	○ 様々なデータ形式に対応しているがwebを前提としてない	大容量向け	中 ファイル転送システム導入費 ※システム自体のプログラム改修は不要
 メッセージング	<ul style="list-style-type: none"> <li>・メッセージ単位でN対1、またはN対Mのシステム間でデータ連携する方法</li> <li>・送信側システムのメッセージが、キューと呼ばれる領域に保管され、受信側システムが取り出し利用することでデータ連携が完了</li> <li>・キューはメッセージ指向ミドルウェア (MOM:Message Oriented Middleware) やメッセージブローカー (Message Broker) で管理</li> </ul>	N対1、またはN対M ※システム間の合意が必要	△ 様々なデータ形式に対応しているが画像情報は容量による	小容量向け	中 メッセージングサービス導入や構築費 ※システム自体のプログラム改修は不要
 API 連携 Application Programming Interface	<ul style="list-style-type: none"> <li>・N対1のシステム間でデータや機能を連携する方法</li> <li>・送信側システムが、外部連携用の仕様を定義し、特定の機能やデータを利用するためのインターフェースを提供する。受信側システムが仕様に応じたリクエストを送信し、送信側はリクエストに対応したレスポンスを送信することでデータ連携が完了</li> <li>・API はシステムを構築している言語と同じ言語のライブラリと通信プロトコルで提供。よって、HTTP や HTTPS 形式で実装されることが多い。</li> </ul>	N対1 ※送信側システムがAPIを公開することで、合意は不要	◎ 様々なデータ形式かつwebに対応	小から中容量向け	低 システム改修費用
 リンク	<ul style="list-style-type: none"> <li>・リンク先サイトのURLをデータやレイヤーの属性値として登録する。</li> <li>・連携先のWebサイトをアプリ内に埋め込み、閲覧などを行う。</li> <li>・データ更新やデータの重ね合わせ利用はできない。</li> <li>・連携先システムのセキュリティ設定等によってリンクが動かない場合がある。</li> </ul>	N対M	× データ更新などは行えない。	—	無
 機能開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>・他システムと連携したアプリケーションを開発</li> <li>・送信側システムから開発環境 (SDK) やAPIを提供し、受信側はそれに対応した機能を開発し連携</li> <li>・データ連携は別途実施</li> </ul>	1対1、またはN対M ※開発内容による	◎ 開発内容による	開発内容による	高 プログラム開発費用
 コラボレーション ETLExtract/Transform/Load EAI (Enterprise Application Integration)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・複数のシステムやデータベースに蓄積された膨大なデータを、様々なシステム間で連携・活用するために、抽出・収集 (Extract)、変換・加工 (Transform)、配信・送出 (Load) するツールやサービス</li> <li>・N対M、用途の異なるシステムやデータベースをプラットフォーム上でリアルタイムで連携する</li> </ul>	N対M	◎ 変換加工が可能	大容量向け	高 サービスやツール導入費 ※高機能であるためサービス費用は高め

## 2) 実証で採用したデータ連携方式

実証の中で採用したデータ連携方式は①API 連携、②ファイル転送、③リンクである。

### ①API 連携（ドローン関連クラウドサービスと造林補助金申請システム間）

- ・ WMTS 形式のオルソ画像を連携した
- ・ オルソ画像と施行地ポリゴンと重ねて表示できた
- ・ 施行地ポリゴンを用いて面積を測定できた

### ②ファイル転送（造林補助金申請システムと森林クラウド間）

- ・ 施行地ポリゴンや申請情報ファイルを連携した
- ・ ファイル転送時に FTP などはいらず、メール等で授受した
- ・ 手作業（一部バッチ）で森林クラウドに取込んだ
- ・ 造林補助申請情報を施業履歴情報としてデータ追加できた

### ③リンク（ドローン関連クラウドサービスと森林クラウド間）

- ・ オルソ画像閲覧用サイトの URL を連携した
- ・ web ブラウザ上でオルソ画像を確認できた

## 3) 最適なデータ連携方式

「5.2.3(2) システム間連携の実施方針」でまとめた実施方針と、実証で得られた造林補助申請のデータ特性（データ形式、データ容量、データ更新頻度）及び他分野におけるオープン化 API の動向を考慮した結果、最適なデータ連携方式は「API 連携方式」である。

実証においては、ドローン関連クラウドサービスと造林補助金申請システム間で WMTS 形式のオルソ画像を連携した。

### 5.3.3. 実証のまとめ

今回の実証では、複数の方式によるデータ連携を行い、実証シナリオ通りの動作が確認できた。また、システムデモ後のヒアリングでは連携の有効性を認識頂くことができた。一方で、今後検討すべき課題が得られた。以下にその内容を整理する。

#### 【成果と残課題】

##### 課題①：API 連携において実証に用いた手法以外にも検討が必要

今回の実証では、地理院地図などにも採用され一般に普及していることから API 連携の一種である WMTS 形式を採用し、オルソ画像と施行地ポリゴンが重畳表示でき、面積計測ができることが分かった。一方、他の用途や、求められる表示速度、連携先の座標系によっては他方式が適することも考えられることから、最適な形式の検討が必要である。

##### 課題②：電子申請に必要なデータ項目の標準化が必要

今回の実証では、造林補助申請情報や施行地ポリゴンの連携時に、開発会社 2 者間で連携に必要なデータを定めたが、実際には都道府県ごとの差異があることが想定されるため、造林補助申請データ項目の標準化が必要である。

##### 課題③：役割と費用負担のあり方の検討が必要

今回の実証時のヒアリングにおいて、オルソ化クラウドサービスの費用負担が課題として挙げられた。林業事業者にとっては補助申請以外の利用用途があるなかで、補助申請の証跡となるオルソ画像を保管するシステムであるため、申請者である林業事業者と検査者である行政（国か都道府県か）との負担先検討が必要である。

##### 課題④：他の申請等との連携の検討

今回の実証では、造林補助申請システムと施業履歴システム（森林クラウド内のサブシステム）、つまり異なる用途のシステム間でデータ連携し、申請情報を施業履歴として転用することを試みた。このことは、森林分野の他申請事務システムとのデータ連携（例えば、造林補助申請データが伐採造林届出制度における伐採および再造林履行の証跡となる、など）でも有効であり、森林分野における DX 化の推進につながると考えられる。どのような申請データと連携すべきか調査が必要である。

## 5.4. ドローン運用管理システムにおける今後の課題

現状調査、実証の結果に基づき、ドローン運用管理システムの実現に向けて対応が必要となる課題について、表 5-9 の通り整理した。

表 5-9 ドローン運用管理システムにおける今後の課題

現状調査結果	実証結果
<ul style="list-style-type: none"> <li>データ連携の必要性は高い。</li> <li>撮影条件、検査方法など技術面の取組みも必要。</li> <li>ベンダーロックインを避ける必要がある。</li> <li>普及、利用者拡大に向けた取組みも重要である。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>異なるメーカーのシステム間で、オルソ画像、施行地ポリゴン、申請情報が共有できた。</li> <li>データ項目、連携手法について検討が必要。</li> <li>役割と費用負担の明確化が必要。</li> </ul>
↓	↓
今後の課題	
<ul style="list-style-type: none"> <li>電子申請に必要なデータ項目の標準化、オープン API の仕様の検討</li> <li>オルソ画像の撮影条件、検査方法の統一化を検討</li> <li>システム運用管理のあり方（費用負担、普及、他申請との連携など）の検討</li> </ul>	

### 5.4.1. 電子申請に必要なデータ項目の標準化、オープン API の仕様の検討

造林補助申請に関わるシステム間の API 連携を実装するためには、以下の調査や検討が必要となる。農業分野においては「農業分野におけるオープン API 整備に関するガイドライン」があるが、地理空間情報を用いることが多い森林分野ではこのガイドラインを適用することは難しく、別途検討する必要があると考えられる。

#### ①造林補助申請データ標準化

都道府県が運用管理している造林補助申請システム（もしくはデータベース）を調査し、最大公約数的に用いられているデータを抽出し、データ定義を標準化する。

#### ②連携システム調査

今回実証した造林補助システムとデータ連携する事で情報自動更新が図られるなど、森林分野の業務効率化に有効と考えられる伐採造林届出のような他用途の電子申請システムを洗い出し、API 連携可能性や有効性について整理するとともに、API 連携するシステム間の要件や制限事項を検討する。

#### ③連携データの相関関係整理と整合性確認

②のシステムにおいて、①で整理した標準的造林補助申請データと連動するデータを調査し、システム間のテーブル相関関係の整理、データ整合性を確認する。

#### ④API 仕様の検討

「5.2.3(2)システム間連携の実施方針」、「5.3.2(3)造林補助申請のデータ特性」、および①②③の検討結果を踏まえ、API 仕様を検討する。仕様は一般的な API 連携において定めるべき事項とともに、森林林業分野で用いられているデータ標準仕様「森林クラウド標準仕様」「森林資源データ解析・管理標準仕様」、森林関連情報の用途（各種解析やシミュレーションなど）、森林

クラウド等の GIS 上での動作状況（表示速度、座標系、処理）などを踏まえたものとする。以下に仕様検討項目を示す。

- ・データ連携方法：リクエスト・レスポンスのフォーマット、エンドポイントなど。
- ・データフォーマット：API で使用するデータフォーマット。例えば、JSON、XML など。
- ・認証・認可：API へのアクセスに必要な認証・認可方法。例えば、OAuth2、API キーなど。
- ・レスポンスコード：API のレスポンスコードの意味。例えば、200 OK、300 Err、401 Unauthorized など。
- ・エラーハンドリング：API のエラーハンドリング方法。例えば、エラーコードレスポンス後の動作など。
- ・API の使用制限：API の利用に対する制限事項。例えば、API コール数の制限、API の使用期間など。
- ・API の管理・運用方法：API のバージョン管理、API のアップデート方法、管理主体や運用体制など。
- ・地理空間情報の API 連携方式：GIS システムからのデータ取得や操作に関与するデータフォーマット。例えば、RESTful API、WMS、WMTS、WFS など。

#### 5.4.2. オルソ画像の撮影条件、検査方法の統一化を検討

オルソ画像の撮影条件や検査方法については各都道府県が内規として整備することができるが、本年の都道府県アンケート調査により内規の整備状況には差があることが分かった。また、内規は改正したが、ドローン申請の件数が少ない都道府県もある。ドローン申請のルール化に課題があると考えられる。

このため、以下に示すようなオルソ画像の撮影条件や検査方法について統一的な標準仕様が必要である。

- ・オルソ画像を用いた申請に必要な画像条件（解像度等）及び検査方法の明確化
- ・必要な画像条件を担保するための撮影高度、撮影方法、オルソ化方法などの標準化

オルソ画像から確認可能な項目としては、造林、下刈りの施行面積等に限定されているのが現状であり、シカ柵施工状況、苗木の活着状況などは分からないため、現地検査を完全に省略することは難しい。また、定性間伐については、樹冠下の劣勢木を伐採しているため、オルソ画像から伐採木が確認できず、申請・検査にオルソ画像を用いることは難しい。ドローンでの対応が難しい検査項目の省力化については、ドローン以外の申請・検査方法も含めた省力化手法を検討するなどの対応が必要である。

- ・造林補助申請における省力化に向けた新技術の検討を実施
- ・ドローン及び新技術の導入に向けた造林補助申請の要件の検討を実施

#### 5.4.3. システム運用管理のあり方の検討

実証により、技術的な課題のみならず、運用管理のあり方についても課題が明らかとなった。

他分野の事例では、民間事業での収益化が課題となっていたが、今回検討している造林補助申請は行政制度の一環であることから行政側が主にシステムを構築、運営すると想定している。ただし、オルソ化クラウドサービスについては、林業事業体にとって補助申請以外の利用用途があ

るなかで、補助申請の証跡となるオルソ画像を保管するシステムであるため、申請者である林業事業者と検査者である行政（国か都道府県か）のどちらかが負担するか検討が必要である。

他分野で課題となっている収益化は、利用者数の増加と密接な関連があり、普及のために魅力的なコンテンツを増やすこと、補助金の要件とすることなどの工夫が行われている。造林補助申請においても、普及のために申請者、検査者双方においてドローンやGISの操作技術の向上が求められる。

造林補助申請システムと森林クラウドの施業履歴システムを連携し、造林補助申請の証跡を施業履歴として活用することができたことから、他の申請事務システムともデータ連携が進むことにより、造林補助申請・検査の一層の省力化のみならず森林管理の効率化にも効果があると考えられる。例えば、造林補助申請データが、伐採造林届出制度における伐採および再造林の証跡となる、などである。従来の部署ごとのデータ取り扱いではなく、横断的にデータ連携することが森林分野におけるDX化の推進につながる。このため、森林分野全体を通してデータ連携すべきデータやシステムの調査が必要である。

- ・費用負担に関する検討の実施
- ・ドローン申請の普及に向けた申請者、検査者双方に対するドローンやGISの技術研修の実施
- ・森林分野全体を通してデータ連携すべきデータやシステムの調査を実施

## 6. 巻末資料

### 6.1. 検討委員会議事概要

#### 6.1.1. 第1回検討委員会議事概要

日 時：令和4年9月9日（金）9:45～11:45

場 所：主婦会館プラザエフ 8F スイセン及びWEB

#### ■ 議事（1） 令和4年度の事業概要について

- ・今年度はドローンを活用した苗木等運搬に絞って事業に取り組む。また、ドローン運用管理システムについてもさらに調査・検討、実証を行う。（寺岡座長）

#### ■ 議事（2） ドローンを活用した苗木等運搬の実証・調査等について

- ・資料1の12ページ「やむを得ずホバリング中に作業をする際の安全上の留意点の検討」とあるが、ホバリング中にドローンの下での作業は安全状問題があると思う。やむを得ない場合は、何か着陸が難しい状況ということか。（杉浦委員）  
→やむを得ない場合とは地形ではなくドローンのスペックの問題。まだ自動フック等がついていない機種があり、荷下ろしの際、補助者により手で外すという作業が必要。荷掛けは必ず着陸できる場所で行うので、ホバリング中の作業はない。（事務局）
- ・ホバリング中の荷下ろしは、物件投下に該当しないか。（林野庁）  
→苗木が地面に接地してからフックを外すので、物件投下ではない。（事務局）
- ・荷掛け時にロープが長いと、真下で荷掛けをしなくても、ドローンは脇でホバリングをしながら横に離れた位置でフックを引っ掛け、人が退避してから飛ぶということも行われているかもしれない。（岩瀬委員）
- ・農業関係においても作業員に限っては30メートル離れる必要はなく、必要があれば、近づいても問題ないという認識。（杉浦委員）
- ・和歌山県はホバリング中に荷掛けをしている状況が多いと思う。距離を置いて荷掛けをすれば安全性を確保できると考えている。（原委員）
- ・資料1の7ページの左下図「ドローン運搬が人肩運搬より効果的となる条件」には高低差の情報も入っていたのか。また、荷掛けや荷下ろしが、自動フックにしたら楽になったというような事例があれば教えていただきたい。（岩瀬委員）  
→高低差については、人工数との比較では結果が出なかった。今年度は事例を増やすので、何か関係性が見つけられれば高低差の話も盛り込んでいきたい。自動フックの事例についても、導入した業者に有効になった点などを聞き取りしたい。（事務局）
- ・植栽、運搬本数の算出はコンテナ苗か。裸苗は1度に運搬できる本数が多くなるので効率が良くなる印象がある。また、今回のマニュアル改訂でシカ柵の運搬について触れるか。苗木の運搬以上に、ドローンの資材運搬が求められていると感じている。（山川委員）
- ・シカ柵等資材の運搬効率等を測る必要はないが、マニュアルの中に運搬事例を入れたほうがよいかもしれない。（寺岡座長）  
→植栽、運搬本数の算出はコンテナ苗を想定している。シカ柵については、林野庁とも検討したい。（事務局）

- ・現場では、運搬距離のメートル感覚よりも、町歩でとらえる感覚もあると思うので、主伐の面積、再造林する面積も情報として付加していただきたい。(林野庁)
- 植栽面積についても情報を指標にできるように検討したい。(事務局)
- ・今回調査の対象に阿蘇森林組合が挙げられているが、これは自前でドローンを購入して取り組まれているのか。(寺岡座長)
- 組合でドローンを購入し、苗木運搬をしているということで実証に加えた。ほか、補助金でドローンを購入する事業体に対してもヒアリングを行っていききたい。(事務局)
- 令和3年度の補正予算で、ICT機器を林業事業体に導入している。20府県30件でドローンが導入され、それらのリストも日林協に提供しているので、事例が取れることを期待している。(林野庁)
- ・大型機種に着目したい。1度に量が運べるので、どういった差が出るのか興味深い。また、運搬業者と事業体との話合いで、荷の積み方も変わってくると思う。(岩瀬委員)
- コンテナ苗については、2袋または1袋しか運べなかったという事例がペイロードの少ない機種だと多かったが、今後は苗木袋4袋または5袋運搬と、いろいろ積み方が変わってくると思う。(事務局)
- ・ホバリングによるバッテリーの浪費について、今年度はホバリング中に荷掛けを行っていた業者に着陸をさせての荷掛け作業をしてもらい、かかり増し時間、バッテリー交換頻度を調査する予定である。今までは安全をもって早めに交換していたが、そうすると差が出てなくなる可能性もある。ほかに評価手法があるかお聞ききたい。(事務局)
- ドローン業者は機体の落下が一番怖い。ホバリングしながらの作業と比べると、バッテリーの持ちでは残余量のところで吸収されてしまい、交換回数というところではあまり差が出てなくなる。ただ、2回のうち1回はホバリングのまま飛ばして戻ってくるというのと、トータルの作業時間で差が出てくる。(岩瀬委員)
- 農薬散布ではバッテリーの使い方について気にしながら作業をするということはありません。回数とか数値化は難しいと思うので、実際の作業中に待ち時間が生まれてしまうなど、定性的な評価をしっかりとすればよいのではないかと。(杉浦委員)

### ■ 議事(3) ドローン運用管理システムについて

- ・SiteScanと森林クラウド、補助金申請システムをAPIで結ぶのは妥当で、そのようにしてほしい。問題はランニングコストをどうやって維持していくのか。また、SiteScanは民間企業のサービスなので、使用料など維持費はどうやって捻出するのか。(杉浦委員)
- ・実証と併せて森林クラウドやクラウド上のデータを公開している県については、どんな方法で行っているのか。LGWANとの関係を整理されるとよい。(林野庁)
- ランニングコストについてはシステムのベンダーから利用料を取ることになると思う。そのベンダーがプラットフォームに払う費用とは、最終的にはユーザーが負担し、また、ベンダーは末端ユーザーから利用料を徴収し、その中からプラットフォームにまた費用を払うということなので、最終的にはユーザーが負担することになるかと思う。何らかの組織がプラットフォームを管理して、利用料を徴収するということが必要になってくるので、年度末は、そういったことも含めて報告する。(事務局)
- 森林クラウドは自治体だけではなく、林業事業体にデータ提供する役割も持っているため、基

本的には全ての業者の森林クラウドがインターネット側と LGWAN 側で 2 つのサーバーを管理している。LGWAN とインターネットの同期頻度はそれぞれだが、一旦インターネット側があるので、森林クラウドのインターネット側のサーバーというところで考えている。(事務局)

- SiteScan はドローン撮影をして、それをオルソ化してということだと思うが、レーザーを取っているのではなく、画像や、GIS 上の標高データを使って 3D 化、点群を作っているということか。

(林野庁)

→SiteScan はウェブ GIS 上にもオルソ画像が載って管理されている状態。載せておけば、どこで撮ったオルソなのかというのは地図の上で一目瞭然で、かつ自分のハードディスクには取っておかなくてもよい。必要時にダウンロードすればハードディスクにコピーできるので、データ管理の段階でも非常に便利。アップロード制限は今のところない。(事務局)

- 資料 1 の 24 ページ実証イメージ図より、灰色の枠(森林クラウド、ドローン関連クラウドサービス、造林補助金申請システム)を IT メーカーが管理して、ランニングコストも負担していくということか。メーカーはユーザーに課金するという形か。(杉浦委員)

→灰色の枠は IT メーカーというよりプラットフォーム、WAGRI のような仕組みだと思っている。いろいろな事例を見ながらこれからどうするか検討していく。(事務局)

- 資料 1 の 24 ページ、実証イメージ④(造林補助金申請システムと森林ドローン関連クラウドサービスを用いた検査実証)が、実際システムはできても検査できるのかどうか。画像の解像度や撮影の仕方を提示していただきたい。面積測量はオルソ画像でよい。ある程度広域に映っている斜め写真だけで下刈りしたかどうかというのは判断可能かと思う。画像だけでどうやって検査ができるのかというところが解決しないとこのシステムは動かないので、そこを確実に実証してほしい。4 回目以降の下刈りに関しては資料添付が必要になると思うので、その辺りで活用ができるのではないか。(山川委員)

→実証と検査の妥当性については今回の限られた時間では難しい。来年以降の調査で考えられたらと思う。(林野庁)

→解像度に関しては、SiteScan といったシステムのほうが有利。今回は検査の造林面積、下刈り、植栽の実証など画像上で、石川県、栃木県に検査してもらおう。(事務局)

- 和歌山県は森林クラウド内に構築中で、当年度中に出来上がる予定。内容として、資料 1 の 24 ページ、実証イメージのドローンのクラウドサービスを除いたものが中心になり、森林クラウドとそれと一体となった造林補助金の申請システムを考えている。ドローン運用管理システムについては、オルソ画像の関係で事業者がまだ間に合っていない状況。来年度からの運用に当たり、この委員会での意見をいろいろ踏まえて取り入れることができたらと考えている。(原委員)

- 建設現場や土木では SiteScan がよく使われており、国土交通省 i-Construction の最初の計画から、実際の施工後の検査のところまで SiteScan を利用していた。また ESRI はオルソの画像を BIM (Building Information Modeling) に変換するような、API の開発をしていた。(岩瀬委員)

- ドローン造林については、求積の部分が大きいと思う。軽労化という観点では、間伐についても、除地を測るのに都道府県の職員が苦勞されているので、負担の軽減という観点から見ていただきたい。(林野庁)

## ■ 議事(4) その他

- ・12月に第2回目、2月に第3回目という形で、この検討委員会を開催したい。(寺岡座長)

以上

### 6.1.2. 第2回検討委員会議事概要

日 時：令和4年12月22日（木）10：00～12：00

場 所：（一社）日本森林技術協会 3F 会議室およびWEB

#### ■ 議事（1） ドローンによる苗木運搬事象の調査・分析・実証結果（一部）

- ・資料1の24ページで回帰直線のグラフを示しているが、横軸の距離と縦軸の時間の関係がきれいでいると思う。その中でのはらつきは、機種による違いか、高低差によるものか。また高低差とは9ページで示した表のことか。（杉浦委員）
- 機種や高低差による違いも多少あるが、グラフは荷掛け時間やバッテリー交換時間も含めて計算しており、荷掛け時間、バッテリー交換時間の手際がはらつきに働いていると考えている。分析には過年度のデータも含めており、26ページの高低差を使用している。（事務局）
- ・水平距離と高低差、人工数の関係と同時に見る重回帰分析という方法は考えられないか。（杉浦委員）
- ・一般の方への、分かりやすさを主として考えた。重回帰分析を行えばより精度の高いものができると思う。分かりやすさも踏まえて検討したい。（事務局）
- ・28～31ページの分析結果について、非常に分かりやすいと思った。ドローンの作業の場合、決定係数が高くどの実証地でも同じような効果が見込まれ、人工作業といった人手がかかると赤い点がはらつき分散が大きい。人手がかかるような実証地でもこれが機械化の一番のメリットだと思う。説明がしやすいデータが出ていると感じた。（岩瀬委員）
- ・24ページグラフについて、横軸と縦軸に1軸足して3Dグラフにしてもいいのでは。また分析にあたり、1日の作業時間が8時間に設定されているのは少し長くないか。（山川委員）
- ・人肩運搬の場合と比較する関係で、人肩運搬が8時間で計算されているのでそれに合わせた。（事務局）
- ・研究などでは、6時間で計算することが多い。相対的に動くだけなので関係は変わらないと思う。（寺岡座長）

#### ■ 議事（2） ドローンによる苗木等運搬マニュアルの素案

- ・このようなマニュアルがあると、和歌山県としても各事業体へ普及するのに活用できると期待している。例えば架線の滑車やフックの運搬など、いろいろな活用方法などもマニュアルで掲示していただければありがたいと思う。（原委員）
- ・ドローンの運搬人工について、参考的な位置付けでその結果をつけていただきたい。（林野庁）
- ・完成したマニュアルについてはホームページに掲載予定。今後、委員の方々とやり取りをして調整した上で第3回に諮らせていただけるように作業を進めていきたい。（林野庁）
- ・苗木運搬については、人は植えるほうに専念し、運搬の労力は機械で置き換えていけばいいのではないかという判断になっていくだろう。ドローンは購入すると高いように思うが、人1人雇う部分の労力が機械で置き換えられるなら、こちらのほうがいいのではないか。これらを具体的に示したことはよかったと思う。（寺岡座長）
- ・安全管理の章について、重要なポイントや天候についても記載されており、このような形で作業を進めていただければと思う。（岩瀬委員）

### ■ 議事（3） ドローン運用管理システムについて

- ・造林補助システムを森林クラウドに統合するという方法と、システムを分散させてデータのやりとりで対応するという方法があるが、どちらのニーズが多いのか。また、データを取り込むときの、例えばクボタシステムズの造林補助システムは、森林クラウドのデータやコード、桁数などと統一化されているのか。（林野庁）
- ドローン申請の現状・課題アンケートの結果によると、各県独自に補助金システムを作っているところが多く、補助事業の内容も県ごとに異なるため、統合化は難しい。今のはやはり、分散型でそれぞれ独自機能を持ったシステム同士を連携させるという方法である。また開発コストの問題もある。データ入出力のルール化に向けて今回整理したい。（事務局）
- ・オルソはクラウドの中にデータが移行されず、参照のみという理解でいたが、技術的には、クラウドにも取り込むことが可能か。（林野庁）
- 技術的というよりはサーバー容量の問題。オルソ作成、造林補助システム、森林クラウドという3か所のサーバーで大容量のオルソを保管することは難しい。（事務局）
- 森林クラウドはLGWAN回線の影響を受けやすく、これらのインフラを改修していく手間を考えると、オルソ画像を表示するのに特化したクラウドサービスを利用していくのがいいのではないか。我々だけでなくほかベンダーのクラウドも、必ずしも画像情報は各自のサーバーに持っている必要はないというのが共通の認識として得られている。（パスコ）
- ・造林補助システムもシステム的にはLGWANの中に入っているということか。造林補助システムがLGWANの中に入っていてクラウドもLGWANの中であれば、データ自体のやりとり等は円滑にできるのか。（林野庁）
- 森林クラウドはオールインワンパッケージで、パスコの森林クラウド造林補助申請機能を使うと、同じサーバーにあるため連携はスムーズになる。ただ、使い慣れたものをリセットして新たに覚えるとなると、その労力も大変になるため、どちらでも選択できるような状態にしておくのがベストではないか。また設計思想も移行期にある。（パスコ）
- ・資料1の50ページにオルソ画像の撮影条件の統一という方向性を示しており、撮影条件についてコード桁や画像のオーバーラップの%などは提示したほうが親切。合わせて、でき上がったオルソ画像の分解能を統一することも考えていただけるとよい。情報として十分なもので、かつ扱いやすい分解能をどこかで折り合いを見つけて統一するとよい。また、オルソ画像から具体的にどのような情報を求めるのか。（杉浦委員）
- オルソ画像の撮影条件については、今年度の事業の中でなく、今後検討していく方針。またオルソ画像からは、基本的に苗木を植えているか、30~40cmの苗木をドローンで確認することになる。撮影時期により草が生えていると苗木が見えにくいということもあり、高度を下げなければならない。（事務局）
- ・ESRI ジャパンのSiteScanでオルソ画像を作成されるということで、使いやすくいいソフトだと思うので、導入するのは賛成。サーバー利用料は林業事業体が負担するという考えでよろしいか。（杉浦委員）
- 利用料の問題は難しく、整理はできていない。オルソ化のシステムの部分は事業体が負担し、造林補助システムから先は行政が行政サービスとして負担するという考え方と、オルソ作成から補助申請のシステムとして行政サービスに含むという考え方があると思う。（事務局）

- ・オルソ画像は SiteScan のサイトに保存されると思うが、半永久的に保存されるものか、一定期間を経過するとサーバーから消えるものなのか。どの検査にオルソ画像を使うのかははっきりしないと、システムはでき上がったけれども使えないということにならないようにしてほしい。

(山川委員)

→今のところ、SiteScan にアップロードされたオルソ画像と単写真等のプロダクトは永久的に、何度撮っても追加で保存されていく形になっている。(ESRI ジャパン)

→どこまでオルソ画像が検査に使われるかについて、造林と再造林と下刈りまでは、実際に使っている例がある。アンケートを見ると間伐にも使えるようにしてほしいという声があり、対応するとすれば制度を変えるしかないのでは。(事務局)

→和歌山県でもクラウドや造林システムを進めており、来年度からスタートを考えている。オルソ画像についてはいずれ取り組めたらと考えている。(原委員)

#### ■ 議事（４）その他

- ・第３回検討委員会は２月２４日に開催予定。また１月下旬頃、委員および関係者方々にマニュアルの確認をお願いしたい。(事務局)

以上

### 6.1.3. 第3回検討委員会議事概要

日 時：令和5年2月24日（木）13:30～15:10

場 所：（一社）日本森林技術協会 3F 会議室およびWEB

#### ■ 議事（1） ドローンによる苗木運搬実証の調査・分析

- ・資料1の19ページのドローンの運搬人工案はどの距離でもドローンのほうの人工数が少ないという結果になっているが、13ページからの分析結果だと距離等に応じてパターンがある。どう理解すればよいか。（岩瀬委員）
- 13ページからの分析結果グラフは植栽時間も含んでいるため距離によって変化しているが、19ページは植栽時間を含まない運搬人工だけの比較になっているため、距離にかかわらずドローンの人工数のほうが少なくなっている。（事務局）
- ・5ページの実証結果（No. 9京都府京都市）磨き丸太の運搬について、いい事例だと思った。（杉浦委員）
- 磨き丸太は工芸品の一種で、飾り柱として使う。操縦者の木材会社が導入した理由は、工芸品なので採算が取れる点と、通常、架線や人力で運ぶが、ドローンで運搬すると傷付きが少なく製品価値を損なわないで済む点とのことであった。（事務局）
- 丸太という重量物を輸送することに挑戦した事例は、将来的にも可能性が広がる意味で興味深い。今回は40kgぐらいまで運べたということで、将来ドローンの性能の向上によって可能性が広がるという期待をしている。（寺岡座長）

#### ■ 議事（2） ドローンによる苗木等運搬マニュアルについて

- ・降雨時や降雪時、いわゆる天候状態の部分について、事例など御存じないか。（寺岡座長）
- 強風や、山だと吹き上げが多いと思うが、そういった文言は今回十分記載していただいている。（岩瀬委員）
- 農業だと積雪状態でドローンを使うことはほとんどない。寒い環境でバッテリー出力が低下するようなことがあるかもしれないが、それは機体の性能に関わることで、機体の安全マニュアルに従えばいいと思う。（杉浦委員）
- ・ペイロードについては機体ごとに設定してあるが、移動させる距離なども制限が設定されているのか。（寺岡座長）
- バッテリーの残量と飛行距離が関係しているので、バッテリーの容量が減ってきたときに往復できないような長距離を飛ばさないようにする。機体ごとに数値が違うので確認してもらうことが大事。（岩瀬委員）
- 飛行申請について修正していただいた。基本的にドローン運搬で150mを超えた高度で飛ばすことはないと思うが、大きなルールなので書いたほうがいい。（山川委員）
- ・マニュアルは当事業が終われば年度内に出るということでよいか。（寺岡座長）
- 現行のマニュアルも林野庁ホームページに掲載されており、今回改訂する形で掲載したい。あらゆる機会を通じてPRさせていただきたい。（林野庁）
- 関心の高い分野で、多くの方に触れてほしい成果だと思っているので、広報していただきたい。（寺岡座長）

### ■ 議事（3） ドローン運用管理システムの設計について

- ・費用負担をどこが持つかというのは難しくWAGRI（農業データ連携基盤）でもなかなか解決できない。クロスコンプライアンスの仕組み取り入れるというのはいいアイデアだが、このドローン申請のケースではどうか。（杉浦委員）
- こちらは補助金申請に関わる仕組みなので、通常の行政手続になっている。林業の分野の中では使われていない。（事務局）
- 造林補助の申請をして施行地のデータをどう生かすかは、データを受けた行政側にメリットがあると思われる。林業の分野では、IoTハブスタや、木材生産の中でお互いにデータを活用するというようなことは考えられるかもしれない。（林野庁）
- ・費用負担をどこに持たせるかについて、紙媒体のやり取りがデジタル通信になるので、申請を受ける都道府県の負担も減るが、申請をする林業事業者も少なからず負担が減るので多少申請者に負担を持たせてもいいような気がするが、何か考えがあるか。（杉浦委員）
- 補助申請のシステムは都道府県の事情によりまちまちかと思うが、行政が負担している部分が多いのではないか。森林組合等は森林所有者から補助金を申請する上での補助金手数料などを取っているのだから、そこから費用を捻出すればよいのでは。（林野庁）
- この申請システムは検査する側の都道府県のメリットが大きく、利用者側のメリットがないと事業者はどこまで使うのだろうか。資料1の27ページに課題にキラコンテンツ（農業者が利用したいと思える内容）とあるが、そういう部分がないと普及しないのでは。事業者、申請側のヒアリングが今後必要ではないか。（山川委員）
- オルソ化すれば、事業者は測量が非常に楽になるが、現状これまでどおり書類を作る手間は変わっていない。まだ事業者側の調査が十分にできておらず、今後必要になると思う。（事務局）
- 現場での測量よりオルソで測量できることは楽なので、そのあたりを生かしつつ、紙の従来の申請方法をうまく変えるような仕組みができるとよい。（山川委員）
- 30ページの申請のデジタル化の部分について、導入をどうするかはシステムの補助といった、政策的な後押しではないかと思う。またどうデータを生かしていくかは、主に都道府県や行政が森林管理に使うと思うので、今進めている森林クラウドといった標準仕様に合わせるような形でデータが吐き出せれば、ある程度完結していくのでは。森林クラウドも県によって事業者がIDをもらって活用できているので、施行地や施業履歴のデータなどは、林業事業者まで森林クラウドがアクセスできるという状況があれば、メリットも出てくるように感じた。引き続きこういった課題は論点ごと整理した上で、検討していく必要があるのではないか。（林野庁）
- 30ページの申請情報に関してはデータのシステム間連携の流れを導入されているところもあるが、システムとしてうまく回せていない実態もある。最終的にオルソのシステムの流れが導入された場合も、同様の課題が懸念されるので、運用の部分、システム構築の部分だけではなくところも課題になるかと思う。（事務局）
- 森林組合はGISが大体入っていると思うが、民間の事業者では入っていないところもあるのでは。オルソ化のシステムというような流れを作っていく場合には、そういうところへのサポートが必要になるかと思う。（寺岡座長）
- ・データの施行地ポリゴンを受け渡しするということが、森林簿の小班のポリゴンと一致するか。（山川委員）

→一致しないので、基本的に施業履歴として重ねてから、その施業履歴から計画図を修正する。

(事務局)

→森林簿のポリゴンと完全一致は難しい。次の森林簿の更新や計画の更新の際にこの情報がうまく使えればよい。また、撮りためたオルソ画像をさらに集めて新しい森林簿を、計画変更の際にそれを使えるような形ができればよい。(山川委員)

→データは1回きりではなく、蓄積ができるような手続きを考えていくことが必要。また費用負担について、林業分野では都道府県単位で作っていくのか、仮に全国1つのものを作っていくのか、どのように誰が運用していくのか。データの入出力だけではなくクラウドの運用コスト部分をどうするか。農業分野では杉浦委員が試行錯誤されているということなので、そういう点を参考に制度設計を進めていただきたい。(寺岡座長)

・委員方から当事業の感想、または今後の技術の進展によってドローンの可能性が広がるような話があればお伺いしたい。(寺岡座長)

→ドローン自体、マニュアル作成の中でもどんどん新しい機体が出て、これからも省人化は進んでいくと思う。また、自動フックのような、物を運搬するときに手間がないようなアタッチメント部分がこれからいろいろなアプリケーションに応じて開発が進み、新たな利用価値が生まれてくると感じている。(岩瀬委員)

→農業分野では農薬散布と空撮という2つの目的で使うことが多いが、重量物を運搬することに関してはあまり関わったことがなく勉強させていただいた。岩瀬委員がフックを例に話されていたが、周辺の技術も発達していけば、まだ効率化というのはさらに図れるのではないかと期待している。(杉浦委員)

→運搬の部分では、苗木運搬やシカ柵運搬に関してはかなり実用化に近付いていると思う。一方、ドローン運用管理システムに関してはいろいろな論点があるので考えながら行うことが必要。技術がちょうど変わろうとしている時期だと思うので、それをうまく林業の中でも使って蓄積をし、今後の森林管理に生かせるようなシステムができればと思う。(山川委員)

以上

## 6.2. アンケート・ヒアリング結果

### ■アンケート

---

日 時：令和4年11月17日

対象者：エコアス馬路村

#### 1. ドローンの活用用途、使用しているドローンについて

##### ・保有している機種・台数

空撮用：MAVIC 2 ZOOM 1台

資材運搬用：MAZEX 森飛2 オペタイプ

##### ・機種の選定理由

事業現場把握、確認、管理のための空撮用として  
造林・素材生産事業での省力化のため

##### ・用途（苗木運搬、それ以外）

作業現場の確認、図面との適合性確認、進捗管理  
架線設備資材の運搬、防護ネットの運搬、苗木の運搬、単木保護具の運搬  
土木資材等運搬への機体及びオペレータ派遣

##### ・小型ドローンを造林作業で活用しているか、その場合どのような用途か

（例：施業地の撮影・測量、架線・苗木・資材運搬、雑草木・防護柵の確認など）

施業地の確認、図面との適合性確認、進捗管理

#### 2. ドローンの運用状況について

##### ・稼働状況

###### ✓ 稼働期間、年間稼働日数・回数

稼働期間（随時）

年間稼働日数（空撮用：20日、資材運搬用：30日）

###### ✓ 1日のフライト数

資材運搬用：50～70回

###### ✓ オペレータ、安全管理者、補助者等の各人数

（オペレータの育成状況・育成方法も）

オペレータ：2名（初期4名、内2名退職）R5年度：3名追加予定  
資材運搬（2オペ）は、補助者無しで運搬している。

##### ・年間維持費用

- ✓ 機体の償却費  
570,000 円/年
- ✓ 周辺機材の償却費  
無
- ✓ 保険料  
300,000 円/年（2 台分）
- ✓ 保管にかかる経費  
無
- ✓ 燃料費  
発電機用ガソリン（不明）
- ✓ 消耗品（バッテリー等）  
2 年で 4 台買い替え 70,000 円/台

- ・ その他年間稼働率を上げる工夫について（案でも可）

✓ 運用にあたっての課題

✓ 機体やパイロットを他事業体に貸与する等の共同で運用する可能性はあるか  
機体のみでの貸し出しはしていない。する予定なし。

### 3. 運搬用ドローンの作業手法、安全管理について

- ・ オペレータ・補助者の人数と配置とその工夫について

空撮用：オペレータ 1 名

資材運搬用：オペレータ 2 名（2 オペ）

② オペ（先山）は現場状況等の把握ができる者が担当している。

- ・ ドローンの規格・アタッチメント

共振防止装置、自動フック

- ・ 飛行計画を作成する上での注意点

飛行ルート（林内いる他の作業員の位置、障害になる立木の位置など）の認識を一致させる。

- ・苗木等の荷造り・荷掛け・荷下ろしの方法

弊社独自の方法のため非公表とさせていただきます。

- ・ドローン運搬の安全管理について気を付けていること

- ・オペレータ 2 番は林内を移動する際は、必ず送信機の電源を切る。
- ・両オペレータ共に、送信機の電源を入れる前に、各スイッチの位置が正しいか確認する。
- ・運搬当日の朝、セッティング及び確認飛行を両オペレータが一緒に行う。
- ・操作権受け渡し時にドローンを急停止させないようにするため、受ける側がカウントダウンしてゆっくり停止できるようにする。
- ・飛行前に離陸地点にて、両オペレータで飛行ルートの確認をする。(受け渡し場所等を共有しておく)
- ・バッテリー交換は、充電ローテーションを最優先し、1フライトで交換することもある。(充電待ち時間を作らない)
- ・1つのバッテリーで2～3フライトする場合は、電圧や残量に合わせて荷量を調整する。

#### 4. ドローンの導入に適した条件について

- ・傾斜

平らであればあるだけ良い

- ・運搬距離

短くだけ良い

- ・運搬本数

作業員の考え方次第

- ・路網整備状況

運搬高度や距離が高ければ、路網があればよい

- ・植栽面積

作業員の考え方次第

- ・高低差

機体性能次第 (森飛は高低差 300m まで)

#### 5. 今後の展望について

- ・今後のドローンの発展に望むこと (積載量の増加等)

目に見えない (送信機や PAD 画面上に表示されない) 異常による墜落や故障をメーカーが補償するべきである。

どのメーカーも「売って終わり」で、アフターサービスやアフターフォローに真剣に取り組んでいない。(売る時は行動が早いですが、修理や点検依頼は後回しにされる)

数カ月使用しない場合等の保管サービス（有料で良い）があればよい。

（バッテリーの状態のこまめなチェック等）

- ・ 苗木運搬以外にどのような用途に使えると便利か（獣害対策や下刈りの判定など）  
人間を運びたい

#### 6. ご提供いただける資料等

- ・ ドローン活用の効果、歩掛、運搬実績等の資料（苗木等運搬マニュアルや報告書作成に活用しても問題ないもの）

---

日 時：令和4年10月20日

対 象 者：海部森林組合

1. ドローンの活用用途、使用しているドローンについて

・保有している機種・台数

マゼックス 森飛 15 2オペ

・機種の選定理由

県民局や代理店のおすすめだったから

・用途（苗木運搬、それ以外）

苗木、防護ネット資材の運搬

・小型ドローンを造林作業で活用しているか、その場合どのような用途か

（例：施業地の撮影・測量、架線・苗木・資材運搬、雑草木・防護柵の確認など）

施業地の撮影に使用している

2. ドローンの運用状況について

・稼働状況

✓ 稼働期間、年間稼働日数・回数

25日/年

✓ 1日のフライト数

50回

✓ オペレータ、安全管理者、補助者等の各人数

（オペレータの育成状況・育成方法も）

3～5人 JUIDAの操作研修カリキュラムを3人修了

・年間維持費用

✓ 機体の償却費

¥2000000

✓ 周辺機材の償却費

¥2268000

✓ 保険料

¥183750/年

✓ 保管にかかる経費

✓ 燃料費

¥40000

✓ 消耗品（バッテリー等）

¥100000×8個＝¥800000

- ・その他年間稼働率を上げる工夫について（案でも可）

✓運用にあたっての課題

資材を下ろす箇所を減らすと安全でフライト数も伸びるのではないか

✓機体やパイロットを他事業体に貸与する等の共同で運用する可能性はあるか

検討中

### 3. 運搬用ドローンの作業手法、安全管理について

- ・オペレータ・補助者の人数と配置とその工夫について

オペレータ 2 人 バッテリー充電と荷掛け 1 人 を基本人数としていて  
運搬する資材の量等によりオペレータ以外を+1 人とする場合あり

- ・ドローンの規格・アタッチメント

最大搭載重量 15 k g マゼックス社製自動フック、ダンパー、ワイヤー

- ・飛行計画を作成する上での注意点

飛行限界高度に注意する

- ・苗木等の荷造り・荷掛け・荷下ろしの方法

15 k g を超えないように荷造りする。荷掛けは資材が空中で安定するように、落下しないように気を付ける

- ・ドローン運搬の安全管理について気を付けていること

運行日誌を作成し、オペレータ、フライト数、場所を記録する  
飛行中は直下での作業禁止

### 4. ドローンの導入に適した条件について

- ・傾斜

緩いほうが荷下ろしには適している

- ・運搬距離

10000m

- ・運搬本数

オペレータの体力的に 60 回/日が適当か

- ・路網整備状況

中継点の増設が可能になるので整備されているほうが良い

- ・植栽面積

10ha 未満

- ・高低差

300m未満

### 5. 今後の展望について

- ・今後のドローンの発展に望むこと（積載量の増加等）

飛行限界高度を 300m以上にして欲しい。300mだと 10ha 以上の植栽面積になると到達できない場所ができてくるため。

- ・ 苗木運搬以外にどのような用途に使えると便利か（獣害対策や下刈りの判定など）

#### 6. ご提供いただける資料等

- ・ ドローン活用の効果、歩掛、運搬実績等の資料（苗木等運搬マニュアルや報告書作成に活用しても問題ないもの）

---

日 時：令和4年11月24日

対象者：戸川木材

## 1. これから導入する（した）ドローンの活用用途、ドローンについて

### ・導入する機種と導入台数

mazex 製；森飛 25-2 オペ型

1 台

### ・機種の選定理由

導入計画当初、苗木運搬の実績のある森飛 15 を選定していたが、事業計画後に新機種が発売され、性能等比較の結果、森飛 25 に決定した。

### ・用途（苗木運搬、それ以外）

苗木運搬

### ・導入を決めた理由について（例：補助金、労働力の軽減、再造林面積の増加など）

樹木採取権取得により皆伐後再造林が義務となり、造林事業も手掛けるようになった。地拵えは林地残材をバイオマス発電の燃料にすることで大幅に減量化できるようになった。植林は苗木を背負って往復する事が肉体的に負担となるため、ドローンにより植え付けポイントに下ろすことで労働負担の低減と、効率化に繋がるものと確信した。伐って、使って、植えるサイクルを確立させるためには、ドローンの導入は不可欠でありタイミング良く、林野庁の補助金を活用することができた。

### ・小型ドローンを造林作業で活用しているか、その場合どのような用途か

（例：施業地の撮影・測量、架線・苗木・資材運搬、雑草木・防護柵の確認など）

苗木運搬を主に考えているが、労働者の休憩時にお茶や、飲み物、弁当など配送することで移動に要する時間の削減や、荷物を持ち歩かなくて済むなど負担軽減につながる。

## 2. オペレーター予定者に関して

### ・年齢と人数

今年入社した新卒 18 歳 1 人、20 代 1 人、30 代 1 人、社長の 4 人が資格講習を受講した。

### ・ドローンの運転期間（小型・大型問わず）

まだ実践では数時間しかフライトできていない。

### ・オペレーター予定者としての選定理由

若い人材と、自社で長く働いてくれる人を選定した。

### ・ドローンを使用するためスクールや研修に参加したか（小型・大型問わず）

ドローンスクールに入校し、2 日間で 10 時間のフライトを経験した。

### 3. 今後の展望等について

- ・今後のドローンの発展に望むこと（積載量の増加等）

すでに積載量の大きなものを運ぶ機種ができています。

バッテリーの持続時間が短いのが欠点

### 4. ドローンの導入に適した条件について

- ・人肩運搬やクローラでの運搬と比べて、どのような植栽地でドローンを使った苗木運搬を予定ですか（以下の目安があれば）

- ・傾斜

傾斜にかかわらず労働者の負担を減らすため、可能な限り使用したい

- ・運搬距離

路網が整備されていれば、クローラ等で大量輸送し、その後短い距離でもドローンで手元まで運搬したい。

- ・運搬本数

一度に 200 本程度運搬できるため、700 m<sup>2</sup>を区切りに、分散配布する。

---

日 時：令和4年12月16日（水）

対象者：南那珂森林組合

### 1. これから導入する（した）ドローンの活用用途、ドローンについて

#### ・導入する機種と導入台数

MORITO-森飛-15 2オペ(2台)

#### ・機種の選定理由

1度に最大15kgの荷物の運搬が可能であり、コンパクト（軽車両に乗る）である為。

#### ・用途（苗木運搬、それ以外）

#### ・導入を決めた理由について（例：補助金、労働力の軽減）

労働力の軽減に繋げる

#### ・小型ドローンを造林作業で活用しているか、その場合どのような用途か

（例：施業地の撮影・測量、架線・苗木・資材運搬、雑草木・防護柵の確認など）

施業地の撮影・測量

### 2. オペレータ予定者に関して

#### ・年齢

20才～45才

#### ・ドローンの運転期間（小型・大型問わず）

平成29年小型ドローン購入現在も使用中

令和4年大型ドローン購入、令和5年から運用予定

#### ・オペレータ予定者としての選定理由

当組合の造林班の人数は24名の4班体制（現在）であるため、

各班から2名程（若い人材）のオペレータを育成予定。

5人の3班・9人1班。

#### ・ドローンを使用するためスクールや研修に参加したか（小型・大型問わず）

大型ドローンを購入時に講習会を開催（講師4名の2日間）

### 3. 今後の展望等について

#### ・今後のドローンの発展に望むこと（積載量の増加等）

バッテリーの強化・飛行時間の延長

#### ・苗木運搬以外にどのような用途に使えると便利か（獣害対策や下刈りの判定など）

下刈り作業が可能

・ドローンを使用するにあたって、どのような情報が欲しいか

気温の変化によるバッテリー残量（飛行時間）のデータ

運搬重量の変化によるバッテリー残量（飛行時間）のデータ

ドローンによる、苗木運搬作業の実例（どのような条件で、1日何本運搬したのか？）

---

日 時：令和4年10月20日（金）

対象者：耳川広域森林組合

## 1. これから導入する（した）ドローンの活用用途、ドローンについて

### ・導入する（した）機種と導入台数

Mavic2・3機

Phantom4・7機

Matrice200・1機

Motte2.0・3機

### ・機種の選定理由

Mavic2及びPhantom4は自動飛行アプリを使用できること。

Motte2.0は25kgまで運搬可能なこと。

### ・用途（苗木運搬、それ以外）

Mavic2及びPhantom4は測量・撮影

Matrice200は架線集材のリードロープ引き

Motte2.0は苗木運搬・防護柵資材運搬

### ・導入を決めた理由について（例：補助金、労働力の軽減）

人肩で運搬している苗木及び防護柵の資材運搬作業は労務負担が大きく、急傾斜では非常に重労働であるため。

### ・小型ドローンを造林作業で活用しているか、その場合どのような用途か

（例：施業地の撮影・測量、架線・苗木・資材運搬、雑草木・防護柵の確認など）

施業地の測量、撮影

## 2. オペレータ予定者に関して

### ・年齢

24歳～53歳

### ・ドローンの運転期間（小型・大型問わず）

0時間～10時間

### ・オペレータ予定者としての選定理由

各支所・事業所の苗木及び防護柵担当者やドローン操縦経験者など

### ・ドローンを使用するためスクールや研修に参加したか（小型・大型問わず）

日本森林ドローン協会発行の認定証（講習団体 株式会社山進）

### 3. 今後の展望等について

- ・ 今後のドローンの発展に望むこと（積載量の増加等）  
飛行の安定性
- ・ 苗木運搬以外にどのような用途に使えると便利か（獣害対策や下刈りの判定など）  
森林肥料散布、防護柵点検
- ・ ドローンを使用するにあたって、どのような情報が欲しいか  
新制度の状況等

---

日 時：令和5年1月18日（水）

対象者：DroneWorkSystem 伊藤様

実施者：日本森林技術協会 田井

➤ 49kg ペイロード機体の開発について

- ・古河産業(株)からペイロードを「49kg」指定で開発依頼があった。
- ・経緯としては、古河産業(株)が別会社と共同で「49kg」機体の開発に取り組んだが、実用段階をクリアできず、開発できるメーカーを探していた。
- ・国土交通省の「行政ニーズに対応した汎用性の高いドローンの利活用等に係る技術検討会」での議論については把握しており、第1回検討会資料で示されている令和4年度の高ペイロードドローンの実証規格が「50kg」となっていることも「49kg」となった一因と思われる。ただ、DWSとして「国土交通省の想定を超えないようにした」わけではなく、「古河産業(株)の依頼に対応した」ということ。

➤ 今後の機体開発について

- ・今年度から導入された国の機体認証をクリアするためのハードルが非常に高いため、その認証を超えられる形での重量級の機体開発に取り組んでいく。
- ・ボーイング社の航空機開発並の厳格な基準をクリアしていく必要があり、開発コストが億単位になるのではないかとと思われるほど高コスト化しているため、廃業となったメーカーもいくつか知っている。
- ・国土交通省の「行政ニーズに対応した汎用性の高いドローンの利活用等に係る技術検討会」の第3回検討会資料では、「R4年度末を目途に、行政ニーズに的確に対応した汎用性の高いドローン本体の標準的な性能規定化」となっているが、これを待って開発に取り組むというよりは、機体認証をクリアできる範囲での重量級の開発に取り組んでいる。
- ・2018年の会社発足当時は、研究レベルで100kgペイロード機体の開発を行っており、30秒の飛行は行うことができた。実用性はないが、そういった形で開発にはどんどん取り組んでいく。

参考)

国土交通省「行政ニーズに対応した汎用性の高いドローンの利活用等に係る技術検討会」

[https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/gijyutu/sosei\\_safety\\_tk2\\_000041.html](https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/gijyutu/sosei_safety_tk2_000041.html)

以上

---

日 時：令和5年2月9日（木）

対象者：小倉銘木店 小倉様

実施者：日本森林技術協会 田井、福沢、磯辺

#### ■確認事項

##### ・伐採木の搬出方法

→搬出方法：クローラー等での車両運搬（人肩運搬は行っていない）

##### ・荷掛け、荷下ろし地点、運搬本数の確認。

→荷掛け地点：事務所から200m程度離れた林道の先の開けた場所

→荷下ろし地点：事務所前の丸太の集積場の一角

→運搬本数：27本

##### ・当日運搬する丸太の状態

→2週間前の積雪が残っており（積雪深5-10cm）、水分を含んで重くなった状態

→大きく3種類

1. 丸太直径3寸：4m 30-35kg/本

2. 丸太直径4寸：3m 40-45kg/本

3. 足場丸太：6m 10-15kg/本

##### ・バッテリーの状態

→2セット（1セット2台）あり、運搬用以外のもう1台を温かい事務所内で充電

→フル充電61Vから3フライトで50V前後（48Vになると強制的にRTH）

※外気温は4℃、風速（1~1.5m ※3m超えで一旦中止）

→50V前後から急速充電を行うと事務所のヒューズが飛ぶ

→そのため、別の電源に変更したが、やはりヒューズが飛ぶ

##### ・ドローン（DWSのEAGLE40）の選定理由

→丸太を1度に100kg以上運搬できるものがほしかった

→国内での販売がないため、ノルウェーのGRIFF400がほしくて、

見積書を取り寄せると3,000万円程度であったため断念

→国内での販売だとサイトテックのYOROIの40kg運搬があったので、

見積書を取り寄せると1,200万円程度であったため断念

→Japan Drone 2022@幕張でDWSの伊藤さんに会い、相談すると

金額が安価だったこと、横揺れ防止機能に注力していることを聞き購入を決断

##### ・補助金の使い方

→機体が450万円程度（バッテリー1セット付）で、2/3が補助対象

→オペレータ講習は100万円が補助限度額であり、DWSは2人×4日=88万円が予算内

→講習4日間の内2日が免許講習、残り2日が実機での飛行講習

飛行講習は、高低差があまりなく、距離は200m程度、運搬物の重量は10～20kg  
→飛行経験は、講習1回、実証と同形式2回の計3回

#### 留意点)

- ・ 当初2-3本の丸太を1度に運搬予定だったが、水分を含んでいたために丸太1本あたりの重量が予想より重く、1本ずつしか運搬できなかった。  
※1回あたりの運搬重量は大体40kg前後であり、ほぼMAX積載
- ・ 用意していた丸太から比較的小さそうなものを選ぶ、または細い足場丸太を2-4本組み合わせ合わせて40kgを超えないように探し回って荷掛け準備。
- ・ 運搬効率を上げるためにより多くのバッテリーを購入(約15万円/本)して使用したかったが、供給元が中国であり入手困難。今回は2セットで実施したが、結果、充電待ち時間発生。またバッテリー×2と充電器のセットで90万円するため、金額的理由からバッテリーを増やすのに躊躇する。
- ・ 効率よく飛ばすためには、バッテリーは最低3セット必要か。
- ・ GPSロスト、寒さや重量による電圧の急低下や風速が3mを超えるなどが理由で、機体が不自然な挙動を見せたり、機体が止まらないなどの不具合が度々あった。その都度中断して様子を見ながら運搬作業を実施。

#### 現地の声)

- ・ 運搬可能量40kgでは運搬したい丸太を十分に運べず効率が悪い
- ・ バッテリーが入手困難且つ充電でヒューズが飛ぶなど充電体制が不便
- ・ 上記理由によりドローンで1日に運搬できる丸太量が限定的であり、費用対効果悪い
- ・ ドローンだと運べない丸太が予想より多く、雪解けを待って車両運搬する
- ・ 荷下ろし地点のスペースが想定よりも狭かったため、荷下ろし時にドローンの操縦しにくかった

運搬動画 (YouTube 限定公開)

<https://youtu.be/-4TyeYXqLb0>

以上

---

日 時： 2022 年 12 月 9 日 16:15～17:30

対象者： (株)スカイマティクス 瀬田川 様、野中 様

実施者： 日本森林技術協会 大萱、安保

➤ 「くみき」の特徴

- ① 誰でも簡単にオルソ画像の作成が可能。
- ② GIS 機能が備わっており、作成したオルソ画像を、他の GIS ソフトを使うことなく、「くみき」内で編集や測定等を行うことが可能。
- ③ 現場の写真や動画、作業内容や点検結果といった、定性的及び定量的である情報を位置情報と紐付けて管理することが可能。

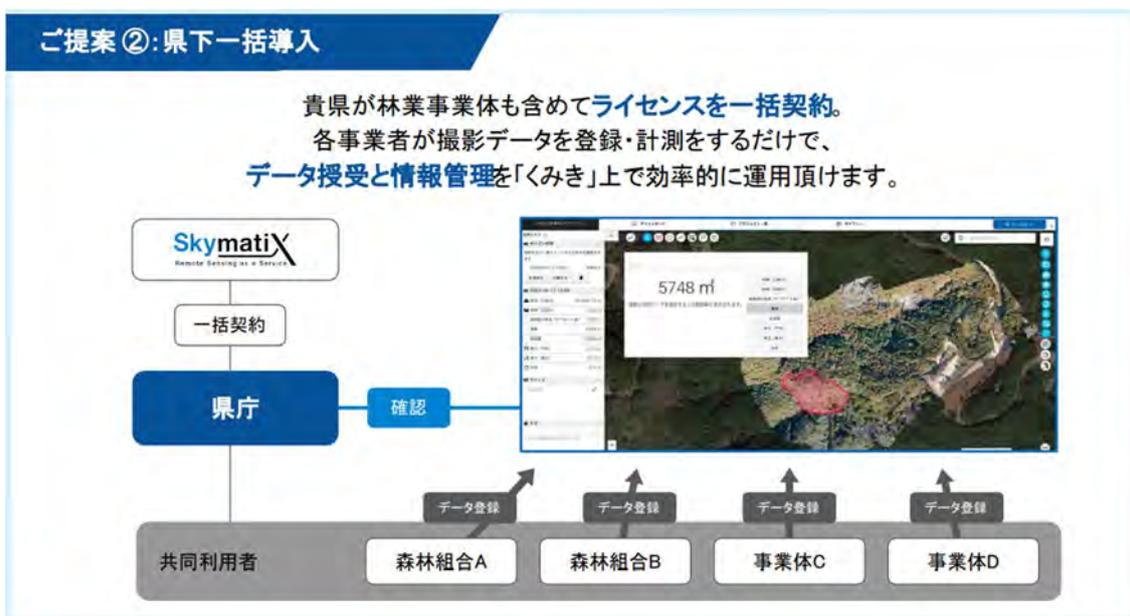
➤ 動作環境 (CPU、メモリ、OS、ブラウザ等)

「くみき」はクラウド共有システムである。ネット環境にあるパソコンで、Google Chrome や Microsoft Edge 等のブラウザからログインすることで利用できる。

➤ 「くみき」の機能概要

- 簡単な操作で写真のアップロードができ、オルソ画像・点群データ・DSM データが生成される。オルソ化のスピードアップに力を入れている。
- 「くみき」の GIS 上でのオルソ画像表示はプロジェクトごとであるが、プロジェクトの一覧機能では、地図上のどこに各プロジェクトが位置しているかを閲覧でき、全プロジェクトの位置把握ができる。
- プロジェクトの背景には、地理院タイル 2 種類と、Open Street Map、Google Maps 3 種類から選択可能。
- 計測ツール(距離や面積)があり、ポリゴン等を作成でき、shp ファイルとして出力可能。
- オルソ画像・点群データ・DSM データの精度はドローンに搭載されたカメラ精度(解像度等)がそのまま反映される。ダウンロードの際、解像度の変更が可能。
- GCP 補正機能があり、絶対的位置精度を高めることが可能。
- 3 種類の生成データ(オルソ・点群・DSM)は、それぞれダウンロード可能。座標系を 2 種類(UTM・平面直角座標系)から選択し、ファイル形式を 4～5 種類(GEOTIFF・PNG・LAZ・LAS・CSV)から選択。WMTS サービス等の開発もしていきたい。
- また、生成されたデータの精度数値や、撮影条件、データ生成時間等のレポートの出力も可能。飛行ルートについても検査を行い、より良い飛行ルートを提案することも可能。
- GPS 付きの写真や動画を「くみき」の GIS 上に保存でき、それらにコメントやタグ等を付けて管理することが可能。スマホ用の「くみき」のアプリもある。
- ラベル機能を使用し、コメントや資料のリンクを書き込むことで、リンク先の情報を見ながらコメント指示に従う等の作業の効率化が現場で可能。
- プロジェクトが入っているフォルダは、それぞれユーザーごとのアクセス権を付けることができる。

- お試し版がある。
- **林業分野への対応**
  - 森林整備事業における申請・検査についてオルソ画像の提出が可能になったこともあり、林業分野に非常に力を入れている。
  - 林業事業者等から、様々な意見を聞き、それらにできるだけ速く対応し、問題を解決していくサービス開発をしている。
  - 多種多様な森林データが増え、その大量なデータの運用管理が必要になるので、官公庁及び全都道府県の森林組合や県庁に対し、省力化・効率化を目指し、「くみき」活用の提案を行っている。
  - 都道府県のアカウント内に各森林組合がユーザーとなり、その森林組合ごとのフォルダ内で申請用オルソ画像を管理する仕組み（県は全組合にアクセスできるが、組合は他組合にアクセスできない）を提案している。（図1）
  - SfM 処理が大きく改善され、以前あった問題点（例えば傾斜地のオルソ画像に空白ができる等）は解消されている。標高差がある山林地域（対地高度一定で撮影したデータ）でのオルソ化も適切にできる。
- **i-Construction への対応**
  - 「くみき」のユーザーの約8～9割は建設・測量分野である。
  - i-Construction では、「くみき」で作成した3D点群・オルソ画像をダウンロードし、そのデータを各自が3DCADで利用している。申請及び検査は3DCADで編集したデータを使用することになるので、直接的に「くみき」を利用していない。
  - ・今はまだ他のシステムとのAPI連携はないが、将来的にしていきたいと考えている。



株式会社スカイマティクス 資料より

図1 クラウド提出を考慮した「くみき」のユーザー管理システムの一例

- **料金体系、契約形態**

図2の通り。ビジネスプランの契約者が多い。

**本格活用できる年間プラン** 3ヶ月契約より **25%** もお得！

・価格は税別表示です  
 ・契約終了手続きを行わない場合、自動更新となります  
 ・契約を終了されると、データは削除されます  
 ・「ファイルアップロード上限」は、契約期間における、ダウンロードおよびスマートフォンで撮影された写真や動画1ファイルのアップロードにつき1回消費されます

	¥30,000/月 スタンダード年間 現地管理DXに向けた標準プラン	¥60,000/月 ビジネス年間 高度な分析を行うプロ向けプラン	お問い合わせ エンタープライズ年間 カスタマイズ可能な特別プラン
支払い方法	クレジットカード請求書	クレジットカード請求書	請求書
契約期間	1年間	1年間	1年間
ファイルアップロード数上限	12,000個	24,000個	36,000個～
ユーザー登録数	10人まで	30人まで	無制限
ストレージ	500GB	1TB	2TB～
地形データ生成・各種計測	●	●	●
写真・動画の地図上管理	●	●	●
タグ・ラベル機能	●	●	●
多時期比較機能	●	●	●
ダッシュボード	●	●	●
地形データダウンロード(UTM座標系)	●	●	●
スマホアプリ	●	●	●
範囲指定DSM	●	●	●
位置補正機能	-	●	●
DLフォーマット選択(UTM/平面直角座標系)	-	●	●
地形データインポート機能	●(5回まで)	●(100回まで)	●(200回～)
GCPインポート機能	-	●	●

株式会社スカイマティクス 資料より

図2 「くみき」利用料金

---

日 時： 令和5年1月6日(金)16:00~17:30

対象者： 農機 API 共通化コンソーシアム事務局（農研機構農業機械研究部門）野田崇啓様、林和信様

実施者： 日本森林技術協会 大萱、安保

➤ **API 連携の必要性**

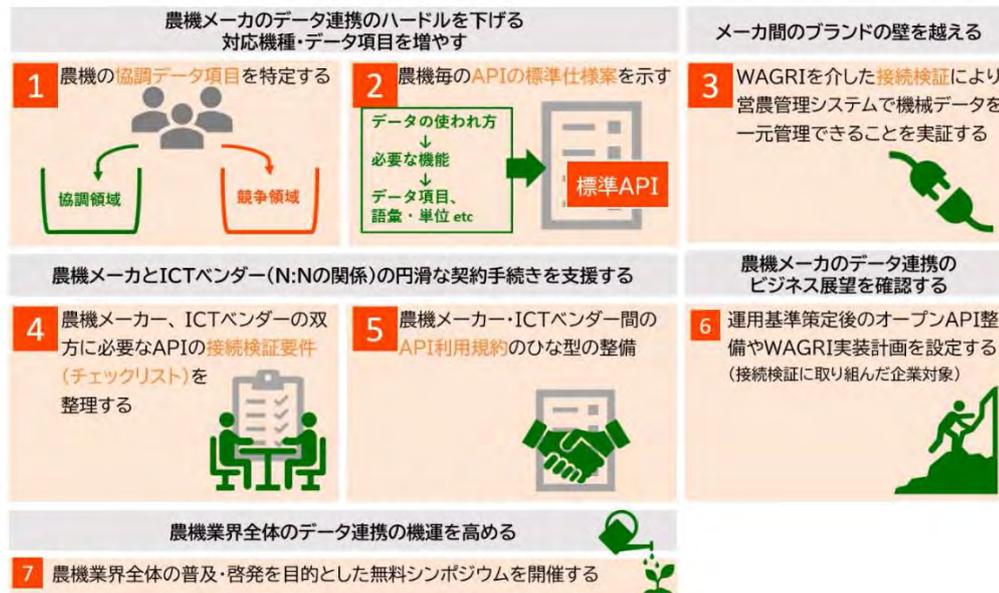
- ・ 農林水産省は政策目標「2025年までに農業の担い手のほぼ全てがデータを活用した農業を実践」を掲げている。データ駆動型農業の実施には、様々な農機の稼働データを営農管理ソフトで一元管理・分析することが必要である。
- ・ 農機メーカー間のデータの互換性がなく、メーカーごとに複数のソフトを利用せざるを得ないという課題があった。
- ・ 海外では、環境負荷軽減等を意識した精密農業の推進に伴いデータの利活用が進んでおり、日本も取り残されないようにする必要があった。

➤ **実現までの経緯**

- ・ 農業法人の集まりである（公社）日本農業法人協会は、農林水産省に「メーカーの垣根を越えて各種システムを円滑に活用できるよう、データの共有化を進めるべき」と提言した。
- ・ 農林水産省は、内閣府の規制改革推進会議の答申を踏まえ、2021年2月10日に「農業分野におけるオープンAPIの整備に向けたガイドライン」（以下ガイドラインという）を策定した。それと対応するように、2021年度より農業分野におけるデータ利活用を推進する補助事業「農林水産データ管理・活用基盤強化事業」が開始された。
- ・ 農研機構は、農機メーカー、業界団体、ICTベンダー等と協議の上、農業機械業界全体で本事業に取り組むべきと判断。ガイドラインを始めとする各種指針に沿って農機のオープンAPI（以下農機Open APIという）整備を主導する実施計画を立てて「農機API共通化コンソーシアム」を設立（設立日：2021年4月20日）。当該コンソ名で補助事業に応募し、事業に採択されることになった。現在も事業代表機関として、様々な農機メーカー等と連携しながら事業を遂行している。

➤ **農林水産省補助事業「農林水産データ管理・活用基盤強化」の概要**

- ・ 農機・機器メーカーやICTベンダー、業界団体、研究機関等が行う、農業データの連携・共有への支援や、WAGRI（農業データ連携基盤）の活用推進によるデータを活用した農業の推進を行っている。
- ・ 事業推進のために農機API共通化コンソーシアムが実施している大まかな流れは図1の通りである。まず協調データ項目を特定し、そのデータ形式の標準化をする。次に標準化したデータを様々なシステムで共通して利用できるようにするAPIの標準的な仕様の整備や接続検証をする。また、データの利用権限等の取扱ルールを策定する。



農研機構 農機 API 共通化コンソーシアム事務局 資料より

図1 事業の大きな流れ

## ➤ API 仕様の策定

- ・ 内閣府の規制改革推進会議の答申を受けて農林水産省が作成したガイドラインには、API 仕様について、サーバー上でどのような通信プロトコルを使用し、どのようなデータ形式を用いるか等の基本的な内容が定められている。ガイドラインには、情報のセキュリティやデータ形式標準化の重要性等もまとめられている。
- ・ 技術の発展等に伴い仕様を改訂する必要があるが、引き続き農研機構が管理するのか、組織、体制については未定である。
- ・ コンソーシアムでは以下の方針に基づき API の仕様（農機 Open API 仕様）を策定した。

### 【準拠する標準規格（ガイドライン準拠）】

- ・ アーキテクチャ・スタイル：REST
- ・ 通信プロトコル：HTTPS
- ・ データ形式：JSON

### 【参照するガイドライン】

- ・ 政府 CIO ポータル「API テクニカルガイド」など

### 【仕様の詳細定義】

- ・ Swagger（Open API 仕様）を用いて API 仕様を定義

### 【仕様書の作成】

- ・ Swagger を HTML 化し、ウェブブラウザで閲覧できる形式で提供

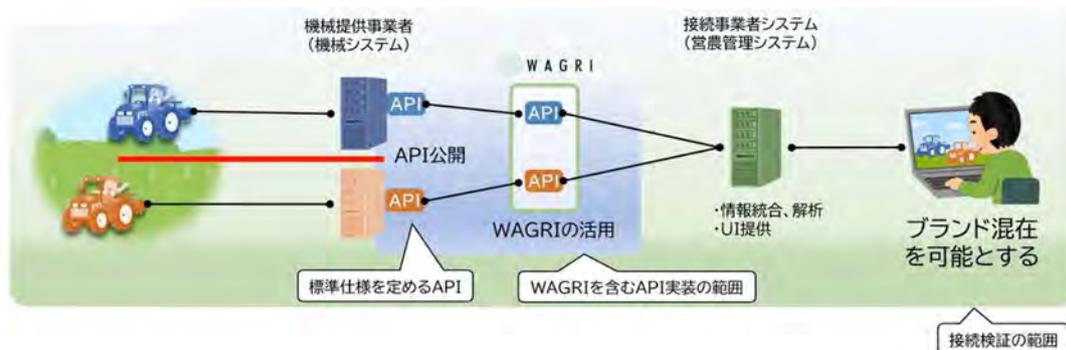
### 【手引きの作成】

- ・ 仕様に記載しないものの実装に有益な情報は「手引き」として文書化

- ・ 農機 Open API はガイドラインを踏まえて作成し、仕様書やソース等は HP に公開している。

## ➤ 圃場農業機械に関するオープン API の整備

- ・ 従来は、機械等から取得されたデータは各メーカーの独自のシステムに集約され、各メーカー独自のソフトを通して農業者に情報提供されていた。つまり機械等から農業者にデータが提供されるという API を利用した仕組みは以前からあったが、メーカー間のデータの互換性がなかった。
- ・ 農業者が利用できる圃場の GIS 情報や生産物情報等、農業に関わる様々な情報を管理できる営農管理システムと呼ばれるコンピューターシステムも既に存在している。
- ・ そこで、各機械メーカーが提供する機械システムのサーバーから情報を取り出す部分に共通の仕様で定めた API を実装して、機械システムと営農管理システム間のデータ連携を実現することとした。各機械メーカーが機械からデータ取得をする独自のサーバー・機械システムは各メーカー独自の技術・データであり、コンソーシアムは関わっていない。
- ・ 農業者が直接的に API に関与しなくても、機械システムと営農管理システムが連携できる仕組みを作ることによって、農業者に技術的な部分については特に意識させずに、便利なサービスを提供することを目指している。
- ・ 農機メーカーが、将来的に農機 Open API の実装等し、農業全般のデータの利活用を推進するような仕組みを目指している。そして、データ連携ができる環境を整備した農機メーカーにとって、利益が生じる仕組みが作られることが理想であるが、今後の課題である。



農研機構 農機 API 共通化コンソーシアム事務局 資料より

図2 圃場農業機械におけるオープン API 整備の構成

## ➤ 利用データの活用

- ・ API で取得可能な農業機械データとしては、農機を特定するための情報や稼働データがある。また、営農管理システム(接続事業者システム)内のデータとしては、圃場データや圃場にリンクした作付け、作業等の計画がある。実務に合わせたデータの解析には API で取得するデータに加えて、接続事業者システムが持つ圃場データ等の利用が必要である。
- ・ 2021年度は位置情報や燃料消費量、2022年度は収量や品質情報などを対象に API の仕様として定め、事業に取り組んでいる。
- ・ このような API データと接続事業者側データの解析結果から、例えば作業計画や作物の栽培履歴管理において、作業内容を自動的に推定し、ユーザの簡単な確認作業により確度の高い履歴情報を蓄積できると想定される。

➤ 認証・認可について

- ・ 農機 Open API は、組織の境界の外側の第三者へ API を公開するため、適切な API 利用者の認証やデータアクセスの権限付与が必要である。当該事業におけるデータ連携は、農業者・接続事業者(営農管理システム)・農機メーカー(農機システム)の三者で構成されることを想定している。API による連携では、農業者の同意と指図によりデータの扱いが決定されるべきと考えられ、異なるシステム間での農業者の特定及び、農業者の指図によるデータ提供を系統的に実現できる認証・認可の仕組みの選択が必要であった。
- ・ 農業者が、営農管理システムと農機システム間で紐づけられ、農機システム上のデータへのアクセス権限を適切に制御できる認証・認可方法として、OAuth2.0 を選択した(OAuth2.0 のグラントタイプには Authorization Code Grant を指定)。また、クライアントとの合意を前提に、OAuth2.0 の拡張規格である Open ID Connect も利用可とした。



農研機構 農機 API 共通化コンソーシアム事務局 資料より

図4 農機データ連携における認証・認可の仕組み

➤ 課題

- ・ 利用者側の規模の大きさや ICT への習熟度によって、データ活用の効果は左右される。大部分の農業者は小規模であり、高度なデータ活用は難しいことが課題である。
- ・ 普及のためには、情報等を活用し農業者とサービス提供事業者双方にメリットをもたらすキラーコンテンツが必要と考えている。

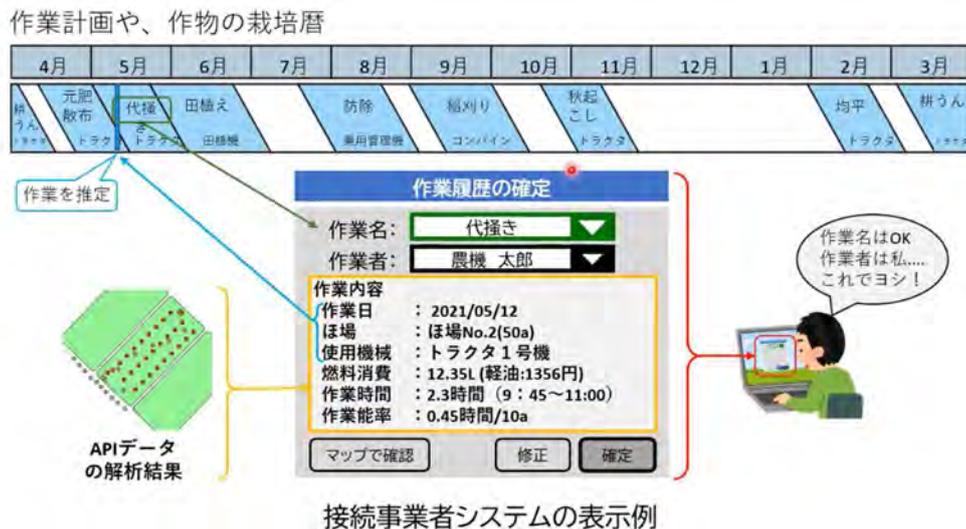


図3 接続事業者が API で取得したデータを利用して実現する利用イメージ

▶ 森林分野の取組みに対して

- ・ (ドローンでの申請が認められても、紙書類の併用が続いているという森林分野の現状に対し、) 様々な事情で API 連携したデータシステムを利用できない人もいるだろう。しかし、全ての利用者が同じ方法を使うことは考えない方がよい。新しいシステムを利用できる人は、古いシステムには縛られずに、新しいシステムだけを実用できるようにする等、割り切っていくことが DX を推進する観点からは重要ではないか。古いシステムを維持・改良しても無駄なコスト・労力が発生するケースが多い。
- ・ 海外（ブラジル）の農業機械の事例だが、業界団体が音頭を取り、自国の農機から収集したデータを共同で管理する共通サーバーを立てたが、グローバル大手メーカーは既に独自にクラウドサービスを構築しており、企業を超えたデータの共同管理に否定的であったため、うまく行かなかったようだ。メーカーがデータを自社で一元管理する背景には、当然、自社のビジネスに活用したい側面がある。メーカーのグローバル化が進む中で、一つのシステムに集約したり共同管理することは難しいだろう。
- ・ 補助金受給の仕組みを効率化する上で、データ連携に積極的な取組を行う企業に対してはインセンティブを与えるなど、行政と一体となった普及のための施策も有効と考えられる。必ずしも正しいやり方であるかは分からないが、農業分野でのオープン API の整備が具体化した契機に、規制改革推進会議の存在があったこと、その答申に補助金の要件化（農林水産省は、令和4年度予算から農機メーカー以外の作ったソフトでも位置、作業記録等のデータを利用できることを、トラクター、コンバインなどの農機の導入支援の補助金等の要件とする。）が盛り込まれ、結果、農機メーカーが熱心に取り組んだ面はあると考える。
- ・ データを集める仕組みができれば、様々な新しい活用（例えば集められたデータを教師とする AI の開発等）につながる。

日 時： 2022 年 12 月 7 日 15 時～16 時

対象者： 農研機構・WAGRI 推進室 二宮芳継 様

実施者： 日本森林技術協会 大萱、福沢、安保

### ➤ API 連携の必要性

- 農業においては、小規模家族経営、高齢化などの課題への対策としてデータ駆動型農業による省力化、生産性向上を目指している。その実現には様々なデータを連携し活用することが必要である。
- API は、ダウンロードを必要とせず、データ更新等が自動反映である等の利点がある。多種大量なデータを効率的に集約・管理し、そのデータを共有・活用するには API 連携が適している。

### ➤ 実現までの経緯

#### ・推進主体

- WAGRI（農業データ連携基盤）は内閣府の SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）において慶應義塾大学 SFC 研究所を中心に考案・構築された。2019 年 4 月より農研機構が運営母体となり本格運用を開始した。
- 農研機構は、WAGRI が提供する生育予測プログラム、病虫害の AI 診断などを開発した経緯から運営を担うこととなったのではないかと見られる。今後、財団法人等の形で独立した組織の設立が検討されている。

#### ・各主体のかかわり方（産、官、学の関係）※図 1 参照



農研機構 農業情報研究センター WAGRI 推進室 資料より

図 1 WAGRI サービスの概要

- 現在のサービスとしては、民間企業・官公庁・農研機構が有する農業に関する様々なデータを、WAGRI を通じて農機メーカー・ICTベンダー・農業関連団体に提供し、現場の農

業者に役立つ様々なインターネットサービスの開発を支援している。

- データの利用会員は、農家等ではなく、メーカーや企業、ベンダー、JA等の団体である。利用会員が各種データを利用するアプリ、サービス等を開発し、農家等はそのアプリ等を利用することとなる。
- また、利用会員であるJAの営農指導員が農家に営業販売のために、肥料や病害虫についてのデータをWAGRIから入手し提供するという利用方法もある。農家への普及が広がることで、会員であるJAにもメリットが生まれる。
- REST方式Web APIで提供しているデータ形式はJSON(文字列)であり、農家等は直接扱うことが難しいのでICTベンダーなどが入っている。しかし、今年大規模農家がWAGRI会員となった。
- データ利用者は、将来的には複数のデータ利用者と連携することで扱いやすいデータとしていきたい。
- 複数の属性を統合したデータAPIを構築するため、APIコーディネータを配置した。

#### ➤ 費用負担の構造、料金体系

- 表1の通り。利用料収入(40,000円/月×80機関×12か月=38,400,000円)で賅えない部分は国からの資金で農研機構が運用している。

表1 WAGRI 利用料金

会員形態	データ利用可否	入会金	月額料金(税抜)	備考
データ利用会員	○	無料	1クライアントあたり40,000円。 1か月のデータ転送量(ダウンロード)が20GBを超えた場合、2,000円/GBの従量課金による追加料金を翌月に請求	年度払い可能
データ提供会員	× ※1	無料	無料	利用者からはWAGRI APIをゲートウェイとして、データ提供会員が用意した外部DBに接続
利用提供会員※2	○	無料	1クライアントあたり40,000円。 1か月のデータ転送量(ダウンロード/アップロード合計)が20GBを超えた場合、2,000円/GBの従量課金による追加料金を翌月に請求	年度払い可能

※1 利用料金無料の「データ提供会員」は、WAGRI APIを介したデータ取得ができない  
 ※2 「利用提供会員」は、「データ利用会員」であると同時に自社データを第三者に提供可能

WAGRI会員となった際に無償で利用可能なAPIの他に有償契約が必要なAPIがある。  
 対象となるAPIは、ホームページのAPI詳細に「利用条件：提供ベンダーと有償契約が必要」との記載がある

農研機構 農業情報研究センター WAGRI 推進室 資料より

#### ➤ 現在の活用状況

##### ・普及状況(利用者数など)

- 利用会員数は2022年11月現在約80機関。(2020年度約40機関、2021年度約70機関。)

##### ・課題

- 一番の課題は料金システムである。WAGRI運営においては開発に加え、メンテナンス(ト

ラブル対応・更新作業・利用者管理等)にも多くの費用がかかっており、利用会員の利用料だけでは利益はなく厳しい状況である。

- 一方で利用会員は WAGRI 利用料金を支払ったうえで、開発したアプリ等に対する農家からの利用料により収益を得ることとなるが、農家からの利用料を低く抑える必要があるため、WAGRI 利用料金が負担になると言われている。農家からの利用料は 1000 円/月程度ではないか。
- 将来的にはデータ駆動型農業が普及し、WAGRI の利用も増えることが想定されるが、現状で多数を占める小規模農家がデータ駆動型農業に移行するまでには時間がかかる。その移行期間においては、低価格または無償として利用者を増やすことを考えなければならない。
- データ利用者（農機メーカー・ドローンサービス企業・ICT ベンダー・農業団体等）に営業する必要がある。2020 年度まで営業は行っていなかったが、2021 年度から営業担当者をおいたことで利用会員数が倍増した。

#### ▶ 利用者を増やすための工夫

- 導入初期は国の事業として無償とし、まず利用者を増やすことが必要ではないか。国が勢いをつけて運用を始めることが全国普及にもつながり、行政が行うことの安心感もある。
- 農研機構で開発した予測プログラム：過去のデータからモデルを作成し、リアルタイムのデータ（気象データ等）を当てはめて予測ができる。WAGRI の機能の中でも、ICT サービスや各種実証事業での採用事例が多く、ICT ベンダー等が農家に提供するサービスとしても活用できる。
- お試し期間の設定：WAGRI の場合、期限 1 年・アクセス 20 回/月・5MB/月・使いやすい API 数種でサンプルデータを利用可。
- WAGRI とは異なる民間サービスで、労務管理を無償で行う人気のサービスがある（登録者 25,000 人）。収益は、労務管理を行う中で入力される農薬散布などのデータを JA 等に売ることであげている。提供するサービスに付随して得られる情報を利益につなげている。

#### ▶ 本事業で想定しているシステムについて

- 補助事業の申請・検査という行政サービスであり、民間利用を目的とする WAGRI とは異なる位置づけである。これまで無料だった行政サービスの DX 化であることから、有料化は難しいだろう。システムを ICT ベンダー等の事業者が利用する場合は従量課金制も考えられる。
- メンテナンス及び保守・開発については、技術をもった一般社団法人や一般財団法人が適しているのではないか。API への理解が深まり、普及した段階での運用は民間企業が行うことも可能だが、個人情報を取り扱う場合は一般社団法人や一般財団法人が行う方が良いと考えられる。
- 元となる所有者情報等の不整合という点は農業も森林も同様の課題がある。

日 時： 2022 年 12 月 7 日 15 時～16 時

対象者： 農研機構・WAGRI 推進室 二宮芳継 様

実施者： 日本森林技術協会 大萱、福沢、安保

### ➤ API 連携の必要性

- 農業においては、小規模家族経営、高齢化などの課題への対策としてデータ駆動型農業による省力化、生産性向上を目指している。その実現には様々なデータを連携し活用することが必要である。
- API は、ダウンロードを必要とせず、データ更新等が自動反映である等の利点がある。多種大量なデータを効率的に集約・管理し、そのデータを共有・活用するには API 連携が適している。

### ➤ 実現までの経緯

#### ・推進主体

- WAGRI（農業データ連携基盤）は内閣府の SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）において慶應義塾大学 SFC 研究所を中心に考案・構築された。2019 年 4 月より農研機構が運営母体となり本格運用を開始した。
- 農研機構は、WAGRI が提供する生育予測プログラム、病虫害の AI 診断などを開発した経緯から運営を担うこととなったのではないかと見られる。今後、財団法人等の形で独立した組織の設立が検討されている。

#### ・各主体のかかわり方（産、官、学の関係）※図 1 参照



農研機構 農業情報研究センター WAGRI 推進室 資料より

図 1 WAGRI サービスの概要

- 現在のサービスとしては、民間企業・官公庁・農研機構が有する農業に関する様々なデータを、WAGRI を通じて農機メーカー・ICT ベンダー・農業関連団体に提供し、現場の農

業者に役立つ様々なインターネットサービスの開発を支援している。

- データの利用会員は、農家等ではなく、メーカーや企業、ベンダー、JA等の団体である。利用会員が各種データを利用するアプリ、サービス等を開発し、農家等はそのアプリ等を利用することとなる。
- また、利用会員であるJAの営農指導員が農家に営業販売のために、肥料や病害虫についてのデータをWAGRIから入手し提供するという利用方法もある。農家への普及が広がることで、会員であるJAにもメリットが生まれる。
- REST方式Web APIで提供しているデータ形式はJSON（文字列）であり、農家等は直接扱うことが難しいのでICTベンダーなどが入っている。しかし、今年大規模農家がWAGRI会員となった。
- データ利用者は、将来的には複数のデータ利用者と連携することで扱いやすいデータとしていきたい。
- 複数の属性を統合したデータAPIを構築するため、APIコーディネータを配置した。

#### ➤ 費用負担の構造、料金体系

- 表1の通り。利用料収入（40,000円/月×80機関×12か月＝38,400,000円）で賅えない部分は国からの資金で農研機構が運用している。

表1 WAGRI 利用料金

会員形態	データ利用可否	入会金	月額料金(税抜)	備考
データ利用会員	○	無料	1クライアントあたり40,000円。 1か月のデータ転送量(ダウンロード)が20GBを超えた場合、2,000円/GBの従量課金による追加料金を翌月に請求	年度払い可能
データ提供会員	× ※1	無料	無料	利用者からはWAGRI APIをゲートウェイとして、データ提供会員が用意した外部DBに接続
利用提供会員※2	○	無料	1クライアントあたり40,000円。 1か月のデータ転送量(ダウンロード/アップロード合計)が20GBを超えた場合、2,000円/GBの従量課金による追加料金を翌月に請求	年度払い可能

※1 利用料金無料の「データ提供会員」は、WAGRI APIを介したデータ取得ができない  
 ※2 「利用提供会員」は、「データ利用会員」であると同時に自社データを第三者に提供可能

WAGRI会員となった際に無償で利用可能なAPIの他に有償契約が必要なAPIがある。  
 対象となるAPIは、ホームページのAPI詳細に「利用条件：提供ベンダーと有償契約が必要」との記載がある

農研機構 農業情報研究センター WAGRI 推進室 資料より

#### ➤ 現在の活用状況

##### ・普及状況（利用者数など）

- 利用会員数は2022年11月現在約80機関。（2020年度約40機関、2021年度約70機関。）

##### ・課題

- 一番の課題は料金システムである。WAGRI運営においては開発に加え、メンテナンス（ト

ラブル対応・更新作業・利用者管理等)にも多くの費用がかかっており、利用会員の利用料だけでは利益はなく厳しい状況である。

- 一方で利用会員は WAGRI 利用料金を支払ったうえで、開発したアプリ等に対する農家からの利用料により収益を得ることとなるが、農家からの利用料を低く抑える必要があるため、WAGRI 利用料金が負担になると言われている。農家からの利用料は 1000 円/月程度ではないか。
- 将来的にはデータ駆動型農業が普及し、WAGRI の利用も増えることが想定されるが、現状で多数を占める小規模農家がデータ駆動型農業に移行するまでには時間がかかる。その移行期間においては、低価格または無償として利用者を増やすことを考えなければならない。
- データ利用者（農機メーカー・ドローンサービス企業・ICT ベンダー・農業団体等）に営業する必要がある。2020 年度まで営業は行っていなかったが、2021 年度から営業担当者をおいたことで利用会員数が倍増した。

#### ➤ 利用者を増やすための工夫

- 導入初期は国の事業として無償とし、まず利用者を増やすことが必要ではないか。国が勢いをつけて運用を始めることが全国普及にもつながり、行政が行うことの安心感もある。
- 農研機構で開発した予測プログラム：過去のデータからモデルを作成し、リアルタイムのデータ（気象データ等）を当てはめ予測ができる。WAGRI の機能の中でも、ICT サービスや各種実証事業での採用事例が多く、ICT ベンダー等が農家に提供するサービスとしても活用できる。
- お試し期間の設定：WAGRI の場合、期限 1 年・アクセス 20 回/月・5MB/月・使いやすい API 数種でサンプルデータを利用可。
- WAGRI とは異なる民間サービスで、労務管理を無償で行う人気のサービスがある（登録者 25,000 人）。収益は、労務管理を行う中で入力される農薬散布などのデータを JA 等に売ることであげている。提供するサービスに付随して得られる情報を利益につなげている。

#### ➤ 本事業で想定しているシステムについて

- 補助事業の申請・検査という行政サービスであり、民間利用を目的とする WAGRI とは異なる位置づけである。これまで無料だった行政サービスの DX 化であることから、有料化は難しいだろう。システムを ICT ベンダー等の事業者が利用する場合は従量課金制も考えられる。
- メンテナンス及び保守・開発については、技術をもった一般社団法人や一般財団法人が適しているのではないか。API への理解が深まり、普及した段階での運用は民間企業が行うことも可能だが、個人情報を取り扱う場合は一般社団法人や一般財団法人が行う方が良いと考えられる。
- 元となる所有者情報等の不整合という点は農業も森林も同様の課題がある。

令和5(2023)年3月  
林野庁

# ドローンを活用した 苗木等運搬マニュアル





## はじめに

戦後造成された人工林が主伐期を迎えて、森林資源の循環利用の確立と公益的機能の維持・向上の両立を図る必要がある中、主伐後の再造林の確保に加え、近年多発する地震、台風等による裸地化した森林の再生が課題となっています。一方で、日本の森林の大半は急傾斜地にあることから、造林作業は高コストのみならず労働強度の高い状況となっており、担い手不足の深刻化も懸念されています。

このような急傾斜地である日本の森林に対応した・省力・低コストな造林技術の確立・普及を進めるため、林野庁では令和2年度より、「ドローンを活用した新たな造林技術の実証・調査」を実施してきました。この中で、ドローンを用いた苗木や獣害防止柵などの造林資材運搬の現地実証を行い、ドローンによる苗木等の運搬に適した条件、最適な作業手法、省力・低コスト化への効果等を明らかにし、技術的課題の整理等を行うとともに、効率的な運用方法の検討と苗木等運搬の標準歩掛の作成に参考となる情報の収集・整理を行ってきました。

本マニュアルは、これまでの調査を踏まえてとりまとめたものであり、造林作業地でのドローンの導入・活用の参考となるよう、ドローン運搬に適した条件、準備すべきドローン機体性能、効率的効果的かつ安全に運搬するための準備、運搬工程、作業体制、安全管理などを盛り込みました。また、各地での活用事例や林野庁での実証事業の結果、実際に用いられている機種について紹介しています。

本マニュアルが造林現場へのドローン導入を検討する際の一助となれば幸いです。



# 目次

はじめに	1
ドローンを活用した苗木等運搬とは	6
本マニュアルが想定する読者	8

## 1 ドローン運搬に適した条件 9

1-1 植栽地までの路網状況	11
1-2 運搬の水平距離	12
1-3 高低差	13
1-4 年間植栽本数	14
1-5 年間植栽面積	15
1-6 年間稼働日数	16

## 2 苗木等運搬用ドローンの導入・運用方法 17

2-1 購入	18
2-2 委託	19

## 3 ドローン運搬に適した機体の選定 23

3-1 ドローン本体の機能	24
(1) ペイロード	24
(2) ドローン本体の大きさ	24
(3) オペレーション方式（操縦体制）	25
(4) アタッチメント	26
3-2 ドローン本体以外の必要機材	27
(1) バッテリー	27
(2) 充電器・発電機	27
(3) 無線	27
3-3 ドローン機種選定のポイント	30
(1) 一人で操縦できる機種（1 オペ機種）	30
(2) 土場から植栽地が見えない場所で運搬できる機種（2 オペ機種）	31
(3) 一度に沢山運搬できる機種（2 オペ大型機種）	32

## 4 ドローン運搬のための飛行準備作業 33

4-1 ドローンを購入した際に必要な手続き	34
(1) 無人航空機の機体登録の義務	34
(2) 登録記号の表示義務とリモート ID の搭載の義務	34
4-2 運搬前日までの準備作業	36
(1) 発着地点の検討	36
(2) 荷下ろし地点の検討	37
(3) 飛行ルート of 検討	38
(4) 作業中の立入り禁止エリアの検討	38
(5) 飛行申請	39
(6) 機体の準備・点検	41
(7) 荷造り	43
(8) 気象情報（天気、風速、警報、注意報等）の確認	44
(9) 非常時の連絡体制の確認	45
4-3 運搬当日の確認事項	46

## 5 運搬工程 49

5-1 荷掛け	51
5-2 往路運搬飛行	52
5-3 荷下ろし	53
5-4 復路（戻り）飛行	54
5-5 着陸	54
5-6 バッテリー交換・機体チェック	55

## 6 作業体制 57

6-1 1 オペ機種	58
6-2 2 オペ機種	59
6-3 発着地点	60
(1) 操縦体制	60
(2) 操縦以外の作業	60
6-4 荷下ろし地点	60
(1) 操縦体制	60
(2) 操縦以外の作業	60

<b>実証地一覧</b>	62
CASE 1 岩手県奥州市	64
CASE 2 宮城県石巻市	66
CASE 3 茨城県大子町	68
CASE 4 茨城県城里町	70
CASE 5 栃木県那須町	72
CASE 6 群馬県東吾妻町	74
CASE 7 長野県大桑村	76
CASE 8 岐阜県七宗町	78
CASE 9 静岡県小山町	80
CASE10 兵庫県神河町	82
CASE11 和歌山県日高川町	84
CASE12 和歌山県田辺市	86
CASE13 和歌山県田辺市	88
CASE14 山口県山口市	90
CASE15 徳島県海陽町	92
CASE16 愛媛県四国中央市	94
CASE17 熊本県高森町	96
CASE18 宮崎県延岡市	98
CASE19 宮崎県都城市	100
CASE20 宮崎県日南市	102
<b>もっと詳しく知りたいときは</b>	105

## コラム

ドローン運搬が人肩運搬より有効となる水平距離の条件	12
ドローン運搬が人肩運搬より有効となる高低差の条件	13
ドローン運搬で費用対効果が見込める年間の植栽本数の条件	14
ドローン運搬で費用対効果が見込める年間の植栽面積の条件	15
ドローン運搬で費用対効果が見込める年間の稼働日数の条件	16
委託の場合の費用対効果額の算出例	20
ドローンの運用方法における工夫	21
苗木以外の運搬事例①シカ柵等の造林資材	47
苗木以外の運搬事例②磨き丸太の用材	48
バッテリー交換のローテーションの例	56
1,000本あたりのドローンの運搬人工（算出例）	104

## 安全管理の巻

保険の加入	34
オペレータの技量	35
現地の状況確認	38
ドローンの飛行ルール	40
機材の確認	41
機体の定期点検	42
バッテリーの管理	42
降雪や積雪がある場合	44
再度荷掛けを行う際	51
バッテリー残量	55
バッテリー消費量	56

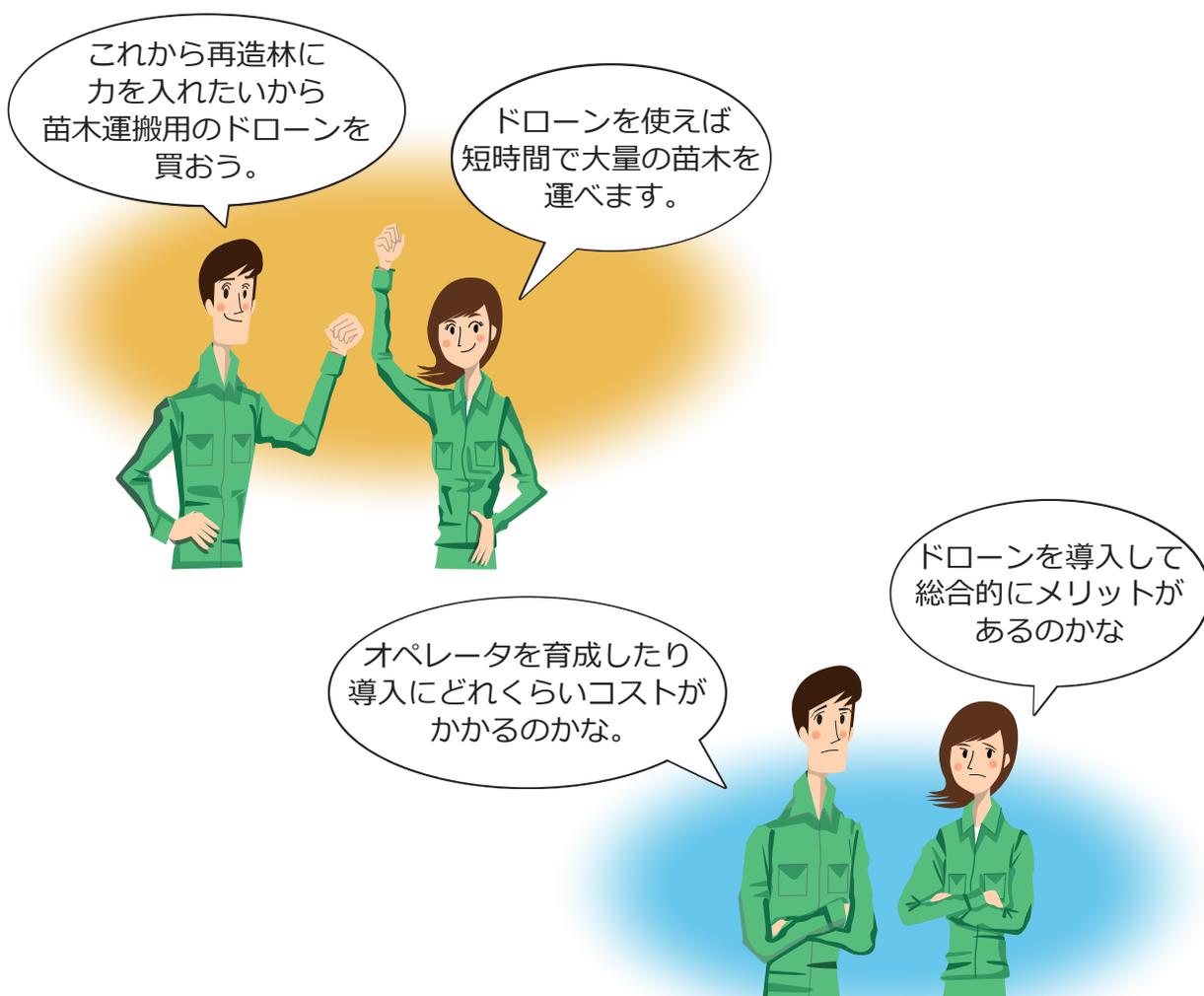
## ドローンを活用した苗木等運搬とは

ドローンを活用した苗木等運搬とは、造林のために準備した苗木やシカ防護柵（以下、「シカ柵」という。）などの造林資材等を、土場から造林現場までドローンを用いて運搬する（以下、「ドローン運搬」という。）ことです。

運搬用ドローン及びその操縦技術者（以下、「オペレータ」という。）を準備し、現場に合った適切な方法で効率的効果的かつ安全に運搬を行うことで、従来よりも短時間で多くの苗木等が運べ、労働負荷が軽減されるなどのメリットが期待できます。

一方、ドローンの導入コスト（購入・維持管理コストや業者委託コスト）がかかること、最大積載重量や運搬可能距離に制限があること、オペレータの確保が必要なことなど、ドローン運搬を行う際に考慮すべき課題もあります。

このため、ドローン運搬の実施にあたっては、ドローンが有効となる条件や全体の作業の流れを把握し、従来の運搬方法と比較して総合的にメリットがあるかどうかを考える必要があります。



本マニュアルでは、ドローン運搬に適した条件、準備すべきドローンの機体性能、効率的効果的かつ安全に運搬するための準備、運搬工程、作業体制、安全管理、法規制等について、現場作業の流れに沿って整理しました。

また、皆さんの造林地の状況に近い活用事例をご覧いただけるよう、日本各地での活用事例について、紹介しています。これからドローン運搬を検討する際の参考としてください。

それでは  
このマニュアルを基に、  
導入方法や機種を  
検討してみましょう。



## 本マニュアルが想定する読者

本マニュアルは、苗木等運搬用ドローンの導入を検討している事業者、またすでに導入していてより効果的・効率的にドローンを活用したいと考えている事業者を读者として想定しています。

図1では、ドローンを導入する前にどのような環境条件なら活用できるか、実際に導入した場合の準備や運搬工程はどのようなものかなど、ドローンを導入・活用するための一連の流れを示しています。

最初から読むことも、調べたい項目に直接移動して読むこともできます。例えば、苗木等運搬用ドローンの導入を検討している事業者は、ドローン運搬に適した条件が記載してあるSTEP1から、導入したドローンをより効果的効率的に運用したいと考えている事業者は、ドローン運搬に必要な準備等が記載してあるSTEP4からなど、それぞれ興味のある項目から読み進められます。それぞれの使い方でご活用ください。

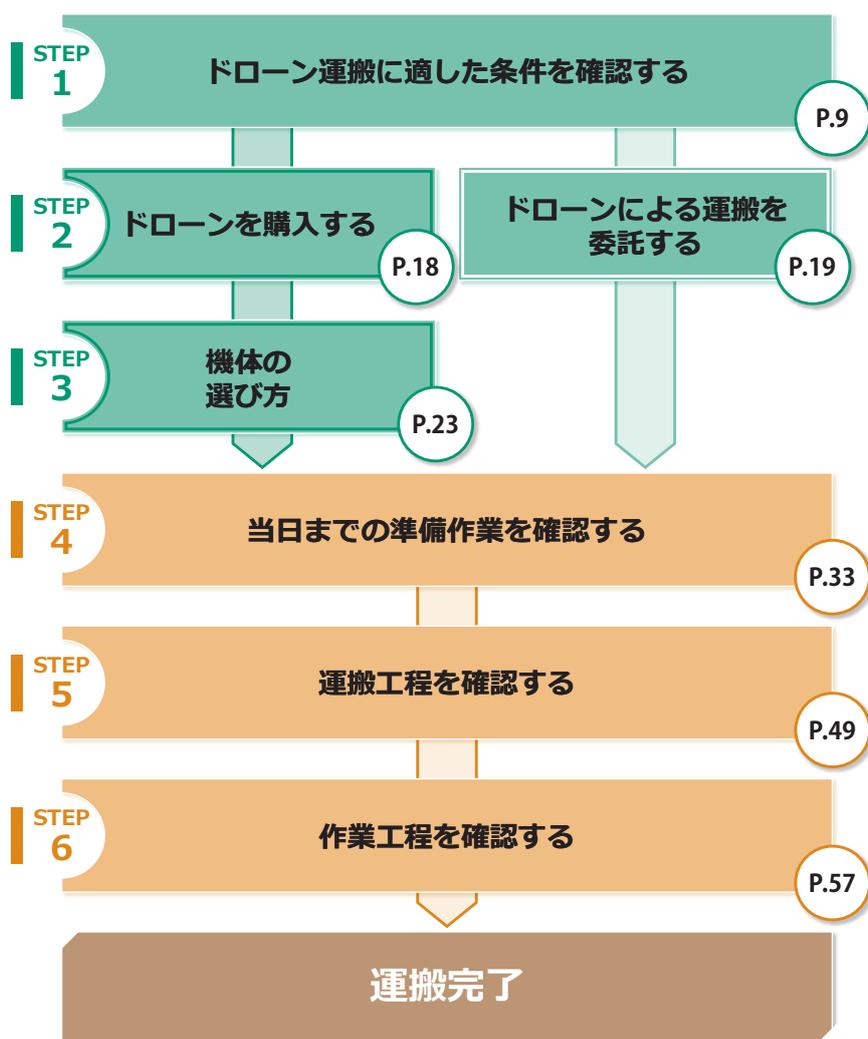


図1 全体のマニュアル構成のフロー図

# 1

## ドローン運搬に適した条件

---

本章では、こういった環境条件や事業規模において、ドローンが有効活用できるのかを、従来の人肩運搬、運搬車での運搬等と比較します。

また、その結果として、ドローン運搬に適した条件を解説していきます。

事業体が作業する事業地はさまざまな異なる環境条件下にあります。また事業体の事業規模も多様です。本章をドローンの活用を判断する際の参考としてください。

---

# 1

## ドローン運搬に適した条件

	運搬車	ドローン	人肩
			
一度に運搬できる量	200kg以上 (1,000本以上)	8~40kg (40~150本)	10~30kg (50~150本)
メリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>・体力を必要としない</li> <li>・作業員の年齢や性別が問われにくい</li> <li>・一度に大量な運搬が可能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・体力を必要としない</li> <li>・作業員の年齢や性別が問われにくい</li> <li>・短時間での運搬が可能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・路網環境や事前準備に関係なく運搬が可能</li> </ul>
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>・路網が発達していないと利用できない</li> <li>・運搬に時間がかかる</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・事前準備が必要</li> <li>・オペレータの確保が必要</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・肉体的な負荷が大きいため、作業員の確保が難しい</li> <li>・一日で運搬できる量が少ない</li> </ul>

### ことば

オペレータ：ドローンを操縦する技術者のこと。

## 1-1 植栽地までの路網状況

### ポイント

車道から植栽地まで使用可能な路網がない場合、ドローン運搬は効果的。

土場や車道から植栽地まで路網が発達している場合、運搬車を利用した方が大量の苗木を一度に運ぶことができ、ドローンよりも効率面等で有利と言えます。そのため、路網が発達していない事業地において、ドローン運搬の効果が期待できます。

また路網が発達していない事業地においては、人肩運搬だと一日に運搬できる量が少なく、肉体的な負荷も大きいため、ドローン運搬が効果を発揮できます。



小型運搬車は1回の運搬量は多いが時間がかかる



人肩運搬は一日に運搬できる量が少ない



ドローンは1回の運搬量は少ないが早く運搬できる

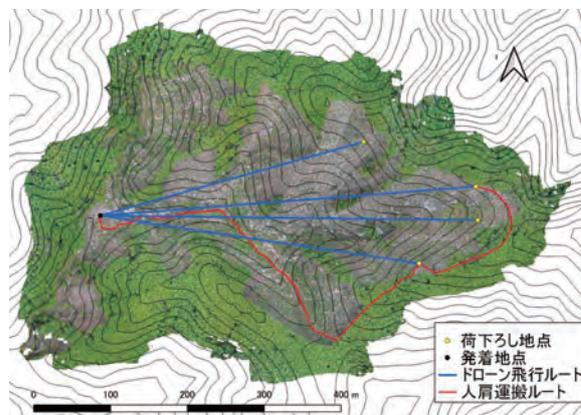
## 1-2 運搬の水平距離

### ポイント

土場から植栽地まで 360m 以上離れた事業地で、ドローン運搬は効果的。

発着地となる土場から植栽地まで、小型運搬車や人は地形に沿って蛇行しながら造林資材を運びますが、ドローンを使うと直線で運べるため、ドローンの方が運搬距離は短くなります。

ドローン運搬が人肩運搬より有効となる環境条件は、運搬作業に係る人数、苗木運搬本数等の作業条件により異なりますが、ドローンで一度に運搬する本数が多くなるほど有効となります。



### コラム

#### ドローン運搬が人肩運搬より有効となる水平距離の条件

ドローン運搬と人肩運搬で 10,000 本を運搬・植栽した場合、ドローン運搬の人工数が人肩運搬よりも少なくなる水平距離を計算し、以下の表に示しました。その結果、一般的な 2 オペ用の機種 of ドローンを用いて、3 人体制（オペレーター 2 人、補助者 1 人）で 1 フライトあたり 100 本のコンテナ苗を運搬した場合、水平距離 360m 以上でドローン運搬の方が有効となりました。ドローンで一度に運搬する本数が多くなるほど有効となります。

表1-1 人肩運搬に比べ人工数が少なくなる水平距離

作業条件		ドローン運搬本数（150ccコンテナ苗を想定）		
		50本（5-8kg）	100本（10-15kg）	200本（20-28kg）
ドローン運搬作業人数	2人 （オペ1人、補助者1人）	520m以上	260m以上	190m以上
	3人 （オペ2人、補助者1人）	常に人力運搬より人工が多く、ドローン活用は不適	360m以上	220m以上
	4人 （オペ2人、補助者2人）		520m以上	260m以上

人肩運搬（100本/往復）とドローンがそれぞれ10,000本を運搬、植栽した場合を比較

## 1-3 高低差

### ポイント

土場から植栽地までの高低差が120m以上の事業地で、ドローン運搬は効果的。

発着地となる土場から植栽地までの高低差が大きいほど、作業員の軽労化の面でドローンは有効と考えられます。

コラムに示すように、高低差が大きい場合にドローンが有効となりますが、現地でのヒアリングからは高低差40m程度でも作業員の軽労化のためにドローンを使いたいという声があったほか、高低差50m以上の植栽地をドローンによる運搬の目安としている事業体の事例もありました。

高低差については作業員の体力も考慮して、作業効率と軽労化の両面から判断すると良いでしょう。

なお、高低差がある場所では、バッテリーの消費が大きいため注意が必要です。

### コラム

#### ドローン運搬が人肩運搬より有効となる高低差の条件

ドローン運搬と人肩運搬で10,000本を運搬・植栽した場合、ドローン運搬の人工数が人肩運搬よりも少なくなる高低差を計算し、以下の表に示しました。その結果、一般的な2オペ用の機種種のドローンを用いて、3人体制（オペレーター2人、補助者1人）で1フライトあたり100本のコンテナ苗を運搬した場合、高低差120m以上でドローン運搬の方が有効となりました。ドローンで一度に運搬する本数が多くなるほど有効となります。

表1-2 人肩運搬と比べ人工数が少なくなる高低差

作業条件		ドローン運搬本数（150ccコンテナ苗を想定）		
		50本（5-8kg）	100本（10-15kg）	200本（20-28kg）
ドローン運搬作業人数	2人 （オペ1人、補助者1人）	150m以上	90m以上	60m以上
	3人 （オペ2人、補助者1人）	240m以上	120m以上	70m以上
	4人 （オペ2人、補助者2人）	常に人力運搬より人工が多く、ドローン活用は不適	150m以上	90m以上

人肩運搬（100本/往復）とドローンがそれぞれ10,000本を運搬、植栽した場合を比較

## 1-4 年間植栽本数

### ポイント

ドローンの購入は年間 14 万本以上の植栽予定がある事業体で効果的。

植栽本数が多い事業地では、多くの苗木等造林資材を運搬するのでドローンの有効活用が可能となります。植栽者を多く集められる場合や、運搬した苗木が乾燥しないよう仮置きできる場所があれば一度に多くの苗木を運搬できます。

### コラム

#### ドローン運搬で費用対効果が見込める年間の植栽本数の条件

1 日の苗木運搬本数を 5,000 本とした場合の諸条件を設定して、ドローンを購入して運搬・植栽した場合の費用が人肩により運搬・植栽した費用よりも有効となる（費用対効果が見込める）年間植栽本数を計算すると、ドローン購入費が 300 万円で、一般的な 2 オペ 3 人体制（オペレータ 2 人、補助者 1 人）の場合、年間 14 万本以上植栽するとドローン運搬で費用対効果が見込める結果となりました。

これは目安であり、ドローンの購入費や作業人数も踏まえて、ドローンの有効活用を考える必要があります。年間の植栽本数が明らかに少ない場合は、ドローンを購入するよりも専門業者へ委託することも検討しましょう。

表1-3 費用対効果が見込める年間の植栽本数

ドローン 購入費	作業人数		5,000本/日の運搬能力で費用対 効果が見込める年間の植栽本数
	オペレータ	補助者	
200万円	2人	1人	11万本
	1人	1人	8万本
300万円	2人	1人	14万本
	1人	1人	9万本

【算出条件】※聞き取り情報、実証事例、植栽の標準歩掛を参考に設定

ドローン購入費は5年償却とする

ドローン年間維持管理費（消耗品、保険など）：500,000円

ドローン作業体制：準備2人日

土場から植栽地までの人肩往復運搬時間/空荷運搬時間：45分/25分

ドローン運搬時の植栽本数：263本/人日

人肩運搬時の植栽本数：200本/人日（人肩で往復運搬する分、植栽本数が減る）

ドローンの準備、操縦、補助、人肩運搬、植栽の労務単価：20,000円/人日※公共工事設計労務単価の作業員の全国平均値

植栽密度：2,000本/ha

## 1-5 年間植栽面積

### ポイント

ドローンの購入は年間約 70ha 以上の植栽予定がある事業体で効果的。

植栽密度にもよりますが、植栽面積が大きい事業地では多くの苗木等造林資材を運搬すること、土場からの運搬距離も長くなることから、ドローンは有効と考えられます。

### コラム

#### ドローン運搬で費用対効果が見込める 年間の植栽面積の条件

1日の苗木運搬本数を 5,000 本とした場合の諸条件を設定して、ドローンを購入して運搬・植栽した場合の費用が人肩により運搬・植栽した費用よりも有効となる（費用対効果が見込める）年間植栽面積を計算すると、ドローン購入費が 300 万円で、一般的な 2 オペ 3 人体制（オペレータ 2 人、補助者 1 人）の場合、約 70ha 以上植栽すると、ドローン運搬で費用対効果が見込める結果となりました。

これは目安であり、ドローンの購入費や作業人数も踏まえて、ドローンの有効活用を考える必要があります。年間の植栽面積が明らかに少ない場合は、ドローンを購入するよりも専門業者へ委託することも検討しましょう。

表1-4 費用対効果が見込める年間の植栽面積

ドローン 購入費	作業人数		5,000本/日の運搬能力で費用対効果が見込める年間の植栽面積
	オペレータ	補助者	
200万円	2人	1人	56ha
	1人	1人	37ha
300万円	2人	1人	68ha
	1人	1人	46ha

【算出条件】※聞き取り情報、実証事例、植栽の標準歩掛を参考に設定

ドローン購入費は5年償却とする

ドローン年間維持管理費（消耗品、保険など）：500,000円

ドローン作業体制：準備2人日

土場から植栽地までの人肩往復運搬時間/空荷運搬時間：45分/25分

ドローン運搬時の植栽本数：263本/人日

人肩運搬時の植栽本数：200本/人日（人肩で往復運搬する分、植栽本数が減る）

ドローンの準備、操縦、補助、人肩運搬、植栽の労務単価：20,000円/人日※公共工事設計労務単価の作業員の全国平均値

植栽密度：2,000本/ha

## 1-6 年間稼働日数

### ポイント

ドローンの購入はドローンによる苗木運搬予定が年間 27 日以上ある事業者で効果的。

苗木運搬が人肩よりもドローンで有効となる日数は、ドローンを購入する場合と委託する場合のほか、購入する場合は機体の種類によっても大きく異なってきます。

コラムに示すドローンの購入費や作業人数も参考に、ドローンの有効活用を考える必要があります。明らかに使用頻度が低い場合は、ドローンを購入するよりも専門業者へ委託することも検討しましょう。

なお、ペイロードなどの機体性能が上がると 1 日の苗木運搬本数は増えてますが、バッテリー等の付属品を含めた導入コストも高くなるため、費用対効果を得るにはより稼働日数を増やす必要があります。

### コラム

#### ドローン運搬で費用対効果が見込める 年間の稼働日数の条件

1 日の苗木運搬本数を 5,000 本とした場合の諸条件を設定して、ドローンを購入して運搬・植栽した場合の費用が人肩により運搬・植栽した費用よりも有効となる(費用対効果が見込める) 年間稼働日数を計算すると、ドローン購入費が 300 万円で、一般的な 2 オペ 3 人体制 (オペレータ 2 人、補助者 1 人) の場合、27 日以上稼働すると、ドローン運搬で費用対効果が見込める結果となりました。

表1-5 費用対効果が見込める年間の稼働日数

ドローン 購入費	作業人数		5,000本/日の運搬能力で費用対効果が見込める年間の稼働日数
	オペレータ	補助者	
200万円	2人	1人	22日
	1人	1人	15日
300万円	2人	1人	27日
	1人	1人	18日

【算出条件】※聞き取り情報、実証事例、植栽の標準歩掛を参考に設定

ドローン購入費は5年償却とする

ドローン年間維持管理費 (消耗品、保険など) : 500,000円

ドローン作業体制 : 準備2人日

土場から植栽地までの人肩往復運搬時間/空荷運搬時間 : 45分/25分

ドローン運搬時の植栽本数 : 263本/人日

人肩運搬時の植栽本数 : 200本/人日 (人肩で往復運搬する分、植栽本数が減る)

ドローンの準備、操縦、補助、人肩運搬、植栽の労務単価 : 20,000円/人日※公共工事設計労務単価の作業員の全国平均値

植栽密度 : 2,000本/ha

# 2

## 苗木等運搬用ドローンの 導入・運用方法

---

苗木等運搬にドローンを導入・運用するためには、大きく分けてドローンを購入する方法と専門業者に作業委託する方法があります。

本章では、購入、委託、その他の運用方法について、それぞれの特徴や留意点を解説します。

---

## 2

## 苗木等運搬用ドローンの導入・運用方法

## 2-1 購入

## メリット

- ・苗木搬入のタイミングに合わせて、臨機応変にドローンを使用することが可能。
- ・天候等による日程変更に対応できる。
- ・シカ柵や工具など、さまざまなものを運搬する自由度が高い。
- ・運搬場所の環境状況に詳しい者が行うため、事前準備の時間が軽減できる。

## デメリット

- ・機体本体やバッテリーなどの導入経費のほかに、保険料等の管理費、消耗部品費、維持修理費等が必要。
- ・オペレータの確保が必要。
- ・費用対効果を見込むには、植栽面積（事業規模）を多く確保する必要がある。

## デメリットを解決するためのポイント

- ▶ 費用対効果を見込むためには、
  - ☑ ドローンの年間稼働日数をあげ、利用する造林地の面積を大きくする必要がある
  - ☑ 一日の運搬本数が増えるよう、作業の熟練度を上げる必要がある
- ▶ オペレータの育成には、
  - ☑ 運搬用ドローンを扱っているドローンスクールの講習に参加するとよい
  - ☑ 撮影用ドローンも購入し、操縦に慣れた後、徐々に運搬用ドローンの操縦に慣れるとよい

## 2-2 委託

### メリット

- ・ドローン運搬に適した事業地のみ依頼することで、事業費を抑制できる場合がある。
- ・初期コストや維持管理コストが不要。
- ・オペレータの確保が不要。
- ・専門業者であり効率性、安全性が高い。

### デメリット

- ・委託業者との事前調整や現地での事前説明が必要。
- ・委託業者の繁忙期にあたりと日程調整が難しくなることがある。
- ・環境条件によっては、予定通りの量を運搬できない可能性あり。
- ・費用対効果を見込むには、ドローンでの運搬量を多く確保する必要がある。

### 委託する場合のチェックポイント

- ▶ 委託の内容や条件について十分確認する
  - 事業地にあったドローン機体であるか
  - 現地の事前下見が必要かどうか
  - 作業当日の天候が悪くなった場合、別日での対応は可能か、またその場合、委託費は変更するか。
  - 運搬作業にあたって補助者の協力は必要か
  - 1日あたり何本程度運搬できそうか
- ▶ 年間計画に基づいてまとめて依頼すると日程調整の手間がなくなり、コスト低減につながる可能性がある

## コラム

### 委託の場合の費用対効果額の算出例

人肩運搬と比較し、ドローン運搬の費用対効果を高くするためには、委託費用を下表の損益分岐の金額よりも低くする必要があります。運搬から植栽までを委託する場合、その損益分岐点を計算すると、1日で5,000本の苗木を1日で運搬する時で11万円、1日10,000本の苗木を2日継続して運搬する時で47万円程度となりました。これらの金額よりも委託費が高くなる場合は、人肩運搬の方がコスト面で有利なことになります。

ドローン運搬の委託金額は、下見打合せ0.5日・苗木運搬作業1.0日の場合で20～30万円程度、下見打合せ0.5日・苗木運搬作業2.0日の場合で35～50万円程度と想定されます。ドローン運搬を人肩運搬より高い費用対効果で委託するためには、運搬量が1日5,000本では難しく、10,000本以上の運搬量が必要となります。

表2-1 人肩運搬とドローン運搬委託の損益分岐となる金額  
(委託作業日数・ドローン運搬本数別)

委託作業日数	ドローンが1日に運搬する苗木本数	
	5,000本	10,000本
1日	11万円	23万円
2日	23万円	47万円

【算出条件】※聞き取り情報、実証事例、植栽の標準歩掛を参考に設定

委託業者下見打合せ人日数：0.5人日

土場から植栽地までの人肩往復運搬時間/空荷運搬時間：45分/25分

ドローン運搬時の1人日あたり植栽本数：263本

人肩運搬時の1人日あたり植栽本数：200本（人肩の往復時間分、植栽本数が減る）

人肩運搬・植栽、打合せの労務単価：20,000円/人日※公共工事設計労務単価の作業員の全国平均値

購入には利点もある一方、初期費用や維持費用がかかるほか、一定以上の事業量がないと費用対効果が見込めない等の課題があります。また、委託した場合は初期費用や維持費用を抑制できますが、委託業者との調整や希望時期に活用できない可能性等の課題が出てきます。これらを解決する方法の一つとして、茨城県大子町での取組をご紹介します。

茨城県大子町では、町内に主たる事務所を有し、「茨城県意欲と能力のある林業経営体の登録及び公表実施要領」に基づく登録を受けた者であれば、1日2,000円で下記のもの一式がレンタルできる取組を行っています。オペレータは事業体が準備する必要がありますが、高価なドローン機体を自治体が購入し、事業者に貸し出す運用方法は、大変参考になる運用方法の一つと言えるでしょう。

表2-2 レンタル一式

苗木運搬用ドローン本体（森飛2オペ型）	1台
プロポコントローラー	2台
ウインチ	1個
リポバッテリー	4個
充電器	3台
発電機	2台
バッテリーチェッカー	1台
バッテリーケーブル	3本
運搬用ケース	1個
トランシーバー	2台

## 2

### 苗木等運搬用ドローンの導入・運用方法



ドローンで苗木を運搬して、植栽する様子（茨城県大子町）

# 3

## ドローン運搬に適した機体の選定

---

苗木等運搬にドローンを導入する場合、必要な規格を考慮して購入する機種を選定する必要があります。

本章では苗木等運搬に必要なドローン本体の機能と、本体以外の必要機材について紹介するとともに、機体の選定のポイントについて解説します。

---

## 3

## ドローン運搬に適した機体の選定

## 3-1 ドローン本体の機能

## (1) ペイロード

ペイロードは機種によって異なり、10kg未滿のものから40kg以上のものまであります。ペイロードが大きくなると一度に運べる苗木の本数が多くなり、10kgを超えるシカ柵等の支柱やネットの運搬も可能となります。一方で、機体が大型化して価格も高くなります。



図3-1 プロペラを広げた状態のドローン

## (2) ドローン本体の大きさ

プロペラ部分を折りたたんでも1m程度の大きさがあり、基本的にペイロードが大きいほど大型化します。造林地の土場までの移動に使用する自動車に積み込めるか、ドローンの他にバッテリー、充電器、発電機等の必要機材も車載可能かも考慮する必要があります。



図3-2 プロペラを閉じた状態のドローン

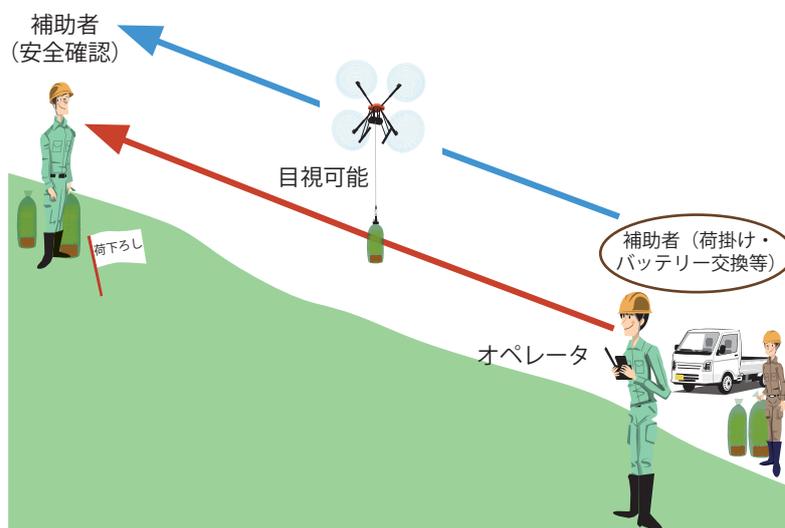
## ことば

ペイロード：ドローンに積載可能な積荷の最大重量のこと。

### (3) オペレーション方式（操縦体制）

ドローンを操縦する際に、発着地点の1人のオペレータで荷下ろしできる1オペレーション方式（以下、「1オペ」という。）の機種と、荷掛け地点と発着地点に計2人のオペレータが必要な2オペレーション方式（以下、「2オペ」という。）の機種があります。

1オペの機種では、通常、自動飛行機能やカメラが装備されており、一人で操縦が可能のため、比較的少ない作業人員で実施することができます。



2オペの機種は、自動飛行機能やカメラは付属せず、基本的に手動飛行です。長距離の目視内飛行が可能で、尾根を挟むような場所でも作業可能なほか、荷下ろし箇所を適宜変えたい場合に効率的な作業が行えるなど、自由度が高くなっています。

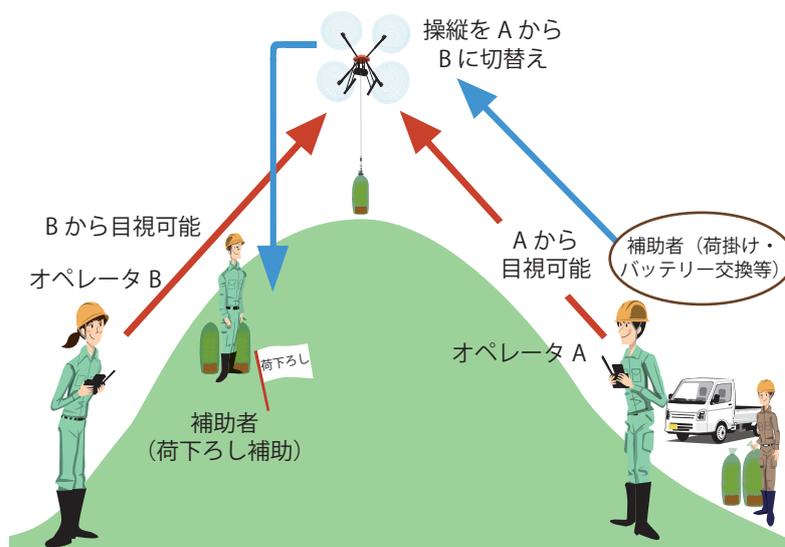


図3-3 1オペ機種（上）と2オペ機種（下）の作業体制の事例

#### ことば

1 オペレーション方式：発着地点の1人のオペレータで荷下ろしする体制のこと。

2 オペレーション方式：発着地点と荷下ろし地点に計2人のオペレータが必要な体制のこと。

#### (4) アタッチメント

運搬物を荷掛けして切離す部分には、テンションがかかるとフックが閉じ、かからなくなるとフックが開く自動フックのアタッチメントがついています。オペレータによる運搬物の荷下ろしができるため、補助者がドローンに近づく必要がなく安全性を保てます。自動フックを用いず、遠隔操作でドローンの下部の運搬物を脱着する機種もあります。

ワイヤロープが長いと荷下ろし時にドローンを地面近くまで下降させる必要がなくなる一方、運搬時の飛行バランスが悪くなるため、5m程度とする場合が多いです。ウインチ機構がある機種は、荷下ろし地点でドローンをあまり下降させず、ウインチで伸ばして荷下ろしできます。



図3-4 さまざまな自動フック（左、右）



図3-5 さまざまな自動フック（左）



図3-6 遠隔操作で運搬物を切離す機種（右）

#### ことば

アタッチメント：ドローン機体の付属装置。自動での荷下ろしを可能にするために取り付ける。

自動フック：運搬物が地面に着地し、ドローン機体に荷重がかからなくなるとフックが開く。

## 3-2 ドローン本体以外の必要機材

### (1) バッテリー

バッテリー 1 セットでの最大飛行時間は空荷で 20 分～ 30 分の機種が多いです。苗木等を運搬する場合は、さらに飛行時間が短くなるほか、墜落防止等のために、バッテリー残量が残っていても早めに交換する必要があります。そのため、複数のバッテリーを用意しておくようにします。

### (2) 充電器・発電機

バッテリーを充電するために必要です。現地で充電を行う場合は、発電機も必要になります。必要となる機材の数と充電のローテーションの検討を行い、バッテリー充電待ちのために作業が滞らないよう注意が必要です。



図3-7 バッテリー関連機材

### (3) 無線

発着地点と荷下ろし地点で連絡し合うため、無線機が必要になります。トランシーバーなどの無線が現場で使えないことが多いため、デジタル簡易無線や業務用無線を準備する必要があるほか、操縦中、オペレータはハンディタイプの無線が使えないため、ヘッドセットタイプのものを用いる必要があります。



図3-8 ヘルメットに装着した無線

その他、必要な機材等



図3-9 バッテリー充電場所



図3-10 安全服



図3-11 ドローン本体をしまうケース

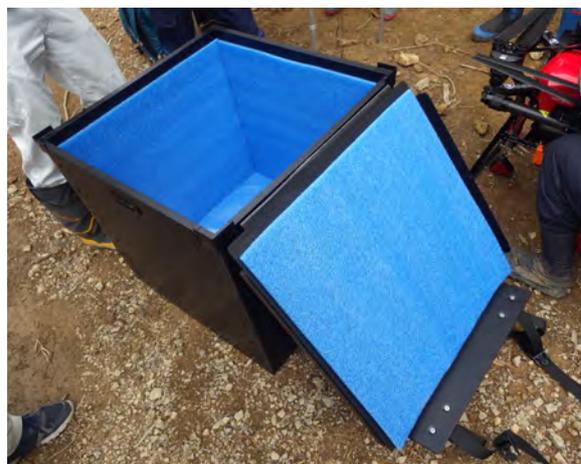


図3-12 ドローン本体、本体以外の必要機器の車載状況





図3-13 ヘルメットに装着した無線



図3-14 三脚で固定した無線



図3-15 運搬用苗木袋の例



図3-16 運搬する苗木（袋）の重さを計測



図3-17 ペイロードに合わせて苗木（袋）を荷作り

### 3-3 ドローン機種選定のポイント

本節では、事業体ごとに異なる環境条件や事業規模である中、どのような機種を選定するとよいのか、ポイントを紹介します。

#### 購入の際のチェックポイント

- 想定している運搬物は、機体のペイロード（最大積載重量）を超えないか
- 想定している発着地点からの運搬場所は、機体の最大到達高度を超えないか ※P38「安全管理の巻」参照
- 想定している発着地点からの運搬場所は、機体の最大飛行距離を超えないか ※P38「安全管理の巻」参照
- アタッチメントの種類（自動フックかなど）
- 機体等の大きさが車載可能か
- 機体の保険加入について（保障内容、費用など）

#### (1) 一人で操縦できる機種（1 オペ機種）

##### 特徴

- 自動飛行機能やカメラが装備されており、一人で操縦が可能
- 作業人員の少ない事業体でも、オペレータが一人いれば操縦可能
- 運搬距離が短く、見通しのよい事業地向き



図3-18 森飛ウインチ型：機体の大きさ 980mm（プロペラ除く）

## (2) 土場から植栽地が見えない場所で運搬できる機種（2 オペ機種）

### 特徴

- 発着地点と荷下ろし地点でオペレータが交代するため、荷下ろし箇所を適宜変えたい場合、効率的な作業が可能
- 尾根を挟むような場所でも作業が可能
- 路網整備が整っておらず、植栽地までの移動距離がある場合でも運搬が可能



図3-19  
森飛2オペ型：980mm  
(プロペラ除く)



図3-20  
森飛15：1042mm  
(プロペラ除く)



図3-21  
EAGLE15：1000mm

## (3) 一度に沢山運搬できる機種 (2 オペ大型機種)

## 特徴

- 一度に 20kg 以上を運搬することができるため、資材等のまとまった運搬が可能



図3-22 EAGLE24 : 1700mm



図3-23 EAGLE40 : 1900mm

図3-24 森飛25 : 2130mm  
(プロペラ除く)図3-25 XYZ20 Motte2 :  
2760mm図3-26 ITAKISO : 1730mm  
(プロペラ除く)

図3-27 CiDrone : 2000mm

# 4

## ドローン運搬のための飛行準備作業

---

ドローン運搬の実施にあたり、作業を効率的効果的かつ安全に行うために事前に作業現場における準備作業を行っておく必要があります。ここでは運搬前日までに  
行う準備作業と運搬当日の準備作業について、解説します。

---

## 4

## ドローン運搬のための飛行準備作業

## 4-1 ドローンを購入した際に必要な手続き

ドローンを購入した際には、ドローン機体の登録などの手続きが必要です。安全にドローンを飛行させるため、「無人航空機（ドローン・ラジコン機等）」の飛行に関する最新情報を確認しましょう。

**(1) 無人航空機の機体登録の義務**

2022年6月20日（※）より、100g以上の無人航空機の登録が義務化されました。登録されていない無人航空機を飛行させることはできません。機体購入後、直ちに機体登録の申請をしましょう。

登録の手順や最新情報については、「無人航空機登録ポータルサイト」等を確認しましょう。

（※）上記日付以前に購入の機体であっても登録の義務があります。

**(2) 登録記号の表示義務とリモートIDの搭載の義務**

申請が承認され、登録記号の通知が届いたら、機体に登録記号を直接記載または貼り付けるとともに、登録された情報を発信する機器（リモートID）を搭載しましょう。3年ごとの更新登録も忘れずに行いましょう。

搭載免除の条件や最新情報については、「無人航空機登録ポータルサイト」等を確認しましょう。また、リモートID内蔵型のドローンも販売されているため、購入時に確認しましょう。

## 安全管理の巻

## 保険の加入

ドローンを操縦する上で、墜落や衝突などの事故発生リスクは避けられません。万一事故を起こした時に備え、ドローン保険に加入することが望ましいでしょう。

ドローン保険は大きく分けて2つあり、墜落などにより他人へ損害を与えてしまったときに支払う損害賠償を補償する「賠償責任保険」と、所有している機体が被る損害に備える「機体保険」などがあります。ドローン保険は、保険内容によって保険料の設定が異なることから、所有する機体の価格や業務内容等を勘案して保険を選択しましょう。

適切な許可・承認を取得せずに無人航空機を飛行させた場合は、懲役又は罰金に科せられます。最新情報については、P105「もっと詳しく知りたいときは」を参考にしてください。



## 安全管理の巻

### オペレータの技量

人口集中地区等に該当しない山間部において「目視内飛行」を行う場合は、法令上は特段の申請義務はなく、飛行経歴が少ないオペレータも操縦することが可能です。

しかしながら、安全管理の観点から、オペレータは、ドローンに関する構造の把握や関連法規等を理解するとともに、ドローンスクールや指導者のもとで、正しい操縦法を学ぶことが重要です。

また、OJT等で自己研鑽を重ね操縦技術の向上に努めることが、安全な業務遂行につながると考えられます。

## 4-2 運搬前日までの準備作業

運搬前日までに、チェックリストの項目について、十分に検討しましょう。

### やることリスト

- |   |   |
|---|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> 発着地点の検討             | <input checked="" type="checkbox"/> 飛行手続き       |
| <input checked="" type="checkbox"/> 荷下ろし地点の検討           | <input checked="" type="checkbox"/> 機体の準備・点検    |
| <input checked="" type="checkbox"/> 飛行ルート of 検討         | <input checked="" type="checkbox"/> 荷造り         |
| <input checked="" type="checkbox"/> 作業中の立入り禁止エリアの<br>検討 | <input checked="" type="checkbox"/> 気象情報の確認     |
|   | <input checked="" type="checkbox"/> 非常時の連絡体制の確認 |

### (1) 発着地点の検討

#### ポイント

発着地点は土場と車道に近く、周辺が開けた水平な場所に設定。

ドローン運搬をする場合、土場から植栽地まで運搬するものとしては苗木やシカ柵などの造林資材があります。軽トラックなどの車両で運ばれてくる造林資材は数が多く重量もあるため、土場や車道とドローンの発着地点の距離をできるだけ近く設定すると、人力で造林資材を移動させる距離が短くなり、効率良く作業することができます。

また、ドローン本体やバッテリー、充電に使う発電機等も重量があり、発着地点まで車両で運搬できることが望めます。

ドローンの操縦は、ドローンから10m以上離れた位置で行う必要があるため、上空及び周辺が開けた空間に設定します。また、着陸時の転倒等の事故を防止するため、なるべく水平な場所を選びましょう。

1オペの機種を用いる場合は、荷下ろし地点を目視できる必要があります。



図4-1 十分に周辺が開けた発着地点

## (2) 荷下ろし地点の検討

### ポイント

分散して運搬すると植付作業に効率的。  
まとめて運搬するなら斜面上部に。

植栽地の地形や形状から、荷下ろし後の植付作業の行いやすさを考慮し決めます。

荷下ろし地点数が多いほど、作業員が植付位置まで移動する距離が短くなり、運搬が終わった段階で荷下ろし地点周辺での植付作業を開始することができます。

また、斜面上部に荷下ろしすることで、植付作業の軽労化を図ることができます。



図4-2 荷下ろし地点の目印

### (3) 飛行ルート of 検討

#### ポイント

常にオペレータがドローンを目視できるルートを設定。

立木等障害物の有無を現地で確認し、安全かつ効率的に運搬できるルート、常にオペレータ（2 オペ機種の場合、いずれかのオペレータ）がドローンを目視できるルートを設定します。

発着地点から荷下ろし地点まで直線的な飛行ルートを設定すると、飛行距離が短くなり操縦がしやすくなります。

また、必要に応じて土地所有者からの同意を得る必要があります。



#### 安全管理の巻

#### 現地の状況確認

飛行の前には事前に下見を行うなど現地の状況を確認する必要があります。特に、発着場所の確保、目視外飛行の有無、鉄塔等の構造物の有無の確認を行う必要があります。

送電線や建物、道路の上空を飛行することは、オペレータにとって大変な心的ストレスとなります。飛行ルートの再検討を行い、障害物を避けるように検討しましょう。

また、ドローンは機体によって最大到達高度や最大飛行距離が異なります。最大値を超えた運搬は機体の不具合や事故の原因となるため、事前に離発着地点から運搬箇所の距離・高度を確認し、運搬時には最大値を超えないよう十分に留意して操縦しましょう。

### (4) 作業中の立入り禁止エリアの検討

ドローンの飛行中、飛行ルート周辺は立入り禁止です。関係者によく周知するほか、第三者が知らずに立ち入らないように、看板設置や監視員の配置等の検討をします。

また、万ードローンに不具合が生じた場合に、不時着させる場所を検討しておきます。



図4-3 注意喚起の看板

## (5) 飛行申請

ドローン運搬を実施する場合、植栽地は通常「飛行禁止区域」に該当せず、見通しも確保できることから「目視内飛行」を行うことが多いため、特段の飛行手続き等は必要ありません。

しかし、対地高度が150mを超えた場合は「高度150m以上の飛行許可」が必要となるため、当該空域を管轄する空港事務所に申請書を提出する必要があります。特に運搬ルートに谷地形がある場合は、対地高度の確認を行いましょう。

下表に該当する場合には許可・承認申請が必要になることがありますので、注意が必要です。航空法などの最新情報を確認し、必要な手続きをして飛行させましょう。

飛行方法	必要な手続き・届出等	確認の方法
「飛行禁止区域」に該当せず、「目視内飛行」を行う場合	対地高度が150mを超える場合「高度150m以上の飛行許可」が必要。当該空域を管轄する空港事務所に申請書を提出	
航空法第132条に定める「飛行禁止空域」及び「緊急用務空域」の飛行（空港周辺や人口集中地区、警察や消防活動等が想定される空域）	国土交通省及びその空域を管轄する空港事務所への許可申請が必要	国土交通省HP「無人航空機の飛行禁止空域と飛行の方法」 ( <a href="https://www.mlit.go.jp/koku/koku_fr10_000041.html">https://www.mlit.go.jp/koku/koku_fr10_000041.html</a> )
航空法第132条の2に定める「飛行の方法」によらない飛行として、特に、「目視外飛行」、「(人又は物件から)30m未満の飛行」、「物件投下」などを行う場合	国土交通省への承認申請が必要	目視外飛行となる場合は承認申請が必要 荷下ろし時に物件を地面に接地させてから切り離す場合は「物件投下」にあたらないとされていますが、今後の法改正等にも注意する

## 安全管理の巻

## ドローンの飛行ルール

山間地域でドローンの飛行を行う場合、国土交通省への承認申請が必要となる主なものは以下のとおりです。なお、承認申請に際しては、10時間以上の飛行経歴が求められます。

## 【目視外飛行】

立木等の繁茂により、対象区域での飛行が目視外となることが予想される場合は、飛行承認申請が必要となります。国交省の実施要領等の公表を確認しましょう。

目視外飛行となる事例（本実証地で確認した目安）

<p>〈1オペレーション〉</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 運搬距離が500m以上※</li> <li>・ 飛行経路に尾根や障害物がある場合</li> <li>・ 目視内飛行ができる運搬距離の範囲内で見通しの良い荷下ろし地点を確保できない場合</li> </ul>	<p>〈2オペレーション〉</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 運搬距離が1,000m以上※</li> <li>・ 目視内飛行ができる運搬距離の範囲内で発着地点と荷下ろし地点のオペレータがともに目視できる状態で操縦を切替えられる空域がない場合</li> </ul>
---	---

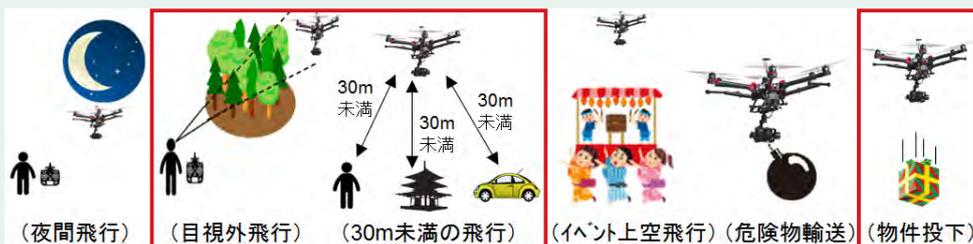
※「目視外」となり得る距離についての明確な基準はなく、その程度については、当日の環境条件や個人の視力、またプロポからの電波が届く範囲（機種により異なる）等様々な要因で変動します。

## 【30m 未満の飛行】

人口密集地域の如何にかかわらず、飛行ルート周囲 30m 以内に物件（送電線・建物など）がある場合には承認申請が必要です。

## 【物件投下】

ドローンから何らかの物を投下する行為は飛行承認申請が必要となるほか、オペレータには物件投下の訓練が求められます。苗木等運搬においては、苗木袋が地面に接地したことを確認してから自動フックを外すようにしてください。



出典：国土交通省HP ([https://www.mlit.go.jp/koku/koku\\_fr10\\_000041.html](https://www.mlit.go.jp/koku/koku_fr10_000041.html))

図4-4 飛行承認申請が必要な行為

## (6) 機体の準備・点検

ドローン本体の準備・点検のほか、充電ができているか、バッテリーの準備なども行います。

### 持ち物リスト



ドローン機体



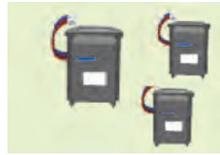
アタッチメントと  
ワイヤ



送信機（プロポ）



無線（トランシーバ）



バッテリー（交換用  
バッテリー含む）



充電器



発電機



インバータ発電機  
用ガソリン燃料



消火器

## 安全管理の巻

### 機材の確認

前日までに機材の確認、動作確認及びバッテリーの充電状況の確認を行います。特に、機材については部品が1つ足りないだけで、現地でドローンを飛ばせないこともあることから、十分に確認を行います。また、冬季はバッテリーの消耗が速いので予備のバッテリーを準備しておく必要があります。

2オペレーションタイプのドローンを使用する場合は、オペレータ間の無線通信が重要であり、確実な連携ができないと事故につながる可能性があります。特に山間部では、オペレータが互いに視認できない場合が多々あり、無線通信の状況等を事前確認しておく必要があります。

## 安全管理の巻

## 機体の定期点検

ドローンの機体は、飛行前に故障や破損などがいないか確認を行い、定期的に専門業者によるメンテナンスなどを受ける必要があります。

国土交通省の「無人航空機飛行マニュアル」によれば、「飛行前の点検」として、各機器の取付状況（ゆるみや脱落）、発動機やモーターの異音、機体の損傷やゆがみ、バッテリーの充電量、通信系統・推進系統・電源系統及び自動制御系統の作動状況などの確認、「飛行後の点検」として、ゴミ等の付着、各機器の取付状況（ゆるみや脱落）、機体の損傷やゆがみ、各機器の異常な発熱などの確認、さらに、20時間の飛行毎に、交換の必要な部品、各機器の取付状況（ゆるみや脱落）、機体の損傷やゆがみ、通信系統、推進系統、電源系統及び自動制御系統の作動などの点検が求められています。

ドローンの運用に際しては、飛行記録とともに、毎回チェックリスト等により、機体の状態を確認、記録することが重要です。

## 安全管理の巻

## バッテリーの管理

ドローンには高出力で軽量なリポバッテリーが用いられており、強い衝撃を与えると発火する危険性があることから、バッテリーの保管等には十分注意する必要があります。

保管や運搬の際は、耐火性のある金属容器などに入れ、リポバッテリーのコネクタ同士が接触してショートしないようにキャップ等を被せ、保管温度は22～28度となるように管理します。

充電に際しても、正しい方法や機材で行わないと発火などの事故が起こるおそれがあることから、充電器やリポバッテリーの仕様書等に定められた方法で行うとともに、充電中は、充電器及びリポバッテリーから離れないようにしましょう。

リポバッテリーは、フル充電の状態でも保管すると劣化を早めることになるので、保管に際しては、容量の60%程度とすることが望ましいです。逆に完全に放電してしまうとバッテリー自体を壊してしまうことになるため、長期保管する場合は、自然放電等により過放電を起こしていないか、定期的にバッテリー容量のチェックが必要です。

## (7) 荷造り

### ポイント

苗木の生産業者にドローン運搬が可能な状態で苗木を出荷してもらおうと効率的。

苗木袋が小さく運搬中に苗木が袋から漏れて落下する可能性がある場合や、口紐が荷重に耐えられないことが危惧される場合は、丈夫なネット袋やモッコ等に詰め替えておきましょう。その際、苗木がはみ出ないように、すべて収まるよう、準備することが望ましいでしょう。

また、苗木の生産業者にドローン運搬が可能なネットに梱包して出荷してもらおうと、詰め替えに係る時間が省略でき効率的です。その場合は、使用するドローンのペイロードも考慮して依頼しましょう。



図4-5 出荷された状態では運搬出来ない場合、運搬用苗木袋へ詰め替える



図4-6 苗木（袋）を計量し、ドローン機体のペイロードに合わせて運搬

## (8) 気象情報（天気、風速、警報、注意報等）の確認

### ポイント

雨天や風の強い日などは飛行日程を変更することが望ましい。

ドローンの飛行には、気象状況が大きく影響します。事前に天気予報等により、降雨の有無や風速の状況等を確認し、実施の可否を判断しましょう。

雨天や風の強い日（風速 5m/s 以上）などは飛行を中断することが望ましいでしょう。

また、苗木等の運搬地は山地であるため、地上（離発着所）と上空で風速や風向が大きく異なる場合があります。特に尾根や谷部では吹上げ、吹き下ろしなどが発生するため、注意が必要です。



### 安全管理の巻

#### 降雪や積雪がある場合

降雪している場合は、飛行を中断することが望ましいでしょう。雨天時よりさらに周囲の見通しが悪く、目視確認が十分にできないだけでなく、ドローン機体や関連機材には防水機能が付いているものは少なく、故障の原因となります。

積雪がある場合、オペレータの足場が悪く、作業の安全性が保てないため大変危険です。飛行を延期することが望ましいでしょう。



見通しのよい地形でも、積雪があると足場が不安定で危険

### (9) 非常時の連絡体制の確認

事前に通話可能な範囲を確認するとともに、飛行の場所を管轄する警察署、消防署等の連絡先を調べておき、ドローンの飛行による人の死傷、第三者の物件の損傷、飛行時における機体の紛失または飛行物との衝突、墜落による発火等が発生した場合に備え、速やかに連絡がとれる体制を確保しましょう。



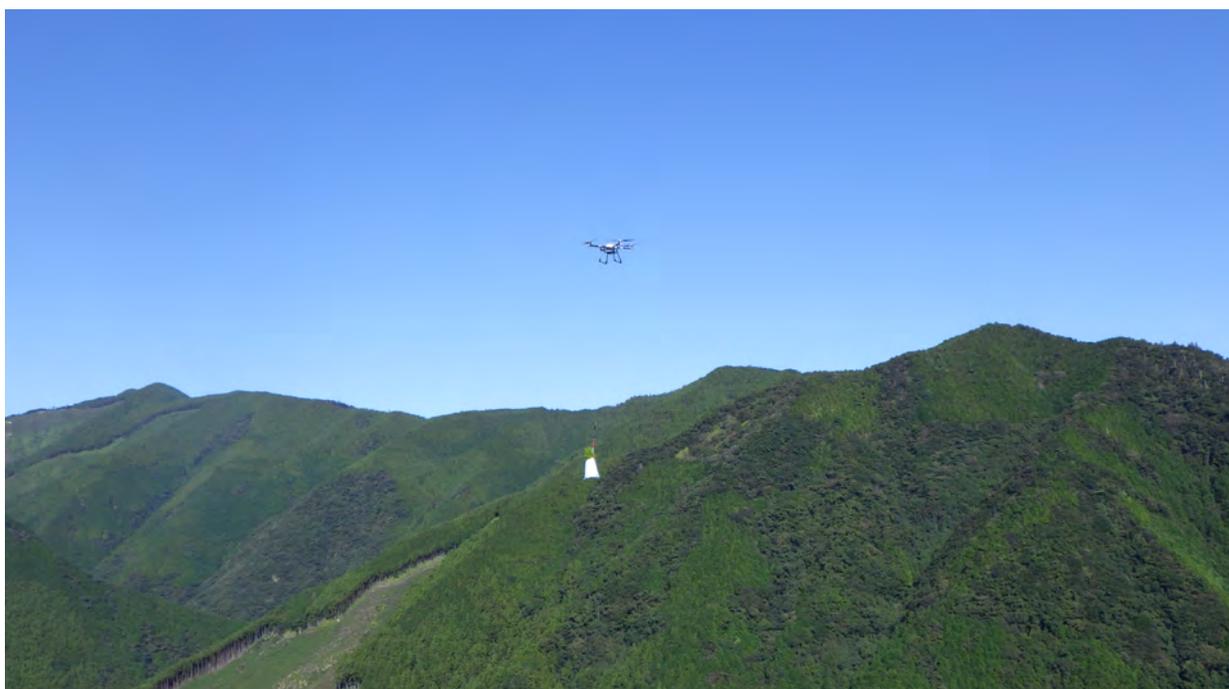
消火器も忘れずに準備

### 4-3 運搬当日の確認事項

運搬当日は、チェックリストの項目を確認し、安全な実施体制を確保しましょう。

#### 安全な実施体制の確認リスト

- ☑ 場所の確保・周辺状況を十分に確認し、第三者の上空では飛行させない。
- ☑ 風速 5m/s 以上の状態では飛行させない。
- ☑ 雨の場合や雨になりそうな場合は飛行させない。
- ☑ 十分な視程が確保できない雲や霧の中では飛行させない。
- ☑ 降雪や積雪がある場合は飛行させない。
- ☑ 飛行時は、オペレータや補助者等が相互に安全確認を行う体制がとれるよう、無線の受信状況などを綿密に確認する。
- ☑ 補助者は、飛行範囲に第三者が立ち入らないよう注意喚起を行う。
- ☑ 補助者は、飛行経路全体を見渡せる位置において、無人航空機の飛行状況及び周囲の気象状況の変化等を常に監視し、オペレータが安全に飛行させることができるよう必要な助言を行う。



## コラム

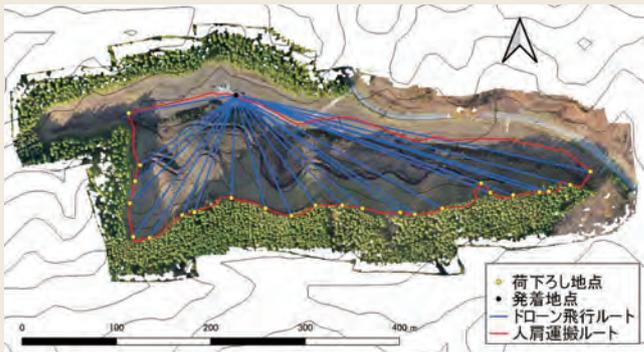
苗木以外の運搬事例①  
シカ柵等の造林資材

ドローンでは、資材を置きたい任意の場所に置くことができるため、シカ柵等の造林資材を運搬する場合にも効果的に活用することができます。下図のように運搬する資材を設置箇所に合わせて複数の位置へ分散することで、その後の設置の作業を効率的に行う事ができます。

一回で運搬できる重量はドローン機体ごとのペイロードによるため苗木運搬時と変わりませんが、形状等が苗木とは異なるため、風の影響や荷下ろし時に注意して実施しましょう。



運搬の様子



資材箇所の運搬地点



運搬したシカ柵

## コラム

苗木以外の運搬事例②  
磨き丸太の用材

磨き丸太は人力、索道、小型発動機をついた荷車等で運搬されています。従来の手法では、丸太に傷が付き商品価値が低下してしまう場合がありますが、ドローンを使用することで丸太の商品価値を損なわないような運搬が期待できます。また、丸太は3m×12cm(4寸)や4m×9cm(3寸)のサイズであっても、30kg-40kgと非常に重いため、人力で運搬するような場所では省力化も期待できます。

丸太は非常に重く、水分を含むことによっても重量が大きくなる可能性があります。落下した際は大きな事故に繋がる可能性が高いため、荷掛け・荷下ろし・飛行ルートの安全の確保等には細心の注意を払いましょう。



運搬の様子



運搬に使用した釣り紐



運搬した丸太

# 5

## 運搬工程

---

ドローン運搬は、1 オペ機種、2 オペ機種に関わらず、①荷掛け、②往路運搬飛行、③荷下ろし、④復路（戻り）飛行、⑤着陸、⑥バッテリー交換・機体チェック、の6工程のサイクルで繰り返されます。

本章では、この6工程について、工程ごとに作業内容や留意点等を解説します。

---

## 5

## 運搬工程

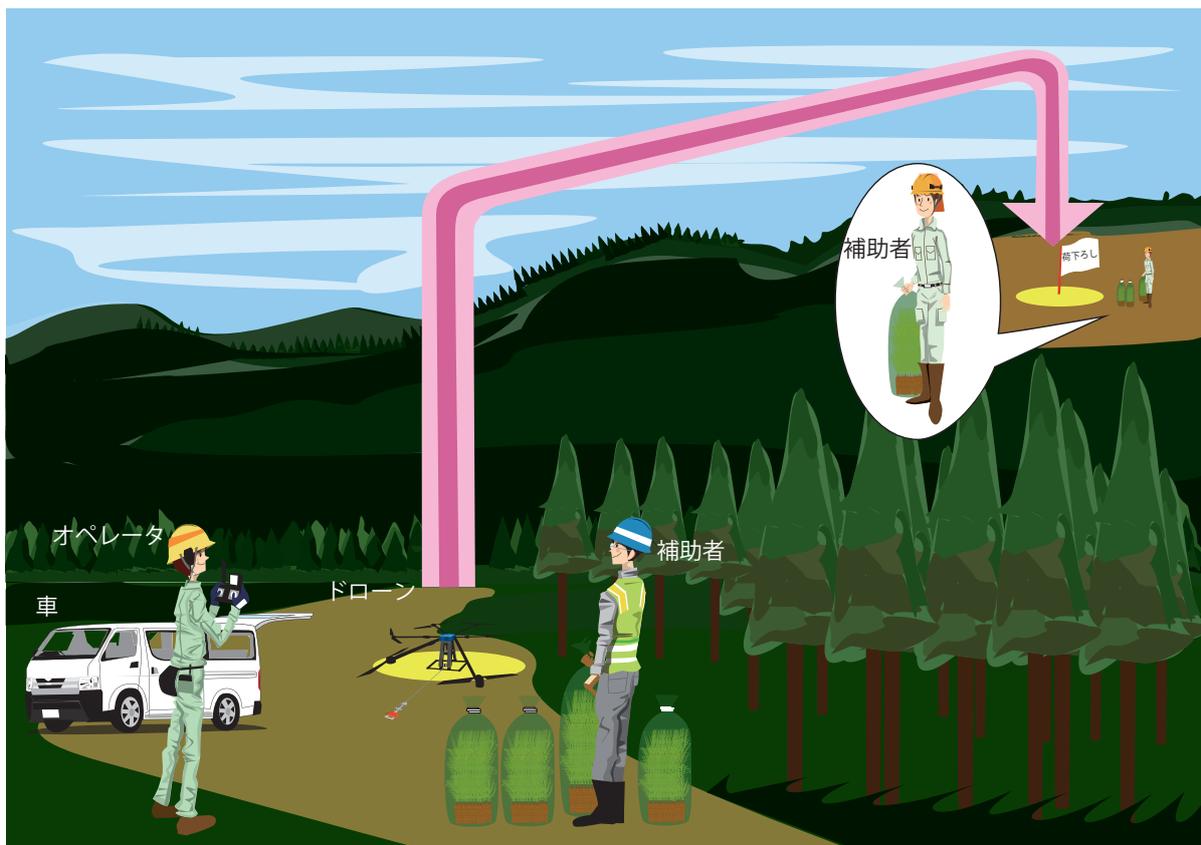


図5-1 ドローン運搬における運搬工程（1オペレーション）

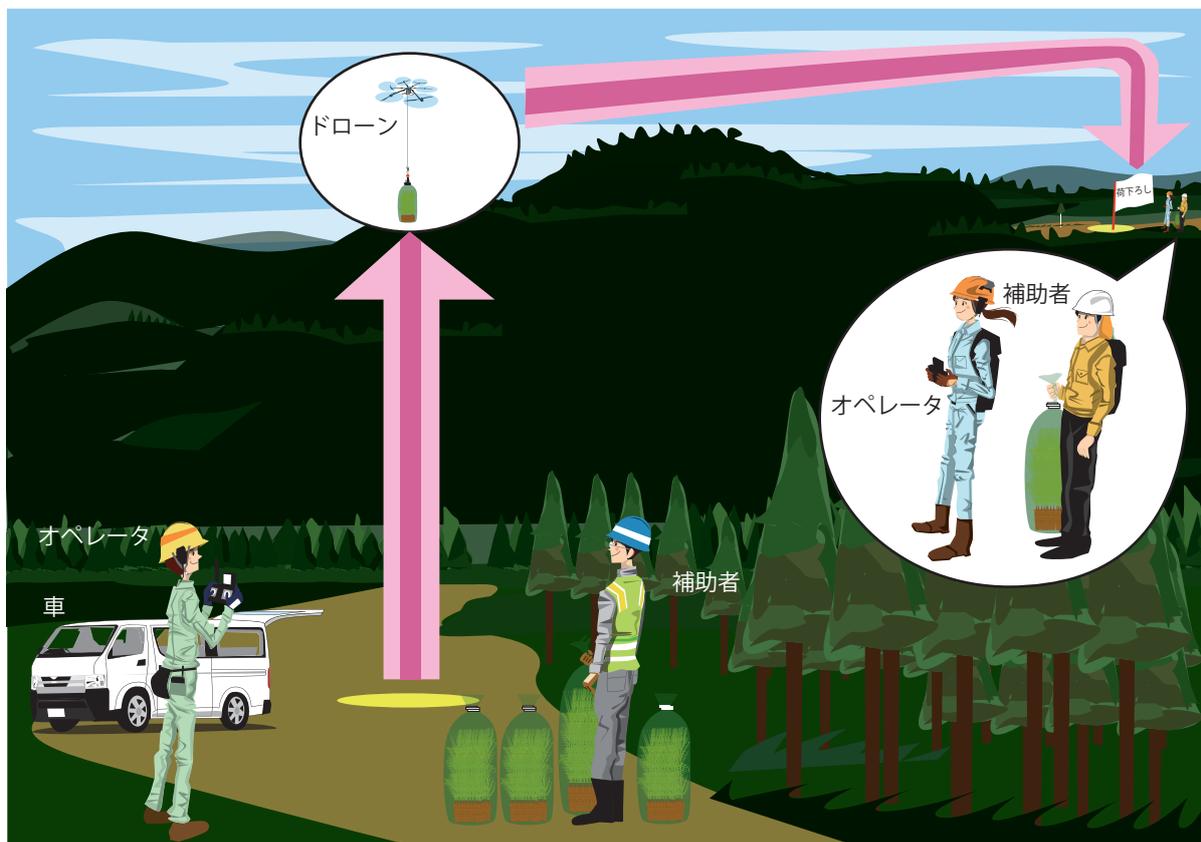


図5-2 ドローン運搬における運搬工程（2オペレーション）

## 5-1 荷掛け

### ポイント

あらかじめドローン運搬が可能な状態で苗木を出荷してもらうと効率的。

苗木等運搬用ドローンには、通常、苗木の入った袋等が運搬できるようフックや遠隔切離し装置等のアタッチメントが装備されています。これらのアタッチメントに苗木袋等の運搬物をセットする作業を荷掛けと呼んでいます。荷掛け作業は、安全のためドローンを発着地点に着陸させた状態で行います。



図5-3 荷掛け作業

### 安全管理の巻

#### 再度荷掛けを行う際

荷下ろし時には苗木等を地面に接地させてから切離す必要があるため、アタッチメントとしてウインチがある場合にはウインチを伸ばし、ない場合にはドローン自体をワイヤの長さ分まで下降させる必要があります。荷下ろし後、発着地点に戻り、再度荷掛けを行う際は、安全のため、毎回着陸させて行うことが重要です。



図5-4 荷掛け作業の様子

## 5-2 往路運搬飛行

### ポイント

オペレータがドローンを目視確認できる場所で操縦すること。

往路運搬飛行は、荷掛け後、荷下ろし箇所上空まで苗木等を運搬飛行させる作業（ドローン操縦）です。



図5-5 往路運搬飛行の様子

### 1 オペ機種

発着地点のオペレータが全ての操縦を行います。また、自動飛行機能が付いている場合、最初の飛行で調整が終われば、自動飛行が可能です。

荷下ろし箇所上空に障害物が多い場合や、背後に斜面がある場合等は、荷下ろし地点上空にドローンが近づく際、その場所にいる補助者と無線連絡をとりながら操縦を行います。

なお、1 オペの機種は、自動飛行中であっても安全のため目視内飛行を行います。目視確認を確保するため、500m以内とすることが望ましいです。

### 2 オペ機種

自動飛行機能等は通常ついていないため、基本的にオペレータが目視しながら操縦します。

最初の操縦は発着地点のオペレータが行い、途中で荷下ろし地点のオペレータが操縦を交代します。操縦交代（切換）箇所については、双方がともにドローンを目視確認できる場所とします。

なお、2 オペの機種の場合、発着地点から荷下ろし地点が見えない場合でも運搬飛行することができますが、1,000m以内の飛行とすることが望ましいです。

## 5-3 荷下ろし

### ポイント

オペレータが目視で操縦を行い、自動フックで荷を切り離す。

荷下ろしは、荷下ろし地点上空からドローンもしくはドローンに装着されたウインチを下降させ、植栽地に苗木等の運搬物を降ろす作業（ドローン操縦）です。

### 1 オペ機種

荷下ろしのための操縦は、通常ドローンにカメラがついているため、発着地点のオペレータがプロポのカメラ画像で荷下ろし地点を確認しながら慎重に操縦して運搬物を下降させます。

荷下ろし地点は発着地点から目視できる必要があります。



図5-6 1オペの機種のプロポ（右下）と荷下ろしの様子

### 2 オペ機種

荷下ろし地点ではオペレータが交代しているため、荷下ろし地点のオペレータが目視で操縦を行います。荷下ろし地点のオペレータの判断により、ドローンの降下地点をフレキシブルに変えられるため、荷下ろし地点を少し変えたい場合や地点数が多い場合には効率的に作業できます。荷の切離し作業については、アタッチメントの種類により作業が異なります。



図5-7 2オペの機種と荷下ろし地点のオペレータ

アタッチメントが、自動フックの場合、荷重がかからなくなるとフックが自動で外れる仕組みのため、運搬物を地面に接地させ荷重がかからなくなるまで下降もしくはウインチを伸ばして、荷下ろしを行います。

遠隔切離し装置の場合、オペレータが好きなタイミングで運搬物を切離すことができます。運搬物が地面に接地してから切離し操作を行います。

万が一、運搬物が地面に接地していないうちに切離す作業を予定する場合は、物件投下申請が必要です。

## 5-4 復路（戻り）飛行

### ポイント

オペレータがドローンを目視確認できる場所で操縦すること。

復路飛行は、荷下ろし後、空荷のドローンを発着地点まで飛行させる作業（ドローン操縦）です。

### 1 オペ機種

自動飛行機能が付いている場合、自動飛行により発着地点上空まで飛行させることができます。

### 2 オペ機種

自動飛行機能は通常ついていないため、オペレータが目視で操縦します。操縦手順は往路運搬飛行と逆となり、最初の操縦は荷下ろし地点のオペレータが行い、途中で発着地点のオペレータが操縦を交代します。操縦交代（切換）箇所については、双方がともにドローンを目視確認できる場所で行います。



図5-8 復路飛行の様子

## 5-5 着陸

### ポイント

地表付近では、ドローン自体が巻き上げた風で機体が不安定になるため、特に慎重な操縦が必要。

着陸は、復路飛行のドローンを次の運搬のための荷掛けやバッテリー交換・機体チェックのために発着地点に着陸させる作業（ドローン操縦）です。

作業は発着地点側のオペレータが実施します。



図5-9 着陸の様子

## 5-6 バッテリー交換・機体チェック

### ポイント

バッテリー残量は常に確認し、余裕を持って交換を。

運搬距離、運搬物の重量、気温等によりバッテリーの減り方が異なることから、バッテリー残量は常に確認し、余裕を持って交換する必要があります。また、運搬回数が多い場合、バッテリーの充電が間に合わず作業が中断することを避けるため、十分なバッテリー本数と発電機・充電器を準備しておくことが望ましいです。

機体チェックについては、バッテリー交換時に定期的に行うほか、往路飛行や復路飛行等において不自然な飛行が確認された場合は、すぐに不具合箇所や破損等の確認を行いましょう。

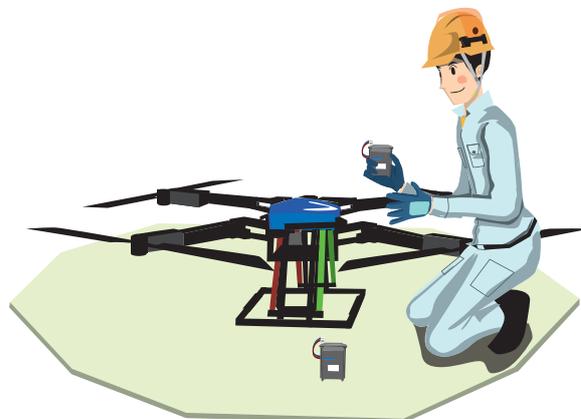


図5-10 バッテリー交換



図5-11 バッテリー交換の様子

### 安全管理の巻

#### バッテリー残量

バッテリーについては、残量が60%程度になったら、交換することが望ましいです。バッテリーを限界まで使い切ってしまうと、充電に時間を要するほか、緊急時の対応が困難になる場合がありますので十分気をつけましょう。

## コラム

## バッテリー交換のローテーションの例

- ① バッテリー 2 本で 20 分飛行できる機種で 6 本のバッテリーを用意し、
- ② バッテリー充電に 40 分かかり、
- ③ 1 台で 2 本のバッテリーを充電できる充電器を 2 個使った場合のバッテリー充電のローテーションの例を示します。

累積時間	20分 ▶	40分 ▶	60分 ▶	80分 ▶	100分 ▶	120分
バッテリー1	飛行1	充電器1	充電器1	飛行4	充電器2	充電器2
バッテリー2						
バッテリー3		飛行2	充電器2	充電器2	飛行5	充電器1
バッテリー4						
バッテリー5			飛行3	充電器1	充電器1	飛行6
バッテリー6						

(株式会社マゼックスのパンフレットを参考)



## 安全管理の巻

## バッテリー消費量

高低差がある場所で運搬する場合、バッテリーの消費がより大きくなります。

また、気温が低い時もバッテリーの消費が大きくなります。

このような場合の対処法として、バッテリーを温めるために、短い距離で飛行を繰り返した後、高低差の大きい場所で飛行する工夫を行っている事業者もあります。

# 6

## 作業体制

---

ドローン運搬においては、基本的に、ドローン発着地点と荷下ろし地点にオペレータと補助者を配置します。

本章では発着地点及び荷下ろし地点に配置すべき人数と役割分担について解説します。

---

## 6

## 作業体制

## 6-1 1 オペ機種

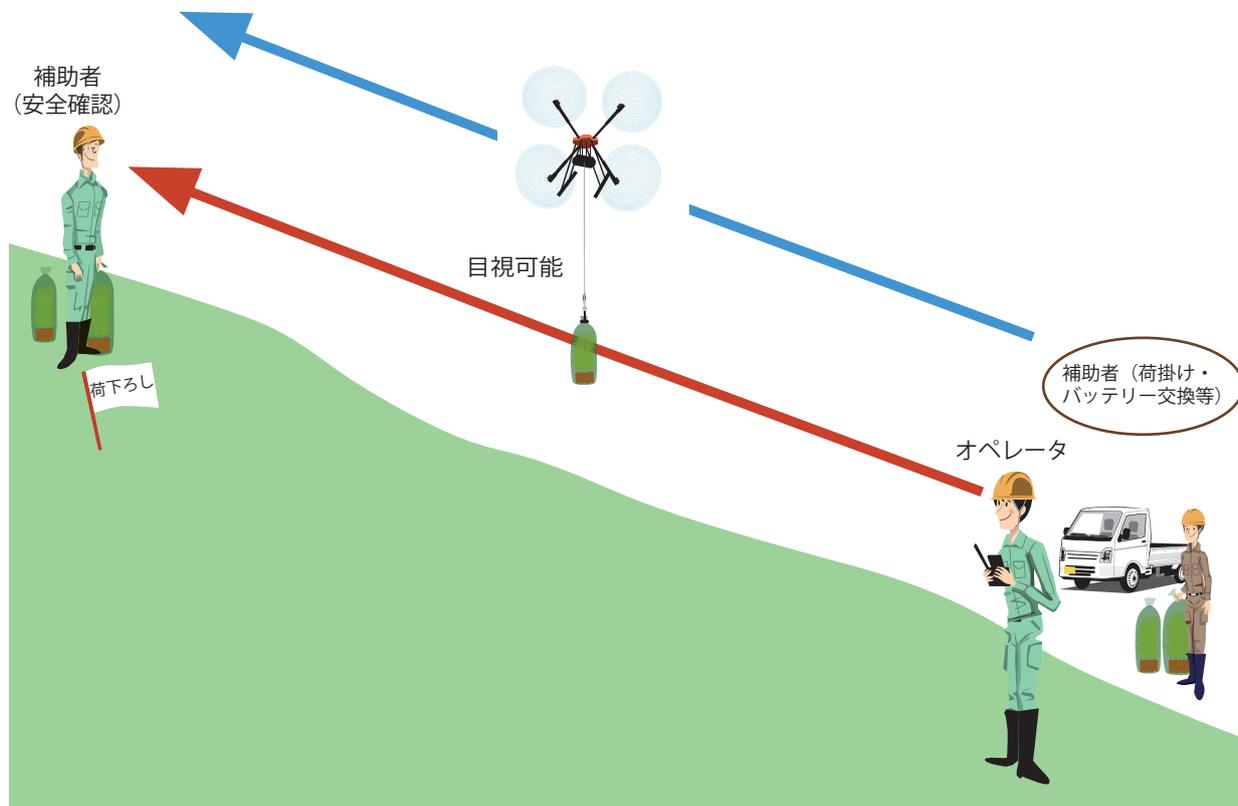


図6-1 1オペの機種を用いた場合の作業体制の例

作業項目	1オペ機種を用いた場合の作業体制	
発着地点	操縦	発着地点のオペレータ
	バッテリー交換・機体チェック等	発着地点の補助者 (発着地点のオペレータが兼ねることも可)
	荷掛け	発着地点の補助者 (発着地点のオペレータが兼ねることも可)
	安全確認	発着地点の補助者 (車両通行がある場合等)
荷下ろし地点	操縦	発着地点のオペレータ
	荷下ろし	発着地点のオペレータ
	安全確認(後背斜面への衝突防止のため)	荷下ろし地点の補助者 (平坦地等では不要)
総人数	オペレータ1人+補助者0~2人	

※各補助者は兼務可能

## 6-2 2オペ機種

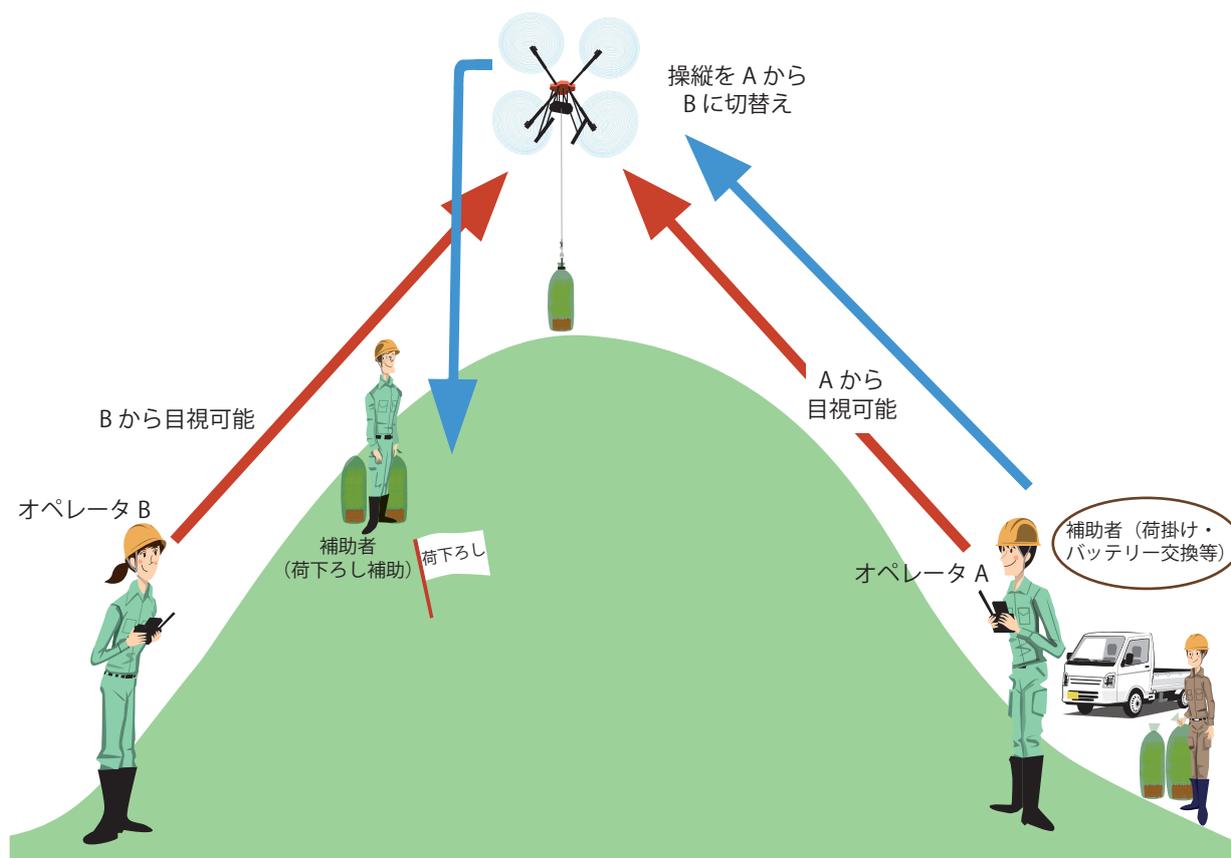


図6-2 2オペの機種を用いた場合の作業体制の例

作業項目	2オペ機種を用いた場合の作業体制	
発着地点	操縦	発着地点のオペレータ
	バッテリー交換・機体チェック等	発着地点の補助者 (発着地点のオペレータが兼ねることも可)
	荷掛け	発着地点の補助者 (発着地点のオペレータが兼ねることも可)
	安全確認	発着地点の補助者 (車両通行がある場合等)
荷下ろし地点	操縦	荷下ろし地点のオペレータ
	荷下ろし	荷下ろし地点のオペレータ
	安全確認(後背斜面への衝突防止のため)	荷下ろし地点の補助者 (荷下ろし地点のオペレータが兼ねることも可)
総人数	オペレータ2人+補助者0~2人	

※各補助者は兼務可能

### 6-3 発着地点

発着地点では、ドローンの操縦、バッテリー交換・機体チェック、荷掛け等の作業があります。

#### (1) 操縦体制

1 オペ機種、2 オペ機種ともに共通で、発着地点にオペレータが1人配置されます。

#### (2) 操縦以外の作業

バッテリー交換や荷掛け作業は、技術を要するものではないため、オペレータ以外の補助者に役割を担ってもらうことができます。

補助者を配置すると、補助者がバッテリー交換や荷掛け作業を行うことにより、オペレータがドローンの操縦に集中できるため、全体の作業時間を短縮することができます。

一方、補助者の配置が難しい場合は、発着地点のオペレータがバッテリー交換や荷掛け作業を行うことも考えられます。

なお、発着地点が林道脇等で車両等が通行する場合には、オペレータのほかに補助者を安全管理も兼ねて配置する必要があります。

### 6-4 荷下ろし地点

荷下ろし地点では、ドローンの操縦、荷下ろし、後背斜面への衝突防止のための安全確認等の作業があります。

#### (1) 操縦体制

1 オペの機種の場合、発着地点のオペレータが操縦します。

2 オペの機種の場合、荷下ろし地点にオペレータを1人配置します。

#### (2) 操縦以外の作業

1 オペの機種を使用する場合、事業地が平坦で後背斜面への衝突等のおそれがないければ、補助者は必要ありません。

しかし、実際の荷下ろし地点は傾斜地である場合が多く、発着地点からはドローン機体と後背斜面の距離感が掴みにくいため、安全確認や荷下ろし箇所の指示等のため、補助者を配置するとよいでしょう。

2 オペの機種を使用する場合、荷下ろし地点にオペレータを1人配置する体制となり、安全確認等が必要な場合、そのオペレータが兼ねることができます。

安全確認等のため、荷下ろし地点に補助者1名を配置する事例もあります。補助者を配置することにより、オペレータがドローンの操縦に集中できます。

# 7

## 事例紹介

---

全国各地でのドローン活用事例、実際に用いられている機種等について紹介します。

---

## 7

## 事例紹介

## 実証地一覧

水平距離  
350m以上高低差  
100m以上植栽本数  
10,000本以上植栽面積  
4.0ha以上

1章「ドローン運搬に適した条件」で示した、水平距離、高低差、植栽本数、植栽面積の4つ条件について、各実証地はどのような条件であったかが一目でわかるように、適した条件の実証地には上記のような **赤い枠** で示しています。参考にしてください。

CASE ページ	場所	所有形態	運搬物	平均 水平 距離	平均 高低 差	機種 (メーカー)	操縦 体制	オペ レータ	運搬人工/千本	
		植栽面積	総植栽本数						ドローン	人肩
1 P64	岩手県 奥州市	国有林 9.14ha	スギコンテナ苗 150cc/470cc 18,300本	570	100	EAGLE24 (DWS)	2オペ (一部 3オペ)	委託 業者	1.33	1.33
2 P66	宮城県 石巻市	国有林 2.32ha	土嚢 150kg	360	80	EAGLE24 (DWS)	2オペ	委託 業者	-	1.17
3 P68	茨城県 大子町	国有林 2.85ha	スギ/ヒノキ コンテナ苗 150cc 5,700本	560	84	M1000 (Mazex)	2オペ	委託 業者	0.87	1.26
4 P70	茨城県 城里町	国有林 5.84ha	ヒノキ コンテナ苗 150cc 12,264本	362/ 477	48/ 62	EAGLE24/40 (DWS)	2オペ/ 3オペ	委託 業者	0.94	1.04 - 1.17
5 P72	栃木県 那須町	民有林 11.5ha	スギ コンテナ苗 150cc 25,000本	269	80	森飛25 (Mazex)	2オペ	県森連	0.69	1.23
6 P74	群馬県 東吾妻町	国有林 2.5ha	カラマツ コンテナ苗 300cc 6,000本	265	40	EAGLE15/24 (DWS)	2オペ	委託 業者	1.13	0.99
7 P76	長野県 大桑村	国有林 4.92ha	ヒノキ コンテナ苗 150cc 10,898本	190	-70	M1000 (Mazex)	2オペ	委託 業者	0.61	1.04
8 P78	岐阜県 七宗町	国有林 8.96ha	ヒノキ コンテナ苗 150cc 21,603本	445/ 419	155	森飛15/25 (Mazex)	2オペ	委託 業者	0.58	1.44- 1.47
9 P80	静岡県 小山町	国有林 4.2ha	ヒノキ コンテナ苗 300cc 8,820本	438	122	XYZ20 (山進)	2オペ	委託 業者	0.88	1.33

CASE ページ	場所	所有形態	運搬物	平均 水平 距離	平均 高低 差	機種	操縦 体制	オペ レータ	運搬人工/千本	
		植栽面積	総植栽本数			(メーカー)			ドローン	人肩
10 P82	兵庫県 神河町	民有林 1.55ha	スギ コンテナ苗 150cc 4,650本	375	85	森飛ウインチ型 (Mazex)	1オペ	林業 事業者	0.39	1.17
11 P84	和歌山県 日高川町	民有林 5.96ha	スギ コンテナ苗 150cc 11,920本	445	190	森飛ウインチ 型/2オペ型 (Mazex)	1オペ/ 2オペ	委託 業者	0.55	1.59
12 P86	和歌山県 田辺市	民有林 1.42ha	シカ柵 270kg	177	84	UKN5 (いたきそ) (株式会社上道 キカイ)	2オペ	林業 事業者	-	1.04
13 P88	和歌山県 田辺市	民有林 9.01ha	シカ柵 584kg	250	110	ITAKISO (MAKUW)	2オペ	林業 事業者	-	1.23
14 P90	山口県 山口市	国有林 1.17ha	スギ裸苗 2,340本	123	50	UKN5 (いたきそ) (株式会社上道 キカイ)	2オペ	委託 業者	0.66	0.92
15 P92	徳島県 海陽町	民有林 9.36ha	スギ コンテナ苗 150cc 18,720本	505	276	森飛15 (Mazex)	2オペ	森林 組合	0.85	1.96
16 P94	愛媛県 四国中央市	民有林 4.94ha	ヒノキ コンテナ苗 150cc 12,350本	500	150	森飛ウインチ型 (Mazex)	1オペ	林業 事業者	1.38	1.48
17 P96	熊本県 高森町	民有林 4.65ha	シカ柵 412kg	215	26	森飛2オペ型 (Mazex)	2オペ	森林 組合	-	0.85
18 P98	宮崎県 延岡市	民有林 4.54ha	スギ コンテナ苗 150cc 7,500本	440	182	ARRIS E616 (RCHOBBY-JP. COM)	1オペ	委託 業者	1.24	1.56
19 P100	宮崎県 都城市	国有林 3.55ha	スギ コンテナ苗 300cc 7,100本	200	35	ciDrone (ciRobotics)	1オペ	委託 業者	0.40	1.04
20 P102	宮崎県 日南市	国有林 5.93ha	スギ コンテナ苗 150cc 11,900本	637	-242	ciDrone TR-22 (ciRobotics)	1オペ	委託 業者	0.91	1.38

※運搬人工/千本の算出方法は、〈コラム〉1,000本あたりのドローンの運搬人工（算出例）参照

水平距離  
570m

高低差  
100m

植栽本数  
18,300本

植栽面積  
9.14ha

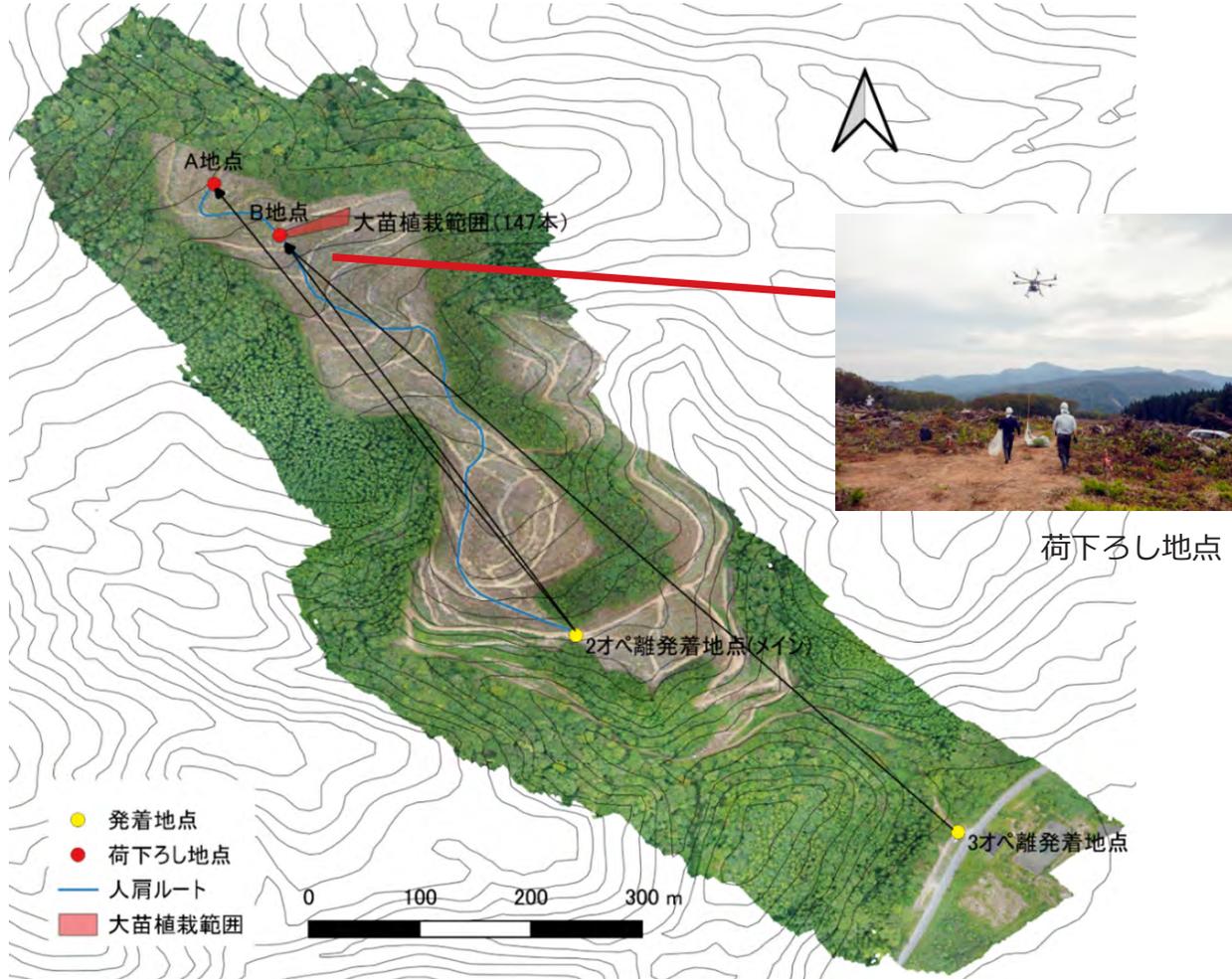
岩手県奥州市

ドローン運搬の人工数

1.33人/1,000本

参考 人肩運搬 1.33人工

●事業地の状況（荷下ろし地点：2か所）



運搬用苗木



発着地点

## ● 運搬結果

運搬量：スギのコンテナ苗（普通苗 150 cc、大苗 470 cc）を運搬

普通苗 150 cc：1 フライト当たり約 100 本（約 10-15kg）

大苗 470 cc：1 フライト当たり約 20-27 本（約 10-14kg）

ドローン運搬にかかった時間：210 分（2 オペ、普通苗 150 cc）

- ・飛行時間 156 分（35 往復） 4.5 分 / 往復
- ・バッテリー交換 50 分（19 回）、荷掛け 4 分

**参考** 人肩運搬時間：27 分 / 往復



## ● 実証地情報と運用事例

植栽面積	9.14ha	総植栽本数	18,300本
傾斜	8-13°	植栽密度	2,002本/ha
水平距離	535-620m（2オペ時） 925m（3オペ時）	高低差	95-110m（2オペ時） 190m（3オペ時）
機種名	EAGLE24	メーカー	DroneWorkSystem
操縦体制	2オペ・3オペ	オペレータ	委託業者
ペイロード	最大24kg（本実証地では2オペ（一部3オペ）で使用）		
本事例での作業人数	オペレータは発着地点に1人、荷下ろし地点に1人の計2人で手動飛行 補助者は発着地点に2人（バッテリー交換等全体雑務1人、荷掛け1人）、 荷下ろし地点に1人（荷下ろし1人）の計3人で合計5人体制 ※3オペの場合、中継地点にオペレータが+1人		
苗木の荷掛け、荷下ろし	荷掛け：発着地点でホバリング中に補助者が苗木（袋）をフックに掛ける。 荷下ろし：荷が接地してから、補助者が苗木（袋）をフックから外す。		
本事例での運用上の留意点	<ul style="list-style-type: none"> <li>・発着地点のオペレータから荷下ろし地点が見えないため、発着地点と荷下ろし地点の双方から見える場所に向けて飛行させ機体を受け渡し</li> <li>・バッテリーの充電待ちが生じないように発電機とバッテリーを多く準備</li> <li>・ホバリング中に苗木（袋）をフックから外す作業はドローンの真下では行わないとともに短時間で実施</li> </ul>		



EAGLE24：1700mm/18.8kg



簡易フック



モッコに入れて運搬

水平距離  
360m

高低差  
80m

植栽本数  
4,650本

植栽面積  
2.32ha

宮城県石巻市

ドローン運搬の人工数  
**(土囊のため) 未計測**

参考 人肩運搬 -

● 事業地の状況 (荷下ろし地点 : 1 か所)



発着地点



運搬用苗木 (土囊で代替)



荷下ろし地点

## ● 運搬結果

運搬量：土嚢（約 150kg）を運搬

1 フライト当たり約 15kg

ドローン運搬にかかった時間：51 分

- ・ 飛行時間 39 分（10 往復） 4.0 分 / 往復
- ・ バッテリー交換 11 分（5 回）、荷掛け 1 分

**参考** 人肩運搬時間：19 分 / 往復



## ● 実証地情報と運用事例

植栽面積	2.32ha	総植栽本数	4,650本
傾斜	20°	植栽密度	2,004本/ha
水平距離	360m	高低差	80m
機種名	EAGLE24	メーカー	DroneWorkSystem
操縦体制	2オペ	オペレータ	委託業者
ペイロード	最大24kg（本実証地では2オペで使用）		
本事例での作業人数	オペレータは発着地点に1人、荷下ろし地点に1人の計2人で手動飛行 補助者は発着地点に2人（バッテリー交換等全体雑務1人、荷掛け1人）、 荷下ろし地点に1人（荷下ろし1人）の計3人で合計5人体制		
苗木の荷掛け、荷下ろし	荷掛け：発着地点でホバリング中に補助者が苗木（袋）をフックに掛ける。 荷下ろし：荷が接地してから、補助者が苗木（袋）をフックから外す。		
本事例での運用上の留意点	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 発着地点のオペレータから荷下ろし地点が見えないため、発着地点と荷下ろし地点の双方から見える場所に向けて飛行させ機体を受け渡し</li> <li>・ バッテリーの充電待ちが生じないように発電機とバッテリーを多く準備</li> <li>・ ホバリング中に運搬物をフックから外す作業はドローンの真下では行わないとともに短時間で実施</li> <li>・ なお、運搬当日の天候等の都合により、苗木が準備できなかったため、代わりに土嚢の運搬を実施</li> </ul>		



EAGLE24：1700mm/18.8kg



簡易フック



モッコに入れて運搬

水平距離  
560m

高低差  
84m

植栽本数  
5,700本

植栽面積  
2.85ha

茨城県大子町

ドローン運搬の人工数

**0.87人/1,000本**

参考 人肩運搬 1.26人工

● 事業地の状況 (荷下ろし地点 : 3 か所)



発着地点



運搬用苗木

## ● 運搬結果

運搬量：スギ・ヒノキのコンテナ苗（150 cc）を運搬

1 フライト当たり約 50 本（約 9kg）

ドローン運搬にかかった時間：292 分

・ 飛行時間 190 分（44 往復） 4.3 分 / 往復

・ バッテリー交換 102 分（43 回）

**参考** クローラ運搬時間：57 分 / 往復



## ● 実証地情報と運用事例

植栽面積	2.85ha	総植栽本数	5,700本
傾斜	29°	植栽密度	2,000本/ha
水平距離	513-606m	高低差	75-85m
機種名	M1000	メーカー	株式会社mazex
操縦体制	2オペ	オペレータ	委託業者
ペイロード	最大10.4kg		
本事例での作業人数	オペレータは発着地点に1人、荷下ろし地点に1人の計2人で手動飛行 補助者は発着地点に1人（苗木梱包の補助者1人）の計3人体制		
苗木の荷掛け、荷下ろし	荷掛け：発着地点に着陸させ、停止状態で補助者が苗木（袋）をフックに掛ける。 荷下ろし：荷下ろし地点で苗木が地面にすると、自動で苗木（袋）がフックから外れる。		
本事例での運用上の留意点	運搬中のドローンの下に植栽業者等が入らないよう十分留意		



M1000：980mm/10.7kg  
※機体寸法（プロペラ、バッテリー除く）

自動フック

水平距離  
362m

高低差  
48m

植栽本数  
12,264本

植栽面積  
5.84ha

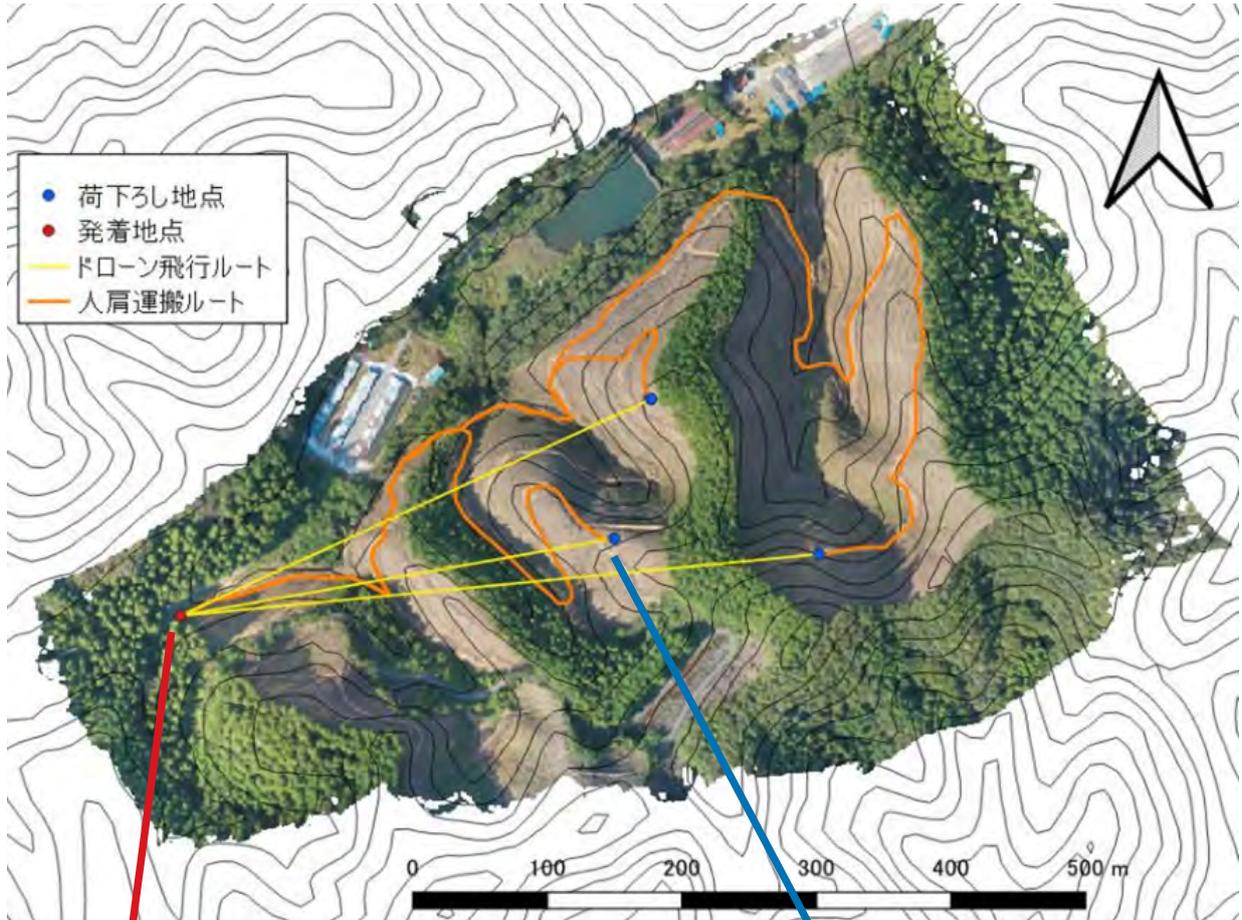
茨城県城里町

ドローン運搬の人工数

**0.94人 / 1,000本**

参考 人肩運搬 1.04-1.17 人工

● 事業地の状況 (荷下ろし地点 : 3 か所)



発着地点



運搬用苗木



荷下ろし地点

## ● 運搬結果

運搬量：ヒノキのコンテナ苗（150 cc）を運搬

EAGLE24：1 フライト当たり 100 本（約 15kg）

・ 2 箇所中 1 箇所に約 1,000 本（約 150kg）

1 箇所に約 1,400 本（約 210kg）

EAGLE40：1 フライト当たり約 150 本（約 23kg）

・ 1 箇所に約 300 本（約 46kg）

ドローン運搬にかかった時間：172 分（EAGLE24）

・ 飛行時間 115 分（34 往復） 3.4 分 / 往復

・ バッテリー交換 34 分（15 回）、荷掛け 23 分

（EAGLE40 は 2 往復のフライトで、平均往復速度は EAGLE24 と同程度）

**参考** 人肩運搬時間：47 分 / 往復



## ● 実証地情報と運用事例

植栽面積	5.84ha	総植栽本数	12,264本
傾斜	20-30°	植栽密度	2,100本/ha
水平距離	325-477m	高低差	48-62m
機種名	EAGLE24/40	メーカー	DroneWorkSystem
操縦体制	2オペ・3オペ	オペレータ	委託業者
ペイロード	EAGLE24：最大24kg（本実証地では2オペで使用） EAGLE40：最大40kg（本実証地では3オペで使用）※2オペ可		
本事例での作業人数	オペレータは発着地点に1人、荷下ろし地点に1人の計2人で手動飛行 補助者は発着地点に1人（バッテリー交換等全体雑務1人）、 荷下ろし地点に1人（荷下ろし1人）の計2人で合計4人体制 ※3オペの場合、中継地点にオペレータが+1人		
苗木の荷掛け、荷下ろし	荷掛け：発着地点に着陸させ、停止状態で補助者が苗木（袋）をフックに掛ける。 荷下ろし：荷が接地してから、補助者が苗木（袋）をフックから外す。		
本事例での運用上の留意点	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 1日運用する場合、バッテリーを10台以上用意</li> <li>・ EAGLE24と40は異なるバッテリーを使用するため共用不可</li> <li>・ 運搬物が重くなる程バッテリー消費が大きくなるため残量に注意</li> </ul>		



EAGLE24：1700mm/18.8kg EAGLE40：1900mm/28.8kg

簡易フック

水平距離  
269m

高低差  
80m

植栽本数  
25,000本

植栽面積  
11.50ha

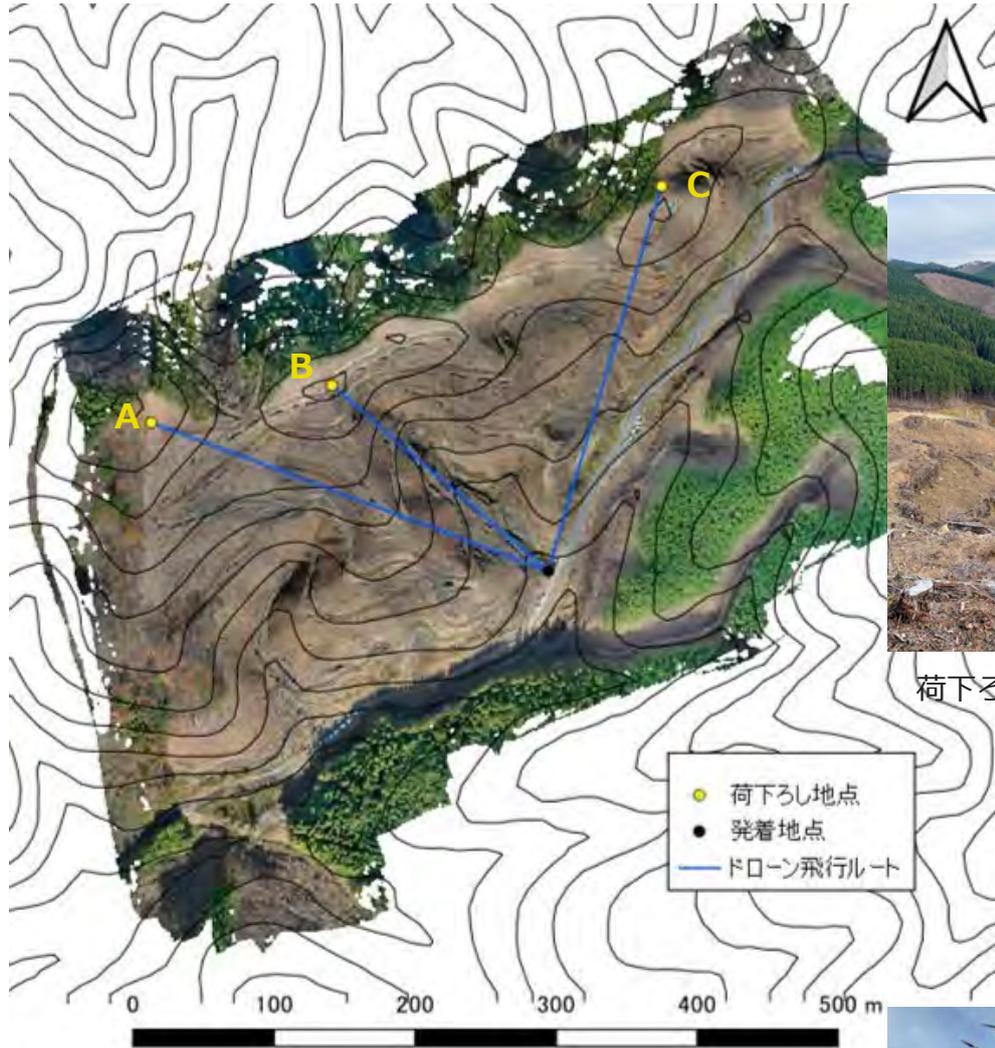
栃木県那須町

ドローン運搬の人工数

**0.69人/1,000本**

参考 人肩運搬 1.23人工

●事業地の状況（荷下ろし地点：3か所）



荷下ろし地点Bからみた  
発着地点



リング付運搬用苗木



発着地点

## ● 運搬結果

運搬量：スギのコンテナ苗（150cc）を運搬

1 フライト当たり約 100-150 本（約 15-23kg）

- ・ A 地点に約 1,100 本（約 170kg）

- ・ B 地点に約 850 本（約 130kg）

- ・ C 地点に約 850 本（約 130kg）

ドローン運搬にかかった時間：103 分

- ・ 飛行時間 78 分（21 往復） 3.8 分 / 往復

- ・ バッテリー交換（8 回） 荷掛け 12 分



## ● 実証地情報と運用事例

植栽面積	11.50ha	総植栽本数	25,000本
傾斜	15-30°	植栽密度	2,173本/ha
水平距離	200-300m	高低差	80m
機種名	森飛25	メーカー	株式会社mazex
操縦体制	2オペ	オペレータ	県森連
ペイロード	最大25kg		
本事例での作業人数	オペレータは発着地点に1人、荷下ろし地点に1人の計2人で手動飛行 補助者は発着地点に1人（バッテリー交換等全体雑務1人）で合計3人体制		
苗木の荷掛け、荷下ろし	荷掛け：発着地点に着陸させ、停止状態で補助者が苗木（袋）をフックに掛ける。 荷下ろし：荷下ろし地点で苗木が地面に接地すると、自動で苗木（袋）がフックから外れる。		
本事例での運用上の留意点	地拵え等を同時に作業しているため、ドローンが作業員の頭上を飛ばないように、十分留意		



森飛25：2130mm/約20kg  
※機体寸法（プロペラ除く）

機体と人との大きさ比較

水平距離  
265m

高低差  
40m

植栽本数  
6,000本

植栽面積  
2.5ha

群馬県東吾妻町

ドローン運搬の人工数

**1.13人/1,000本**

参考 人肩運搬 0.99 人工

● 事業地の状況（荷下ろし地点 11 か所）



運搬用苗木



発着地点

## ● 運搬結果

運搬量：カラマツのコンテナ苗（150cc）を運搬

EAGLE15：1フライト当たり50本（約9.5kg）

- ・10箇所それぞれ250-300本、合計約2,750本（521.1kg）

EAGLE24：1フライト当たり100本（約19kg）

- ・1箇所に約400本（約76kg）

ドローン運搬にかかった時間：192分（EAGLE15）

- ・飛行時間162分（55往復） 3.0分/往復
- ・バッテリー交換24分（24回）、荷掛け6分

（EAGLE24は4往復のフライトで、平均往復時間はEAGLE15と同程度）

参考 クローラ運搬時間：17分/往復



## ● 実証地情報と運用事例

植栽面積	2.5ha	総植栽本数	6,000本
傾斜	35°	植栽密度	2,400本/ha
水平距離	210-320m	高低差	25-50m
機種名	EAGLE15/24	メーカー	DroneWorkSystem
操縦体制	2オペ	オペレータ	委託業者
ペイロード	EAGLE15：最大15kg（本実証では約10kgの苗木を運搬） EAGLE24：最大24kg（本実証では約20kgの苗木を運搬）		
本事例での作業人数	オペレータは発着地点に1人、荷下ろし地点に1人の計2人で手動飛行 補助者は発着地点に2人（バッテリー交換等全体雑務1人、荷掛け1人）、 荷下ろし地点に1人（荷下ろし1人）の計3人で合計5人体制		
苗木の荷掛け、荷下ろし	荷掛け：発着地点でホバリング中に補助者が苗木（袋）をフックに掛ける。 荷下ろし：荷が接地してから、補助者が苗木（袋）をフックから外す。		
本事例での運用上の留意点	<ul style="list-style-type: none"> <li>・1日運用する場合、バッテリーを10台以上用意</li> <li>・ホバリング中に苗木（袋）をフックに掛け外しする作業はドローンの真下では行わないとともに短時間で実施</li> </ul>		



EAGLE15：1000mm/  
約17.9kg（バッテリー含む）



EAGLE24：1100mm/  
約20.8kg（バッテリー含む）



簡易フック

水平距離  
190m

高低差  
-70m

植栽本数  
10,898本

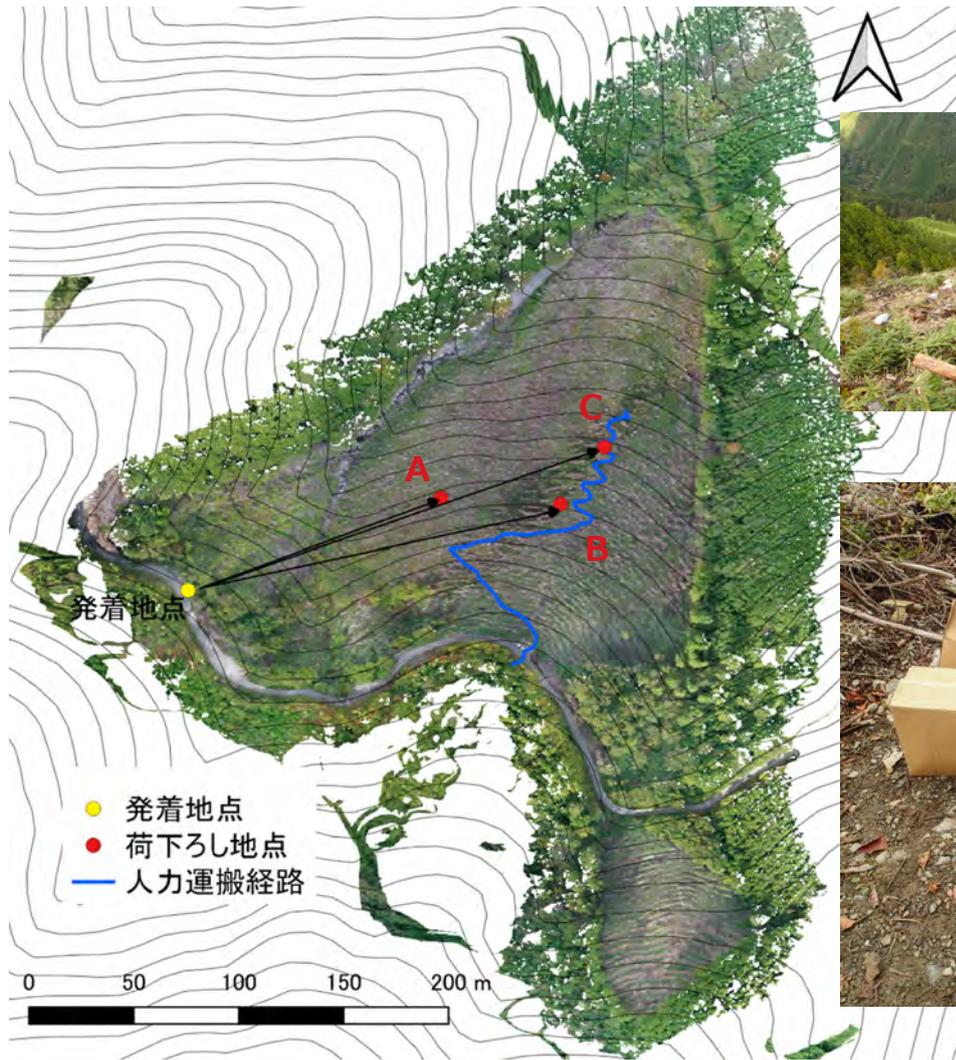
植栽面積  
4.92ha

# 長野県大桑村

ドローン運搬の人工数  
**0.61人/1,000本**

参考 人肩運搬 1.04 人工

## ● 事業地の状況 (荷下ろし地点 : 3 か所)



荷下ろし地点



苗木



発着地点

## ● 運搬結果

運搬量：ヒノキのコンテナ苗（150cc）を運搬

1 フライト当たり 50-75 本（約 7.5-11kg）

- ・ A 地点に約 425 本（約 60kg）
- ・ B 地点に約 1,150 本（約 155kg）
- ・ C 地点に約 1,125 本（約 150kg）

ドローン運搬にかかった時間：155 分

- ・ 飛行時間 86 分（38 往復） 2.3 分 / 往復
- ・ バッテリー交換 35 分（15 回）、荷掛け 34 分

**参考** 人肩運搬時間：20 分 / 往復



## ● 実証地情報と運用事例

植栽面積	4.92ha	総植栽本数	10,898本
傾斜	30-40°	植栽密度	2,215本/ha
水平距離	130-215m	高低差	- (55-85) m
機種名	M1000	メーカー	株式会社mazex
操縦体制	2オペ	オペレータ	委託業者
ペイロード	最大14kg		
本事例での作業人数	オペレータは発着地点に1人、荷下ろし地点に1人の計2人で手動飛行 補助者は発着地点に1人（バッテリー交換等全体雑務1人）で合計3人体制		
苗木の荷掛け、荷下ろし	荷掛け：発着地点に着陸させ、停止状態で補助者が苗木（袋）をフックに掛ける。 荷下ろし：荷下ろし地点で苗木が地面に接地すると、自動で苗木（袋）がフックから外れる。		
本事例での運用上の留意点	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 発着地点より低い場所へ荷下げ運搬</li> <li>・ 荷下ろし地点周辺は急斜面で平坦な場所が狭いため、下ろした苗木（袋）を逐次移動させて場所を確保</li> <li>・ 苗木運搬用のメッシュ袋を半日分程度用意し、袋がなくなったら荷下ろし地点から回収して再利用</li> </ul>		



M1000：980mm/10.7kg

※機体寸法（プロペラ、バッテリー除く）

簡易フック

水平距離  
445m

高低差  
155m

植栽本数  
21,603本

植栽面積  
8.96ha

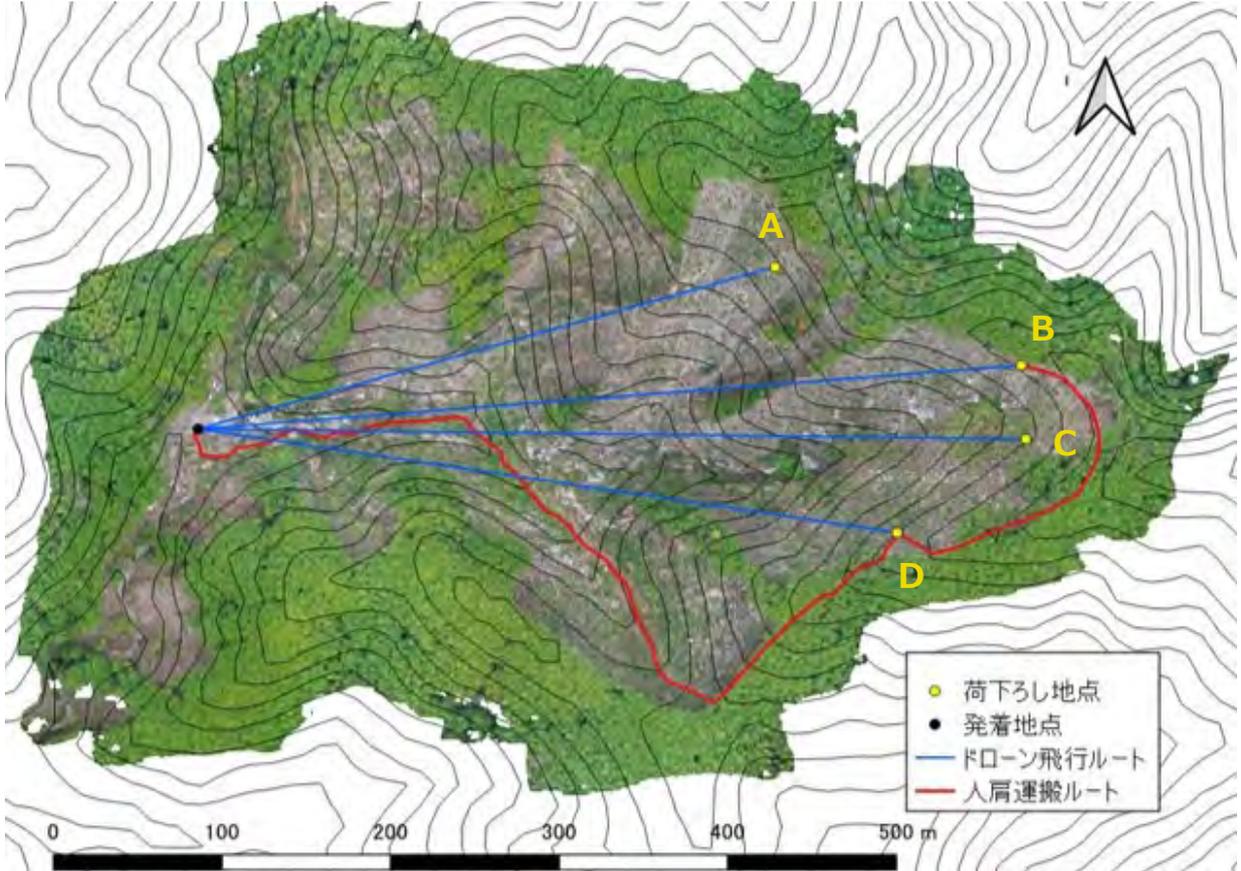
岐阜県七宗町

ドローン運搬の人工数

**0.58人/1,000本**

参考 人肩運搬 1.44-1.47 人工

● 事業地の状況 (荷下ろし地点 : 4 か所)



発着地点



荷下ろし地点の俯瞰

険しい岩壁や約40°の傾斜により、人肩運搬では移動に時間がかかる



荷下ろし地点

## ● 運搬結果

運搬量：ヒノキのコンテナ苗（150cc）を運搬

森飛 15：1 フライト当たり 100 本（約 11kg）

- ・ A 地点に約 1,000 本（約 110kg）、B 地点に約 1,500 本（約 160kg）、  
C 地点に約 1,500 本（約 160kg）、D 地点に約 1,600 本（約 170kg）

森飛 25：1 フライト当たり 200 本（約 22kg）

- ・ D 地点に 400 本（約 44kg）

ドローン運搬にかかった時間：280 分（森飛 15）

- ・ 飛行時間 229 分（56 往復） 4.1 分 / 往復
- ・ バッテリー交換 24 分（28 回）、荷掛け 27 分

（森飛 25 は 2 往復のフライトで、平均往復速度は森飛 15 と同程度）

**参考** 人肩運搬時間：40 分 / 往復



## ● 実証地情報と運用事例

植栽面積	8.96ha	総植栽本数	21,603本
傾斜	20-40°	植栽密度	2,411本/ha
水平距離	355-490m	高低差	140-165m
機種名	森飛15/25	メーカー	株式会社mazex
操縦体制	2オペ	オペレータ	委託業者
ペイロード	森飛15：最大15kg 森飛25：最大25kg		
本事例での作業人数	オペレータは発着地点に1人、荷下ろし地点に1人の計2人で手動飛行 補助者は発着地点に1人（バッテリー交換等全体雑務1人）で合計3人体制		
苗木の荷掛け、荷下ろし	荷掛け：発着地点に着陸させ、停止状態で補助者が苗木（袋）をフックに掛ける。 荷下ろし：荷下ろし地点で苗木が地面に接地すると、自動で苗木（袋）がフックから外れる。		
本事例での運用上の留意点	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 急傾斜地では荷下ろし時の機体とオペレータとの接触に注意</li> <li>・ 発着地点のオペレータから荷下ろし地点が見えないため、互いに行きと帰りの声掛けを実施</li> <li>・ 苗木（袋）が転がり落ちない平坦で広い場所を荷下ろし地点に選定</li> </ul>		



森飛15：1042mm/16.7kg  
※機体寸法（プロペラ除く）



森飛25：2130mm/約20kg  
※機体寸法（プロペラ除く）



自動フック

水平距離  
438m

高低差  
122m

植栽本数  
8,820本

植栽面積  
4.2ha

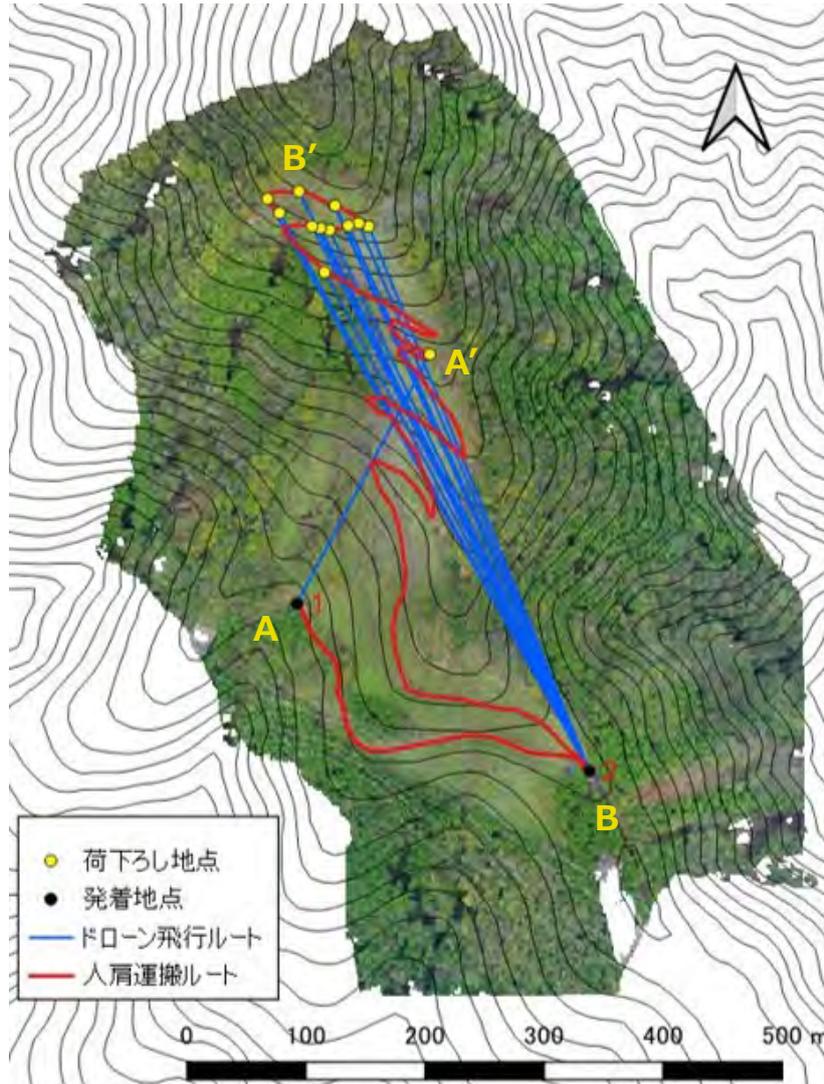
静岡県小山町

ドローン運搬の人工数

**0.88人/1,000本**

参考 人肩運搬 1.33人工

● 事業地の状況 (荷下ろし地点 : 12 か所)



荷下ろし地点B' 付近



発着地点A



運搬用苗木

## ● 運搬結果

運搬量：ヒノキのコンテナ苗（300cc）を運搬

1フライト当たり約75本（約18.5kg）

- ・A' 地点に約750本（約185kg）、
- ・B' 地点付近に約1,675本（約415kg）

ドローン運搬にかかった時間：170分

- ・飛行時間112分（33往復） 3.4分 / 往復
- ・バッテリー交換34分（11回）、荷掛け24分

**参考** 人肩運搬時間：34分 / 往復



## ● 実証地情報と運用事例

植栽面積	4.2ha	総植栽本数	8,820本
傾斜	25-30°	植栽密度	2,100本/ha
水平距離	A-A' 240m B-B' 475-555m	高低差	A-A' 100m B-B' 100-145m
機種名	XYZ20 (Motte2)	メーカー	(株) 山進
操縦体制	2オペ	オペレータ	委託業者
ペイロード	25kg		
本事例での作業人数	オペレータは発着地点に1人、荷下ろし地点に1人の計2人で手動飛行補助者は発着地点に1人（バッテリー交換等全体雑務1人）で合計3人体制		
苗木の荷掛け、荷下ろし	荷掛け：発着地点に着陸させ、停止状態で補助者が苗木（袋）をフックに掛ける。 荷下ろし：荷下ろし地点で苗木が接地すると、自動で苗木（袋）がフックから外れる。		
本事例での運用上の留意点	<ul style="list-style-type: none"> <li>・霧が多く発生する現場であったため、気象状況の変化に注意して実施</li> <li>・近くに送電線と鉄塔があったため、電波状況や飛行ルートに十分に注意</li> <li>・バッテリーを温めて使用効率を高めるため、長距離運搬は後半に実施</li> <li>・プロポのカメラ画角を固定とすることで、必ず目視内運用となる仕様に設計</li> <li>・荷下ろし側オペレータが移動することで、細かい荷下ろし地点への運搬に対応</li> </ul>		



XYZ20/Motte2：2760mm/26.5kg  
（本体17.5kg、バッテリー9kg）



自動フック

# CASE 10

水平距離  
375m

高低差  
85m

植栽本数  
4,650本

植栽面積  
1.55ha

兵庫県神河町

ドローン運搬の人工数  
**0.39人/1,000本**

参考 人肩運搬 1.17人工

## ● 事業地の状況（荷下ろし地点：6か所）



## ● 運搬結果

運搬量：スギのコンテナ苗（150 cc）を運搬

1 フライト当たり約 60 本（約 7.5kg）

ドローン運搬にかかった時間：316 分

- ・ 飛行時間 189 分（57 往復） 3.3 分 / 往復
- ・ バッテリー交換 58 分（19 回）、荷掛け 68 分

参考 人肩運搬時間：25 分 / 往復

参考 クローラ運搬時間：73 分 / 往復



## ● 実証地情報と運用事例

植栽面積	1.55ha	総植栽本数	4,650本
傾斜	35°	植栽密度	3,000本/ha
水平距離	300-460m	高低差	50-110m
機種名	森飛ウインチ型	メーカー	株式会社mazex
操縦体制	1オペ	オペレータ	林業事業体
ペイロード	最大8kg		
本事例での作業人数	オペレータは、発着地点に1人。苗木の取付も実施		
苗木の荷掛け、荷下ろし	荷掛け：発着地点に着陸させ、停止状態でオペレータが荷掛けを行う。 荷下ろし：ウインチによりワイヤを下げて、苗木（袋）を地面に接地させて自動でフックが外れ、切り離す。		
本事例での運用上の留意点	・ 苗木の荷掛けから操縦、荷下ろしまで、すべてオペレーター一人で実施（荷下ろし地点が尾根から離れた斜面等の場合、最初のフライトのみ安全確認のため補助者を1人荷下ろし地点に配置した）		



森飛1オペ（ウインチ）タイプ：  
980mm/10.7kg（バッテリー除く）



自動フック



注意喚起

水平距離  
445m

高低差  
190m

植栽本数  
11,920本

植栽面積  
5.96ha

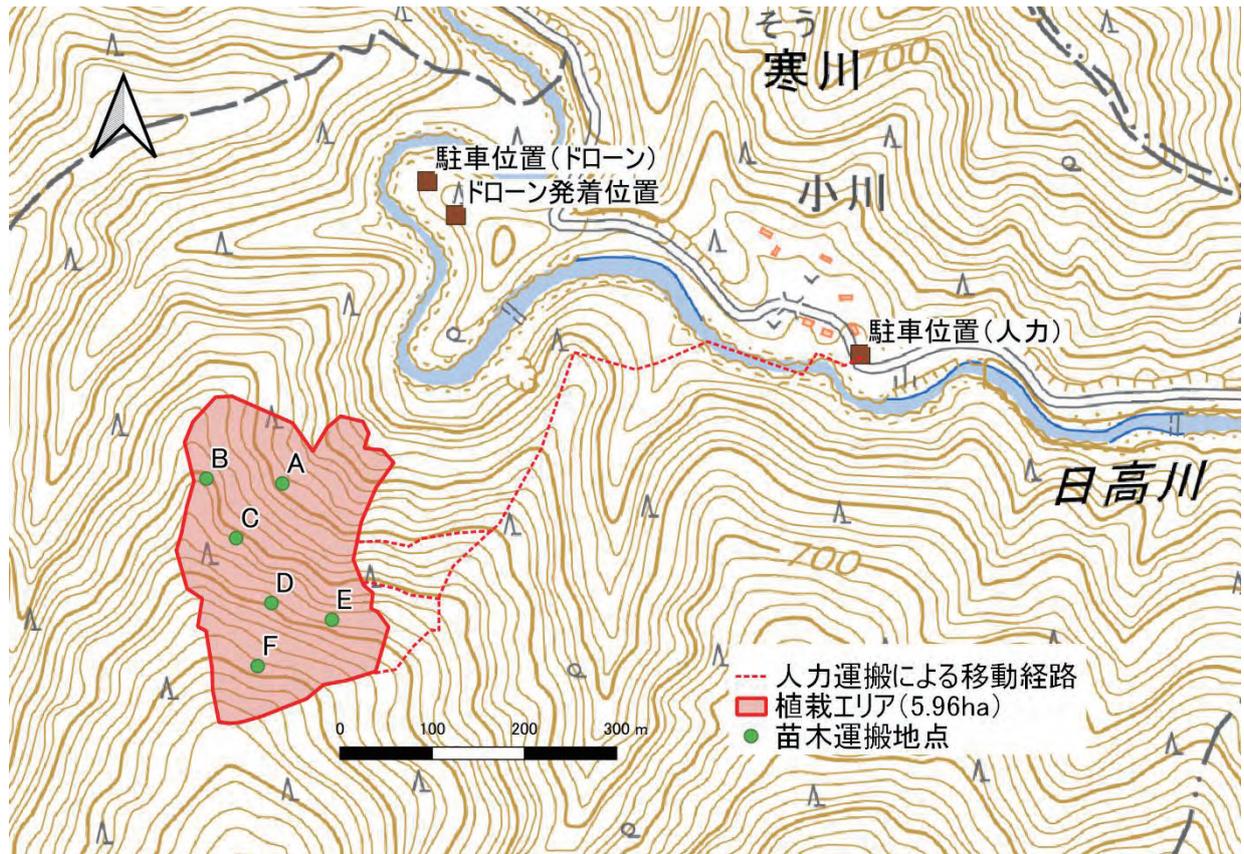
ドローン運搬の人工数

和歌山県日高川町

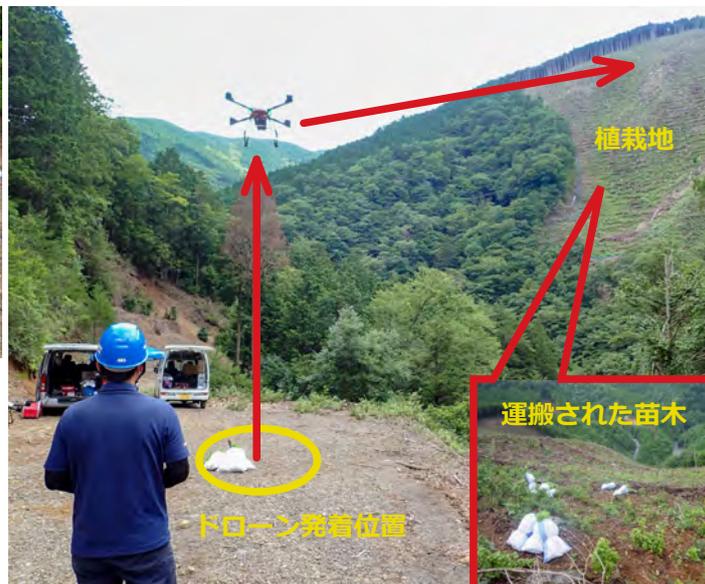
**0.55人/1,000本**

参考 人肩運搬 1.59 人工

● 事業地の状況 (荷下ろし地点 : 6 か所)



運搬用苗木



ドローン発着位置

発着地点

## ● 運搬結果

運搬量：スギのコンテナ苗（150cc）を運搬

ウインチ型：1フライト当たり40-60本（約5-8kg）

・D：15回860本、E：13回760本、F：12回720本

2オペ型：1フライト当たり60-80本（約8-10kg）

・B：12回940本、D：12回880本、F：9回460本

ドローン運搬にかかった時間：233分（ウインチ型）、165分（2オペ型）

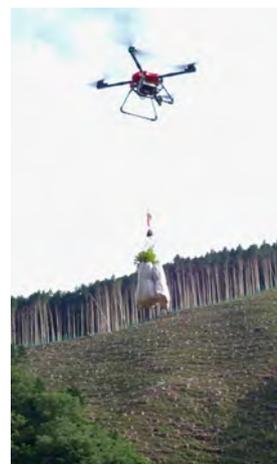
ウインチ型：飛行時間188分（40往復）4.7分/往復

バッテリー交換27分（14回）、荷掛け17分

2オペ型：飛行時間132分（33往復）4.0分/往復

バッテリー交換（10回）と荷掛け16分

**参考** 人肩運搬時間：70分/往復



## ● 実証地情報と運用事例

植栽面積	5.96ha	総植栽本数	11,920本
傾斜	35°	植栽密度	2,000本/ha
水平距離	350-540m	高低差	115-250m
機種名	森飛ウインチ型/2オペ型	メーカー	株式会社mazex
操縦体制	1オペ、2オペ	オペレータ	委託業者
ペイロード	森飛ウインチ型：最大8kg（1オペで使用） 森飛2オペ型：最大15kg（申請は10.4kg）		
本事例での作業人数	森飛ウインチ型：オペレータは発着地点に1人で自動飛行、補助者は発着地点に1人（バッテリー交換等全体雑務1人）の計2人体制 森飛2オペ型：オペレータは発着地点、荷下ろし地点に各1人の計2人で手動飛行		
苗木の荷掛け、荷下ろし	荷掛け：発着地点に着陸させ、停止状態で補助者が苗木（袋）をフックに掛ける。 荷下ろし：荷下ろし地点で苗木が地面に接地すると、自動で苗木（袋）がフックから外れる。		
本事例での運用上の留意点	<ul style="list-style-type: none"> <li>森飛ウインチ型は1オペで自動飛行だが、荷下ろしの際は手動に切り替え、プロポの映像画面を見ながら慎重に実施</li> <li>森飛2オペ型の発着地点のオペレータは荷下ろし地点のオペレータが操縦している間に荷掛けやバッテリー交換の準備を行い、作業時間を短縮化</li> </ul>		



森飛ウインチ型：980mm/10.7kg

森飛ウインチ型：980mm/10.7kg

# CASE 12

水平距離  
177m

高低差  
84m

シカ柵

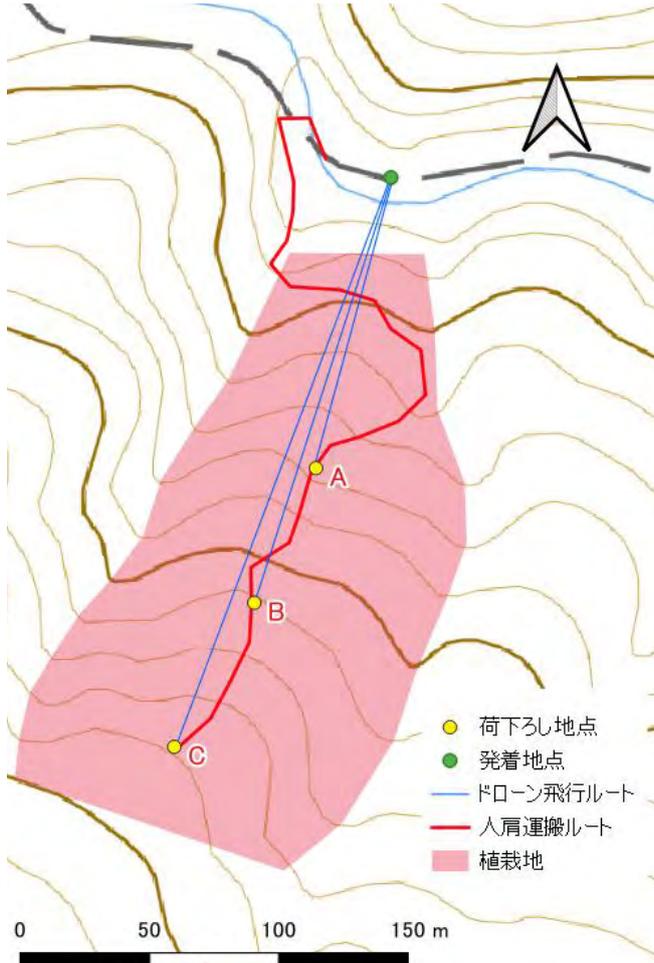
面積  
1.42ha

和歌山県田辺市

## ドローン運搬の人工数 (シカ柵のため) 未計測

参考 人肩運搬 -

### ● 事業地の状況 (荷下ろし地点 : 3 か所)



シカ柵



発着地点



荷下ろし地点

## ● 運搬結果

運搬量：シカ柵（約 270kg）を運搬

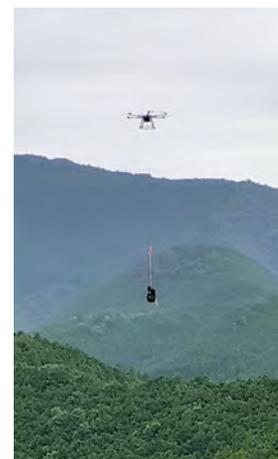
1 フライト当たり約 10kg

- ・支柱 10 本セット（約 10kg）を 16 回運搬  
（A：4 回、B：5 回、C：7 回）
- ・ネット 50 巻一式（約 10kg）を 7 回運搬  
（A：2 回、B：2 回、C：3 回）
- ・アンカー杭 100 本（約 10kg）を 4 回運搬（B：2 回、C：2 回）

ドローン運搬にかかった時間：58 分（EAGLE24）

- ・飛行時間 42 分（27 往復） 1.6 分 / 往復
- ・バッテリー交換と荷掛け 16 分（6 回）

**参考** 人肩運搬時間：13 分 / 往復



## ● 実証地情報と運用事例

面積	1.42ha	総植栽本数	-
傾斜	25°	植栽密度	-
水平距離	115-235m	高低差	55-115m
機種名	UKN5（いたきそ）	メーカー	上道キカイ
操縦体制	2オペ	オペレータ	林業事業者
ペイロード	最大15kg		
本事例での作業人数	オペレータは発着地点に1人、荷下ろし地点に1人の計2人で手動飛行 補助者は発着地点に2人（バッテリー交換等全体雑務1人、荷掛け1人）、 荷下ろし地点に1人（荷下ろし1人）の計3人で合計5人体制		
苗木の荷掛け、荷下ろし	荷掛け：発着地点でホバリング中に補助者がシカ柵等の荷をフックに掛ける。 荷下ろし：荷が接地してから、補助者が荷をフックから外す。		
本事例での運用上の留意点	<ul style="list-style-type: none"> <li>・支柱、ネット、アンカー杭等はドローンで運びやすいように事前に梱包</li> <li>・林道上での作業のため、立ち入らないよう注意喚起</li> </ul>		



UKN5：1730mm/10kg

※機体寸法（プロペラ、バッテリー除く）



簡易フック



注意喚起

# CASE 13

水平距離  
250m

高低差  
110m

シカ柵

面積  
9.01ha

和歌山県田辺市

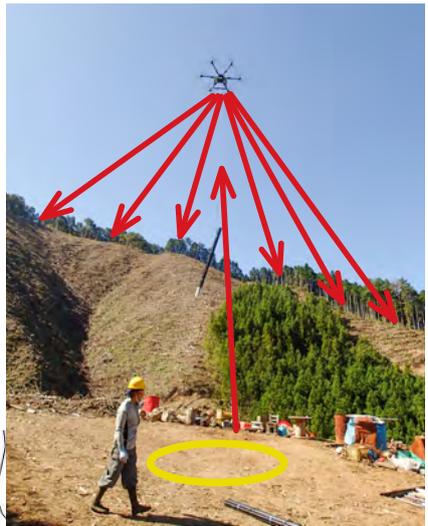
## ドローン運搬の人工数 (シカ柵のため) 未計測

参考 人肩運搬 -

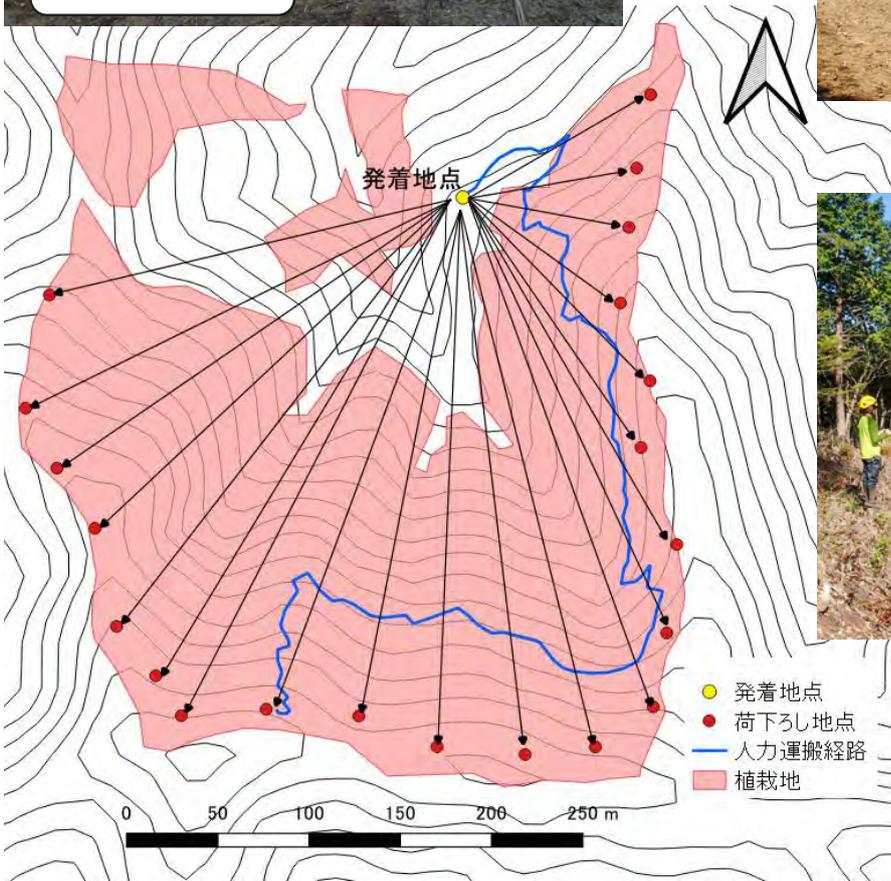
### ● 事業地の状況 (荷下ろし地点 : 21 か所)



シカ柵



発着地点



荷下ろし地点

## ● 運搬結果

運搬量：シカ柵（約 584kg）を運搬

1 フライト当たり 10-14kg

- ・支柱 10 本セット（約 10kg）を 28 回運搬
- ・ネット 50 巻一式（約 10kg）を 20 回運搬
- ・アンカー杭 100 本（約 10kg）を 9 回運搬
- ・杭打機 約 14kg を 1 回運搬

ドローン運搬にかかった時間：82 分

- ・飛行時間 62 分（37 往復） 1.7 分 / 往復
- ・バッテリー交換（10 回）と荷掛け 20 分

**参考** 人肩運搬時間：74 分 / 往復



## ● 実証地情報と運用事例

面積	9.01ha	総植栽本数	-
傾斜	25-45°	植栽密度	-
水平距離	90-325m	高低差	10-160m
機種名	ITAKISO	メーカー	MAKUW
操縦体制	2オペ	オペレータ	林業事業体
ペイロード	最大20kg		
本事例での作業人数	オペレータは発着地点に1人、荷下ろし地点に1人の計2人で手動飛行 補助者は発着地点に2人（バッテリー交換等全体雑務1人、荷掛け1人）、 荷下ろし地点に1人（荷下ろし1人）の計3人で合計5人体制		
苗木の荷掛け、荷下ろし	荷掛け：発着地点でホバリング中に補助者がシカ柵等の荷をフックに掛ける。 荷下ろし：荷が接地してから、補助者が荷をフックから外す。		
本事例での運用上の留意点	<ul style="list-style-type: none"> <li>・支柱、ネット、アンカー杭等はドローンで運びやすいように事前に梱包</li> <li>・事業体内にドローンのオペレータが多くいるため、現地でアドバイスや交代ができる体制をとっている</li> </ul>		



ITAKISO：1730mm/19kg  
※機体寸法（プロペラ除く）



折り畳み時



簡易フック

# CASE 14

水平距離  
123m

高低差  
50m

植栽本数  
2,340本

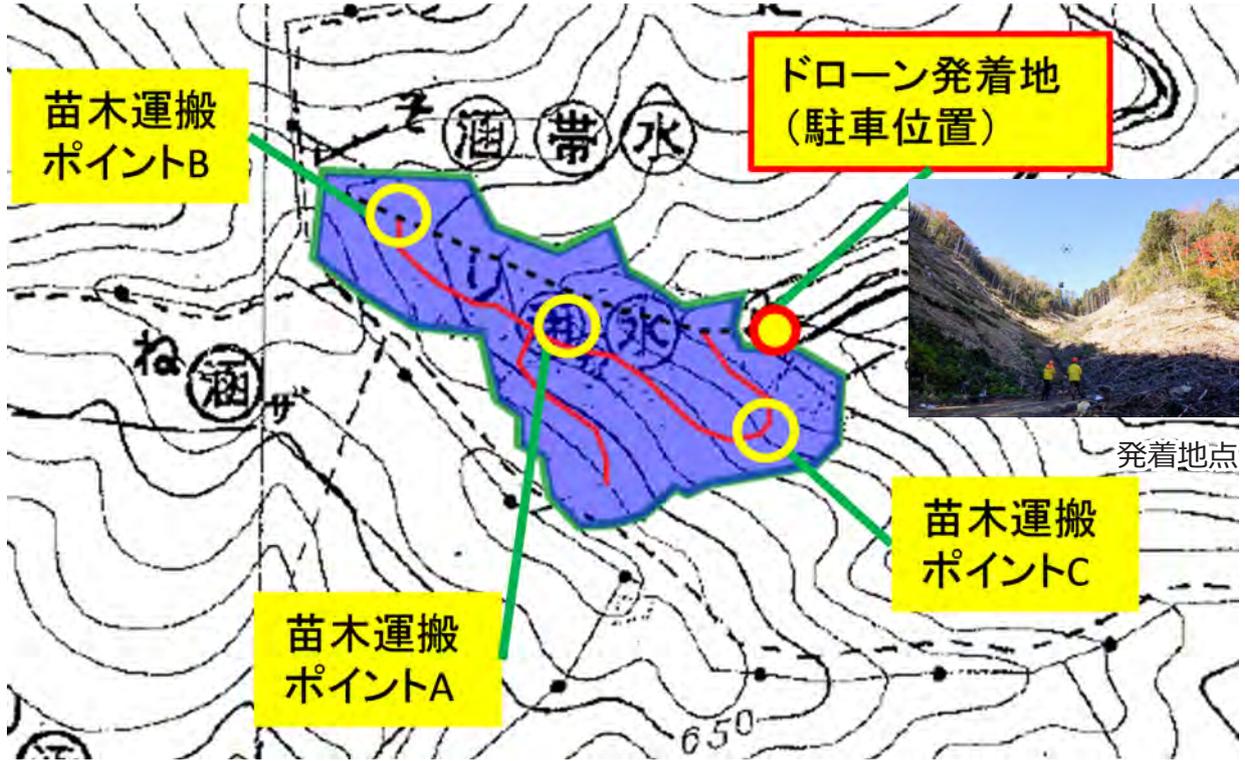
植栽面積  
1.17ha

山口県山口市

ドローン運搬の人工数  
**0.66人/1,000本**

参考 人肩運搬 0.92人工

●事業地の状況（荷下ろし地点：3か所）



運搬用袋に詰め替え



荷下ろし地点



## ● 運搬結果

運搬量：スギの裸苗を運搬

1 フライト当たり約 100 本（約 10kg）

ドローン運搬にかかった時間：65 分

- ・ 飛行時間 54 分（23 往復） 2.4 分 / 往復
- ・ バッテリー交換（4 回）と荷掛け 11 分

**参考** 人肩運搬時間：10 分 / 往復



## ● 実証地情報と運用事例

植栽面積	1.17ha	総植栽本数	2,340本
傾斜	38°	植栽密度	2,000本/ha
水平距離	100-145m	高低差	40-60m
機種名	UKN5（いたきそ）	メーカー	株式会社上道キカイ
操縦体制	2オペ	オペレータ	委託業者
ペイロード	15kg		
本事例での作業人数	オペレータは発着地点に1人、荷下ろし地点に1人の計2人で手動飛行 補助者は発着地点に2人（バッテリー交換等全体雑務1人、荷掛け1人）、 荷下ろし地点に1人（荷下ろし1人）の計3人で合計5人体制		
苗木の荷掛け、荷下ろし	荷掛け：発着地点でホバリング中に補助者が苗木（袋）をフックに掛ける。 荷下ろし：荷が接地してから、補助者が苗木（袋）をフックから外す。		
本事例での運用上の留意点	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 比較的大きな機体のため、キャリブレーション時に4-5人程の人数が必要</li> <li>・ ドローンの真下に入らないように注意して荷掛け、荷下ろし作業を実施</li> </ul>		



UKN5：1730mm/10kg  
※機体寸法（プロペラ、バッテリー除く）



折り畳み時



簡易フック

# CASE 15

水平距離  
505m

高低差  
276m

植栽本数  
18,720本

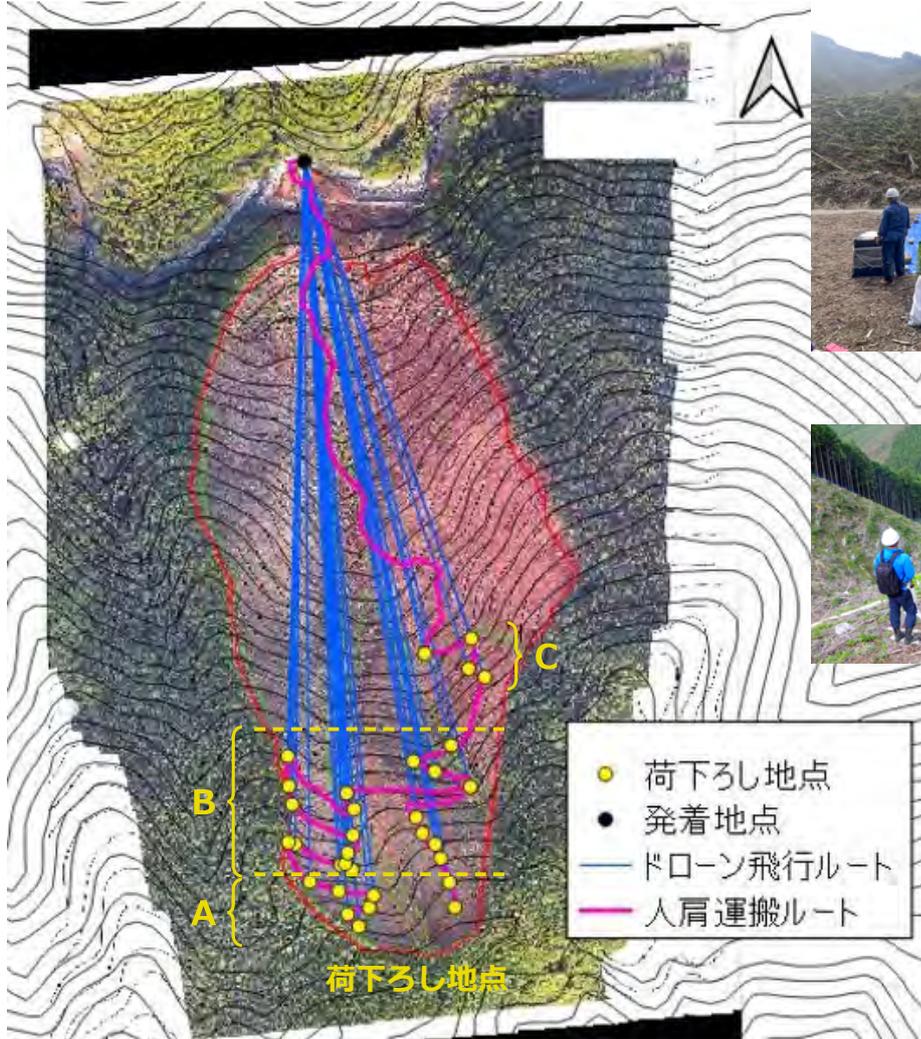
植栽面積  
9.36ha

徳島県海陽町

ドローン運搬の人工数  
**0.85人/1,000本**

参考 人肩運搬 1.96人工

## ●事業地の状況（荷下ろし地点：31か所）



発着地点



荷下ろし地点からみた  
発着地点



見通しが良い



平坦地が多い



運搬用苗木

## ● 運搬結果

運搬量：スギのコンテナ苗（150cc）を運搬

1 フライト当たり約 60-120 本（約 7.2-14kg）

・ A 地点付近に約 1,200 本（約 140kg）

・ B 地点付近に約 2,730 本（約 330kg）

・ C 地点付近に約 600 本（約 70kg）

ドローン運搬にかかった時間：366 分

・ 飛行時間 291 分（66 往復） 4.4 分 / 往復

・ バッテリー交換 70 分（59 回）、荷掛け 4 分

**参考** 人肩運搬時間：59 分 / 往復



## ● 実証地情報と運用事例

植栽面積	9.36ha	総植栽本数	18,720本
傾斜	20-40°	植栽密度	2,000本/ha
水平距離	375-570m	高低差	175-300m
機種名	森飛15	メーカー	株式会社mazex
操縦体制	2オペ	オペレータ	森林組合
ペイロード	15kg		
本事例での作業人数	オペレータは発着地点に1人、荷下ろし地点に1人の計2人で手動飛行 補助者は発着地点に1人（バッテリー交換等全体雑務1人）、 荷下ろし地点に1人（荷下ろし1人）の計2人で合計4人体制		
苗木の荷掛け、荷下ろし	荷掛け：発着地点に着陸させ、停止状態で補助者が苗木（袋）をフックに掛ける。 荷下ろし：荷下ろし地点で苗木が地面に接すると、自動で苗木（袋）がフックから外れるため補助者は必要ないが、念のため1人配置。		
本事例での運用上の留意点	・ 距離が短い荷下ろし地点では運搬量を増やすとともに、バッテリー残量を確認した上で交換回数を減らし、効率化		



森飛15：1042mm/16.7kg  
※機体寸法（プロペラ除く）



自動フック

# CASE 16

水平距離  
500m

高低差  
150m

植栽本数  
12,350本

植栽面積  
4.94ha

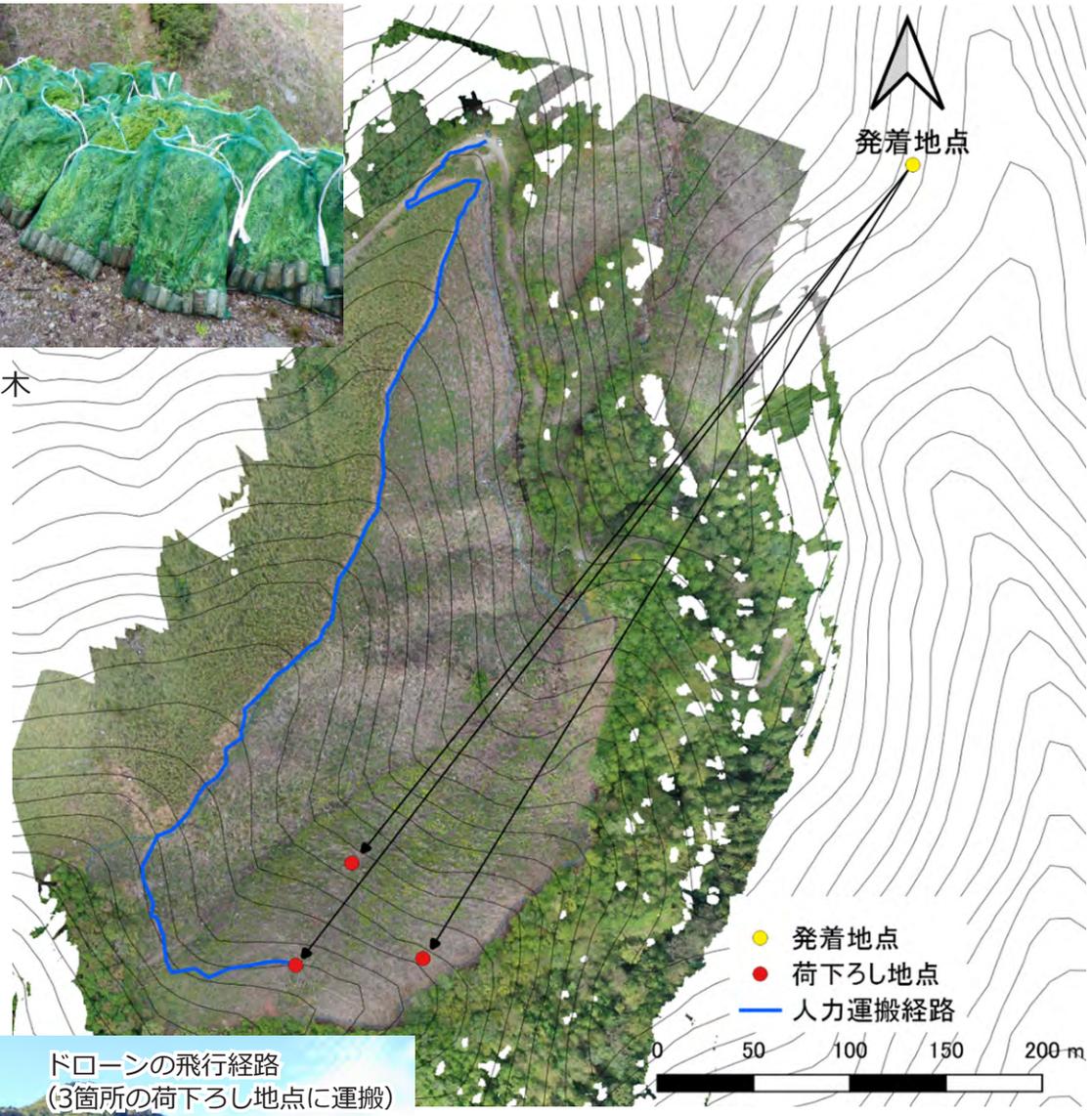
ドローン運搬の人工数  
**1.38人/1,000本**

参考 人肩運搬 1.48人工

## ● 事業地の状況 (荷下ろし地点 : 3 か所)



運搬用苗木



発着地点

## ● 運搬結果

運搬量：ヒノキのコンテナ苗（150 cc）を運搬 2,356 本

1 フライト当たり約 40 本（約 5kg）

ドローン運搬にかかった時間：134 分

- ・ 飛行時間 77 分（19 往復） 4.1 分 / 往復
- ・ バッテリー交換 42 分（9 回）、荷掛け 14 分

**参考** 人肩運搬時間：43 分 / 往復



## ● 実証地情報と運用事例

植栽面積	4.94ha	総植栽本数	12,350本
傾斜	25°	植栽密度	2,500本/ha
水平距離	470-525m	高低差	120-170m
機種名	森飛ウインチ型	メーカー	株式会社mazex
操縦体制	1オペ	オペレータ	林業事業体
ペイロード	8kg		
本事例での作業人数	オペレータは発着地点に1人。苗木の取付も実施		
苗木の荷掛け、荷下ろし	荷掛け：発着地点に着陸させ、停止状態でオペレータが苗木（袋）をフックに掛ける。 荷下ろし：ウインチによりワイヤを下げ、苗木（袋）を地面に接地させて自動でフックが外れ、切り離す。		
本事例での運用上の留意点	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ ウインチ型については、運搬実施前に荷下ろし地点の位置をGPSで記録</li> <li>・ バッテリーの充電時間がかかり、最小限バッテリー3本、充電器2個、発電機1個が必要</li> <li>（・ 荷下ろし地点が尾根から離れた斜面等の場合、最初のフライトのみ安全確認のため補助者を1人荷下ろし地点に配置）</li> </ul>		



森飛1オペ（ウインチ）タイプ：  
980mm/10.7kg（バッテリー除く）

閉じた状態

自動フック

# CASE 17

水平距離  
215m

高低差  
26m

シカ柵

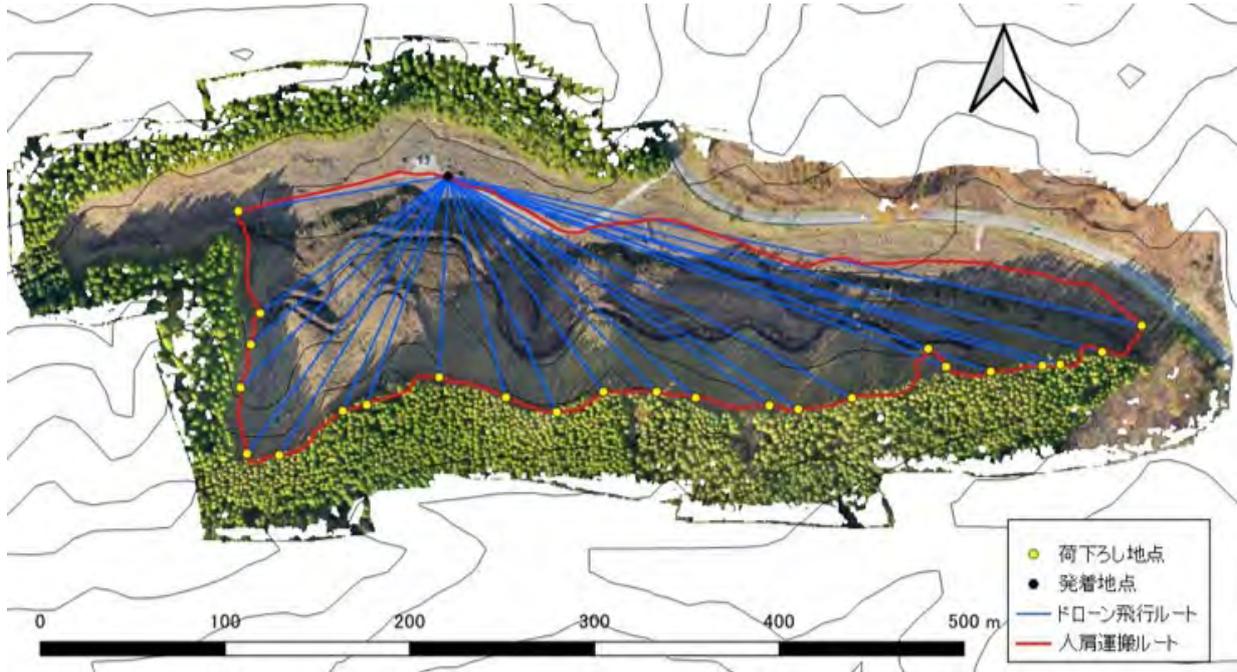
面積  
4.65ha

熊本県高森町

## ドローン運搬の人工数 (シカ柵のため) 未計測

参考 人肩運搬 -

● 事業地の状況 (荷下ろし地点 : 24 か所)



発着地点



荷下ろし地点



シカ柵

## ● 運搬結果

運搬量：シカ柵（約 412kg）を運搬

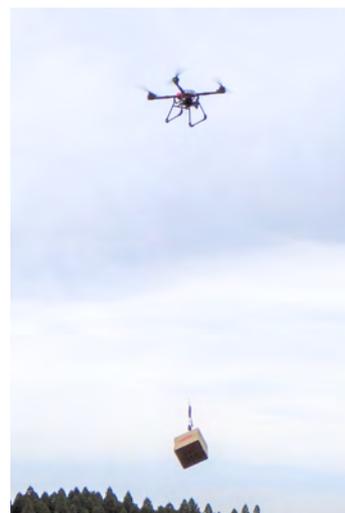
1 フライト当たり約 10-14kg

- ・支柱 10 本セット（14kg）を 15 回運搬
- ・ネット 50 巻一式（10.7kg）を 13 回運搬
- ・アンカー杭 100 本（12.5kg）を 5 回運搬

ドローン運搬にかかった時間：159 分

- ・飛行時間 96 分（34 往復） 2.8 分 / 往復
- ・バッテリー交換 54 分（19 回）、荷掛け 8 分

**参考** 人肩運搬時間：17 分 / 往復



## ● 実証地情報と運用事例

面積	4.65ha	総植栽本数	-
傾斜	15-25°	植栽密度	-
水平距離	110-385m	高低差	0-55m
機種名	森飛2オペ型	メーカー	株式会社mazex
操縦体制	2オペ	オペレータ	森林組合
ペイロード	15kg		
本事例での作業人数	オペレータは発着地点に1人、荷下ろし地点に1人の計2人で手動飛行 補助者は発着地点に1人（バッテリー交換等全体雑務1人）で合計3人体制		
苗木の荷掛け、荷下ろし	荷掛け：発着地点に着陸させ、停止状態で補助者がシカ柵等の荷をフックに掛ける。 荷下ろし：荷下ろし地点で荷が地面に接地すると、自動で荷がフックから外れる。		
本事例での運用上の留意点	<ul style="list-style-type: none"> <li>・設置ライン上に必要量ずつ運搬することにより設置労力を軽減</li> <li>・支柱、ネット、アンカー杭の運搬間隔が異なるため、事前に資材運搬計画表を作成</li> <li>・バッテリー残量はボルト数の確認とともに測定道具を接続して残量%も毎回確認（50%以下で交換）</li> <li>・気温の低い時期の運搬はバッテリーの減りも早い</li> </ul>		



森飛2オペ型：980mm/約15kg  
※機体寸法（プロペラ除く）



自動フック

# CASE 18

水平距離  
440m

高低差  
182m

植栽本数  
7,500本

植栽面積  
4.54ha

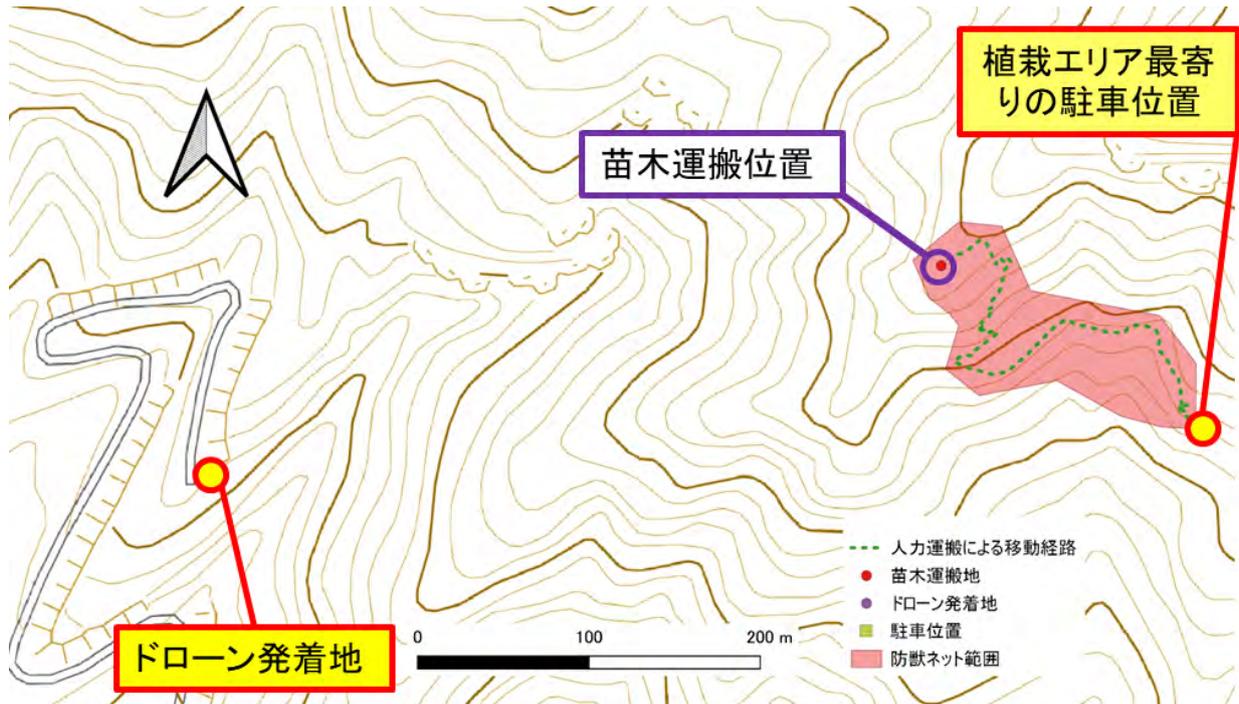
宮崎県延岡市

ドローン運搬の人工数

**1.24人/1,000本**

参考 人肩運搬 1.56人工

## ● 事業地の状況（荷下ろし地点：1か所）



荷下ろし地点から見た発着地点



荷下ろし地点



運搬用苗木

## ● 運搬結果

運搬量：スギのコンテナ苗（150 cc）を運搬

- ・ 1 フライト当たり約 40-60 本（約 7-10kg）
- ・ 1 箇所 に 21 袋（1,030 本）を運搬

ドローン運搬にかかった時間：149 分

- ・ 飛行時間 68 分（21 往復） 3.3 分 / 往復
- ・ バッテリー交換 57 分（8 回）、荷掛け 24 分

**参考** 人肩運搬時間：20 分 / 往復



## ● 実証地情報と運用事例

植栽面積	4.54ha	総植栽本数	7,500本
傾斜	30-45°	植栽密度	1,650本/ha
水平距離	440m	高低差	182m
機種名	ARRIS E616	メーカー	RCHOBBY-JP.COM
操縦体制	1オペ	オペレータ	委託業者
ペイロード	約7-10kg		
本事例での作業人数	オペレータは発着地点に1人で手動飛行 補助者は発着地点に1人（バッテリー交換等全体雑務1人）、 荷下ろし地点に1人（無線）の計2人で合計3人体制		
苗木の荷掛け、荷下ろし	荷掛け：発着地点に着陸させ、停止状態で補助者が苗木（袋）をフックに掛ける。 荷下ろし：荷下ろし地点で苗木を地面に接地させ、オペレータの遠隔操作によりドローンから苗木（袋）を切り離す。		
本事例での運用上の留意点	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 植栽エリア最寄りの駐車位置からはドローンが飛行できなかったため、苗木の荷下ろし地点が見える場所へドローン発着地点を移動</li> <li>・ 苗木を吊るす紐先にリングをつけて、遠隔操作でリングごとドローンから切り離す</li> <li>・ 荷下ろし地点の補助者が切り離すタイミングをオペレータに無線で連絡するため、密な連絡が必要</li> </ul>		



ARRIS E616：1,000mm/  
約19.5kg（バッテリー含む）



苗木の紐先につけたリングをドローンにつけ、  
遠隔操作でリングごと切り離す

# CASE 19

水平距離  
200m

高低差  
35m

植栽本数  
7,100本

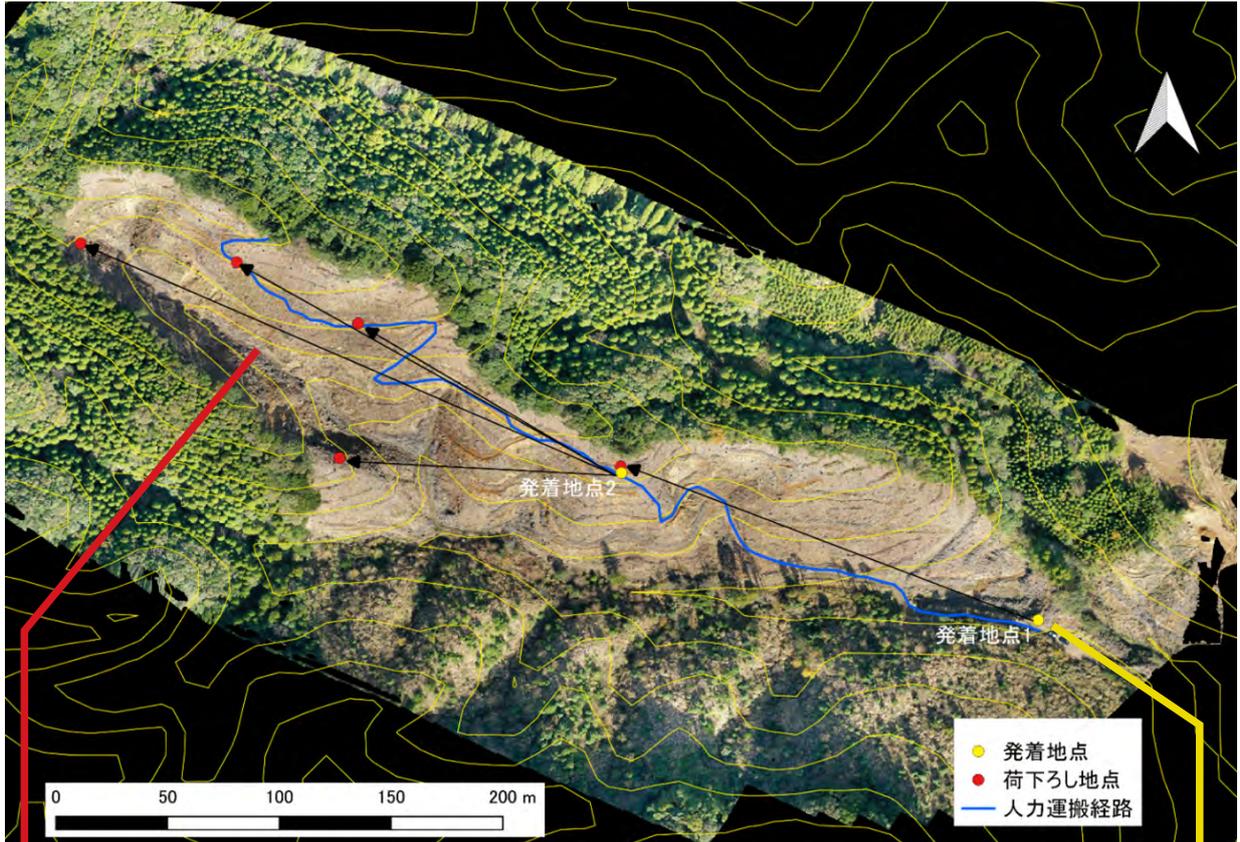
植栽面積  
3.55ha

宮崎県都城市

ドローン運搬の人工数  
**0.40人/1,000本**

参考 人肩運搬 1.04 人工

## ● 事業地の状況（荷下ろし地点：5か所）



荷下ろし地点



運搬用苗木



発着地点

## ● 運搬結果

運搬量：スギのコンテナ苗（300 cc）を運搬

1 フライト当たり約 60 本（約 16kg）

ドローン運搬にかかった時間：250 分

- ・ 飛行時間 132 分（95 往復） 1.4 分 / 往復
- ・ バッテリー交換 56 分（7 回）、荷掛け 61 分

**参考** 人肩運搬時間：10 分 / 往復



## ● 実証地情報と運用事例

植栽面積	3.55ha	総植栽本数	7,100本
傾斜	9-15°	植栽密度	2,000本/ha
水平距離	125-270m	高低差	35m
機種名	ciDrone	メーカー	ciRobotics
操縦体制	1オペ	オペレータ	委託業者
ペイロード	最大20kg（本実証地では1オペで使用）		
本事例での作業人数	オペレータは発着地点に1人で手動飛行 補助者は発着地点に1人（荷掛け、雑務）、 荷下ろし地点に1人（無線）の計2人で合計3人体制		
苗木の荷掛け、荷下ろし	荷掛け：発着地点に着陸させ、停止状態で補助者が苗木（袋）をフックに掛ける。 荷下ろし：荷下ろし地点で飛行高度を下げ苗木を地面に接地させ、オペレータの遠隔操作により苗木（袋）をドローンから切り離す。		
本事例での運用上の留意点	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ オペレータから奥側の荷下ろし地点が目視できないため、中間地点に一度苗木を運び、そこを発着地点として植栽地まで苗木を運搬</li> <li>・ オペレータはドローン搭載カメラと荷下ろし地点からの無線合図により1オペで運搬</li> <li>・ 衝突事故の回避や効率的運搬のため、荷下ろし地点の補助者はオペレータへ無線で早め早めに指示を出す</li> <li>・ バッテリーの充電待ちが生じないように急速充電機を用意</li> </ul>		



ciDrone：2000mm/20.0kg

カメラは水平・中間・真下の3段階に角度調整可能

ドローンに搭載したカメラの映像をプロポで確認

# CASE 20

水平距離  
637m

高低差  
-242m

植栽本数  
11,900本

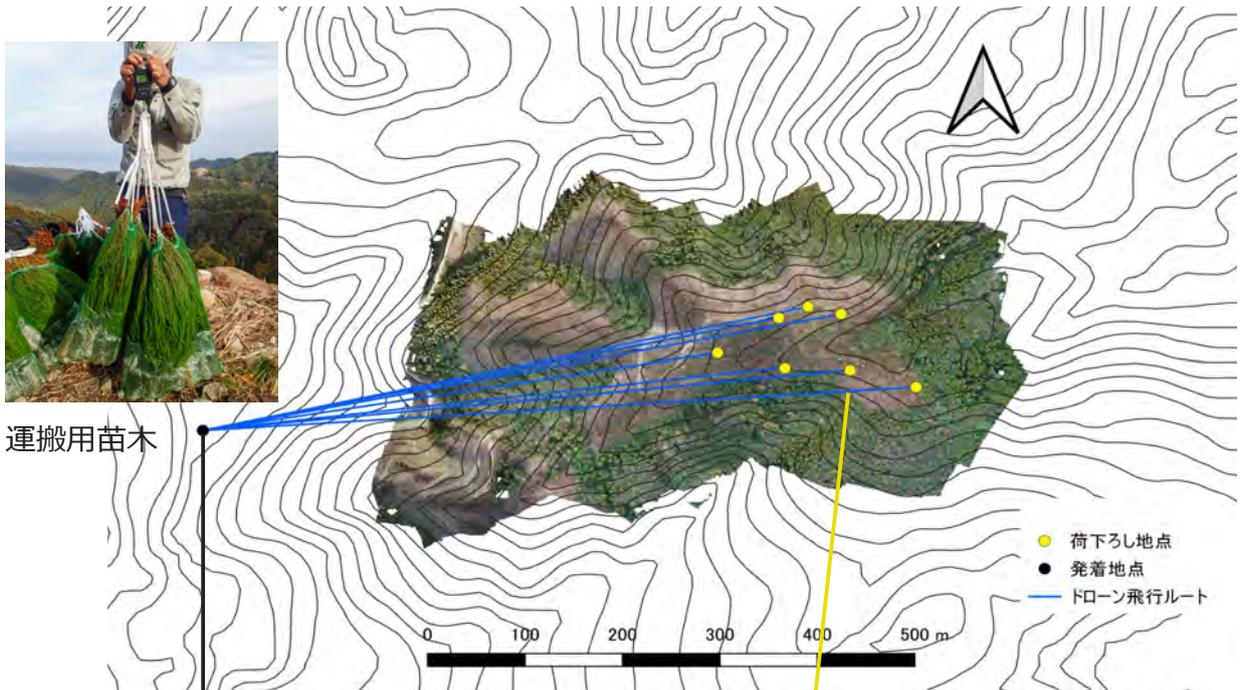
植栽面積  
5.93ha

宮崎県日南市

ドローン運搬の人工数  
**0.91人/1,000本**

参考 人肩運搬 1.38人工

## ● 事業地の状況（荷下ろし地点：7か所）



発着地点



荷下ろし地点



発着地点から荷下ろし地点を臨む

## ● 運搬結果

運搬量：スギのコンテナ苗（150 cc）を運搬

1 フライト当たり約 100 本（約 18.3kg）

ドローン運搬にかかった時間：419 分

- ・ 飛行時間分（往復） 182 分（38 往復） 4.7/ 往復
- ・ バッテリー交換 34 分（9 回）、荷掛け 4.8 分

**参考** 人肩運搬時間：30 分 / 往復



## ● 実証地情報と運用事例

植栽面積	5.93ha	総植栽本数	11,900本
傾斜	25-30°	植栽密度	2,000本/ha
水平距離	535-733m	高低差	-242m
機種名	ciDrone TR-22	メーカー	ciRobotics
操縦体制	1オペ	オペレータ	委託業者
ペイロード	最大20kg		
本事例での作業人数	オペレータは発着地点に1人で手動飛行 補助者は発着地点に1人（荷掛け、雑務）、 荷下ろし地点に1人（無線）の計2人で合計3人体制		
苗木の荷掛け、荷下ろし	荷掛け：発着地点に着陸させ、停止状態で補助者が苗木（袋）をフックに掛ける。 荷下ろし：荷下ろし地点で飛行高度を下げて苗木を地面に接地させ、オペレータの遠隔操作により苗木（袋）をドローンから切り離す。		
本事例での運用上の留意点	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 発着地点より低い場所へ荷下げ運搬</li> <li>・ オペレータはドローン搭載カメラと荷下ろし地点からの無線合図により1オペで運搬</li> <li>・ 衝突事故の回避や効率的運搬のため、荷下ろし地点の補助者はオペレータへ無線で早め早めに指示を出す</li> </ul>		



ciDrone TR-22：2000mm/20.0kg 苗木を吊るす紐を遠隔操作で切り離し

## コラム

### 1,000本あたりのドローンの運搬人工（算出例）

発着地点から荷下ろし地点までの水平距離（100m, 200m, …, 700mの7パターン）ごとに下記の計算式でドローンの運搬人工を算出しました。

苗木 5,000本\*を運搬するのに要する作業時間（X）＝①＋②×（5,000÷③）  
ドローンの運搬人工 / 1,000本＝④× X ÷ 360 ÷ 5

100m	200m	300m	400m	500m	600m	700m
0.29人	0.37人	0.46人	0.54人	0.62人	0.70人	0.78人

（参考）人肩運搬（「治山林道必携」の苗木運搬歩掛を基に、実証地ごとの人工を算出）

100m まで	200m まで	300m まで	400m まで	500m まで	600m まで	700m まで
0.67人	0.73人	0.79人	0.85人	0.92人	0.99人	1.04人

情報（項目）	内容	使用する値
①当日のドローン準備時間**（分）	ドローンの発着地点に到着してから苗木運搬開始までの時間（飛行前点検・キャリブレーション・テストフライト等の合計時間）	実証結果の平均時間から60分とする
②往復飛行時間（分）	運搬距離に応じたドローン運搬の往復時間（荷掛け、荷下ろし、バッテリー交換時間を含む）	$0.0098 \times \text{水平距離} + 1.3264$ （実証データから求めた回帰式）を活用して算出した値
③1フライトあたりの運搬本数	ペイロード15kgの機種で150ccのコンテナ苗の運搬を想定した1フライトあたりの運搬本数	実証結果から100本とする
④ドローン運搬作業人数	2オペ機種を想定したドローン運搬作業人数（発着地点のオペレータ、荷下ろし地点のオペレータ、バッテリー交換・荷掛け作業・安全管理等担当者）	実証結果から3人とする

\* 植栽地では通常5,000本以上の苗木を運搬・植栽するため

\*\* 前日までのドローン準備時間等は含まない

\*\*\* 一日の労働時間を6時間と想定して算出

## もっと詳しく知りたいときは

国土交通省ホームページ 「無人航空機（ドローン・ラジコン機等）の飛行ルール」 ( <a href="https://www.mlit.go.jp/koku/koku_tk10_000003.html">https://www.mlit.go.jp/koku/koku_tk10_000003.html</a> )	
「無人航空機登録ポータルサイト」 ( <a href="https://www.mlit.go.jp/koku/drone/">https://www.mlit.go.jp/koku/drone/</a> )	
「無人航空機機（ドローン、ラジコン機等）の安全な飛行のためのガイドライン（令和4年6月20日）」 ( <a href="https://www.mlit.go.jp/common/001303818.pdf">https://www.mlit.go.jp/common/001303818.pdf</a> )	
「無人航空機操縦者技能証明等」 ( <a href="https://www1.mlit.go.jp/koku/lisence.html">https://www1.mlit.go.jp/koku/lisence.html</a> )	
経済産業省ホームページ 「空の産業革命に向けたロードマップ2020 ～我が国の社会的課題の解決に貢献するドローンの実現～」 ( <a href="https://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/mono/robot/pdf/roadmap2020.pdf">https://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/mono/robot/pdf/roadmap2020.pdf</a> )	
首相官邸ホームページ 「小型無人機に係る環境整備に向けた官民協議会（第16回） 無人航空機の飛行と土地所有権の関係について」 ( <a href="https://www.kantei.go.jp/jp/singi/kogatamujinki/kanminkyougi_dai16/gijisidai.html">https://www.kantei.go.jp/jp/singi/kogatamujinki/kanminkyougi_dai16/gijisidai.html</a> )	





## ドローンを活用した苗木等運搬マニュアル

(発行) 令和5(2023)年3月 林野庁  
(作成) 一般社団法人 日本森林技術協会  
TEL (03) 3261-5281 (代表)  
FAX (03) 3261-5393  
<http://www.jafta.or.jp>



令和4年度  
ドローンを活用した新たな造林技術の実証・調査委託事業  
報告書

令和5（2022）年3月  
（発行）林野庁

（作成）一般社団法人 日本森林技術協会  
〒102-0085 東京都千代田区六番町7番地  
TEL (03) 3261-5281（代表）／FAX (03) 3261-5393  
<http://www.jafta.or.jp>