

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

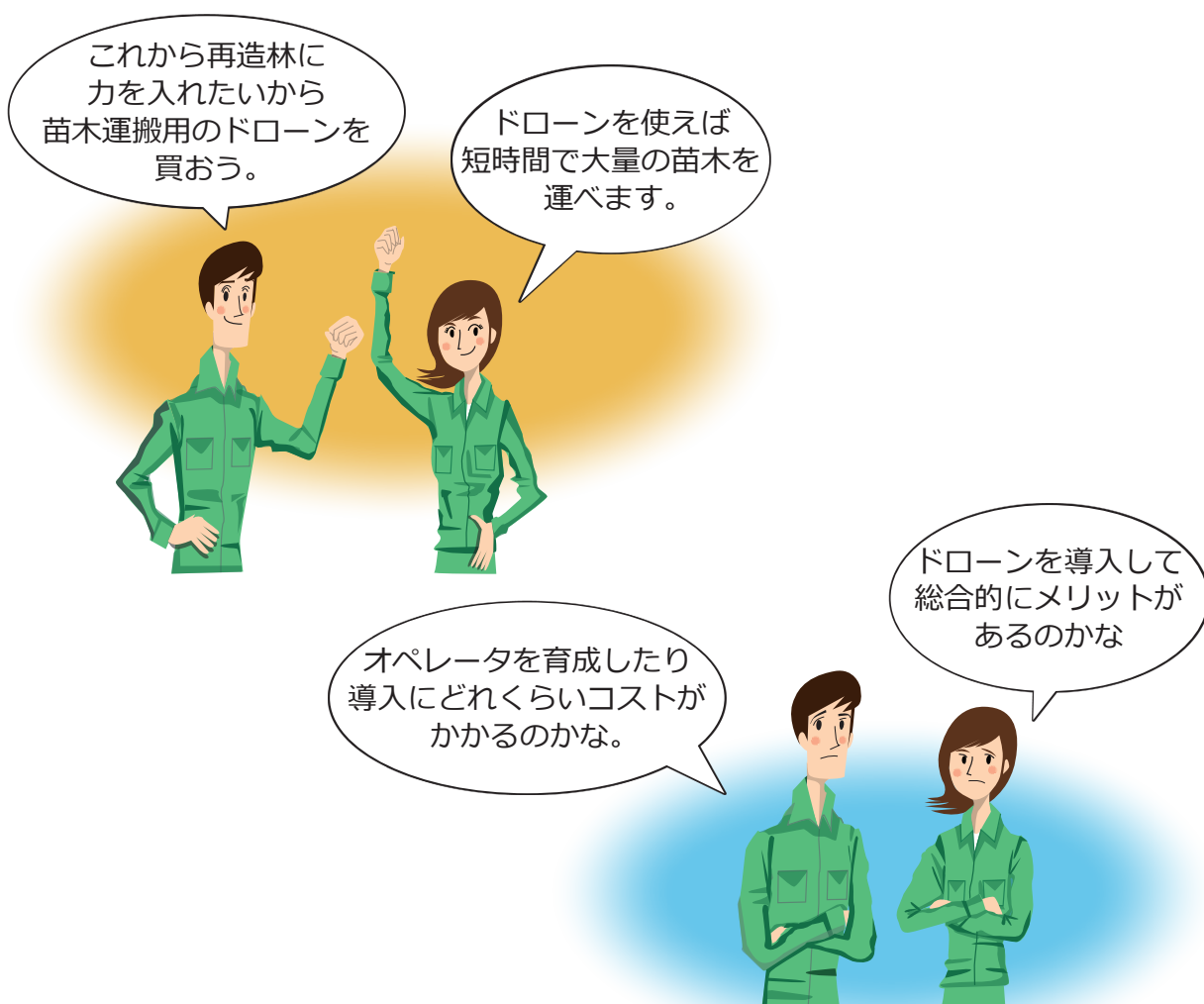
## ドローンを活用した苗木等運搬とは

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運用したいと考えている事業者を読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。

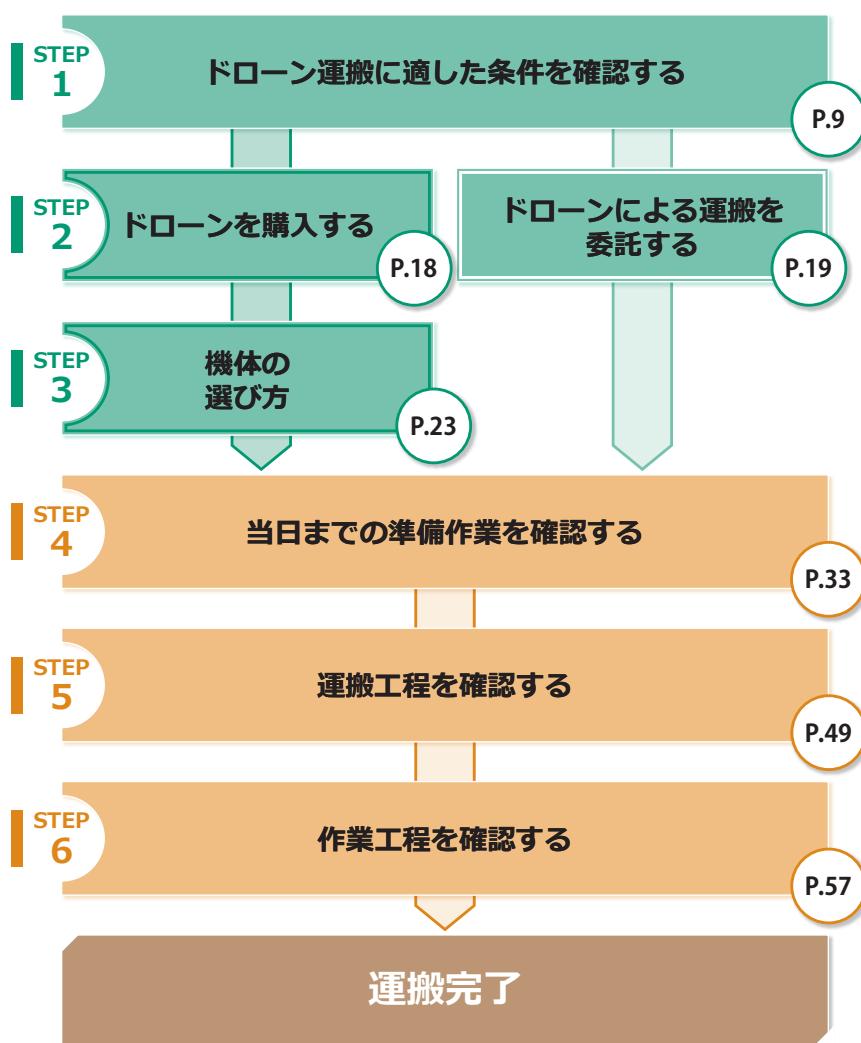


図1 全体のマニュアル構成のフロー図

# 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

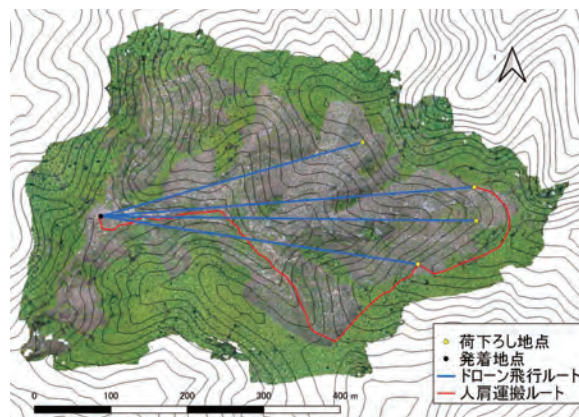
## 1-2 運搬の水平距離

### 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 ドローンをを用いて、3 人体制（オペレータ 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。オペレータは事業者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

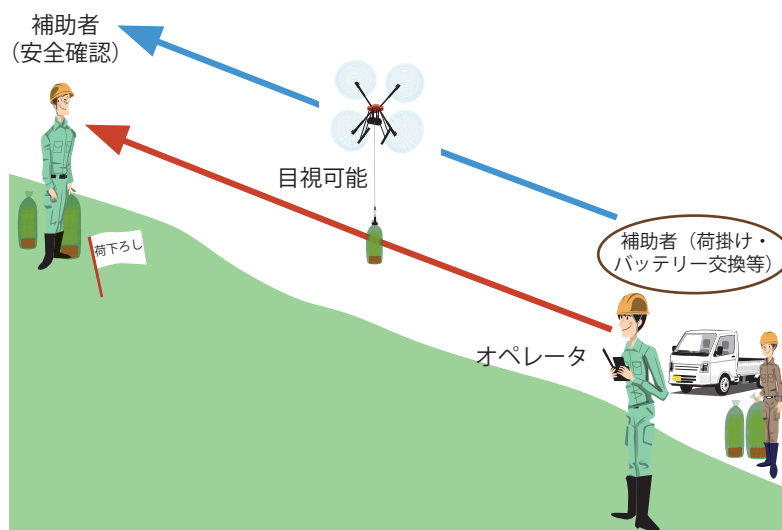
## ことば

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。

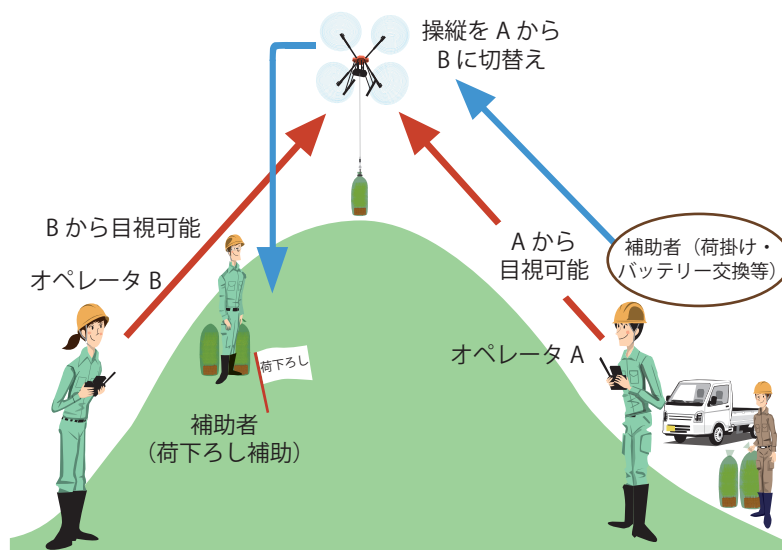


図3-3 1オペ機種（上）と2オペ機種（下）の作業体制の事例

#### 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

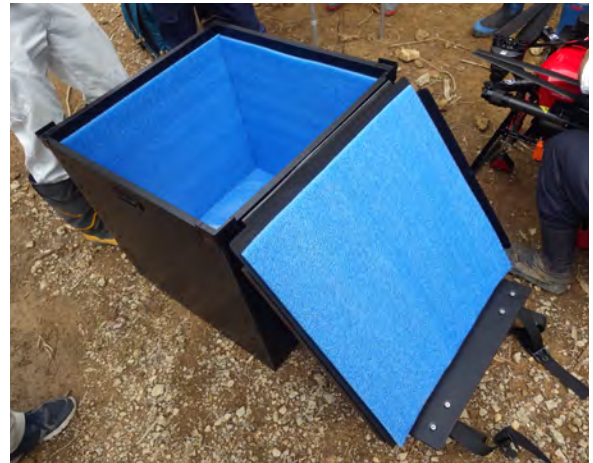


図3-11 ドローン本体をしまうケース



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

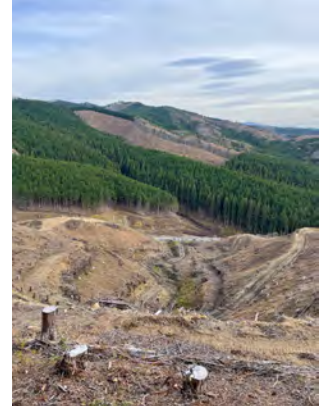
#### ポイント

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>
---	---

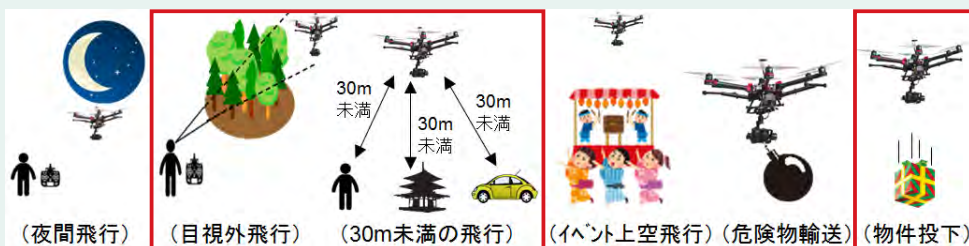
※「目視外」となり得る距離についての明確な基準はなく、その程度については、当日の環境条件や個人の視力、またプロポからの電波が届く範囲（機種により異なる）等様々な要因で変動します。

## 【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、フル充電の状態では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。



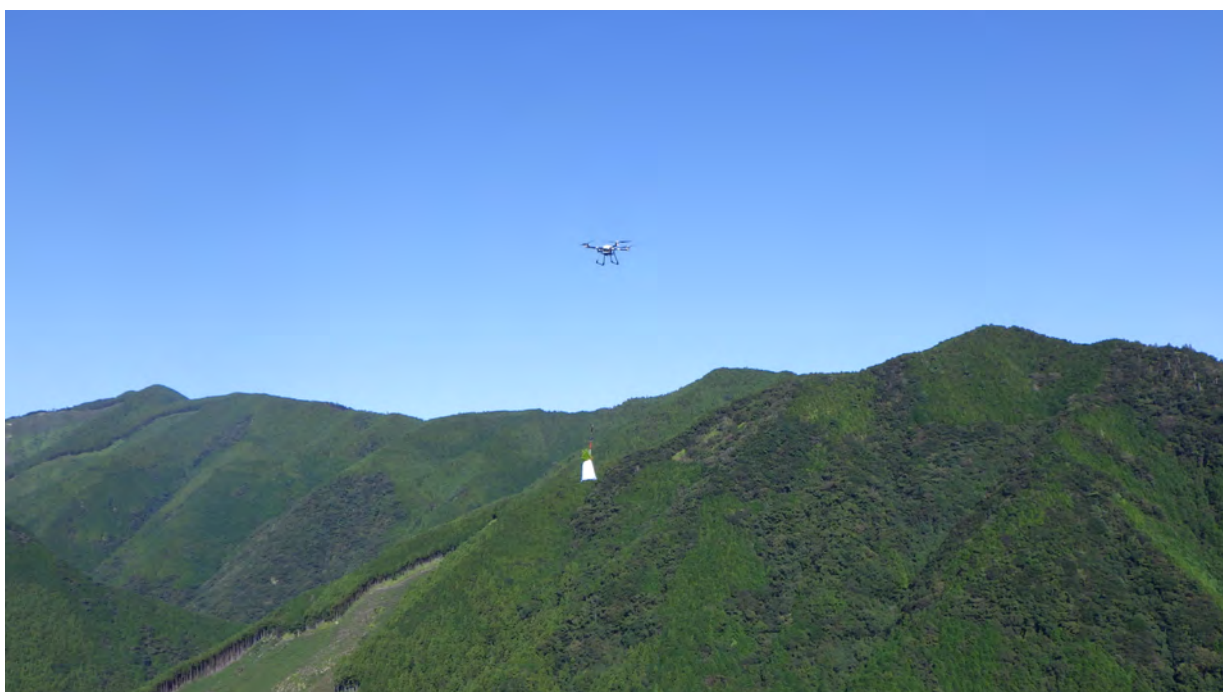
消火器も忘れずに準備

### 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。



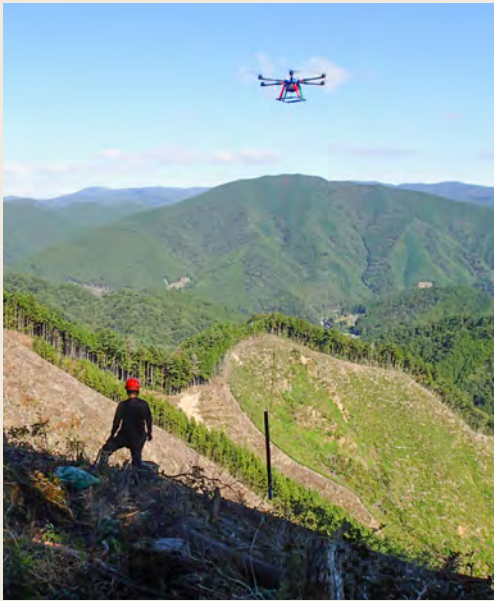


## コラム

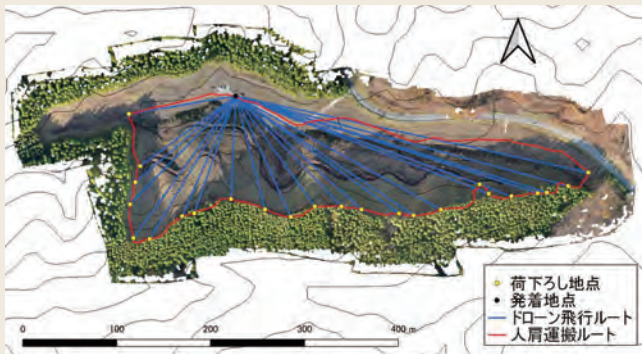
### 苗木以外の運搬事例① シカ柵等の造林資材

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

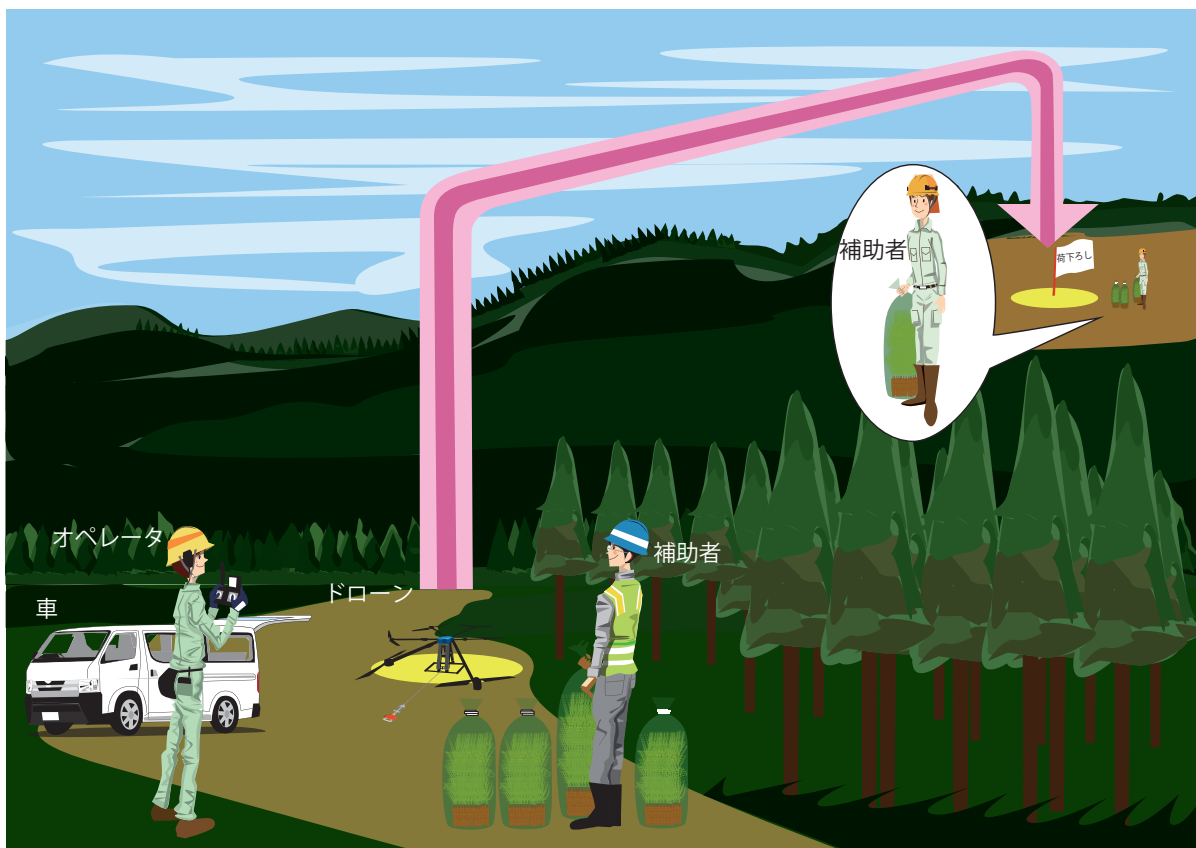


図5-1 ドローン運搬における運搬工程（1オペレーション）

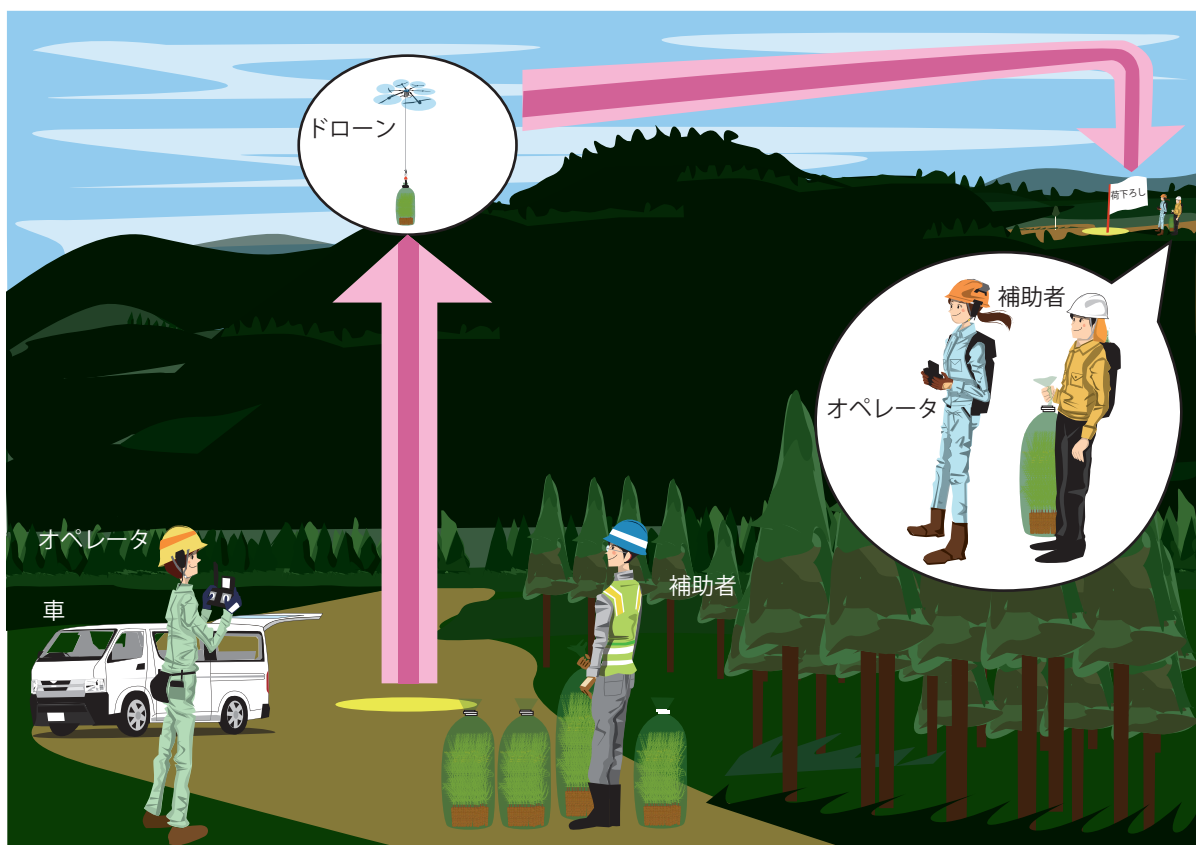


図5-2 ドローン運搬における運搬工程（2オペレーション）

## 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。

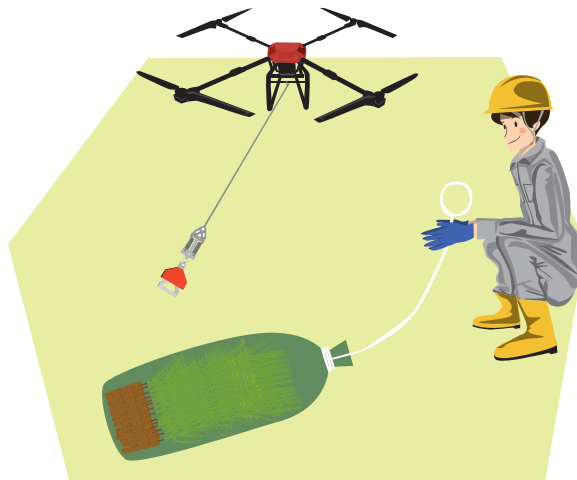


図5-3 荷掛け作業

### 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。

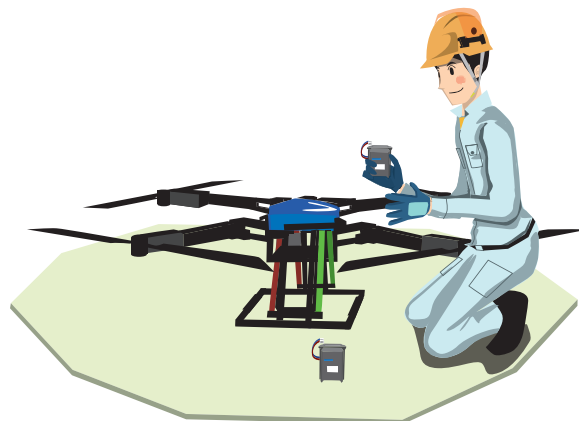


図5-10 バッテリー交換



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

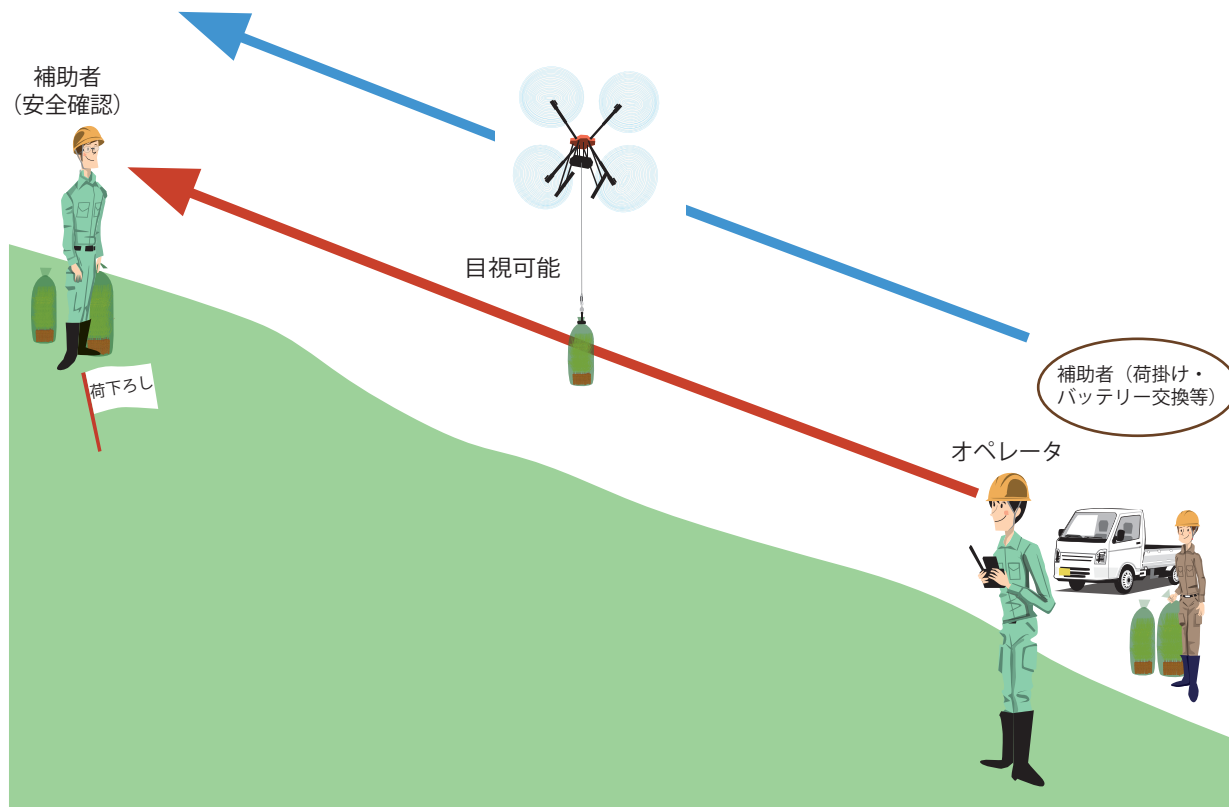


図6-1 1オペの機種を用いた場合の作業体制の例

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

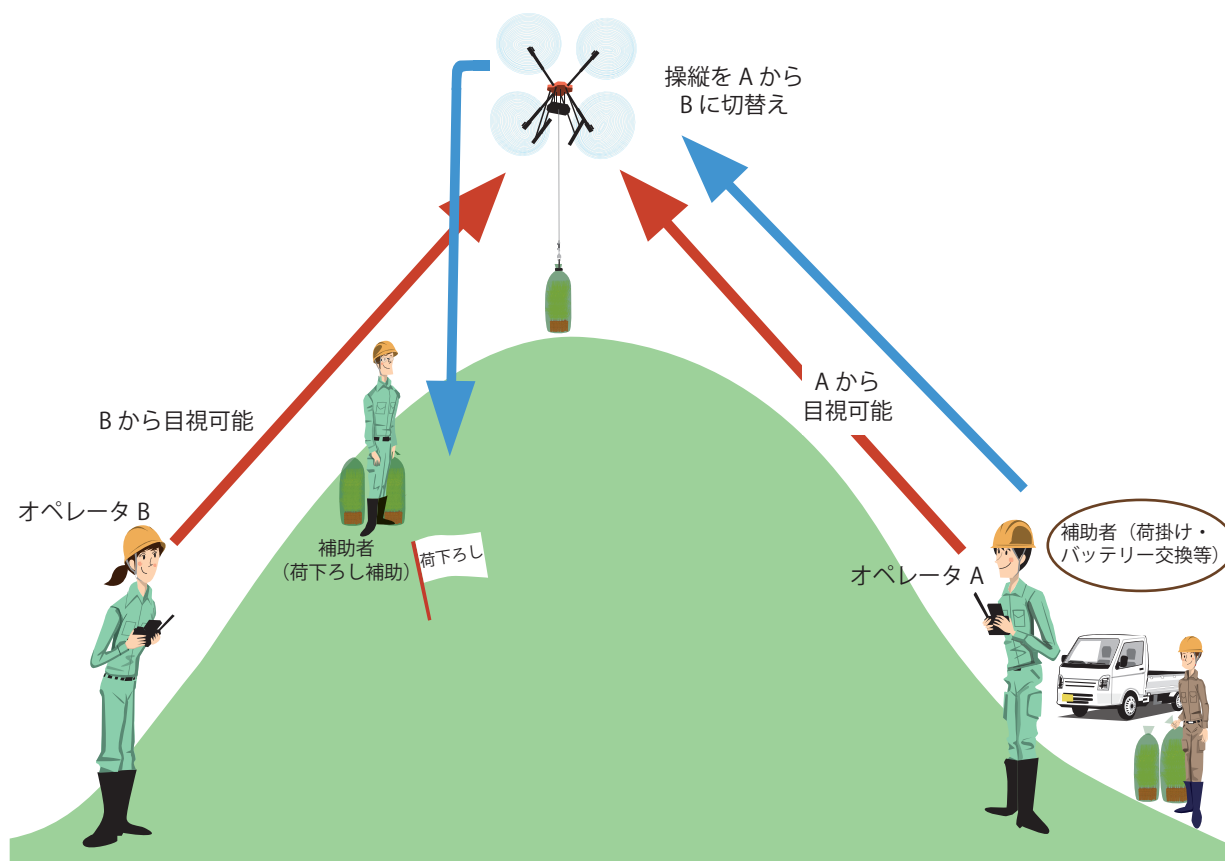


図6-2 2オペの機種を用いた場合の作業体制の例

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

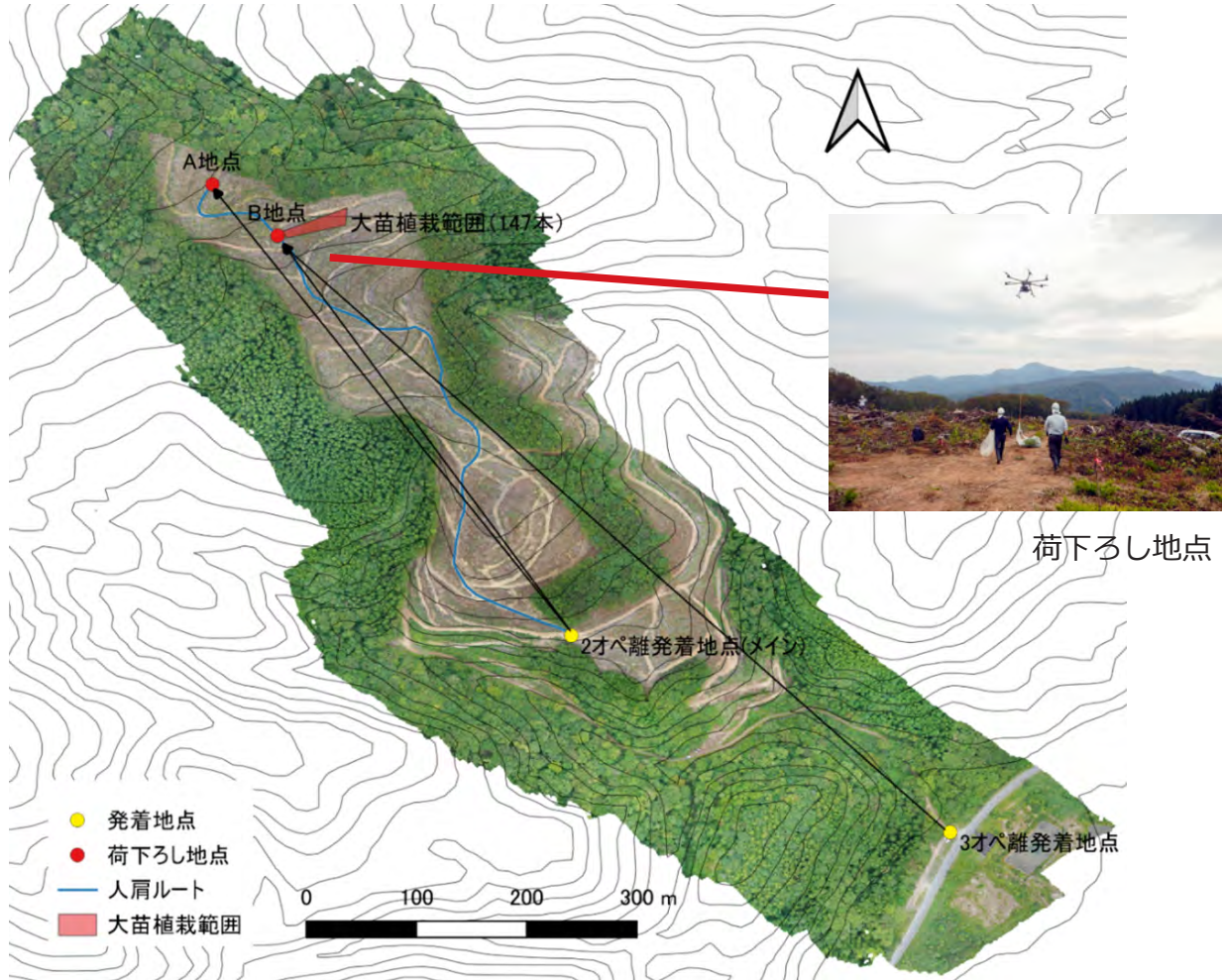
岩手県奥州市

ドローン運搬の人工数

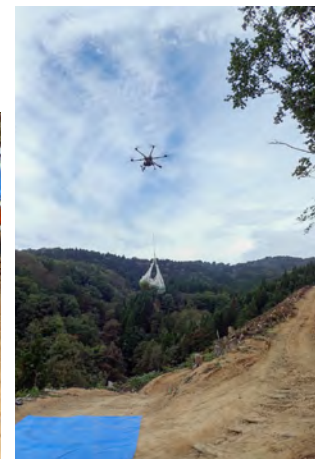
1.33人/1,000本

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

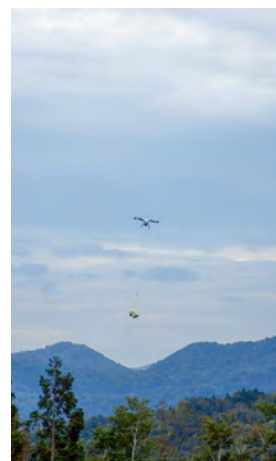
普通苗 150 cc：1 フライト当たり約 100 本（約 10-15kg）

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

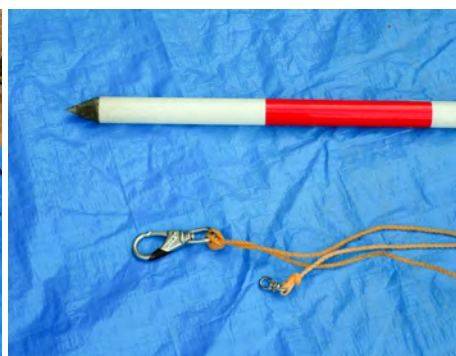


## ● 実証地情報と運用事例

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 -

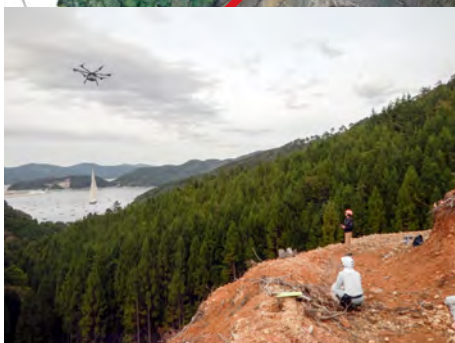
● 事業地の状況 (荷下ろし地点 : 1 か所)



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

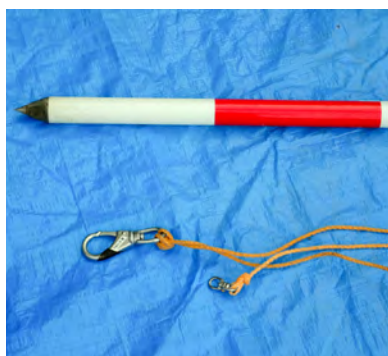


## ● 実証地情報と運用事例

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

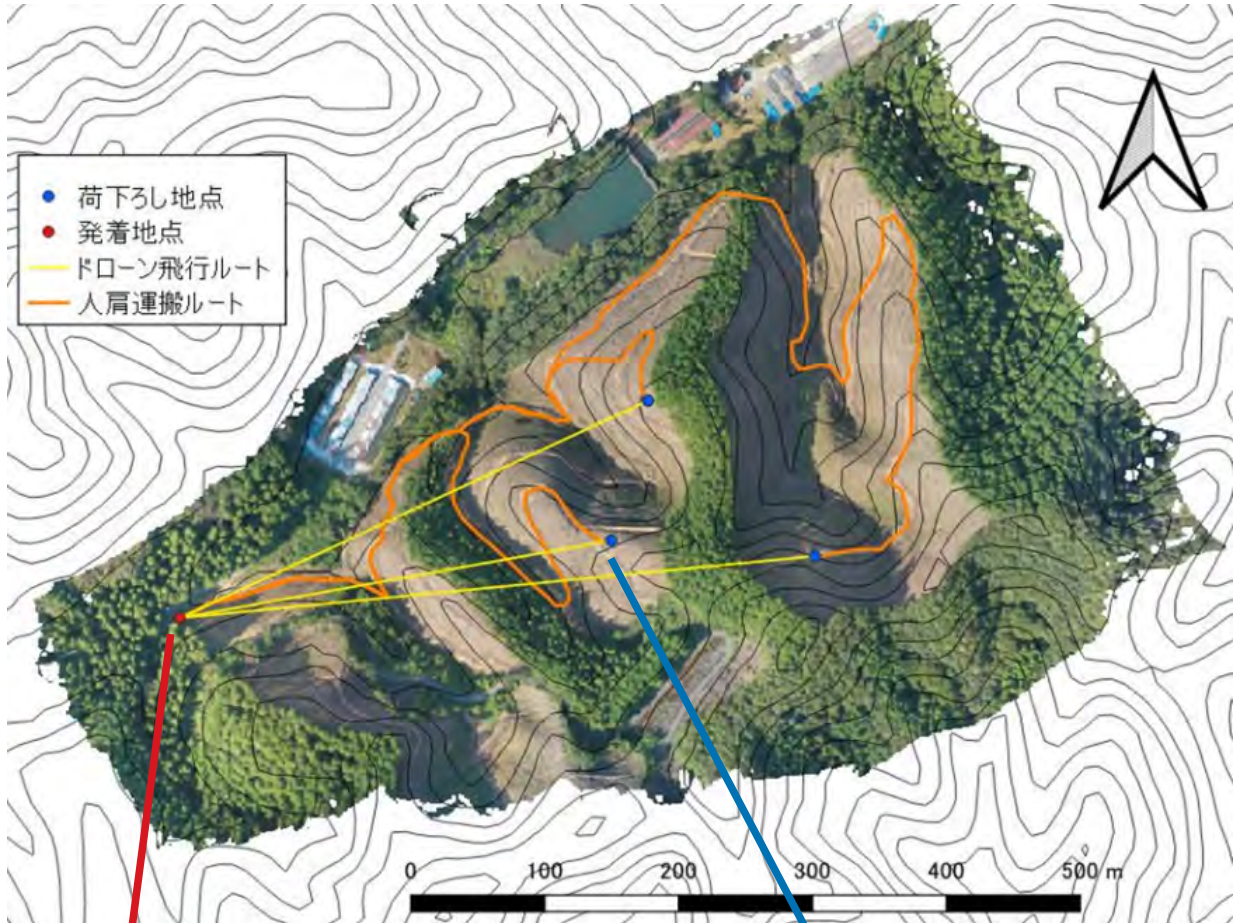
茨城県城里町

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

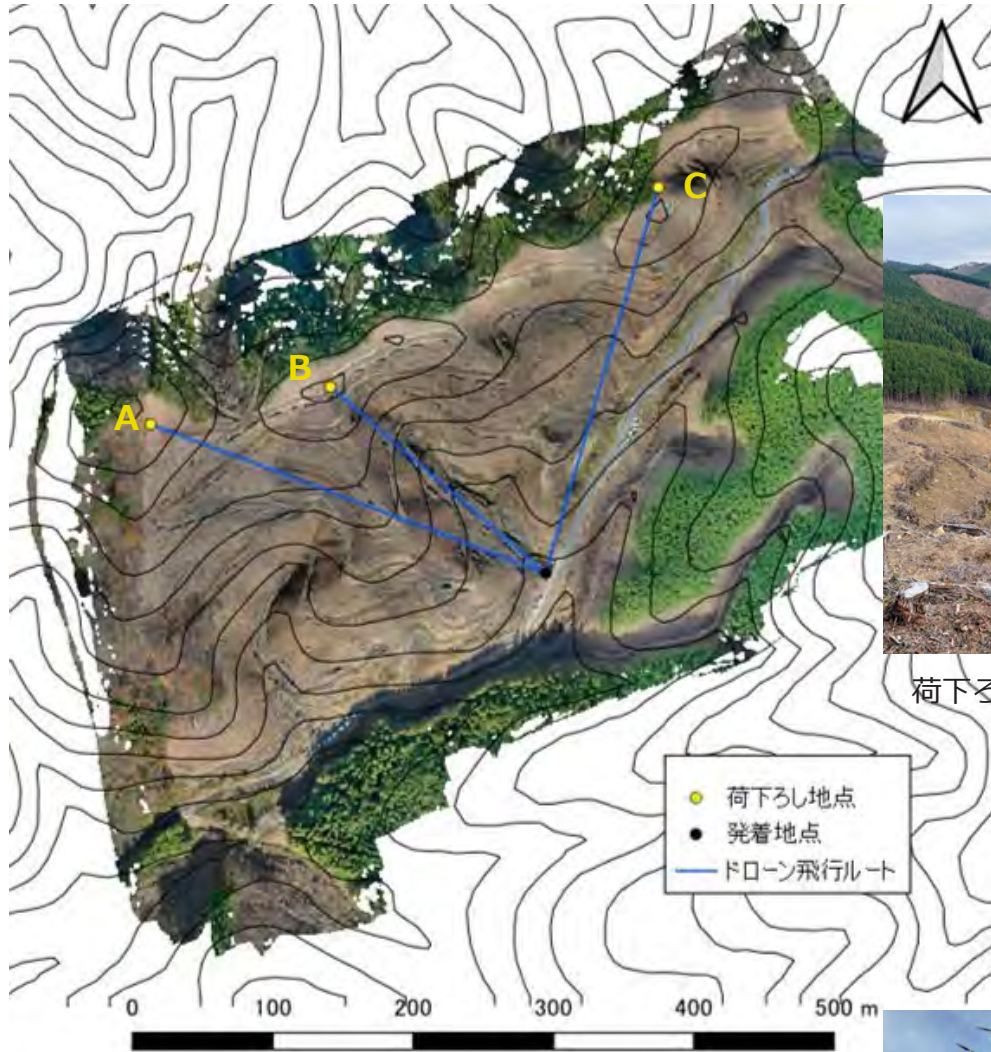
栃木県那須町

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）

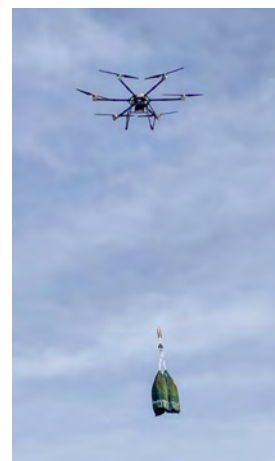
・ B 地点に約 850 本（約 130kg）

・ 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（150 cc）を運搬

EAGLE15：1 フライト当たり 50 本（約 9.5kg）

・ 10 箇所にそれぞれ 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）

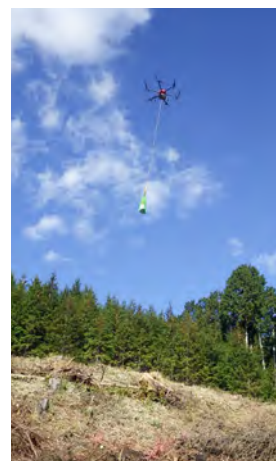
ドローン運搬にかかった時間：192 分（EAGLE15）

・ 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

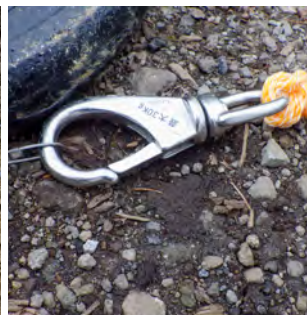
植栽面積	2.5ha	総植栽本数	6,000本
傾斜	35°	植栽密度	2,400本/ha
水平距離	210-320m	高低差	25-50m
機種名	EAGLE15/24	メーカー	DroneWorkSystem
操縦体制	2オペ	オペレータ	委託業者
ペイロード	EAGLE15：最大15kg（本実証では約10kgの苗木を運搬） EAGLE24：最大24kg（本実証では約20kgの苗木を運搬）		
本事例での作業人数	オペレータは発着地点に1人、荷下ろし地点に1人の計2人で手動飛行 補助者は発着地点に2人（バッテリー交換等全体雑務1人、荷掛け1人）、 荷下ろし地点に1人（荷下ろし1人）の計3人で合計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

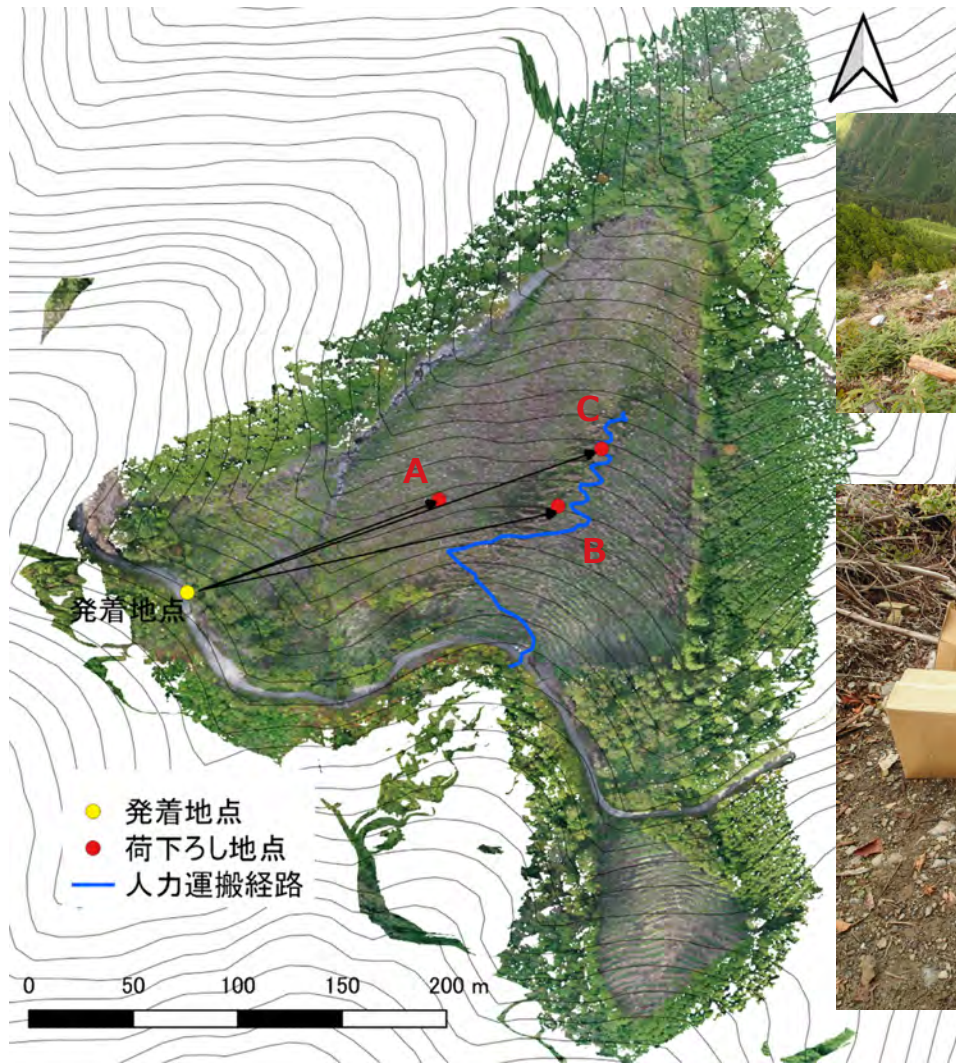
植栽面積  
4.92ha

# 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

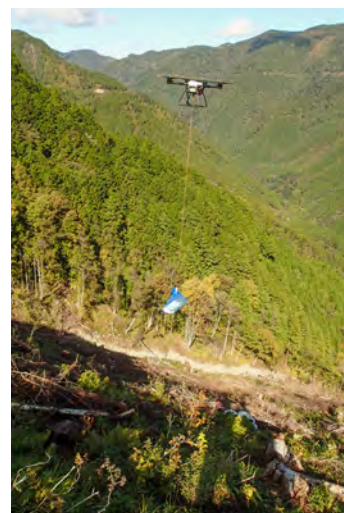
1 フライト当たり 50-75 本（約 7.5-11kg）

- ・ 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

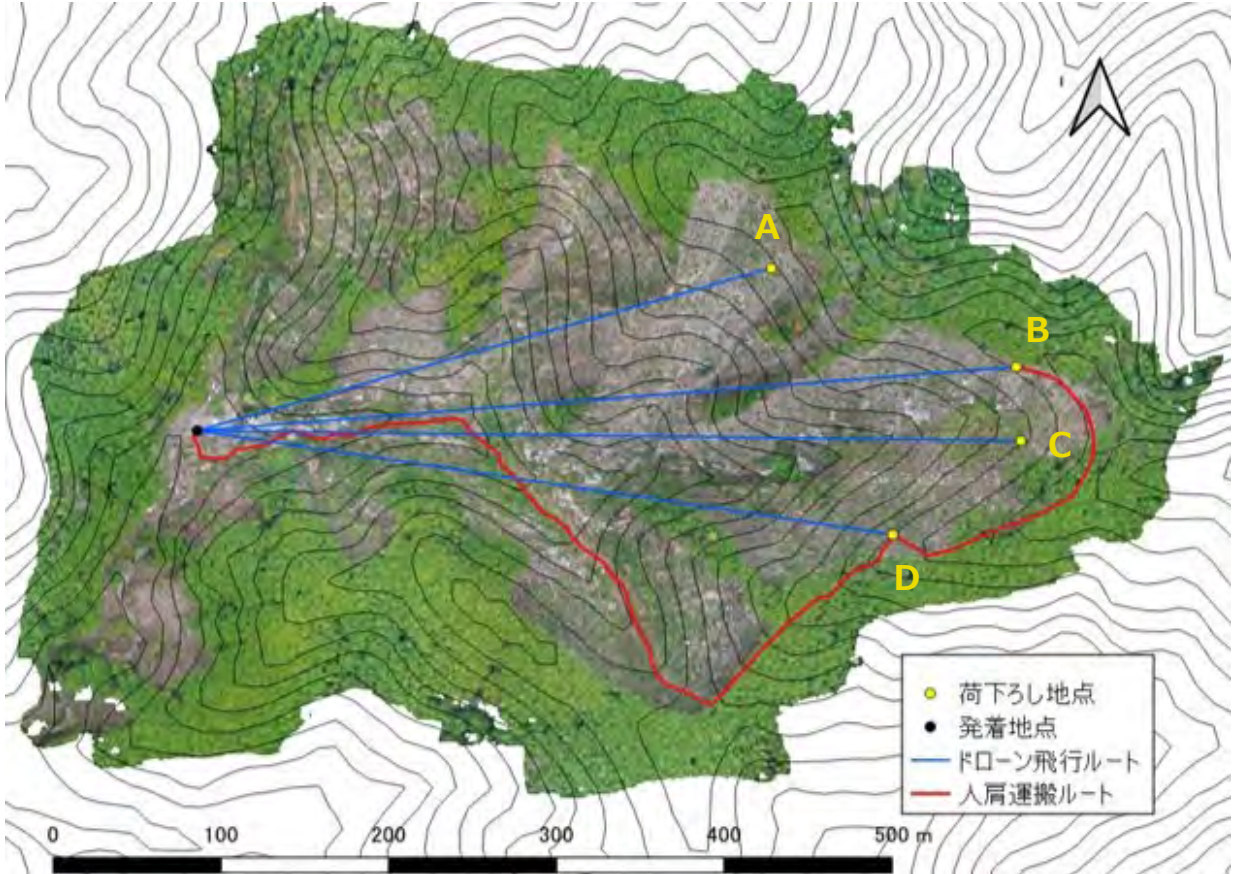
岐阜県七宗町

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

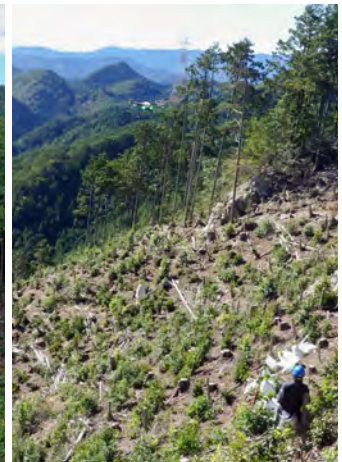
● 事業地の状況 (荷下ろし地点 : 4 か所)



発着地点



荷下ろし地点の俯瞰



荷下ろし地点

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



## ● 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）

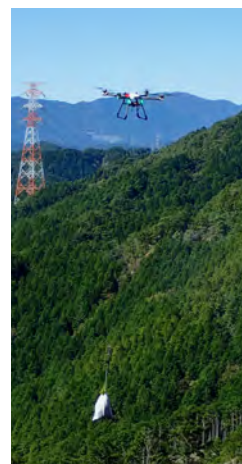
- ・ D 地点に 400 本（約 44kg）

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

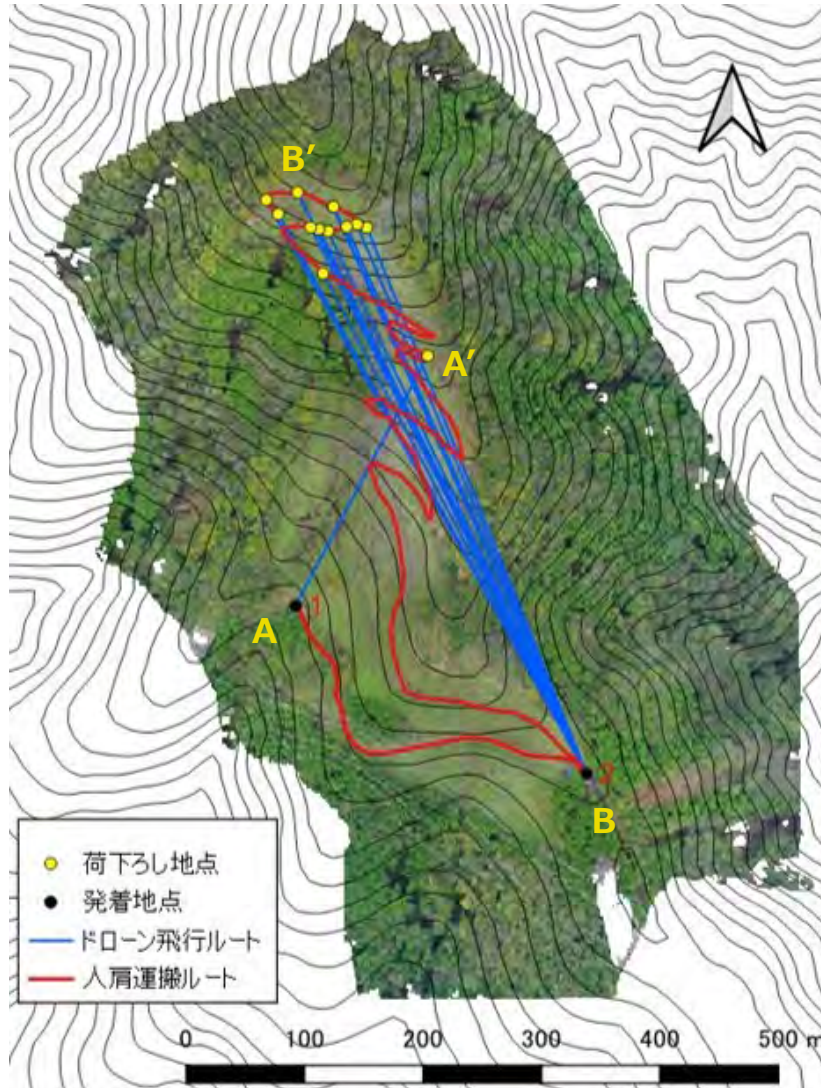
静岡県小山町

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	オペレーター	林業事業体
ペイロード	最大8kg		
本事例での作業人数	オペレーターは、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ーが荷掛けを行う。 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

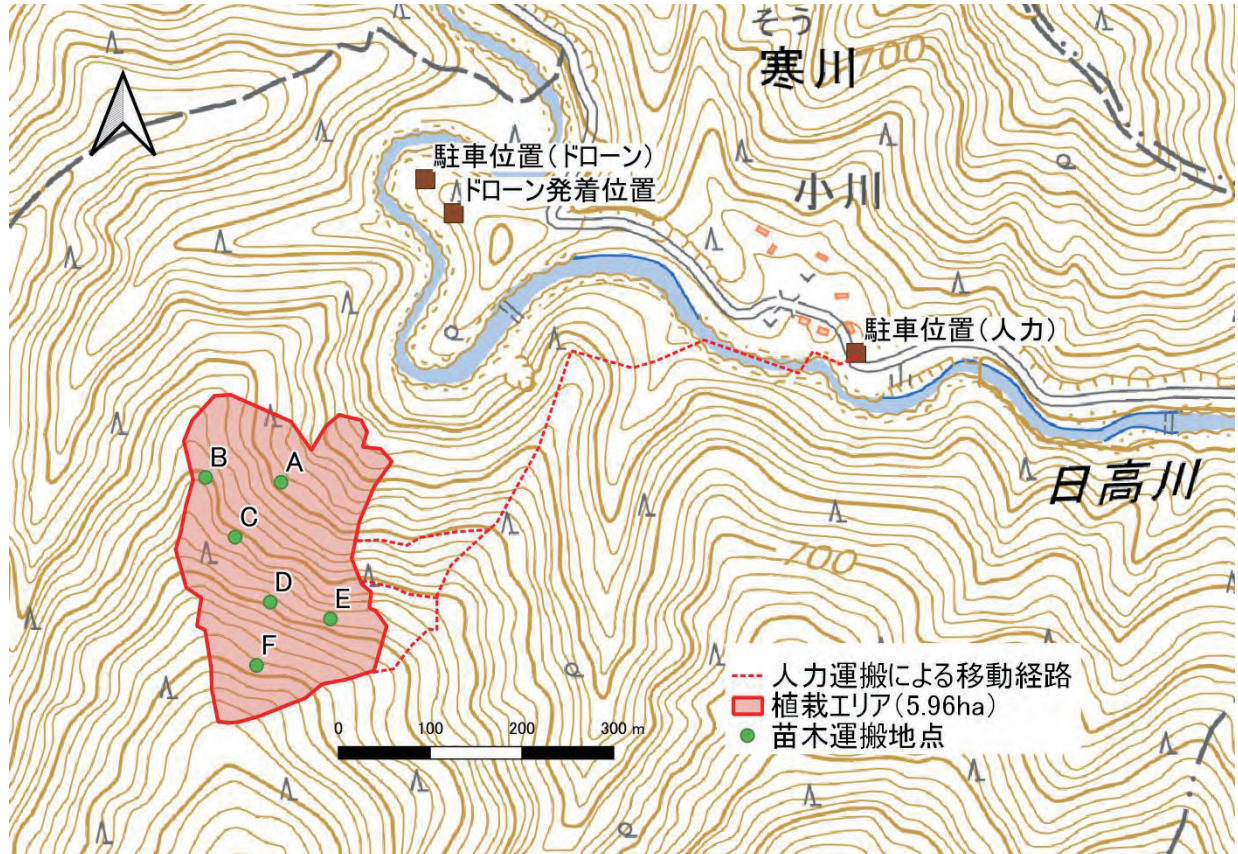
植栽面積  
5.96ha

和歌山県日高川町

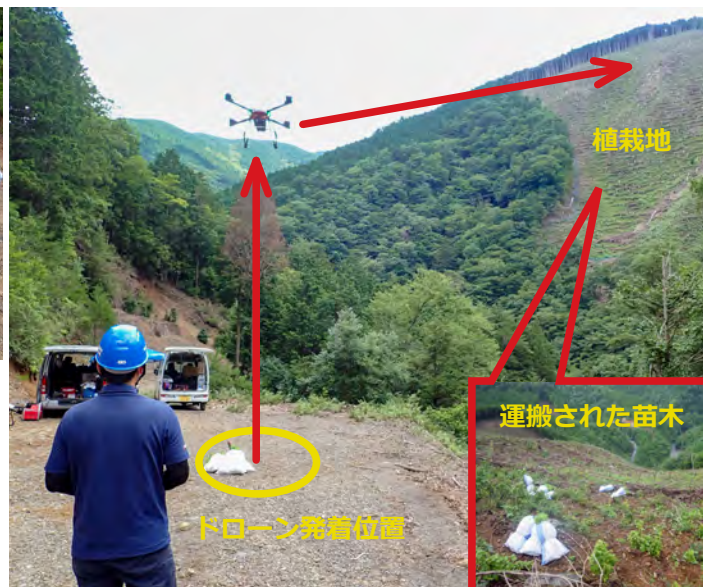
ドローン運搬の人工数  
**0.55人/1,000本**

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



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）

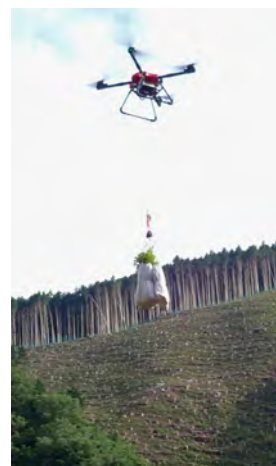
ウインチ型：飛行時間188分（40往復）4.7分/往復

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

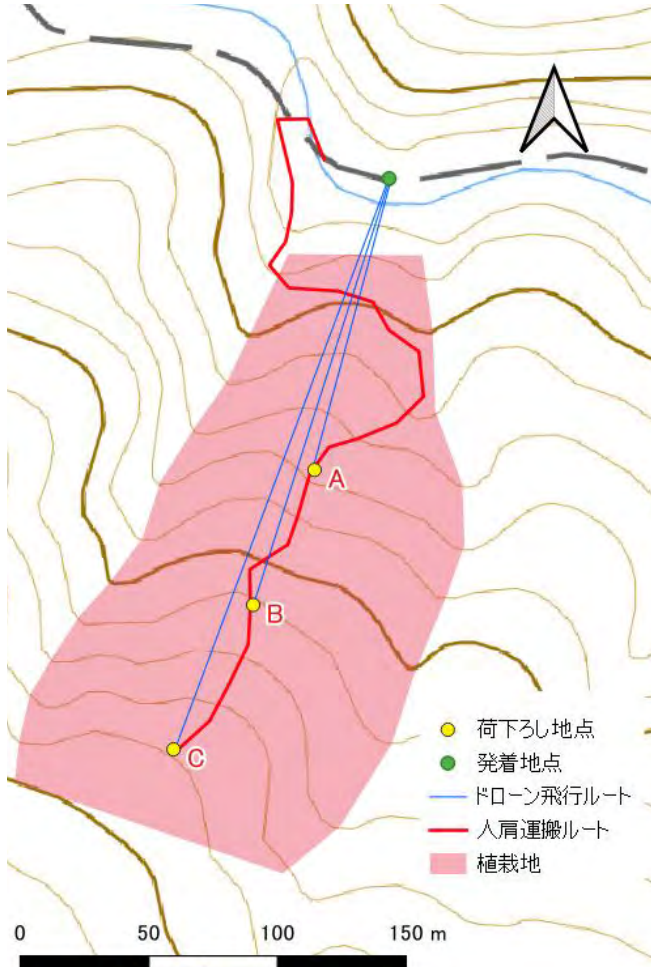
面積  
1.42ha

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

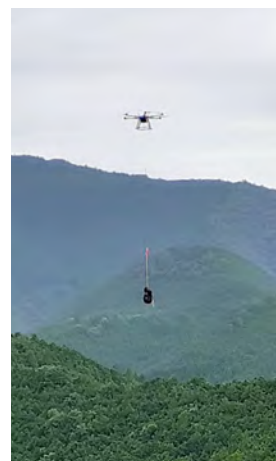
1 フライト当たり約 10kg

- ・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

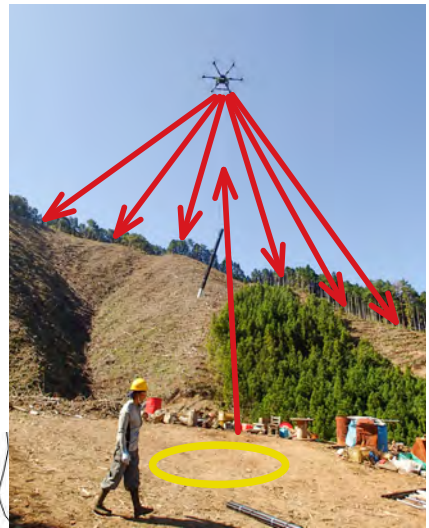
## ドローン運搬の人工数 (シカ柵のため) 未計測

参考 人肩運搬 -

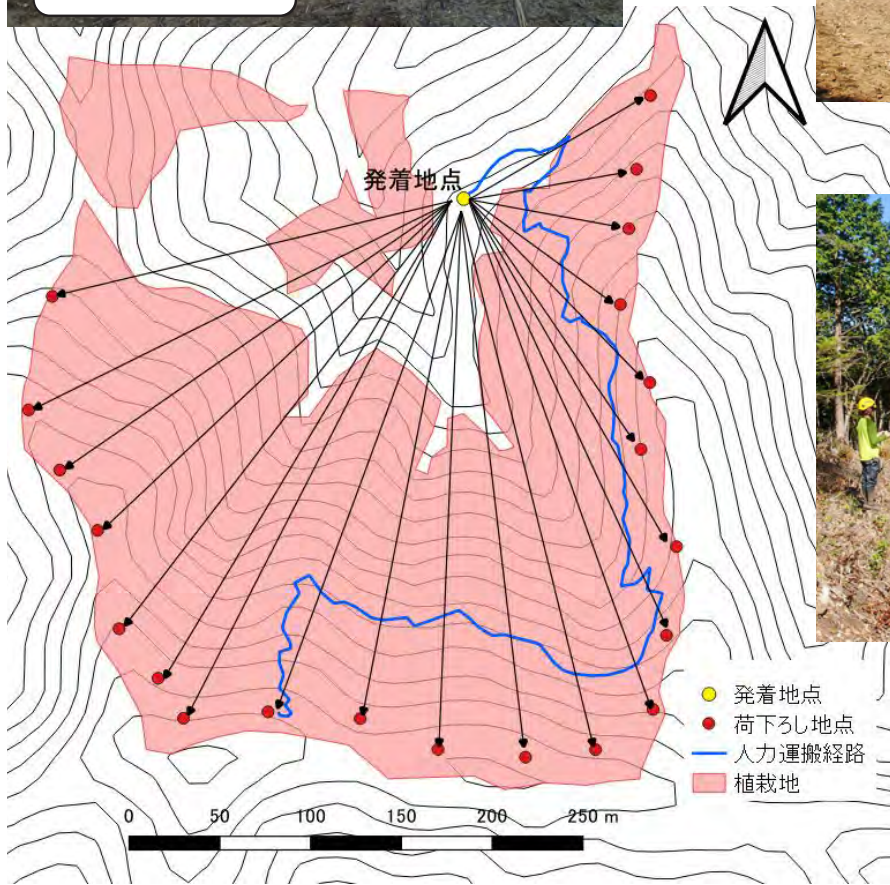
### ● 事業地の状況 (荷下ろし地点 : 21 か所)



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

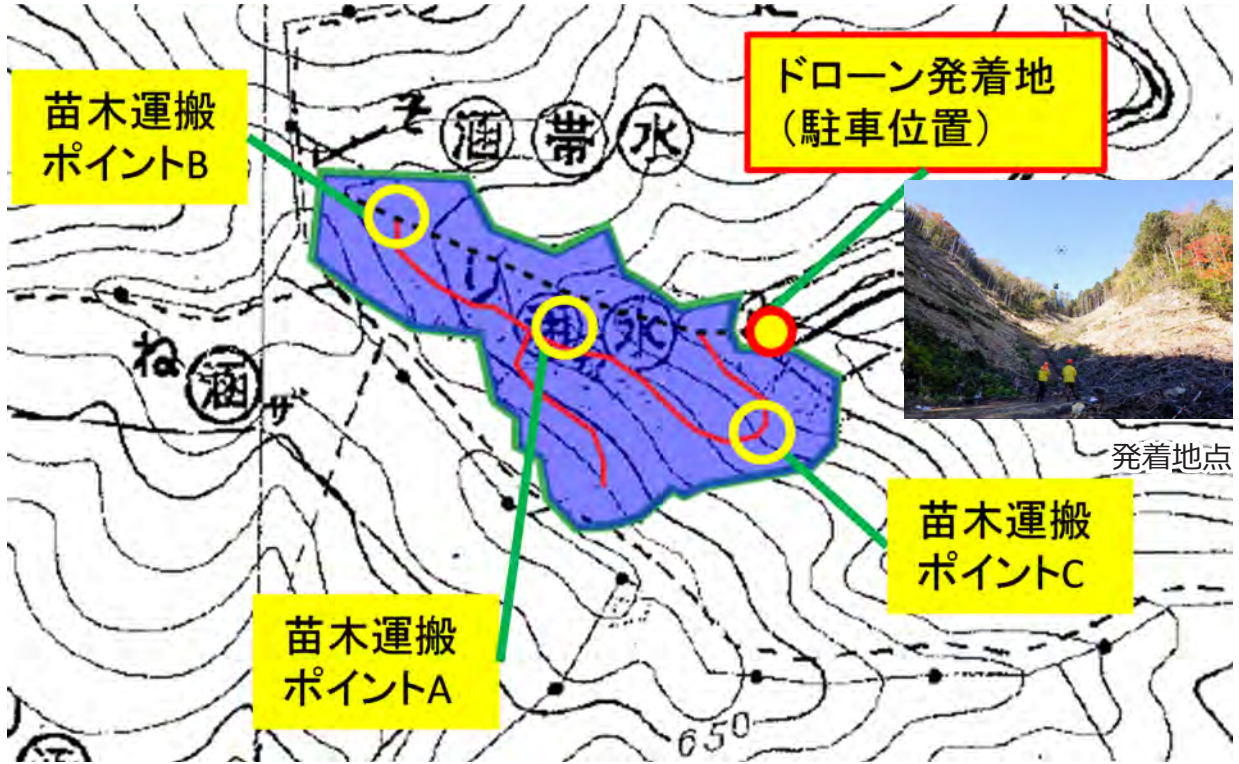
植栽面積  
1.17ha

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

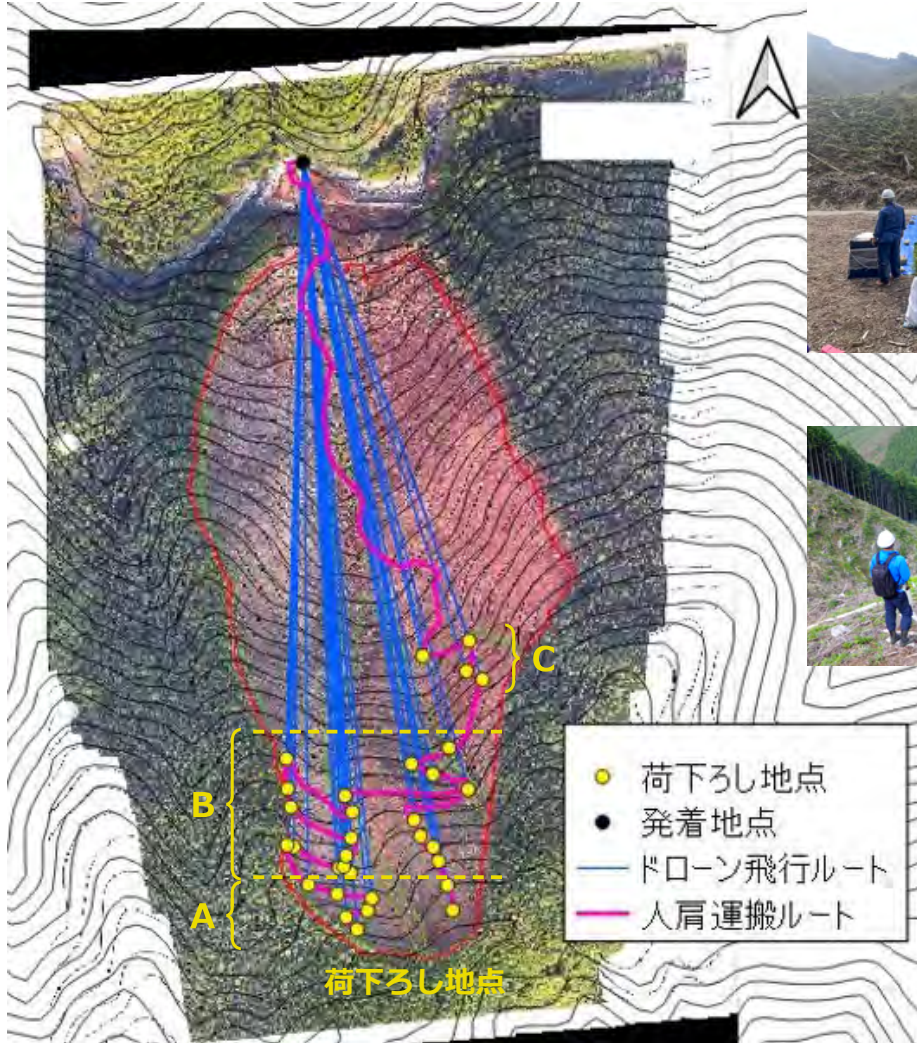
植栽面積  
9.36ha

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）

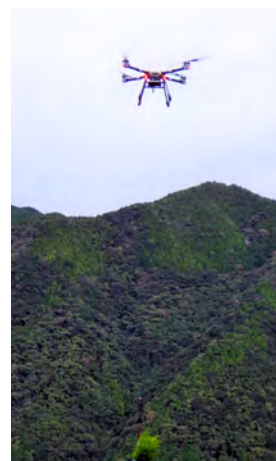
・ C 地点付近に約 600 本（約 70kg）

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

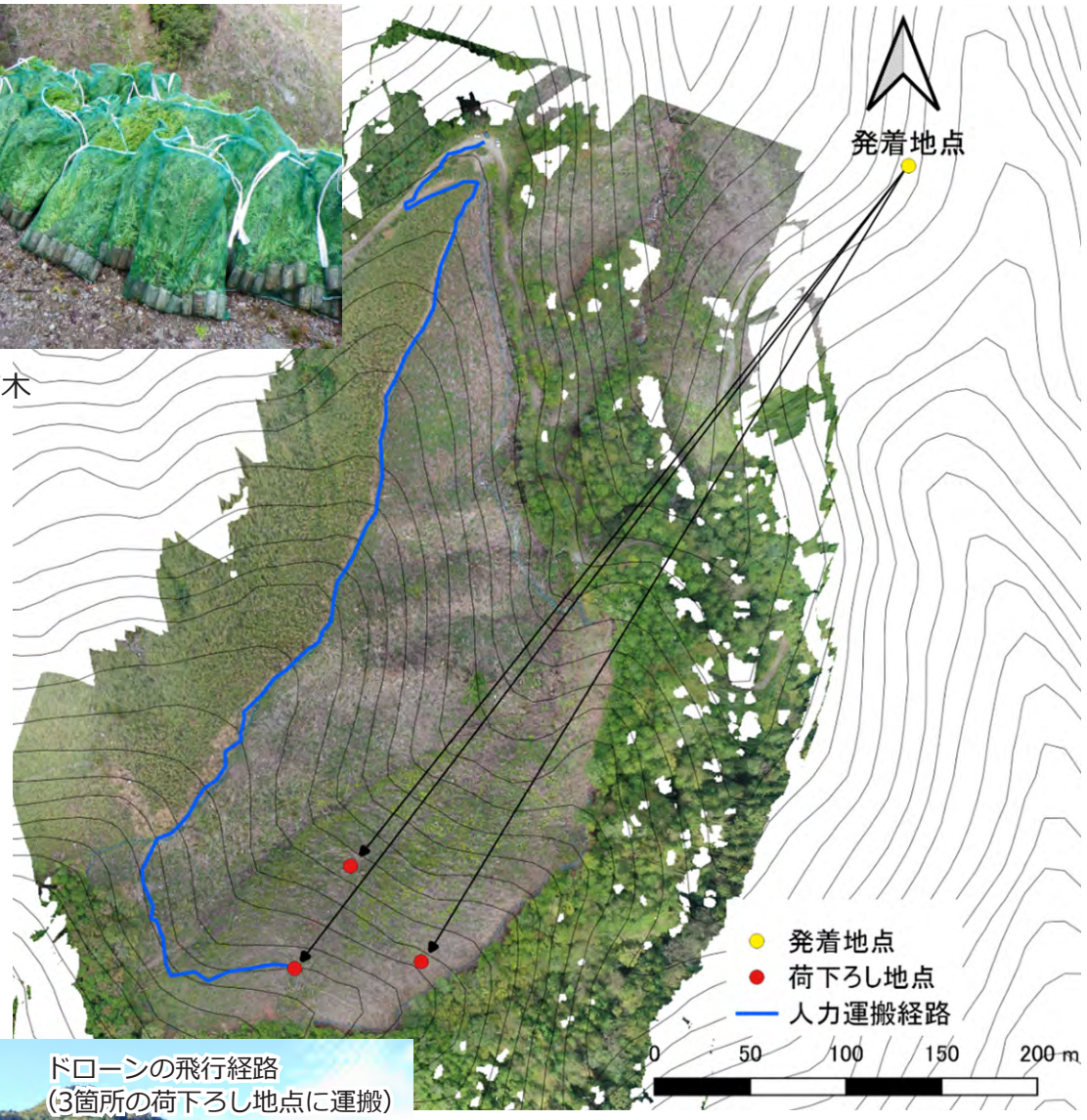
愛媛県四国中央市  
ドローン運搬の人工数  
**1.38人/1,000本**

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



ドローンの飛行経路  
(3箇所の荷下ろし地点に運搬)

ドローン  
発着位置

発着地点



## ● 運搬結果

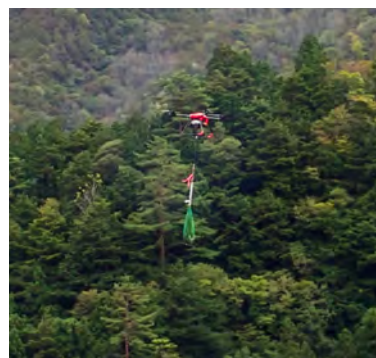
運搬量：ヒノキのコンテナ苗（150 cc）を運搬 2,356 本

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

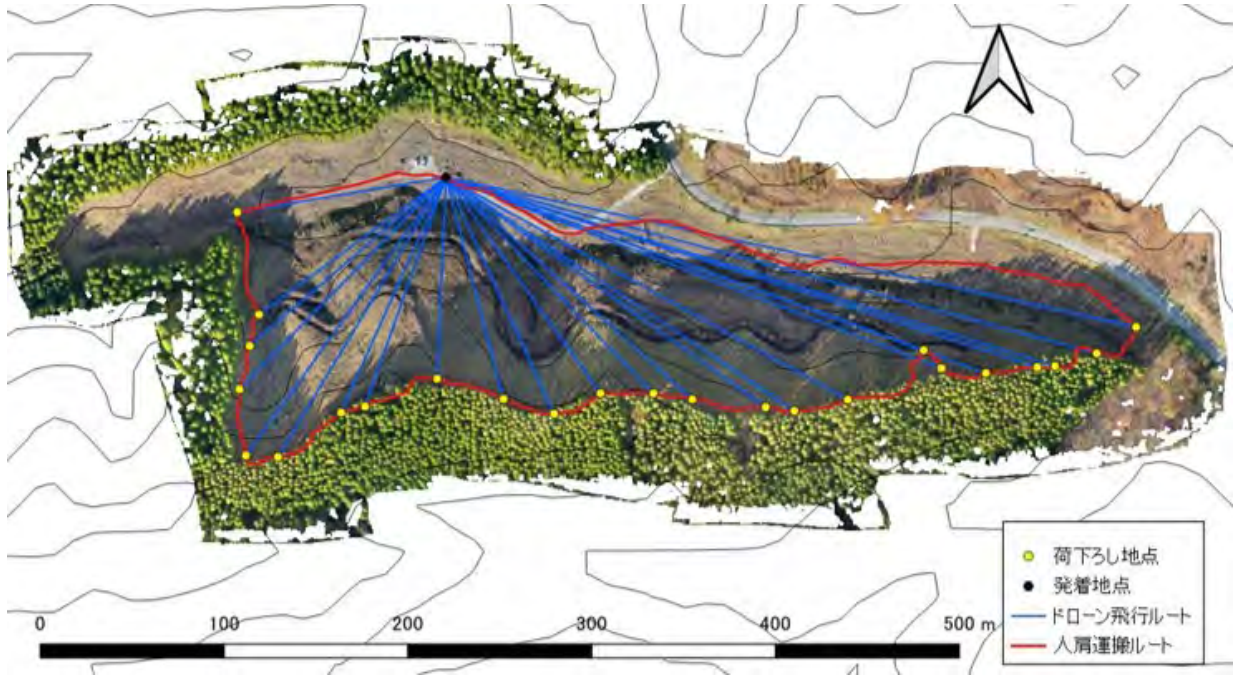
面積  
4.65ha

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

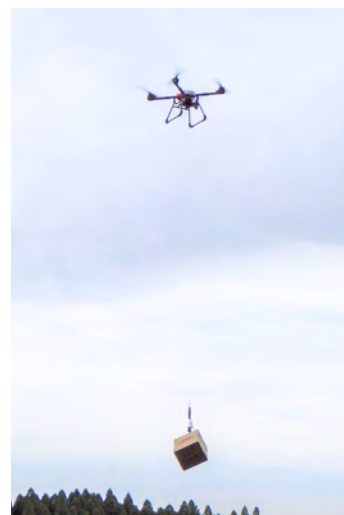
1 フライト当たり約 10-14kg

- ・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

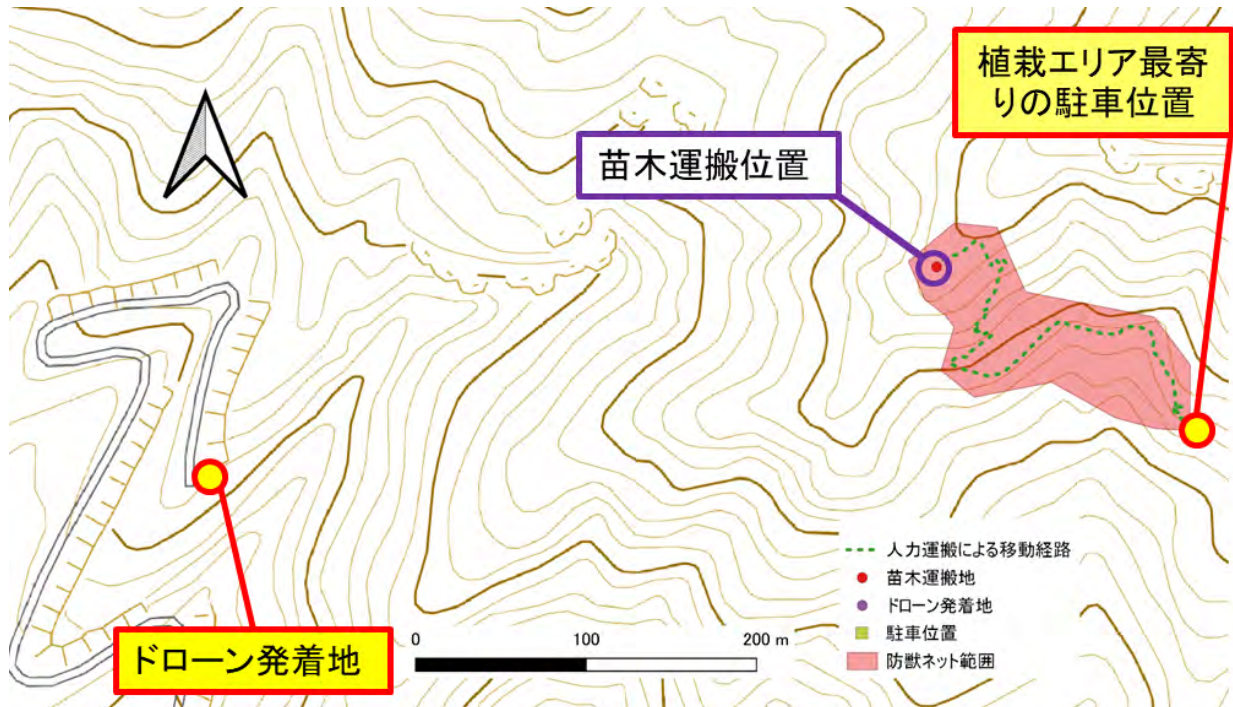
宮崎県延岡市

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



## ● 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

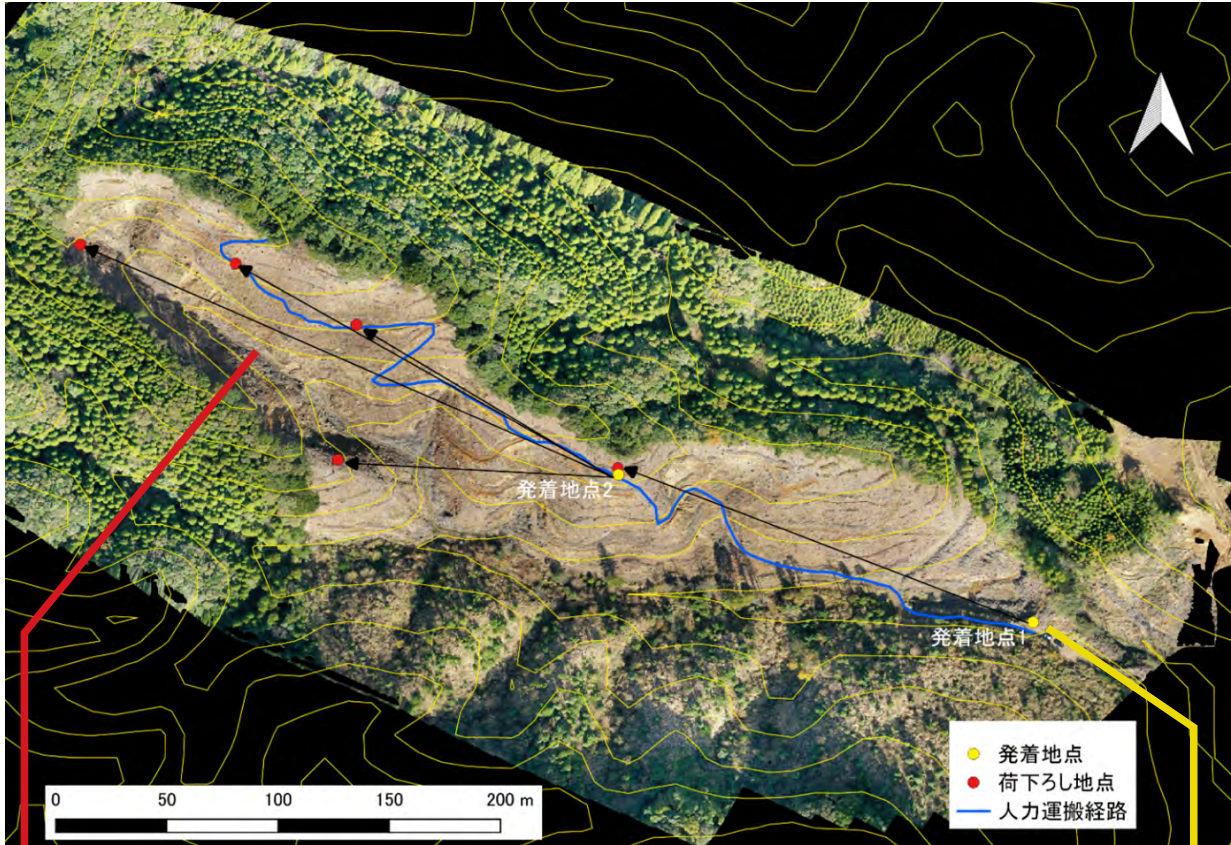
植栽面積  
3.55ha

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>・ 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

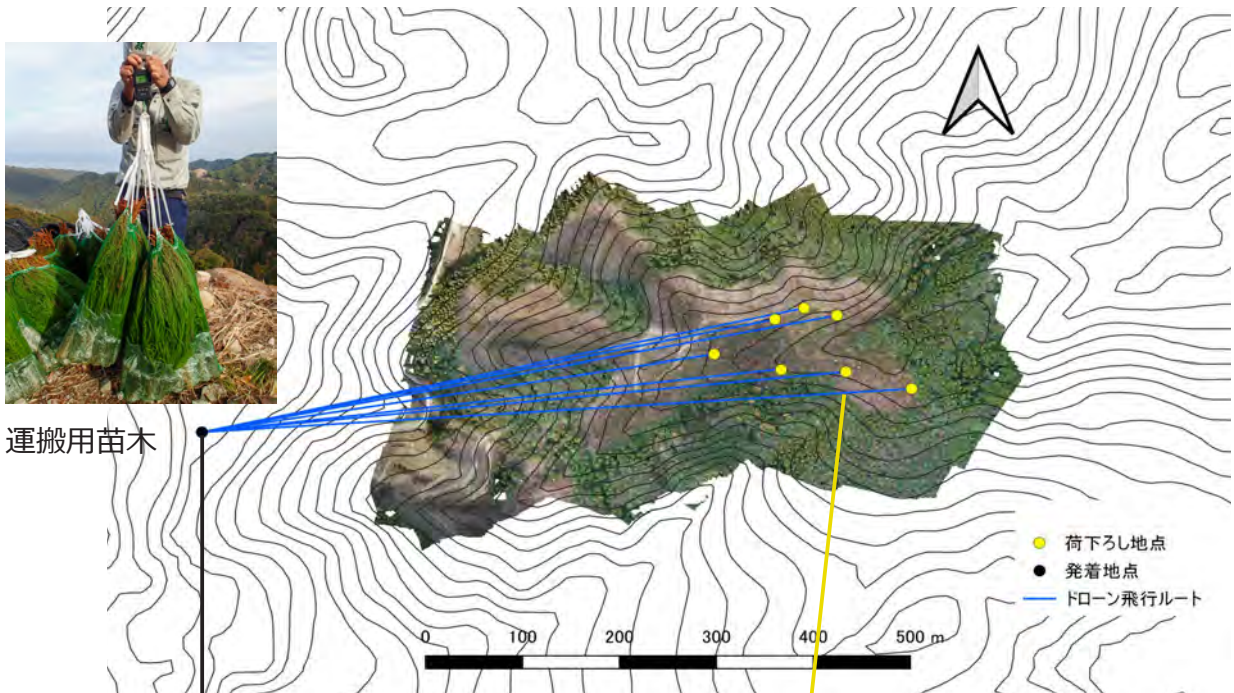
植栽面積  
5.93ha

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

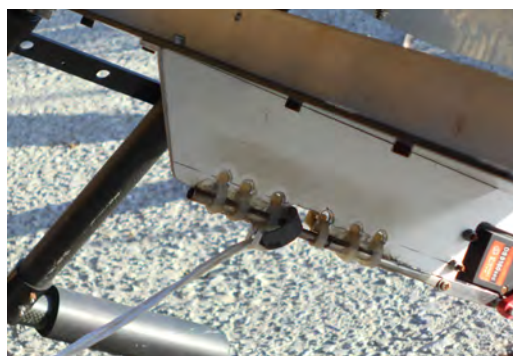
- ・ 飛行時間分（往復） 182 分（38 往復） 4.7/ 往復
- ・ バッテリー交換 34 分（9 回）、荷掛け 4.8 分

**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>