



# ドローンを活用した 苗木等運搬マニュアル

機種選定から操縦・運用まで

令和4（2022）年3月  
林野庁

## 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る。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る。

このような急傾斜地である日本の森林に対応した低コスト・省力的な造林技術の確立・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ドローンの導入・活用の参考となるよう、ドローン導入に適した条件、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、作業工程、作業体制、安全管理などを盛り込んでいる。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する。

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ある。



# 目次

1. ドローンを活用した苗木等運搬とは .....	1	導入・機種選定方法
2. ドローン活用に適した条件 .....	2	
3. ドローンの導入・運用 .....	4	
3-1. 苗木等運搬用ドローンの導入・運用方法 .....	4	
3-2. 林業の現場でのドローンの導入・運用の今後の期待と課題 .....	7	
4. 苗木等運搬に必要な機体性能等 .....	8	操縦方法
4-1. ドローン本体の機能 .....	8	
4-2. ドローン本体以外の必要機材 .....	12	
5. 苗木等運搬実施時の作業工程及び作業体制 .....	14	
5-1. 飛行手続き等 .....	14	
5-2. 準備作業 .....	14	
5-3. 運搬工程 .....	17	
5-4. 作業体制 .....	24	
6. 安全管理、留意点等 .....	27	参考となる事例・資料
6-1. 安全管理 .....	27	
6-2. ドローンの飛行ルール .....	28	
6-3. その他の留意点 .....	31	
7. 各地の導入及び実証事例と使用機種 .....	33	参考となる事例・資料
7-1. 「森飛」による苗木運搬 .....	33	
7-2. 「E616」による苗木運搬 .....	35	
7-3. 「ciDrone」による苗木運搬 .....	37	
7-4. 「EAGLE」による苗木運搬 .....	39	
7-5. 「いたきそ」による苗木運搬 .....	41	
7-6. その他、苗木等運搬に活用されている機種 .....	43	
8. 参考資料 .....	44	
8-1. ドローン運搬、人肩運搬、車両（クローラ）運搬の関係 .....	44	
8-2. 飛行手続きにおける無人航空機のレベル4飛行の実現に伴う航空法の改正 .....	45	

# 1. 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鹿柵等の獣害防除資材等を、土場から造林現場までドローンを用いて運搬することである。

運搬用ドローン及びその操縦技術者を準備し、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ができれば、従来よりも短時間で多くの苗木等が運べることや、労働負荷が軽減されるなどのメリットが期待できる。

一方、ドローンによる苗木等運搬は、造林現場の環境によっては従来の運搬方法より効率化できない場合もあることも事実である。また、運搬用ドローンは大型かつ高価であり、万一事故が起こってしまった場合の被害は人身安全面やコスト面からも甚大である。

このため、ドローンの導入・活用にあたっては、ドローンが有効となる条件や苗木等運搬の全体の流れを把握し、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る。



なお、苗木等運搬のためのドローンの活用については、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、運搬最大重量（以下、「ペイロード」という。）や運搬可能距離に制限があること、操縦技術者の育成が必要なことなど様々な課題がある。しかしながら、ドローンやバッテリー等の性能が向上していくことが見込まれ、これに伴いドローンによる苗木等運搬が普及していくものと考えられる。

## 2. ドローン活用に適した条件

苗木等の運搬方法として人肩・ドローン・運搬車の特徴を表に示す。現在、苗木等の運搬に使用されているドローンのペイロード（搭載可能な積荷の量）は、人肩運搬の重量とは大差ないが、移動速度が速いことから人肩運搬に比べて短時間に多くの苗木等を運搬することができる。

しかしながら、1度に大量に運べるクローラ等の運搬車と比較するとドローンの効率性は劣る。このため、運搬車がドローンの10倍の苗木を運べる場合、ドローンは運搬車の1/10以下の時間で苗木の運搬ができないと時間短縮はできない。さらにドローンを用いる場合、事前の準備や飛行計画作成など車両運搬より人工を要する機会が多いため、路網が発達し、運搬車が造林地近くまでアクセスできる環境では、ドローンによる効率化は見込めない。

他方、ドローンによる運搬は路網整備を条件とせず、また人肩運搬の場合と比べても体力を必要としないために作業者の年齢や性別が問われにくいなどコストだけでは表せないメリットがある。

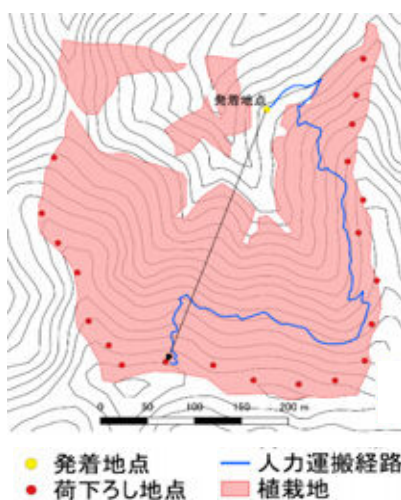
また、ドローンの開発スピードは速く、性能や扱いやすさは年々向上すると考えられ、若者の関心も高いことから、林業への参入者が増えるきっかけにもなると考えられる。

運搬方法	一度に運搬できる量 / 特徴
<p data-bbox="284 1025 411 1093">人肩運搬</p> 	<p data-bbox="884 1084 1238 1122">10~30kg (50~150本)</p> <p data-bbox="751 1182 1382 1263">肉体的な負担が大きい。一日に運搬できる量が限られるため、植栽作業全体の効率も下がる。</p>
<p data-bbox="284 1382 411 1420">ドローン</p> 	<p data-bbox="884 1382 1227 1420">8~20kg (40~100本)</p> <p data-bbox="751 1480 1382 1653">作業道の配置に関係なく、土場から植栽地まで直線的に飛行することから、人肩運搬に比べて、短時間で沢山の苗木等を運搬することができる。事前準備等が必要となる。</p>
<p data-bbox="284 1727 464 1765">運搬車（クローラ）</p> 	<p data-bbox="900 1700 1235 1738">200kg (1,000本) 以上</p> <p data-bbox="751 1798 1382 2018">路網が整備され植栽地まで車両が入る場合は、ドローンより効率的である。伐採後に間を置かず植栽する一貫作業システムを採用することで、伐採に使用した機械を運搬にも使用することができる。</p>

## ドローン活用に適した条件

- 一定の条件下であれば、苗木運搬の効率化、コスト低減が可能
  - ✓ 車両が入れない造林地（急傾斜地、架線系集材地）
  - ✓ 車両が入れる地点から植栽位置が離れている造林地（面積が広い）
  - ✓ 一貫作業システムが採用できず植栽時に車両が利用できない造林地
- コスト以外のメリットも考慮
  - ✓ 労力が軽減され、労災リスクの低減につながる
  - ✓ 体力を必要としないため、年齢や性別が問題となりにくい。
  - ✓ 若者の関心も高く、林業への参入者が増えるきっかけにつながる

### ＜ドローン運搬に適した条件の事例＞



人肩運搬の距離（左図青線）や時間が長いほどドローン運搬が適している。

ドローンの機種（運搬できる本数）や作業にかける人数により人工削減できる距離（時間）の目安が変わる。

荷下ろし地点までの標高差が 50m 以上をドローン適用の基準としている事業者もある。

以下、実証データを用い、人肩運搬本数を 100 本/往復、苗木の植栽時間を 1.5 分/本とした時、ドローンで 6,000 本運搬した場合に、人肩運搬に比べ人工数が少なくなる環境条件を整理する。

人肩の運搬距離（往復時間）が表の距離（時間）より長い場合、ドローンにより運搬作業人工が削減できる			
パターン		ドローンが一度に運搬できる苗木本数（重量）	
		60 本（10kg）	100 本（20kg）
ドローン 運搬作業 人数	4 人	人工削減できない	600m（40 分）以上
	3 人	800m（60 分）以上	500m（35 分）以上
	2 人	600m（40 分）以上	450m（30 分）以上

### 3. ドローンの導入・運用

#### 3-1. 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る。また、レンタルサービスは今のところ撮影用の小型ドローンがメインだが、将来的には苗木等運搬用ドローンもレンタルできるようになる可能性はある。

一般に運搬用ドローンは撮影用ドローンと比較して大型で、プロペラを折りたたんだ状態でも1m以上ある場合が多く高価である。また撮影用ドローンよりも高い操縦技術も必要である。このため、導入・運用にあたっては、それぞれの導入方法別の特長と課題をよく考慮して検討する必要がある。

方法	特長	課題
委託	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 初期コストや維持管理コストが抑制できる</li> <li>・ オペレータ（ドローン操縦技術者）の育成が必要ない</li> <li>・ ドローン活用に適した事業地（前項参照）が少ない場合は、適した事業地のみ依頼した方がコストを抑制できる</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 委託業者との事前調整や現地での事前説明が必要</li> <li>・ 業者の繁忙期にあたりと日程調整が難しくなる</li> <li>・ 作業当日の天候が悪い場合、実施が延期となり委託費が追加になる可能性がある</li> </ul>
購入	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 必要な時に自由に使える</li> <li>・ ドローン活用に適した事業地が多い場合は、委託するよりもトータルコストを抑制できる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 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、維持修理費等がかかる</li> <li>・ 発火性のバッテリーの適正な安全管理等が必要</li> <li>・ オペレータ（ドローン操縦技術者）の育成が必要</li> </ul>
レンタル ※	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 初期コストや維持管理コストが抑制できる</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ オペレータ（ドローン操縦技術者）の育成が必要</li> </ul>

※ 現在、苗木運搬用ドローンはレンタルされていないが、将来的には可能性がある。

以下に、現在利用可能な委託、購入それぞれの場合の注意点と効果額の算定方法を示す。

## ドローン運搬を委託する場合の注意点

- 委託の内容や条件について十分確認する
  - ✓ 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

### <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。

ドローン運搬の委託金額は、今のところ下見打合せ 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 万円と想定されることから、ドローンによる苗木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、ドローンの運搬量が 1 日 6,000 本では難しく、12,000 本以上の運搬量が必要となる。1日に運搬できる苗木本数が 6,000 本の場合は委託費が 14.1 万円の時に人肩運搬の経費と釣り合うため、費用対効果としては人肩運搬の方がよい。

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	ドローンが一日に運搬できる苗木本数	
	6,000 本	12,000 本
1 日	14.1 万円	29.1 万円
2 日	29.1 万円	59.2 万円

#### 【算出条件】

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：40 分/19 分

ドローン運搬時の 1 人日あたり植栽本数：267 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



## ドローンを購入する場合の注意点

- 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
  - ✓ 一日の運搬本数が多くなるよう、作業の熟練度をあげる必要がある
- 操縦者の育成には、
  - 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
  - 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

### <購入の場合の費用対効果の算出例>

1 セット 200 万円の1オペの機種を購入し、操縦者1人、補助者1人で操作し、1日6,000本運搬する場合、年間66.6haに対してドローンで苗木運搬を行うと人肩運搬より費用が安くなる。

#### 年間の植栽本数や植栽面積が表より多く、稼働日数が見込める場合、ドローンを購入しても費用対効果がある

ドローン 購入費	作業人数		ドローン1日6,000本運搬			ドローン1日12,000本運搬		
	操縦者	補助者	費用対効果が見込める年間の			費用対効果が見込める年間の		
			稼働日数 (日)	植栽本数 (万本)	植栽面積 (ha)	稼働日数 (日)	植栽本数 (万本)	植栽面積 (ha)
200万 円	2人	1人	/	/	/	6.4	7.7	38.3
	1人	1人	22.2	13.3	66.6	4.7	5.7	28.3
300万 円	2人	1人	/	/	/	7.8	9.4	46.8
	1人	1人	27.1	16.3	81.4	5.8	6.9	34.5

#### 【算出条件】

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：40分/19分  
 ドローン運搬時の植栽本数：267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、補助、人肩運搬、植栽の労務単価：20,000円/人日  
 ドローン操縦の労務単価：50,000円/人日  
 植栽密度：2,000本/ha

### 3-2. 林業の現場でのドローンの導入・運用の今後の期待と課題

前節で説明したとおり、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る。また、委託した場合は初期費用や維持費用を抑制できるが、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ある。

ここで、これらを解決する方法として、共同運用や他分野との協業、苗木等運搬以外の造林作業へ活用する方法について整理する。

#### ドローンの運用方法における工夫

- 共同運用により購入・維持管理費用を抑える
  - ✓ 自治体や都道府県森林組合連合会の単位でドローンを購入して維持管理し、各事業体にドローンを貸し出す
  - ✓ 各事業体がドローンを借りる時にレンタル料を支払う
- 他分野との協業により稼働率を上げる
  - ✓ 農業分野：農薬散布時期が春季～夏季に限定されるため、それ以外の時期に苗木等運搬が可能
  - ✓ 配送業：今後、中山間地域での発展が期待されている
- 他の造林作業に活用し稼働率を上げる
  - ✓ 空撮による現地測量、植栽木や雑草木の生育状況確認など

農業との協業に関しては、農薬散布時期が春季～夏季に限定されるため、それ以外の時期に農業側の操縦者が苗木等運搬に協力することや、逆に林業側の操縦者も農薬散布に協力し、相互協力する方法が考えられる。ただし、農業用機種と林業用機種は機能が異なるため、アタッチメント交換できる機種を除き、同じ機種をそれぞれの作業に用いることはできない。また、林地の場合は傾斜や障害がある中で飛行させる必要があり、農地の場合は、低空で細かく飛行させる必要があるなど、それぞれ操縦技術が異なるため、いずれの側の操縦者も訓練が必要である。

配送業でのドローン活用が本格化するのはまだ先のことはあるが、苗木等運搬用機種で重量物を運べるという点から、同じ機種のまま配送業に協力できる可能性がある。また、自動飛行機能があれば、離陸と着陸以外は自動飛行で配送できるようになると考えられる。

## 4. 苗木等運搬に必要な機体性能等

苗木等運搬にドローンを導入する場合、委託であれば、業者が適切な機種を選定するが、購入する場合は必要な規格を考慮して機種を選定する必要がある。本章では苗木等運搬に必要なドローン本体の機能と、ドローン本体以外の必要機材について整理する。

### 4-1. ドローン本体の機能

ドローン本体のペイロード（最大積載重量）、オペレーション方式（操縦方式）、大きさ、タッチメント（運搬物を荷掛して切離す部分）について現状の機種と特徴や注意点を示す。

項目	現状	特徴や注意点
ペイロード（最大積載重量）	<ul style="list-style-type: none"> <li>概ね 8kg～20kg と機種により異なる</li> <li>ペイロードが大きくなると重量物も運搬できるが、機体が大型化して価格も高くなる</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1 回に運搬できる量により、作業開始から作業終了までの運搬往復回数が変わってくる（例えば 150cc コンテナ苗の重量が 150g で苗木梱包ネットが 100g の場合、ペイロード 10kg のドローンでは 66 本の苗木を 1 度に運搬できる）</li> <li>獣害防止柵等の資材運搬を行う場合、支柱やネットは単体でも 10kg 以上の重量がある場合があるため、必要なペイロードに注意する</li> <li>メーカーによるペイロードのカタログ値は、ドローン本体や必要なバッテリーの重量も含んだ値を示していたり、安定した運搬飛行できる重量ではなく、離陸できる最大重量を示していたりする場合もあるため、十分に注意する</li> </ul>
オペレーション方式（操縦方式）	<ul style="list-style-type: none"> <li>荷掛地点の 1 人のオペレータで荷下ろしできる 1 オペレーション（以下、「1 オペ」とする。）と荷掛地点と荷下ろし地点に計 2 人のオペレータが必要な 2 オペレーション（以下、「2 オペ」とする。）の 2 種類の操縦方式の機種がある。（5-3 も参照）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1 オペ方式の機種では、通常、自動飛行機能やカメラが装備されており、1 人で操縦可能なため、作業人員を減らすことができる</li> <li>2 オペ方式の機種は基本的に手動飛行でカメラも付属せず、作業人員も増えるが、1 オペと比較して長距離の目視内飛行ができ、荷掛地点と荷下ろし地点の間に尾根を挟むような現場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できるなど自由度が高い</li> </ul>
大きさ	<ul style="list-style-type: none"> <li>プロペラ部分を折りたたんでも直径 1m 程度の大きさがある（写真 4-1）</li> <li>基本的にペイロードが大きくなるほど大型化する</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>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どうか確認する</li> <li>ドローンのほかにバッテリー、充電器、発電機等も車載する必要があるため、その分のスペースも考慮する必要がある（写真 4-2）</li> </ul>



写真 4-1 ドローンのプロペラを広げた状態と閉じた状態



写真 4-2 ドローン及びバッテリー等付属機器の車載状況（右写真はハードケースに収納）  
※写真は普通車だが、軽貨物自動車に収納している例もある。

項目	現状	特徴や注意点
アタッチメント (運搬物を荷掛して切離す部分)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ フックについては、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を持つ機種と、特にそのような仕組みを持たない簡易フックを持つ機種がある</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 自動フック(写真 4-3)の場合、操縦者により運搬物の荷下ろしができるため、作業人員が減らせる。荷下ろし時に補助者がドローンに近づく必要がないため、安全性が高い</li> <li>・ 簡易フック(写真 4-4)は、直接フックに触れて運搬物を取り外すために補助者がドローンに近づく必要があることから、安全性の観点から見た場合、フック部分を自動フックに変更することが望ましい</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ ワイヤの長さは5mの場合が多い</li> <li>・ 荷下ろし地点の傾斜が急な場合、6mのワイヤを使っている事例もある</li> <li>・ 1 オペ方式で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るものもある</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ ワイヤが長いと、その分、荷下ろし時に地面近くまで下降す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</li> <li>・ ウインチ機構がある機種は、ペイロードが少なくなるという課題がある</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 一部機種では、フックを用いず、遠隔操作でドローン下部を脱着できるようにし、そこにリングのついた紐で縛った運搬物のリング部分を取付け、遠隔操作でリングごと運搬物を切り離すものもある(写真 4-5)</li> </ul>	



写真 4-3 荷下ろしの際に操縦者の操作で切離しができる自動フック



写真 4-4 荷下ろしの際に補助者の手での切離しが必要な簡易フック



写真 4-5 遠隔操作で運搬物を切り離す機種 (ciDrone/ciRobotics 社)

## 4-2. ドローン本体以外の必要機材

ドローンを用いて苗木等運搬を行う場合、ドローンのバッテリーやその充電器、充電のための発電機が必要となる。また荷掛地点と荷下ろし地点で連絡し合うため、無線機も必要である。

項目	現状	注意点
バッテリー	<ul style="list-style-type: none"> <li>充電器なしで運搬を1日行うのであればバッテリーは数十本以上必要となる</li> <li>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</li> <li>苗木等を運搬する場合にはさらに飛行時間が短くなるほか、墜落防止等のため、バッテリー残量が残っていても、早めに交換する</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>バッテリーの価格は10万円/本する場合もあるため、必要本数をすべて用意するのではなく、現場で充電しながら利用することが現実的。</li> <li>充電には30分以上かかる場合が多いため、充電時間を考慮した本数を用意する</li> <li>衝撃により発火するなどの危険性があるため、使用しない時は保護ケースに入れ、高温・多湿を避け、落下の危険性がなく、水回りからも離れた場所で適切に保管する</li> </ul>
充電器・発電機	<ul style="list-style-type: none"> <li>充電器は現場でドローンのバッテリーを充電するために必要</li> <li>充電器を用いるために発電機が必要（写真4-6）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>必要な充電器の数はバッテリーの数と1つの充電器で充電できるバッテリーの数による</li> <li>バッテリーの充電待ちのために作業が滞ることのないよう、必要となる機材の数と充電のローテーションの検討をしっかりと行う</li> <li>急速充電を行うと、バッテリーの劣化が進みやすくなるため、基本的には本体マニュアルに対応した適切な方法で充電する</li> </ul>
無線	<ul style="list-style-type: none"> <li>特定小電力の無線は現場でほとんど使えない場合が多い</li> <li>デジタル簡易無線か業務用無線を準備する</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>操縦者はハンディタイプの無線だと操縦中に使えないため、ヘルメット取付用ヘッドセットタイプのものを用いる（写真4-7）</li> <li>無線機は交互通話タイプではなく、同時通話ができるタイプのものを用いると便利</li> </ul>

### ＜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、
- ③1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）



写真 4-6 発電機を充電器につなげ、充電している様子



写真 4-7 ヘルメットに無線機を取り付けた例



## 5. 苗木等運搬実施時の作業工程及び作業体制

### 5-1. 飛行手続き等

ドローンによる苗木等運搬を実施するあたり、下表のとおり許可・承認申請が必要になる場合がある。航空法第132条に定める「飛行禁止空域」に該当せず、航空法第132条の2に定める「飛行の方法」によらない飛行（目視外飛行等）を行わない場合、特段の飛行手続き等は必要ない。苗木等運搬にドローンを用いる場合、皆伐地は通常「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通例となっている。

今後、航空法などの最新情報に注意する必要がある（8-2. 飛行手続きにおける無人航空機のレベル4飛行の実現に伴う航空法の改正参照）。

必要な届出等	確認の方法
<ul style="list-style-type: none"> <li>航空法第132条に定める「飛行禁止空域」及び「緊急用務空域」の飛行では、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</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>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>)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>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未滿の飛行」、「物件投下」などを行う場合は、国土交通省への承認申請が必要</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>目視外飛行となる場合は承認申請が必要</li> <li>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るが、今後の法改正等にも注意する</li> </ul>

操縦体制	目視外飛行となる事例
1オペレーション (1人操縦体制)	<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>
2オペレーション (2人操縦体制)	<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>

### 5-2. 準備作業

ドローンを用いた苗木等の運搬の実施にあたり、作業を効果的かつ安全に行うために事前に作業現場の環境条件の確認・把握や、機体点検・安全確認、苗木等運搬物の荷造り等の準備作業を行っておく必要がある。

作業実施日以前に行っておくべき主な準備作業としては、発着地点、荷下ろし地点、飛行ルート、作業中の立入り禁止エリアの検討及び機体の準備・点検がある。苗木等運搬物は荷掛にかける時間を極力短くするよう、必要に応じて事前に荷造り等を行っておく必要がある。

また、作業当日に行うべき準備作業としては、機体点検や天候（風、雨、雷、霧に注意）・安全の確認がある。

確認	設定のポイント等	注意点
発着地点 (写真5-1)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 上空及び周辺が開けた空間であること</li> <li>・ 発着は操縦者から基本的には10m程度以上離れた位置で行う必要があり、林地で距離をとることが困難な場合でも機体の下には立ち入らないこと</li> <li>・ 充電するための発電機や荷造りした苗木等を配置できるだけのスペースがあること</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 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る。</li> </ul>
荷下ろし地点 複数設定 (写真5-2)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 植栽地の地形や形状から荷下ろし後の植栽作業の行いやすさを考慮し決める</li> <li>・ 荷下ろし地点数が多いほど、そこから植栽者が植付位置まで移動する距離は小さくなる</li> <li>・ 最初の荷下ろし地点までの運搬が終わった段階で荷下ろし地点周辺での植栽作業を開始することができる</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 荷下ろしをした苗木等が転がり落ちないように平坦な場所に設定する</li> <li>・ 荷下ろし地点間を補助者、あるいは2オペ機種の操縦者が移動する必要があり、その間は運搬作業ができないため、そのバランスを踏まえて決めるとよい（荷下ろし地点間の移動時間がドローンの往復時間以下になると待ち時間はなくなる）</li> </ul>
飛行ルート	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 立木等障害物の有無を現地で確認する</li> <li>・ 発着地点から荷下ろし地点まで障害物なく安全かつ効率的に運搬できるルートをとる</li> <li>・ 発着地点から荷下ろし地点まで直線的に飛行ルートをとると飛行距離も短くなり操縦もしやすい</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 常に操縦者（2オペ機種の場合、いずれかの操縦者）がドローンを目視できる状態とする</li> <li>・ 必要に応じて土地所有者からの同意を得る。※1</li> </ul>
作業中の立入禁止エリア	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ ドローンの飛行ルート周辺</li> <li>・ 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</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 作業開始前に植栽者等の関係者によく周知するほか、看板設置や監視員の配置等、第三者が知らずに立ち入らないように注意する</li> </ul>

※1【土地所有権の範囲についての基本的考え方】

民法においては、「土地の所有権は、法令の制限内において、その土地の上下に及ぶ。」（第207条）と規定されているが、その所有権が及び土地の空間の範囲は、一般に、当該土地を所有する者の「利益の存する限度」とされている。このため、第三者の土地の上空において無人航空機を飛行させるに当たって、常に土地所有者の同意を得る必要がある訳ではないものと解される。

この場合の土地所有者の「利益の存する限度」の具体的な範囲については、一律に設定することは困難であり、当該土地の建築物や工作物の設置状況など具体的な使用態様に照らして、事案ごとに判断されることになる。

出典：首相官邸 HP（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」）から一部抜粋

([https://www.kantei.go.jp/jp/singi/kogatamujinki/kanminkyougi\\_dai16/gijisidai.html](https://www.kantei.go.jp/jp/singi/kogatamujinki/kanminkyougi_dai16/gijisidai.html))



写真 5-1 発着地点



写真 5-2 荷下ろし地点の目印

### 5-3. 運搬工程

ドローンを用いた苗木等の運搬は、①荷掛、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返し行われる。

ただし、1回のバッテリー装着で複数回往復できることが多く、バッテリー交換なしで再往復する場合は⑥を省略することになる。



写真 5-3 ドローンによる苗木等運搬における運搬工程（①～⑥）

運搬用のドローンは、操縦者が発着地点に1人の1オペの機種と、操縦者が発着地点と荷下ろし地点に各1人（計2人）の2オペの機種が主である。それぞれの作業体制は図のとおりであるが、どの機種でも①～⑥の工程は変わらないことから、本節ではこの6工程について、工程ごとに作業内容や留意点等を整理する。

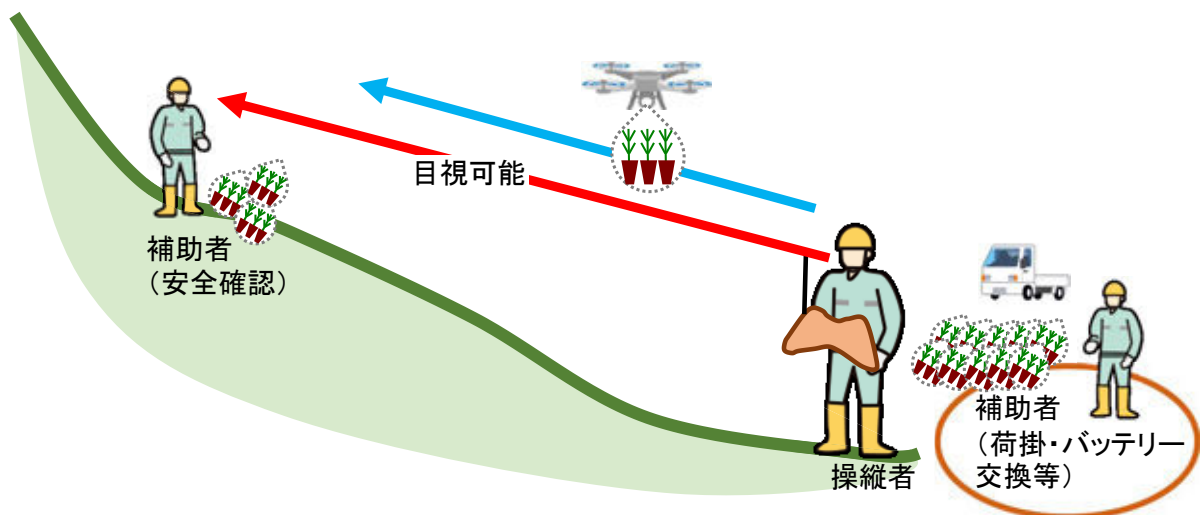


図 5-1 1 オペの機種を用いた場合の作業体制の事例

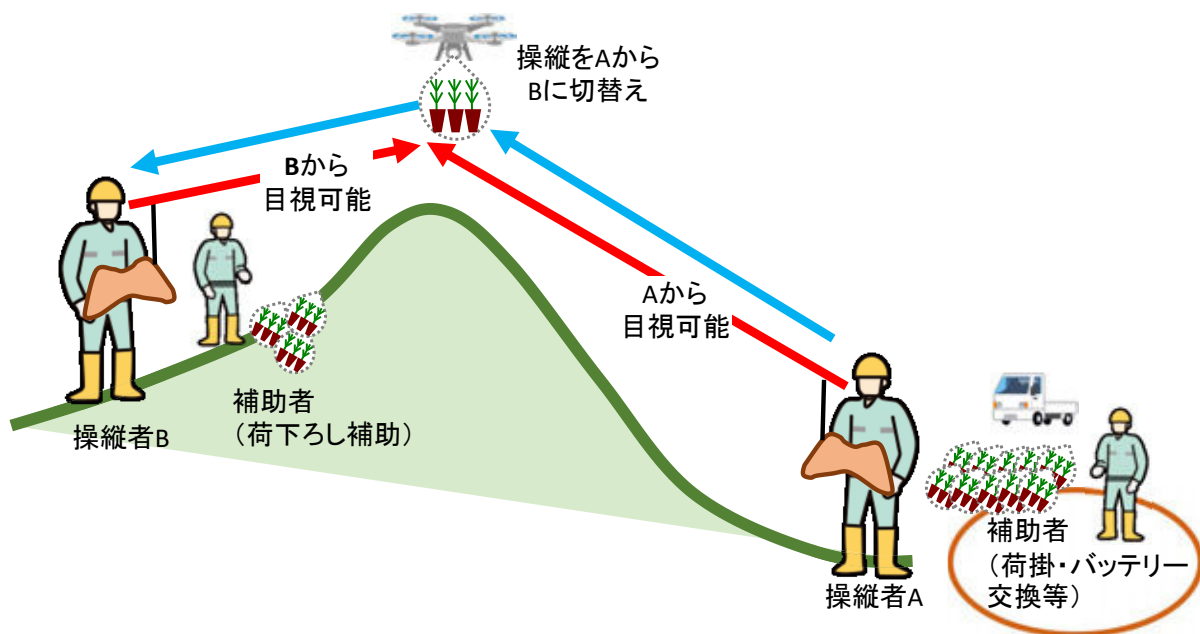


図 5-2 2 オペの機種を用いた場合の作業体制の事例

### 5-3-1. 荷掛

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る。これらのアタッチメントに運搬物をセットする作業を荷掛と呼ぶこととする。



写真 5-4 苗木等を運搬するための簡易フック（左）、自動フック（中）、遠隔切離し装置（右）

（自動フックは運搬物が地面に接地してテンションがかからなくなると自動で外れ、遠隔切離し装置は操縦者による遠隔操作により好きなタイミングで切離しを行うことができる。）

荷掛作業は、出荷時に苗木が梱包された袋の大きさ・口紐の強度がともに十分であれば、口紐をしぼり、それをそのままフック等に引っ掛けることができる。しかしながら、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、別途、丈夫なネット袋やモッコ等に詰め替える必要がある。

このため、苗木の生産業者にドローン運搬可能なネットに梱包して出荷してもらえると効率的である。

また、荷掛作業は、ドローンを発着地点に着陸させた状態で行うのが安全である。



写真 5-5 苗木を運搬するネット袋（中）、ポリモッコ（右）

（左写真のように苗木の梱包袋が小さかったり、強度もなかったりする場合には、詰替が必要）

### 荷掛のポイント

- 苗木生産者の出荷時にドローン運搬可能なネットに梱包してもらおうと効率的
- 自動フック、遠隔切離し装置があると安全



写真 5-6 荷掛作業の様子

### 5-3-2. 往路運搬飛行

往路運搬飛行は、荷掛後、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）である。機種にもよるが、プロポからの電波が届き、バッテリーがもてば、片道最大で2,000m程度の距離まで飛行ができる。しかし500m以上離れると目視確認が厳しくなるため、1オペの機種を目視内で使用する場合は500m以内、2オペの機種を使用する場合でも1,000m以内とすることが望ましい。運搬中の飛行速度は、運搬物があるため機体の最大飛行速度より小さくなるほか、機体の安定性からも高速飛行は避けるべきで、20km/時以下にしている例が多い。

1オペの機種を使用する場合、発着地点の操縦者が全ての操縦を行う。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、自動飛行が可能である。ただし、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う。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での飛行とする。

2オペの機種を使用する場合は、自動飛行機能等は通常ついていないため、基本的に操縦者が目視しながら操縦する。最初の操縦は発着地点の操縦者が行い、途中で荷下ろし地点の操縦者が操縦を交代する。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する。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る。



写真 5-7 往路運搬飛行の様子

### 5-3-3. 荷下ろし

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）である。

荷下ろしのための操縦は、1オペの機種では、通常ドローンにカメラがついているため、発着地点の操縦者がカメラで荷下ろし地点を確認しながら慎重に行う。



写真 5-8 1オペの機種では発着地点の操縦者がプロポ（右下写真）のカメラ画像を確認しながら、慎重に操縦して運搬物を下降させ、荷下ろしする

往路運搬飛行で述べたとおり、1オペの機種を用いる場合、荷下ろし地点も発着地点から目視できる必要がある。

一方、2オペの機種では、荷下ろし地点では操縦者が交代しているため、発着（荷掛）地点から荷下ろし地点が見えなくても良く、その代わりに、荷下ろし地点の操縦者が目視で操縦を行う。荷下ろし地点の操縦者の判断により、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る。

荷の切離し作業については、写真5-4 で示した苗木等運搬のためのアタッチメントの種類により作業が異なる。

自動フックの場合は、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、荷下ろしを行う。

遠隔切離し装置の場合は操縦者が好きなタイミングで運搬物を切離すことができる。ただし、運搬物が地面に接地していないうちに切離す場合は物件投下申請が要するため、その申請をしていない場合には、運搬物が地面に接地してから切離し操作を行う必要がある。

このように自動フックや切離し装置が付いている場合は、操縦者が荷下ろし作業を全て行うことができる。

簡易フックの場合は、フックに引っ掛ける口紐の種類によっては操縦者の技術で外せる場合も



あるが、そうでない場合は、ホバリング中のドローンの下で補助者が手で運搬物を取り外すことになる。

#### 5-3-4. 復路（戻り）飛行

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）である。

1 オペの機種には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る。

2 オペの機種の場合は、自動飛行機能は通常ついていないため、操縦者が目視で操縦する。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ーが行い、途中で発着地点の操縦者が操縦を交代する。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する。

また、往路運搬飛行とは異なり、運搬物がないことと、下降しながら飛行する機会が多いため、往路飛行よりも飛行速度が速くできる場合が多い。

#### 5-3-5. 着陸

着陸は、復路飛行のドローンを次の運搬のための荷掛やバッテリー交換・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）である。作業は発着地点側の操縦者が実施する。

なお、着陸は高い操作技術を要することから、特に慎重に行う必要がある。



写真 5-9 着陸の様子（着陸は高い操縦技術を要する部分で慎重に行う必要がある）

### 5-3-6. バッテリー交換・機体チェック

通常の機種であれば1往復ごとにバッテリー交換する必要は少ない。しかし、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る。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。

(p.12<バッテリー交換のローテーションの例>参照)

機体チェックについては、バッテリー交換時等、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行う必要がある作業である。



写真 5-10 バッテリー交換の様子

#### 5-4. 作業体制

ドローンを用いた苗木等運搬作業では、基本的に、ドローン発着地点と荷下ろし地点に操縦者と補助者を配置する。1オペの機種を用いる場合、条件が整えば、発着地点に操縦者1人の体制での作業も可能ではあるが、事例としては、2~5名で行っている場合が多い。

本節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整理する。

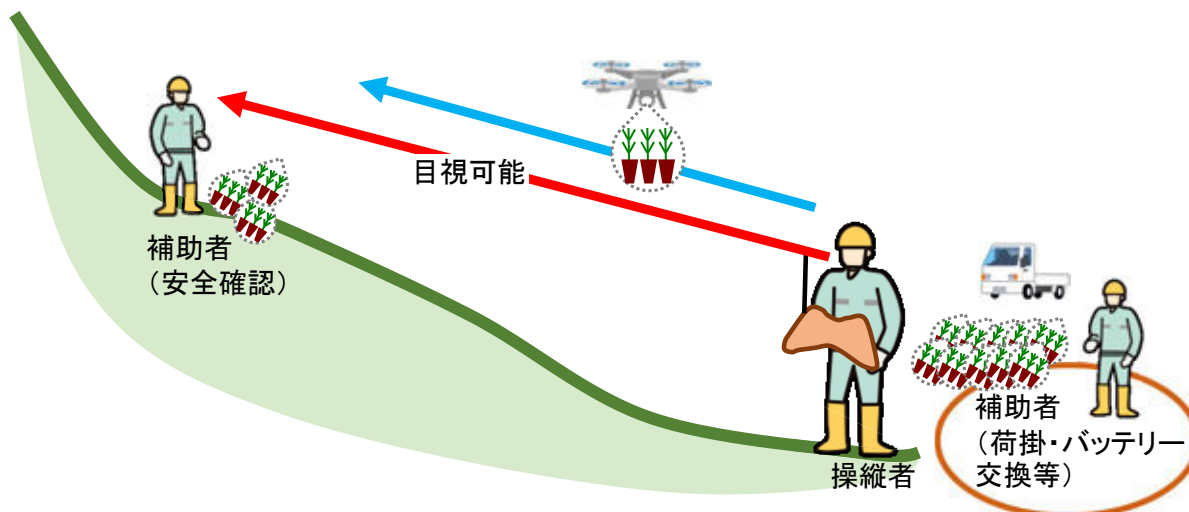


図 5-3 1オペの機種を用いた場合の作業体制の事例(再掲)

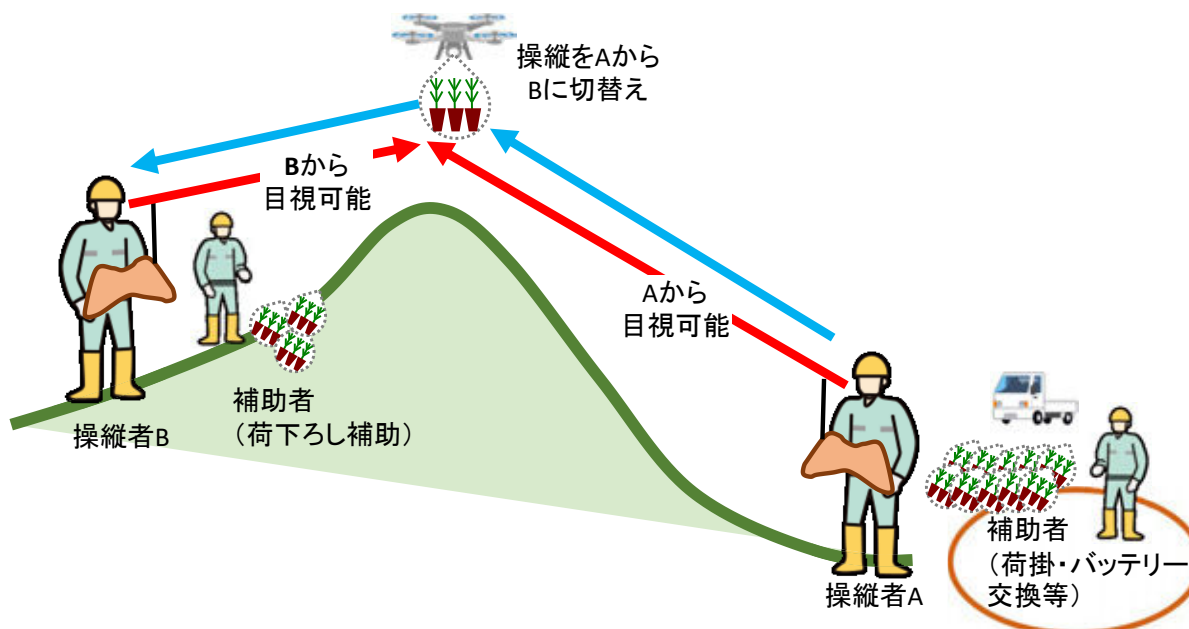


図 5-4 2オペの機種を用いた場合の作業体制の事例(再掲)

### 5-4-1. ドローン発着地点（荷掛地点）

ドローン発着地点では、ドローンの操縦、バッテリー交換・機体チェック、荷掛等の作業がある。

発着地点の作業体制は、1 オペ機種、2 オペ機種ともに共通であり、発着地点に操縦者が1人配置され、操縦以外の作業については、状況により操縦者が自ら行う場合と別途補助者が行う場合がある。

発着地点の 作業項目	1 オペ機種、2 オペ機種共通	
	（人工削減を重視）	（操縦者が操縦に専念）
操縦	発着地点の操縦者	発着地点の操縦者
バッテリー交換・ 機体チェック等	発着地点の操縦者	発着地点の補助者
荷掛	発着地点の操縦者 （苗木の準備が整っている場合）	発着地点の補助者 （ドローン作業関係者以外でも可能）
安全確認（車両通 行がある場合等）	発着地点の補助者	発着地点の補助者
発着地点の 総人数	操縦者1人＋補助者0～1人	

※各補助者は兼務可能

補助者が少ない場合や、経費削減のために全体の作業人工数を減らしたい場合は、発着地点の操縦者がバッテリー交換や荷掛作業を行うことも可能である。特に2オペの機種を使う場合は、荷下ろし地点側のオペレータが操縦している間に苗木等の用意やバッテリー交換等の準備をしておくことができる。

一方、補助者を配置すると、補助者が荷掛やバッテリー交換を行うことにより、操縦者がドローンの操縦に集中できるという利点がある。特に1オペの機種を使用する場合は、操縦者は往路・復路とも操縦を行うこととなり、ドローンを一度発着地点に着陸させた後でないと、荷掛する苗木等の用意やバッテリー交換等の準備を行うことができないことから、補助者がこの作業を行うことにより、全体の作業時間が大幅に短縮できる。

なお、荷掛については、技術を要するものではないため、ドローン運用者以外の関係者に役割を担ってもらってもできる。

また、発着地点が林道脇等で車両等が通行する場合には、操縦者のほかに補助者を安全管理も兼ねて配置する必要がある。

## 5-4-2. 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る。

操縦体制は、1オペの機種の場合は発着地点の操縦者が操縦するため、荷下ろし地点に操縦者は必要なく、2オペの機種の場合は荷下ろし地点にも操縦者を1人配置する。操縦以外の作業については、フックの種類や荷下ろし地点の環境により補助者が必要となる。

荷下ろし地点の 作業項目	1オペ機種	2オペ機種	
	自動フック等	自動フック等	簡易フック等
操縦	発着地点の操縦者	荷下ろし地点の操縦者	荷下ろし地点の操縦者
荷下ろし	発着地点の操縦者	荷下ろし地点の操縦者	荷下ろし地点の補助者
後背斜面への衝突防止のための安全確認	荷下ろし地点の補助者 (平坦地等では不要)	荷下ろし地点の操縦者	荷下ろし地点の操縦者
荷下ろし地点の総人数	補助者 0~1人	操縦者 1人	操縦者 1人+補助者 1人

※各補助者は兼務可能

荷下ろしについては、苗木等運搬のためのアタッチメントの種類により作業体制が異なり、自動フック等が付いている場合は操縦者が荷下ろし作業全てを行うことができるため、補助者は必要ない。簡易フック等の場合は運搬物を取り外す補助者が1人必要となる。

これらのことを整理すると、自動フック等が付いている1オペの機種を使用する場合は、荷下ろし地点には操縦者も補助者も必要ないが、後背斜面との距離感が掴みにくい場合は安全確認のため、補助者を配置する場合がある。自動フック等が付いている2オペの機種を使用する場合は、荷下ろし地点には操縦者を1人配置する体制となり、安全確認等が必要な場合もその操縦者が兼ねることができる。自動フック等のない2オペの機種を使用する場合は、荷下ろし地点には、操縦者と荷下ろし作業用の補助者の2名が必要となるが、前述したとおり、ホバリング中のドローンの下で補助者が運搬物を取り外さなくて済むように、安全性の観点から自動フックを導入することが望ましい。

以上より、荷下ろし地点に必要な操縦者や補助者はドローンのオペレーションタイプやアタッチメントの種類により異なり、全体で0~2名となるが、実際のところ、荷下ろし地点は傾斜地である場合が多く、荷下ろし地点で安全確認者が1人は必要な場合が多い。また、荷下ろし後に傾斜で転がった運搬物を整理したり、荷下ろしできるエリアの面積が狭く、荷下ろしした後に他の場所に運搬物を移動し、平らな荷下ろし地点を確保したりすることが必要な状況も見られる。このため、荷下ろし地点に補助者を配置しないでドローン運搬ができる現場は限られる。

## 6. 安全管理、留意点等

### 6-1. 安全管理

#### 6-1-1. 機体の管理

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る。

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る。

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ある。

#### 6-1-2. 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ない。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。

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」などがある。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することが望ましい。

#### 6-1-3. 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る。

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ー同士が接触してショートしないように、キャップ等を被せておく必要がある。また、保管温度は22～28度が適切とされている。なお、高温となる環境下では、リポバッテリーが膨張したり、発火したりする恐れがある。

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恐れがあることから、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する。

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。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ので、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となる。

#### 6-1-4. 操縦者の技量

国土交通省への申請が必要な「人口集中地区上空の飛行」や「目視外飛行」などにおいては、申請が必要になるとともに、10時間以上の飛行経歴が求められている。しかし、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、また、飛行経歴が少ない操縦者も操縦することが可能となっている。

しかし、安全管理の観点から、操縦者は、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下で、正しい操縦法を学ぶことが重要である。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、安全な業務遂行に資するものと考えられる。

#### 6-1-5. 飛行前の留意点

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る。特に、発着場所の確保、目視外飛行の有無、鉄塔線等の構造物の有無の確認を行う必要がある。

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う。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、十分に確認を行う。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る。

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、実施の可否を判断する。

#### 6-1-6. 飛行時の留意点

国土交通省の「無人航空機飛行マニュアル」にも記載されているとおり、「飛行前の点検」として、機体の不具合がないか事前に確認する必要がある。

ドローンの飛行には天候の良し悪しが大きく影響する。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。

飛行に際しては、事前に現地の地形を確認し、飛行ルート、発着地点と荷下ろし地点を把握し、対象区域内や隣接箇所に高圧線や鉄塔等の構造物がないか確認しておくことが重要である。

2オペレーションタイプのドローンを使用する場合は、操縦者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る。特に山間部では、操縦者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る。

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。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る。

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る。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ある。

#### 6-2. ドローンの飛行ルール

事前確認等の結果、下記のいずれかの条件に該当する場合には国土交通省に対し、飛行申請手続きが必要となる。飛行申請手続きにかかる日数を見越して、少なくとも飛行開始予定日の10日前(土日祝日を除く)までに行う必要がある。

## 6-2-1. 航空法第132条に定める「飛行禁止空域」における飛行

### 【空港やヘリポートの周辺】

空港周辺やヘリポートの周辺で飛行させる場合は、国土交通省及びその空域を管轄の空港事務所への許可申請が必要となる。山間部に整備された空港周辺などに造林現場が位置する場合、飛行禁止空域に該当しないか事前の確認が必要である。

[https://www.mlit.go.jp/koku/koku\\_tk2\\_000023.html](https://www.mlit.go.jp/koku/koku_tk2_000023.html)

### 【対地高度 150m以上の飛行】

地形の起伏が目立つ山間地では、斜面や窪地の上空で対地高度が150m以上となることが比較的起こりやすい。特に、尾根部を通る作業道から、沢を挟んだ対岸の造林地に苗木を運搬する場合など、沢部上空で対地高度が150mを超えないか確認が必要となる。

対地高度が150m以上となる場合には、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となる。

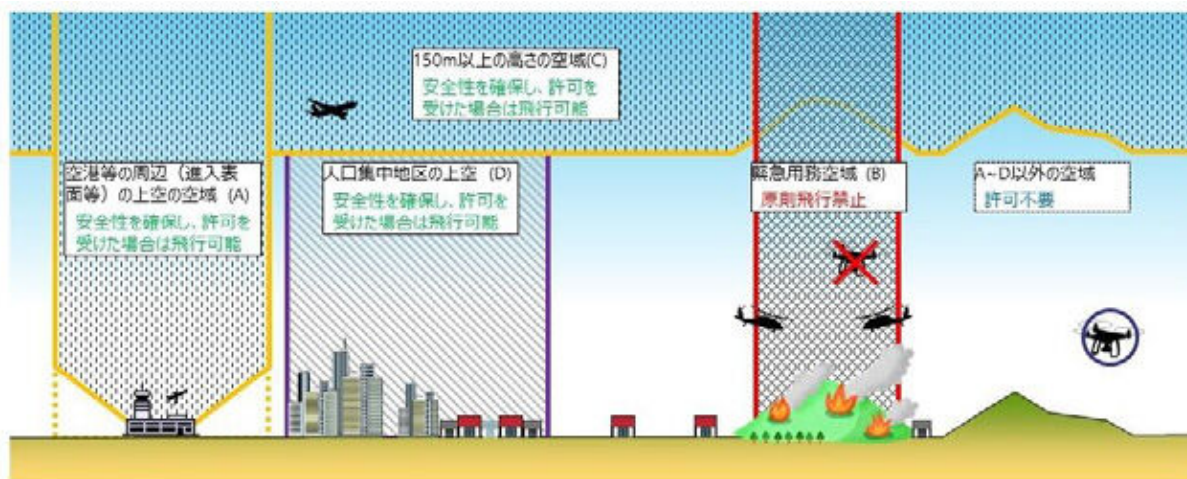
### 【人口集中地区(DID)】

飛行するエリアが、地理院地図で人口集中地区(DID)に指定された範囲上空での飛行には許可申請が必要となる。<https://maps.gsi.go.jp/>

### 【緊急用務空域】

消防・救助・警察など緊急用務を行うための航空機の飛行の安全を確保する必要がある場合に国土交通大臣が指定する空域のことで、この空域では上記3件の許可を得ている場合でも、ドローンの飛行は原則禁止となる。苗木運搬を行う造林地周辺の山間部で、山火事などの災害が起きている場合、緊急用務空域に該当する可能性があることから、国土交通省のサイトで事前に確認しておく必要がある。[https://www.mlit.go.jp/koku/koku\\_tk10\\_000003.html#a](https://www.mlit.go.jp/koku/koku_tk10_000003.html#a)





- (A) (B) (C) … 航空機の航行の安全に影響をおよぼすおそれがある空域（法132条第1項第1号）  
 (D) … 人または家屋の密集している地域の上空（法132条第1項第2号）

※空港等の周辺、150m以上の空域、人口集中地区（DID）上空の飛行許可（包括許可含む。）があっても、緊急用務空域を飛行させることはできません。無人航空機の飛行をする前には、飛行させる空域が緊急用務空域に設定されていないことを確認してください。（令和3年6月1日施行）

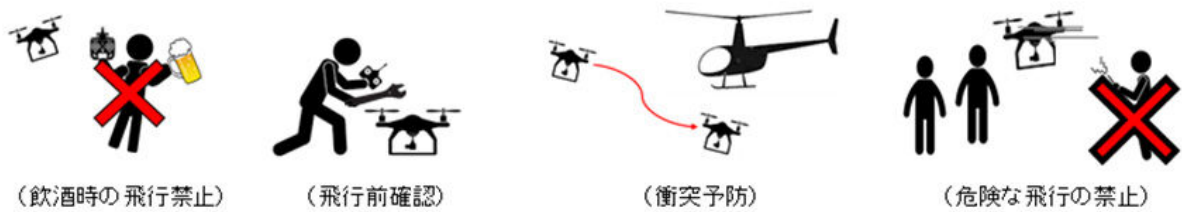
出典：国土交通省 HP（[https://www.mlit.go.jp/koku/koku\\_fr10\\_000041.html](https://www.mlit.go.jp/koku/koku_fr10_000041.html)）

図 6-1 飛行許可が必要な空域

## 6-2-2. 航空法第132条の2に定める「飛行の方法」によらない飛行

航空法第132条の2に定める「飛行の方法」として、以下の内容が規定されている。飛行させる場所に関わらず、ドローンを飛行させる場合には、以下のルールを順守する必要がある。

- ①アルコール又は薬物等の影響下で飛行させないこと
- ②飛行前確認を行うこと
- ③航空機又は他の無人航空機との衝突を予防するよう飛行させること
- ④他人に迷惑を及ぼすような方法で飛行させないこと
- ⑤日中（日出から日没まで）に飛行させること
- ⑥目視（直接肉眼による）範囲内で無人航空機とその周囲を常時監視して飛行させること
- ⑦人（第三者）又は物件（第三者の建物、自動車など）との間に30m以上の距離を保って飛行させること
- ⑧祭礼、縁日など多数の人が集まる催しの上空で飛行させないこと
- ⑨爆発物など危険物を輸送しないこと
- ⑩無人航空機から物を投下しないこと



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 6-2 遵守事項

前記の「飛行の方法」の⑤～⑩のルールによらず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。山間地域でのドローンの運用において承認申請が必要となる主なものは以下のとおりである。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る。

【目視外飛行】

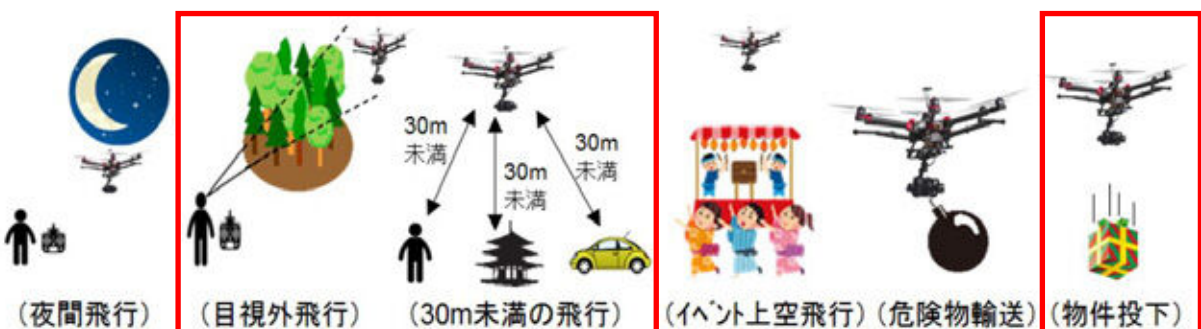
立木等の繁茂により、対象区域での飛行が目視外となることが予想される場合は飛行承認申請が必要となる。今後、改正航空法により、機体認証及び操縦ライセンス（二等資格）を取得している場合無人地帯における目視外飛行の許可・承認が不要となる予定である。現状で詳細は公表されていないが、目視外飛行を行う場合、国交省の Web 等において実施要領等の公表に注視する必要がある。

【30m 未満の飛行】

人口密集地域の如何にかかわらず、飛行ルートの周囲 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となる。

【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、操縦者には物件投下の訓練が求められる。苗木運搬において、空中で自動フックを外し、苗木を地面に落とす行為は、物件投下に該当することから注意が必要である。



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 6-3 飛行承認申請が必要な行為

6-3. その他の留意点

ドローン運搬を実施するためには、ドローン本体のほか、発電機、充電器、バッテリー等多くの機材が必要となるため、バンやトラックなどでの運搬となる。このためこれらの車両が発着場所

までアクセスできる林道等が必要となる。また、ドローンの発着場所においては、ドローンによる運搬のほか、苗木や資材の仕分けや荷掛けなどの作業が行われるため、作業が実施できる平坦な土地が必要となる。さらに、発着場所周辺から運搬先の伐採跡地にかけて、ドローンの飛行を妨げる支障木等が無く、伐採地方向が視認できることも必要である。

急峻な地形が多い我が国の森林では、こうした条件をクリアできない場合も多々考えられることから、ドローン運搬を計画する際には、アクセス状況や発着場所の確保、安全な飛行が可能かなど、事前に検討しておくことが必要である。

## 7. 各地の導入及び実証事例と使用機種

### 7-1. 「森飛」による苗木運搬

#### ■現地の状況

場所	和歌山県日高川町 住友林業株式会社社有林
傾斜	約 35°
運搬先までの比高	113~251m
運搬先までの水平距離	350~540m
現地での伐出方法	架線集材
苗木運搬箇所数	6箇所
備考	植栽面積 5.96ha



#### ■運搬結果

**スギのコンテナ苗をウインチ型では 227 分で 2,340 本(約 304kg) 運搬、2 オペ型では 161 分で 2,280 本(約 296kg) 運搬**

運搬量：【ウインチ型】スギのコンテナ苗 117 束 (約 304kg)、【2 オペ型】 114 束 (約 296kg)

ウインチ型：1 回当たり通常 3 束 (60 本：約 7.8kg) を運搬

・計 3 箇所にそれぞれ 36~43 束、合計 117 束 2,340 本 (約 304kg) を運搬

2 オペ型：1 回当たり 3~4 束 (60~80 本：約 7.8~10.4kg) を運搬

・計 3 箇所にそれぞれ 23~47 束、合計 114 束 2,280 本 (約 296kg) を運搬

時間：【ウインチ型】 227 分、【2 オペ型】 161 分

ウインチ型：飛行時間 188 分 (40 往復)・バッテリー交換 23 分 (14 回)

2 オペ型：飛行時間 132 分 (33 往復)・バッテリー交換 16 分 (10 回)

(バッテリー交換には荷掛けを含む)



自動フックにより荷下ろしに係る補助者が必要ない

#### その他、利点等

- ・自動フックのため、苗木の荷下ろしに補助者が要らず、操縦者だけでスムーズに運搬できる。
- ・ウインチ型では、自動飛行機能があり、操縦者 1 人のため、作業人数を減らせる。見通しがきかない場所は 2 オペ型の使用が必要であるが、運搬量や距離はウインチ型に勝る。
- ・ドローンで運搬された苗木については、計 50.5 人日で植栽を完了した。

■機体情報と運用事例

機種名	森飛（-morito-）ウインチ型	森飛（-morito-）2オペ型
機体価格（税抜き）	268万円	168万円
販売店	株式会社マゼックス	
操縦体制（操縦方法）	1オペレーション（手動・自動）	2オペレーション（手動）
大きさ	約98cm×約98cm×約57.2cm	
機体重量	約10.7kg（バッテリー除く）	
運搬可能量	約8kg（ウインチ限界値）	約10.4kg
最高時速	30 km/h（P mode）、58km/h（S mode） ※P modeは通常モードで、S modeは速度優先モード	
電波到達距離	2000m	1000m
最大使用可能時間・風速	30分（使用可能時間）、7m/s（最大使用風速）	
アタッチメントの特徴	自動開閉フックとウインチを装着。ドローン発着（荷掛）地点の操縦者がカメラ画像を見ながらウインチを巻き下げて荷下ろしを行う。安全に吊り下げ運搬を行うために独自開発した共振防止装置を標準装備。	自動開閉フックを装着。荷下ろし地点の操縦者が高度を下げて荷下ろしを行う。安全に吊り下げ運搬を行うために独自開発した共振防止装置を標準装備。
機体の特徴	操縦者が1人であり、人件費の削減、実施計画が容易。自動飛行のため、飛行ルートが最短となる。	運搬可能量が1オペに勝る。操縦者が2人いるため運搬可能距離が長く、尾根を挟んでも目視内で飛行可能。
本事例での運用方法	林業用ドローンを含む林業機械の販売・修理店に委託して実施。	ドローン販売・サービス会社に委託して実施。
本事例での運用上の工夫や留意点	<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>・機体に防塵・防滴機能はあるものの、雨天時には運搬を控え、機体が濡れないよう、パイプテント内に移動。</li> <li>・バッテリーの充電時間が40分かかり、最小限バッテリー3本、充電器2個、発電機1個が必要。荷掛け時は毎回ドローンを着地。</li> <li>・荷下ろし地点は植栽のしやすさを考慮し、植栽地に6箇所設置。</li> </ul>	
本事例での作業人数	出発点に操縦者と補助者を各1人の計2人配置して自動飛行	出発点に操縦者と補助者を各1人、荷下ろし点に操縦者を1人の計3人配置して手動飛行

※同一機体でのウインチ型と2オペ型の使い分けはできない



森飛（-morito-）ウインチ型



森飛（-morito-）2オペ型

## 7-2. 「E616」による苗木運搬

### ■現地の状況

場所	宮崎県延岡市 民有林
傾斜	30° ~45°
運搬先までの比高	180m
運搬先までの水平距離	440m
現地での伐出方法	架線集材
苗木運搬箇所数	1箇所
備考	植栽面積 4.54ha



### ■運搬結果

## スギコンテナ苗を 137 分で 1,030 本運搬

**運搬量：スギのコンテナ 21 束 (1,030 本)**

ARRIS E616：1回当たり1束  
(40~60本：約7~10kg)を運搬  
・1箇所に合計21束1,030本運搬

**時間：137分**

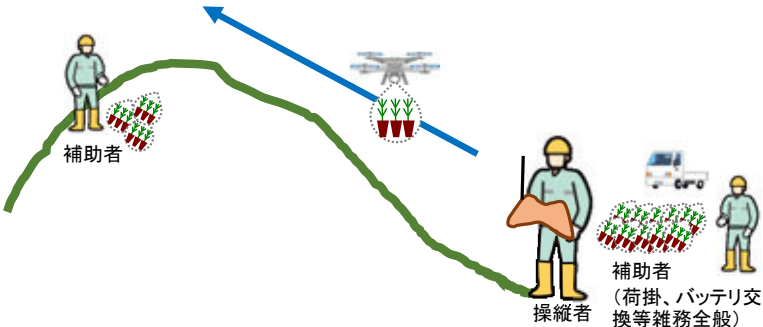
- ・飛行時間 68分 (21往復)
- ・バッテリー交換 50分 (7回) (荷掛け含む)
- ・荷掛けのみ 19分

**その他・利点等**

- ・現場は 4.54 ha、植栽本数 7,500 本と事業量としても大きく、急傾斜地な為、ドローンを活用して労働力の軽減を実現できる条件が揃っている



■機体情報と運用事例

機種名	E616
機体価格（税抜）	180～240万円（付属オプションによる）
販売店	ARRIS
操縦体制（操縦方法）	1オペレーション（手動）
操縦方法	
大きさ	約100cm×約95cm×約60cm（収納時）
機体重量	約19.5kg（バッテリー含む）
運搬可能量	約10.4kg
最高時速	40km/h（リミッターをつけて飛行速度を制限）
最大使用可能時間	約15分
アタッチメントの特徴	作業速度向上のため、素早い脱着が確実なリングを使用。苗木をつるす紐先にリングをつけ、遠隔操作でリングごとドローンから切り離す。
機体の特徴	農薬散布用の機種を苗木運搬に活用（本事例では運搬事業者がアタッチメント部分を独自に開発）、6枚羽。
本事例での運用方法	林業事業者が空撮会社に委託して共同実施
本事例での運用上の工夫や留意点	<ul style="list-style-type: none"> <li>作業速度向上と人件費削減のため、苗木をつるす紐先にリングをつけ、遠隔操作でリングごとドローンから切り離す装置を独自開発。</li> <li>荷下ろし地点の補助者が切り離すタイミングを操縦者に無線連絡。荷掛け時は毎回ドローンを着地</li> </ul>
本事例での作業人数	<p>出発点に操縦者1人と補助者（荷掛け、雑務）1人、荷下ろし地点に補助者（無線連絡）1人の計3人配置して手動飛行。</p> 



機体：6枚羽で安定した飛行を実現

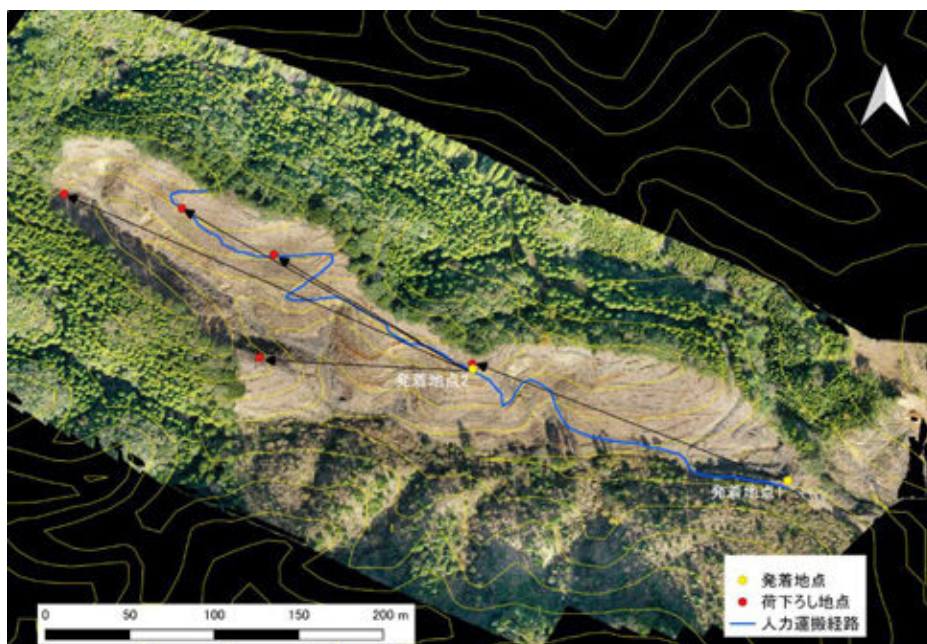


苗木をつるす紐先のリング

### 7-3. 「ciDrone」による苗木運搬

#### ■現地の状況

場所	宮崎県都城市 国有林
傾斜	9~15°
運搬先までの比高	180m
運搬先までの水平距離	125~270m
現地での伐出方法	車両集材
苗木運搬箇所数	5箇所
備考	植栽面積 3.55ha



#### ■運搬結果

### スギコンテナ苗（中苗）を267分で5,640本運搬

運搬量：スギのコンテナ 188袋（60本）

ARRIS E616：1回当たり2袋（60本：約16kg）を運搬

- ・最初に手前の荷下ろし地点に98袋運搬し、そこから奥の4地点に20~30袋ずつ運搬

時間：267分

- ・飛行時間 132分（95往復）
- ・バッテリー交換 53分（7回）（荷掛け含む）
- ・荷掛け、調整等 82分（88回）

その他・利点等

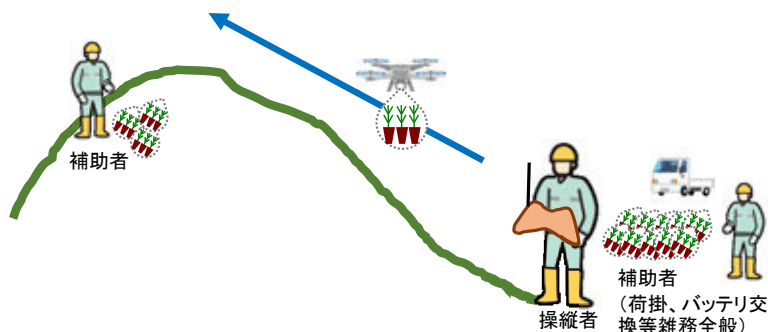
- ・運搬した中苗は普通苗（150cc）の2倍程度の重量があるため、普通苗であればこの2倍程度の本数の運搬が可能





■機体情報と運用事例

機種名	ciDrone
機体価格（税抜）	290～360万円（付属オプションによる）
販売店	ciRobotics
操縦体制（操縦方法）	1オペレーション（手動）
大きさ	約200cm×約200cm×約59cm
機体重量	約35.5kg（バッテリー含む）
運搬可能量	約20kg（18kg以下を推奨）
最高時速	55km/h（リミッターをつけて飛行速度を制限）
最大使用可能時間	約15分
アタッチメントの特徴	作業速度向上のため、素早い脱着が確実なリングを使用。苗木をつるす紐先にリングをつけ、遠隔操作でリングごとドローンから切り離す。
機体の特徴	農薬散布用の機種を苗木運搬に活用（本事例では運搬事業者がアタッチメント部分を独自に開発）、6枚羽。
本事例での運用方法	空撮会社に委託して実施
本事例での運用上の工夫や留意点	<ul style="list-style-type: none"> <li>作業速度向上と人件費削減のため、苗木をつるす紐先にリングをつけ、遠隔操作でリングごとドローンから切り離す装置を独自開発。</li> <li>荷下ろし地点の補助者が切り離すタイミングを操縦者に無線連絡。荷掛け時は毎回ドローンを着地</li> </ul>
本事例での作業人数	出発点に操縦者1人と補助者（荷掛け、雑務）1人、荷下ろし点に補助者（無線連絡）1人の計3人配置して手動飛行。



機体：6枚羽で安定した飛行を実現



苗木をつるす紐先のリング

## 7-4. 「EAGLE」による苗木運搬

### ■現地の状況

場所	群馬県東吾妻町 国有林
傾斜	約 35°
運搬先までの比高	25~50m
運搬先までの水平距離	210~320m
現地での伐出方法	フォワーダ集材
苗木運搬箇所数	11箇所
備考	植栽面積 2.5ha



### ■運搬結果

**EAGLE15 ではカラマツコンテナ苗を 198 分で 2,750 本 (521.1kg) 運搬、EAGLE24 では同じ時間でその倍の運搬が可能**

運搬量：【EAGLE15】カラマツのコンテナ苗 55 束 (約 521.1kg)、【EAGLE24】 8 束 (75.9kg)

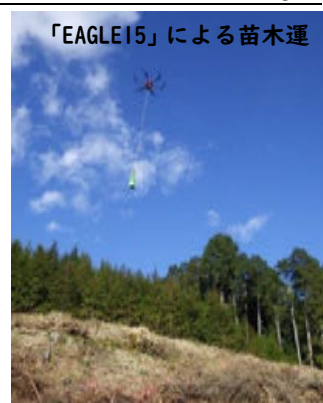
- EAGLE15：1 回当たり 1 束 (50 本：約 9.5kg) を運搬  
 ・計 10 箇所にそれぞれ 5~6 束、合計 55 束 2,750 本 (521.1kg) を運搬  
 EAGLE24：1 回当たり 2 束 (100 本：約 19kg) を運搬  
 ・1 箇所に 8 束 (約 76kg) を運搬

時間：198 分 (EAGLE15)

- ・飛行時間 162.5 分 (55 往復)
- ・バッテリー交換 24 分 (24 回)、荷掛け 11.5 分  
 (EAGLE24 は 4 往復のフライトで、平均往復時間は EAGLE15 と同程度)

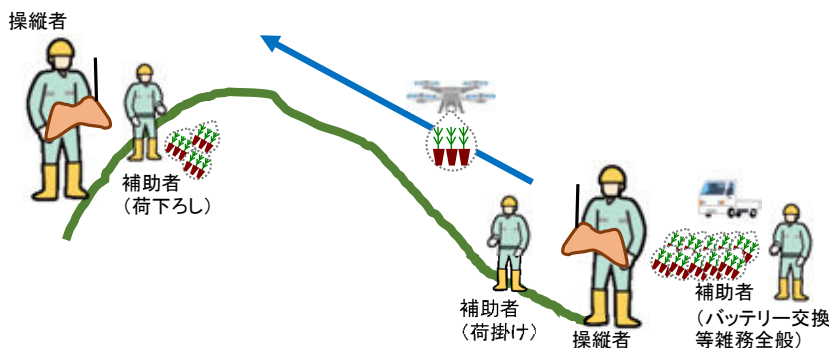
その他、利点等

- ・実証当日は枝先が揺れる風が吹いていたが、フライトコントローラの性能がよく、風に影響されない飛行ができていた。
- ・EAGLE24 と合わせて 3,150 本の苗木が運搬でき、計 10 人日で植栽を完了した。



■機体情報と運用事例

機種名	EAGLE15	EAGLE24
機体価格（税抜き）	約 300 万円（セット価格）	約 360 万円（セット価格）
販売店	株式会社 DroneWorkSystem	
操縦体制（操縦方法）	2 オペレーション（手動）	
大きさ	約 100cm×約 110cm×約 64cm(収納時)	約 110cm×約 110cm×約 74cm(収納時)
機体重量	約 17.9kg（バッテリー含む）	約 20.8kg（バッテリー含む）
運搬可能量	EAGLE15：15kg	EAGLE24：24kg
最高時速	20km/h	
最大使用可能時間	20 分	
アタッチメントの特徴	作業速度向上のため、素早い脱着が可能で、かつ途中で苗木が落ちないようにレバー付のフックを使用	
機体の特徴	フライトコントローラから独自開発し、機体が風向・風力等を判断、風による影響を低減。6 枚羽。	
本事例での運用方法	ドローン開発・サービス会社に委託して実施	
本事例での運用上の工夫や留意点	<ul style="list-style-type: none"> <li>作業効率を良くするため、ホバリング中に人力で荷掛け、荷下ろしを実施。</li> <li>安全面等を考慮し、苗木を吊り下げるロープの長さを 5m 程度とし、作業体制も 5 人（うち荷掛けと荷下ろしは植栽作業者に依頼）と充実させている。</li> <li>運搬可能量最大で飛行するとバッテリー消耗が激しいため、実際には EAGLE15 で 10kg 程度、EAGLE24 で 20kg 程度を運搬。</li> <li>バッテリーは 30 分程度で充電できるが、1 日飛ばす場合、10 台以上用意。</li> <li>荷下ろし地点は植栽のしやすさを考慮し、植栽地に 11 箇所設置。</li> </ul>	
本事例での作業人数	基本 5 人（操縦者 2 人、荷掛け 1 人、荷下ろし 1 人、バッテリー交換等雑務全般 1 人）	



EAGLE

機体：フライトコントローラを独自開発し、風に強い



アタッチメント：レバー付のフック

## 7-5. 「いたきそ」による苗木運搬

### ■現地の状況

場所	和歌山県田辺市 株式会社中川社有林
傾斜	約 30°
運搬先までの比高	133~164m
運搬先までの水平距離	316~358m
現地での伐出方法	架線集材
苗木運搬箇所数	2箇所 (A, B 地点)
備考	植栽面積 4.37ha のうち、約 2.70ha 分、ドローンにより運搬 (残りは人力により運搬)



### ■運搬結果

## ヒノキのコンテナ苗を 173 分で 6,000~7,500 本(607.2kg)運搬

#### 運搬量：ヒノキのコンテナ苗 60 束 (607.2kg)

1 回当たり 1 束 (100 本または 125 本：約 10kg) を運搬

- ・ A 地点に 32 束 (318.3kg) 運搬
  - ・ B 地点に 28 束 (288.9kg) 運搬
- (合計 60 束 × 100~125 本 = 6,000~7,500 本運搬)

#### 時間：173 分

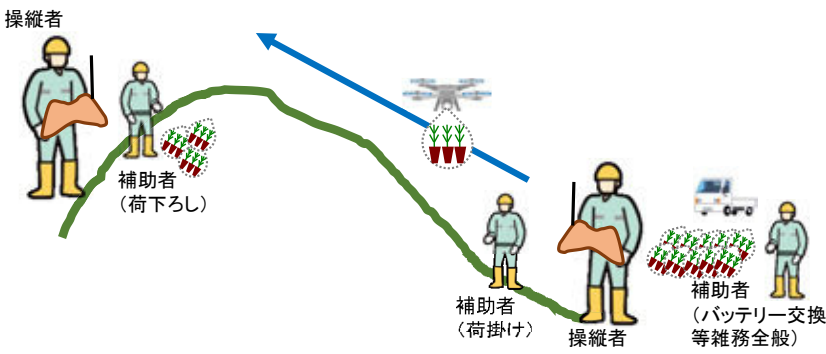
- ・ 飛行時間 149 分 (60 往復) (荷掛け含む)
- ・ バッテリー交換 22 分 (7 回)
- ・ その他 (点検) 2 分

#### その他、利点等

- ・ 植栽地が土場から近いとドローンによる効率化が見込めないため、土場から植栽地までの高度が 50m 超かどうかをドローン活用の基準としている。
- ・ 腰痛等の労災リスクがなくなり、体力を要しないため、怪我をしている人や老若男女を問わず様々な人が運搬作業に従事できる。



■機体情報と運用事例

機種名	UKN 5 (いたきそ) 高性能仕様
機体価格	650 万円 (税抜本体価格) ※その他専用バッテリー 18 万円、充電器 12 万円
販売店	円陣株式会社
操縦体制 (操縦方法)	2 オペレーション (手動)
大きさ	約 173(108)cm×約 173(108)cm×約 53(同)cm (括弧内は収納時)
機体重量	約 10kg (バッテリー除く)
運搬可能量	約 15kg
最高時速	約 30km/h
電波到達距離	電波到達距離約 2 km/使用周波数帯 2.4GHz
最大使用可能時間	無負荷時約 50 分/ (5 kg 積載時約 25 分)
アタッチメントの特徴	作業速度向上のため、素早い脱着が確実なフックを使用。
機体の特徴	6 枚羽による安定飛行、15kg までの運搬が可能
本事例での運用方法	林業事業体自身で当機種を導入し、活用 (当機種の開発にも関わる)
本事例での運用上の工夫や留意点	<ul style="list-style-type: none"> <li>・作業効率を良くするため、ホバリング中に人力で荷掛け、荷下ろしを実施。</li> <li>・安全面等を考慮し、苗木を吊り下げるワイヤの長さを 5～6m とし、作業体制も 5 人と充実させている。</li> <li>・運搬可能量最大で飛行するとバッテリー消耗が激しいため、実際には 10kg 程度を運搬。バッテリーは 30 分で高速充電でき、5 個用意。また、万一落下しても衝撃を吸収し、発火しづらいハードケースに入れたまま使用。</li> <li>・荷下ろし地点は植栽のしやすさを考慮し、植栽地に 2 箇所設置。</li> </ul>
本事例での作業人数	<p>基本 5 人 (操縦者 2 人、荷掛け 1 人、荷下ろし 1 人、バッテリー交換等雑務全般 1 人)</p> 



機体：6 枚羽による安定飛行が可能



アタッチメント：簡易フックを使用

## 7-6. その他、苗木等運搬に活用されている機種

### 「YOROI 6S1750F」

機種名	YOROI 6S1750F
機体価格（税抜き）	約 500～700 万円（付属オプションによる）
販売店	サイトテック株式会社
操縦体制（操縦方法）	1 オペレーションと 2 オペレーション両方が可能（手動・自動）
大きさ	約 185.3(87)cm×約 162.5(91)cm×約 80.5(同)cm（括弧内は収納時）
機体重量	約 17kg（バッテリー除く）
運搬可能量	約 30kg（推奨 20kg）
最高時速	65km/h
電波到達距離	800～1000m 程度
最大使用可能時間	12 分（ペイロード 20kg 時）、17 分（ペイロード 10kg 時）
アタッチメントの特徴	ユニット交換が可能。物流や点検・測量、農薬散布等の用途についてもユニット交換することで活用可能。荷下ろし時は自動切離し。アタッチメントにより、リールで降ろすことも可能。
機体の特徴	重量物の運搬が可能で、苗木のほか、獣害防止資材の運搬や架線張りにも活用できる。
苗木運搬への活用状況	運用検証や依頼されて苗木や資材運搬を実施するケースが多い
運用上の工夫や留意点	<ul style="list-style-type: none"> <li>・事前に現地で GPS の捕捉状況を確認し、手動飛行も出来るか確認し、フライトプランを立てる。</li> <li>・準備作業については前日に行い、機体チェックやバッテリー充電、試運転をしておく</li> <li>・荷下ろしの際は安全面からドローンの真下には入らない。</li> <li>・苗木運搬の際にバッテリーは 30 本程持参し、バッテリー量が 30%まで減少したら交換する。</li> </ul>
作業人数	1 オペの場合でも 2 オペの場合でも操縦者には安全運行管理者兼補助者をつける（1 オペの場合 2 人体制、2 オペの場合 3 人体制となる）。



YOROI 6S1750F



苗木運搬の状況（郡上市浅谷県有林）

## 8. 参考資料

### 8-1. ドローン運搬、人肩運搬、車両（クローラ）運搬の関係

林野庁の「ドローンを活用した新たな造林技術の実証・調査事業」のデータから苗木 6,000 本を運搬・植栽する場合のドローン運搬を行った時の人工数（人日）と車両運搬を行った時の人工数（人日）を比較した結果を示す。

図に示すとおり、点線枠内で囲った 4 箇所の実証地においてドローン運搬（●）により人工削減できた。一方、クローラ（●）運搬の実証地では、ドローン運搬の方がクローラ運搬よりも人工数が多くなった。

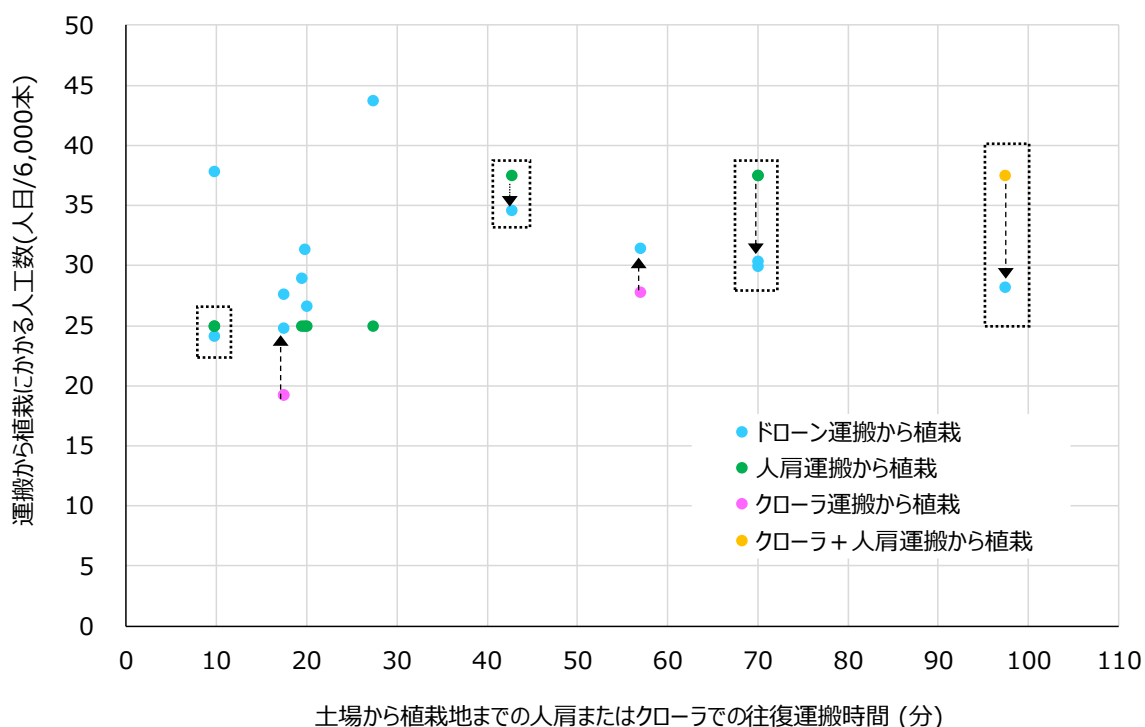


図 8-1 ドローン、人肩、クローラの各運搬実施時の運搬から植栽にかかる人工数の比較

ドローンを用いた苗木等運搬から植栽までの人工数は、特に土場から植栽地までの人肩またはクローラでの往復運搬時間が長くなるほど、人肩運搬の場合と比較して少なくなりやすい。ドローン運搬では運搬距離が長い場所でも直線距離を飛行し、短時間で運搬できるためと考えられる。

一方、クローラ運搬から植栽までの人工数の方がドローン運搬から植栽までの人工数より少ないのは、クローラ運搬の場合、運搬時間はかかるものの、一度に大量に運搬でき、植栽地までの運搬の往復回数が極端に少なくなるためと考えられる。このため、クローラで植栽地近くまで運搬ができる環境では、ドローンを活用しても人工数の削減は難しい。

但し、図 8-1 の右端の点線枠で示すようにクローラ運搬ができる場合でも、その運搬先から造林地まで人肩運搬が必要な場合ではドローン運搬により人工数を削減できる場合がある。

## 8-2. 飛行手続きにおける無人航空機のレベル4飛行の実現に伴う航空法の改正

### 8-2-1. 無人航空機の飛行レベル

政府は、令和4(2022)年度を目途に、「有人地帯上空での補助者なし目視外飛行」(飛行レベル4)を実現すべく、関係審議会において検討を行ってきた。

国土交通省の定める飛行レベルには、飛行レベル1~4がある。それぞれの飛行レベルの概要は表8-1に示すとおりである。

表 8-1 飛行レベルの概要

飛行レベル	内容	説明
レベル1	目視内での操縦飛行	見える範囲内で、手動で操作を行う一般的なドローンの操縦の形態。
レベル2	目視内飛行(自動/自律飛行)	見える範囲内で、自動運転等による操作を行う操縦の形態。
レベル3	目視外飛行(無人地帯)	無人地帯での目視外飛行(補助者の配置なし)による操縦の形態。山間部における自動運転等による荷物運搬やオルソ写真撮影などが想定される。
レベル4	目視外飛行(有人地帯)	有人地帯(第三者上空)での目視外飛行(補助者の配置なし)による操縦の形態。市街地などにおける自動運転等による荷物運搬、警備、インフラ点検などが想定される。

飛行レベル4の実現に向けて、無人航空機の飛行の安全を厳格に担保するため、国土交通大臣が機体の安全性を認証する制度(機体認証制度)、及びオペレータ(操縦者)の技能を証明する制度(技能証明制度)が創設されることとなった。

山間地域におけるドローンの運用にあたっては、主に飛行レベル1~3が対象となる。

#### 【飛行レベル1及び2】

- ・目視で操縦飛行及び自動飛行を行う際のレベルである。
- ・「飛行禁止区域」などに該当しない森林で飛行を行う場合、これまでと変わらず、特段の申請等を必要とせず、ドローンを運用することができる。

#### 【飛行レベル3】

- ・①機体認証を受けた機体を使用し、②二等無人航空機操縦士の資格を取得したものが対象となるレベルである。
  - ・無人地帯(森林など)において補助者なしで目視外飛行を行うことができる。
  - ・「飛行禁止空域」などにおける許可申請の審査の一部が省略される。
  - ・「飛行の方法」によらない飛行(「目視外飛行」、「人・物件30m未満」など)について承認申請手続きが不要となる。
  - ・ただし、機体認証や操縦ライセンスがない場合でも、国土交通省への許可、承認申請をこれまでどおり行う場合は、特定飛行※を行うことができる。
- ※特定飛行：航空法の規制対象となる無人航空機の飛行のこと。



## 8-2-2. 操縦ライセンス登録

令和2年6月24日の改正航空法により、「無人航空機操縦者技能証明制度」が創設された。令和4年3月現在、運用開始時期や詳細については公表されていないが、概要は以下のとおりである。

- 一等無人航空機操縦士と二等無人航空機操縦士の資格区分が設けられる。
- 資格の取得には、身体検査、学科試験及び実地試験が予定されている。
- 国土交通大臣の登録講習機関による講習を修了した者に対し、学科試験または実地試験の全部または一部を免除するとしている。
- 資格の有効期限は3年間であり、国土交通大臣の登録更新講習機関による講習を修了した者に対して、資格の有効期限の更新を認めている。

森林での苗木等運搬に関しては、二等無人航空機操縦士資格の取得と後述する機体認証を行うことにより、無人地帯(森林など)において、補助者なしで目視外飛行を行うことができるようになるほか、目視外飛行の申請・承認手続きが不要となる。

## 8-2-3. 機体認証

令和2年6月24日の改正航空法により「無人航空機の機体認証制度」が創設された。令和4年3月現在、運用開始時期や詳細については公表されていないが、概要は以下のとおりである。

- 国土交通大臣は、(使用者からの申請により)第一種機体認証又は第二種機体認証の区分に応じ、無人航空機が国土交通省令で定める安全性を確保するための強度、構造及び性能についての基準に適合する場合は機体認証を行うこととなる。
- 国土交通大臣は、(設計・製造者からの申請により)無人航空機の型式の設計及び製造過程について、安全基準及び均一性が基準に適合する場合は型式認証を行い、この型式認証を受けた無人航空機は機体認証に係る検査の全部または一部を省略できる。
- 機体認証を受けた無人航空機の操縦者は、使用条件の範囲でなければ、特定飛行を行ってはならないとされている(一等無人航空機操縦士で、且つ第一種機体認証を受けたものは、立ち入り管理措置を講ずることなく、特定飛行を行うことができる)。

## 無人航空機(ドローン)の飛行の環境整備

- 無人航空機の飛行の安全を確保し、その利活用拡大を図るため、航空法では、無人航空機の飛行の許可・承認制度（平成27年改正）、登録制度（令和2年改正）など、段階的に環境整備を進めている。
- ドローンに関する技術の向上、物流等の利活用へのニーズが高まっている中、**2022年度を目途に、現行では飛行を認めていない「有人地帯における補助者なし目視外飛行」(レベル4)を実現**すべく、交通政策審議会等において検討を行ってきたところ。



## 無人航空機(ドローン)のレベル4の実現のための新たな制度の方向性

- レベル4の実現に向け、より厳格に無人航空機の飛行の安全性を確保するため、
  - ・ 機体の安全性に関する認証制度 (機体認証)
  - ・ 操縦者の技能に関する証明制度 (操縦ライセンス) を創設。
- また、無人航空機に係る事故の防止及び状況把握のため、**運航管理のルール等**を法令等で明確化。

### 新たに飛行可能

- **第三者上空での飛行 (レベル4が該当)** は、①機体認証を受けた機体を、②操縦ライセンスを有する者が操縦し、③国土交通大臣の許可・承認 (運航管理の方法等を確認) を受けた場合に、**可能とする**。

### 手続きの省略

- **これまで許可・承認を必要としていた飛行**は、①機体認証を受けた機体を、②操縦ライセンスを有する者が操縦し、③飛行経路下の第三者の立入りを管理する措置の実施等の運航ルールに従う場合、原則、**許可・承認を不要とする**。

### 機体認証

- ・ 国が**機体の安全性を認証する制度 (機体認証)**を創設
- ・ **型式認証**を受けた型式の無人航空機について、機体認証の**手続きを簡素化**
- ・ 使用者に対し機体の整備を義務付け、安全基準に適合しない場合には国から整備命令
- ・ 設計不具合時における製造者から国への報告義務
- ・ 国の登録を受けた**民間検査機関**による検査事務の実施を可能とする など

### 操縦ライセンス

- ・ 国が試験 (学科及び実地) を実施し、**操縦者の技能証明を行う制度**を創設
- ・ **一等資格** (第三者上空飛行に対応) 及び**二等資格**に区分し、機体の種類 (固定翼、回転翼等) や飛行方法 (目視外飛行、夜間飛行等) に応じて限定を付す
- ・ 国の指定を受けた**民間試験機関**による試験事務の実施を可能とする
- ・ 国の登録を受けた**民間講習機関**が実施する講習を修了した場合は、**試験の一部又は全部を免除** など

### 運航管理のルール

- ・ 第三者上空飛行の運航管理の方法等は個別に確認
- ・ これまで許可・承認の条件としていた**運航管理のルール** (補助者の配置による飛行経路下の人の立入管理等) を法令等で明確化
- ・ 無人航空機を飛行させる者に対し、
  - ✓ 飛行計画の通報
  - ✓ 飛行日誌の記録
  - ✓ 事故発生時の国への報告を義務化 など

### 所有者の把握

航空法改正済み

- ・ 無人航空機の所有者・使用者の登録制度を創設
- ・ 所有者の氏名・住所、機体の情報 (型式、製造番号) を登録、機体への登録記号の表示を義務化
- ・ 安全上問題のある機体の登録拒否、更新登録 など
- ※ 施行にあわせて登録・許可承認の対象となる無人航空機の範囲を100g (現行200g) 以上に拡大

第三者上空の飛行（レベル4が該当）を可能とするための制度整備に当たり、現行許可・承認対象としている飛行を含む全体の規制のあり方を検討し、その結果、**新たな制度（機体認証、操縦ライセンス等）を導入しつつ、全体の規制の合理化・簡略化を図る。**

現行の取扱い (必要な手続き)	主な飛行形態		新制度で必要な手続き等
飛行不可 ⇒ 飛行可能となるよう措置	有人地帯（第三者上空）における 補助者なし目視外飛行 〔レベル4〕		機体認証、操縦ライセンス（一等資格）の取得 かつ 飛行毎の許可・承認（運航管理体制等の確認）
飛行毎の 許可・承認 ⇒ 手続きの合理化・簡略化	無人地帯における 補助者なし目視外飛行 〔レベル3〕	現行、規制対象の具体的飛行 ● 空港周辺 ● 高度150m以上 ● イベント上空 ● 危険物輸送 ● 物件投下 ● 一定の重量以上	○ 飛行毎の許可・承認 （機体の安全性、操縦者の技能、運航管理体制等の 確認） ※機体認証又は操縦ライセンス（二等資格）を 取得している場合、 <b>審査を一部省略</b>
	目視内飛行 〔レベル2（自動操縦） レベル1（手動操縦）〕	○ 人口集中地区 ○ 夜間飛行 ○ 人・物件30m未満 ○ 上記●に該当しない 目視外飛行	○ 機体認証、操縦ライセンス（二等資格）の取得 （運航ルールの遵守） <b>飛行毎の許可・承認は不要</b> 又は ○ 飛行毎の許可・承認 （機体の安全性、操縦者の技能、運航管理体制等の 確認）
手続き不要	上記以外の飛行		手続き不要

+ 所有者等の登録（既に航空法改正済み）

3

出典：首相官邸 HP（国土交通省航空局、令和2年12月）

([https://www.kantei.go.jp/jp/singi/kogatamujinki/kanminkyougi\\_dai15/siryou1.pdf](https://www.kantei.go.jp/jp/singi/kogatamujinki/kanminkyougi_dai15/siryou1.pdf))

図 8-2 無人航空機のレベル4の実現のための新たな制度の方向性について

## 8-2-4. 無人航空機の登録制度

### (1) 登録制度の概要

令和2年6月24日の改正航空法を踏まえ、令和3年11月25日に公布された政省令等により、令和4年6月20日から無人航空機の登録が義務化されることとなった。対象となる「無人航空機」は、重量（機体本体の重量とバッテリーの重量の合計）が100g以上である。

登録に際しては、機体情報（種類、製造者、形式、製造番号等）、及び所有者・使用者情報（氏名・名称、住所等）を所定の様式で国土交通大臣あてに登録申請する必要がある。なお、登録はドローン1台につき1登録となる。

登録が完了すると、「JU」から始まる12桁のアルファベットと数字の組み合わせの登録記号が交付される。登録記号は無人航空機毎に割り当てられ、印字したシール等により無人航空機本体に貼付ける必要がある。

登録を受けた無人航空機はリモート ID 機能を備える必要がある。リモート ID 機能とは、以下の情報を電波により発信し登録を受けた無人航空機の登録記号の遠隔識別を可能とするものである。

- ① 当該無人航空機の登録記号
- ② 当該無人航空機の製造番号（外付け型にあっては当該リモート ID 機器の製造者が定める製造番号）
- ③ 当該無人航空機の位置、速度及び時刻情報

#### ④ 認証情報

登録を受けた無人航空機の所有者は、運用前に、無人航空機又はリモート ID 機器の製造者が指定する方法により、登録記号等の電波の発信に必要な情報を無人航空機又はリモート ID 機器に入力しなければならない。

無人航空機の登録の有効期間は、登録記号その他の登録事項を通知した日から3年間であり、継続を希望する場合は更新手続きが必要となる。

登録せずに無人航空機を飛行させた場合は、航空法に基づき、1年以下の懲役又は50万円以下の罰金が科される。

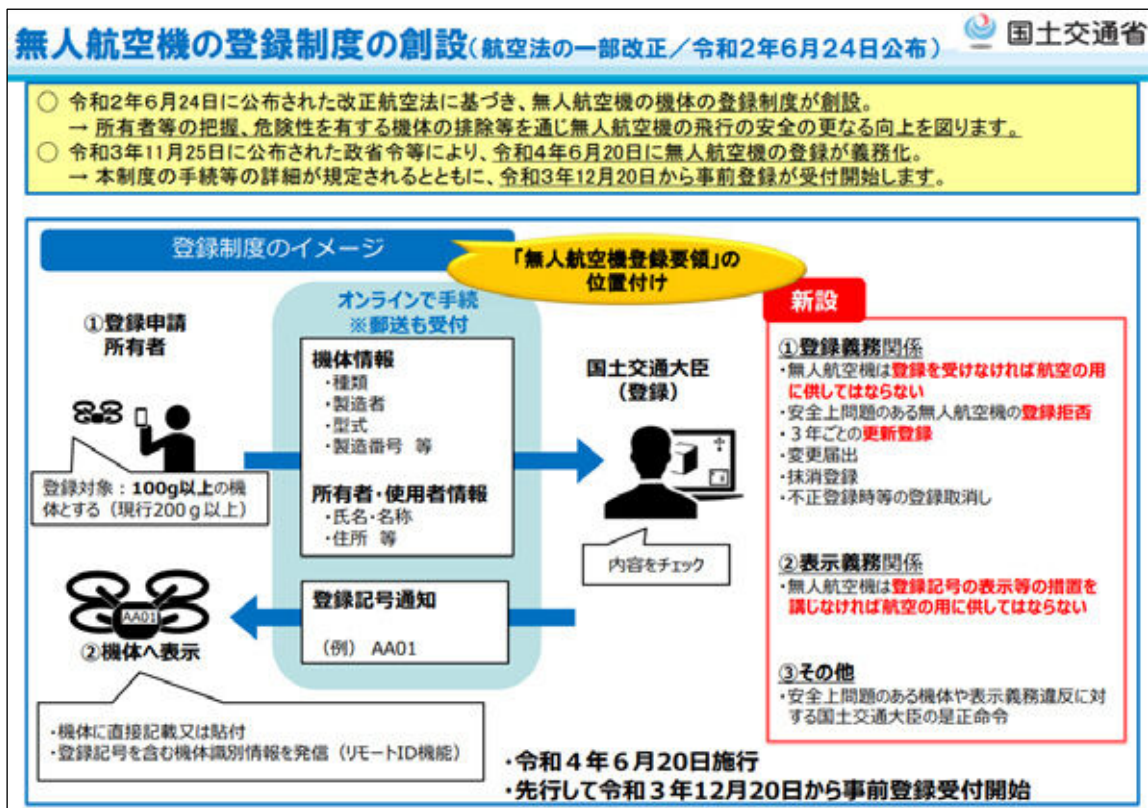
#### (2) 事前登録制度

令和3年12月20日から令和4年6月19日までに事前登録を行った機体については、3年間の期限でリモート ID の搭載義務が免除される。

将来的には、全ての無人航空機に、リモート ID 機能が内蔵されることが予想されるが、既存の無人航空機については、外付け型のリモート ID 機器を搭載することが必要となるため、そうした状況への配慮と考えられる。リモート ID 機能が内蔵されていない無人航空機を所持している場合は、事前登録制度を活用することが望ましい。

無人航空機登録要領 (<https://www.mlit.go.jp/koku/content/001442849.pdf>)

無人航空機登録ポータルサイト (<https://www.mlit.go.jp/koku/drone/>)



出典：国土交通省 HP (<https://www.mlit.go.jp/koku/content/001443264.pdf>)

図 8-3 無人航空機登録制度の概要



## ドローンを活用した苗木等運搬実施マニュアル

(発行) 令和4(2022)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>