

令和2年度スマート林業の推進～ICT等の先端技術の活用～

ドローンを活用した造林技術（苗木運搬等）

Japan Forest Technology Association



日時：令和2年12月3日（木）
15:55～16:20

場所：MEETING SPACE AP大阪駅前
東京建物梅田ビルB2F

一般社団法人

日本森林技術協会



目次

1. 造林へのドローン活用の背景と目的 2
2. ドローンを活用した新たな造林の可能性 4
3. 林野庁事業の中での本発表内容の位置づけ 7
4. ドローンを活用した造林技術の調査・分析
について（文献調査） 8
5. ドローンを活用した苗木等運搬の実証につ
いて 10



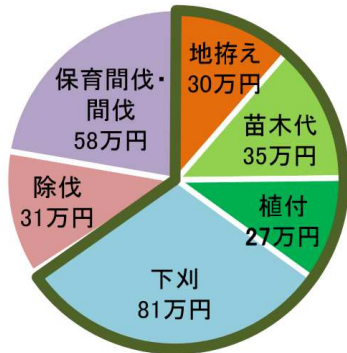
1. 造林へのドローン活用の背景と目的

➤ 背景

主伐面積 約8.4万ha (2017(H29)年度)

造林面積 約3.0万ha (2017(H29)年度)

⇒ 再造林率 約36%



主伐時の利益 約112万円/ha

再造林の費用 約262万円/ha

⇒ 利益 < 費用

注: H30標準単価より作成
スギ3000本/ha植栽、下刈5回、除伐2回、
保育間伐1回、搬出間伐(50~60m3/ha)1回

林野庁「森林・林業・木材産業の現状と課題」
(令和2年3月)



再造林の低コスト化

高い労働強度、担い手不足への対応



1. 造林へのドローン活用の背景と目的

➤ 低コスト化の技術～これまでの取組～

- ✓ 主伐と再造林の一貫作業
- ✓ エリートツリーや早生樹の利用
- ✓ コンテナ苗・大苗の利用
- ✓ 植栽密度の削減
- ✓ 下刈りの省略・機械化
- ✓ 刈り払い方法の工夫

➤ 低コスト化の技術～新たな取組～

✓ ドローンの活用

当協会は、低コスト・省力的な造林技術の新たな選択肢の一つとなりうる、ドローンを活用した造林技術についての実証・調査を林野庁委託事業で行っているため、その途中経過について報告する。



2. ドローンを活用した新たな造林の可能性

別紙1 参照

	植栽準備	苗木運搬	植栽	保育・管理作業
従来	 人力による測量（植栽エリアの周囲測量）	 人力による運搬（トラックが入れる土場から植栽エリアまで）	 植栽本数 3,000本/ha・植栽間隔 1.8mで、尺棒で植栽位置を決め、クワで穴を掘り、植栽	 人力による忌避剤の散布、下刈り作業 小規模なエロージョン等により発生した荒廃地は天然更新
新たな造林方法	 現場：ドローンによる写真撮影 机上：除地の画像判読、植栽位置の自動配置（3m間隔）※ →「S-4 ドローンを活用したピンポイント苗木配置」	 現場：ドローン（手動）による運搬（トラックが入れる土場から植栽エリアまで） →「S-4 ドローンを活用した苗木運搬（手動飛行の実証）」	 現場：ドローンによるピンポイント苗木配置（3m間隔・植栽本数 1,100本/ha） →「S-4 ドローンを活用したピンポイント苗木配置」	 机上：植栽木・雑草木の画像認識（位置確認） 現場：ドローンによる忌避剤散布、除草剤散布 →「S-1 ドローンを活用したピンポイント薬剤散布」 現場：小規模なエロージョン等により発生した荒廃地にはドローンによる播種造林 →「S-2 ドローンを活用した荒廃地への播種・吹付」
	 現場：ドローンによる写真撮影 机上：除地の画像判読、植栽位置の自動配置（3m間隔）※ 植栽地のメッシュ区切り 現場：ドローンによるマーキング（3m間隔）● →「S-3 ドローンによる植栽穴の自動マーキング」 →「S-5 造林事業におけるドローン運用管理システム」	 現場：ドローンによる運搬（土場から、適切な作業効率となる植栽本数が入るよう設定したメッシュまで）	 現場：マーキングに沿って植栽穴掘り、植栽（3m間隔・植栽本数 1,100本/ha）	 （その1と同様）



2. ドローンを活用した新たな造林の可能性

	植栽準備	苗木運搬	植栽	保育・管理作業
従来の造林方法	 人力による測量（植栽エリアの周囲測量）	 人力による運搬（トラックが入れる土場から植栽エリアまで）	 植栽本数 3,000本/ha・植栽間隔 1.8mで、尺棒で植栽位置を決め、クワで穴を掘り、植栽	 人力による忌避剤の散布、下刈り作業 小規模なエロージョン等により発生した荒廃地は天然更新
新たな造林方法	 現場：ドローンによる写真撮影 机上：除地の画像判読、植栽位置の自動配置（3m間隔）※ →「S-4 ドローンを活用したピンポイント苗木配置」	 現場：ドローン（手動）による運搬（トラックが入れる土場から植栽エリアまで） →「S-4 ドローンを活用した苗木運搬（手動飛行の実証）」	 現場：ドローンによるピンポイント苗木配置（3m間隔・植栽本数 1,100本/ha） →「S-4 ドローンを活用したピンポイント苗木配置」	 机上：植栽木・雑草木の画像認識（位置確認） 現場：ドローンによる忌避剤散布、除草剤散布 →「S-1 ドローンを活用したピンポイント薬剤散布」 現場：小規模なエロージョン等により発生した荒廃地にはドローンによる播種造林 →「S-2 ドローンを活用した荒廃地への播種・吹付」
	 現場：ドローンによる写真撮影 机上：除地の画像判読、植栽位置の自動配置（3m間隔）※ 植栽地のメッシュ区切り 現場：ドローンによるマーキング（3m間隔）● →「S-3 ドローンによる植栽穴の自動マーキング」 →「S-5 造林事業におけるドローン運用管理システム」	 現場：ドローンによる運搬（土場から、適切な作業効率となる植栽本数が入るよう設定したメッシュまで）	 現場：マーキングに沿って植栽穴掘り、植栽（3m間隔・植栽本数 1,100本/ha）	 （その1と同様）

ドローン運用管理システム

植栽穴の自動マーキング

現場：ドローンによる写真撮影
机上：除地の画像判読、植栽位置の自動配置（3m間隔）※
植栽地のメッシュ区切り
現場：ドローンによるマーキング（3m間隔）●
→「S-3 ドローンによる植栽穴の自動マーキング」
→「S-5 造林事業におけるドローン運用管理システム」

苗木等運搬

現場：ドローン（手動）による運搬（トラックが入れる土場から植栽エリアまで）
→「S-4 ドローンを活用した苗木運搬（手動飛行の実証）」

ピンポイント苗木配置

現場：ドローンによるピンポイント苗木配置（3m間隔・植栽本数 1,100本/ha）
→「S-4 ドローンを活用したピンポイント苗木配置」

薬剤等散布

机上：植栽木・雑草木の画像認識（位置確認）
現場：ドローンによる忌避剤散布、除草剤散布
→「S-1 ドローンを活用したピンポイント薬剤散布」
現場：小規模なエロージョン等により発生した荒廃地にはドローンによる播種造林
→「S-2 ドローンを活用した荒廃地への播種・吹付」



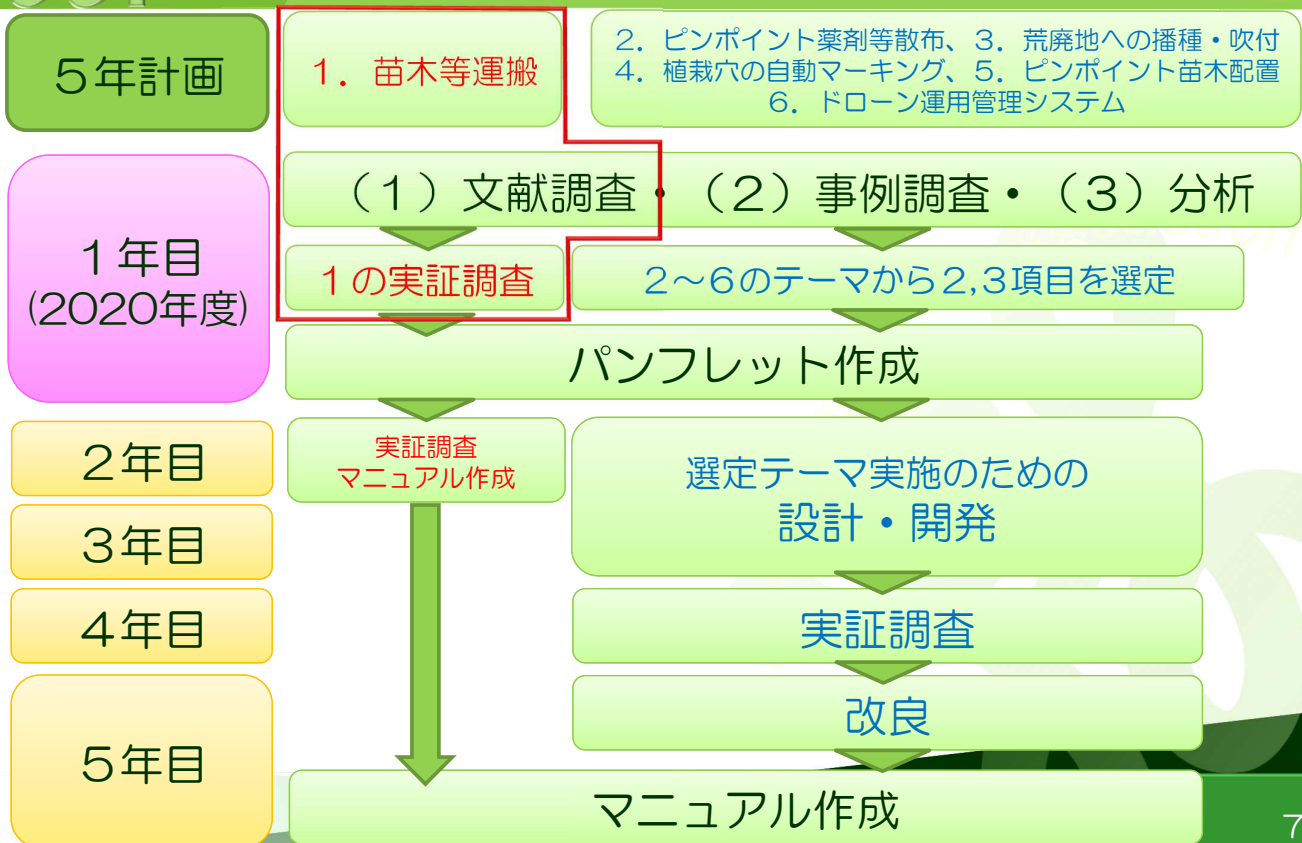
2. ドローンを活用した新たな造林の可能性 (苗木等運搬)

○ドローンによる苗木等運搬（基本方針）

車輻で持ち込まれた苗は、架線運搬または人力で植栽エリアまで担ぎ上げられ一時集積、さらにその場から植栽ポイントまでは手持ちで小運搬していた。この工程をドローン運搬に置き換えることで、労力軽減につなげることを目指す。



3. 林野庁事業の中での本発表内容の位置づけ





3. ドローンを活用した造林技術の調査・分析について（文献調査）

文献調査結果

事例の種別	件数 (重複あり)	内訳(重複あり)		
		国内(林業)	国内(その他)	海外
①苗木等運搬	22	21	1	0
②薬剤等散布	9	5	4	1
③荒廃地への播種・吹付による緑化	8	1	0	7
④、⑤植栽位置の抽出(植栽穴の自動マーキング・ピンポイント苗木配置)	4	1	0	3
その他	12	8	0	4



3. ドローンを活用した造林技術の調査・分析について（文献調査）

①苗木等運搬（文献調査結果）

効果

【上道キカイ(株)の事例】

- 苗木・獣害防止ネットを運搬し、苗木運搬による要人工数を約44～67%省力化できた（人力0.64～1.06→ドローン0.36人/苗木千本）
- 作業員の労災リスクの低減や労働強度の低減にもつながった

【シーアイロボティクス(株)、佐伯広域森林組合の事例】

- スギ苗木40本（6kg）とシカ食害防止ネット（15kg）を上方110m、斜距離220m離れた場所へ運搬した。
- 人力とドローンの比較（推定）は、苗木運搬：7人日/ha→4人日/ha、ネット運搬：13人日/ha→3人日/ha



課題

【岐阜県森林技術開発・普及コンソーシアムの事例】

- 事前の準備やバッテリーの交換に手間がかかる
- 造林資材の梱包の主流が20kg前後のため最低でも20kgの運搬能力が必要
- ドローンの操作や設定に高度な技術が要求されるので専門のオペレーターがいなければ対応できない
- 林業事業者が購入するには製品としてもっと簡単に扱える必要がある



4. ドローンを活用した苗木等運搬の実証について

ドローンを活用した苗木等運搬について

【現状】

- 各地域で、既に実証・実用化が進められており、苗木運搬用ドローンも開発されている。

【本実証の目的】

- ドローン活用による費用対効果を明らかにすること
(今後の普及に向けて、機体購入・委託の要否の判断基準となるようなマニュアルの作成)
- ドローンと人力の比較→歩掛の分析につなげる
⇒なお、林野庁では、R3年度にドローンによる苗木運搬の歩掛調査を全国的に行い、R4年度にはその調査を基に算出した歩掛を作業工程表に追加していきたい考え

【調査項目】

- ドローンによる苗木運搬にかかった人工
- 現地の概要（出発地点からの水平直線距離、比高等）
- 機体情報（価格、アタッチメント等）の収集
- ドローン運搬による苗木への影響評価



4. ドローンを活用した苗木等運搬の実証について

実証調査地一覧

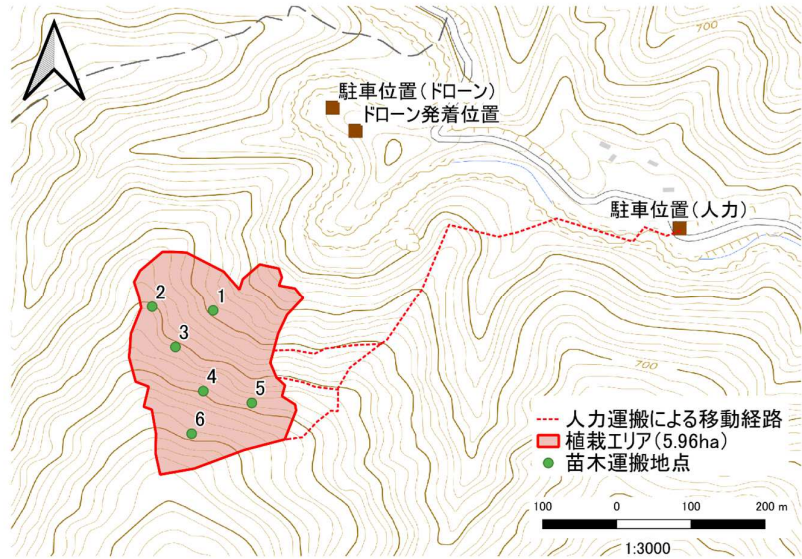
都道府県	所有形態	操縦	運搬業者	機種	運搬可能量	実証調査時期	植栽木の計測
茨城県	国有林	2オペ	(株)ストーンモリス	森飛の前の型番	10.4kg	10/6	有り
群馬県	国有林	2オペ	(株)DroneWorkSystem	AGR16/24	10kg/20kg	11/10	有り
兵庫県	社有林 (住友林業)	1オペ	住友林業(株) マゼックス(株)	森飛(1オペ)	8kg	11/17	有り
和歌山県	社有林 (住友林業)	1オペ	円陣(株)	森飛(1オペ)	8kg	7/28~30	無
		2オペ	東洋エンジニア(株)	森飛(2オペ)	10.4kg		
和歌山県	社有林 (株)中川	2オペ	(株)中川	いたきそ	15kg	9/9	無
山口県	国有林	2オペ	シーアイロボティクス(株)	いたきそ	15kg	11/12	有り



4. ドローンを活用した苗木等運搬の実証について

実証調査（和歌山県調査地の概要）

- 和歌山県日高川町
- 植栽面積5.96ha
- 植栽密度2,000本/ha
- 傾斜35°
- コンテナ苗（スギ）
- 比高113～251m
（標高）
ドローン発着608m
苗木運搬地点721～859m
- 水平距離350～540m



【調査地における今回の造林の流れ】

伐採▶集材（架線）▶架線撤収▶地拵え（人力）▶苗木運搬（ドローン）・植栽▶下刈り



4. ドローンを活用した苗木等運搬の実証について



実証調査（調査地の概要）





4. ドローンを活用した苗木等運搬の実証について

実証調査（使用したドローンの詳細）

森飛- morito -	自動飛行 & ウインチVer(1オペ)	2オペレーションVer
概要	出発点に操縦者 1人配置 して 自動飛行 (実証時は+補助1人)	出発点に操縦者1人、荷下ろし点に操縦者1人の計 2人配置 して 手動飛行
運搬可能量	8kg	10.4kg
荷下ろし地点における苗木の切り離し	ウインチにより ワイヤを下げて 、苗木を地面に接地させて切り離し	操縦により 飛行高度を下げて 、苗木を地面に接地させて切り離し
メリット	操縦者一人で運搬可能⇒人件費の削減、スケジュールリングが容易 自動飛行⇒飛行ルートが最短となる	ウインチの重量制限がないため運搬可能量が1オペに勝る 二人で操縦⇒運搬可能距離が長い、尾根等を挟んでも目視内で飛行可能
写真 注)同一機体で1オペと2オペを使い分けることはできない		



4. ドローンを活用した苗木等運搬の実証について

実証調査（時間計測項目）

区分	調査項目	詳細
ドローンによる苗木運搬	往路+荷下ろし	離陸から苗木を下ろすまで
	復路	苗木を下ろしてから着陸まで
	バッテリー交換+荷掛	着陸から各作業を経て離陸まで
	荷掛のみ	着陸から荷掛を経て離陸まで
人力による苗木運搬	駐車位置~植栽エリアまでの往復	植栽者が実際にかかった時間
植栽	植栽にかかった人工数	植栽者からの日報による



バッテリー交換の様子



荷掛の様子



4. ドローンを活用した苗木等運搬の実証について

実証調査（時間計測項目～ドローン～）

区分	調査項目
ドローンによる苗木運搬	往路+荷下ろし
	復路
	バッテリー交換+荷掛※
	荷掛のみ※

※ 2フライトに1回バッテリー交換を挟む

運搬苗木本数: 60本/1フライト
1束20本(約2.8kg) × 3束



4. ドローンを活用した苗木等運搬の実証について

実証調査（時間計測項目～人力～）

区分	調査項目
人力による苗木運搬	駐車位置～植栽エリアまでの往復
植栽	植栽にかかった人工数

運搬苗木本数: 80本/1往路
12.7kg
(苗木2.8kg/20本 × 4束 + 背負子1.5kg)





4. ドローンを活用した苗木等運搬の実証について

実証調査（苗木運搬時間計測結果）

ドローンによる苗木運搬			人力による苗木運搬		
調査項目	1オペ	2オペ	実証調査地	林野庁標準単価	
			調査項目	人力	人肩運搬
往路+荷下ろし(A)	2.98分	2.16分	苗木運搬にかかった時間(駐車位置~植栽エリアまで)	往路45分 復路25分	1.32人工/1,000本 (水平直線距離660m、比高200mで算出)
復路(B)	1.72分	1.85分			
バッテリー交換+荷掛(C)	1.96分	1.64分	1往復	70分	
荷掛のみ(D)	0.67分	0.74分			
1フライト当たりの合計(A+B+(C+D)/2)※1	6.02分	5.19分	1日で運べる本数※2	(参考)※3 446本/1人	(参考) 755本/1人
1日で運べる本数※2	3,889本/1人 (+補助1人)	4,508本/2人			

※1 2フライトに1回バッテリー交換を挟む

※2 ドローン1フライト当たり60本運搬、人力1往復当たり80本運搬、1日6.5時間(7.5時間のうち、小休憩・トラブル対応等1時間)と仮定

※3 植栽作業を挟まず苗木運搬のみに従事した場合



4. ドローンを活用した苗木等運搬の実証について

実証調査結果（運搬~植栽完了までにかかる人工数比較）

本実証地 $2,000\text{本/ha} \times 5.96\text{ha} = 11,920\text{本植栽}$

ドローンによる運搬(実測値)

ドローンによる運搬+人力による植栽
58.5人日
 (9.8人日/ha)

(内訳)

◆ドローンによる運搬

2人×(事前準備1日+運搬3日)
 ⇒8人工

+

◆人力による植栽(日報による)

⇒50.5人工

人力による運搬(試算値)

人力による運搬+人力による植栽
74.5人日
 (12.5人日/ha)



4. ドローンを活用した苗木等運搬の実証について

実証調査結果（工程比較）

ドローンによる運搬を行った場合

苗木はドローンで運搬（8人工）

（植栽にかかる1日の工程）

作業内容	時間 (min)	時間 (h)
往路(空荷徒歩)	45	0.75
植栽(236本)	350	5.83
復路	25	0.42
合計	420	7.00

1日・1人当たり236本植栽
(11,920本/ 50.5人工)

8+50.5⇒58.5人日

人力による運搬を行った場合

（運搬・植栽にかかる1日の工程）

作業内容	時間 (min)	時間 (h)
往路(背負子徒歩)	45	0.75
植栽(80本)	119	1.98
復路	25	0.42
往路(背負子徒歩)	45	0.75
植栽(80本)	119	1.98
復路	25	0.42
合計	377	6.29

往路(運搬)→植栽→復路の工程を組むと、1日2往復までとなる。

1日・1人当たり160本植栽

11,920/160⇒74.5人日



4. ドローンを活用した苗木等運搬の実証について

実証調査結果（和歌山県まとめ）

- 人力運搬の出発地点から水平直線距離660m、比高200mの和歌山県日高川町では、ドローンによる苗木運搬により、植栽まで含めたトータル的人工数を約21%削減できた
- 植栽者の負担軽減にもつながった（以下、現場の声）
かなりの負担軽減になった。
苗木を背負わず山を登れば、その後の植栽作業も楽になる。
運搬だけでもドローンにやっていただくと非常にありがたい。

今後の調査、マニュアルの作成に向けて

【論点】

- 調査内容の検討
- 分析方法の検討
- 苗木運搬用ドローンの運用・普及に向けた課題（費用対効果）等