

林業分野における新技術推進対策事業 (先進的林業機械緊急実証・普及事業)

～パイロード 200kg の大型ドローンによる伐採木等運搬の実証・普及事業～

株式会社山崎産業
九州電力株式会社
株式会社BlueBee
国立大学法人千葉大学

1. 事業概要
2. 事業全体の取組の流れ
3. 今年度事業取組の大きな課題
4. エンジン駆動ドローンへの取組
5. モーター駆動（ハイブリッド型）ドローンへの取組
6. 航空法対応への取組
7. 今年度事業の取組の成果

1. 事業概要①

- テーマ : ペイロード200kgの大型ドローンによる伐採木等運搬の実証・普及事業
目的 : 先進的な大型の搬出・運搬ドローンを活用した「**新作業システム**」の確立
提案者 : 株式会社山崎産業、九州電力株式会社
株式会社BlueBee、国立大学法人千葉大学



林業は、「**きつい**」、「**危ない**」、「**高コスト**」、「**高齢化**」、「**担い手不足**」など課題が多い。

私たちは、まずは山間部で重作業をする方々に、「**大型作業ドローン**」で

「**物を運び**」、「**作業をする**」ことで課題解決をしようと考えた。

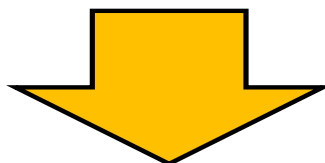
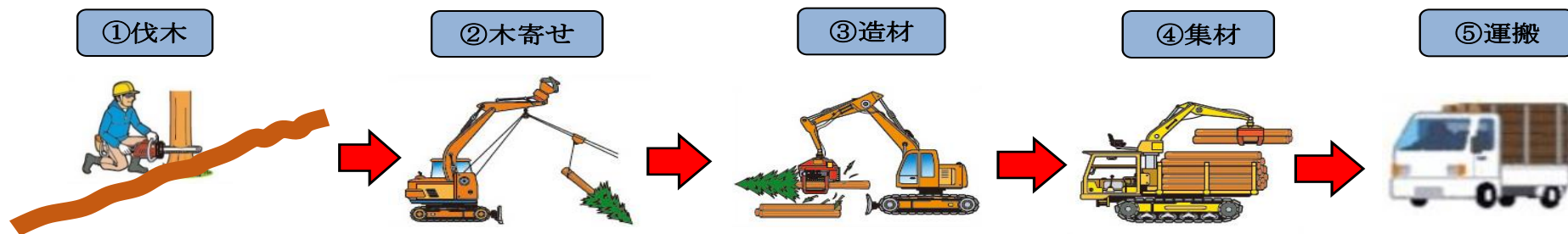
1. 事業概要②

(株) BlueBee、(株) 山崎産業、
九州電力(株)、千葉大学

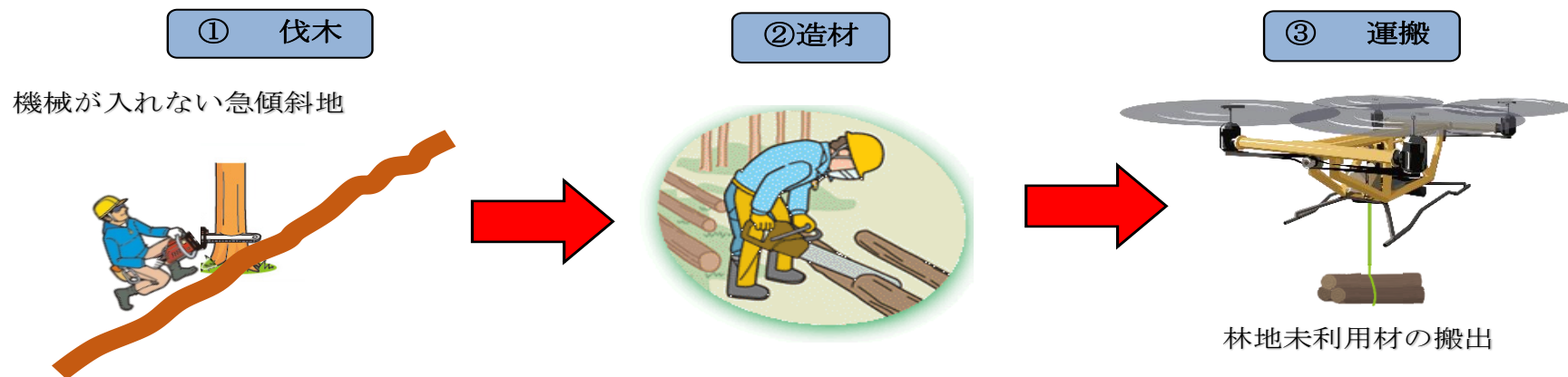
大型ドローンによる伐採木等運搬の実証等

既存の大型ドローンに改良を施し、飛行実証を通じて、飛行性能評価及び実運用を想定した山間部での飛行の注意点や運用手順等の確認・検証等を実施し、木材搬出や運材作業の**効率化、生産性及び安全性向上**を図る。

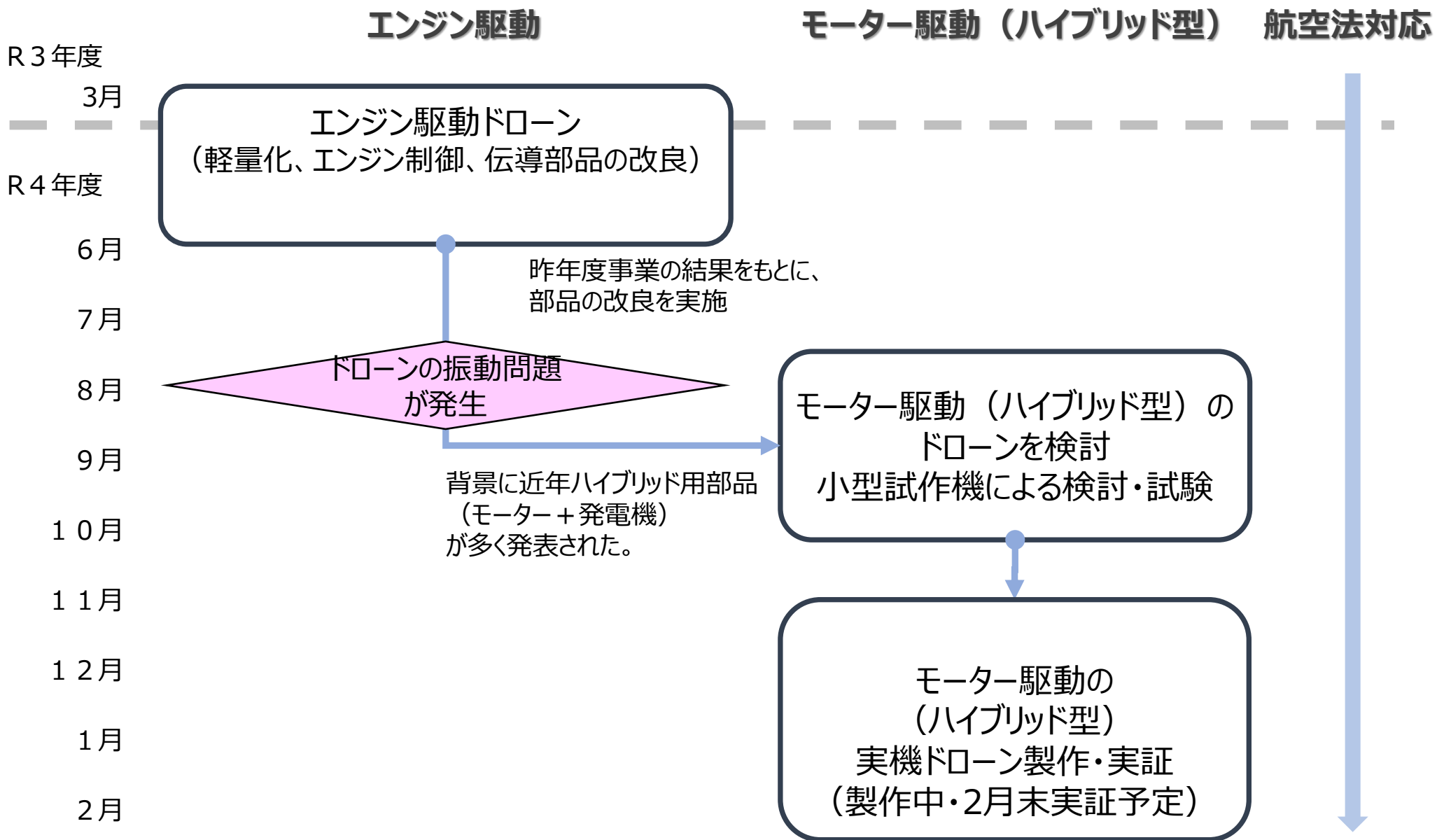
従来の車両系の木材搬出作業イメージ



新作業システムを導入した場合の 木材搬出作業イメージ



2. 事業全体の取組の流れ



3. 今年度事業取組の大きな課題

今回の実証事業を行うにあたり、大きく二つの課題がある。

機体の改良

航空法

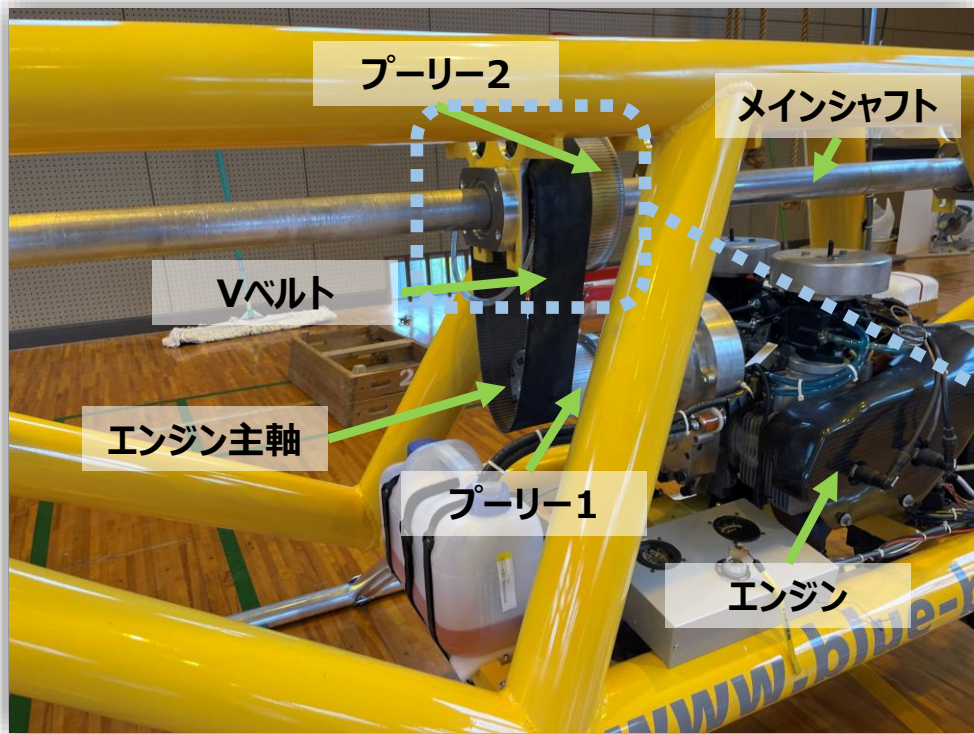
4. エンジン駆動ドローンへの取組①

令和4年4月屋内飛行試験（熊本）

エンジン駆動型



4. エンジン駆動ドローンへの取組②

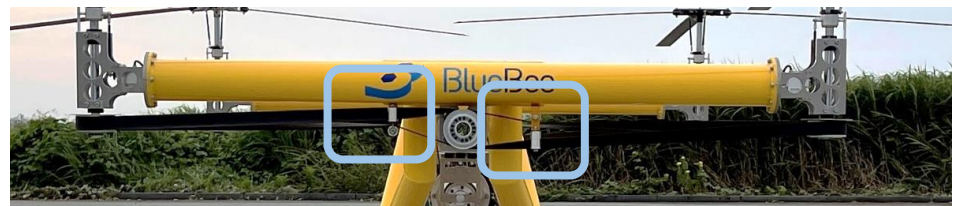


プーリー-2からベルトが外れた様子



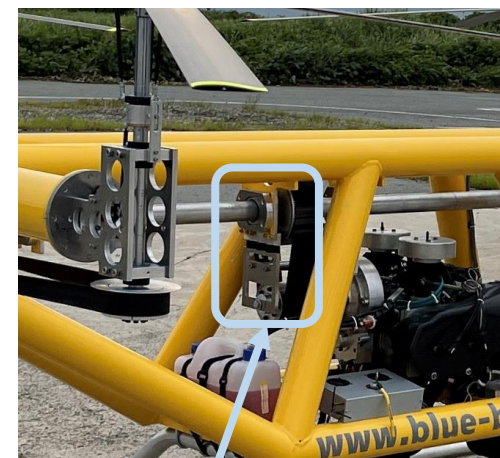
エンジン主軸とメインシャフトをつなぐVベルトは、ベルトを常に平行に保つ機構がついていないため、高回転（エンジン5500rpm→メインシャフト1100rpm）で位置がずれてしまった。

メインシャフトからローターを回すベルトは、平行に保つ機構がついている。



4. エンジン駆動ドローンへの取組③

令和4年7月屋内回転試験（熊本）



試験目的
改良点

各種改良点実施後の結果確認
軽量化
エンジンコントロールを導入
エンジン主軸のVベルトを平行に保つよう固定

エンジン主軸の先端も固定することでVベルトが常に平行になるようにした。また、防振ゴムを入れることで振動対策も行った。

➡ 安定度の向上を確認

➡ 高負荷試験へ移行

4. エンジン駆動ドローンへの取組④

令和4年7月屋外高負荷試験（熊本）



試験目的
試験方法

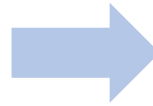
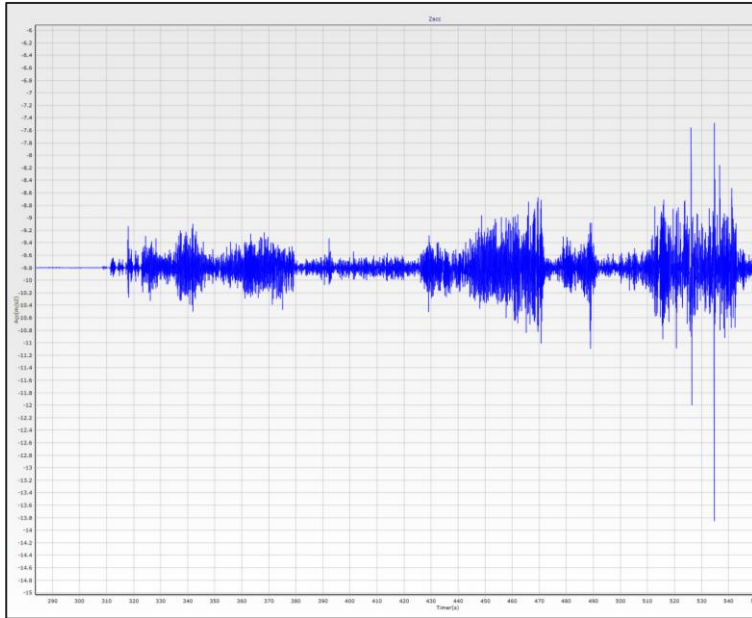
ベルトのはずれが発生しないか確認
地面に固定し高負荷（高回転、高ピッチ）をかける

→ 振動問題が発生

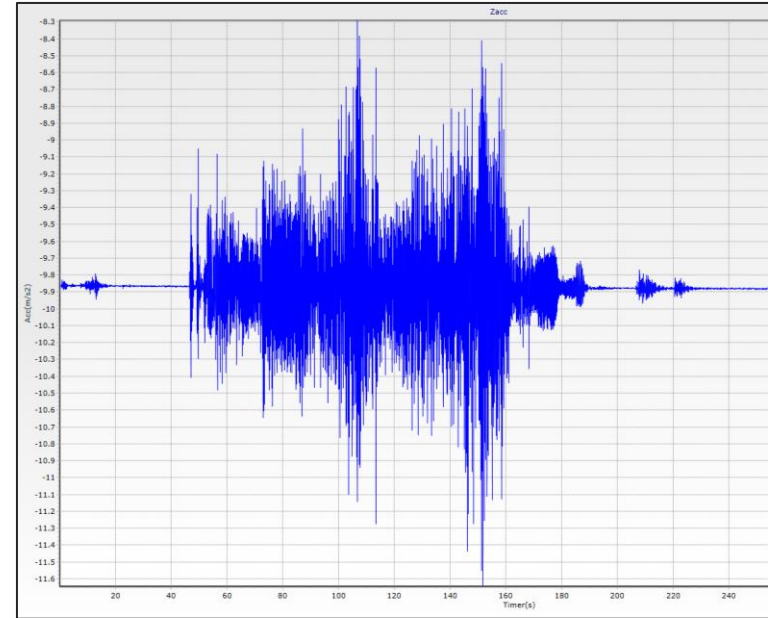
4. エンジン駆動ドローンへの取組⑤

振動データ比較

2022年3月



2022年7月



ドローンに組み込まれているフライトコントローラーの加速度データから、昨年3月の時点より、7月の屋外では加速度が大きくなっていることがわかった。振動の発生は、軽量化により剛性が減少したためと考えられる。流体力学を研究しているJAXA、熊本大学の先生と相談したところ、この振動問題の解決には非常に大きな労力がかかることが分かった。

振動問題を解決するために、モーター 駆動（ハイブリッド型）ドローンを検討 （エンジンで発電、モーターで駆動）

※空飛ぶクルマの開発が世界的に進んでおりハイブリッドドローン用の部品がここ1, 2年で多く発表されるようになり、検討できるようになってきた。



小型試作機での改良・検討を実施

5. モーター駆動（ハイブリッド型）ドローンへの取組②

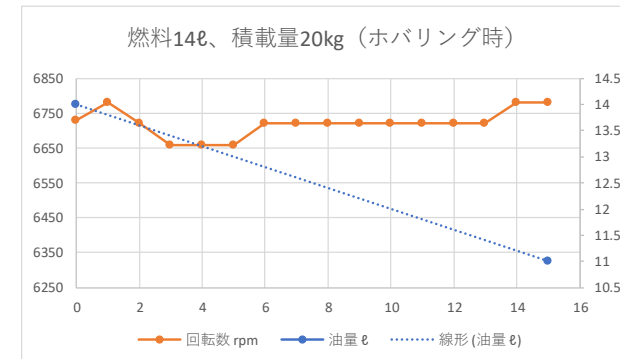
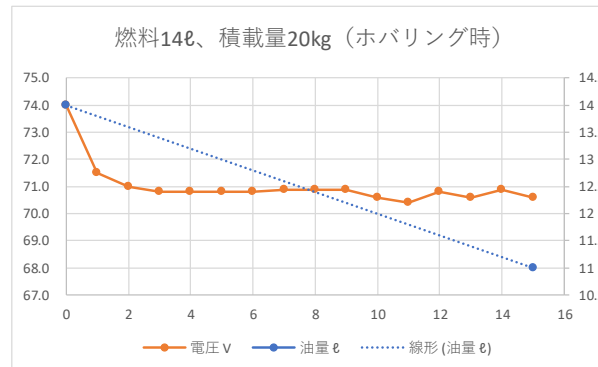
令和4年9月 小型試作機の飛行テスト（熊本）



平均風速 2.7 m/s
平均気温 34.7 °C

燃料14ℓ 積載20kg ホバリング時

飛行時間	油量	油量	回転数	機体温度	電圧	風速	外気温
min	%	ℓ	rpm	°C	V	m/s	°C
0	12	14	6730	58	74.0	3.3	34.4
1	12		6780	63	71.5	2.0	34.0
2	12		6720	67	71.0	1.8	35.0
3	12		6660	68	70.8	2.7	34.7
4	12		6660	68	70.8	3.3	35.7
5	12		6660	68	70.8	3.7	33.8
6	12		6720	68	70.8	2.9	35.2
7	12		6720	69	70.9	3.4	34.0
8	12		6720	69	70.9	1.5	35.0
9	12		6720	69	70.9	2.5	36.0
10	0		6720	70	70.6	3.1	35.1
11	0		6720	72	70.4	1.8	35.7
12	0		6720	70	70.8	3.7	34.4
13	0		6720	69	70.6	1.2	33.7
14	0		6780	70	70.9	3.4	34.1
15	0	11	6780	69	70.6	2.6	34.6



25kgの荷物を搭載し、60分以上の連続飛行を確認

5. モーター駆動（ハイブリッド型）ドローンへの取組③



令和4年11月の大分県別府市での森林・林業・環境機械展示実演会での飛行の様子。
後日、林政ニュースの表紙に掲載



**小型試作機を利用した飛行試験の実績を踏まえ、
モーター駆動大型化での実機改良に移行した。**

5. モーター駆動（ハイブリッド型）ドローンへの取組④

令和3年度の実証事業で得られた結果と、今年度行った小型試作機のノウハウを組み合わせ、新しいドローンを製作

エンジン駆動



モーター駆動（小型試作機）

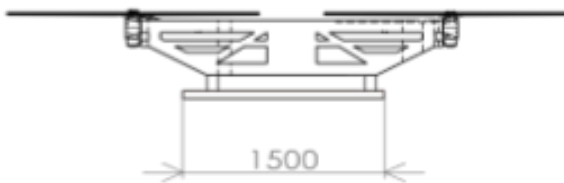
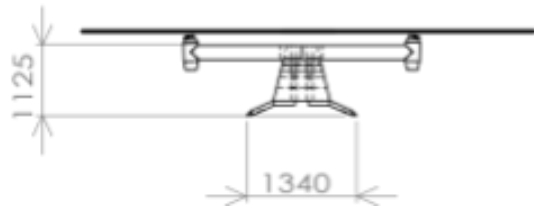
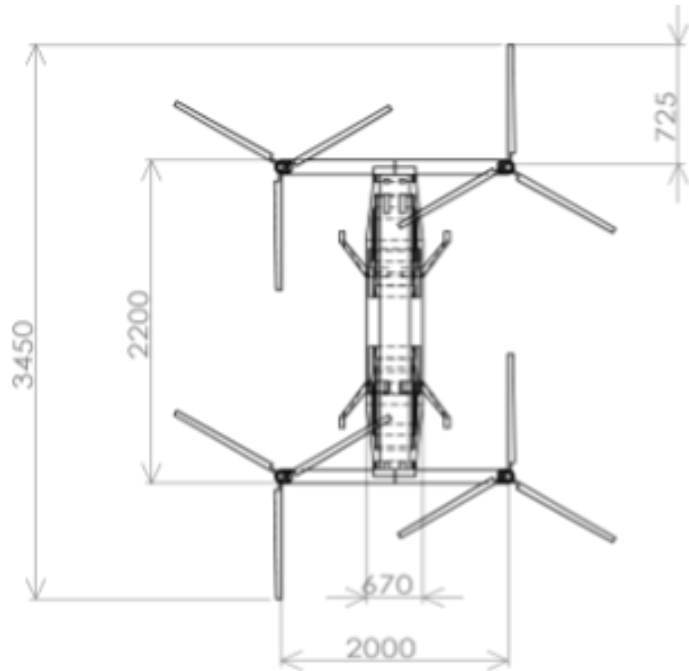


令和4年度実証ドローン



5. モーター駆動（ハイブリッド型）ドローンへの取組⑤

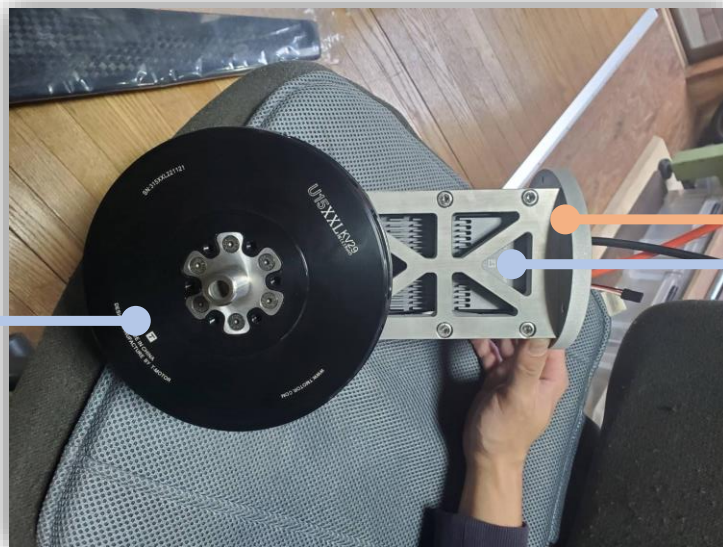
新しいドローンを設計・製作



5. モーター駆動（ハイブリッド型）ドローンへの取組⑥

凡例：うまくいったこと 苦労したこと

空飛ぶクルマの開発が世界的に進む中、モーターは多くの種類が出るようになった。しかし、我々のドローンの発電能力とモーターの対応電圧が異なることが多く、適した商品が少なかった。



金属部品の多くは自社設計、製造。
昨年度の結果をもとに、軽量化と剛性の両立に心がけた。

世界的な半導体不足の影響を受け、ドローン部品の一部では調達が非常に困難になるものがあった。

プロペラは3D形状のため、製造が非常に難しい。特に大型のものになると、事故を起こせないため高い品質が求められる。限られたメーカーしか作ることが出来ず、そこに注文が集中するため、調達に時間を要した。



ハイブリッド型のドローンは、大型化すればするほど、電流も大きくなる。（最大で600A）
それに対応する部品調達が困難であった。

5. モーター駆動（ハイブリッド型）ドローンへの取組⑦



エンジンは、中国製のものを採用。
しかし、昨年末頃の中国国内でのコロナの混乱を受け、調達には多大な時間を要し、仕様変更なども余儀なくされた。



フレームは昨年のアルミ製から、カーボン製に変更することで、合成を損なうことなく、大きな軽量化につながっている。
(重量1/2以下)

6. 航空法対応への取組①

最大離陸重量150kg以上のドローンは、無操縦者航空機に該当。
法的には「ドローン」ではなく「航空機」。

飛行には、都度航空局への申請が必要。
(山の中だからと勝手に飛行させることは出来ない。)

航空法

第11条、第79条、第81条、第87条

空飛ぶクルマと同じカテゴリー

国土交通省航空局が取りまとめ

航空法第79条、81条、87条

東京航空局

大阪航空局

航空法第11条

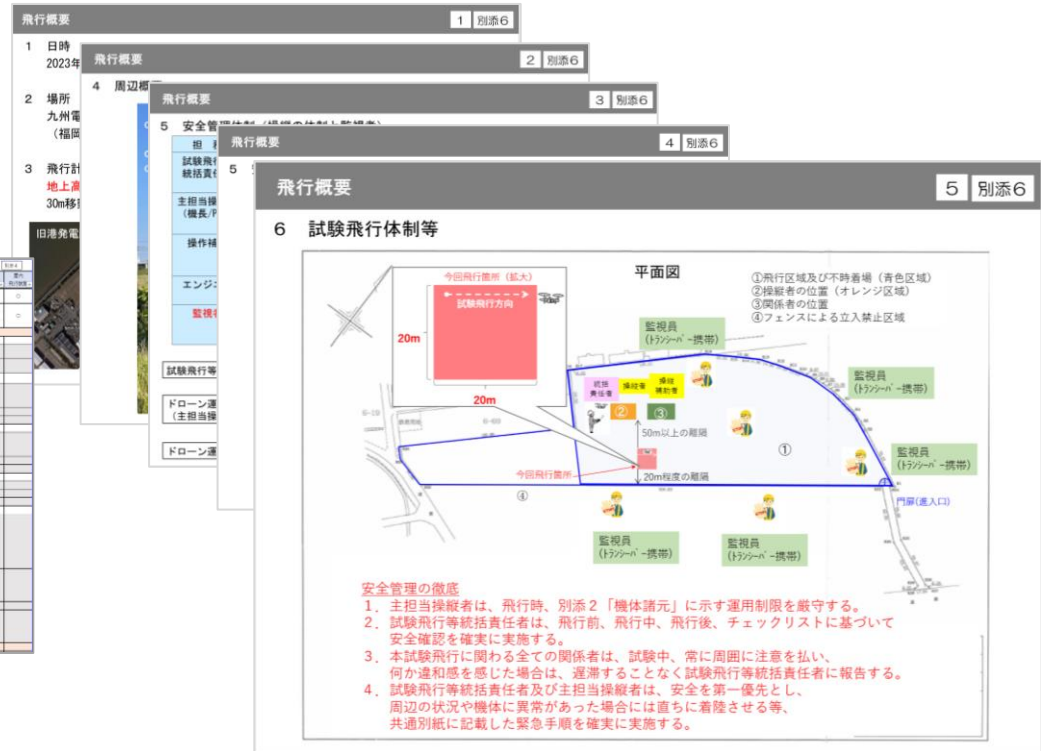
6. 航空法対応への取組②

飛行申請書類（一例）

機体の安全性の適合

項目	内容	備考	別添
1. 機体の適合性	機体の適合性に関する書類		別添6
2. 飛行計画	飛行計画に関する書類		別添6
3. 安全管理	安全管理に関する書類		別添6
4. 試験飛行体制	試験飛行体制に関する書類		別添6
5. その他	その他に関する書類		別添6

飛行計画（安全対策）



申請書類100枚以上
航空局との打合せ20回
作業時間300時間以上

試験機は、安全性が担保されていないので、万が一の際に周囲に被害が出ないように安全対策を施す必要がある。

7. 今年度事業の取組の成果

【エンジン駆動ドローン】

■出来たこと

エンジン駆動ドローンは、10cm程度浮かせたこと。

■分かったこと

ドローンからの振動問題が新たに判明し、対策に相当な時間とコストがかかること。

【モーター駆動（ハイブリッド型）】

■出来たこと

モーター駆動（ハイブリッド型）は、小型試作機ドローンを改良し、荷物重量20kg、60分連続飛行出来たこと。

安定したホバリング維持（自律飛行）が出来たこと。

■分かったこと

航空法は、審査項目が多く、航空局も手探り状態での審査であること。

今後、モーター駆動の実機ドローンは2月末に試験飛行予定

来年度に向けては、先進的林業機械緊急実証・普及事業において蓄積した知見を活用し、ペイロード200キロの林業用大型ドローンによる伐採木等運搬の実証を引き続き、行っていく。