

委託試験成績（令和3年度）

担当機関名 部・室名	山形県最上総合支庁産業経済部 農業技術普及課 産地研究室
実施期間	令和3年度～令和4年度 新規
大課題名	Ⅱ 高品質・高付加価値農産物の生産・供給技術の確立
課題名	ドローンを利用した軽労的融雪剤散布技術の開発
目的	<p>山形県は積雪寒冷地であり、果樹栽培では毎冬枝折れ等の雪害に遭遇するリスクがある。過去10年間で3回大きな雪害が発生し、その度に果樹で約5億円の被害が生じている。雪害による樹体被害は、生産量や果実品質の低下だけでなく、長期にわたる所得の減少や、営農継続意欲の低下をもたらす。対応策として融雪剤を散布しているが、人力で重い資材を持って雪上で散布するため非常に重労働であり、高齢化等による労力減少に伴い融雪剤散布が実施できない園地も増加している。</p> <p>近年、産業用マルチローター（農業用ドローン）の導入が急速に拡大している。主に夏季の水稲防除用として利用されているが、冬季は活用されていない。そこで、このマルチローターを有効に利用して、果樹園地等で融雪剤を散布することで、散布作業の軽労化と雪害防止を図る。</p>
担当者名	研究員 高橋永暉

1. 試験場所

山形県最上農業技術普及課産地研究室圃場 （山形県新庄市角沢）

2. 試験方法

(1) 供試機械名

ドローン：DJI 社製農業用マルチコプターT20

散布機材：粒剤散布装置 GST20

(2) 散布条件

シャッター開度 100%、インペラー回転速度 1,200rpm

(3) 圃場条件

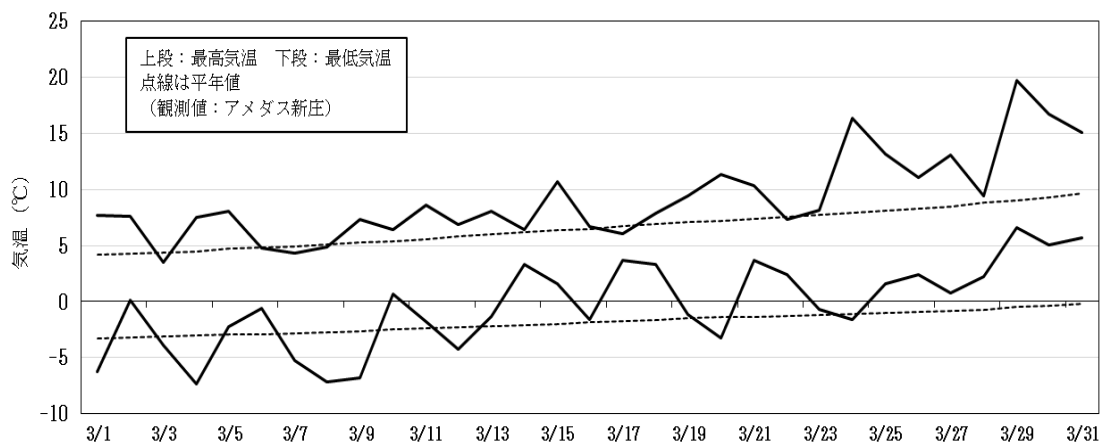
ア. 土壌条件

黒ボク土

イ. 栽培等の概要

無作付け地で調査

(4) 融雪剤散布後の気温経過（アメダス新庄）



3. 試験項目

(1) 各種融雪剤の効果検証

ア. 目的

ドローンでの散布に適しており、かつ融雪効果の高い資材を探索する。

イ. 試験区

てんろ石灰（粉状）、てんろ石灰（粗粒）、てんろ炭カル、鶏糞燃焼灰、鶏糞燃焼灰ペレット（商品名 昔の知恵）、針葉樹燃焼灰（商品名 スーパーカンタン）、アヅミン、マルチサポート1号

ウ. 試験規模 各区 4a

エ. 試験項目、調査項目及び調査方法

(ア) ドローンでの散布適性の検討

比重 (g/mL)

最大粒径: 任意の 10 粒の最大粒径についてノギスを用いて調査

分間吐出量: T20 のインペラー回転速度を 1,200rpm、シャッター開度 100%とした場合の 30 秒間資材吐出量を 3 回調査し、平均値を 1 分間吐出量に変換

(イ) 融雪効果の調査

散布日: 令和 3 年 3 月 2 日

観測方法: 散布日以降、各試験圃場に設置した積雪深計により積雪深を観測

(2) 散布高度の検討

ア. 目的

ドローンにより融雪剤を散布する際の適切な高度について検討する。

イ. 供試資材

てんろ石灰（粉状）

ウ. 試験区

散布高度: 地上 2m、3m、5m

エ. 散布条件

散布日: 令和 2 年 12 月 4 日

散布面積: 4a

散布量: 40kg/10a (16kg/4a)

オ. 調査項目及び調査方法

到達性及び飛散性（資材付着量）: 粘着トラップ（粘着部 20cm×26cm; サンケイ化学製 SE トラップ）を、圃地に右頁第 2 図のように 18 か所設置し、資材を散布して付着させた。SE トラップに付着した資材の付着面積割合を、感水紙被覆面積測定ソフトウェア（農研機構）により求めた。

(3) 散布量の検討

ア. 目的

融雪剤の散布量が融雪促進効果に及ぼす影響について検討する。

イ. 供試資材

てんろ石灰（粉状）

ウ. 試験区

散布高度: 10a 当たり 20kg 区、40kg 区、80kg 区

エ. 散布条件

散布日: 令和 3 年 3 月 2 日

散布面積: 5.2a

散布高度: 地上 5m

散布時の天候: くもり一時小雨 西の風 1.1m/s

オ. 調査項目及び調査方法

積雪深の推移: 散布日以降、各試験圃場に設置した積雪深計により積雪深を観測

(4) 融雪剤散布にかかる作業負担の検討

ア. 目的

融雪剤を散布する際、ドローン散布と手散布にかかる労力負担について検討する。

イ. 供試資材

てんろ石灰（粉状）

ウ. 試験区

ドローン区、手散布区

エ. 散布条件

散布日：令和3年2月22日

散布面積：ドローン区：4a、手散布区：1.6a

被験者：30歳男性（T20オペレーターで農業経験なし）

オ. 調査項目及び調査方法

心拍数：手首装着型心拍計 M430（POLAR 社製）により散布時の心拍数を毎秒計測した。

運動強度：上記の心拍数及び被験者の年齢をカルボーネンの式（ $(\text{運動時心拍数} - \text{安静時心拍数}) / (\text{最大心拍数} (220 - \text{年齢}) - \text{安静時心拍数}) \times 100$ ）に代入して算出し、評価した。

3. 試験結果

(1) 各種融雪剤の効果検証

ドローンで散布可能な資材は、てんろ石灰（粉状）、てんろ石灰（粗粒）、てんろ炭カル、鶏糞燃焼灰ペレット、アヅミン、マルチサポートで、T20で散布可能な資材の最大粒径は、1.2～6.3mmであった。

針葉樹燃焼灰は、粒径が荒く、散布装置に詰まるため、吐出できなかった。鶏糞燃焼灰は、資材の滑りが悪く、吐出されなかった。

1分間当たりの資材吐出量は、3.0～5.6kgだった。（表1、2、参考1）。

各資材をドローンにより散布した際の消雪日は、てんろ石灰（粉状）区で3/23、てんろ石灰（粗粒）区で3/24となり、無散布区（3/26）よりも早かった。一方、鶏糞燃焼灰ペレット、アヅミン、マルチサポート1号の各区は、3/27が消雪日となり、無散布区とほぼ同等だった。てんろ石灰（粉状）またはてんろ石灰（粗粒）は、散布に要する時間が短く、かつ融雪促進効果が高かった（表3、図1）。

(2) 散布高度の検討

てんろ石灰（粉状）が園地外に飛散する量は、散布高度が高くなるほど多くなる傾向だった（表4）。地上2mから散布した場合は、しばしば飛行高度が最低飛行高度の2mを下回り、警告音が鳴り高度の調整が必要になるため、散布に要した時間はやや長くなった。T20によりてんろ石灰（粉状）を散布する際、地上（雪面から）3～5mからの散布が適しているものと考えられた。

(3) 散布量の検討

融雪剤の散布によって無散布と比較して消雪が早まった。消雪日は、20kg/10a区で3/24、40kg/10a区で3/23、80kg/10a区で3/22となり、散布量が多くなるほど消雪は早くなる傾向だった（表6、図3、参考2）。

本年は、3月中旬以降平年より気温が高い日や晴天日が多く、融雪が進みやすかったため（2. 試験方法（4）参照）、指標よりも散布量が少ない20kg/10a散布でも消雪促進効果が確認できた。

(4) 融雪剤散布にかかる作業負担の検討

被験者の安静時における心拍数は、1分間当たり69.4回だった。ドローン操縦時の心拍数は、平均106.5回と高くなったが、運動強度は30%程度だったため、疲労を感じるほどでないものと考えられた。手散布時の心拍数は141.8回で、運動強度は60%程度となり、少しきつい運動強度だったと考えられた。手散布の場合、10a当たりの換算作業時間は35分程度だった。ドローン区は、操縦者と補助者（散布端の指示）の2人を必要とするが、総作業時間は22分程度で手散布の3分の2の作業時間だった（表7、8）。

4. 主要成果の具体的データ

表1 各資材の比重及び最大粒径、散布時の状況



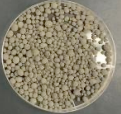
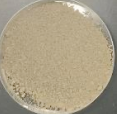



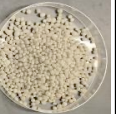
















	てんろ石灰 (粉状)	てんろ石灰 (粗粒)	てんろ炭カル	鶏糞燃焼灰	鶏糞燃焼灰 ペレット	針葉樹燃焼灰	アヅミン	マルチサポート1号
使用資材								
比重 (g/mL)	2.3	1.6	1.6	0.8	1.2	0.2	0.8	1.2
最大粒径 (mm)	2.9	3.8	5.5	-	6.3	16.4	1.2	4.6
手散布の状況								
								

表2 各資材の分間吐出量

品名	分間吐出量 (kg/分)	備考
てんろ石灰 (粉状)	4.0	残量センサー磁石に資材付着
てんろ石灰 (粗粒)	5.6	残量センサー磁石に資材付着
てんろ炭カル	5.2	残量センサー磁石に資材付着
鶏糞燃焼灰	-	粒径が細かい(0.1mm以下)。資材の滑り悪く吐出不能
鶏糞燃焼灰 ペレット	3.0	
針葉樹燃焼灰	-	粒径が荒く、散布装置に詰まる
アヅミン	3.3	
マルチサポート1号	4.3	

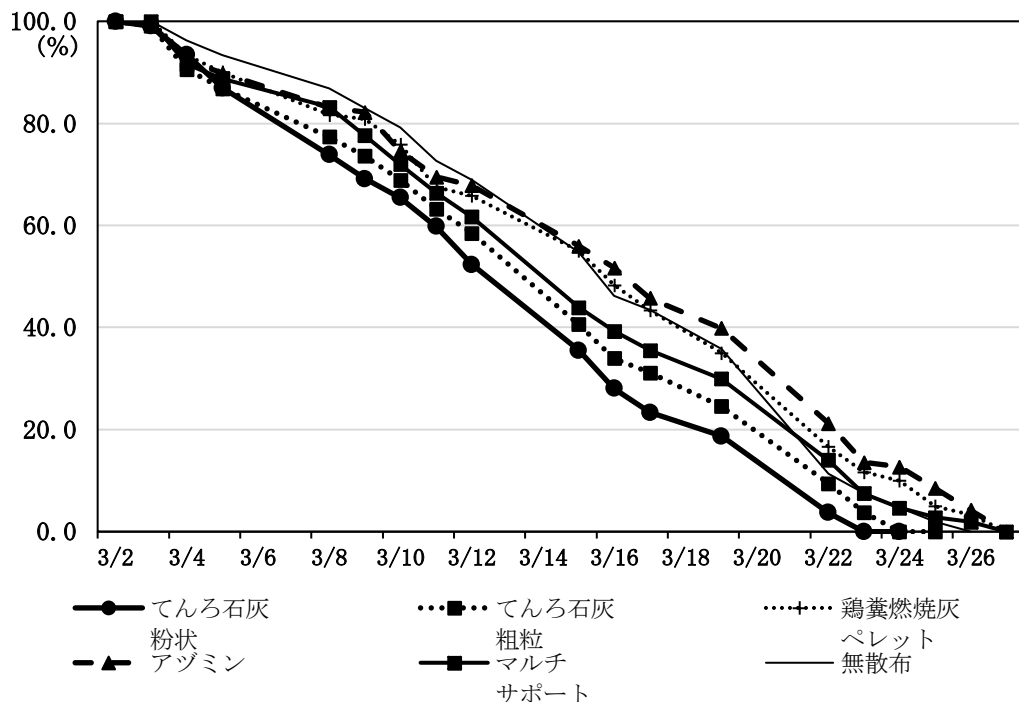


図1 積雪深の推移 (散布直前の積雪を100%とした)

表3 散布資材別の消雪日

散布資材	日付	散布後 日数
てんろ石灰 (粉状)	3/23	21
てんろ石灰 (粗粒)	3/24	22
鶏糞燃焼灰ペレット	3/27	25
アヅミン	3/27	25
マルチサポート1号	3/27	25
無散布	3/26	24

表4 散布に要した時間、移動距離、風速

散布高度	所要時間 (分' 秒'')	総移動距離 (m)	散布時風速 (m/s)	
			平均	最大
2m	6' 00"	475	2.4	4.1
3m	5' 50"	500	2.6	4.5
5m	5' 53"	525	1.9	3.0

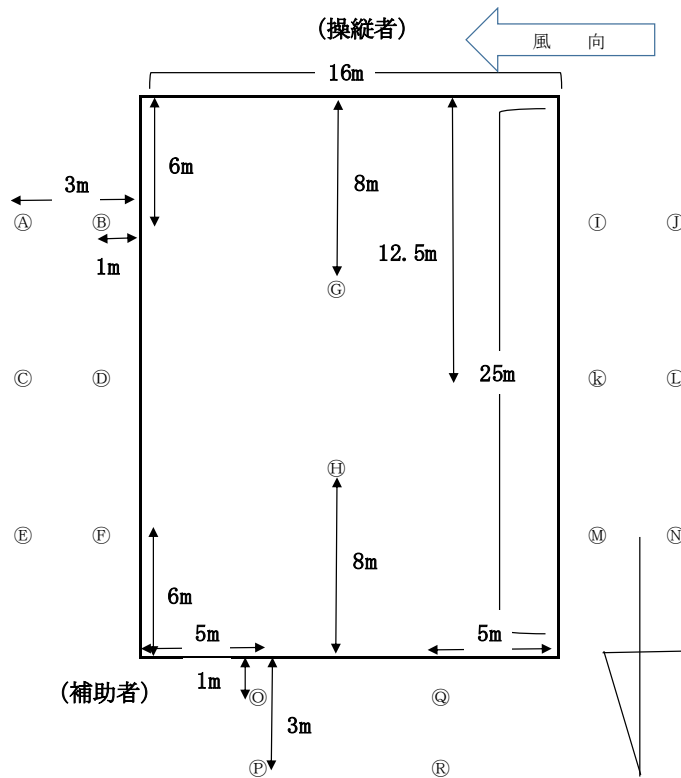


図2 散布園地概略
①～⑱は粘着版設置位置

表5 粘着版に附着した資材量 (%)

地点	2m	3m	5m
風下方向			
A	0.6	0.5	1.6
B	0.6	1.1	1.9
C	0.5	0.6	1.7
D	0.7	0.9	1.9
E	0.4	0.5	0.6
F	1.0	0.7	1.6
中央部			
G	1.4	1.6	2.4
H	1.7	1.4	1.8
I	0.8	1.0	0.8
風上方向			
J	0.5	0.7	0.6
K	0.9	0.8	1.0
L	0.7	0.6	0.7
M	0.8	1.0	0.8
N	0.8	0.5	0.9
折返し部			
O	1.0	0.8	0.9
P	0.5	0.6	1.1
Q	0.9	0.5	0.2
R	0.3	0.6	0.9

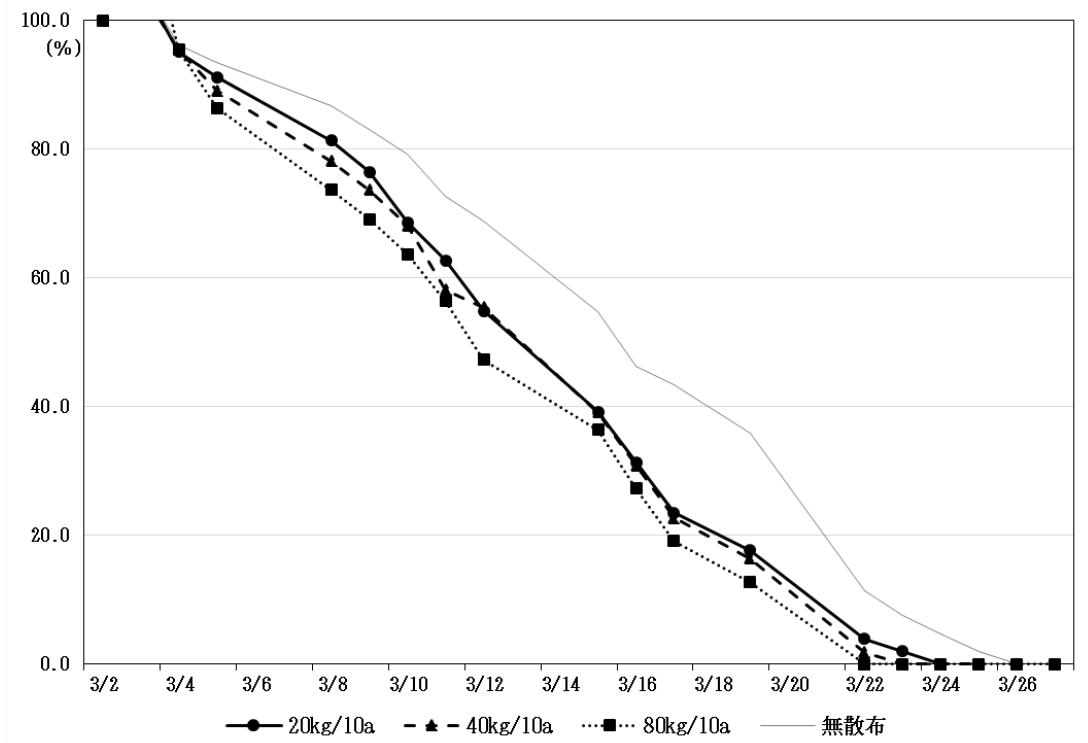


図3 積雪深の推移（散布直前の積雪を100%とした）

表6 散布量別の消雪日

散布量	日付	散布後 日数
20kg/10a	3/24	22
40kg/10a	3/23	21
80kg/10a	3/22	20
無散布	3/26	24

表7 心拍数及び運動強度

状態	平均心拍数	最大心拍数	運動強度 ^z	備考
安静時	69.4	81	-	安静時2分間計測
ドローン操縦	106.5	113	30.8	
手散布（慣行）	141.8	151	60.0	

^z カルボーネンの式より算出

表8 散布に要する時間（10a換算）

区	必要 人員数	1人当たり 作業時間	総作業時間	備考
ドローン	2	11分15秒	22分30秒	操作者及び補助者
手散布	1	35分44秒	35分44秒	

5. 経営評価

ドローンを利用した融雪剤散布により、従来行われてきた手散布よりも作業時間の短縮や作業負担の軽減が期待できる。経営評価にあたっては、適正と思われる作業委託料を設定して試算する必要がある。

6. 利用機械評価

ドローンを利用した融雪剤散布は、圃場内に入ることなく省力的に散布できることから、手散布より作業時間の短縮や作業負担の軽減が期待できる。

7. 成果の普及

ドローンによる融雪剤散布技術を確立し、成果情報として取りまとめ、全県に成果を波及する。

8. 考察

ドローンにより散布可能な資材を検討した結果、最大粒径が1.2～6.3mmであった。これ以上大きい資材は、散布装置に詰まり散布できないと考えられた。また、これ以上小さい資材は、滑りが悪く、吐出されなかった。

散布高度を検討した結果、散布高度が高くなるほど園地外への飛散が多くなる傾向であったことから、高い位置からの散布の際は、ドリフトに留意する必要があると考えられた。

散布量を検討した結果、散布量が多いほど消雪日が早く、融雪促進効果が高かった。また、県の指標としている散布量は10a当たり40kgであるが、これよりも少ない10a当たり20kgにおいても融雪促進効果がみられたため、来年度も調査する必要がある。

融雪剤散布にかかる作業負担を検討した結果、ドローン散布は手散布よりも運動強度が低く、作業負担が小さいと考えられた。運動強度及び作業時間から判断すると、ドローンを用いて融雪剤を散布する場合、1日当たりの散布可能面積は、手散布よりも大きくなると考えられた。

9. 問題点と次年度の計画

(1) 融雪剤の散布量が融雪促進効果に及ぼす影響

融雪剤の散布量が慣行よりも少ない10a当たり20kgでの融雪促進効果を検討する。

(2) 散布方法が融雪促進効果に及ぼす影響

融雪剤の全面散布と部分的散布での融雪促進効果の違いを検討する。

(3) 自動飛行による融雪剤散布方法の検討

果樹現地圃場を想定した傾斜地かつ不整形地での自動飛行により、より省力的な融雪剤散布方法を検討する。

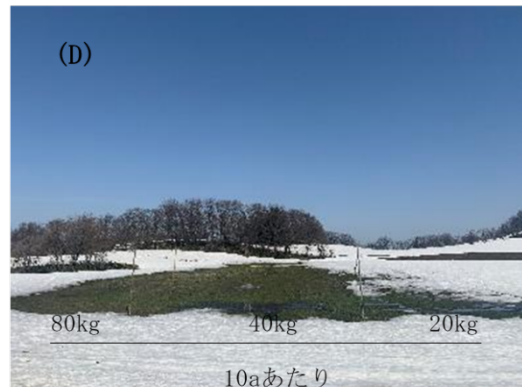
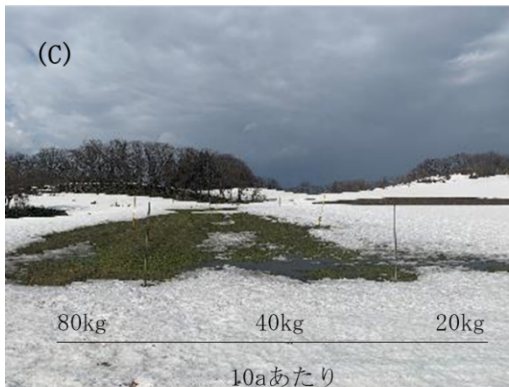
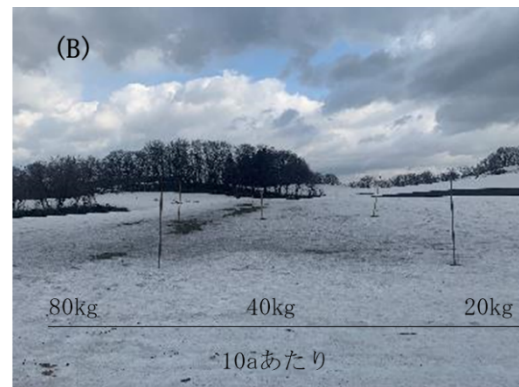
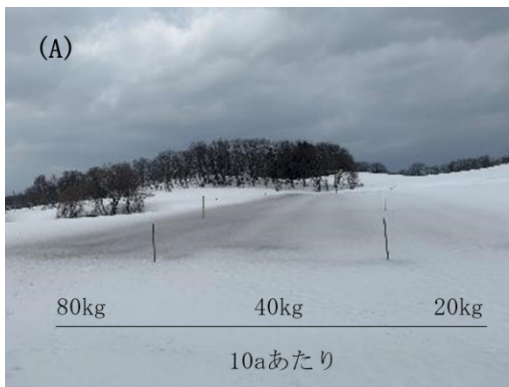
(4) 経済評価のための省力性に係る現地実証

山形県最上地域の中山間地に位置する果樹（おうとう）の現地圃場でのドローンによる融雪剤の実証試験を行い、経済性を評価する。

10. 参考写真



参考1 ドローンによる融雪剤散布



参考2 積雪深の推移

(A) 3/2 (散布時)

(B) 3/21

(C) 3/23

(D) 3/24