

委託試験成績（令和4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 継続
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、雪上で重い資材を持って人力で散布しなければならず非常に重労働であることから、高齢化等により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、産業用マルチコプター（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ため、このマルチコプ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	丸川 崇
<p>1. 試験場所 山形県最上総合支庁農業技術普及課産地研究室圃場（山形県新庄市角沢） 現地圃場（山形県新庄市鳥越）</p> <p>2. 試験方法 前年度の試験では、ドローンを用いて融雪剤を散布することが可能であること並びに、ドローンによる散布に適した融雪剤について明らかにした。また、融雪剤散布にかかる作業負担について検討し、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ことを明らかにした。 これらの結果を踏まえて、今年度は、ドローンによる融雪剤の適切な散布方法について検討を行う。</p> <p>(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</p> <p>(2) 散布条件 シャッター開度 100%、インペラー回転速度 1,200rpm</p> <p>(3) 供試資材 てんろ石灰（粉状）</p> <p>(4) 圃場条件 ア. 土壌条件：黒ボク土 イ. 栽培等の概要：産地研究室圃場（山形県新庄市角沢） 無作付け地（無施肥）で調査 現地圃場（山形県新庄市鳥越） 果樹園（オウトウ）、水田</p> <p>3. 試験項目 (1) 融雪剤の土壌への影響調査 ア. 目的 融雪剤を散布したことによる土壌への影響を調査する。 イ. 試験区 40kg/10a 区、20kg/10a 区、無散布区 ウ. 散布条件 散布日：令和4年2月28日</p>	

散布面積：令和3年は各区5.2a、令和4年は各区4a

散布高度：雪上3m

エ. 試験項目、調査項目及び調査方法

調査項目：pH、EC、可給態リン酸、交換性カリ、交換性石灰、交換性苦土、CEC、硝酸態窒素、腐植

採取時期：散布前は令和3年12月2日、散布後は令和4年7月11日

採取方法：各圃場5箇所から採種した。方法は、表土1cmを除いてから深さ20cm作土を採取し、乾燥後、2mmのふるいにかけた。

分析場所：令和3年は広域土壌分析センター石川、令和4年は広域土壌分析センター岩手

(2) 散布量の検討

ア. 目的

ドローンにより融雪剤を散布する際の適切な散布量について検討する。

イ. 試験区

40kg/10a区、20kg/10a区、無散布区

ウ. 散布条件

散布日：令和3年3月2日、令和4年2月28日

散布面積：令和3年は各区5.2a、令和4年は各区4a

散布高度：雪上3m

エ. 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標尺により積雪深を観測

(3) 散布方法の簡略化の検討

ア. 目的

融雪剤の散布効率を高めるため、帯状に散布した場合の融雪促進効果を検討する。

イ. 試験区

帯状散布区(20kg/10a)、全面散布(40kg/10a)区、全面散布(20kg/10a)区、無散布区

ウ. 散布条件

散布日：令和4年2月28日

散布面積：各区4a

散布高度：雪上3m

風の状況：平均風速は1.3 m/s、最大風速は1.7 m/s、風向は西風

エ. 調査項目及び調査方法

散布時間：散布に要する時間を測定

積雪深の推移：散布日以降、各試験圃場に設置した標尺により積雪深を観測

(4) 自動飛行による散布の検討

ア. 目的

自動飛行による散布方法を検討する。

イ. 試験区

自動飛行区(不整形地(台形)、傾斜地)、無散布区

ウ. 散布条件

散布日：令和4年2月25日

散布面積：各区10a

散布量：40 kg/10a

散布高度：雪上3m

風の状況：平均風速は4.1 m/s、最大風速は6.8 m/s、風向は西風

飛行の設定：全自動航行モード

- ・ドローンの離着陸地点および目標散布地の圃場登録をする
- ・飛行経路はGNSSにより取得する(RTK補正は未実施)

#### エ. 調査項目及び調査方法

散布時間：散布に要する時間、バッテリー交換及び資材補給回数を測定

飛散性：目標散布地からの最大飛散距離を測定

積雪深の推移：散布日以降、各試験圃場に設置した標尺により積雪深を観測

#### (5) 傾斜地の散布方法の検討

##### ア. 目的

ドローンを利用した散布技術の早期の普及拡大を図るため、中山間地に位置する傾斜地の水田並びにオウトウ現地圃場における実証を行う。

##### イ. 試験区

散布区 (20kg/10a 区)、 無散布区

##### ウ. 散布条件

散布日：令和4年2月28日

散布面積：水田 20a、 オウトウ (雨よけハウス) 26a

散布高度：雪上 3m (水田) ~5m (雨よけハウス)

風の状況：平均風速は 0.6 m/s、 最大風速は 2.1 m/s、 風向は西風

##### エ. 調査項目及び調査方法

散布時間：散布に要する時間、バッテリー交換及び資材補給回数を測定

積雪深の推移：散布日以降、各試験圃場に設置した標尺により積雪深を観測

### 3. 試験結果

#### (1) 融雪剤の土壌への影響調査

てんろ石灰 (粉状) 散布前後の土壌成分を比較した結果、pH はいずれの区も同等であったが、可給態リン酸や交換性加里は 20 kg/10a 区 および 40kg/10a 区が無散布と比較して少なくなっており、てんろ石灰 (粉状) を散布したことによる土壌への影響は判然としなかった (表 1)。

なお、てんろ石灰 (粉状) を 40kg/10a 散布した場合の石灰分の散布量を換算すると、17mg/100g と微量であることから、翌年の土壌への影響は少ないと考えられる。

#### (2) 散布量の検討

ドローンによりてんろ石灰 (粉状) を散布することで、無散布区よりも 40kg/10a 区で 3~5 日程度、20 kg/10a 区で 2~3 日程度消雪日が早まることが確認された (表 2、図 1、図 2、参考 1)。

県が指標としている 40kg/10a よりも少ない 20 kg/10a 区でも融雪促進効果がみられたが、40 kg/10a 区の方が安定して高い融雪促進効果がみられた。

#### (3) 散布方法の簡略化の検討

4a 当たりの散布時間は、帯状散布区 (20kg/10a) と全面散布 (20kg/10a) 区では 4 分程度で、全面散布 (40kg/10a) 区では 7 分程度であった (表 3)。

消雪日は、帯状散布区 (20kg/10a) では、全面散布 (40kg/10a) 区と比較して 3 日、全面散布 (20kg/10a) 区と比較して 1 日遅く、無散布区と比較して 2 日早かった (表 4、図 3)。帯状に散布した場合よりも、全面に散布したほうが融雪促進効果は高かった。

なお、帯状散布区 (20kg/10a) のてんろ石灰 (粉状) を散布した箇所が、全面散布区 (40kg/10a) の消雪日と同日に地面を確認できたことから、部分的な融雪にも活用が期待できる (参考 2)。

#### (4) 自動飛行による散布の検討

最大 6.8m/s の強風の中での試験となった。雪上 3m の高さから散布した場合、目標散布地外へ最大 5m の飛散がみられたが、ドローンの飛行経路への影響はなかったことから、風の弱い日を選んで散布することで、自動飛行によるてんろ石灰の散布が可能であると考えられた (図 4、参考 3)。

散布時の積雪深は 150 cm で、消雪日は、自動飛行区で 4 月 6 日と無散布区と比較して 3 日早かった (表 5、参考 4)

#### (5) 傾斜地の散布方法の検討

中山間地に位置する傾斜地の水田とオウトウ圃場では、ドローンの高度を 3~5m に変えるこ

とで、樹や雨よけハウスを避けて散布することが可能であった。

散布時の積雪深は 150 cm で、散布区は無散布区と比較して 3 日早い 4 月 7 日に消雪した（表 6、参考 5、6、7）。

散布時間は、10 a 当たり（40 kg/10a 散布）に換算すると、散布（飛行）時間は 14 分 00 秒、資材補給とバッテリー交換（計 2 回）に要した時間が 4 分 45 秒で、合計の作業時間は 18 分 45 秒であった（表 7）。

#### 4. 主要成果の具体的データ

表 1 てんろ石灰散布前後の土壌成分

区		pH	EC	可給態リン酸	交換性加里	交換性石灰	交換性苦土	CEC	硝酸態窒素	腐植
			(mS/cm)	(mg/100g)	(mg/100g)	(mg/100g)	(mg/100g)	(me/100g)	(mg/100g)	(%)
40kg/10a	散布前	6.0	0.05	43.4	66.6	246.0	23.2	23.2	0.6	6.5
	散布後	5.8	0.03	23.0	63.0	228.0	36.0	19.0	1.0	9.2
20kg/10a	散布前	5.9	0.04	43.7	43.8	224.0	24.0	24.0	0.4	6.5
	散布後	5.7	0.02	18.0	34.0	200.0	35.0	17.3	0.7	8.7
無散布	散布前	5.8	0.04	48.9	43.2	220.0	25.1	22.6	0.2	7.0
	散布後	5.7	0.03	32.0	56.5	182.5	30.0	19.9	0.8	11.1

表 2 融雪剤の散布量の違いによる融雪促進効果

区	令和 3 年度						令和 4 年度					
	散布日 (月/日)	散布時 積雪深 (cm)	消雪日 (月/日)	散布後日 数 (日)	融雪促 進効果 (日)	1日当たり 融雪量 (cm)	散布日 (月/日)	散布時 積雪深 (cm)	消雪日 (月/日)	散布後日 数 (日)	融雪促 進効果 (日)	1日当たり 融雪量 (cm)
40kg/10a	3/2	110	3/23	21	3	5.2	2/28	140	4/4	35	5	4.0
20kg/10a	3/2	102	3/24	22	2	4.6	2/28	140	4/6	37	3	3.8
無散布	3/2	106	3/26	24	-	4.4	2/28	148	4/9	40	-	3.7

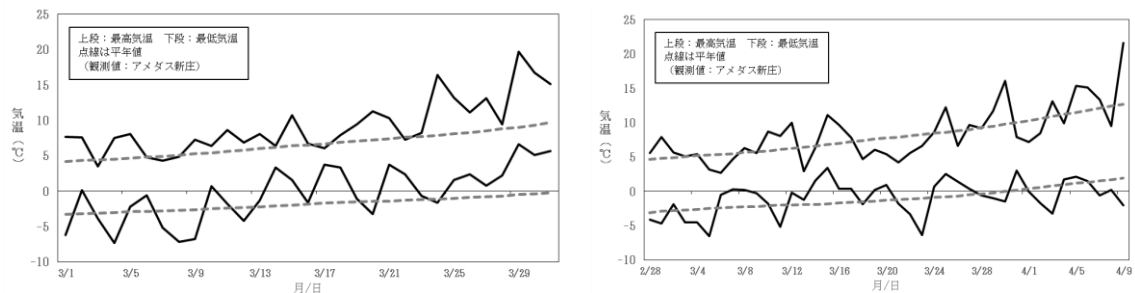


図 1 融雪剤散布後の気温経過（アメダス新庄）  
（左：令和 3 年、右：令和 4 年）

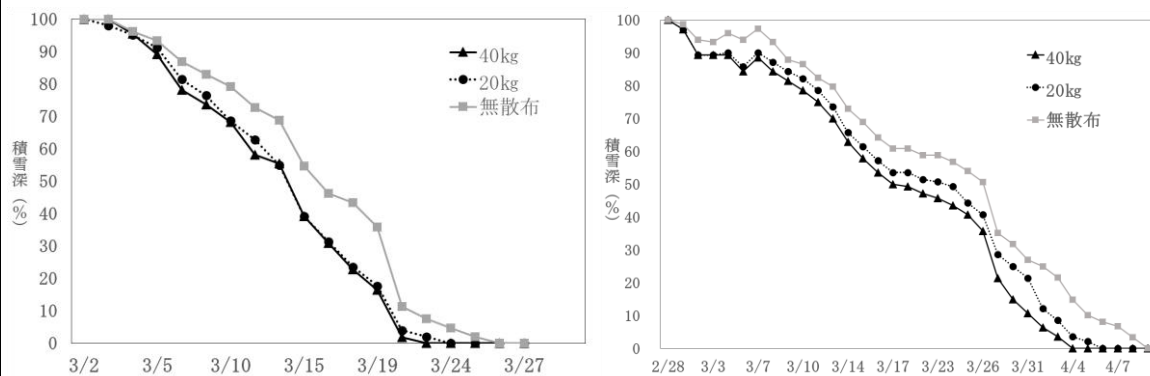


図 2 積雪深の推移  
（左：令和 3 年、右：令和 4 年）

表3 融雪剤の散布方法の違いによる散布時間

区	散布量	散布時間
带状散布 (20kg/10a)	8kg/4a	4分32秒
全面散布 (40kg/10a)	16kg/4a	6分57秒
全面散布 (20kg/10a)	8kg/4a	4分17秒

表4 融雪剤の散布方法の違いによる融雪促進効果

区	散布日 (月/日)	散布時 積雪深 (cm)	消雪日 (月/日)	散布後 日数 (日)	融雪促進 効果 (日)
带状散布 (20kg/10a)	2/28	140	4/7	38	2
全面散布 (40kg/10a)	2/28	140	4/4	35	5
全面散布 (20kg/10a)	2/28	140	4/6	37	3
無散布	2/28	148	4/9	40	-

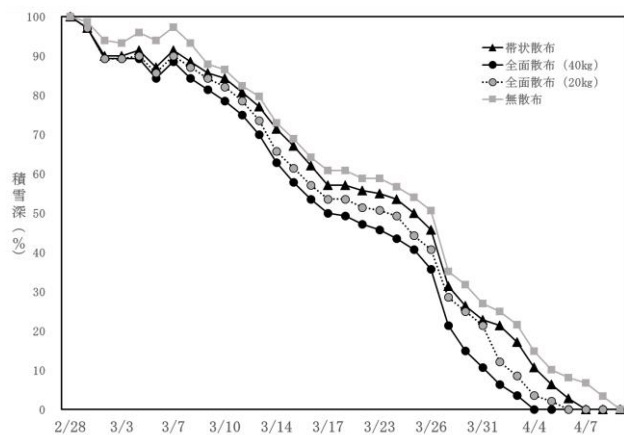


図3 散布方法の違いによる散布後の積雪深の推移

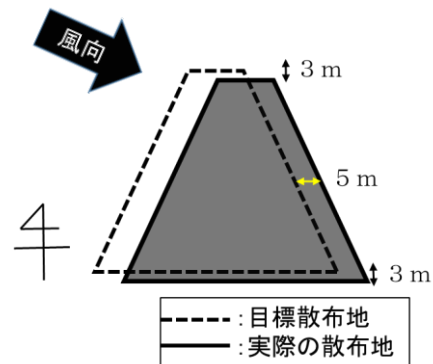


図4 自動飛行による融雪剤散布状況

表5 自動飛行による融雪剤散布における融雪促進効果

区	散布日	散布時積雪深 (cm)	消雪日	散布後日数 (日)	融雪促進効果 (日)
自動飛行	2/25	150	4/6	40	3
無散布	2/25	150	4/9	43	-

表6 園地の状況に応じた散布における融雪促進効果

区	散布高度 (m)	散布日 (月/日)	散布時積 雪深 (cm)	消雪日 (月/日)	散布後日 数 (日)	融雪促進 効果 (日)
水田	3	2/28	150	4/7	38	3
オウトウ (雨よけ)	5	2/28	150	4/7	38	3
無散布 (水田、杣つ)	-	-	150	4/10	41	-

表7 ドローンによる融雪剤散布に要する作業時間

実測値 (散布面積: 23a 散布量: 20kg/10a)				10a 当たり換算値 (散布量: 40kg/10a)			
散布作業 時間	バッテリー交換および資材補給 時間	回数	合計	散布作業 時間	バッテリー交換および資材補給 時間	回数	合計
16分05秒	4分45秒	2回	20分50秒	14分00秒	4分45秒	2回	18分45秒

## 5. 経営評価

ドローンによる融雪剤散布は、散布時間は約19分/10aで産業用無人ヘリでの散布（10分/10a）より時間がかかるものの、人力による散布と比べ大幅な時間短縮が期待できる。また、散布時の作業者の消費カロリーは407.5kcal/10aで手散布時の2,557.8kcal/10aと比較して6分の1程度であることから、作業時間の短縮と散布労力の大幅な削減を図ることができる。

## 6. 利用機械評価

農業用ドローンによる融雪剤散布では、園地の形状、傾斜、樹や雨よけハウス等の障害物に応じた散布ができ、大面積での効率的散布だけでなく、埋もれた枝や施設周辺等への部分的な散布も可能である。これらのことから、農業用ドローンを利用することにより、雪害対策や融雪遅延対策の実施面積の拡大が期待される。

## 7. 成果の普及

「農業用マルチコプターを利用した軽労的融雪剤散布技術」を令和4年度の研究成果情報として取りまとめ、関係機関をとおして全県に波及する。

## 8. 考察

融雪剤散布作業に農業用マルチコプター（ドローン）を利用すると、園地の形状や傾斜、樹や雨よけハウスなどの障害物にも対応して、短時間で、軽労的に融雪剤を散布できることが明らかとなった。

また、自動飛行が可能な機種であれば、積雪前に園地の位置や形状を登録することで、冬期間は入りにくい中山間地等の園地でも活用できると考えられた。

ドローンを利用した場合、帯状の散布も簡単に行えることから、埋もれた枝周辺の雪質のザラメ化や、施設周辺の融雪促進など、部分的な融雪剤散布による雪害の軽減等にも活用できると考えられた。

使用する融雪剤については、その種類によってはプロペラに傷がついたり、資材の粒径によっては吐出不可能になったりすることから、散布に適する融雪剤の選定が大切であり、供試した機種に適する融雪剤は「てんろ石灰（粉状）」であると考えられた。融雪剤の散布量については、融雪促進効果から、40kg/10aが適すると考えられた。

冬期間の利用が見られない農業用マルチコプターを融雪剤散布に活用することで、雪害対策や融雪遅延対策の実施面積の拡大が可能であると考えられた。

## 9. 問題点と次年度の計画

融雪剤散布後に新たな積雪により融雪剤が覆われてしまった場合、その後の融雪促進効果に影響があることから、より適切な散布時期や散布回数について検討が必要である。

## 10. 参考写真



参考1 令和4年4月4日の積雪の様子  
(左から40kg/10a区、20kg/10a区、無散布区)



2月28日  
てんろ石灰散布時の様子



4月4日  
散布した部分の土が露出  
(全面散布区(40kg)は全面が消雪した日)  
参考2 带状散布区の積雪の様子



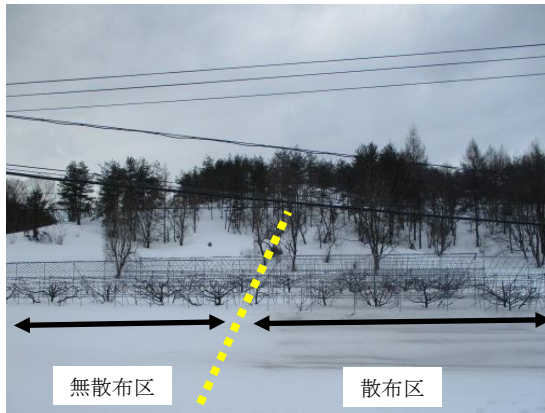
4月7日  
散布していない部分も消雪  
(消雪日)



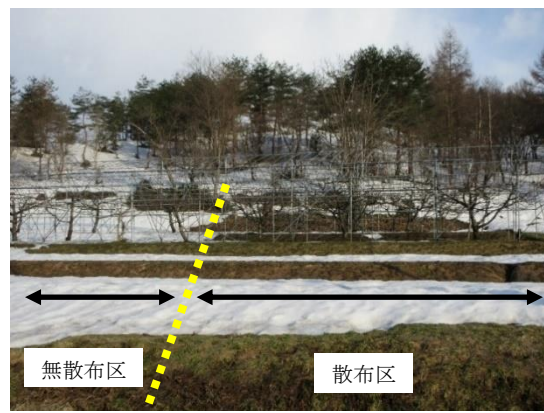
参考3 飛行経路



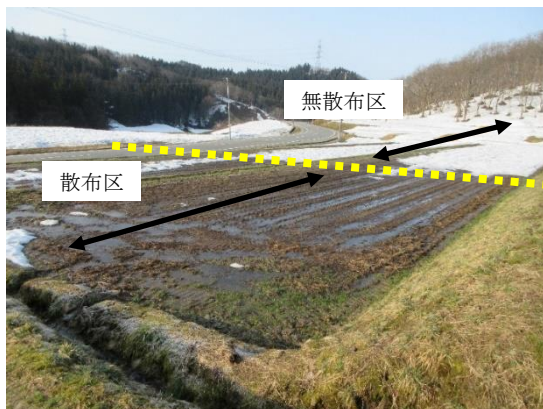
参考4 自動飛行区の圃場 (左: 散布直後、右: 消雪日)



参考5 2月28日(散布直後)の圃場の様子



参考6 4月1日の圃場の様子



参考7 4月7日(消雪日)の圃場の様子