

# 特集：生産現場の“目”として“手”として役立つ技術

## 空からの褐斑病防除で、てん菜を守る ～ドローン防除で省力化と効率化の実現へ～

札幌事務所 小田垣 諭司

### 【要約】

てん菜は、北海道における基幹作物の一つであるが、近年は高温などの影響から、生育期にてん菜褐斑病<sup>かっぽんびょう</sup>が頻発している。病害の予防には適期の防除作業が重要であるが、労働力不足や資材の高騰などが問題となっている。そこで北海道糖業株式会社では、ドローンによる防除対策の受託事業を令和7年度から開始した。同社による作業受託は、生産者の負担軽減を通じ、てん菜の作付面積の維持、適期防除による生産量・糖分向上にもつながる先進的な取り組みとして、今後の広がりが期待される。

### はじめに

てん菜は、北海道の畑作経営における輪作体系を構成する基幹作物の一つであり、製糖工場における砂糖の製造を含めたてん菜糖業は、地域経済の維持、発展において重要な役割を果たしている。

近年はてん菜生育期の高温多湿により、てん菜褐斑病（以下「褐斑病」という）が頻発しており、根中糖分の低下など大きな影響をもたらしている。現地では、褐斑病を防ぐためのさまざまな対策が行われているところであるが、防除回数の増加による負担増や資材費の高騰などが問題となっている。

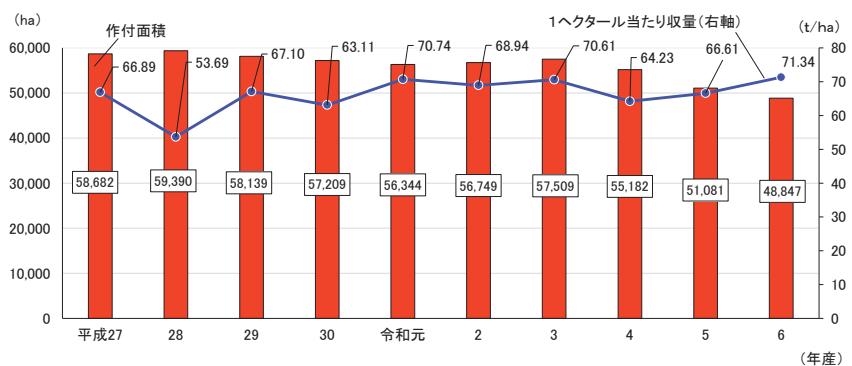
本稿では、北海道におけるてん菜生産の概況とともに、防除作業の省力化と効率化を図るために、ドローンによる褐斑病防除の作業受託を実施している北海道糖業株式会社の取り組みについて報告する。

### 1 てん菜の生産概況

#### （1）作付面積と生産量

てん菜の作付面積は、生産者の高齢化や経営規模の拡大に伴う労働力不足などにより、減少傾向で推移している（図1）。令和6年産（令和6年10月～翌9月）については、豆類や加工用ばれいしょなどへの作付け転換が進んだことから、前年産より2234ヘクタール減少し、4万8847ヘクタール（前年比4.4%減）となった。1ヘクタール当たりの収量については、生育期間中の気温が平年より高く、前年産に引き続き褐斑病の発生が確認されたものの、8月下旬から最低気温が平年並みとなったことや防除作業の徹底などにより、平年を上回る71.34トンであった。

図1 てん菜の作付面積および1ヘクタール当たり収量の推移

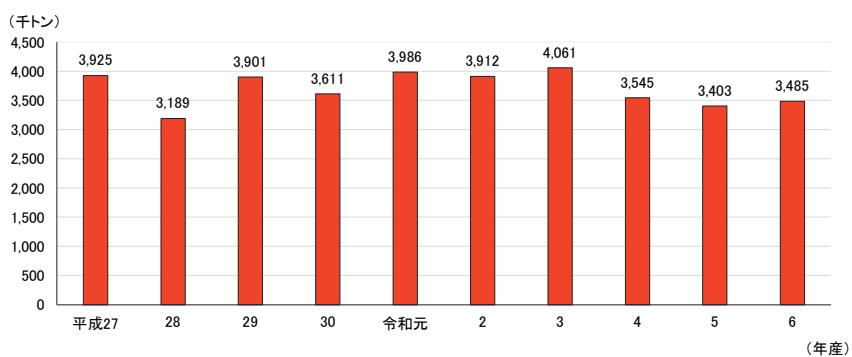


資料：農林水産省「令和7砂糖年度における砂糖及び異性化糖の需給見通し（第2回）（令和7年12月）」を基に農畜産業振興機構作成

近年の生産量は、作付面積の減少に伴い、340万～400万トン程度となっている（図2）。令和5年産は、褐斑病の多発に伴い平成28年産に次いで生産量が少なくなり、根中糖分については昭和61年

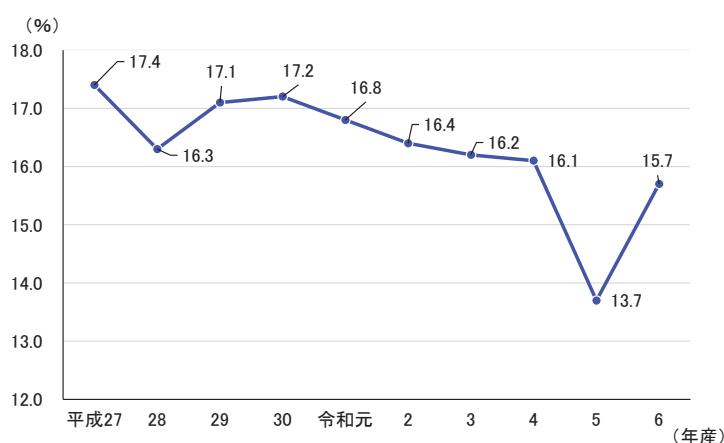
の糖分取引開始以降最低の13.7%となった（図3）。6年産については、前述の防除作業の徹底などにより2ポイント増加し、15.7%となっている。

図2 てん菜の生産量の推移



資料：農林水産省「令和7砂糖年度における砂糖及び異性化糖の需給見通し（第2回）（令和7年12月）」を基に農畜産業振興機構作成

図3 根中糖分の推移

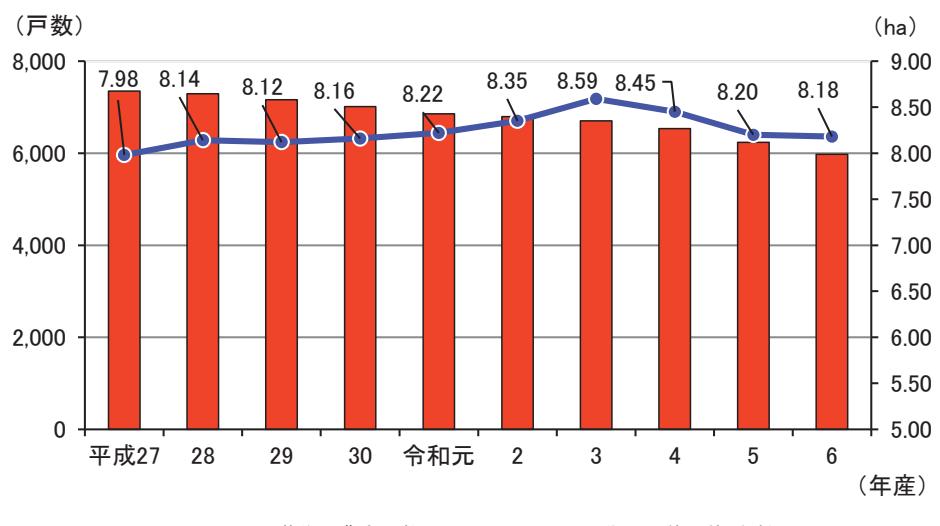


資料：北海道農政部生産振興局農産振興課「てん菜生産実績」を基に農畜産業振興機構作成

てん菜の作付農家戸数は、令和6年産では5973戸（前年比4.2%減）と平成27年産から約2割減少しており、1戸当たりの作付面積も、令和3年産の8.59ヘクタールをピークに、6年産は8.18ヘクタ

ール（同0.2%減）と近年は減少傾向にあるものの、直近10年間はおおむね8ヘクタール台で推移している（図4）。

図4 てん菜作付農家戸数および1戸当たり作付面積の推移



資料：北海道農政部生産振興局農産振興課「てん菜生産実績」を基に農畜産業振興機構作成

## 2 てん菜生産における課題

### （1）労働負担

令和6年産における畑作の輪作体系における主要4品目（小麦、大豆、ばれいしょ、てん菜）の10

アール当たりの労働時間は、てん菜が10.59時間、ばれいしょが8.72時間と、いわゆる「根物」で長い傾向にあり、労働負担の軽減が課題となっている（表1）。

表1 北海道における輪作主要4品目の10アール当たりの投下労働時間の推移

（単位：時間、%）

区分	平成30年産	令和元	2	3	4	5	6	令和6/平成30
小麦（個別経営体）	2.83	3.05	2.92	2.82	2.81	2.65	2.72	96.1
大豆（個別経営体）	6.17	6.61	5.83	5.44	5.01	5.30	5.37	87.0
ばれいしょ	8.47	8.07	8.34	8.65	8.79	8.72	8.72	103.0
てん菜	12.57	11.67	11.44	10.93	11.12	10.79	10.59	84.2

資料：農林水産省「農産物生産費統計」

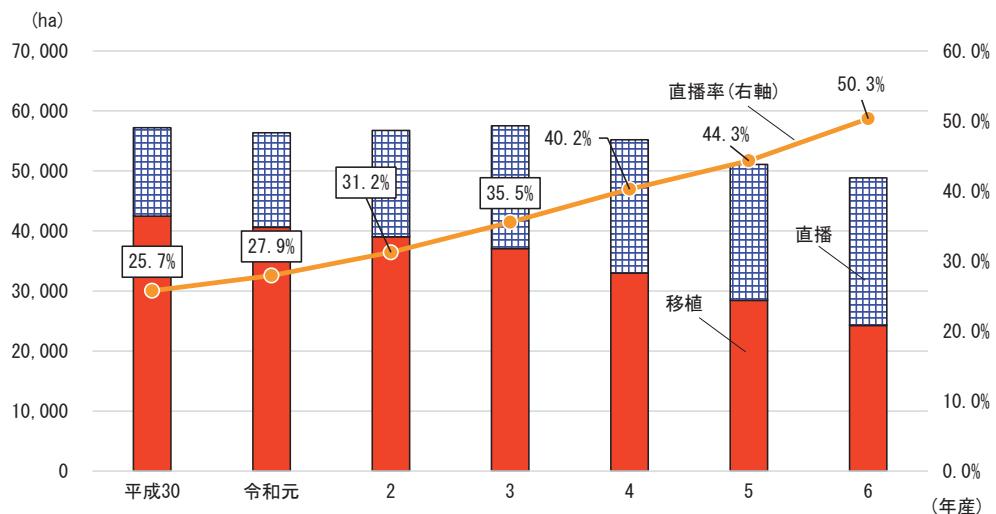
注1：小麦は田畠作計の平均値。

注2：ばれいしょは原料用ばれいしょ。

てん菜には、春先にハウスで育苗作業を行う移植栽培と、直接圃場に種子をまく直播栽培の二つの方法がある。近年は、育苗作業を必要とせず、労働時間の短縮が可能な直播栽培の割合（直播率）が全道的に増加している（図5、表2）。このように、

てん菜栽培に係る労働時間の短縮が図られている一方で、依然として輪作主要4品目の中で労働時間は最も長く、生産者が作付けを敬遠しがちな要因の一つにもなっている。

図5 てん菜生産における直播率の推移



資料：北海道農政部生産振興局農産振興課「てん菜生産実績」を基に農畜産業振興機構作成

表2 てん菜の移植栽培と直播栽培の作業時間の違い

(単位：時間/㏊)

区分	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	計
移植 (A)	9.4	30.7	20.2	13.9	11.4	3.1	1.8	0.0	6.6	1.1	98.2
直播 (B)	0.0	0.9	6.3	2.4	2.1	4.2	2.0	0.0	6.6	1.9	26.4

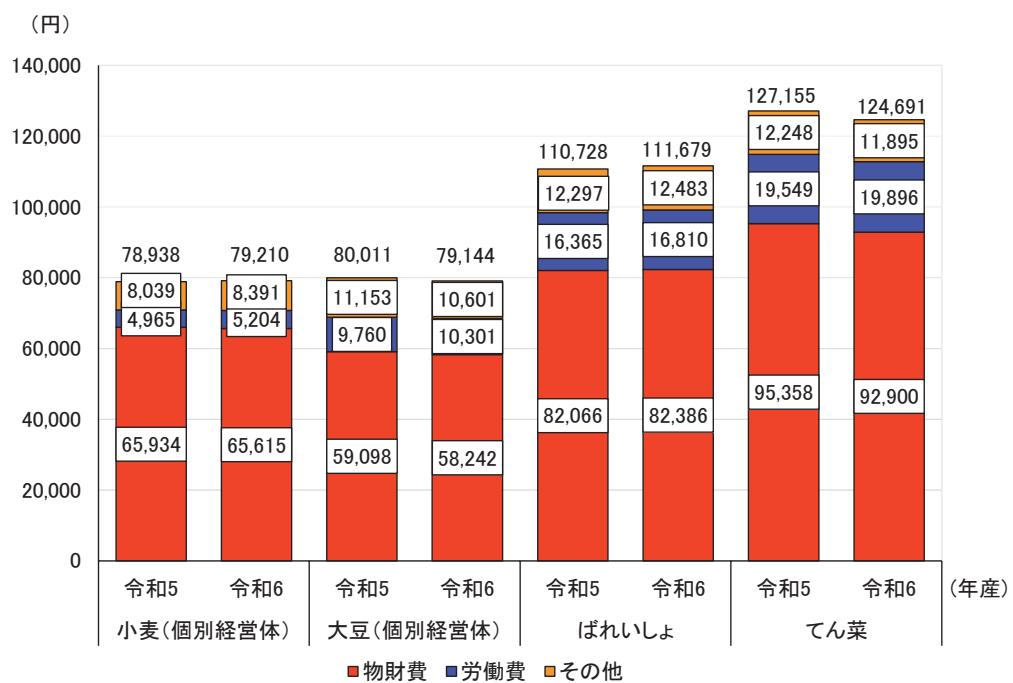
資料：北海道農政部生産振興局「北海道農業生産技術体系（第6版）」を基に農畜産業振興機構作成

注：畑作50ヘクタール規模。

また、令和6年産の10アール当たりの生産費を見ると、てん菜は肥料価格の低下に伴い12万4691円（前年比1.9%減）と、前年産よりわずかに減少した（図6）。しかしながら、輪作主要4品目の中で、

てん菜は肥料費や農機具費などの物財費や労働費が高い傾向にあり、このことが生産費全体を押し上げる要因ともなっている。

図6 輪作主要4品目の10アール当たりの全算入生産費



資料：農林水産省「農産物生産費統計」

注：ばれいしょは原料用ばれいしょ。

## (2) てん菜褐斑病

てん菜褐斑病は、糸状菌の一種である *Cercospora beticola* が原因で発生する病害であり、葉に病斑が発生し、病気が進行すると茎葉の大部分が枯れてしま

うため、根中糖分、根重が大きく低下する（写真1）。特に、7～8月が高温多湿な年に発生が多くなる傾向にある。



写真1 褐斑病に罹病した葉（左）、地上部全体の様子（右）

褐斑病に対する対策としては、1) 連作を避けること、2) 抵抗性品種を栽培すること、3) 適期防除を実施すること一が挙げられる。防除については、初発時期の7月上・中旬頃からブームスプレーヤ（薬剤散布機）で6～7回ほど実施する（表3）。近

年は高温多湿傾向により、6月下旬頃から初発が見られるため、防除の開始時期を早める必要があり、さらに、褐斑病の発生が多く見られる場合には追加防除を行うなど、防除回数が増えることで生産者への負担が大きくなっている。

表3 てん菜褐斑病に対する薬剤による防除体系例

散布回数	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	6回目	7回目
散布日 (目安)	6/20	7/5	7/20	8/1	8/10	8/20	9/1
例1		ダコニール エースor銅	ムケツDX	マンゼブ	DMI・マンゼブ	マンゼブ	マンゼブ
例2	ダコニール エースor銅	マンゼブ	ムケツDX	マンゼブ	DMI・マンゼブ	マンゼブ	ダコニール エースor銅

資料：北海道糖業株式会社「てん菜栽培ガイド2024年度版」

注1：秋が高温の場合、あるいは褐斑病の発生が多い場合には、9月中～下旬にも追加防除を実施する。

注2：例1は一般的な圃場における散布例、例2は前年多発圃場の近隣での作付け、連作・短期輪作圃場の場合の例。

### 3 北海道糖業株式会社における取り組み

#### （1）北海道糖業株式会社の概要

北海道糖業株式会社（以下「北糖」という）は、芝浦精糖株式会社・台糖株式会社・大日本製糖株式会社（現DM三井製糖株式会社）のてん菜糖部門を

分離統合し、昭和43年2月5日に設立された。そして同年4月、上記各3社のビート糖事業部門に属する営業の一切を譲り受けた。製糖所は、北海道北見市の北見製糖所、伊達市の道南製糖所の2カ所で、本別町の本別製糖所は令和5年3月に砂糖生産を終了し、その後はてん菜の受け入れや製品管理などを行う本別事業所となっている（図8）。

図8 北海道糖業株式会社の製糖所の位置



資料：農林水産省「砂糖・でん粉をめぐる状況について」（令和7年9月版）を基に農畜産業振興機構作成

今回の調査では、北糖が取り組んでいるドローンによる褐斑病防除について、常呂郡佐呂間町に所在する集荷先圃場で調査を行うとともに、現在の課題と今後の展望などについて、同社事業開発部事業開発課課長 大葛政史氏からお話を伺った（写真2）。



写真2 北海道糖業株式会社  
事業開発部事業開発課課長 大葛政史氏

## （2）ドローンによる防除受託事業の概要

ドローンを活用した褐斑病の防除受託事業は、令和7年度から取り組みを開始し、令和7年度は2戸の生産者から、総計11ヘクタールの圃場について委託を受けている。

なお、うち1戸はドローンによる散布を5回、もう1戸では4回の散布を実施し、延べ面積で45ヘクタールの防除を行った。

現在所有しているドローンは1台で、導入費用は本体価格が350万円程度、整備費用は年間20万円程度となっている。ドローンの操作を行うオペレーターは6人在籍しており（令和7年8月24日時点）、1人当たりのライセンス取得料は約25万円で、2年に一度、更新が必要である（更新費用は約2万円）。

## （3）受託事業の実施に至る経緯

平成23年10月に北海道立総合研究機構 農業研究本部 中央農業試験場が発行した「北海道立総合

研究機構農業試験場資料第39号」（以下「予測成果集」という）によると、地球温暖化が道内のてん菜に与える影響として、生育期間が現在並みであるとすれば、2030年代には、気温上昇により、1) 根重（収量）は12%増加、2) 根中糖分（%）は0.8ポイント低下、3) 糖量（根重×根中糖分）は6%増加一すると予測されている。

なお、この収量の予測値として得られる推定値は、「病虫害による減収を考慮していない」場合に達成可能な収量（潜在収量、ポテンシャル収量）である。

また、この影響予測に用いるために整備された将来の温暖化気候データでは、年降水量は現在（1971～2000年を統計期間とする平年値）に比べ、平均1.2倍となるとされる。

ドローン防除については、既存の作業体系より効果が劣るという意見もあるが、北糖としては、この予測成果集の内容から、現在よりもゲリラ豪雨や線状降水帯などの発生が増えるものと予想されるものの、ドローンを用いることで、天候や圃場の状況に極力左右されない防除体系を構築し、「病虫害による減収を考慮していない」水準を達成することにより、生産者の所得確保に貢献し、てん菜作付面積を維持・拡大させることができると考えた。これを契機とし、ドローンを用いた防除作業の受託事業に取り組むこととした。

## （4）防除作業の実際

ドローンによる褐斑病防除作業は、風が比較的穏やかで薬剤を散布しやすい早朝から行われる。北糖では、晴天の場合、風速3メートル（毎秒）以下であることを散布可能条件としている。作業実施に合わせて現地調査を行った令和7年8月25日は、午前6時半から作業が開始された（写真3）。当日は曇りで、風速2.3メートルであった。



写真3 防除を行った圃場とドローン

葉に朝露が付いていると薬剤が薄まるため、効果が減少する。とはいえ、朝露が乾くまで待つと、他の圃場の作業が遅れてしまうことがあるため、待たずに作業を実施する場合もあり、その日その場の状況に応じて判断する。

散布の高さは、散布幅に連動する。高くし過ぎると薬剤が飛散してしまう恐れがあるため、風の状況などに合わせて調節が必要となる。調査した圃場では、散布幅7.2メートル、高さ2.5メートルで実施していた（写真4）。

調査時に散布した薬剤は、「マンゼブ剤」であった。葉の表面を保護する薬剤で、散布すると青い斑点が表面に付着するため、散布状況が目視で確認できる（写真5）。通常のブームスプレーヤでは、薬剤を400～500倍に薄めて10アール当たりに100リットル散布するが、ドローンでは散布水量が少ないため、薬剤を5～8倍と濃く希釈し、10アール当たりに1.6リットル散布する。また、調査時に使用したドローンの容量は30リットルであったが、この時は16リットルの薬剤を入れて散布を行った。バッテリーの保持時間を考え、このように満杯にせず使用することもある。



写真4 ドローンによる農薬散布の様子



写真5 薬剤散布後の葉  
青い斑点が葉の表面に付着しており、薬剤の散布状況を確認できる。

## (5) 導入による効果

### ア ドローン防除実施後の圃場

今回散布した圃場について、令和7年9月19日に

状況を確認したところ、慣行散布圃場に比べて褐斑病の発生が若干見られたものの、収量および糖分に大きな影響を及ぼす発生にはならなかつた(写真6)。



写真6 令和7年9月19日時点の圃場

資料：北海道糖業株式会社 大葛氏提供

## イ 省力化

圃場が人里離れた山中などの場合、ブームスプレーヤ散布では、使用するトラクタの他に、生産者の自宅などから水をトラックに積み込んで運搬する必要がある。さらに、10アール当たりの散布で100リットルの水が必要となるため、水をくみ上げてトラックに積み込むにも労力を要し、少なくとも作業者が2人必要であるという点からも、かなりの時間と人員が必要となる。

一方でドローンの場合には、バッテリー、水（最大で30リットル）、薬剤、ドローン本体を車1台で運搬できるため、機動的である（写真7、調査時は軽自動車にけん引車を付けて機材一式を運搬）。圃場に到着すると、その場で薬剤を水で希釈してタンクに入れ、ドローンにセットしてすぐに作業を開始できるので、準備も10分程度で完了する。水もポリタンクに入れて持参するため、作業者も1人で準備することが可能である（写真8）。



写真7 けん引車で運ばれた機材一式



写真8 薬剤準備からドローン稼働まで

## ウ 作業時間の短縮

調査した圃場（約80アール）では、ブームスプレーヤの場合は20分程度かかっていたところ、ドローンであれば5～6分程度で作業が終了し、作業時間が4分の1に短縮された。てん菜生産ではないが、農林水産省「スマート農業をめぐる情勢（令和7年11月版）」によると、スマート農業実証プロジェクトにおいてドローンの利用により作業時間を平均61%削減することができたという調査結果もある。

## エ ぬかるみがあっても防除作業が可能

ドローンを使用した防除では、降雨後などで圃場がぬかるんでいても、防除のタイミングを逃さずに作業を行うことが可能である。慣行防除で使用するブームスプレーヤは、圃場がぬかるんでいると使用が難しく、適期防除ができなくなる恐れがある。しかし、ドローンを用いれば適期を逃さず防除作業を実施することができ、今回調査した圃場では、ブームスプレーヤでの防除と同等の効果が得られているとのことであった。一方で、ドローンは、風の強さ

や天候変動により飛行が中断される可能性があることが短所である。

#### オ 狹い圃場でも作業可能

ブームスプレーヤでの散布の場合、機械が旋回するスペースが必要となり、面積の小さい圃場では作業が難しいものの、ドローンの場合には、わずかな離着陸の場所があれば作業が可能である。ただし、地形の高低差や障害物が多い現場ではドローンのセンサーが働き、作業を中断する場合もある。

#### カ 茎葉に対する損傷の軽減

ドローンによる防除の場合には、圃場内に立ち入る必要がないため、ブームスプレーヤ走行による場合と比べ、茎葉へ損傷を与えることが少ない。

#### キ 正確な測量と自動飛行

圃場の測量は、人を配置して行う方法もあるが、北糖では、撮影専用のドローンで圃場の写真を撮り、画像を解析してデータを散布用のドローンに送ることで測量・飛行計画を作成しており、圃場に合わせた正確な飛行が可能である。さらに、操作者はドローンの起動時と作業終了時、異常感知時に手元のコントローラーを操作するのみで、基本的な飛行は自動運転となっている。ただし、万が一に備えて操作者は作業場所の近くで待機し、目視による確認を行う必要がある。

### (5) 今後の課題

このように、作業時間短縮や機動性など多くの利点がある一方で、1) 褐斑病多発時は対応が困難であること、2) 近年は暑さによりオペレーターの負担が増加していることなどの問題もある。1点目の褐斑病多発時には、ドローンよりも葉の裏側まで薬剤をスプレッド噴霧し、より確実な防除を実施する必要があるため、ブームスプレーヤを用いる方が有効であるという。2点目の暑さによる負担増加に

については、屋根のあるトラクタで作業をするブームスプレーヤと比較して、ドローンは機体に何かあつた際にすぐに駆けつけられるよう、近くにいる必要があるため、夏場は日差しを遮るものがない場所で待機することがある。さらに、風のない状況での作業が多いため、オペレーターは体力的に重労働を感じているとのことであった。

また、長期的な課題としては、ドローンのオペレーターの育成とそのための体制構築が挙げられる。北糖は、将来的にドローン防除の需要が増えると見越して、職員のドローンライセンスの取得などを積極的に行っている。また、同社が所有しているドローンは現在のところ1台であるが、今後も需要の増加が見込まれる場合は、台数を増やしていく方針である。これに伴い、操作に習熟したオペレーターの育成を含めた体制の構築を進めるとしている。

他には、ドローン散布が可能な薬剤の登録数の問題が挙げられる。調査した圃場での散布回数は、初回がブームスプレーヤ（ドローン散布に登録されていない薬剤を使用）、以降はドローン散布による防除を4回実施しており、調査時はドローンによる4回目の散布であった。てん菜向けとしてドローン散布に登録されている薬剤の種類は、年々増えてはいるものの、まだ限られている。さらに登録薬剤が増えれば、同時に防除できる病害の範囲も広がるため、今後の登録数の増加が望まれる。

また、褐斑病多発時には、ドローンによる散布は、ブームスプレーヤより防除効果が劣るという意見もある。このため、保護剤と異なり、葉面に付着後、植物体内に浸透・移行して防除する移行性の薬剤がドローン散布に可能な薬剤として登録されれば、散布後の新葉や内部組織にも効果が及ぶことから、ドローンによる散布の効果が期待できると考える。

## コラム 国内の農業分野におけるドローンの活用

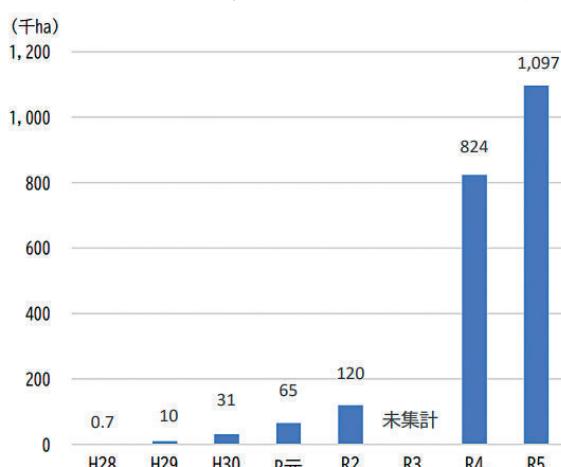
### (1) 活用概況

「令和6年度農業分野におけるドローンの活用状況（令和6年12月）」（農林水産省農産局技術普及課）によると、ドローンによる農薬などの散布面積は近年急速に拡大しており、令和5年度には延べ面積で100万ヘクタールを突破した（コラム一図）。

また、ドローンでの散布に適した登録農薬数も近年増加しており、稻や麦類をはじめ、野菜類、果樹類など多くの品目について農薬の登録が進んでいる。

さらに、農薬散布のみならず、播種、受粉作業、農作物などの運搬や圃場のセンシングなどにおいてもドローンの実証・実用化が進められており、人手不足に対応する省力化の手段の一つとして、今後も活用が広がることが見込まれている。

コラム一図 ドローンによる農薬などの散布面積の推移（延べ面積）



資料：農林水産省農産局技術普及課「令和6年度農業分野におけるドローンの活用状況（令和6年12月）」

注：集計の方法は以下の通り。

H28～30年：農林水産省の通知に基づき事業者が提出した報告データを基に集計。

R元年：散布面積を把握している一部の都道府県から提供されたデータを基に推計。

R2年：国土交通省における「飛行実績報告」の飛行時間のデータを基に推計。

R3年：未集計（国土交通省「飛行実績報告」の提出が不要になったことなどによる）。

R4～5年：国土交通省の「無人航空機登録システム」における当年度飛行し得る登録機体数とドローン販売事業者から聞き取った当年度における1台当たりの平均散布面積を基に推計。

### (2) 法令などの規制

ドローンによる農薬散布は、航空法（昭和27年法律第231号）、農薬取締法（昭和23年法律第82号）および農林水産省が示すガイドラインなどに基づいて規制・運用されている。

ドローンは「無人航空機」として航空法の規制対象となっており、農薬散布は「危険物輸送」および「物件投下」に該当するため、国土交通省の承認が必要となっている。また、令和4年6月から100グラム以上のドローンは機体登録が義務化されている。

使用する農薬については、農薬取締法によりドローンに適した農薬が登録されており、てん菜では28種

類が登録されている（令和7年4月1日現在）<sup>(コラム一注)</sup>。ドローン関連の各種法令はここ数年で複数回の改正が行われており、最新情報を確認し法令を順守した飛行が必要である。

(コラム一注) ドローンで使用可能な農薬の登録状況や詳細については、農林水産省ホームページ「ドローンで使用可能な農薬」

([https://www.maff.go.jp/j/syousan/syokubo/gaicyu/g\\_kouku\\_zigyo/240117.html](https://www.maff.go.jp/j/syousan/syokubo/gaicyu/g_kouku_zigyo/240117.html)) および農林水産省「農薬登録情報提供システム」(<https://pesticide.maff.go.jp/>) をご参照ください。

## おわりに

てん菜は北海道における基幹作物でありながらも、生産者の高齢化や規模拡大による人手不足、作業負担の増加、さらには褐斑病への対応など、これを取り巻く環境には多くの問題とその解決のための課題がある。そのような中で、北糖は、ドローンを活用することで省力的かつ効率的なてん菜生産の実現に寄与しており、問題を解決する手段の一つとなり得るものであった。さらに、ドローンによる病虫害防除の需要の増加を見据えて、台数増加の検討やオペレーターの増員にも取り組んでおり、作業受託によって生産者の負担を減らし、てん菜の作付面積を維持しつつ、適期防除を可能とすることで、生産

量や糖分の向上にもつながる先進的な取り組みであると言えよう。

ドローンの活用は急速に拡大し、特に農業分野では人材不足や高齢化問題の解決策として大きな期待が寄せられている。北糖におけるドローンを用いた防除作業の受託事業は、まさに生産現場での“目”として、“手”としての活躍であり、今後、ドローン防除の有効性が広く認知されることで、生産者の省力化、さらにはてん菜生産の維持拡大につながっていくことを期待したい。

最後に、本稿の作成に当たり、ご多忙の時期にもかかわらず取材にご対応いただいた北海道糖業株式会社事業開発課課長 大葛政史さまにこの場を借りて深く御礼申し上げます。

## 【参考文献】

- ・農林水産省「令和7砂糖年度における砂糖及び異性化糖の需給見通し（第1回）」令和7年12月版  
(<https://www.maff.go.jp/j/seisan/tokusankansho/satou.html>)  
(2025年12月15日閲覧)
- ・農林水産省「農産物生産費統計」  
([https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/noukei/seisanhi\\_nousan/#1](https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/noukei/seisanhi_nousan/#1))  
(2025年12月15日閲覧)
- ・北海道農政部生産振興局農産振興課「てん菜生産実績」  
(<https://www.pref.hokkaido.lg.jp/ns/nsk/tensai/81955.html>)  
(令和7年12月15日閲覧)

- 
- ・北海道糖業株式会社「てん菜栽培ガイド2024年度版」  
(<https://www.hokutou.co.jp/farmer/guide/>)  
(2025年12月15日閲覧)
  - ・農林水産省「スマート農業をめぐる情勢」(令和7年11月版)  
([https://www.maff.go.jp/j/kanbo/smart/smart\\_meguji.pdf](https://www.maff.go.jp/j/kanbo/smart/smart_meguji.pdf))  
(2025年12月15日閲覧)
  - ・農林水産省「農業分野におけるドローンの活用状況」(令和6年12月版)  
(<https://www.maff.go.jp/j/kanbo/smart/attach/pdf/drone-184.pdf>)
  - ・農林水産省「ドローンで使用可能な農薬」  
([https://www.maff.go.jp/j/syouan/syokubo/gaicyu/g\\_kouku\\_zigyo/240117.html](https://www.maff.go.jp/j/syouan/syokubo/gaicyu/g_kouku_zigyo/240117.html))  
(2025年12月15日閲覧)
  - ・農林水産省「無人航空機による農薬等の空中散布に関する情報」  
([https://www.maff.go.jp/j/syouan/syokubo/gaicyu/g\\_kouku\\_zigyo/muzinkoukuuki.html](https://www.maff.go.jp/j/syouan/syokubo/gaicyu/g_kouku_zigyo/muzinkoukuuki.html))  
(2025年12月15日閲覧)
  - ・一般社団法人農林水産航空・農業支援サービス協会ホームページ (<https://www.j3a.or.jp/>)  
(2025年12月15日閲覧)
  - ・農林水産省「農薬登録情報提供システム」(<https://pesticide.maff.go.jp/>)  
(2025年12月15日閲覧)