

移動式除土積込機によるてん菜輸送の作業効率と経済性

農研機構 北海道農業研究センター	藤田 直聡
JA つべつ 審査役	有岡 敏也
網走農業改良普及センター美幌支所	澤田 賢
日本甜菜製糖(株)	木山 邦樹
	奥山 哲夫
サークル機工(株) 取締役	今村 城久
	松田 真
三星運輸(株)	山本 秀清
(有)木樋桃源ファーム	金一 和美
谷農場	谷 智博
北海道大学大学院	東山 寛

1. 背景と調査目的

2. 移動式除土積込機および実証畑作経営の概要

- 1) 移動式除土積込機の概要
- 2) 慣行との相違点

3. 調査方法と条件

- 1) 調査方法
- 2) 調査日程
- 3) 調査時の条件
- 4) 実証畑作経営の概要

4. 試験結果

- 1) てん菜の堆積状況
- 2) 移動式除土積込機の作業状況（作業時間の計測）
 - (1) 作業状況と作業数
 - (2) 作業時間の計測
- 3) てん菜に付着している土砂の重量計測
- 4) 稼働費用の試算

5. むすび

1. 背景と調査目的

生産者がてん菜を製糖業者へ出荷するにあたり、付着する土砂を除土する必要がある。現状では、てん菜の除土は生産者の圃場で行われず、運搬先の製糖業者（工場）工場のパイラーで行われている。除土された土砂は生産者の圃場へ返

還している。

こうした方法は、多量の土砂の移動を伴うため、トラック1台当たりの原料輸送量が減り、輸送効率が低下する。同時に、土壌病害およびセンチュウ等の害虫の伝播が懸念される。現地では、輸送を行うオペレータのみならず、トラックの

確保も困難な状況にある。また、新たな土壌病害やセンチュウ等の害虫が発生している地域も存在し、土砂の移動による蔓延が懸念される。これらの対策として、ドイツ等の欧米のように、てん菜に付着している土砂を生産者の圃場で落とし、てん菜の輸送効率を高めると同時に、土砂の移動を抑えることを検討する必要がある。

そこで、本試験では、てん菜に付着している土砂を生産者の圃場で落とす手段として、移動式除土積込機を取り上げ、生産者の現場で当作業機の普及が可能か否かについて検討する。必要な情報として、①てん菜に付着した土砂をどの程度落とせるのか、②土砂を落とすのに要する時間、および作業の安全性、③堆積場の面積、設置場所、収穫機の排出作業の変化等、てん菜の堆積作業に与える影響、④稼働費用がある。これらを明らかにするため、原料てん菜を生産者圃場から製糖業者(工場)への輸送に関して、移動式除土積込機の利用による作業時間、土砂混入量等の作業効率、人件費、機械等の減価償却費、輸送費用の変化について、試験を行う。試験結果に基づき、圃場除土積み込み機活用の問題点と解決策、将来の収穫・輸送・工場受入システム化の可能性を検討する。

2. 移動式除土積込機および実証畑作経営の概要

1) 移動式除土積込機の概要

本試験では、移動式除土積込機として、ドイツ・ブレットマイスター社製の「ミニマウス」を用いた(写真1)。ミニマウスの概略は、以下の通りである。

この作業機は、重量が5.3t、寸法が道路交通時で縦8.2m、横2.3m、高さ3.2mの牽引式である。当作業機が必要とする動力は、250ps以上である。本試験では、ニューホランドT'270 定格出力(260ps、最低160ps)を利用した。揚力は5.5tであるが、非常に重い作業機であるので、稼働の際には1.6tのフロントウェイトを装着する。トラクターの後部三点リンクに連結するので、オペレータはバックしながら作業することになる。そのため、積込の監視を行う作業員1名を必要とする。積込作業時の車速は0.2~0.4km/h、PTO回転数は360rpm程度であるが、ローラーに石が多数上がってきた場合は、540rpmまで上げて飛ばす必要がある。仕様では、1時間当たり150~200t積込可能、もしくはトラック1台に積み込む所要時間10分、燃料使用量=2.0リットル/トラック1台と記述されている。当作業機は2017年に取得し、価額は27,000千円である。利用状況については、2017年と2018年に、十勝地域で数カ所稼働試験を行った程度であり、現在、利用している生産者はいない(表1)。



写真1 本試験で用いた移動式除土積込機の全景

表1 本試験で用いた移動式除土積込機の概要

項目	事項	備考
製品名	ミニマウス ドイツ・ブレッドマイスター社製	
重量	5.3 t	
寸法（道路交通時）	全長8.2m、全幅2.3m、全高3.2m	
動力	牽引式（トラクター利用）	
商品名	ニューホランドT7-270	
使用機体寸法	全長5.51m、全幅2.71m、全高3.22m	
ト機体重量	8.8 t	
ラ出力	定格260ps、最低160ps	
タ揚力	5.5 t	
フロントウェイト	1.6 t	
作業者数	2～3名（監視役1～2名必要）	
車速	0.2～0.4km/h	
PTO回転数	360rpm	石が上がってきたときは560rpmにして飛ばす。
処理能力	150～200 t / h	ドイツ・ブレッドマイスター社のパンフレットによる。
トラック1台に積み込む所要時間	10分（30 tトラック）	
燃料消費量	2.0リットル／トラック1台	
取得価額	2,700万円	

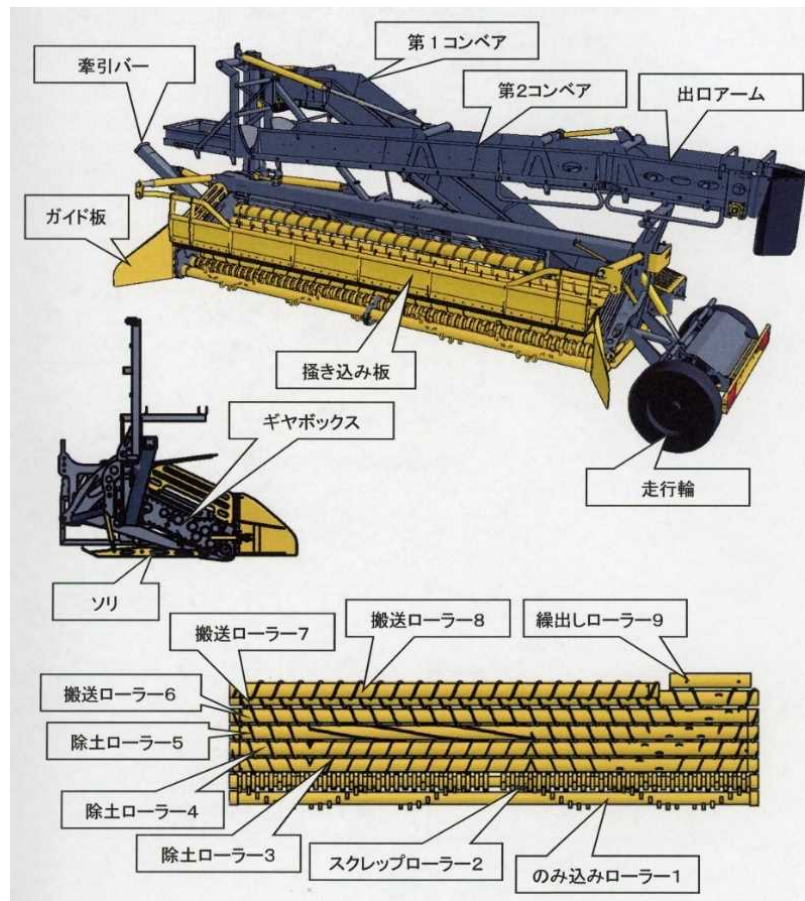


図 1 移動式除土積込機の構成



写真 2 道路移動時の移動式除土積込機

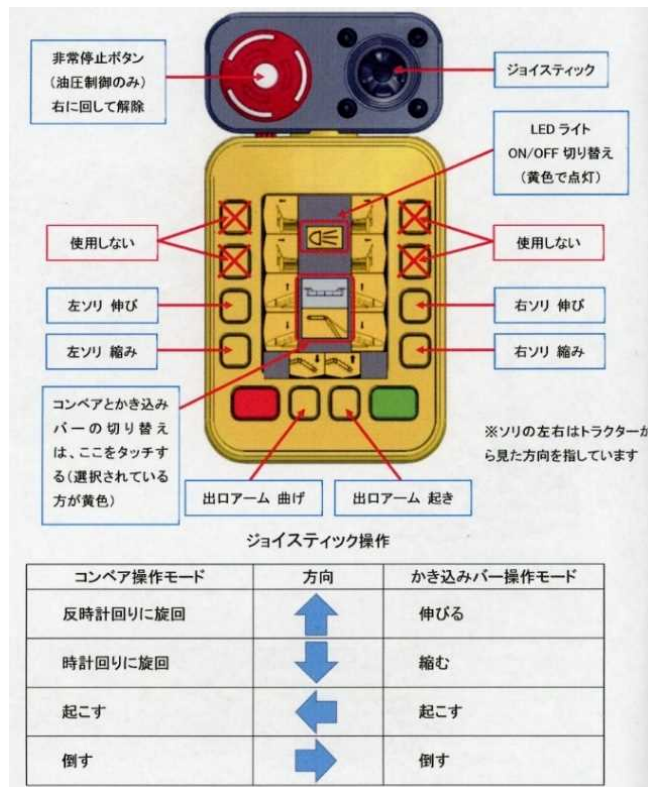


図2 移動式除土積込機のコントローラー

当作業機の構成については、図1のように、掻き込み板、ガイド板、走行輪、第一コンベア、第二コンベア、出口アーム、ギアボックスからなり、掻き込み板の下には、のみ込みローラー1本、スクレップローラー1本、除土ローラー3本、搬送ローラー3本、繰り出しローラー1本がある。取り入れ口は幅が5.3mであるが、ここからのみ込みローラー(1)で飲み込んだてん菜を、まずスクレップローラー(2)で土砂をはがし、除土ローラー(3~5)で土砂を機械外(機械の下)へ落とし、搬送ローラー(6~8)→繰り出しローラー(9)で、コンベアへ送り出し、第1コンベア→第2コンベアへと運搬して、出口アームからトラックの荷台へ落とす仕組みに

なっており、各コンベアは運搬中にも除土できる構造となっている。路上走行時は、装着位置を変えてトラクターの牽引で行うが、写真2のようにコンベアを折りたたみ、走行輪を出すことで移動ができる。

また、作業機には図2のようなコントローラーがあるが、これによって制御できるものは、第2コンベア旋回、第2コンベア起伏、出口アーム折り曲げ、掻き込みバー起伏、掻き込みバー伸縮、ソリ伸縮、ライト、非常停止である。コンベアと掻き込みバーは、ジョイスティックで操作できるが、切り替えが必要である。

コントローラーの操作により、トラック荷台に落下するてん菜の落下位置を調

節することで、てん菜を均等に積み込むことができる。

2) 慣行との相違点

慣行で行われている積込は、ショベルローダ（写真3）でトラックに積み込んで製糖業者へ運搬し、製糖業者のパイラー（写真4～5）に搬入して、てん菜と土砂に振り分ける方法で行われている。土砂は、生産者の圃場に返却される。

一方、移動式除土積込機は、てん菜をローラーで作業機にかき込み、土砂を落としながらトラックに積み込むものである。製糖業者に搬入する際、パイラーを通過させなければ、工場への原料搬入や、貯蔵パイルへの堆積が不可能である。そこで分離した土砂の量は、従来に比べて大幅に少なくなるが、パイラーから除土される土砂はゼロにはならない（写真6）。



写真3 ショベルローダ（慣行の積込機）



写真4 製糖業者のパイラー（慣行の除土機）

写真追記 今回の試験は定置式除土機で実試。上記パイラーではない。



写真5 製糖業者における原料てん菜の受入作業



写真6 移動式除土積込機による積込作業と洗浄作業

3. 調査方法と条件

1) 調査方法

圃場作業調査の概要については表2、製糖業者における調査の流れについては図3に示した。詳細は次の通りである。

第一に、てん菜の堆積場の計測を、作業開始前に堆積場の長さ、高さ、幅を巻き尺、レーザー距離計を用いて計測した。これらのデータをもとに、堆積場の面積、体積を算出すると同時に、慣行における堆積（足幅13m、天場7m、高さ2mの場合）についても推定し、検討した。

第二に、移動式除土積込機の作業数、作業状況の調査および、作業時間の計測を行う。作業時間の計測については、慣行による積込と移動式除土積込機による積込、それぞれ計測して比較した。1回の作業時間は除土機の始動再開から、トラックへのてん菜の排出が終わるまでとした。1名監視を行い、計測の開始と終了は監視者の合図に従った。

第三に、堆積原料に混入している土砂及びてん菜に付着している土砂の除土された重量の計測を行った。1回の除土作業毎に、除土機下に落下した土壌をフレコンバックに回収し、計測を行った。計量にはホイールローダーに吊り下げた重量計測器を用いて行った。調査員は5~6名、ブルーシート0.8kg、フレコンバック1.7kgのものを用いた（写真7）。

第四に、製糖業者における土砂混入量

の計測について、トラックの重量をパイラー搬入前と搬入後で計測し、慣行で行ったものと、移動式除土積込機によって積込を行ったものの比較を行った。調査の流れとしては、生産者圃場で、てん菜を積み込んだトラックを、第1計量所で重量を計測し、定置式除土機で通常の荷下ろしを行うが、そこで付着土用のサンプルを採取し調査（慣行用、試験用ともに3台ずつ）、除土機処理時間の計測（慣行用、試験用ともに5台すべて）を行う。除土された土砂については、慣行の場合にはてん菜を輸送したトラック、試験の場合は別トラックに積み込む。最後に、第1計量所でトラックの重量を計測するが、慣行については土砂積込後、試験については土砂を積み込まない状態で行う。試験の土砂については、別トラックに5台分まとめて積み込まれているので、別途、計測する。

第五に、上記の調査結果に基づき、慣行と移動式除土積込機の稼働費用をそれぞれ試算し、比較を行う。ここでは、除土作業に関わる労働費、減価償却費等の固定費、輸送費の合計を比較の対象とする。

その他、調査場所については、津別町木樋の(有)木樋桃源ファーム、高台第一の谷農場の圃場を用いるが、前者は木樋地区の圃場2.5ha（140t）、後者は共和地区の圃場4.5ha（200t）とした。輸送トラックについては、津別地区輸送トラッ

クマスタ登録車両である普通ダンプ5台とした。取引条件については、「令和2年産原料てん菜取引条件に関する協定書」に則り執り行う。但し、原料てん菜の受渡は、「除土機を通過した夾雑物を除く原料を取引対象の粗原料とする」が、現地での除土機「ミニマウス」による除土機通過では、夾雑物・茎葉冠部・付着土・罹病根の判断は難しい。今回は調査として実施することから、製糖業者が保有する除土機を再度通過させ通常受渡とし、製糖業者の除土機から除土されたものは、引き去らないこととする。

2) 調査日程

調査日程については、表紙下の通りである。令和2年11月11日に、木樋桃源ファーム 原料積込・輸送を行うが、次の順に行う。①ミニマウス操作・積込練習を、トラック3台分行う。輸送荷下ろし後積込場所へ戻る。②慣行区について、ショベルローダで積み込み輸送する。トラック5台分について調査を実施する。③試験区について、トラック5台分を移動式除土積込機で積み込みを行い、輸送する。④残ったてん菜について、一般原料として、ショベルローダで積み込み、輸送する、木樋桃源ファームの圃場が終了した後、④谷農場の圃場において、慣行区の積み込み（夜積み）を、ショベルローダでトラック5台分行

う。積み込まれたてん菜は、トラックで製糖業者へ輸送される。

11月12日については、谷農場の圃場にて、⑤試験区のてん菜を、移動式除土積込機でトラック5台分を積み込み、輸送を行う。⑥最後に、残ったてん菜についても、移動式除土積込機で積み込みを行い、トラックで輸送する。木樋桃源ファームの②～③と、谷農場の④～⑤を調査の対象とし、これら以外は対象外とする。

11月13日は、移動式除土積込機の洗浄に要する時間を計測する。

3) 調査時の条件

調査時の条件については、次の通りである。第一に、本試験では、てん菜の堆積場は圃場とし、堆積専用ストックポイント（堆積土場）は用いない。第二に、てん菜は圃場に堆積しているが、11月8～10日に10.5mm程度の降雨があったため、調査時（11月11～12日）において、堆積周辺の土壌は、水分が多く、軟らかくなっていた。第三に、谷農場については、収穫日（10月30日）前日である10月28～29日に降雨があったため、通常より多く土砂が付着していた。第四に、通常のでん菜の堆積は、転圧された専用ストックポイントがほとんどであり、堆積規格もかなり大きく（実際は足巾約13m、天場約7m、高さ約2m）、今回のショベルローダで

の積込は、実態と大きな差がある。本試験での条件では、通常、ショベルローダ積込は行わない。第四に、本試験では、

比較のためにショベルローダでの積込を実施しているが、てん菜の切断防止のため、圃場土砂を多く掬った。

表 2 圃場作業試験の概要

項目	概要
堆積場の計測	作業開始前に堆積場の長さ、高さ、幅を巻き尺、レーザー距離計を用いて計測した。調査員 2 名。
作業員数および作業状況の確認	調査員が目視して記録する。 調査員 1 名
作業時間の計測	1回の作業時間は除土機の始動再開から、トラックへのてん菜の排出が終わるまでとした。1名監視を行い、計測の開始と終了は監視者の合図に従った。調査員 2 名。
土砂重量の計測	1回の除土作業毎に、除土機下に落下した土壌をフレコンバックに回収し、計量を行った。計量にはホイールローダーに吊り下げた重量計測器を用いて行った。 ブルーシート 0.8kg、フレコンバック 1.7kgのものを利用する。調査員 5～6 名。
その他	移動式除土積込機のオペレータ 1 名、監視役 1 名。



写真 7 土砂重量の計測

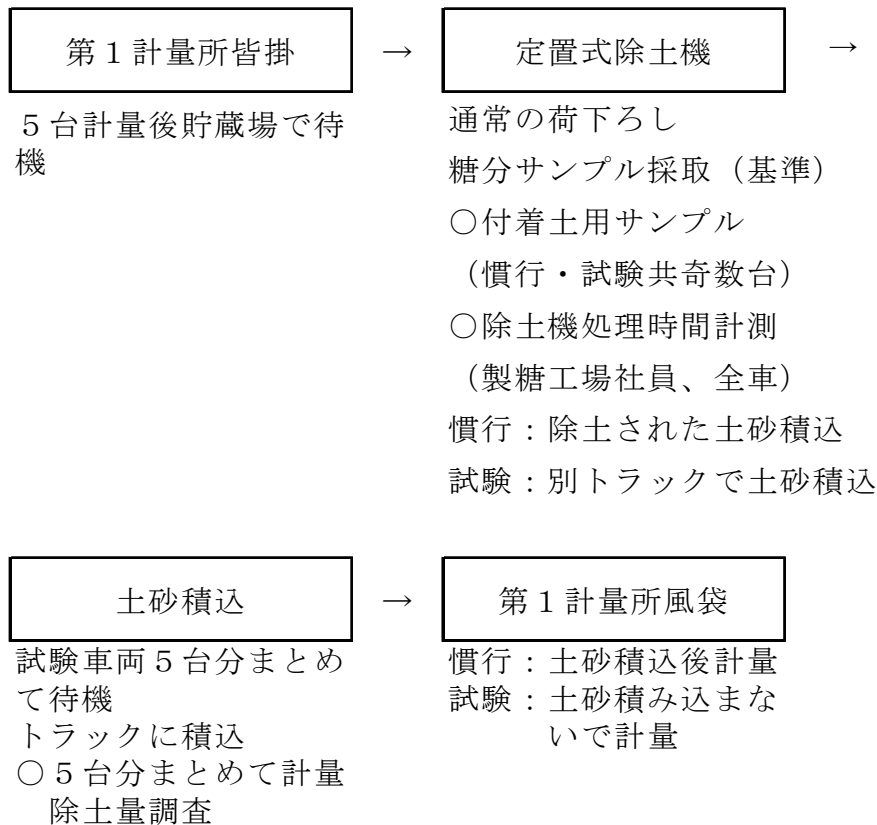


図3 製糖業者における調査の流れ

4) 実証畑作経営の概要

本試験において実証を行った畑作経営の概略は、表3の通りである。

まず、木樋桃源ファームの概略は、次の通りである。当ファームは、1999年に津別町木樋および二又地区の4戸の畑作農家が合併して設立された有限会社である。労働力構成については、構成員12名、臨時雇用6名であるが、65歳以上（年金受給の対象）は構成員0名、臨時雇用3名である。2020年度の作付については、総耕地面積は200haであり、その内訳は小麦78.0ha（秋小麦67.6ha、春小

麦10.4ha）、てん菜66.87ha（移植60.62ha、直播6.25ha）、バレイシヨ30.8ha、タマネギ23.1haである。てん菜は最大二連作とし、前作は小麦、後作はバレイシヨを基本としている。本試験では、事務所前の圃場2.5ha、収量170t（10a当たり収量6.9t程度）を提供し、当圃場にてん菜を堆積した。実際の経営においては、収量6.0t/10aを見込んでおり、堆積場も圃場ではなく専用ストックポイントを用いている。

次に、谷農場の概略は、次の通りである。当経営は津別町高台に立地している家族経営（もしくは1戸1法人）である

表3 実証農場の概要

	木樋桃源ファーム	谷農場
経営形態	有限会社	一戸一法人 (家族経営)
設立	1999年	—
構成員 労働力 構成	12名 (65歳以上 0名)	3名 (65歳以上1名)
臨時雇用	6名 (65歳以上3名)	5名 (65歳以上2名)
耕地面積	200ha	60.7ha
小麦	合計78.0ha 秋小麦67.6ha 春小麦10.4ha	合計7.45ha 秋小麦7.45ha 春小麦0ha
てん菜	合計66.87ha 移植 60.62ha 直播 6.25ha	合計8.86ha 移植0ha 直播8.86ha
作付 バレイショ	30.8ha	19.47ha
豆類	0ha	合計24.8ha 大豆15.1ha 小豆9.2ha 手亡0.5ha
タマネギ	23.1ha	0ha
てん菜 の輪作 状況	連作 前作 後作 小麦 バレイショ	二連作が上限 小麦 豆類または バレイショ
備考		てん菜の作付は2019 年度より再開。

資料：聞き取り調査等による。

が、他の集落にも飛び地を持つ。労働力構成は3名であるが、バレイショ播種時または収穫時には、臨時雇用5名も作業を行う。65歳以上は構成員1名、臨時雇用2名である。総耕地面積は60.7haであり、小麦7.45ha（すべて秋小麦）、てん菜8.86ha、バレイショ19.47ha、豆類24.8ha（大豆15.1ha、小豆9.2ha、手亡0.5ha）である。てん菜は2019年度に再開し、現在はすべて直播栽培で行っている。てん菜の連作および輪作については、最大二連作とし、前作は小麦、後作はバレイショを基本としている。本試験では、飛び地の圃場3.0ha、収量200t（10a当たり収量6.8t程度）を提供し、当圃場にてん菜を堆積した。実際の経営においては、収量6.8t/10aを見込んでおり、堆積は圃場で行っている。

両経営ともに、てん菜をショベルローダで10tトラックへ積み込んで、製糖業者へ輸送するという慣行方法を行っている。この方法は、作業が早く完了するという利点がある。通常は圃場に堆積しないが、圃場に堆積した場合は、かなりの量の土砂が持ち出され、土壌病害やセンチュウの伝播、軟弱な土壌なためショベルローダによる圃場の損傷、作業機やトラックのスリップが懸念される^{注1}。

4. 試験結果

1) てん菜の堆積状況

実証圃場におけるてん菜の堆積状況は、写真8～9の通りであった。移動式除土積込機を用いて、トラックへ積み込む場合、足幅を取り入れ口に合わせて5m以内にする必要がある。それゆえ、高さ2m以上積み上げることは難しい。実際のてん菜の堆積を計測すると、木樋桃源ファームでは足幅5.0m×高さ1.7m×長さ75m、谷農場では足幅4.0m×高さ1.6m×長さ102mと、縦長になっていた。これより、堆積場の面積、てん菜の体積および角度について、木樋桃源ファームはそれぞれ384m²、323.9m³、34.2°、谷農場はそれぞれ414.4m²、329.8m³、38.7°と推定される。

従来の積込方法では一般的な足幅13m、天場7m、高さ2mの場合について試算すると、長さや面積については、木樋桃源ファームの場合18.9m、245.1m²、谷農場の場合19.2m、249.6m²と試算される。すなわち、堆積場の面積について、移動式除土積込機を用いた積み込みの方が、慣行よりも大きくなる。

また、自走式多畦収穫機（写真10）で収穫を行う場合、ホッパーの容量は30m³であることから1回の荷下ろしでは、木樋桃源ファームのようにてん菜の堆積を足幅5m、高さ1.7mとすると8.2m、谷農場のように足幅4m、高さ1.6mとすると10.4mの移動が必要となる。一方、足幅を13m、天場7m、高さ2mとすると、ともに1.5m程度で済む。移動式除土積込機を利

用するためには、足幅を 5m 以下にしなければならないが、排出作業にあたって、より長い距離を移動する必要があると同時に、その作業性から見ると、これらの 2 つの作業機の組み合わせは困難であると考えられる（表 4）。

2) 移動式除土積込機の作業状況（作業時間の計測）

(1) 作業状況と作業人数

てん菜積込作業における作業人数について、慣行では、トラックオペレータ 1 名、ショベルローダのオペレータ 1 名の合計 2 名であるが、移動式除土積込機では、トラクタオペレーター、除土機オペレータ 1 名のみならず、オペレータに指示を行う監視役 1 名、合計 3 名が必要となる。なぜならば、この作業機はバックしながら作業するものであり、かつ、出口アームをトラックの荷台の上に設置し、トラック荷台の四隅までてん菜を積み込まなければならない。四隅が空いているとトラック 1 台当たり輸送量が減り、除土して輸送量を増やす目的と逆になる。とはいえ、写真 11~12 で見られるように、監視役は、トラックの頭に乗らなければならない、転落などの危険が懸念され、本格的な導入を行う際には、カメラ等による監視に置き換える必要があった。

(2) 作業時間の計測

10 t トラック 1 台へのてん菜積込作業に要する時間と移動距離について、表 5 で示したように、木樋桃源ファームでは、移動距離は慣行、試験区ともに平均 4.2m であった。作業時間は慣行では 3 分 50 秒であったのに対し、移動式除土積込機は 10 分を超過していた。平均 13 分 59 秒であり、最大で 19 分 5 秒を要していた。また、移動式除土積込機の停止回数は 1 回であった。一方、谷農場では、移動距離は慣行区 5.9m、試験区 4.4m であった。作業時間について、慣行区が平均 7 分 39 秒、最大が 9 分 50 秒に対し、試験区は平均 10 分 42 秒、最大 14 分 58 秒であった。両農場の作業時間を平均すると、慣行区 5 分 44 秒、試験区 12 分 27 秒と、試験区が慣行区を上回ることが明らかになった。

慣行区、試験区ともに木樋桃源ファームと谷農場に作業時間の差が見られるが、前者について、木樋桃源ファームはてん菜を堆積した横にトラックを配置し積み込んだのに対し、谷農場はトラックを堆積場所から離れたところに配置し、ショベルローダで掬ってトラック配置場所まで移動しながら積み込んだことから、作業時間は約 2 倍程度要した。後者については、木樋桃源ファームが試験を実施した時間帯が 13 時から 15 時であり、圃場の土壌が軟弱であったのに対し、谷農



写真8 木樋桃源ファームにおけるてん菜の堆積状況



写真9 谷農場におけるてん菜の堆積状況

表4 試験圃場におけるてん菜の堆積状況と面積等の試算

		木樋桃源ファーム	谷農場
試験圃場	寸法	足幅5.0m 高さ1.7m 長さ75.0m	足幅4.0m 高さ1.6m 長さ102m
	面積	384m ²	414.4m ²
	体積	323.9m ³	329.8m ³
	角度	34.2°	38.7°
足幅を13mの台形にした場合	寸法	足幅13.0m 天場7m 高さ2.0m 長さ18.9m	足幅13.0m 天場7m 高さ2.0m 長さ19.5m
	面積	245.7m ²	249.6m ²
自走式多畦収穫機 (ホッパー30m ³)の 排出作業の移動距離	足幅 4~5m	8.2m	10.4m
	足幅 13m	1.5m	1.5m

注：試験圃場の面積、体積、角度。および、足幅を10mにした場合の値は試算値。



写真10 自走式多畦収穫機



写真 11 移動式除土積込機の監視作業（実証試験）



写真 12 移動式除土積込機の監視作業（パンフレット）

場の時間帯は8時から10時と、土壌が凍結して固くなっていたことと、木樋桃源ファームの試験日は第1日目であったので、オペレータ、監視役ともに不慣れであったことが影響しているものと考えられる。オペレータ、監視役ともに、この作業機を用いた経験がなく、作業の練習も1日程度であったため、熟練してはいない状態であった^{注2}。

移動式除土積込機の洗浄作業は、高圧温水洗浄機を用いた。この洗浄機の能力は、吐出量が1時間当たり1,000リットル、圧力が100kgf/cm²、出力が3.7kw、回転数が1,100/930rpmであるが、本作業機の洗浄に2時間を要した。長時間を要するため、作業員1~2名が交代しながら行っていた。今回は温水洗浄機を用いたが、空気洗浄機が利用できるか否かも検討の余地があった。

3) てん菜に付着している土砂の重量計測

移動式除土積込機による除土量に関して、圃場で計測した結果は、表6の通りである。まず、木樋桃源ファームについて、試験-2が434.6kg、試験-3が87.3kg、試験-5が454.8kgであった。これら3つの平均は325.6kgであるが、極端に少ない試験-3を除くと、444.7kgと見ることが出来る。次に谷農場については、試験-1が834.4kg、試験-2が884.4kg、試

験-3が1,011.4kgであった。これらの3つの平均が910.1kgである。木樋桃源ファームと谷農場の除土重量に500kg程度の差があるが、その理由はてん菜の収穫時の圃場条件によるものと考えられる。谷農場は10/29~30日に30mmの降雨があり、その翌日に自走式多畦収穫機で収穫している。自走式多畦収穫機による収穫作業自体は、降雨で圃場水分が多くても収穫できる能力はあるが、圃場水分が多いことから、収穫作業時の除土効率が悪く、てん菜と一緒に土砂が堆積パイルに入ったと推察される。

製糖業者における試験結果は、次の通りになった。まず、木樋桃源ファームの試験結果を見ると、表7で示したように、工場搬入量については慣行区が試験区を上回っている。パイラーによる除土が行われるが、その処理時間は慣行区と試験区に大きな差はなかった。通過後の工場搬入量を見ると、慣行区が平均で10.5tに対して、試験区が10.7tと0.2t上回る一方で、除土量は前者が984kgに対して、後者が204kgと、784kgの差があった。1台のトラックの工場搬入量に占める土砂の混入割合は、慣行区9.4%に対し、試験区は1.9%であった。すなわち、試験区の方が、土砂混入量が少ない分、多くのでん菜を1台のトラックに積み込み、運搬することができるのである。パイラー通過後のでん菜の付着土の割合は、慣行区2.6%、試験区2.4%とほぼ同

等であった。上記の試験結果より、付着土を除いたてん菜の重量は、トラック1台当たり平均で慣行区10.2t、試験区10.4tと推定できる。

次に、谷農場の試験結果を見ると、表8で示したように、木樋桃源ファームと同様、工場搬入量は、慣行区が試験区を上回り、パイラーによる処理時間は慣行区と試験区に大きな差がなかった。通過後の工場搬入量については、慣行区10.4t、試験区10.9tと、試験区が慣行区を0.5t上回る一方で、土砂混入量は慣行区1,528kgに対して、試験区は228kgと大幅に下回り、双方の差は1,300kgであった。1台のトラックの工場搬入量に占める土砂の混入割合は、慣行区14.8%に対し、試験区は2.1%であった。上記に記載したとおり、谷農場は収穫原料の中に多くの土砂が混入していたため、生産者圃場で移動式除土積込機により、多くの土砂が除土されたことから、土砂混入割合に大きな差が出たと考えられる。製糖業者の除土機通過後における、てん菜の付着土の割合は、慣行区2.1%、試験区2.1%と同等であった。上記の試験結果より、付着土を除いたてん菜の重量は、トラック1台当たり平均で慣行区10.2t、試験区10.6tと推定できる。

以上より、移動式除土積込機を用いれば、てん菜の付着土は圃場で大幅に取り除くことができることが明らかになった。移動式除土積込機による除土重量

は、収穫時の圃場条件(水分の状況)と、収穫したてん菜の堆積パイルにどれだけの土砂が混入されているかにより差が出た。また、てん菜をトラックに積み込む際、慣行のショベルローダを用いれば、土砂がトラック1台当たり1~1.5t混入するのに対し、移動式除土積込機ならば0.2t程度で済む。なお、圃場調査によって計測された除土重量と、製糖業者で計測された慣行区と試験区の土砂重量に300~400kgの差があるが、これは、本試験では、慣行区と試験区の条件を揃えるため、双方ともに堆積場を圃場としたが、実際には火山灰で転圧された専用ストックポイントに堆積し、そこでショベルローダを用いてトラックに積み込むため、通常の土砂混入量はこれらの数値より低い。

4) 稼働費用の試算

ここでは、慣行区と試験区(移動式除土積込機)の稼働費用をそれぞれ試算し、比較を行う。試算にあたって、前提条件を表9のように設定する。慣行区については、積込作業に用いる機械はショベルローダ、作業員数は1人とする。積込作業時間について、木樋桃源ファームと谷農場の試験結果の平均値に基づき、慣行区は344秒(5分44秒)、試験区は747秒(12分27秒)、洗浄作業時間について、試験区は試験結果に基づき2時間

表5 移動式除土積込機における積込、洗浄に要する
移動距離と作業時間の計測結果

	単位	木樋桃源ファーム		谷農場		両農場の平均		
		慣行区	試験区	慣行区	試験区	慣行区	試験区	
移動距離	m	4.2	4.2	5.9	4.4	5.1	4.3	
積込 作業	分：秒	トラック1	3:45	9:53	5:18	14:54	—	
			3:44	9:54	5:16	14:58		
		トラック2	3:49	19:05	6:54	8:38		
			3:52	18:52	6:53			
		トラック3	4:00	17:31	7:47	7:32		
			4:00		7:55			
		トラック4	3:49	10:06	9:33	8:18		
			3:48		9:20			
		トラック5	3:47	12:33	8:45	9:50		
			3:48		8:46			
平均		3:50	13:59	7:39	10:42	5:44	12:27	
停止回数	回	0	1	0	1	0	1	
洗浄作業	時：分：秒	1:50:40						

注1：圃場試験結果による。

2：積込作業はトラック1台当たりの値。

3：各農場、5回計測した。

表6 移動式除土積込機の除土量に
関する圃場試験結果

単位：kg

	木樋桃源 ファーム	谷農場
試験-1	—	834.4
試験-2	434.6	884.4
試験-3	87.3	1,011.4
試験-4	—	—
試験-5	454.8	—
平均	444.7 (325.6)	910.1

注1：圃場試験結果による。

2：各農場、サンプルを3つずつとした。

表7 移動式除土積込機の有無別に見たてん菜土砂混入量の比較
(木樋桃源ファーム)

区分	工場搬入量	パイラーによる除土			工場搬入量に占める土砂混入割合	パイラー通過後の個体付着土砂率	てん菜重量(推定値)	
		処理時間	通過後の搬入量	除土量				
単位	kg	分:秒	kg	kg	%	%	kg	
慣行区	慣行-1	11,820	1:12	11,000	820	7.5	2.7	
	慣行-2	12,020	1:13	11,000	1,020	9.3		
	慣行-3	10,920	1:06	10,160	760	7.5	2.7	
	慣行-4	11,100	1:08	9,940	1,160	11.7		
	慣行-5	11,600	1:05	10,440	1,160	11.1	2.5	
	平均	11,492	1:08	10,508	984	9.4	2.6	10,235
試験区	試験-1	10,960	1:13	10,756	合計 1,020		4.0	
	試験-2	11,440	1:08	11,236				
	試験-3	10,600	1:05	10,396		1.9	1.8	
	試験-4	10,360	1:04	10,156				
	試験-5	11,120	1:06	10,916			1.4	
	平均	10,896	1:07	10,692	204	1.9	2.4	10,435

注：今回は試験比較するためショベルでの積込を実施しており、ビート切断防止のため圃場土砂を多くすくっている事を前提としている。

表8 移動式除土積込機の有無別に見たてん菜土砂混入量の比較
(谷農場)

区分	工場搬入量	パイラーによる除土			工場搬入量に占める土砂混入割合	パイラー通過後の個体付着土砂率	てん菜重量(推定値)	
		処理時間	通過後の搬入量	除土量				
単位	kg	分:秒	kg	kg	%	%	kg	
慣行区	慣行-1	11,320	1:11	10,280	1,040	10.1	1.9	
	慣行-2	13,040	1:06	10,160	2,880	28.3	2.8	
	慣行-3	11,460	1:03	10,000	1,460	14.6		
	慣行-4	11,820	1:08	10,480	1,340	12.8		
	慣行-5	11,940	1:10	11,020	920	8.3	1.6	
	平均	11,916	1:07	10,388	1,528	14.8	2.1	10,170
試験区	試験-1	11,120	1:15	10,892	合計 1,140		1.9	
	試験-2	12,320	1:17	12,092				
	試験-3	10,700	1:05	10,472		2.1	2.2	
	試験-4	10,400	1:06	10,172				
	試験-5	10,980	1:07	10,752			2.2	
	平均	11,104	1:10	10,876	228	2.1	2.1	10,648

注：表7に同じ。

表9 除土作業における稼働費用試算の前提条件

	慣行区	試験区
作業者数	オペレータ1名	オペレータ1名 監視役1名
使用する作業機	ショベルローダ	移動式除土積込機
トラック1台当たり積込 作業時間	344秒	747秒
積込作業1回当たり洗浄 作業時間	0.9時間	2時間
燃料消費量	10リットル/時	12リットル/時
燃料費単価	72円/リットル	
作業機の 取得価額	ショベルローダ=15,851千円 移動式除土積込機=27,000千円	
耐用年数	7年	
修理費	取得価額の5%	
資本利子	取得価額の1%	
租税公課	取得価額の0.75%	
保険料	取得価額の0.25%	
車庫費	取得価額の3.5%	
トラクター借上料 (1台当たり)	50千円	
労賃単価	1,700円/時	
てん菜10a当たり収量	6.8~6.9 t	
作業機1台てん菜積込量 (面積換算)	100~400ha	
生産者1戸当たりてん菜 作付面積	10ha	
積載量	10.5 t	
トラ 往復の上限	6往復	
ツ ク 1日当たり 使用料 (運転手含む)	50千円	

注1：トラック1台当たり積込回数と洗浄時間、10a当たり収量は、調査結果に基づいた。

2：ショベルローダの洗浄時間については、全長がトラクター+移動式除土積込機の45%であったので、移動式除土積込機の洗浄時間に45%を乗じた。

3：燃料消費量については、ショベルローダは北海道農業生産技術体系より引用し、移動式除土積込機は、パンフレットに掲載された値2.0リットル/10分に6を乗じた(1時間当たりに換算)。

4：生産者1戸当たりてん菜作付面積は、工芸作物生産費調査結果より引用した。

5：ショベルローダの取得価額については、「2018/2019 農業機械・施設便覧」より引用。

6：労賃単価については、農林水産省統計部「工芸作物生産費調査(てん菜)」に掲載されている家族労働費を家族労働時間で除した値を用いた。

とした。慣行区については洗浄時間の計測を行っていないが、ショベルローダの全長が、トラクターと移動式除土積込機を合わせた長さの45%程度であったので、試験区に45%を乗じた値である0.9時間とした。1時間当たり燃料使用量については、慣行区10リットル、試験区12リットルとした^{注3}。なお、燃料は免税軽油とし、1リットル72円とした。

慣行で用いるショベルローダの取得価額を15,851千円（「2018/2019 農業機械・施設便覧」より引用）とする。試験区については、積込作業に用いる機械は移動式除土積込機の取得価額を27,000千円とし、作業員数をオペレータ1人、監視役1人の合計2人とする。なお、固定費を試算するにあたり、耐用年数7年、修理費、資本利子、租税公課、保険料、車庫費を、それぞれ取得価額の5%、1%、0.75%、0.25%、3.5%とした。移動式除土積込機の動力として用いるトラクターについては、1シーズン1台借り上げ、複数戸の生産者が共同で利用するものとした。借上料は1日50千円とした。

また、労賃単価については、農林水産省発行の工芸作物生産費調査結果に基づき、1時間当たり1,700円とする。てん菜の10a当たり収量については、実証農場の実績に基づき6.8~6.9tとした。積込に用いる作業機について、個別で所有することは考えにくいため、多数の生産者の圃場で利用することを想定した。ま

た、他の生産者圃場へ移動する際、洗浄作業が必要となるが、この作業の回数は、面積換算したてん菜積込量を生産者1戸当たりてん菜作付面積で除して求めることとした。この面積の上限は、てん菜の工場への搬入が10月10日から12月20日頃（70~80日）であり、1日当たり作業時間が8時間程度であることから試算すると、ほぼ400haとすることが出来る^{注4}。ゆえに、作業機1台てん菜積込量を面積換算した値の範囲を100~400haとする。

生産者1戸当たりてん菜作付面積については、工芸作物生産費調査結果より10haとした。輸送するトラックについては、積載量を10t前後とし、1日6往復を上限とする。トラックの使用料は、運転手の労働費を含めて、1日1台当たり50千円とした。さらに、収穫作業の実態に基づき、木樋桃源ファームの調査結果を「収穫日前日降雨なし」、谷農場の調査結果を「収穫日前日降雨あり」とした。

上記の前提条件に基づいて、稼働費用を試算した結果について、試験圃場面積当たりで見ると、表10~11のとおりとなった。まず、収穫日前日に降雨がなかった木樋桃源ファームの場合、10a当たり換算した労働費は、慣行区122.0円、試験区497.6円となった。その内訳について、慣行区は積込106.7円、洗浄15.3円に対し、試験区は463.6円、34.0円であった。試験区の場合、さらに賃料料金と

して、移動式除土積込機の動力であるトラクターの借上料が加算される。積込面積が400haの場合は、洗浄作業時間を含めて78日となるので、賃料料金は50,000(円/日)×78日÷400ha÷10=975円/10aとなる。燃料費については、慣行区68.8円/10aに対し、試験区は179.3円/10aであった。固定費については、慣行区982円/10aに対し、試験区は取得に補助がなければ1,673円/10a、1/2補助がつけば837円/10aと慣行区を下回る。

製糖業者への輸送については、トラック1台当たり木樋桃源ファームは慣行区10.5t、試験区10.7tであるので、1日6往復を上限とすると、1日当たり慣行区63.0t、試験区64.2t輸送できることとなる。1日当たり輸送量のうち、付着土を除いたてん菜の重量は慣行区61.2t、試験区62.4tと推定される。トラック利用料は運転手込みで1日50千円、てん菜10a当たり収量は6.9tであるので、10a当たり輸送費は、慣行区5,637円、試験区5,527円と試算される^{注5}。これらの数値を合計すると、移動式除土積込機の取得において、補助の有無にかかわらず、試験区の稼働費用は慣行区を上回ることが明らかになった。

次に、収穫日前日に降雨があった谷農場の場合について見ると、労働費、燃料費、固定費および賃料料金の加算は、木樋桃源ファームと同様である。製糖業者への輸送については、トラック1台当た

り慣行区10.4t、試験区10.9tである。1日当たり輸送量はそれぞれ62.4t、65.4tであるが、付着土を除くと61.2t、63.6tと推定される。トラック利用料は運転手込みで1日50千円、てん菜10a当たり収量は6.8tであるので、10a当たり輸送費は、慣行区5,556円、試験区5,345円と試算される。これらの数値を合計すると、木樋桃源ファームと同様、試験区の稼働費用は、作業機取得において、補助の有無にかかわらず、慣行区を上回ることが明らかになった。

これらの稼働費用について、てん菜作付面積を変動させて見ると、図4～5のとおりとなった。まず、作業機の取得の際に補助がない場合についてみると、木樋桃源ファーム、谷農場ともに、試験区の稼働費用は常に慣行区を上回り、作業面積が大きくなるにつれて、双方の差は縮まることが明らかになった。次に、作業機の取得の際に取得価額の1/2を負担する補助がある場合についてみると、両農場ともに試験区が慣行区を上回り、双方の差についても、作業面積による変化は見られなかった。

以上より、移動式除土積込機を用いた方が、輸送費が低下するものの、作業者数を含めた労働費および、燃料費の増加、トラクター借り上げによる賃料料金、減価償却費等の固定費が増加するため、取得の際における補助の有無にかかわらず、慣行のショベルローダの積み込

表 10 除土作業における試験圃場面積当たり稼働費用試算結果
(木樋桃源ファーム・収穫日前日降雨なし)

	単位	補助なし		1/2補助	
		慣行区	試験区	慣行区	試験区
てん菜積込量 (面積換算)	ha	400.0		400.0	
1日1台当たりてん菜輸送量	t/日	63.0	64.2	63.0	64.2
付着土を除いた量 (洗浄済)		61.2	62.4	61.2	62.4
労働費 (合計)		122.0	497.6	122.0	497.6
積込・運搬		106.7	463.6	106.7	463.6
洗浄		15.3	34.0	15.3	34.0
賃料料金	円/10a	0.0	975.0	0.0	975.0
燃料費		68.8	179.3	68.8	179.3
固定費		982	1,673	982	837
輸送費		5,637	5,527	5,637	5,527
稼働費用合計	円/10a	6,810	8,852	6,810	8,015

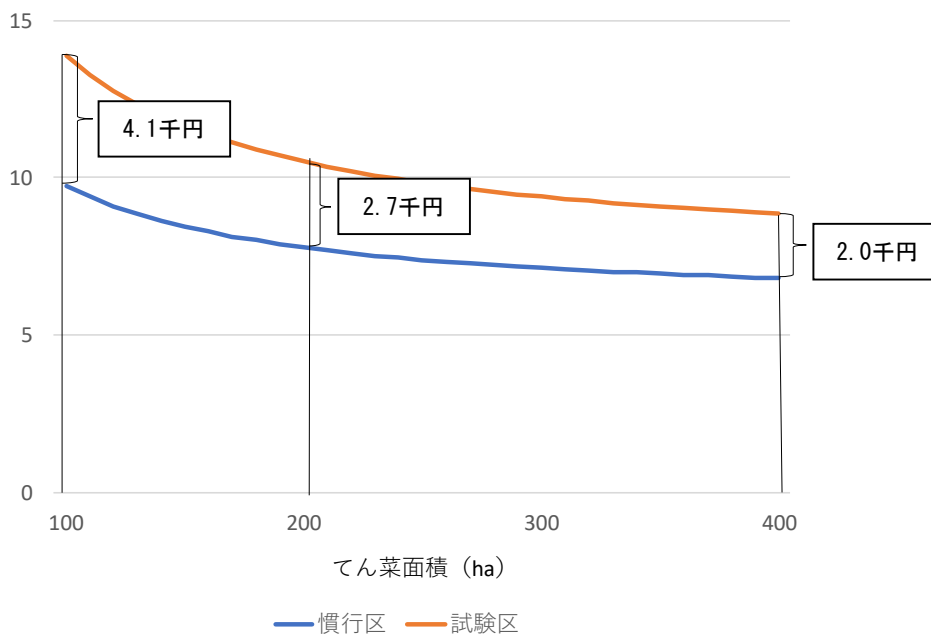
注：賃料料金はトラクター借上料を指す。トラック使用料は輸送費に含む。

表 11 除土作業における試験圃場面積当たり稼働費用試算結果
(谷農場・収穫日前日降雨あり)

	単位	補助なし		1/2補助	
		慣行区	試験区	慣行区	試験区
てん菜積込量 (面積換算)	ha	400.0		400.0	
1日1台当たりてん菜輸送量	t/日	62.4	65.4	62.4	65.4
付着土を除いた量 (洗浄済)		61.2	63.6	61.2	63.6
労働費		122.0	497.6	122.0	497.6
積込・運搬		106.7	463.6	106.7	463.6
洗浄		15.3	34.0	15.3	34.0
賃料料金	円/10a	0.0	975.0	0.0	975.0
燃料費		68.8	179.3	68.8	179.3
固定費		982	1,673	982	837
輸送費		5,556	5,345	5,556	5,345
稼働費用合計	円/10a	6,729	8,670	6,729	7,833

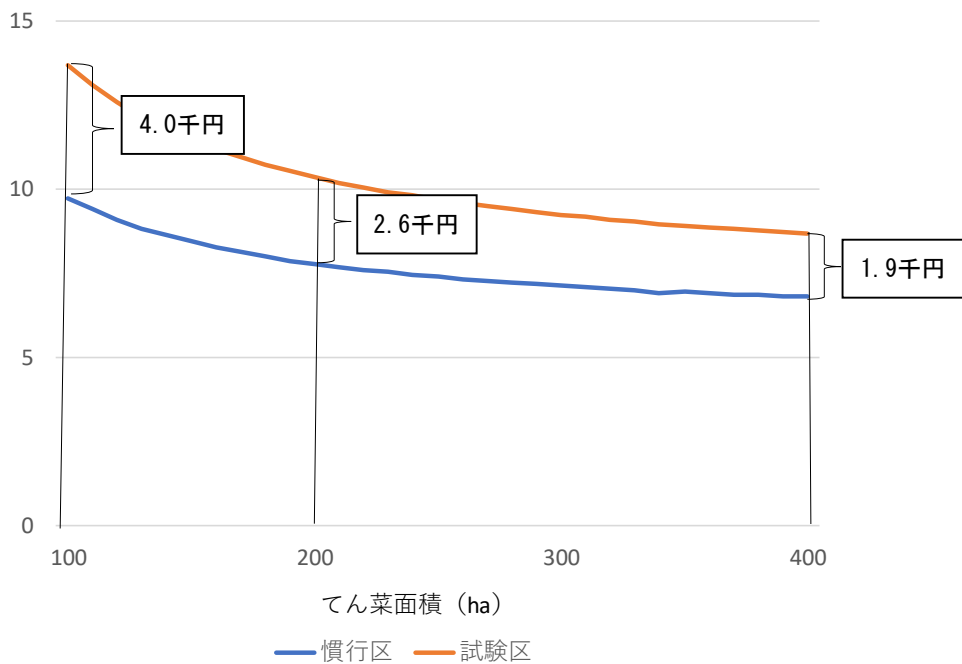
注：賃料料金については、表 10 と同じ。

稼働費用（千円/10a）



(木樋桃源ファーム・収穫日前日降雨なし)

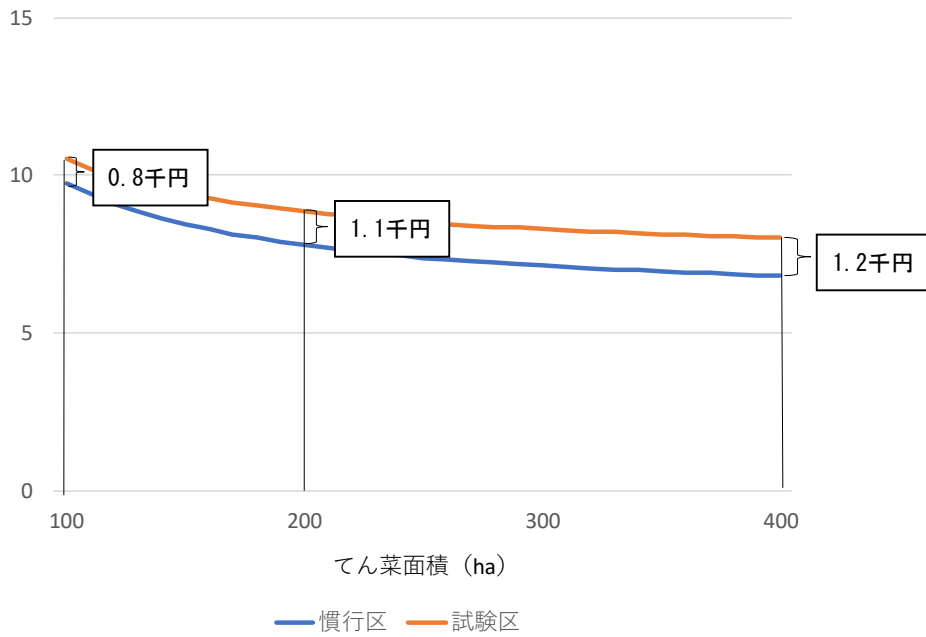
稼働費用（千円/10a）



(谷農場・収穫日前日降雨あり)

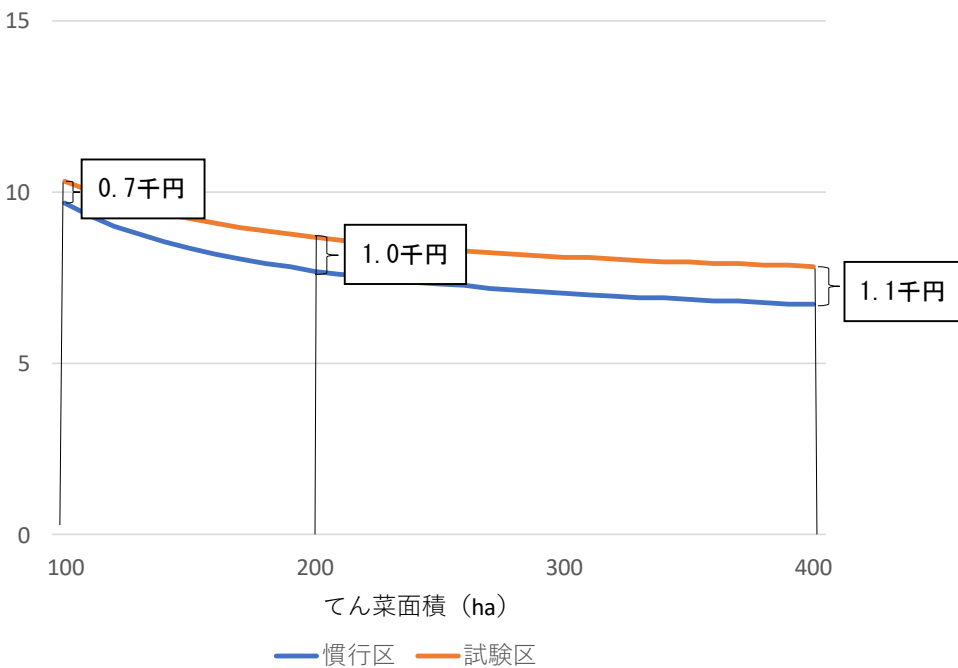
図4 作業面積別に見た移動式除土積込機の稼働費用の試算結果
(作業機取得において補助なし)

稼働費用 (千円/10a)



(木樋桃源ファーム・収穫日前日降雨なし)

稼働費用 (千円/10a)



(谷農場・収穫日前日降雨あり)

図5 作付面積別に見た移動式除土積込機の稼働費用の試算結果
(作業機取得において1/2補助あり)

みよりも、稼働費が高くなることが明らかになった。さらに、作業に監視役が1名必要であることも、コストアップを招いているものと考えられる。この移動式積込機を生産現場で普及させるにあたり、「てん菜の土砂を圃場で除去することによる輸送の効率化」のみでは、稼働費用の高さにより、当事者、国、地方公共団体等、行政の理解を得ることは困難である。むしろ、これらの機関が、土を移動させることによる病害虫蔓延のリスクに関して、危機感および対応への重要性の理解が重要となると考えられる^{注6}。

5. むすび

本試験は、てん菜のトラックへの積込作業について、新技術である移動式除土積込機の効果を検討した。具体的には、11月11～13日、津別町の木樋桃源ファームおよび谷農場の試験圃場にて、てん菜の積込作業を行うにあたり、移動式除土積込機を利用した場合と慣行のショベルローダを利用した場合について、それぞれ作業時間、除土重量等を計測し、これに基づいて稼働費用を試算し、検討した。その結果、次のことが明らかになった。

第一に、移動式除土積込機の作業幅が5m程度と狭いため、堆積場の設置が通常より広くなると同時に、かつ道路のそば、しかも3m離れていなければならない等、限定

される。しかも、当作業機には監視役を必要とするが、トラックの頭に乗って指示しなければならず、転落などの危険が懸念され、本格的な導入を行う際には、カメラ等による監視に置き換える必要があった。

第二に、慣行のショベルローダの積み込みに比べて、作業時間が長くなる。

第三に、移動式除土積込機で取り除かれる土砂の量については、400～900kgであった。この重量は、収穫作業日の前日の天候、圃場の土質に左右されることがある。同時に、てん菜の輸送量については、移動式除土積込機の方が多かった。

第四に、稼働費について、移動式除土積込機の方が、作業者数も作業時間も長いため労働費が高くなるが、てん菜に付着している土砂が除かれる分、輸送費は低くなる。だが、作業機の取得において補助の有無にかかわらず、固定費が高くなるため、移動式除土積込機を用いた方が、稼働費用は高くなる。

以上より、移動式除土積込機は稼働費用が高く、堆積場の設置の制約、収穫機の排出作業の煩雑さ、監視作業の安全性に課題が存在するものの、てん菜に付着している土砂の大部分を落とせることが明らかになった。特に、収穫作業日の前日に降雨がある場合に、この効果は大きい。この作業機の普及を図るためには、取得の際に1/2補助があっても困難であることより、生産者、輸送業者、農作業

支援組織のみならず、関係機関、国、地方公共団体等が、「てん菜の輸送の効率化」のみならず、「土の移動による病害虫の伝播に対する危機感」を認識し、圃場で土砂を除去する重要性を理解することが不可欠である

また、本試験の対象とした移動式除土積込機を普及する上において、課題となっている堆積場の設置の制約、収穫機の排出作業の煩雑さ、監視作業の安全性の中で、後者2つを解決する手段として、自走式の除土積込機（写真13）の導入が有効と考えられる。この作業機は、取り入れ口が9mと大きいいため、収穫機の排出作業の煩雑さは解消されると同時に、作業機が前進して処理するので、監視役が不要（オペレータが監視）なため、試験を実施した体系より作業員数が減少する利点を持つ。ただし、てん菜をトラックに積み込むアームの長さより、堆積場と輸送するトラックの距離を3m以上9m未満にするという制約がある。現在、日本にはそのような作業機は存在しないが、ドイツで製造、販売され、欧米で利用されている。試験地となった北海道網走郡津別町においても、自走式除土機導入の利点として、①生産者は、土壌を持ち出さない事による病害虫拡散防止、②輸送業者は、正味輸送増による効率化と収益増、③製糖業者は、工場搬入土砂減による土砂処理費の削減を挙げ、導入を検討している。さらには、てん菜の将来構想

として、6畦の自走式多畦収穫機で収穫して圃場に堆積し、自走式除土積込機でトラックに積み込み、製糖業者に搬入することとし、こうした一連の収穫から製糖業者搬出まで、営農支援室(MR)が担うこととしている。

こうした欧米の自走式除土積込機を、北海道の生産現場に普及させるならば、まずは、当作業機の導入条件である作業面積を、取得価額より試算し、従来方法と比較して明らかにする必要がある。当然ながら、作業機の性能等より、堆積場を圃場にするか、専用ストックポイントにするかの検討、作業可能な堆積場の条件、てん菜の収集の範囲についても明らかにすることも重要である。次に、当該地域において、作業可能な条件を持つ堆積場がどの程度存在するかについても把握すると同時に、収集するてん菜の面積の合計値が導入条件である作業面積の試算値と比較し、検討する必要がある。作業可能な条件には、上述で示した堆積場の設置場所の他に、積み込むトラックの位置がある。てん菜の積み込み作業を行う時期は、圃場の土壌が軟弱となるため、トラックがスリップすることがあり、危険である。トラックの位置として、農道等の道路が望ましい。積み込み可能な道路から3~9m離れたところに、堆積場を設置できるか否かが重要な条件となる。

とはいえ、北海道の生産現場におい



写真 13 自走式除土積込機

て、自走式除土積込機を稼働させる上において、以下のような課題を抱える。

- ① 自走式圃場除土積み込み機の能力把握、「車両法」上の課題
- ② 効率的輸送のルール（順番ほか）確立、運用・ソフト面の課題
- ③ 物理的阻害要因（圃場と道路の落差、明渠・電柱・電線の存在、てん菜堆積場所に面した道路整備、ストックポイントの増設ほか）の解決、「道路交通法」上の課題
- ④ 生産者の理解と協力、地域で産業をまわす意識の醸成
- ⑤ 搬入先製糖所で除土される土砂の取り扱い
- ⑥ 取引条件ほか

上記の課題は、インフラストラクチャーの整備、制度上の問題を含んでおり、生産者、農作業支援組織、農業協同組合

等、当事者のみでは解決が困難である。したがって、このような除土積込機を普及させるためには、関係機関のみならず、国や地方公共団体等の政府機関もまた、土砂を圃場で落とす重要性、病害虫の伝播に関する危機感の認識はもとより、北海道で、てん菜を生産し、砂糖を製造する重要性を理解することが重要である。

また、本試験の対象である移動式除土積込機、および自走式除土積込機は、てん菜のみならず、でん粉用バレイシヨの積込作業にも利用可能である。バレイシヨも、従来の輸送方法では、多量の土砂の移動が懸念されるので、今後は、こうした積込機を用いて除去することが求められるであろう。ゆえに、畑作の生産現場では、こうした除土積込機が必要となると考えられるが、普及のためには生産現場のみならず、行政の取り組みも重要となる。

< 注 >

- 1) 積込作業を行う時期は、積雪や霜柱があるが、日中、気温が上がり、これらが溶けて土壌が軟弱になることがある。本試験においても、軟弱な土壌のため、トラックがスリップして動かないことがあった。
- 2) こうした土壌条件、オペレータや監視役の積み込み作業に対する熟練度、慣

れがどの程度、作業時間に影響するかについては明らかになっておらず、今後の課題とする。なお、稼働費用を試算する際には、両農場の作業時間の平均を用いるとする。

- 3) 移動式除土積込機の燃料使用量については、表1に示している数値に基づき、トラック1台に積み込む作業時間

10分に、この作業に要する燃料使用量2.0リットルを乗じ、さらに6で乗じて1時間あたりに換算した値とした。

- 4) 移動式除土積込機による積込面積の上限は、次のように試算した。1日当積込面積 $=10.5$ (t/台) $\div 69$ (t/ha) $\div (747/3600)$ (時/台) $\times 8$ (時/日) 5.867 (ha/日)。この数値に、10月10日から12月20日の71日に乗じると416.6ha作業可能となる。だが、洗浄作業時間を考えると、 $416.6\text{ha} \div 10$ (ha/戸) $\times 2$ 時間 $\div 8 = 11$ 日が加わるため(82日)、12月31日までの工場への搬入が難しくなると考えられる。そこで、400haを上限とし、積込日数68日、洗浄日数10日の合計78日に設定した。この数値は、実際の日数より1週間程度超過するが、12月31日まで工場への搬入を完了させることを想定したので、この値を用いた。

- 5) 実際には、往復回数、稼働状況(1日か半日、稼働時間による料金支払いの可否)等、輸送トラックの編成により、使用料が業者によって異なる。ここでは、議論を単純化するために、編成を考慮に入れず、1日あたり輸送量とトラック使用料より輸送費を算出した。
- 6) 稼働費用が従来方法より高額でも、行政が重要性を理解し、生産現場に普及させた施設に堆肥舎、スラリータンク等の家畜ふん尿処理施設がある。これは、生産現場や地域のみならず、行政や一般の住民も、家畜ふん尿に由来する環境汚染等に危機感を持ったため、1999年に家畜排せつ物法が施行されたことによる。この法律では、ふん尿処理施設を5年間で設置を義務づけたものであるが、国より50%、都道府県より25%の補助があった。