

南北大東島における持続的な サトウキビ収穫・運搬作業体系 ～ダウンサイジングの可能性は？～

NPO法人亜熱帯総合研究センター 赤地 徹

【要約】

南北大東島におけるサトウキビ収穫・運搬作業体系の9類型について効率性、経済性、生産性に配慮しながら、それぞれの有効性についてシミュレーションの手法を用いて検証した。その結果、大型収穫機および中型収穫機をベースとした類型が有効であり、現行の作業料金を維持できる可能性があること、単収や作業能率の向上は作業経費の低減につながることで、また、製糖工場のプラント処理量をコントロールする技術や仕組みがあれば、より自由で多様な収穫・運搬作業体系の構築が可能であることが考えられる。

はじめに

沖縄県南北大東島はサトウキビ作機械化の先進地として知られている。1885年の開拓開始から一企業独占のプランテーション経営が続いていたが、先の大戦後、土地所有権が認められ現在の農家経営の基礎が形成された。1960年代後半から始まった機械化は、1990年代に現行の作業体系の基本となる本格的な機械化へと進展した。いくつかの変遷を経て外国製の大型収穫機を中心に、工場の運搬トラックが収穫機の伴走車を兼ねるという日本では独特の収穫・運搬体系が定着した。機械化が両島のサトウキビの生産振興に大きな役割を果たしてきたことは疑う余地がない。

初期の導入から20年以上が経過した2010年前後から、収穫機や運搬トラックを順次更新する時期を迎えた。単収が減少傾向にあったことなども引き金となり、これまでの大型機械化によるデメリットについて議論が再び高まり、機械類を従来のものより小型化するダウンサイジングを念頭にした更新計画が模索された。

筆者は2014年から4年間、南北大東島の収穫・

運搬作業体系のダウンサイジングをテーマに調査・研究を行ってきた^{1)・2)}。本稿では、南北大東島において持続的にサトウキビ生産を続けていくために有効な収穫・運搬体系について効率性、経済性、生産性に配慮しながらシミュレーションの手法により検証を試みたので、その結果について紹介する。

1 南北大東島におけるサトウ キビ収穫・運搬体系の類型

(1) 現行の主要な収穫・運搬作業の類型化

サトウキビ作における機械収穫・運搬作業は、収穫作業が「刈り取り・細断」「集茎」「圃場外への搬出」、運搬作業が「運搬トラックなどへの積み込み」「工場への運搬」の五つの作業に細分される。これらの作業を担う作業機の形態に着目し、南北大東島で稼働している作業体系を大型収穫機ベースの2類型、中型収穫機ベースで6類型、小型収穫機ベースで1類型の合計9類型に分類した(図1)。

図1 南北大東島のサトウキビ収穫・運搬体系の類型



資料：筆者作成

注：収穫機のアルファベットはE：伴走車方式、B：収納袋方式、W：車輪タイプ、C：クローラ（キャタピラー）タイプを示す。

大型収穫機ベースの類型である大型①は、伴走車方式の車輪タイプ大型収穫機1台に工場への運搬トラック2台を組み合わせた類型であり、運搬トラックが収穫機の伴走車を兼ねている。現行の運用では最も多い類型である（写真1）。

大型②は、大型①のトラックの代わりにトラクタでけん引するトレーラを用いる類型である（写真2）。

中型①は、大型①と同様の類型であり大型収穫機を同じタイプの中型収穫機に置き換えたものである（写真3）。

中型②は、中型収穫機の伴走と圃場外への搬出をハイダンプ式のクローラ（キャタピラー）タイプ伴走・搬出機が担うもので、2台の運搬専用のトラックが組み合わされた類型である（写真4）。



伴走車方式の車輪タイプ大型収穫機
(YT8000<EW>)



伴走・運搬トラック

写真1 大型①

資料：筆者作成



伴走車方式の車輪タイプ大型収穫機
(TOFT7000(EW))

+



伴走・運搬トレーラ

写真2 大型②

資料：筆者作成



伴走車方式の車輪タイプ中型収穫機
(TM2008(EW))

+



伴走・運搬トラック

写真3 中型①

資料：筆者作成



伴走車方式の車輪タイプ中型収穫機
(TM2008(EW))

+



伴走・搬出機
(MCKD4)

+



運搬トラック

写真4 中型②

資料：筆者作成

中型③は、運搬トラックの荷台が着脱式のコンテナとなっており、伴走・搬出機からコンテナに収穫物を積み替える。コンテナの数が充分であれば収穫機と伴走・搬出機による圃場での収穫作業は運搬トラックの動きの影響を受けず、完全に切り離された作業となる（写真5）。中型④は収穫機がクローラタイプであること以外は中型①と同じである（写真6）。

中型⑤と中型⑥の類型では収穫機自身が集莖と圃場外への搬出までを行う。伴走車を従えない自走搬出方式の収穫機であり、日本国内で稼働している収穫機のほとんどがこの方式である。収穫物は圃場外に集積され、クレーンで運搬トラックに積み替えられ工場へ運ばれる。中型⑤の収穫機は車輪タイプ、中型⑥の収穫機はクローラタイプであり大型①に次いで多い類型となっている（写真7、8）。

小型①の類型は北大東島で試験的に運用されてい

るもので、小型化により畦幅^{うね}の縮小と土壌踏圧の最小化による増収効果を狙っている（写真9）。収納袋式のクローラタイプ小型収穫機とクレーン付搬出機を組み合わせた体系である。収穫機は満載になった収納袋を圃場内に降ろしながら収穫作業を続ける。クレーン付搬出機が収納袋を回収し圃場外へ運び出し1カ所に集積する。集積された収穫物はクレーン付運搬トラックに積み替えられ工場まで運ばれる。収納袋式収穫機をベースにした類型では、運搬作業と収穫作業が完全に切り離されるため、収穫機はトラックの動きに影響されることなく収穫作業を継続できる。

なお、収穫機とトラックの組み合わせはシーズンを通して一つのグループとして作業が継続され、操作するオペレータもシーズン中はそれぞれの作業機に固定されるのが原則となっている。



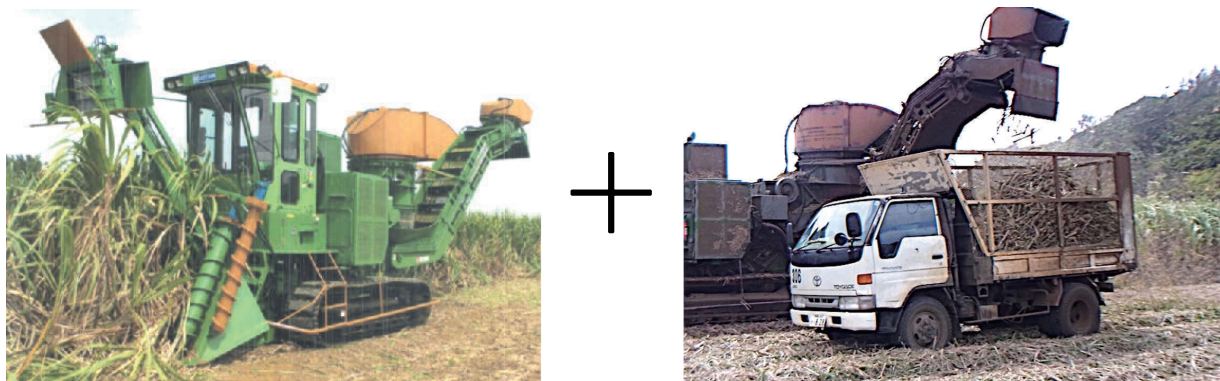
伴走車方式の車輪タイプ中型収穫機
(TM2008<EW>)

伴走・搬出機
(MCKD4)

コンテナ式運搬トラック

写真5 中型③

資料：筆者作成



伴走車方式のクローラタイプ中型収穫機
(UT200K<EC>)

伴走・運搬トラック

写真6 中型④

資料：筆者作成



収納袋方式の車輪タイプ中型収穫機
(TS3500<BW>)



クレーン付運搬トラック

写真7 中型⑤

資料：筆者作成



収納袋方式のクローラタイプ中型収穫機
(TS3850<BC>)



クレーン付運搬トラック

写真8 中型⑥

資料：筆者作成



収納袋方式のクローラタイプ小型収穫機
(UT120K<BC>)



クレーン付搬出機
(AK-3)



クレーン付運搬トラック

写真9 小型①

資料：筆者作成

表1 各類型の実作業量

	項目	(単位)	大型①	大型②	中型①	中型②	中型③	中型④	中型⑤	中型⑥	小型①
1	作業能率 (収穫量)	(t/h)	9.92	9.92	6.70	6.23	6.23	6.27	4.12	4.12	3.52
2	作業能率 (収穫面積)	(a/h)	28.0	28.0	14.4	12.2	12.2	13.2	10.8	10.8	9.0
3	1日の作業時間	(h/日)	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7
4	実作業率	(%)	80	80	80	80	80	80	80	80	80
5	実作業時間	(h/日)	6.96	6.96	6.96	6.96	6.96	6.96	6.96	6.96	6.96
6	実作業量 (収穫量)	(t/日)	69.04	69.04	46.63	43.38	43.38	43.64	28.68	28.68	24.50
7	実作業量 (収穫面積)	(a/日)	194.9	194.9	100.2	84.6	84.6	91.5	75.1	75.1	62.6

資料：筆者作成

(2) 各類型の作業性能 (実作業量) の分析

農業機械の導入計画や運用計画を策定するためには、各作業機（ここでは収穫・運搬の各作業類型）の1日の作業量が重要なデータであり、一般的に実作業量と呼ばれている。本研究では、現行の収穫・運搬作業の実作業量について以下の二つの方法で調査、分析・標準化しその結果をシミュレーションの基本データとした（表1）。

ア ドライブレコーダおよびGPSロガー^(注1)を使用したタイムスタディ^(注2)による作業分析

収穫機や運搬トラックにドライブレコーダとGPSロガーを設置し、作業中の画像やGPSによる位置情報をもとに実作業量を解析した。

イ 工場搬入データをもとにした実作業量の分析

製糖工場では、運搬トラックが工場に到着すると同時に種々の情報が記録され、到着時刻、収穫圃場、収穫機、収穫面積や収穫量などを特定することができる。運搬トラックが収穫機の伴走車を兼ねる類型や伴走・搬出機から直接運搬トラックに収穫物を積み替える類型では、運搬トラックの動きと圃場での収穫機の作業が密接につながっている。そこで、工場データからトラックの到着時間と運搬量を分析

し、その収穫・運搬グループの実作業量を推定した。

(注1) GPSによる位置情報を連続的に記録する装置。

(注2) 作業者が作業を行うためにどれだけ時間を要しているかを測定する分析手法。

3 シミュレーションによる各類型の有効性の検討

(1) ダウンサイジングに関する考え方

機器類のダウンサイジングとは、文字通りサイズを小さくすることによりコストや作業効率を改善することであり、1990年代に大型化した汎用コンピュータを小型化、分散化する中で生まれた概念である。南北大東島でのダウンサイジングを念頭にした作業機の更新計画では、小型軽量化により、土壌踏圧やサトウキビ株の踏み潰し、引き抜きなどサトウキビ生産力への悪影響を最小化することが一義的な目的であった。しかし、サイズの縮小や軽量化だけでは本質を見失う恐れがあり、表2に示したようにいくつかの視点と前提に基づいて検討を進める必要がある。本研究では広い視点からダウンサイジングを捉え、その効率性、経済性、生産性に配慮しながらシミュレーションを行った。

表2 機械体系のダウンサイジングとは…？

	視点	前提
1	機体サイズの縮小	同等以上の作業性能であること
2	機体重量の軽量化	同等以上の作業性能であること
3	エンジンの小型化	同等以上のエンジン出力であること
4	導入コストの低減	同等以上の作業性能であること
5	運営コストの低減	同等以上の作業効率であること
6	必要台数の縮小	同等以上の作業量が確保できること
7	作業人員の縮小	同等以上の作業効率、作業量が確保できること

※サイズの縮小や軽量化だけがダウンサイジングではない。

資料：筆者作成

注：変更前（代替前）と比較して同等以上であることが前提。

(2) シミュレーションによる有効な類型の検討結果

シミュレーション結果を表3、図2に示した（一部データ省略）。作業能率や効率性から目標量を収穫するためには、大型収穫機をベースにした類型の場合、北大東島で7組、南大東島では16組、中型の場合、北大東島で10～15組、南大東島で24～39組、小型の類型にすると北大東島で18組の作業グループが必要になる。

収穫・運搬のコストを10アールおよびトン当たりで見ると、中型⑤の類型が最も高く、補助事業を前提とした圧縮計算^(注3)をしても北大東島の場合でそれぞれ10アール当たり3万7529円、1トン当たり7318円となる。中型⑤および中型⑥の類型は、収納袋方式であることから作業能率が低いことや、運搬にクレーン付トラックを使用していることなどがコストアップの要因となっている。

コストが低い大型①の類型では、伴走・運搬トラックの経費を除いた収穫機のみ1トン当たり経費は、圧縮計算で北大東島2858円、南大東島1927円となり、現行の収穫作業料金（北大東島3000円、南大東島2500円）よりも低い。製糖工場の運搬トラックが収穫機の伴走を兼ね、圃場外への搬出を担う大型①、中型①、中型④の類型の場合、伴走・搬出作業にかかる1トン当たりのコストは、北大東島

が685～901円、南大東島で534～751円となる。全体的に北大東島より南大東島の方がコストは低い。南大東島は北大東島よりも生産規模が大きいことや単収が高いこと、製糖日数や作業グループの稼働日数も長いことから、各作業グループの1シーズンの処理量が北大東島より多くなっていることが要因である。

以上の結果から、北大東島では大型①、中型①、中型④のモデルを、南大東島では大型①、大型②、中型①、中型④および中型②のモデルを中心に代替を進めることが有利と考えられる。なお、両島に共通することだが、作業機のオペレータの確保が年々厳しくなっているという社会的状況がある。一定の技術レベルを求められる収穫機や伴走・搬出機のオペレータがシーズンごとに変わるのは好ましくないことから、これまで可能な限り島内在住者で確保するという努力が続けられてきた。しかし、高齢化の影響も相まって小規模な離島の中では限界がある。この点からも、作業グループの要員が少なくなる大型を中心にしたモデルは有利であると言えるだろう。

(注3) 圧縮計算とは機材の導入に補助金を活用した場合、実際の購入価格から補助金を差し引いた上で、減価償却などの経費の計算を行うことを指す。

表3 シミュレーション結果

【北大東島】

	項目	(単位)	収穫・運搬体系の類型									
			大型①	中型①	中型②	中型④	中型⑤	中型⑥	小型①	小型①-2	小型①-3	
1	シーズン全収穫量(生産量)	(t/年)	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	24,000
2	シーズン単収	(t/10a)	5.128	5.128	5.128	5.128	5.128	5.128	5.128	5.128	5.128	6.154
3	製糖工場日圧搾量	(t/日)	420	420	420	420	420	420	420	420	420	420
4	必要製糖日数	(日/年)	65	65	65	65	65	65	65	65	65	79
5	収穫機1台当たり実作業量(収穫量)	(t/日)	69.04	46.63	43.38	43.64	28.68	28.68	24.50	24.50	24.50	24.50
6	収穫機必要台数	(台)	7	10	10	10	15	15	18	18	18	18
7	収穫機1台当たりシーズン収穫量	(t/年台)	2,857	2,000	2,000	2,000	1,333	1,333	1,111	1,111	1,111	1,333
8	10a当たり経費(収穫)補助なし	(円/10a)	31,131	33,655	33,655	32,681	-	-	34,588	34,588	35,848	35,848
9	10a当たり経費(収穫+搬出)補助なし	(円/10a)	34,648	38,276	42,735	37,302	52,527	51,066	47,886	47,886	49,714	49,714
10	10a当たり経費(収穫+搬出+運搬)補助なし	(円/10a)	40,510	45,977	54,973	45,003	64,893	63,432	62,223	59,596	62,017	62,017
11	10a当たり経費(収穫)補助あり	(円/10a)	14,654	15,968	15,968	15,599	-	-	16,920	16,920	18,180	18,180
12	10a当たり経費(収穫+搬出)補助あり	(円/10a)	18,171	20,588	21,348	20,220	25,163	24,610	24,166	24,166	25,993	25,993
13	10a当たり経費(収穫+搬出+運搬)補助あり	(円/10a)	24,033	28,290	33,586	27,921	37,529	36,977	38,502	35,875	38,296	38,296
14	トン当たり経費(収穫)補助なし	(円/t)	6,071	6,563	6,563	6,373	-	-	6,745	6,745	5,825	5,825
15	トン当たり経費(収穫+搬出)補助なし	(円/t)	6,756	7,464	8,333	7,274	10,243	9,958	9,338	9,338	8,078	8,078
16	トン当たり経費(収穫+搬出+運搬)補助なし	(円/t)	7,899	8,966	10,720	8,776	12,654	12,369	12,134	11,621	10,078	10,078
17	トン当たり経費(収穫)補助あり	(円/t)	2,858	3,114	3,114	3,042	-	-	3,299	3,299	2,954	2,954
18	トン当たり経費(収穫+搬出)補助あり	(円/t)	3,543	4,015	4,163	3,943	4,907	4,799	4,712	4,712	4,224	4,224
19	トン当たり経費(収穫+搬出+運搬)補助あり	(円/t)	4,686	5,517	6,549	5,445	7,318	7,210	7,508	6,996	6,223	6,223

【南大東島】

	項目	(単位)	収穫・運搬体系の類型									
			大型①	大型②	中型①	中型②	中型③	中型④	中型⑤	中型⑥	中型⑥-2	
1	シーズン全収穫量(生産量)	(t/年)	72,000	72,000	72,000	72,000	72,000	72,000	72,000	72,000	72,000	72,000
2	シーズン単収	(t/10a)	6.050	6.050	6.050	6.050	6.050	6.050	6.050	6.050	6.050	6.050
3	製糖工場日圧搾量	(t/日)	1,100	1,100	1,100	1,100	1,100	1,100	1,100	1,100	1,100	1,100
4	必要製糖日数	(日/年)	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85
5	収穫機1台当たり実作業量(収穫量)	(t/日)	69.04	69.04	46.63	43.38	43.38	43.64	28.68	28.68	28.68	28.68
6	収穫機必要台数	(台)	16	16	24	26	26	26	39	39	39	39
7	収穫機1台当たりシーズン収穫量	(t/年台)	4,500	4,500	3,000	2,769	2,769	2,769	1,846	1,846	1,846	1,846
8	10a当たり経費(収穫)補助なし	(円/10a)	24,001	24,001	27,236	29,304	29,304	28,474	-	-	-	-
9	10a当たり経費(収穫+搬出)補助なし	(円/10a)	27,232	27,023	31,514	37,156	37,156	33,015	45,702	44,457	44,457	44,457
10	10a当たり経費(収穫+搬出+運搬)補助なし	(円/10a)	32,616	31,798	38,645	49,048	44,662	40,582	57,936	56,691	55,038	55,038
11	10a当たり経費(収穫)補助あり	(円/10a)	11,659	11,659	13,324	14,233	14,233	13,919	-	-	-	-
12	10a当たり経費(収穫+搬出)補助あり	(円/10a)	14,889	14,197	17,602	18,933	18,933	18,459	22,386	21,915	21,915	21,915
13	10a当たり経費(収穫+搬出+運搬)補助あり	(円/10a)	20,273	17,483	24,733	30,824	26,438	26,026	34,619	34,148	32,496	32,496
14	トン当たり経費(収穫)補助なし	(円/t)	3,967	3,967	4,502	4,843	4,843	4,706	-	-	-	-
15	トン当たり経費(収穫+搬出)補助なし	(円/t)	4,501	4,466	5,209	6,141	6,141	5,457	7,554	7,348	7,348	7,348
16	トン当たり経費(収穫+搬出+運搬)補助なし	(円/t)	5,391	5,255	6,387	8,107	7,382	6,707	9,575	9,370	9,097	9,097
17	トン当たり経費(収穫)補助あり	(円/t)	1,927	1,927	2,202	2,352	2,352	2,300	-	-	-	-
18	トン当たり経費(収穫+搬出)補助あり	(円/t)	2,461	2,346	2,909	3,129	3,129	3,051	3,700	3,622	3,622	3,622
19	トン当たり経費(収穫+搬出+運搬)補助あり	(円/t)	3,351	2,890	4,088	5,095	4,370	4,302	5,722	5,644	5,371	5,371

資料：筆者作成

注1：収穫面積、生産量、日圧搾量は過去7年間（2010-11製糖年～2016-17製糖年）の推移から目標値として設定した。

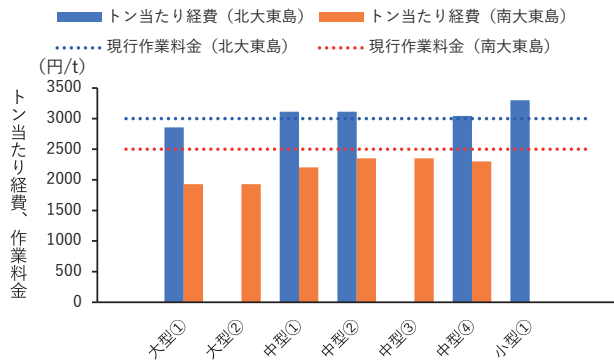
注2：作業機の作業性能は2014～16年に現地で調査した結果を用いた。

注3：補助ありの経費は、近年のリース事業などを参考に補助率85%で算定した。

注4：北大東島の小型①-2および南大東島の中型⑥-2は、運搬作業が収穫作業の影響を受けない類型であることから、トラックの台数を最小限に設定して計算した結果である。

注5：北大東島の小型①-3は、小型化による畦幅うねの縮小で単収が20%程度増収する（2011～14年度実証試験結果）前提で計算した結果である。

図2 主な類型のトン当たり経費（収穫作業のみ、補助あり）と現行作業料金



資料：筆者作成

注：現行作業料金は2018-19製糖年度の料金である。

(3) 単収、作業能率、工場日圧搾量、補助率と経費の関係

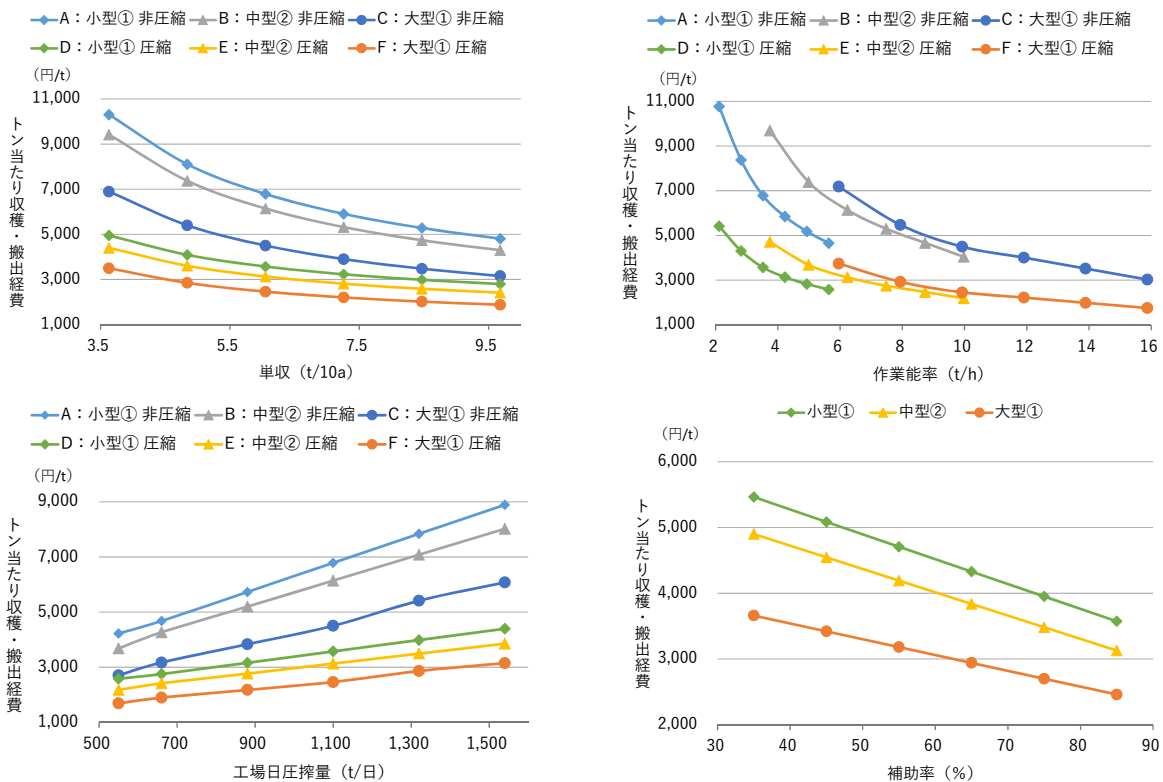
単収および作業グループの作業能率の向上は、収穫・運搬作業の経費の縮減につながる。作業能率向上による経費の縮減効果は小型になるほど大きい。作業機のダウンサイジングを考える場合において

は、一定の作業性能を維持しながらサイズダウンを図ることが重要であり、今後作業機を開発・改良する上で留意すべき重要なポイントである。

製糖工場のプラント処理量（日圧搾量）と収穫作業経費の関係は正の相関があり、日圧搾量が多くなると収穫作業における圃場内経費も増大する。日圧搾量が増えることに伴い収穫・運搬作業を担う作業機の台数を増やす必要が出てくるためである。逆に日圧搾量が減少すると作業機の必要台数が減り、圧搾日数や稼働日数が増えるため、結果として1シーズン当たりの作業グループの処理量が増えることから作業経費の低減につながる。

行政事業前提の補助率と収穫・搬出作業コストの関係を見ると、作業機の導入を自力で行った場合、現状の技術水準では現行作業料金を維持することは難しい。作業機の導入には当分の間行政的な支援が必要と言わざるを得ない（図3）。

図3 単収、作業能率、工場日圧搾量、補助率と経費の関係



資料：筆者作成

注1：上記グラフは南大東島を対象として試算したシミュレーション結果である。

注2：「圧縮」は補助事業による導入を前提とした場合、「非圧縮」は補助事業なしの場合の経費である。

上記の結果から、収穫・運搬作業体系モデルの経費を削減するためには、単収を向上させること、作業グループの作業能率を高めることなどが重要となる。また、製糖工場の日圧搾量をコントロールできる技術や仕組みがあれば、もっと自由で多様な収穫・運搬作業体系の構築が可能となると考えられ、収穫・運搬作業のコスト低減にもつながる。トラックの台数の増減をはじめコンテナや収納袋の数を調整するなど各作業機のアイドリング時間を最小化し、シーズンを通して各作業グループの処理量を増やす方向で種々の対策を講ずることが重要である。

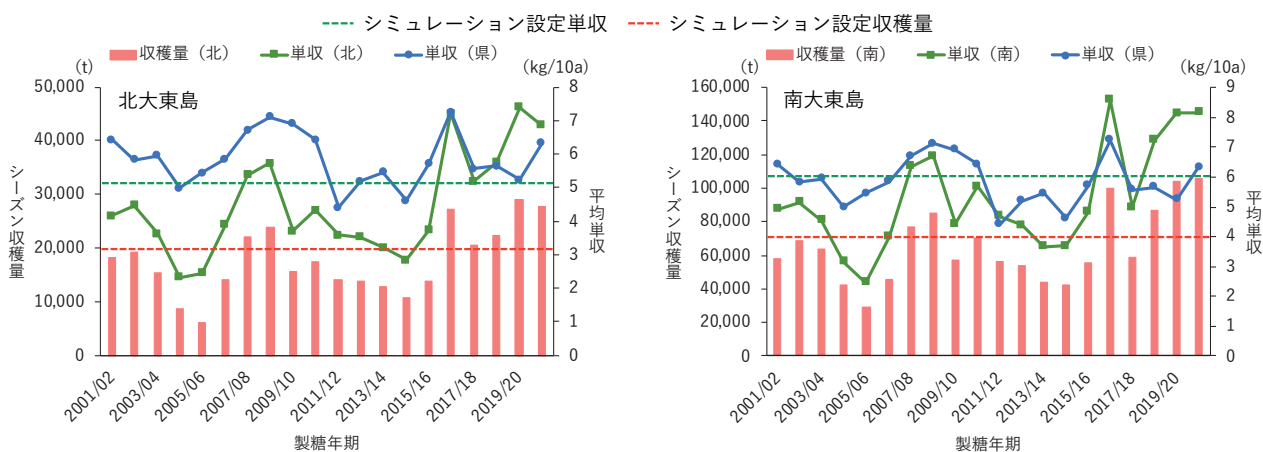
(4) 残された課題

本研究では収穫、搬出、運搬の各作業を担う複数の作業機を一括りにし、一つの作業グループとして捉えている。グループを構成する作業機が、余裕のある場合に他のグループの作業を応援するという状況は想定していない。効率的に作業を行うためには、作業機が他の作業機を待つ時間、いわゆるアイドリング時間を最小化する対策が重要である。本研究では、それぞれ単独の類型についての分析にとどまっているが、今後は複数の類型を組み合わせで最適化を図ることについても検討を進める必要がある。

おわりに

本稿は2014年から2017年に行った調査・研究の概要を紹介したものである。以後直近までの両島のサトウキビの生産状況は、2017-18製糖年期の南大東島の実績を除けば、筆者がシミュレーションの前提として設定したシーズン収穫量や単収を上回る結果を示している（図4）。特に、ここまで低迷していた単収が両島とも直近の3シーズンでは沖縄県の平均を超えていることは特筆できる。台風の影響が少なかったことや生育旺盛期に適切な降水量があったことなどが要因として考えられる（データ省略）。収穫機の代替えについては、北大東島では大型から中型への移行が進んでいる一方、南大東島では北大東島に先駆けて中型への代替えが行われたもののこの数年は大型に戻りつつある。RK97-14などの高単収品種の普及（2020-21製糖年期の収穫面積率31.8%、沖縄県農林水産部糖業農産課資料）で豊作が続いていることから、収穫の作業性と運営コストの再考による大型への回帰が選択されていると言えよう。なお、南大東島では中型への代替えを進めるにあたり、機材の選択肢を増やす目的で米国製収穫機の導入を検討したが、代理店の問題などで実現していない。また、2012年に北大東島に試験

図4 サトウキビ収穫量と単収の推移



資料：沖縄県農林水産部糖業農産課資料を元に筆者作成

的に導入された小型収穫機は、2020年以降は稼働していない。

紹介したシミュレーション結果は、作業量などの効率性と運用コストなどの経済性に視点が偏り、サトウキビの生産性を含めた検討が不十分だったことは否めない。機械化、特に収穫機がサトウキビの生産力にどう影響するのかについては、引き続き大きなテーマであり現在も分析を進めているところである。この点については改めて機会を得て紹介したいと考えている。

本調査・研究は筆者が沖縄県農業研究センター在職中に行ったものであり、沖縄振興特別推進交付金を活用した「新たな時代を見据えた糖業の高度化事業」の中で実施した。現地調査では両島の製糖工場、村役場、JAおきなわ各支店、生産法人、駐在の普及指導員など多くの関係者にご協力をいただいた。改めて感謝を申し上げる。

なお、紹介した内容の詳細については、以下に示した論文2報を参照いただければ幸いである。

【参考文献】

- 1) 赤地徹・吉原徹・前田建二郎・玉城磨・宮平守邦・正田守幸・安仁屋政竜・亀山健太・井上英二 (2017) 「沖縄県南北大東島におけるサトウキビの収穫・運搬作業体系のダウンサイジングに関する研究 ―現行のサトウキビ収穫・運搬作業の類型化と実作業量の推定―」『農作業研究』52 (1) pp.5-14. 日本農作業学会 〈https://www.jstage.jst.go.jp/article/jsfwr/52/1/52_5/_pdf/-char/ja〉
- 2) 赤地徹・恩田聡・玉城磨・米須勇人・宮平守邦・山田義智・正田守幸・新里良章・井上英二 (2020) 「沖縄県南北大東島におけるサトウキビの収穫・運搬作業体系のダウンサイジングに関する研究 ―持続的なサトウキビ生産を可能とする有効な収穫・運搬作業体系モデル―」『農作業研究』55 (4) pp.231-245. 日本農作業学会 〈https://www.jstage.jst.go.jp/article/jsfwr/55/4/55_231/_pdf/-char/ja〉