

ケーンハーベスタを活用した飼料用サトウキビ収穫調製作業体系の作業性

服部育男・高田雅透¹⁾・大野洋蔵²⁾・境垣内岳雄・鈴木知之³⁾・神谷 充³⁾

(2017年5月11日 受理)

要 旨

服部育男・高田雅透・大野洋蔵・境垣内岳雄・鈴木知之・神谷 充：ケーンハーベスタを活用した飼料用サトウキビ収穫調製作業体系の作業性. 農研機構報告九州農研 67: 15-21, 2018.

飼料用として育成されたサトウキビ新品種「KRFO93-1」は南西諸島における飼料自給率向上に貢献できる品種として期待されている。製糖用サトウキビの収穫はケーンハーベスタが主体であり、普及台数も多いことから飼料用サトウキビの収穫機として有望である。そこで、ケーンハーベスタの改良と再切断装置の開発を軸とした飼料用サトウキビの収穫調製作業体系の開発に取り組み、その作業性を評価した。切断部の巻き付き防止を中心に改良したハーベスタ、フォレンジハーベスタ、エレベータワゴンおよび細断型ロールベアラを組み合わせた再切断梱包システムを用い、2010年5月は3筆(63.1a)、2011年8月は4筆(59.5a)での収穫を実施して作業時間を測定した。作業時間の項目ごとの構成比をみると、作業停滞をしめす待機時間は全体の1割から3割程度であった。待機時間のうち作業開始時の待機時間の割合はトラックで34～41%、再切断・梱包で54～88%であったことから、前日収穫物の調製作業を組み込むことで、待機時間はトラックで10%程度まで、再切断・梱包で5%程度まで低減でき、その結果1日あたりの待機時間は20～40分となり、効率的に作業できることが示唆された。これらの結果をもとに処理量を試算すると、両年とも17t/日であった。以上よりケーンハーベスタ2台、トラック2台、拠点収穫システム、ホイールローダー2台の組作業で効率的に収穫・調製作業が可能であることが明らかとなった。

キーワード：飼料用サトウキビ、ケーンハーベスタ、拠点収穫システム、作業時間

緒言

南西諸島は製糖用サトウキビとともに畜産業とくに肉用牛子牛生産が農業生産の多くを占めている。南西諸島における主要な粗飼料生産は台風などの気象条件からローズグラスなどの牧草生産が主体である。また、製糖用サトウキビの梢頭部も冬場の貴重な粗飼料源である。平成5年から17年までの統計データからみた南西諸島の肉用牛生産は頭数では鹿児島県島嶼で約42,000頭から約44,000頭へ、沖縄県では約33,000頭から45,000頭へと増加している(農水省2007)。一方で、耕地面積が限られる島嶼部では頭数増加に伴う飼料作付け面積の増加は容易ではない。そのため、単位面積あたりの収量が大幅に高まる飼料用サトウキビの利用が拡大して

いる。飼料用サトウキビは製糖用サトウキビと比較して、初期生育や株の再生が優れ、乾物生産力が高いことを目標に育成が進められ、種子島を普及対象地域とする「KRFO93-1」(*Saccharum* spp. hybrid)(寺島ら2007)、奄美以南地域を普及対象地域とする「しまのうしえ」(境垣内ら2014)が飼料用サトウキビ品種として登録された。

飼料用サトウキビはコーンハーベスタで収穫可能であるが、南西諸島では台風の襲来が多く、倒伏した場合はコーンハーベスタでの収穫はきわめて困難である。また、トウモロコシ、ソルガムは南西諸島での栽培が少なく、域内の畜産農家はコーンハーベスタをほとんど所有していない。一方、製糖用サトウキビ専用収穫機であるケーンハーベスタは域内に

多く普及しており、倒伏したサトウキビについても収穫可能である。ケーンハーベスタは国内では3社が製造しており、基本的な仕様としては刈り倒し、裁断、トラッシュ除去、集茎の4つの機能を有する(赤地 2002)。ケーンハーベスタを飼料用サトウキビ収穫に活用することで、飼料用サトウキビ導入時における初期投資が低減でき、利用促進に貢献すると考えられる。また、ケーンハーベスタは、種子島におけるサトウキビの収穫において12月～4月に利用されている。飼料用サトウキビの収穫(5月, 8月)では、ケーンハーベスタが稼働していない時期に利用可能であり、飼料用サトウキビの収穫にケーンハーベスタを利用することで、ケーンハーベスタの稼働率も向上させることができる。しかし、ケーンハーベスタによる収穫物は切断長が20-30cmと一般的なトウモロコシサイレージの切断長である2-3cmと比較して長く、そのままでは高品質なサイレージ調製は困難である。したがって、ケーンハーベスタで収穫した材料を「再切断」する必要がある。そこで、ケーンハーベスタを用いた飼料用サトウキビの収穫体系を構築することを目的として、ケーンハーベスタの改良、ケーンハーベスタ収穫物の2次処理システムの開発に取り組み、その作業性を評価した。

本試験の実施にあたり、ケーンハーベスタの操作、トラックによる運搬には西之表市農業管理センターの支援をいただいた。梶 雄次九州沖縄農業研究センター畜産草地研究領域長には校閲、助言を頂いた。試験実施においてご尽力を頂いた上村克宏氏、清村

康氏をはじめとする九州沖縄農業研究センター技術専門職員のみなさま、作業データ計測にご協力を頂いた元非常勤職員の生山 茜様に記して謝意を表す。

材料と方法

ケーンハーベスタの改良

ケーンハーベスタで飼料用サトウキビを収穫する場合、製糖用サトウキビと最も異なる点は、収穫時期の製糖用サトウキビは葉部が枯れ上がり、容易に脱落することに対し、年2回収穫で栽培した飼料用サトウキビでは葉部の枯れ上がりがほとんどないことである。ケーンハーベスタの刈り倒し工程は①ベースカッターで茎の根元を切断し、②コンベアに送り込む、である。コンベアへの送り込みはベースカッターに装着したガイドが回転して行われる。製糖用収穫時の枯葉はガイドの回転により脱落するが、飼料用収穫時にはガイドに茎葉部が巻き付き、作業性が著しく劣った。そこで、送り込みガイドの形状を変更する改良を行った結果、巻き付きが防止され(第1図)、製糖用の収穫効率とほぼ同等になった。また、裁断工程では上述のように切断長が20-30cmであると、製糖用と異なり葉部も回収する飼料用では収穫ネットあたりの密度が低くなり、ネット交換の回数が増加することが問題であった。そこで、通常2枚刃の切断刃を4枚とし、切断長を10-15cmとして密度を高めた。試験ではケーンハーベスタ(松元機工製 MCH-15WE2)にこれらの改良を施したものをを用いた。



第1図 ベースカッターへの巻き付き状況
左：改良前 右：改良後

再切断装置の開発

再切断装置はフォレージハーベスタ（IHI アグリテック製 MFH4000R）の本体部をベースとして供給部を新規製作した（第2図）。改良点としては、①ベース機のロックアップの取り外し、②材料を搬送するベルトコンベアの取り付けである。つぎに収穫物をケーンハーベスタ収穫ネットからベルトコンベアへ直接投入するのは困難であったので、飼料運搬等に用いるエレベータワゴン（同社製 TFE1880）による材料の受け取り、ベルトコンベアへの受け渡しを行った。さらに、配送に適したサイレージ形態としてはロールベールが良いと考えられ、細断型ロールベラ（同社製 TSB0930）を活用した。

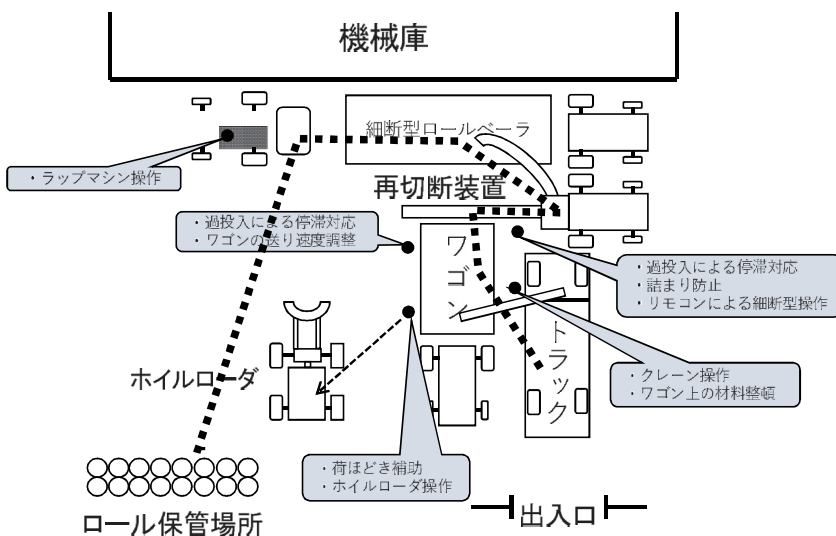


第2図 開発した再切断装置

これら改良・開発した機械を用い、実規模での収穫を実施して作業時間を測定し、作業性を評価した。飼料用サトウキビ品種「KRfo93-1」を2008～2009年にかけて植え付け、新植年を除いて概ね8月と5月の年2回収穫を繰り返している鹿児島県西之表市の現地試験圃場を対象として、2010年5月19～21日は3筆（63.1a）、2011年8月30～31日は4筆（59.5a）で実施した。用いた作業機は改良型ケーンハーベスタ2台、クレーン付きトラック（4t）2台、再切断装置1台、細断型ロールベラ1台、ラップマシン1台およびホイールローダーを2010年はロールベールの整頓のため1台、2011年はそれに加えて、圃場における収穫ネットの運搬に1台の計2台を用いた。

2010年の調製拠点は西之表市農業管理センター機械庫（30°45'24.2"N 131°02'00.4"E）で、収穫圃場との経路の距離は圃場A(35a)が約1.4km、圃場B(20.1a)が約8.7kmおよび圃場C(8a)が約9.2kmであった。2011年は調製拠点を九沖農研種子島試験地（30°44'07.8"N 131°03'47.0"E）とし、収穫圃場との経路の距離は圃場A(35a)が約8.2km、圃場B(10.05aのみ収穫)が約1.5km、圃場C(8a)が約1.0kmおよび圃場D(6.4a)が約1kmであった。なお、2010年の調製拠点における機械および人員の配置は第3図の通りであり、2011年も調製拠点が異なるが、ロール保管場所が2010年よりやや離れたことを除き、ほぼ同様の配置であった。

作業時間の測定はケーンハーベスタと運搬用トラックについてはGPSデータロガー（Global sat製DG-100）を装着して毎秒間隔で測位し、得られたデータを解析した。再切断から梱包・ロールの整頓までは1つの作業と見なし目視により計測した。収穫量はクレーン付きトラックで収穫物全てを再切断装置に投入する際に、収穫ネットごとにクレーンスケール（KIKAIYA製CS-1000）で計量した。調製量は梱包されたすべてのロールベールをトラックスケール（寺岡製DI-80）で計量した。



第3図 調製拠点における機械と人員の配置（2010年）

注：●は人員配置 ●●●●●はトラックからロール保管場所までの収穫物の経路

結果および考察

第1表に2010年の収穫作業の概要を示した。処理量は3圃場合わせて106ネット、41.02tを収穫した。3圃場平均の収穫量は6.47t/10aであった。ロールベール調製では127ロール、39.4tが調製できた。調製時の損失は3.8%ときわめて少なかった。また、発酵品質はいずれの圃場もV2-scoreで97点以上と優れていた。第2表に2011年の収穫作業の概要を示した。4圃場合わせて、69ネット、31.3tを収穫した。4圃場平均の収穫量は5.24t/10aで、2010年より単収が低い傾向があった。ロールベール調製で93ロール、29.7tが調製でき、調製時の損失は5.3%と2010年よりやや多かった。発酵品質は2010年収穫同様優れていた。

第4図に作業時間の項目ごとの構成比を示した。製糖用サトウキビの収穫において、当地ではケンハーベスタは畝に沿って前進して刈り取り、一畝を刈り取り終わったら、転回せずに後進して刈り始めの位置に戻り(第4図 移動)、隣の畝の刈り取りを行う。これは島嶼部においては畑一筆の面積が狭いため、枕地の作成が困難であるためである。そのため、作業時間の構成比では刈り取り(前進)時間と後進とトラック積み込みのための圃場内の移動を含めた移動時間が兩年ともほぼ同等であった。

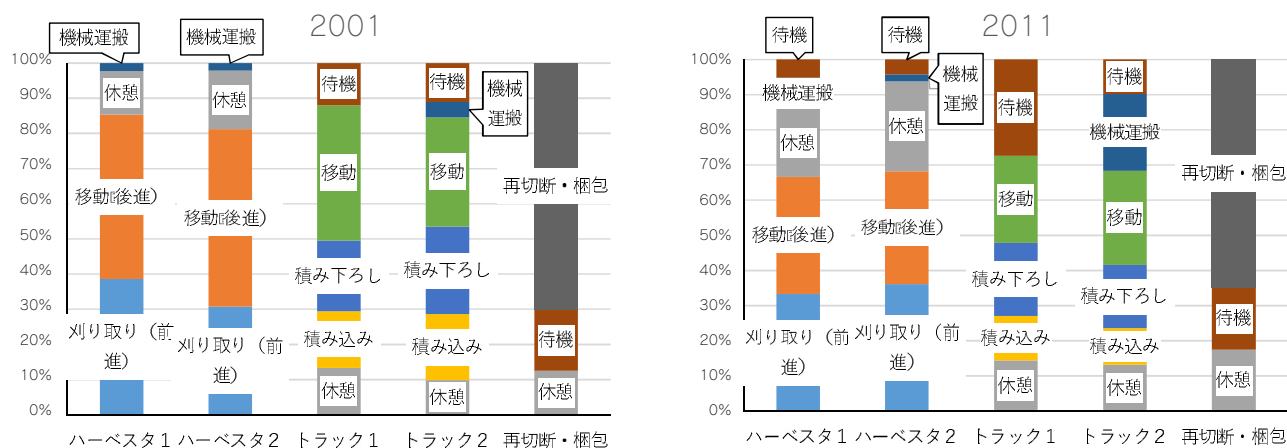
作業停滞をしめす待機時間は2010年がトラックで11~12%、再切断・梱包で17%、2011年はトラックで10~27%、再切断・梱包で18%であり、1割から3割程度の待機時間が発生した。

第1表. 2010年収穫作業の概要

圃場	作業面積 (a)	収穫量 (t/10a)	ネット数 (袋)	総量 (t)	ロール数 (個)	総量 (t)	損失量 (%)
A	35.0	4.6	40	15.98	48	15.25	4.6
B	20.1	9.2	49	18.51	59	17.89	3.3
C	8.3	7.9	17	6.53	20	6.31	3.4
合計	63.4	6.5	106	41.02	127	39.45	3.8

第2表. 2011年収穫作業の概要

圃場	作業面積 (a)	収穫量 (t/10a)	ネット数 (袋)	総量 (t)	ロール数 (個)	総量 (t)	損失量 (%)
A	35.0	3.3	24	11.69	33	10.76	7.9
B	10.1	10.3	23	10.35	32	9.58	7.4
C	8.3	6.9	13	5.67	17	5.97	0
D	6.4	0.6	9	3.6	11	3.39	5.8
合計	59.7	5.2	69	31.31	93	29.7	5.3



第4図 作業時間の機械・項目ごとの構成比

注：移動（後退）：圃場は枕地がほとんど無いため、ハーベスタが次の畝を刈り取る際は後進して刈り始めの位置に戻る動きを示す
 積み込み：トラックが収穫圃場で収穫ネットを積載するためのクレーン操作を示す
 積み下ろし：トラックがクレーン操作により、調製拠点での再切断装置への投入作業を示す
 機械運搬：ハーベスタをトラックに搭載して別の圃場への移動を示す
 移動：収穫物を積載したトラックが圃場から調製拠点までの移動を示す
 待機：トラックでは一杯になった収穫ネットがハーベスタから下ろされ、クレーンによる搭載を開始するまでの圃場での待機時間
 ハーベスタでは、収穫作業が終了し、次の圃場に移動するためのトラック搭載までの待機時間
 再切断・梱包では、収穫ネットを積載したトラックが到着し、投入を開始するまでの待機時間

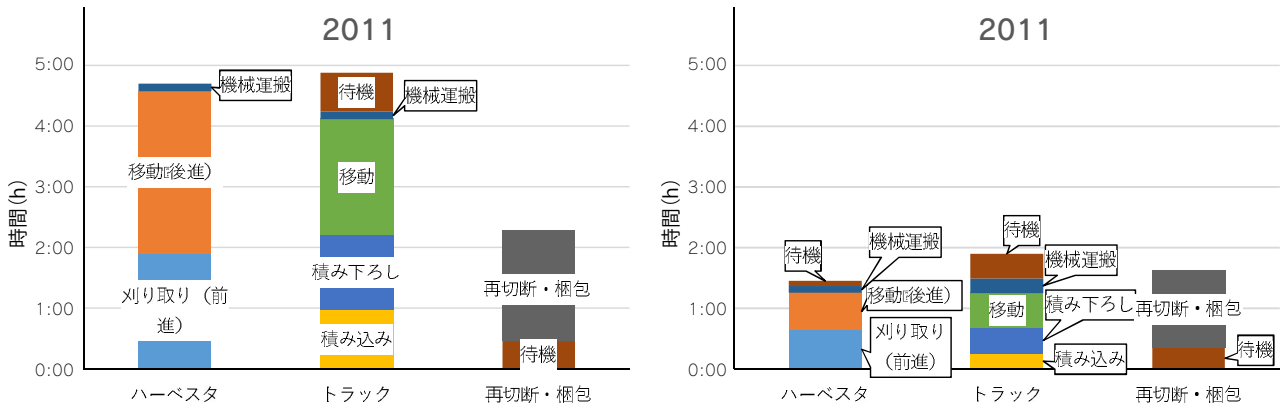
第3表 待機時間の詳細

年	作業機	全作業時間 (h:m:s)	全待機時間 (h:m:s)	全待機時間/ 全作業時間 (%)	作業開始時の 待機時間 (h:m:s)	作業開始時の待機 時間/全待機作業 時間 (%)	(全待機時間- 作業開始時の 待機時間)/ 全作業時間 (%)
2010	トラック	35:11:39	4:03:59	12	1:22:33	34	8
	再切断	17:03:32	2:54:00	17	1:33:48	54	8
2011	トラック	26:29:10	4:55:31	19	2:00:12	41	11
	再切断	11:47:00	2:06:00	18	1:51:00	88	2

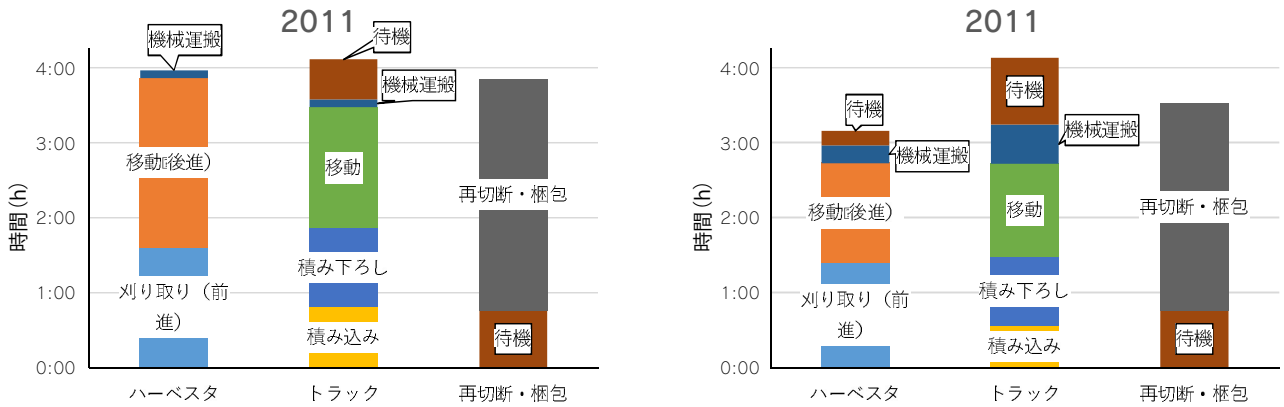
第3表に待機時間の詳細を示した。待機時間のうち作業開始時の待機時間の割合はトラックで34～41%、再切断・梱包で54～88%であった。すなわち、ケーンハーベスタで最初の収穫を終えるまで、運搬や再切断の作業は待機となるが、その待機時間が全待機時間の半分近くとなり、きわめて非効率のと考えられた。また、作業終了時には逆のパターン、すなわち、ケーンハーベスタが作業可能にもかかわらず、その後の処理のため、早めに収穫作業を終了させる必要があった。この問題を解決するためには、当日最後の収穫物の調製作業を翌朝に行うことで、収穫作業は作業時間いっぱいまで、再切断・梱包作業は朝から作業が可能になると考えられた。そのような作業スケジュールを想定した場合の待機時間の割合は、第3表に示す、(全待機時間-

作業開始時の待機時間) / 全作業時間のみとなることから、待機時間はトラックで10%程度、再切断・梱包で5%程度となる。その結果、1日の作業時間を7時間とすると、待機時間はトラックで約40分、再切断・梱包で約20分となり、効率的に作業できることが示唆された。なお、この作業体系を実現するためには前日収穫物を翌朝調製した場合に発酵品質等に問題がないことが必要である。これについては別途試験を実施し、発酵品質に問題がないことを確認した。

第5図に10aあたりの作業時間を示した。2010年に比較して2011年はいずれの機械も作業時間が大幅に削減された。この理由は2011年は単収が2010年の8割程度であったことが大きく影響していると考えられる。また、ケーンハーベスタは年々



第5図 10aあたりの作業時間 (h)
 注：ハーベスタとトラックは2台の平均値を示す
 凡例の説明は第4図と同じ



第6図 10tあたりの作業時間 (h)
 注：ハーベスタとトラックは2台の平均値を示す
 凡例の説明は第4図と同じ

改良を行ったため、その改良効果も含まれると考えられた。さらにはケーンハーベスタの移動時間が短縮されていることから2011年に実施したホイローダーによる収穫物移動運搬補助の効果も大きいと考えられた。1日あたりの作業時間を7時間とし、圃場と調製拠点の移動距離が10km以下、収量が5～7tFM/10a、再切断・梱包作業も前日に残っていた材料を用いて開始時から作業するとした場合、1日あたり28(2010)～36a(2011)処理できると考えられた。

第6図に10tあたりの作業時間を示した。ハーベスタ1台あたりの作業時間は2011年が2010年と比較して減少した。これは前述のようにハーベスタの改良効果、ホイローダーによる収穫物移動補助の効果が影響していると考えられた。一方、トラック運搬、再切断・梱包作業時間は両年で差がほとん

どなかった。そのため1日(7時間)あたり処理量は両年とも17tとなった。6事例データ(全国農業協同組合連合会2002)から試算した飼料イネの専用収穫機体系の処理量は20t/日、1日予乾を含む牧草収穫体系では5t/日(鈴木ら2005より試算)であり、同等の作業効率と考えられた。

以上より飼料用サトウキビの収穫作業においてはケーンハーベスタ2台、トラック2台、拠点収穫システム、ホイローダー2台の組作業で効率的に収穫・調製作業が可能であること、1日あたりの収穫量は圃場と調製拠点の移動距離が10km以下の場合、倒伏等で収穫作業が困難でなければ、単収にかかわらず17t程度であり、作業計画の策定に当たっては面積ではなく、収穫想定量を基準に検討することが有用であることが明らかとなった。

引用文献

赤地 徹 (2002) 沖縄県におけるサトウキビハーベスタの歴史とこれからの方向. 月報 砂糖類情報: 2002 4月号
 農林水産省 (2007) 作物統計調査.
 境垣内岳雄・寺内方克・寺島義文・服部育男・松岡誠・杉本明・服部太一郎・樽本祐助・田中穰・石川葉子・伊禮信・氏原邦博・下田聡 (2014) 黒穂病抵抗性に優れ多収の飼料用サトウキビ品種「しまのうしえ」の育成. 九

州沖縄農業研究センター報告 62: 41-51.
 鈴木一好・井口元夫・内田賢一 (2005) 千葉県内における飼料イネの類型別収穫・調製コスト. 千葉畜セ研報 5:23-27
 寺島義文・杉本明・境垣内岳雄・松岡誠・伊禮信・氏原邦博・福原誠司・服部育男・神谷充・塩崎久博・遠藤剛・宮下浩秋 (2007) 南西諸島の新しい飼料 作物-飼料用サトウキビ新品種「KRFo93-1」-. 日草九支報 37: 34-36.
 全国農業協同組合連合会 (2002) 稲発酵粗飼料への取り組み事例集 177p

Workability of the fodder sugar cane ensiling system utilized sugar cane harvester.

**Ikuro Hattori, Masayuki Takada¹⁾, Youzo Ohno²⁾,
 Takeo Sakaigaichi³⁾, Tomoyuki Suzuki⁴⁾, Mitsuru Kamiya⁴⁾**

Summary

Fodder sugar cane variety "KRFo93-1" is expected to contribute to improving feed self-sufficiency ratio in the southwest islands of Japan. The sugar cane harvester is the main implement for harvesting sugar cane in these areas. Therefore, we developed an ensiling system for fodder sugar cane based on improving the cane harvester and developing a chopping system. We used an ensiling system that in turn used an improved cane harvester, elevator wagon, chopping system constructed forage harvester, and roll baler for chopped materials. We also performed ensiling work on a demonstration scale, measured its work time, and evaluated its workability. In the truck and chopping system, the waiting time to exhibit work stagnation was 10 to 30% of the whole. The ratio of initial waiting time for harvesting was 54 to 88% in the chopping system and 34 to 41% in the truck. This suggests that waiting time can be reduced to 5% of the entire work time in the chopping system and to 10% in the truck, with chopping materials that were harvested the day before. The amount of harvest and preparation in one day (7 hours) was estimated 17 ton with both years based on these results. These results indicated that groups of two cane harvesters, two trucks, a chopping system, and two loaders can ensile effectively.

Key words: Fodder sugar cane, Ensiling system, Sugar cane harvester, Work time

Division of Livestock and Grassland Research, NARO Kyushu Okinawa Agricultural Research Center. Suya 2421, Koshi, Kumamoto 861-1192, Japan.

1. IHI Agri-Tech Corporation, 1061-2 Kamiosatsu, Chitose, Hokkaido 066-8555, Japan.

2. Matsumotokiko Co., Ltd., Makinouchi 9325, Ei, Minamikyusyu, Kagoshima 891-0702, Japan.

3. NARO Kyushu Okinawa Agricultural Research Center, Tanegashima

4. Present Address; NARO Institute of Livestock and Grassland Science, Tochigi