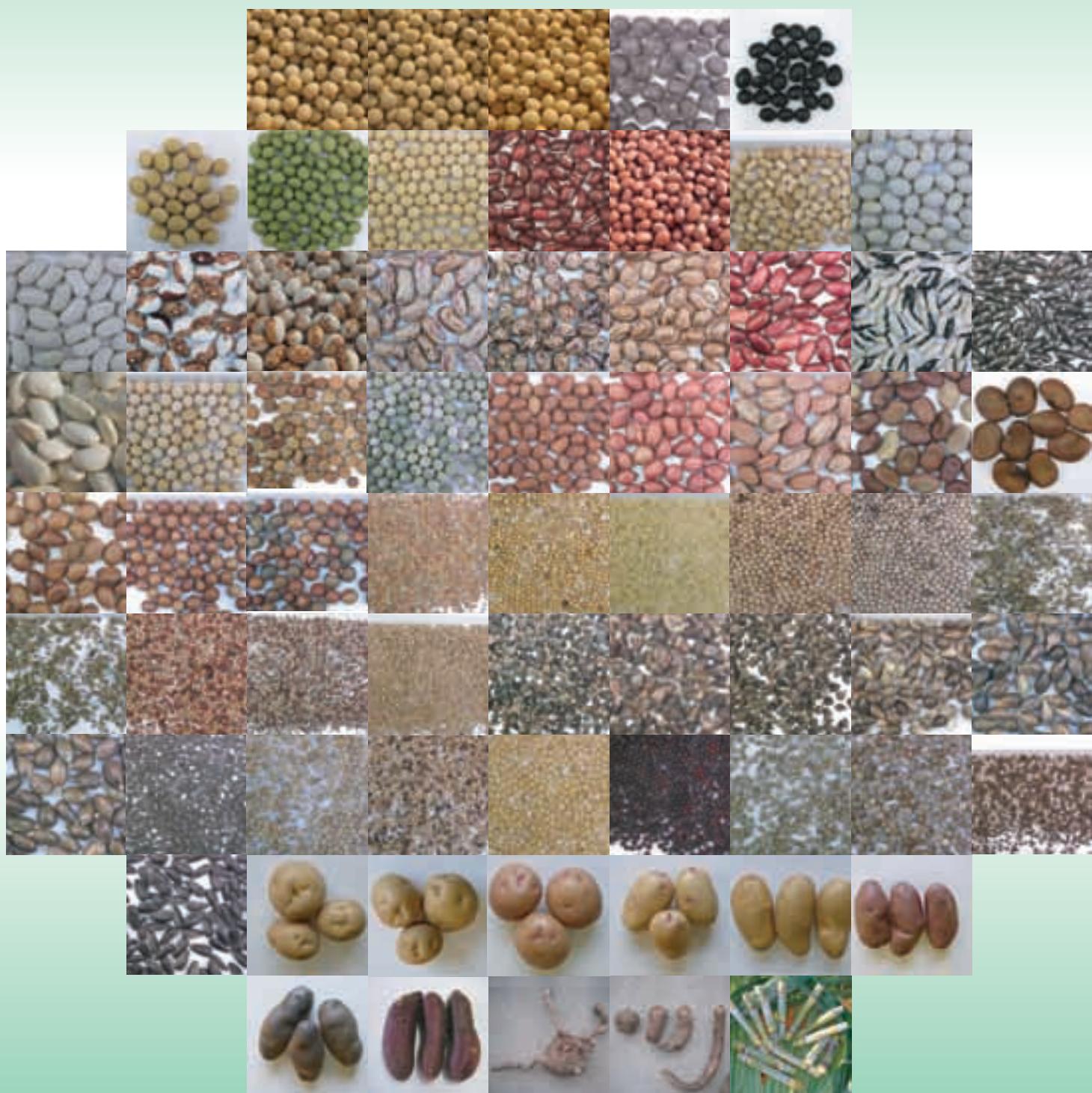


特產種苗

No. 12
2011. 11

【特集 甘味資源作物】



財団法人
日本特產農作物種苗協会

表紙の特産農作物名（品種名）

	大豆 (トヨホマレ)	大豆 (トヨコマチ)	大豆 (ユキホマレ)	大豆 (新丹波黒)	大豆 (中生光黒)	
大豆 (エンレイ)	大豆 (青端豆)	大豆 (納豆小粒)	あずき (アカネダイナゴン)	あずき (エリモショウズ)	あずき (ホッカイシロジョウズ)	いんげんまめ (白金時)
いんげんまめ (つる有大福)	いんげんまめ (つる有大虎)	いんげんまめ (福虎豆)	いんげんまめ (長鶴)	いんげんまめ (大丸鶴)	いんげんまめ (つる有穗高)	いんげんまめ (大正金時)
いんげんまめ (大白花)	えんどう (白エンドウ)	えんどう (豊寿大莢)	えんどう (東北1号)	落花生 (千葉小粒)	落花生 (金時)	落花生 (千葉半立ち)
そらまめ (天草小粒)	シカクマメ (ウリズン)	シカクマメ (石垣在来)	アワ (南小日紅穀)	アワ (栗信濃1号)	アワ (入間来)	キビ (泰信濃1号)
ヒエ (2E-03)	シコクヒエ (白峰)	シコクヒエ (秋山77-6)	シコクヒエ (祖谷在来)	ソバ (鹿屋ゾバ)	ソバ (隣上早生)	ソバ (岩手本場)
ハトムギ (岡山在来)	ゴマ (黒ごま)	ゴマ (白ごま)	ゴマ (金ごま)	ゴマ (茶ごま)	ナタネ (農林8号)	エゴマ (ジュウネ)
	ヒマワリ (ノースクイン)	馬鈴しょ (男爵薯)	馬鈴しょ (キタアカリ)	馬鈴しょ (さやあかね)	馬鈴しょ (はるか)	馬鈴しょ (メーケイン)
		馬鈴しょ (シャドーケイン)	さつまいも (ベニアズマ)	こんにゃく	こんにゃく <生子(きご)>	さとうきび

(写真・資料提供)

(独)農業生物資源研究所・(独)種苗管理センター・群馬県農業技術センター

《てん菜の種子》



テンサイの裸種子（果実）（写真左：単胚種子、右：多胚種子）（21ページ参照）

てん菜の採種圃場（30ページ参照）

《てん菜栽培の技術》



麦類を利用した風害軽減対策（50ページ参照）

①整地前散播方式（麦散播のち播種）

②畦間条播方式（てん菜播種後麦条播）

③同時播種方式



耐風害播種床形成機構を装着した開発機（51ページ参照）



カッティングドレーン施工状況と土壤断面（58ページ参照）



カッティングソイラ施工状況と土壤断面（59ページ参照）



甜菜紙筒栽培発祥の地の石碑
(北見市常呂町) (44ページ参照)



てん菜移植栽培に用いる紙筒
(45ページ参照)



てん菜園場とてん菜糖製糖工場
(68ページ参照)

《さとうきびの品種》



収穫期の「黒海道」(左) 右は品種「NiF8」(75ページ参照)



飼料用サトウキビ品種「しまのうしえ」の草姿(左) (97ページ参照)



高バイオマス量サトウキビ「KY01-2044」(右)
(136ページ参照)



a : 南大東島でのエリアンサスと多収性種間雑種系統、
b : 東北タイでのエリアンサスと製糖品種 (90ページ参照)



宮古島支所内における株出し栽培 (89ページ参照)

《さとうきびの栽培技術》



交信かく乱剤 (115ページ参照)



かく乱剤チューブ設置 (115ページ参照)



固定式誘殺灯 (116ページ参照)



可動式アオドウガネ誘殺灯
(116ページ参照)



全茎式苗対応プランタによる植え付け (123ページ参照)



ビレットプランタによる植え付け (123ページ参照)



サトウキビ日本一の川満長英氏とNi21
(宮古島、平成22年2月16日) (88ページ参照)



サトウキビ栽培ほ場 (さぬき市) (145ページ参照)



種子島における春植マルチ被覆圃場
(150ページ参照)



マルチ被覆後の萌芽 (151ページ参照)



点滴チューブによる灌水作業
(162ページ参照)



ハーベスター (155ページ参照)

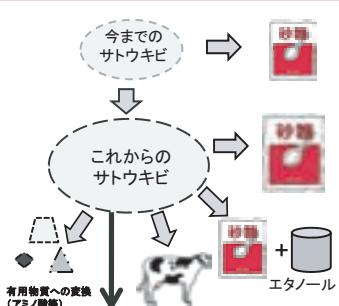


ハーベスターによる収穫作業 (161ページ参照)

《てん菜・さとうきびの利用》



てん菜を利用した多様な製品開発 (63ページ参照)



新しいサトウキビ展開のイメージ (71ページ参照)



沖縄で生産されている7種類の黒糖 (130ページ参照)

かんしゃ、かんしゃの
よこかしら

新しいデザインロゴ (143ページ参照)



新しいデザインパッケージ (143ページ参照)

目 次

カラーグラビア

【巻頭言】

- ・てんさいとさとうきび その出自と今日

.....サトウキビ等熱帶糖質資源作物の未来指向型技術開発研究フォーラム運営委員長 杉本 明 1

【特集】〈甘味資源作物〉

「行政等の取組」

・甘味資源作物・砂糖をめぐる情勢	農林水産省農産部地域作物課 地域作物第1班	2
・北海道のてん菜生産の現状について	北海道農政部食の安全推進局 農産振興課	6
・てん菜糖業の現状と課題	日本ビート糖業協会 常務理事 村山義晴	9
・鹿児島県におけるさとうきび生産の取組	鹿児島県農政部農産園芸課	12
・沖縄県におけるさとうきび生産の取組	沖縄県農林水産部糖業農産課	16

「生産動向」

1 てん菜

(1) 育種・品種の動向

- ・北海道農業研究センターにおける品種改良

.....(独)農研機構 北海道農業研究センター 畑作研究領域 田口和憲 20

- ・てん菜品種の変遷と現在の主な品種について(社)北海道てん菜協会 25

- ・北海道におけるてん菜の種子生産ホクレン農業協同組合連合会 てん菜生産部原料課 29

(2) 生産技術

- ・てん菜と温暖化北海道立総合研究機構 十勝農業試験場 生産システムグループ 梶山 努 32

- ・適正な施肥管理によるてん菜のコスト削減北海道立総合研究機構 北見農業試験場 笛木伸彦 35

- ・てん菜病害虫の防除技術 -褐斑病とヨトウガ-

.....北海道立総合研究機構 中央農業試験場 病虫部 予察診断グループ 清水基滋 40

- ・てん菜の移植栽培日本甜菜製糖株式会社 農務部 44

- ・てん菜の直播栽培北海道立総合研究機構 北見農業試験場 地域技術グループ 大波正寿 47

- ・てん菜直播機の開発状況 -てん菜生産における省力化と風害軽減技術

.....(独)農研機構 生物系特定産業技術研究支援センター 園芸工学研究部 市来秀之 51

- ・てん菜自走式多畦ハーベスターの導入による低コスト生産に向けて(社)北海道てん菜協会 54

- ・最新の低コスト排水改良工法 -カッティングドレーン工法とカッティングソイラ工法-

.....(財)北海道農業開発公社 農場整備部 常田大輔

(独)農研機構 農村工学研究所 北川 巍 58

(3) 利用技術

- ・持続的発展に向けたてん菜の多用途利用

.....(独)農研機構 北海道農業研究センター畑作研究領域 高橋宙之 61

(4) 産地等の特徴的取組

- ・てん菜栽培における優良事例

.....北海道立総合研究機構 十勝農業試験場 生産システムグループ 山田洋文 64

- ・てん菜の生産圃場について北海道糖業株式会社 農務部 農事技術課 68

2 さとうきび

(1) 育種・品種の動向

・新時代に向けたサトウキビの品種開発の方向

—サトウキビの特徴を最大限に活用した未来指向型の利用展開に向けて—

..... (独) 農研機構 九州沖縄農業研究センター 作物開発・利用研究領域 寺内方克 70

・九州・四国等の本土向けサトウキビ品種「黒海道（くろかいどう）」

..... (独) 農研機構 九州沖縄農業研究センター 作物開発・利用研究領域 寺内方克 75

・鹿児島県におけるさとうきびの主な品種と課題

..... 鹿児島県農業開発総合センター徳之島支場 作物研究室 小牧有三 76

・沖縄県における主な品種と課題 沖縄県農業研究センター 作物班 伊禮 信 81

・沖縄県農業研究センター宮古島支所における育種を中心としたサトウキビ研究の紹介

..... 沖縄県農業研究センター宮古島支所 出花幸之介・下地格・比屋根篤 85

・近縁属植物を利用したサトウキビ改良の取り組み

..... (独) 国際農林水産業研究センター熱帯・島嶼研究拠点 寺島義文 90

・飼料用サトウキビ品種の開発とその特性

..... (独) 農研機構 九州沖縄農業研究センター 作物開発・利用研究領域 境垣内岳雄 94

・奄美以南地域向け飼料用サトウキビ新品種「しまのうしえ」の育成

..... (独) 農研機構 九州沖縄農業研究センター 作物開発・利用研究領域 境垣内岳雄 97

・さとうきび原原種の生産・配布 (独) 種苗管理センター 沖縄農場 德永國男 98

(2) 生産技術

・種子島におけるマルチ栽培と持続的株出しに向けた新たな展開

..... 鹿児島県農業開発総合センター熊毛支場 作物研究室 上野敬一郎 102

・サトウキビ栽培における肥料の低減 沖縄県農業研究センター 土壌環境班 久場峯子 107

・さとうきびを加害する土壤害虫の生態とその防除法 沖縄県農業研究センター 新垣則雄 113

・沖縄本島南部地域におけるヤブガラシの発生状況とグリホサートカリウム塩液剤をもちいた防除対策

..... 沖縄県農業研究センター石垣支所 比屋根真一 118

・さとうきび栽培の機械化 鹿児島県農業開発総合センター徳之島支場 樋高二郎 121

・サトウキビ生産と製糖工場のシミュレーションモデルの開発

..... (独) 農研機構 九州沖縄農業研究センター 作物開発・利用研究領域 樽本祐助 126

(3) 利用技術

・サトウキビの食品利用と新商品の開発

..... 沖縄県農業研究センター農業システム開発班 広瀬直人 130

・高バイオマス量サトウキビを用いた砂糖・エタノール複合生産プロセス

～新しい農工一体型・産業横断型プロセス設計～

..... アサヒグループホールディングス（株） 豊かさ創造研究所バイオエタノール技術開発部

小原 聰 134

・ケーンセパレーションシステム CSSによる高付加価値商品の開発

..... (株) 沖縄さとうきび機能研究所、もったいないバイオマス（株） 高村善雄 138

(4) 産地等の特徴的取組

・最北限の砂糖キビ産地 静岡県掛川市における地砂糖「よこすかしろ」の再興について

..... 静岡県掛川市 大須賀町商工会 特產品委員会 141

・香川、徳島での和三盆糖産地の維持継続を目指して・香川県東讃農業改良普及センター 松村晴美 145

・「さとうきび栽培の北限地種子島」での生産の取り組み 新光糖業株式会社 農務部 林 隆夫 149

・徳之島における「サトウキビ収穫機械化」の推移 南西糖業株式会社 當 好二 153

・沖縄本島中南部地域における年内早期操業について 翔南製糖株式会社 大庭達人 157

・南大東島におけるさとうきび生産の取り組み事例（大規模機械化）

..... 大東糖業株式会社 南大東事業所 前田建二郎 161

卷頭言

てんさいとさとうきび その出自と今日 -北の大地と南の島と-

サトウキビ等熱帯糖質資源作物の未来指向型技術開発研究フォーラム

運営委員長 杉本 明

(国際農林水産業研究センター熱帯・島嶼研究拠点 特別研究員)

砂糖・甘味は人間の生活維持、そして安らぎの獲得に欠かせない食料・食品である。脳の唯一のエネルギー源であるブドウ糖の供給源として、人間ばかりではなく、多くの動物にとって必須の食料でもある。大西洋の島々を経た南米大陸へのさとうきび栽培の伝搬や欧州におけるてんさい誕生の歴史は、甘味・砂糖の重要性を物語っている。その代表的な二つの作物が本号特集の「さとうきび」と「てんさい」である。

二つの甘味資源作物、どちらも世界的に重要な大作物、世界商品の原料であり、欧州世界の歴史進行と共に育った作物である。地域の基幹的産業の原料であることも共通している。大きな違いはその出自にある。さとうきびの出自は1万年程前のスラウェシ島・ニューギニア島周辺、赤道に近い熱帯である。現在は、中南米、アフリカ、南部アジア、豪州の他、太平洋に浮かぶ島嶼に多い。日本では南西諸島が主産地である。てんさいの出自は温帶、ナポレオン時代の欧州である。現在は、欧州、北米、北部アジアに広がる大作物であり、日本では北海道が産地である。熱帯のイメージは、豊かな陽光、むせ返るような雨、多様で数多い生物種の存在である。厳しい乾季を持つ地域もある。農業的には、光と水の十分な供給（乾季は深刻な乾燥）、維持の難しい地力（分解されやすい有機物）、そして多種多様な病害虫の存在と言える。これらの自然環境の特徴は、持続的な農業の振興に、多量の有機物生産とその圃場還元の体系化が必要である事を示している。一方、温帶のイメージは、輝く春の息吹、豊かな夏、早い秋、厳しく長い冬であろうか。植物の年間生長量は熱帯のそれと比べ少なく、その割には落ち葉の堆積が厚い。病害虫の種類、数や活動期間も熱帯と比べ少ない。そのようなところでは、少ない乾物生産を効率よく使う技術、育種では収穫指数が高いことが重要である。そういうえば、さとうきびは高さ3 m程度に達するのが普通で、台風の多い日本

では、長い茎が倒伏して厚く重なった畑も多い。枯れ葉、梢頭部等、トラッシュと呼ばれる非利用部分も多い。工場でも、搾汁残さとしてのバガス（纖維が主成分）が多量に発生する。一方、てんさいは砂糖大根とも呼ばれるように、地下部の肥大した根が収穫物であり、収穫物の割合は高い。工場でも、わずかな部分が搾り滓として排除されるにすぎない。これらの特性は、産業の特質を形成して技術・システムの現在に色濃い個性を与えており、進むべき方向を特徴つけてもいるはずである。有機物消耗の激しい熱帯・亜熱帯では、高糖性さとうきびを環境・労働収奪型で生産する従来の方法を改め、出来る限り多くの有機物を圃場に還元すること、それを労働負荷低減、高付加価値化と共に達成することが重要である。高いバイオマス生産力を用いて一層のエネルギーを生産すること、収穫期間を可能な限り拡張して高付加価値利用を進めることも重要なことであろう。作物利用効率が高いてんさいの場合、土地利用効率の最大化に向けた努力、単位収量の向上と在圃期間短縮をさらに進めることができることがなお重要であろう。

食料・エネルギー需給逼迫の中、てんさいやさとうきび等の糖質作物には、エネルギー原料作物としての期待が高まっている。国内の砂糖生産という点では、てんさいは生産調整が行われる一方で、さとうきびは増産対策がとられている。一見対照的な二つの作物であるが、厳しさを増す経済事情の中で、産業活動高度化＝持続性の高い骨太な技術の必要性はどちらにも強い。巻頭の言葉に、てんさいとさとうきびの出自を述べたが、技術開発に際し、対象とする作物とその生産環境の特徴を深く理解することが何よりも重要と考えたためである。本特集によって、てんさいとさとうきび、我が国の2大糖質資源作物の技術開発の現状を一望することができる。本書の読み解きに際して、視写界深度の深い、骨太な視野からのご批判を得たいと願う故である。

甘味資源作物・砂糖をめぐる情勢

農林水産省農産部地域作物課 地域作物第1班

1. はじめに

砂糖は、我が国国民の摂取カロリー全体の約8%を占めており、菓子類や清涼飲料、乳製品など様々な食品に用いられる食生活において不可欠な品目であるといえます。

砂糖の供給量は21砂糖年度で2,124千トンです

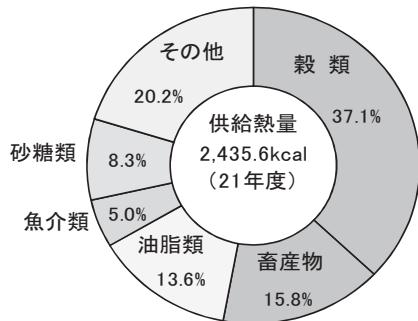


図1 国民1人・1日当たりの供給熱量

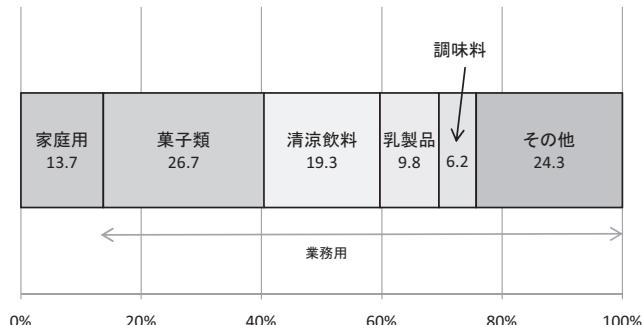


図2 砂糖の用途別消費量

が、そのうち約6割はタイやオーストラリアからの輸入された粗糖を原料として国内で製造された精製糖であり、国産糖は約4割となっています。ここでは、この国産糖やその原料である甘味資源作物の状況についてご説明いたします。

2. てん菜の生産動向

てん菜は北海道における輪作体系上重要な基幹作物であり、国内産糖製造事業とあいまって地域の経済・社会を支える重要な役割を果たしています。

てん菜の生産状況をみると、作付面積が近年減少傾向で推移しており、農業団体自らが設定した作付指標面積68千ヘクタールを下回る状況となっ

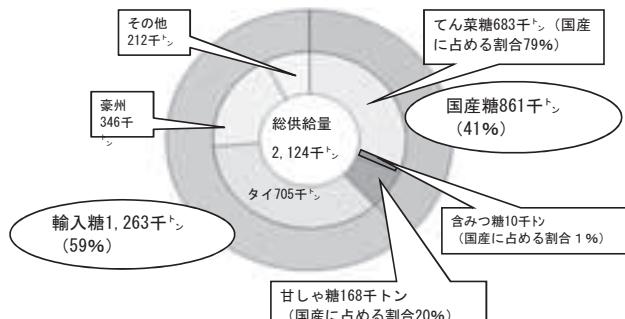


図3 砂糖の生産量・輸入量

表1 てん菜の生産状況

生産	栽培面積	単収	収穫量	平均糖度	栽培農家個数	1戸当たり作付面積	産糖量計	全算入生産費	労働時間
	ha	kg/10a	千t	度	戸	ha	t	円/10a	時間/10a
13	66,000	5,750	3,796	17.6	10,702	6.16	664,028	95,539	16.70
14	66,600	6,150	4,098	17.8	10,463	6.36	722,589	95,824	16.43
15	67,900	6,130	4,161	18.0	10,451	6.50	744,436	95,253	15.98
16	68,000	6,850	4,656	17.2	10,341	6.57	785,510	95,143	16.17
17	67,500	6,220	4,201	17.1	10,120	6.67	708,488	95,813	15.50
18	67,400	5,820	3,923	16.4	9,850	6.84	635,702	97,281	15.30
19	66,600	6,460	4,297	16.7	9,416	7.07	709,198	96,743	15.20
20	66,000	6,440	4,248	17.4	9,130	7.23	724,932	99,868	15.00
21	64,500	5,660	3,649	17.8	8,855	7.28	621,496	107,240	14.70
22	62,600	4,940	3,090	15.3	8,563	7.31	466,488	103,400	14.91

資料：農林水産省「作物統計」等

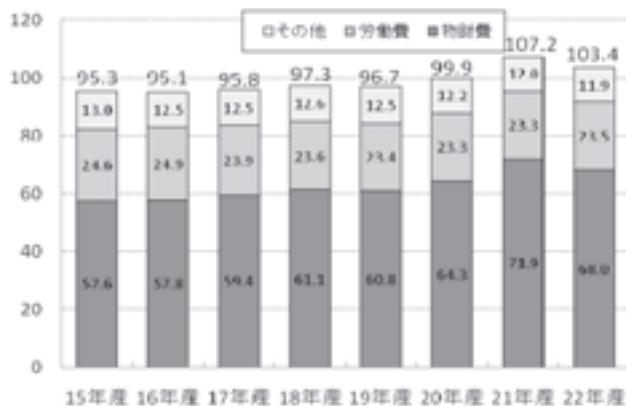


図4 てん菜の生産費の推移

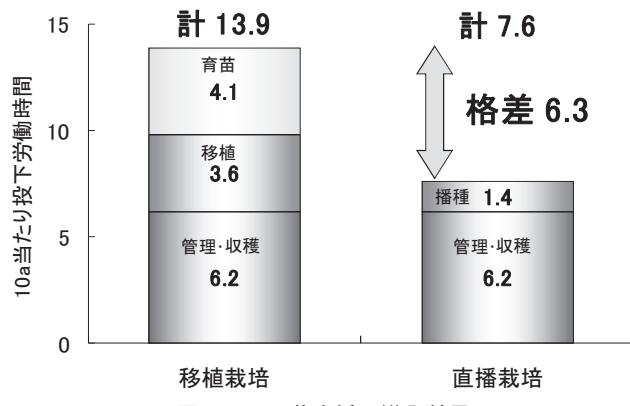


図6 てん菜直播の導入効果

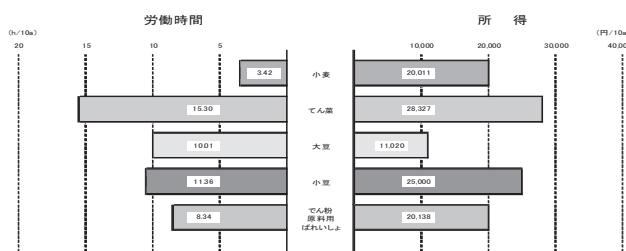


図5 畑作5品目の10a当たり投下労働時間と所得

ています。また、単収は10アール当たり6トン前後、平均糖度は17%前後で推移しています。

なお、昨年22年産は、4月下旬に一部地域での降雪等により定植が遅れ、加えて生育期の7~8月には気温、降水量とも平年を大きく上回ったため、湿害が発生し、褐斑病、黒根病の被害が拡大しました。その結果、単収4.9トン、平均糖度15.3%と平年を大きく下回り、産糖量も47万トンとなっております。

生産コストの状況をみると、1戸当たりの作付面積がここ10年間で約2割も拡大している中で労働費は減少傾向にあります。

近年、北海道畑作農業においても高齢化が進展し、農家戸数が減少している中で、てん菜は主要是多作物の中でも投下労働時間が多いことから、一層の規模拡大のためには直播栽培の導入等により省力化を図っていくことが必要であるといえます。

3. てん菜糖の製造動向

てん菜糖の製造については、これまで原料てん菜の糖度向上に伴う歩留りの向上やてん菜糖製造事業者の合理化によりコスト低減が図られてきましたが、操業度の低下や石油、石炭等の値上がりの影響で16年以降コストが上昇している状況にあります。

北海道には8つの工場がありますが、今後コストの低減余地が小さくなる中で、効率的な原料の集荷集荷体制を確立するなど、更なるコスト低減に向けた取組を検討していくことが必要です。

表2 近年のてん菜糖製造事業者の合理化の状況

(単位：億円、人)

砂糖年度	元年	6年	11年	16年	18年	19年	20年	21年	22年 (見込)
企業数 (工場数)	3 (8)	3 (8)	3 (8)	3 (8)	3 (8)	3 (8)	3 (8)	3 (8)	3 (8)
売上高 (製糖部門)	1,331 (1,063)	1,083 (845)	924 (689)	966 (701)	1,003 (738)	1,061 (751)	1,066 (763)	1,126 (835)	1,020 (738)
経常利益	39	8	▲1	13	3	19	26	71	1
従業員数	1,402	1,168	906	615	570	551	539	526	525

資料：農林水産省地域作物課調べ

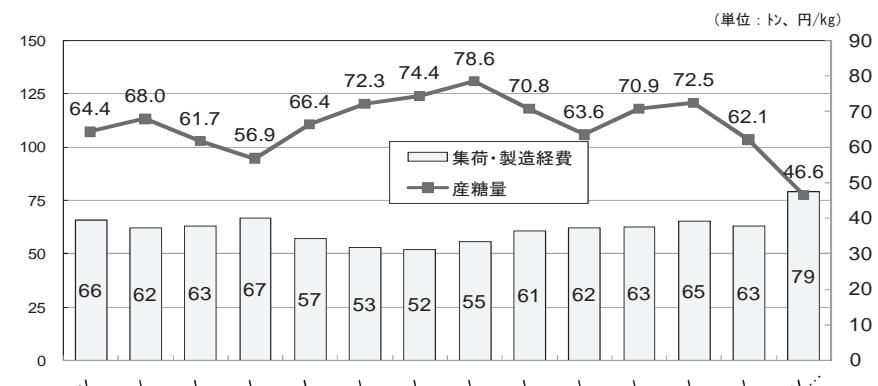


図7 てん菜糖製造事業者の製造コストの推移

表3 さとうきびの生産状況

年度	収穫面積	単収	収穫量	平均糖度	栽培農家数	1戸当たり 収穫面積	産糖量計	分みつ糖	含みつ糖	全算入 生産費	労働時間
	ha	kg/10a	千t	度	戸	a	t	t	t	円/10a	時間/10a
13	22,800	6,570	1,499	14.3	29,761	76.5	185,138	177,585	7,553	188,622	95.66
14	23,800	5,580	1,328	14.1	29,629	80.2	159,843	149,113	10,730	181,862	91.40
15	23,900	5,810	1,389	14.1	29,012	82.2	168,203	160,394	7,809	175,349	87.43
16	23,200	5,120	1,187	13.0	28,897	80.1	133,445	126,493	6,952	169,412	86.71
17	21,300	5,700	1,214	14.0	28,054	75.7	146,425	137,976	8,449	170,561	86.24
18	21,700	6,040	1,310	14.5	27,808	78.1	164,316	155,481	8,835	172,484	85.33
19	22,100	6,790	1,500	14.4	27,025	81.5	185,926	176,677	9,248	182,297	84.52
20	22,200	7,200	1,598	14.9	26,668	83.1	203,999	195,963	8,845	187,694	86.68
21	23,000	6,590	1,515	14.5	26,586	86.5	186,029	175,780	10,248	176,453	75.33
22	23,200	6,330	1,469	13.8	26,545	87.5	172,772	163,759	9,013		

資料：農林水産省「作物統計」等

22年度の全算入生産費及び労働時間は今後公表予定のため空欄。

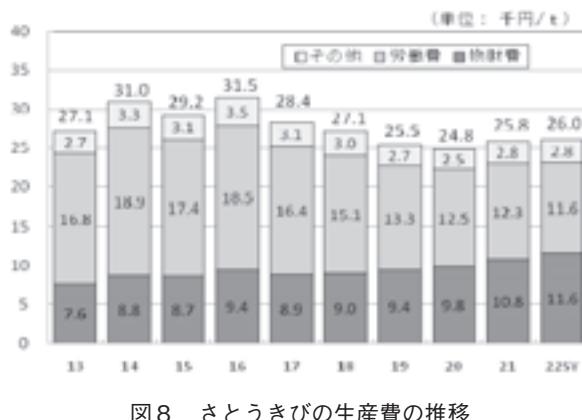


図8 さとうきびの生産費の推移

4. さとうきびの生産動向

さとうきびは台風、干ばつ等の自然災害の常襲地帯である鹿児島県南西諸島及び沖縄県においては代替が困難な基幹作物であり、地域の経済・社会を支える重要な作物です。

さとうきびの生産状況をみると、収穫面積は減少傾向で推移し、大きな台風被害を受けた平成16年産は過去最低の生産量となりました。このような状況を踏まえ、「さとうきび増産プロジェクト」を立ち上げ、鹿児島、沖縄両県で増産計画を策定し、関係者が一体となった増産に向けた取組を実施してきました。取組の成果や天候に恵まれたことから、近年では生産量も回復している状況にあります。

生産コストの状況をみると、零細規模の農家が大宗を占める極めて脆弱な生産構造であり、生産コストの約5割が労働費となっています。労働時間の約3割が収穫作業であり、近年ではこれらを中心とした作業委託が進展しており、物材費は増

加傾向となっていますが、労働費（労働時間）が低減したことにより生産費全体としては減少傾向にあります。

5. 甘しゃ糖の製造動向

甘しゃ糖の製造については、原料処理量が低下する中で甘しゃ糖製造事業者の合理化が進められてきたところです。

また、平成17年から進められている「さとうきび増産プロジェクト」等の取組により原料処理量及び操業率が向上し、コストも低減してきました。引き続きコストの低減を図るためにもさとうきびの品質向上や安定的な生産量の確保を図る必要があります。

表4 甘しゃ糖製造事業者の合理化の状況

砂糖年度	(単位：億円、人)									
	元年	6年	11年	16年	17年	18年	19年	20年	21年	22年
企業数	19	17	16	15	15	15	15	15	15	15
(工場数)	(23)	(21)	(18)	(17)	(17)	(17)	(17)	(17)	(17)	(17)
経常利益	31	▲22	14	▲18	7	10	28	42	32	15
従業員数	1,246	1,094	772	594	607	597	624	626	632	647

資料：農林水産省地域作物課調べ

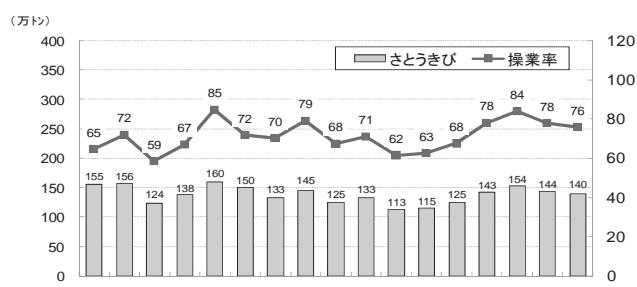


図9 甘しゃ糖工場の操業率の推移

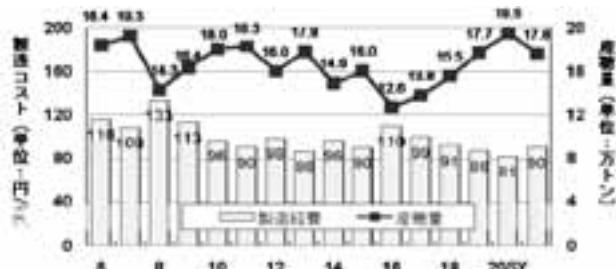


図10 甘しゃ糖製造事業者の製造コストの推移

6. 砂糖の価格調整制度の仕組み

先にも述べましたように国内で売られている砂糖はタイやオーストラリアなどから輸入される外国産原料糖と国内産糖から製造されていますが、外国産と国内産との間には価格差があります。

砂糖の価格調整制度は、外国産と国内産との内外格差を是正するため、外国産原料糖の輸入者(主に精製糖企業)から調整金を徴収し、これを財源として砂糖の原料となるてん菜・さとうきびを栽培している国内の生産農家や、国内産糖製造事業者を支援する仕組みとなっています。

また、生産者と国内産糖製造事業者との間の原料となるてん菜・さとうきびの取引価格は、生産者と製造事業者との事前の取り決めに基づいて、当事者間で決定した比率によって製品の販売価格を分配する方式(収入分配方式)により形成されています。

砂糖の価格調整の業務は、砂糖及びでん粉の価格調整に関する法律に基づき、(独)農畜産業振興機構において実施しています。

また、政策支援については、さとうきび生産者に対する政策支援、国内産糖製造事業者

に対する政策支援は農畜産業振興機構において実施され、てん菜生産者に対する政策支援については、国において麦・大豆等とともに農業者戸別所得補償制度として実施されています。このため、農畜産業振興機構から国庫へ調整金の一部が納付されているところです。

これらの制度によって我が国のてん菜・さとうきび生産と国内産糖の製造が支えられており、今後とも制度の円滑な運営が重要です。

7. おわりに

これまでみてきたとおり、北海道や鹿児島南西諸島、沖縄県の地域経済等にとって甘味資源作物や砂糖は重要なものです。その生産・製造を支える政策支援は調整金の賦課により国際価格よりも高い砂糖、でん粉を購入していただいている消費者の負担により賄われています。この制度に対する消費者や関係者の皆様の理解を得るためにも、透明性の高い制度の運営に努めていきたいと考えておりますので、引き続き関係者の皆様にもご理解・ご協力をいただきますようよろしくお願いいたします。

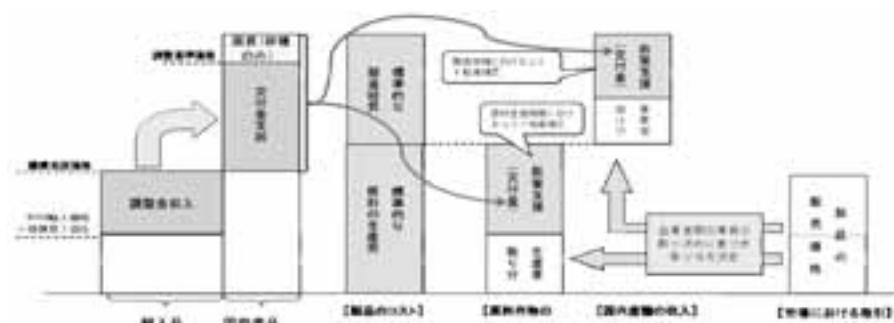


図11 砂糖の価格調整制度の仕組み

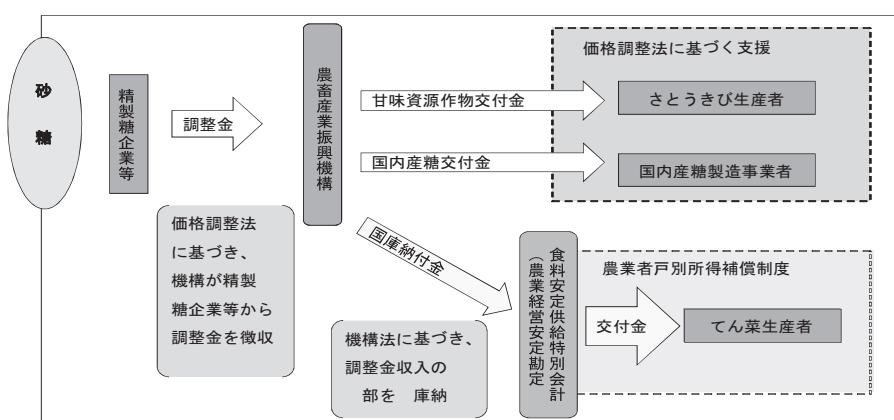


図12 砂糖に係る政策支援の資金の流れ

北海道のてん菜生産の現状について

北海道農政部食の安全推進局農産振興課

1 はじめに

北海道では、全国の約4分の1に相当する115万6千ha(平成22年)の広大な耕地面積を生かし、稻作、畑作、酪農などの土地利用型農業を中心とした生産性の高い農業が展開されています。その中で、てん菜は、単に寒冷地に適した農作物としてではなく、小麦、豆類、馬鈴しょと並び北海道畑作農業の輪作体系を維持する基幹作物に位置付けられ、さらにわが国の重要な甘味資源作物で、主要な畑作地帯である十勝、オホーツク管内を中心に全道各地で生産が行われています。

2 てん菜生産の概要

てん菜は、北海道の大部分の地域で生産されていますが、道東に位置する十勝及びオホーツク地域が主産地であり、この2地域で全体の約85%を生産しています。十勝では、主に小麦、豆類、馬鈴しょとの4品による輪作体系で栽培されており、一方、オホーツクでは小麦、馬鈴しょとの3品で輪作されていますが、近年は緑肥を導入して地力向上に努めているほか、十勝ではスイートコーンや葉茎菜類、オホーツクでは玉ねぎ等との複合経営が図られています。

また、てん菜は、北海道農業に根付いて100年以上となります。工芸作物である亜麻や薄荷は既に北海道農業からほとんど姿を消している中で、北海道農業の歴史とともに歩んできた現存する唯一の工芸作物と言えるものです。

さらに、てん菜は、原料を加工し、砂糖にすることにより価値が生み出されるものであり、原料生産とそれを加工する糖業とは切っても切れない関係となっています。500億円相当の原料を製糖工場で1,000億円の製品に仕上げ、毎年400万tにもおよぶ原料輸送作業等は、運輸・土木業界などと密接な関係があり、てん菜を中心とした関連産

業は、地域経済に大きな影響を与えています。

(1) 作付面積

昭和59年度の7万5千haを最高に平成11年度までは7万ha前後の作付でしたが、労働力不足、高齢化、交付対象数量の設定、農業政策の変更等の影響により徐々に減少し、平成22年度は、6万3千ha弱となり、約30年前の水準となりました。

(2) ヘクタール当たり収量

平成21年産までの7中5のヘクタール当たり平均収量は、62.15tでしたが、昨年は、近年まれに見る高温多雨の影響で褐斑病、根腐病等の病害が多発し、49.4tと平成8年産以来の50tを切る低収量となりました。

(3) 生産量

平成21年産までの7中5の平均生産量は、4,166千tですが、昨年は、作付面積の減少や病害の多発により3,090千tと平年と比較し、約1,000千tも減少しました。

(4) 根中糖分

平成21年産までの7中5の平均根中糖分は、17.2%ですが、昨年は、病害の発生、高温等により15.3%と昭和61年産からの始まった糖分取り開始以来、最低の糖分となりました。

(5) 作付農家戸数

昭和50年(1975年)には21,852戸で作付けされ、平成2年では、18,506戸、12年では、11,311戸、22年では8,563戸と20年間で約10,000戸もてん菜作付農家が減少しました。

(6) 一戸当たり作付面積

昭和50年(1975年)では、2.19ha/戸でしたが農家戸数の減少に伴い、平成2年では、3.89ha/戸、12年では、6.11ha/戸、22年では7.31ha/戸と20年間で一戸当たり作付面積は増加し、約1.9倍となっています。

3 てん菜生産の課題と今後の対応

道内のてん菜作付面積は、他品目への作付転換や、生産者の高齢化に伴う労働力事情から作付の縮小・中止などにより平成16年から減少し始め、その年から比較し、平成22年では、5千ha以上も減少しています。しかし、てん菜は本道畑作農業の基幹作物であり、適正な輪作体系を維持する観点からも一定程度の作付を確保する必要があります。道としては、平成23年3月に策定された第4期北海道農業・農村振興推進計画（H32年目標作付面積65千～66千ha）を踏まえた生産を推進するとともに、多収性・高糖分・耐病虫性の高い新品種の選定や技術開発等に努め、高品質なてん菜を省力的に生産することにより生産性と収益性を高める取組を進めています。

このための重点的な取組みとして、

- ・ 育苗・移植・収穫に係る共同作業や受委託など生産の組織化によるコスト削減と労働力不足に対する対応
- ・ 心土破碎など土壤改善とともに耐病性品種の選択や適正な肥培管理等の基本技術の励行による安定生産
- ・ 直播栽培等の省力的な生産方式の導入
- ・ 製糖工場の集荷製造経費の削減を図るための関係者の協同した取組みの検討

などを強力に取り進めていきたいと考えております。

4 最新のてん菜生産に対する取組

平成21年、22年の2年連続の作柄不良や農業者戸別所得補償制度への制度変更により、支援額が下がることで生産者手取りが下がるとの見方が広まることなどから生産意欲への影響が懸念され、今後、更なる落ち込みが危惧される状況となっています。

そこで、昨年12月に北海道が主体となって、てん菜をめぐる「正確な情報」を周知する必要があると考え、農業関係団体や糖業などのてん菜関係者（JA 北海道中央会、ホクレン、道農連、日甜、北糖、てん菜協会）とともに『てん菜の明日を考

える会』を立ち上げました。この会の活動実績ですが、生産者の皆さんに正確な情報を提供するために情報提供資料を作成・配布しました。また、道内各地で開催された講習会・勉強会等に出席し、正確な情報提供を行いました。

今後の活動ですが、平成23年産のてん菜の作付けについても厳しい状況が予想されることから引き続き情報提供活動とともに更なる戦略的な対応を行っていく予定です。

また、今年初めて、北海道と北海道てん菜協会共催で、てん菜栽培技術の優れた取組を行っている生産者を表彰し、その技術的に優れた取組を関係者に広く周知し、生産の振興を図ることを目的で「高品質てん菜生産出荷共励会」を実施する予定です。審査項目は、①生産実績②安定生産・安定供給③高品質てん菜生産のための生産技術の3項目です。表彰は、毎年2月上旬にてん菜協会が主催して開催している「高品質てん菜づくり講習会」の場で行うこととしております。この共励会の実施により、少しでも生産者の皆さまの生産意欲が高まり、作付面積の維持・拡大が進めば良いのではと考えています。

5 終わりに

本道におけるてん菜生産は、生産者の農業経営や地域経済にとって重要な位置付けにあるばかりでなく、輪作体系の維持による主要な畑作物の安定生産を通じた国内への食料の安定供給という観点からも、その果たす役割は大変大きいと言えます。これらに対する責任を十分に果たしていくためには、今後とも安定的な生産を確保することが必要不可欠となっています。

てん菜をめぐる情勢は依然厳しい状況にありますが、我が国の重要な甘味資源作物であり、国内では唯一北海道のみで生産されているてん菜の生産振興を図る上で、多くの課題を克服していくために関係機関・団体等と連携した、着実かつ効果的な取組みを実施していく努力が重要であると考えています。

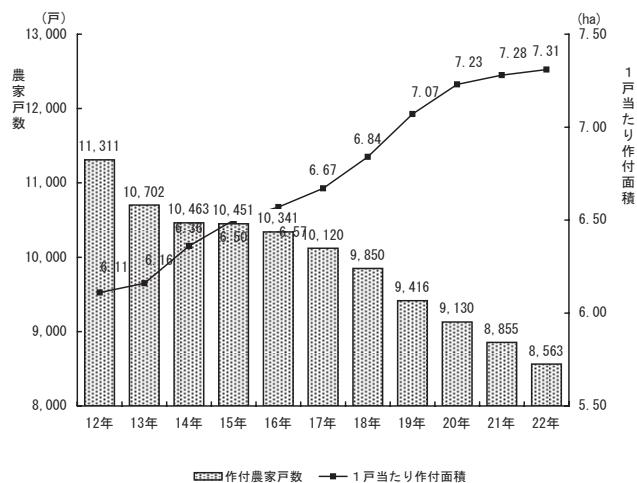


図1 てん菜作付農家戸数及び1戸当たり作付面積の推移

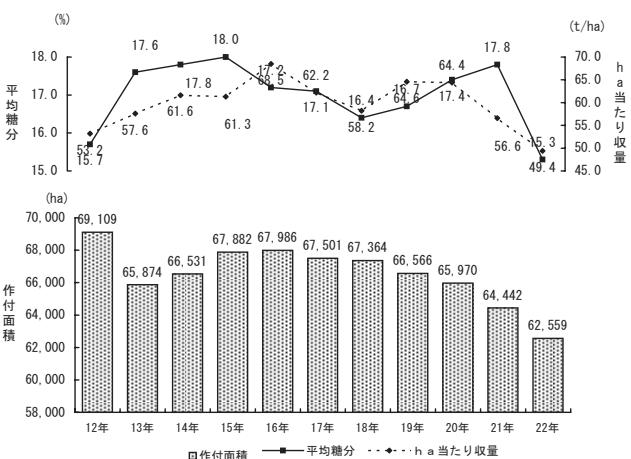


図2 てん菜作付面積、h a当たり収量及び平均糖分の推移

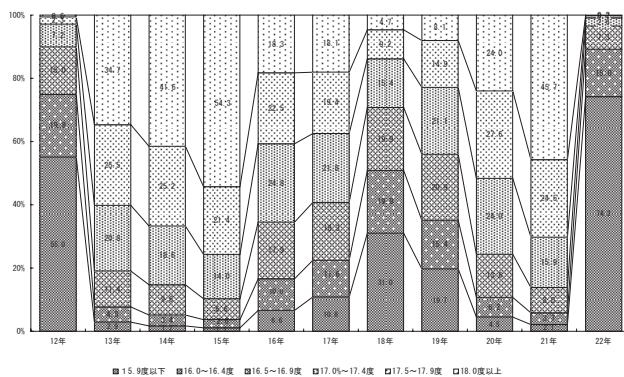


図3 てん菜の糖度別買入割合の推移

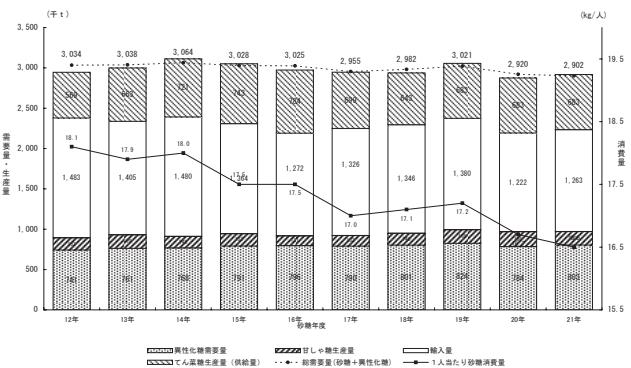


図4 砂糖等の需要量、生産量及び国民1人当たり砂糖消費量の推移

てん菜糖業の現状と課題

日本ビート糖業協会 常務理事 村山 義晴

I 現状

1. 作付面積とてん菜糖の生産

現在、我が国におけるてん菜糖製造業は、3者（日本甜菜製糖株式会社、ホクレン農業協同組合連合会、北海道糖業株式会社）8工場で、すべて北海道内に立地しており、国内産砂糖の約8割をてん菜糖が担っている。

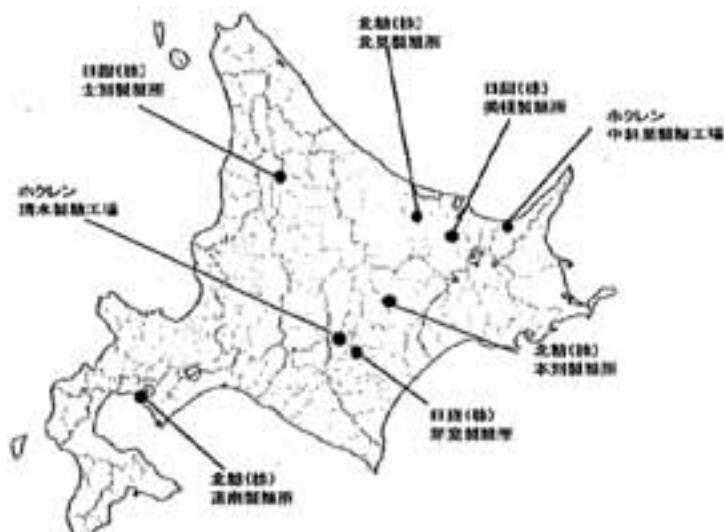
最近における原料を巡る状況の悪化からその経営は苦しいものになっているが、てん菜の用途は砂糖の原料に限定されており、生産者と糖業者は車の両輪に例えられている。

てん菜糖の原料であるてん菜は北海道畑作農業の基幹的作物であり、輪作体系上重要な作物となっている。

北海道における畠地面積は、約93.2万haで全国の約44%を占めているが、てん菜の作付面積は、昭和59年をピークに年々減少して平成23年には約6.0万haにまで落ち込んでいる。作付面積の減少要因については交付金対象数量の上限設定による収入減への危惧、長時間労働と重量作物ゆえの負担感、農家における換金作物としての地位の脆弱化等が推察される。

てん菜糖の生産量は、てん菜の生産量

(作付面積×単収)と歩留の影響を受けるが、平成16年の約79万tを頂点に平成21年には約62万tにまで減少し、平成22年では多雨、高温等の天候不順やそれに伴う病害の発生から約47万tと大減産



てん菜の作付け面積とてん菜糖等の生産量

年度	面積(ha)	総収量(千t)	産糖量(千t)
昭59	75,117	4,040	598
平6	69,752	3,853	583
16	67,986	4,656	786
21	64,442	3,649	621
22	62,559	3,090	466
23(見込み)	60,419	3,569	594

資料：日本ビート糖業協会

耕地面積（平成22年）

単位：ha %

	総土地面積	耕地面積			
		合計	田	畠	内てん菜
北海道(a)	8,345,687	1,156,000	224,600	931,700	62,600
全 国(b)	37,795,010	4,593,000	2,496,000	2,097,000	0
(a)/(b)	22.1	25.2	9.0	44.4	100.0

資料：国土地理院「全国都道府県市町村別面積調」
農林水産省「耕地面積調査」「農林業センサス」
北海道庁「北海道農業・農村統計表」

に陥った。平成23年產てん菜については、面積の減少と春先の天候不順による播種、定植の遅れがあり、今後の好天を期待しつつも、產糖量は3年連続で64万㌧を下回ることが見込まれている。

2. 糖価調整制度と交付金

平成12年に砂糖及びでん粉の内外価格差を調整するため、「砂糖及びでん粉の価格調整に関する法律（糖調法）」が施行されたが、農政改革の一環として、品目横断的な経営所得安定対策が導入されることを契機に、砂糖分野においてもこれに対応した施策体系を構築することが要請されたことに加え、砂糖の調整金取支における構造的な赤字を解消し、市場シグナルを反映した価格形成の仕組みへの移行とWTO・EPA等の国際規律の強化に対応したより透明性の高い制度への移行や、国産の砂糖についての更なるコスト削減を図る必要性が高まってきていたことを背景に、平成19年10月から、新しい糖価調整制度がスタートした。

新制度における関係者への支援は、輸入指定糖、異性化糖から徴収した調整金と国からの交付金を財源として甘味資源作物生産者及び国内産糖製造事業者に対して交付金を交付するものである。甘味資源作物生産者には、従来の最低生産者価格制度が廃止され、甘味資源作物の生産コストのうち、甘味資源作物の取引価格（原料代）として生産者に対して支払われる額をもっては賄えない部分について（独）農畜産業振興機構の予算内で直接交付金を交付する方式に変更された。一方、国内産糖製造事業者については、生産者に対し直接支払制度を導入することにより、これまで国内産糖製造事業者へ一括して支払っていた交付金について、生産者への支払い分と切り分けられた製造事業者への支援として、機構の予算内で交付されることとなり、国内産糖の原料代と砂糖の製造コストの合計のうち、砂糖の販売価格をもっては賄えない部分について、国内産糖交付金が支払われることとなった。

生産者や国内産糖業者を支援することにより、地域農業の安定、活性化を図ってきたが、近年、需要と供給のバランスに不均衡が生じ、砂糖の調整金取支に多大なる累積赤字が生じる状況になってきている。

3. 甘味に関する需給計画

砂糖等の甘味については、農林水産省において「甘味に関する協議会」での意見集約を踏まえ、年4回「砂糖及び異性化等の需給見通し」が公表され、我が国における砂糖、異性化糖の消費量並びに国内産砂糖、輸入砂糖の供給量及び異性化糖の供給量が決められてきた。

平成21年の政権交代により各種「審議会・協議会」は縮小、廃止となった。このような中で、甘味に関する協議会については「原料糖輸入量の割り当て」を決定する必要性から平成21砂糖年度（第3回）から「甘味の需給に関する情報交換会」として需給見通し策定のため国が関係者から意見を聞く場となっている。

我が国における甘味、特に砂糖の需要は毎年減少しており、平成22砂糖年度における需要見込みでは206万㌧と見込まれているが、平成10砂糖年度に比べて、21万㌧の大幅な減少となっている。この間、甘味全体としては9万㌧の減少にしかなっておらず、一人砂糖のみが大幅な減少となっている。この要因としては、安価な加糖調製品の輸入の増加が大きく影響していること、また最近では砂糖の600倍（スクラロース）や200倍（アスパルテームやアセスルファムカリウム）の甘味度をもつ高甘味度人工甘味料が輸入されており、砂糖の需要を侵食していると考えられている。これら加糖調製品や高甘味度人工甘味料が糖価調整制度の調整金徴収対象になっていないことから調整金の累積赤字にも大きな影響を投げかけている。

II 課題

1. てん菜作付面積の確保

てん菜糖産業はてん菜糖の生産、流通等を通じて地域社会、地域経済を支える基幹産業である。

しかしながら、戸別所得補償制度移行に伴う政策支援単価見直しにおいて、他作物と比べ政策支援単価が減となったこと等からてん菜の作付け意欲が減退し面積が減少しており、これが輪作体系の崩壊につながる懸念がでている。

また、てん菜生産量の減少は製糖工場の操業度低下にもつながり、てん菜糖業の経営はもとより地域社会・地域経済の疲弊にもつながりかねない

状況となっている。

このため、北海道庁を中心とし、てん菜糖業3者と生産者団体等てん菜関係者が参加した「てん菜の明日を考える会」が開催された。ここでは、農業者戸別所得補償制度への制度変更などにより、生産者のてん菜生産意欲への影響が懸念されるところから、適正な輪作体系の維持・確立に向け、生産者に対してん菜をめぐる正確な情報の提供等が行われることになった。また、平成23年産については生産者団体、てん菜糖製造者がそれぞれ資金を出し合い生産者に対して作付面積確保についての事業を行ったがその成果の確認は難しい状況にある。

2、糖価調整制度の維持と消費拡大

前述したように調整金累積赤字問題は、糖価調整制度の根幹を揺るがす大きな問題になっている。

この調整金収支を均衡させるためには、以前から関係者間で問題視されている制度の外で需要を伸ばしている加糖調製品や高甘味度人工甘味料を糖価調整制度の中に取り込み、砂糖、でん粉等と同様に公平な場での競争が緊要と考える。

現在の調整金徵収の対象にこれら加糖調製品や高甘味度人工甘味料を加えることにより、調整金勘定の収入の増加を図る一方、砂糖の消費拡大を図るため、消費者に対する糖価調整制度の啓発、砂糖に関する消費者の間違った認識の払拭等、

PRに努め、高品質で安全安心な砂糖を供給することが国内の糖業に与えられた使命と考える。

国内の砂糖関連事業者で作る「お砂糖真時代協議会」は過去15年にわたり消費者の砂糖に関する間違った認識の払拭や砂糖の効用等のPRに努めてきたが今後とも継続して正確な情報を伝えてこれが消費者の健康で安全な食生活を支えるものと考える。

3、WTO、TPP等の国際規律

WTO、TPP等の国際交渉が進行しており、本交渉の帰趨によっては、甘味制度の崩壊をもたらし、北海道のてん菜や鹿児島・沖縄県のさとうきびの生産農家はもとより、これら地域の農業関連産業、しいては地域社会全体に壊滅的な打撃を与えるかねないものと危惧している。

糖価調整制度が機能不全の状態に陥れば、その影響は国内産糖製造現場に留まらず、ユーザー及び消費者に対する国産砂糖の安定供給にも極めて重大な悪影響をおよぼすことになる。

WTO農業交渉においては、上限関税の導入は断固阻止するとともに砂糖を重要品目と位置づけ、大幅な関税割当の拡大とならぬよう要請を行ってきた。また、TPPに関しては農業のみならず、サービス、貿易、投資など幅広い分野にわたる包括的協定であり、その参加が国民生活に与える影響が多大なことから参加について断固反対の立場で対応する必要があると考える。

～鹿児島県におけるさとうきび生産の取組～

鹿児島県農政部農産園芸課

1 はじめに

鹿児島県は、九州の南端に位置し、総面積は全国第10位の約9,188km²、太平洋と東シナ海に囲まれた南北約600kmにわたる広大な県土を有している。

気候区は温帯から亜熱帯に至り、全国の中でも平均気温が高く、温暖な気候である。

種子島や奄美群島などの南西諸島をはじめとする多くの離島は、本県総面積の約27%と大きな比重を占めている。

さとうきびは、本県南西諸島の約8割の農家が生産し、畑地の約5割に作付けされている基幹作物であり、製糖業とともに地域経済を支える重要な役割を担っている。

また、本県南西諸島において、農作物に最も大きな被害を与える気象災害は、恒常に来襲する台風であるが、さとうきびは他の作物に比べて台風被害に強い作物でもあることからも重要な作物となっている。

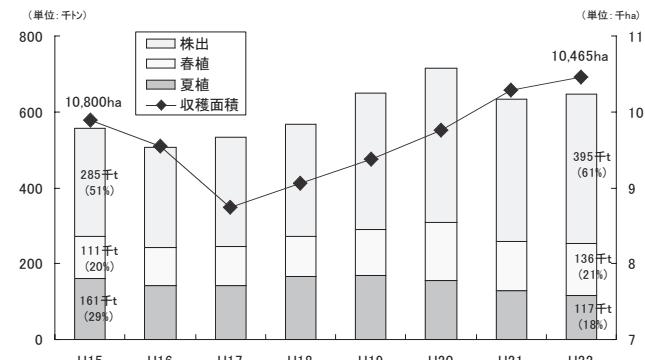
本県のさとうきびの21年農業産出額は約136億円、耕種部門では米、さつまいもに次ぐ第3位となっており、本県農業生産においても重要な位置を占めている。

なお、鹿児島県のさとうきびは99%が分みつ糖原料であるが、製糖会社は、1島1社体制が確立されており、種子島及び奄美群島5島の計6つの島で6社7工場（徳之島のみ2工場）が稼働している。

ここでは、鹿児島県におけるさとうきび生産の各般の取組について紹介する。

2 「さとうきび増産計画」の達成に向けた取組

鹿児島県のさとうきびの生産量は、平成元年には903千tを記録したが、生産農家の高齢化の進



鹿児島県におけるさとうきび生産の推移

資料：鹿児島県調べ

表1 さとうきび栽培農家数等

	農家戸数 (戸)	さとうきび 栽培農家戸数 (戸)	さとうきび 栽培農家割合 (%)	一戸当たり 収穫面積 (a)
種子島	3,891	2,398	61.6	114.6
奄美	8,174	6,850	83.8	112.6
県計	12,065	9,248	76.7	113.2

資料：2010農林業センサス、鹿児島県調べ

行や労働力不足などにより、生産農家、収穫面積ともに減少傾向となり、平成16年には台風被害も相まって507千tまで落ち込み、収穫面積も翌平成17年には9千haを割り込んだ。このため、製糖工場では操業率が低下し、50%以下の工場も出現して、工場経営も危ぶまれた。

しかしながら、さとうきび及び製糖業は地域の基幹産業であることから、この状況を開拓すべく、国においては平成17年12月に「さとうきび増産プロジェクト基本方針」が策定され、県では、この基本方針に基づき、島ごと及び県段階における生産目標や取組方向を示した「さとうきび増産計画」を平成18年6月に策定した。

この増産計画に基づき、経営及び生産基盤の強化、病害虫防除対策や優良品種の育成・普及など各般の施策を関係機関・団体が一体となり推進し

ている。

(1) 経営基盤の強化の取組

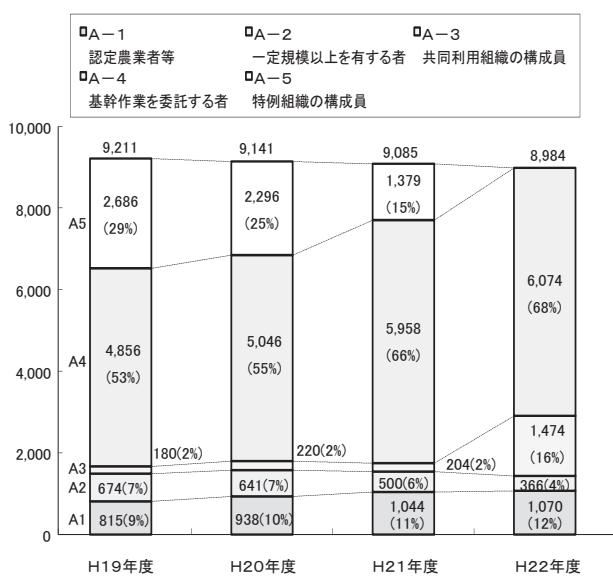
効率的なさとうきびの生産体制を構築するため、認定農業者の確保・育成や、担い手の栽培技術・経営管理能力の向上に対する支援を進めるとともに、農作業受委託体制の整備等を推進している。

また、農家経営の安定を図るため、農家個々の過去の被害実態に応じた危険段階別掛金制度の導入などによる農業共済制度の加入促進を推進している。

○ 品目別経営安定対策への取組

特に、平成19年度からスタートした品目別経営安定対策については、さとうきび生産者への交付金の対象者として一定の要件を満たすことが必要となるとともに、平成21年度までの3年間に限り特例期間が設け（A-5特例農家）られた。この間に特例農家を本則要件へ引き上げることが大きな課題であった。

特例農家は平成19年度に約30%（9,211人中2,686人）を占めていたため、関係機関・団体が一体となり本則要件への移行を推進した。具体的には、①農業経営改善計画の作成支援による認定農業者への誘導、②経営規模拡大の推進、③共同利用組織や受託組織の育成、④農作業受託体制の整備等を進めた。この結果、特例農家は20年度で



25%（9,141人中22,96人）、21年度で15%（9,085人中1,379人）と着実に減少した。

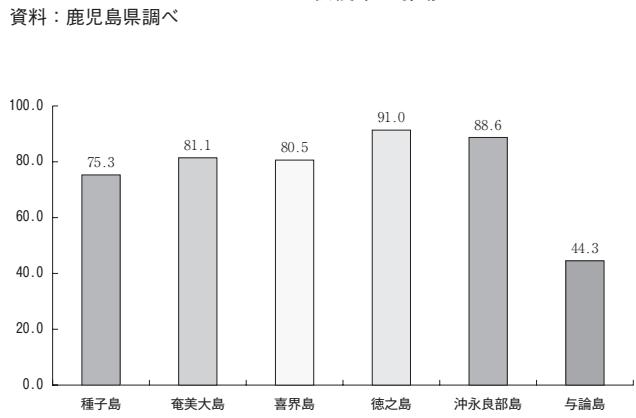
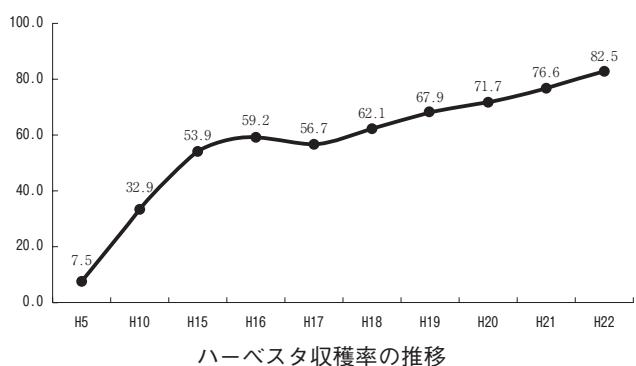
さらに、21年度からは、(社)鹿児島県糖業振興協会が「さとうきび経営安定対策・増産推進員」を各島に配置し、特例農家への戸別訪問等を重ね、本則要件への移行を進めた。

特例要件は22年度で廃止されたが、防除が基幹作業に追加され、共同利用組織の構成員の特例が設けられるなどの対象者要件の見直しも行われ、22年度には高齢化による離農者等を除き本則要件に移行した。

(2) 生産基盤の強化の取組

さとうきびの労働時間の大半を占める収穫作業の省力化を図るために、強い農業づくり交付金等の国庫補助事業によるハーベスターの導入を積極的に進め、22年産では391台のハーベスターで収穫面積の約8割の収穫作業が実施され、約10年前に労働時間の6割を占めていた収穫作業が4割に低減されてきている。

近年のさとうきびの面積拡大はハーベスターによる省力化が要因のひとつであり、今後ともハーベスター収穫率を維持する必要があるが、鹿児島県で



主流の小型ハーベスターでも価格的には2千万円前後と高価であることなどを踏まえ、23年度からは県単独事業で、既存ハーベスターの処理能力向上及び長寿命化に対する支援を行っている。

また、さとうきびの増産対策として、春植・株出栽培体系を普及する必要があったことから、早期株出管理による株出栽培の単収向上を図るために、さとうきび増産プロジェクト基金事業等による株出管理機等の導入も積極的に進め、ハーベスターや植付機と株出管理機等を組合せた機械化一貫体系の確立を推進している。

さらに、さとうきび生産の安定性を確保するためには、土づくりが重要であるが、土づくりに対する生産者の意識が低く、堆肥価格も高いことから堆肥投入が十分に行われていない状況にあった。このため、土づくりの重要性についての啓発等を行うとともに、各地域において、深耕・心土破碎や堆肥散布、緑肥用種子の助成等の土づくりに関する事業が展開されている。

(3) 技術対策

奄美地域の株出栽培における不萌芽の原因で、さとうきび生産の減少要因のひとつとなっていたハリガネムシの防除は、株出栽培の安定・拡大を図る上で重要であることから、国県の補助事業を活用し、奄美地域全島でフェロモントラップを設置（22年度実績：8,973ha・6,550基）し生息密度の低減を図るとともに、18年度に登録された誘引殺虫効果の高い薬剤の普及・定着を推進している。

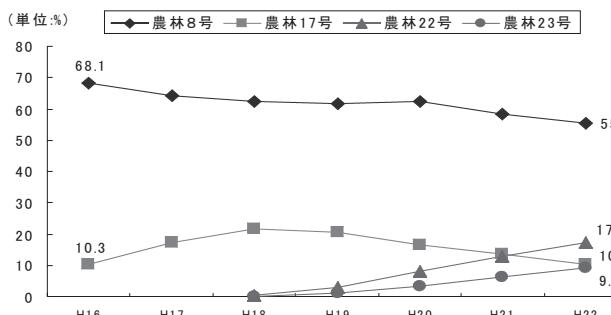
なお、当該薬剤の単価は他の粒剤より高いが、新植時処理で株出2年目までハリガネムシの防除効果があることが県農業開発総合センター大島支場の試験結果から明らかとなったため、更なる普及・定着が期待される。

さとうきびの品種については、農林8号を中心であり、16年度までは約7割を占めていたが、17年度に奨励品種に採用された農林22号（早期高糖、風抵抗性強）、農林23号（初期生育旺盛、干ばつに強い）などの早期普及を図るために、県単独事業による原苗ほの設置とともに、さとうきび増産プロジェクト基金事業によるメリクロン苗の助成（徳之島）を行うなど、優良品種の普及に努めしたことにより、22年産では、農林22号が約2割（1,

さとうきびの主な奨励品種（鹿児島県）

品種名	採用年度	特 徴
農林8号	H 2	多収、早期高糖、株出萌芽がよい
農林17号	H13	株出多収、耐倒伏性強
農林22号	H17	多収、早期高糖、風抵抗性強
農林23号	H17	多収、高糖、干ばつ条件下でも生育がよい

資料：鹿児島県調べ



資料：鹿児島県調べ

790ha)、農林23号が約1割（969ha）となった。

また、地域段階では、基本技術の徹底や適期管理の普及対策として、各種実証・展示ほの設置、株出管理研修会の開催、ケーブルテレビを活用した技術研修、優良農家の事例資料の作成・配付を行うなど栽培技術・単収向上に努めるとともに、県段階でも株出栽培の技術実証や栽培指針の改訂等を行った。

3 22年産さとうきびの生産実績

「さとうきび増産計画」に沿った各般の施策の展開により、生産拡大が年々進んできているが、22年産の生産状況については以下のとおりである。

(1) 県全体の収穫面積・生産量等

県全体の収穫面積は21年産より183ha 増加し10,465ha、生産量は13,092 t 増加し647,543 t、単収は17kg/10a 増加し6,188kg/10a となった。なお、生産量の内、分みつ糖原料用が641,808 t で99%を占めている。

作型では、株出栽培が325ha 增加し6,372ha (64%)、春植栽培は同程度の2,289ha (22%)、夏植栽培は144ha 減少し1,480ha (14%) となった。

(2)島別の収穫面積・生産量等

①種子島(西之表市、中種子町、南種子町)

収穫面積は2,749haで21年産より125ha増加したものの、生産量は197,917tで8,587t減少した。作型は、72%を占める株出栽培が133ha増加し1,969haとなった。品種構成は、農林8号が91%を占めているが、早期高糖品種の農林22号が174haと年々増加してきている。

②奄美大島（奄美市外3町村）

収穫面積は636ha、生産量は33,019tで、ともに21年産並みであった。作型は、株出栽培が378haで59%を占めている。主な品種構成は、農林17号が38%、農林22号が27%となっている。

③喜界島（喜界町）

収穫面積は1,243haで21年産より19ha減少したものの、生産量は88,230tで5,436t増加した。作型は、株出栽培が624haで50%、夏植栽培が490haで39%を占めている。品種構成は、農林8号が67%、農林17号が10%、農林22号が8%となっている。

④徳之島（徳之島町、天城町、伊仙町）

収穫面積は3,951haで21年産より27ha減少したものの、生産量は220,177tで12,663t増加した。作型は、株出栽培が2,662haで67%、夏植栽培が944haで24%を占めている。品種構成は、農林8号が45%、農林22号21%、農林23号が15%となっている。

⑤沖永良部島（和泊町、知名町）

収穫面積は1,389haで21年産より49ha増加し、生産量は79,603tで2,376t増加した。作型は、株出栽培が1,389haで51%、夏植栽培が460haで33%を占めている。品種構成は、農林8号が45%、農林22号36%となっている。

⑥与論島（与論町）

収穫面積は21年並みの497haであったが、生産量は28,597tで1,960t増加した。作型は、株出栽培が357haで72%を占めている。主な品種構成

さとうきび増産計画の達成状況

項目	収穫面積(ha)				単収 (kg/10a)	生産量 (t)	株出割合 (%)
	夏植	春植	株出	合計			
H18実績	2,289	1,784	4,982	9,055	6,266	567,374	55.0
H19実績	1,909	1,893	5,576	9,378	6,932	650,067	59.5
H20実績	1,694	2,165	5,903	9,762	7,323	714,881	60.5
H21実績①	1,624	2,287	6,372	10,282	6,171	634,451	62.0
H22計画②	2,150	1,950	5,310	9,410	6,350	597,200	56.4
H22実績③	1,480	2,289	6,697	10,465	6,188	647,543	64.0
計画対比(③/②)	69	117	126	111	97	108	113
前年対比(③/①)	91	100	105	102	100	102	103
H27計画	2,010	1,950	5,660	9,620	6,610	635,200	58.8

資料：鹿児島県調べ

は、農23号が55%、農林8号が17%となっている。

4 23年産さとうきびの生産状況

23年産の7月1日時点の収穫見込み面積は、夏植栽培が前年より減少するものの、春植栽培と株出栽培は増加し、全体では前年を若干上回り、増産計画の27年産計画を約900ha上回る10,511haとなっている。

生育概況については、5月頃までの低温の影響により初期生育が遅れ、台風2号等による潮風害に加え、奄美地域ではメイチュウ被害の発生や8月以降の少雨傾向などから、平年以上の生産量は期待できない状況である。

5 おわりに

「さとうきび増産計画」に対して、22年産の収穫面積と生産量は、全体としては目標を上回ったが、島ごとでは22年目標を下回っている島もある。

また、品目別経営安定対策についても、A-5特例が廃止されたものの、共同利用組織の構成員特例や委託面積割合の特例等(H22~24年度)で対象となっている者の本則要件への移行も課題である。

このため、引き続き、「さとうきび増産計画」の達成に向け、関係機関・団体と一体となり、担い手の育成はもとより、収穫面積の確保や病害虫防除対策、干ばつ時の灌水対策など各般の施策を総合的に推進していく必要がある。

沖縄県におけるさとうきび生産の取組

沖縄県農林水産部糖業農産課

1 はじめに

さとうきびは、沖縄の厳しい気象条件下においても比較的安定した生産が可能であり、農家経済をはじめ、関連産業への経済的波及効果が大きく、とりわけ離島をはじめとする農村地域の雇用機会の維持・確保に大きく貢献するなど、本県の基幹作物として地域経済の維持・発展に重要な役割を果たしている。また、さとうきびを原料とする砂糖は、食品産業における基礎的な素材であり、国民の食生活に欠くことのできない食材となっている。

しかしながら、さとうきびをめぐる環境は、台風・干ばつ等気象災害に加え、生産農家の高齢化、機械化の遅れなどにより厳しい状況にある。

また、国内における砂糖の需要量が停滞していることや、内外価格差等から、生産コストの低減、品質の向上及び製糖企業の合理化を図ること等が強く求められる。一方、国においては、「食料・農業・農村基本計画」に基づき、平成19年産のさとうきびから品目別経営安定対策による政策支援へ移行したところである。

このような状況下、さとうきびの生産振興を図るために、さとうきび増産プロジェクト基本方針(注1)を踏まえて、かんがい施設等の生産基盤や防風・防潮林の整備をはじめ、機械化の促進、担い手への農地の利用集積、土づくり、病害虫防除対策等の諸施策を総合的に推進するとともに、安定多収・早期高糖性等の優良品種の開発・普及、種苗の大量増殖技術及び栽培技術の高位平準化など

の確立・普及により生産性及び品質の向上を図っている。

また、経営感覚に優れた効率的かつ安定的なさとうきび作の担い手を確保するため、認定農業者、生産法人、生産組織や受託組織等の育成を推進している。

さらに、さとうきびの生産振興及び製糖工場の操業率の向上を図るため、市町村、農協、製糖工場等の関係者が一体となって、県単独事業「さとうきび増産体制誘導対策事業」を活用した効果的な事業実施に努めている。

併せて、台風・干ばつ等の気象災害が多発する地域特性から、農家の経営安定を図るため、市町村及び関係機関・団体との連携の下に農業共済制度の普及・啓発を推進し、農業共済への加入を促進するとともに、防風・防潮林の重要性について普及・啓発を図っている。

(注1) さとうきび増産プロジェクト基本方針：国はさとうきびの増産を図るため、平成17年12月、同方針を策定（さとうきび増産プロジェクト会議）。県は同方針に沿って、県および島別にさとうきび増産プロジェクト会議を立ち上げ、増産に取り組んでいる。

2 生産の現状

平成22年産さとうきびの生産実績は、収穫面積12,761ha（前期12,747ha）、単位収量6,429kg/10a（前期6,901kg/10a）、生産量820,403トン（前期

表1 さとうきび増産プロジェクト目標値

	収穫面積(ha)	単収(トン/10a)	生産量(トン)
平成21年産	12,747	6.9	879,657
平成22年産	13,663	6.4	879,300
平成27年産	14,235	6.6	945,500

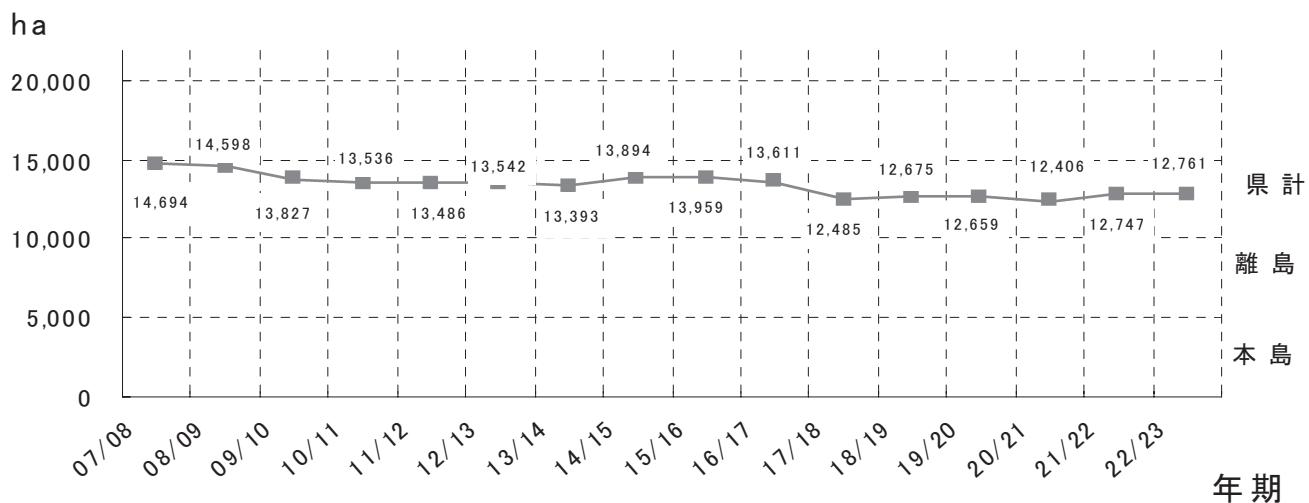


図1：沖縄県の収穫面積の推移

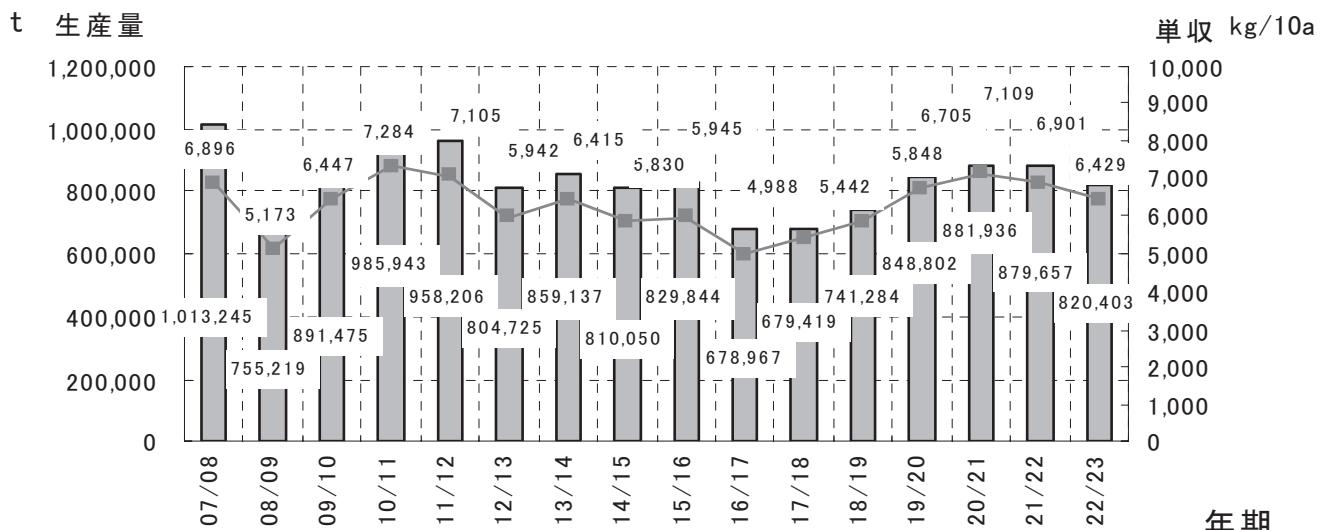


図2：沖縄県の単収・生産量の推移

879,657吨)であった。生産量は4期連続で80万トン台を上回ったが、前期より約5万9千トンの減産となった。品質については、平均甘しあり糖度は14.0度（前期15.0度）であった。

平成22年産の生産量が減少した主な要因としては、4月から8月にかけての生育初期および生育旺盛期における日照時間が、平年より短かったこと、及び沖縄本島北部および南大東、北大東における台風被害が顕著であったことなどがあげられる。

3 生産振興の取組

(1) 農業生産基盤の整備

農業生産基盤の整備は、さとうきびの生産性及

び品質の向上や、農業機械の効率的な稼働を図る上で重要であることから、耕土深の確保、ほ場、農道及び防風・防潮林等の整備を推進している。特に、水資源に乏しく、干ばつの影響を受け易い地域においては、ため池等の設置や地下ダムを水源とするかんがい施設の導入を積極的に推進している。

(2) 農地の利用集積と経営規模拡大

経営規模拡大については、県、市町村、農業委員会等の関係機関や農業開発公社及び市町村段階で構成される農地利用集積円滑化団体と連携し農地の流動化・遊休農地の解消に努め、生産法人等担い手農家への利用集積を図っている。特に遊休農地の解消については、地域耕作放棄地対策協議

会を設置し、取り組みを強化している。また、農業機械銀行等による農作業受委託体制の整備強化を促進することとしている。

(3) 機械化一貫作業体系の推進

地域の実情に即したハーベスター等の導入や集中脱葉施設の利用を促進し、収穫作業の省力化を図るとともに、植付機、株出管理機等の導入による植付・肥培管理・株出管理作業の省力化を推進している。また、地域毎の機械化一貫作業体系の確立や農業機械利用技能者の養成を促進することとしている。

(4) 優良種苗の開発、増殖及び普及

優良種苗の普及については、独立行政法人種苗管理センター沖縄農場との連携の下に、原種ほ及び採種ほを設置し、地域に適しかつ要望の多い奨励品種を中心に無病健全な優良種苗を計画的に増殖・普及に努めている。

また、株出萌芽性、早期高糖性、障害抵抗性、機械適応性等安定多収性に優れ、それぞれの地域で適応力を持つ品種を引き続き開発・育成するとともに、種苗の大量増殖技術の活用による優良品種等の増殖・普及を図っている。

(5) 土づくりの推進等

有機質肥料の施用、深耕、客土や土壤改良資材等による土づくりについては、製糖企業及び畜産農家との連携のもとに、トラッシュ、バガス、フィルターケーキ、畜産排せつ物等を原料とした有機質肥料の畑地への還元及び緑肥作物栽培による地力の増進を促進する。併せて、化学肥料及び農薬の適正施用、土壤流出の防止等を図り、環境保全に努めることとしている。

(6) 病害虫防除対策

病害虫防除については、発生予察情報に基づく適期防除の推進と市町村における防除組織の育成により効果的な防除を促進することとしている。

特に、オキナワカンシャクシコメツキ及びサキシマカンシャクシコメツキの防除については、薬剤による幼虫防除技術の実証と併せて、性フェロモンを用いた交信かく乱による成虫防除の推進や不妊虫放飼による防除技術の実証に取り組んでいる。また、アオドウガネについては誘殺灯を活用した成虫誘殺防除及び耕種的防除を組み合わせた

総合的な防除を推進している。

さらに、黒穂病については、罹病株の抜き取り及び抵抗性品種への切り替え等により防除を図ることとしている。

(7) 適期肥培管理の徹底

さとうきびの単収の向上を図るため、地域の優良事例取組みの紹介をはじめ、栽培講習会の実施やさとうきび増産推進員の配置等により、適期植付や株出管理等、肥培管理徹底の周知を図っている。

(8) 株出栽培(注2)の推進による収穫面積の拡大(表2参照)

収穫面積の拡大を図るため、オキナワカンシャクシコメツキ、サキシマカンシャクシコメツキ及びアオドウガネ等土壤害虫の総合的な防除(注3)等により、夏植中心の地域においては、春植及び株出の拡大を図っている。

(9) 営農改善の推進

さとうきび作農家の経営の安定を図るため、地域の実情に即して、葉たばこ及び野菜等との輪作や、肉用牛との複合化を促進することとしている。また、地域農業の活性化を図るため、生産法人との連携、生産組織等、地域活力を活用した効率的な営農体系の確立・普及に努めている。

(10) 防風・防潮林の普及・啓発

本県は、台風常襲地帯であり、台風等の気象災害からの被害を軽減し、防風・防潮林の整備を促進するため、沖縄県防災農業推進会議で定めた11月第4木曜日の「防風林の日」関連行事による、講演会・植樹大会等の開催などにより、防風・防潮林の重要性について、普及・啓発を図っている。

(11) 経営感覚に優れた担い手等の育成

さとうきび作の担い手については、経営安定対策の支援要件への充足を踏まえつつ、経営感覚に優れた効率的かつ安定的な農業経営体を育成するため、認定農業者、生産法人への誘導や作業受委託を促進するとともに、生産組織及び受託組織の育成を推進している。

(12) 県単独事業「さとうきび増産体制誘導対策事業」の推進

さとうきび増産体制誘導対策事業については、さとうきびの安定生産、生産性の向上や甘しゃ糖

表2 宮古地区（多良間含む）における株出面積の推移

	H18	H19	H20	H21	H22
株出面積 (ha)	115	106	101	180	328
対前年増減 (ha)		-9	-5	79	148

企業のコスト低減等を図るため、生産者をはじめ、市町村、農協及び製糖企業等の関係機関が一体となって取り組むとともに、他事業との連携を図り、一層の事業効果の発揮に努めている。

(13) 農業共済の加入促進

農業共済については、台風・干ばつ等の気象災害が多発する地理的条件下で、生産農家の経営安定を図る上で極めて重要である。このため、農業共済団体、市町村等関係機関との連携の下で、農業共済制度の普及・啓発を図り、農業共済への加入を促進するとともに、農家個々の被害実態に応じた、危険段階共済掛金率等の導入拡大を図っている。

(注2) 株出栽培：実質的に2年に1回の収穫となっていることが多い夏植栽培を生産効率の高い株出栽培へ安定的に移行させることにより、生産量の増大及び所得の向上が見込まれる。

(注3) 土壤害虫の総合的な防除：株出栽培の増大を図る上では、株出管理機等高性能作業機の導入等による収穫後の株出管理作業の早期実施及び効率的な作業体制の整備のほか、株出栽培における不萌芽等の原因となっている土壤害虫（カンシャクシコメッキ幼虫、アオドウガネ幼虫、ミヤコケブカアカチャコガネ幼虫）の徹底防除が課題である。

4 おわりに

さとうきびは、台風や干ばつ等の自然災害の常襲地帯にある本県において、栽培農家数で約8割、畑作における栽培面積で約5割を占める基幹作物であり、国産糖製造事業者も含め、地域経済上、極めて重要な役割を担っている。特に、遠隔離島において、さとうきびは代替が困難な作物であり、地域経済への影響が大きいことから、その安定的な生産は極めて重要である。

沖縄県は、沖縄振興計画の中で、さとうきびを本県農業の基幹作物として位置づけ、農家経営の安定と生産振興を図ることとしている。

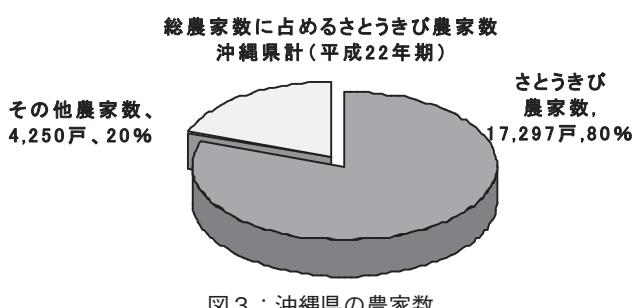


図3：沖縄県の農家数

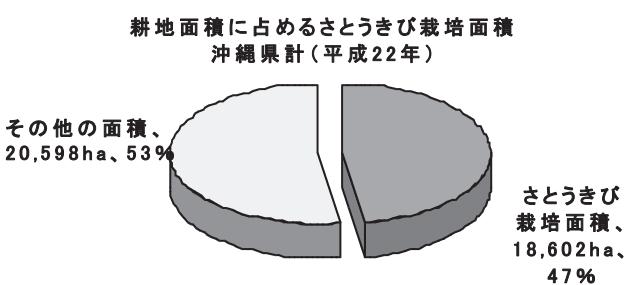


図4：沖縄県の農地面積

北海道農業研究センターにおける品種改良

(独) 農業・食品産業技術総合研究機構 北海道農業研究センター 畑作研究領域

主任研究員 田口 和憲

1. はじめに

テンサイには、高糖、多収、病害抵抗性など多様な品種群が存在するが、品種改良の歴史はわずか200年程であり、ショ糖生産を目的として作付けされた歴史はきわめて短い。テンサイの帰属する *Beta vulgaris* には、利用形態が異なるいくつかの種類があり、根菜用（テーブルビート）、葉菜用（フダンソウ）、飼料用（フォグービート）などがある。テンサイは、このうち製糖原料用（サトウダイコン）を特に表しており、飼料用品種の中からショ糖を高蓄積した個体を循環選抜して作出されたと考えられている。今日、人類が利用している作物のなかでも、とりわけ新しい作物である。日本では、明治時代の1870年に東京開墾局勧業試験場（現新宿御苑）に、翌1871年に札幌官園（のちの北海道農事試験場）に試作されたという記録があり、おそらくこの時期に初めて導入されたと考えられる。1876年に札幌農学校の校長に招かれ、"Boys, be ambitious!" という名言でも有名なウィリアム・スミス・クラーク博士が、北海道の気候、土地、労力などの観点から、テンサイ産業の起業を強く進めたということである。それを受けた明治政府は、1880年西紋別村（現伊達市）に日本最初のテンサイ工場を建て、我が国でもテンサイ糖の生産がはじまることとなった（島本、2010）。2010年の北海道の作付け面積は約65,000haあり、言うまでもなく北海道の基幹畠作物として、特に道東の地域産業を支える重要品目である。原産地がヨーロッパのため、夏季が乾燥、冷涼な北海道の気候に適しており、かつては東北地方の一部にも2万haほど作付けがあり、西南暖地では冬作なども試みられたが、相次ぐ病害の発生や技術不足もあって採算が合わず、現在は北海道のみに栽培されている。

日本のテンサイの品種改良については、1959年

（昭和34年）に日本てん菜振興法に基づき設立された特殊法人日本てん菜振興会「てん菜研究所」によって本格的に始められ、その後、1973年（昭和48年）に同振興会が解散して、同研究所が農水省の北海道農業試験場てん菜部として移管され、その材料と研究が引き継がれた。幾度かの組織再編を経たのち、2001年（平成13年）の独立行政法人化によって北海道農業研究センターに改組され、2011年（平成23年）現在では4名の研究員が品種育成を担当している。ちなみに、農業・食品産業技術総合研究機構 北海道農業研究センター本所を眼下にした札幌の観光名所の羊ヶ丘展望台には、クラーク博士の銅像があるが、その指先にそびえる札幌ドームの場所には、かつては「てん菜研究所」が所在し、以後、1996年（平成8年）に北海道農業試験場（芽室研究拠点）へ移転するまでの長きにわたって、日本のテンサイ育種研究の拠点があったことを付け加えておく。これを想うと、テンサイの品種育成従事者には感慨深い。

2. テンサイの品種改良と育成品種の変遷

他殖性の風媒花という生殖様式の都合上、テンサイの初期の品種育成方法は、集団選抜や循環選抜により優良遺伝子集積を意図した選抜育種や合成品種などが主流であったが、三倍体の収量が二倍体よりも優れることがわかり、倍数体がさかんに使われるようになった。さらに、1942年に F.V. Owen が細胞質雄性不稔（CMS）を、1948年に V.F. Savitsky が单胚性を相次いで発見したのを機に、1970年頃を境として全世界に作付されるテンサイが、これら有用遺伝子を高度に利用した一代雜種育種法によるハイブリッド（F₁）品種へ完全に移行することとなった（写真1、写真2）。近年では、中小の育種会社のほとんどは統廃合され、概ね大手の種苗会社の3社（KWS SAAT AG（ド

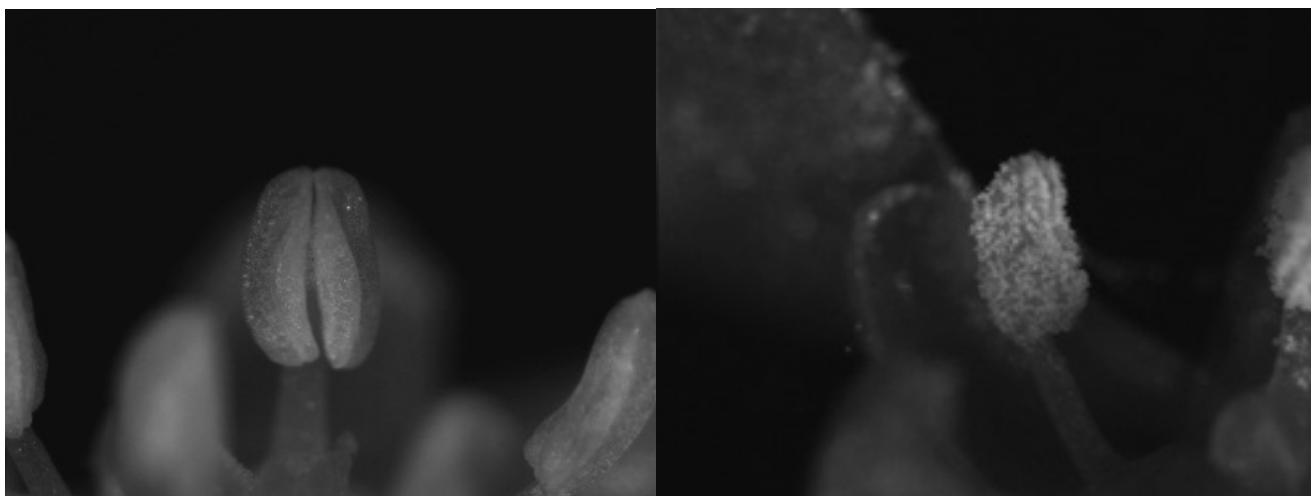


写真1 テンサイの葯（写真左：細胞質雄性不稔の葯、右：裂開し花粉を出している葯）

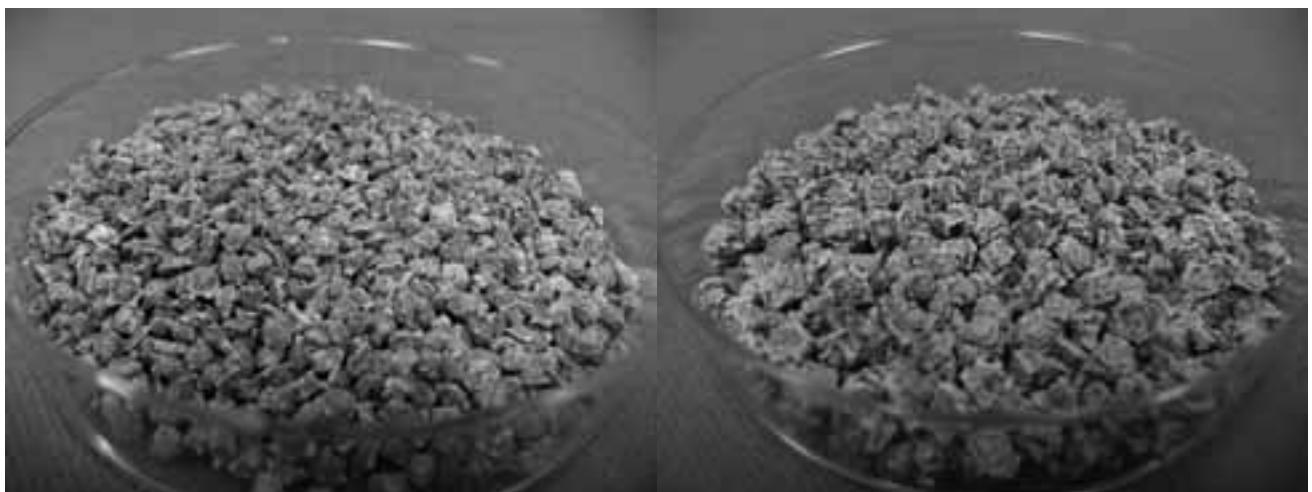


写真2 テンサイの裸種子（果実）（写真左：単胚種子、右：多胚種子）

イツ)、Syngenta seed (スウェーデン)、SES VanderHave (ベルギー) が世界シェアのほとんどを按分しており、新品種の開発をめぐって世界各地で熾烈なシェア争いを繰り広げている。

日本では、欧米で急速に進められた一代雑種育種法への転換に際し、てん菜研究所ならびに北海道農業試験場において諸外国から導入した遺伝資源を交配して独自に育成系統を開発し、欧米と歩調を合わせながら育種技術を発展させてきた。このように公的機関が、商業資本がベースとなっている一代雑種について品種開発を行っている例は世界的にも珍しいが、これまでも特徴ある先導的な品種開発を進め、我が国のテンサイ品種レベルの向上に貢献してきた。現在も北海道農業研究センターでは、前身の組織から受け継いだ膨大なテ

ンサイ遺伝資源のコレクションを背景に、DNAマーカーによる選用選抜技術など最先端の育種技術を駆使しながら、先導的な新品種の開発に取り組んでいる。以下に、我が国の主な育成品種とその変遷について記した。

○「本育192号」(1935年)：

ドイツのクラインワンツレーベン社 (KWS SAAT AG の前身) の「ディッペ K」とフランスのビルモーラン社の「ホワイトフレンチ」との交雑組合せの中から育成された。この品種は当時としては褐斑病抵抗性に優れていたうえに、収量・糖分ともに良好だったので全道各地で基幹品種として1963年(昭和38年)まで栽培された。

○「導入2号」(1954年)：

1951年(昭和26年)アメリカのグレートウェス

タン製糖会社 (Great Western Sugar Company) から導入した「GW304」、「GW359」、「GW443」および「GW476」は褐斑病抵抗性がきわめて高く、収量も優れていたので、1954年（昭和29年）にそれぞれ「導入1号」、「導入2号」、「導入3号」、「導入4号」と命名され優良品種として認定された。このなかで「導入2号」は特に多収であったので北海道一円に広く栽培され、1958年（昭和33年）には栽培面積の90%を占めるに至り、1965年（昭和40年）頃まで北海道の主要品種であった。

○「モノヒカリ」(1982年) :

北海道農業試験場てん菜部において、てん菜研究所時代に育成され、高い組合せ能力を有することが認められた単胚性種子親系統「TK-76mm-CMS」と多胚花粉親系統「TK-129」を選抜材料として、それぞれの循環選抜（ペアクロス法）によって育成された「TK-76-49/2mm-CMS」と「NK-152」間の単胚二倍体单交配一代雑種である。標準品種「モノミドリ」を15%以上も上回る多収であったが、抽苔耐性が弱く国内での大普及には至らなかった。しかし、当時、米国で問題となつたネアブラムシに抵抗性を持つことがわかり、米国では長期にわたり大普及することとなつた。

○「モノホマレ」(1988年) :

オランダのVanderHave社（現 SES VanderHave）の単胚性雄性不稔系統「MOMS33 × MOTO431」を母系とし、北海道農業試験場で育成した花粉親系統「NK-152」を父系とした交雑品種であり、産官共同のユニークなハイブリットで、国内初の国際共同育成品種である。1986年にテンサイの原料価格は、それまでの重量取引から糖分取引制へ移行したが、その当時としては画期的な高糖分、高品質の多収品種として、最大で国内シェアの3割まで普及した。その後、20年以上の長きにわたり「標準品種」として、あらゆる試験研究にも活用され、技術開発の指標としても役立った。

○「シュベルト」(1998年) :

ドイツのクライワントレーベン育種会社（現 KWSSAAT AG）と共同育成したそう根病抵抗性品種であり、クライワントレーベン育種会社の雄

性不稔系統「KRMS-4」を母系とし、北海道農業試験場で育成した花粉親系統「NK-212BR」を父系とする交雫により育成した。初期に導入されたそう根病抵抗性品種が低糖分、低収量であった点を大幅に改良した。

○「カブトマル」(1999年) :

ドイツのクライワントレーベン育種会社（現 KWSSAAT AG）と共同育成した多収の品種であり、クライワントレーベン育種会社の雄性不稔系統「KMS-5」を母系とし、北海道農業試験場で育成した花粉親系統「NK-210BR」を父系とする交雫により育成した。当時の普及品種と同程度の根中糖分でありながら、根重が5%程度多く、その後同水準の多収型品種が導入されるきっかけとなつた。

○「ユキヒノデ」(2003年) :

オランダのADVANTA社（現 SES VanderHave）と共同育成したそう根病抵抗性品種であり、ADVANTA社の雄性不稔系統「MOMS149」を母系とし、同じく育成系統「NK-212BR」を父系とする交雫により育成した。「シュベルト」よりも高糖・高品質で、強い褐斑病抵抗性も備えた複合抵抗性品種である。

○「北海90号」(2005年) :

ドイツのKWS SAAT AGと共同育成した世界初の黒根病抵抗性品種であり、北海道農業研究センターの雄性不稔系統「NK-280mm-CMS × NK-235BRmm-O」を母系とし、KWS SAAT AGの花粉親系統「PS-2 X/3-98」を父系とする交雫により育成した。北農研の遺伝資源から発見された高度黒根病抵抗性遺伝子を活用して育成したもので、強い黒根病抵抗性と耐湿性を持つ（写真3）。本品種よりも両抵抗性の優れる品種はいまだに育成・導入されていない。

3. 新しい品種と将来的な展開

テンサイは、先進国が多い温帯地域の中で、19～20世紀に急速に発展した科学技術の粋を集めて作り上げられた作物であり、これほど卓越した乾物生産を上げるまでに躍進したのは、栽培技術、品種改良などの技術開発の貢献度は極めて大きい。当初は3%程度だったと推定されている糖分

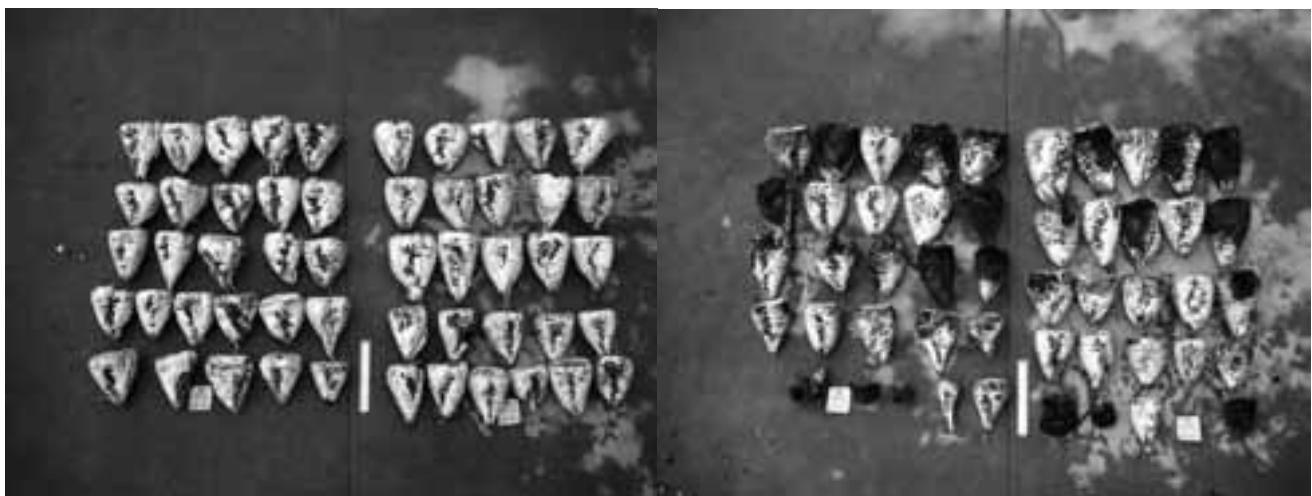


写真3 汚染圃場における黒根病抵抗性の品種間差（左：北海90号、右：カブトマル）

含量は、砂糖原料用としての品種改良において糖分の向上を目標とした選抜が重ねられた結果、現在は17%まで高められた。糖分取引制度へ移行してまもなく、高糖・高品質品種「モノホマレ」がリリースされたが、そのおよそ20年後の2009年に、北海道農業研究センターでは大幅な糖分と品質の向上を図った高糖性品種「アマホマレ」を育成した。本品種は、SES VanderHaveとの共同育成品種であり、北海道農業研究センターの単胚性雄性不稔系統「NK-237BRmm-CMS × NK-300mm-O」を母系とし、SES VanderHaveの花粉親系統「PKS5335」を父系として交雑し、育成したものである。主力の普及品種並みの根重でありながら、登録時の糖分（根中糖分）が18.2%と高く、糖分含量を大幅に改良することに成功した。これは、現在の普及品種に比べて百分率で5%程度（「モノホマレ」対比では約7%）も高い値であり、現在、我が国に普及している品種の中でも最

高水準の高糖型品種である（表1）。また、病害抵抗性に関しては強い抵抗性を持たないが、恒常的な発生が問題となっている褐斑病や黒根病にも「中」程度の抵抗性を示し、低糖分圃場対策の品種として普及が期待されている。製糖原料において糖分の向上は、製糖効率を高め、製糖コストを低下させるうえで重要であり、今後も重要な育種目標であることに変わりはない。

一方、我が国のみならず、テンサイ産業を幾度となく困難な局面へ陥れたのは病害である。日本でも、1990年代より土壌伝染性ウイルス(BNYVV)による根病の汚染圃場の急速に拡大しており、高温、多雨年での褐斑病や難防除の黒根病の激発などの問題が顕在化している。2009年には、記録的な降雨による湿害や黒根病が多発し、排水不良畠を中心に大きな被害を及ぼし、去る2010年には、異常高温と多湿による褐斑病や黒根病の大発生により糖分取引制度へ移行した1986

表1 平成19～21年における北海道の優良品種認定試験において評価した「アマホマレ」の収量成績

品種名	根重 (t/10a)	根中糖分 (%)	糖量 (kg/10a)	修正糖量 (kg/10a)	アミノ態窒素 (meq/100g)	カリウム (meq/100g)	ナトリウム (meq/100g)	不純物価 (%)
モノホマレ	6.89	17.02	1,171	1,021	1.99	4.38	0.60	4.50
アマホマレ	104	107	111	114	84	84	54	77
クローナ	105	103	109	110	90	96	73	89
えとびりか	101	103	104	107	83	83	76	80
レミエル	109	103	113	115	91	89	63	84

1) 「クローナ」、「えとびりか」、「レミエル」は、普及面積の多い代表的な普及品種

2) 収量成績は、全道5か所×3年間の計15試験の平均値である。

3) 標準品種「モノホマレ」のみ実数値、その他は「モノホマレ」に対する百分比で示す。

年以降で最低の収量水準となった。相次ぐ天候不良によって北海道のテンサイは2年連続の記録的な不作に見舞われる事態となった。近年、地球温暖化や異常気象の頻発について活発に論議されているが、栽培環境の変化にも対応できるように品種開発を進めておくことは重要である。たとえば、複数の病害に抵抗性を持つ複合病害抵抗性品種などは、乾燥、冷涼な環境に適応したテンサイが、高温や多雨に遭遇しても、病害による減収を軽減、回避するのに大きな力が発揮されるであろう。主要病害抵抗性を1つの品種に集積させる研究については、Syngenta seed や SES VanderHaveとの国際共同研究の中でも取り組んでおり、北海道のテンサイ栽培で問題となる主要4病害すべてに抵抗性を持ったスーパー耐病性品種の開発を進めている。現在、そのプロトタイプとして、北海道農業研究センターの黒根病抵抗性、褐斑病抵抗性および根腐病抵抗性の3病害抵抗性の単胚性雄性不稔系統を母本に、Syngenta seed のそう根病抵抗性花粉親を父本とした品種候補「北海101号」を北海道の優良品種認定試験へ供試している。予備的段階ではあるが、2010年のような高温多湿でも試験圃場レベルでの病害の発生は少ないことが確認されており、主要病害が恒常に発生し、被害が大きい排水不良畑などにおいて利用されることを期待している。

冒頭にも申し上げたとおり、テンサイの歴史は浅く、育種で用いられる遺伝子の選択幅は小さい

と考えられる。今日のテンサイ産業繁栄の背後には、近代的農業技術の多投入に伴う目覚ましい発展とともに、少数の供給元から地球規模で「モノカルチャー」化が進むという表裏一体の関係の上で成り立っている。21世紀を迎えて、世界のテンサイ品種の開発拠点数は激減しており、今後より一層テンサイ品種の多様性が低下していくことが懸念される。しかし、今後も新規の病害虫の発生については十分な警戒が必要であり、その対策についてあらゆる可能性について試行錯誤を行うことが不可欠である。幸いにも、近年、北海道農業研究センターの黒根病抵抗性や褐斑病抵抗性については、遺伝的背景が明らかになり、これら抵抗性に関する遺伝子（QTL）近傍のDNA多型情報を頼りに効率的に選抜することも可能となった。今後、さらに多くの重要形質についても、精度の高い選抜による品種改良が行われるようになるだろう。欧米とは異なりモンスーンの影響が強い日本特有の風土へ適応した品種開発を進めることは、北海道農業研究センターの大きな役割である。フロンティア・スピリッツを忘れず常に挑戦し続ける姿勢は、テンサイの品種育成従事者の使命を感じる。

参考文献

島本義也（2010）品種改良の世界史・作物編。第11章テンサイ。悠書館。東京 pp.255-283.

てん菜品種の変遷と現在の主な品種について

社団法人 北海道てん菜協会

1. はじめに

北海道畑作の基幹作物であるてん菜並びに地域経済を支えるてん菜産業は、品種特性の進化とともに発展してきた。

てん菜は、2年生草本であり、1年目は栄養生長、2年目は生殖生長を行う。また、てん菜は、種子の生産増殖が他作物では3年で行われるのに対し、6年もかかる特異な作物である。

ここでは、てん菜が北海道畑作の基幹作物として定着して以降、品種改良が積極的に推進されてきた長い歴史の中で、現在までの進化とともに、栽培普及を目的とした優良品種認定までの過程を紹介する。

2. てん菜品種の変遷

第1期 ヨーロッパ品種時代

(大正10～昭和4年)

「クライワンツレーベン系」「ヴィルモーラン系」

てん菜糖業の初期、即ち明治13年(1880)から昭和5年頃(1930)にかけて使用された品種はフランスおよびドイツのヴィルモーラン、クライワンツレーベン種で毎年種子を輸入していた。しかし栽培面積の拡大とともに発芽不良や品質の劣る種子の混入が目立ち、将来とも種子を海外に依存するのはてん菜糖業の健全な発展上問題があるとして、種子の自給が要望された。

第2期 「本育系」時代

(昭和5～26年)

「本育48号」「本育192号」

北海道農事試験場では明治39年(1906)より品種試験を開始したが、大正9年(1920)以降本格的に欧州品種の収集を始めた。それらの中から育種材

料を検討した結果、成績の良いクライワンツレーベン種を選定し、その集団より高糖分個体を選抜、集団隔離採種によって昭和4年(1929)に本育48号を育成した。しかし、本育48号は褐斑病に弱く、この欠点を改良するため人工交配を行い本育190号、本育192号を昭和10年(1935)に育成した。本育192号は特に優れた特性を示し、以後昭和38年(1963)まで長期間に亘って利用された。

第3期 「導入系」時代

(昭和27～38年)

「導入1号」「導入2号」

第2次世界大戦後、再び海外から多数の品種が導入検討されたが、そのうちアメリカのグレートウェスタン社育成のGW304、GW359、GW443、GW476の4品種が優れていたため各々導入1～4号として昭和40年(1965)頃まで栽培された。これまでの期間に国内でも幾つかの品種が育成されていたが、上記品種の特性には及ばず、いずれも数年未満で打ち切られている。

第4期 倍数体多胚品種時代

(昭和39～48年)

「ポリラーベ」「カーベポリ」「AJポリ-1」

一方、欧州では倍数性植物の巨大性を利用する育種の成果が挙がり、ポリラーベ、カーベポリ、AJポリ-1はいずれも3倍体で多収であったことから、昭和39年(1964)に優良品種として決定された。昭和40年代はこれらの倍数体品種が大半を占め、50年代後半まで栽培された。

第5期 倍数体单胚品種時代

(昭和49～60年)

「ソロラーベ」「カーベメガモノ」「モノヒル」

しかし、それまでの品種は多胚のため間引作業を必要とし、省力化のため单胚種子の育成が期待されていた。その第1号が昭和46年(1971)のソロラーベで、続いてカーベメガモノ、モノヒルが導入され、更には国産のモノホープも誕生した。

モノヒルは根重型で当時の重量取引制度下では有利な品種であったため、昭和56年(1981)には普及率が50%にも達し、広く栽培された。

また、それら1粒1芽の单胚種子は、粒径を丸く揃えるため、コーティング加工を施したペレット種子が開発され、昭和59年(1984)頃より普及し、播種作業の効率化が図られた。

第6期 高糖分型品種時代

(昭和61～平成7年)

「モノエース」「モノホマレ」「スターヒル」

昭和61年(1986)の糖分取引制度移行に備えて高糖分型品種の選抜が昭和59年(1984)頃から実施され、昭和63年(1988)に高糖分型品種を含む7品種が優良品種となり、従来の根重型品種はこの年にほとんど置き換えられた。

第7期 高糖量型品種時代

(平成8～)

「アーベント」「のぞみ」「スコーネ」

高糖分型品種の普及は製糖歩留の向上に寄与したが、農家の収益性改善を図るために糖分取引10年を経過した平成8年(1996)頃から中間型の高糖量型品種が普及されるようになった。

第8期 高糖量・病害抵抗性品種時代

(平成18～)

「ゆきまる」「パピリカ」「リボルタ」

近年は収量、糖分の生産力が優れ、かつそう根病、褐斑病、黒根病に対し、抵抗性を有する品種

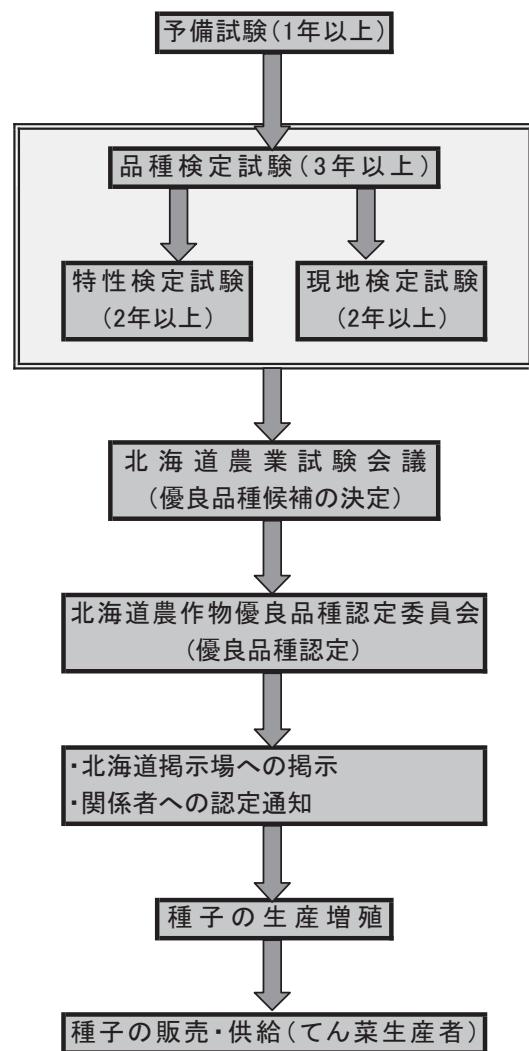
が優良品種として認定され、特にここ数年、そう根病抵抗性品種の作付割合は増加傾向にある。農家のニーズも多様化しており、年々新しい品種が登場し、年次毎の品種の変遷はめまぐるしくなっている。

(現在の主な栽培品種は以下の4項で紹介)

3. 優良品種の誕生

優良品種が誕生するまでには、多くの年数をかけて沢山の素材の中から創り出された有望な品種が、優良品種認定のために供試され、成績が優秀なものだけが選び出されて、優良品種として認定される仕組みとなっている。

優良品種認定のための試験(品種検定試験、特定検定試験、現地検定試験)は4年以上を要し、その前の選抜等の試験(予備試験)を含めると、優良品種の誕生までには非常に長い年月数がかかっている。



予備試験

有望とみられる系統を選抜する試験である。この試験を経て成績の良いものが品種検定試験に入ることになる。

①国产品種

国内では北海道農業研究センターが、いろいろな系統を組み合わせて、てん菜の新しい品種を開発している。その中から予備選抜して有望なものを振り分けている。

②輸入品種

世界各国で育成されている優れた品種を糖業(日甜、ホクレン、北糖)が、ドイツ、ベルギー、スウェーデンから輸入し、北海道の気候、土壌に対する適応性を予備検定する。この中から成績の良い有望品種を選抜する。

品種検定試験

予備試験で選ばれた有望品種の収量、糖分、特有の能力、性質などを従来の優良品種と比較し、優劣を判定する試験である。

この試験は北海道立総合研究機構の農業試験場が中心となって3年以上実施するが、成績は1年毎に厳しくチェックされる。優れていることが確認されない場合は、試験年次の途中で試験を中止したり、3年の期限を経た後でも認定とならない品種もある。

特性検定試験

品種検定試験を1年経て成績の良いものは品質や耐病性などの特性について検定試験が行われる。品質の良否や抽苔(とうだち)の有無、病害抵抗性(そう根病、褐斑病、黒根病など)の強弱などを検定する。

現地検定試験

品種検定試験を1年経て成績の良いものは、各地域の気象や土壌条件などに対する適応性を判断するため、代表的な道内地域3ヶ所の現地圃場で、その地区の農業改良普及センターが中心となり検定試験が行われる。

優良品種認定

各種試験を経た品種は、農試研究職員・専門技術員・道の担当職員で構成する北海道農業試験会議で試験成績の内容が検討される。

その結果、収量や糖分、品質その他の特性などについて総合的に成績が優秀と判断された品種はてん菜の優良品種候補として北海道農産物優良品種認定委員会に提案され、同委員会の決議を経て正式に優良品種として認定される。

4. 近年栽培されている品種の特性と栽培実態

近年栽培されている品種の特性と栽培実態(H22)を以下の表に示した。

前述のとおり、近年は多種多様な特性を有した

表 近年栽培されている品種の特性と栽培実態

品種名	優良品種認定年次	育成国	倍数体	主要特性	H22年栽培実績	
					面積(ha)	割合(%)
モリーノ	H11	スウェーデン	2	そう根病抵抗性、やや多収	288	0.5
のぞみ	H12	ドイツ	2	多収、やや高糖、耐病性弱	160	0.3
スタウト	H13	オランダ	3	褐斑病抵抗性、多収	2,881	4.6
きたさやか	H13	ドイツ	2	そう根病抵抗性、多収	3,242	5.2
アセンド	H16	オランダ	3	多収、糖量多、耐病性弱	2,853	4.6
あまいぶき	H16	ドイツ	3	高糖、耐病性弱	602	1.0
フルーデンR	H16	スウェーデン	2	そう根病抵抗性、やや高糖	2,335	3.7
クローナ	H18	スウェーデン	3	やや高糖、耐病性弱	265	0.4
かちまる	H19	ドイツ	3	やや多収、糖量やや多	14,228	22.7
レミエル	H20	ベルギー	3	高品質、耐病性弱	12,949	20.7
リッカ	H20	スウェーデン	2	そう根病抵抗性、多収	15,629	25.0
ゆきまる	H21	ドイツ	2	そう根病抵抗性、糖量やや多	2,554	4.1
パピリカ	H22	ベルギー	2	そう根病抵抗性、糖量多	1,114	1.8
リボルタ	H22	スウェーデン	2	そう根病抵抗性、耐病性強～やや強	3,460	5.5
合計					62,560	100.0

品種開発が進み、ほぼ毎年のように新たな優良品種が誕生している。

導入品種はドイツ(KWS社)、ベルギー(セスハンデルハーベ社)、スウェーデン(シンジエンタ社)など、ヨーロッパで育成された輸入品種であり、一部道内の種子工場(江別市、大空町)でも増殖生産されている。

平成22年産では14品種が栽培されており、その中で、主力品種は「かちまる」「レミエル」「リッカ」で全体の約7割を占めている。また、それらの後続品種である「ゆきまる」「パピリカ」「リボルタ」は全て、そう根病抵抗性品種である。

そう根病は、収量、糖分に多大な影響を及ぼすウイルス病であり、広く道内で発生している。

最近のそう根病抵抗性品種は収量、糖分等の生産性が一般品種とほとんど変わらない程度まで進化してきており、生産性向上により抵抗性品種の普及が進んでいる。以下の図で示した通り、ここ数年、そう根病抵抗性品種の普及率は増加傾向にあり平成22年産の普及面積は46%まで拡大されている。

5. おわりに

平成22年産てん菜は、夏期の高温・多雨の影響で褐斑病、黒根病、根腐病の多発、湿害により、ha 収量49.4t、糖分15.3%と極めて低い生産実績となり、特に糖分は、昭和61年の糖分取引制度開始以降、最低となった。

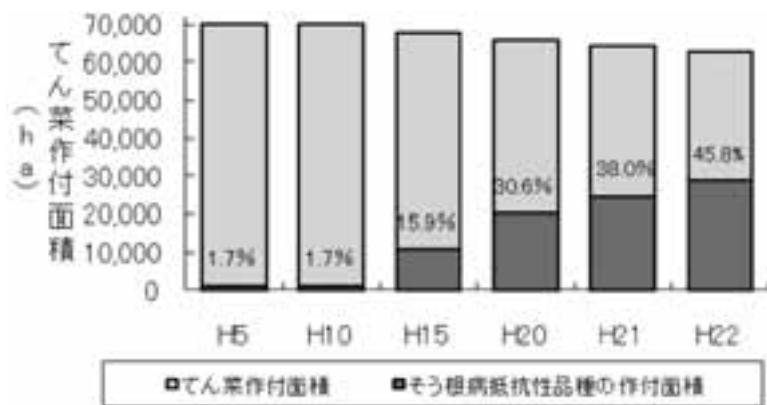
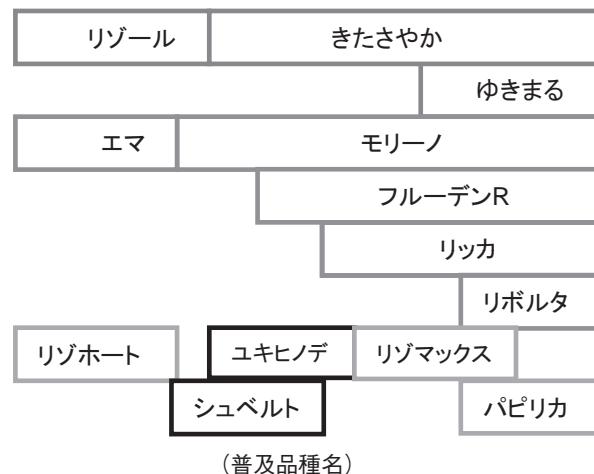


図 そう根病抵抗性品種の普及面積



最近の温暖化気象のデータ解析によれば、2030年代には現在よりも北海道の年平均気温が2℃程度上昇すると想定されている。

気温上昇と多雨条件が重なれば、平成22年と同様に病害の多発が充分予想されることから、今後のてん菜の安定生産のためには、従来の防除、湿害回避等の技術対策と併せて、褐斑病、黒根病などの耐病性品種の開発・普及が重要な課題と考えている。

北海道におけるてん菜の種子生産

ホクレン農業協同組合連合会 てん菜生産部原料課

1. はじめに

北海道において製糖原料用として供給されているてん菜の種子については、約7割がヨーロッパの種苗会社で生産されたものを各製糖会社が輸入しているのですが、約3割の種子については日本国内で生産しています。

ホクレン農業協同組合連合会では、北海道網走郡大空町女満別（旧女満別町）に女満別種子工場を置き、てん菜品種の選抜から種子生産・製品種子加工を行っております。

ここでは、ホクレンによる国産てん菜種子生産事例について紹介します。

2. 女満別における種子生産

女満別におけるてん菜種子生産は昭和35年に開始されました。

風媒作物であるてん菜は、開花期から収穫期までの降雨が収穫種子の品質に大きく影響することから、年間降水量の少ない女満別を採種地として選定した経緯にあります。

女満別での採種については種子生産者に生産を委託しており、ホクレンが取扱っているてん菜種子については大部分が女満別で生産されたものとなっています。

3. 種子生産方法

(1) 増殖方法

現在のてん菜種子は雄性不稔系統単胚種子親と多胚花粉親の交配による単胚一代雑種の利用が主流となっております。

てん菜は2年生草本であるため、女満別での種子増殖には2年の期間を必要とします。

1年目に原種を播種し栄養生長させ収穫した菜根（母根）を翌年に定植し生殖生長させ種子を収穫します。

原種についてはヨーロッパの品種育成国の種苗会社にて採種・輸入したものを使用しており、原種の生産期間を加えると、てん菜種子の生産には合計6年を要することになります。

(2) 母根養成

原種は4月下旬から5月上旬に専用播種機で播種し密植栽培（約100,000本/10a）で母根を養成します。



原種播種

養成された母根は10月に収穫し翌年4月まで低温恒湿条件の貯蔵庫に保管し翌年に向け春化処理を施します。



母根収穫

ヨーロッパなどのてん菜採種は冬期間も温暖なフランス南部などで行なっており、母根は圃場で

不織布などの資材で簡易被覆し越冬させ、春に収穫・植え替えをしています。

しかし冬期に圃場凍結する北海道では母根が凍結・腐敗してしまうことから収穫・貯蔵管理の作業が必要となります。



収穫された母根

(3) 採種

貯蔵・春化処理された母根は4月下旬～5月上旬に採種圃場に定植します。

花粉親1畳に対し種子親5畳の割合で約3,000本/10aを定植します。



母根の定植

定植された母根は抽苔期から急速に草丈が伸長しその後約1ヶ月開花を続け受粉します。

受粉後の花粉親は不要となるため、圃場に鋤込み種子親だけを残します。

8月下旬～9月上旬に成熟期を迎えた種子は刈取・乾燥・脱穀・調整後工場に集荷します



採種圃場



てん菜の花



種子収穫

(4) 製品種子の加工

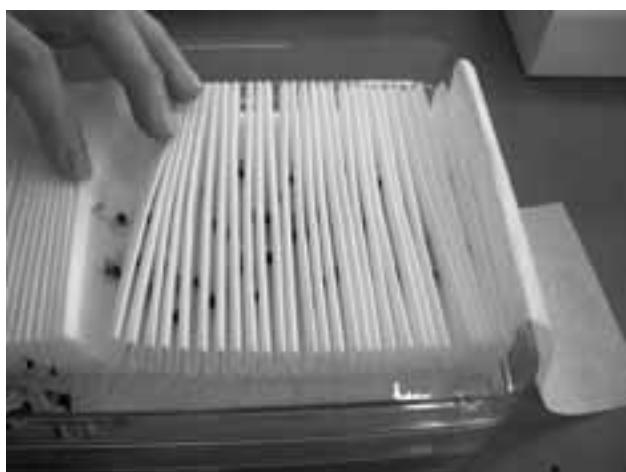
集荷した種子は受入検査後、下記の工程を経て高発芽率種子のみを選別・加工・包装し出荷します。

①粗選別→②乾燥→③研磨→④粒径選別→⑤比重選別→⑥ペレット加工→⑦包装

(5) 品質管理

種子受入から出荷まで多くの品質調査を実施し

ており、特に発芽率については、各工程において、ろ紙法・砂法・ペーパーポット法などの手法により調査しています。



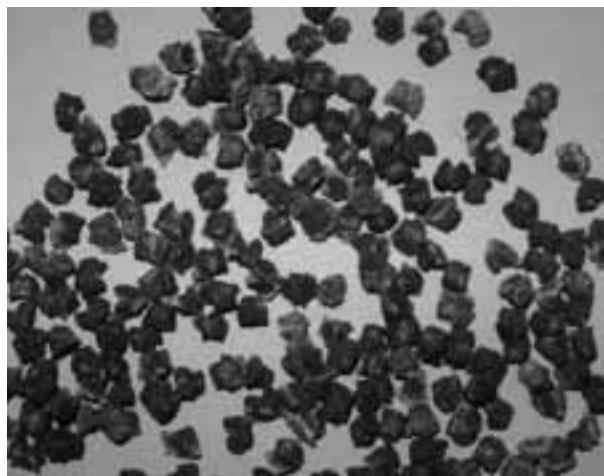
ろ紙法発芽試験

4. てん菜種子の種類

(1) 多胚種子

元々てん菜種子は、種子1粒に複数の胚が集合している「多胚種子」であり、複数出芽するため間引きが必要でした。

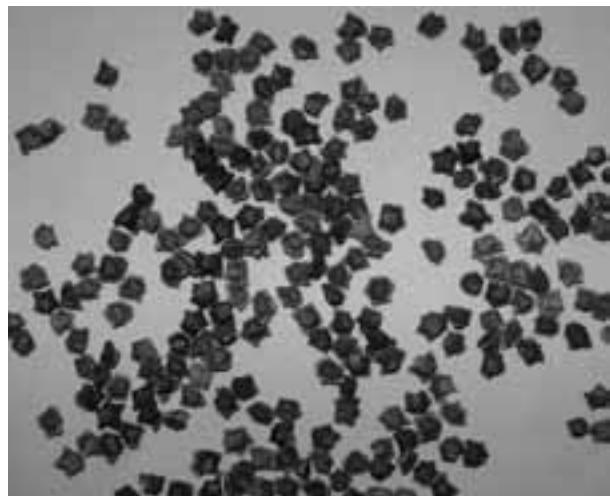
現在多胚種子は使用されていません。



多胚種子

(2) 単胚種子

現在栽培されている品種は種子1粒に1つの胚の「単胚種子」であり、出芽数が少なくなることにより間引作業が容易になったことからてん菜栽培の省力化に大きく貢献しました。

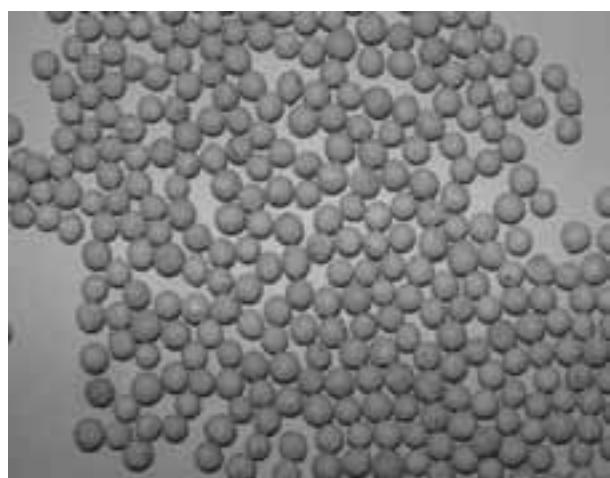


単胚種子

(3) ベレット種子

単胚種子を各種資材で球形に被覆加工したもので、元々非常に不整形であるてん菜種子においては播種時の取扱いが容易となり、完全な1粒播種が可能で間引きが不要となりました。

また直播栽培・移植栽培の両方に使用可能であるため、現在使用されているてん菜種子は大部分がベレット種子となっています。



ベレット種子

5. おわりに

てん菜種子の生産については、多くの労力と時間を要しますが、ホクレンは生産者の要望に応える種子を供給するため、今後も種子生産技術・加工技術の更なる向上を図り高品質な製品を供給してゆきたいと考えております。

てん菜と温暖化

北海道立総合研究機構 十勝農業試験場 生産システムグループ 梶山 努

1) はじめに

現在、てん菜が商業的に栽培されているのは、日本では北海道だけあり、また、世界的に見ても寒冷地で栽培され、寒冷地に適している作物です。しかし、近年、「地球温暖化」という言葉を頻繁に耳にしますが、2007年に公表されたIPCC（気象変動に関する政府間パネル）の第四次報告書では、地球温暖化は確実に起こっているとしています。このことを裏付けるように、近年、高温となる年が頻出しており、特に、昨年（2010年）の夏の猛暑は記憶に新しいことかと思います。

そこで、気象要因とてん菜の根重・根中糖分との関係を明らかにして、地球温暖化が寒冷地に適した作物といわれているてん菜の収量にどのような影響を及ぼすかを、近未来である2030年代を対象に予測した結果について説明します。

2) 気象要因と根重・根中糖分の関係

収量と根中糖分のデータは、各製糖工場が根中糖分の測定を開始した糖分取引制度移行後の1986

年から2006年の全道平均値を用いて解析しました。

気象データは、1986年から2006年までの全道8カ所の製糖工場を代表するアメダス地点10カ所の気象データを、各製糖工場における作付面積に基づき加重平均して、てん菜における全道平均気象データとしました。

各気象要因と根重、根中糖分との関係を月別で見ますと（表1）、根重については6月の平均気温、最高気温がそれぞれ $r = 0.550^*$ 、 $r = 0.580^{**}$ (*: 5%水準、**: 1%水準で有意、以下同様) で正の相関が、根中糖分については8月及び9月の平均気温、最高気温、最低気温と負の相関が認められました ($r = -0.465^* \sim -0.882^{**}$)。

次に1旬を単位として各期間の相関を調べた結果、根重については4月中旬から6月下旬の積算最高気温と正の相関 ($r = 0.673^{**}$) が、根中糖分については7月上旬から10月上旬の積算最低気温と負の相関 ($r = -0.934^{**}$) が、それ最も強く認められました。一方、降水量と日照時間との

表1 根重・根中糖分と気象要因の相関(1986～2006年)

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	最も相関の高い期間と相関係数
【根重】								
平均気温	0.324	0.434	<u>0.550</u>	-0.023	0.035	0.234	0.341	4月中旬～6月下旬 <u>0.647</u>
最高気温	0.316	0.429	<u>0.580</u>	-0.013	0.032	0.421	0.357	4月中旬～6月下旬 <u>0.673</u>
最低気温	0.218	0.320	0.365	-0.027	0.014	0.005	0.361	4月中旬～6月下旬 <u>0.532</u>
降水量	-0.137	-0.268	-0.176	0.155	0.041	-0.142	0.002	5月中旬～6月中旬 -0.420
日照時間	0.205	0.173	0.311	0.089	-0.044	0.261	-0.081	7月中旬 0.409
【根中糖分】								
平均気温	0.230	-0.396	-0.174	-0.553	<u>-0.753</u>	<u>-0.761</u>	-0.224	7月上旬～10月上旬 <u>-0.885</u>
最高気温	0.280	-0.313	-0.147	-0.554	<u>-0.684</u>	<u>-0.465</u>	-0.332	7月上旬～10月中旬 <u>-0.808</u>
最低気温	0.174	-0.370	-0.165	0.524	<u>-0.798</u>	<u>-0.882</u>	-0.144	7月上旬～10月上旬 <u>-0.934</u>
降水量	-0.447	-0.150	0.177	-0.022	0.064	-0.352	0.271	10月下旬 <u>0.533</u>
日照時間	-0.025	-0.267	-0.182	-0.166	-0.280	0.202	-0.349	8月上旬 <u>-0.483</u>

注) 下線5%水準、2重下線1%水準で有意

関係については、気温ほど相関関係は高くなく、その影響は判然としませんでした。

以上の結果から、てん菜については、春から初夏(4月中旬～6月上旬)が暖かいと多収となり、夏季～秋季(7月上旬～10月上旬)が暖かくなると根中糖分が低下すると考えられました。

次に、気象要因からてん菜の根重及び根中糖分の回帰式(予測式)を作成した結果は次の通りでした(図1、2)。

根重: $0.034 \times$ (4月中旬～6月下旬の積算最高気温) + 11.512 ($r = 0.673^{**}$)

根中糖分: $-0.0062 \times$ (7月上旬～10月上旬の積算最低気温) + 25.0329 ($r = -0.934^{**}$)

3) 温暖化気候データによる収量と根中糖分の予測

2030年代の気象データについては、既往の温暖化気候予測データ(CCSR)を活用しました。その結果、2030年代の気候データによれば、北海道の月平均気温は現在(1971～2000年を統計期間とする平年値)から1.3～2.9°C(年平均2.0°C)上昇します。農作物の生育期間である5～9月は平均1.8°Cの昇温で、秋～冬季の昇温(平均2.1°C)より小さい傾向となります。しかし、6～9月の平均気温が17.5°C以上の地域は、現在では道南・道央の一部地域だけですが、2030年代には、現在のてん菜栽培地域のほとんどが17.5°C以上になることが想定されます(図3)。

また、降水量は現在比0.8～1.8倍(年平均1.2倍)と変化の幅が大きく、特に6、7月にそれぞれ1.

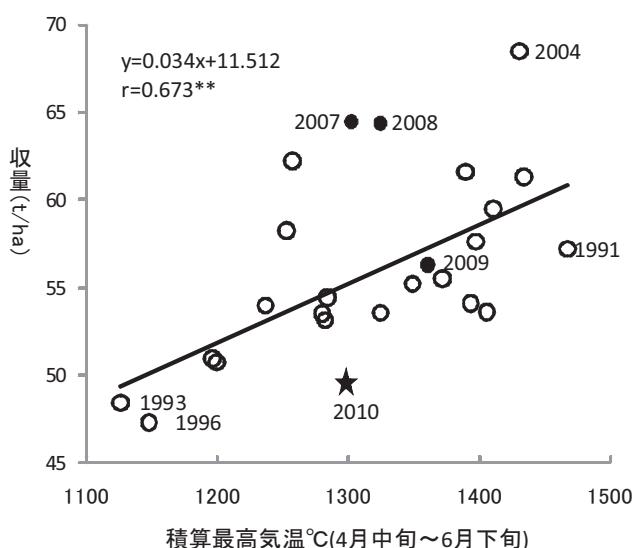


図1 春先の気温と根重の関係

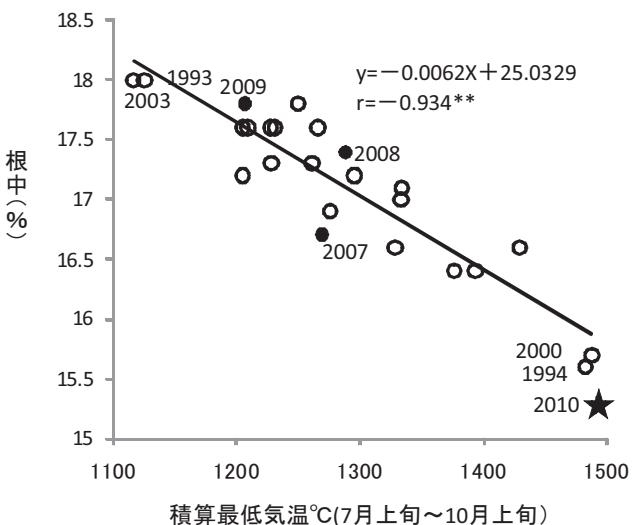


図2 夏期～秋期の気温と根中糖分の関係



図3 6～9月の平均気温 (左: 現在、右: 2030年代)



表2 てん菜における2030年代の予測値

	根重予測値 (t/ha)	根中糖分予測値 (%)	糖量予測値 (t/ha)	備考	
				積算最高気温(℃) 4月中旬～6月下旬	積算最低気温(℃) 7月上旬～10月上旬
現在 (1986~2000年)	55.67	17.0	9.46	1299	1298
CCSRによる予測値	62.21	16.2	10.08	1491	1429
CGCM1による予測値	61.59	15.8	9.73	1473	1486

注)糖量：根重×根中糖分

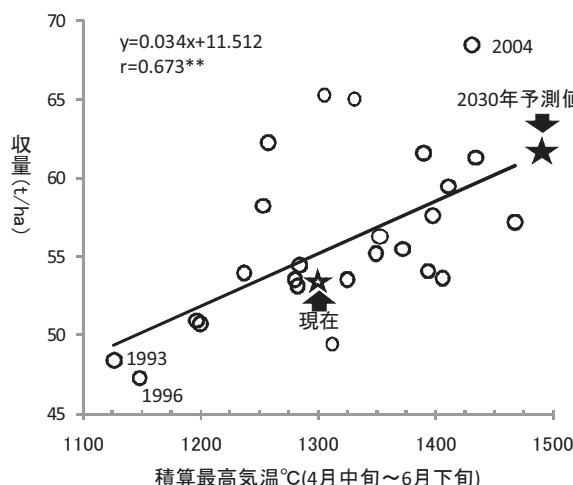
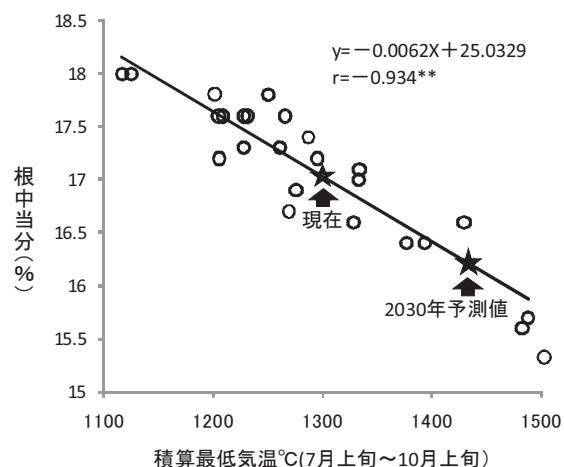


図4 2030年代の根重予測値

図5 2030年代の根中糖分予測値
現在：1986～2000年の平均値、2030年代：CCSRより算出

6、1.8倍の多雨が予測されています。日射量は現在の0.85倍に減少すると予測されています。

これらの予測値と、6～8月にかけて記録的な高温、多雨となった2010年の実測値を比較しますと、昨年の気温は予測値を0.2～1.4℃上回り、7、8月の降水量は予測値に近い結果でありました。このことから、予測した2030年代の気象データは、現在の気象変動の範囲内にあり、起こりうる気象であるといえます。

次に、前述の回帰式に2030年代の気象データから算出した結果、現在(1986～2000年平均)と比較して、根重が55.7t/ha から61.6～62.2t/ha に増収し、根中糖分が17.0%から15.8～16.2%に低下し、糖量としては9.46t/ha から9.73～10.1t/ha

へと増加すると推定されました(表2、図4、5)。

4) 最後に

てん菜は春先が暖かく、夏場以降は涼しくなることによって多収になります。しかし、今後予想されている温暖化により、収量(根重)は増えますが、夏季以降の高温により根中糖分が大きく低下します。また、また、褐斑病、葉腐病、根腐病、黒根病などの病害の発生については、初発が早まり、発生量も多くなり、ヨトウガについては食害量の増加が想定されます。そのため、病害抵抗性を有する高糖性品種の作付と排水対策の実施を推進とともに、薬剤散布スケジュールの見直し等の薬剤散布方法の検討が必要となってきます。

適正な施肥管理によるてん菜のコスト削減

北海道立総合研究機構 北見農業試験場 笛木 伸彦

北海道のてん菜を作り続けるために

てん菜の作付け面積は平成16年から減少が続いており、平成19年度に畑作経営所得安定対策が導入されてからはさらに減少に拍車がかかった。また、てん菜は平成21～22年と2年連続の不作となり、特に平成22年は異常高温と多雨のため記録的な低糖分・低収量となった。さらに、平成23年度導入の戸別所得補償制度のてん菜に係る政策支援単価が現行対策に比べて下がったことが、生産者手取りが減少するという誤解につながり、生産者のてん菜作付け意欲の減退が懸念されている。

これ以上てん菜の作付けが減少すれば、畑作の輪作体系が崩れ、他作物の生産性や需給バランス、そして土壌肥沃度に悪影響が出るだけでなく、てん菜産業や地域の崩壊という深刻な事態に至る危険性もある。

新たな戸別所得補償制度の詳細は避けるが、実質的には全量が数量扱となり、「生産者の品質・生産性向上の努力が報われる制度」となっている。すなわち、これまでなされてきた、てん菜の生産性向上に対する努力は一切無駄にはならず、それどころか、さらなる努力と工夫が今後の結果を左右すると言える。

てん菜の場合、コストの削減にはまだ努力と工夫の余地が残されている。ここでは特に、施肥管理の適正化によるコスト削減を中心に述べることとした。

肥料コストの削減はてん菜の収益性向上のカギ

てん菜は畑作物の中で最も施肥量の多い作物である。そのため、10a当たり生産費(95,272円)の30%を肥料費が占めており(図1)、肥料費は10a当たり28,582円にも上る。全道における10a当たり平均施肥量(平成21年度)は窒素17.0kg、リン酸29.0kg、カリ13.0kgで(てん菜糖業年鑑2010)、

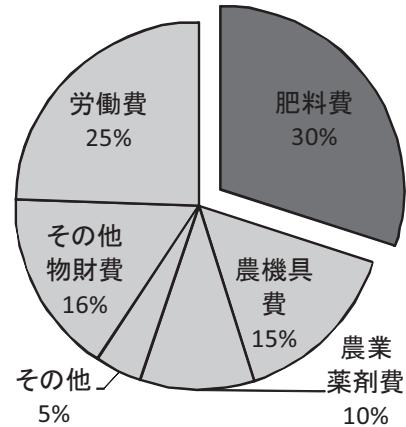


図1 平成21年産てん菜の生産費の構成割合 (農林水産統計)

「北海道施肥ガイド2010」(平成22年3月 北海道農政部発行)に示されている数値と比較して、窒素とカリは施肥標準量レベルであるものの、リン酸は施肥標準量20～22kgよりも明らかに多くなっている(表1)。すなわち、全道傾向で見ても減肥可能な余地があり、したがって肥料費を節約することで収益性を改善できる余地は十分にある。

ただし肥料費を節約してはみたものの、そのために減収を招いては本末転倒である。そのような失敗をしないために、「北海道施肥ガイド2010」を活用し、収量性を確保しながら適正施肥(減肥)を実践することが重要である。

北海道施肥ガイド2010では、近年の増収傾向を反映させ、てん菜の基準収量を6000～7000kg/10aに改訂した。これに伴い、窒素施肥標準量をおおむね2kg/10a増加した。また地帯区分を全道に一本化した。後述する土壌診断では、これらの施肥標準量を基礎に土壌の分析結果に基づいて施肥量を加減する。

表1 てんさいの施肥標準量

要素	地帯区分	基準収量	(単位: kg/10a)			
			低地土	泥炭土	火山性土	台地土
窒素(N)	全道	6000~7000	16	14	18	17
リン酸(P ₂ O ₅)	全道		20	20	22	20
カリ(K ₂ O)	全道		14	16	16	14
苦土(MgO)	全道		3	4	4	4
ホウ素(B ₂ O ₃)	全道		0.3	0.3	0.3	0.3

資料：北海道施肥ガイド2010

注1：施用窒素のうち硝酸態窒素割合は40%以下とする。
注2：本施肥量は、移植栽培、直播栽培の両方に適用する。

表2 作土の熱水抽出性窒素診断値と窒素施肥量の対応表

熱水抽出性窒素診断値 (mg/100g)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	<
窒素施肥量 (kg/10a)	24	20	16	12	8					

資料：「熱水抽出性窒素によるてん菜およびばれいしょ畑の土壤診断」(平成2年指導参考)注：本表は全道に適応するが、野菜作跡地など多量の無機態窒素の残存が想定される場合は除く（この場合は、Bの無機態窒素診断が活用可能である）。また、対象土壤は、50cm以上の表層(多)腐植層を持つ黒ボク土と泥炭土を除く全土壤である。土壤の採取時期は前年秋、当年春どちらでも良い。

てん菜の土壤窒素診断は3種類 一場面に応じて使い分けるー

これまでの試験研究の積み上げから、てん菜の土壤窒素診断には、A 作土の熱水抽出性窒素診断、B 0~60cm 土壤無機態窒素診断、C Nスコア法、の3種類の方法が整備されている。これらの3種類はいずれも全道で活用可能であるが、それぞれの特徴があり、以下のように使い分けるのが推奨されている。

A 作土の熱水抽出性窒素診断：

熱水抽出性窒素(AC-Nともいう)は、北海道ではてん菜以外の作物にも広く用いられている。この熱水抽出性窒素の分析値に基づき、表2からてん菜の適正な窒素施肥量を求めるのが本法である。本法は、有機物があまり施用されておらず、土壤中の易分解性有機態窒素が主たる窒素供給源である場合に活用するのが望ましい。なお熱水抽出性窒素の分析値は、通常3~4年程度継続利用することが可能であるが、有機物を多量施用した場合など、施肥量を大幅に変更する場合には土壤診断の頻度を高めて、土壤養分の適正化をはかる必要がある。

診断値の使用例を一つ示す。ここにAほ場とBほ場があるとする。両ほ場ともに普段あまり有機物が施用されていないが、熱水抽出性窒素診断

値はそれぞれ、5 mg/100gと2 mg/100gであった。表2に基づくと、窒素施肥量は各々、Aほ場: 16kg/10a、Bほ場: 24kg/10a、となる。

B 0~60cm 土壤無機態窒素診断

道内の畑作地帯の中には、冬季間の降水量が少なく硝酸態窒素が土壤に残存しやすい地帯で、野菜作跡地など多量の無機態窒素の残存が想定される場合がある。また、新規購入地や借地など、過去の有機物投入履歴が不明な場合も少なくない。このような場合には、0~60cm 土壤無機態窒素診断が活用可能である。

本法を実践するには、まず「当年春の0~60cm 土壤硝酸態窒素量 (kg/10a)」を求める必要がある。この分析は小型反射式光度計を用いて行うことができる（詳細は北海道施肥ガイド2010のp. 39~40を参照して頂きたい）。

次に、後述する「Nスコア法」と同様に、「当年春の有機物施用量に対応したNスコア」を表3から求め、以下の手順①~⑤に従って窒素施肥量を決定する。

①当年春に0~60cm 土壤無機態窒素を測定し、以下によりNスコア合計推定値を計算した後、窒素施肥量を決める。

②Nスコア合計推定値 =

$$\left[\begin{array}{c} \text{当年春の}0\sim60\text{cm土壤硝酸態窒素量 (kg/10a)} \times 1.1 \\ + \\ \text{当年春の有機物施用量に対応したNスコア (表3)} \end{array} \right]$$

③窒素施肥量 (kg/10a) = 21 - Nスコア合計推定値

④得られた窒素施肥量は、ほ場条件に応じて ± 1 (kg/10a) の範囲で加減する。

⑤上記で計算した窒素施肥量が4 (kg/10a) 未満であるときは、初期生育確保に最低限必要な窒素施肥量(スターターN)として4 (kg/10a) を施用する。

資料：「有機物等の窒素評価に基づくてんさいの窒素施肥対応」(平成19年普及推進)

1 計算例を示す： 「当年春の0~60cm 土壤硝酸態窒素量 (kg/10a)」は5.5kg/10a。当年春に堆肥(单年施用と連用5年未満)を2 t/10aと牛糞

を2 t/10a 施用した場合、表3から「当年春の有機物施用量に対応したNスコア」は $2 \times 1 + 2 \times 2.5 = 7$ となる。すなわち、「Nスコア合計推定値」は $5.5 \times 1.1 + 7 = 13.05$ となるので、窒素施肥量は $21 - 13.05 = 7.95$ (kg/10a) となる。

C Nスコア法

道内の畑作地帯、特に道東地域では有機物が比較的多く施用される場合が少なくない。このような場合には、有機物から供給される窒素を考慮する必要がある。施用された有機物の量が把握できている場合には、土壤窒素の分析を必要としない「Nスコア法」が活用できる。この方法は、有機物施用等をNスコア（表3）としたところ、てん菜の窒素吸収量と密接に関係することが明らかにされ（図2）、すなわちてん菜の最適窒素吸収量とされる約24kg/10aとするためには、窒素施肥量+Nスコアの合計値=21 (kg/10a) となるよう窒素施肥量を加減すればよいことに基づいている。Nスコア法の手順は以下の①～④に示した。

- ①窒素施肥量 (kg/10a) = 21 - 前作収穫後から施肥前までのNスコア合計値
- ②得られた窒素施肥量は、ほ場条件に応じて±1 (kg/10a) の範囲で加減する。
- ③上記で計算した窒素施肥量が4 (kg/10a) 未満であるときは、初期生育確保に最低限必要

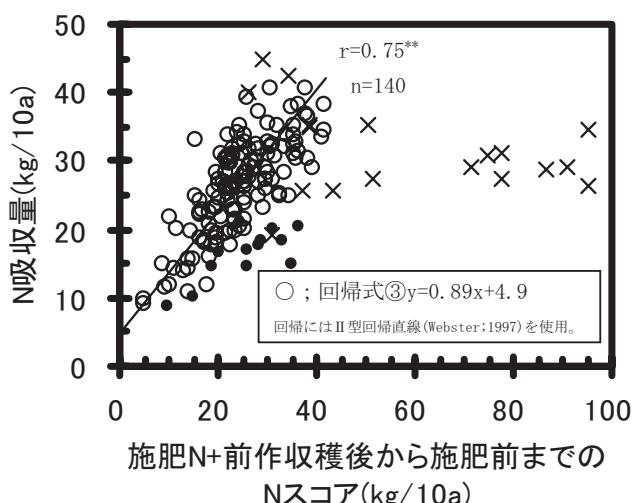


図2 てん菜の窒素吸収量と窒素施肥量+前作収穫後から施肥前までのNスコアの関係
(×: 有機物多量施用 (n=18)、●: 根腐病・褐斑病激発 (n=2) または土壌物理性不良 (n=4) または湿害 (十勝沿海2006年、n=7)、○: 上記以外。)
出典: <http://www.agri.hro.or.jp/center/kenkyuseika/gaiyoshoh19gaiyo/f3/2007311.pdf>

表3 有機物その他の窒素供給源とNスコアの対応表

前作収穫後から施肥前までの有機物管理等	Nスコア
堆肥 (単年施用と連用5年末満)	1 (1tあたり)
堆肥 (連用5～10年)	2 (〃)
堆肥 (連用10年以上)	3 (〃)
牛ふん尿スラリー	1.3(〃)
豚ふん尿スラリー	1.3(〃)
牛尿	2.5(〃)
豚ふん	3.7(〃)
鶏ふん	13 (〃)
てん菜茎葉すき込み (連作)	4 (一律)
転換畑 (転換初～2年目)	1 (〃)
前作収穫後の緑肥へのN施肥	1 (N1kg/10aあたり)

資料:「有機物等の窒素評価に基づくてんさいの窒素施肥対応」(平成19年普及推進)

注1: 堆肥には、牛ふん堆肥、牛ふんバーク堆肥、馬ふん堆肥を含む。

注2: 本表に示されない有機物を施用した場合は、(2)有機物施用に伴う施肥対応による窒素減肥可能量を持つてNスコアと見なす。ただし、前作残渣や緑肥のすき込みに伴う窒素減肥可能量は考慮しない。

な窒素施肥量 (スターN) として4 (kg/10a) を施用する。

④計算例：小麦跡地にえんばく緑肥 (N3kg 施用)、牛ふん麦桿堆肥4 t 施用 (4年に一度施用)

春先に豚ふん尿スラリー2 t 敷布した条件では、

$$\text{窒素施肥量} = 21 - (3 + 1 \times 4 + 1.3 \times 2) = 11.4 \text{ (kg/10a)}$$

リン酸、カリ、苦土の土壤診断と施肥対応

リン酸、カリ、苦土の土壤診断と施肥対応は、施肥標準量（表1）とそれぞれ土壤（作土）の有効態リン酸含量（トルオーグ法）、交換性カリ含量、交換性苦土含量の分析値に基づいて行う（表4～6）。

堆肥や下水汚泥コンポストを施用した場合にはリン酸の減肥が可能

北海道施肥ガイド2010には、堆肥および下水汚泥コンポスト施用に伴うリン酸の減肥可能量が新たに示された。すなわち、堆肥1 tにつきリン酸1 kg、石灰系下水汚泥コンポスト1 tにつきリン酸5 kg、高分子系下水汚泥コンポスト1 tにつきリン酸7.4 kg、の減肥が可能である（表7）。

多くの有機物に示されているカリ減肥可能量

カリは堆肥や下水汚泥コンポストのみならず、てん菜茎葉などのほ場副産物、緑肥、液状有機物

表4 有効態リン酸含量に基づくリン酸施肥量の加減対応表

有効態リン酸含量 (トルオーグ法) (P ₂ O ₅ mg/100g)	低い 0~5	やや低い 5~10	基準値 10~30	やや高い 30~60	高い 60~
施肥標準に対する施肥率(%)	150	130	100	80	50

表5 交換性カリ含量に基づくカリ施肥量の加減対応表

交換性カリ含量 (K ₂ Omg/100g)	低い 0~8	やや低い 8~15	基準値 15~30	やや高い 30~50	高い 50~70	極高い 70~
施肥標準に対する施肥率(%)	150	130	100	60	30	0

表6 交換性苦土含量に基づく苦土施肥量の加減対応表

交換性苦土含量 (MgO mg/100g)	低い 0~10	やや低い 10~25	基準値 25~45	高い 45~
施肥標準に対する施肥率(%)	150	130	100	0

表7 有機物施用に伴うリン酸・カリ減肥可能量

有機物の種類	減肥可能量(kg/現物 t)	
	P ₂ O ₅	K ₂ O
堆肥	1	4
パーク堆肥	1	3
下水汚泥コンポスト	5~7.4	1.6~2
豚ふん尿スラリー	—	2
牛尿	—	8
でんぶん排液(デカンター)	—	5

等を鋤き込み・施用した場合に減肥が可能である（表7）。詳細は北海道施肥ガイド2010を参照して頂きたい。

リン酸・カリ・苦土施肥量の計算例

例えば、火山性土のほ場において、小麦収穫後の土壤診断の結果が、有効態リン酸含量：30mg/100g、交換性カリ含量：42mg/100g、交換性苦土含量：40mg/100gであり、その後えん麦を後作緑肥として作付けし、かつてん菜作付け前までの期間に堆肥3t/10aを施用した場合について、以下に施肥量の計算例を示す。

リン酸：火山性土なので施肥標準量は22kg/10a（表1）。有効態リン酸含量は30mg/100gで基準値の上限なので、施肥標準に対する施肥率は100%（表4）。堆肥3t/10aの施用に伴いリン酸3kg/10aの減肥が可能なので（表7）、必要なリン酸施肥量は22-3=19kg/10aとなる。

カリ：火山性土なので施肥標準量は16kg/10a（表1）。交換性カリ含量は42mgK₂O/100gで基準値を超えてるので、施肥標準に対する施肥率は60%（表5）。さらに後作緑肥（えん麦）の作付けによってカリ10~20kg/10aの減肥が可能で、さらに堆肥3t/10aの施用に伴いカリ3×4=12kg/10aの減肥が可能であることから、必要な

カリ施肥量は $16 \times 60/100 - (10 \sim 20 + 12) = -12$.
4~ $-22.4\text{kg}/10\text{a}$ となり、すなわちカリ施肥の必要はない。

苦土：火山性土なので施肥標準量は4kg/10a（表1）。交換性苦土含量は40mg/100gで基準値内であることから、施肥標準に対する施肥率は100%（表6）。したがって必要な苦土施肥量は4kg/10aとなる。

減肥の実践に当たって

生産現場からはよく「減肥しろといわれてもそれに見合った配合肥料がない」という意見が寄せられる。実際、個々のほ場にあった配合肥料を製造し流通させるのは不可能である。そのような場合でも、できるだけ不要な肥料を省く工夫をすれば、かなり肥料の節約ができる。

例えば、上記の例の場合、施肥量はリン酸：19kg/10a、カリ：0kg/10a、苦土：4kg/10aであり、さらにNスコア法で窒素施肥量も計算すると（後作緑肥えん麦作付け時に窒素施肥を4kg/10a 施用したとすれば）、 $21 - (4 + 3) = 14\text{kg}/10\text{a}$ となる。これに見合った配合の肥料は存在しないが、この配分にできるだけ近づけるためには、カリが少なく、窒素とリン酸の配合割合ができるだけ近い肥料銘柄を選んだ上でまずリン酸を基準に施肥量を決め、不足した窒素や苦土はあらかじめ全面散布しておくか、てん菜植え付け後の施肥カルチ時に補うなどで対応できる。あるいは、作条基肥（いわゆる畦切り時）の施肥は、リン安等を利用してリン酸施肥とそれに伴う窒素施肥のみとし、他の不足要素は全面散布や施肥カルチで補う、というやり方も考えられる。いずれ

にしても減肥=肥料の節約、には何らかの工夫が必要である。ぜひ挑戦して肥料コストを削減し経営の改善をはかって頂きたい。

重要な土壌 pH 管理

てん菜は畑作4品の中で最も土壌の低pHに弱いとされ、酸性障害が甚だしい場合には著しい減収をもたらす。実際、低収の原因が低pHであるのに肥料不足であると誤解し多施肥に歯止めがからず、肥料コストを無駄に増やしている事例がある。

移植栽培においても、土壌の低pHは初期生育を大幅に抑制するので減収は避けられない。さらに直播栽培では移植栽培の場合のような紙筒による保護がないため、土壌の低pHに加えて施肥による濃度障害などが加わり複合的にダメージが大きくなりやすい。

低pHによる初期生育の障害・遅延を根本的に回避するには、石灰質資材を投入して場全体のpHを上昇させる以外に方法はない。移植栽培の場合には低くとも土壌診断基準値であるpH5.5以上に維持管理することが必要であり、直播栽培の場合にはさらなる酸性矯正が必須で、pH5.8以上とするのが望ましい。

石灰作条施用は表8に示すように、移植栽培・直播栽培の両方において、初期生育向上に効果があり、增收が期待できる。石灰作条施用が有効である理由については、施肥位置(株間土壌)のpH上昇と共に伴う硝酸化成の促進やリン酸の有効化、CECの増加など、株間(根圏域)の土壌環境を総合的に改善するためであろうと考えられている。

直播栽培における施肥法

直播の場合、施肥量の決め方については移植と同じであるが、その施肥法について注意する必要がある。前述のように、直播では紙筒による保護がないため、肥料による濃度障害等のダメージを受けやすい特徴があることから、全層施肥や分施、作条混和のような、てん菜の根圏域の肥料濃度が極端に高まらない施肥法を採用する必要がある。

表8 てん菜に対する石灰作条施用の効果

栽培様式	処理区*	作付け前の土壤pH	収穫時の根重t/10a	収穫時の糖量kg/10a
移植	対照区	5.1	5.7 (100)	1010 (100)
	石灰作条区		5.9 (103)	1044 (103)
直播	対照区	5.7	4.3 (100)	683 (100)
	石灰作条区		4.5 (106)	725 (106)

資料：古館ら（北農2000）および笛木ら（土肥誌2002）より作成

注：石灰作条区の炭カル施用量はいずれも80kg/10a(CaO換算で40kg/10a)。

表9 直播てん菜における3つの施肥法

施肥法	方 法
全層施肥	肥料は碎土整地前にブロードキャスター等で全面散布し、碎土整地時に作土と混和する。
分 施	①播種時の作条基肥は窒素を4kg/10a程度とし、リン酸、カリは施肥標準量とする(施肥対応も考慮する)。 ②窒素の分施(追肥)には尿素または硫酸を使用し、施肥標準量(総窒素施肥量)から播種時の作条窒素施肥量を減じた量を表面散布する。施肥時期は出芽揃い期～2葉期とする。
作条混和	肥料全量を播種同時施肥する。

注1：基本的な施肥量は施肥標準量と同じであるが、窒素では4-2)土壌診断に基づく施肥対応により総窒素施肥量を算出し、リン酸、カリは施肥対応を考慮する。

表10 直播てん菜における全層施肥の適用条件

4月下旬～6月の降水量	土壌条件	全層施肥の適用
210mm未満	全土壌	可
	下記以外	可
	砂質～礫質	不可
300mm以上	全土壌	不可

資料：「てん菜直播無間引き栽培における初期生育の安定化技術」(平成9年指導参考)、「直播てんさいに対する低ストレス型施肥技術」(平成16年普及推進)

注1：亀裂の発達しやすい低地土等に全層施肥を適用した場合、一時的な多雨で窒素が下層に移動し、肥効が低下するおそれがある。

3つの施肥法の具体的な手順は表9に示した。

分施と作条混和は全道で適用可能だが、全層施肥については春～初夏に降水量の多い地帯では肥料の流亡に伴う肥効低下が懸念される場合がある。表10に示した全層施肥の適用条件を参考に、全層施肥が適用可能かどうかを確認するのが望ましい。

おわりに

以上述べたように、てん菜の適正施肥管理によるコスト削減の実践には「北海道施肥ガイド2010」が不可欠である。同ガイドを正しく理解し、てん菜のコスト削減を成功させて頂きたい。

てん菜病害虫の防除技術 —褐斑病とヨトウガ—

北海道立総合研究機構 中央農業試験場 病虫部 予察診断グループ 清水 基滋

1. はじめに

北海道で記録されたてん菜の病害虫は、病害が23種、害虫は80種を数える。このなかで、てん菜に重大な被害をおよぼすものは、病害では苗立枯病（直播栽培）、褐斑病、そう根病、黒根病および根腐病であり、害虫ではテンサイトビハムシ（直播栽培）、ヨトウガおよびアシグロハモグリバエなどである。特に褐斑病とヨトウガは、多発すると地上部の茎葉が消失し、根中糖分はもとより根重も低下して甚大な被害となる。このため、てん菜の導入当初からこれらに対する防除対策の研究が進められてきた。ここでは、このてん菜の最重要病害虫である褐斑病とヨトウガの防除技術について概観し、今後の方向性についても考えてみたい。

2. 防除薬剤の変遷

明治時代には病害虫に対する有効な薬剤もなく、褐斑病およびヨトウガの被害は猖獗を極め、てん菜の栽培が一時途絶える一因となった。大正時代に入り、褐斑病に対しては石灰ボルドー合剤（図1）、ヨトウガに対しては砒酸鉛による防除効果が確認され、これらがてん菜における薬剤防除の始まりである。その後、褐斑病の防除薬剤は様々な成分系統薬剤が実用化されたが、現在は

DMI、マンゼブ、カスガマイシン・銅およびストロビルリン系などが主要防除薬剤となっている。一方、ヨトウガに対しては、1950年代半ばから砒酸鉛に代わり有機塩素剤が実用化された。本剤は強力な殺虫力で劇的な効果を示したが、1965年頃から使用が禁止となった。1970年代前半には優れた殺虫力と持続性を有する有機リン剤が実用化され、その後は合成ピレスロイド、カーバメイトおよびIGRなどタイプの異なる殺虫剤も利用されている。

3. 被害許容水準と要防除水準

合理的な薬剤防除を実施するためには、被害許容水準および要防除水準の設定と薬剤の残効期間を明らかにすることが重要で、これらの情報を活用した防除体系により最小限の散布回数による適正な病害虫防除が可能となる。

褐斑病の初発は気象条件によって大きく変動し、早い年には6月下旬頃から、遅い年には7月下旬以降となる。初発後は、一般に高温（特に最低気温）多雨条件で発生が激化する。病気の進展は9月下旬頃まで続くが、秋が高温に推移する年には10月に入ってもからも発病が認められる。戦前は有効な防除対策がほとんどなく、感染源の密度が高かったことから、被害は根重と糖分双方に及んだとされているが、近年の栽培条件下では生育後半の茎葉枯死による糖分の減少が被害の主体である。テンサイ褐斑病に対する被害許容水準は、9月中旬～下旬の発病指数で $1 \sim 1.5^{10,33)}$ 、9月上旬の発病株率で50%以下⁷⁾などの試算がある。また、要防除水準は、発病株率50%が示されている⁷⁾が、中発生以上となる年にはこれより早めの予防的な薬剤散布を必要とする報告^{9, 31)}もある。また、堀田ら（1996）は褐斑病に対する主要薬剤の残効期間を示し、これはロー

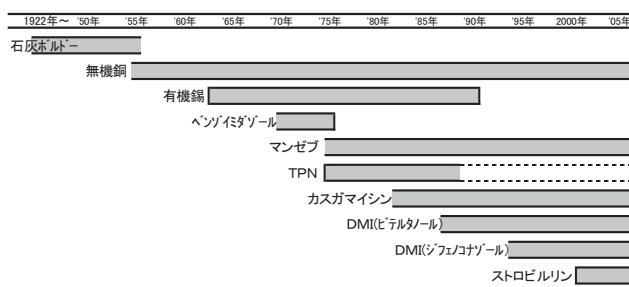


図1 テンサイ褐斑病に対する防除薬剤の変遷
注：主に北海道農作物病害虫防除基準（平成16年から防除ガイド）への掲載を参考とした

テーション散布を行う際の散布間隔の指針となっている。しかし、激発年の抵抗性“弱”品種ではこの残効期間まで効果が持続しない³⁾ため、条件に応じて散布間隔の調整は必要である。

ヨトウガは蛹で越冬し、年2回発生する。春に発生した成虫は6月上旬頃から産卵を開始し、6月下旬頃に最盛期を迎える。この頃から第1世代の食害が認められる。また、第2世代の食害が認められるのは8月下旬からである。ヨトウガの被害許容水準を食害程度で25以下とした場合、第1世代による要防除水準は被害株率で50%で、第2世代も新食害痕による被害株率で50%である^{17,18)}。さらに、小野寺¹⁸⁾はヨトウガに対する殺虫剤の残効性について、使用頻度の高い有機リン系、ピレスロイド系およびカーバメイト系薬剤の計6剤を供試して検討したところ、いずれの薬剤も散布後7日間は約60%の殺虫率を維持していた。このため、産卵期間が比較的短い第1世代では要防除水準直後の1回散布で被害回避が可能とした。しかし、産卵期間が長引く場合がある第2世代では2回散布が必要となる場合があり、要防除水準直後の薬剤散布から2週間後における食害進展の有無で追加防除の要否を判断する必要がある。

なお、本種とアシグロハモグリバエの双方に有効な一部のIGR剤長期残効を示すものが認められ、7月中旬～上旬のアシグロハモグリバエに対する防除によって1ヶ月程度遅れて発生するヨトウガ第2世代の同時防除が可能である^{8, 28)}。

4. 褐斑病抵抗性品種の利用

戦前の品種はすべて褐斑病に対して罹病性であり、当時使用されていた石灰ボルドー合剤や無機銅剤などの防除薬剤は効果が高いものではなく、さらに散布技術も稚拙であったことからしばしば大きな被害をみた。戦後、1954年に優良品種となつた「導入2号」は褐斑病に対して抵抗性で、収量性にも優れていたため北海道一円で広く栽培

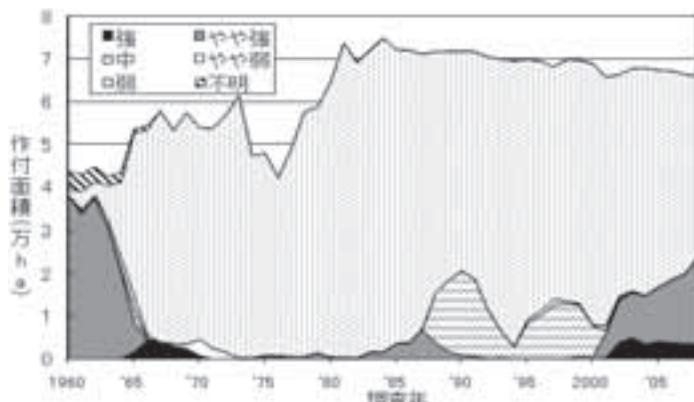


図2 てん菜品種の褐斑病抵抗性程度別作付面積

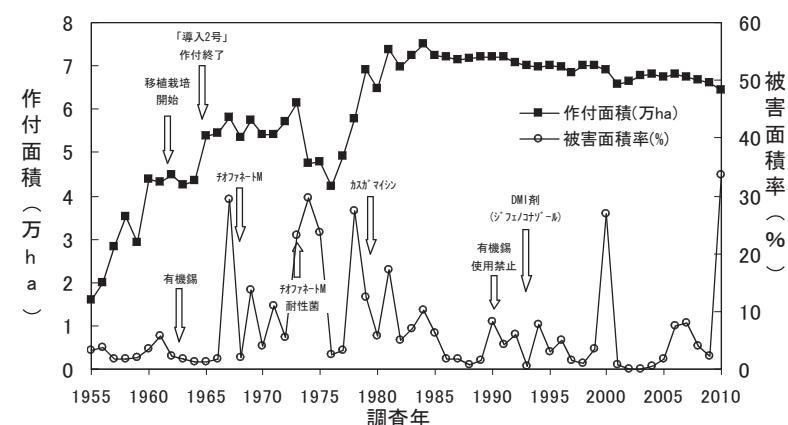


図3 てん菜の作付け面積と褐斑病の被害面積率の推移

され、本病の被害軽減に大きく貢献した（図2, 3）。本品種は1958年にはてん菜の栽培面積の90%を占めるに至り、1965年頃まで作付けされた。しかし、1963年に、それまでの銅剤と比べ防除効果が高い有機錫剤が登場したことが褐斑病抵抗性のない欧州系多収品種への切り替えの引き金にもなり、その後約40年間はほぼ罹病性品種で占められる時代が続いた。このため、薬剤の効果が向上したにもかかわらず年間3～4回、高温年にはそれ以上の薬剤防除が必要とされた¹⁰⁾。しかし、激発年には薬剤防除のみでは防除効果が不安定なこと、また近年は低コスト、省力化栽培の必要性や減農薬に対する意識の高まりなどから、抵抗性品種の必要性が高まっている。

5. 薬剤耐性菌の発生とその対策

テンサイ褐斑病では薬剤耐性菌の発生がしばしば問題となった。たとえば、1968年に登録されたチオファネートメチルなどのベンゾイミダゾール系薬剤は、卓越した効果を発揮したことから薬剤

散布回数の削減が可能とされたが^{14,15)}、1973年に道南地方で本剤の効果が著しく劣る事例が報告された。さらに74～75年にかけては全道的に本病が多発して甚大な被害を被ったが、これはベンゾイミダゾール耐性菌の出現が主原因であることが明らかにされた^{1, 25,32)}。本剤耐性菌の分布は、1975年には道内の主要畑作地帯全域にわたり^{2, 11)}、このためベンゾイミダゾール系薬剤の使用は1976年から中止となった。当時の北海道農作物病害虫防除基準では、「防除効果の回復するまで使用を中止する」と期間限定的な表現をしていたが、その後のモニタリング調査で回復は認められず^{12,16,26)}、再び防除基準に本剤が掲載されることとはなかった。

ベンゾイミダゾール系薬剤の使用中止後は再び有機錫剤が基幹薬剤となったが、有機錫剤への混用によって防除効果が向上するカスガマイシン剤^{12,27)}が1979年頃から普及した。本剤は、その後銅剤との混合剤も併用されるようになったが、このカスガマイシンも1983年に耐性菌の出現が確認された⁴⁾。本剤に対する耐性菌の分布は局所的で、さらに単剤で使用される場面が少ないとみられ、顕著な防除効果の低下はみられなかつたが、弱耐性菌は広く分布していることから^{5, 6, 16)}、過度の使用は避けるよう喚起がなされた。

1976年以降基幹薬剤の地位を担ってきた有機錫剤は、1990年に環境問題等によって販売が中止となつたが、これに前後してDMI剤が登場した。本剤は、高い防除効果を示すうえに治療効果を有する^{29,30)}ことから次世代の基幹薬剤として使用されてきたが、本剤に対しても低感受性菌の存在が確認され¹³⁾防除効果の低下が危惧された。しかし、DMI剤は低感受性菌の密度を高めなければ有効であること、連用しなければ低感受性菌の密度は低レベルに維持されることが確認され^{21,23)}、現在は他系統薬剤とのローテーション散布が指導されている。

6. 減量散布と少量散布

北海道の畑作において、殺菌殺虫剤の施用方法はブームスプレーヤーによる薬液多量散布が主体であり、その散布薬液量は10a当たり100ℓが標準

として指導されている。しかし、多量の液剤散布は、労力や時間のかかる作業である。たとえば、1990年代末に十勝地方で調べた結果では、薬剤散布の作業時間は1時間/haを超える事例も多く、大規模経営になるほど散布作業時間が長大化して防除適期を逸する危険性が高まる。また、地域によっては水の確保自体が困難な実態がある。このように散布水量の減量化は畑作地帯において重要な課題であり、これを解消するため畑作物に対する日本型少量散布技術の実用化を目指した試験研究が進められた²³⁾。まず、欧米と異なり高压散布機が主流の日本では少量散布に対応可能なノズルは存在しなかつたため、日本の実情にあわせて高压型少量散布用ノズルが開発された。さらに、少量散布による茎葉への薬液付着特性、薬剤の浸透移行性の有無が褐斑病²⁰⁾およびヨトウガに対する防除効果におよぼす影響などが検討され、少量散布(25ℓ/10a)の実用化が進められた。なお、少量散布では、安定した防除効果を維持するため高濃度で散布することから新たな登録が必要となる。一方、農薬の希釈倍数は多量散布の登録内容のまま、10aあたりの散布量を慣行の100ℓより減らす散布(減量散布)方法についても検討が進められ、テンサイ褐斑病では80ℓ/10a、てん菜のヨトウガでは60ℓ/10aでも慣行と同等の防除効果が得られることが明らかとなった¹⁹⁾。減量散布は、削減できる薬液量が20～40%程度なので、散布時間削減の効果は少ないが、散布薬液を減少させた分だけ確実に農薬代を削減できるためメリットは大きい。

7. おわりに

我が国でのん菜生産コストが高い要因のひとつに、肥料や農薬など農業資材の使用量が海外と比較して多いことが挙げられており、今後は病害虫防除の場面においてもコスト削減の努力がさらに必要である。コスト削減のためには、低価格の農薬選択や減量散布の導入とともに、農薬の施用回数を自体も削減する必要がある。高い収量性と品質を確保しながらそれを実現させるためには、多くの病害では抵抗性品種の導入が最も効果的で現実的な方法であろう。たとえば、てん菜の栽培期

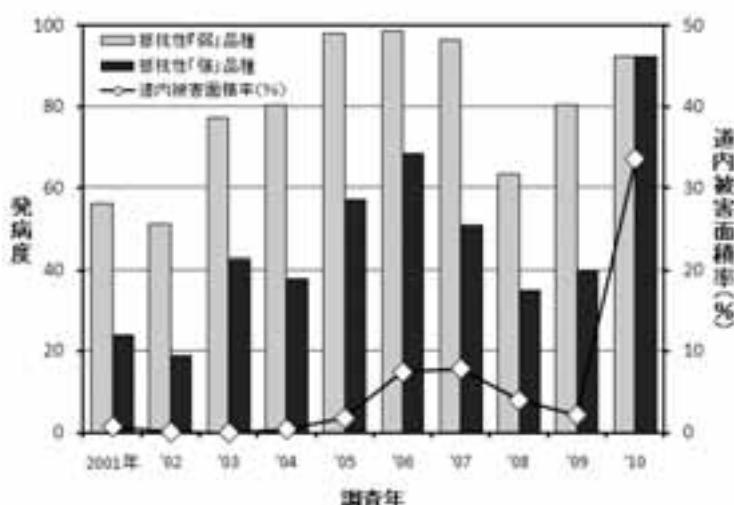


図4 テンサイ褐斑病抵抗性品種の9月6半旬における発病程度
(十勝農試 病害虫発生予察ほ場)

注) 褐斑病抵抗性"強"品種:「スタウト」
同"弱"品種:「モノエースS」
道内被害面積率は北海道病害虫防除所調べ

間中に散布回数が多い褐斑病の場合、作付を抵抗性"強"品種にすることで罹病性品種と比較して殺菌剤の散布を1~3回減らすことが可能³⁾であり、気象条件によっては薬剤防除が不要な場合も認められる(図4)。褐斑病抵抗性が"やや強"以上の品種の作付は一時期に比べれば増加傾向にあるが、まだ全体の1/3以下であることから、抵抗性品種の作付け割合がさらに高まることを期待したい。一方、ヨトウガに対しては薬剤防除を中心となるが、より低コストで省力的な施用方法が望まれる。たとえば第1世代の被害に対しては紙筒処理で初期害虫と同時に防除できれば、使用する薬剤費の低減と省力化が期待できるので、このような防除が可能となる長期残効型薬剤の探索も重要である。

引用文献

- 1) 青田盾彦 (1975) 北日本病虫研報26: 43.
- 2) 青田盾彦・坪木和男 (1976) 北日本病虫研報27: 68.
- 3) 有田敬俊・清水基滋・梶山努・田中文夫・尾田芳徳 (2001) てん菜研究会報43: 64-70.
- 4) Chikuo, Y., Sugimoto, T., Kanzawa, K., Uchino, H. (1984) Ann. Phytopath. Soc. Japan 50: 637-640.
- 5) 築尾嘉章・杉本利哉(1985) てん菜研究会報27:80-87.
- 6) 築尾嘉章・杉本利哉 (1986) てん菜研究会報 28: 160-165.
- 7) 堀田治邦・安岡眞二・阿部秀夫 (1996) 北農. 63: 78-85.
- 8) 岩崎暁生・三宅規文・武澤友二 (2007) 北日本病害虫研報. 58: 138-140.
- 9) 石丸純一・鷹田秀一・阿部和好・中里秀昭 (2002) てん菜研究会報44: 75-81.
- 10) 神沢克一 (1967) 日甜農事研究報告. 第3号: 1-162.
- 11) 神沢克一・森信道 (1976) てん菜研究会報18: 105-113.
- 12) 神沢克一 (1979) てん菜研究会報21: 47-55.
- 13) 工藤祐子・成田正孝・秦泉寺敦 (2001) てん菜研究会報43: 71-77.
- 14) 成澤信吉 (1973) てん菜研究報告14: 1-161.
- 15) 成澤信吉 (1973) 植物防疫27: 503-507.
- 16) 成田正孝・堤秀昭・菅原寿一 (1991) てん菜研究会報33: 82-87.
- 17) 小野寺鶴将・奥山七郎 (1997) 北農64(1): 13-17.
- 18) 小野寺鶴将 (1998) 道立農試集報75: 81-87.
- 19) 清水基滋・桃野 寛・田中文夫・小野寺鶴将 (2002) 北農 69 (2): 5-12.
- 20) 清水基滋・桃野 寛・池田幸子 (2003) 北日本病虫研報 53: 65-69.
- 21) 清水基滋 (2006a) 北日本病虫研報. 57: 22-25.
- 22) 清水基滋 (2006b) 第16回殺菌剤耐性菌研究会シンポジウム講演要旨集: 1-10.
- 23) 清水基滋 (2007) シンポジウム「散布技術を考える」講演要旨(講演要旨): 31-38.
- 24) 菅原寿一・藤井勝敏・水元博宣・本多文彦・臼井博 (1975) てん菜研究会報17: 81-91.
- 25) 菅原寿一・藤井勝敏(1975) てん菜研究会報17: 93-97.
- 26) 菅原寿一・藤井勝敏(1979) てん菜研究会報21: 39-45.
- 27) 菅原寿一・藤井勝敏(1980) てん菜研究会報22: 31-35.
- 28) 武澤友二・岩崎暁生 (2009) 北日本病害虫研報. 60: 204-207.
- 29) 内野浩克・神沢克一(1991) てん菜研究会報33: 88-96.
- 30) 内野浩克・渡部英樹(1998) てん菜研究会報40: 80-84.
- 31) 渡辺秀樹・早坂昌志・舟橋滋夫・川島啓・長島昭吉 (2001) てん菜研究会報43: 78-85.
- 32) 山口武夫・杉本利哉・青田盾彦・坪木和男 (1975) てん菜研究会報17: 71-79.
- 33) 吉村康弘・阿部晴記・大槌勝彦 (1992) てん菜研究会報34: 112-116.

てん菜の移植栽培

日本甜菜製糖株式会社農務部

てん菜は、サトウキビとともに重要な砂糖の原料作物であり、日本では現在北海道でのみ経済的な栽培が行われている。諸外国ではてん菜はほとんどが直播栽培であるのに対し、北海道ではおよそ9割が移植栽培で、北海道のてん菜栽培の大きな特徴の一つとなっている。また、てん菜の移植栽培は、育苗に特殊な紙筒を使用することも大きな特徴である。本項目では、この日本で開発した技術である移植栽培について、開発の経緯や特徴について報告する。

1. 移植栽培法の開発の推移

北海道のてん菜の栽培面積は終戦後の混乱から回復後、順次拡大してきた。しかしヘクタール当たり収量は、昭和30年前後においても25t/ha程度で、欧米の主産地に比べて2割低い水準であった。この理由の一つとして、北海道は生育期間が短いことが上げられる。播種期間は欧米の主産地では3月～4月であるが、北海道では冬期の降雪や低温により4月下旬以降と1ヶ月ほど遅くなる。このため初期生育が遅れ、夏至前後の最も日射量の多い時期に十分な葉面積を確保できないという短所がある。

移植栽培は、戸外が雪に覆われてもハウス内で育苗できるため、直播に比べて早期播種が可能であり、栽培期間を延長することが可能となる。

表1 てん菜の分岐根生成防止移植試験

区分	紙筒長 cm	根重		Brix %	茎葉重 g/個体	分岐根
		g/個体	指数			
直播	—	86	100	21.16	239	無
ザラ紙	15	226	263	17.32	720	多
パラフィン紙	15	221	257	18.88	671	無
ザラ紙	10	208	242	17.80	697	多
パラフィン紙	10	202	235	18.76	609	やや多

紙筒の径は12mm。移植日および直播の播種日は7月6日

昭和32年 日本甜菜製糖株式会社試験成績

増田昭芳「甜菜の紙筒育種栽培」(1997年、北農会)より抜粋

日本甜菜製糖株式会社では増収技術として移植栽培に着目し、昭和30年代から試験を開始した。一般的な移植方法である裸苗を用いた移植栽培では、増収効果は認められるものの分岐根が多発し、実用化は不可能であった。てん菜の分岐根は、直根が何らかの機械的損傷を受けることによって生じることが明らかとなったことから、昭和32年(1957年)に紙製チューブに培土を充填したもので育苗する方法を試みた。その結果、パラフィンを含有した15cm長の紙筒を用いることにより、分岐根を発生させることなく増収することが確認できた(表1)。

その後、紙質の改良、紙筒の口径と長さについての検討を重ね、紙筒を用いた移植栽培法を確立した。移植栽培は、農業試験場をはじめとする全道での試験により、収量の増加と分岐根の抑制に有効であることが認められ、昭和36年度に北海道の普及奨励事項に認定され、同年より実用栽培が開始された(写真1)。



写真1 甜菜紙筒栽培発祥の地の石碑(北見市常呂町)

移植栽培は実用栽培においても増収効果が高いことが確認され、育苗土の充填や播種に用いる機器の改良や移植機の開発に加え、各種の助成制度の整備も相まって急速に普及が進んだ。昭和45年には移植率は面積換算で75%に達し、昭和55年に

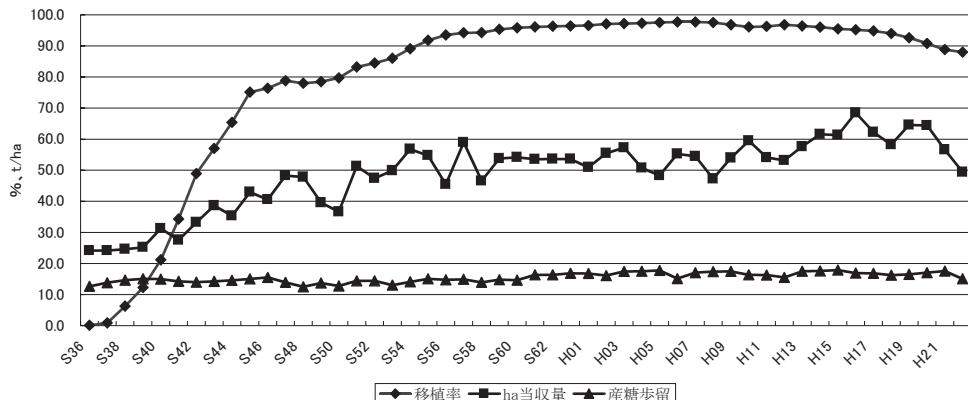


図1 移植率とヘクタール当たり収量の推移

は90%を突破、平成6年には98%に達した。ヘクタール当たりの収量は、移植栽培前は25t/ha程度であったのが、昭和52年以降は50~60t/haに達している。昭和40年から50年代にかけて、移植率の上昇とともにヘクタール当たり収量が増加しており、移植栽培の普及が增收の要因であったことを示唆している(図1)。

平成19年以降は直播栽培が増加し、移植率は徐々に低下しているが、平成22年においても移植率は88%に達しており、現在においても主力の栽培法である。

2. 移植栽培の概要

1) 播種および育苗作業

てん菜の移植栽培で使用する紙筒は、1本の筒の大きさが直径19mm、長さ130mmの無底・無蓋の特殊な紙でできた筒であり、特殊な糊で1,400本(20列×70段)の筒をつづり合わせて1冊とし、表裏にラベルを貼った製品である(写真2)。1本の筒に1本の苗を立てる。

紙筒への育苗培土の充填及び播種作業は、各農

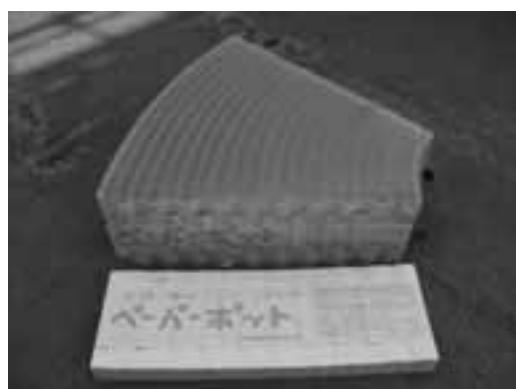


写真2 てん菜移植栽培に用いる紙筒

家で実施するか、育苗センターから播種済みの紙筒を購入する。播種済みの紙筒は、育苗ハウス内に設置する。10a当たりの所要冊数は6冊で所要面積はおよそ2m²である。

播種月日は、育苗日数(標準的な育苗日数は45日)および移植予定日を考慮の上で決定するが、

概ね3月上旬~3月下旬に行っている。てん菜の主産地の十勝やオホツク総合振興局管内では、3月の最低気温は氷点下の日が続くが、近年は暖房設備の普及により、早期の播種が可能となった。

移植栽培において健苗を育成することは移植後の活着を促進し、初期生育を円滑にする上で重要である。生育の調整は温度管理と灌水量の調整を基本とする(写真3)。



写真3 育苗中の甜菜の苗

2) 移植作業

移植機にはいろいろな方式の機械が市販されている。近年は全自動移植機が開発され、少人数で多くの面積を植えることが可能となってきた(写真4)。

写真は全自動式の1度に4畳を移植するタイプ。本機を使用する場合、苗の補給を別とすると、オペレーターと見張り(苗の残量やトラブル発生の確認)の2名で作業が可能である。

3. 直播栽培との比較

1) 長所

- 根重が高く、根中糖分は同等で糖量が高い(表



写真4 移植作業

- 2)。
- ・環境ストレスに対する耐性が高い。
直播栽培では、とくに発芽前後の凍害、霜害、風害、低pHによる被害は甚大であるが、移植栽培ではストレスに敏感な発芽直後～幼苗期を育苗ハウス内で経過しており、被害は少ない。
 - ・収量の安定性が高い。
移植では生育が直播よりも早く進むため、低温などによる生育遅延の影響が少ない。
 - ・株立本数の確保が容易。
直播ではしばしば発芽障害により株立が不齊一となるが、移植ではその恐れは少ない。
 - ・センチュウの被害が少ない
紙筒で根を保護することにより、センチュウの被害が大きい生育初期の感染を妨げることができる。
 - ・播種量が少ない
育苗により苗の集中管理が可能となることから苗歩留まりが高く、直播よりも播種量は15%程度少ない。
 - ・発芽および生育初期の病害虫予防
育苗中また移植前の灌注により、少ない薬量で効率的な防除が可能。また、移植時にはてん菜はある程度の大きさに育っているため、生育初期に感染する土壤病害に対して直播よりも有利。
 - ・除草剤の効果が高い。
生育はじめはてん菜と雑草に大きな生育差があるので、雑草の発生初期に除草剤散布を行っても薬害の恐れは少ない。
- 2) 短所
- ・経費が高い（表3）。

表2 移植栽培と直播栽培の比較(十勝農業試験場)

項目	根重 t/10a	根中糖分 %	糖量 kg/10a
直播栽培	4.666	17.1	796
移植栽培 (指数)	5.440 117	16.9 99	918 115

注) 指数は移植栽培の直播栽培に対する百分比
平成12年度普及奨励事項「てんさい直播栽培技術体系（暫定基準）」より抜粋
平成9～11年、8箇所3カ年平均値

表3 移植及び直播栽培のコスト、所得および労働時間の比較(平成4年)

区別	主産物数量 kg/10a	費用合計 円/10a	粗収益 円/10a	所得 円/10a	労働時間 時間/10a
直播	4,267	68,495	77,665	27,433	16.8
移植	5,147	75,325	93,352	39,523	19.4
移植－直播	880	6,830	15,687	12,090	2.6

注) 農林水産省統計情報部「農産物生産費調査」による。

育苗資材および育苗管理にかかる費用が発生する。

・労力がかかる（表3）

播種および育苗に関する労力が発生するため、労働時間が直播よりも長い。ただし、育苗期間は北海道では戸外が雪に覆われ圃場作業ができないことから、他の作物ではこの期間に実施する作業は少なく、労力分散になる。

4. 今後の課題と検討

てん菜の移植栽培は、てん菜の生産性を欧米並みに引き上げる上で大きな役割を果たした。現在でも9割の耕作者が取り入れている日本における栽培の標準体系である。しかしながら、コストと労力が移植栽培における課題として残っている。

移植栽培法は日本で開発した独自の技術である。移植栽培を長年にわたり継続していく中で、栽培技術の向上や周辺機器の開発、改良が行われ、現在では独創的な技術による全自動移植機が開発された。また、紙筒移植技術をてん菜以外の作物に応用する研究も進められ、今日では長ネギのように野菜や花卉の育苗にも応用されており、新たな展開を見せていている。今後は問題点を解消しつつ、この技術を守り育てていきたい。

引用文献

- 甜菜の紙筒移植栽培. 増田昭芳. 1997、北農会
甜菜. 細川定治. 1980、養賢堂

特集 甘味資源作物 生産動向 てん菜

てん菜の直播栽培

北海道立総合研究機構 北見農業試験場 地域技術グループ
研究主任 大波 正寿

1 直播栽培の変遷

北海道でてん菜栽培が始まった頃は、すべて直播栽培で行われていた。てん菜種子は、1つの種球に2~5個の真正種子が入っている多胚種子が使われており、出芽後の間引き作業（除草を兼ねる）が欠かせなく、労働時間の多くを占めていた。1970年頃から、単胚種子（1つの種球に1個の真正種子）の品種が普及し、間引き作業は容易になった。しかし、1960年代に開発された、紙筒（ペーパーポット）による育苗・移植栽培法は、直播栽培より多くの収量をあげることから普及が進み、直播栽培の割合は1960年代後半から低下し、1970年に25%、1994年には2.3%まで低下した（図1、表1）。

一方、農家1戸あたりのてん菜作付面積は増加しており、生産コストの低減や省力化をめざす背景から、直播栽培は見直されてきていた。すなわち、労働時間についてみると、最近の直播栽培の投下労働時間は移植栽培のおよそ半分であり、特に春作業では移植作業の4割の労働時間で済む。また、生産コストについてみると、直播栽培の経

表1 直播栽培と移植栽培の根重、根中糖分、糖量の比較
直播栽培の収量は移植栽培の85%程度の収量である。

栽培法	根重 (kg/10a)	根中糖分 (%)	糖量 (kg/10a)
直播栽培	5,505	17.15	952
移植栽培	6,452	17.31	1,124
割合 (%)	85	99	85

注1) 北見農試、「モノホマレ」の平成10~21年の平均。

2) 直播栽培の播種日と移植栽培の移植日は同一日で、施肥法はともに作条施肥である。



図2 直播と移植の経営費の比較

営費は移植栽培より15%程度少ない（図2）。

1990年代になり、単胚種子のコーティング化（ペレット種子）、および播種機の高精度・高能率化により、播種精度が高まった。また、コーティング資材の中に殺菌剤や殺虫剤を混ぜることで、出芽後の苗立ちが安定した。これらのことから、現在の直播栽培は、株間16~20cmとし、間引きを行わない栽培（無間引き栽培）がほとんどである。また、除草剤の進歩により初期除草が容易になったことや、以下の項で述べる技術開発により直播栽培は広がっており、2010年には直播栽培のシェアは12.0%となっている。

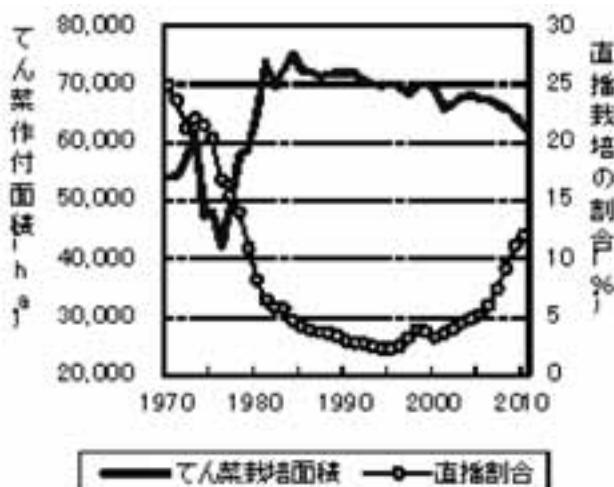


図1 てん菜の栽培面積と直播栽培のシェア

2 近年の直播栽培における技術改良

1) 整地および播種

直播栽培で安定した収量を得るために、畦幅

が60～66cmの場合、栽植株数は8,000本/10a以上が必要になる。ただし、株数が極端に多すぎても減収することから、播種粒数は9,000～10,000粒/10aとして、85%以上の出芽率を得ることを目標としている。

播種期は、地温が10℃以上となる頃が目安である。直播栽培は播種期が早いほど増収となることから、早く圃場での作業ができるように、融雪剤の散布による融雪促進が求められる。播種作業の際は、種子の深さと間隔および施肥位置の確認が重要である。播種深度は1.5～2cmとし、土壤水分が少ない場合はやや深めに設定すると、良好な出芽が期待できる。

整地作業機および播種機ともに様々な機種があるが、以下の出芽安定のポイントについては、仕上げ整地にロータリハロー、播種機は豆類播種にも利用している総合施肥播種機を用いる場合を示

す。

出芽率を高めるポイントは、土粒子と種子を密着させ、毛管水を種子に供給することにある。このような条件をつくるため、碎土は土塊径20mm以下の割合が90%以上（1円玉より大きい土塊が10%未満）となるように行うことが重要である（図3）。ただし、過度な碎土は、ソイルクラストの形成や風害の原因になるので避けなければならぬ。

播種機の後部鎮圧輪について、通常よりも幅の狭い狭幅鎮圧輪の使用は、鎮圧力が強化されて土粒子と種子の密着効果が高まり、出芽率を高める技術として有効である（図4）。

2) 土壤 pH と施肥

てん菜は低い土壤 pH による生育障害が起こりやすい作物である。直播栽培は、移植栽培よりも低い土壤 pH にさらに弱いため、注意が必要である。生育障害を回避するためには、土壤診断に基づいた石灰質資材の全面散布による酸度矯正が基本となり、土壤 pH を5.8以上とする。また、播種時に石灰質資材を作条施用することは、生育障害の回避に有効で、収量の向上も期待できる（図5）。

直播栽培は移植栽培より肥料の濃度障害（肥料だけ）に弱いので、肥料全量を作条施用することは避けるのが望ましい。肥料を分散させて施用する方法には、次の3つの方法があり、適用の可否や長所・短所をよく考慮して施肥法を選択する（図6）。

全層施肥法は、整地前にブロードキャスターなどで肥料全量を全面に散布し、整地作業時に土壤と

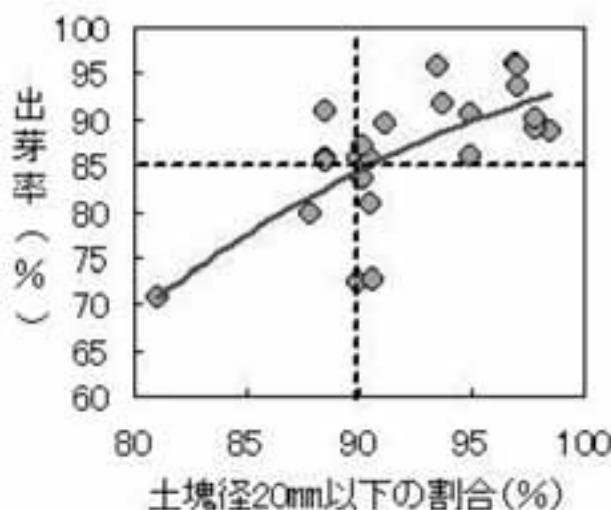


図3 出芽率と土塊径20mm以下の割合との関係

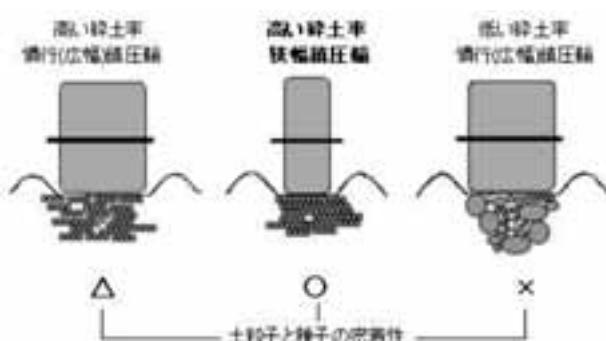


図4 碎土率と播種機鎮圧輪の違いによる土粒子と種子の密着性の関係



図5 低い土壤 pH による生育障害

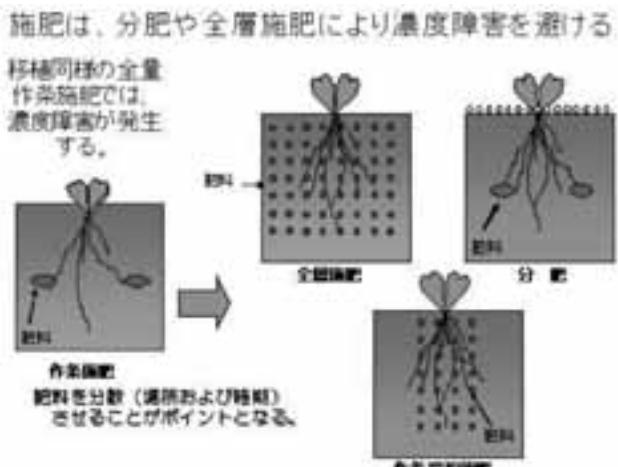


図6 直播栽培に適する施肥方法（模式図）

混和する方法である。この施肥法は施肥作業時間がやや短縮できる利点がある。一方、多量の降雨があると窒素の肥効が低下することから、4月下旬から6月の積算降水量が多い可能性が高い地域では適用できない。また、雑草の発生を助長する場合があるので、除草剤による適期防除に努める。

分肥は、播種時に窒素を4 kg/10a程度、リン酸やカリウムなどは北海道施肥ガイドに準じた量を作条施用し、追肥に残りの窒素を施用する方法である。追肥時期は出芽揃～本葉2葉期で、尿素か硫安を用いる。追肥量は、北海道施肥ガイドに準じた量から播種時の窒素施用量を減じた量とする。施肥作業の労働負担は増えるが、降水量にかかわらず全道で適用可能な施肥法である。

作条混和施肥は、専用の機械を用いて、肥料全量を作条で施用しながら土壤と混和させる方法である。全道で適用することができるが、初期投資が必要となる。

3) 除草、病害虫防除

直播栽培における雑草管理は、初回の除草剤散布の成否によって、それ以降にかかる労力に大きな影響を及ぼす。除草効果を最大限に發揮させるためには、てん菜の出芽を揃え、適期に除草剤を散布することが重要である。除草剤の使用は、直播栽培で登録のある剤を使用する。登録薬剤の中でもよく利用される除草剤であるフェンメディファム乳剤とレナシル・PAC水和剤については、同じ剤を2回連続で使用するよりも、別の剤を1

表2 挖り取り刃の種類と作業速度

掘り取り刃の種類	作業速度の上限値	
	(m/s)	(km/s)
標準刃	1.9	6.8
石れき地用	1.7	6.1
粘質土・石れき地用	1.5	5.4

（「てん菜直播栽培マニュアル2004」より）

回ずつ組み合わせて使用するほうが、高い除草効果を得られることが知られている。

除草を目的とした中耕除草は、発芽の不揃いなど除草剤の使用が困難な場合、あるいは除草剤の効果が不十分な場合に、特に大きな力を発揮する。

直播栽培の病害虫防除は、移植栽培に準じて行うが、移植栽培で行う苗床土壤の薬剤灌注が実施できないため、圃場での薬剤散布など代替できる防除対策をとる。

4) 収穫技術

直播栽培のてん菜の根型は、移植栽培より細長いため、収穫時の作業速度を速めると収穫時に掘り残しが発生することがある。収穫機には、土壤や石レキの状況に応じて3種類の掘り取り刃があるが、それぞれの掘り取り刃に適した作業速度で収穫することが、収穫損失を減らすポイントである（表2）。

5) 生育初期の気象災害対策

ソイルクラストの形成は、播種後の降雨、特に短時間の強い雨が原因で発生し、てん菜の出芽不良の原因となる。

ソイルクラストの発生予防策については、有機物の継続的な使用により土壤中の有機物含量を増やすことや、整地作業時に碎土を細かくしすぎないことである。ソイルクラスト形成後の対策にはクラストクラッシャの利用があり（図7）、高硬度のソイルクラストが完全に形成される前（足跡が残らないような堅さになる前）に施工することで、出芽率の低下を抑えることができる（図8）。

風害の対策は、防風林の効果が最も大きく、強風や風上側にある圃場からの土壤飛来を抑えることができる。風上側に秋まき小麦や牧草が栽培されている場合も、土壤飛来による被害を防ぐことができる。碎土が細かすぎたり、圃場表面の固相



図7 クラストクラッシャ

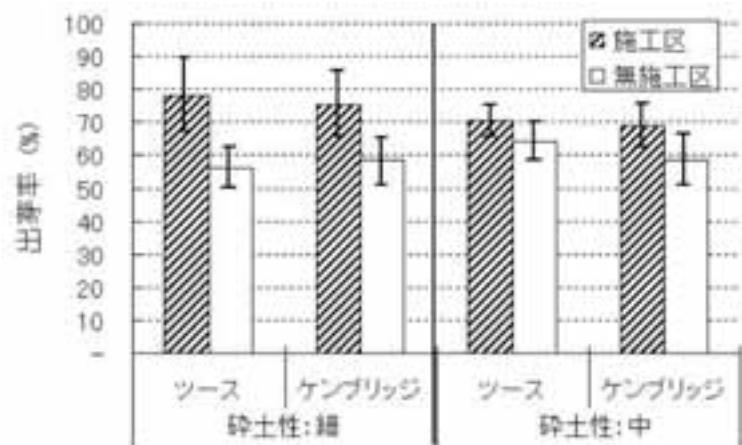


図8 クラストクラッシャの効果



①整地前散播方式

整地前に麦類をプロードキャスター等で散播したのち、てん菜を播種する。

麦類は、大麦・えん麦：播種量 5 kg/10a。



②畦間条播方式

てん菜播種後の畦間に、調整した施肥カルチベーターで麦類を広幅条播する。

麦類は、大麦・えん麦：播種量 5 kg/10a、秋まき小麦：播種量 7 kg/10a。



③同時播種方式

同時播種機で、てん菜と同時に麦類を条播する。

麦類は、大麦・えん麦・秋まき小麦：播種量 3 kg/10a。

図9 麦類を利用した風害軽減対策

率が低い圃場では、圃場内からの土壤飛散によって風害が発生することがある。これらの対策として、碎土率を90~95%として圃場の表面に粗い土塊が若干残るような碎土・整地を行い、整地表面の鎮圧強化によって下層からの毛管水により整地表面の土壤水分を維持し、土壤飛散の軽減と出芽の安定化を狙う方法がある。また、えん麦などの

麦類を被覆作物として栽培し、てん菜の風除けや土壤飛散を抑える方法があり（図9）、圃場周辺の状況に応じて対策を選択するのが望ましい。

霜害を回避する方法は実用上ないことから、霜害の危険がある時期を過ぎてからてん菜が出芽するような播種時期の設定が重要である。

湿害対策は、移植栽培と同様である。

てん菜直播機の開発状況 －てん菜生産における省力化と風害軽減技術

(独) 農業・食品産業技術総合研究機構 生物系特定産業技術研究支援センター

園芸工学研究部 主任研究員 市来 秀之

1. はじめに

北海道の畑作地帯の約16%において作付されるてん菜作付面積は、1983年の72,500haから2009年には64,400haと減少傾向に推移しています。一方、1戸当たりのてん菜作付面積は、2003年の4.8haから2009年度は7.3haと毎年、徐々に増加しており、今後も1戸当たりのてん菜作付面積は増加することが予想され、尚一層の省力化、とりわけ春先作業の農作業繁忙期においての労働時間の短縮は重要な課題となっていくと思われます。そこで、手間がかかり、規模拡大の障害となる育苗・移植体系から省力的な直播栽培体系への転換を図る必要がありますが、現行のてん菜直播作業は、汎用播種機の部品交換による対応で行っており、比較的小粒のてん菜コーティング種子では鎮圧が不十分で出芽率が低い場合があること、風害対策を講じてないために春先の強風により芽の損傷を受けること等の問題から収量が安定せず、普及率は徐々に増えてはいるものの、12%程度に留まっています。

これまでに北海道立十勝農試（現在の地方独立行政法人北海道立総合研究機構十勝農業試験場）が、てん菜の直播栽培技術の研究を行ってきました。直播機に関しては、適切な播種深さ（播種深さ1～2cm、土壤水分が少ない場合1.5～2.5cm）、従来機より高めの鎮圧、さらにクラスト、風害の対策を講じることにより、直播出芽率の確保を図ることが重要なポイントとして上げられています。そこで生研センターでは、第4次農業機械等緊急開発事業において、これらの技術向上を目標として、サークル機工(株)と共同で「高精度てん菜播種機」（写真1、図1）を開発してきましたので、簡単に紹介させて頂きます。



写真1 耐風害播種床形成機構を装着した開発機（耐風害仕様）

2. 開発機の概要

播種機構は、船底型で張出側板を有する播種作溝部、傾斜目皿を接地駆動輪で駆動する播種操出部、3つの鎮圧輪等から構成されます。各部位の特徴は次のとおりです。作溝は、従来機はディスク最下点で溝底面を切るのに対して、開発機は船底面を形成する線で溝底面を切る作溝機構を採用し、播種深さのばらつきの減少を図りました（図2）。また作溝部の後方の側板を下方に張り出させ、種子の飛び出しを防止しています。種子操出は目皿穴数を24個と従来機より多くし、目皿の回転速度を低く設定しました（図3）。そのことにより操出しミスの減少を図っています。播種操出部の排出口の開口角度、シュータ幅は狭くし、種子の落下位置のばらつき低減を図っています。播種後の鎮圧は、小径の種子鎮圧輪、および幅狭播種鎮圧輪で2段階で確実に行えるようにしています。横方向のばらつきが小さいため、幅の狭い種子鎮圧輪でも播種した種子を確実に鎮圧することに有効です。

施肥機構は、横溝ロール式操出部、肥料繰出モータ、施肥量コントローラ、ディスク式施肥作溝部

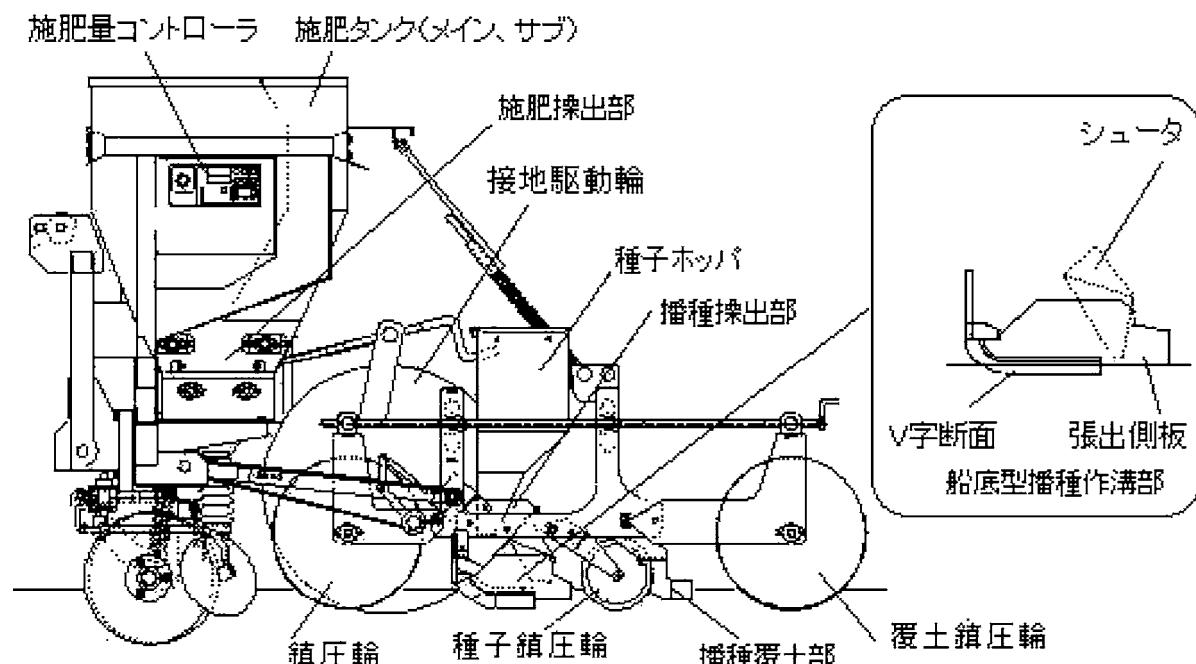


図1 開発機（標準仕様）の概要

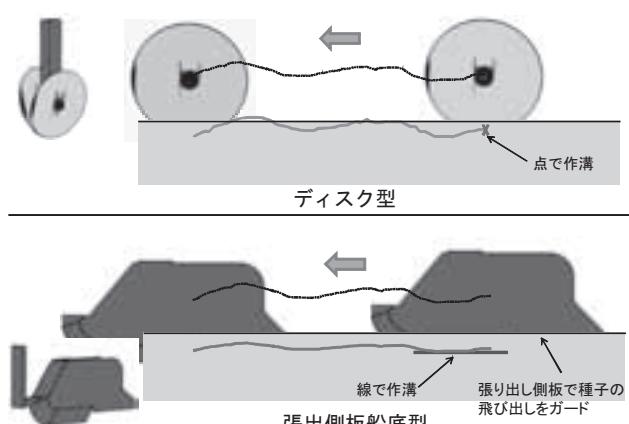


図2 作溝器の違いによる播種精度への影響

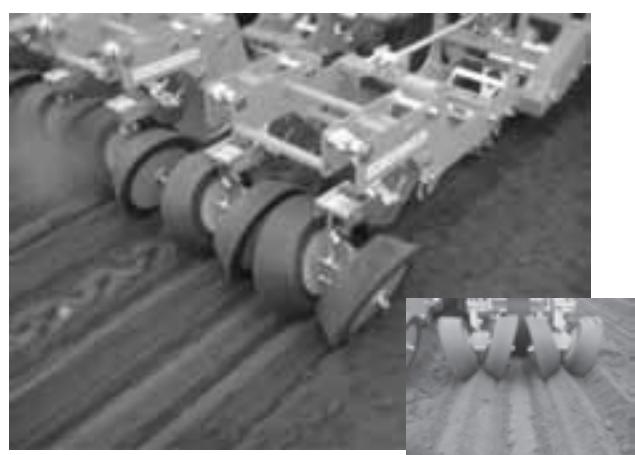
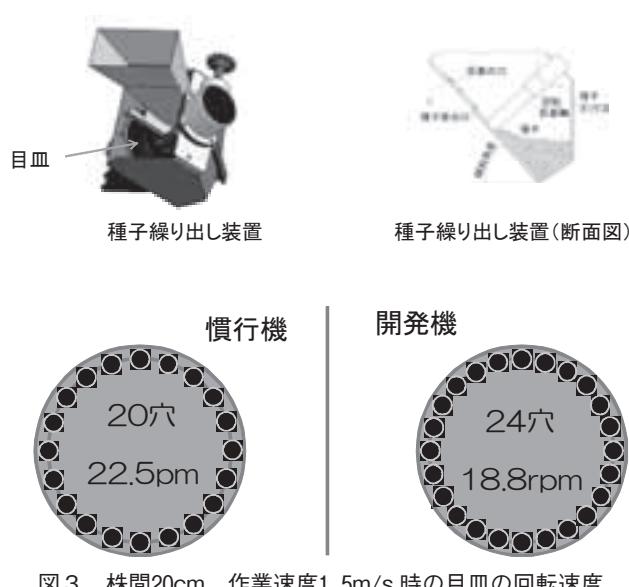


写真2 耐風害播種床造成機構と播種床形状



及び施肥覆土部、施肥タンク等から構成されます。施肥量は、接地駆動輪の回転をエンコーダで検出し、肥料操出モータの回転速度をコントロールする速度連動としました。施肥量較正時は、走行速度や施肥量の条件を設定し、肥料操出モータの回転速度を設定できるため、手で接地駆動輪を回転させて行う慣行機の方法に比較して容易で高精度な施肥量較正ができるようになりました。

耐風害播種床形成機構は、風害対策用に機体後方に装着可能としており、ハの字型に異径車輪を配置し、1歓辺り左右1対の2軸ロール式車輪で構成されます。これにより、機体前方の施肥作溝部、施肥覆土部により形成された盛土を押圧し、

表1 播種精度と出芽率

	開発機	慣行機
作業速度(m/s)	1.5	1.0
欠株率(%)	3.3	4.2
播種間隔(cm)	21.6±3.7	20.4±3.3
播種深さ(mm)	19.3±3.0	20.9±4.1
播種深さ(mm)	21.5±4.25	-
横ずれの標準偏差(mm)	3.9	7.3
出芽率(%)	86.8	87.6
	84.6	

欠株、播種間隔、播種深さ、横ずれは2008、2009年、6カ所ほ場での試験データの平均、出芽率は2008~2010年、10カ所ほ場での試験データの平均、慣行機1.5m/sは2009年、4カ所ほ場の試験データの平均

播種位置の両側15cmの位置に、高さ5cm程度の△形の防風壁を形成が可能としました（写真2）。

この他に、クラスト対応として、専用の鎮圧輪の開発も行っていますが、実験データが少ないため、ここでは省略します。

3. 期待される効果

開発機の播種性能は、1.5m/sの高速作業でも、欠株率が約3%、播種深さの標準偏差が約3mm、横ずれの標準偏差が約4mmと、慣行機より良好な結果が得られました。出芽率は3年間に10カ所のほ場で行った試験の結果で87%と、目標値85%を上回りました（表1）。根重、根中糖分、糖量は慣行機の走行速度1.0m/sの値と同等でした。

2009年度に風害が発生した地域の試験ほ場において芽の損傷率を調査した結果、慣行区では100.0%とほとんどが被害を受けた一方で、耐風害播種床区においては14.2%と、開発機で形成した防風壁によって被害を低減できる事例を確認しました。さらに、6月時点での生育過程を調査した結果、

表2 耐風害播種床の効果

試験区	耐風害播種床	慣行
損傷率(%)	14.2	100.0
草丈(cm)	24.6 ^a	15.6 ^b
生葉数(枚)	10.8	9.3

a-b間に有意差($p < 0.01$)

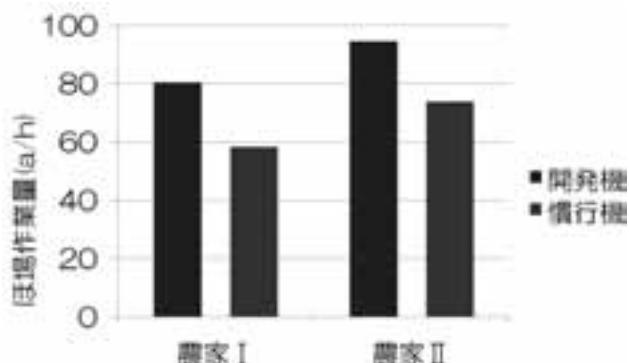


図4 作業能率

果、耐風害播種床区における生育が慣行区に比較して順調であることが認められました（表2）。

2カ所の農家ほ場において能率試験を行った結果、開発機により農家慣行機に比して28~38%の能率向上が図られました。ほ場の形状や肥料の補給方法等によって作業能率に差異は認められましたが、開発機は慣行的な播種機に比して概ね30~35%の作業能率の向上が期待できると考えています（図4）。

4. 実用化について

高精度てん菜播種機の開発はほぼ完了した状況です。実用化については、共同開発したサークル機工株式会社（北海道滝川市）より、市販化を開始する方向で、目下、進行中であります。

てん菜自走式多畠ハーベスターの導入による低コスト生産に向けて

社団法人 北海道てん菜協会

1. はじめに

てん菜・てん菜糖のコスト削減に向け関係者による協同した取組の一環として、労働力不足・経営規模の大型化に対応したてん菜生産支援システムの構築が喫緊の課題となっている。

このため、当協会が事業実施主体となってコントラクター組織の育成と併せて、てん菜収穫の効率化を図るため、平成15年度から(独)農畜産業振興機構の助成事業を活用して、試験的にドイツのホルマー社からてん菜自走式4畠ハーベスター（以下「テラドス」という。）を導入した。

当テラドスは、てん菜の直播栽培用として制作されているため、本道の移植栽培とは畠方向の左右のばらつきや抽出根長、倒伏抵抗の相違点があり収穫損失が多かったことから、移植栽培に適応したタッピング及び掘取り部の改良・開発を行った。

その結果、平成17年度の道立農業試験場による性能・能率試験により、北海道の「指導参考事項」となり実用化された。

また、平成18年度から(社)北海道地域農業研究所へテラドスの導入モデルの構築及び導入条件等について調査委託を行うと共に、JA コントラクターによるテラドスの打撲軽減対策等を含め実証確認試験及び実践モデル事業を実施した。

更には、平成22年度から大規模畠作モデル集団による本格的な実用化実験事業を実施中である。

ここでは、これまでのテラドスの導入による低コスト生産に向けての取組経過・内容について、紹介する。

(経 過)

○H15～17年度：テラドスの導入実用化試験

- ・ H15：試験機種として、EUの中で性能面に優れ価額が最も安いテラドス（畠幅を

北海道仕様66cm × 4畠へ改造）を選定・導入。

・ H16：試験結果は、移植てん菜は直播と異なり根が浅く根部が大きい等のため、タッピングや掘残しが多いなどの問題から、移植栽培に適応したタッピング及び掘取り部の改良・開発を実施。

・ H17：改造機の試験結果は、道の「指導参考事項」となり実用化。

○H18～19年度：(社)北海道地域農業研究所へ「テラドス」の導入条件等について調査委託。

○H18～21年度：JA 幕別町コントラクターによる現地実証確認試験、実践モデル事業の実施。

○H22～23年度：大規模畠作モデル集団（更別テラドス会）による実用化実験事業を実施中。

*普及啓発

H18年：「国際農業機械 in 帯広」へ出展、主産地の十勝・オホーツク地域で実演会の開催。

H22年：てん菜高性能多畠収穫機等報告会の開催。

2. 構造と特徴

(1) 構造

○ テラドスは、ドイツ製の直播栽培(畠幅45cm × 6畠)を北海道移植用(畠幅66cm × 4畠)に、堀取り部を大幅改造したものです、主な仕様諸元は表1のとおりである。

○ テラドスは460PS、適応畠幅は66cmで固定、重量20t、タンク容量24m³（満載時17t）で満載総重量は37t程度、タイヤ接地圧は空載時0.11MPa（満載時0.22MPa）である。

○ 掘取り部は、前方から茎葉チョッパ、タッ

表1 仕様諸元

全長	(mm)	13,770	タッピング部	フィーラホイール外径(mm)	550
全幅	(mm)	3,130		幅(mm)	233
全高	(mm)	3,980	クリーナ部	ナイフ刃長 (mm)	450
質量	(t)	20		個/鞋	2
タンク容積	(m³)	24	掘り取り部	材質	ゴム
エンジン馬力 (kW)、(PS)		338、460		リフタ方式	2ポイントショベル装着式
燃料タンク	(l)	1,150		コルタ直徑 (mm)	620
タイヤサイズ		1,050/50 R32		間隔 (mm)	424
適応畦幅	(cm)	66		アップコンベヤ幅(mm)	300
フレイルチョッパ	作用幅(mm)	2,635	フィードローラ	本数 (本)	5
	刃長 (mm)	160		クリーニング	個数
接地圧	空転時 (MPa)	0.11		タービン	直径 (mm)
	満載時 (MPa)	0.22		エレベーター	幅 (mm)
					780
					670

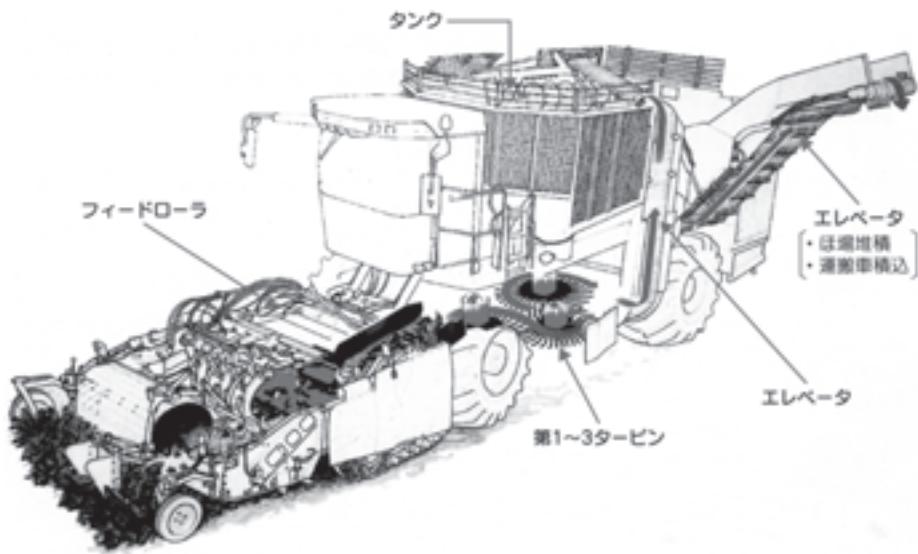


図1 てん菜の流れ

- バ、茎葉クリーナ、掘取りリフタで構成。タッピング部は、株押さえ装置（フィーラホイール型）とナイフで構成されている。
- 掘取られたてん菜は、フィードローラで土を落としながら、ターピン（3連）に送られて、土、茎葉、小根を遠心力で取り除き、エレベータでタンク内に投入される。
 - 走行部は、4 WD、4 WS で、ほ場間の移動では、前・後輪は、同一線上を走行するが、収穫作業時は、ほ場内の土壤踏圧を軽減するため、後輪を左右に移動させ異なった線上を走行することができる。また、傾斜地での横ずれ防止の効果がある。旋回半径7.4m、枕地15m程度が必要である。

(2) 特徴

- ・国内初の高性能な移植用の4畦ハーベスター

- ・茎葉処理から掘取り・ほ場堆積（運搬車積込み）までの一貫作業方式
- ・畦合わせは自動畦追従装置により容易
- ・タンク容量は、24m³（満載時約17t）と大きく、片道920mは可能
- ・タイヤ幅（前輪80cm、後輪105cm）が広く、4輪が異なった線上を走行することができ、ほ場踏圧を軽減
- ・作業能率は、1時間当たり1.06ha
- ・損傷等の発生は少なく、1畦用とほぼ同様
- ・荷下ろし作業は高能力のエレベータによりスピーディ
- ・運転席で主要部の調整や掘取り状況が観察でき、夜間の収穫作業が可能
- ・走行速度は、時速25kmと優れたほ場間の移動性

表2 作業精度

作業速度 (km/時)	収穫損失 (%)	収穫物の内訳 (%)		タッピング精度 (%)			
		正常	損傷	切り不足	正常	切り過ぎ	斜め切り
6.1	0.4	48	52		16	45	27
			5~2cm	2cm以下			
			47	5			

表3 作業能率

作業幅 (m)	作業面積 (ha)	作業速度 (km/時)	作業の内訳 (%)				作業能率 (ha/時)	燃料消費量 (ℓ/時)
			収穫	旋回	移動*	荷降ろし		
2.64	1.65	6.4	62.4	6.2	17.1	14.3	1.06	61.8
			70.0	14.0		16.0	1.19**	

* 堆積場までの移動距離80m

** 堆積場までの移動がない場合の試算値

3. 性能・能率（道立十勝農業試験場の試験結果）

(1) 作業精度

作業速度は時速6.1kmで行った結果、収穫損失は0.4%であった。収穫物の損傷割合は52%で、その殆どは5~2cmの大きさであった（表2）。

(2) 作業能率

堆積場までの移動距離が平均80mのほ場で、作業速度を時速6.4kmで作業した結果、作業能率は1時間当たり1.06haであった。移動時間を要しない時の試算値は1.19haであった（表3）。

(3) 土壤硬度

土壤硬度が1.5MPa以上は排水性が低下する危険性があるため、収穫後にはサブソイラ等による排水対策やプラウ耕等によって、土壤を膨軟化する必要がある。

(4) 利用費用の比較

1畦けん引式ハーベスターとテラドスとのha当たりで比較した結果、1畦用の収穫面積7.5haに対して、テラドスの収穫面積100haの場合は、ha当たり127,436円と▲25.6%、189.6haの場合は72,971円と▲57.4%のコスト低減になることから、経済メリットはある。但し、経済メリットを発揮するためには、おおむね100ha以上の利用面積の確保が必要である（表4）。

(5) 打撲軽減対策

テラドスのタンク内のてん菜落下による衝撃を少なくするため、衝撃緩衝ベルトの設置。また、各ほ場の収量等に合わせ、タービン内をほぼてん菜で満たす程度のタービン回転数に調節することにより、傷や打撲などの損傷状況は、1畦けん引式と殆ど変わらない。

4. テラドスの導入モデルの構築及び導入条件等

((社) 北海道地域農業研究所の調査結果)

(1) 運営主体

テラドスは高性能であると同時に、導入コストもかなり高額であることから、共同所有もしくはコントラクターによらざるを得ないが、農協運営

表4 ハーベスターの利用コスト

項目		1畦けん引式 (RS-510)	4畦ハーベスター (テラドス)	
利用形態		個別所有	共同所有	
収穫面積	(ha)	7.5	① 100	② 189.6
購入費	収穫機(円)	3,622,500	60,000,000*	60,000,000*
	タッパー(円)	950,000	—	—
耐用年数	(年)	5	8	8
収穫面積	(ha/日)	1.19	6.32	6.32
収穫作業日数	(日)	6.3	15.8	30
固定費	(円/年)	1,260,130	11,523,000	11,523,000
	(円/ha)	168,017	115,230	60,775
変動費	(円/ha)	3,231	4,601	4,601
労費	(円/ha)	0	7,595	7,595
収穫コスト	(円/ha)	171,248	127,426	72,971
	(%)	100	▲25.6	▲57.4

* H16年導入時の価格

のコントラクターによる利用が最も妥当と考えられる。

(2) テラドス利用場面の想定

コントラクターに作業委託する経営として想定されるは、次のようなケースである。

- ・てん菜収穫作業と競合する、ナガイモのような作物を栽培している経営
- ・既存ハーベスターが更新時期にある経営
- ・直播栽培を取り入れている経営

まだ、使用できる償却済ハーベスターを所有し、使用している経営では、テラドスの利用は難しい。

(3) テラドス利用と経営変化

てん菜の栽培方法を移植から直播に変えることも、当機の導入・定着化に貢献すると考えられる。

(移植に必要な施設・機械の取得価格はハーベスターよりも高いことから、近年の畑作をめぐる環境の変化のため、てん菜の収益性が低下する中では、近々中に移植関連の機械施設の更新時期を迎える経営は、直播か移植かの選択を迫られることとなり、直播を選択する経営が増えれば、テラドスの定着化の可能性は増すと考えられる。)

(4) オペレータ体制と処理可能面積

JA 幕別町コントラクター課の運行実績は、初年目の'06年は、収穫面積63.4ha(15戸)、1時間当たり実収穫面積66a、'07年は110.2ha(13戸)、90.3aと、オペレータの技術向上等により収穫面積が大幅に増加するなど作業効率が向上している。

(その要因は、オペレータの技術向上、ほ場の収穫順の工夫や当機のほ場保管による時間の節減など移動距離を減らしたことによる。)

また、JA 幕別町によるとオペレータが1人の場合は、120~130haが限界ではないかとしている。

(5) テラドスの運行経費及び利用料金の設定

てん菜収穫作業の利用料金の実態を見ると、10a当たり概ね5~7千円程度であることから、当機の利用面積の確保のためには、5千円程度の料金設定をせざるを得ず、10a当たり5千円程度でペイするような運営体制を検討する必要がある。

- ・'07の当機の経費実績（燃料・修理・保管費、保険料等）は156万円、ha当たり14,196円である。

・オペレータ賃金は、ha当たり8,915円（1人運行の場合）、他に誘導・保安要員1名付くと2倍の17,830円となる。

- ・減価償却費は、ha当たり61,230円（購入費6千万円、耐用年数8年、年額675万円、'07年運行面積による算出）になる。
- ・これを合計すると、ha当たり93,256円になり、目標の10a当たり5千円にはほど遠い状況である。

したがって、当面は低料金を設定して、ナガイモ等の作業競合作物を栽培する経営や、自家収穫の困難な経営を取り込み、次いで、現在は自家収穫の経営も機械・施設の更新時に、当機利用に誘導することにより、利用面積の確保・拡大を考えるべきである。

(6) 処理面積当たり経費の改善

減価償却費を軽減するためには、耐用年数を延ばすことが考えられる。例えば耐用年数8年を15年とした場合、10a当たり利用料金は5千円程度となる。

単位当たりの運行経費を引き下げるためには、1台の処理面積を拡大するか、補助制度等を活用し導入金額の引き下げを図ることが必要である。

(処理面積の拡大方法としては、1時間当たり90.3aの作業効率を更に引き上げるか、夜間運行や移動時間の短縮により、稼働時間を拡大することについても検討しなければならない。ただし、夜間運行の実施のためには、オペレータを養成し2人体制を確立することが必要である。)

充分な受託面積が確保できれば、最も容易で効果的な方法であると考えられる。

5. おわりに

近年、担い手の高齢化などにより、てん菜の栽培農家や作付面積が急激に減少し、本道畑作農業の輪作体系の維持からも危機的な状況となっており、面積の確保を図ることが急務となっている。

このため、共同利用やコントラクター組織等による高性能大型機械の積極的な導入・普及により、高性能機械化体系を確立すると共に、早急に作業の受委託体制の構築・実用化が緊要と考えている。

最新の低成本排水改良工法 —カッティングドレーン工法とカッティングソイラ工法—

(財) 北海道農業開発公社 農場整備部 常田 大輔
(独) 農業・食品産業技術総合研究機構 農村工学研究所 北川 巍

1. はじめに

寒地では数年毎に湿害が発生し、農業に不利な湿性土壌も多く、これらの農地の排水改善をするため、暗渠の整備が積極的に行われてきた。

しかし、近年の経営規模の拡大にともなって多額の費用のかかる抜本的な暗渠の新設による排水不良地を改善することの困難性も考えられる。

そのため、簡便で安価に行える排水改良技術の確立が求められている状況において、最新の排水改良工法を紹介する。

2. 低成本排水改良工法の概要

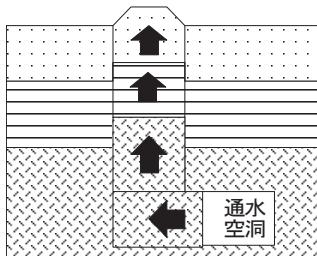
筆者らは、暗渠の新設だけに頼ることなく、既存暗渠の状況に応じて追加的な排水改良が実施でき、段階的に整備水準を高める低成本な排水改良として、カッティングドレーン工法とカッティングソイラ工法を開発し広範囲の土壌条件に対応できる排水改良工法の充実を実現した。

<カッティングドレーン工法>

資材を用いない穿孔暗渠であり、縦溝の下端横に耐久性の高い通水空洞を構築する基本的な工法

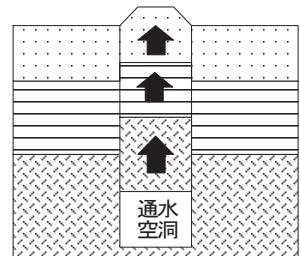
基本的な工法

横穴型の土壌断面



補助的な工法

直下穴型の土壌断面



*1 : 横穴型カッティングドレーンには、横穴の大きさが

- ①高さ20cm×幅20~25cm
- ②高さ20cm×幅15cm
- ③高さ10cm×幅10cmの3種類がある。

*2 : 直下穴型カッティングドレーンには、直下穴の大きさが

- ①高さ25cm×幅10cm
- ②高さ15cm×幅10cmの2種類がある。

図-1 土壌断面図

の「横穴型」と極めて堅密な土壌でも施工できる縦溝の直下に通水空洞を構築する補助的な工法の「直下穴型」がある。(写真-1、図-1)

<カッティングソイラ工法>

堆肥や作物残渣などの農村で発生する有機物を営農作業の中で表面に敷設し、専用の機械の走行だけで資材を縦溝状に下層土に埋設して補助暗渠とする工法である。(写真-2、図-2)



写真-1 カッティングドレーン施工状況と土壤断面



3. 施工効果

<カッティングドレーン工法>

カッティングドレーン工法は、泥炭土や低地土、台地土に対して通常暗渠に匹敵する排水機能を有していた。泥炭土においては1年経過後も排水機能は高く維持された。また、カッティングドレーン施工は場は、多雨期間でも作物生育に適した土壤水分環境が維持された。その結果、隣接の対照は場と比較して、バレイショとテンサイ、

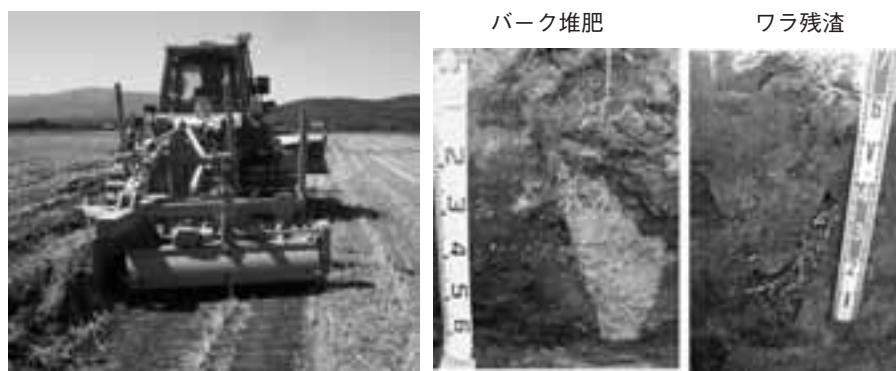


写真-2 カッティングソイラ施工状況と土壤断面
堆肥やワラ・茎葉等の多様な有機物を利用し機械走行だけで補助暗渠の疎水材充填溝を作る

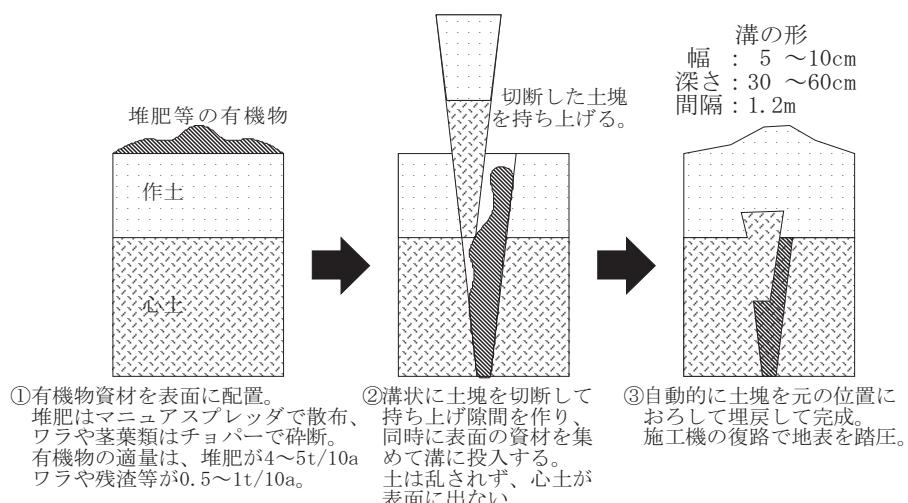


図-2 土壤断面図

表-1 カッティングドレーン工法の作物への効果

処理	ジャガイモ						テンサイ			アズキ	
	泥炭土 C		泥炭土 D		低地土 B		泥炭土 E		泥炭土 B		
	収量 (kg/10a)	でん粉価 (%)	収量 (kg/10a)	でん粉価 (%)	収量 (kg/10a)	でん粉価 (%)	根中糖分 (%)	腐敗株率 (%)	収量 (kg/10a)		
カッティングドレーン工法	3,870	14.1	4,430	15.8	3,650	13.8	6,330	15.9	3.3	1.61	
対 照	3,520	14.0	3,940	15.1	3,300	13.4	5,670	16.1	16.7	1.37	

アズキの畑作物の収量性が向上した。(表-1)

<カッティングソイラ工法>

カッティングソイラ工法は、堅い台地土や多湿な黒ボク土に対して、心土に排水性や通気性、保水性を改善する有機物を埋設した縦溝により土壤の物理性が改善され、かつ排水溝として機能する。さらに、堆肥を用いた場合は心土の肥培効果もあり、畑作物の生育が良好になった。(表-2)

4. 耐久性

<カッティングドレーン工法>

カッティングドレーン工法は泥炭土と低地土、

台地土、黒ボク土のいずれに対しても適した大きな空洞を成型できる。泥炭土と低地土では短期間での横穴型の空洞で変化がない。土壤が崩落しやすい台地土と黒ボク土では、耐久性のある横穴型の小空洞タイプで施工する。

<カッティングソイラ工法>

カッティングソイラ工法の2年経過の断面の状況は、溝部に投入量に相当する堆肥が残存しており、補助暗渠や心土の改善機能が維持されていた。また、2年経過した溝の堆肥の炭素含有率は牛糞堆肥で10.9%、バーグ堆肥で13.6%となり、投入

表-2 カッティングソイラ工法の作物への効果

平成20年度調査 小豆（品種：きたのおとめ）

地区：豊浦町

区分	子実重 (kg/10a)	肩粒率 (%)	百粒重 (g)	等級
カッティングソイラ	331(113)	0.9	13.3	2中
対 照	294(100)	1.3	12.9	3

出典：「地域資源を活用した土層改良」

胆振農業課医療普及センター・東胆振支所

中央農業試験場・胆振支所・豊浦町・北海道農業開発公社

平成21年 土壤改良効果確認展示会（てんさい）

地区：滝上町

区分	一個重 (g)	根 重 (kg/10a)	糖 分 (%)	糖 量 (kg/10a)
カッティングソイラ	1,016	7,582	19.7	1493.7
対 照	962	7,179	19.2	1378.4

出典：「カッティングソイラ工法施行効果確認試験」

網走農業改良普及センター紋別支所・北海道農業開発公社

平成22年度調査 大豆（品種：いわい黒）

地区：俱知安町

区分	子実重 (kg/10a)	製品数量 (kg/10a)	百粒重 (g)	1莢内数 数 粒
カッティングソイラ	325	291	38.5	2
対 照	265	228	33.1	2

出典：「畠地における土層改良効果確認試験」

後志農業改良普及センター・北海道農業開発公社

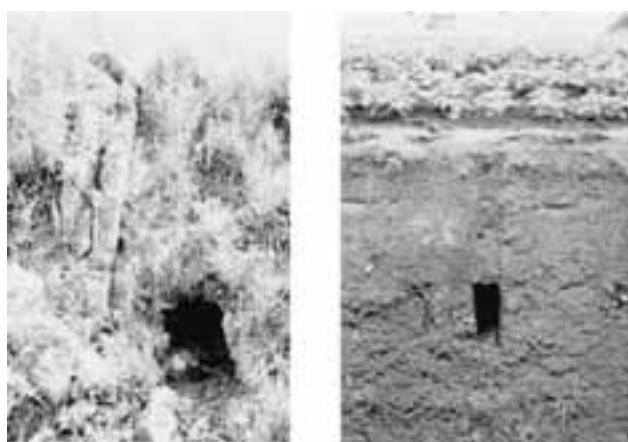


写真-3 カッティングドレーン工法（1年経過）

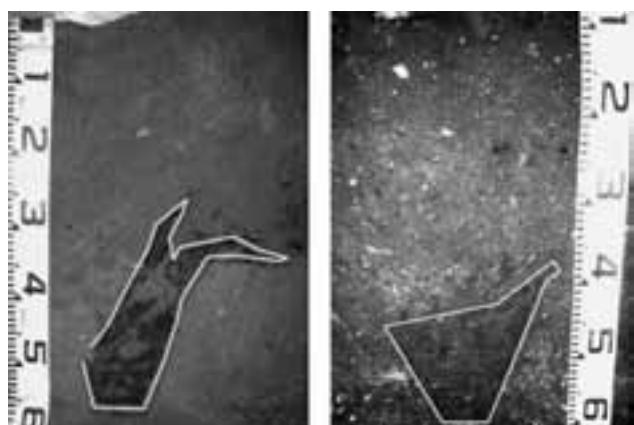


写真-4 カッティングソイラ工法（2年経過）

時の原料に比べ1～2%程度の分解率であった。このことから、本工法は、埋設資材が短期間で消失せず10年以上の効果が期待できる。

5. 適用条件

カッティングドレーン工法とカッティングソイラ工法の適用条件について、カッティングドレーン工法は資材を使わないので適用できる土壤条件が限られるが、カッティングソイラ工法の方が広範囲に適用できる。

6. おわりに

低コスト排水改良としては、資材を必要としない工法や自給堆肥や作物残渣等を用いる工法により、農家単独でも実施可能な工法が充実してきた。これら工法は、既存暗渠の機能を回復する補助暗渠としても活用できる。今後、これらの工法により地域資源を活用して低コストに農地の生産力を高めるため、普及に向けた取組みを進める。

表-3 低コスト排水改良工法の適用条件と施工条件

区分	項目	カッティングドレーン工法	カッティングソイラ工法
適用条件	埋 木	泥炭土では掘削に支障となる径5cm以上の埋木がない。	
	砂礫層	砂層や石礫がない。	巨礫がない。
	粒 径	砂含量が65%未満	—
	地 目	連作水田を除く地目	全地目
施工条件	勾 配	通水孔の勾配は1/1000～1/500を目安とする。	—
	間 隔	5～14mで約10mを目安とする。	約120cm間隔
	資 材	無資材	堆肥（4～5t/10a程度、10tも可能） ワラや茎葉（0.5～2t/10a）

持続的発展に向けたてん菜の多用途利用

(独)農業・食品産業技術総合研究機構 北海道農業研究センター 畑作研究領域
主任研究員 高橋 宙之

1. てん菜が置かれている状況

国内では北海道のみで栽培されているてん菜は、砂糖国内消費量の約3割を貢献とともに、ムギ、バレイショ、マメ類とともに畑輪作体系の主要品目であり、製糖工場を中心とした地域産業の基幹を形成している。しかしながら、輸入糖とのバランス調整のための交付金対象数量の制限（てん菜糖64万tまでが交付金対象）や、WTO、FTA/EPA、TPP交渉など、混迷する国際貿易情勢の見通しの不安定さなどを反映して、生産者の耕作意欲は低下して、栽培面積は漸減傾向にある（図1）。てん菜栽培面積の減少は日本だけではなく、特に欧州での減少が顕著であり、てん菜栽培面積の世界総計は、20年前の半分にまで落ち込んでいる。そのため、てん菜の砂糖原料以外の利用法の開発は、てん菜関係者にとって世界共通の急務となっている。

2. 従来からの副産物利用

てん菜は製糖用原料として栽培されているため、それ以外の用途で利用されることはないが、茎葉部や製糖工程で発生する副産物は、以前より有効に利用してきた。

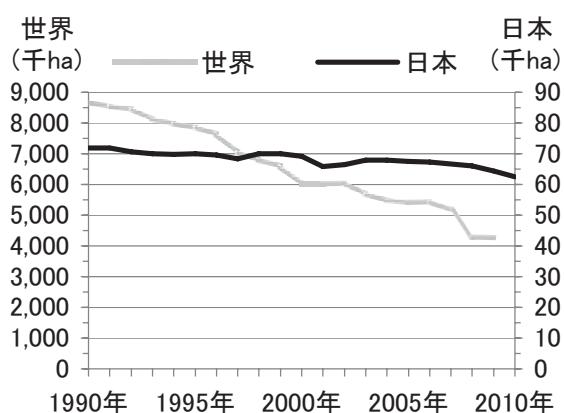


図1 てん菜の栽培面積の推移（日本、世界総計）
出典：国際連合食糧農業機関（FAO）、FAOSTAT-ProdSTAT (<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>)

1) 茎葉部

てん菜は、飼料ビートから選抜・改良されてきた作物であり、収穫期に根部と同程度の重量となる茎葉部は、良質な飼料とされている。しかしながら、茎葉部のみを収穫する術がない上に、腐敗しやすく貯蔵が困難なため、北海道では飼料としての利用はほとんどない。その代わり、茎葉部に窒素分および灰分が多く含まれていることから、緑肥同様、圃場に漉き込んで、地力の維持・増強に利用されている。

2) ビートパルプ

裁断した根部（コセット）からショ糖分などが抽出された残渣で、脱水・乾燥の後、キューブ状またはペレット状に圧縮成型されたものが飼料として利用されている。ビートパルプには、纖維質の他に、微量の糖分、無窒素物、粗蛋白質、鉱物などを含んでいるため乳牛の飼料として好適であり、嗜好性も高い。

3) 廃糖蜜

糖液から砂糖の結晶を回収した後の残液で、ショ糖を多く含んでいるため、エタノール製造や酵母培養の原料として利用される。また、アミノ酸や灰分も富むため、特に欧米では飼料と配合して栄養および嗜好性の向上に利用されている。ただし、海外のてん菜製糖工場と比べて北海道の工場では、糖液の精製を繰り返し行うため、廃糖蜜の生産量は少ない。

4) その他微量物質

てん菜根部に微量に含まれているアミノ酸やオリゴ糖は、製糖過程における結晶化を阻害する物質であるが、単離・精製することで有用物質として利用されている。

アミノ酸の一種であるベタイン（グリシンベタインもしくはトリメチルグリシン）は、調味料、水産加工品の風味改良剤、食品の水分活性低下剤

など食品添加物として利用されるほか、その優れた保湿作用を生かして化粧品などにも利用される。

ラフィノースをはじめとするオリゴ糖類は、ビフィズス菌などの善玉腸内細菌を増加させる効果があり、健康食品として利用される。

現段階においても、てん菜は余すことなく有効に利用されていると言えるが、これら利用法は砂糖生産の結果生ずる副産物利用であり、てん菜の利用拡大に直接つながるわけではない。用途拡大を図るには、新たにてん菜の利用法が必要であるが、その一つとして次に示すバイオエタノール原料としての利用がある。

3. バイオエタノール原料としての利用

光合成産物がショ糖の形で蓄積されるてん菜では、エタノール製造においてでん粉原料で必要な糖化プロセスが不要なため、発酵原料として有利である。

表1 バイオエタノール原料別温室効果ガス削減率

原料名	製造条件	削減率
てん菜		52%
サトウキビ		71%
小麦	限定なし	16%
	一般ボイラ+天然ガス	34%
	コジェネレーション+天然ガス	47%
トウモロコシ	天然ガス	49%

出典：EU委員会

表2 原料作物別のエタノール収量

原料作物	エタノール収量	
	重量当たり (リットル/t)	耕地面積当たり (リットル/ha)
テンサイ	83.3	3,854
ジャガイモ	87.1	2,797
トウモロコシ	336.9	2,133
米	302.8	1,637
グレインソルガム	325.5	1,263
大麦	333.1	861
小麦	302.8	692
オーツ麦	242.3	533
ライ麦	299.0	505
サトウキビ	56.8	5,191
サツマイモ	128.7	1,777

出典：USDA (2002) "USDA's 1998 Ethanol Cost-of-Production Survey", Agric. Econ. Report, No.808.

1) 海外の状況

てん菜の主産地である欧州、中でもフランス、ドイツなどでは、余剰てん菜を利用したバイオエタノール生産が以前から行われてきた。また、2005年4月にEUからの砂糖輸出がWTO規則に違反しているとの裁定（WTO裁定）を受けて2006年から始まった砂糖制度改革に加え、温暖化対策として2008年12月に合意された「再生可能資源エネルギー利用促進指令（利用促進指令）」を受けてより推進される方向にある。バイオエタノールの原料として、てん菜の他に小麦やトウモロコシが利用されているが、EU内で栽培される作物の中でてん菜の温室効果ガス削減率は高く（表1）、2017年以降基準が現在の35%から50%に引き上げられることになっており、てん菜は有利であると考えられる。

2) 日本での状況

日本国内でてん菜からバイオエタノールを製造しているのは、北海道上川郡清水町で稼働している「北海道バイオエタノール株式会社・十勝清水工場」のみである。本工場は、隣接するホクレン農業協同組合連合会・清水製糖工場から供給される濃縮糖液（シックジュース）を原料としている他、規格外小麦の利用も可能で、年間15千キロリットルの生産を目標としている。なお本事業は、農林水産省補助事業「バイオ燃料地域利用モデル実証事業（バイオエタノール混合ガソリン事業）、2007～2011年」で実施している。

てん菜は、表2に示すように、北海道で栽培可能な作物中で最も耕地面積当たりのエタノール収量が最も高い作物である。ただし、原料ポテンシャルは高いが、北海道におけるてん菜栽培は約10万円/ha（2010年）と高コストであるため、原料価格をいかにして下げるかが、今後のてん菜バイオエタノール事業展開の鍵であろう。また、エタノール原料てん菜生産に関わる政策的なバックアップにも十分配慮して、生産者の耕作意欲を高めることも欠かせない。

4. 将来的な利用

栽培面積の維持、そしてバイオマス生産性の高いてん菜の有効利用を図るために、砂糖やエタ

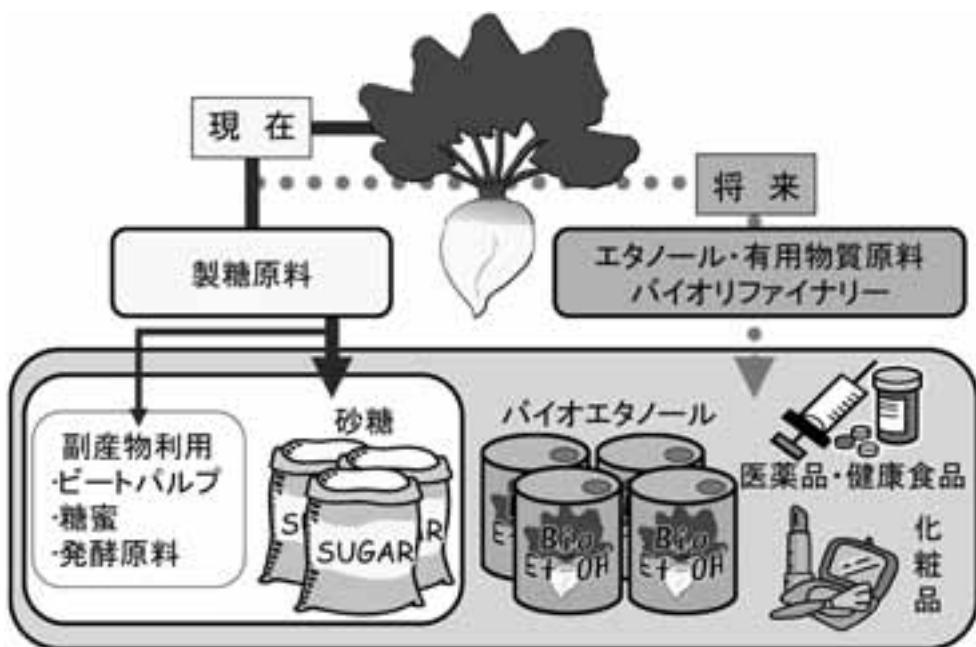


図2 てん菜を利用した多様な製品開発

ノール原料、または副産物利用以外の利用法を検討する必要がある。

1) 高付加価値物質の単離、変換利用

前出の副産物利用にも該当するが、北海道農業研究センターでは、ビートパルプに肌の保湿効果を有する機能性物質であるセラミドが含まれていることを明らかにした。また、糖蜜を主原料として軽油に代わる燃料（バイオディーゼル）を生産可能であることを明らかにしている。今後、これらの技術を発展させて実用化することで、砂糖およびバイオエタノール製造コストを補填することが可能と考えられるとともに、これらの物質生産を主体とした新たな産業形成も可能である。

2) 有用物質の生産媒体として

てん菜のバイオマス生産性の高さを利用して、てん菜を有用物質の生産工場として利用することも考えられる。有用物質の生合成に関わる遺伝子やメカニズムが解明されれば、それらをてん菜に形質転換して大量に物質生産させて、まったく新しいてん菜の用途開発の道が開かれることになる。

5. 終わりに

てん菜は、北海道の健全な畑輪作体系、畑作地帯の産業形成を維持する上で欠かせない作物である。しかし、砂糖消費量の低下や輸入糖との競合など、てん菜を取り巻く環境は複雑で厳しく、ただ単に栽培コストの低減を図るだけでは、根本的な解決にはなり得ない。今こそ、てん菜の持つ特性、そしてバイオマス生産性を再評価して、優点を十分に活用した新たな用途開発を産学官連携のもとで強力に進めるべきである。そして、その結果は、優良な品種開発と並行することで、てん菜が新たな有用作物として、北海道のみならず広範な地域で利用される可能性を生み出すであろう。

6. 参考資料など

- 1) てん菜糖業年鑑2011、(社)北海道てん菜協会、2011.
- 2) (独)農畜産業振興機構 HP、砂糖 (<http://www.alic.go.jp/sugar/index.html>) .
- 3) (独)農業・食品産業技術総合研究機構北海道農業研究センター HP、北海道農業成果情報 (<http://cryo.naro.affrc.go.jp/seika/whatsnew-main.html>) .

てん菜栽培における優良事例

北海道立総合研究機構 十勝農業試験場 生産システムグループ

山田 洋文

てん菜栽培においては、単収や糖量が地域の平均と比べると常に安定して高位を維持する、「優良事例」と判断される経営が多数展開している。そこで、本稿ではこうした優良事例として、移植栽培事例（十勝管内幕別町）と直播栽培事例（網走管内北見市）から1事例ずつ選定し、これらの事例において高位・安定生産を可能とする取り組みを、圃場管理（排水対策等）および栽培管理（移植・播種、除草、防除等）の視点^{注1)}に着目して整理する。

1. 移植栽培の優良事例

1) 十勝管内幕別町におけるてん菜作の位置づけ

十勝管内のてん菜作付面積は、平成22年時点で26,763haであり、全道の43%を占める。幕別町は本管内の中央部に位置しており、てん菜の作付面積は2,373ha（管内の8.9%）、農家1戸当たりの作付面積は7.39haとなっている。平成19年から22年の4カ年でみた本町の平均単収は、6.19トン／10aであり、十勝管内（5.9トン／10a）においては、高単収な地域として位置づけられる。

2) 優良事例 H 経営の概要

H 経営は畑作専業経営で、経営主（56歳）、妻、長男（後継者）および長男の妻の4名が基幹労働力となっている。臨時雇用は、7月中旬および8月中旬に実施するてん菜の手取り除草作業時に利用している。経営耕地面積は33.1haであり、作

付構成はてん菜（移植のみ）7.6ha、ばれいしょ5.0ha、秋播き小麦11.0ha、小豆1.8ha、かぼちゃ1.0ha、ながいも3.2ha、にんじん2.0ha、レタス0.5haおよび緑肥1.0haとなっている。てん菜の作付面積は幕別町平均と同規模であるが、ながいも等の野菜作の導入をすすめていることが特徴となっている。

3) てん菜作の特徴

(1) てん菜の作付概要

H 経営における平成19年から22年の4カ年でみた、てん菜の平均作付面積は7.52haとなっている（表1）。作付は経営耕地面積の4分の1を維持しており、輪作の関係で増減があるものの、現在までに、農業施策の影響によって作付面積を増減させるといった対応はみられない。また、所有している圃場の土壤pHが全体的に高いことから、根菜類に関しては、ばれいしょよりも、てん菜の作付のウェイトを高めてきた。H 経営では、てん菜について、収量も収益性も安定している作物だと考えている。そのため、現状の作付面積は7.5ha前後であるが、移植に係る労働力や機械装備の余力を考慮して、育苗ハウスの限界である8haまで拡大したいと考えている。

(2) 単収からみた優良事例としての位置づけ

表1により、H 経営および幕別町におけるてん菜の単収および糖量の推移を確認する。ここから、H 経営における単収は、平成19年から22年の

4カ年でみると平均で7,181kg／10aとなっており、幕別町の平均（6,190kg／10a）と比較しても、高水準であることが確認できる。また、幕別町平均と比べた各年次の単収をみても、高水準

表1 H 経営および幕別町におけるてん菜生産概要

		平成19年	20年	21年	22年	4カ年平均
作付面積	(ha)	H 経営	7.42	7.35	7.74	7.58
单収	(kg／10a)	H 経営	7,707	7,252	6,537	7,229
		幕別町	6,835	6,716	5,595	5,613
单収比（幕別町平均を100とする）		113	108	117	129	116
糖量	(トン／ha)	H 経営	13.3	12.7	11.5	11.7
		幕別町	11.7	11.6	10.0	8.8
糖量比（幕別町平均を100とする）		114	110	116	134	118

注）聞き取りおよび『てん菜の生産実績（北海道てん菜協会）』各年次により作成。

である。糖量は、4カ年の平均で12.3トン／haとなっており、幕別町の平均（10.5トン／ha）と比較すると大幅に多く、各年次とも高水準であることが確認できる。

（3）高位・安定生産に向けての取り組み

H経営における高位・安定生産に向けた取り組みとしては、まず、早期移植の実施があげられ、毎年4月中に移植作業を終了するようにしている。移植作業を早期に実施するために、3月下旬に融雪剤散布を実施している。後述するように、育苗センターを利用して、苗作り作業を省略していることから、作業時の天候にあわせて効率的な融雪剤散布作業を可能としている。移植作業は、4畠2人乗りの移植機を利用し、家族労働力のみで実施している。また、高位・安定生産に向けて、地力および排水性の向上効果が大きいと考えている。現状の輪作体系は、「てん菜→ばれいしょ→豆類→小麦」、「てん菜→豆類→ばれいしょ→小麦→ながいも」が主流であり、例年、小麦を作付けしたあとの圃場において、10月上旬に堆肥散布（2トン／10a）、心土破碎（コントラクターに委託、サブソイラーを利用）および耕起作業を実施して、地力および排水性の向上を図っている。

栽培管理についてみると、除草は、除草剤散布を1回に留め、中耕・除草3回、手取り除草2回

で対応している。除草剤の使用時期は5月下旬であり、ながいもの植え付けから管理作業の時期に該当するため、適期を判断して効果的に使用したいと考えている。防除は、野菜の収穫作業の合間に、関係機関の指導に基づいて例年4回程度実施している。今後、さらなる省力化を目指すために、ながいもの管理作業と時期が重なる中耕・除草作業の回数を減らすことができないか模索している。また、H経営では、苗づくり作業を省略するために、昭和50年代から育苗センターを利用している。これにより、苗作りやその準備に仕向けていた労働力を、ながいもの種子洗浄や融雪剤散布等の作業に集中することを可能にしている。さらに、H経営では、てん菜の収穫作業を外部委託したことがある、ながいもの収穫作業に労働力を集中することができるといった効果がみられた^{注2)}。表2にH経営における作業体系を示した。これによると、苗作りの省略、心土破碎および収穫作業の委託を実施することによって、10a当たりの労働時間^{注3)}は8.68hr／10aとなり、省力化が実現されていることが確認できる。

このように、H経営では、野菜作を導入するなかで、育苗センターの利用による労働競合の回避や作業委託によって省力化するとともに、早期移植と地力・排水性向上対策を重視することで、て

表2 H経営におけるてん菜生産技術体系（平成21年）

作業名	時期および回数	主に使用する作業機	10a当たり 労働時間 (hr/10a)	備考
緑肥播種・整地	8月下旬	ブロードキャスター、ロータリーハロー	0.18	
堆肥散布	10月上旬	マニュアルプレッシャー、ショベルローダー	0.21	
耕起	10月上旬	プラウ（3連）	0.16	
心土破碎	10月上旬	サブソイラ	—	コントラクターへの作業委託
苗運び入れ	3月中旬	—	0.43	3名分、ハウス準備（床作り）も含む。
育苗管理	3月中旬～4月下旬	—	0.91	灌水、ハウスの開閉を含む。
融雪剤散布	3月下旬	ブロードキャスター	0.13	2名分
碎土・整地	4月下旬	スタブルカルチ、ロータリーハロー	0.45	ロータリーは2回かけ。
施肥	4月下旬、5月上旬	精密施肥機（4畠）	0.16	
移植	4月下旬、5月上旬	移植機（4畠2人乗り）	2.81	苗取り・運搬に含む。 毎年、4月下旬までに終了させている。
補植	5月中旬	—	0.43	ハウス片付け、整理・後片付けも含む。
除草剤散布	5月下旬	スプレーヤ（1,500リットル）	0.08	1回のみ
中耕・除草	6月上旬～7月上旬、3回	カルチベータ	0.85	3回分
手取り除草	7月中旬、8月中旬、2回	—	1.56	2回分、臨時雇用分も含む。
防除	6月下旬～8月下旬、4回	スプレーヤ（1,500リットル）	0.32	4回分
収穫	10月中旬～11月上旬	自走式ハーベスター（4畠）	—	コントラクターへの作業委託（調査時）
	合計		8.68	

注) 聞き取り調査により作成。

ん菜の高位・安定生産を可能とし、作付面積の拡大に意欲を見せている。

2. 直播栽培の優良事例

1) 網走管内北見市上常呂地区におけるてん菜作の位置づけ

網走管内のてん菜作付面積は、平成22年時点で25,830ha（全道の41%）であり、このうち、直播面積は管内の10.7%となる2,755haとなっている。北見市は管内の中央部に位置しており、てん菜作付面積は4,023haとなっている。このうち、直播面積は869ha（市内の21.6%）に達しており、管内でも直播導入が進んでいる。また、1戸当たりの作付面積は、6.78haとなっている。

北見市上常呂地区は、北見市の西部に位置し、畑作を基幹としている。地区の作付面積は、畑作物や野菜類を中心に平成22年時点で1,993haとなっている。てん菜の作付面積は344haであり、このうち223ha（地区の64.8%）が直播栽培となっている。よって、上常呂地区は、直播導入割合が高い北見市において、さらに、直播導入が進んでいる地域として位置づけられる。

2) 優良事例 N 経営の概要

N 経営は畑作専業経営で、経営主（46歳）と妻の2名が基幹労働力となっており、ばれいしょの収穫と選別作業時に臨時雇用を利用している。経営耕地面積は33.1haであり、作付構成はてん菜7.0ha（直播栽培のみ）、ばれいしょ9.0ha、小麦15.8haおよび小豆1.3haとなっている。

3) てん菜作の特徴

(1) てん菜作付けの概要

N 経営では、てん菜を畑作物のなかでも収益性

が良い作物だと考えており、経営内の基幹作物として位置づけている。平成19年から22年の4カ年でみた平均作付面積は7.51haであり（表3）、各年次の作付圃場によって多少の増減がみられるが、現在までに、農業施策の影響によって、作付面積を増減させるといった対応はとられていない。N 経営では、現経営主が就農した昭和58年から直播栽培と移植栽培を採用しており、昭和62年頃に全面直播栽培に移行した。ペレット種子の採用は、平成6年頃であり、それ以前は、裸種子利用のため、家族3名で約2週間をかけて間引き作業を実施していた。

N 経営では、てん菜を輪作を維持する上で、不可欠な作物であると認識し、今後も、現在の作付割合（経営耕地面積の5分の1）を維持したいと考えている。また、これからも、今までに蓄積した栽培ノウハウや現状のてん菜の収益性を考慮して、直播栽培を採用することによって、てん菜作付けを継続する意向である。

(2) 単収からみた優良事例としての位置づけ

表3により、N 経営および上常呂地区におけるてん菜の単収および糖量の推移を確認する。ここから、N 経営における単収は平成19年から22年の4カ年でみると、平均5,955kg／10aとなっており、上常呂地区の平均（4,995kg／10a）と比較しても、高水準であることが確認できる。また、上常呂地区平均と比べた各年次の単収をみても、高水準である。糖量は、4カ年の平均で9.9トン／haとなっており、上常呂地区の平均（8.5トン／ha）と比較しても大幅に多く、平成20年を除くと、各年次で高水準であることが確認できる。

(3) 高位・安定生産に向けての取り組み

N 経営では、直播栽培

において高位・安定生産を可能とするためのポイントとして、第一に、発芽率の向上が重要であると考えている。そのため、クラスト形成による出芽率の低下を防止するために、畑が完全に乾いたと判断してから播種す

表3 N 経営および上常呂地区におけるてん菜生産概要

		平成19年	20年	21年	22年	4カ年平均
作付面積 (ha)	N 経営	7.52	7.83	7.81	6.89	7.51
	N 経営	6,327	6,120	5,875	5,498	5,955
単収 (kg／10a)	上常呂地区	直播	4,900	5,628	4,750	3,408
	平均	5,625	5,833	5,192	3,328	4,995
単収比(上常呂地区平均を100とする)		112	105	113	165	119
糖量 (トン／ha)	N 経営	10.2	10.2	10.7	8.5	9.9
	上常呂地区	直播	8.1	9.8	8.4	5.4
糖分比(上常呂地区平均を100とする)	平均	9.2	10.4	9.1	5.1	8.5

注) 聞き取りにより作成。

るよう心がけている。播種は、生育期間を確保する目的で、毎年4月下旬までに実施する意向であるが、圃場の水分条件を見極め、5月に入ってから実施することもある。また、圃場の水分に応じて播種深度を設定している。平年の播種深度は1.5cmとしているが、圃場水分が多い場合は約1cm、少ない場合は2cm程度の深さに播種するように留意している。播種は株間17.5cm、畦間66cmで実施し、90%以上の出芽率を目指している。施肥も同時に実施している。補植と間引き作業は、省力化のために実施していない。風害については、被害が作付面積の2割以下だと判断した場合には、再播はしていない。再播は4年に1回程度実施しなければならないと認識している。

高位・安定生産に当たって、次に、重要と考えているポイントは、てん菜の湿害に対する弱さを十分認識し、排水対策を万全にするよう心がけていることである。輪作は、「てん菜→小豆→ばれいしょ→小麦」と「てん菜→ばれいしょ→小麦」の2体系が主流となっており、今後もこの体系を保持したいと考えている。そのため、例年、小麦を作付けしたあとの圃場において、10月上旬に堆肥散布（2トン／10a）、心土破碎（プラソイラを利用）および耕起作業を実施して、排水性の向上を図っている。除草・防除については、除草剤の利用を1回に留め、中耕・除草を4回実施している。表4にN経営における作業体系を示した。これによると、10a当たりの労働時間^{注3)}は、3.09hr／10aとなっており、省力化が可能となっていることが確認できる。防除では少量散布を実施

しており、散布1回当たりの水汲み回数が減少したことでも要因となっている。直播栽培についても、これ自体が省力技術であると認識して、現状の家族労働力のみでてん菜作付けを維持するために、不可欠であると考えている。

3. おわりに

本稿では、てん菜栽培における優良事例について移植栽培および直播栽培から2事例紹介した。2事例とも、てん菜栽培において、共通して排水性の向上対策を重視していた。また、移植栽培では地力向上対策および早期移植、直播栽培では播種時期を重視しており、指摘されている基本技術の励行によって、地域の平均よりも高位・安定となる生産を可能とし、てん菜の作付けの維持と拡大意欲をみせていた。

【注】

注1) 本稿では、高位・安定生産を可能とするための取組みの視点を、『てん菜栽培ガイド（平成21年版）』（北海道糖業株式会社）で示された「てん菜の糖分向上と低コストへのポイント」を参考に設定した。

注2) H経営では、平成18年から21年にかけて、コントラクターにてん菜収穫を委託していたが、平成22年以降は実施していない。

注3) ここでは、圃場作業における労働時間を示した。平成21年に実施された『農産物生産費調査』（農林水産省）によると、表出した労働時間の他に、「生産管理」（0.38hr／10a）、「間接労働時間」（0.74hr／10a）および「その他」（0.31hr／10a）が加わり、合計14.70hr／10aとなっている。

表4 N経営におけるてん菜生産技術体系（平成21年）

作業名	時期および回数	主に使用する作業機	10a当たり 労働時間 (hr／10a)	備考
緑肥播種・整地	8月上旬	プロードキャスター、ロータリーハロー	0.10	
堆肥散布	10月上旬	マニュアスプレッダ、タイヤショベル	0.14	
心土破碎	10月上旬	プラソイラ	0.15	
耕起	10月上旬	プラウ（3連）	0.15	
碎土・整地	4月下旬	パワーハロー	0.10	
施肥・播種	4月下旬	施肥播種機（4畦）	0.40	2名分
除草剤散布	5月下旬	スプレーヤ（1,500リットル）	0.04	1回のみ
中耕・除草	6月上旬～7月上旬、4回	カルチベータ	0.46	4回分
手取り除草	8月上旬～9月中旬、2回	—	0.91	2名、2回分
防除	7月上旬～9月中旬、5回	スプレーヤ（1,500リットル）	0.21	5回分
収穫	11月上旬	タッパ（4畦）、ハーベスター（1畦）	0.42	
	合計		3.09	

注) 聞き取り調査により作成。

てん菜の生産圃場について

北海道糖業株式会社 農務部 農事技術課

1. はじめに

てん菜は、畑作地帯を中心に野菜作付地帯・水田地帯・酪農地帯でも作付けされ、北海道全域で生産されています。



てん菜園場とてん菜糖製糖工場



てん菜園場

2. 畑作地帯でのてん菜生産

北海道の畑作地帯における主な輪作体系は、小麦→てん菜→豆類→馬鈴薯または小麦→てん菜→馬鈴薯で、てん菜は輪作体系を維持する上でも重要な作物です。



てん菜と馬鈴薯園場



てん菜と小麦園場



てん菜・大豆・小麦園場

3. 野菜作付地帯でのてん菜生産

北海道では、たまねぎ・大根・かぼちゃ等多くの野菜が生産されていますが、その多くの圃場では労働力を分散し、適正配分を図るためにてん菜が作付けされています。



たまねぎとてん菜圃場

4. 水田地帯でのてん菜生産

てん菜は湿害に弱い作物であるため、過湿条件は好みませんが、排水対策を実施している転作圃場では作付が可能です。

このためてん菜は水田地帯における転作作物の一つとして作付けされています。



てん菜作付水田転作圃場と水田

5. 酪農地帯でのてん菜生産

牧草地は概ね7～10年毎に更新されていますが、その際牧草→牧草ではなく、牧草→てん菜→牧草または牧草→デントコーン→てん菜→牧草の体系を取る事により、更新後の牧草収量が向上します。

このため酪農地帯でも、経営の安定化と牧草収量の向上を図るためにてん菜が作付けされています。



てん菜圃場と牛舎



デントコーンとてん菜圃場

6. おわりに

前述の通りてん菜は北海道全域で作付けされていますが、近年生産者の高齢化・労働力不足等により作付が減少しています。このため今後に向けては、省力化技術の開発と作業支援体制（育苗・定植・収穫作業等）の構築が重要です。



てん菜苗の育苗状況

新時代に向けたサトウキビの品種開発の方向 —サトウキビの特徴を最大限に活用した未来指向型の利用展開に向けて—

(独) 農業・食品産業技術総合研究機構 九州沖縄農業研究センター 作物開発・利用研究領域

上席研究員 寺内 方克

1. サトウキビの不良環境への適応

サトウキビはニューギニア島付近を起源とするイネ科の作物で、直径3センチ程度、長さ数メートルに達する茎を利用する作物である。元来は茎皮内側の柔組織を口中に含み、甘味を得た後には引き出す形で砂糖を摂取するフルーツ的な利用がなされてきたものであるが、搾汁液を煮詰めた砂糖(含蜜糖)への利用を経て現在は白糖(分蜜糖)生産を目的に栽培されている。

その元々のサトウキビ *Saccharum officinarum* (高貴種という) は気候温暖なパプアニューギニアやインドネシアに適しており、台風や干ばつ、寒さなどの厳しい地域での栽培には向かない。しかし、高貴種はインドネシアやインドなどに自生する野生種 *S. spontaneum* との自然交配を通じて低温や干ばつといった不良環境への適応性を獲得し、急速に栽培地域を拡大し、インド系在来種 *S. barbieri* や中国系在来種 *S. sinense* が成立したと考えられている。この際、在来種は糖分が低く纖維分が多いといった不良な特性をも合わせ持つこ

ととなった。

在来種はアレクサンダー大王の東征によってヨーロッパにも知られるようになり、大航海時代以降にニューギニア由来の高貴種が再発見されるまで広く栽培された。マレー半島やジャワ島に進出したヨーロッパ人が高貴種に出会うと、その糖分が多く製糖しやすい特性から、高貴種の栽培が比較的の環境条件の良い熱帯地域に拡大した。しかし、高貴種は低温、干ばつや強風などの不良環境に弱いばかりでなく、病気などにも弱いことから、抜本的に解決する方法が模索された。その解決方策として野生種との人為的な種間雑種が1800年代の後半から試みられるようになった。

種間雑種は糖分が低く纖維分が多いという特徴が現れることから、繰り返し高貴種との交配(戻し交雑)を行うことによって、1900年代初めには、野生種の良い点を残し、悪い点を排除して糖分の多い高貴種に近づけることに成功した。こうして干ばつや低温、強風などに耐え、病気や害虫に強くなるよう改良されたものが現在のサトウキビ品種へとつながっている。サトウキビの歴史は不良環境への適応行程といえる。

2. 新時代におけるサトウキビの役割

21世紀を迎え、世界は新たな局面を迎えることになった。人口爆発に対応した食料の確保、化石燃料の大量使用による地球温暖化、利用し易い石油資源の枯渇といった問題の顕在化である。新たに開拓できる農地の余地は小さくなり、食料増産には単位収量の向上が求められている。また、一方で良質水資源の確保等が困難になる中、不良環境での作物栽培が想定されるようになり、より不良環境に強い作物品種が必要とされている。さらには、再生可能エネルギーあるいはカーボンニュートラルなエネルギーとしてバイオマスが注

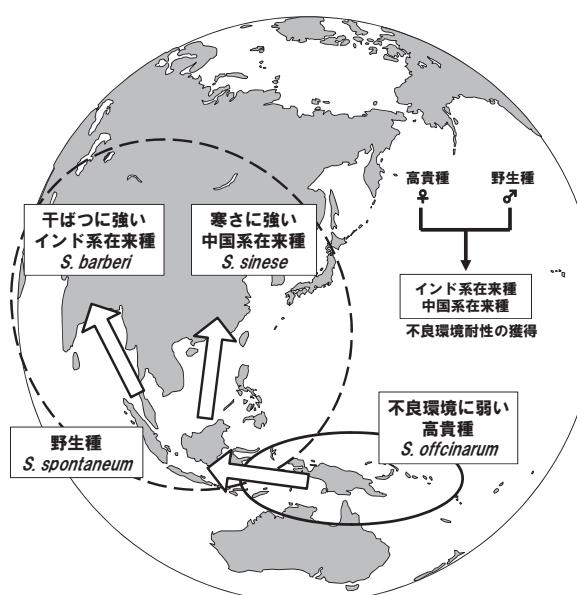


図1. 有史以前のサトウキビ世界の拡大

目されるようになり、ブラジルのバイオエタノール生産にみられるように、サトウキビにはエネルギー生産を担うことも求められている。

食料のみならずエネルギーを含めてサトウキビへの期待は大きいが、サトウキビは、①他の作物に比べて生産力が高い、②他の作物の生育しにくい瘠せた土壌でも生育する、③他の作物が枯死する干ばつに耐える、④他の作物が消滅するような強風に耐える、⑤潮風に耐える、⑥深刻な病気が少ない、⑦深刻な害虫被害が少ない、といったことに加え、⑧種間雑種や属間雑種の作出が可能で、育種による変異の作出が容易であること、⑨作出された雑種を栄養繁殖によって直接に栽培利用できること、といった利点を有している。ただし、どのような土壌でも育つとか、害する病害虫がないといったことではなく、他の作物と比較した度合いでみた場合である。

こうしたサトウキビの利点を最大限に利用することを想定し、国内のサトウキビ研究者で提唱しているのがサトウキビの多用途利用であり、実際に製糖用品種開発と並行して実施しているのが多用途向けの品種開発である。多用途利用とは、サトウキビから砂糖だけを生産するのではなく、副産物を含めて様々な利用法とそれに適した品種を提供しようとするもので、その用途には家畜飼料のほか、各種発酵原料や、エネルギー源としての燃料、高次生成物の材料等、様々な用途が想定される。その際の最も重要なポイントは、品種改良を核とする生産力と不良環境への適応性の強化である。既存農地での反収増加と、不良環境に拡大する農地での収量の安定的確保が課題であり、不良環境に比較的強いサトウキビは、場合によっては不良環境に弱い作物に圃場を譲り、より条件の厳しい地域での栽培が求められるようになることも想定される。

21世紀には、サトウキビの栽培地域はより乾いた地域へ、そして既存栽培地域では単なる反収の増大だけではなく、副産物利用も含めた食料・エネルギー利用がなされるようになると想定している。折しも、再生可能エネルギーの利用を促進することが議論されているところであり、これまでにない新たな視点で作る新しいタイプのサトウキ

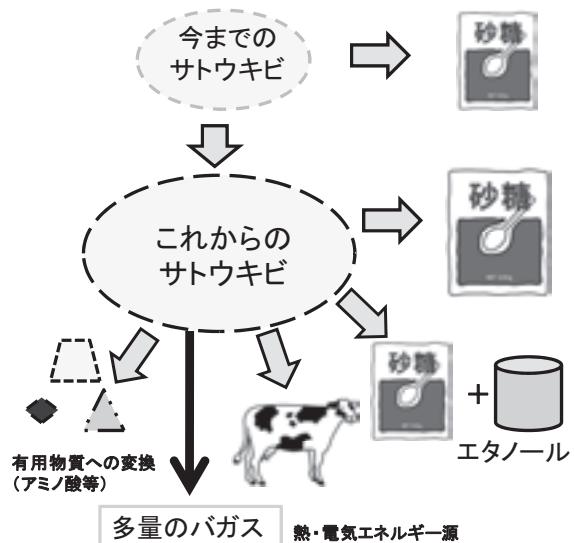


図2. 新しいサトウキビ展開のイメージ

ビ品種が求められている。

3. 国内での多用途利用の方向

(1) サトウキビ多用途利用の方向

国内の主要なサトウキビ産地は種子島以南の南西諸島である。この南西諸島には大小様々な島々が、東北 - 南西方向1000kmに点在している。そこには、火山灰や珊瑚由来の土壌など違った土壌が分布し、また、温度や降雨時期に違いがあり、水へのアクセスのしやすさの違い、あるいは、これら風土によって、そこで暮らす人々の生活習慣も異なっている。これらの島々では、今後ともサトウキビを基幹産業とみなす島、サトウキビと園芸との共存・共栄を図る島、サトウキビと畜産との連携強化を目指す島など、地域の実情に応じた地域振興の方向が模索されている。サトウキビの多用途利用は、こうした多様な島々に多様な選択肢を提供するねらいがある。以下の紹介はその一部である。

(2) バガスの増産・利用の可能性

サトウキビ栽培の目的はこれまでも、そして、これからも砂糖の生産であることは変わらない。しかし、今後の21世紀には、砂糖のみならず、様々な副産物を利用することで、農地からの生産物を最大限に有効活用することが求められる。

サトウキビの主要副産物の一つは搾りかすであるバガスである。現在、バガスの概ね9割は製糖行程で必要となる燃料として利用されており、圧

搾時のローラを回すエネルギー源や、濃縮の際の熱源、さらには各種機器を動かす電力源となっている。残るバガスは全体の約1割であるが、これは主として堆肥や家畜の敷料などに利用されており、最終的にサトウキビなどの栽培圃場に還元されている。

このバガスを高度に利用することで、環境やエネルギー問題に貢献しようという幾多の提案が寄せられることがある。バガスから液体燃料やプラスチック原料が生産されることは良いことであるが、一方では、生産力を維持するための堆肥の確保や家畜の敷料には代替措置が必要となる。すでにバガスに依存した生産システムが構築されている地域では、既存ユーザーに配慮しないバガス利用構想は地域に混乱をもたらすことになる。

このため、バガスの有効利用の促進には、①工場での燃焼量を減らす、②発生するバガスを増やす、の少なくともいずれかが不可欠となる。このうち②は品種改良によって対応できる。

サトウキビには12%程度の纖維分が含まれており、これがバガスとなる。バガスを増やすには、この纖維分の含有率を高めれば良いことになる。例えば、纖維分を15%まで高めた場合、12%時のバガス生成量の1.25倍のバガスが発生する。燃焼を利用するバガス量が変化しないならば、バガスの残量は従来の0.1から0.35へと3.5倍に増えることになる。このようにして残量を増やすことができれば、従来からのユーザーも利用しつつ新たなバガス利用を想定できる。

纖維分の増大には原料生産面での副次的な効果も期待できる。一般論であるが、纖維分の増大は折れや割れ、害虫による食害等への抵抗性の強化につながる。折れに対する抵抗性の強化は、台風常襲地帯の南西諸島のサトウキビ品種開発には不可欠な要素となっている。台風による風折の低減、ケーンハーベスタ収穫時の梢頭部の折れによるロスおよび地際の割れによるロスの低減、さらには、割れによる不萌芽の低減に役立つ可能性がある。特に、ケーンハーベスタ収穫を前提とする今後のサトウキビ栽培では、耐倒伏性の強化が課題であるが、単なる耐倒伏性の強化は台風時の折損被害を助長することから、耐倒伏性の強化とと

もに、風折抵抗性の強化が必要とされている。風折抵抗性の強化には、ある程度の纖維分の増大は不可避と考えているところであり、いずれにしても、今後の品種開発では、少なからず纖維分が増大する方向とならざるを得ないと考えられる。

しかしながら、バガスを増やすことには極めて深刻な副作用が伴う。バガスには糖分が残留し、国内の製糖工場では原料中に含まれるショ糖分の4~5%を回収できずにバガスの中に失っている。仮に12%の纖維分を15%と1.25倍にすると、バガスに奪われる砂糖も1.25倍となり、製糖時の砂糖回収率はその分だけ低下することになる。安価なエネルギー源としてのバガスは大量に生成されてくる一方で、主産物で取引価格の高い砂糖がわずかではあるが減産となることは、製糖産業にとって大きな問題となることが必定である。このため、こうした形でのバガス利用の促進には、行政からの何らかの支援策が欠かせないと考えられる。

(3) 高バイオマス量サトウキビ

高バイオマス量サトウキビとは、株出し能力を強化しつつ单位収量を大幅に増やし、低コストでの増産を可能とする品種系統群のこと、雑種強勢によって生育や株出し能力が高まることを応用している。種間雑種では、通常、低糖度で高纖維分の系統しか得られないため、従来、これらの系統には育種材料としての価値のみが認められてきた。多用途利用では、こうした系統群に適切な用途を与えることで、品種としての利用価値を見出すことを目論んでいる。飼料用サトウキビは、特にバイオマス生産力が高く家畜飼料の適性を有す



開発中の高バイオマス量系統

製糖用品種NiF8

写真1. 高バイオマス量サトウキビ
種子島での春植え

るものに飼料としての用途を与えたもので、高バイオマス量サトウキビの一つの利用形態となっている。

(4) 食料生産と競合しないエネルギー供給

農研機構九州沖縄農業研究センターとアサヒビル（現・アサヒグループホールディングス）豊かさ創造研究所では、従来と同等の砂糖生産を維持しつつバイオエタノールを増産できる「砂糖・エタノール複合生産プロセス（伊江島方式）」の開発に取り組んでいる。伊江島方式は、生産性を飛躍的に高めた高バイオマス量サトウキビ品種とそれを有効に活用する製糖・エタノール生産プロセスが一体となったビジネスモデルで、食料である砂糖の生産とエネルギー生産を両立させることを可能とする。伊江島に設置した研究プラントにおいて実証研究を行ったことから、伊江島方式と呼んでいる。

伊江島方式には、砂糖の含有率は劣るものの糖分の生産量を1.5倍程度に増やし、また、纖維分を強化した品種が必要となる。この条件を満たす高バイオマス量サトウキビ品種「KY01-2044」は、伊江島の様な環境条件において、既存品種の1.5倍以上の収量と1.5倍程度の糖質収量、約15%の纖維分、そして持続的な株出し栽培を実現できると想定されている。

伊江島方式の生産プロセスの特徴は、①原料品質は低いが生産量の多い高バイオマス量サトウキビ品種を用いること、②製糖の際の砂糖の結晶化行程を従来の3回から1回に減らすこと、③副産物である糖蜜が大量に得られること、④その糖蜜は3回結晶化後のものに比して発酵適性が高く、高効率でエタノール発酵を行えること、⑤大量の糖蜜からは低コストでエタノールを製造できること、⑥これらのすべての行程を高バイオマス量サトウキビのバガスから得られるエネルギーで自給できること、そして、⑦砂糖の回収率は低下するものの生産される原料が増えることによって砂糖の生産量を維持できること、を特徴とする。これによって、食料と競合しないエネルギー生産を可能とする製造プロセスである。詳しくは別稿の砂糖・エタノール複合生産プロセスに関する記事をご覧いただきたい。

(4) 家畜飼料としてのサトウキビ

梢頭部利用：サトウキビの収穫時に不要となる茎上部の緑葉と葉鞘、若い茎で構成される部分は梢頭部、あるいはキビトップと呼ばれている。この梢頭部は、牛などの反芻家畜の嗜好性が良く、南西諸島のほとんどの島では、牧草の生育が停滞する冬季の家畜飼料として利用してきた。

しかし、近年は、梢頭部の飼料として利用されないケースが増えて来ている。従来は、手刈りによって梢頭部が選別され、容易に入手することが可能であったが、近年のケーンハーベスターの普及によって、梢頭部が回収されずに収穫残さとして圃場に残されるケースが増えている。工場へ搬入される製糖原料への梢頭部混入を防ぐため、種子島では、現在もハーベスター収穫前に人力による梢頭部回収が行われている。しかし、過酷な労働となる梢頭部回収作業は敬遠され、最近では、梢頭部を回収せずにハーベスター収穫を行い、その後に混入物を除く精製脱葉施設を導入する方向が主流となっている。この方式では、梢頭部のうち青葉部分は収穫時に圃場に残され、茎との機械的仕分けが困難な葉鞘部と未熟な茎が精製脱葉施設で選別される。選別された葉鞘部と未熟な茎は家畜飼料として利用されているが、その回収量は、利用可能な梢頭部に比して大きく低下している。

梢頭部回収機：こうした梢頭部利用の促進を図ることができる機械として南大東島で開発され、その後改良が重ねられている梢頭部回収機がある。この機械はサトウキビ圃場から梢頭部だけをカットして回収する機械で、家畜飼料を確保しつつ、製糖原料への梢頭部等のゴミ（トラッシュ）混入を減らし、製糖の効率を高める機械である。畜産・製糖の両面で効果のある機械であるが、梢頭部の回収に要するコストと、サトウキビの生育状況が作業性に大きく影響するため、普及が進んでいないのが現状である。今後、さらなる改良が進み、広く普及することを期待している。

飼料用サトウキビ：飼料用サトウキビは、家畜飼料に特化したサトウキビ品種で、サトウキビ梢頭部の嗜好性がよいことにヒントを得て、高バイオマス量サトウキビ開発の中から育成されたものである。その特徴として、①台風に強い、②干ば

つに強い、③痩せ地でも生産できる、④永年性で数年にわたり収穫できる、⑤嗜好性が良い、⑥収穫適期が長く刈り遅れがない、そして、⑦収量が高い、といった利点を備えている。耕地面積の限られた島で、安定的に飼料増産を可能とする飼料作物としての期待を受けている。詳しくは別稿で紹介されているので参照頂きたい。

4. 多用途利用を目指した品種改良

(1) 種間雑種のカスケード利用

種間雑種の利用は1800年代に実施されており、必ずしも新しい手法ではない。しかし、砂糖の生産のみを前提として品種改良ではない点で当時とは決定的に異なっている。最終的に製糖用品種の改良を目指すことは同じであるが、製糖品種に至る過程で得られる中間系統を用途に応じて使い分ける点が新たなポイントである。

製糖用サトウキビとサトウキビの野生種を交配すると、通常、極めて生育旺盛な雑種系統が得られるが、高纖維分で低糖度となる。これを再度製糖用品種と交配すると、糖度は高くなり、纖維分は低くなるが、バイオマス生産力も劣る傾向にある。これを繰り返し、最終的にはより多収で糖度が高く低纖維分の製糖用品種開発を目指すことになる。この工程で得られる各種系統を多用途に利用するのがサトウキビ育種におけるカスケード利用である（図3）。雑種初期のF1世代（雑種第一代）やBC1世代（戻し交雑第一代）からは旺盛な

生育と株の再生力を活かして家畜飼料を生産する飼料用サトウキビを得ることができる。また、BC1、BC2（戻し交雑第二代）からは、比較的旺盛な生育をしつつも糖質の生産力が改善されている点を活用し、糖質系のバイオマスを活用する伊江島方式などの新たな生産体系に向けた高バイオマス量サトウキビを得ることができる。そして、BC2以降の世代では、現在の製糖産業に貢献できる品種を開発することができる。

こうした新たな品種群を育成するには、新たな育種目標が必要とされている。飼料用サトウキビには高い収量性だけではなく、株の再生、持続力が必要なほか、家畜飼料としての栄養と安全性の面からの品質確保が重要であり、高い乾物率やより高いタンパク含量などが求められる。伊江島方式には、一定程度のショ糖の含有率が必要であり、さらには、エタノール製造のエネルギーを貯うためのバガス燃料確保のために適度に高い纖維分が求められる。製糖品種にはより高い収量の他、耐病性や、乾燥や低温、不良土壌などの不良環境への適応性の向上が期待されており、こうしたねらいに沿った品種開発を実施する必要がある。

(2) 品種改良の新たな試み

サトウキビは高次倍数性作物で、一つの細胞に100本以上の染色体があり、極めて複雑な遺伝様式をとる。このため、サトウキビの品種改良に利用されている遺伝学的な知見は少ないので現状となっている。この問題を解決するために、新時代に見合った新技術の利用を見込んでいる。農研機構との共同研究の中でトヨタ自動車FP部が開発した効率の良いサトウキビ遺伝子解析技術は、将来的に遺伝子の構成によって育成途上のサトウキビ系統能力（生産力や耐病性など）を知ることを可能とすると考えられている。これは、交配を含めて10年以上必要とするサトウキビの品種開発期間を大幅に短縮できる可能性を秘めており、また、良い系統を選び、不良な系統を淘汰する品種開発の効率を大幅に改善できる可能性もある。より良い品種をより早く育成できる、こうした新たな品種開発技術が完成できることを期待している。

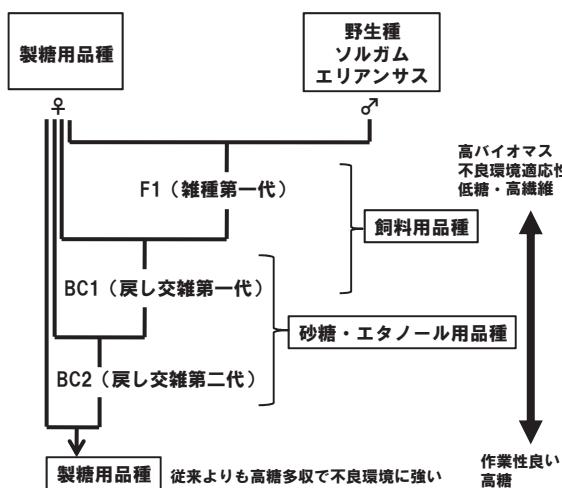


図3. 種間雑種のカスケード利用のイメージ

九州・四国等の本土向けサトウキビ品種「黒海道（くろかいどう）」 —黒糖製品を中心とした6次産業化に向けて—

(独) 農業・食品産業技術総合研究機構 九州沖縄農業研究センター 作物開発・利用研究領域
上席研究員 寺内方克

日本本土のサトウキビ栽培の歴史は江戸時代に遡り、太平洋岸の比較的温暖な地域で広く製糖が行われていた。そうした歴史の名残として、現在も讃岐・阿波の和三盆や福岡県朝倉市の三奈木砂糖といった伝統の特産黒糖が存在している。こうした本土地域では冬季に霜が降りることから、サトウキビは糖分上昇が不十分なまま11月～12月に収穫されている。さらに、本土で栽培されている品種の多くは「在来品種」と呼ばれるもので、糖度の高い高品質原料生産が難しく、黒糖製造の妨げとなっている。

「黒海道」(出願第25823号)は、これまでの既存サトウキビ品種を越える早期高糖性(糖分上昇が早く高い糖度に達する特性)を有し、11～12月収穫が必要な本土においても高品質黒糖の製造の目安に達する(図1)。やや細茎で茎数の多い茎数型品種で、葉焼け病やさび病には抵抗性であるが黒穂病に罹病する。収穫後の萌芽が良好で、株出しでの砂糖生産量は「NiF8」を上回る。

我が国を代表する品種「NiF8」と「Ni9」を両親

とし、徳之島での選抜を経て旧系統名「KY96T-547」として育成されてきた品種である。黒糖の「黒」をイメージしつつ、南の島から黒潮にのせて本土に届けたいとの思いを込め「黒海道」と命名した。サトウキビの品種名には国際的な慣例により「Ni+農林認定番号」(Ni=Nippon、例: Ni27)が用いられているが、例外的に地域特産品製造にふさわしい名称を与えることとした。

「黒海道」は、「本場の本物」認定を取得して高品質な黒糖製造に取り組む種子島や、九州各地での特産黒糖に利用されることを期待している。四国では、黒糖およびラム酒製造に取り組む高知県黒潮町などでの栽培が期待される外、和三盆地への普及が期待される。こうした地域において、地域ブランドとしての黒糖と、これを用いた菓子類を中心とした加工産業の発達によって地域活力が増すとともに、地域産品の多様化を通じて国民生活の豊かさ向上につながることを期待する。

(注) 本品種は農林水産省委託プロジェクト研究「低コストで質の良い加工・業務用農産物の安定供給技術の開発」により育成した。



写真1. 収穫期の「黒海道」(左) 右は品種「NiF8」

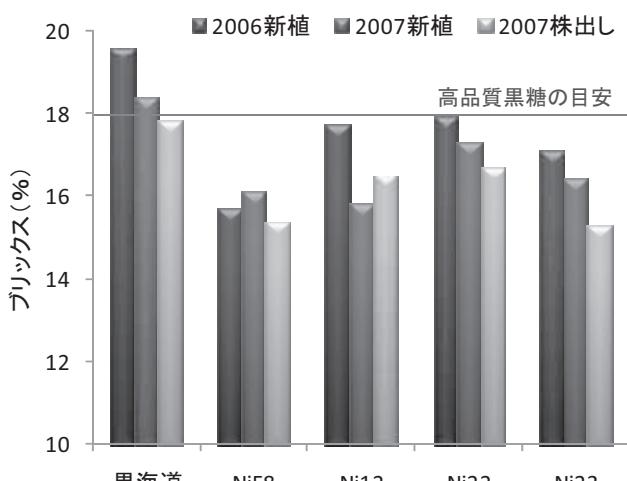


図1. 熊本県合志市における栽培試験での品質

鹿児島県におけるさとうきびの主な品種と課題

鹿児島県農業開発総合センター徳之島支場 作物研究室長 小牧 有三

1. はじめに

さとうきびはごく一部黒糖製造に使われますが、ほとんどは砂糖の原料（分蜜糖）として利用され、現在鹿児島県で分蜜糖工場があるのは、図1に示した熊毛地域の種子島および奄美地域の奄美大島、喜界島、徳之島、沖永良部島、与論島です。

奄美地域には、さとうきびに注目した薩摩藩が1600年代末に琉球から製糖業を導入しました。1800年代には種子島など藩内の他地域にも製糖技術やさとうきび生産を広げていき、さとうきびが藩の財政を支えていくことになります。薩摩藩が明治維新の中心として活躍できたのは奄美地域のさとうきびによるところが大きいといわれています⁴⁾。

2. 鹿児島県における普及品種の変遷

さて、鹿児島県に最初に導入された育成品種は、1892年に沖縄から奄美地域に導入された「読谷山」でした¹⁾。「読谷山」は沖縄在来種の芽条変異か

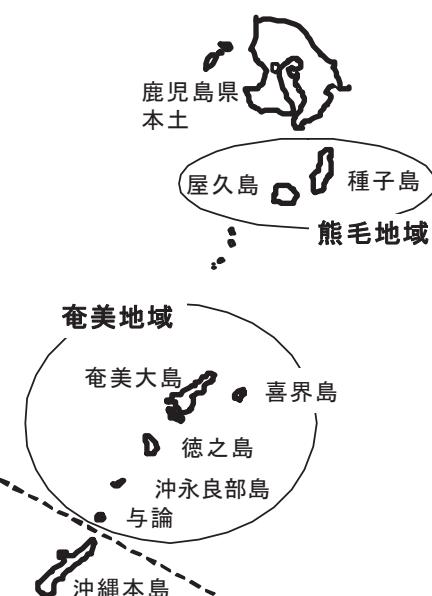


図1 熊毛および奄美地域の位置

ら選抜された自然災害や病害虫に対する抵抗性が強く、土壤適応性が高い品種でした⁵⁾。1923年には品種試験によって、奄美に適する優良品種と認められています¹⁾。

その後、1929年に「POJ2725」が奄美地域の奨励品種に採用され普及していきます。この品種は収量、品質、製糖特性などが優れていたため⁵⁾、奄美地域の作付面積の90%以上を占めるまでになりました¹⁾。

そして台風・干ばつ等の自然災害に対する抵抗性が著しく強く、分けづ力が旺盛で株出し能力に優れている「NCo310」が⁵⁾、1959年に熊毛地域で、1961年には奄美地域で奨励品種に採用され、鹿児島県の品種は「NCo310」という時期がしばらく続きました。しかし、1980年代に黄さび病発生による品質低下と黒穂病の発生の拡大により新しい品種が求められるようになりました。

「NCo310」に代わって普及したのが、黒穂病や葉の病害に強く、早期高糖で現在でも主力品種である「NiF8」で、1990年に奨励品種に採用となりました。さとうきびの取引は基準以上の品質（ブリックス19%以上）であれば単価は変わらない重量取引制度から、1994年に甘蔗糖度により単価を決定する品質取引制度に移行しましたが、この品種の普及により生産力・品質の向上が図られたた

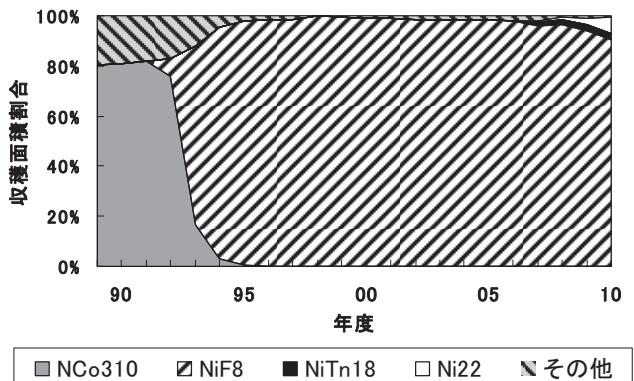


図2 種子島の品種別収穫面積割合の推移

め、大きな問題もなく移行することができました。特に種子島における品質向上の効果は目を見張るものがありました。

更にマルチを用いる種子島では安定した株出し萌芽性も示し、新植、株出し栽培とも多収で安定していたことから1994年以降2010年まで15年以上収穫面積の90%を越える作付けとなっています(図2)²⁾。

一方、奄美地域ではハリガネムシによる被害の拡大の他、「NiF8」および同時期に奨励品種に採用した「F177」などの株出し萌芽性が「NCo310」に比べ劣ったことなどにより株出し回数が減少し、1980～1990年頃までは6,000ha前後(収穫面積の65%前後)で推移してきた株出し栽培の収穫面積が、その後急激に減少し1996年には4,000haを下回り、それ以降2006年までは収穫面積に対する株出し栽培面積の割合は50%台前半で推移しました。これに伴い、収穫面積も9,000ha前後から約7,000haまで減少しました(図3)。このため、安定した株出し栽培が可能な品種が求められるようになりました。

これに対応するため株出し萌芽性が優れる品種の選定を進めた結果、2001年の「Ni17」以降、株出し萌芽性の優れた「NiTn18」、「Ni22」、「Ni23」

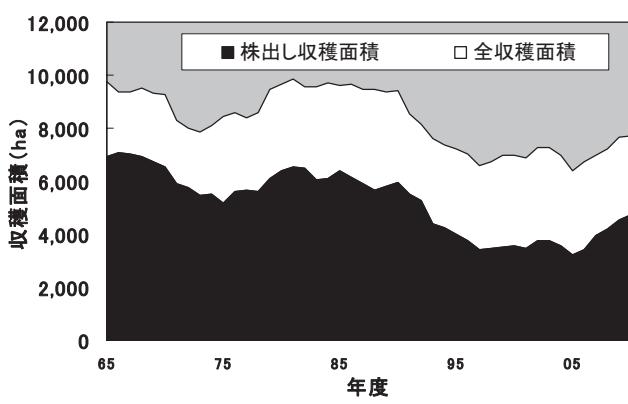


図3 奄美地域の収穫面積の推移

表1 鹿児島県の奨励品種

品種名	旧系統名	交配組合せ	育成地	奨励品種採用年度	奨励品種採用地域
NiF8	KF81-11	CP57-614/F160	九州沖縄農業研究センター	1990年	熊毛・奄美
F177	-	58-267/59-2274	台湾糖業研究所	1992年	奄美
Ni17	RK91-1004	NiF8/RF79-247	沖縄県農業研究センター	2001年	奄美
NiTn18	KF92-93	KF81-39/ROC11	九州沖縄農業研究センター	2003年	熊毛(NiF8低収穫地域)
Ni22	KY96-189	KF89-66の自然受粉	九州沖縄農業研究センター	2005年	熊毛(早期収穫用)・奄美
Ni23	KY96T-537	NiF8/Ni9	九州沖縄農業研究センター	2005年	奄美

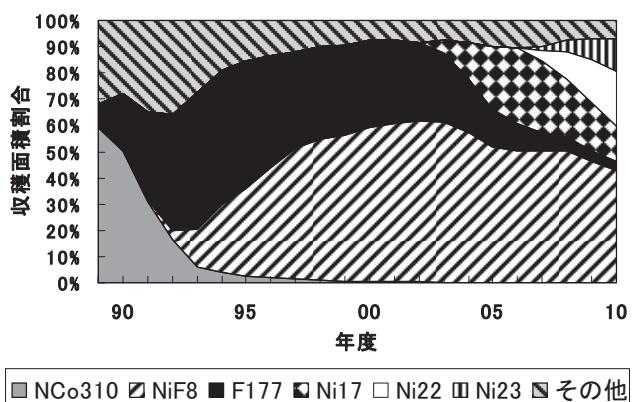


図4 奄美地域の品種別収穫面積割合の推移

を奨励品種に採用しています。奄美地域では、「Ni17」、「Ni22」、「Ni23」の3品種で2010年度収穫面積の47%となっています(図4)。

また、近年製糖終了を早めて早期の株出し管理、春植え栽培の適期植え付けを推進し、生産量の安定確保を図るため、「NiF8」より更に早く収穫できる早期高糖性品種に対する要望が高まり、これに対応した品種として「Ni22」を2005年に奨励品種に採用しています。この品種の採用により2010年度は種子島では11月下旬から、徳之島でも12月初めから製糖を開始することができました。

3. 鹿児島県の奨励品種の特性と課題

本県の現在の奨励品種を表1に示し、これらの特性³⁾と課題を以下に整理してみました。鹿児島県業開発総合センター熊毛支場および徳之島支場での奨励品種決定調査における成績をそれぞれ表2、表3に示しております。

(1) NiF8 (農林8号)

「NiF8」は九州沖縄農業研究センター(以下、九沖農研)で育成され、1990年に種子島および奄美地域を対象に奨励品種に採用しました。

「NiF8」の特徴は前述しましたように、黒穂病

や葉の病気に強く、早期高糖で安定して多収となることです。また、「NCo310」と比較して茎が太くて一茎重が重く、脱葉しやすいため収穫時の脱葉作業が容易で、奨励品種採用時はほとんど人力収穫だったことから作業時間の短縮にも繋がり、急速に普及したものと推察されます。その他、倒伏しにくいことや風折抵抗性が強く台風などによる折損が少ないことも長所としてあげられます。

栽培上の注意点としては、①3月以降は側芽が発生しやすいため、年内から2月頃までに収穫することが望ましい、②干ばつ抵抗性が十分ではないため、干ばつ被害常発地帯での栽培は避ける、③肥沃地での適応性が高いので、地力向上に努める、④奄美地域では分けつがやや少ないため、株間20cm程度の密植にすると増収することなどがあげられます。

「NiF8」は特に種子島で能力を發揮する品種で、収穫面積の90%を越えて栽培されてきました。しかし、製糖期間の早進化が進む中、11~12月の糖度の上昇が年次により不安定な「NiF8」は、この期間の糖度が買取り基準糖度に達しないことがあります。そこで安定して更に早く糖度が上がる品種との組合せが求められています。

(2) F177

「F177」は台湾糖業研究所で育成された品種で、1988年に沖縄県を経由して導入され、「K-1」の通称で栽培されており、1992年に奨励品種に採用しました。

「F177」の特徴は、「NiF8」より更に太い中太茎で一茎重が重く、収穫後期に糖度が上昇する晩熟であることです。新植栽培の発芽は良いですが、株出し萌芽性が劣るため株出し栽培では収量が劣

表2 奨励品種の熊毛地域での収穫調査成績
(鹿児島県農業開発総合センター熊毛支場)

品種名	栽培型	原料			ブリックス (%)
		茎長 (cm)	茎径 (cm)	茎数 (本/a)	
NiF8	春植え	225	2.3	916	17.7
	株出し	227	2.3	1027	17.9
NiTn18	春植え	250	2.2	986	18.1
	株出し	263	2.1	1127	18.2
Ni22	春植え	233	2.2	870	18.8
	株出し	246	2.0	1025	19.8

注) 2006~2010年の5年間の平均値。

株出しあは春植え株出し1回目の成績。

ります。その他、葉の病害には強いですが、黒穂病には弱いので注意が必要です。台風等による折損がやすいため、干ばつ抵抗性が十分でないことなども短所としてあげられます。

この品種は梢頭部が大きいため、梢頭部を牛の餌として利用するため栽培する例が多く見られました。現在では他の奨励品種と比較して糖度が低いため、収穫面積も2010年で240ha(全収穫面積の約3%)と大幅に減少してきているところです。

(3) Ni17(農林17号)

「Ni17」は沖縄県農業研究センター(以下、沖縄農研センター)で育成され、2001年に奄美地域を対象として奨励品種に採用しました。この品種は系統選抜中に新植栽培での試験で一度打ち切られましたが、打ち切り後徳之島支場で株出し萌芽性の調査を行ったところ、株出し栽培での萌芽が特に優れていたため復活させて供試し、株出し特性が優れていることが認められたため奨励品種に採用しました。

「Ni17」の特徴は、原料茎径が太い中太茎で、株出し萌芽が良く、株出し栽培で多収となることです。また、収穫後期になると「NiF8」に比べて高糖となるため、早期高糖品種と組み合わせて利用することができます。その他、風折抵抗性および耐倒伏性が強いことも特徴です。

表3 奨励品種の奄美地域での収穫調査成績
(鹿児島県農業開発総合センター徳之島支場)

品種名	栽培型	原料			ブリックス (%)
		茎長 (cm)	茎径 (cm)	茎数 (本/a)	
NiF8	春植え	199	2.4	832	6.9
	株出し	212	2.3	839	7.2
	夏植え	281	2.4	911	13.2
F177	春植え	171	2.4	879	7.0
	株出し	191	2.5	714	6.7
	夏植え	251	2.4	925	11.5
Ni17	春植え	178	2.5	718	6.1
	株出し	192	2.4	792	7.0
	夏植え	248	2.3	699	8.4
Ni22	春植え	211	2.1	1071	7.6
	株出し	246	2.1	928	8.1
	夏植え	292	2.1	1112	13.0
Ni23	春植え	213	2.3	1024	8.4
	株出し	263	2.3	946	10.3
	夏植え	306	2.2	1126	14.0

注) 2006~2010年の5年間の平均値。

株出しあは春植え株出し1回目の成績。

短所としては、①新植時の茎数不足、②干ばつ時に生育が抑制されること、③黒穂病に弱いこと、④夏植え栽培の収量性が低いことなどがあります。

栽培状の注意点としては、①夏植え栽培の収量性が低いことから「春植え+株出し体系」が望ましい、②春植え栽培の茎数確保のため早めに（2～3月）に植え付け栽植密度はやや密植にすることなどです。

「Ni17」は干ばつに弱いことから、2010年度実績で奄美地域全体では収穫面積の14%程度まで減っていますが、干ばつの少ない奄美大島では株出し萌芽が良いこともあり40%近く栽培されています。また、出穂がなく、梢頭部が多いため、これを牛の餌として利用するために栽培している農家もみられます。

(4) NiTn18（農林18号）

「NiTn18」は九沖農研で育成され、2003年に種子島を対象に奨励品種として採用しました。

「NiTn18」の特徴は発芽、萌芽が優れ、初期生育が旺盛で、春植え、株出し栽培とも安定して多収となることです。種子島は植え付けおよび株出し管理時期の気温が低いため、安定した発芽、萌芽を確保するには植え付けおよび株出し管理の際はマルチ被覆が必要ですが、「NiTn18」は低温での萌芽性が「NiF8」より優れるため、作業の都合等によりやむなく無マルチで株出し栽培を行う場合はこの品種を利用することで減収が軽減されます。短所としては、①伸びすぎて倒伏すること、②黒穂病に弱いこと、③脱葉しにくいことなどがあります。

「NiTn18」の収穫面積は、種子島の生産実績の2%程度（2010年）ですが、発芽、萌芽が良いことから「NiF8」が植え付けられているほ場でハーベスター等の機械が出入りする部分などに欠株を少なくする目的で利用されています。実際の栽培面積は公表値より多いものと思われます。

(5) Ni22（農林22号）

「Ni22」は九沖農研で育成され、2005年に種子島および奄美地域を対象として奨励品種に採用しました。

「Ni22」は糖度の上昇が早いのが特徴で、糖度

の上昇が遅い種子島でも11月中の収穫が可能な品種です。この品種はやや細茎ですが、発芽、萌芽が良く、初期生育が旺盛で、分けつ性に優れます。その他の特性としては、台風等による折損が少ないことがあります。

種子島では、「Ni22」は「NiF8」より茎長が長くなりますが、茎径が細いため収量は春植え栽培ではやや劣り、株出し栽培では同程度となります。しかし、糖度が高いので、糖収量では同等以上となり、特に早期収穫でその特性が発揮されます。

一方、奄美地域では「NiF8」と比べ、茎径は細いものの茎長が長く、茎数も多いため、春植えおよび株出し栽培では1割以上の多収となります。夏植え栽培では枯死茎の多発などがみられるため、「NiF8」と同程度の収量です。

「Ni22」は茎数が多く、茎が細いため、人力収穫には向きませんので、ハーベスター収穫が効率的です。また、収穫時期後半に稚けつの発生がやや多く、ハーベスター収穫では原料茎と一緒に刈り取られることから品質を下げますので、できるだけ早期に収穫することが望されます。

奄美地域では「Ni22」は株出し萌芽性が優れ、高糖・多収であることから、2010年度の全収穫面積に対し20%を越える状況となっていました。これに伴い、纖維分が「NiF8」より2～3%高いことから製糖歩留まりへの影響を懸念する声も製糖工場から聞かれようになりました。また、この品種は株出し萌芽性が優れることから株出し回数が増える傾向にありますが、株出し回数が増えると茎径が更に細くなり、収量性が低下する事例があるようです。

(6) Ni23（農林23号）

「Ni23」は九沖農研で育成された品種で、2005年に奄美地域を対象として奨励品種に採用しました。この品種は鹿児島県農業開発総合センター徳之島支場（大島郡伊仙町）のほ場に実生から養成した苗を植え付けた中から選抜されました。

「Ni23」は「NiF8」とほぼ同程度の中茎で、発芽、萌芽が良く、茎の伸長性が優れるため、現在の奨励品種の中で最も収量性が高く、「NiF8」との早期高糖性を備えた品種です。また、干ばつ条件でも他の奨励品種より多収となり、干ばつの影

響を受けにくい品種です。比較的干ばつになりやすい徳之島支場のほ場で初期選抜を実施したこと、干ばつ抵抗性が選抜できたと考えています。

「Ni23」の短所は①風折抵抗性がやや弱い、②黒穂病抵抗性が弱である、③脱葉性が中～やや難であるなどです。また、気温が高くなると収穫茎の品質が劣化しやすいので、2月までに収穫し収穫後はできるだけ早く出荷することが必要です。

「Ni23」は徳之島の南部や与論島など干ばつ被害が発生しやすい地域で増えており、2010年の収穫面積に対して徳之島で約15%、与論島で約55%の割合となっています。しかし、この品種を奨励品種に採用してから、奄美地域に大きな台風が接近していないため、台風による折損被害が実際どの程度発生するか懸念されるところです。

4. 鹿児島県における奨励品種選定の方向性

これまで高品質多収の奨励品種を選定することで、地域で問題となっている課題に対応してきました。これによって生産性の向上および安定と、生産コストの低減により生産者の収益性を高めるとともに、製糖会社の経営および地域経済の安定にも寄与しています。しかし、更に解決しなければならない課題は多く、今後は以下のような目標で、新しい奨励品種を選定していきたいと考えています。

- (1) 早期株出し管理や適期植え付けを促す目的で製糖終了を早める条件を整えるため、11月中

に収穫可能な複数の早期高糖性品種の選定。

- (2) 株出し回数を増やし生産コスト低減を更に進め、株出し栽培面積割合を増やすため、株出し萌芽性がNi22より優れる品種の選定。
- (3) 生産の安定を図るため、黒穂病などの病害虫に強く、台風や干ばつなどの自然災害が多い南西諸島で適応性の高い品種の選定。
- (4) 生産コスト低減と生産の安定を図るため、ハーベスター収穫等の機械化栽培体系に適応性が高い品種の選定。

本県におけるさとうきび品種の選定は、九沖農研および沖縄農研センターと協力しながら進めてきました。今後更に連携を強めて、現場の要望に対応できる優れた品種の選定に努めていきたいと思います。

参考文献

- 1) 安庭誠著 歴史に学ぶ明日のさとうきび栽培技術 (独)農畜産業振興機構 2010年 p133-136.
- 2) 鹿児島県農政部農産園芸課編 平成22年産さとうきび及び甘しゃ糖生産実績 2011年 p43-50 p65-66.
- 3) (社)鹿児島県糖業振興協会編 さとうきび栽培指針 2010年 p5-10.
- 4) 麓純雄著 奄美の歴史入門 南方新社 2011年 p63-99.
- 5) 宮里清松著 サトウキビとその栽培 (社)沖縄県糖業振興協会 1986年 p43-59.

沖縄県における主な品種と課題

沖縄県農業研究センター 作物班 上席主任研究員 伊禮 信

1. はじめに

サトウキビは、沖縄県における基幹的作物であり、その生産と大きな経済波及効果、有機物の供給といったことをとおし、生産地域の社会維持に大きく貢献している作物である。そのような地位にあるサトウキビであるが、近年までに生産量は大きく減少してきた。極最近では、収穫面積、生産量とともに、やや持ち直したかのようにみえるが、依然として厳しい状況下にある^{1)、2)}。

沖縄県のサトウキビ作は、基本的に厳しい生産環境の中で行われており、台風の常襲や干ばつ害などの気象災害により、豊凶の年次間の変動が大きく、収量、糖度ともに低い事例が多い^{3)、4)}。一方、サトウキビを生産する各島々は、土壤や気温、水資源確保、機械化の進捗など、生産環境に加え、栽培事情も異なる。これらは、サトウキビ生産の振興や、品種開発上の戦略を考えるうえでの特殊性につながっている。即ち、総体として生産性向上には、自然・栽培環境の異なる各島々に向け、個別な観点から技術を適用していく必要があるということである。これに基づく育種戦略（生態育種）を基本として品種開発、品種の活用が進められている。

2. 主要な品種

沖縄県全体で見た場合の主要品種は、Ni15、NiF8、Ni17といった日本育成の品種である。しかしながら、前述の生産環境や栽培事情から、地域や島によって、主要な品種のみならず、作型も異なる（図1）。そのような状況にある中、いずれの地域においても、持続的な安定生産を実現することが、大きな課題となっている。

3. サトウキビ作が抱える課題

近年までにサトウキビ生産量が減少してきた背景には、生産者の高齢化、収益性の低さ、収穫作業に代表される労働強度の高さによる他作物への転換や離農等が要因としてあげられる。これら背景を踏まえたうえで、持続的な安定生産に向け、現状抱えている課題を考える必要がある。

サトウキビの収穫および製糖は、冬から春にかけて行われる。沖縄県における収穫、製糖の期間は、収量や生産量が不安定なことから鹿児島県に比べて短く、県平均で73日間である^{4)、5)}。収穫面積や収穫量、収穫時の糖度、製糖工場の操業効率といった面から収穫、製糖期間が決められるが、短い収穫期間は、生産における労働の大部分を占める収穫作業もこの時期に集中するという結

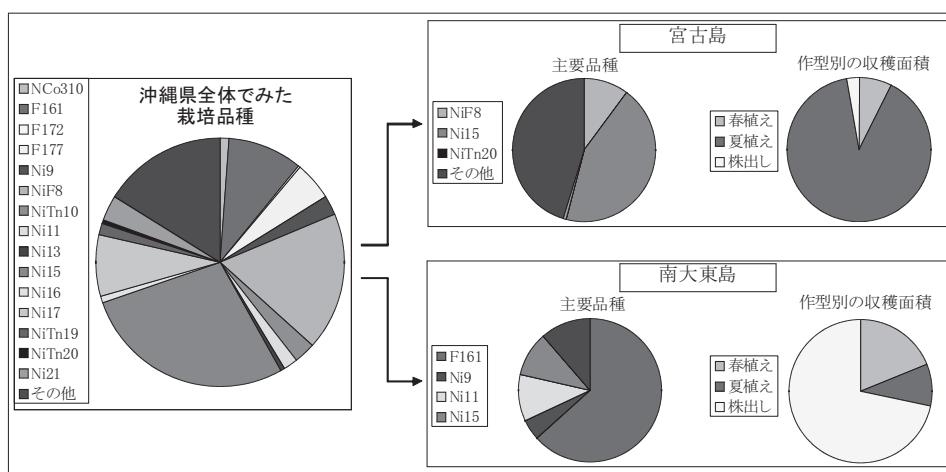


図1 沖縄県全体でみた栽培品種と島々によって異なる品種と作型の事例

果も生んでいる。近年、収穫機械の普及が進み、大幅な省力化が図られつつあるが、島々によって事情は異なり、収穫作業が他の農作業と競合すること、他作目との連携の選択肢が狭いこと等、依然として問題が多い。

沖縄県のサトウキビ作は、台風や干ばつに代表される厳しい栽培環境から、夏に新植して1年半で収穫する夏植えが多い。特に先島地域においてこの傾向が顕著であるが、生産統計上は株出しの多い沖縄本島地域においても、保水性の弱い土壌である島尻マージの地域や周辺の離島では、前述の問題から夏植えが多く、株出しせずに終わる例も多い。これら地域における夏植えは、生産・栽培上の苦肉の策ではあるが、2年1作であること、高コストであること等、生産振興上、多くの問題を抱えている。

このような状況の中、不安定な生産の改善に向け、関係機関をあげた取り組みにより、1年1作への移行と作柄の充実が進められているところである。しかしながら、1年作の作柄は依然として不安定であり、短かく集中した収穫期間の影響も受け、次作に向けた栽培管理等も揃っているとは言えない状況にある。さらに、サトウキビの作型の中で最も低コストで省力的な作型である株出しは、依然として不安定であり、生産量全体に影響を与えるばかりでなく、頻繁な圃場や種苗の更新をとおし、生産者の負担を大きくしている¹⁾。

このような背景から、沖縄県のサトウキビ作の持続的な発展のためには、株出しも含めた収量の高位安定とともに、集中している労働力の分散、機械稼働率の改善によるさらなる省力化、容易に他作物栽培との連携を可能にすることによる収益性の向上が必要である。

3. 沖縄県農業研究センターの育種

1) 育種の戦略、目標、取り組みの体制

沖縄県農業研究センターでは、生態育種の戦略のもと、それぞれの島や地域にあった品種の育成を進めている。前述の課題解決に向け、収量の高位安定、省力化、高収益化をキーワードに据え、株出し

を含めた多収、収穫の早期化にも対応できる早期高糖性、既存品種以上の気象災害への抵抗性を主な育種目標とし、新品種を開発している。それぞれの地域にあった品種を開発し、また、いつどこで起こるかわからない気象災害への抵抗性を確実に評価するために、育種の中盤以降、鹿児島県も含めた多くの島々の関係機関に協力いただいて現地試験を展開し、育種を行っているところである。

2) 近年育成の品種と沖縄県のサトウキビ作への寄与

戦略に基づいて育成した品種のサトウキビ生産への寄与について、久米島における例をあげる。

同地は、台湾から導入した「F177」が寡占する状態で生産が行われてきた。「F177」は優良な特性を持つ一方、台風による折損が多い、糖度の上昇が遅い等の特徴も持つ。单一品種の栽培に偏重していたこともあり、同地の生産は、台風襲来の年に特に低調であった。その解決に向けて育成した「Ni17」、「Ni21」は、同地域の生産量や糖度の向上に寄与している（表1）。現在、同地域では、より安定した株出し、早期収穫にも対応可能な早期高糖性を念頭に、さらなる選抜試験が行われているところである。他の地域においても、それぞれの地域に向けた、選抜試験が進んでいるところであり、できるだけ早く、久米島のような成果につながるを期待したい。

3) 新品種を契機とした収穫や工場操業の変化

新品種の育成およびそれに関連した地域的な取り組みが、サトウキビの収穫や工場操業に変化をもたらす契機となることについて、南大東島の例をあげる。

同地の生産環境は、本県で最も特殊と言える。強酸性で保水性の弱い土壌が分布し、県内では最も年間の降水量が少なく、日射量が多く、台風の接近数が多い。これまで、台湾から導入し、同地

表1 久米島で活躍する育成品種（生産性向上への寄与）

年期	品種名	面積 (ha)	比率 (%)	生産量 (t)	単収 (t/10a)	甘蔗糖度 (%)	糖量 (kg/10a)	同左 対F177比(%)
平成 2007/2008	F177	140	15.7	7018	5.02	12.7	639	100
	Ni17	468	52.4	23155	4.95	13.4	665	104
	Ni21	192	21.5	12397	6.47	13.0	842	132
	その他	233	26.1	11787	5.02	13.3	682	107
	合計	893	100.0	47339	-	-	-	-
	平均	-	-	-	5.48	13.3	730	114

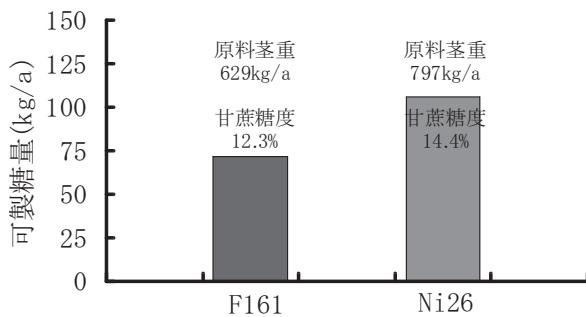


図2. 「Ni26」の12月収穫後-12月収穫

注)南大東島で行った奨励品種決定調査現地適応性検定試験の結果による。2005年と2006年の平均である。

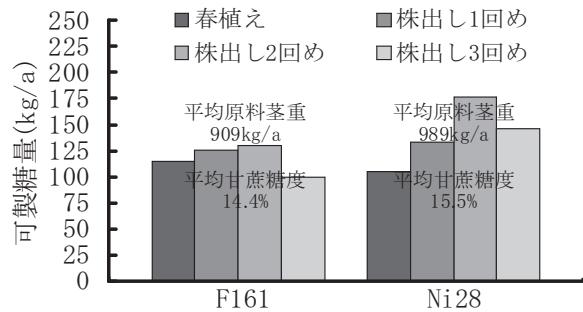


図3 「Ni28」の慣行の収穫時期における他回株出し

注)南大東島で行った奨励品種決定調査現地適応性検定試験の結果による。春植えは2005~2008年、株出し1回めは2006~2008年、株出し2回めは2007~2008年、いずれも平均である。株出し3回めは2007年の結果である。

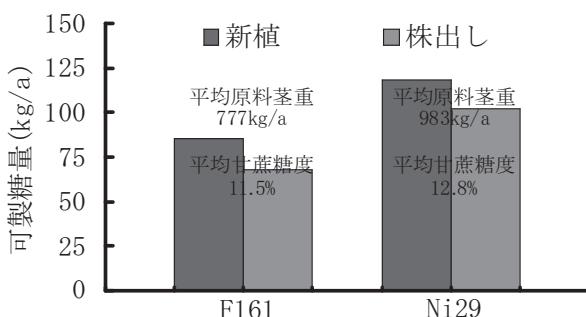


図4 「Ni29」の夏植え型1年栽培による11月収穫

注)南大東島で行った奨励品種決定調査現地適応性検定試験の結果による。新植は2006~2008年、株出しは2007~2008年、いずれも平均である。

域での生産に適する「F161」のみに頼るような状態が長く続いていた。その一方、特殊な同地に適用可能な品種を模索するような状況も続いている。状況の打開に向け、現地機関との強力な連携・協力により、早期高糖で、それぞれに特徴の異なる3品種を育成した。これら品種の育成とその活用開始を機に、南大東島のサトウキビ作は、次のように変わってきた。

(1) 「Ni26」、「Ni28」、「Ni29」の開発と実用により、生産性向上に向けた品種基盤の整備が進み、従来よりも早い収穫・工場操業が可能となった(図2、図3、図4)。

(2) 地域的な取り組みにより、3品種の活用体制を整備しつつ(計画的な作付けの奨励や収穫)、2010/2011年期は、従来よりも約1ヶ月早い収穫・操業が行われた(図5)。

現在、同地では、早期高糖な品種そのものへの期待とともに、収穫や管理作業の分散等により、サトウキビ作総体としての生産性改善が期待されているところである。今後の動向に注目したい。

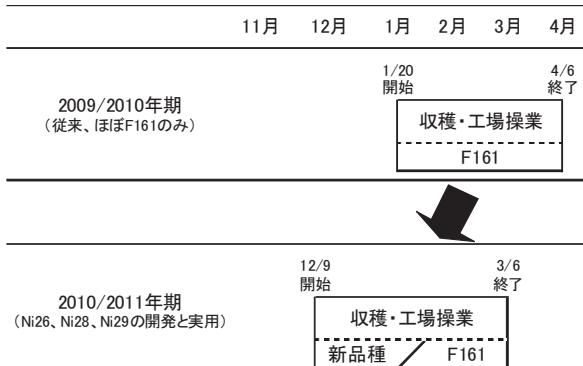


図5 南大東島における収穫および工場操業の変化

4) さらなる育種の強化、充実に向けて

(1) 黒穂病抵抗性に関する取り組み

黒穂病は、サトウキビにおいて世界的な重要病害であり、過去に沖縄県および鹿児島県においても大きな被害をもたらしている。同病害への対策は、抵抗性品種の育成が最も効果的である。黒穂病に対する抵抗性の強化は、サトウキビ作の振興を図るうえで、サトウキビ育種に課せられた大きな課題である。

これまで、沖縄県では、黒穂病に対する抵抗性を、病原菌を接種して判定してきた(遺伝的な真性抵抗性)。一方、生産現場では、圃場での発病や発病後の拡散が実用上の大きな問題である(圃場での抵抗性)。これまで、両抵抗性の関係は、必ずしも明確ではなかった。そこで、より抵抗性を強化した新品種を育成するために、感染後の反応性、病原の移行性など、遺伝的マーカーの利用も視野に入れた研究を進めているところである。一方、実用に向けた迅速な抵抗性品種の提供という観点から、真性抵抗性と圃場での抵抗性との関係を精

査すべく、連年の株出し栽培による圃場抵抗性判定の試験を展開しているところである。今後、関係機関の連携を強化し、効率的な抵抗性品種の育成につなげたい。

(2) 広範な素材の活用を可能にする交配関連技術

サトウキビを生産するうえで基本的に厳しい環境である沖縄県は、育種の起点となる交配を行ううえでも多くの問題を抱えている。

亜熱帯に位置する沖縄県は、熱帯域に比べ、サトウキビの生育に適した高温の期間が短い。加えて、サトウキビの生育に適した高温の時期に、干ばつや台風などの気象災害が度々起こる。不安定なサトウキビの生育は、十分な成熟に達しないことが多いことを意味し、その結果、出穂に至らない素材が多いことにつながっている。日本におけるサトウキビ経済種の出穂は、晚秋から冬にかけて約2ヶ月に及ぶ。一方、サトウキビ育種に利用可能な育種素材の出穂期は、晩夏から春まで、さらに長期に及ぶ。低温の時期に交配を行わざるを得ないことは、採種の面での難しさにつながっており、一方、出穂の時期が広範で多様であることは、交配可能な組み合わせが限定される結果を生んでいる。このように、沖縄県で行うサトウキビの交配は、「出穂しない(出穂する素材が不安定で、かつ、限定される)」、「出穂した素材の時期が合わない(計画した交配の遂行が不安定である)」、「交配種子の獲得が不安定である」といった問題を根本で抱えている。

このような問題を解決し、より高水準な品種の開発を可能にするため、現在、「出穂誘起と同調」を中心とした交配関連技術の研究を進めている。その結果、出穂しないために利用できなかった「Ni22」、「Ni23」、「NiH25」といった品種や、亜熱帯地域では出穂しないとされていた育種素材を交配に利用することが可能となってきた。一方、「開花時間の同調」、「寒さの厳しい時期の交配・採種効率の改善に向けた交配用維持液の改良」等、関連する研究も進みつつある。これらにより、制約の多かった交配から、より戦略的な交配が行える

状況に変わりつつある。遺伝的脆弱性や育種限界を打破し、より高水準の品種を開発することにつなげたい。

4. おわりに

奄美以南に向けたサトウキビ育種は、従来、農林水産省の指定試験事業によって行われてきた。しかし、同事業の廃止により、継続的な育種の展開が困難な状況となっている。そのような中、南西諸島地域および我が国において、サトウキビ作が重要であることに変わりはない。生産振興を図るうえでの基本として、持続的な育種の体制が必要である。その際、サトウキビ作そのものに強く焦点を置く必要があると考える。限られた研究資源で効率的かつ効果的にサトウキビ育種を進めていくには、県や機関を超えた総力の結集が要る。現在、九州沖縄農業研究センター、沖縄県農業研究センター、鹿児島県農業総合開発センター、国際農林水産業研究センターの4つの公的機関に民間企業数社を加えた研究フォーラムが発足している。それを基に、先の4つの公的機関で連携し、農林水産省の実用技術開発事業において、総合的な技術開発が実働を始めた。これを機に、実効ある一体的なサトウキビ研究の体制が構築されることを期待している。その体制により、品種開発をとおし、今まで以上に、南西諸島のサトウキビ作に貢献していきたいと考える。

引用文献

- 1) 沖縄県農林水産部 (2010) さとうきび及び甘しゃ糖 生産実績. 1-90.
- 2) 杉本明 (2000) 琉球弧、さとうきび生産の課題と未來. 農業および園芸75第10号 : 12-20.
- 3) 杉本明 (2002) 琉球弧の少収地域、低糖度地域におけるさとうきびの生産改善～沖縄県下の島々～. 砂糖類情報72 : 8-19
- 4) 杉本明・宮城克浩・寺島義文・氏原邦博・福原誠司 (2003) 琉球弧におけるさとうきび生産の実態と栽培技術開発の基本方向. 日作九支報69 : 61-62.

沖縄県農業研究センター宮古島支所における育種を中心とした サトウキビ研究の紹介

沖縄県農業研究センター宮古島支所 出花幸之介・下地格・比屋根篤

1. 初めに

沖縄県は南北約400km、東西約1,000kmの広大な海域に、北東から南西へ連なる大小160の島々（うち有人島49）からなる。宮古群島はそのほぼ中央にあり、大小8つの島からなり、そのうち主要な島は宮古、伊良部、多良間である。沖縄本島（那覇市）から290km、八重山群島の石垣島から130kmの所に宮古島と伊良部島、そして宮古島と石垣島のほぼ中間に多良間島がある。3島とも主として琉球石灰岩からなる平坦な島で、宮古島の最高標高が115m、多良間島の最高標高が34mであり、地表に河川が無く、農業用水や生活用水をもっぱら地下水に依存している。またダムを造れる地形が少なく、石灰岩を母岩とするアルカリ性の肥沃度の低い暗赤色土（島尻マージ）の水浸透は極めて早いので、これらの島では水不足が頻繁に起きる。その対策として宮古島には地下ダムが造られている。平坦な地形は農耕に適し、宮古群島の総面積の52%が耕地である。

沖縄県内には8島に10社の分蜜糖工場があり、平成21/22収穫年度で11,270ha、811,835トンのサトウキビが生産されている。また7つの小さな離島にそれぞれ1社ずつ黒糖工場があり、880ha、57,000トンのサトウキビが生産されている。宮古地域では県のサトウキビの4割を生産し、宮古島には分蜜糖工場が2社あり2,940ha、271,267トンのサトウキビが生産され、伊良部島では分蜜糖工場が1社で757ha、65,645トン、多良間島では黒糖工場が1社で280ha、30,161トンのサトウキビが生産されている。(図1)



図1. 沖縄県内における製糖工場の分布

2. 農業研究センター宮古島支所におけるサトウキビの現地選抜

宮古の代表的な土壌である島尻マージは県の全耕地面積の4割を占める。島尻マージは土層が浅いので、干ばつのためサトウキビの单収が低く不安定であった。またかつて、南アフリカから導入され、昭和32年に沖縄県奨励品種になり、急速に普及し寡占状態となった品種 NCo310は、良く出穂するため収穫期には葉が枯れ上がり糖度が低かった。

本所（那霸市）に昭和51年にさとうきび育種指定試験地が設置された。しかし本所は沖縄県でも北側に位置しており、また肥沃で生産性が高いジャガル土壤であった。育種指定試験地を補うため、島尻マージ向けの現地選抜試験圃が昭和53年に宮古島支所に発足した。現地選抜圃では、毎年10,000～15,000の実生から500個体程度を選抜し、2次選抜試験（2年目）で栄養系統選抜により70系統、3次選抜試験（3年目）で15系統程度を選抜している。

表1 沖縄県内におけるサトウキビ品種の収穫面積 (ha)

平成21/22収穫実績

育成地	日本											南アフリカ	台湾	その他	全体		
	品種	NiF8	Ni9*	NiTn10	Ni11*	Ni13*	Ni15*	Ni16	Ni17*	NiTn19	宮古1号						
北部離島	伊江島	8	12					85								106	
	伊平屋島	1	2					53	4					9	35	105	
	伊是名島	79	5	1	4	95	21	87	4			39	21	1	42	410	
本島	北部	571	3	2		116	49	170	92	1	23	11	1	152	70	1,260	
	中部	218	12	20	1	1	162	3	70	4	1	28	3	53	97	169	843
	南部	480	79	244	5	5	148	2	171	27	2	21	27	56	3	30	310
南部離島	粟国島					26						1				27	
	久米島	7	29	4		2	19		321	7	3	16	536		55	62	1,054
	南大東島	16	25		150		98			2				2	757	263	1,313
宮古地域	北大東島	8	2		43	45		6	55	1	20	3			219	18	421
	宮古島	132	17			648			7	1,076	8	65				984	2,938
	伊良部島	39				501			3	151	2	1				61	757
八重山	多良間島					252				26					7	284	
	石垣島	161	29		74	609	8	31							256	1,168	
	竹富町+	91	3		1	7	216	5	6			5	5		1	20	358
与那国島		7	1			72		7							4	90	
	全 体	1,818	219	271	200	93	3,145	84	839	239	1,261	162	673	112	989	377	2,270

* 現地選抜圃で選抜された品種 +竹富町には西表島、小浜島、波照間島が含まれる

さとうきび及び甘しゃ糖生産実績(沖縄県糖業農産課)から

発足当初から選抜法の改善のために様々なことが試みられてきた。20年ほど前から早熟高糖性の系統を選抜するために秋の圃場ブリックスを検定し、また収穫期の葉の枯れ上がりによる品質低下を防ぐため出穂が少なく1～2月の生葉数が多い系統を選抜している。本所で選抜された系統と共に、県内農研センター4カ所で系統適応性検定試験と奨励品種検定試験を行い、島々の製糖工場と協力して県内全域を網羅する育種ネットワークを形成して、各地域における適応性を検定し新品種の育成や普及を図ってきた。これまで宮古島支所の初期選抜試験で選抜された多くの系統が、さとうきび育種指定試験地の育成品種として沖縄県の奨励品種に登録されている。

3. 沖縄県内の島々におけるサトウキビ品種の栽培状況

表1. に沖縄県内におけるサトウキビ品種の収穫面積を島毎、地域ごとに示した。県内各地で栽培されている品種の中で、Ni9(平成2年育成)、Ni11(平8年)、Ni13(平13年)、Ni15とNi17(平14年)、Ni21(平17年)が宮古島支所で現地選抜された。これら品種で全収穫面積の41%、国内育成品種の面積の57%を占める。早期高糖で高品質の

Ni15は宮古・八重山地域を中心に広く栽培されている。またNi17は久米島と沖縄本島、Ni21は久米島、F161は大東島地域、NiTn10は本島南部、宮古1号は宮古地域など、品種毎に適応地域が限られる事例もある。

4. 宮古島支所で選抜された奨励品種の特徴

表2. に沖縄県の主要なサトウキビ奨励品種の特性を示した。さとうきび育種指定試験の育成品種の内、多くが宮古島選抜である。30年以上も寡占状態が続いたかつての主要品種 NCo310に比べると、全ての品種が高品質(早熟高糖)で、ほとんどの品種で出穂が少なくなり、葉焼け病やさび病など葉の病気に強くなつた。その結果収穫期の葉が多いので糖度の低下が無く、また脱葉性に優れているので収穫しやすい。宮古島支所で初期選抜された主要な品種の特性を以下に紹介する。

Ni15: 高糖、多収で黒穂病抵抗性が強い「F161」と、茎数が多く早期高糖性の「RK86-68」の交雑実生から平成2年に選抜し、平成14年に奨励品種となった。早期高糖で、品質が安定して高い。新植の収量は「NCo310」「F177」より高い。株出しの収量は「NCo310」よりやや少ないが、可製糖率が高いため、可製糖量は3作型とも多い。黒穂病

表2 沖縄県の主要なサトウキビ奨励品種の特性

品種	奨励品種認定	3作型共通						株出し		障害抵抗性		病害抵抗性		
		発芽性	耐倒伏性	脱葉性	茎揃い	出穂	品質	萌芽性	収量	耐風性	耐干性	黒穂病	葉焼け病	サビ病
NCo310	S32	中	中	難	中	多	中	良	中	強	中	極弱	中	極弱
Ni9 *	H2	中	中	難	中	多	良	良	良	強	中	弱	中	やや弱
NiF8 +	H3	良	良	易	良	中	良	良	中	強	中	強	強	強
Ni11 *	H8	良	良	極易	良	少	良	中	良	やや強	やや強	中	中	強
Ni13 *	H13	やや不良	良	易	良	少	良	不良	不良	中	中	極弱	やや強	強
Ni15 *	H14	中	中	中	やや良	中	良	やや不良	やや不良	やや強	やや弱	中	やや強	強
Ni17 *	H14	中	良	やや難	やや良	極少	良	良	良	強	弱	弱	やや強	強
Ni21 *	H17	不良	中	中	良	極少	良	中	やや良	強	中	中	強	強
宮古1号 \$	H17	良	中	難	良	少	良	良	良	中	やや強	極強	中	強
NiH25 #	H19	やや不良	不良	中	中		やや良	やや不良	良	中	やや強	弱	強	強
Ni26 #	H19	中	中	中	中	中	良	中	良	強	-	弱	やや弱	強
Ni27 +	H22	良	良	易	良	中	良	良	良	中	-	中	強	強
Ni28 *	H22	中	中	やや難	中	中	良	中	良	強	-	強	中	中
Ni29 *	H22	中	中	易	中	少	良	中	やや良	中	-	中	中	強

* 宮古島で選抜、# 本所で選抜、+九州沖縄農研センター育成、\$ 沖縄研センターから逸脱

抵抗性が「中」でサビ病抵抗性が「強」風折抵抗性は「強」である。沖縄県全域向けの品種として普及されたが、平成21/22年の収穫面積は宮古地域で1,401ha(35%)、沖縄県全体では3,145ha(25%)である。

Ni17：早期高糖性の「NiF8」に、「RF79-247」を交雑した実生から平成3年に選抜し、平成14年に奨励品種となった。台風による茎の折損が「F177」より少なく、潮風害後の展開葉数が多く、収穫期の糖度も高い。登熟が「F177」より早く、糖度が安定して高い。株出時の萌芽性に優れ、多収である。黒穂病抵抗性は「弱」である。収穫期の梢頭部重が重く、冬場の畜産飼料として活用できる。収穫面積は沖縄県では久米島を中心に839ha(平成21/22年)、鹿児島県では奄美諸島を中心に1,526ha(平成18/19年)であった。

Ni21：「NiF8」と「Ni9」の交雑実生から平成6年に選抜し、平成17年に奨励品種となった。茎の伸びが良く、1茎重が「F177」「Ni9」より重く、原料茎重は3作型で安定して重い。可製糖率が高く、可製糖量は3作型で安定して多い。耐風性が強く、潮風害後の収穫期における糖度が高い。黒穂病抵抗性は「強」である。発芽性は「不良」であるが、新植での収量が大変高く、沖縄県久米島を中心に普及している。

この外に Ni28と Ni29が宮古島支所で初期選抜され、平成22年度に南大東島向けの奨励品種に

なった。両品種とも早期高糖で、特に Ni28は多回株出し多収の品種として期待されている。また宮古1号と NiH25、九州農研センター育成の Ni27は支所における奨励品種決定試験の結果、優秀性が認められたのでそれぞれ平成17、19、22年に宮古地域向けの奨励品種として認定され、現在広く栽培されている。

5. 久米島における事例

宮古島現地選抜圃で選抜された品種の普及状況について久米島を例にとって説明したい。平成14/15年には台湾から導入された品種 F177が64%、Ni9が32%を占めていた。しかし F177は台風で折損しやすく、Ni9は黒穂病の発生が問題となつた。そこで高糖で折損や黒穂病の心配が無く脱葉性も良い Ni15が増加し、平成17/18年に23%の収穫面積となった。しかし Ni15は株出しが不安定であったので、太くて株出しの単収が高い Ni17の面積が拡大し平成19/20年に44%の収穫面積となった。ところが Ni17の栽培面積が拡大するにしたがい、干ばつに対する耐性が低い事が次第に明らかとなった。そこで平成18/19年から Ni21の面積が急速に増加し平成21/22年には収穫面積の51%になった。(表3)

6. 超多収性の Ni21

Ni21は各地における試験の結果、潜在的な生産

表3 久米島におけるサトウキビ品種の収穫面積の推移（14/15～21/21年期）

	14/15年	15/16年	16/17年	17/18年	18/19年	19/20年	20/21年	21/22年
F177	752	628	535	332	246	140	84	55
Ni9*	375	362	300	198	152	118	50	29
NiTn10	39	48	64	42	36	19	9	4
Ni15*	0	24	167	214	136	56	20	19
Ni17*	0	0	22	128	374	468	391	321
Ni21*	0	0	0	0	54	192	304	536
その他	11	17	29	32	47	59	45	90
合計	1,177	1,078	1,118	946	1,044	1,052	903	1,054

*宮古島支所で選抜された品種

久米島製糖(株)のデータ

表4 久米島における平成19/20～21/22年産サトウキビの品種別生産実績

品種名	夏植え				株出し			
	単収 (kg/10a)	甘蔗糖度 (%)	甘蔗糖量 (kg/10a)	甘蔗糖量 (F177比)	単収 (kg/10a)	甘蔗糖度 (%)	甘蔗糖量 (kg/10a)	甘蔗糖量 (F177比)
Ni15*	9,868	14.61	1,451	141	5,360	14.20	763	101
Ni17*	6,935	14.14	982	97	5,475	14.03	770	101
Ni21*	10,185	13.71	1,403	137	6,346	14.07	899	117
F177	7,486	13.66	1,028	100	5,638	13.47	761	100
平均	8,668	13.93	1,213		5,713	13.93	799	

*宮古島支所で選抜された品種

久米島製糖(株)のデータ

性の高さは認められたものの、発芽が不安定であったので多くの地域では敬遠された。しかし発芽の不安定さは、栽培技術によってカバーすることができる。久米島製糖の平田清勝農務課長はNi21の多収性に注目して、粘り強く現地試験を繰り返した。その結果、Ni21は久米島向けの奨励品種として認定された。

久米島製糖では他社に先駆けて、島全体の品種・作型毎の単収や甘蔗糖度を毎年算出し、優良品種の計画的普及による生産性の向上をめざしている。サトウキビの単収は作型で大きく異なる。Ni21は夏植えと株出しで単収が高く、甘蔗糖度も安定している。久米島で3年間192～536ha 収穫した実績値において、かつての主要品種 F177に比べて甘蔗糖量(kg/10a)が夏植えで37%、株出しで17%増収という驚くべき実績を記録している。(表4)

沖縄県ではさとうきび作農家の生産意欲を高揚させ、生産振興を図るため、昭和51年から毎年さとうきび競作会を開催してきた。平成21/22年、宮古島の川満長英氏が Ni21の夏植えで原料茎長が470cm、茎径2.9cm、一茎重が3.5kg、収穫本数6,800本/10a、原料茎重21.5kg/10a(平均単収の3



図2 サトウキビ日本一の川満長英氏と Ni21 (宮古島、平成22年2月16日)

倍)、甘蔗糖度16.3%の驚異的な成績でさとうきび日本一になった。栽培技術としては緑肥による地力の涵養、プラソイラによる心土破碎、発芽・初期生育期～生育旺盛期の適度な灌水があげられる。かつて干ばつに難渋した宮古島でも、地下ダムの建設により計画的な灌水が可能となっている。また、平成22/23年のさとうきび競作会の県内1～3位も Ni21であり、Ni21の潜在的生産力の高さが注目されている。(図2)



図3 宮古島支所内における株出し栽培

ハリガネムシやアオドウガネに卓効を示す殺虫剤やLED光源を利用した誘殺灯等により、ここ数年で宮古群島全域で株出し栽培が30年ぶりに復活した。

7. 宮古島支所におけるサトウキビ研究のこれから

サトウキビの作型には夏植え、春植え、株出しがあるが、その中でも株出し栽培は費用対効果が格段と高く環境にも優しい。かつては、収穫後の再生芽を管理して毎年収穫できる株出し栽培が収穫面積の60%を占めていた。しかし宮古、八重山地域ではこれまで30年以上にもわたり、ハリガネムシやアオドウガネなどの土壌害虫の蔓延による株出し不萌芽がサトウキビ生産上の大変な課題であった。1972年から塩素系殺虫剤の使用が禁止されたことが、土壌害虫のまん延を招いたと言われている。その結果、2年に1回の収穫しかできない夏植えが90%を占めるようになった。

長年にわたり土壌害虫防除のための研究が粘り強く続けられてきたが、ここ5年ほどの研究の急速な進展により、宮古・八重山地域では30年ぶりに株出し栽培が急速に復活しつつある。(図3)

また現在、宮古地域では手刈り収穫が70%もあり、ハーベスター収穫が30%ほどである。しかし、宮古地域でも農家の老齢化に伴う、急速な労力不足が懸念されている。全面的なハーベスターの導入が避けられない情勢であるが、ハーベスターの導入により特に株出しの単収が低減するといわれてい

る。

さらに、宮古島、伊良部島、多良間島とも珊瑚石灰岩を母岩とし、河川が無く、降雨の大半が地下へ浸透し、そして生活用水、農業用水共に地下水に依存する島嶼社会である。ところが近年、地下水の硝酸態窒素が規制値近くまで上がり問題となっている。地下水の硝酸態窒素は農耕地に由来すると言われており、その大半はサトウキビ畑である。

このような情勢の急速な変化の中、宮古地域に適応したハーベスター収穫を主としたサトウキビの機械化一貫栽培技術の開発を急ぐ必要がある。2世代30年ぶりの株出し栽培の復活と同時に機械化一貫栽培も推進する事になる。株出し・機械化一貫栽培新時代に即応できる栽培技術の確立や農家への啓蒙は緊急の課題である。

また、現在の主力品種は株出し能力にやや難点があることから、株出し能力が高く、株出し栽培の持続性の強い品種を早急に選抜する必要がある。

さらに、サトウキビの単収を低減させることなく、地下水への肥料や農薬の逸出をコントロールし、島嶼生態系に悪影響を与えない持続的な畑作農業を構築する必要がある。

近縁属植物を利用したサトウキビ改良の取り組み

(独)国際農林水産業研究センター熱帯・島嶼研究拠点 寺島 義文

1. はじめに

サトウキビは南西諸島の基幹作物であるが、台風や干ばつの常発、痩せた土壌、冬季の低温などの影響を受けるため単位収量は世界的にも低い（世界平均は7 t/10a程度、日本は6 t/10a程度）。また、生産コストは海外の8倍～10倍と高いが、現状の高糖品種を利用した砂糖生産だけではその克服は困難である。将来に渡りサトウキビ産業が存続していくためには、限られた畑からより多くの糖質や纖維質を生産し、砂糖生産とともに、生成するバガスや糖蜜等の副産物を有効に利用（多用途利用）することで、今より多くの利益を地域に生み出していくことが必要である。そのため育種には、自然環境の厳しい南西諸島において、安定して多収となる品種の育成が求められている。

サトウキビは、多様な近縁種および近縁属植物と交配が可能であるとされている。その代表がサトウキビ野生種であり、収量性や不良環境適応性、耐病性等の改良の素材として世界のサトウキビ育成地で利用されている。九州沖縄農業研究センターにおいても野生種を利用した種間交雑に取り組み、現在までに、糖質や纖維質生産力が高く、「砂糖・エタノール複合生産」で利用可能なKY01-2044を育成している¹⁾。

サトウキビの近縁属植物には、乾燥地への適応性が高いエリアンサスや寒冷地への適応性が高いスキ、初期生育が良好なソルガムなど野生種には無い多様な有用特性を具える遺伝資源が存在している。それら近縁遺伝資源の持つ有用特性を集積することで、厳しい自然環境下でより高い生産力を發揮するサトウキビの開発が期待できる。本稿では、その中でも乾燥地への適応性が高いエリアンサス

を利用したサトウキビ改良の取り組みについて報告する。

2. エリアンサスを利用したサトウキビの改良にむけた取り組み

エリアンサス (*Erianthus* spp.) は東南アジア～地中海にかけて7種が分布している。サトウキビと同じC4植物であり、茎の中心部はスポンジ状で糖分は蓄積しないが、株の再生力や乾物生産力が高く、根系が発達するため干ばつや痩せ地等への適応性は高い。干ばつの厳しい南大東島での試験では、製糖品種や種間雑種多収系統が乾物収量で2 t～3 t/10aのところ、エリアンサスは8 t/10a程度（図1-a,c）、乾季の干ばつが厳しい東北タイでも、製糖品種が乾物収量で1～2 t/10a程度のところ、エリアンサスは6 t/10a以上となるデータが得られている（図1-b,d）。そのため、エリアンサス自体をセルロースの原料として利用する研究も近年注目されている。

エリアンサスは、多収性や耐干性、耐病性等の

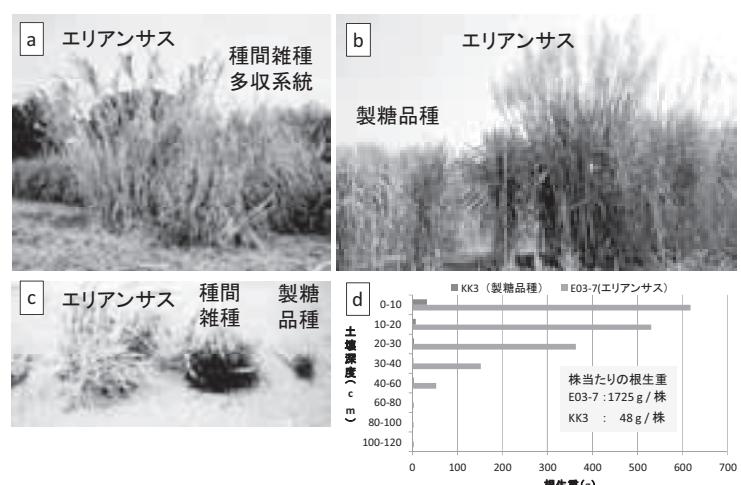


図1 エリアンサスの写真
a：南大東島でのエリアンサスと多収性種間雑種系統、b：東北タイでのエリアンサスと製糖品種、c：南大東島での根系、d：東北タイでの株当たり根生重データ

導入を目的としてサトウキビの育種に古くから利用されてきたが、野生種ほどの成功を収めるには至っていない。近年の遺伝子解析技術の進歩により、サトウキビとエリアンサスは予想されていたよりも遺伝的に遠いことから²⁾、属間雑種を獲得することは容易ではないこと、特に製糖用品種とエリアンサスの雑種獲得は難しいこと等が明らかになってきた³⁾。近年、中国とオーストラリアのグループが精力的にエリアンサスの利用に向けた研究を進めており、雑種に製糖品種の再交配を繰り返した場合の染色体の挙動等についての解析を行っている⁴⁾。また、インドではサトウキビ (*S. officinarum*) とエリアンサスの雑種を製糖品種に再交配して品種が開発されている。

日本では、国際農林水産業研究センター (JIRCAS)、沖縄県農業研究センター、九州沖縄農業研究センターが協力してサトウキビの耐干性改良に向けたエリアンサスの育種利用、特に「エリアンサスの根系特性のサトウキビへの導入」に注目して研究開発を開始している。

1) サトウキビとエリアンサスの効率的な交配に向けた技術開発

日本で利用可能なエリアンサスには、サトウキビより出穂が早い系統が多く、効率的に交配を実施するためには出穂の同期化が必要である。そこで、JIRCAS では、圃場での電照処理（長日処理）によりエリアンサスの出穂を遅延させることで、サトウキビと出穂を同期化させる手法の開発を行っている（図2）。その結果、エリアンサスの出穂を遅延させることに成功し、自然条件下ではサトウキビとの交配が困難であったエリアンサス系



図2 エリアンサスへの圃場での電照処理の様子 (JIRCAS 热帶・島嶼研究拠点圃場)

統との交配が可能となってきている⁵⁾。

また、沖縄県農業研究センターでは、日長処理施設を利用してサトウキビの出穂を早期化する技術を開発しており、それを利用することでもサトウキビとエリアンサスの交配が実施できるようになってきている。

2) 属間交配と雑種の選抜

世界的には、現在利用されている製糖品種とエリアンサスの交配による雑種作出は難しいとされており、製糖品種の起源種である高貴種 (*S. officinarum*) との交配が行われ、雑種が作出されている³⁾。しかし、日本は高緯度に位置することから、熱帯原産である高貴種は稀にしか出穂しないうえ、生育は低温の影響を受けやすく悪い。そのため、高貴種との交配では、目標とする品種の開発までに多くの交配を経る必要があると考えられることから、製糖品種とエリアンサスの交配に取り組んできた。

製糖品種とエリアンサスとの交配種子から得られた実生は、母本としたサトウキビの自殖個体等が紛れている可能性がある。そのため、5SrDNA 遺伝子を DNA マーカーとした選抜を実施している。これまでに、製糖品種とエリアンサスの雑種作出が可能であることを明らかにしたが、雑種の獲得率は数%程度と低く、自殖や花粉のコンタミによる個体が多く紛れ込んでいるものと考えられる。今後は、母本の除雄法や外部からの花粉コンタミの防止等の措置をしっかりと実施するとともに、雄性不稔母本の利用等も積極的に行う必要がある。今年度、除雄処理や花粉のコンタミに注意して交配を行ったところ、雑種の獲得率は 30~40% に向上したことから、今後の改善の余地が大きいものと考えている。

3) 属間雑種の特性

製糖品種とエリアンサスとの属間雑種は、高貴種 (*S. officinarum*) とエリアンサスの雑種での報告と同様に³⁾、弱性個体が多く出現した。しかし、その中から、母本とした製糖品種 (NiF8) と同程度の生育を示す雑種 (系統名08T-12) が作出されている。

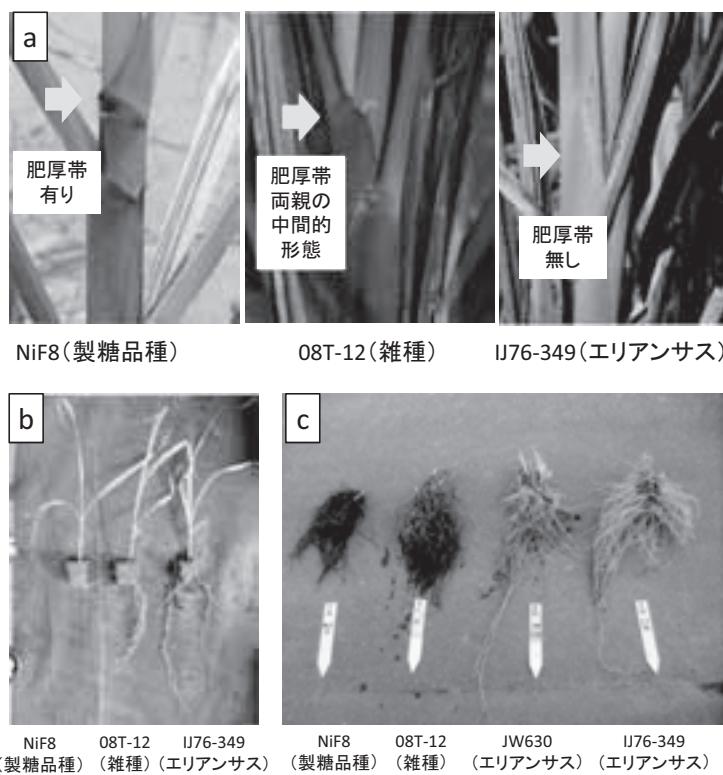


図3 屬間雑種08T-12の根系特性

a : 08T-12の肥厚帯の特徴
b : 植えつけ約1か月後、c : 収穫期

08T-12は、NiF8より茎長は長いが、細茎であり1茎重は小さい。しかし、分げつが旺盛で茎数が多いいため原料茎重や地上部全乾物重はNiF8と同程度となる。蔗汁ブリックスや纖維分は、NiF8より低く、纖維分は高い。また、形態的には、肥厚帯が両親の中間的な形態になる特徴が確認された。エリアンサスを交配に利用する最大の目的は根系特性の改良であるが、08T-12は、生育初期から根の発達がNiF8より旺盛であり（図3）、収穫期においてもNiF8より株当たり根量が多く、NiF8より土壤深層の根量が有意に多かった（図3）。今後の更なる解析が必要ではあるが、08T-12はエリアンサスとの交配により、根系が改良されている可能性があると考えている。

サトウキビとエリアンサスの雑種は自然条件下では出穂しない系統が多いが、08T-12は出穂するため、後代を作出することも可能である。同系統はサトウキビ改良の育種素材として今後の活用が期待される。

4) エリアンサス利用での今後の展望

これまでの研究で作出した08T-12は、母本とした製糖品種より根系が優れるものの、エリアンサスと比較すると十分とは言い難い。今後は、高効率・高精度な交配法を開発し、新たな雑種を数多く作出するとともに、エリアンサスにより新しい根系を具える系統を選抜していく必要がある。また、雑種の根系特性が後代にどのように遺伝していくかについても検討していく必要がある。

もう一つの大きな問題として、日本で保有しているエリアンサス遺伝資源の数や変異（種は *E.arundinaceus* のみ）が少ないことが挙げられる。JIRCASでは、タイ国のコンケン畑作物研究センターと共同でタイ全土からエリアンサス遺伝資源を150系統以上収集している（図4）。その中には *E. arundinaceus* とともに、日本にはない *E. procerus* も含まれており、多様な変異が存在している⁶⁾。今後は海外からの遺伝資源の導入を積極的に実施し、利用できる遺伝資源を拡大していくことも必要である。

エリアンサスの根系をサトウキビに導入することで、現在は利用できない土壤深層の養水分を利用できるようになるため、南西諸島の干ばつや痩せ地への適応性を飛躍的に向上できる可能性が高い。また、タイにおける研究で、エリアンサスの旺盛な根系の発達に土壤改良効果があることが示されている⁷⁾。エリアンサスの根系を導入したサトウキビを栽培することで土壤を耕起し（生物的耕起）、未利用部分等を飼料として利用すること

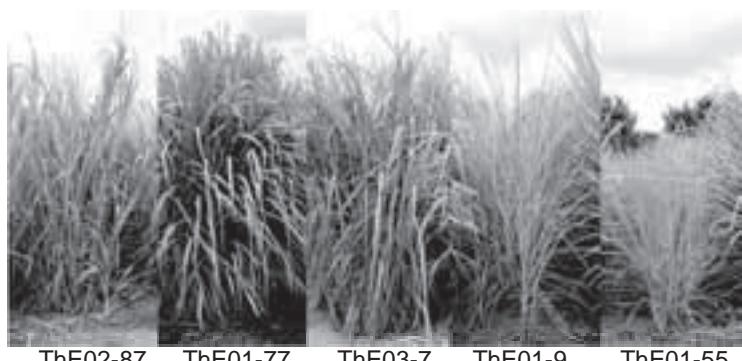


図4 東北タイで保存中のエリアンサス



図5 タイで保存中の *S. fusca* (左) と *S. longesetosum* (右)

とで畜産と連携し、有機物を圃場に還元していくことで、土壤改良をしながらサトウキビを生産する（土壤改良型作物生産）ことも可能になるのではないかと考えている。これらは日本だけでなく、世界の不良環境地域で利用していける技術になる可能性がある。

3. おわりに

サトウキビと交配可能とされる近縁属植物には、エリアンサス以外にも多くの有用な遺伝資源が存在する。ススキは日本にも多く自生しており、寒冷地への適応性改良に向けた重要な遺伝資源である。古くは台湾でサトウキビの改良に利用されており、近年はアメリカでサトウキビとの属間雑種を「Miscane」と呼び、バイオ燃料生産への利用が検討されている。旺盛な初期生育・早熟性等の導入が期待できるソルガムも重要な素材である。また、日本には保存していないが耐湿性の導入が期待できる *Sclerostachya fusca* や脊薄な土壤への適応性が高い *Saccharum longesetosum*（図5）など今まであまり利用されてこなかった遺伝資源も数多く存在する。それらを利用することで、サトウキビは今後更に飛躍的改良できる作物であると考えている。

これまでのサトウキビ品種開発は、砂糖を効率的に生産するために、優良農地への資源の多投入を前提として、不良環境適応性よりも高糖性を重

視した品種開発が行われてきた。しかし、世界的に優良農地の減少が危惧されている現在、サトウキビには新しい役割が求められていると考えている。近縁遺伝資源の有用特性を理解して集積し、不良環境条件下における食料やエネルギーの増産を可能とする新しいタイプのサトウキビを開発することで、日本だけではなく世界の食料・エネルギー問題に貢献することも可能である。

【引用文献】

- 1) 寺島義文ら2009. 砂糖とエネルギーの複合生産が可能なサトウキビ新品種「KY01-2044」. 九州沖縄農業研究センター成果情報 (<http://www.naro.affrc.go.jp/project/results/laboratory/karc/2009/konarc09-14.html>)
- 2) Hodkinson TR, et al. 2002. Phylogenetics of *Miscanthus*, *Saccharum* and related genera (Saccharinae, Andropogoneae, Poaceae) based on DNA sequences from ITS nuclear ribosomal DNA and plastid *trnL* intron and *trnL*-F intergeneric spacers. *J Plant Res* 115: 381-392
- 3) Piperidis G, et al. 2000. Molecular contribution to selection of intergeneric hybrids between sugarcane and the wild species *Erianthus arundinaceus*. *Genome* 43: 1033-1037
- 4) Piperidis N, et al. 2010. GISH characterization of *Erianthus arundinaceus* chromosomes in three generations of sugarcane intergeneric hybrids. *Genome* 53 (5):331-336.
- 5) Tagane S, et al. 2011. Effects of the day-length treatment and the different time-of-harvesting on flowering in *Erianthus arundinaceus* on Ishigaki Island, Japan. *Trp. Agr. Develop.* 55(1): 44-50.
- 6) 田金秀一郎ら2010. タイ国で収集したエリアンサス属植物遺伝資源の特性評価と分類. 国際農林水産業研究センター成果情報 (<http://www.jircas.affrc.go.jp/kankoubutsu/seika/seika2010/pdf/2010-20.pdf>)
- 7) 松尾和之ら 2001. エリアンサス属植物の飼料作物育種素材としての生育特性. 国際農林水産業研究センター成果情報 (http://www.affrc.go.jp/OLD/ja/research/seika/data_jircas/h13/13-6.pdf)

飼料用サトウキビ品種の開発とその特性

(独) 農業・食品産業技術総合研究機構 九州沖縄農業研究センター

作物開発・利用研究領域 境垣内岳雄

1. はじめに

畜産、特に肉用牛の子牛生産はサトウキビ作や園芸と並び南西諸島農業の基幹である。南西諸島の畜産は経営規模拡大の傾向にあり、粗飼料の購入も比較的多いため、自給飼料基盤の強化が喫緊の課題である。しかし、島嶼で耕地面積が限られていること、また、台風や干ばつ等の気象災害の頻発で多収の長大型作物の安定生産が見込まれないことが原因となり、必ずしも有効な改善策は提示されていない。

このような状況を改善するため、九州沖縄農業研究センターでは、地域の環境条件に適応したサトウキビに着目し、サトウキビを飼料として活用する研究を進めている。以下、飼料専用のサトウキビ品種の育成とその特性について紹介する。

2. 飼料用サトウキビ品種「KRFo93-1」

サトウキビの梢頭部は糖分が低いため製糖工程で廃棄されるが、嗜好性や栄養価が高く、貴重な冬季の粗飼料として南西諸島で広く利用されている。

九州沖縄農業研究センターでは、梢頭部のみならず、茎葉全体を飼料として活用する飼料用サトウキビ品種の開発に取り組んできた。製糖用品種 (*Saccharum* spp. hybrid) はサトウキビ野生種 (*Saccharum spontaneum*) と種間交雑が可能で、交配雑種には非常に強い雑種強勢があらわれる。そこで、製糖用品種「NCo310」(種子親) とサトウキビ野生種「Glagah Kloet」(花粉親) を交配に活用し、我が国初の飼料用サトウキビ品種「KRFo93-1」を育成した(図1)。「KRFo93-1」の特性は下記のとおりである。

(1) 生育および収量性

「KRFo93-1」の最大の特長は乾物収量が高く、長期間にわたり株出し栽培が継続できることにあ

る。生草収量は15~20t/10a/年、乾物収量は4~5/10a/年であり、置き換え対象の飼料作物ローズグラスや「NCo310」の2倍以上の非常に高い収量性を示す(図2)。さらに、「Glagah Kloet」の高い萌芽能力を受け継ぎ、「KRFo93-1」も萌芽能力が高い(図3)。このため、一度の植付けで長期間にわたり株出し栽培を継続できる。「KRFo93-1」は省力的に粗飼料の増産が可能な、これまでにない飼料作物として期待されている。



図1. 飼料用サトウキビ品種「KRFo93-1」の草姿

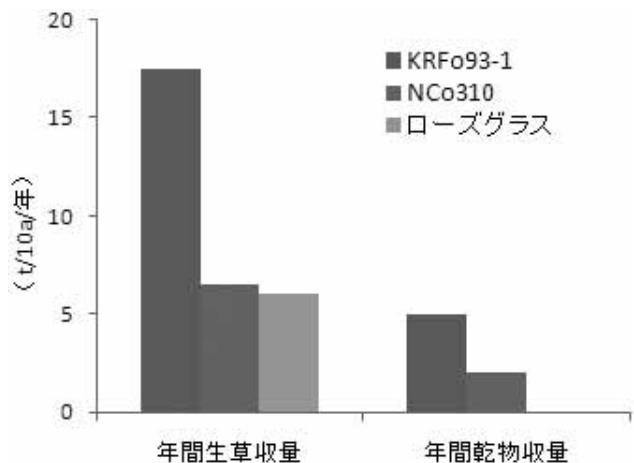


図2. 「KRFo93-1」の生草収量、乾物収量

*試験は九州沖縄農業研究センター(鹿児島県西之表市)で実施
*「NCo310」は「KRFo93-1」の種子親のサトウキビ品種
*ローズグラスは生草収量のみ記載

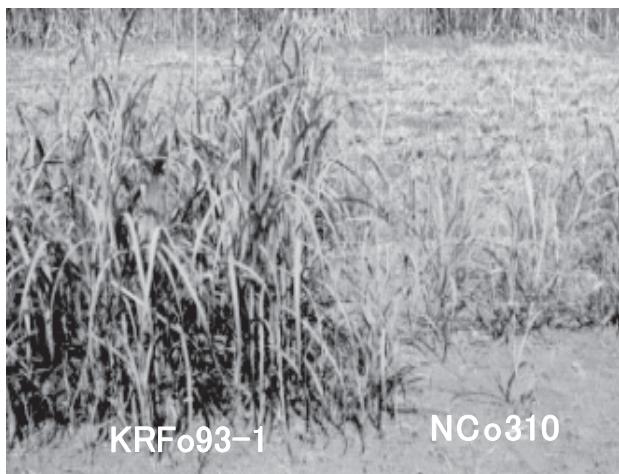


図3. 「KRFo93-1」の萌芽能力
※「NCo310」は「KRFo93-1」の種子親のサトウキビ品種

「KRFo93-1」はサトウキビの重要病害である黒穂病抵抗性が“中”であるため、黒穂病の発生していない鹿児島県熊毛地域や九州南部の無霜地帯を対象として普及を進めている。

なお、「KRFo93-1」は糖度が低く、纖維分も高いため、製糖用としての利用には全く適さないことを注意しておきたい。

(2) 栄養特性

「KRFo93-1」の化学成分はソルガム（乳熟期）や稻わらと同程度であり、ローズグラスと比較すると、粗タンパク質が低い（表1）。このため、ローズグラスの代替として「KRFo93-1」を給与する際には、粗タンパク質が不足しないように飼料設計に留意する必要がある。なお、「KRFo93-1」のTDN（可消化養分総量）はおよそ50～55%であり、細断型ロールベーラを利用して高品質のサイレージに調製することもできる（図4）。青刈り、サイレージとともに、繁殖親牛や子牛に給与した際の嗜好性や採食性は良好である。

「KRFo93-1」の利点として以下の2点を紹介したい。飼料作物の硝酸態窒素の濃度が高いと、牛



図4. 「KRFo93-1」のコーンハーベスターでの収穫の様子
※図中左の機械はサイレージ調製する細断型ロールベーラ

の硝酸塩中毒の原因となることから0.2%という上限値が設けられている。「KRFo93-1」を含むサトウキビは硝酸態窒素の蓄積が少ない特性を有するため、硝酸塩中毒の心配がなく給与できる。

また、適期収穫は作物栽培の基本であるが、天候などの影響を受け、農業現場ではしばしば刈り遅れが生じる。「KRFo93-1」は生育が進むにつれて纖維の消化性は低下するが、茎の糖蓄積が増加することから、栄養価がほぼ一定となる。このように栄養価の変動が小さいため、収穫適期幅が広く、収穫時期の設定の自由度が高い。

(3) 栽培体系および収穫方法

製糖用品種は年1回収穫を基本に栽培されるが、「KRFo93-1」を年1回収穫で栽培すると、生育が旺盛なため長大化して乱倒伏が著しく、収穫作業が困難となる。そこで、多収と高い作業性を両立する新しい栽培法として、1作の栽培期間を短くした年2回収穫での栽培を推奨している。製糖用品種「NiF8」は年2回収穫で乾物収量が低下するが、「KRFo93-1」は株再生後の生育初期および低温期における茎伸長が旺盛なことから、年2

表1. 「KRFo93-1」の化学成分（生草乾物中）

	粗タンパク質 (%)	粗脂肪 (%)	NFE (%)	粗纖維 (%)	粗灰分 (%)	NDF (%)	ADF (%)
KRFo93-1	4.3	1.7	50.3	35.0	8.7	65.8	39.3
ソルガム	6.7	1.7	55.4	30.0	6.3	57.1	38.3
稻わら	5.4	2.1	42.8	32.3	17.4	63.1	39.2
ローズグラス	13.4	2.7	40.9	32.8	10.2	65.1	38.7

KRFo93-1以外の値は、日本標準飼料成分表（2001年度版）より引用

ソルガム：乳熟期・生草、稻わら：乾草、ローズグラス：1番草・出穂期・生草

NFE：可溶性無窒素物、NDF：中性デタージェント纖維、ADF：酸性デタージェント纖維

回収穫でも年1回収穫と同程度の高い乾物収量が得られる。

現在、生産現場での「KRFo93-1」の収穫は、草払い機などを利用した手刈り収穫のほか、栽培面積が大きい農家ではトウモロコシの収穫機であるコーンハーベスターが導入されている（図4）。年2回収穫の栽培では、草姿が直立であり、収穫作業の機械化適性も向上する。

近年、南西諸島では製糖用サトウキビの収穫機であるケーンハーベスターの普及が進んでいる。ケーンハーベスターの稼働は収穫期間（12月～翌年4月）に限られ短い。ケーンハーベスターを製糖用、飼料用で双用化できれば、稼働期間が拡張し収穫コストを低減できる。現在、研究プロジェクトによりケーンハーベスターの双用化に向けた利活用モデルの構築を進めている。

3. 飼料用サトウキビの今後の展開方向

サトウキビの重要な病害である黒穂病は、一度感染すると株を再生させても罹病株として残る。このため、株出し栽培を長期間継続させる飼料用サトウキビにとって、黒穂病抵抗性は付与すべき重要な特性である。

「KRFo93-1」は黒穂病抵抗性が“中”であり、黒穂病発生の懸念から、鹿児島県奄美地域、沖縄県での普及を見合わせてきた。しかし、奄美以南地域で栽培可能な黒穂病抵抗性の品種育成に取り組んだ結果、黒穂病抵抗性が“強”でローズグラスの約2倍の多収となる新品種「しまのうしえ（旧統名KR98-1003）」の育成に至った。「KRFo93-1」と「しまのうしえ」の育成により、奄美以南地域を含む南西諸島全域で飼料用サトウキビを活用する体制を構築できたため、今後の南西諸島でのより一層の普及を進めていきたい。

4. おわりに

冒頭の繰り返しとなるが、南西諸島農業の基幹はサトウキビ作、畜産、園芸であり、それぞれが高度に連携することで、南西諸島農業の持続的な発展が実現できる。飼料用サトウキビは、高い生産力により限られた耕地を最大限有効に活用することや堆肥の還元をとおした耕畜連携への貢献が期待される。さらに、ケーンハーベスターなど製糖用サトウキビ作の機械や施設を共用化することにより、より高度な連携が実現できる。今後は飼料用サトウキビを通じて、畜産の発展はもとより、耕畜連携の強化により南西諸島農業の持続的発展に寄与する研究開発を実施したい。

参考文献：

- 境垣内岳雄・寺島義文 2008. 飼料用サトウキビ「KRFo93-1」の育成と普及に向けた研究展開. 農業技術63: 24–29.
- Ishikawa, S., S. Ando, T. Sakaigaichi, Y. Terajima and M. Matsuoka 2009. Effect of high nitrogen application on the dry matter yield, nitrogen content and nitrate-N concentration of sugarcane. Soil Sci. Plant Nut. 55: 485–495.
- Suzuki, T., T. Sakaigaichi, Y. Terajima, M. Matsuoka, Y. Kamiya, I. Hattori and M. Tanaka 2010. Chemical composition and in situ degradability of two varieties of sugarcane at different growth stages in subtropical Japan. Grassland Sci. 56: 134–140.
- 境垣内岳雄・寺島義文・松岡誠・寺内方克・服部育男・鈴木知之・杉本明・服部太一朗 2010. 株出しでの年2回収穫体系における飼料用サトウキビ品種KRFo93-1の生育および収量. 日作紀79: 414–423.
- 樽本祐助編 2007. 種子島における畜産経営の飼料生産および調製・利用実態の解明. 九州沖縄農業研究センター研究強化費報告書 40–60.

奄美以南地域向け飼料用サトウキビ新品種「しまのうしえ」の育成

(独) 農業・食品産業技術総合研究機構 九州沖縄農業研究センター
作物開発・利用研究領域 境垣内岳雄

1. 開発の背景

我が国初の飼料用サトウキビ品種として「KRFo93-1」を育成したが、サトウキビの重要病害である黒穂病発生の懸念から、鹿児島県奄美以南地域での普及を見合わせてきた。奄美以南地域でも自給飼料基盤の強化が喫緊の課題であることから、新しい品種の育成に取り組んだ。その結果、黒穂病抵抗性に優れ、多収となる飼料用サトウキビ新品種「しまのうしえ」を育成したので、以下に特性を紹介する。

2. 「しまのうしえ」の品種名について

本品種は「島の牛のエサ」として広く使われ、「島の牛の恵」になるように願って、「しまのうしえ」と命名した。

3. 「しまのうしえ」の来歴・特徴

- (1) 黒穂病抵抗性に優れる製糖用品種「NiF8」を母親、乾物収量が高く、再生草の生产力の高い「KRSp93-26」を父親として、1998年に交配して育成した品種である(図1)。
- (2) 黒穂病抵抗性は「NiF8」と同程度の“強”であり(表1)、抵抗性が“中”的「KRFo93-1」よりも優れる。
- (3) 種子島および徳之島における乾物収量は「KRFo93-1」と同程度で、年間あたりローズグラスの約2倍の高い収量が得られる。(図2)
- (4) 栄養価を示すインビトロ乾物分解率は「KRFo93-1」と同程度である(データ略)。子牛や乳牛への給与も可能であるが、特に、繁殖雌牛の粗飼料としての利用に適する。

4. 今後の期待

奄美以南地域において「しまのうしえ」が活用されることにより、牛のエサ不足が解消され畜産

経営が改善されることはもとより、製糖用サトウキビなどとの耕畜連携を進めることにより、南西諸島農業の高位安定化を実現する架け橋になることを期待する。



図1. 「しまのうしえ」の草姿
1) 種子島での株出し2回目の草姿(2010年8月19日)。

表1. 「しまのうしえ」の黒穂病検定結果

品種名	発病株率 (%)	判定
しまのうしえ	10.0	強
NiF8	8.1	強
NCo310	82.0	極弱

1) 検定は有傷接種法で実施した。

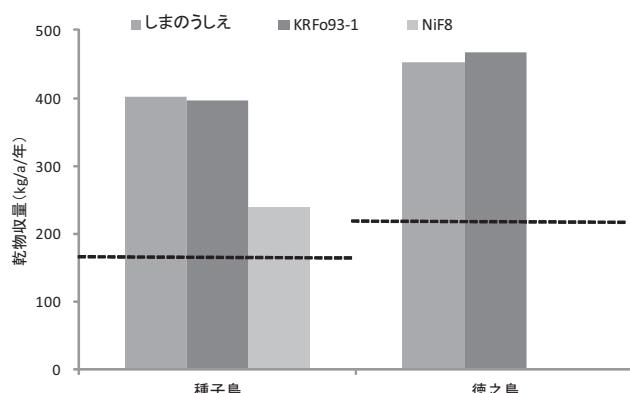


図2. 「しまのうしえ」の乾物収量
1) しまのうしえ、KRFo93-1、NiF8は年2回収穫体系で栽培した2年間の平均値(合計4回収穫)。
2) 破線はローズグラスの乾物収量(乾物率を25%と仮定して、文献資料の値から算出)。

さとうきび原原種の生産・配布

(独) 種苗管理センター沖縄農場 德永 國男

1. はじめに

さとうきびは砂糖の原料となる熱帯・亜熱帯産の作物で、台風や干ばつの多い鹿児島県の島嶼部や沖縄県においては代替え困難な基幹作物になっており、平成22年の栽培面積では鹿児島県の島嶼部で耕地面積の46% (12,300ha)、沖縄県では耕地面積の48% (18,900ha) となっています。

国は、これらの地域を昭和39年から甘味資源作物特別措置法によりさとうきび生産振興地域に指定し「農業経営の改善と農家所得の安定、砂糖類の自給度の向上及び甘味資源に係る国際競争力の強化に資する」ことを目的としてその振興を図ってきました。

さとうきびは種子により増殖させることが困難であることから、栄養体繁殖により種苗を確保し増殖していかなければなりません。しかし、畑で栄養体繁殖を繰り返すと、苗を媒体として一般的な防除法では防除できないウイルス病や細菌病が増加し、農家栽培で反収の減少などの影響がでることがあります。このため、生産力を安定させるためには、これらの病気に罹病していない優良種苗を農家に安定的に供給することが生産振興の基本となります。

そこで国は、この病気にかかっていないさとうきびの種苗供給の大元となる「さとうきび原原種農場」を昭和40年に鹿児島県種子島に設立し、さ

さとうきび種苗の増殖体制と分担

増殖の段階	分担機関
新品種育成	国・県等の育種機関
↓	
原原種生産 (=原種ほ用種苗の生産)	種苗管理センター鹿児島農場、沖縄農場
↓	
原種生産 (=採種ほ用種苗の生産)	鹿児島県、沖縄県
↓	
採種 (=原料ほ用種苗の生産)	各県の市町村等
↓	
(原料ほ)	(原料生産農家)

近年のさとうきび原原種の配布量

単位：本（2節苗換算）

	鹿児島農場		沖縄農場		計		
	春植え用	夏植え用	春植え用	夏植え用	春植え用	夏植え用	合計
平成12	627,167	660,000	312,300	999,120	939,467	1,659,120	2,598,587
13	617,125	604,920	287,700	1,136,800	904,825	1,741,720	2,646,545
14	517,495	567,562	379,500	862,320	896,995	1,429,882	2,326,877
15	588,150	520,700	261,900	1,006,320	850,050	1,527,020	2,377,070
16	588,400	638,400	581,700	1,060,080	1,170,100	1,698,480	2,868,580
17	763,100	594,900	287,200	1,060,800	1,050,300	1,655,700	2,706,000
18	450,650	573,550	559,200	1,039,200	1,009,850	1,612,750	2,622,600
19	483,290	559,430	517,800	909,300	1,001,090	1,468,730	2,469,820
20	487,790	388,780	512,700	997,800	1,000,490	1,386,580	2,387,070
21	447,500	325,050	549,000	939,900	996,500	1,264,950	2,261,450
22	413,400	359,550	550,500	925,800	963,900	1,285,350	2,249,250

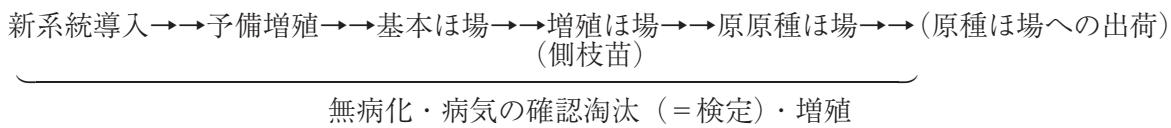
らに沖縄県においても昭和53年に「沖縄さとうきび原原種農場」を設置し、国と県と市町村等による、原原種－原種－採種の3段階組織による種苗増殖体系を整備して、健全無病で優良な種苗の普及を推進し、反収增加の面で効果を出してきました。

甘味資源作物特別措置法は平成18年に廃止になりましたが、南西諸島におけるさとうきびの重要性は変わらず、また、その種苗の生産の大元となるさとうきび原原種もまた以前と変わらず重要なものであり、現在も独立行政法人種苗管理センターの鹿児島農場と沖縄農場がさとうきび原原種の生産農場としてその役割を担い供給を行っています。

2. 原原種の生産体制

さとうきびはその茎を種苗するために繁殖率が年間で約10倍程度と低く、かつ、一度種苗伝染性病害に罹病したものは病害防除が難しいことから、導入・予備増殖の段階で増殖の基本となる健全無病な基種を作出確保して、その後、基本ほ場→増殖ほ場→原原種ほ場において増殖し、増殖の段階ごとに徹底した病気の検査(=検定)による淘汰と万全を期した感染防止対策をとりながら量の確保を図っています。また、種苗の持つべき品質として、品種特性の保持と発芽性に優れた能力が求められることから、栽培期間を通じた肥培管理や観察、病害虫防除の徹底と収穫時の選別に留意しています。なお、新品種の早期普及に当たっては育種機関での奨励品種検定試験段階から導入し、温湯消毒等の各種方法による無病化後、特性の調査や予備増殖を行っており、配布申請があればすぐに一定量を配布開始できるように準備しています。

さとうきび原原種の増殖体系図



3. 対象となる主要病害の検定と防除法

ア モザイク病

病原はウイルス (*Sugarcane mosaic virus* 及び *Sorghum mosaic virus*) で、健全株への伝搬は、主にアブラムシによって媒介され、一度感染した株では農薬等で完治することなく、罹病株から採苗した種苗ではほとんどが発病するとともに感染源となります。

被害としては、生育時の感染では比較的影響は少ないので、罹病種苗を用いたり、株出し栽培においては発芽・萌芽の遅れや生育不良となって茎数及び茎長への影響がみられ、被害程度としては10%程度の減収があるものと思われます。

農場における検定手段及び防除法については、新導入品種・系統の予備増殖や既存の配布品種の基本ほ場については、肉眼による健病の判定とELISA検定(抗原抗体反応法)を実施し潜在感染株の検出や無病化の確認を行っているほか、場用種苗の生産においては網室による施設栽培とし、媒介虫の有翅アブラムシから隔離するとともに、定期的な薬剤散布を実施するなど徹底した感染防除を図っています。

また、配布種苗の生産ほ場については露地栽培となることから、生育期間を通して10~12回のほ場での肉眼判別を行い、発病があった場合は新たな感染源とならないよう罹病株の早期抜き取りを行っているほか、適期の薬剤によるアブラムシ防除を行い感染防除に努めています。

イ わい化病

病原は細菌 (*Leifsonia xyli* subsp.*xyli*) で、健全苗・株への伝搬は主に刃物等による汁液伝染で、極めて感染力が強くモザイク病同様一度感染した株では農薬等で完治することなく、罹病株から採苗した種苗では全てが発病するとともに、収穫や調苗時等に刃物等を介して感染源となります。

病徵としては、外観上の変化ははっきりしなく、成熟茎下部の節下部を鋭利な刃物で切断すると維管束部に僅かの変色（赤褐色）が認められるのみであるため、生育中の健病判定は困難です。

被害としては、新植時やさとうきびの生育に適した環境下では影響が少ないようですが、病名（英名：Ratoon stunting Disease ≠ 株出し・障害・病）にもあるように、株出し栽培において干ばつ等の不良環境下では茎数、茎径、茎長にかなりの影響が及ぶとされており、被害程度としては10%を超えるものと思われます。

農場における検定手段及び防除法は、導入品種・系統についてはPCR法による検定によって罹病の有無を確認し、罹病種苗にあっては組織培養や温湯消毒（50℃で2時間処理）によって健全化を行うとともに、健全化の確認までガラス室での隔離栽培としているほか、健全種苗についても種苗生産への影響を考慮し、万全を期すため同様に温湯消毒を実施しています。また、配布品種の元種となる基本ほに植え付けする種苗においても、温湯消毒を実施しています。さらに、種苗の収穫時には品種や畑が変わることに刃物を消毒しています。

ウ 白すじ病

病原は細菌 (*Xanthomonas albilineans*) で、健全苗・株への伝搬は刃物、野鼠、害虫による食害等による伝染で、一度感染した株では農薬等で完治することなく、罹病株から採苗した種苗で発病するとともに、収穫や調苗時等に刃物等を介して感染源となります。

病徵としては、葉に一本または数本の白色の条班が、葉の基部から葉先まで現れます。また、種苗伝染したものが生育初期に発病すると葉全体が白くなり、株は枯れてしまいます。NiF4が感受性品種とされており、この品種の血統をひく品種は注意が必要です。

被害は、乾燥地や未熟畑で発生が多いとされており、発生が多いと欠株となり減収します。

農場における検定手段及び防除法はわい化病とほぼ同じですが、ほ場においては白すじ病の特徴的な症状の一つとされる白線（ペンシルライン）

が現れたときに極力発見し、株を掘り起こしてほ場の外に出して焼却するようにしています。特に感受性の高い品種には注意を払っています。

エ 黒穂病

病原は糸状菌 (*Ustilago scitaminea*) で、罹病株から抽出する鞭状物から胞子が飛散し、種苗の芽子及び立毛キビの側芽芽子に接触した場合、胞子から発芽した菌糸が進入して伝染するとされています。したがって、鞭状物抽出盛期に芽子が露出しやすい株出しや夏植えでの感染が多いようです。また、感染した芽子が種苗として用いられた場合、植え付けほ場での発病となり新たな感染源となります。

病徵としては、細茎の叢生と細身の葉身がやや立葉を呈した後、穂ばらみ状となり病名の由来となる黒穂状の鞭状物を抽出します。

被害としては、極めて細茎化することと鞭状物を抽出した茎が枯死に至る場合が多いことから、発病株からの収穫は著しい減収となります。

農場における検定手段及び防除法については、ほ場の見回りによる罹病株の早期発見淘汰に努めるとともに、周辺農家ほ場の罹病株の鞭状物抽出最盛期を中心とした殺菌剤の散布によっています。

オ その他の一般病害虫の防除

原原種生産の安定と種苗品質の向上には一般病害虫の防除も重要となり、薬剤を主体とした直接的防除を月一回以上の頻度で行うとともに、輪作による土壌病害虫の密度低下等の間接的防除にも努めています。

4. 原原種の配布

原原種の配布については、鹿児島農場は、主に鹿児島県の南西諸島のさとうきび生産振興地域を配布対象とし、沖縄農場は沖縄県全体を主な配布先としていますが、台風等の気象災害で片方の農場が被害を受けた場合は一方の農場から補完するようにしています。

種苗としてのさとうきびは、大型で繊細なことから重労働かつ細心の注意を必要とします。特に

芽子は脆弱で、収穫及び配布時の出荷・荷受け作業時に損傷を受けやすく、また、苗を収穫してから植え付けるまでの期間が長すぎた場合などは不発芽の要因となりやすいものです。このため、配布に当たっては種苗の取り扱いを丁寧にすることや、極力新鮮種苗での配布とするため、荷受け者と連絡を密にし、現地の原種ほのほ場条件や台風襲来期の気象情報、並びに輸送船便に合わせた出荷調整等への配慮が必要となります。

さらに、前述したようにさとうきびは増殖率が低く、かつ原原種の増殖では基本ほ場→増殖ほ場→原原種ほ場と段階的に増殖しているため急激に増殖することができません。このため、特に新品種においては需要が急に増加し農場の生産計画を上回り、結果的に配布先が希望する数量に足りなくなる場合もあります。したがって、生産計画作成時には各地域の品種需要を的確に反映させるよう県等と十分に話し合いを行うとともに、市町村や原種栽培農家、製糖工場などからの情報も収集し、品種動向の把握に努めるなど、極力需要に応じた生産となるよう努力しています。

5. おわりに

健全無病でかつ毎年安定した原原種苗の生産・配布を行っていくことがさとうきび原原種生産農場に課せられた使命であると認識していますが、

夏・秋期の台風・干ばつ、冬・春の季節風や低温など、とかく自然環境下では気象が生産へ大きく影響します。また、気象災害が少ない年であっても、節間の伸び過ぎ等は倒伏を招きます。風や伸びすぎによる折損や湾曲はそれらに伴う側枝の発生、薬剤散布やほ場見回り、病株抜き取り作業等の障害となるとともに、ヨトウムシ類やカメムシ類等の害虫の発生につながります。このような障害による減収、低品質化を極力避けるため、ほ場管理を含め生育期間を通じ心配事が絶えません。

また、農場では、植え付け適期と収穫・配布の時期が競合しており、機械化による作業の効率化が望まれていますが、種苗の持つ特性上困難なことが多いことから、繁忙期には人海戦術で対応せざるをえなく、その労力確保も課題となっています。

以上、原原種生産の過程や種苗生産が故の苦労を列挙してきましたが、職員の日々の努力が実り、さとうきびを巡る厳しい情勢の中で生産性の向上に貢献するためには、鹿児島、沖縄両県を始め種苗供給体系にかかる関係者の皆様のご支援とご理解が不可欠と考えられます。農場としても関係者の皆様との連絡を密にし日頃より忌憚のないご意見、ご要望を賜りながら、より高品質の原原種生産配布のために、今後ともなお一層の努力を継続して参ります。

種子島におけるマルチ栽培と持続的株出しに向けた新たな展開

鹿児島県農業開発総合センター熊毛支場 作物研究室長 上野 敬一郎

1. はじめに

種子島は製糖用サトウキビ栽培の北限に位置するが、さとうきび増産プロジェクトの推進により、平成20年以降の栽培面積は回復基調で2,500haを上回っている。また、台風等の気象災害が少ないことも好影響として、21/22年期の生産量は20万tを越えた。このような安定した生産は、春植え・株出し栽培体系の確立、保水性が高く腐植に富んだ黒ボク土壌、恵まれた降水量に加え、生産者による入念な管理作業によって支えられている。その中で、畑地の約半分が降霜地帯である種子島は、冬期の寒さをしのぎ、萌芽と初期生育を確保するマルチ栽培が行われ、サトウキビの安定生産に大きく寄与している。

ここでは、種子島における現在のサトウキビ栽培管理の現状と問題点を通じ、持続的な安定生産に向けた対応策と今後の展開について紹介する。

2. 現状と問題点

(1) 栽培型

サトウキビの栽培は、収穫期間中に植え付ける「春植え栽培」と生育期間に植え付ける「夏植え栽培」に大別され、収穫後の株から萌芽させる「株出し栽培」と組み合わせて生産が行われている。種子島では、栽培面積の約3割が春植えによる新植栽培で、株出し栽培を2回行って3年耕作後に植え替える「春植え-株出し」の栽培体系が確立している。夏植え栽培は冬期の低温や降霜により生育の停止や障害を受けやすいため、栽培面積の1~2%にすぎない。

冬期の低温を克服する方法として、從来からマルチ栽培が行われてきた。マルチ（透明）の被覆により地温が2~5℃

上昇するため、降霜地帯に限らず、低温の弊害を回避し、奄美以南の温暖な気候を種子島で実現する方法として、マルチ栽培は効果的で重要な技術である。

マルチにより発芽・萌芽の促進、茎数の増加、初期生育の促進効果があり（図1）、約3割収量が増える。このようにマルチの効果は周知されているものの、高齢化による労働力の減少や収穫作業との競合、資材費の上昇や除去作業・処分費の負担が必要となり、マルチ利用率は低下している。近年の利用率は、春植えで6割、株出して2割程度となっており、収量の低下につながることが懸念されている。

(2) 株出し管理

株出し管理とは、「株揃え」→「根切り・排土」→「肥料・殺虫剤・除草剤散布」といった作業に加え、種子島ではその後のマルチ被覆までの一連の管理作業を示す。「株揃え」は、収穫後の株を地表面で刈り揃え、株上がりや倒伏を防ぎ、「根切り・排土」は、古い根系を切断し株の萌芽や新しい根の発達を促進する効果があり、安定生産に不可欠な管理作業である。



図1 マルチの有無と初期生育の違い（株出し栽培）

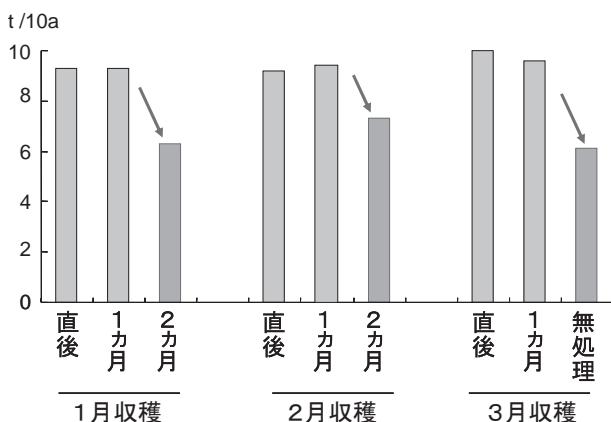


図2 種子島における収穫時期別、株出し管理時期と収量の違い (品種: NiF8、1回株出し栽培)

株出し栽培は、春植え（新植）栽培と比較して種苗費や調苗・植え付けにかかる労力や費用を必要としないことから、生産費は5～6万円/10a程度削減でき、省力・低成本化のカギと言える。また、株出し栽培の生産安定化には、収穫後1ヶ月以内の速やかな株出し管理作業が効果的で、株出し管理作業の遅れは、2～3割の収量低下につながる（図2）。近年では、株揃えから根切り排土、施肥等の作業を一行程で行う株出し管理機が普及し、省力化とともに早期の株出し管理が周知され、サトウキビの安定生産に寄与している。

しかし、この株出し管理機（文明：LC-TK）では根切り・排土作業をロータリーカルチで行うこ

とから、収穫残渣が圃場に残る状態ではロータリーパートに残葉がからみ、作業ができない。そのため、収穫残渣の多くは焼却処理されており（図3）、火災や事故の発生に結びついている。特に平成23年には死亡事故が2件発生し、地域をあげた早急な対応と取り組みが求められている（図4）。

さらに、ここ数年の傾向として、従来植え替えを行っていた、3回以上の株出し圃場を残す多回株出し栽培が増加している。これは、無マルチ栽培の増加と併せて、単収低下や生産量減少の要因となることが懸念されている。

（3）土壤の酸性化

平成21年、九州沖縄農業研究センター種子島さ

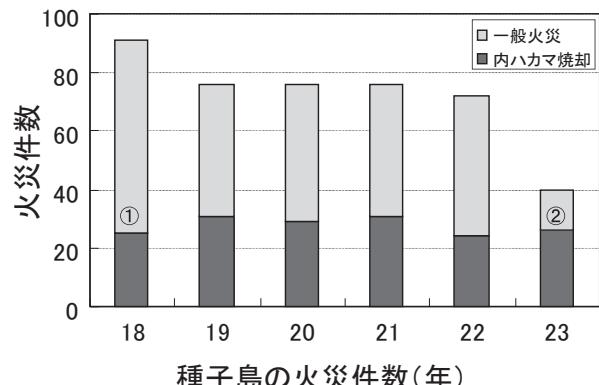


図4 種子島における年次別火災発生件数の推移
H23年は1～4月の累計数、○数：ハカマ焼きによる死者数



図3 ハーベスター収穫圃場の収穫残渣処理の現状と株出し管理作業

表1 種子島島内の土壤分析結果 (平成21年)

調査件数	pH5以下		石灰飽和度 ^{注)} の各レベル分布割合 (%)			
	件数	%	10%以下	10~20%	20~30%	30%以上
全体	200	64	32	44	24	11
サトウキビ	107	43	40	56	25	8
その他	93	21	23	30	22	12
						37

※その他：バレイショ（31件）、甘しお（23件）、飼料作（11件）、水稻（28件）

注) 石灰飽和度：土壤の陽イオン交換容量（土壤が吸着できる塩基の最大量）のうち、カルシウムにより占められる割合を%で示したもの。

とうきび試験地の協力を得て、種子島島内200カ所（サトウキビ耕作地：107カ所）の土壤診断を実施した。その結果、バレイショやサツマイモ、飼料作や水稻まで含めた島内圃場の3割がpH 5.0以下での酸性化の進行した土壤であり、サトウキビ圃場では全体の4割とさらに深刻な状況であった（表1）。そして、石灰飽和度とpHの間に高い相関が認められ、低pH域の大部分は石灰飽和度が10%以下で、土壤の酸性化が石灰成分の収奪や資材の未投入により生じていることが確認された。

一般的にサトウキビ栽培において、新植時には堆肥やリン酸資材の投入が行われるもの、ケイ酸石灰等の石灰資材の投入は一部でしか行われていない。これは、サトウキビが土壤の酸性化に耐性のある作物であることや、畑地の大部分は肥沃な黒ボク土であるため、これまで土壤診断等がほとんど行われていないこと、石灰資材の必要性に対する認識不足などが影響しているものと考えられる。加えて、株出し栽培では堆肥や土壤改良資材の投入が難しいこと、株出し回数や連作年数が増加し土壤養分の収奪が進行していることなども酸性化の要因となっている。

土壤の酸度は石灰資材の投入により矯正するが、併せて堆肥等の有機物投入によって土壤の緩衝力を上げることが重要である。肥料コストの高騰から、減肥や窒素単肥の施用例も増えているが、

施肥量の削減や成分のアンバランスは、土壤養分の収奪や枯渇、酸性化の助長につながり、持続的な生産には結びつかない。土壤酸性化に対しては、有機質や石灰の補給と、それに結びつく効率的な管理技術を含めて総合的に検討する必要がある。

3. 試験研究の概要と対応策

(1) 養分収支

現在、収穫残渣の土壤還元による地力維持効果について、土壤分析や植物体の吸収量から養分収支の解析を行っている。土壤の分析結果から、新植栽培後（1年作後）の土壤成分は耕作前とほとんど変わらないのに対して、株出し栽培後（2年作後）の土壤は各成分が減少し、収奪が進行していた（表2）。新植時には基肥・追肥に加え、植え付け前に堆肥を投入するが、堆肥中の主成分は1年で分解・吸収され、有機物の減少とともに各成分の収奪やリン酸の土壤への吸着・固定が進んでいることが伺え、これが2回株出し以降の収量低下要因と予想された。

一方、吸収量と投入量を比較すると、K, Mg, Caでは投入量以上の吸収が認められ、現状の施肥設計では毎年これらの成分の収奪が繰り返されることを示しており、土壤分析の結果を裏付けるものであった。また、残渣中の成分量は、吸収量

表2 耕作前・後の土壤成分の比較

年次	pH (H ₂ O)	全炭素 (%)	全窒素 (%)	硝酸態 窒素 (N mg/ 100g 乾土)	有効態 リン酸 (P ₂ O ₅ mg/ 100g 乾土)	交換性 カリウム (K ₂ O mg/ 100g 乾土)	交換性 カルシウム (CaO mg/ 100g 乾土)	交換性 マグネシウム (MgO mg/ 100g 乾土)
栽培開始前（堆肥散布前：2007年）	5.1	6.64	0.33	1.46	15.3	36.5	63.7	10.4
1年作（春植え）後（2008年）	5.1	6.66	0.32	1.15	15.6	34.1	-	-
2年作（株出し）後（2009年）	5.1	5.90	0.32	0.27	7.1	25.3	61.8	6.2

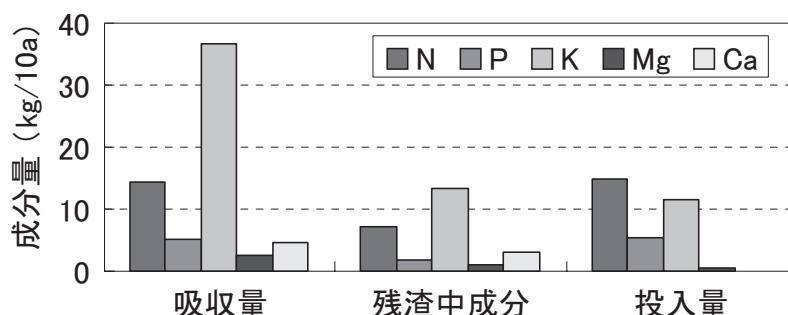


図5 各成分の吸収量および残渣中の成分量と投入量の比較
(NiF8: 株出し栽培、収量: 8 t/10a)

表3 収穫残渣を活用した株出し管理と作業時間

機械	機種	残渣 焼却 hr/10a	収穫 残渣 の有無	マルチ 被覆	株揃え hr/10a	根切り 排土 hr/10a	作業 時間 hr/10a
株出し管理機	LC-TK	1.5	無	可	1.0	—	2.5
中耕ローター	KM202K	—	有	不可	—	0.5	0.5
株揃え機	LC-OS	—	有	可	0.3	—	—
根切り・排土機	DK-1	—	—	—	—	0.3	0.6

の3～5割に達することから(図5)、地力向上や肥料節減、そしてサトウキビの持続的生産のために、収穫残渣の効率的な利用が不可欠といえる。

従来から、株出し栽培における堆肥や収穫残渣投入の有効性は示されてきたが、株出し管理時の労力やコストの上昇から、生産現場への普及の壁となっている。そのため、現状ではハーベスタ収穫後の残渣は焼却処理されており、有機物としての土壤への還元は少ない。

(2) 収穫残渣のすき込み作業機械

収穫残渣の土壤還元の作業機械として中耕ローター(コバシ: KM202K)を検討した。本機は中耕や培土の他、植え付け時の作条にも利用でき汎用性は高い。また、収穫残渣を畦間にすき込み、株出し管理の代替として活用でき、作業時間は従来の1/5と大幅に省力化できた(表3)。しかし、処理後の状況からマルチ被覆は不可能で、マルチ栽培を前提とした種子島では改善が必要であった。

そこで、株揃え機(文明: LC-OS)とディスクタイプの根切り排土機(文明: DK-1)による2行程処理での株出し管理を検討した。この方法では、作業時間が従来の1/4に省力化でき、残渣の土壤還元とマルチ被覆が可能な株出し管理が実現で

きた(表3、図6)。

現在、マルチ栽培での生育や収量、病害虫の発生程度などの調査を行い、この方法による株出し管理の実用性を検証している。これまでのところ、後述する石灰窒素の併用により、収穫残渣の土壤還元の有無で、株からの萌芽状況、初期生育における茎数や茎長、害虫の発生程度に差は認められず、実用性に問題のないことを確認している。

(3) 収穫残渣還元の効果

すき込みにより収穫残渣を土壤に還元する際、有機物の分解に窒素を必要とするため、養分の競合から窒素飢餓が発生し、初期生育に支障を来す。特に種子島では、奄美以南より地温が低く分解に時間がかかることから、窒素飢餓が顕著に現れる。この窒素飢餓は、石灰窒素(10～20kg/10a)を残渣と共に畦間に施用することで回避でき、初期生育の抑制は認められなくなった。

先に実施した無マルチ栽培でのすき込み試験では、石灰窒素(10kg/10a)を組み合わせたすき込み区の初期生育は持ち出し区と差がなく、2回株出し以降の収量はすき込み区が無マルチの通常管理区を上回っていた。また、土壤養分の収奪が進行する3回株出し(4年4作目)栽培では、すき込み区が最も旺盛で、生育量にも差が認められた



株揃え作業
(LC-OS)

根切り排土
(DK-1)

マルチ被覆

図6 マルチ被覆が可能な残渣すき込み法と各作業行程(ハーベスタ収穫: 2/13、管理作業: 3/1)



図7 収穫残渣処理の違いと生育差（3回株出し栽培、10月時点、KR98-1001）

(図7)。さらに、石灰窒素を組み合わせたすき込みにより、雑草抑制効果が認められており、害虫発生（カンシャコバネナガカムシ）も持ち出し区や焼却区と大差ないことから、同様に害虫密度の低下効果が期待できる。

このように、石灰窒素の施用により、分解促進による残渣からの養分還元に加えて、石灰成分の補充効果が期待できる。また、有機物が増加し土壌の緩衝力強化やリン酸成分を含めた肥効の向上がサトウキビの生育や収量に好影響を与えているものと考えられた。

(4) 対応策

以上のように、今回提案しているマルチ栽培に対応した収穫残渣のすき込み方法は、①火災や事故の抑制、②土壌の酸性化抑制、③高騰した肥料の節減対策、④養分収奪の抑制、⑤多回株出し栽培の安定化など、様々な問題に対応した効果が期待できる。

種子島では、本年から地域の行政・農協・製糖工場等が連携してハカマ（収穫残渣）焼き対策の検討を開始した。今回のすき込み方法のカギはディスクタイプの根切り排土機である。この機械をまず作業の受委託組織である農業振興公社や生

産者組織に導入して、省力と安全性の面から実証を行い、普及していくことを期待している。

4. おわりに

「すき込み」に堆肥投入（2 t/10a）と同程度の肥効があることは従来から示されてきたもの（徳之島支場試験成績）、早期株出し管理やマルチが必要な種子島では、機械化体系にそぐわず実用化には至っていない。ここに示した方法は、機械の組み合わせを代えることで「すき込み+マルチ栽培」を省力的に実現した。まずは、省力化と火災・事故削減といった即時的な効果を生産現場で実証・認識しつつ技術の普及を図る。そして、経年経過を含め解析に時間を要する有機物投入については、酸性化抑制や肥料節減、地力維持等の効果を検証し、明確化することで技術の標準化を図りたい。これらが、サトウキビの持続的な安定生産に結びつくことを期待している。

なお、ここで示した結果は、地域バイオマスプロジェクト1系および鹿児島県糖業振興協会の委託試験から得られた成果を活用した。この場を借りて、感謝申し上げる。

サトウキビ栽培における肥料の低減

沖縄県農業研究センター 土壌環境班長 久場 峰子

1. はじめに

なぜ今、施肥量の削減なのか？ 全国的な減肥ブームの背景には肥料価格高騰があり¹⁾、コスト削減が第一の目的であることは周知のとおりである。加えて、減肥を可能と判断するに足る圃場養分蓄積の実態が把握できたためである²⁾。特にリン酸とカリの蓄積量は著しく、取り分け減肥によるコスト削減に最も寄与できるリン酸施肥量を減らせるることは、生産者にとって願ってもないことである。

では、サトウキビ作でどの程度施肥量を減らせるのか、沖縄県のサトウキビ施肥基準設定試験の歴史を紐解きながら述べていきたい。

沖縄県ではサトウキビの施肥基準量を以下の手法で設定した。①土壌が本来持っている性質を反映する施肥履歴の無い下層土（造成畑）を用いた施肥試験により、最大施肥量を押さえる。②人的活動を受けた作土における施肥試験により最小施肥量を得る。③最大施肥量と最小施肥量の範囲で、経年的な施肥反応・養分吸収量・土壌化学性の変化・肥効率等の考察を加え、適正施肥量を求める。

表1 基準施肥量の変遷

土壌型	(年代)	単位 kg/10a									
		夏植え			春植え			株出し			
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
	旧基準(1963～1985)	25	15	14	17	11	10	20	12	11	
ジャーガル	1次改訂(1986～1992)	26	13	13	19	10	10	22	11	11	
	熟畑	26	10	7	19	8	5	22	9	6	
	造成畑*	30	15	8	23	15	6	15	15	7	
	旧基準(1963～1985)	31	17	22	22	12	15	25	13	17	
島尻マージ	1次改訂(1986～1992)	24	12	14	18	9	11	20	10	12	
	2次改訂(1993年)	24	8	8	20	6	6	22	7	7	
	旧基準(1963～1985)	37	50	26	26	35	18	30	40	21	
	熟畑	27	15	15	20	12	12	23	13	13	
国頭マージ	1次改訂(1986～1992)	造成畑* 1作	40	100	26	30	100	20	-	-	
	造成畑* 2作～	40	26	26	30	20	20	35	23	23	
	熟畑	27	12	12	20	10	10	23	11	11	
	造成畑* 1作	40	100	26	30	100	20	-	-	-	
	造成畑* 2作～	40	25	25	30	20	20	35	23	23	

*新開地扱いは6作程度を目安とする。

この手法を用いた5カ年の試験成果として、1986年に大幅な減肥を行った。その後、更なるリン酸・カリの減肥を反映した施肥基準2次改訂を1993年に行った。窒素に関しては増収を狙い施肥時期の改訂を加えたが、減肥は検討されていない。具体的な施肥量の推移を、表1にあげる。その後現在に至るまで、施肥基準の見直しはなされていない。これ以上の減肥は不可能と考えられるほど減肥したためである。なお対象品種は時の主流品種NCo310である。

2. 沖縄県の土壌

多くの場合、肥料は土壌に施されるため、肥効はその施用される土壌によって異なるであろうことは、容易に予想し得る。そこで沖縄県に分布する代表的な3土壌の特徴について、概略を記す。それらは、国頭マージと呼ばれ中北部や久米島、石垣島の丘陵地に分布する風化の進んだ強酸性の赤黄色土（県土の約55%を占める）、石灰岩台地上に分布する中性の暗赤色の島尻マージ（30%）、中南部の小起伏丘陵地に広く分布する灰色でアル

カリ性のジャーガル（10%）である³⁾。土壌化学性のみで肥沃度を語ることはできないが、一指標として、表2に各土壤型の化学性を示す。一般的にジャーガルが最も高く、次いで島尻マージ、国頭マージは本県土壤中最も瘠薄な土壌と認識されているが、化学性からもその傾向は観える。したがって、国頭マージの造成畑における施肥試験

表2 主要土壤の化学性

土壤型	腐植 %	pH (H ₂ O)	T-C %	T-N %	CEC me/100g	交換性塩基 Ca Mg K Na			T-P ₂ O ₅ mg/100g		
						me/100g	Ca	Mg			
国頭マージ 作土	1.8	4.9	1.03	0.09	10.6	2.2	0.39	0.18	0.20	28	906
	下層土	0.5	4.8	0.30	0.06	8.8	1.6	0.37	0.07	0.31	26
島尻マージ 作土	2.3	7.1	1.30	0.14	18.4	22.7	1.48	0.38	0.41	136	817
	下層土	1.5	7.2	0.10	0.11	17.8	10.7	1.35	0.17	0.35	71
ジャーガル 作土	1.9	7.5	1.08	0.13	22.6	45.1	2.51	0.39	0.34	214	553
	下層土	1.0	7.9	0.50	0.08	21.1	49.1	2.88	0.21	0.37	249
											137

で最大施肥量が、ジャーガルで最小施肥量が得られるであろうことは想像に難くない。

3. リン酸

1) 造成畑

リン酸の施肥効果は、植物に利用されるリン酸(有効態リン酸)含量の指標として日本で広く利用されている Truog リン酸が殆ど無い国頭マージ造成畑と、島尻マージの下層土を用いたポット試験でのみ見られた。1970年代は国頭マージにおけるリン酸多投の必要性が指摘され、熟畑でも毎作50kg/10a もの施用が推奨されていた⁴⁾。風化の進んだ土壤である国頭マージは、アルミニウムや鉄の酸化物が多量に含まれ⁵⁾、それらにリン酸が固定され植物体が吸収できないため、このような多量施用が推奨されていたのである。確かに、造成後初作時は80~100kg/10a の多投が必要であった(図1)。過石として約500kg、25袋である。そうすることで Truog リン酸皆無の土壤が、10mg/100g まで引き上げられるのである。しかし、その後毎作80kg/10a も施用する必要はなく、残効が少なくとも3作はあった(図2)。別試験で初作時に80kg/10a 施用後、2作目から25kg/10a の施用を繰り返すことにより14mg/100g まで増加し、収量レベルは保たれることを確認している。この造成畑における結果から、熟畑におけるリン酸の施肥量は、25kg/10a を越える必要の無いことが推察される。島尻マージでは Truog リン酸 5 mg/100g の下層土で初作に 15kg/10a の施用が必要であった(図3)。

島尻マージの結果は1/2000a ポットという根域制限条件で得られたため過小評価された可能性もあるが、この下層土の結果から、熟畑では 15kg/10a 以上の施用は必要ないことが明らかである。ジャーガルではアルカリ性土壤における有

効態リン酸とみなされている Olsen リン酸含量が0.5 mg/100g と低いにもかかわらず、施肥効果は無かつた(図4)。Olsen リン酸含量は50% 減肥12kg/10a の5作施用で1.3mg/100g

まで増加した(図5)。通常アルカリ性土壤では Ca とリン酸が結合し、植物が吸えないと言われていたが、サトウキビにとって Ca 型リン酸は充

収量 t/10a

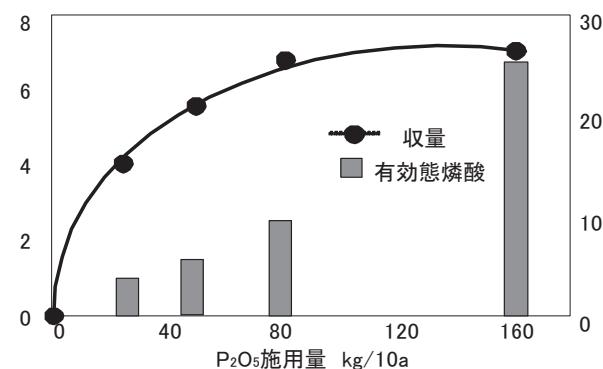


図1 国頭マージ造成畑におけるリン酸施肥反応と有効態磷酸

収量指標 %

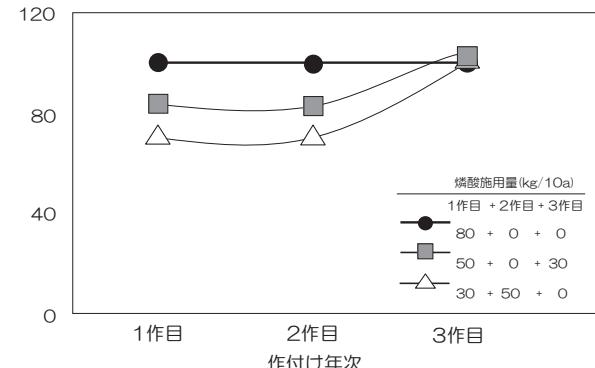


図2 国頭マージ造成畑における施肥リン酸の残効

収量 g/pot

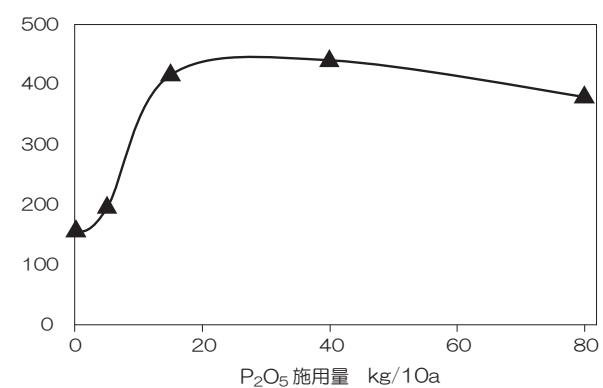


図3 島尻マージ下層土における磷酸施肥反応

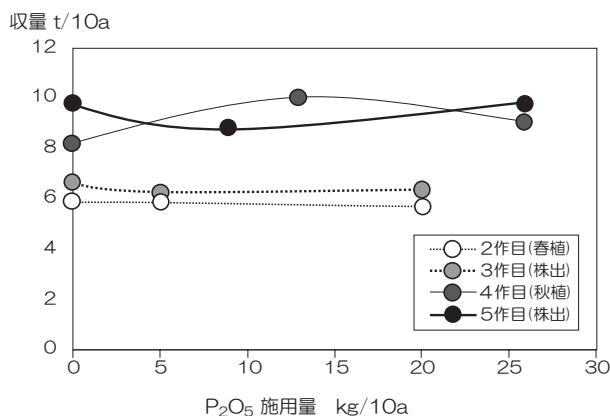


図4 ジャーガル造成畑における磷酸施肥反応

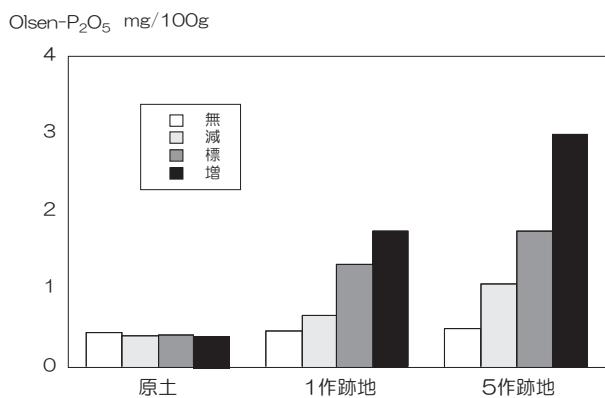


図5 ジャーガル造成畑における有効態磷酸の変化

分有効態と考えられる。よってジャーガル熟畑におけるリン酸施用適量は、自ずと12kg/10a以下になり得ることが予測できる。

2) 熟畑

熟畑におけるリン酸の効果は、3土壤型全てにおいて、試験実施期間中(5作)見ることはなかった。リン酸無施用を5作続けた圃場の有効態リン酸含量は、国頭マージで25.5mg/100gが23.5mg/100gへ微減、島尻マージでは11.5mg/100gと増減がなかった。サトウキビ地上部によるリン酸吸収量が、最も多く吸収された熟畑夏植えで約6~8kg/10aであることを考慮すると、当時の施用量は全体的に多すぎると判断された。サトウキビが吸収する量を供給でき、かつ土壌にわずかに蓄積されると考えられる最低限の量とし、現行の基準量は8~12kg/10aとなっている。この量は試験開始当時の基準量18~81kg/10aの55~85%減に相当する。リン酸は一度リン酸吸収座が飽和されると、土壌粒子とともに流出しない限り、植物に持ち去られる量以上に施用されたリン酸は蓄積にまわると考えられており、現在あ

るリン酸蓄積は、3要素の中で最も高価なリン酸を備蓄してくれた先人の努力の賜物と考え、今後はそれらを活かした施肥を考える時代になるものと考える。

以上リン酸肥効試験結果の概要を表3にまとめた。

4. カリ

初作におけるカリの施用効果は、島尻マージの下層土を除いて見られなかった(図6)。ジャーガルにいたっては施肥履歴のない造成畑でも、9作施用効果がなかった。その間カリ施用の有無に関わらず、植物が利用可能なカリの指標として用いられる交換性カリ含量は増加した。

興味深いのは、国頭マージのカリに対する反応である。作物が容易に吸収できる交換性カリを3mg/100gしか含まない土壌でも、4作まで無カリ栽培が可能という試験結果であった(図7)。カリ供給能指標としての交換性カリ含量の評価を巡っては諸説あるため、原土の非交換性カリ含量も測定した結果、17.6mg/100gであった。作土層を

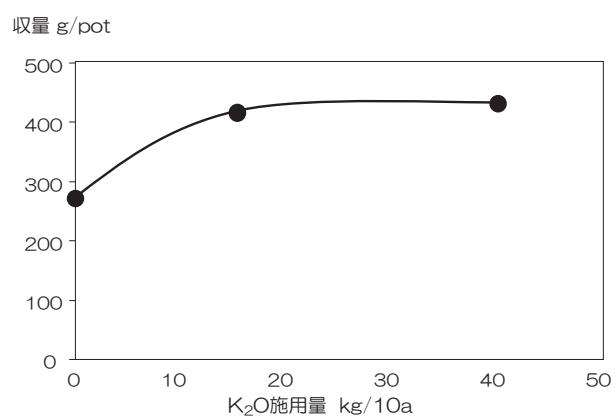


図6 島尻マージ下層土におけるカリ施肥反

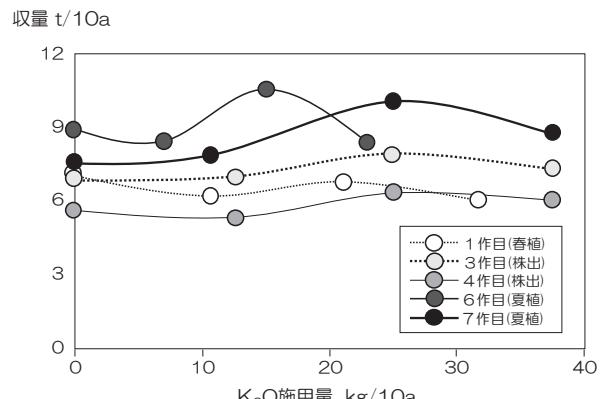


図7 国頭マージ造成畑におけるカリ施肥反応

30cm として計算すると、10a 当たり 67kg のカリを含んでいることになる。この値を無カリ栽培によるカリ吸収量 15kg/10a で割り、国頭マージのカリ供給能を試算したところ、「約4.5作分」という結果を得た。このことは、4 作の間施肥反応が見られず、5 作目に若干の収量減を生じたことと符合する。よって可給態カリ評価に、濃硫酸抽出による非交換性カリの測定が有効と考える。ちなみにその土壌は 3 t/10a の全 K₂O を含んでいた。

ジャーガルでは 5 割減肥でも交換性カリ含量は増加しており、粘土粒子の珪素四面体層に NH₄ や H₂O と同様に多く存在する K が、徐々に溶出してくるものと考えられる。島尻マージの下層土を用いたポット試験結果では 15kg/10a を必要としたが、リン酸と同様に過小評価の感を拭いきれない。

以上の結果を受け、カリもかなり減らせるものと考えた。では基準施肥量は？カリは贅沢吸収をするため、サトウキビが吸収する量から推測することは困難である。そこで、カリ標準量施用と無施用との間で交換性カリの変化量の大きかった島尻マージの結果から（図 8）、無カリ栽培 1 作当たりで消費される交換性カリ 1.67mg/100g が標準量栽培 1 作当たりで消費される量に占める割合を求め、約 50% 減の 5 ~ 12kg/10a とした。以上カリ肥効試験結果の概要を表 3 にまとめた。

5. 窒素

窒素の減肥は手ごわい。施肥量については試験開始 1 作目こそ島尻マージにおいて施用効果がなかったが、押しなべて当時の基準量程度が適量で、国頭マージの造成畑のみ増施が必要であった。

島尻マージ熟畑における施肥基準量は、NCo310 を用いた 5 作の結果で、増施による肥効

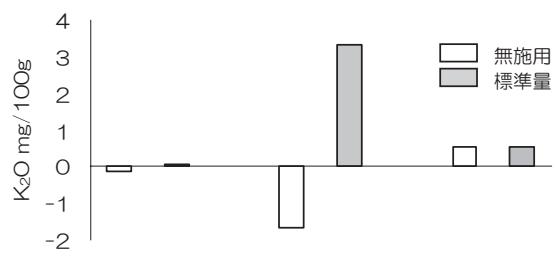


図 8 1 作で消費される交換性カリ量

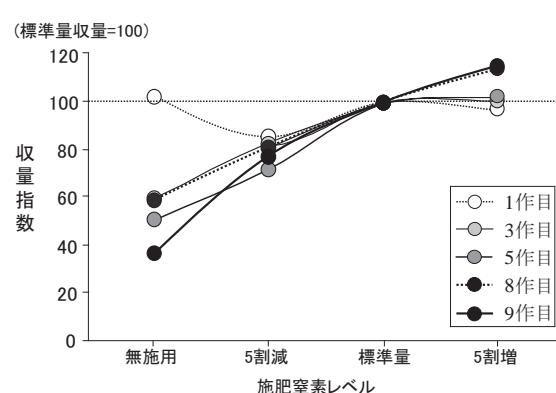


図 9 島尻マージにおける窒素施用レベルを異にした長期作付けによる収量の変化

率の低さ、加えて島尻マージを主とする宮古島の地下水中硝酸性窒素濃度が、環境基準の 10ppm を超えていたことから、第 1 次改訂時に 2 割程度減じた値、夏植え 24kg/10a、春植え 18kg/10a、株出し 20kg/10a を基準施肥量とした。しかしその後品種を F172 に変えた春植えと株出しの試験結果をもとに、それぞれ 20kg/10a、22kg/10a へと基準量を増やした。各施用レベルの長期施用で収量がどう変化するのか、改訂前後を含めて図 9 に示した。窒素成分の溶脱が 3 土壌型中最も激しいと考えられる島尻マージでは、作が進むにつれて各レベル間の収量差が広がり、5 割増区で有意に增收することが明らかになった。このことは、現行の施肥配分であれば、窒素減肥どころか増肥が必要

になることを示唆するものである。

ジャーガルでは無窒素区と 5 割減区は島尻マージと同様な傾向にあったが、標準量と 5 割増の差は試験を継続した 8 作まで見られなかった

表 3 リン酸およびカリの施肥反応

肥料成分	国頭マージ		島尻マージ		ジャーガル	
	造成畑	熟畑	造成畑	熟畑	造成畑	熟畑
リン酸	無施用で減収し始める作	1 作目	> 4 作目	1 作目	> 5 作目	> 5 作目
	植物体地上部による吸収量	< 7kg/10a		< 6kg/10a		< 8kg/10a
	土壤養分の変化	無施用の場合	-3mg/4作		± 0	-0.5mg/5作
カリ	標準量の場合	+3mg/4作		+5mg/5作		+1.3mg/5作
	無施用で減収し始める作	> 5 作目	> 4 作目	1 作目	> 5 作目	> 9 作目
	植物体地上部による吸収量	20kg/10a	50kg/10a	25kg/10a	70kg/10a	
	土壤養分の変化	無施用の場合	-0.6mg/4作		-5mg/3作	+5mg/9作
		標準量の場合	+0.2mg/4作		+10mg/3作	+5mg/9作

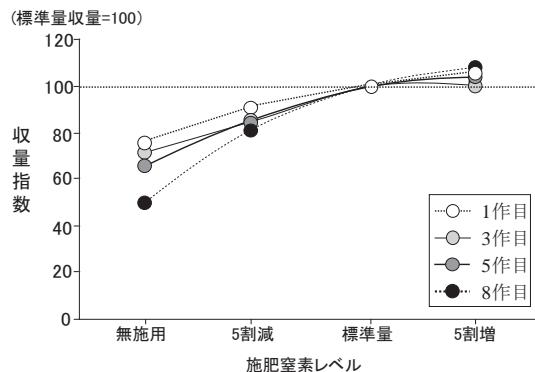


図10 ジャーガルにおける窒素施用レベルを異にした長期作付けによる収量の変化

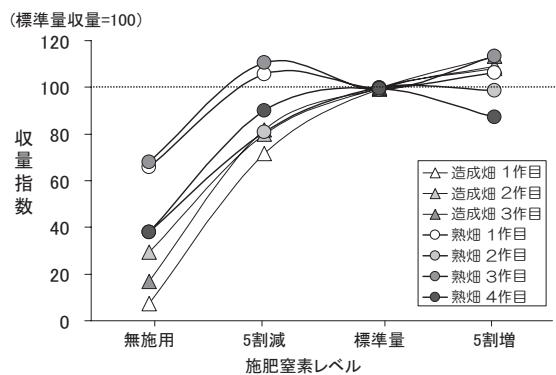


図11 国頭マージにおける窒素施用レベルを異にした長期作付けによる収量の変化

(図10)。この違いは、島尻マージの保水性の弱さに起因する硝酸の易溶脱性と、ジャーガル特有の粘土鉱物組成（アンモニア吸着）によるものと推察される。

国頭マージにおける窒素無施用は造成畑、熟畑を問わず初作から減収を招き、その程度は造成畑で大きい(図11)。熟畑では2～3作は5割減じても標準量並みの収量を得ることが可能であったが、4作目では約20%の減収になった。

以上のように窒素の減肥は難しいことが示唆され、続く施肥配分の試験結果から基肥減肥の可能性が示されたのを最後に、一連の施肥基準設定試験は終了した。

6. 減肥技術としての未利用資源の有効活用

サトウキビ産業の経済波及効果の高さは周知のことおりであるが、サトウキビの波及効果は“経済”だけに止まらない。環境保全効果を内含するのである。すなわち、サトウキビは大量に発生する畜産廃棄物や食品加工残さなどの有機性廃棄物を肥料分として再利用し易い作物であり、かつ栽培面

積も広く、環境浄化作物として機能する。最終生産物が砂糖という純粋な結晶質であるため、食の安全も満たされる。環境問題がそれほど問われなかつた一昔前には、「廃棄物処理場」とするのか」と怒る先輩方もおられた。しかし現在では未利用資源の有効活用という観点から、畠地還元の動きが活発になっている。

未利用資源の利用には、泡盛蒸留粕⁶⁾、豚ふん尿スラリー⁷⁾、豚舎汚水から回収されるリン酸結晶(MAP)⁸⁾などの施用技術が確立されている。これらの利用により化学肥料の100%代替も可能である。さらに最近、地球温暖化対策としてカーボンニュートラルの立場からバイオ燃料の研究が加速している。沖縄県内市町村ではバイオマススタウン構想に基づき、サトウキビ糖蜜あるいは蔗汁からバイオエタノールを製造し、E3やE10ガソリン代替を目指す試みがなされている。しかし、製造されるエタノール量の30倍も排出される蒸留残渣液の処理が問題となり、サトウキビ畠への還元技術が開発されつつあるが、廃糖蜜を原料とするエタノール蒸留残渣液はカリウム含量が非常に高く、カリを基準にすると還元できる量(処理量)が僅かとなる。久場ら⁹⁾は、島尻マージ下層土における5t/10a施用はサトウキビの原料茎数増加による産糖量増加をみたが、同時にカリ蓄積を加速したと報告している。そのため、カリ蓄積圃場では品質低下の一因になることが懸念され、還元可能な畠地は限定されてしまう。新たな対処が必要になるであろう。

現在のサトウキビ農家手取り額では、できるだけ肥料コストを下げる努力をする必要があり、安全性が確認できれば(特殊肥料の届出がされた資材について)積極的に利用したいものである。しかし、未利用資源の養分含有率は往々にして低く、多量の資材施用を必要とする場合が多い。普及技術として定着するためには、施用機械の開発が不可欠である。

7. 更なる減肥の可能性

施肥基準第2次改訂後、1996年から1998年にかけて大田ら¹⁰⁾は沖縄県各地域それぞれ約100地点のサトウキビについて栄養診断と土壤診断を実施した結果、ほとんどの圃場でリン酸およびカリの

表4 農家圃場におけるリン酸およびカリの栄養・土壌診断結果概要

肥料成分		国頭マージ 熟畑	島尻マージ 熟畑
栄養診断		多～過剰	多
リン酸	土壌診断 Truog	80%	
	Bray#1	50%	65%
	Nelson	95%	95%
甘じや糖度と葉身中P濃度との相関		やや負	やや負
栄養診断		多	多
カリ	土壌診断	過剰	多
	甘じや糖度と葉身中K濃度との相関	負	負

蓄積が進み、かつサトウキビの栄養診断も窒素を除き診断値を充たしていた。それまで過剰害が報告されていないリン酸とカリであったが、土壌養分と葉身中濃度の間に正の相関、葉身中濃度と甘蔗糖度との間に負の相関関係があり、両成分の施用量はまだ減らせるという結果を得ている（表4）。

またその後の単年度の試験で比嘉ら¹¹⁾は、国頭マージ造成畑における植え溝施用でリン酸30%減肥が、ジャーガル造成畑では硫安のみの追肥（リン酸およびカリ肥料の施用無し）が、さらに島尻マージ造成畑におけるNi15の春植えの基肥50%減が可能であるという結果を得ている。中西¹²⁾はマメ科緑肥で基肥30%を代替できると報告しているが、代替なしの50%減肥も可能という比嘉らの結果は、サトウキビの吸肥根が発生するまで施肥を行わない宮古島の慣行栽培の妥当性を、ある意味裏付けるものと言えよう。加治ら¹³⁾は、鹿児島県の島尻マージ様土壌における重窒素を用いた基肥と追肥の利用率試験で、基肥窒素の利用率は春植えで低く、追肥窒素は株出しで低いと結論している。

そろそろ、これらの成果を反映したサトウ施肥基準第3次改定を行う時期に来ているものと考える。

おわりに

更なる減肥のアプローチとして、リン酸やカリのように十分土壌に蓄積している養分については、複数作に一度の施肥を検討する価値があるものと思われる。窒素の減肥はなかなか難しいであろう。軽作業化が進み、追肥回数の減少と

それにともなう培土の省略など、窒素施用効果が出にくい施肥体系になりつつある中での減肥は、減収を招く恐れがあるからである。加えて、現行施肥基準はNCo310を対象品種としており、昨今の早期高糖品種への検証はなされておらず、減肥ではなく増肥の可能性も充分あり得る。このように窒素の減肥技術の確立には、施肥時期・施肥配分・肥料形態等の更なる検討が必要であろう。

なお本稿は、砂糖類情報、No. 157、2009に掲載された「沖縄県の土壌とさとうきびの施肥」に加筆し、再編したものである。

参考文献

- 農林水産省生産局：「肥料価格の現状等について」平成20年
- 小原洋：「定点調査データの概要と農耕地土壌の全国的な傾向」ペドロジスト44(2), 2000
- 久場峯子：「沖縄の農地の実態と土壤管理」ペドロジスト, 第37巻, 第2号, 1993
- 甘蔗耕種耕概, 1963
- 松阪泰明・音羽道三・山田祐・浜崎忠雄：「沖縄本島・久米島の土壌の分類について」農業技術研究所報告B, 第22号, 1971
- 久場峯子他：「泡盛蒸留粕のさとうきび畑への還元」沖縄県泡盛産業技術開発研究会, 1999
- 比屋根真一他：「サトウキビ畑における環境に配慮した豚ふん尿曝気処理水の散布」平成20年度普及に移す技術の概要, 2009
- 眞境名元次・比嘉明美・鈴木一好：「土壤の違いが豚糞汚水から回収されたリン酸結晶(MAP)の肥効に及ぼす影響」平成21年度九州沖縄農業研究センター成果情報, 2009
- 久場峯子他：「サトウキビ栽培におけるエタノール蒸留残渣液の利用」南西諸島におけるバイオマス利用研究成果発表会要旨, 2011
- 大田守也・久場峯子：「沖縄県におけるさとうきびの栄養診断と土壌診断」日本作物学会九州支部会報, 第66号, 2000
- 比嘉明美他：平成21年度試験成績概要書沖縄県農業研究センター土壌環境班, 2010
- 中西康博：「サンゴの島々の窒素循環」砂糖類情報, No.159, 2009
- 加治俊幸・長友誠：鹿児島農総セ研報(耕種)第2号, 2008

さとうきびを加害する土壤害虫の生態とその防除法

沖縄県農業研究センター 新垣 則雄

はじめに

一般に土壤害虫は、難防除害虫が多い。その大きな理由は、幼虫が土中に生息しているため、幼虫に直接農薬を触れさせて殺すことができないためである。さとうきび栽培地域において、土壤害虫が大きく問題となったのは1970年代である。それ以前は、これら土壤害虫に対して防除効果が極めて高く、かつ長期間防除効果が持続する有機塩素系殺虫剤が使われてきた。ところが有機塩素系殺虫剤の環境への長期残留が問題となり、1971年にその製造・販売が中止となった。おそらく有機塩素系殺虫剤は、土壤害虫だけでなく、天敵に対しても壊滅的な打撃をもたらしていたと思われる。そのため天敵という抑制力がほとんど働かなくないため、アオドウガネやコメツキムシの密度は、自らの自然増殖能力の赴くままに急激に増え、アウトブレイク（大発生）が始まった。たとえばアオドウガネにおいては、宮古病害虫防除所の予察灯で1970年の発生期の合計捕獲数はわずか168頭であった（図1）。ところが使用禁止から6年後の1977年には1,8281頭となっており、わずか6年間で100倍以上にも増えてしまった。また、コメ

ツキムシの場合は、世代期間が長いので、アオドウガネより少し遅れて大発生を迎えた。コメツキムシは客観的な発生密度の年推移データはないが、有機塩素系殺虫剤の使用禁止から8年後の1979年には、沖縄県では『不萌芽対策チーム』なるものが発足している。不萌芽はコメツキムシの幼虫が地下芽子を食害することが主たる原因で起ころ。このことからコメツキムシの密度が急激に高くなり、これが原因で不萌芽が大規模に生じて、社会的問題となり、県が対策チームを発足したことが推察される。宮古島では1970年初頭には株出面積率が全体の60~70%程度を占めていたが、急激に減少し、1980年代にはわずか数パーセントまで落ち込み、ほとんど夏植栽培となり、その状態は現在も続いている（図1）。

夏植栽培は2年に一度収穫する栽培体系なので、土地利用効率や生産効率が悪い。その点、株出し栽培は毎年の収穫が可能なので、生産効率が高いので、さとうきびの増産を図るために株出し面積を増やすなければならない。そのためには、さとうきびの土壤害虫の防除技術の開発が不可欠である。

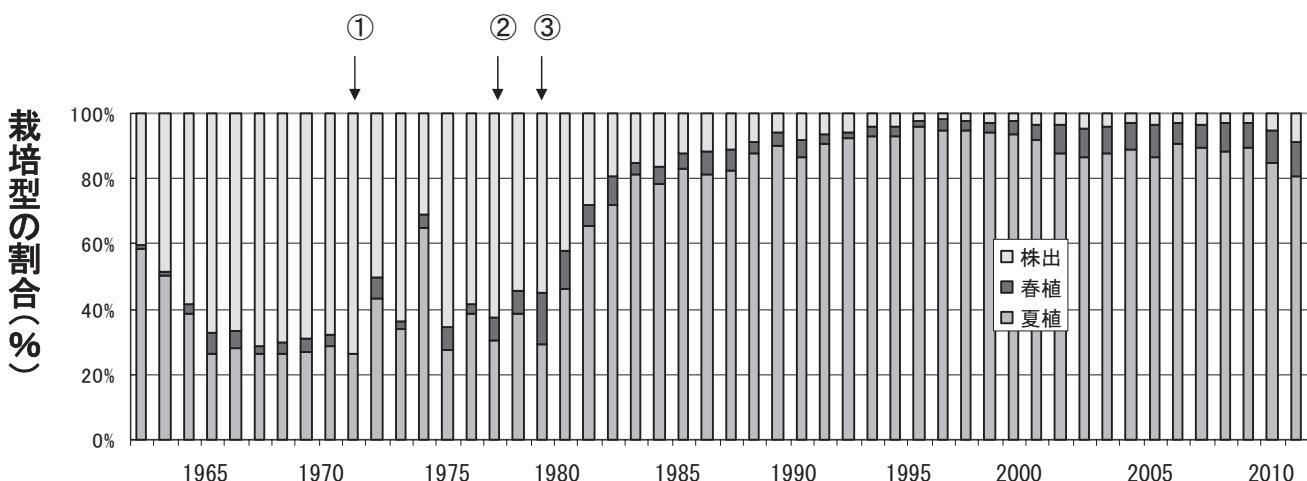


図1 宮古島におけるさとうきび栽培構成比率の年推移

①：有機塩素系殺虫剤の製造・販売停止、②：誘殺灯によるアオドウガネ総捕獲数がピーク（1,8281頭）に達した、③：不萌芽対策チームが発足

ここで、さとうきびの主要な土壤害虫の生態と最近開発された防除技術を紹介したい。

カンシャクシコメツキ

生態：さとうきびを加害するコメツキムシの幼虫(ハリガネムシ)は2種であり、オキナワカンシャクシコメツキ (*Melanotus okinawensis* Ôhira) とサキシマカンシャクシコメツキ (*Melanotus sakishimensis* Ôhira) である。成虫(写真1)は両種とも茶褐色、外見がそっくりで、識別が難しい。幼虫は赤褐色で、終齢近くになると体長が3 cmくらいとなる(写真2)。これらの幼虫は地下部の芽を好んで食害するため、植付けた苗が発芽しない『不発芽』、収穫後に萌芽茎が出てこない『不萌芽』の大きな原因となる。後者の場合は、これが原因で株出し栽培ができず、植え替えを余儀なくされてしまう。沖縄本島で調べたオキナワカンシャクシコメツキの世代期間は3年、栄養条件が悪ければ4~5年を要し、2年で羽化する固体はまれであった。ところが石垣島で調べられたサキシマカンシャクシコメツキの世代期間は2~3年であるという(里見、未発表)。したがって、各年級群の幼虫たちが同じ畑に同居し、かなり長期間にわたって作物を加害することになる。成虫は10月末から11月にかけて土中で羽化し、そのまま土中に留まって越冬し、翌春に地上に出現し、交尾後株元の地面と接している枯葉などに産卵する。

農薬による幼虫防除：近年、コメツキ幼虫に高い防除効果を示すフィプロニルベイト剤が農薬登録された。植付け時に植え溝にその粒剤を施用した場合は、これまでコメツキ幼虫の被害で株出栽培ができなかった地域でも、収穫後に十分な萌芽



写真1 カンシャクシコメツキ成虫



写真2 カンシャクシコメツキ幼虫

茎数が得られる(太郎良ら、2007)。植付け時にフィプロニルベイト剤と慣行薬剤を処理し、収穫後、慣行薬剤処理区では萌芽茎がほとんどなかつたが、フィプロニルベイト剤処理区では株出し栽培に十分な萌芽数があった。これらの株を掘取つてみると、慣行薬剤の場合は地下芽子のほとんどが食害を受けていたが、フィプロニルベイト剤処理区ではほとんどの芽が生存していた。このことは本剤がコメツキムシ幼虫をほぼ完全に防除し、そのため食害による芽の死亡が栽培後期で生じなかつたことによると思われる。コメツキムシ幼虫の被害地域では本剤の普及が急速に進んでいる。

合成性フェロモンを利用した交信かく乱法による成虫防除：『交信かく乱法』とは、雌が放出する性フェロモンと同じ物質を大量にかつ継続的に空気中に放出し、性フェロモンを頼りに雌を探す雄の行動を邪魔し、交尾を阻止するものである。交信かく乱に使用される合成性フェロモンは、それを一定量徐々に放出するように工夫された細いポリエチレンのチューブに液体として封入されている。沖縄県の南大東島(面積3,057ha)では、この交信かく乱法によりオキナワカンシャクシコメツキを防除する取り組みを10年間続けてきた(Arakaki et al., 2008)。そこで使用されている交信かく乱剤(商品名：オキメラコン)は1巻きの長さが80mで、20cmごとに液漏れしないようにシールされている(写真3)。成虫の出現する3月から5月をカバーするように交信かく乱を実施している。サトウキビ畑にこの交信かく乱剤をヘタール当たり新植畑では2巻き、株出し畑では1巻きを設置している。畑にチューブを設置する



写真3 交信かく乱剤



写真4 チューブ設置

場合は、地面から30~40cmの高さになるように竹の支柱を用いて支持する（写真4）。南大東島ではすべてのさとうきび畑（1,800ha）にチューブを設置して、交信かく乱による防除に取り組んでいる。その結果、野生虫を手捕りして、雌成虫を解剖して交尾率を調べると、無処理と比べると有意に低下している。また、一定時間内に手捕りできる野生虫の個体数も年々低下している。

アオドウガネ

アオドウガネ *Anomala albopilosa* (Hope) は、日本では本州の中部以西、四国、九州、琉球列島などに広く分布している。琉球列島に分布しているアオドウガネは、奄美諸島やトカラ列島に分布する奄美亜種、沖縄諸島や沖永良部島、与論島に分布する沖縄亜種、宮古諸島や八重山諸島に分布する八重山亜種、与那国島に分布する与那国島亜種の4亜種に分けられている。しかし、最近のDNAによる系統解析によると、このような島を単位とした亜種分類個体群と一致しない事例があることや一つの島に複数の亜種個体群が混ざって

いる事例などが報告されている (Muraji et al., 2008a)。ここでは亜種を区別せずに、アオドウガネとして取り扱うことにする。1世代に1年を要し、成虫は毎年5月~8月にかけて地上に出現する。地上に出た成虫（写真5）は、樹木の葉などを摂食する。とくに海岸近くに生息するクサトベラやノニの葉は好物のようで、そこで集団を形成し、交尾もその植物体上で行われる。特異な配偶様式を持っており、明るい日中は雄成虫が雌成虫の後翅の縁を前脚で把握する、いわゆる交尾前ガードをしている (Arakaki et al., 2004)。夕方の薄暗くなる頃に一斉に交尾が始まる。交尾継続時間は約18分である。植物を食べて十分に栄養を取り、卵巣が成熟卵で充実すると、さとうきび畑に移動し、そこで産卵を行う。卵期間は25°Cで15~17日である（長嶺、1981）。6月に産下された場合は、7月には1齢、8月に2齢、9月には3齢幼虫（写真6）となる。この3齢期の幼虫が摂食旺盛で、作物に大きな被害を及ぼす。根をほとんど食い尽くされた植物は、全体が枯れ上がる。1筆の圃場全体が収穫皆無になることもある。越冬した幼虫は黄熟期に入り、この時期の幼虫は餌を食べない。4月から5月にかけて蛹となる。

防除方法：成虫は光に強力に誘引される性質がある。この性質を利用して、ブラックライトを取り付けた成虫誘殺灯による防除が行われてきた。これまで支柱をコンクリートで固定し、太陽光発電パネルで発電し、これをバッテリーで蓄電し、夜間ブラックライトを点灯して、アオドウガネを誘引し、集まった成虫を捕獲するものであった（固定式誘殺灯、写真7）。しかし、この固定式誘殺灯は台風などで破損することが多く、バッテリーは



写真5 アオドウガネ成虫



写真6 アオドウガネ幼虫

高価であるが、3年くらいでは寿命が尽き、維持コストが高い。近年、LEDライトを光源とした軽量の誘殺灯が開発され、アオドウガネの発生時期だけ野外に設置し、残りの期間は倉庫で保管できるようになった(可動式誘殺灯、写真8)。また、台風の際には一時的に倉庫にしまうことで破損を免れることができた。もう一つのメリットはトラップの配置を捕獲数の多少の状況に応じて自由に変えることができる、つまり戦略的な配置が可能な点である。宮古島では固定式誘殺灯が約500基、可動式誘殺灯が約1,700基、合計で2,200基が稼動してアオドウガネの発生時期に防除している。その結果、毎年総捕獲数が大きく減少する傾向が認められている。

ケブカアカチャコガネ

生態：宮古島や伊良部島で1997年の秋にさとうきびの立ち枯れ畑が多数あり、掘り取り調査した結果、アオドウガネ以外の幼虫が加害していることが判明した(佐渡山・小禄・伸盛、2001)。実験室に持ち帰って幼虫を飼育し、羽化した成虫を調べた結果、ケブカアカチャコガネ *Dasylepida ishigakiensis* (Niijima et Kinoshita) であった。本種はこれまで西表島や石垣島の山中で3月中旬頃に成虫が発生することが知られていた。当初はこれらの島からの侵入かと疑われたが、遺伝的な解析によると、ある程度の分化が認められ、元々宮古島や伊良部島に生息していた個体群と考えられる(Muraji et al., 2008b)。本種は一世代に2年を要し、成虫(写真9)は2月初旬から3月中旬にかけて夕方にさとうきび畑に出現し、そこで交尾する(Oyafuso et al., 2002)。成虫は口器が退化して



写真7 固定式誘殺灯



写真8 可動式誘殺灯

おり、餌を食べることがない。雌成虫は一度交尾すると再び地上に出現することはなく(Arakaki et al., 2004)。卵は4月下旬に孵化し、1齢幼虫は6月中旬頃に2齢となり、9月中旬頃に3齢幼虫(写真10)となる。3齢幼虫の初期は摂食旺盛期で盛んにさとうきびの根を食害するため、10月から11月にかけて旱魃被害のような立ち枯れ圃場が散見される。越冬した幼虫は3月末から4月にかけて土中深くに潜行し、休眠に入る。10月下旬に蛹化し、11月下旬に羽化する。羽化成虫は土中に留まり、翌年の2月に地上に出現する。

防除方法：本種の成虫はライトトラップへほとんど誘引されないため、アオドウガネのようにライトトラップによる防除は困難である。コガネムシ幼虫の防除には、トラクターのロータリーで碎土し、物理的に幼虫を殺傷する方法が有効である(貴島・太朗良、2010)。本種の3齢幼虫は3月末までは土中の浅い所にいるが、それ以降は、休眠のために40~50cmの深い土層へと移動する。ロータリーで碎土した場合、30cm以内の浅い土中にいる幼虫の約90%近くを殺傷することができる。さとうきびの収穫期間は1月~3月なので、収穫が終わるとすぐに碎土することが本種の有効な防除法である。

近縁本種の性フェロモンが同定され、(R)-2-Butanolというアルコールであることが解明された(Wakamura et al., 2008)。さらに2-Butanolという安価なアルコールを用いて交信かく乱法により本種の交尾行動を阻止できることが示された(Yasui et al., 2011, in press)。これらのことから将来的には交信かく乱法を用いての本種の防除技術の開発が期待されている。



写真9 ケブカアカチャコガネ成虫



写真10 ケブカアカチャコガネ幼虫

おわりに

近年、さとうきびの土壤害虫問題は1970年代のアウトブレイク状態と比べると、落ち着いているが、それでも高止まり状態であった。例えば、宮古島において、2000年代前期のアオドウガネの誘殺灯による発生期の総捕獲数は1,500頭レベルであり、有機塩素系殺虫剤が使用されていた時期の160頭の約10倍である。しかし、2007年に可動式ライトトラップを導入し、防除を初めてから3年目からは、約半数の800頭レベルにまで減少が認められている。また、コメツキムシについても、フィプロニルベイト剤の普及により、株出し栽培面積の増加が認められており、宮古島では2009年には株出面積がわずか2.9%であったが、2011年には8.8%にまで回復し、この株出し面積増加の傾向は今後も続くであろう。さらにケブカアカチャコガネにおいては、性フェロモンを利用した新しい防除技術の開発が進行しており、近い将来、その技術が現場で展開できることが期待されている。

引用文献

Arakaki N. et al (2004) Precopulatory mate guarding by the male green chafer, *Anomala albopilosa sakishimensis* Nomura (Coleoptera: Scarabaeidae). *Appl. Entomol. Zool.* 39: 455-462.

Arakaki N. et al (2008) Mating disruption for control of *Melanotus okinawensis* (Coleoptera: Elateridae) with synthetic sex pheromone. *J. Econ. Entomol.* 101: 1568-1574.

Arakaki N. et al. (2004) Mating behavior of the scarab beetle *Dasylepida ishigakiensis* (Coleoptera: Scarabeidae). *Appl. Entomol. Zool.* 39: 669-674.

貴島圭介・太郎良和彦 (2010) 碎土によるサトウキビ害虫ケブカアカチャコガネ幼虫の物理的防除 応動昆 54: 23-27.

Muraji et al. (2008a) Genetic variation of the green chafer, *Anomala albopilosa* (Hope) (Coleoptera: Scarabaeidae), in the Ryukyu Islands of Japan detected by mitochondrial DNA sequences. *Appl. Entomol. Zool.* 43: 299-306.

Muraji et al. (2008b) Genetic divergence among populations of the white grub beetle (Coleoptera: Scarabaeidae), distributed in the southern part of the Ryukyu Islands of Japan, detected from mitochondrial DNA sequences. *Appl. Entomol. Zool.* 43: 287-292.

長嶺将昭 (1981) さとうきびにおける土壤害虫の生態と防除法 特にアオドウガネとカンシャクシコメツキの防除対策へのアプローチ 44pp. 植物防疫技術資料 No. 2.

Oyafuso et al. (2002) Life history of the white grub *Dasylepida* sp. (Coleoptera: Scarabaeidae), a new and severe pest on sugarcane on the Miyako Islands, Okinawa. *Appl. Entomol. Zool.* 37: 595-601.

太郎良和彦・新垣則雄・上原数見・伊志嶺正人・小林彩・永山敦士 (2007) Fipronil ベイト剤を用いたサトウキビ害虫ハリガネムシの防除(2007) 応動昆51:129-133.

佐渡山安常・小祿博昭・仲盛広明 (2010) 宮古諸島におけるミヤコケブカアカチャコガネ *Dasylepida* sp. (Coleoptera: Scarabaeidae) の幼虫によるサトウキビ地下根茎部の加害 応動昆 45: 89-91.

Wakamura et al., (2009) Identification of (*R*)-2-butanol as a sex attractant pheromone of the white grub beetle, *Dasylepida ishigakiensis* (Coleoptera: Scarabaeidae), a serious sugarcane pest in the Miyako Islands of Japan. *Appl. Entomol. Zool.* 44: 231-239.

Yasui et al., (2011) Mating disruption by a synthetic sex pheromone in the white grub beetle *Dasylepida ishigakiensis* (Coleoptera: Scarabaeidae) in the laboratory and sugarcane fields. *Bul. Entomol. Research* (in press).

沖縄本島南部地域におけるヤブガラシの発生状況と グリホサートカリウム塩液剤をもちいた防除対策

沖縄県農業研究センター石垣支所 比屋根 真一

1. 背景

沖縄本島南部地域のサトウキビ畠においてヤブガラシ類が発生し、サトウキビの生育に影響を及ぼしている。沖縄県内のサトウキビ畠で発生しているヤブガラシ類には、ヤブガラシ (*Cayratia japonica* (Thunb.) Gagnep.) とヒイラギヤブガラシ (*Cayratia tenuifolia* (Wight et Arn.) Gagnep.) がある。この両種は、ブドウ科の多年生つる性植物で、地下に太くて長い根が発達しているため、一旦定着したところでは防除は極めて難しい。しかし、ヤブガラシ類によるサトウキビ畠での発生面積、被害程度、および、ヤブガラシ類の有効な防除技術について明らかではない。そこで、沖縄本島南部地域のサトウキビ畠におけるヤブガラシ類の発生状況を示す。次に、非選択性除草剤のグリホサートカリウム塩液剤の植付け前多回処理と畦間処理によるヤブガラシ類の防除について紹介する。

2. 内容

(1) 沖縄本島南部地域におけるヤブガラシ類の発生実態

沖縄本島南部地域のサトウキビ畠におけるヤブガラシ類の発生実態を調査したところ、那覇市を除く南部地域の全市町村において発生が認められ、特に糸満市、南城市、八重瀬町、南風原町の発生率が13.3～14.7%と顕著であった。南部地域のサトウキビ畠全体の約1割にヤブガラシ類が発生していた(図1)。なお、ヤブガラシ類の発生種

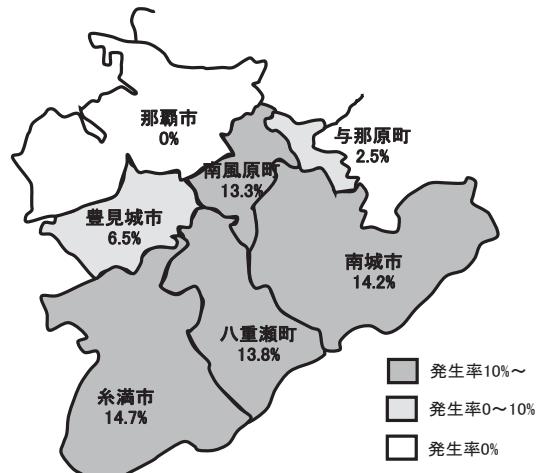


図1 サトウキビ畠で確認されたヤブガラシ類の市町別の発生状況

の多くはヒイラギヤブガラシであった。

次に、最も発生率の高かった糸満市のサトウキビ畠におけるヤブガラシ類の被害程度を調べた。ヤブガラシ類の発生が認められた178筆のうち、ヤブガラシ類が圃場全面に発生し栽培管理が困難とみられる畠は20筆で、放棄畠は12筆であった(表1)。以上より、沖縄本島南部地域のヤブガラシ類によるサトウキビ畠への被害はかなり深刻であり、なかにはヤブガラシ類の侵入により放棄畠となった畠もみうけられた。

ヤブガラシ類の侵入により放棄畠となった畠をサトウキビ等が植付けられるまでに回復させるには、ヤブガラシ類の密度を可能な限り低下させる必要がある。大型トラクタによる碎土では耕深20～30cmのヤブガラシ類の根片を細かく増やすため、降雨が多く土壤水分の湿った条件では生存

表1 糸満市のサトウキビ畠における字別のヤブガラシ類の発生程度と発生率

圃場内の 発生状況	防除あり			防除なし		ヤブガラシ 類発生畠	サトウキ ビ畠	発生率 (%)
	わずか I	半分 II	全面 III	全面 IV	放棄 V			
筆数	72	22	52	20	12	178	1213	14.7

注1) 防除とは除草剤、中耕、手取り等により除草されていることを示す。

注2) 発生率 = ヤブガラシ類発生畠/サトウキビ畠 × 100。

数を増やすことになり、有効な手段とは言いたい。そこで、ヤブガラシ類の防除には、地下根までの浸透性が期待できる非選択性除草剤のグリホサート系除草剤の使用が必要であると考えた。しかしながら、当時のグリホサートカリウム塩液剤のサトウキビ植付け前の散布回数は1回までと制限されていた。これでは、ヤブガラシ類の残草、地下根が残り、萌芽が始まるので防除は難しい。そこで、多回散布による防除の可能性について検討した。

(2) グリホサートカリウム塩液剤のサトウキビ植付け前における多回散布

ヒイラギヤブガラシの繁茂により耕作放棄された畑において、非選択性茎葉処理剤であるグリホサートカリウム塩液剤の多回散布処理を実施した。試験開始した2007年9月

25日には164本/m²であったが、多回散布により、同剤を3回以上散布した2008年3月28日にはヒイラギヤブガラシの生育本数が3～5本/m²まで抑制された(図2)。よって、グリホサートカリウム塩液剤の4回散布による適応拡大が必要であることが明らかとなった。

次に、グリホサートカリウム塩液剤をサトウキビ植付け前に多回散布し、地下部の生育と萌芽能力への影響を検討した。その結果、グリホサートカリウム塩液剤のサトウキビ植付け前の多回散布を繰り返すことにより地下部の生育が抑えられた。また、土中から採取した根片の萌芽も3回散布後には認められなかった(表2)。

以上より、ヒイラギヤブガラシが繁茂した休耕畑において、グリホサートカリウム塩液剤処理の多回散布をおこなうことにより、ヒイラギヤブガラシの生育を抑えることがわかった。

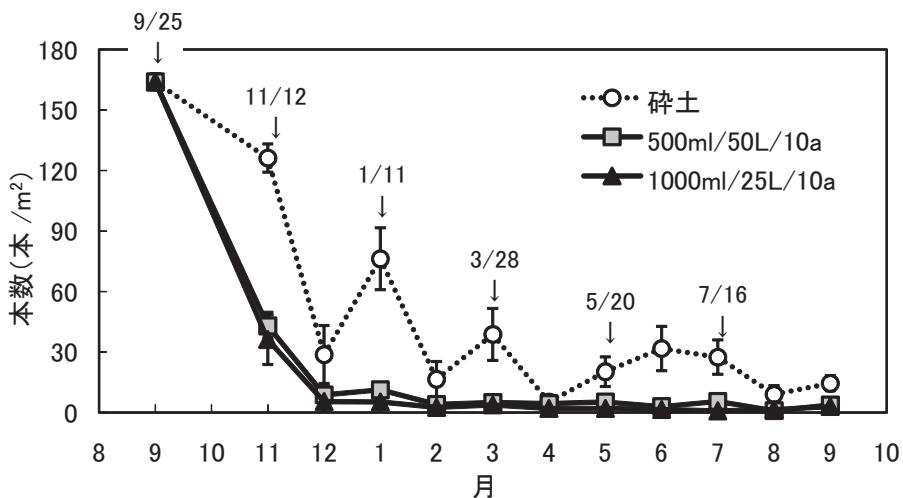


図2 ヒイラギヤブガラシの生育本数の推移
↓は処理月/日を表す。縦棒は標準誤差。

表2 グリホサートカリウム塩液剤多回散布による根長と根片からの萌芽率の違い

深さ (cm)	1回散布後		2回散布後		3回後	
	根長 (m/m ²)	萌芽率 (%)	根長 (m/m ²)	萌芽率 (%)	根長 (m/m ²)	萌芽率 (%)
10	17.7	30	2.0	0	2.2	0
20	17.3	10	3.0	20	0.7	0
30	19.7	40	4.0	0	1.7	0
40	15.9	20	15.6	16	2.2	0
50	12.9	0	9.6	56		
60	5.7	0	5.6	60	1.2	0
70	8.9	0	0.2	0	1.1	0
80	7.2	10	6.0	13		
90	5.3	0				
100	3.1	0	0.4	0		
合計	113.7	11	46.4	18	9.2	0

注) 空白は根がなかったことを示す。

(3) グリホサートカリウム塩液剤のサトウキビ畦間処理

グリホサートカリウム塩液剤のサトウキビ畦間処理によるヤブガラシ類の防除効果を検討した。まず、多くの雑草に対し、同剤は調査したいずれの薬量、水量においても高い防除効果を示した。また、サトウキビ仮茎長が約150cm以上で、極端なサトウキビの倒伏がない条件において、飛散防止カバー付き少量散布ノズルやブラッシングエース(図3)で散布することにより、サトウキビの薬害は認められなかった。

つぎに、ヤブガラシ類のサトウキビ畦間における防除をおこなったところ、グリホサートカリウム塩液剤の散布回数は1回では残草があるため防除には不十分であった。生育本数を低下させるには2回以上の散布が必要である(表3)。しかしながら、サトウキビの薬害を注意して散布するた

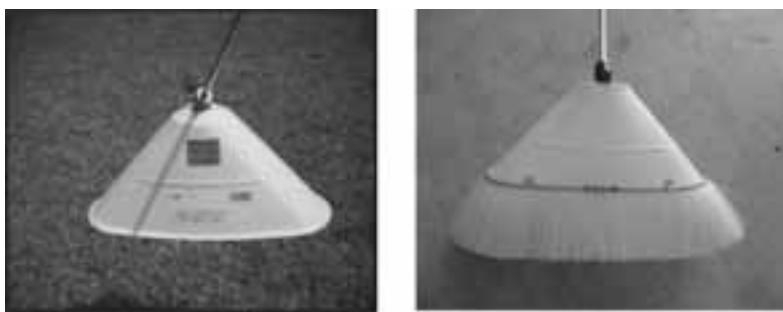


図3 飛散防止カバー付き少量散布ノズル（左）とブラッシングエース（右）

表3 サトウキビ畠間におけるグリホサートカリウム塩液剤の散布回数がヒイラギヤブガラシの生育におよぼす影響

処理区 薬量/水量/10a	散布 回数	1回散布後		2回散布後	
		本数 本/m ²	草丈 cm	本数 本/m ²	草丈 cm
無処理		8.7±2.5	58±10	6.5±2.0	112±33
完全除草		6.7±3.7	44±8	3.0±1.0	97±20
500mL/25L	2	5.7±4.2	33±6	1.3±0.3	77±45
500mL/100L	2	1.3±1.3	9±3	1.3±0.7	124±69
500mL/25L	1	6.3±3.5	15±3	11.3±7.2	101±31

散布は1回目：2009年8月31日、2回目：11月5日、飛散防止カバー付き少量散布ノズル使用調査は1回目：2009年9月16日（散布16日後）、2回目：2010年1月4日（散布60日後）。1回目散布時のヒイラギヤブガラシ本数9.5±2.3本/m²、草丈72±10cm。

め、株元付近に薬剤がかからなかったヤブガラシ類が残ってしまうことになる。他の薬剤や手取りによる除草する必要である。

3.まとめ

最後に、グリホサートカリウム塩液剤の散布回数は、2011年3月2日から耕起前又は植付け前まで4回以内（薬量200ml～1,000mL/水量25～100L/10a）、植付け後の畠間処理は（収穫60日前）2回以内（薬量500～1,000mL/水量25～100L/10a）、或いは圃場内の周縁部において2回以内（薬量200～1,000mL/水量25～100L/10a）となり、グリホサート系除草剤としての散布の総使用回数は6回以内となった（表4）。

表4 グリホサートカリウム塩液剤の適用雑草の範囲及び使用方法

作物名	適用場所	適用雑草名	使用時期	使用量		本剤の 使用回数	使用方法	グリホサート を含む農薬の 総使用回数	
				薬量	希釈水量				
さとうきび	-	一年生雑草	耕起前又は植付け前まで（雑草生育期）	200～500mL/10a		4回以内	雑草茎葉散布	6回以内	
		多年生雑草							
		一年生及び多年生雑草	収穫60日前まで（雑草生育期：畠間処理、但し仮茎長1.5m以上）	500～1000mL/10a	通常散布50～100L/10a 少量散布25～50L/10a	2回以内			
	圃場内の周縁部	一年生雑草	収穫60日前まで（雑草生育期）	200～500mL/10a					
		多年生雑草		500～1000mL/10a					

4.今後の課題と展望

グリホサートカリウム塩液剤の植付け前の4回散布が可能となったが、散布時期や散布間隔等を検討し、ヤブガラシ類の防除効果が最大限に発揮できる散布方法の確立が必要である。

サトウキビに薬害を発生させることなく利用できる除草剤として2,4-PA液剤がある。この薬剤は、春植え、夏植え、株出しの各作型において2回の散布が可能であるが、処理時期や濃度等を誤った場合はヤブガラシ類の繁茂を引き起こす恐れがある。農家が使いやすいように散布回数や散布時期の適応拡大が望まれる。

飛散防止（ドリフト軽減）対策についても徹底して対策に努める必要がある。現地では、グリホサート系除草剤の近接への飛散による枯死、サトウキビ以外の登録のない薬剤が他の作物へ飛散する等の問題が発生している。散布時には、風向、風速に気を付け、ドリフト軽減ノズルを使用し、適正な散布量を散布する、近接の作物生産者と連絡を密にする等の飛散防止対策に努める必要があろう。

5.謝辞

ヤブガラシ防除試験の遂行に対し、糸満市土地改良区、南部サトウキビ生産振興協議会、沖縄県農林水産部営農支援課、糖業農産課、沖縄県農業研究センター、グリホサートカリウム塩液剤の適応拡大については日産化学工業株式会社の藤山正康氏を始め多くの関係者の方々の御協力を得た。記して感謝申し上げる。

さとうきび栽培の機械化

鹿児島県農業開発総合センター徳之島支場 樋高 二郎

さとうきび栽培は、昔は人力作業が主体であったが、現在ではほとんどが機械作業ができるようになった。現在のさとうきび栽培において機械化は必要不可欠であり、今後ますます重要性を増すものと思われる。ここでは、さとうきび機械化技術開発の歩み、鹿児島県におけるさとうきび機械化体系の現状、これから普及が見込まれる機械等についての課題を述べていきたい。

1. さとうきび機械化技術開発の主な歩み

(昭和30年代)

日本は高度成長期になり、島嶼地域では過疎化が進み、さとうきび栽培の省力化は喫緊の課題となり、国内初の小型脱葉機が開発・実用化され鹿児島、沖縄両県で数百台が稼働した。

(昭和40年・昭和50年代)

外国製大型刈取機（クライトンハーベスタ）を初めて輸入し、機械化研究開発の本格幕開けとなった。また甘味資源振興会により徳之島において初めての大規模実験を実施、同じく大型ケーンハーベスタを輸入し、沖縄県で稼働試験を実施した。また国内では農業機械化研究所（略称：農機研）により刈取機の開発・実用化が進められ、以降小・中型刈取機の開発が沖縄県、鹿児島県において盛んに行われ、数機種が普及した。

40年代後半には中型ドラム脱葉機の開発・実用化、国産ケーンハーベスタの本格開発が開始した。



ドラム脱葉機



農機研式刈取機

(昭和60年代～平成5年)

昭和60年代に入ると、収穫機開発委員会においてケーンハーベスタについては更なる小型化が必須であるとの観点から、官民一体となった小型ケーンハーベスタの開発に向けて本格始動した。以降稼働試験が開始され、小型ケーンハーベスタの開発・実用化が促進された。



ファンの風力テスト



ケーンハーベスタの性能試験

(平成6年～)

国産小型ケーンプランタの（細断式、全茎式）の開発・実用化と本格普及が開始された。

また小型ケーンハーベスタの本格普及が開始（事業導入開始）され、以降国内数社によって小型ケーンハーベスタ本格生産体制が整うとともに販売機種も安定し、飛躍的な普及に繋がることになる。

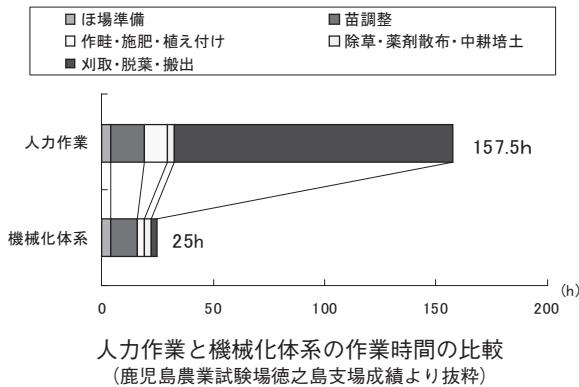


国産小型ケーンプランタでの植え付け



平成6年頃のケーンハーベスタ

以上の機械化体系の確立により、サトウキビの作業時間は約160時間／10aであったものが、現在は約25時間と大幅に短縮された。



(平成15年～)

各種管理作業機械の実用化と普及が開始され、特に平成18年からは増産プロジェクトの中で株出し栽培が推進され、様々な株出し管理用の機械が開発・実用化されている。



株揃え機



一貫行程機の作業性能試験

2. 現在のさとうきび栽培の機械化の現状

さとうきび栽培は、地場準備に始まり、植え付け作業、管理作業、収穫作業、株出し管理作業の流れになるが、それぞれの作業を順に示す。

(1) 地場準備

さとうきびは深根性作物で、根の伸長、発達は生育収量に大きく影響する。このため新植時はハーベスタなどの踏圧により硬化している土壌の耕盤を破碎するのに、プラウ、サブソイラ、プラソイラ、パワーショベルを使用する。天地返しを行う場合や雑草が多い地場では、プラウやパワーショベルを用いるが、最近は作業が効率的なサブソイラを用いることが多くなった。



プラウ耕による天地返し



パワーショベルによる深耕



サブソイラによる耕盤破碎

(2) 堆肥散布・耕耘

耕盤破碎の後は有機物資材として、マニュアスプレッダーにより堆肥を全面散布し、耕耘を行う。



マニュアスプレッダーによる堆肥散布



健全な芽子

硬化して使用できない芽子



ロータリによる耕耘



簡易プランタによる植え付け



全茎式苗対応プランタによる植え付け



ビレットプランタによる植え付け



調製された二芽苗

(4) 除草・病害虫防除

除草・病害虫防除に関しては、動力散布機や自走式の薬剤散布機、ブームスプレーヤ等を用いて行う。



ブームスプレーヤによる除草剤散布



自走式薬剤散布機



動力散布機

率) は平成5年は7.5%であったものが平成22年度は82.5%と10倍以上に伸びている。

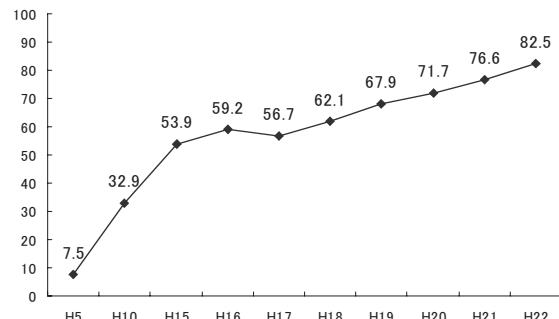


図2 鹿児島県における機械収穫率の推移(%)
(さとうきび及び甘しゃ糖生産実績)
(鹿児島県農政部農産園芸課)



MCH-15WE (松元機工)



HC-50NN (文明農機)



ロータリによる中耕作業

(6) 収穫作業

収穫はケーンハーベスターにより行う。ケーンハーベスターの普及により、労働時間の大幅な短縮、軽労化が図られるとともに、収穫後速やかに製糖工場に運搬することが可能になった。ケーンハーベスターによる収穫作業は年々増加しており、鹿児島県内のケーンハーベスターによる収穫率(面積比

(7) 株出し管理作業

さとうきび栽培は新植する栽培方法のほかに、収穫後に残った株から茎を伸長させて育てる株出し栽培がある。この栽培方法は、まずケーンハーベスターで収穫した残り株を切り揃える株揃え作業を行い、その後ケーンハーベスターに踏圧された畝間をサブソイラにより膨軟にしてから、ロータリーやディスクカルチにより根切り作業を行う。

株出し栽培は植え付けに要する作業が省力化できる栽培型であるが、株出し回数が進むほど欠株を生じ、減収する場合がある。このため現在の普及品種においては株出し回数は通常2回までを目安としている。



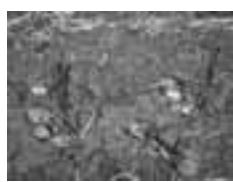
ハーベスタ収穫跡



株揃え作業



株揃え跡



萌芽状況



耕盤破碎

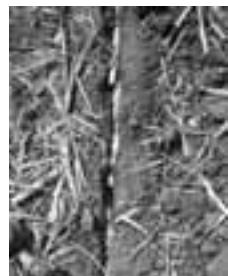


根切り作業

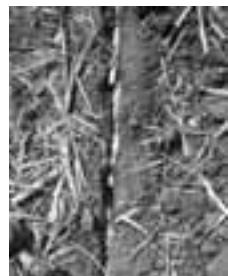


ハーベスタで調苗した苗の植え付け必要苗数の調査

株出し管理作業については、株揃え以外にも色々な作業機があり、近年一部で株揃え後に株の中心を開いて肥料を投入する開溝機も普及している。開溝機は肥料投入だけでなく、欠株になった場所に二芽苗を補植することもできる。ただ乾燥しやすい条件で実施すると株が枯死することも考えられるので、効果については今後調査を行っていく必要がある。



開溝機



補植された苗

3. 今後の課題

さとうきび栽培においてはほとんどが機械化されているが、今後は春先の労力競合（収穫作業、株出し管理作業等）や夏場の暑さによる過酷な労働を回避するのに、ハーベスタ採苗・調苗した苗を利用するビレットプランタの普及が見込まれる。ビレットプランタで植え付けを行う場合、必要苗数についてはまだはっきりとしたデータがないため、現在当支場においてハーベスタで調苗した場合の苗の損傷程度や必要発芽数を確保するための調査を実施している。



ハーベスタ採苗した苗の長さや損傷程度の調査



また平成23年度より開始した沖縄県等と共同で「サトウキビの収穫早期化に向けた優良品種育成と新しい栽培体系の構築」（実用技術開発事業）の中で、当支場では年内収穫の場合での安定生産に向けた株出し管理作業の方法についても試験を実施していくこととしている。

4. まとめ

以上のように、さとうきびの機械化はかなり体系化が進んできているが、植え付けについてはさらに機械自体の改良が求められるとともに、種々の方法が採られている株出し管理については効果が判然としない場合もあることから、今後効果を得られる条件等を明らかにし、安定した利用技術として体系化を図る必要がある。

サトウキビ生産と製糖工場のシミュレーションモデルの開発

(独) 農業・食品産業技術総合研究機構 九州沖縄農業研究センター
作物開発・利用研究領域 主任研究員 樽本 祐助

1. はじめに

九州沖縄農業研究センターでは、夏植え型秋収穫（秋収穫）に関する技術開発を行っている。通常の収穫期は、12月や1月から始まるが、それよりも早い時期に収穫する技術である。

この技術の狙いは、サトウキビ生産に対しては、気温の高い時期に収穫することで株出しを容易にし、梅雨までに成育量を確保することで安定・多収が可能になる。また農家に対しては、サトウキビ植付けと収穫の労働競合を回避したり、ケーンハーベスターなどの高額な農機具を有効利用したりすることができる。さらに製糖工場に対しては、原料が安定的に増加するとともに、操業日数を増やすことで、粗糖生産の効率化をはかることがある。

このように秋収穫は、収量性や株出し性の向上を通じて、農家や製糖工場にメリットをもたらすと考えられるが、それは実現していない。その原因の一つに、秋収穫では既存の操業期間での収穫に比べ糖度が相対的に低いことがある。つまり製糖工場にとって、糖度が低い時期での操業に抵抗感があるためである。

しかし製糖工場の収益性には、糖度だけでなく、原料の確保も重要であり、秋収穫により安定・多収が実現することのメリットも大きい。

こうしたことから秋収穫を導入するためには、サトウキビ生産だけでなく、製糖工場も含めた検討が必要になっている。そこで、サトウキビ生産と製糖工場からなるシミュレーションモデルの開発に取り組んだ。本稿では、モデルの仕様について紹介するとともに、

具体的な適応事例を紹介する。

2. モデルの仕様

サトウキビ生産における新たな作型の導入は株出しを通じて複数年に影響する。また糖度の時期別の変化を検討するには、時期別の推移も考慮する必要がある。このような時間的要素を考慮できるシミュレーション手法に、システムダイナミクスがある。ここでは、システムダイナミクスのソフトウェアとしてVensimを用いた。

モデルは（1）作型、（2）割当、（3）評価から構成されている（図1）。

作型では、作型別の面積変化をモデル化してい

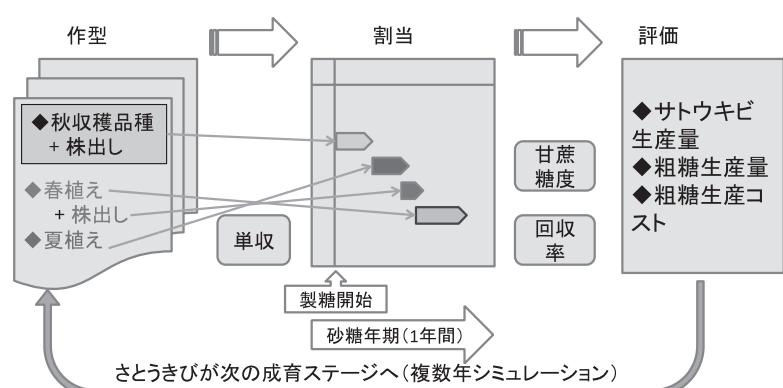
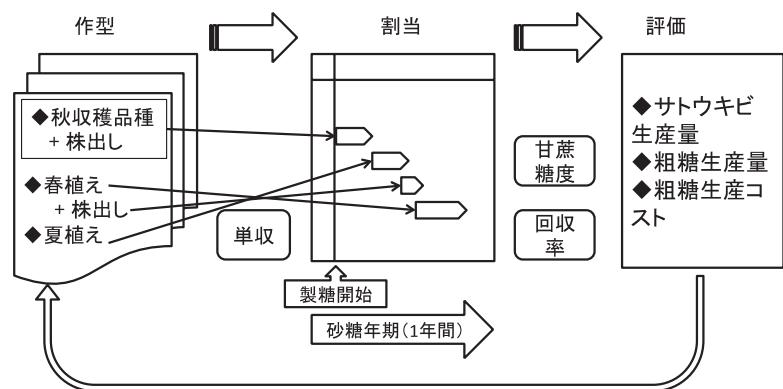


図1 モデルの構造

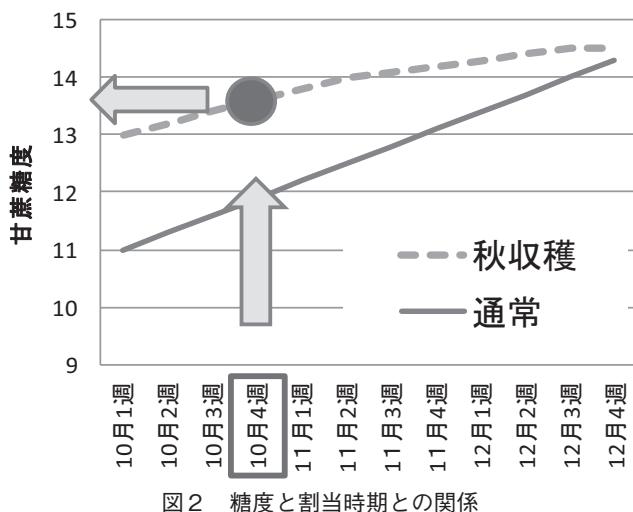


図2 糖度と割当時期との関係

る。その際、植付け面積や株出し率などを考慮する。また一年期（10月から翌年9月まで）が終了すれば、次の作型へと移行する。例えば、春植え面積は、翌年に春植えの株出し面積になる。

次に、作型別の面積と単収からサトウキビの収穫予定量を算出する。割当では、こうした収穫予定量に対して、製糖工場への搬入計画を操業開始時期や工場の原料処理能力にもとづき作成する。このとき、作型別の優先搬入を考慮することもできる。例えば、早期高糖性をもつ作型の搬入を優先させることなどができる。この割当では、どの作型がいつ収穫されるのかということが重要になる。この割当データを用いて、図2のような時期別の糖度曲線から糖度を特定している。

この糖度を用いて、粗糖生産量やサトウキビ代金、さらにサトウキビ農家への助成金である甘味資源交付金などが算出される。

また製糖工場のコストは、固定費+変動費（サトウキビ代金を除く）+サトウキビ代金として評価している。

表1 現状モデルに用いた実績値

	春夏比率%	面積増減 ha	株出し率% 夏植え 1株	単収 t/ha			操業開始
				夏植え	春植え	株出し	
H15/16	20	31	32	78	60	54	12月25日
H16/17	21	-8	30	64	38	38	12月20日
H17/18	14	-109	12	62	41	36	12月20日
H18/19	12	-60	11	59	42	40	1月5日
H19/20	12	-162	10	78	53	49	1月5日
H20/21	12	-10	11	69	47	49	1月6日
H21/22	14	41	13	91	60	59	12月16日
H22/23	15	50	15	81	58	51	12月10日

注) 春植え 1株の株出し率は50%、春植え 2株の株出し率は20%に固定した。

3. モデルの適用

(1) 現状モデル

I 製糖管内におけるサトウキビ栽培を対象にモデルを適用した。まず作型については、夏植えとその株出し、春植えとその2回までの株出しを設定した。このモデルを Vensim で表現すると図3 のようになる。四角で囲まれた変数が面積になる。また、サトウキビの廃耕（植え替え）面積は、その年度の植付け面積になる。

次に、平成15/16から平成22/23年期までの実データを用いて、I 製糖の操業をシミュレーション

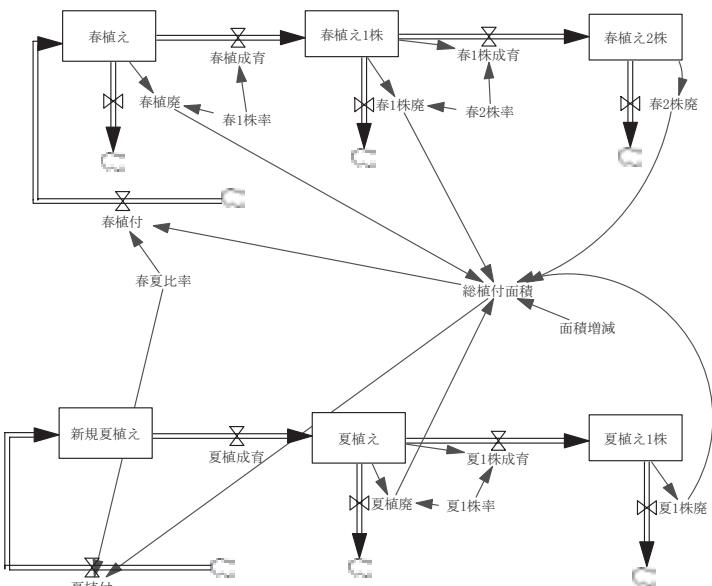


図3 石垣島におけるサトウキビの作型モデル

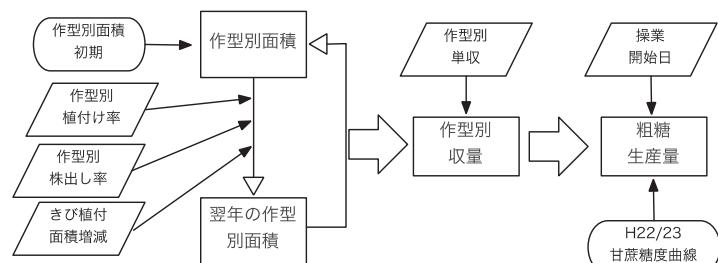


図4 シミュレーションのフローチャート

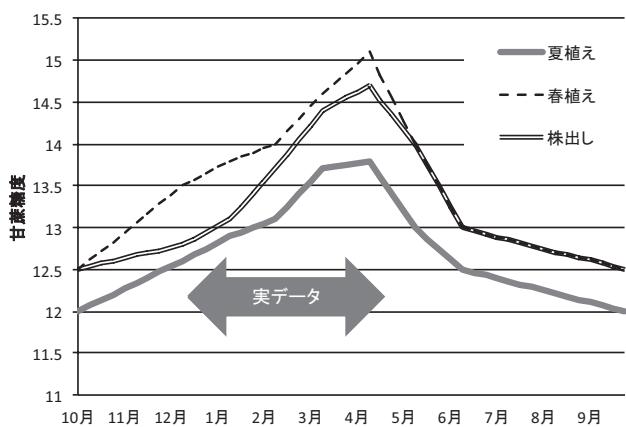


図5 時期別糖度曲線の設定

ンする。そのために図4のようなフローチャートにもとづき実データを用いた。つまり作型別面積の初期値に対して、作型別の植付け比率や株出し率などから作型別の面積をシミュレーションする。これらの値は表1に整理した。

表1を詳細にみると、「春夏比率」では、平成15/16年期の春植えは20% あったが、その後減少し、近年は15% にまで増えている。「株出し率；夏植え1株」では、当初32% あった株出し率が急

減し、近年は回復傾向にある。株出しを可能にするベイト剤の普及が影響していると考えられる。「面積増減」では、平成17/18年期から3年間の減少があり、サトウキビ畠の他作物への転用がみられた。しかし近年、サトウキビ畠の増加がみられ、増産キャンペーンの効果と考えられる。

このような作型別の面積データに加えて、作型別の単収や操業開始時期、糖度曲線に実データを用いた。ただし、糖度曲線は平成22/23年期の実績値を代表値として用いた(図5)。この糖度曲線において、12月から4月は実データであるが、それ以外の期間の値は仮置きしたものである。

(2) 現状モデルの再現性

シミュレーションで得られた結果を整理すると表2のようになった。シミュレーションでは、サトウキビ栽培面積、その生産量、粗糖生産量などに加えて、サトウキビ代金や甘味資源交付金の総額も表示される。また製糖工場における収益性に関する指標も得られる。

この現状モデルの再現性を粗糖生産および収穫

表2 シミュレーションによる操業の再現性

	H15/16年期	H16/17年期	H17/18年期	H18/19年期	H19/20年期	H20/21年期	H21/22年期	H22/23年期
総収穫面積 ha	1,438	1,450	1,227	1,259	1,139	1,095	1,161	1,183
春植え	214	223	155	117	111	116	134	151
春植え1株	94	107	111	77	59	56	58	67
春植え2株	15	19	21	22	15	12	11	12
夏植え	816	857	837	951	859	817	851	826
夏植え1株	300	245	103	92	95	94	106	128
きび生産量 t	98,541	77,363	66,731	68,668	81,164	69,751	95,873	86,176
春植え	12,849	8,457	6,344	4,918	5,904	5,455	8,068	8,739
春植え1株	5,049	4,069	4,006	3,095	2,869	2,729	3,424	3,429
春植え2株	821	711	771	890	758	574	657	592
夏植え	63,648	54,824	51,909	56,081	66,975	56,365	77,458	66,904
夏植え1株	16,174	9,302	3,701	3,684	4,658	4,628	6,265	6,512
甘味交付金 億円	16	13	11	11	13	11	16	14
きび代 億円	4	3	3	3	4	3	4	4
原料当たりきび代 円	4,417	4,339	4,295	4,352	4,380	4,357	4,361	4,322
原料当たり固定費 円	8,000	10,190	11,814	11,480	9,713	11,302	8,223	9,148
原料当たり比例費 円	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
粗糖生産量 t	11,516	8,881	7,582	7,906	9,404	8,040	11,061	9,853
粗糖販売金額 億円	9	7	6	6	7	6	9	8
国内産糖交付金 億円	7	5	5	5	6	5	7	6
製品当たりコスト 円/t	131,926	152,704	168,170	163,569	147,524	161,876	135,071	144,045
平均歩留り %	11.69	11.48	11.36	11.51	11.59	11.53	11.54	11.43
実績収穫面積 ha	1430.48	1451.92	1230.16	1260.69	1132.23	1085.91	1167.5	1184.63
実績きび生産量 t	98118	77427	66713	68834	80383	68996	96184	85898
実績甘藷糖度	12.5	12.42	12.51	12.73	12.23	13.78	13.43	11.87
実績歩留	12.11	11.51	11.44	12.26	11.5	13.2	12.64	11.5
実績粗糖生産量 t	11879	8913	7631	8438	9246	9110	12155	9882
粗糖生産(シム/実績)	97	100	99	94	102	88	91	100
収穫面積(シム/実績)	101	100	100	100	101	101	99	100

面積でみると、「粗糖生産（シム/実績）」では、甘蔗糖度が高かった平成20/21年期や平成21/22年期では、シミュレーションでは過小になっているが、おおむね粗糖生産量は合致している。また「収穫面積（シム/実績）」の一致率も高い。

以上のように、サトウキビ収穫面積を、(1) 作型別の面積初期値、(2) 春植えと夏植えの植付け比率、(3) 夏植え株出し率、(4) サトウキビ面積の増減で再現することができた。こうしたことから今後、作型の変化や株出し率の変化などを伴う技術導入の影響を、このモデルを使って検討できる。

(3) 将来予測モデル

将来予測モデルでは、平成22/23年期の作型別の面積とその株出し率を初期値とする。また単収は、春植えが55t/ha、夏植えが75t/ha、株出しがそれぞれ50t/haとする。

こうした条件のもとで、製糖開始時期の変化が、製品（粗糖）当たりの製糖コストに及ぼす影響をみると、2月1週に操業を開始し、5月3週に製糖が終わる場合のコストが最も低い結果となった。これは図5に示した甘蔗糖度の変化が、4月2週をピークとしており、そのピークを挟む期間が最も粗糖を得られるためである。

しかし、製糖終了が遅れるほど、収穫後の株出し管理や春植えの植付けが遅れる。その際、翌年の単収が減少する。そこでモデルにおいて、4月を過ぎた収穫に対して、単収を下げる設定を加えた。具体的には、1週当たり3t/haの単収低下とした。つまり4月末までの4週が超過すれば、12t/haの株出しおよび春植え単収の低下をもたらす設定となる。この条件のもとで、最適な製糖開始時期は12月3週となり、製糖終了は3月4週となった。

以上の分析で得られた製糖コストの年次変化を比較すると図6のようになった。初年目を見ると、操業開始が2月1週の方が低コストになる。しかし2年目以降は、収量の安定・多収という点

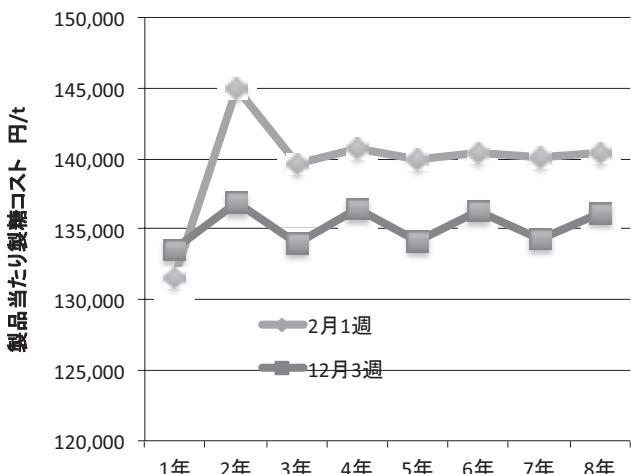


図6 製糖開始の違いが製糖コストに及ぼす影響

で12月3週に操業することが望ましいという結果になっている。このようにシミュレーションを用いることで、短期的・長期的な評価が可能になる。

4. おわりに

このモデルは、新たな作型や株出し性、収量性の向上といった新技術の評価をサトウキビ生産だけでなく製糖工場への影響も含めて検討できる。また製糖工場における操業開始時期や生産振興方針、施設投資の有効性などに関する経営戦略にも活用できると考えている。さらに製糖工場を核としたサトウキビ産業の将来像を考察する地域戦略にも有効だと思っている。

しかし、このモデルには、サトウキビ生産に関する技術データや製糖工場に関するデータなどで不十分な点もある。今後、研究機関や製糖工場などとさらに連携を深めて、モデルの精度を高めるとともに、活用を進めていきたい。

参考文献：

- 杉本明 2004. 栽培改善は進んだか? : サトウキビ技術開発の過去と未来. 日作九70 :184-190
- 樽本祐助 2011. さとうきび生産と製糖工場のシミュレーションモデル：システムダイナミクスを活用して. 九州沖縄農業研究センター資料 : 1-102.

サトウキビの食品利用と新商品の開発

沖縄県農業研究センター農業システム開発班 主任研究員 広瀬 直人

はじめに

サトウキビはミネラルやポリフェノール類を豊富に含み、その加工食品である黒糖については様々な食品機能性が報告されているなど、甘味資源としての利用に加えて、健康の維持・増進に寄与しうる食品としての可能性を秘めている。サトウキビを搾って得られるジュースには可溶性固形分が15~20%程度含まれており、そのうち70~90%程度がショ糖である。サトウキビの主たる用途を占める粗糖（分蜜糖）の生産ではショ糖以外の成分を分離・除去するが、食品機能性を有する成分はこのショ糖以外の部分に存在しているため、有用成分は十分に活用されていない。

本稿では、これら有用成分の利用を視野に、サトウキビの食品利用と新商品開発の動向について、筆者らの研究も含めて紹介する。

黒糖

サトウキビ加工食品の代表格は、サトウキビを搾汁し、そのまま煮詰めて固化させ製造する黒糖であろう。黒糖は製造工程中の加熱によって生成する複雑多様なメイラード反応物由来の独特な色調と、サトウキビには無い風味（甘い焦げ臭など）を持ち、甘味料としての利用に加えて、嗜好品、あるいは風味付けに利用されている。

黒糖の歴史は古く、天保年間（1830年代）に記されたとされる「甘蔗大成」に、その製造方法が紹介されている。すなわち、サトウキビを搾ったジュースを煮詰めつつ石灰を添加し、さらに煮詰めて濃縮する。得られた過飽和状態の濃縮液を新しい鍋に移して攪拌しながら冷却し、黒糖を製造する。基本的な黒糖製造の原理は現代のそれと大きく変わらないものの、江戸時代の「二転子・三鍋法（牛を動力として2本の木製搾汁機を回転させてサトウキビを搾り、得られたジュースに石灰

を加え三つの鍋で順に煮つめて黒糖を作る）」から、動力歯車による圧搾、ホット／中間ライミング法による清浄化、ボイラー方式の効用缶による濃縮、直火方式に加えてオーブン・パン式仕上げ、さらには遠心薄膜式濃縮機を用いた連続仕上げなど、その製造工程は技術の進歩と共に改良されている。

沖縄では1623年に儀間真常が中国福建省より導入した「黒砂糖」作りを普及させて以来、亜熱帯性気候など地理的条件にも恵まれていたことから、県内全域でサトウキビ生産及び黒糖製造が発展した。沖縄本島や宮古島、石垣島など離島のなかでも比較的規模が大きい地域では粗糖の製造に移行したが、小規模離島地域では現在も黒糖の製造が引き継がれており、製造工程にいくつかの違いがあるものの、伊平屋、粟国、多良間、西表、小浜、波照間、与那国の7カ所にある工場で年間

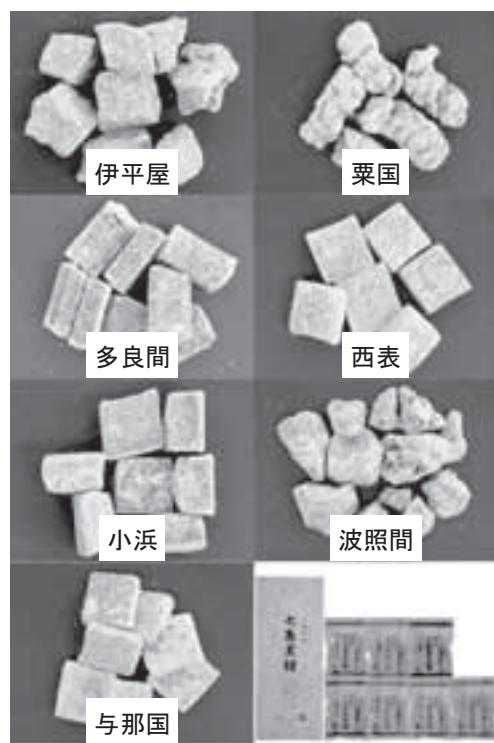


写真1 沖縄で生産されている7種類の黒糖
七島黒糖は沖縄県黒砂糖協同組合 HPより引用
(<http://www.okinawa-kurozatou.or.jp>)

約9千トンの黒糖が生産されている。

この7種類の黒糖は外観や食味がそれぞれ異なり、個性を楽しむ「七島黒糖」という商品も販売されている。前述のように、黒糖の製造は「搾汁」「濃縮」「仕上げ」から成り、成分を調整する工程は含まれていない。そのため、黒糖の品質は原料のサトウキビによって大きく左右される。氏原らや筆者らは、サトウキビジュースの含有成分が品種や収穫時期で異なることを報告している。また、氏原らは製造工程によって黒糖中の成分が影響を受けること、和田らはサトウキビ表皮部のワックスに由来するポリコサノール含量が製糖条件によって増減することを示している。「七島黒糖」の個性は、このような原料のサトウキビの違いや、工場ごとの製造工程の違いなどによって作り出されたものであるかもしれない。

黒糖にはサトウキビ由来のフェノール化合物が多く含まれ、その多様な健康機能性が明らかになりつつある。屋らは日本ウズラを用いた黒糖摂取による抗動脈硬化作用を検証し、粥状硬化病変の発症進展が低減されることを報告している。また、前田らは黒糖の非ショ糖画分がポリフェノールを多く含むことや、LDL(低比重リポタンパク)酸化抑制作用を示すことを報告しており、黒糖中のポリフェノールによるLDL酸化抑制が、動脈硬化の進展軽減に関与していると考えられる。そのほか、和田らは沖縄産黒糖に含まれる抗酸化物質として低分子フェノール、フェニルプロパノイドとその誘導体、リゲナン、配糖体など、サトウキビ及びその加工物に存在する成分として初めて単離された物質も含めて40種類以上のフェノール化合物群を単離・同定している。さらに、荻らは強いDPPHラジカル消去活性を示すフラボン配糖体のサポナリン、スカフトシド及びイソスカフトシドを黒糖より単離し、これらがサトウキビ由来であることを確認している。

筆者らは高い付加価値を持つ黒糖の開発に取り組んでおり、その一つが有用成分の増強である。 γ -アミノ酪酸(GABA)は食品機能性が注目されているアミノ酸の一種で、血圧上昇抑制効果やリラックス効果が報告されている。黒糖にはサトウキビ由来のGABAが10mg/100g乾燥重程度含

まれているが、乳酸発酵を利用して最大で400mg程度までGABA含有量を増加させた黒糖の製造に成功すると共に、GABA高含有黒糖の製造に適した*Enterococcus*属の新たな乳酸菌を単離した。

黒糖の付加価値を高めるもう一つの方法が香気成分の強化である。黒糖特有の香りは加熱によって生成すると考えられ、糖蜜様香気成分として知られるソトロン(4,5-dimethyl-3-hydroxy-2(5H)-furanone)や、加熱食品特有のピラジン類等が報告されている。筆者らは黒糖特有の香気成分が仕上げ加熱工程の後半に生成することを見いだした。さらに、仕上げ加熱中に発生した水蒸気の回収液を黒糖製造工程中へ添加することで、香気成分を強化した黒糖の製造が可能であることを明らかにした。今後の市場競争力を確保するうえで、このような黒糖の付加価値を高める技術の開発は、ますます重要なことではないかと考えている。

サトウキビジュースを利用した加工食品

強固な表皮や纖維を有するサトウキビから主要成分であるショ糖を最も簡単に摂取する方法はジュースである。台湾や東南アジアではジュース用のサトウキビ品種が生産されており、街中でサトウキビジュース売りの屋台を見かけることがある。洗浄茎をその場で搾汁して供するものほかに、茎を焙って加熱してから搾汁し、香ばしさを付加したホット飲料として供する場合もあるようである。しかし、サトウキビジュースにはサトウキビ表面や土壌由来の微生物が多数存在するために腐敗しやすく、国内では飲料としての利用はほとんど見られない。

サトウキビジュースが腐敗しやすいということ



写真2 サトウキビジュース屋台（タイ国）

は、微生物にとって良好な培地であるということを意味する。事実、製糖副生物である糖蜜が発酵工業において盛んに利用されている。このことから、腐敗を防ぎ、かつ、糖質をある程度消費しつつサトウキビが持つ有用物質を保持・増強可能な加工手段として「発酵」の利用が挙げられる。

1) サトウキビ酢

奄美諸島や沖縄ではサトウキビを原料としたサトウキビ酢が製造されている。その製造方法には2種類あり、一つはサトウキビジュースの糖分を酵母でアルコール発酵させ、その後に酢酸菌を加えて酢酸発酵を行う方法で、もう一つはジュースに酢酸菌と醸造用アルコールを加え、酢酸発酵のみを行う方法である。鹿児島県奄美大島の南に位置する加計呂麻島では、施設内に浮遊する天然(土着)の酵母や酢酸菌を利用して、二段階に発酵させる方法でサトウキビ酢が製造されている。

沖縄県南城市ではサトウキビジュースにアルコールと種酢を添加して酢酸発酵させる方法でサトウキビ酢が製造されており、複数のサトウキビ品種を用いて風味の異なる製品を作り出している。

吉元はサトウキビ酢がサトウキビ由来のミネラルやポリフェノール類を含んでいること、米等を主原料とした米酢、玄米酢、穀物酢よりも強い抗酸化能や抗変異原活性を示すと共に、サトウキビ由来の果糖や仕込み段階で生成するメイラード反応物のためか、他の酢よりもマイルドで風味が良く、調味料用途や飲用など多様なシーンでの消費が期待できると報告している。

2) 乳酸発酵飲料

黒糖の項で述べたように、GABAはサトウキビに含まれているものの、その含有量は多いもので

はない。そこで、筆者らは乳酸発酵によってGABA含有量を増加させた乳酸発酵飲料の開発に取り組んだ。その結果、新たに分離した乳酸菌 *Lactococcus lactis* NH-61株を用い、6mg/100ml以上のGABAを含有する乳酸発酵飲料の製造に成功した。このサトウキビ乳酸発酵飲料は高いGABA含有量に加え、サトウキビ由来のカリウムやマグネシウム等のミネラル及びポリフェノールを含有することが特徴であり、DPPHラジカル消去活性や抗変異原性等の機能性も高い値を示した。

本技術を活用した製品としてヤギ乳とサトウキビジュースを原料としたヨーグルトが市販されている。ヤギ乳には独特的のクセがあるが、サトウキビ由来の成分による消臭効果(後述)のためかマイルドで飲みやすい製品となり、好評を博しているとのことである。

サトウキビの機能性を生かした新規製品

サトウキビの搾汁残渣であるバガスは主として製糖工場の燃料として用いられているが、稻福らはバ

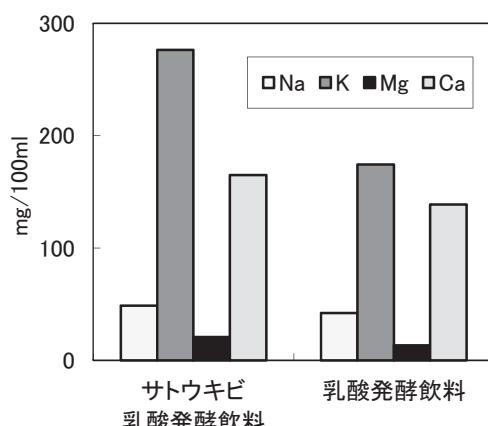


図 サトウキビ乳酸発酵飲料のミネラル含有量



写真3 加計呂麻島のサトウキビ酢醸造



写真4 サトウキビ乳酸発酵飲料製品

表 サトウキビ乳酸発酵飲料の成分特性

	ポリフェノール (mg/100ml)	抗酸化性 (μ M/100ml)*	抗変異原性 阻害率 (%)
サトウキビ乳酸発酵飲料	34	84	86
乳酸発酵飲料 **	17	32	49

*DPPH ラジカル消去活性をトロロックス換算で示した。

** サトウキビジュースをショ糖水溶液に置き換えた。

ガスの強固な纖維構造を爆碎法で破壊し、さらに高いキシラナーゼ活性を有する麹菌で発酵することで、キシロオリゴ糖を含む食物纖維素材を開発している。このバガス由来食物纖維素材は腸内環境改善効果、抗酸化活性能、血糖値上昇抑制能、及び中性脂肪上昇抑制能を示すことが報告されている。

中島らはサトウキビからいくつかの異なる手法で抽出物を調製し、それぞれに呈味改良や消臭などの効果を見いだしている。廣田らはバガスやサトウキビ搾汁液から調製した非蔗糖画分 SCE（ポリフェノール5%、糖質8.2%、ミネラルや有機酸を含む）のニワトリにおける免疫賦活作用や成長促進作用を見いだした。さらに、SCE がニワトリの原虫感染症コクシジウム (*Eimeria tenella*) 症の予防に有用であることを報告している。

おわりに

サトウキビは南西諸島の過酷な条件に適応できる優れた性質を持ち、特に離島地域では農業だけでなく、黒糖や粗糖製造といった工業分野においても経済活動の根幹をなす基幹作物として重要な役割を果たしている。しかしながら、昨今のダイエットブーム等に代表される消費動向は、糖質原料としての展望は必ずしも良好でないことを示している。食品加工研究が（農業も含めた広義の意味での）サトウキビ産業の発展に寄与できるよう、引き続きサトウキビや黒糖が持つ多様な食品機能性の活用や、発酵による機能性の強化あるいは機能性の付与による高付加価値化による、新しい食品の開発を進めたい。

参考文献

- 石井恵史・吉元誠・杉本明：サトウキビ、食品加工総覧 9, 農文協, p379-391 (1999)
 稲福盛雄・稻福直・藤野哲也・与那覇恵・大原誠資・柏木豊・大澤俊彦・石谷邦彦・野本亀久雄：爆碎発酵処理

理 食 物 繊 維 含 有 組 成 物, 特 願

2006-240332

氏原邦博・吉元誠・和田浩二・永井竜児・
 広瀬直人・照屋亮：黒砂糖の色調と品質に及ぼすサトウキビ搾汁機ローラーの材質とライミング処理の影響、食工, 56(6), 343-349 (2009)

氏原邦博・増田亮一・杉浦誠・永田茂穂・杉本明・寺島義文・福原誠司：サトウキビジュースにおける有用成分の生育時期別推移と加工時の消長、日作九支報, 70, 75-77 (2004)

大蔵永常：甘蔗大成（下巻）黒砂糖製法（岡俊二：翻刻・現代語訳）、日本農書全集50、農文協, p187-193 (1994)
 荻貴之・前田剛希：沖縄産黒糖に含まれるフラボン配糖体、沖縄工技研報, 10, 7-11 (2008)

杉本明：さとうきびおよびさとうきび食品の機能性、砂糖類情報*, 136(1), (2008)

中島寿典：さとうきび抽出物について、砂糖類情報*, 131(8), (2007)

中田栄太郎・前田直彦・谷口修・酒井一幸：黒糖製造法、浜口栄次郎・桜井芳人監修、シュガーハンドブック、朝倉書店, p106-118 (1964)

広瀬直人・照屋亮・大城良計・神谷朝博・高良健作・太田英明・和田浩二：フレーバーを強化した黒糖における香気成分の動向、日食保藏第60回大会要旨, 54(2011)
 広瀬直人・氏原邦博・照屋亮・前田剛希・吉武均・和田浩二・吉元誠： γ -アミノ酪酸 (GABA) を増強したサトウキビ乳酸発酵飲料の開発、食工, 55 (5), 209-214 (2008)

広瀬直人・照屋亮：サトウキビ発酵物およびこれから製造される黒糖様食品、特願2007-211248

前田剛希・荻貴之：沖縄産純黒糖の抗酸化能と糖類分解酵素阻害活性、沖縄工技研報, 10, 1-5 (2008)

吉元誠：サトウキビ酢の持つ健康機能は米酢よりも玄米酢よりも高い、食品工業, 53(10), 103-105 (2010)

和田浩二：沖縄県特産物の機能性成分と加工利用に関する食品化学的研究、日食保藏, 37(1), 17-27 (2011)

沖縄県黒砂糖工業会・沖縄県黒砂糖協同組合：「沖縄の黒砂糖を知るために」(2010)

Okabe T., Toda T., Inafuku M., Wada K., Iwasaki H. and Oku H.: Antiatherosclerotic function of Kokuto, Okinawan noncentrifugal cane sugar, J Agric. Food Chem., 57(1), 69-75 (2009)

* 砂糖類情報の主要な記事は農畜産業振興機構のホームページ (<http://sugar.alic.go.jp>) 上で公開されている。

高バイオマス量サトウキビを用いた砂糖・エタノール複合生産プロセス ～新しい農工一体型・産業横断型プロセス設計～

アサヒグループホールディングス（株）豊かさ創造研究所 バイオエタノール技術開発部

上席主任研究員 小原 聰

1. はじめに

サトウキビは主に高価な甘味資源である砂糖の原料として利用されてきた。そのため、原料開発、副産物の利用方法も砂糖産業を中心に行なわれてきた。副産物のうち、搾り粕であるバガスは製糖工場の熱・電力を賄う循環型の自給エネルギー源として、糖蜜はエタノールやアミノ酸等の発酵産業における安価な二次原料として利用されてきた。近年、バイオエタノールの原料としても、サトウキビの持つ高いバイオマス生産性、エタノール変換の容易さ、バガスの活用範囲の広さ（製造エネルギー源やセルロース資源）が注目されている。

国土の狭い日本は、ブラジルなどの砂糖生産大国とは異なり、砂糖自給率が低く、生産地域の拡大も望めない。また、サトウキビ価格は国際価格に比べて極めて高い。このような状況下で、サトウキビからエタノールのみを生産すると、①砂糖生産との競合（砂糖自給率低下）、②エタノール製造コスト高（原料費のみで約200円/L）という問題が起こる。そのため、サトウキビを原料としたエタノール生産では、砂糖を抽出した後に残る副産物（糖蜜、バガス）を原料とした生産プロセスの開発が取り組まれてきた。

日本のサトウキビ原料は高価であるが、国によって決められる国産糖価格も高いため、砂糖産業として採算が取れ、その結果、副産物である糖蜜やバガスが比較的安価に入手できる。しかし、日本の砂糖産業では歴史的に砂糖生産を目的に品種改良された“砂糖歩留の良い＝副産物が出にくい”サトウキビを原料とし、高度に砂糖生産を優先した“砂糖歩留の良い＝副産物が出にくい”製糖プロセスが開発されてきたため、必然的に糖蜜やバガスの副生量が少ない。例えば糖蜜は、砂糖の結晶回収工程を3回繰り返した後の残渣である

ため、最終的に残る糖分が非常に少なく、少ない残糖分に対して多くの塩類（ミネラル分）が濃縮されることによって、これを発酵原料にした場合、酵母によるエタノール発酵が阻害される。つまり、日本の製糖技術が高いが故に、国産の糖蜜はエタノール原料としての品質が低いと言える。加えて、度重なる結晶化により黒色のカラメル状反応生成物が多く生じるため、着色排水の処理も問題となっている。

一方、バガスも安価・均質なセルロース資源として、セルロース系エタノールの研究者から注目されているが、バガス余剰量が少ないため、事業規模での生産量は望めない。それだけでなく、バガス余剰量の少なさゆえに、糖蜜やバガスからのバイオエタノール製造には、結局多くの石油を使うという矛盾も生じる。

このように日本では、極めて高度な製糖技術のために、製糖副産物である糖蜜やバガスを原料としたエタノール生産事業を単独で行なうことは難しい状況である。

2. 農工一体型・産業横断型生産プロセス開発

2002年より、アサヒビール（現・アサヒグループホールディングス）と九州沖縄農業研究センターは、砂糖とエタノールという2つの産業を別々に考えるのではなく、「砂糖&エタノール」という2つの商品を産業横断的に効率よく複合生産するプロセスを共同開発してきた。具体的には、初めに理想的なプロセスを設計し、次にプロセス実現に必要なサトウキビ原料を開発する、という農工一体型の全く新しい手法である。

（1）理想的な生産プロセスの設計

既存の製糖工場にエタノール生産プロセスを新たに組み込み、一連の生産プロセスとした上で、

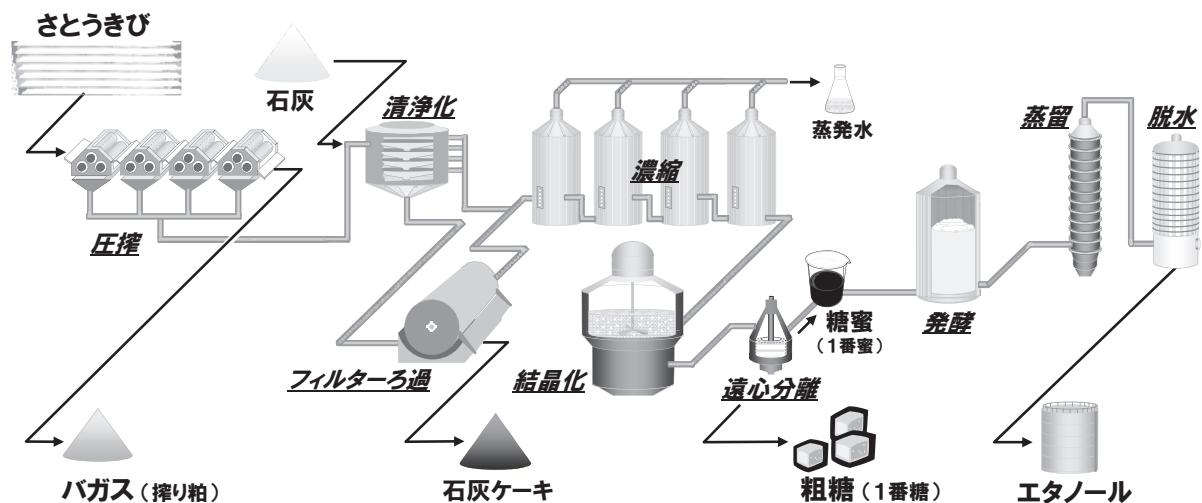


図1. 砂糖・エタノール複合生産プロセスの概要

糖質資源、製造燃料資源（バガス）を砂糖生産で独占せずに、エタノール生産に資源分配することを基本とする。概要を図1に示す。

設備面では、既存の製糖設備を最大限活用し、その隣にエタノール製造設備（発酵～蒸留～脱水）を新たに併設し、ラインを繋ぎ完全に一連の工程にする。共通工程（圧搾機、ボイラ、ユーティリティ設備等）を共有化することで、新たな設備投資を削減できる。

生産工程面では、まず砂糖とエタノールの生産比率を見直し、従来3回行なっていた砂糖の回収工程を1回に短縮し、1回しか砂糖を抽出していない良質な糖蜜（1番蜜）からエタノールを製造する。この変更を砂糖生産エネルギーの観点から見ると、3回の工程で95%の砂糖を回収していた従来法に比べて、改良法は最も回収率の高い1回目（70%）だけにするため、砂糖回収量あたりの生産エネルギーが約55%削減でき効率的である。エタノール生産の観点から見ると、ショ糖の分配比率が、砂糖：エタノール=95:5から70:30と変わることに加えて、糖蜜の発酵性向上（塩濃縮の軽減）によって、エタノール生産量が飛躍的に増加する。

生産エネルギー面では、バガス燃焼エネルギー（蒸気・電気）で全工程（砂糖・エタノール生産）のエネルギーを賄うように設計し、石油を使用せず、低コスト・低環境負荷のエタノール生産を可能にする。

これまでの砂糖生産では、目的生産物が砂糖の

みであり、製造エネルギーをバガス燃焼で賄えたことから、無理な砂糖回収を行なってきた。見直された砂糖・エタノール複合生産プロセスでは、砂糖生産とエタノール生産の両方にメリットがある生産比率が実現される。

(2) 原料の設計・開発

理想的なプロセスを実現するために、新たなサトウキビを設計・開発した。新しい原料には、砂糖生産量低下とバガス不足を補うために、以下の条件を充たすことが求められる。

条件①：1回の砂糖回収工程で従来の砂糖生産量（8 t/ha）を得られるような「単位面積あたりのショ糖収量」を有する

条件②：バガス燃焼エネルギーで全製造エネルギーを供給できるような「単位面積あたりの纖維収量」を有する

これらの条件を、プロセス中の単位操作の収率、エネルギー原単位データを利用して、サトウキビの形質中で改良が可能な「単位収量、ショ糖含率、還元糖含率、纖維含率」の4つのパラメーターの関係式で表した。この関係式に、九州沖縄農業研究センターが育成した様々な「高バイオマスサトウキビ系統群」の栽培データを当てはめ、条件を充たす有望系統を選抜した。

(3) パイロットプラントでの検証と原料選抜

沖縄県伊江島にパイロットプラント（写真1）を建設し、主にプロセス実証と原料選抜を目的と



した実証試験を行なった（2006～2010年：農林水産省、経済産業省、環境省、内閣府との連携プロジェクト）。プラントは一連の複合生産工程（砂糖生産～エタノール生産まで）で構成され、原料処理量として1 t/d（国内製糖工場の1/500～1/2000のスケール）である。

原料選抜では、九州沖縄農業研究センターが主担当となり、約1 haの圃場で約3000系統の高バイオマス量サトウキビの栽培試験を実施した。選



写真2 高バイオマス量サトウキビ「KY01-2044」（右）
対照：製糖用さとうきび・「NiF8：農林8号」（左）

拔条件を充たす砂糖・エタノール複合生産用原料として「KY01-2044」（写真2）を選抜した。KY01-2044は従来種と比較して、単位収量が約2倍、糖収量が約1.5倍、纖維収量が約2倍程度であり、砂糖・エタノール用として品種登録された。

プラント規模でのプロセス実証では、様々な形質を持つ高バイオマス量系統1 tを原料として一連の物質収支を調査した。製糖用原料であるNi15を対照として、多収で低糖度・低純糖率である高バイオマス系統第1世代(S3-19, KR98-1001)と、第1世代をやや高糖度に改良した第2世代(KY01-2043, KY01-2044, KY02-1581)を試験に用いた。ショ糖の収支を図2に示す。

製糖用品種と比較して、第1世代では原料中のショ糖量、粗糖回収率がともに低下するため、従来と同等の粗糖生産量（3回結晶化で100～120kg/t-cane）を維持するには、単位収量を製糖用品種の3.5～4倍程度にする必要がある。第2世代は製糖用品種より原料中のショ糖量が約2割低いが、粗糖回収率がほぼ同等であるため、単位

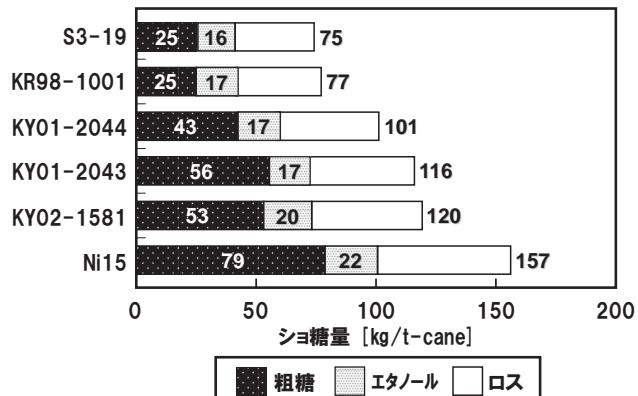


図2. 原料1トンに含まれるショ糖量とプロセス収支

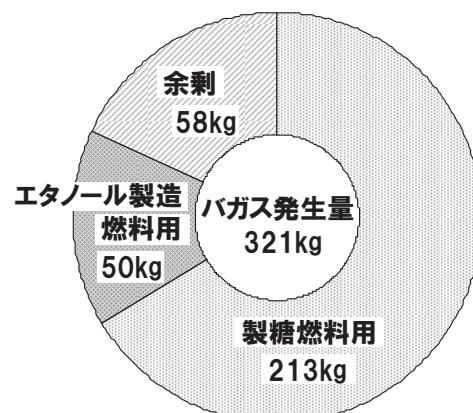


図3. 高バイオマス量系統(KY01-2043)のバガス収支

表 モデルアイランドの設定とプロセス導入後の試算データ

モデルアイランド		設定値（導入前）		導入後	
圃場データ	栽培形態	栽培面積	単位収量	栽培面積	単位収量
	夏植	732ha	75t/ha	332ha	100t/ha
	株出（1回目）	244ha	50t/ha	332ha	110t/ha
	株出（2回目）			332ha	95t/ha
	株出（3回目）			332ha	90t/ha
	株出（4回目）			332ha	85t/ha
	春植	244ha	50t/ha		
	夏植次年度収穫	732ha		332ha	
	苗畑	48ha		8ha	
	栽培面積合計	2000ha		2000ha	
	(うち収穫面積)	(1220ha)		(1660ha)	
	原料生産量計	79,300t/y		159,400t/y	
工場データ	工場稼動日数	80d		160d	
	粗糖生産量	9,250t/y		10,800t/y	
	エタノール生産量	840kL/y		4,400kL/y	
	バガス生産量	21,900t/y		53,200t/y	

収量が製糖用品種の1.5～2倍程度であれば、従来と同等の粗糖生産量が確保できることが分かった。高バイオマス量系統（KY01-2043）でのバガス収支を図3に示す。これより、バガス燃焼エネルギーのみで砂糖・エタノール製造が可能であることもプラント規模で実証された。

3. プロセス導入効果の試算

(1) 生産量の変化

プロセスの導入効果は地域によって異なるため、沖縄県の平均データから架空のモデルアイランドを設定し、高バイオマス量サトウキビ、新規複合生産モデルを導入した際の生産量変化の試算を行なった。設定条件及び生産量は表（次頁）のようになる。モデルアイランドは、沖縄県で平均的な生産規模である石垣島の圃場規模（2000ha）、栽培形態比率（夏植：株出：春植=6：1：1）、製糖工場規模（1000t/d処理）を採用した。原料収量、生産歩留は伊江島での実証試験で得られた数値を使用した。試算の結果、導入後の原料生産量は約2倍に、粗糖生産量が約1.2倍に、エタノール生産量が約5倍に増加することが示された。この規模では年間4400kL（沖縄県のガソリン消費量：約60万kLの0.7%分に相当）のエタノールが製造できることが分かった。

(2) コスト比較

モデルアイランドにおいて、エタノール製造に必要な設備投資額および製造コストを試算した結

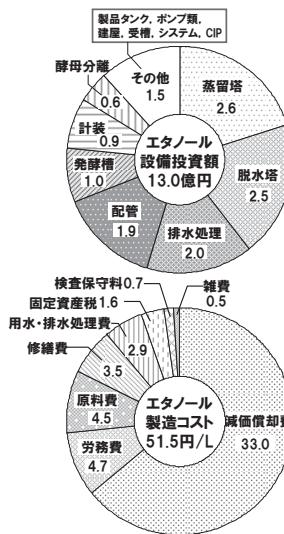


図4. モデルアイランドでの設備投資金額（上）、製造コスト（下）

果を図4に示す。モデルアイランド規模では年間4400kLのエタノールが製造でき、この時の設備投資額が約13億円、製造コストで約51.5円/Lとなる（糖蜜価格を現状レベルの2,000円/tとして計算）。製糖工場規模が2,000t/d（モデルアイランドの2倍）であれば、40円/L程度のエタノール製造コストを達成できる。また、糖蜜の良質化に伴ない、糖蜜を現状の約10倍のプレミアム価格（20,000円/t）にした場合でも、製造コストは約90円/Lであり、100円/L以下を達成できる。

4. おわりに

今回紹介したプロセスは、原料多収化による農家の安定収入の確保と土地生産性の向上、国産食料の安定生産、環境負荷低減と経済性を両立した大規模エタノール生産を可能にするもので、国内での実現可能性も高い。このプロセスは、日本全国で展開可能な一般解では無いが、国内の農業、食料、エネルギーの問題を同時に解決する1つのアイデア（特殊解）として参考になればと考える。特に、農工一体型の原料開発、異なる産業プロセスの融合による最適プロセス開発という考え方の導入は全く新しい解を導き出す可能性がある。

国内で本プロセスが導入されるには、砂糖生産のみを前提とした現在のサトウキビ取引制度の改定が必要であり、今後の課題である。農産物から食料とエネルギーが生産される時代に合った省庁横断的な制度改革が期待される。

ケーンセパレーションシステム CSSによる高付加価値商品の開発

(株)沖縄さとうきび機能研究所、もったいないバイオマス(株) 代表取締役 高村 善雄

URL:<http://www.kibimaru.com>

1) 非木材紙による森林保護

現在輸入パルプが年率124%で伸びている中国の紙需要が年6000万トンから8000万トンに到達したとき、伐採まで7年かかるユーカリでは追いつかず、イネ科 C 4 植物で成長の早いさとうきび（世界13億トン、1年で収穫）とソルガム（14億トン、4か月）の外皮が役に立つはずと確信したのが、製紙メーカーを辞め、このベンチャーを起こした理由である。中国が日本の森林を狙っているというのは噂だけではない。しかし、製紙だけでは事業性はない。甘味資源でもある、さとうきび、スイートソルガムに総合利用の可能性を探り、外皮が副産物になるように開発を進めている。

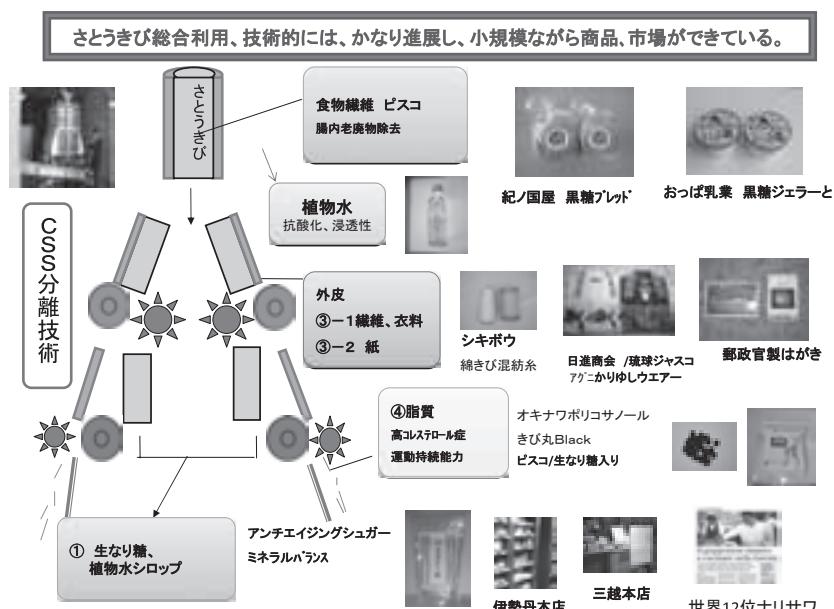
2) 分離による新素材とその機能向上

ケーンセパレータは上図のように外皮、内実部、脂質、ジュースを分離する機械である。世界の製糖工場がミルシステムでさとうきびを丸ごと搾汁し、黒いジュースを白い砂糖にするのにその纖維質（バガスと呼ばれている）の大半も燃やして、エネルギーにしているのに対して、CSSは内実部だけを搾汁するので、外部の汚れのない淡い茶色のジュースが絞り出され、製糖エネルギーも大幅に少なくてすむ、省エネシステムである。

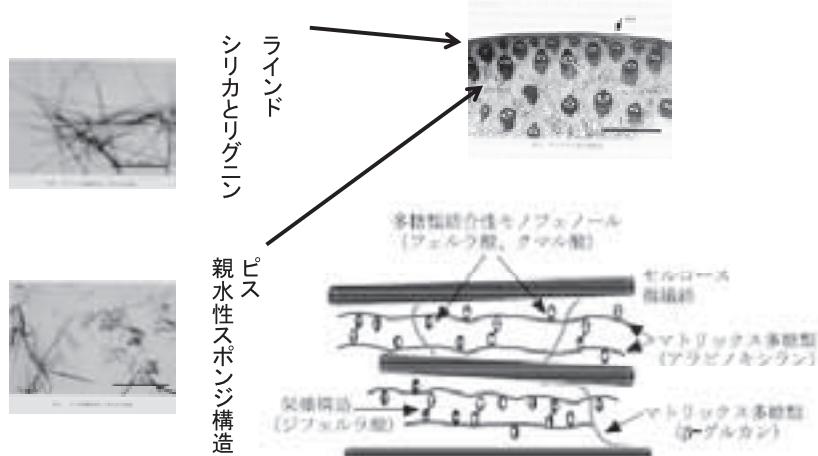
2-1) 外皮 ラインド Rind は植物を外敵から守る鎧のようなもの、セルロース群は長く、シリカ、

リグニンも多い。建材、紙に向いている。郵政省の官製はがき、サクラメール、サミット記念はがき、シキボウと共同で沖縄のカリユシウエアーシヤツなどを実現したが、最終的には、パルプ原料を考えている。

2-2) 内実部 ピス Pith は多孔質で、水分、養分の通り道であり、柔らかく親水性である。粗飼料、食物繊維に適しており、ヘミセルロースが多い。



Rind(外皮)とPith(内実纖維)





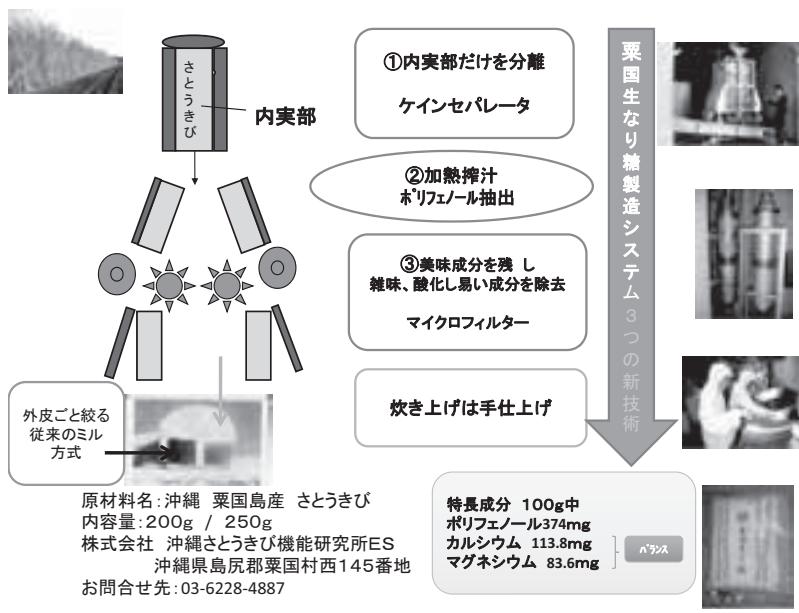
く腸内に入ると拡がるので、下痢は繋がる、便秘は治るという効果をもたらす。

左の写真はピスの食物纖維を10%入れたボーロで、繋ぎ力が強く、高濃度ファイバー食品が可能となる。ソーセージなどにも配合が楽になると使われている。

右の写真は結晶セルロースを3%入れたボーロで繋ぎ力がなく、形にならない。ピスは加工途中で焙煎をしているので、グルコース、キシロース、アミノ酸、ポリフェノールがメイラード反応を起こし、コーヒー、ココアでもない第3の焙煎の香味がするとして評判が良い。

現在はパン、アイスクリーム、サプリの賦形剤などに使用されているが、抗酸化能も強く、デトックスダイエットファイバーとしての用途展開を行っていく。

2-3) 生なり糖（ブランド名）新しい含みつ糖は内実部だけから搾汁して、マイクロフィルターを通して、そのまま透明感のある植物水シロップ



としても販売している。又、シロップを炊き上げた粉の生なり糖もポリフェノールを多く含み、郡山女子大学でのラード酸化実験ではビタミンEよりはるかに強い抗酸化能が発見された。つまり、生なり糖はアンチエイジングシュガーである。又、味でも世界レストラン12位でミシェラン3つ星の成澤シェフにも認められているが、その香味はピス同様、ポリフェノール、アミノ酸、キシロース、グルコースなどからの蜜から来ている。

現在は量も足りず、東京の高級デパートと高級な菓子原料として限定販売を行っているが、ヘルシーな超自然糖である生なり糖が世界に普及できるよう模索している。

2-4) 脂質

さとうきびワックスの特徴的成分は、オクタコサノール（C28アルコール）、オクタコサナール（C28アルデヒド）で、渡り鳥が海を超えるエネルギー源と言われている。キューバ、インド、オーストラリアなどは製糖廃棄物から抽出しているが、弊社の分離技術により、直接外皮から採ることにより、代謝的に有利なオクタコサナールを多く含んだ脂質が精製でき、昭和女子大学でのマウス試験で、運動持続能力の向上が実証され、学会などで発表されている。尚、キューバでは30年前より、





コレステロール低下の薬剤 PPG として使われている（左写真）。右写真は運動持続能力を活用したスポーツドリンクの試作品である。

2-5) 生なり糖、ピス、オクタコサノール、オクタコサナールのサプリメント

最長寿 120歳 泉重千代翁の秘訣は さとうきびをかじり、ポリフェノールで体内抗酸化を防ぎ、さとうきびを舐め オクタコサナールで運動能力を維持していたのではないか（もしかしたらボケ防止も）と思い、作ったのが「きび丸 Black」である。

2-5) 植物水

成長の早いさとうきびには、その早い光ラジカル反応に見合う、抗酸化成分があるはずとして、将来の水不足時代にも役立つかもしれない、植物機能水の研究を始めたところである。CSS は内部水だけである特徴を活かして、ピスの食物纖維化でかなりの負担となる、乾燥工程で真空セパレー

タを使用することにより、甘くない水分と抗酸化成分も取り出し、乾燥エネルギーを植物水商品に活用しようという試みである。

3) ケーンセパレーションシステム CSS の歴史

CSS は40年前にカナダ人のチルビーがカリブ海諸国の建材資源不足に着眼し、さとうきびの丈夫な外皮を長いまま分離して建材を開発することを主目的に考案したシステムである。その後 USA の AmClyde 社がライセンスを受け、ペルー、エクアドル、ジャマイカ、メキシコ、インドなどでプラントを次々と建設したが、分離技術は成功したもの最終製品の開発が成功せず、というか特に木材製品に勝る建材ができず、どれも失敗に終わった。当時商社マンでキューバとさとうきび副産物の開発を行っていた私に沖縄から CSS フォローの依頼があり、Amclyde 社の代理店となり、平成5年、沖縄県農業試験場に試験機を導入し、分離された素材から新商品開発を始めた。7年前、このさとうきび総合利用に国、沖縄県から助成されることになり、粟国島に CSS 実証プラントが完成したが、その時 AmClyde 社は倒産しており、やむなくさとうきび官製はがきを作った縁で転職していた三菱製紙でセパレータを製造した。建材からスタートしたこの CSS は上記のように余すところのない総合利用へと発展しようとしているが、技術、商品とも市場に認められるレベルまで来たと確信している。本格企業化のため、1~2年内に移設から増産を考えている。

しかし、この分離技術はさとうきびに止まるものではない、スイートソルガム、向日葵、葦、麻、薔薇など茎を活用していない植物の開発も、もつたないバイオマス(株)を起業して進めている。さとうきびで培って来た技術で農業の付加価値化を探求し、休耕田対策に役立てることができればと夢は大きい。

最北限の砂糖キビ産地 静岡県掛川市における地砂糖 「よこすかしろ」の再興について

静岡県掛川市 大須賀町商工会 特產品委員会

1. 「よこすかしろ」の歴史

静岡県掛川市南部地域（旧大須賀町横須賀）は、江戸時代から続く砂糖キビの産地です。

郷土史によれば、寛政2年（1790）年、（当時この地域は横須賀藩の領地）藩主西尾家の家老である潮田覚右衛門の次男信助が、この地域にはまだ無かった砂糖キビの栽培と製糖法を知るために、自らの危険も顧みず、百姓に姿を変えて単身土佐の国（高知県）へ渡り、身分を隠して農家に寝泊りし、その家の男衆となって百姓仕事を手伝いながら、砂糖キビの栽培法と製糖法を習い覚えた後、密かにその土地の砂糖キビ苗を携え、泉州「堺」を通って持ち帰ってきた後、領民に栽培法と製糖法を伝えたとされています。

この潮田信助による功績には、藩主からは砂糖奨励の褒美として2ヵ年にわたり白銀80両が与えられたと系譜経歴にも記されております。

その後、この地域の砂糖キビ栽培は、遠州灘に面した温暖な気候と砂地の畑であることが、砂糖キビ栽培に適していたということもあって急速に広がり、また横須賀藩の保護により製糖工場も建造され、量産体制が確立されました。

精製された製品は、大阪や江戸に搬送され、「横須賀白」の名で全国に販売されたとのことです。

1人の藩士による功績が、藩の財政利益を生み出す手段となり、横須賀藩は、専売政策による独占販売で多額の利益を得るようになりました。

しかし、徳川幕府が終焉し、明治時代に入って藩が解体されて保護政策も解かれ、更に、海外からの安価な輸入砂糖が出回ることによって、この地域の砂糖キビ栽培は次第に減衰し、耕作地は桑畑やタバコ畑に転作されるようになりました。

大正から昭和にかけて、僅かに製造はされましたが、昭和30年代には当地の製糖産業は絶滅し、わずかに農家の庭先に残された砂糖キビが、その

家庭で消費される程度になってしまいました。

平成元年、地元商工会が中心となって、地域活性化のための町おこし事業を計画する中で、かつて全国にその名を知らしめた「横須賀白」復活の計画がスタートしました。古くから伝わる栽培法や伝統製法の技術を後世に伝え、伝統産業を復活させることで、地域の魅力を地域の人達が再発見し、自分達の住む地域に誇りを持ってもらうことこそが、地域活性化の原動力となると考えたからです。

当初はこの町おこし事業に賛同する数名のグループが、同地域のわずかに残された砂糖キビから苗を育て、7アールの畑に植え付けすることから始まり、製糖作業は、農業協同組合の資材倉庫の一角を借用し、伝統製法を知る僅かに残された3名の高齢者から技術を学びながら行ないました。

その試みは、地元マスコミ各社に取り上げられ、反響は少しづつ広がりを見せ、年々耕作面積も拡大し、生産量も増加しました。個人農家で作付けを実施する方も増え始め、ついに平成6年には同地区観光物産センター(有)サンサンファームがその事業を引き継ぐこととなり、一旦は完全な事業化に成功しました。



1-1-1 掛川市大渕のサトウキビ畑



1-1-2



1-2-4



1-2-1 製糖工場作業



1-2-2



1-2-3

しかし、計画開始から20年が経過する中、地域産業という形態から、次第に1企業による独占事業的な展開に移行して行ったため、栽培農家は高齢化が進み後継者不足となり、特に砂糖キビの収穫作業が、高齢者にとって大変な重労働であることなどの理由から、栽培量が年々減少することとなり、更に製糖技術を学んだ伝承者もまた高齢化する中で伝統製法の継承が危ぶまれる状況となってしまいました。

そのような中で、商工会では、折角築きあげた特產品「よこすかしろ」事業への再度テコ入れを実施するため、平成20年度、中小企業庁による地域資源活用全国展開プロジェクト事業に「特產品『よこすかしろ』を活用した黒糖酒作りプロジェクト」をエントリー、農商工連携枠での採択を受けることとなりました。この採択をきっかけとして、伝統技術継承への長期的な仕組み作りと、砂糖キビ栽培農家における農業後継者の育成、この地域での砂糖キビ栽培の拡大を目指し、商工会自身で事業の再移管を受けることとし、特產品「よこすかしろ」事業の中長期的事業展開を目指すこととなりました。

2. 「よこすかしろ」事業の現状

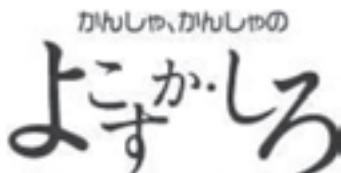
大須賀町商工会では、再移管を受けた「よこすかしろ」製糖事業を、地域産業として復活させるため、事業計画全般に地域全体を巻き込んだ、地域プロジェクトとしてスタートさせました。

まずは、事業全般の実施主体を「新まちづくり実行委員会」という委員会組織にすることで、商工業者・農業者・一般市民などを取り込み、町づくりにおけるこの事業の位置づけへの理解を図り

ました。

次に、製糖技術の伝承が継続できる仕組み作りを検討しました。収穫から製糖の時期が1年を通じて3ヶ月しかない当地において、働き盛りの若年層・中年層への技術定着は難しいため、地域内に住み、企業等を定年退職した方々をグループ化し、製糖作業に従事できる体制を模索しました。現状は商工会における臨時雇用という形で実施していますが、近い将来には、そのグループのNPO法人化を目指しています。

また、商品パッケージのデザインや、製品梱包作業などは、地域内の30代主婦層をグループ化して取り込みました。「よこすかしろ」は、これまで主に贈答用としての取扱が主流であり、贈る側の目線でのパッケージデザインでしたが、実際に使用する消費者目線のデザイン変更には彼女達の存在は不可欠なものでした。また、製品梱包作業は、まだ小さな子供を抱え、正規雇用で勤務することが難しい主婦層には、短時間で、自由な形で働く職場となっています。自らが地域づくりに関わることで、自身のアイデアなどにより商品化された「よこすかしろ」には、地元特産品として愛着が生まれると同時に、その子供の世代に、味覚を伝えて頂けるという相乗効果もありました。



2-1 新しいデザインロゴ



2-2 新しいデザインパッケージ

砂糖キビ生産者には、生産者・製糖作業者・販売業者・消費者などが一堂に集まる定期的な「生

産者会議」を開催することで、情報交換や相互の技術向上の場として役立てて頂くとともに、製造する側、販売する側、消費者側のそれぞれの目線での考え方を認識して頂き、自身の経営に役立て頂いております。また、こうした定期的な連絡会を通じて、商工会との信頼関係の構築にも役立てております。

販売取扱事業者は、この2年間で30軒以上増加し、販路は着実に拡大しております。

平成22年8月には、「よこすかしろ」と「掛川産砂糖キビ」が国による静岡県地域資源に認定されたことにより、地域資源として活用する事業者への支援が受けられることとなり、活用認定を希望する事業者も出現し、業務用としての活用の可能性も広がりを見せています。

このように、栽培から生産、販売、利活用まで、地域内の様々な方々が関わった取り組みとして再スタートしたことにより、これまで主として贈答用として使用されていた「よこすかしろ」が、地域内で消費される機会が増え、より地域の方々に愛される特産品となってまいりました。

3. 「よこすかしろ」について

「よこすかしろ」は、含蜜糖に分類される「白下糖」です。「白下糖」は高級和砂糖「和三盆」の原料糖となります。黒糖よりも灰汁を丁寧に取り除いており、後味が穏やかなのが特徴です。また、栄養価が高く、料理や菓子作り、コーヒーなどに

よこすかしろの成分比較

主成分	よこすかしろ	白砂糖
カルシウム	3.0%	0.0%
鉄分(アントシアニン)	0.0%	0.0%
カルシウム(アントシアニン)	2.4%	0.0%
鉄分(アントシアニン)	0.1%未満	0.0%
葉酸(アントシアニン)	0.02%	0.02%
緑茶カテキン	3.3%	0.0%
ナトリウム(アントシアニン)	4	1
カリウム(アントシアニン)	1400	0
ヨウ素(アントシアニン)	43	1
マグネシウム(アントシアニン)	35	Tr
リコチニン(アントシアニン)	100	Tr
遊離リコチニン	8.9	Tr
遊離マグネシウム	8.5	0
遊離リコチニン	6.0%	0.0%
ビタミンB群(アントシアニン)	0.00%	0
ビタミンE(アントシアニン)	0.14	0
セイザン(アントシアニン)	0.0%	0

Tr:含まれますが量を記載しないことがあります。

よこすかしろ の成分は、白砂糖に比べてカリウムやカルシウムなどのミネラル分と、ビタミンBやナイアシンが多く含まれていることがわかります。これは、深い味わいとともに健康的要素を体内に摂り入れができる証でもあります。

3-1 成分比較表

も使用され、幅広くご利用頂いております。

平成22年度、「よこすかしろ」の栄養素について成分分析を実施しました。(財団法人静岡県生活科学検査センターに依頼)結果、たんぱく質、カリウム、カルシウムなどやビタミンB1、B2なども豊富に含まれており、健康にも非常に良い砂糖であることも証明されています。

江戸時代、全国に搬出された「横須賀白」は正式には「遠州横須賀三盆白」と言っていたそうです。しかし、残念ながら、この「三盆白」を製造する技術は今日に伝承されておらず、白下糖として製造・販売をしております。このまま、白下糖の販売に留まらず、「遠州横須賀三盆白」の復活を目指し、本年度、試作品研究を始めております。24年冬には発売できるよう商品化に向けた取り組みも検討中です。

4. 「ヨコスカ・ラム」その他関連商品

「ヨコスカ・ラム」は、この事業実施のきっかけとなった、平成20年度に中小企業庁地域資源全国展開プロジェクトに採択されたことにより開発しました。本来、ラム酒は砂糖キビの搾りカス等の砂糖製造の副産物の再利用として製造されますが、「ヨコスカ・ラム」は「よこすかしろ」をそのまま原料として使用します。「よこすかしろ」のストーリーを重視し、砂糖キビを漢読みで「甘蔗(かんしゃ)」ということから、土佐で頂いた砂糖キビの苗や製糖技術のお陰で、当地の地砂糖ができたことに感謝を込めて、土佐(高知県)の菊水酒造(株)に製造を委託し、「感謝のお酒」として贈答品的な位置付けで企画しました。また、この地域が北緯34度であり、商業的な砂糖キビ栽培の最北限であることを覚えて頂くため、アルコール度数も34度としました。



4-1 「よこすかしろ」から誕生したラム酒「ヨコスカ・ラム」

また、単に飲むお酒としての開発ではなく、地域での活用を念頭に入れ、ケーキや洋菓子の香り付けて使用して頂くなどの活用や、オーク樽で寝かせることで香りや色を変化させ、付加価値の付いた製品となることを目指し、ラム酒として企画しました。

その他、「よこすかしろ」「ヨコスカ・ラム」は地域の多くの事業者が活用しています。

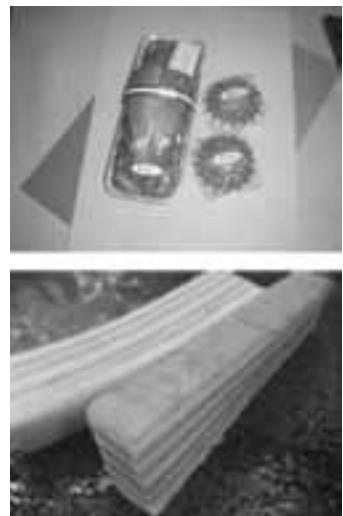
和菓子では、羊羹・かりんとう・飴・饅頭・餡蜜など、洋菓子では、ケーキ・バウムクーヘン・パウンドケーキなどが各事業者によって商品化されています。また、地域飲食店では、饅蒲焼のタレ、煮物、稲荷寿し、デザート、甘露煮などにも使用され、地産地消を展開しております。

5. 事業の将来展望

かつて繁栄しながらも、消えてしまった物には、必ず消え行く理由があり、それを復活させることは並大抵の努力ではありません。しかし、地域の産業として根付いていた技術が完全に忘れ去られてしまうことが、地域に暮らす人々の地域への愛着を失うことにも繋がります。

「よこすかしろ」製糖事業は、単に砂糖キビ栽培と製糖法の技術継承という目的だけでなく、この地域に素晴らしい伝統があることを誇りに思うことで、地域を愛する人が1人でも多く育つことを願って進めて行く事業と位置付けており、今後も、地域全体を巻き込んで事業を継続展開して行きます。

「よこすかしろ」の製造時期は、毎年11月から1月下旬まで。当地の砂糖キビは、4月に苗を植えつけ、11月頃から糖度が高くなり、収穫期を迎えます。今年も、当地の砂糖キビは収穫に向けてすくすくと成長しております。



4-2-1 よこすかしろ、ヨコスカ・ラムを使用したお菓子

香川、徳島での和三盆糖産地の維持継続を目指して

香川県東讃農業改良普及センター 松村 晴美

1 産地の概要

1) 歴 史

四国東部の香川県と徳島県の間にある讃岐山脈をはさんで、北側の香川県東かがわ市、南の徳島県上板町では、江戸時代以来、特産物である和三盆の原料としてサトウキビが栽培されてきた。その歴史は、香川では、旧白鳥町の医師向山周慶が40数年かけて鹿児島県奄美大島出身の関良助とともに砂糖の製法を確立した。(寛政2年1790年)。その後、藩の奨励を受け、江戸時代後期から明治初期にかけて、販路を大阪として大いに繁栄した。しかしながら、明治に入ってからは安価な外糖の輸入攻勢により、段々と衰退していった。

その後は庶民の甘味料として、白下糖の製造が、隆盛期の1割にも満たない規模で細々と続けられた。

第2次世界大戦前後では、農家の白砂糖の代用品として各戸に2~3a栽培され、一時回復傾向にあったが、戦後復興とともに減少した。しかし、その後の文化水準の向上とともに本物志向、健康志向が高まり、香川、徳島両県において和三盆糖生産が復興した。

2) 現 状

香川県における製糖業者は和三盆糖及び干菓子製造を行う業者は2社、白下糖製造を行う業者は2社であり、それぞれ、東かがわ市、さぬき市にある。サトウキビ栽培は、東かがわ市を中心として、さぬき市、三木町、高松市にあり、約8ha程度である。栽培農家は50から80戸程度と考えられ、4a~40aの経営規模である(平均15a程度)。(業者から公表されていないため詳細は不明である。)

品種は、細キビ(在来種、竹ショ)が中心であり一部で太キビ(品種不明)が栽培されている。畝幅1.2~1.5m、株間30cm~50cmで3月下旬に



図1 栽培ほ場(さぬき市)

植え付けし、12月に収穫する。

農家年齢は、70才代以上がほとんどであり、定年退職者等の参入も数件見られるが、高齢化による労働力不足が懸念されている。

2 課 題

1) 経営実態の把握

サトウキビ栽培経営の実態については、明治期の調査事例は見られるが、現在では、調査が行われていない。このため、労働時間、収支等の経営状況を把握する必要があった。

2) 作業の軽減化

キビ栽培は、3月末の植え付けに始まり、夏季の除草、灌水作業、倒伏防止を経て、12月の収穫作業で終わる。中耕培土、除草等の作業は猛暑の中での作業となり、収穫作業は厳寒期の屋外作業となる。特に収穫作業は、全労働時間の7割を占め、家族労働だけでは困難なため、数人を雇用する場合が多い。このような状況のため、早急に作業の軽減化を図ることが、産地維持のために必要不可欠とされた。

3) 除草剤の適用拡大

植え付け直後の土壤処理用除草剤のゲザプリムが登録失効となったため、別の剤を検討する必要が

あった。センコル水和剤が沖縄、鹿児島県のみの地域限定だったので、適用拡大の必要があった。

3 経過

【平成19年度】

県庁若手職員による政策研究において、さぬき和三盆糖のブランド化が提言された。これを受けて、翌20年度から3ヵ年で、農政水産部では、产地の維持を図るために、労働作業の軽減を目的として、地域資源アグリビジネス事業を開始することとした。

まず、経営の実態を把握することと併行して、一番厳しい作業である収穫作業の軽労化を図ることとし、経営調査は普及センター、収穫機の改良は農業試験場で分担した。

収穫脱葉作業は、① 鎌によるもの ② 手剥きによるもの ③ 脱葉機利用後、鎌で仕上げむきを行うものの3通りのスタイルであったが、脱葉機の能力を向上させ、仕上げむきの時間を少なくする方向で検討することとなった。

同年には、予備試験として、脱葉機の利用状況と、脱葉率を調査した。

【20年度】

経営実態調査として、4戸の農家において、3月の植え付けから、12月の収穫時まで作業内容ごとに労働時間と収支の記帳を依頼した。特に収穫については、折込、脱葉機、仕上げむき等の細かい内容に分類した。

脱葉機についてはブラシを改造することとし、ブラシ枚数6枚(現状4枚)、断面形状四角(同丸)、強化ポリエステル(同ナイロン)で試験を行った。

結果は、枚数、材質、形状がハードであるほど、キビ表面の傷が多く、保存性に問題があることが指摘された。脱葉率は、変動が多く一定の傾向がなかった。

併せて小型ハーベスターの試験も実施した。刈り取り能力は高かったが、選別が悪く、トラッシュ率が7~10%と高く、工場での再選別が必要となつた。

【21年度】

経営実態調査は、引き続き4農家で実施、脱葉機を利用していない農家も含めて調査することとした。



図2 収穫風景：脱葉、仕上げむき

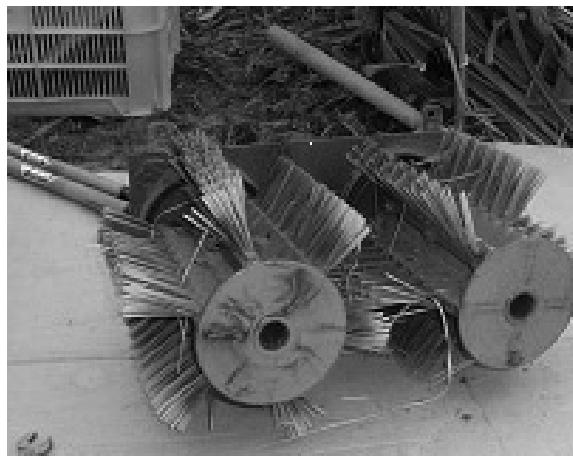


図3 6枚ブラシ

脱葉機の改造については、農家からの提案で、脱葉機を2回通し、側面もブラッシングしてはどうかのアイデアにより、2回目には、横向きにして通したところ、サトウキビの曲がり具合などで、ほぼ、1回目と同じ部分をブラッシングすることが判った。このため、サトウキビの上下、側面を同時にブラッシングさせるために小型の縦型ブラシを追加することとし、後ゴムロールの後方に設置し、同時に回転方向も現状の逆回転から、正回転とした。これにより、脱葉率は一定の成果を得た。しかしながら、縦ブラシの後方にゴムロールがないため、サトウキビがブラシ回転により撥ね出され、やり投げのような状況になった。

併せて、中型ハーベスターの収穫試験を実施したが、前年度と同様に、選別が悪く再選別を要した。ほ場がイノシシに荒らされ、株まで収穫される部分もあった。

また、同年には、除草剤センコル水和剤の適用地域拡大のために、現地試験を徳島県農業試験場

とともに実施し、無事、登録することができた。

【22年度】

経営実態調査は、前年に引き続き実施した。初期生育期に降雨が多く発芽不良、雑草が多く、農家にとっては、収穫までの間、気の抜けない年であった。

脱葉機については、やり投げ状態を解決すべく、縦型ブラシを前年度とは逆に、入り口側につけることとした。しかしながら、葉の濡れ具合などによって脱葉率が変動したため、前側ゴムロールの隙間と、押え用のスプリングで調整することとした。これにより安定した脱葉率を得ることに成功した。本来、脱葉機は、沖縄などの太いキビを対象にしており、本県のような細いキビ（在来種）を対象にした仕様にはなっていなかったようであった。

改良型脱葉機を用い2戸の農家に貸し出し、耐久試験と、改造点の意見を求めた。当初は、溶接部分の破断、ギヤの破損など、故障が多かったが、適宜に改造することにより、後半の農家では、故障もなく、順調に稼働した。通算して、実稼働日数40日間で、40a分を処理した。

農家からの意見により10か所程度の改造点が判明したので、これらの意見を最終の改造に生かすこととした。

改良型脱葉機では脱葉率は向上したが、キビ表面の傷は増える傾向にあり、キビの保存性が懸念された。このため、早めに出荷することを条件に、採用されることとなった。

【23年度】

22年度までの成果を得て、農家、製糖業者の要



図4 改良型脱葉機（縦ブラシの追加）

望があったため、県、市の補助事業を活用して、改造型脱葉機を10台余り導入することになった。

4 成 果

1) 収穫作業の軽減化

3カ年で12件の経営実態調査により、10a当り労働時間は、一般管理作業は168時間、収穫作業時間は373時間の計541時間であった。全作業時間のうち約7割を収穫時間が占めていた。中でも、脱葉機利用後の仕上げむきが217時間と収穫作業の約6割を占めていた。

香川県、徳島県の栽培品種は、鹿児島県、沖縄県の主力品種に比べ、脱葉性はかなり悪い。また、12月に未熟なものを収穫するため、葉鞘の離層が形成されないものと考えられる。このため、仕上げむきにより、夾雜物を除くことが要求されている。

改良型脱葉機を利用した場合では、試算ではあるが、仕上げむき作業（217時間）が不要、代わりに根きり作業（94時間）が必要となった。差し引き、123時間（収穫作業削減率33%）の軽減化が図れることとなった。

2) 経費の削減

細キビ（在来種）脱葉機使用における10a当り収穫量は5.5t、収入金額は550,000円、支出経費は、223,000円であり、所得は327,000円であった。

全作業における10a当り労働時間と作業時期

（細キビ：平成20～22年平均）

作業	労働時間 (時間/10a)	全時間 シェア	作業時間
耕起・畠たて	11	2	3月
植え付け	23	4	3～4月
除草	28	5	5～7月
小寄せ	10	2	6月
大寄せ	16	3	7月
防除	2	0	6～7月
追肥	6	1	6～9月
灌水	17	3	4～10月
倒伏対策	28	5	8・10月
種キビ準備	14	3	3・11月
その他	13	2	
小計	168	31	
準備	1う 3ち 0雇	5 44 58	1
キビ折			8
脱葉機			11
仕上げむき		217	40
作業			12月
束つくり	24	4	
業者への運搬	9	2	
片付け	16	3	
小計	373	69	
合計	541	100	

10a当たりの経営指標（細キビ）

	10a当たり の金額 (円/10a)	全支出 シェア	備 考
支 出	収 入 550,000		収量5.5t/10a
	肥料 18,000	8	堆肥・化成肥料
	農薬 17,000	8	除草剤、害虫防除
	資材 25,000	11	ブラシ、繩など
	水利費 2,000	1	
	光熱水費 5,000	2	脱葉機、運搬
	減価償却 37,000	17	脱葉機・トラクター
	賃金 117,000	52	雇用労働 約18人・日
	その他 2,000	1	
	計 223,000	100	
取 支	327,000		所得率59%

所得率は約6割である。経費の内仕上げむきなどにかかる雇用賃金は117,000円（18人・日）と経費の約半分を占めている。

試算ではあるが、改良型脱葉機を導入した場合、ブラシ枚数（4枚×2組から縦ブラシ追加によりその2倍になる）が増えたため資材費が増加。また脱葉機価格が高くなることにより減価償却費が増加。しかし、仕上げむきが不要となり、雇用人数が減少するため経費は差し引き77,000円の減少となり、所得は404,000円となる。

5 今後の課題

香川県においては、今回、改良型脱葉機の導入により、収穫作業の軽減化には一応の成果を見たが、農家の高齢化と、新規参入者の確保が十分でない現状を見れば、将来的には、収穫作業では、ハーベスターの導入、一般管理作業では、植え付け機、乗用管理機等の導入により、より一層の軽労化を図る必要がある。

また、栽培方法では、収量との関係があるが、倒伏防止技術の検討が必要であろう。

6 その他【徳島県産地について】

(歴史)

徳島県のサトウキビの栽培については、瘠せ地である上板町近辺の土地に合う作物を探していた山伏丸山徳弥が宮崎県を旅し、密かに栽培・製糖技術を学び取ってきたものであり（寛政10年1798年製法完成）、香川県とほぼ同時期ではあるがそれぞれ別々に、産地が形成されてきた。

その後、藩の振興策により産地は拡大したが、明治になって外糖の増加により衰退した。糖業の

復興については、砂糖代議士と呼ばれたの中川某氏の政治的な活動があったが、時代の流れには抗えず衰退の一途をたどった。その後は香川県と同じ様に、戦前戦後を通して、白砂糖代替品としての栽培が続いた。しかし、徳島では、その間も製菓業者との取引により和三盆糖の製造が継続されていた。戦後の復興と、文化水準の向上とともに和三盆糖の価値も見直されブームとなっている。（現状）

徳島県における製糖業者は4社であり、そのうち2社が干菓子までの製造を行っている。残りの2社は和三盆糖までの製造であり、原料糖として出荷している。原料糖製造の2社は、早くから、サトウキビの自社での自給を目指して収穫作業の機械化に取り組み、刈り倒し機、ドラム式脱葉機の導入を行っていたが、数年前から、ハーベスター、植え付け機の導入を行っている。

干菓子製造の2社は、契約農家からの（一部は自給）サトウキビ購入により製造を行っているが、農家における機械化は進んでいない。収穫作業は、手剥き作業のため、今後は作業の軽減化について取り組む必要があると思われる。

香川県と同様に、農家の高齢化が進んでおり、栽培面積は約16haである。

栽培品種は、細キビを中心に一部では太キビが栽培されている。細キビは香川県と異なり、畠幅は0.7～1m、株間は30～40cmと、密植傾向である。水はけの良い扇状地の畑地帯を中心である。

ハーベスター導入農家では、機械適正の高い太キビであり、栽培地帯も、区画面積の大きい水田である。



図5 徳島県上板町の栽培風景

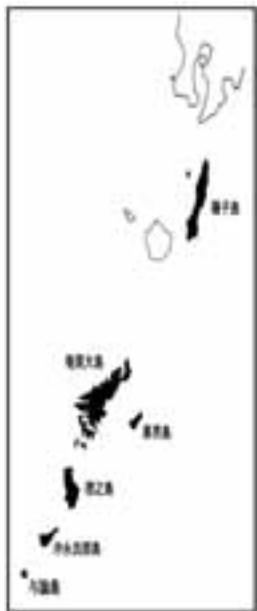
「さとうきび栽培の北限地種子島」での生産の取り組み

新光糖業株式会社 農務部 林 隆夫

1. 種子島の概況とさとうきび生産の現状

①種子島の概況

「種子島」は、鹿児島県大隈半島の南端佐多岬の南東約40kmに位置し、南北に細長く伸びた面積約446km²の国内で5番目に大きい島である。比較的耕地条件に恵まれ、土壌は、保水性が高く腐食の多い黒色火山灰土を中心とした土壌である。1戸当たり経営規模も大きく、さとうきび・さつまいもなどの土地利用型農業を中心にこれらの作目と畜産を組み合わせた複合経営が盛んである。



又種子島には、さとうきびの種苗に係る機関が2つある。1つは(独)農研機構九州沖縄農業研究センターで沖縄から鹿児島県南西諸島の島々に適合した品種の育成をおこなっている。もう1つは(独)種苗管理センター鹿児島農場で、品種登録された無病種苗を各島に供給しており、この2つの機関は各島の地域経済を支えているさとうきび生産に大きく寄与している。

気象については、平年値で平均気温19.6℃、年間降水量2,345mm、年間日照量1,804.2時間の亜熱帯性気候であるが、夏から秋にかけては"台風銀座"と呼ばれるように頻繁に台風被害に襲われる。又冬には降霜に見舞われることもあり、それらに伴う風害、潮害、降霜害により大きな被害を受けることも少なくない。

さとうきび生育の適温は概ね25度以上が必要であるが、種子島ではこうした期間が7~9月と短

く、奄美・沖縄地区では旱魃が生育に与える影響が深刻であるが、種子島では気温が低いことが、収量や特に品質に与える影響が大きい。さとうきびにとっては栽培の"北限地"であるため、そうした気象災害は作柄に甚大な影響を与える。種子島は自然の厳しい島でもある。「さとうきび栽培の北限地」での生産の取り組み事例を紹介したい。

②種子島におけるさとうきび生産の現状

種子島におけるさとうきび栽培農家戸数及び栽培面積の規模のピークは、昭和39/40年期に農家戸数で約7,900戸、栽培面積は平成1/2年期に約3,200haを超えた。さとうきび栽培は、それほど手間・労力はかかるないが、その収穫作業は重労働で高齢者にとって体力的にきわめて厳しい仕事である事から生産をあきらめる農家が増え始めた。平成1/2年期の栽培面積3,242haをピークに、平成2/3年期より減少傾向となり、平成9/10年期には2,146haとピーク時に比べ1,000haもの栽培面積減少となった。栽培面積が急激に減少した背景には、こうした生産農家の高齢化という深刻な問題があった。しかし、栽培面積の減少に歯止めをかけたのが収穫機械(ケーンハーベスター)の導入である。ケーンハーベスターの導入と収穫受託組織が設立された事から、蔗作戸数は年々減少していくものの、栽培面積は維持される傾向となった。また、植え付けや管理、収穫作業機械の開発、導入が進むにつれて、大型農家が増加し、一戸当たり生産量は上昇してきているのが現状である。

2. 「さとうきび増産プロジェクト」

平成14年から3年間は台風の襲来が多く、被害が甚大で生産量に大きく影響したため、生産者の栽培意欲も減退、原料が確保できないことから製糖工場は操業率の悪化が顕在化した。このような

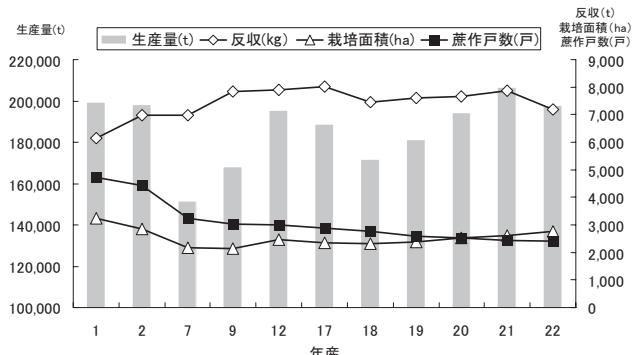


表1. 種子島におけるさとうきび生産の推移



写真1. ハーベスター収穫

さとうきび生産の厳しい状況に対処し、関係者が連携してさとうきび増産に取組む趣旨から、平成17年10月に、さとうきび増産プロジェクト会議が設置され、同年12月に基本方針が取りまとめられスタートした。増産プロジェクト基本方針に沿って、県全体及び各島における「増産に向けた取組目標及び取組計画（増産計画）」を策定し、目標達成に向け関係者が一体となって対策を進め、平成18/19年期の栽培面積2,302haから平成22/23年期の栽培面積2,749haと順調に面積拡大がなされ、安定操業が行われている。

3. さとうきび栽培と管理

種子島におけるさとうきびの栽培型は、2月中旬～3月中旬に植え付ける春植栽培が主で、収穫後、その切り株から萌芽する株出栽培を2～3年継続する。その他、8月中旬～9月上旬に植え付ける夏植栽培、10月中旬～下旬に植え付ける秋植栽培がある。

種子島の気象条件は、春先の気温が低いことや、冬場に降霜があることから、沖縄県や大島地域と比べ、さとうきびの栽培地としては非常に厳しい

環境の中にあると言える。そのため春植栽培、秋植栽培では植え付け後、降霜による障害や、低温による発芽・萌芽不良を防ぐためにマルチ被覆で保温する。マルチ被覆は、種子島特有の技術で、発芽後は芽出（マルチを破り芽を出す）を行い、気温が上がり始める4月下旬～5月上旬頃にマルチをはずす。また、収穫後すぐに株出にマルチ被覆をすることで、萌芽を促進し、茎数が確保され单収向上に繋がっている。

近年では、植付プランターや株出管理機等の農業機械が多く開発・普及してきており、作業が一貫化され労力と時間が大幅に短縮されている。ハーベスター収穫率の増加に伴う萌芽不良対策もふまえ、適期植付と早期管理を徹底し、面積の維持と单収向上に努めている。

4. 潮害、降霜害

潮害は雨量の少ない台風や、台風後の吹き返し、季節風等によって、海水のしぶきが葉身に付着した場合に被害を受ける。海水が付着した葉身は再生産されないため、被害が著しく葉の再形成に時間要する場合には、生育旺盛期には生育に大き



写真2. 春植マルチ被覆圃場



写真3. 株出マルチ被覆作業



写真4. マルチ被覆後の萌芽



写真6. 潮害



写真5. 株出一貫管理機



写真7. 降霜害

に月別甘蔗糖度の推移を示している。通常年であれば、原料品質は登熟を続け上昇していくが、降霜被害を受けると登熟は停滞し、被害によっては原料品質が下降する場合もある。種子島における品種育成の課題は、いかに早期に品質を確保するかが重要であると考える。

6. 種子島でのさとうきび栽培品種の状況

な影響を与える、登熟期には品質に大きな影響を与える。

種子島で降霜は珍しくないが、全島的な被害も数年おきに発生する。

降霜害を受けると、葉身がシモヤケ状になり枯れ上がり、降霜の強度や、時間によっては白色し、やがて枯死する。最低気温がマイナス2度を下回ると芽子に被害が及び、水浸状の暗褐色に変色して凍死し、後黒変し腐敗に至る。強い降霜害を受けたさとうきびは、同化作用が停滞し生育、蔗汁品質に大きな影響を及ぼす。被害が著しい場合は発酵するため、早期に収穫し出荷することが重要である。種子島では、降霜被害を受けると、優先的にハーベスターが稼動し収穫する対策を講じて、品質劣化を最小限に抑えるよう努めている。収穫した後は、早めに株出管理を行い、ポリマルチ被覆で株元を保温することが、降霜地でのさとうきび栽培のポイントと言える。

5. 種子島におけるさとうきびの品質

種子島の原料品質は、沖縄県や大島地区に比べ、甘蔗糖度で約1.0%以上も低い状況にある。表2

NCo310が昭和34年に熊毛地域の奨励品種に採用されて以降、当地域の糖業を支える主要品種であった。しかし、昭和50年頃より黒穂病が沖縄県、大島地区に続いて種子島まで発生し、抜き取り、焼却、株出圃場の新植切り替え等が進められた。黒穂病、葉焼病、モザイク病、サビ病の被害が多発するようになり、耐病性品種の育成が急務となつた。

平成3年には、農林8号が鹿児島県の奨励品種に採用され、NCo310の後継者として急速に増殖が図られ、平成7年には、熊毛地域で9割以上の割合を占めるまでに昇った。農林8号の特性は、早熟性品種で、耐病性が強いこと、株出能力も高く、農林8号普及前後10年を比較すると、普及前と比較して歩留りで0.5%~0.6%向上、単収も600kg/10a増加した。後長年にわたり今日まで、栽培割合の9割以上を占める主要品種として栽培されている。

その後、平成10年には早期高糖性、機械収穫適応性に注目し、農林12号を奨励品種として作出したが、風折抵抗性がNCo310、農林8号よりも弱く、台風時の風折害の発生が多かった。また平成

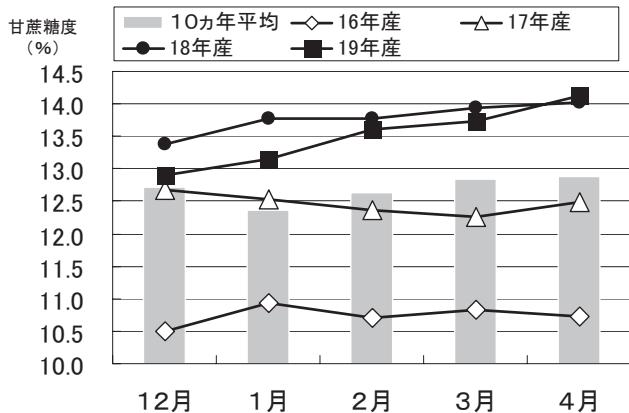


表2. 買入甘蔗糖度の推移 ※16年産：台風、潮風被害年、17年産：降霜被害年、18、19年産：高品質年、10ヵ年平均：12年産～22年産

12年には、茎が柔らかく刈り倒し易い点から、農林14号を作出したが、耐病性（梢頭部腐敗病）、株出性が弱い点が普及の妨げとなった。農林8号が熊毛地域に適した品種として生産者の確固たる信頼を得た事もあり、作出以降、その他有望品種が順調に普及し難い状況が続いた。平成16年には、初期伸長が旺盛で原料茎長が長く、低温下での萌芽が旺盛な多収型品種として農林18号が奨励品種に採用され、続いて平成18年には、早期高糖性品種として農林22号が奨励品種に採用された。特に農林22号については、熊毛地域の重要な課題の一つである低糖度対策に係る有望品種として期待されており、現在全島で普及拡大を進めている。今後は、「さとうきび増産プロジェクト」で目標設定されている、農林8号を50%、農林18号を20%、農林22号を30%の作付体系を構築し、さとうきび栽培のさらなる安定化を図っていく。

7. トラッシュ率の低減への取組み

現在、種子島ではケーンハーベスターが約96台稼動している。製糖工場への搬入原料の内、人力収穫が約25%、機械収穫原料が75%の割合となっており、機械収穫原料の割合は年々増加傾向にある。

製糖歩留りに大きく影響する要因の一つに「トラッシュ」混入率がある。トラッシュとは、搬入原料に混入している梢頭部（トップ）、蔗葉（ハカマ）、蔗根、稚茎、霜害茎、病虫害茎、土石等その他製糖原料として商品価値の無いものを指す。

製糖工場では、品質（トラッシュ率、糖度を測定）の査定を行う「品質取引」を平成6年度より

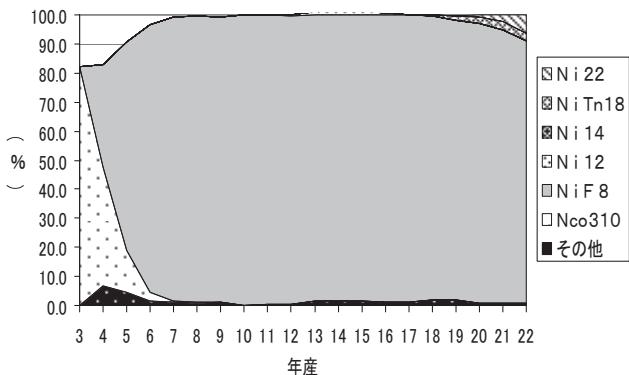


表3. さとうきび品種の変遷

開始している。ケーンハーベスターの導入が多くなってきた品質取引開始時の農家のトラッシュに対する認識は、「トラッシュは歩引きされるから構わない。」という声が大きかった。製糖会社側は「糖度の低い種子島では、トラッシュ率が上がれば、製糖歩留にさらに影響し、工場経営が悪化する。ゴミから砂糖はとれない。さとうきびは商品である。」と農家に理解してもらった。その後、生産者の意識改革が行われ、さとうきびは商品であるという認識と理解が得られたことから、トラッシュ率低減に向けた努力が続けられ、現在ではトラッシュ率3%の水準に至っている。

8. まとめ

種子島では、さとうきび生産農家、畜産農家、堆肥センター、製糖工場が一体となった「耕畜連携」の流れが形となり、耕作放棄地が殆ど見当たらない栽培体系が確立されている。

さとうきびの梢頭部（トップ）や製糖工場から排出されるバガス（搾汁残渣）は、畜産農家に欠かせない飼料、敷料となっており、畜産農家から還元される堆肥は地力の維持に不可欠である。製糖工場の清浄行程から排出されるフィルターケーキは、畑の肥料として還元され、最終工程で排出された糖蜜は、家畜の飼料等に活用している。廃棄物ゼロの循環型産業として地域一体での取り組みを行っています。

又製糖工場では、ここ数年来設備投資・機器の更新を行い自動化を進めており、生産者と工場は車の両輪との位置づけで「安全・安定操業」に努力しております。

徳之島における「サトウキビ収穫機械化」の推移

南西糖業株式会社 當 好二

1. はじめに

サトウキビが日本に入ってきたのは、今から約400年前、奄美大島大和村の住人、直川智（スナオカワチ）が、朝貢使のお供をして琉球へ渡航途中、台風に会い中国福建地方に漂着しその地でサトウキビの栽培と砂糖の製造法を習得し、慶長14（1609）年に密かに持ち帰ったとされている。

徳之島にサトウキビと製糖法がいつ導入されたかは明らかでないが、薩摩藩が享保20（1735）年、徳之島にサトウキビ専任の役人「きび横目」を置いたころより本格的な砂糖製造が始まったと思われる。

江戸時代のサトウキビは、薩摩藩による厳しい管理の下で搾取され、それが後の薩摩藩の大きな財源となり明治維新の原動力となった。

昭和28年12月25日、奄美群島は日本に復帰し、国庫補助事業等によるサトウキビの生産力増強が図られ、翌29年と33年には弊社の前身である大型製糖工場が誘致され、本格的な「分蜜糖」の製造がはじまり、現在のような面積の拡大となった。

徳之島のサトウキビ生産量は、県下の約40%を

占めているが、元来収穫作業が重労働な上に農家の高齢化等も伴い、収穫労働の軽減化と栽培の大規模化を目指し、収穫の機械化が進展した。

2. 徳之島の「サトウキビ生産」の動向

1) 面積

- 昭和48年頃より、サトウキビの政府決定価格が大幅に高騰し、その影響で栽培面積も徐々に拡大し、昭和56年期には島内の耕作面積の80%以上を占め、収穫面積は5,262haと過去最大の面積となった。

その後は大型畜産農家による採草地の拡大や園芸との複合経営等で面積は減少し、現在の収穫面積は3,800ha前後をキープしている。

2) 単収

- 近年では、平成元年期の7,637kgが最高値となっているが、その後は低単収が続き、単収向上が重要な課題となっている。

3) 生産量

- 平成元年期の生産量が369千トンとなり過去最高を記録したが、その後は面積の減少に伴って生産量も減少し、平成7年からは弊社工場も従来の三工場から二工場体制となった。平成16年期には173千トンまで減少したが、最近は200～240千トン前後と、二工場操業を安定的に保っている。

3. 収穫機械化の推移

サトウキビは、米やお茶等と共に「土地利用型作物」として、

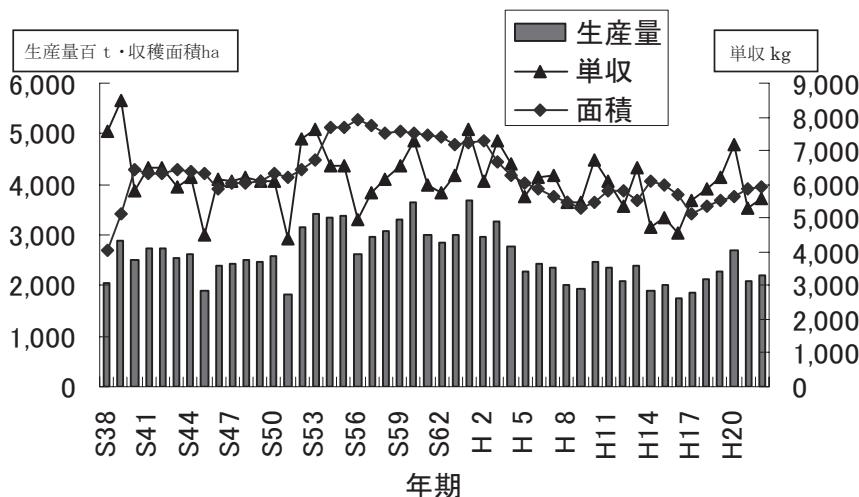


図1 徳之島のサトウキビ生産量及び収穫面積・単収の推移

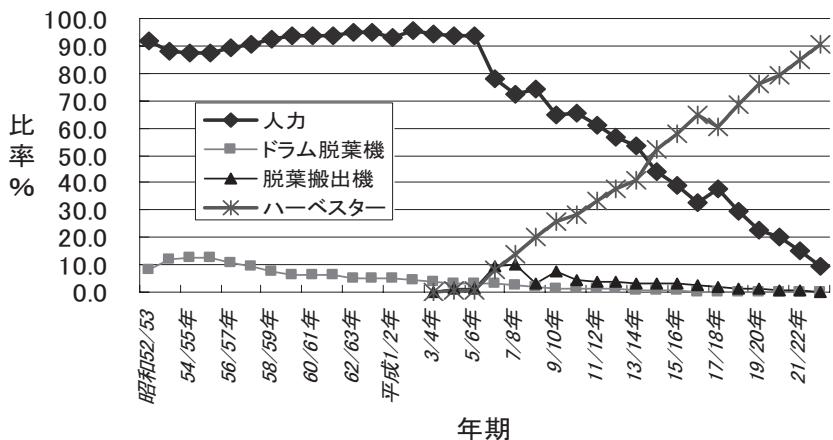


図2 人力収穫率及び機械収穫率の推移

広大な面積を利用した栽培に適しているが、一方、収穫作業が重労働であることから、昭和50年頃より機械による収穫が検討され、様々な機種が開発されて稼動した。

の中でも主な収穫機械としては、図2のように、①ドラム脱葉機、②脱葉搬出機、③ハーベスター等の3機種が稼動し、年期毎にその稼働率が推移した。

1) 主な収穫機械

①ドラム脱葉機



・弊社と文明農機(株)の共同開発で、「南西型ドラム脱葉機」として、昭和50年頃より各生産組合に補助事業として導入。

機種は、トラクター牽引の「小型ドラム脱葉機」と自走式の「ミニドラム脱葉機」の二種類が稼動した。

・収穫方法は、梢頭部を切断した長茎キビを人力で4~5本投入し、25cm程度にカッティ

ングしながら、中央の回転しているドラム部分で枯葉が排出（脱葉）される。

脱葉された原料は網袋に排出された後、原料運搬車により工場へ搬入されたが、トラックシュー率（夾雜物）は4%以下を基本とした。。

- この機種は、最も重労働とされるキビ束の道路際までの担ぎ出し作業が省力化されることで普及し、昭和54年期には収穫率12.7%、収穫量42千ト

ンとなり、第1回目の収穫機械化時代を担った。

- その後、生産組合内の問題や機械の老朽化と共に機械の更新が行われず、徐々に稼動が減少した。

- 機械収穫原料の出荷については、収穫日の内に工場へ搬入することとする農協との「新鮮原料搬入」の取決めが、このドラム脱葉機時代に基本が築かれたことにより、その後の脱葉搬出機やハーベスター等による機械収穫原料の搬入がスムーズに行われる礎となった。

②脱葉搬出機



- 生産組合への補助事業導入と、弊社の農家へのリース形式の2通りが主で、平成7年には90台余りが稼動し、収穫率10.4%、収穫量24千トンとなった。

- 脱葉方法は、長茎を2~3本投入後、入口部分のブラシにより脱葉・カッティングされ、原料は網に排出された。

脱葉された原料は、トラッシュ率2～3%程度を基本とし、網は自走で道路際まで運搬され出荷された。

- これまでのドラム脱葉機に代わる収穫機械として、第2回目の機械化を担ったが、この時期はハーベスター導入も並行的に開始され、ハーベスターに移行するまでの中継ぎ的な役割を果たした。

(3)ハーベスター



- 平成4年期より農協を中心に導入が開始され、最初は外国製も含め多くの機種が導入されたが、最終的には圃場条件や栽培条件に適した国産の「小型ハーベスター」が主力となった。
- 導入は生産組合の補助事業導入が主であったが、自費で購入する農家も多く、畑地総合整備事業（畠総事業）の進展に伴って稼動条件が整備され、導入10年後の平成14年期は収穫

率52%となり、人力収穫を上回る収穫率となつた。

- 平成22年期は133台が稼動し、収穫量198千トン・収穫率90.4%となり、完全な「機械収穫化の時代」の到来となつた。

4. 収穫機械普及の効果

1) 春植植付及び管理作業の早期化

- ハーベスター収穫により圃場毎の収穫が早く終わる事と、収穫作業が軽減化された分の余剰労働力等により春植の準備が早まり、早期植付（2～3月植え）の割合が下記のように増加した。

平成8年 ⇒ 平成14年 ⇒ 平成23年		
48.5%	58%	65.1%

- 株出管理作業も春植同様、下記のように2月までに管理作業を終える比率が高くなり、早期肥培管理の徹底が進んだ。

平成17年 ⇒ 平成20年 ⇒ 平成23年		
1.5%	24.6%	44.8%

2) 大規模経営化と面積拡大

- 減少傾向にあった栽培面積は、平成17年には3,415haと最低面積となつたが、その後は下記のように拡大傾向となっている。

平成17年⇒平成19年⇒平成21年⇒平成22年
3,415ha 3,687ha 3,924ha 3,951ha

- また、ハーベスター導入により農家の経営規模も拡大し、7ha以上の大規模経営農家戸数も下記のように増加した。

平成10年⇒平成12年⇒平成19年⇒平成21年
9戸 21戸 30戸 34戸

3) 新鮮原料搬入による歩留り向上

- 機械収穫原料は短くショッピングされ、切断面が多く品質の劣化が早いとのことで、機械収穫が始まった当初から、機械収穫原料は収穫の当日中に工場へ搬入する「新鮮原料搬入」を基本に取り決めてきた。

- 近年、特にハーベスター収穫の普及により、図3のようなハーベスター収穫率と歩留りに関係する糖度利用率が高い相関を示し、ハーベスター収穫原料の搬入が増えることにより、糖度利用率も高くなり、歩留り向上に大

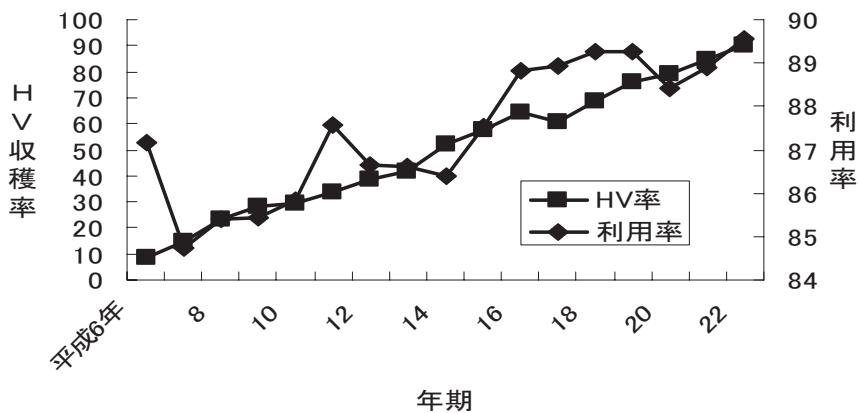


図3 ハーベスター収穫率と糖度利用率の推移
※糖度利用率% = 製品歩留り／貢入糖度 * 100

きく貢献していることが示された。

5. 今後の課題

1) 単収向上

- ・機械収穫により収穫労働が軽減されたことで、株出面積が下表のように増えたが、一方で低収な永年株出を残す傾向も見られ、全体的な単収を低める要因となっている。

また、春植と株出の栽培率が増えた反面、単収の高い「夏植」面積が半減し、これも全体的な単収を低める要因ともなっている。

サトウキビ作型別栽培比率の推移 (%)

	平成10年	15年	20年	22年	23年
夏植	20.2	18.9	12.2	9.5	8.7
春植	21.9	22.6	24.3	25.2	26.7
株出	57.9	58.5	63.5	65.3	64.6

2) 地域営農推進

- ・ハーベスター保有者は、儲け率の高い収穫作業だけを受託する傾向にあるので、今後は収穫後の肥培管理も含めた作業も受託する「地域営農」に取組み、地域の全体的な増産に繋げる必要がある。

3) 収穫原料の安定的搬入

- ・製糖操業期間中に降雨が続くと、ハーベスター

による収穫作業が止まり、同時に弊社工場への原料搬入もストップし、工場の安定的な操業の支障となっている。

4) その他

- ・その他の課題として以下の項目があり、徳之島さとうきび生産対策本部（※）を中心に検討する必要がある。

- (1) ハーベスター収穫原料に含まれるトラッシュ率の低減化。
 - (2) ハーベスター収穫コスト削減による料金の検討。
 - (2) トラッシュ除去設備である、デトラッシャー管理組合の運営。
- ※ 徳之島さとうきび生産対策本部：島内の行政・農協・糖業会社等で組織する機関

6. おわりに

サトウキビは国の重要な甘味資源として、鹿児島県や沖縄県の離島農業を支え、また、離島を守る国防上の作物としても重要なので、国内の自給率を更に高める必要がある。その為にサトウキビの収穫作業や管理作業を、従来からの人力作業から「機械」による作業体系に移行し、生産の拡大を図ってきた。

しかし、機械化の普及により面積拡大や大規模経営農家の誕生、新鮮原料搬入等の効果が見られる一方で前述したような課題もあり、その解決に向けて関係機関の一体となった取り組みが急務と考える。

今後とも諸課題を解決し、サトウキビ生産の更なる拡大を期待したい。

以上

沖縄本島中南部地域における年内早期操業について

翔南製糖株式会社 大庭 達人

1. はじめに

沖縄本島中南部は県都那覇を抱え、市街地化、宅地化の勢いが激しく、遊休地解消や多作目との輪作で、収穫面積の維持に努めている状況である。管内のさとうきび栽培状況は以下の通りである。
 ①生産農家の6割が30アール以下の零細農家（図1）、②収穫の9割が無脱葉収穫又は手刈収穫（図2）、③株出し回数は平均4回、④春植・株出栽培で平均単収は1ヘクタール当たり65トン／つまり、比較的単収は高いが、一戸当たりの経営面積が狭く、農作業の機械化が非常に遅れた地域といえる。

このような状況の中当社では、製糖終了時期の遅れにより影響を受けていた農家の圃場管理状況を改善して次年度のさとうきび生産量の減少を防ぎ、農家収入の維持・向上とともに、原料さとうきびを安定的に確保して工場の操業率の向上を図るため、年内早期操業の導入を行ったので、その経緯、成果および現状と課題などについて紹介する。

2. 年内早期操業移行の経緯

従来の製糖期間の設定は、さとうきびの予想生産量、登熟程度を参考に1月10日前後に製糖を開

始し、製糖末期に原料残高、工場処理能力、収穫能力によって製糖終了日を決定していた。この為さとうきびの生産量が予想よりも多い年には製糖終了が遅くなりがちで、このことが翌年のさとうきび生産量に影響する場合が多かった。平成5砂糖年度以降、隔年の原料搬入終了日とその翌年のさとうきび生産量との関係をみると、西原工場を閉鎖し、豊見城工場だけでの操業になってから4月まで原料搬入が行われた年が3期あるが、すべてのケースで翌年のさとうきび生産量が減少している（表1）。

これら生産量減少の原因としては気象要因も考えられるが、以下に述べる要因の影響も大きいと考えられる。
 ①製糖終了が遅くなると株出管理と春植植付時期が遅れることになり。そのことによって、最も生育環境の良い梅雨時期に十分な葉面積や根量を確保できず、梅雨明けの台風、旱魃の被害が拡大する。
 ②予想を上回る収穫量に加え、4月中旬の高温時の収穫作業による疲労から、生産者の肥培管理の意欲が減退する。機械収穫比率が高い地域では、このような影響は少ないが、9割が人力による収穫である当地域においては影響が大きい。このように製糖終了時期が4月にずれ込んだ場合、それが翌年のさとうきび生産量減少の要因になると考えられることから製糖終了予定日を3月15日に設定し、原料さとうきび生産量に応じて12月20日前後に製糖を開始することについて検討することとした。

年内早期操業の実施にあたっては以下の不

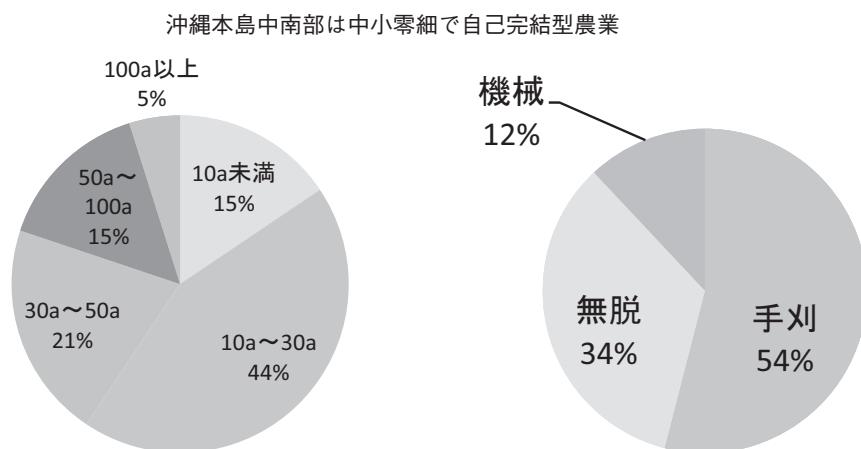


図1. 経営規模別農家戸数

資料：平成21/22年期市町村行政によるさとうきび生産実績より

図2. 収穫形態別原料比率

資料：平成22/23年期当社原料搬入実績より

表1. 製糖期間及び原料処理量の推移

年度	製糖期原料搬入			原料処理量 kg	買入甘蔗糖度	備考
	開始日	終了日	日数			
1993年 (平成5年)	1月17日	3月28日	71	207,264,365		豊見城・西原2工場稼働
1994年 (平成6年)	1月18日	3月28日	70	192,991,942	13.33	〃
1995年 (平成7年)	1月17日	3月27日	71	189,066,595	14.04	〃
1996年 (平成8年)	1月16日	3月25日	69	134,399,305	13.63	〃
1997年 (平成9年)	1月7日	3月31日	84	131,537,738	13.85	西原工場のみ稼働
1998年 (平成10年)	1月8日	4月15日	98	160,506,217	12.43	豊見城工場に集約
1999年 (平成11年)	1月7日	3月31日	85	138,557,910	13.44	〃
2000年 (平成12年)	1月12日	3月30日	78	126,423,077	13.98	〃
2001年 (平成13年)	1月10日	4月3日	84	136,301,385	14.46	〃
2002年 (平成14年)	1月16日	3月31日	75	108,746,583	13.64	〃
2003年 (平成15年)	1月15日	4月8日	85	138,369,370	14.34	〃
2004年 (平成16年)	12月24日	3月18日	85	121,706,347	13.42	年内操業開始
2005年 (平成17年)	12月20日	3月15日	86	124,915,655	14.60	〃
2006年 (平成18年)	12月20日	3月18日	89	126,971,858	14.27	〃
2007年 (平成19年)	12月22日	3月17日	87	126,195,232	14.44	〃
2008年 (平成20年)	12月18日	3月25日	98	147,392,525	14.63	〃
2009年 (平成21年)	1月9日	4月2日	84	129,038,359	14.70	煙突立替工事の為、年明け操業
2010年 (平成22年)	12月21日	3月17日	87	117,872,664	14.63	年内操業

■ : 4月に原料搬入を終了した年

安材料があった。①12月に収穫したさとうきびの甘蔗糖度は基準糖度（13.1度）を超える事が出来るのか？（台風、旱魃で登熟が遅れても大丈夫か？）②12月に収穫した場合、低温による収穫株の株出栽培への影響はないだろうか？③生産農家の理解が得られるだろうか？①の問題が発生した場合には生産農家に対し、早期出荷に伴う補償を行う必要があるのではないか。上記の課題に対応するため、当社では平成11年より、九州農業試験場（現九州沖縄農業研究センター）、沖縄県農業試験場（現沖縄県農業研究センター）と早期収穫用品種の選抜試験を実施し、12月収穫向け品種NiTn20を育成していた。その結果、各課題について以下の解決点を見出し、平成16砂糖年度より年内早期操業に踏み切った。①早期高糖生品種（農林8、10、15号）であれば12月下旬に甘蔗糖度は基準糖度を超えることが出来る。②12月に収穫した場合は株出し更新し、春植早期植付を推進する。③正月は操業休止し、生産農家の理解を得る。

3. 年内早期操業の成果

年内早期操業の初年度は、気象条件に恵まれず

さとうきびの生育、成熟が遅れたため、12月搬入分の甘蔗糖度は伸び悩んだが、年内早期操業2期目以降は12月下旬で甘蔗糖度が約14度あり、早期高糖性品種である農林15号、20号は8号よりやや高めに推移した。早期高糖性品種の普及もあり、年内早期操業後4年間とそれ以前の5年間の買入甘蔗糖度を比較すると、年内早期操業後が約0.5度高い（図4）。従来の春植植付は製糖終了後の3月～4月に行い、遅い場合は5月～6月に行うこともあったが、年内早期操業2期目から早期植付の傾向が顕著になり、植付ピーク時期が2月～3月となった。年内早期操業移行前に懸念していた製糖初期の甘蔗糖度は早期高糖性品種の普及により解決され、低温期の株出性についても甚大な株出し不萌芽被害は生じず、また発生した場合でも春植への更新を推進できたため大きな問題とはならなかった。

生産農家の反応は、一部で製糖初期の糖度低下についての不満があったものの、全般的には収穫作業が早期に終了することによって肥培管理が容易になったとして、年内早期操業は好意的に受け止められた。その他の成果として、12月収穫は比

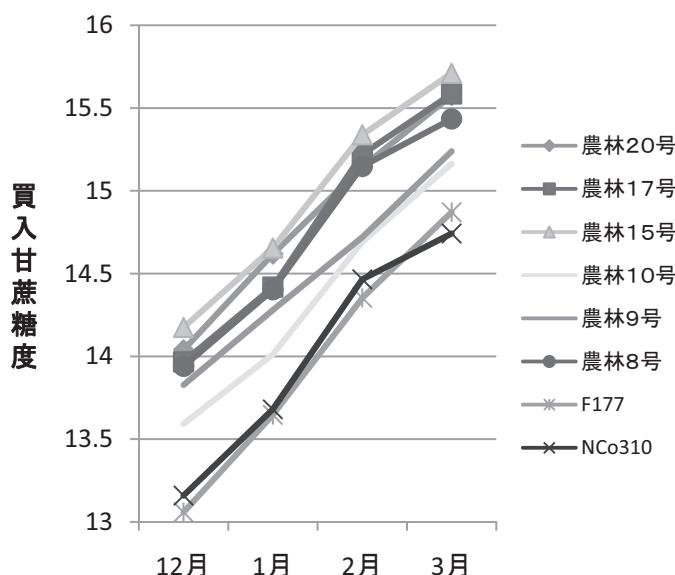


図3. 平成20/21年度品種別甘蔗糖度の推移

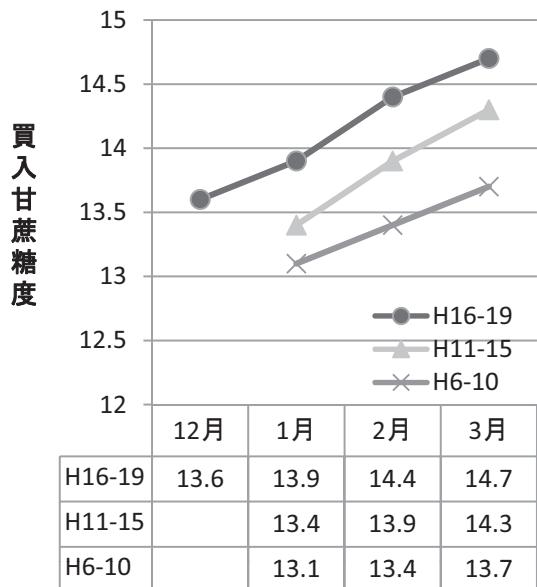


図4. 年内操業前後の買入甘蔗糖度の推移

較的登熟が早い夏植や株出更新予定は場から収穫し、2月に春植植付を行い、春植収穫は生育や登熟するのを待つてするようになり、計画的な原料集荷が容易になってきた。つまり、製糖期間中に原料収穫と肥培管理を交互に行い、収穫量を時期的に分散できるようになった。また12月収穫が可能となったことで、さとうきび収穫後の葉タバコ栽培との輪作が容易となり、さとうきび面積を拡大する葉タバコ生産農家が増えた。つまり、従来は夏植さとうきびを1月収穫、1年間休耕、葉タバコ2月定植－6月収穫、8月さとうきび夏植(4年3作)としていたものが、夏植さとうきびを12月に収穫できることで、葉タバコ2月定植－6月収穫、8月さとうきび夏植(3年3作)の栽培体系が可能になった。このことによって裸地期間がなくなり土壤流亡による地力低下や環境破壊を防ぐことができた。

4. 現在の取り組みと課題

年内早期操業に移行して7年が経過し、地域の生産農家へも認知されてきているが、未だに晩熟性品種を製糖初期に収穫する生産農家があり、歩留低下の要因となっている。それに加えて、台風の襲来する期間の拡大と勢力の巨大化が懸念される。その対策として、以下の事に取り組んでいる。

- ①品種別、作型別、糖度別搬入を確立し、製糖

初期の糖度を引き上げる。具体的には地域別に栽培体系や品種を選択し、高糖度原料から収穫する。実例として平成20年度から島尻マージ土壌地域で夏植早期収穫を推進する「生産性限界性打破事業」を支援している。(図5)本事業は2年1作型栽培から5年4作型栽培へ移行し、土地利用効率や生産性の向上を目指しているが、地力で劣るため新植、株出とも单収が低いのが課題である。そこで单収を支える土壤環境を向上させるべく、耕畜連携し余剰バガスを利用した堆肥還元を推進している。(図6)②登熟期の台風襲来で製糖初期の甘蔗糖度低下が課題である。対策として耐風性に優れる農林21号を普及推進し、台風襲来年の糖度低下を防ぐ。一方で農林21号は発芽性が不安定で、欠株が発生した場合は補植をしても蔗齡の巾が大きく、収量及び甘蔗糖度を低下させる大きな要因となっている。発芽率向上対策として、上位節8～10節の若苗利用、植付後1週間以内灌水、苗の水浸漬をしない等を推奨している。③順調な発芽、発根、初期生育と基準以上の单収が早期登熟を促すと考え、低温期の春植植付時、梅雨明け後干ばつ前、台風通過後の潮害時の灌水作業の推進を取り組んでいる。

5. おわりに

年内早期操業について当初社内では「歩留や企

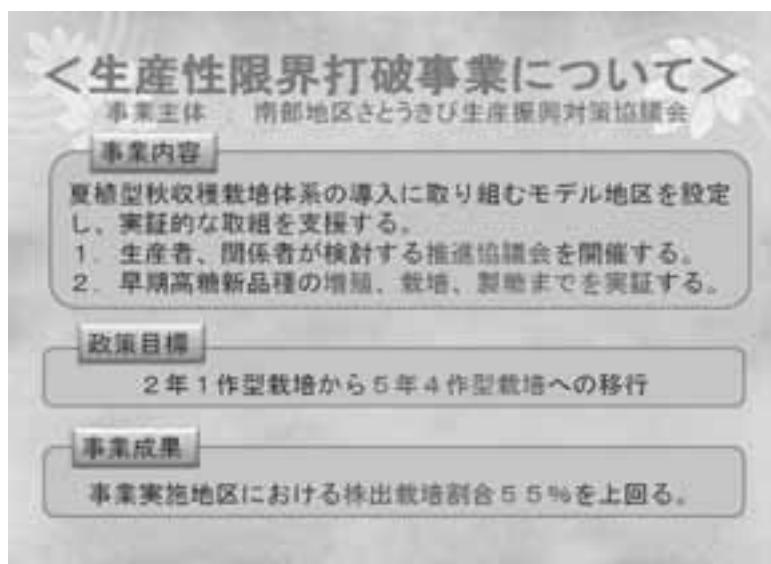


図5. 生産性打破事業について

バガス堆肥委託製造事業

無脱葉収穫による地力低下防止を目的に平成13年度より事業開始。

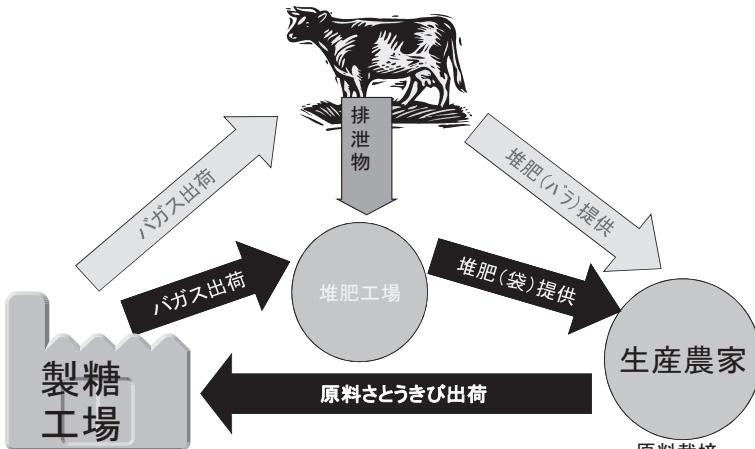


図6. 余剰バガスを利用した堆肥供給体制

業収益を犠牲にしてまで実施する必要があるのか？」などの異論もあったが、「生産農家が安心してさとうきびを生産できる環境を準備し、安定した原料確保は経営安定につながる。」との結論に達し、年内早期操業に踏み切った。原料収穫の9割以上を人力に頼っている当社地域で、さとうきび生産量の制限要因は収穫能力である。年内早期操業を開始することに伴い、生産農家は収穫作業が容易な低温・少雨時期である12月に収穫を開始し、肥培管理に忙しい3月中旬以前に収穫を終了できることで、高齢の生産農家の離農を防ぎ、担い手の規模拡大を可能とした。

生産農家の「4月収穫はしんどい」との意見が年内早期操業移行への発端であった。それを実現するための取り込みを通して、地域の生産農家から信頼を得ることができたことは大きな成果だったと考える。管内地域は小規模生産農家が多いが、都市近郊農業である園芸作物や畜産業が盛んで農業に関心が高い地域であることから、その他作物等と連携を深め、さとうきび生産農家はもとより地域農業から必要とされるような営農施策を今後も検討し実現していきたい。

南大東島におけるさとうきび生産の取り組み事例（大規模機械化）

大東糖業株式会社 南大東事業所 前田 建二郎



南大東島は沖縄本島の東、約360kmの太平洋上に浮かぶ東西5.78km、南北6.54km、周囲20.8km、総面積30.57km²の離島である。島の周囲がせり上がり中央部が窪んだ地形で、お盆を海に浮かべたような形をしている。約100年前に八丈島からの移民によって開拓され、以来さとうきび作を基幹産業としてきた。さとうきびの栽培面積は約1,450haで、250戸のさとうきび生産者が経営している。一戸あたりの耕作面積は約5haで沖縄県の平均耕作面積0.8haを大きく上回っている。

1. 南大東島のさとうきび栽培

南大東島のさとうきび栽培は、収穫・植え付け・肥培管理などすべての工程で機械を利用する機械化一貫体系が確立している。

以下では主な栽培工程と島の特徴的な取り組みについて紹介する。

(1) 収穫作業

さとうきび作は収穫に最も労働力を必要とするため、機械化は収穫作業を中心に進んできた。南大東島では開拓以来、収穫作業の労働力のほとんどを島外・海外から確保してきた。昭和40年代に

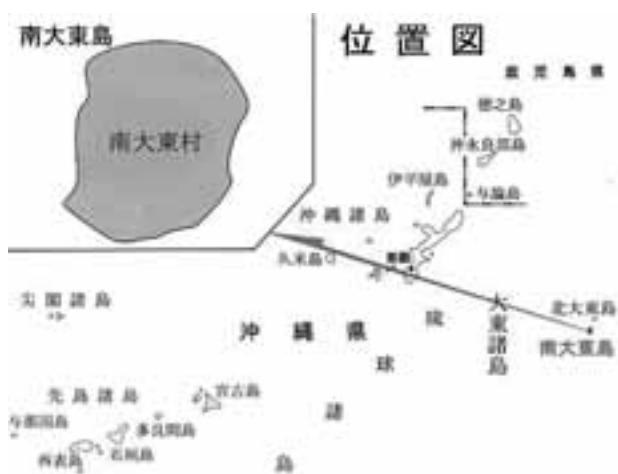


図1 ハーベスターによる収穫作業



図2 ビレットプランタによる植付作業



図3 点滴チューブによる灌水作業

は台湾から多くの労働力が導入されていたが、本土復帰後の政治環境の変化によりその継続が不可能となったことを契機に昭和50年代前半に外国製ハーベスターの導入が始まり収穫作業の機械化が本格化した。導入されたハーベスターは枯葉をほ場立毛状態で焼却するバーン収穫タイプであった。その後昭和60年代から枯葉焼却を必要としないグリーン収穫タイプへ移行し現在に至っている。ハーベスターの導入と併せてトラクタやトラクタ用作業機の導入が進み、さとうきび栽培の機械化が進行した。また、大型機械に対応した基盤整備により、ほ場の大区画化が行われ、1区画の平均面積は約1haとなっている。南大東島の機械収穫率は99.7%である（沖縄県の平均は40.1%）。

(2) 植付作業

南大東島は1月～3月に行われる春植えを中心である。植え付け準備はプラウによる耕起、ローターベータによる碎土が一般的であるが、南大東島の土壤は乾燥状態では石のように固く、湿润状態では作業機に山のようにこびりつく重粘土であるため適期作業はままならない。最近では耕起においても作業能率の高いプラソイラがプラウの代わりに利用されはじめている。植え付けはハーベスターによる機械採苗が可能で作業能率の高いビレットプランタによる植え付けが主流となっている。

(3) 管理作業

肥培管理は、草丈の低い生育初期や収穫後の株出し管理は大型トラクタによって行い、生長し草

丈が高くなつてからは15～20馬力の小型トラクタを畝間に入れて行う。草丈が高くなつてから小型トラクタで行う作業は中耕や防除など様々であるが、1畝ずつの作業となるため効率は悪い。

(4) 灌水作業

南大東島は干ばつ常襲地域であり、灌水は収量の確保に欠かせない作業である。島の実績では、かん水しているほ場はかん水していないほ場に比べ豊作年、凶作年でも10a当たり2～3トンの增收効果が認められ、糖度もほとんどの場合で同等かやや高い。灌水には点滴チューブが使用される。点滴チューブによる灌水は節水型で水が直接葉身にかかるないことから、塩分が含まれ、使える量も限られる南大東島の農業用水事情に合った灌水方法である。1ha当たりに使用する点滴チューブの総延長はおよそ7,000mで、通常はその敷設・回収に小型トラクタを使用するが、台風でさとうきびが倒伏した場合には、回収作業は人の手によって行わなければならず、たいへん時間と労力を要する。

(5) 製糖副産物の利用

南大東島の土壤は大型機械による踏圧で硬化しがちであり保水力も低く干ばつの影響を受けやすい。このため土づくりの必要性は以前から言われてきた。しかし島には畜産はほとんど無く、堆肥などの土壤改良資材は島外に頼らなければならぬ。島外から導入する堆肥等の資材は、輸送コストなどがかかるため高価であり十分な量を散布することは難しい。また病害虫の侵入を許す危険が

あるため慎重に進めなければならない。このような状況にあって土づくりをなんとか推進するために、製糖工程で排出されるトラッシュ（枯葉などの夾雑物）、バガス、フィルターケーキおよび廃糖蜜を細裂・混合したもの（通称：バガスケーキ）を土壤改良資材として圃場に散布している。バガスケーキ自体は無償で、マニュアスプレッダを使用して1トン当たり1,200円で散布している。量が限られているため、散布は新植圃場を重点に行われ、散布量は通常10a当たり5トン程度である。

2. 南大東島の品種と栽培体系

南大東島では、昭和40年代の末頃から、さとうきびの地下部の芽や成長点を食害するオキナワカクシシャクシコメツキ（ハリガネムシ）の被害による株出し不萌芽によって株が立ちにくくなり、新植面積が増大した。当年の収穫面積を確保するためそれまでの夏植え（8～10月に植え付け、収穫まで1年半かかる）から1年1作の春植えに移行した。これに伴い春植えでの多収性が品種に求められた。また、作業の機械化に合わせて機械収穫や機械による管理作業への適性も重要視されていった。

昭和50年代後半に導入されたF161は発芽・初期生育が良好で春植え収量が多く、病害虫に強く栽培しやすいため一気に普及が進んだ。特にF161の高い発芽率は機械による採苗・植付に適していたためビレットプランタによる植え付けを普及させた。一方でF161は根量が少なく倒伏しや

すい。このため収穫時の株引き抜きによる欠株が発生しやすく、多回数の株出しは難しい。F161は平成7年には収穫面積の98%を占めるまで普及し、春植え+2回株出しで植え替え更新するという現在の栽培サイクルが定着した。

平成6年産から従来の重量取引に代わり品質取引が導入されると、F161の低糖度が問題となつた。これにより農林9号、農林11号、農林15号および農林26号といった高糖性品種が導入され、品種の多様化が進んだ。しかしこれらの品種はF161に比べ品質は良いが栽培管理に手がかかる。このため収穫面積はいずれの品種も全体の1割前後に留まっており、F161は依然として高いシェアを占めている。

平成13年から実施されている性フェロモンを利用した交信かく乱技術によるハリガネムシ防除によって、ハリガネムシの被害は減少し株が立つようになった。このため現在では、多回数の株出しが可能な高糖性品種が求められている。

3. 今後の展開

平成22年4月に沖縄県の奨励品種になったRK96-6049は大東島向けに開発された品種で、F161に比べ発芽性はやや劣るが萌芽性は上回り機械収穫適性は高い。初期伸長も優れ、収量・糖度も高くF161に代わる品種として期待されている。今後はこのような高品質で株出し性の優れた品種を活用し、生産量の安定と生産コストの低減を進めていきたい。

「特産種苗」バックナンバー

当協会のホームページに、PDF版を掲載しています。
「特産種苗 情報誌」で検索してください。

号	発行年月	特集内容
1	2009年1月	創刊号、雑豆（小豆、菜豆、その他）
2	2009年4月	雑穀（アワ、ヒエ、キビ、その他）
3	2009年7月	ハトムギ
4	2009年9月	雑穀類の生産状況（平成17～20年産）
5	2009年10月	油糧作物（ナタネ、ヒマワリ、ゴマ、オリーブ）
6	2010年1月	甘しょ
7	2010年4月	ばれいしょ
8	2010年8月	アマランサス・キノア
9	2010年11月	雑穀類の生産状況（平成17～21年産）
10	2011年3月	ソバ
11	2011年8月	6次産業化



編集後記

【編集後記】

本号では特集として、甘味資源作物として代表的なてん菜、さとうきびを取り上げました。

最近は甘味控えめがブームとなっていますが、これらてん菜、さとうきびを原料としてつくられる砂糖は食生活に欠かせない食材です。砂糖の国内自給率は約4割で、国内生産の約8割が北海道で作られるてん菜糖、約2割が沖縄県、鹿児島県等で作られるさとうきび糖といわれています。

てん菜は北海道において畑作農業の基幹作物であり、輪作体系上重要な作物ですし、また、さとうきびは鹿児島県南西諸島及び沖縄県における基幹作物です。ともに我が国の重要な甘味資源作物として農業、さらには地域の経済・社会を支えています。

しかし、砂糖は国内産と外国産との間に大きな価格差があり課題となっています。このため、てん菜は農業者戸別所得補償制度が、さとうきびは

品目別の経営安定対策等の施策が講じられています。

また、てん菜、さとうきびの利用形態として砂糖の原料以外にも様々な取組がなされていますが、最近では砂糖の抽出後に残る副産物を利用してバイオエタノールの生産に向けた取組も始まっており、エネルギー原料作物としての期待が高まっています。

本号では、てん菜、さとうきびに係る行政の取り組み、育種・品種、生産・利用技術、産地の特徴的な取り組みについて、ご専門の方々に広範にかつ詳細にご紹介いただきました。

ご寄稿下さいましたご執筆者の方々に厚く御礼申し上げます。

本特集号が甘味資源作物としてのてん菜、さとうきびの生産振興の一助となり、地域の経済・社会に寄与できれば幸いです。

（佐々木記）

発行日 平成23年11月20日
発 行 財団法人 日本特産農作物種苗協会
〒107-0052 東京都港区赤坂2丁目4番1号
白亜ビル 3階
TEL 03-3586-0761
FAX 03-3586-5366
URL <http://www.tokusanshubyo.or.jp>
印 刷 (株) 丸井工文社

種をよきげ果たす結局者よきは

寶篋印