

独立行政法人農畜産業振興機構

令和３年度畜産関係学術研究委託調査報告書

研究課題

南九州の未利用資源“規格外かんしょ”の 高度飼料利用に向けた調査研究

調査研究組織

代表者

宮崎大学農学部

川島知之

共同研究者

宮崎大学農学部
農研機構

高橋俊浩
境垣内岳雄
倉田理恵

令和４年３月２０日

I 調査の目的

我が国では、畜産の持続的発展に向けて、極めて低い濃厚飼料自給率が大きな課題となっている。本調査研究においては濃厚飼料自給率の向上に向けて、規格外かんしょ（サツマイモ）の飼料利用に焦点を当てる。

かんしょは年間約 80 万トンが生産される主要な畑作物である。鹿児島県、宮崎県からなる南九州はかんしょの主要な産地である。また、同地域は全国でも有数の養豚地帯であり、豚飼養頭数は鹿児島県が全国第 1 位、宮崎県が 2 位である。養豚経営において、飼料は生産コストの 6 割強を占めるが、その大部分を海外からの輸入に依存している。そのため、養豚経営は飼料用穀類の価格や需給状況に大きな影響を受ける。

南九州における養豚用飼料の自給率向上のため、サイズが小さく原料用や青果用として出荷できず廃棄されている未利用資源の“規格外かんしょ”を高度に飼料利用するための調査研究を行う。これまで規格外かんしょの利用が進まなかった要因として、飼料利用の研究蓄積が十分でなかったこと、また、輸入穀類の入手が安価で容易であったことなどから利用されてこなかった。しかし、高止まっていた飼料用トウモロコシ価格が昨年後半からさらに急騰し、国内の濃厚飼料生産拡大が喫緊の課題となっている。そこで、規格外かんしょの飼料利用については、コストを大幅に削減するため、粗粉碎・ギ酸添加によりサイレージ調製し、それをリキッドフィーディングにより飼料利用する体系を基本形として、本調査を実施する。

さらに、かんしょ栽培の画期的な省力化技術として直播栽培が着目されており、品種育成ならびに栽培体系の研究がなされている。直播栽培は南九州の生産者の大規模化に不可欠な技術であるが、サイズの小さい規格外いもが多く発生する。この直播栽培の特徴を活かし、省力生産と飼料生産を両立させる直播栽培に着目した研究調査も実施する。かんしょ栽培ならびに濃厚飼料生産いずれについても省力的な技術を提案し、南九州における耕畜連携による持続的な養豚経営の発展を目指す。



Ⅱ 調査研究計画及び調査手法

南九州の代表的なかんしょ 3 品種（「コガネセンガン」など）に加えて、農研機構が保有する直播適性を有する品種系統（「スズコガネ」など）を調査対象とする。試験圃場で栽培を行い、規格外（50g 未満）と規格内（50g 以上）に分けたいもの収量、病害の有無を評価し、飼料となる健全な規格外いもの発生量を明らかにする。現在、規模の大きい生産者では、自走式ハーベスタでかんしょを収穫している。このため、自走式ハーベスタでの収穫時に、規格内と規格外かんしょの選別し、集荷を行うための作業上の課題を明らかにする。

規格外かんしょについては、家畜飼料として利用するため、飼料成分の評価を行う。

かんしょではストレスの防御物質として中毒性を持つイポメアマロンを生成する。サイズの小さい健全いものを規格外かんしょとするが、エサとしての安全性を評価するためイポメアマロンの有無を分析する。

規格外かんしょ給与による、高付加価値豚肉生産の可能性を探るため、乾物当たりかんしょサイレージを 7 割程度配合した飼料での肥育試験を実施し、増体成績とともに肉の物理化学評価と官能評価を実施する。

低コストサイレージ調製技術については、現在稼働している粉砕機（小型から大型まで）の調製能力を調査し、能力向上に向けたポイントを整理する。さらに、大型機械を用いた飼料化先進事例について生産能力と処理費用に関する調査を行う。また、リキッドフィーディングを有する養豚農家の受容性については、現地調査と聞き取りにより調査する。

Ⅲ 調査報告

1. 規格外かんしょに関する調査と収穫

農研機構 九州沖縄農業研究センター

境垣内岳雄

1) 規格外かんしょの発生量

かんしょはわが国の主要な畑作物であり、農林水産省の統計資料（令和2年度，いも・でん粉に関する資料）によると、2020年度の作付面積は約33,100ha、生産量は約687,600tである。都道府県別のかんしょ生産量では鹿児島県が第1位の214,700t、宮崎県が第4位の69,100tであり、近年、サツマイモ基腐病の被害を受けているものの、鹿児島県と宮崎県をあわせた南九州地域は依然として全国生産量の約40%以上を占めるかんしょの大産地である。

かんしょには出荷基準があり、規格外は商品とならないため圃場で廃棄される。例えば、南九州でのかんしょの主用途である焼酎用、でん粉用では重量による基準があり、いも1個が50gに満たない小さいサイズは「規格外かんしょ」となる（図1）。本報告ではこの基準にならない、50g未満のサイズを規格外かんしょと定義して、南九州地域で飼料として利用できる可能性のある規格外かんしょの発生量を試算した。

かんしょは苗を植える「挿苗栽培」が慣行であるが（図2）、育苗から採苗・定植までの作業負担が大きいため、省力化を目的として、ばれいしょのように種いもを直接圃場に植え付ける「直播栽培」が研究されている（境垣内・甲斐 2020）。今後、挿苗栽培の一部を直播栽培に転換することを目指しており、本課題では直播栽培での規格外かんしょの発生量についても調査を行った。

試験は2021年に農研機構九州沖縄農業研究センター都城研究拠点（宮崎県都城市）の圃場で実施した。挿苗栽培では、焼酎・でん粉用の主要品種である「コガネセンガン」、「シロユタカ」、青果用の主要品種である「べにはるか」を供試し、4月下旬に苗を植え付けた。直播栽培では直播栽培適性のある3品種・系統を供試し、3月下旬に種いもを植付けた。な



図1. 規格外かんしょ（50g/個未満）



図2. かんしょの挿苗栽培と直播栽培

お、直播適性のある品種・系統とは、植付け後、親いも（種いも）が肥大しないように改良された品種・系統を示す（図 2）。収穫調査は挿苗区、直播区ともに 10 月下旬に行い、茎葉を除去した後、収穫機械で畦内のいもを掘り出した。掘り出したいものうち、50g 以上を出荷可能な「規格内かんしょ」、また、50g 未満は「規格外かんしょ」として分類し、収量（生重）の調査を行った。

表1.各栽培型、品種の規格内、規格外かんしょの発生量

栽培型	品種 系統名	規格内	規格外	規格外
		かんしょ 生重 (kg/a)	かんしょ 生重 (kg/a)	かんしょ 割合 (%)
挿苗	コガネセンガン	462±26	9.4±0.4	2.00
	シロユタカ	539±40	9.0±2.6	1.64
	べにはるか	425±15	14.1±3.2	3.20
直播	直播適性品種A	518±22	37.1±1.5	6.68
	直播適性系統B	539±7	28.9±5.5	5.09
	直播適性系統C	569±20	53.5±3.3	8.59

試験区は3反復の乱塊法で設置。

数字は平均値±標準偏差を示す（n=3）。

慣行の挿苗栽培した 3 品種では、規格外かんしょの割合は全体の 1.64～3.20%の範囲にあった（表 1）。3 品種の平均値から 2%を挿苗栽培の規格外かんしょ割合と仮定すると、鹿児島県、宮崎県のかんしょ生産量が 214,700t、69,100t であることから、圃場で廃棄されている規格外かんしょは鹿児島県で 4,382t、宮崎県で 1410t と試算される。

図 2 のように直播栽培では、1 株あたりのいも数が多くなる。このため、直播栽培では規格外かんしょ割合も挿苗栽培と比較すると大きく、5.09～8.59%の範囲にあった（表 1）。直播適性品種・系統の規格内かんしょ重は、挿苗栽培した品種と同程度以上であることから（表 1）、直播栽培が挿苗栽培の一部を代替した場合には、現状よりも多くの規格外かんしょが発生すると推察される。

2) かんしょの収穫

規格外かんしょを飼料として利用するためには、収穫時の効率的な回収が必要である。このため、かんしょ収穫機械について資料調査を行った。かんしょ栽培で用いる機械については、大村（2016）が詳しく紹介している。収穫機は、掘り取りと土からのいも分離のみを行う「分離型」と掘り取り、いも分離に加えて、回収までを行う「分離調整型」に分けられる。

近年では、分離調整型の自走式ハーベスタが実用化され、広く普及している（図 3）。このうち、コンテナ収納タイプは主に青果用のかんしょで、また、フレコン収納タイプは焼酎・でん粉用のかんしょで用



図3. かんしょの自走式ハーベスタ

いられる。コンテナ収納タイプでは、コンベアに全てのいも運ばれるため、人力での選別が必要となるものの、規格外かんしょの回収率は高い。一方で、フレコン収納タイプはコンベ

アの前にリフトがあり、小さいサイズのいもはふり落とされる設計になっている。このため、コンテナ収納タイプと比較すると規格外かんしょの回収効率はやや低くなると推察される。南九州地域では焼酎・でん粉がかんしょの主用途であり、フレコン収納タイプの稼働が多い。規格外かんしょを効率良く回収するためには、フレコン収納タイプでの機械的な改良が必要と考えられる。

市販化はされていないが、かんしょ株収穫機が開発されている（馬門ら 2019）。株収穫機とは、いもを圃場で株から切り離さず、株ごと大型コンテナに収納するよう改良された機械であり、選別は別途、圃場外で行う。この株収穫機が実用化され、普及すれば、規格外かんしょの回収について、より効率的な体系が構築できると期待される。

〈参考文献〉

- 馬門克明、大村幸次、竹牟禮穰、山根一城、上之菌茂、湯原光治（2019）「サツマイモ株収穫機の開発」，九州農業研究 82，農業機械部会 p2.
- 大村幸次（2016）「かんしょの機械化を取り巻く状況」砂糖類・でん粉情報 42（3）p15-20.
- 境垣内岳雄、甲斐由美（2021）「直播栽培の概要と栽培上の留意点」，最新農業技術 作物 13，p191-200，農文協，東京.

2. 品種および栽培方法が規格外かんしょの発生量と飼料成分に及ぼす影響

宮崎大学農学部 高橋俊浩

緒言

かんしょは日本の主要な畑作物であり、2020 年度において全国で 687,600 t が生産されているが、この収穫量は前年に比べ 61,100 t (8%) 減少している。また、かんしょ作付面積も 2019 年度には 34,400ha であったが、2020 年度には 33,100ha と 1,300ha(3%)減少している。この作付面積の減少は、農業従事者の高齢化による労力不足に伴う作付中止、また他作物への転換等があったためと考えられている。都道府県別収穫量および割合について見てみると、全国のかんしょ生産量の中で鹿児島県が第 1 位で 214,700t を生産しており、全国の 31%を占めている。宮崎県は第 4 位で 69,100t を生産しており、全国の 10%を占めている。このことから、南九州である宮崎県と鹿児島県が全国のかんしょ生産の約 40%を占めていることがわかる。一方、全国の 10a 当たり収量は 2,080kg で、前年産を 5%下回った。これは、主に宮崎県及び鹿児島県において生育期間の日照不足等に加えて、サツマイモ基腐病の拡大があったためとされている（農林水産省 2021a）。

かんしょの用途は生食用、飼料用、種子用、加工食品用、デンプン用、アルコール用、輸出用に分類され、宮崎県では約 66%がアルコール用であり、次いで加工食品用、生食用に栽培されている。鹿児島県では約 43%がアルコール用、34%がデンプン用、次いで加工食品用、生食用に栽培されている。また、宮崎県と鹿児島県でのアルコール生産は主に焼酎製造である（農林水産省 2021b）。生産の過程において、茎や葉などの農作物にならないものは圃場残さとなり、その中には収穫作業で傷がついたものや大きさや形などが出荷規格に適合しない農作物が発生する。これらは規格外品と呼ばれる。規格外かんしょは、ツルや葉などの圃場残さとともに圃場に放置され、通常はそのまま農地にすき込まれる「すき込み還元」が行われている。すき込み還元は圃場の処理負担の軽減を目的として行われている（宮城県庁 2021）。

しかし、すき込み還元には 2 つの問題点がある。1 つ目の問題点は、農地にすき込まれた圃場残さが作物病害の汚染源になることである。これは、前述したサツマイモ基腐病の拡大原因にも関わっている。サツマイモ基腐病は、糸状菌の一種である基腐病菌 *Plenodomus destruens*（別名 *Phomopsis destruens*）の感染により引き起こされ、基腐病に感染したかんしょは生育不良になり、植物全体が萎凋、枯死する。地上部が早期に枯死した場合は塊根が形成されず収穫皆無となり、収穫期まで生き残った場合でも土壌中の塊根がなり口側から腐敗する。感染した塊根は収穫時に症状がない場合でも貯蔵中に腐敗して問題となる（前島、山次 2019）。基腐病は、病原菌が感染した種いもや感染した苗が圃場に持ち込まれることで圃場内に侵入するが、前作に病害が発生した圃場では、病原菌が感染した残さが翌年まで分解されずに残るため、定植苗が残さと接触することによっても感染する（農研機構 2021）。圃場残さの中に罹病いもが存在する場合には、接触した規格外かんしょにも感染が

広がり、翌年の一次伝染源となる可能性がある。そのため、サツマイモ基腐病の拡大抑制には、圃場に罹病残さを残さないだけでなく、規格外かんしょを圃場から除去することが必要である。2つ目として、圃場残さが野生動物の餌になることによる獣害の温床としての問題がある。2020年度の野生鳥獣がもたらす農作物被害額は161億円にも及んでいる（農林水産省 2022）。獣害発生原因のひとつとして圃場での規格外作物やその他の残さの放置が挙げられる。圃場残さは栄養価が高いため、野生動物の餌となってしまう、野生動物が農地に誘引される要因となる。野生動物が農地に誘引された結果、残さ以外の農作物にも被害を発生させる事につながっている（農林水産省 2014）。以上の2点から、農業生産者の手間やコストを抑え、かつ圃場内の規格外かんしょを除去することが求められている。

また、全国的な作付面積減少への対応策として、機械化による労力削減の取り組みが進んでいる。しかし、かんしょ栽培作業の中で育苗・採苗作業や植え付け作業の多くはいまだに人力に頼っているのが現状である。育苗・採苗作業では、10アール分の植え付けに必要な苗の確保に約16.5時間を要し、かんしょ栽培に必要な全労働時間の約6割を占めている。ここに植え付け作業まで含めると約7割を占めることとなる。かんしょ生産は、労力がかかり生産コストが高い上に、特にでん粉原料用では収益性が低い。従来のでん粉原料用かんしょ栽培では、生産費の約6割が労働費となっている（宮部 2019）。このことから、育苗・採苗、植え付け作業の省力化が必要であると考えられている。育苗・採苗、植え付け作業の省力化の一つの方法として、種いもを直接圃場に植え付ける直播栽培の導入が挙げられる。直播栽培のメリットとして、種いもの確保が必要ではあるが、苗生産や苗の植え付け作業が不要になり、種いもの播種、畦道培土、マルチ作業の機械化一貫体系の確立が図りやすい。また、播種機構についても、既にバレイショ植え付け機で実用化されている機構が応用可能であり、挿苗栽培に比べて植え付け機構の簡易化と作業能率の向上が可能になる事等が挙げられる（宮部 2019）。また、直播栽培と挿苗栽培ではそれぞれ適性がある品種が異なり、直播栽培に適した品種では、親いもが肥大しない特徴が求められる。さらに、小さいもの数や大きさが異なる直播候補いもがあることがわかっている。直播品種において小さいものが多くなる場合には、従来のかんしょとは特徴の異なる規格外かんしょが発生し、栄養価と規格外かんしょ発生量に違いが出ることも考えられる。

日本の畜産業における飼料コストは経営コストの約3～6割を占めている。さらに、飼料原料の大部分を輸入に依存している（農林水産省 2021c）。輸入飼料の価格は世界情勢や気候変動により大きく変動する。そのため、輸入飼料に依存しないことが飼料自給率の向上と畜産経営において重要な課題となっており、地域に存在している未利用資源や食品残さ等の利用が推進されている（農林水産省 2021d）。かんしょはデンプン質を多く含むためトウモロコシの代替飼料原料として利用可能と考えられる。そのため、かんしょ及びかんしょを原料とする副産物の豚への給与試験は多く行われてきた。例として、放牧豚へのかんしょ給与試験（古谷、梶 1988）や肥育豚へのかんしょ生焼酎粕給与試験（勝俣ら 2017）等がある。これらの試験において、かんしょ本体や副産物を豚に給与しても発育成績に影響

を与えないことが明らかとなっている。しかし、収穫が一時期に集中すること、水分含量が高く腐敗しやすいことから、飼料化する場合には飼料の安全を確保し、省力的な貯蔵方法の開発が必要となる。本研究室では、粉碎したかんしょをドラム缶に密閉してサイレージ化する方法を考案し、肥育豚における給与試験を行なっている。しかし、規格外かんしょの飼料成分については十分に知られていない。

そこで本研究では、かんしょの省力生産に伴って発生する規格外かんしょの飼料化を目的とし、栽培品種及び栽培方法の違いが規格外かんしょの発生量と飼料成分に及ぼす影響について調査を行った。

材料と方法

1) 栽培および収穫試験

試験は 2021 年に農研機構九州沖縄農業研究センターとの共同し、都城研究拠点（宮崎県都城市）の圃場で実施した。基肥として化成肥料（N : P₂O₅ : K₂O = 8 : 12 : 20）を 5kg/a 施用した後、生分解性黒色マルチをはりながら畦立てを行った。

試験では種いもを直接圃場に植付ける“直播区”、育苗した苗を移植する“挿苗区”を設け、試験区は 1 区 15 m²（畦長 5m、4 畦、畦幅 0.75m）の 3 反復乱塊法で配置した。直播区には直播栽培適性のある「直播適性品種 A」、「直播適性系統 B」、「直播適性系統 C」を供試し、3 月 24 日に種いもを植付けた。挿苗区には焼酎・でん粉用の主要な品種である「コガネセンガン」、「シロユタカ」、青果用の主要な品種である「べにはるか」、さらに、直播区でも用いた「直播適性系統 B」を供試し、4 月 23 日に苗を植付けた。

収穫調査は 10 月 27 日に行った。つる切機で地上部を除去した後、ディガーで畦内のいもを掘り出した。掘り出したかんしょのうち、50g 以上は出荷可能な“規格内かんしょ”として、また、50g 未満は出荷できない“規格外かんしょ”として分類した。規格内かんしょと規格外かんしょの a あたりの生重に加えて、規格外かんしょ発生率を調査した。

2) 飼料成分分析

分析対象

九州沖縄農業研究センター都城研究拠点における栽培および収穫試験において 2021 年 10 月 27 日に収穫した下記 7 種のかんしょを分析に供した。

直播栽培により収穫した直播適性品種 A

直播栽培により収穫した直播適性系統 B

直播栽培により収穫した直播適性系統 C

挿苗栽培により収穫した直播適性系統 B

挿苗栽培により収穫したコガネセンガン

挿苗栽培により収穫したシロユタカ

挿苗栽培により収穫したべにはるか

3 反復の試験区で栽培した上記 7 種のかんしょを収穫し、それぞれ“規格内かんしょ”と“規格外かんしょ”に分類した。さらに“規格内かんしょ”と“規格外かんしょ”を反復試験区から無作為に抽出し、計 14 種類を約 1kg ずつ分析用サンプルとした。

分析項目

飼料一般成分（水分、粗タンパク質、粗灰分、粗繊維、粗脂肪、可溶無窒素物）

3) 分析方法

(1) 前処理

・サンプリング方法

採取したサンプルを水洗いしてかんしょ表面の泥を洗い流した。その後、表面の水分を十分にふき取り、野菜調理機を用いて角千切りに処理した。

・風乾物の調製

処理したサンプルをバットに入れ、原物重量を測定した。60℃に設定した送風定温乾燥機で約 48 時間乾燥した後、室温で半日静置したものを風乾物とし、重量を測定した。風乾前後の重量から風乾物率を求めた。その後、連続式ミルで粉碎し、分析用試料とした。

(2) 化学分析

・水分含量

135℃に設定した送風定温乾燥器でアルミ秤量缶を 30 分間乾燥した後、デシケーター内で放冷し秤量缶の恒量を測定した。恒量を求めたアルミ秤量缶に試料約 1 g を精秤し、135℃で 2 時間乾燥した後、デシケーター内で放冷し秤量した。重量の変化から試料の水分含量を求めた。

・粗灰分 (CA) 含量

600℃に設定したマッフル炉で磁製るつぼを 1 時間加熱した後、デシケーター内で放冷しるつぼの恒量を測定した。恒量を求めた磁性るつぼに試料約 1 g を精秤し、600℃で 2 時間加熱し灰化させた。灰化後、るつぼをデシケーター内で放冷し秤量した。灰化後の残さを CA として試料の CA 含量を求めた。

・粗繊維 (CF) 含量

135℃に設定した送風定温乾燥器でアルミ秤量缶および定量ろ紙(5A)を 30 分間乾燥した後、デシケーター内で放冷し秤量缶およびろ紙の恒量を測定した。また、磁製るつぼの恒量を CA 分析と同様に求めた。トールビーカーに 1.25%の硫酸を 200 ml 入れ、粗繊維定量装置で沸騰寸前まで加熱した後、精秤した試料を約 2 g 入れて 30 分間煮沸した。煮沸後、加熱を止めて熱水を約 200 ml 加えた。その後、レーヨンろ紙で残さを濾過し、濾液が中性になるまで熱水で洗浄した。レーヨンろ紙上の残さをすべてトールビーカー内に回収し、5%の NaOH 50 ml と脱イオン水で 200 ml に希釈した。このトールビーカーをさらに 30 分間煮沸した。煮沸後、定量ろ紙にて濾過し残さをすべて回収した。残さを含むろ紙をアルミ秤量缶に入れ 135℃で 2 時間乾燥し、デシケーター内で放冷し秤量した。秤量した後、残さを

含むろ紙を、予め恒量を求めた磁製のつばに移した。その後 CA 分析と同様の操作で残さ中の CA を求めた。残さ重量から CA 重量を除いたものを CF として試料の CF 含量を求めた。

・粗脂肪 (EE) 含量

105℃に設定した送風定温乾燥器でソックスレー抽出容器を 1 時間乾燥した後、デシケーター内で放冷し恒量を測定した。試料約 2 g を精秤し、ろ紙(No. 1)で包んだ。試料が入ったろ紙を円筒ろ紙(No. 84)に入れて脱脂綿で蓋をし、ソックスレー抽出装置のサイフォンに入れた。脂肪抽出容器とサイフォンにジエチルエーテルを注ぎ、ソックスレー脂肪抽出装置を組み立て、16 時間以上抽出を行った。抽出後、ジエチルエーテルを回収した。エーテル回収後、抽出容器を 105℃で 30 分間乾燥し、デシケーター内で放冷し秤量した。乾燥と秤量を繰り返して恒量を求めた。測定した重量から抽出物の重量を求め、これを EE として試料の EE 含量を求めた。

・粗タンパク質 (CP) 含量

試料中窒素はケルダール法を用いて測定した。試料を約 0.5g 精秤し、薬包紙に包んで分解容器に入れた。分解促進剤 1 錠と濃硫酸を約 10ml 加え、窒素分解装置にセットし、試料管内の分解液が茶褐色を経て緑色になったのを確認した後、続けて 30 分間加熱した。加熱後、試料管ホルダーにかけて放冷した。放冷後、蒸留滴定装置 (B-324、BUCHI) を用いて試料中窒素含量を求めた。これに窒素換算係数 6.25 を乗じた値を CP として試料の CP 含量を求めた。

・可溶無窒素物 (NFE) 含量

NFE (%) は、次の式により求めた。

$$\text{NFE}(\%) = 100 - (\text{水分}(\%) + \text{CA}(\%) + \text{CF}(\%) + \text{EE}(\%) + \text{CP}(\%))$$

(3) 統計処理

有意水準を 0.05 とした。また、Student の t 検定を用いて各項目の両区間の差を検定した。

結果および考察

1) 栽培および収穫試験

栽培試験の結果を表 1 に示した。挿苗栽培と直播栽培で、出荷可能な規格内かんしょ収量に有意差は認められなかった。一方、挿苗栽培に比べ直播栽培で平均規格外収量および規格外発生率が有意に高く、規格外かんしょ収量は直播栽培が 3.5 倍以上多くなり、規格外発生率も 4 倍程度高かった。これは、直播栽培の普及が規格外かんしょ発生量増加を示唆している。

挿苗栽培と比べて直播栽培の方が総収量は多くなるという報告がある (児玉、池本 1954)。しかし、今回の結果では、総収量には有意差は認められなかった。これは、今回の収量では種いもなる親いもを収量として計算しなかったため、過去の研究と比べ栽培方法

の違いによる影響が小さくなったと考えられる。

表1 規格内かんしょおよび規格外かんしょ収量

品種		規格内かんしょ収量 (kg/a)	規格外かんしょ収量 (kg/a)	総収量 (kg/a)	規格外かんしょ発生率 (%)
挿苗栽培	直播適性系統B	584 ± 14	11.9 ± 1.7	596 ± 15	1.99 ± 0.26
	べにはるか	425 ± 26	14.1 ± 5.7	439 ± 30	3.20 ± 1.06
	コガネセンガン	462 ± 45	9.4 ± 0.6	472 ± 45	2.00 ± 0.23
	シロユタカ	539 ± 69	9.0 ± 4.9	548 ± 67	1.64 ± 0.91
	挿苗栽培全体	503 ± 76	11.1 ± 4.2	514 ± 76	2.22 ± 0.90
直播栽培	直播適性品種A	518 ± 37	37.1 ± 2.5	555 ± 40	6.68 ± 0.13
	直播適性系統B	539 ± 13	28.9 ± 9.5	568 ± 22	5.09 ± 1.45
	直播適性系統C	569 ± 35	53.5 ± 5.6	622 ± 33	8.59 ± 1.17
	直播栽培全体	542 ± 35	39.8 ± 12.7	582 ± 42	6.78 ± 1.93
P	直播×挿苗	0.191	<0.001	0.033	<0.001

平均値±標準偏差

2) 飼料成分分析

表2 品種および栽培方法ごとの規格内かんしょと規格外かんしょの飼料成分

品種名	栽培方法	種類	水分 (%)	粗蛋白質 (%DM)	粗脂肪 (%DM)	NFE (%DM)	粗繊維 (%DM)	粗灰分 (%DM)	GE ¹⁾ (Mcal/kg DM)	TDN ²⁾ (%DM)
カンショ(乾) ³⁾			12.3	6.3	1.3	86.4	2.3	3.8	4.27	88.6
シロユタカ	挿苗栽培	規格内	66.4	2.39	0.36	93.0	1.39	2.83	4.19	92.9
		規格外	70.2	2.41	0.50	91.1	2.32	3.64	4.17	91.8
直播適性系統B	挿苗栽培	規格内	70.5	3.24	0.57	91.2	1.49	3.56	4.19	91.5
		規格外	75.2	3.89	0.75	88.9	2.53	3.98	4.19	90.2
べにはるか	挿苗栽培	規格内	67.4	3.15	0.49	92.0	1.61	2.74	4.22	92.3
		規格外	75.1	3.15	0.59	91.4	1.85	2.97	4.21	92.0
コガネセンガン	挿苗栽培	規格内	61.0	2.80	0.29	91.8	1.81	3.29	4.18	92.0
		規格外	69.1	2.41	0.58	91.6	2.19	3.20	4.19	92.2
直播適性品種A	直播栽培	規格内	67.9	3.19	0.56	91.8	1.02	3.41	4.19	91.8
		規格外	71.3	2.80	0.57	91.2	2.09	3.30	4.19	91.9
直播適性系統B	直播栽培	規格内	70.6	3.54	0.62	90.6	1.61	3.61	4.19	91.2
		規格外	74.2	3.57	0.67	89.4	2.19	4.18	4.17	90.4
直播適性系統C	直播栽培	規格内	73.1	2.16	0.28	92.0	1.96	3.62	4.15	92.1
		規格外	73.1	2.15	0.17	92.0	2.05	3.65	4.15	92.1

¹⁾ GEは次の式を用いて推定した。GE(Mcal/kg)=(5.67×CP(%)+9.68×EE(%)+4.25×NFE(%)+4.90×CF(%))/100

²⁾ TDNは豚における成分消化率より推定した。

³⁾ カンショ(乾)は日本標準飼料成分表(2009年版)より引用。

飼料成分分析結果について表 2 に示した。ほとんどのサンプルにおいて、規格内かんしょに比べて規格外かんしょのNFEが減少し、粗繊維が増加する傾向が見られた。これは、規格外かんしょはいもの皮部分の占める割合が高くなり、中身のデンプン質主体の部分が相対的に少なくなったためと考えられる。しかし、成分から推定したエネルギー栄養価に影

響は見られず、デンプン質飼料としての飼料価値についての変化は小さいと考えられる。

また、飼料成分表に記載されているかんしょと比べ、現在南九州で栽培されている代表的なかんしょは、生産用途の違いを問わずデンプン質含量が向上していることが窺えた。これは、九州・沖縄におけるかんしょ育種目標が、でん粉歩留まりのより高いものを目指していたことが関係していると考えられる（境 2013）。また、かんしょの育種が進むにつれて抗栄養要素因子であるトリプシンインヒビターの含有量が減少したことにより、かんしょに含まれる粗蛋白質が減少した可能性も考えられる。

結論

試験 1 の栽培および収穫試験では、直播栽培では挿苗栽培に比べて規格外かんしょ発生率が有意に高かったことから、直播栽培が普及すれば、飼料化可能な規格外かんしょ発生量が数倍に増加することが予想される。よって、規格外かんしょに対する国内産飼料資源として期待が高まり、圃場残さとなっていた規格外かんしょ飼料化が後押しされ则认为。試験 2 の結果では、栽培方法の違いで NFE は規格外かんしょの方が規格内かんしょと比べて減少する傾向となったが、GE および TDN に対する種類および栽培方法の影響は見られなかった。よって、規格外かんしょの飼料価値が高いことが示された。

以上より、規格外かんしょに対する国内産飼料資源としての有効性や飼料価値が高いことが確認された。今後、直播栽培の普及による規格外かんしょ発生増加をふまえた飼料化可能資源の発生見込や飼料生産コストの推定、肥育豚への給与試験による肉質への影響を検討していくことや詳細なかんしょ成分分析による従来のかんしょ成分との違いを検討していくことが課題となる。

引用文献

- 古谷 修、梶 雄次、1988、放飼場で甘藷を給与した豚の発育と脂肪の質、日豚会誌、25 巻、1、p45～46 [引用日 2022 年 1 月]
- 児玉敏夫、野本達郎、1954、甘藷直播栽培法に関する研究（3）関東東山農業試験場研究報告、6、p108-112 [引用日 2022 年 2 月]
- 勝俣沙智、鎌倉美彩子、磯島聖良、高橋俊浩、小林郁雄、河原聡、坂本信介、新美光弘、川島知之、2018、カンショ由来生焼酎粕給与が肥育豚の飼養成績と肉質に及ぼす影響、日本畜産学会報、89（2）、p199～206 [引用日 2022 年 1 月]
- 宮部芳照、2019、鹿児島県におけるカンショ栽培の機械化の現状と課題について（前編）砂糖類・でん粉情報、4、p46～65 [引用日 2022 年 1 月]
- 前島健作、山次康幸、2019、サツマイモに甚大な被害を与える侵入病害「基腐病」の超高度感度・簡易・迅速診断、砂糖類・でん粉情報、10、p55～59 [引用日 2022 年 1 月]
- 宮城県庁、2021.それぞれの処理方法、宮城県庁、宮城 [引用日 2022 年 1 月]
- <https://www.pref.miyagi.jp/soshiki/houtai/sorezore.html>

農研機構、2021、サツマイモ基腐病の発生生態と防除対策(令和2年度版)、農研機構九州
沖縄農業研究センター研究推進室、熊本 [引用日 2022年1月]

https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/files/Stem_blight_and_storage_tuber_rot_of_sweetpotatR02_1.pdf

農林水産省、2014、【改訂版】野生鳥獣被害防止マニュアル-イノシシ、シカ、サル(実践編)
-平成26年3月版、農林水産省、東京 [引用日 2022年1月]

https://www.maff.go.jp/j/seisan/tyozyu/higai/manyuaru/manual_inosisi_sika_saru_jissen/data0_6.pdf

農林水産省、2021a、作況調査(水陸稲、麦類、豆類、カンショ、飼料作物、工芸農作物)、
農林水産省、東京 [引用日 2021年12月]

https://www.maff.go.jp/j/tokei/kekka_gaiyou/sakumotu/sakkyou_kome/kansyo/r2/index.html

農林水産省、2021b、令和2年度いも・でん粉に関する資料、農林水産省、東京 [引用日 2022
年1月] <https://www.maff.go.jp/j/seisan/tokusan/imo/r2shiryou.html>

農林水産省、2021c、エコフィードをめぐる情勢、農林水産省、東京 [引用日 2022年1月]
https://www.maff.go.jp/j/chikusan/sinko/lin/l_siryo/attach/pdf/ecofeed-88.pdf

農林水産省、2021d、国産濃厚飼料をめぐる情勢、農林水産省、東京 [引用日 2022年1
月]

https://www.maff.go.jp/j/chikusan/sinko/lin/l_siryo/attach/pdf/index-721.pdf

農林水産省、2022、鳥獣被害の現状と対策について(令和4年度版)、農林水産省、東京 [引
用日 2022年1月]

<https://www.maff.go.jp/j/seisan/tyozyu/higai/attach/pdf/index-61.pdf>

境 哲文、2013、九州・沖縄における新たなサツマイモ開発の現状と今後の方向、日本作物
学会講演会要旨集、第236回日本作物学会講演会、p376 [引用日 2022年2月]

3. 安全性評価

農研機構 九州沖縄農業研究センター

倉田理恵

かんしょが病・傷害により作り出すことが知られている防御物質のイポメアマロンは家畜が飼料摂取すると中毒性を引き起こす。そのため、南九州で未利用資源となっている規格外かんしょの飼料利用を目的に、サイズが50g以下の傷害のない健全な塊根について、エサとしての安全性を担保するため、イポメアマロンの有無を調査した。その結果、傷害のない規格外かんしょからイポメアマロンは検出されなかった。さらに、そのイポメアマロンの生成には品種間差、栽培方法、サイズの違いも関与しないであろうことが推察されている。

かんしょ塊根は黒斑病などの病原菌の感染やアリモドキゾウムシなど害虫の食害、傷害により、イポメアマロン（図1）などの抗菌性フラノセスキテルペン類を作り出すことが以前から報告されている。イポメアマロン類はファイトアレキシン（防御物質）のため、外敵からの刺激に応答して合成が開始され、その反応は栽培中でも収穫後の貯蔵中においても変わらない。これらは特有の匂いと苦みを持つため、人が口にするやすぐに匂いや味がおかしいことに気付き食べるのを止める。

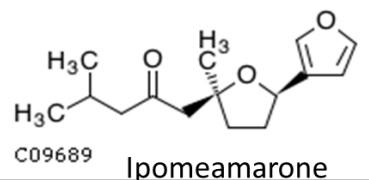


図1 イポメアマロン類の化学構造式

しかし、家畜類では餌に混ざると食べてしまい

食中毒を起こす事が以前よりあり、最近では2

016年に鹿児島県において黒毛和牛が傷害か

んしょにより中毒死した事例が2020年に報告されている（中村ら 2020）。今回は

‘規格外かんしょ’の飼料利用を目的にしており、傷害のない健全いもではあるがサイズが50g以下と市販されないほど小さいため、エサとしての安全性を担保すべくイポメアマロンの有無を調査した。

サンプルは前述の「規格外カンショに関する調査と収穫」で得られた規格外かんしょ（3区分：Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ区）と、比較対照に50g以上の規格内かんしょ（1区分）を供試した。イポメアマロン類の抽出および薄層クロマトグラフィー（TLC）による検出は石井ら（2012）の方法に準じて行った。サンプルは洗浄後水切りをし、5mm角にカットし、凍結乾燥した。凍結乾燥粉末は2倍量（W/V）のクロロホルム：メタノール＝1：1溶液で2回抽出し、抽出液と等量の蒸留液を添加し、水溶性物質の除去を2回行った。クロロホルム層は回収し、エバポレーターで濃縮乾固し、ジエチルエーテルに再懸濁した。その後、等量の1N塩酸および5%炭酸ナトリウムそれぞれで洗浄し、無水硫酸ナトリウムで脱水後、エバポレーターにて再度濃縮乾固した。その後アセトニトリルに溶解した液を抽出液としてTLC分析に用いた。TLC（シリカゲル60，10×10cm，Merck社製）にスポットした抽出液は、展開溶媒（ヘキサン：酢酸エチル＝8：2）で分

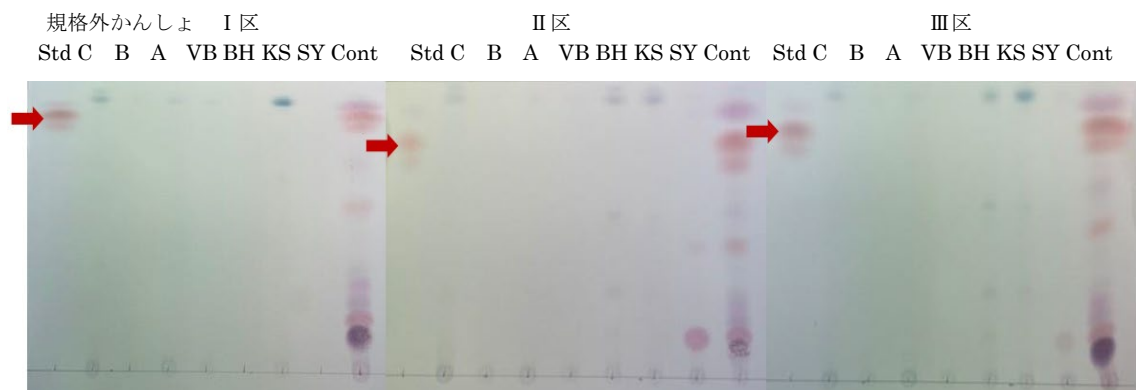
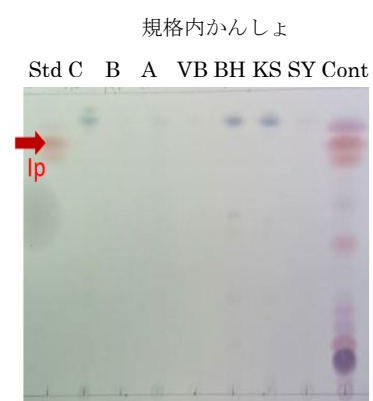


図2 規格外かんしょ（Ⅰ，Ⅱ，Ⅲ区）と規格内かんしょに含まれるイポメアマロン類のTLCを用いた定性
矢印（→）がイポメアマロン，S t d：イポメアマロン精製標準，C o n t：傷害かんしょ抽出液

離した。イポメアマロン類はアルカロイドの染色試薬であるエールリッヒ試薬により赤～紫色に染色される（図2、矢印）。また、イポメアマロンの精製標準を決定するために液体クロマトグラフ質量分析（LC／MS分析）を実施した。



TLC分析の結果のまとめを表1に示す。「規格内かんしょ」だけでなく「規格外かんしょ」においてもイポメアマロンは検出されなかった。また、品種・系統間による違いも認められなかった。さらに、挿苗と直播という栽培法の違いによる影響も認められなかった。これらの結果は、イポメアマロンは病・傷害かんしょから生成されるというこれまでの報告を支持するものだった。イモ類のじゃがいもについては、小さくて未熟なものは毒性のあるアルカロイドの「ソラニン」などを多く含んでいることがよく知られているが、

表1 規格外かんしょおよび上いもに含まれるイポメアマロンの検出結果

栽培方法	品種系統名	略称	規格内かんしょ	規格外かんしょⅠ区	規格外かんしょⅡ区	規格外かんしょⅢ区
直播	直播適性品種A	A	ND	ND	ND	ND
直播	直播適性系統B	B	ND	ND	ND	ND
直播	直播適性系統C	C	ND	ND	ND	ND
挿苗	直播適性系統B	VB	ND	ND	ND	ND
挿苗	べにはるか	BH	ND	サンプルなし	ND	ND
挿苗	コガネセンガン	KS	ND	ND	ND	ND
挿苗	シロユタカ	SY	ND	サンプルなし	ND	ND

*NDは未検出

かんしょの毒性物質であるイポメアマロンについては全く生成メカニズムが違うと推察される。今回の結果より、規格外かんしょを飼料利用するに当たって、健全な原料はイポメアマロン類を有していないことが明らかとなった。ただし、この後各種飼料へ加工された段階での調査も重要だと考えられる。今後は、飼料として調製された段階のイポメアマロンの生成について検討したい。

参考文献

- 中村誠ら（2020），黒毛和種繁殖牛で発生した傷害サツマイモ中毒，日獣会誌，73，253-258
石井沢徑ら（2012），腐敗甘薯中毒事例におけるサツマイモからのイポメアマロンの検出，
日獣会誌，65，355-359

4. かんしょサイレージ主体飼料を給与した肥育豚の飼養成績と肉質

宮崎大学農学部 川島知之

緒言

南九州では、283,800t のかんしょが生産されており（農林水産省，2021），生産及び加工の過程で規格外とみなされ廃棄されるものも多くある。かんしょはデンプンを多く含み，国産のエネルギー飼料としてトウモロコシの代替として利用できる（味埜ら，2013）。かんしょやその残さ等を肥育豚に給与した試験は数多くある。菓子製造業由来の蒸したかんしょ由来の残さを，加熱乾燥し、粉碎したものを 10%添加した飼料を肉豚に給与することにより、背脂肪の脂肪融点に影響することなく，脂肪酸組成においてオレイン酸（C18:1）を増加させ，リノール酸（C18:2）を減少させる効果があるとの報告がある（松窪ら，2012）。また、規格外かんしょを乾燥粉碎処理したものを 20%添加した飼料の給与により肥育期間は長くなるが，胸最長筋の筋肉内脂肪含量が増加し，剪断力価が有意に低くなるとの報告がある（西ら，2015）。さらに，梶ら（2001）は，乾燥かんしょを 60%配合し大豆粕の添加量を 3%増やすと，トウモロコシ主体飼料と同等の発育成績と屠体成績が得られると報告している。

南九州では芋焼酎が多く生産され，生産量に対し約 1.8 倍の焼酎粕が排出されている（甲斐，2007）。焼酎粕は嗜好性が高く，家畜飼料として優れたものとされている（林，2012）。堀之内ら（2008）は，乾燥焼酎粕を 2-8%配合した飼料を肥育豚に給与した場合，成長が促進され、肉のビタミン E 含量が高まり食味は改善されると報告している。また乾物あたり 17%の生焼酎粕を給与することにより，胸最長筋の L*値は低下し，剪断力価は低くなるとの報告もある（勝俣ら，2018）。

乾燥処理したかんしょ残さの有用性は明らかとなっているが，乾燥処理は初期投資及び加工費が大きいのに対し，サイレージ調製は比較的安価である。そこで，リキッドフィーディングを想定して，かんしょサイレージを主体とし，生焼酎粕を添加した飼料の給与が肥育豚の発育及び肉質に及ぼす影響を調査した。

材料および方法

供試豚と給与飼料

肥育試験は宮崎大学動物実験規則に従って計画し，動物実験委員会の承認を得て（承認番号 2017-021-4），宮崎大学住吉フィールドで実施した。同フィールドで生産された 1 腹の三元交雑種（LWD）去勢雄 8 頭を，各区 4 頭ずつ用いた。試験開始時体重は，対照区 $70.6 \pm 3.7\text{kg}$ と試験区 $69.3 \pm 4.9\text{kg}$ であった。供試豚は，コンクリート床の豚房におがこを敷設して，単独飼育，飽食給与，自由飲水とした。飼料給与は，試験区は朝，夕の 1 日 2 回，対照区は朝のみの 1 日 1 回給与とした。試験区の飼料原料としては，焼酎工場と圃場で収集した規格外かんしょ，焼酎工場から排出されたかんしょ焼酎粕および大豆粕を用いた。規格外

かんしょは洗浄し、粉碎しながらのギ酸を 0.4% 添加し、密封して調製したかんしょサイレージを使用した。対照区の飼料原料として、圧ぺんトウモロコシ、大豆粕、フスマを用いた。日本標準飼料成分表（農研機構，2010）に示されている各原料の CP と TDN の値を用いて、日本飼養標準・豚（農研機構，2013）を満たすように設計し、試験区と対照区の TDN をそれぞれ 83.0 と 86.2% とし、両区の CP のみを合わせるようにした。かんしょについては、かんしょ（芋・生）の値を用いた。表 1 に実測した乾物率を用いて算出した配合割合を示す。残飼を毎日、体重を 1 週間に 1 回測定し、約 115kg に達した時点で出荷した。屠畜日に枝肉重量、背脂肪厚、枝肉歩留を調査し、翌日に左右両側の胸最長筋を採取した。

表 1. 飼料の配合割合 (%DM)

	対照区	試験区
トウモロコシ	66.6	–
カンショサイレージ	–	73.6
大豆粕	13.1	19.5
カンショ焼酎粕	–	3.9
フスマ	16.6	–
炭酸カルシウム	1.3	0.4
第三リン酸カルシウム	0.4	0.7
食塩	0.2	0.2
TDN	86.2	83.0
CP	16.0	16.0

豚肉の理化学分析

屠畜 4 日後に右半丸枝肉の第 13-14 胸椎間のロース芯面積を測定した。左半丸枝肉の第 6-7 胸椎切断面の胸最長筋及び皮下脂肪内層の L*, a*, b* 値は色彩色差計（CR-200；コニカミノルタ，東京），pH は pH 計（testo250；テストー，横浜）を用いて測定した。屠畜から、これらの測定までサンプルは 5℃ で冷蔵保存した。その後、食肉の理化学分析及び官能評価マニュアル（家畜改良センター，2010）に準じ、加熱損失率，剪断力価，筋肉内脂肪含量，筋肉内脂肪酸組成，皮下脂肪内層の脂肪酸組成及び脂肪融点を測定した。これらの分析に供するまでサンプルは -25℃ で冷凍保存した。左半丸枝肉の第 7-8 胸椎間から第 10-11 胸椎間の胸最長筋を用いて加熱損失率を測定した。剪断力価は，加熱損失率の測定後のサンプルを 4℃ の冷蔵庫で一晩保管した後，インストロン万能材料試験装置 3344 型（インストロン社，米）を用いて測定した。右半丸枝肉の第 9-10 胸椎間から第 13-14 胸椎間の胸最長筋を用いて筋肉内脂肪含量を測定した。皮下脂肪内層の脂肪酸組成と脂肪融点も同様の部位を用いて測定した。脂肪酸組成はガスクロマトグラフィー（Shimazu GC-2014AFSC100v；

島津製作所，京都）を用いて測定した。皮下脂肪内層のインドールとスカトールの測定は，脂肪組織 0.5g に内部標準物質として 33ng/ml となるように 2-メチルインドールをメタノールで溶かしたものを 3.0ml 加え，脂肪組織を十分に摩砕し，遠心分離を行い上清のみを親水性フィルターを通して 1.0ml 回収した。回収したサンプルはメタノールを揮発させ，100 μ l にし，そのサンプルは分析時まで-25℃の冷凍庫で保存した。高速液体クロマトグラフによる測定のために，カラム ODS HypersilTM (5 μ m 150 $\times$ 4.6mm)，励起波長 285nm，蛍光波長 340nm で流速 1.0ml/min としてサンプルを 5 μ l 注入した。各ピークを同定し，液体クロマトグラフィー分析データ処理装置 LabSolutions（島津製作所，京都）を用いてクロマトグラフのピーク面積を測定し，脂質 1g 中の量（ng）として算出した。

官能評価

官能評価は食肉のガイドライン（日本食肉消費総合センター，2005），食肉の理化学分析及び官能評価マニュアル（独立行政法人家畜改良センター，2010），食肉の官能評価ワークショップ入門編テキスト（国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 畜産研究部門，2016）に準じて行った。官能評価の際にはパネルごとの個別ブースは用いず，空調設備の整った会議室と多目的室で行った。回答時は，パネル同士の距離を十分に離し，私語，匂いのする香水等の使用は禁じた。また，官能評価を実施するにあたり，パネルには試験内容をよく説明した後に，インフォームドコンセントを行った。本試験は宮崎大学農学部棟内で実施した。官能評価に使用した部位は，両区とも去勢豚の左半丸枝肉の第 10 胸椎間～第 15 胸椎の胸最長筋，右半丸枝肉の第 5 胸椎間～第 8 胸椎間の胸最長筋であった。サンプルは，両区とも去勢豚のみ使用した。各サンプルは官能評価まで真空包装にて-30℃で保存し，5℃に設定した冷蔵庫で 1 日かけ解凍した。パネルは消費者型パネルを用いた。パネルは宮崎大学の職員，学生であり，男性 17 人，女性 28 人の合計 45 人であった。また，パネルを年代別にみると，20 代が 15 人，30～40 代が 22 人，50～60 代が 4 人，60 代以降が 4 人であった。官能評価法は，2 点嗜好法を採用した。質問項目は，「香りをかいで良いと感じたもの」「柔らかいと感じたもの」「ジューシーであるもの」「旨みが強いもの」「脂肪が溶けやすいもの」「総合的においしいと感じたもの」「購入したいと感じたもの」の 7 項目とした。対照区のサンプルと試験区のサンプルには，それぞれ 3 桁の乱数をつけた。3 桁の乱数のサンプルコードをサンプルカップに，ラベルで示した。調理方法は，焼肉法を用いた。解凍後，ロースをフードスライサー（米国ホバート社製 EDGE12 5-0539-0301（株）新興精機宮崎営業所）で厚さを 5 mm にスライスし，脂肪を 1 cm，赤身を 4 cm（縦 5 cm），幅 2.5 cm になるように正確に定規を用いて整形した。0.5%食塩は，翌日提供する肉の全重量から調製した。この整形した肉を 5℃の冷蔵庫で一晩保存し，翌日官能評価試験に用いた。官能評価試験当日，一晩保存した整形肉に 0.5%生理食塩水を付けた。ホットプレートに 230℃に設定し，整形肉を表 30 秒，裏 30 秒加熱した。評価環境は，室温を 22℃に設定した。サンプル提供時には，パネルがより正確な判断ができるように，白湯を用意し口直しに用いてもらっ

た。

統計解析

官能評価試験は二項検定とカイ二乗検定により有意差を求めた。それ以外の項目については、Student の t 検定を行った。

結果

表 2 に飼料原料と試験飼料の化学成分値を示す。試験区の NDF 含量と粗繊維含量は対照区よりも高かった。また、試験区の粗脂肪含量は低く、設計通り、試験飼料の TDN 含量は低くなったと考えられる。試験区の粗蛋白質含量は対照区よりも低かった。日本標準飼養成分表（農研機構，2010）の成分値を基に両区の CP 含量を合わせるように設計したが、かんしょサイレージの粗蛋白質含量が日本標準飼養成分表の値より低かった。

表 3 に発育成績を示す。肥育日数，平均増体量，総乾物摂取量に差は見られなかった。しかし，平均乾物摂取量は対照区と比較して試験区が多い傾向にあった（ $p=0.096$ ）。そして，乾物要求率は対照区と比較して試験区が高い傾向にあった（ $p=0.066$ ）。

表 4 に枝肉成績を示す。枝肉重量，背脂肪厚，ロース芯面積および取引価格に差は見られなかった。しかし枝肉歩留は，対照区と比較して試験区が有意に低くなった（ $p=0.029$ ）。

表 5 に胸最長筋の理化学的特性を示す。pH，遠心保水性、剪断力価、筋肉内脂肪含量および脂肪融点において差は見られなかった。加熱損失率は対照区に比べ試験区が高かった（ $p=0.028$ ）。胸最長筋の a^* 値は試験区が対照区より低い傾向にあり（ $P=0.094$ ）， L^* 値と b^* 値には差は見られなかった。皮下脂肪内層の L^* 値は試験区が対照区より高く（ $p=0.024$ ）， a^* 値は試験区が対照区より低く（ $p=0.042$ ）， b^* 値に差は見られなかった。

表 6 に皮下脂肪内層の脂肪酸組成を示す。対照区に比べ，試験区の方がオレイン酸（C18:1）は高い傾向にあり（ $P=0.070$ ），リノール酸（C18:2）は有意に低く（ $p=0.00001$ ），リノレン酸（C18:3）は有意に高かった（ $p=0.003$ ）。一価不飽和脂肪酸含量は高い傾向にあり（ $p=0.080$ ），多価不飽和脂肪酸は低かった（ $p=0.00002$ ）。

表 7 に皮下脂肪内層のインドールとスカトール含量を示す。一部，検出限界以下の値があったため，個別のデータを表示する。インドール含量は両区に違いは見られなかった。スカトール含量は対照区に比べ試験区の方が低かった。

表 8 に官能評価の結果を示す。有意な差は見られなかった。

表 2. 飼料原料と試験飼料の化学成分

	水分 (%)	粗蛋白質 (%DM)	粗脂肪 (%DM)	NFE (%DM)	粗繊維 (%DM)	NDF (%DM)	粗灰分 (%DM)
飼料原料							
カンショサイレージ	71.8	3.8	1.8	87.7	3.1	9.5	3.6
大豆粕	12.0	50.7	1.7	35.0	5.8	15.7	6.7
カンショ焼酎粕	95.3	20.4	4.8	56.6	7.5	28.2	10.6
試験飼料							
対照区	12.8	15.3	4.2	71.9	4.1	15.7	4.5
試験区	73.2	13.8	1.9	69.4	7.0	19.8	8.0

表 3. カンショサイレージ主体飼料を給与した肥育豚の発育, 飼料摂取量および要求率

	対照区	試験区	p値
平均開始時体重(kg)	70.6 ± 3.7	69.3 ± 4.9	0.680
平均終了時体重(kg)	117.9 ± 1.7	119.8 ± 3.5	0.372
肥育日数(日)	53.0 ± 6.0	57.0 ± 9.5	0.502
平均増体量(kg/日)	0.90 ± 0.08	0.89 ± 0.07	0.916
平均乾物摂取量(kg/日)	3.01 ± 0.18	3.23 ± 0.14	0.096
総乾物摂取量(kg)	159.4 ± 16.8	183.4 ± 26.3	0.174
乾物要求率(kg/kg)	3.37 ± 0.20	3.63 ± 0.12	0.066
平均値 ± 標準偏差			

表 4. カンショサイレージ主体飼料を給与した肥育豚の枝肉成績

	対照区	試験区	p値
枝肉重量(kg)	77.8 ± 0.8	75.9 ± 2.3	0.175
背脂肪厚(cm)	2.2 ± 0.3	2.0 ± 0.3	0.346
枝肉歩留(%)	66.0 ± 1.2	63.4 ± 1.3	0.029
ロース芯面積(cm ²)	41.2 ± 3.5	40.0 ± 4.6	0.699
取引価格(円/kg)	468 ± 16	467 ± 16	0.915
平均値 ± 標準偏差			

表 5. カンショサイレージ主体飼料を給与した肥育豚の胸最長筋の理化学特

		対照区	試験区	p値
pH		5.6±0.1	5.5±0.1	0.108
遠心保水性(%)		76.2±0.5	75.7±1.8	0.574
加熱損失率(%)		20.6±1.1	22.8±1.0	0.028
剪断力価(N/cm ²)		16.2±2.6	15.4±3.2	0.724
筋肉内脂肪含量(%)		3.3±1.3	3.3±0.8	0.983
脂肪融点(°C)		35.4±2.7	36.1±3.3	0.760
肉色・脂肪色				
胸最長筋	L*	53.6±2.0	52.3±0.8	0.259
	a*	9.4±1.4	7.9±0.6	0.094
	b*	6.8±1.2	5.9±0.4	0.170
皮下脂肪内層	L*	78.7±1.9	81.8±0.8	0.024
	a*	4.4±0.3	3.6±0.5	0.042
	b*	5.6±0.2	5.7±0.3	0.749

平均値±標準偏差

表 6. カンショサイレージ主体飼料を給与した肥育豚の皮下脂肪の脂肪酸組成

皮下脂肪内層		対照区	試験区	p値
C14:0	ミリスチン酸	1.1±0.1	1.1±0.0	0.860
C16:0	パルミチン酸	26.2±0.4	26.5±0.2	0.170
C16:1	パルミトレイン酸	1.7±0.1	1.8±0.2	0.530
C18:0	ステアリン酸	18.3±1.1	19.0±1.4	0.480
C18:1	オレイン酸	43.9±1.4	46.1±1.3	0.070
C18:2	リノール酸	8.3±0.5	4.9±0.2	0.00001
C18:3	リノレン酸	0.5±0.1	0.6±0.0	0.003
SFA	飽和脂肪酸	45.6±1.3	46.6±1.4	0.330
MUFA	一価不飽和脂肪酸	45.7±1.5	47.9±1.5	0.080
PUFA	多価不飽和脂肪酸	8.7±0.5	5.6±0.2	0.00002

平均値±標準偏差

表 7. カンショサイレージ主体飼料を給与した肥育豚の皮下脂肪のインドールとスカトール含量

	対照区				試験区			
インドール(ng/g脂肪)	0.789	0.542	1.458	0.787	1.016	1.897	0.621	0.544
スカトール(ng/g脂肪)	0.880	0.335	0.895	0.710	0.489	0.537	検出限界 以下	検出限界 以下

表 8 カンショサイレージ主体飼料を給与した豚肉の官能評価

	対照区	試験区	有意性
香りの好ましさ	70.5	29.5	NS
柔らかさ	53.3	46.7	NS
ジューシーさ	44.4	55.6	NS
旨みの好ましさ	53.3	46.7	NS
脂肪の溶けやすさ	46.7	53.3	NS
おいしさ	48.9	51.1	NS
購入意欲	53.3	46.7	NS

考察

本試験において、かんしょサイレージを乾物当たり 74%程度まで多給しようとした結果、対照区飼料の TDN が 86.2%であるのに対し、試験区飼料では 83.0%と低い飼料設計とした。試験区飼料の粗脂肪含量は低く、粗繊維や NDF 含量は高くなっており、その設計を裏付けている。試験区の乾物摂取量は高い傾向にあり、平均増体量に差はなく、乾物当たりの要求率は高くなる傾向を示した。BEAULIEU ら(2009)は、飼料中の利用可能なエネルギー含有が低下すると、豚は、物理的な飼料摂取可能量や、その他の環境要因によって制限されるまで、より多くの飼料を食べることによって、必要とされるエネルギー摂取量を維持しようとするとして報告している。本試験でも同様のことが生じていると考えられる。本試験に用いたかんしょサイレージは繊維含量が多いものの、必要とされるエネルギー摂取量を満たすように摂取量を増加でき、物理的に飼料摂取量を抑制するものではなく、嗜好性にも優れたものであったと考えられる。

設計に用いた、日本標準飼料成分表(農研機構, 2010)のかんしょ(芋・生)の CP 値は 5.7%DM であるのに対し、分析値は 3.8%DM であった。外山ら(2005)によると、かんしょの CP 含量とトリプシンインヒビター (TI) 活性については正の相関があり、育成途上系統よりも栽培品種はその両者ともに低く、栽培品種に含まれる TI はブタの耐性閾値を超える可能性は低いとしている。試験期間中、試験区において下痢の症状を示す個体はおらず、

増体も対照区と遜色なかったことから、TI の問題はなかったと考えられる。また、かんしょの育種が進められた結果、含まれる TI はいっそう低下し、それとともに CP 含量が低下している可能性が大きい。

試験区は対照区より、枝肉歩留は低い傾向にあった ($P<0.05$)。A.B.GRAHAM ら(2014)は、繊維源として小麦の製粉時に発生する小麦ミドリングスを 20%程度配合することで飼料中の繊維含量を高めると、増体量および飼料効率が低下し、枝肉歩留も低下することを報告している。本試験では、増体量に差がなかったものの、繊維の摂取量が多くなり、枝肉歩留も同様の結果となったものと考えられる。

試験区は対照区と比較して加熱損失率が高かった ($p=0.028$)。西ら (2015) はかんしょ 20%配合した飼料を給与すると、筋肉中のビタミン E 含量は変化しないが、皮下脂肪においてはビタミン E 含量が高くなったと報告している。石田ら (2015) はかんしょの皮にはトコフェロールやポリフェノールといった抗酸化成分が含まれており、それらの抗酸化作用により細胞が安定化し保水力が向上すると報告している。本試験ではかんしょサイレージとかんしょ由来の焼酎粕を給与していることから、トコフェノールの効果が期待されるため、試験区において、加熱損失率が高くなった理由は不明である。

試験区は対照区より皮下脂肪内層の L^* 値は高く ($p=0.024$), a^* 値は低かった ($p=0.042$)。皮下脂肪内層の b^* 値及び胸最長筋の L^* 値, a^* 値, b^* 値には差がなかった。かんしょ残さを 10%添加した松窪ら (2009) の試験において、脂肪色に変化は認められなかったが、高橋ら (2008) は、かんしょ粉末を飼料中に 5-15%配合したところ、かんしょの配合割合が多くなるにつれて、脂肪色の L^* 値が増加し、 a^* 値は低下することを報告している。かんしょを多給した本試験でも脂肪色が白くなることが示された。

皮下脂肪内層の脂肪酸組成において、オレイン酸 ($C18:1$) は試験区が高い傾向にあり ($P=0.07$)、リノール酸 ($C18:2$) は試験区が低く ($P<0.01$)、リノレン酸 ($C18:3$) は試験区が高かった ($P<0.01$)。また、多価不飽和脂肪酸の組成割合について試験区が低かった ($P<0.01$)。松窪ら (2012) はかんしょ残さを 10%添加することによって背脂肪内層の脂肪酸組成においてオレイン酸 ($C18:1$) を増加させ、その一方でリノール酸 ($C18:2$) を減少させる効果があり、結果的に旨みを増やし、肉質の改善に寄与する可能性を報告している。また、東ら (2006) は、飼料にアマニ油と大豆レシチンを添加し、豚肉中のリノレン酸 ($C18:3$) を高めることでリノール酸 ($C18:2$) 等の $n-6$ 系脂肪酸とリノレン酸 ($C18:3$) 等の $n-3$ 系脂肪酸の比率 ($n-6/n-3$ 比) が改善され、人の健康に良いとされる機能性成分を多く含む豚肉の生産が可能となると報告している。常石ら (2001) 乾燥かんしょを給与することで、皮下脂肪内層の脂肪酸組成において $n-3$ 系脂肪酸に変化はないものの、 $n-6$ 系脂肪酸が減少し、 $n-6/n-3$ 比率が有意に低くなることを報告している。一方、かんしょ給与によりリノレン酸 ($C18:3$) が増加するという報告は見あたらない。本試験において、試験区では大豆粕を多く給与している。大豆粕の粗脂肪含量は少ないが、トウモロコシに比べ大豆の脂肪中リノレン酸含量は高いことから、大豆粕に含まれるリノレン酸含量も高いと推定される。

そのことが、試験区の皮下脂肪中のリノレン酸含量が高まった一因と考えられる。また、多価不飽和脂肪酸が多くなると、脂肪の融点が低くなり、軟脂になりやすいことが分かっている（入江，2002）が、本試験では多価不飽和脂肪酸は下がっており、脂肪融点に差はなく、かんしょ副産物主体の飼料を給与しても軟脂になることはなく、オレイン酸のやや高い脂肪の豚肉が生産されることが示された。

試験区は対照区より皮下脂肪内層のスカトール含量が低かった。スカトールはアンドロステノンと並んで雄臭の主な原因とされており、脱落した腸粘膜細胞を主要な起源とするL-トリプトファンから、特定の微生物が産生するとされている（CLAUS ら，1994）。後腸でのスカトール産生抑制には高繊維飼料の給与により、トリプトファンの分解によってエネルギーを得るのではなく、トリプトファンが微生物タンパク質の合成により多く利用されることが重要とされている（JENSEN 2006）。高繊維飼料の原料としては、チコリ根やバレイショデンプン等が有効とされている。HANSEN ら（2006）によると、イヌリンを多く含むチコリの根を 25%配合すると血漿中のスカトール濃度が減少することから、チコリの主成分であるイヌリンはスカトール濃度の減少に関与していると報告している。また、CLAUS ら（1994）は、難消化性オリゴ糖であるフラクトオリゴ糖やイヌリンを飼料に添加すると、糞便、背脂肪及び血液中のスカトールが減少すると報告している。また、LÖSEL と CLAUS（2005）は生バレイショデンプンの給与により、給与量に比例して、脂肪組織中のスカトール含量が減少することを示している。一方、ØVERLAND ら（2011）はバレイショデンプンを含む飼料をペレット化して給与した場合、脂肪組織中のスカトール含量を低下させる効果がなく、加熱によってデンプンがゲル化して、回腸での消化率が上がったため、後腸で利用できるデンプンが減ったためと考察している。かんしょにも繊維が多く含まれており、同等の効果により、脂肪組織中のスカトール含量が低下したと考えられる。また、かんしょには難消化性デンプン（レジスタントスターチ）が含まれている（片山ら，2008）。レジスタントスターチは繊維と同様、上部消化管では消化されずに直腸まで到達して発酵の基質になる（GIUBERTI ら，2015）。また、亀井ら（2016）によると、加熱方法によってかんしょのレジスタントスターチ量は変化し、生かんしょが一番多く、加熱によってその量が減少することを報告している。このことから、生のかんしょをサイレージ化し多給したことも皮下脂肪中のスカトール含量を低下させた要因と考えられる。また、ØVERLAND ら（2008）はギ酸を飼料に添加することにより、脂肪組織中のスカトール含量に影響はなかったものの、血漿中のスカトール含量が有意に減少したことを報告している。本試験において、かんしょサイレージ調製の際、0.4%のギ酸を添加したことも、脂肪組織中のスカトール含量の低下に影響した可能性もある。

一方、LUNDE ら（2010）は、ノルウェー人消費者が不快臭と感じるスカトール含量は $0.1 \mu\text{g/g}$ 以上であると報告している。日本においても、官能評価結果から背脂肪中のスカトール含量 $0.1 \mu\text{g/g}$ 以上のものは不快臭の原因となる可能性があることが報告されている（西岡ら，2011）。本試験におけるスカトール含量はこれらの水準以下であるため、消費者の嗜好

性への影響は不明である。

以上の結果より、かんしょサイレージ主体飼料の給与は乾物要求率が高くなる傾向はあるものの、嗜好性に問題はなく、生産された豚肉の脂肪組織中のオレイン酸は高い傾向があり、スカトール含量が低くなることが示された。しかし、官能評価に有意な差は認められなかった。

文献

- BEAULIEU, A.D., N.H WILLIAMS and J.F. PATIENCE: 2009, Response to dietary digestible energy concentration in growing pigs fed cereal grain-based diets. *J. Anim. Sci.* 87, 965–976.
- CLAUS, R., D. LÖSEL, M. LACORN, J. MENTSCHER and H. SCHENKEL : 2003, Effects of butyrate on apoptosis in the pig colon and its consequences for skatole formation and tissue accumulation, *J. Anim. Sci.* 81, 239-248.
- GIUBERTI, G., A. GALLO, M. MOSCHINI and F. MASOERO : 2015, New insight into the role of resistant starch in pig nutrition, *Anim. Feed Sci. Technol.* 201, 1-13.
- GRAHAM, A.B., R.D. GOODBAND, M.D. TOKACH, S.S. DRITZ, J.M. DEROUCHEY and S. NITIKANCHANA : 2014, The interactive effects of high-fiber diets and ractopamine HCl on finishing pig growth performance, carcass characteristics, and carcass fat quality, *J. Anim. Sci.* 92, 4585-4597.
- HANSEN, L.L., H. MEJER, S.M. THAMSBORG, D.V. BYRNE, A. ROEPSTORFF, A.H. KARLSSON, J. HANSEN-MØLLER, M.T. JENSEN and M. TUOMOLA : 2006, Influence of chicory roots (*Cichorium intybus* L) on boar taint in entire male and female pigs, *Anim. Sci.* 82, 1-11.
- 林 國興：2012，焼酎粕の飼料利用，日本暖地畜産学会報，55（2），101-107.
- 東 和彦・堀 久夫・吉本信義・新津祥恵・伊関靖子・三田陽子・坂井良輔・松橋智子・村野賢博・土屋欣也：2006，健康に良いとされる α -リノレン酸を多く含む豚肉の生産技術，石川県畜産総合センター研究報告，38，7-10.
- 堀之内正次郎・三角久志・岩切正芳・尾花尚明・上坂明茂・入江正和・高橋俊浩・森田哲夫・林 國興：2008，肥育豚に対する乾燥焼酎粕給与試験（第1報），宮崎県畜産試験場試験研究報告，21，57-67.
- 入江正和：2002，豚肉質の評価法，日豚会誌，39（4），221-254.
- 石田藍子・芦原 茜・勝俣昌也：2015，生産現場における肥育豚への飼料用玄米およびカンショ残さの併給が飼養成績および肉質に及ぼす影響，日豚会誌，52，64-72.
- JENSEN, B.B.:2006, Prevention of boar taint in pig production. Factors affecting the level of skatole, *Acta Vet. Scand.* 48, S6.
- 家畜改良センター：2010，食肉の理化学分析及び官能評価マニュアル，家畜改良センター

技術マニュアル 21.

- 甲斐 諭：2007，エコフィールドによる地域食品産業の活性化と低コスト畜産経営の確立～南九州の焼酎かすの飼料化を事例として～，畜産の情報国内編（217），18-31.
- 梶 雄次・勝俣昌也・鳥居伸一郎：2001，乾燥カンショ主体飼料の給与が肥育後期豚の発育と肉質に及ぼす影響，九州農業研究，63，108.
- 勝俣沙智・鎌倉美紗子・磯島聖良・高橋俊浩・小林郁雄・河原聡・坂本信介・新美光弘・川島知之：2018，カンショ由来焼酎粕給与が肥育豚の飼養成績と肉質に及ぼす影響，日本畜産学会報 89，199-206.
- 亀井 文・渡邊明恵：2017，さつまいもの加熱調理におけるレジスタントスターチ量と食物繊維量との関係，宮城教育大学紀要，51，103-108.
- 片山健二，北原兼文，境 哲文，甲斐由美，吉永 優：2008，サツマイモにおけるレジスタントスターチ含量および消化性澱粉含量の品種・系統間差異，第 226 回日本作物学会講演会，312.
- LÖSEL, D. and R. CLAUS：2005，Dose-dependent effects of resistant potato starch in the diet on intestinal skatole formation and adipose tissue accumulation in the pig, J. Vet. Med. A Physiol. Pathol. Clin. Med. 52, 209-212.
- LUNDE, K., E. SKUTERUD, M. HERSLETH and B. EGELANDSDAL：2010, Norwegian consumers' acceptability of boar tainted meat with different levels of androstenone or skatole as related to their androstenone sensitivity, Meat Sci. 86, 706-711.
- 松窪敬介・加地雅也・家入誠二：2009，カンショ残さを活用した高品質豚肉生産技術の開発，熊本県農業研究センター研究報告，17，24-30.
- 松窪敬介・家入誠二・加地雅也・村上徹哉・勝俣昌也：2012，リジン不足飼料の給与時期およびカンショ残さ添加の有無が肉豚の背脂肪中脂肪酸組成および筋肉中脂質過酸化に及ぼす影響，日豚会誌，49，38-43.
- 味埜美紀・祐森誠司・池田周平：2013，カンショと緑茶屑を活用した飼料給与が梅山豚の肥育成績及び血液性状に及ぼす影響，日豚会誌，50，119-127.
- 西岡輝美・石塚 譲・因野要一・入江正和：2011，豚脂肪中のスカトール含量と官能評価への影響，日畜会報，82（2），147-153.
- 西 礼華・宮崎涼子・岩切正芳・竹之山慎一：2015，肥育豚への甘藷を添加した食品製造副産物給与試験，宮崎県畜産試験場試験研究報告，27，33-38.
- 農業・食品産業技術総合研究機構（農研機構）：2010，日本標準飼料成分表（2009 年版），中央畜産会，東京都.
- 農業・食品産業技術総合研究機構（農研機構）：2013，日本飼養標準・豚（2013 年版），中央畜産会，東京都.
- 農林水産省：2021，令和 2 年産かんしょの作付面積及び収穫量，東京都，[2022 年 3 月引

用], URL :

[HTTPS://WWW.MAFF.GO.JP/J/TOKEI/KEKKA_GAIYOU/SAKUMOTU/SAKKYOU_KOME/KANSYO/R2/INDEX.HTML](https://www.maff.go.jp/j/tokei/kekka_gaiyou/sakumotu/sakkyou_kome/kansyo/r2/index.html)

ØVERLAND, M., N.P. KJOS, M. BORG, E. SKJERVE and H. SØRUM:2008, Organic acids in diets for entire male pigs: Effect on skatole level, microbiota in digesta, and growth performance. *Livest. Sci.* 115, 169-178.

ØVERLAND, M., N.K. KJOS, A.K. FAUSKE, J. TEIGE AND H. SØRUM : 2011, Easily fermentable carbohydrates reduce skatole formation in the distal intestine of entire male pigs, *Livest. Sci.* 40, 206-217.

高橋圭二・鈴木邦夫・松本友紀子・岡崎好子・山口昇一郎・村上徹哉・勝俣昌也 : 2008, 県産規格外カンショを利用した高品質豚肉の生産, 平成 20 年度関東東海北陸農業研究成果情報 [2022 年 3 月 引用] , URL : https://www.naro.affrc.go.jp/org/narc/seika/kanto20/03/20_03_19.html

常石英作・梶 雄次・柴 伸弥・松崎正敏・勝俣昌也・鳥居伸一郎 : 2001, 肥育豚の枝肉脂肪の脂肪酸組成に及ぼすカンショ給与と性の影響, *九州農業研究*, 63, 109.

外山 潤・吉元 誠・山川 理 : 2005, サツマイモ塊根におけるトリプシンインヒビター(TI)活性の品種・系統間差異, *育種学研究* 7, 17-23.

5. サイレージ調製と養豚農家の受容性

宮崎大学農学部 高橋俊浩

はじめに

南九州において、規格外かんしょの発生時期は8月から11月のかんしょ収穫時期に集中しており、飼料利用を推進するためには飼料の安全性を担保し、かつ低コストな保存技術の開発が必要とされる。しかし、かんしょは水分含量が高く、乾燥法による飼料調製はコスト面から現実的ではない。そこで、高水分サイレージを調製することにより保存が可能であると考えた。さらに、より低コストなサイレージ調製技術として、飼料添加物であるギ酸を直接添加することにより pH を下げ、乳酸発酵によらないサイレージ調製を考案した。規格外かんしょをギ酸添加サイレージとして調製するためには、かんしょを粉碎し、ギ酸と混合し、密封する工程が必要となる。そのため、粉碎機能力向上がサイレージ調製コスト削減のために重要となる。そこで、現在南九州において稼働しているかんしょ粉碎機の調製能力を調査し、能力向上のポイントを整理した。さらに、大型機械を用いた飼料化先進事例について生産能力と処理費用に関する調査を行った。また、養豚生産者における受容性について検討した。

1) 現在稼働しているかんしょ粉碎機の調製能力

高水分なかんしょを簡便に保存するため、TMR 調製設備を持つ鹿児島県曾於郡大崎町にある有限会社そおりサイクルセンターにおいて、かんしょおよびかんしょ副産物のギ酸添加サイレージ調製を実施した。飼料化にかかる費用として、規格外かんしょ購入費用、運搬にかかる物件費・人件費、飼料調製にかかる物件費・人件費について調査を行った。

かんしょ栽培農家において収穫・選別した規格外かんしょは、飼料化加工業者が購入・運搬した。規格外かんしょの購入価格は、農家渡しで 1kg あたり 10 円とした。規格外かんしょは TMR 調製施設へ運搬後、洗浄、粉碎、ギ酸添加、密封を行い、ドラム缶サイレージを調製した。使用する粉碎機は運搬可能な小型のものであった（写真 1）。定量供給ポンプを用いて、ギ酸（メタックス-H, (株)朝日化学工業所）を原料に対して約 0.5%添加を行った（写真 2）。粉碎されたギ酸添加かんしょは、内側にビニール袋を設置したドラム缶に充填し、脱気後密封を行った（写真 3）。

飼料化加工業者の車両維持費をもとに、使用時間あたりの車両費を求め、かんしょ引き取り先農家との距離および運搬回数から運搬時間を求めた。さらに、算出した燃料費および人件費を積算して規格外かんしょ運搬費を算出した（表 1）。

ギ酸添加サイレージ調製にかかる人件費は、各作業にかかる処理時間と作業人数をもとに算出し、1kg のギ酸添加サイレージ調製にかかる費用は約 16 円であった（表 2）。ギ酸添加サイレージ調製にかかる費用は、添加するギ酸の購入価格と消耗品費、そして調製にかかる人件費を合計し、サイレージ 1kg あたり 23.6 円であることがわかった（表 3）。これらに

より、規格外かんしょ購入価格を 1kg あたり 10 円とした場合、今回行ったギ酸添加かんしょサイレージ製造費用はサイレージ 1kg あたり 36.6 円と算出した（表 4）。

2) 大型機械を用いた飼料化先進事例調査

規格外かんしょサイレージ調製費用削減可能性について、加工用、青果用かんしょを通年出荷し、和菓子原料用かんしょ残さを飼料用として出荷している茨城県東茨城郡大洗町にある(有)内山青果の視察を行った。

(有)内山青果は、昭和 40 年創業で、平成 17 年 6 月に設立された資本金 500 万円、従業員数 45 名の企業である。主な業務内容は、加工用、青果用かんしょの生産および卸業務であり、和菓子用原料かんしょの一次処理によって発生するかんしょ皮を飼料用に調製して通年生産を行っている。

視察は、2021 年 11 月 1 日に行い、内山青果代表の内山氏およびかんしょ粉砕設備を開発・納入した(株)オルタナフィード代表の饗庭氏からの聞き取り調査と工場視察を行った。

かんしょ粉砕装置の全景を写真 4 に示した。粉砕機は、モーターで駆動するスクリー式ポンプを用い、原料投入口とギ酸投入口を備えたステンレス製の構造であった(写真 5)。スクリーポンプの先端には孔径 8mm のスクリーンが設置されており、ミンチ機と類似した構造で連続粉砕を行うものであった。原料投入部位の先に備わったギ酸投入口から、定量供給ポンプによってギ酸の自動供給を行っていた。使用するギ酸は、1000kg 入りのタンクを購入して使用しており、作業者の危険を配慮してタンク交換を 1 年 1 回程度の頻度としているとのことであった(写真 6)。原料の約 0.4%に相当するギ酸を添加し、粉砕されたかんしょは樹脂製のホースから排出された(写真 7)。

粉砕かんしょの取り扱いについては、回転式フォークリフト用アタッチメントが備わった容量 500L のふた付き大型樹脂製コンテナ(ジャンボックス 三甲株式会社)に充填したのち一時保管されていた(写真 8)。粉砕から保管までの作業は 1 名で行い、コンテナに充填されたかんしょは、全体を平らにならしてからさらに表面にギ酸を噴霧し、ポリエチレンシートで表面を覆って空気を遮り、ふたをかぶせ、フォークリフトで運搬し、積み重ねて保管を行っていた。

内山青果では、主に厚く剥いたかんしょ皮を飼料化処理していた(写真 9)。投入する原料の形態が粉砕処理に影響しないことを確認するため、かんしょ本体の粉砕処理を実際に行ってもらった。使用している粉砕機は、かんしょ本体およびかんしょ加工残さいいずれも粉砕可能な設計であった。皮の部分は軽く嵩張っていたため、かんしょ本体に比べて原料投入に時間がかかることがわかった。

一時保管コンテナはフォークリフト操作による物理的な破損に注意することで 10 年以上に渡り繰り返しの使用が可能とのことであった。

飼料用かんしょ生産量は、1 日あたり 3 から 4 コンテナの粉砕かんしょを調製し、3 から 4 日かけて 12 から 16 個のコンテナ 1 回分とし、週に 2 回養豚生産者へ出荷を行っていた。

通常、コンテナによる保管は 3 から 4 日であり、養豚生産者では直ちにリキッドフィード原料として使用しているとのことであった。そのため、ギ酸添加かんしょの大型樹脂製コンテナによる保存性については不明であった。

そおりサイクルセンターの例と比較すると、大型粉砕機の導入によってギ酸添加かんしょサイレージ調製の粉砕から密封までの段階で作業性が約 2 から 2.5 倍程度向上可能であると推察された（表 5）。

3）内山青果における飼料用かんしょ生産と養豚生産者における受容性

内山青果における飼料用かんしょ生産量は、約 7 トンのギ酸添加かんしょを週に 2 回通年で生産していることから、1 年を 52 週として年間約 730 から 800 トンと見込まれた。養豚生産者に対する飼料引渡価格は、原物 1kg あたり約 15 円を想定しているとのことであった。また、運賃については別途養豚生産者が負担しており、1kg あたり約 4.2 円程度と見込まれた。

4）大型粉砕機導入費用

内山青果が約 10 年前に導入した時点では、設備全体の価格は約 700 万円であったが、現在は材料価格が上昇していることから、約 800 万円程度と見込まれる。

まとめ

大型の粉砕機を用いることにより、ギ酸添加かんしょサイレージ調製にかかる能力向上が明らかとなった。しかし、そおりサイクルセンターにおけるサイレージ調製は、ドラム缶に詰めて脱気し密封する時間も入っていたため、今回の検討では考慮されていない。また、粉砕に用いる原料かんしょの形態も異なり、かんしょくずやかんしょ本体の場合には処理速度が速くなると考えられる。さらに、安全に長期保存を行うための対応も必要とされる。そのため、南九州において規格外かんしょサイレージ調製における大型粉砕機の適用性については、保存条件と保存性も含め、さらなる検討が必要とされる。

表1. そおりサイクルセンターにおける規格外かんしょ運搬費

車両費 (円)	燃料費 (円)	人件費 (円)	総費用 (円)	運搬量 (kg)	運搬費 (円/kg)
1,246	4,436	16,973	22,655	7,582	3.0

表2. そおりサイクルセンターにおけるギ酸添加サイレーシ調製費用と人件費

工程	作業時間 (分/kg)	必要人員数 (人)	人件費 (円/kg)
洗浄	0.25	1	11.28
粉碎・密封	0.11	1	5.01
計	0.36	2	16.29

表3. そおりサイクルセンターにおけるギ酸添加サイレーシ調製費用

規格外かんしょ飼料調製費用 (円/kg)	
ギ酸購入費	3.93
容器・消耗品購入費	3.40
人件費	16.29
合計	23.62

表4. そおりサイクルセンターにおけるギ酸添加サイレーシ製造に必要な費用

飼料製造費用(円/kg)	
かんしょ購入費	10
運搬費	3.0
飼料調製費	23.6
合計	36.6

表5. そおりサイクルセンターと内山青果におけるギ酸添加サイレーシ調整の粉碎～密封までの作業時間比較

	そおりサイクルセンター	内山青果
作業時間 (分/kg)	0.11	0.04～0.06



写真 1. フレコンバッグから小型粉碎机へ投入される規格外かんしょ



写真 2. 定量供給ポンプを用いたギ酸添加



写真 3. ドラム缶への密封作業



写真 4. 大型粉碎装置の全景



写真 5. 原料投入部およびギ酸投入部



写真 6. ギ酸タンク



写真 7. 粉碎かんしょ排出部



写真 8. 粉碎されたギ酸添加かんしょを充填したコンテナ



写真 9. 原料として使用されていたかんしょ皮

6. 終わりに

2020 年後半から飼料価格が急騰し、2022 年春、ウクライナの情勢も加わって、さらに高い水準となっている。飼料を安価に安定供給するというシステムが崩れつつあり、飼料自給率の向上が喫緊の課題となっている。その対策の一つの取組として、圃場に廃棄されている規格外かんしょを飼料化するための調査研究を実施した。

規格外かんしょは有用な飼料資源であり、南九州には 5000 トンを超える賦存量がある。その量は、直播栽培が普及すると増える可能性がある。飼料化のコスト削減を図るため、かんしょサイレージを調製し、それを肥育豚に給与すると差別化できる豚肉の生産が可能になることが示された。さらなるコスト削減に向けて、収集やサイレージ調製における規模拡大や機器の改良も必要であり、また、傷んだイモが混入しないような工程管理も求められる。

かんしょ農家に規格外を回収してもらい、それを購入して飼料化するということが想定される。しかし、その価格設定が難しい状況にある。デンプン用のかんしょの取引価格は 10 円/kg 程度だが、それに 27 円/kg ほどの補助がなされるため、農家としては 37 円/kg を受け取ることができる。一方、農家が飼料用として規格外かんしょを販売する場合はこの補助がない。飼料化を進めるためには、この差額をどうするかが大きな課題となる。また、かんしょの生産現場では基腐病が深刻化しており、それを防除するためには、規格外かんしょを圃場から持ち出すことが重要である。基腐病対策のためにも多くの予算が組まれているが、飼料化の取組とは連携していない。基腐病も抑制しながら、かんしょの飼料化を推進できるように、総合的に支援する制度を作り、皆がウィンウィンになることが望まれる。

IV 総括

規格外かんしょは有用な飼料資源である。規格外がんしょをサイレージ化して豚に多給すると、乾物要求率が高くなる傾向はあるものの、嗜好性に問題はなく、生産された豚肉の脂肪組織中のオレイン酸は高い傾向があり、スカトール含量が低くなることが示された。また、かんしょサイレージの利用において、収穫と調製のためのコスト削減が必須である。収穫において自走式ハーベスタが普及しているが、青果用のコンテナ収納タイプではコンベア上で選別可能であるため、規格外かんしょの回収率は高いが、焼酎・デンプン用に用いられるフレコン収納タイプはコンベアの前にリフトがあり、小さいサイズのいもはふり落とされる設計になっており、この部分の改良が必要となる。また、調製時においては、大型の粉碎機を用いることにより、調製能力向上が可能となる。

かんしょ栽培の省力化技術としての直播栽培においては、サイズの小さい規格外いもが多く発生する。慣行の挿苗栽培において、50g 以下と定義した規格外かんしょの割合は全体の 1.64～3.20%の範囲だったが、直播栽培では 5.09～8.59%だった。規格外かんしょは NFE が低く、粗繊維が増加する傾向が見られた。かんしょは病・傷害により防御物質のイポメアマロンを作り出し、家畜が飼料摂取すると中毒性を引き起こすことが知られている。50g 以下の傷害のない健全ないもについてはイポメアマロンは検出されなかった。ただし、規格外かんしょの飼料利用を実践するには、きちんとした工程管理によって、傷んだイモが混入しないような仕組みが必要である。