

「地域産飼料資源のサプライチェーン構築事業」 研究成果パンフレット



国立大学法人 山形大学 

山形県農業総合研究センター
畜産研究所・養豚研究所

本パンフレットは、JRA 日本中央競馬会の助成を受けて実施した研究成果を、わかりやすく、総合的かつ体系的にとりまとめ、研究機関及び行政機関等に報告することにより、今後の研究開発及び行政施策の効率的な推進に資することを目的として刊行するものである。

この「地域産飼料資源のサプライチェーン構築事業」パンフレットは、2021年度から2023年度までの3年間にわたり、国立大学法人 山形大学が事業実施主体となり、研究の一部を山形県農業総合研究センター畜産研究所及び養豚研究所に委託して実施した研究成果をとりまとめたものである。

豚肉は国民の食生活に不可欠な食品として、その安定供給は極めて重要であるが、豚肉の約50%は自給しているものの、飼料自給率を反映させた場合の豚肉の自給率は僅か6%程度にすぎない。また、豚肉加工品についても、働く女性や共働き世帯の増加で、簡便食材としての需要、ポストコロナでの個食増加による需要の拡大が予想されるが、その原料の90%程度は輸入豚肉で製造されているのが現状である。一方、わが国の養豚業において大規模な企業経営体については、一層の規模拡大が進展しているものの、家族経営を中心とした中小規模経営体は益々、減少傾向が加速化している。特に近年のトウモロコシを始めとする穀物価格の世界レベルの上昇や為替相場の円安によって飼料価格が著しく高騰し、中小規模の養豚経営体は、さらに厳しい状況に陥っている。そのため、エコフィードや自給飼料の活用が困難な中小規模養豚経営の安定化を図るための技術開発や支援システムの開発などが求められている。

これらの情勢を踏まえ、本研究開発事業では、①子実用トウモロコシの安全性確保と輪作体系への導入効果実証事業、地域産飼料資源の配合供給利用システム開発事業として、②地域産飼料資源のサプライチェーンの構築と成立要因の解明事業と、③地域産飼料資源をフル活用して生産した豚肉及び加工品の品質評価事業の3事業を実施した。

これらの研究成果は、今後の農畜産業関係の研究開発や行政施策を推進する上で有益な一助となるものと考え、関係者機関に供する次第である。

最後に、本研究を担当された方々、貴重なご助言をいただいた推進委員会委員の石川県立大学 客員教授 石田元彦様、国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構西日本農業研究センター 周年放牧研究領域長 菅野 勉様、公益社団法人山形県畜産協会 専務理事（兼）事務局長 上野宏樹様、山形県庄内総合支庁産業経済部農業振興課 課長補佐 齋藤朗子様に心より、感謝申し上げます。また、本事業の管理運営に対して、事業開始当初から現在まで、ご指導をいただいたJRL 公益財団法人 全国競馬・畜産振興会の担当者の方々に対し、深く感謝の意を表します。

2024年3月

地域産飼料資源のサプライチェーン構築事業 研究開発責任者

山形大学農学部 教授 浦川 修司

“子実利用” を目的とした場合の “品種選定条件”

- 地域の作型に合っていること
⇒ 水稲や大豆等との作業競合回避
(収穫時期の子実含水率は30%以下)
- 子実が多収であること



- 圃場損失が少ないこと
⇒ 耐倒伏性、折損抵抗性が強いこと
⇒ 雌穂の落穂や下垂雌穂が少ないこと
(アワノメイガの食害で雌穂が脱落)

重要



- カビ毒汚染リスクが低いこと
⇒ 赤カビ病抵抗性、アワノメイガの被害が少ないこと
注) アワノメイガ虫害跡は外観品質も低下



当該地域の稲作の移植と収穫時期

4月			5月			6月			7月			8月			9月			10月		
上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
			水稲移植												水稲収穫					

子実用トウモロコシで使用可能な殺虫剤

農薬の種類	製品の名称 (例)	使用方法	対象害虫
エトフェン プロックス粉剤	トレボン粉剤DL		アワノメイガ
エトフェン プロックス乳剤	トレボンEW		ツマジロクサヨトウ
	トレボン乳剤		アワノメイガ ツマジロクサヨトウ
クロラントラニリ プロール水和剤	プレパゾン フロアブル5	空中散布可	アワノメイガ ツマジロクサヨトウ
カルタップ水和剤	パダンSG水和剤		
B T 水和剤	サブリナ フロアブル		

“アワノメイガ” の防除も必要!

Point!

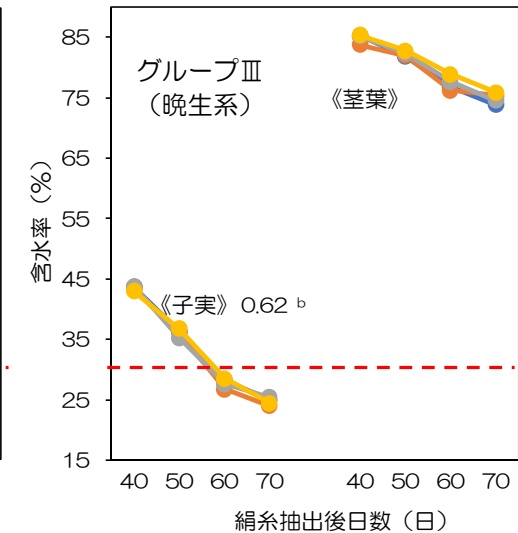
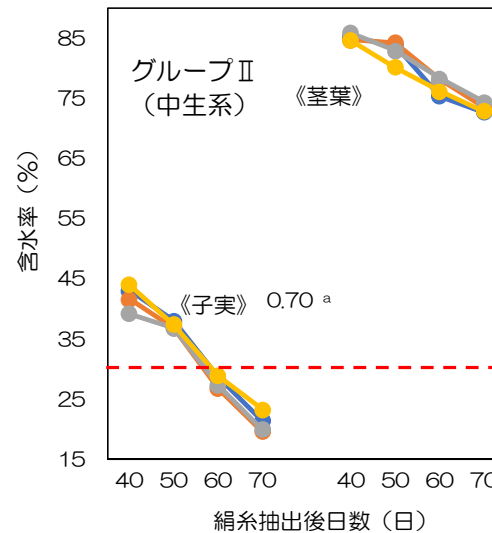
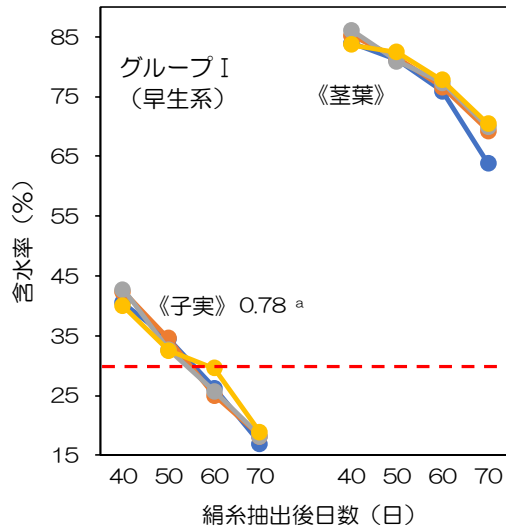
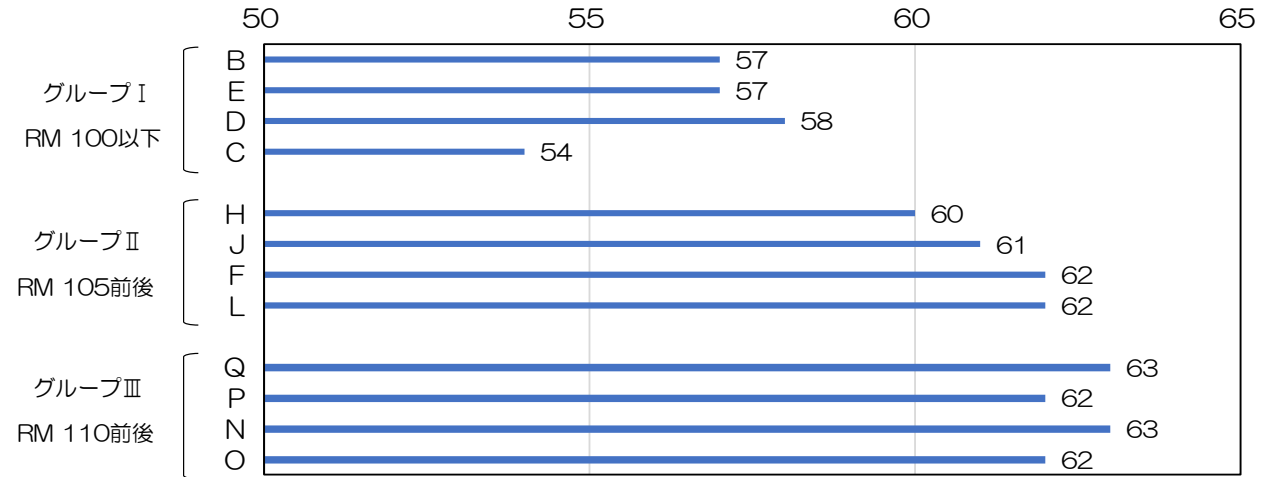


“子実利用” を目的とした場合の “収穫適期”

ベンチスケールによる品種選定試験の耕種概要

区制	1区面積：8.1m ² 3反復乱塊法
播種様式	播種日：2022年5月16日 条間75cm×株間18cm(7,400本/10a) 3粒点播1本仕立て
施肥体系	豚糞堆肥：1,000kg/10a 苦土石灰：200kg/10a 化成肥料：N,P,K 各20kg/10a(側条施肥)
除草体系	土壌処理剤：アトラジン・S-メトラクロール) 茎葉処理剤(トブラメゾン)の体系処理

播種から絹糸抽出までの日数(日)



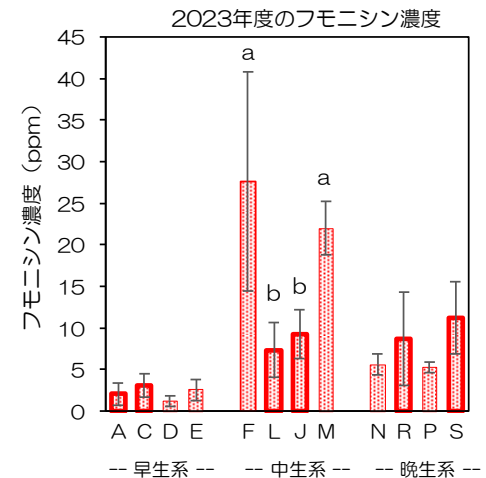
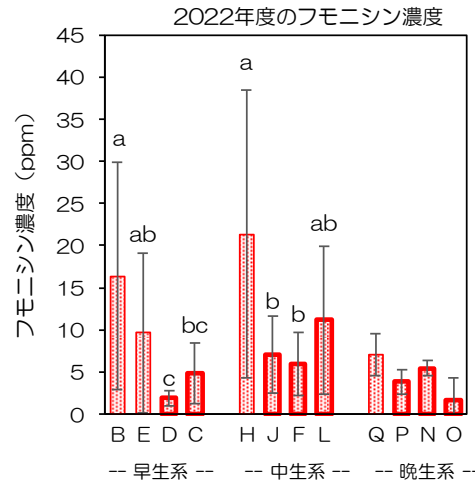
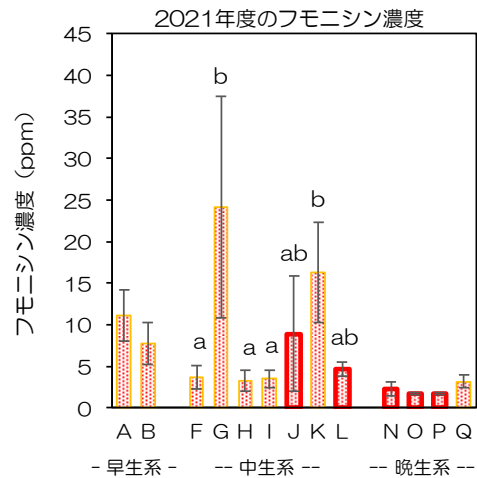
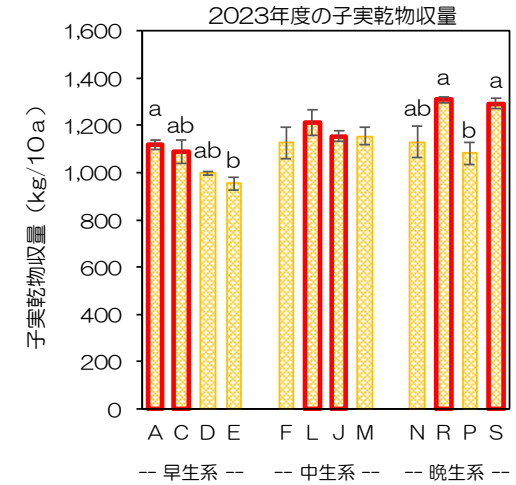
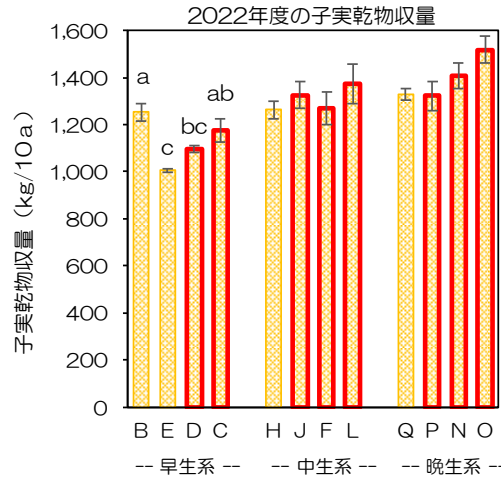
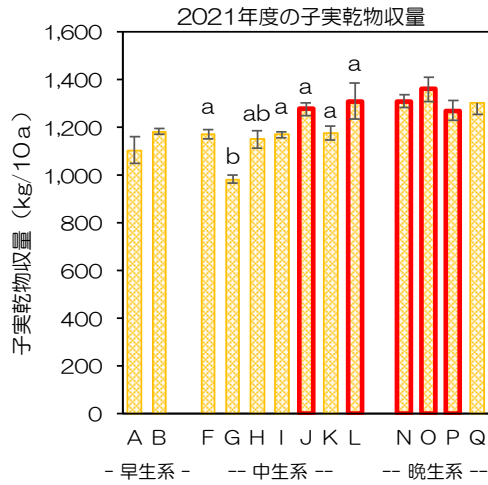
供試品種のグループごとの絹糸抽出後日数と子実及び茎葉部の含水率の推移

注) 図中の数字は各グループ内の4品種の子実含水率の低下速度(%/日)の平均値(異符号間に有意差あり(P<0.05))

“子実含水率：30%以下” が目標 絹糸抽出後 “60日頃”



庄内地域と最上地域で実施した“品種比較試験”の結果から選定した有望品種は？



山形県庄内地域で実施した延べ37品種を供試した品種比較試験における子実乾物収量とプロモニシン濃度の比較

注) 異符号間に有意差あり (P<0.05), 赤字の太枠がその年度の有望品種



山形県の有望品種として選定した6品種

“早生系”

P9027
タラニス

+

“中生系”

KD106
34N84

+

“晩生系”

KD641
TX1334

注意

プロモニシン濃度は、サンプリングした個体の差や、年次間差が非常に大きい

“コーンヘッド” を利用したトウモロコシ子実の収穫作業



リールヘッドによる収穫作業

ベース機：YH700M
(エンジン出力：50.4 kW)



コーンヘッドによる収穫作業

ヘッドの違いによるトウモロコシ子実の収穫作業能率と作業精度の比較

供試刈取部	作業速度 m/s	実作業量 分/10a	回収量 (kg/10a)				回収物の内訳 (%)			子実損傷率 (%)
			子実	穂芯	茎葉	合計	子実	穂芯	茎葉	
リールヘッド	0.81	23.5	494.7	15.4	5.7	515.8	95.9	3.0	1.1	6.2
コーンヘッド	1.23	15.7	498.4	15.7	0.8	514.8	96.8	3.0	0.2	6.5

Point!



コーンヘッド の利用で、収穫作業能率や精度は飛躍的に向上！

家畜堆肥の利用と子実トウモロコシの導入による“土壌の改善効果”

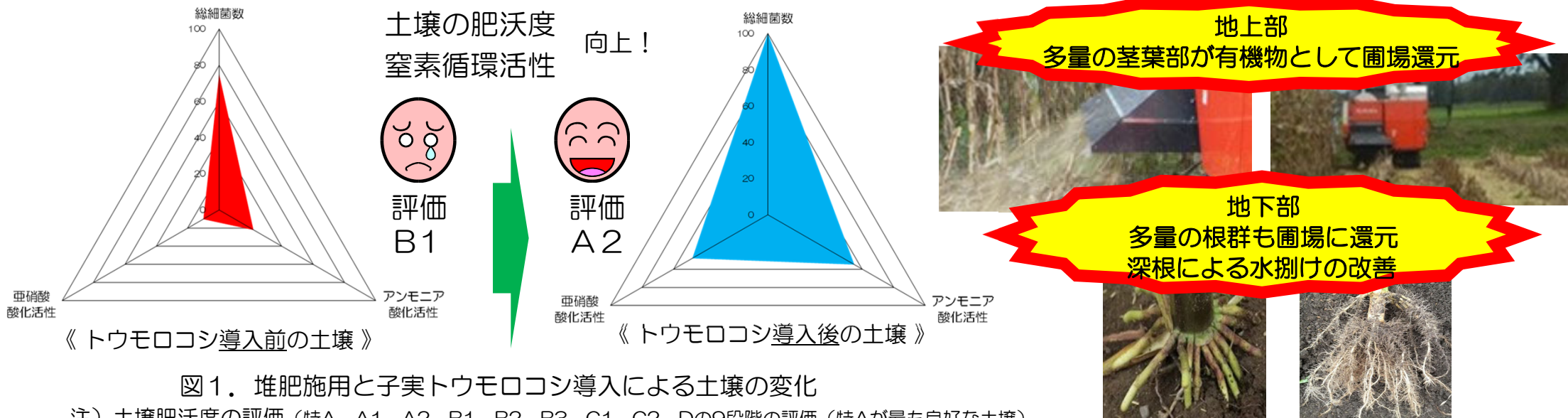


図1. 堆肥施用と子実トウモロコシ導入による土壌の変化

注) 土壌肥沃度の評価 (特A、A1、A2、B1、B2、B3、C1、C2、Dの9段階の評価 (特Aが最も良好な土壌))

- 大量の有機物の圃場還元による“土壌の質の改善 (化学性, 生物性)”
- 土中深くまで根が伸びて (深根)、耕盤層の破壊による“水捌けの改善 (物理性)”

子実トウモロコシ栽培前後の土壌の変化

項目	化学性に関する項目						物理性に関する項目		細菌量	土壌バイオマス評価					
	pH	EC	硝酸態窒素	アンモニア態窒素	可給態リン酸	交換性カリウム	含水率	最大保水容量	総細菌数	全炭素	全窒素	全リン	全カリウム	C/N比	C/P比
		dS/m	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	%	ml/kg	億個/g	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg		
栽培前	6.3	0.07	13	0	595	422	19	850	14.0	14,000	1,100	1,300	4,300	13	11
栽培後	6.3	0.06	7	0	756	470	26	840	13.8	16,000	1,300	1,300	4,100	12	12
推奨値	5.5~6.5	0.2~1.2	≥10	≥10	≥100	≥100	≥20	≥400	≥6.0	≥25,000	≥1,500	≥1,300	2,500~10,000	10~20	8~20

畑への投資効果 **重要**



“輪作体系の構築” と “土づくり” に重要な役割を果たすのが 子実トウモロコシ

収穫したトウモロコシ子実の“乾燥調製技術”

乾燥調製経費は生産物に掛かる経費

重要

多収になるほど、乾燥経費は多くなる

効率的な乾燥技術の確立は重要な課題



循環式汎用型 (HD30AM2)

写真：山形大学

都府県 循環式汎用乾燥機 が一般的

(対象穀物：粳・麦・大豆・蕎麦)

北海道 (府県の一部) 移動式穀物乾燥機 を導入



移動式穀物乾燥機 (AGD10)

写真：農研機構 東北農研

循環式汎用乾燥機の送風量の違いと燃料効率の関係

環境条件		張込時の材量条件		設定送風量 (Hz)	仕上り時		乾燥時間 (h)	乾減率 (%/h)	灯油		電力	
外気温 (°C)	湿度 (% RH)	重量 (kg)	水分 (%)		重量 (kg)	水分 (%)			消費量 (L)	効率 (kg/L)	消費量 (kWh)	効率 (kg/kWh)
21.8	63.9	2,256	27.2	48	1,778	11.9	8.0	1.91	60.2	7.94	15.4	31.2
23.3	61.7	2,256	27.7	40	1,765	11.8	9.0	1.77	54.3	9.05	10.4	47.2



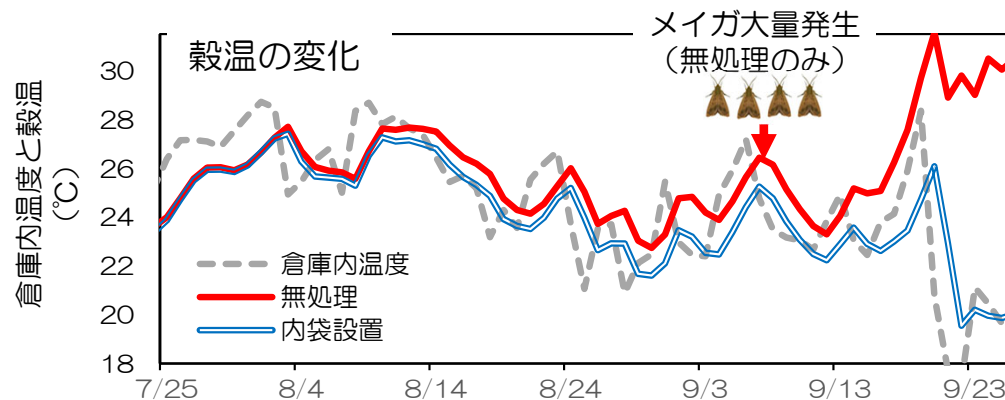
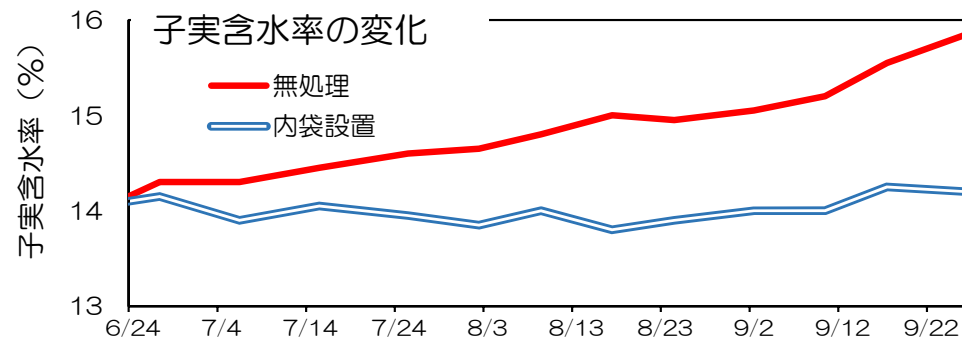
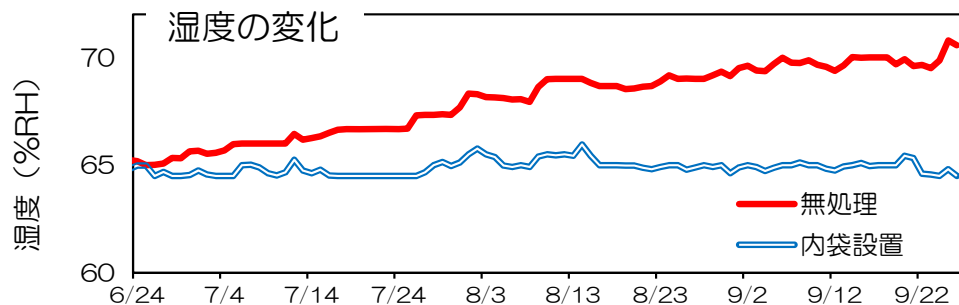
環境条件や材料条件が同じ場合でも、乾燥機の設定条件で“電気や灯油効率”は異なる！

効率的な乾燥プログラム (条件) の検討が必要

乾燥調製したトウモロコシ子実の“保管技術”



保管試験を実施した簡易テント倉庫と内袋設置フレコンでの保管



簡易常温テント倉庫における保管翌年のフレコン内の湿度と穀温および子実含水率の変化

Point!



内袋を設置したフレコンで保管

フレコン内の湿度の上昇
子実の含水率や穀温の上昇
貯穀害虫の発生 } を抑える

冬季を越して、翌春に内袋設置のフレコンに移し替えて試験を実施

乾燥機から排出直後の穀温が高い状態で内袋設置のフレコンで保管すると

注意 結露が生じて逆効果になることがある

当該地域で利活用可能な肥育豚向けの“地域産飼料資源”

本事業を実施した当該地域で利活用可能な主な地域産飼料資源



トウモロコシ子実

- ・乾燥調製
- ・サイレージ調製



飼料用米

- ・乾燥調製（玄米）
- ・サイレージ調製（粳米）



フスマ

- ・乾燥調製

◎輪作体系の作物や転作作物として、当該地域で作付面積が増加しているコムギに着目。

◎製粉加工時に副産物として得られるフスマをコムギの生産者、製粉業者と連携して地域産飼料資源として利用を開始。

地域産トウモロコシ子実、飼料用米（粳米）のサイレージ化

◎ライスセンターに設置の粳殻膨軟化装置を利用して、トウモロコシ子実、飼料用米（粳米）をサイレージ調製。いずれも良好な発酵品質であり、肥育豚の嗜好性も良い。また、サイレージ調製したトウモロコシ子実は乾燥調製に比べて消化性が向上する。



トウモロコシ子実
サイレージ

トウモロコシ子実サイレージの発酵品質

水分 (%)	pH	有機酸含量 (新鮮物 %)				揮発性塩基態窒素 (mg/100g新鮮物)	V2-Score
		乳酸	酢酸	プロピオン酸	酪酸		
31.5	3.9	1.33	0.11	N.D	N.D	24.4	98.8

N.D：検出限界以下。

飼料用米サイレージの飼料摂取量等

項目	飼料用米		p値
	乾燥	サイレージ	
日増体量 (kg/日)	1.01	1.13	0.04
乾物摂取量 (kg/日)	3.04	3.17	0.47
飼料要求率	2.99	2.79	0.14
飼料効率	0.34	0.36	0.14



粳殻膨軟化装置
「プレスパンダー」
(関西産業株式会社)

トウモロコシ子実サイレージの消化特性

項目	処理		標準誤差	p値
	乾燥	サイレージ		
消失率 (%)	69.2	77.9	1.5	<0.01

※豚由来の消化酵素を用いたin vitro実験の結果。

※粳殻膨軟化装置によりサイレージ化。

Point!



サイレージ調製は調製費の削減が可能であり、嗜好性の向上、トウモロコシ子実の消化性の向上が期待できる

地域産飼料資源をフル活用した肥育豚の“給与メニュー”

本事業で策定した肥育豚（肥育後期）の給与メニュー

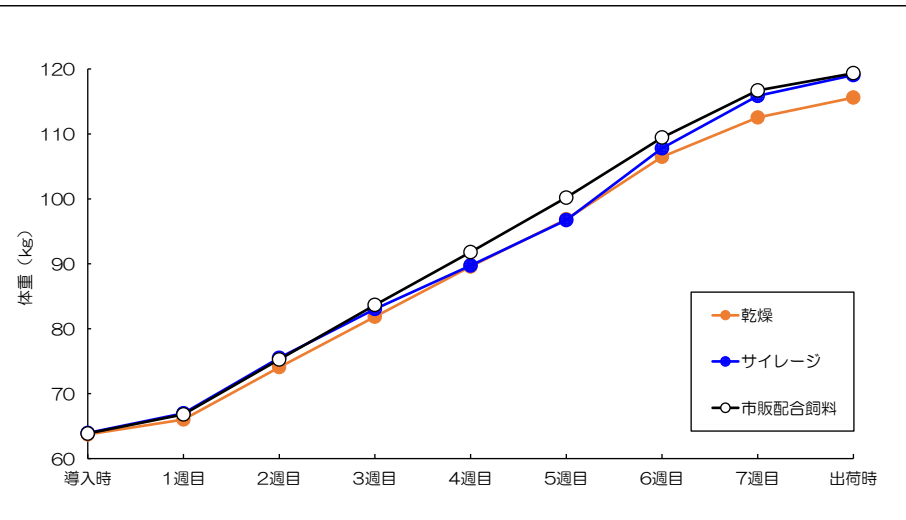
配合割合（乾物 %）	メニュー 1	メニュー 2	メニュー 3	メニュー 4
乾燥 トウモロコシ子実	75.0	35.2	25.0	26.8
トウモロコシ子実 サイレーシ	0.0	20.1	0.0	0.0
乾燥 飼料用米（玄米）	0.0	20.1	50.2	26.7
飼料用米（粳米） サイレーシ	0.0	0.0	0.0	20.2
フスマ	10.5	10.4	10.5	11.6
地域外購入飼料 （大豆粕、サプリメント類）	14.4	14.2	14.3	14.7
地域産飼料資源の利用率（%）	85.9	82.2	85.7	82.1

◎左記の表は、異なる調製方法（乾燥調製、サイレーシ調製）、異なる地域産穀物（トウモロコシ子実、飼料用米）を、それぞれ配合した4種類の給与メニューであり、研究機関内での精密な肥育試験と現地養豚場での実証試験を実施して策定。

◎いずれの給与メニューも地域産飼料資源の利用率（乾物換算）は80%を超えており、地域産飼料資源の取引価格で変動するが、肥育後期のみで約4割、肥育期間全体で約1割の飼料費の削減が期待できる。



地域産飼料資源をフル活用した肥育豚（肥育後期）の給与メニューは、**発育性は市販配合飼料に劣らず、飼料費の削減**ができる。



調製方法の異なるトウモロコシ子実給与時の発育成績

項目	トウモロコシ子実		市販 配合飼料	p値
	乾燥	サイレーシ		
開始時体重 (kg)	63.7	63.9	63.9	1.00
終了時体重 (kg)	115.6	119.1	119.4	0.44
乾物摂取量 (kg/日)	3.43	3.44	3.51	0.73
日増体量 (kg/日)	1.09	1.16	1.15	0.08
飼料要求率	3.16	2.96	3.05	0.14
飼料効率	0.32	0.34	0.33	0.19
枝肉重量 (kg)	74.3	75.3	77.3	0.58
背脂肪厚 (cm)	2.1	2.2	2.4	0.30
枝肉歩留 (%)	64.3	63.2	64.7	0.34
コース芯面積 (cm ²)	23.8	24.7	23.4	0.84



地域産飼料資源をフル活用して生産した“豚肉の品質”

研究機関内で実施した精密肥育試験の豚肉



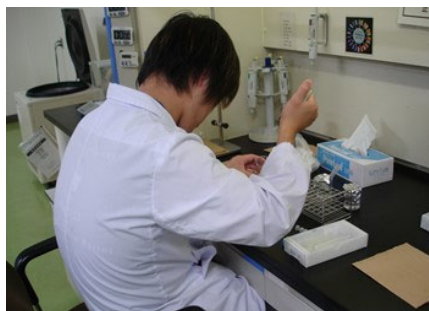
乾燥トウモロコシ子実

トウモロコシ子実
サイレージ

市販配合飼料

地域産トウモロコシ子実（サイレージ調製）を
給与した肥育豚の枝肉成績

項目	性別		全体
	去勢雄	雌	
頭数(頭)	12	12	24
枝肉重量(kg)	77.5±7.4	77.7±5.9	77.6±6.5
背脂肪厚(cm)	1.7±0.3	1.6±0.3	1.7±0.3
等級(頭)			
極上	0	0	0
上	8	9	17
中	3	2	5
並	1	1	2
等外	0	0	0



◎現地養豚農場において、地域飼料資源としてサイレージ調製したトウモロコシ子実（乾物換算：20.1%）含む配合飼料（地域産飼料資源の利用率82.2%）を給与する実証試験を実施した結果、群平均の飼料摂取量（乾物換算）は3.24kg/頭/日、出荷日齢は178日（肥育後期は58日）、格付等級において上物率は70.8%であった。

調製方法の異なるトウモロコシ子実を給与した豚肉の評価

項目	トウモロコシ子実		市販配合飼料	p値
	乾燥	サイレージ		
水分(%)	73.0	73.8	72.7	0.03
粗タンパク質(%)	22.6	22.2	22.6	0.35
粗脂肪(%)	3.4	3.0	3.6	0.42
粗灰分(%)	1.2	1.2	1.2	0.25
剪断力価(N/cm ²)	17.4	19.9	22.9	0.13
分析型官能評価				
鼻先香の強弱	4.5	4.4	3.8	0.16
口中香の強弱	4.2	4.1	3.6	0.30
やわらかさの強弱	4.5	4.2	4.2	0.83
多汁性の強弱	4.2	4.2	4.6	0.65
脂肪質の強弱	3.2	3.6	3.5	0.24
うま味の強弱	4.6	4.8	4.5	0.79
嗜好型官能評価				
総合的な好ましさ	4.8	4.9	4.5	0.44

◎研究機関内において、調製方法の異なるトウモロコシ子実を含む配合飼料を給与した豚肉の品質は、市販配合飼料と比べて剪断力価が低くなる（柔らかくなる）傾向であった。官能評価では香りが強くなり、総合的な好ましさ（美味しさ）が高くなる傾向であったが、いずれも統計的な差がなかった。



地域産飼料資源をフル活用して生産した
枝肉成績は市販配合飼料を給与した際
と遜色なく、肉質評価として理化学特性値、
官能特性値とも近似しており同程度の品質
である。

地域産飼料資源をフル活用して創出した“豚肉加工品”

各ベーコンの成分組成

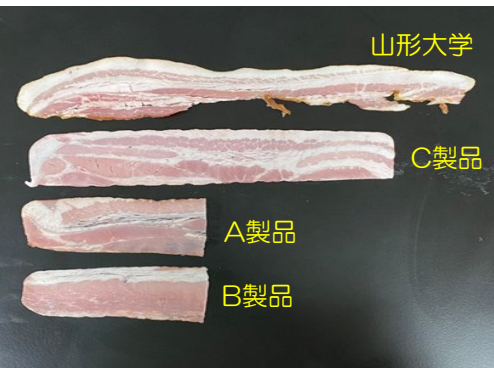
項目	水分 (%)	粗蛋白質 (%)	粗脂肪 (%)	粗灰分 (%)
山形大学	47.1 ^b	13.4 ^b	37.8 ^a	1.7 ^b
A製品	64.9 ^a	16.2 ^a	13.9 ^b	2.6 ^a
B製品	61.6 ^a	14.6 ^{ab}	17.8 ^b	2.8 ^a
C製品	65.3 ^a	15.0 ^{ab}	15.0 ^b	2.7 ^a

a、b：異符号間に有意差あり (p<0.05)。

◎地域産飼料資源をフル活用して生産した豚肉からウイナーソーセージ、ベーコン、ロースハムを試作し、他社製品と食味特性について比較した。

◎試作したベーコンは粗脂肪含有率が高く、脂肪由来の香り成分の割合が多く、総合的な好ましさ（美味しさ）も他社製品と同等以上であった。

◎消費者へのアンケート調査の結果でも、半数以上が購入を希望していた。



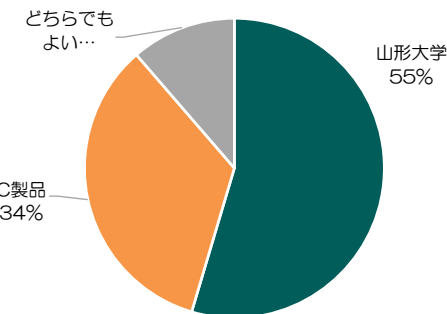
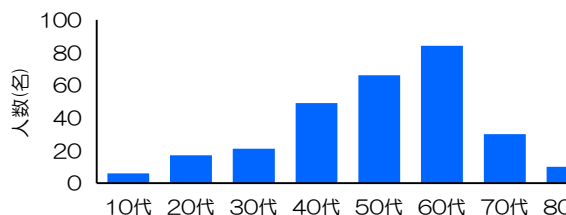
試作したベーコンと他社製品

各ベーコンの官能評価

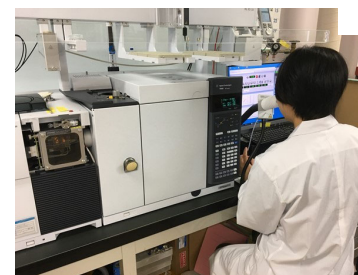
項目	分析型官能評価（強弱）					嗜好型官能評価	
	香り	やわらかさ	多汁性	脂肪質	うま味	香りの好ましさ	総合的な好ましさ
山形大学	4.8	3.7	4.6	5.5 ^a	5.0	5.3	5.5
A製品	4.5	4.2	4.9	4.6 ^b	5.3	4.8	5.1
B製品	4.7	3.3	4.9	5.0 ^{ab}	5.5	5.0	5.4
C製品	4.6	4.1	4.9	5.1 ^{ab}	5.4	5.1	5.5

a、b：異符号間に有意差あり (p<0.05)。

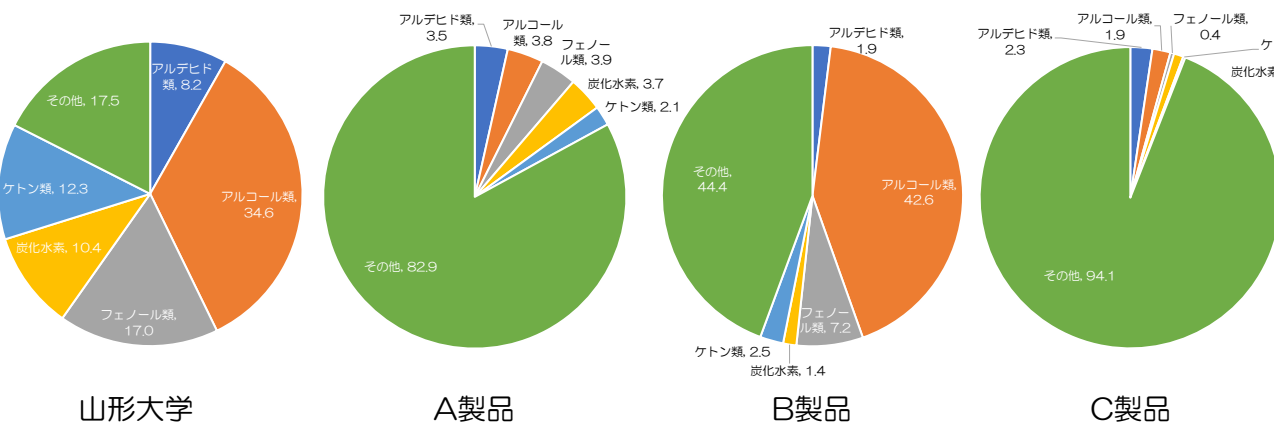
アンケート協力者の年齢層(総数 283名)



購入意欲に関するアンケート結果



地域産飼料資源をフル活用して創出した豚肉加工品（ウイナーソーセージ、ベーコン、ロースハム）は **市販製品**（ナショナルブランド等）と **同等以上の美味しさ**と評価できる。



各ベーコンの香り成分の組成

“地域産飼料資源” および “地域産飼料資源 を利用して生産した 豚肉 を原料とした 加工品” の

サプライチェーンマネジメント



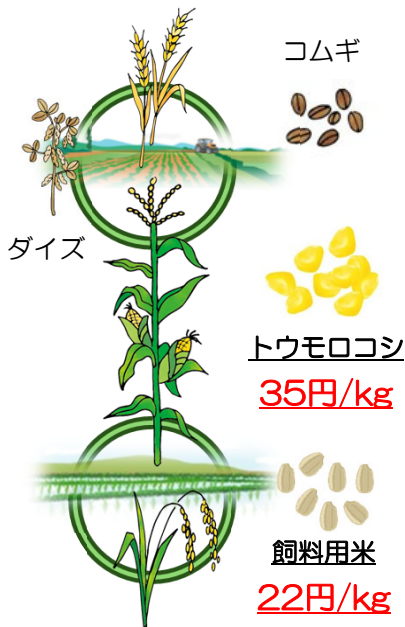
サプライチェーンマネジメントの手順

- ① 豚肉加工品の必要パック数を消費動向などから推計
- ② その豚肉加工品を製造するために必要な豚の肥育頭数を試算
- ③ その肥育豚を飼養するために必要な地域産飼料資源の必要量を試算
(子実トウモロコシや飼料用米、フスマ(地域産コムギの約20%)など)
- ④ 各作物の必要作付面積を決定

重要 地域産飼料資源は豊凶作によって予定数量が確保できない場合が起こり得る!

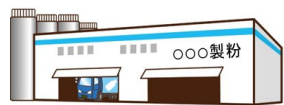
◎トウモロコシを配合飼料のベース飼料として、トウモロコシが豊作の場合は飼料用米を減らし、逆に凶作の場合は飼料用米を増やすことによって、常に地域産飼料資源を一定の割合で活用しながら、肥育豚に必要な栄養価を満たすような複数の飼料配合メニューを準備。

《水田の永久畑地化》
畑作穀物の輪作



《水田の機能維持・汎用化》
主食用米以外への転換

[耕種農家]



[製粉メーカー]

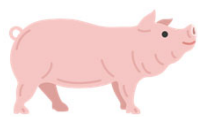


フスマ
45円/kg

保管経費
3.4円/kg



地域産飼料資源
配合供給センター (仮称)



[養豚農家]



[屠畜場]



規格肉
製造工場



[畜肉加工メーカー]



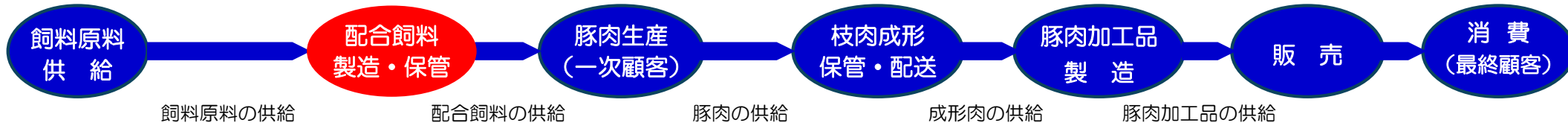
[スーパーマーケット]



[消費者]

一次原料生産者 ← サプライヤー ← 二次原料生産者

注) 現時点ではサプライヤーは山形大学農学部高坂農場が担っている



飼料原料の供給

配合飼料の供給

豚肉の供給

成形肉の供給

豚肉加工品の供給

物の流れ 地域産飼料資源 (配合飼料原料)

配合飼料

肥育豚・枝肉

成形豚肉

豚肉加工品

オーダー (需要)

情報・お金の流れ

《連絡先》

山形大学農学部附属やまがたフィールド科学センター

E-mail : yu-nogyomu@jm.kj.yamagata-u.ac.jp

〒997-0369 山形県鶴岡市高坂古町 5-3

Tel : 0235-24-2278 (代表)

Fax : 0235-24-2270