

和牛肉の新価値観構築事業に関する報告書

令和6年3月

一般社団法人全国肉用牛振興基金協会

はじめに

令和4年に開催された第12回全国和牛能力共進会鹿児島大会が閉幕し、第13回の北海道大会に向けた新たな和牛改良の方向性が焦点となっている。これまでの国内の肉用牛生産については、脂肪交雑等が重視されるようになり、牛枝肉格付等級を目安に取引される牛枝肉のA5以上の割合が過半数を超える状況となっている。

このような中、国では、多様な消費者ニーズに対応する観点から、牛肉の美味しさ評価に関する科学的な知見の蓄積を進めるとしてきていたが、令和2年に策定された「酪農及び肉用牛生産の近代化を図るための基本方針」や「家畜改良増殖目標」においては、牛肉の脂肪交雑については現状維持とし、肉量と繁殖能力、さらには食味性に関連する脂肪酸組成など新たな価値観に着目した改良を推進するとしている。

また、令和元年に策定された「農業生産基盤強化プログラム」において、和牛肉の生産量を2035年度までに30万トンに倍増するとしており、その前提となる需要については、令和2年に策定された「農林水産物・食品の輸出拡大戦略」において牛肉輸出量の目標を2019年の297億円から2025年に1,600億円にするとしており、今後は国内外の多様な需要に応じた肉用牛生産体制の構築に向けて和牛の真価が試されることになる。

このため、一般社団法人全国肉用牛振興基金協会では、令和3年度からの3年間、日本中央競馬会畜産振興事業として公益財団法人全国競馬・畜産振興会の助成を受け、「和牛肉の新価値観構築事業」に取組み、和牛肉の消費者ニーズの多様化に対応した新しい価値観の構築のため、過去の事業で蓄積してきた知見等も活用しながら、品質・食味形質のデータベース化や品質特性の数値化による分類をし、新たな和牛肉の客観的評価法の確立や需要に応じた生産・供給体制の構築に向けた検討を行い、事業の成果として、全国の関係者に広く共有するために事業報告書として取りまとめた。本事業報告書が肉用牛の生産振興のお役に立てれば幸甚に存じます。

最後に、本事業の実施ならびに報告書の執筆を担当された委員の方々をはじめ事業構成員の皆様に哀心より感謝申し上げます。

令和6年3月

一般社団法人全国肉用牛振興基金協会

和牛肉の新価値観構築事業関係者名簿

1 和牛肉の新価値観構築推進委員会 委員（五十音順）

岩本 英治 兵庫県立農林水産技術総合センター
北部農業技術センター 所長

小江 敏明 鳥取県畜産試験場 肉用牛研究室 室長

佐々木 啓介 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構
畜産研究部門食肉用家畜研究領域 食肉品質グループ長

笹崎 晋史 国立大学法人神戸大学大学院
農学研究科資源生命科学専攻 教授

島田 謙一郎 国立大学法人北海道国立大学機構 帯広畜産大学
生命・食料科学研究部門 食品科学分野 教授

下桐 猛 国立大学法人鹿児島大学
農水産獣医学域農学系 教授

庄司 則章 山形県農業総合研究センター 畜産研究所
家畜改良部 開発研究専門員

丸山 新 岐阜県立農業大学校 畜産指導課 課長

芳野 陽一郎 公益社団法人日本食肉格付協会 専務理事（令和3年度）

小林 淳二 公益社団法人日本食肉格付協会 専務理事
（令和4～5年度）

（座長）

向井 文雄 公益社団法人全国和牛登録協会 会長

2 事業構成員（委託先）

公益社団法人全国和牛登録協会

独立行政法人家畜改良センター

第12回全国和牛能力共進会鹿児島県実行委員会（令和4年度）

目 次

第1章 和牛肉の新たな客観的評価手法及び価値観構築の検討について	
1 牛肉の品質ならびに食味性形質の網羅的収集分析・分類	
（1）光学測定による牛肉に含まれる成分測定値の収集	3
公益社団法人全国和牛登録協会業務部情報解析課 課長 西和隆	
（2）食味性に関わる形質の理化学分析及び分析型官能評価の実施結果	36
独立行政法人家畜改良センター企画調整部改良技術課 肉畜分析第2係長 本間文佳	
（3）データの分類及び客観的な評価法の検討結果	43
公益社団法人全国和牛登録協会業務部 部長 勝田智博	
（4）食味形質に関与するSNPの調査・分析結果	72
公益社団法人全国和牛登録協会業務部情報解析課 課長 西和隆	
2 肥育期間短縮により生産された牛肉の特長調査・分析について	
（1）肥育期間短縮により生産された牛肉の各種データの収集と分析・検証	87
公益社団法人全国和牛登録協会業務部情報解析課 課長 西和隆	
（2）第12回全国和牛能力共進会鹿児島大会での肉牛の部出品牛の成績	112
公益社団法人全国和牛登録協会業務部 部長 勝田智博	
（3）肥育期間短縮に係る事例	
①愛媛県「愛媛あかね和牛」の取組	120
岐阜県立農業大学校畜産指導課 課長 丸山新	
②北海道士幌町「（株）野口畜産」の取組	125
鳥取県畜産試験場肉用牛研究室 室長 小江敏明	
第2章 和牛肉の新たな価値観等に係る普及啓発活動について	
1 第12回全国和牛能力共進会会場で実施した消費者型官能評価	135
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 食肉用家畜研究領域 食肉品質グループ長 佐々木啓介	
2 第12回全国和牛能力共進会会場で実施した嗜好調査の実施概要	143
一般社団法人全国肉用牛振興基金協会	

3	和牛肉の新価値観に関するシンポジウムの開催概要	147
	一般社団法人全国肉用牛振興基金協会	
第3章	特別寄稿	
	第12回全国和牛能力共進会鹿児島大会の成果と今後の課題について	151
	公益社団法人全国和牛登録協会 専務理事 穴田勝人	
あとがき		159
	公益社団法人全国和牛登録協会 会長 向井文雄	

第 1 章 和牛肉の新たな客観的評価手法及び価値観構築の 検討について

第1章 和牛肉の新たな客観的評価手法及び価値観構築の検討について

1 牛肉の品質ならびに食味性形質の網羅的収集分析・分類

(1) 光学測定による牛肉に含まれる成分測定値の収集

1. 光学測定におけるこれまでの取り組み実績

和牛肉において脂肪交雑は、見た目の美しさ（視覚）を感じるだけに限らず、食した際の柔らかさ、ジューシーさ（触覚）等の食味性に大きく影響し、品種の特徴としても知られており、平成初期から改良が進められている。現在の和牛生産においても脂肪交雑を中心とした改良が継続され、枝肉価格（図1）や子牛市場価格の評価の重要な要因となっている。

また、和牛は脂肪交雑（脂肪の量）が高いだけでなく、オレイン酸を主要成分とする一価不飽和脂肪酸（Mono-Unsaturated Fatty Acid；以下、MUFA）含量も高く、食べると融点が低いため、口中で溶け、食感が良くなり、溶けた脂肪が液汁となって多汁性並びに脂肪に含まれる各種の風味成分が口中や鼻空間へと放出され、呈味や匂いを向上させるといった優れた特長があり、脂肪の質も良好であると報告されている（入江，2022）。したがって、従来の脂肪交雑に加え、脂肪の質の育種価評価を実施することが有意義と考えられる。そのためには測定値の収集が不可欠であるが、従来は実験室にて主にガスクロマトグラフ法（以下、ガスクロ）による解析が実施されてきた。しかし、ガスクロは、分析可能な施設や機材、人材の確保も必要であり、結果の判明までに時間を要し、費用も嵩むといったデメリットがあったため、迅速、非破壊、安価かつ安全に推定する方法として光学的測定法の研究が進められ、近赤外光ファイバ装置（以下、食肉脂質測定装置）（図2）が開発されるに至り、現在はこの装置を用いた記録の収集が主流となっている。

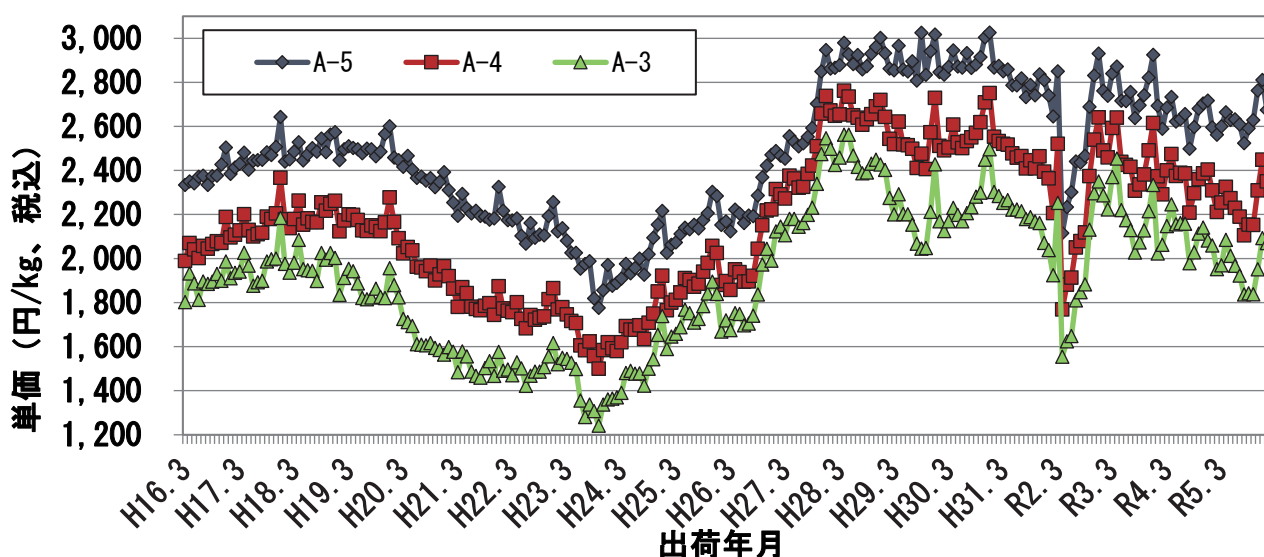


図1 枝肉規格別の枝肉単価の出荷年月次毎の推移（去勢）

（出典：農林水産省 HP（2024）．全国の中央卸売市場における枝肉単価の出荷年月別統計（和牛去勢）より作図）



図2 食肉脂質測定装置 (S-7040) ((株) 相馬光学)
(出典：相馬光学 HP (2024) . 食肉脂質測定装置の製品情報より引用)

1) 脂肪酸

脂肪酸組成については、平成 23 年度から平成 25 年度までの 3 年間で実施された JRA 畜産振興事業である『多様な牛肉生産体制確立支援調査研究事業（牛肉の美味しさ評価基準の標準化事業）』によって収集された 1,226 検体（13 県）の筋間脂肪のガスクロ解析による理化学分析値と、食肉脂質測定装置による光学測定値にて検量線(モノサシの統一化)が作成されている(図3)(全国肉用牛振興基金協会, 2014)。

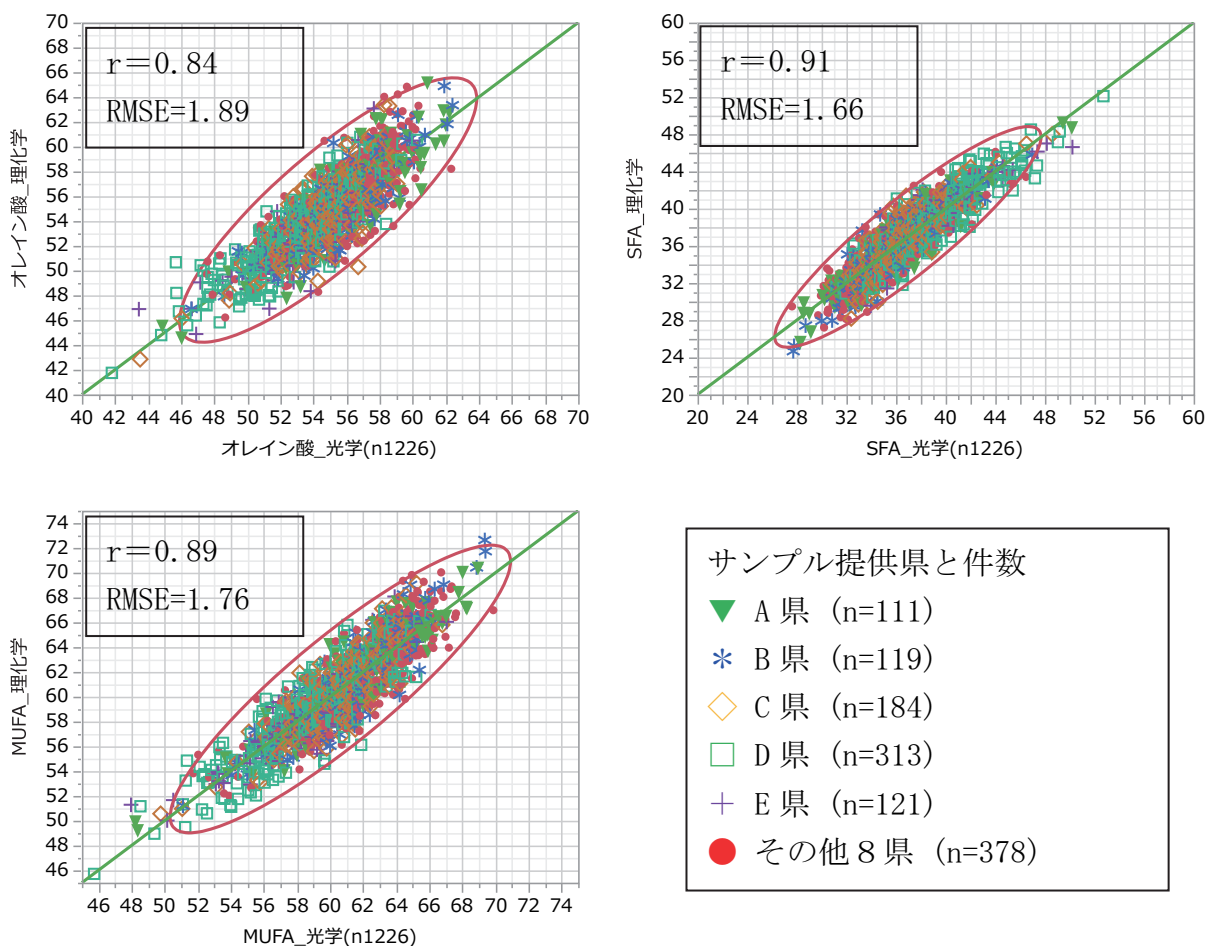


図3 脂肪酸組成検量線 (n1,226) による光学測定値と理化学分析値との散布図
(X 軸：光学測定値, Y 軸：理化学分析値 (ガスクロ))
(出典：全国肉用牛振興基金協会 (2014) . 表 5 資料を一部改変)

現在は、全国の食肉市場へ食肉脂質測定装置が導入され、(公社)日本食肉格付協会を始めとする県・全国農業協同組合連合会・食肉市場等の関係団体にて脂肪酸測定が実施され、(公社)全国和牛登録協会(以下、全和)には理化学分析及び光学測定でそれぞれ約 7.4 万頭(3 県)及び約 36.6 万頭(26 道府県)の計約 44.0 万頭が蓄積されており、29 道府県で育種価評価を実施している(令和 6 年 2 月 1 日現在)(全国和牛登録協会, 2024)(表 1)。道府県内供用中雌牛の育種価判明率は、18.1%(0.4%~53.2%)で、産肉形質の育種価判明率の 50.5%(28.8%~59.8%)(全国和牛登録協会, 2023)と比較すると低く、全国域での更なるデータ収集体制の構築が必要である。なお、道府県内供用中雌牛の育種価判明率は、道府県内供用中雌牛育種価判明頭数を道府県内飼養頭数で除したもので算出され、道府県内供用中雌牛は、育種価評価年月から過去 3 年以内に繁殖実績を有し、家畜改良センターのトresa廃用情報が記録されていない雌牛、道府県内飼養頭数は全和で調査している道府県内の雌牛飼養頭数(毎年 7 月に実施している改良組合実績報告書から引用(トresa廃用情報も考慮))と定義している。

表 1 脂肪酸の育種価評価実施状況 (29 道府県) (令和 6 年 2 月 1 日現在) (出典：全国和牛登録協会 (2024) . p.10 一部改変)

道府県	肥育牛 頭数	評価種牛頭数						育種価 判明率 (%)	測定 部位	分析 手法	評価開始	最新評価
		種雄牛	全雌牛	非供用中	県外供用中	県内供用中	県内 飼養頭数					
北海道	12,400	1,305	28,513	25,187	238	3,088	72,081	4.3	筋間	光学	H30.12	R5.2
青森県	2,542	600	8,688	6,878	687	1,123	10,760	10.4	筋間	光学	H30.6	R4.8
岩手県	8,145	626	22,241	17,452	460	4,329	28,789	15.0	筋間	光学	H30.5	R5.10
宮城県	5,873	532	19,368	16,590	772	2,006	23,241	8.6	筋間	光学	H31.2	R5.12
秋田県	14,995	855	26,984	23,476	1,125	2,383	6,221	38.3	筋間	光学	H27.2	R5.3
山形県	41,182	1,582	107,755	100,114	6,378	1,263	6,089	20.7	僧帽筋	理化学	H27.4	R5.7
福島県	2,983	474	10,697	8,954	489	1,254	13,591	9.2	筋間	光学	H29.11	R1.8
茨城県	4,229	722	15,245	13,595	1,154	496	4,286	11.6	筋間	光学	R1.11	R5.7
新潟県	546	231	2,283	2,183	80	20	1,627	1.2	筋間	理化学	R5.4	R5.4
石川県	9,213	618	18,331	16,013	2,051	267	502	53.2	筋間	光学	H30.3	R5.4
福井県	294	143	675	578	13	84	204	41.2	筋間	光学	R5.12	R5.12
長野県	28,602	1,144	67,119	58,047	7,868	1,204	3,183	37.8	筋間	光学	H30.8	R5.2
岐阜県	32,796	1,108	59,482	52,323	3,733	3,426	8,215	41.7	口一ス	理化学	H27.6	R5.9
京都府	2,874	437	9,981	7,561	2,128	292	683	42.8	筋間	光学	H30.7	R5.5
兵庫県	26,348	257	24,663	18,037	17	6,609	14,138	46.7	筋間	光学	R1.8	R5.1
鳥取県	17,680	1,200	41,213	35,440	4,510	1,263	4,177	30.2	筋間	光学	H31.4	R2.10
島根県	15,193	895	29,069	23,682	2,044	3,343	9,148	36.5	筋間	光学	H28.2	R5.8
岡山県	5,494	590	8,891	7,605	111	1,175	4,870	24.1	筋間	光学	H27.7	R5.10
広島県	7,666	600	11,804	9,687	275	1,842	4,659	39.5	筋間	光学	H30.5	R6.1
山口県	1,143	294	3,615	3,010	93	512	3,871	13.2	筋間	光学	H30.8	R5.3
香川県	1,357	319	4,504	3,405	601	498	1,720	29.0	筋間	光学	R2.2	R4.4
高知県	1,094	111	1,395	983	3	409	817	50.1	筋間	光学	R1.9	R5.2
佐賀県	2,194	391	8,137	7,246	466	425	9,989	4.3	筋間	光学	H30.10	R5.12
長崎県	32,374	709	54,574	45,712	866	7,996	29,567	27.0	筋間	光学	H27.3	R6.2
熊本県	823	294	3,276	3,124	23	129	31,849	0.4	筋間	光学	H30.2	R5.2
大分県	31,637	935	49,592	42,549	1,845	5,198	15,636	33.2	筋間	光学	H27.9	R5.10
宮崎県	28,770	563	69,161	52,218	789	16,154	81,986	19.7	筋間	光学	H30.11	R6.1
鹿児島県	97,882	992	153,423	121,943	1,080	30,400	119,569	25.4	筋間	光学	H30.8	R5.6
沖縄県	4,145	690	13,861	11,255	254	2,352	38,770	6.1	筋間	光学	H30.7	R5.3
合計	440,474	19,217	874,540	734,847	40,153	99,540	550,238	18.1				

※育種価判明率 = 道府県内供用中雌牛育種価判明頭数 / 道府県内飼養頭数 (令和 5 年 7 月全和調査 ※トレサ廃用情報考慮)

2) 一般成分

近年、脂肪交雑については目まぐるしく改良が進んでおり（全国和牛登録協会，2023）、粗脂肪含量の増加が食味性の低下を招くとも指摘されているため（飯田，2017）、平成 29 年度から令和元年度までの 3 年間で実施された JRA 畜産振興事業である『和牛の遺伝的多様性等活用調査研究事業（牛肉の成熟度（軟らかさ）形質指標化事業）』では、脂肪酸と同じ食肉脂質測定装置により、牛肉（ロース芯）内の一般成分（水分、粗タンパク質、粗脂肪）を測定できるように検量線の開発を行った。当事業において、564 検体（5 県＋その他）のロース芯（胸最長筋）理化学分析を実施するとともに、食肉脂質測定装置による光学測定を行って一般成分の検量線が作成されている（図 4）（全国肉用牛振興基金協会，2020）。

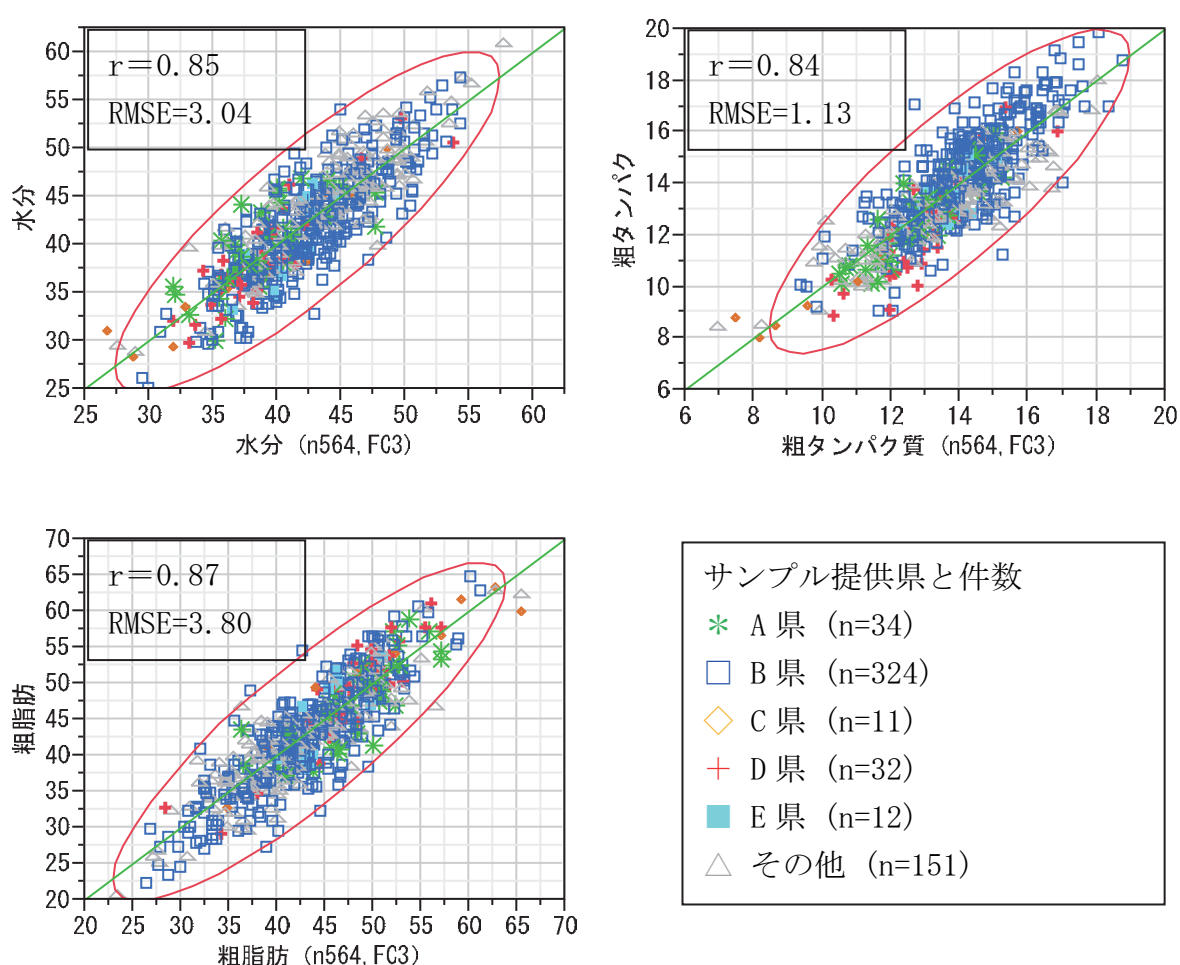


図 4 一般成分検量線（n564）による光学測定値と理化学分析値との散布図

（X 軸：光学測定値, Y 軸：理化学分析値）

（出典：全国肉用牛振興基金協会（2020）. 図 17 資料を一部改変）

これまでに、BMSNo. 10 以上になるとロース芯内の粗脂肪含量は50%以上に達し、粗タンパク質はそれに伴い減少する（図5）ことが確認されているが、同じ BMSNo. でも、粗脂肪含量に差があることに着目し、当時全和に蓄積された 1,950 頭の光学測定による粗脂肪含量を用いて、BMSNo. 別に粗脂肪含量の平均と標準偏差を求め、以下の式によって粗脂肪含量相対値（以下、RFV）が算出されている（全国肉用牛振興基金協会，2021）。なお、基準とした 1,950 頭による BMSNo. 別の粗脂肪含量の基本統計量は表 2、散布図及び「RFV」は図 6 の通りである（全国肉用牛振興基金協会，2021）。

$$\text{粗脂肪含量相対値}(\sigma \text{ 値}) = \frac{(\text{粗脂肪含量} - \text{BMSNo. 別の粗脂肪含量の平均値})}{\text{BMSNo. 別の粗脂肪含量の標準偏差}}$$

(RFV:標準化)

RFV が低いものは交雑脂肪の形状が細かい（以下、小ザシ）傾向、逆に高いものは交雑脂肪の形状が粗い（以下、粗ザシ）傾向が報告されている（画像 1）（全国肉用牛振興基金協会，2020, 2021）。また、小ザシと粗ザシの牛肉を用いた官能評価では、粗ザシよりも小ザシの牛肉の方が食感に関する評価が高いことも報告されており（丸山ら，2006，阿佐ら，2017）、一般成分の測定により粗脂肪含量、交雑脂肪の形状等を把握することが可能となり、多様な消費者ニーズに対応するためには食肉市場でのデータ収集が益々重要になる。

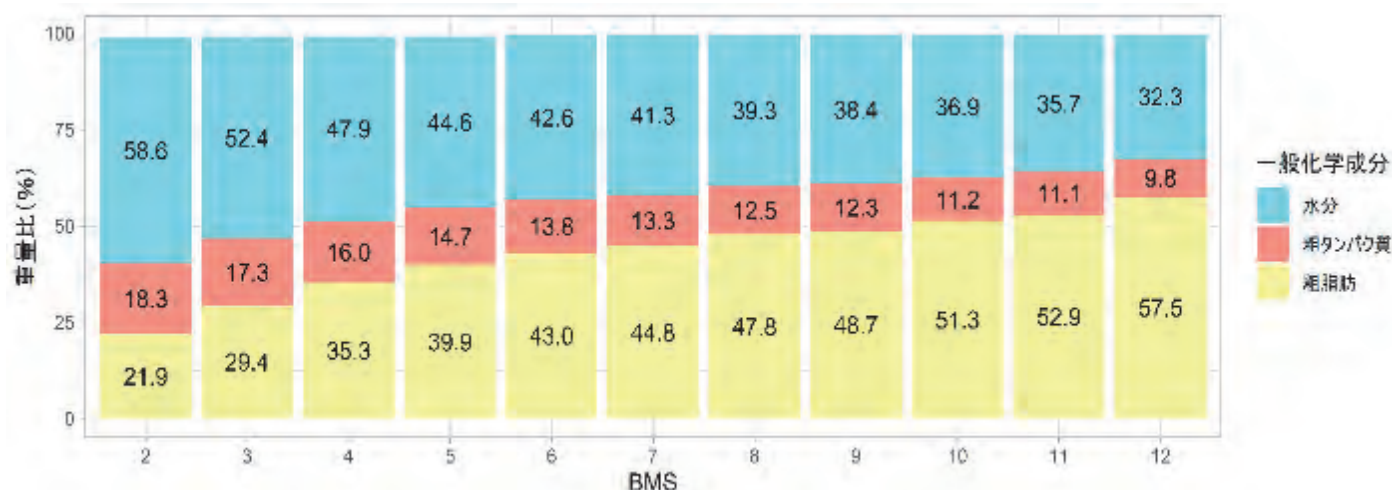


図5 BMSNo. 別によるロース芯断面の一般成分の平均値（理化学分析）(n=582)
（出典：全国肉用牛振興基金協会（2020）．図2 資料を一部改変）

表2 BMSNo. 別の粗脂肪含量の基本統計量

BMSNo.	平均値	標準偏差	中央値	最小値	最大値	N
2	30.8	5.89	31.0	23.4	39.0	8
3	32.3	4.66	32.5	22.6	42.5	70
4	36.4	4.72	36.3	25.2	50.7	212
5	39.8	5.18	39.9	28.4	54.2	263
6	42.1	4.82	41.9	30.2	56.8	335
7	43.8	4.77	43.7	30.8	60.3	304
8	46.2	4.86	46.1	33.8	61.9	234
9	48.7	4.92	48.7	35.3	64.6	207
10	50.1	4.73	49.5	37.6	65.0	136
11	51.7	4.56	51.4	42.1	65.4	105
12	55.7	4.96	55.2	44.7	67.0	76
全体	43.8	7.23	43.7	22.6	67.0	1,950

(出典：全国肉用牛振興基金協会（2021）．表3 資料を引用)

— : BMSNo. 別の平均値

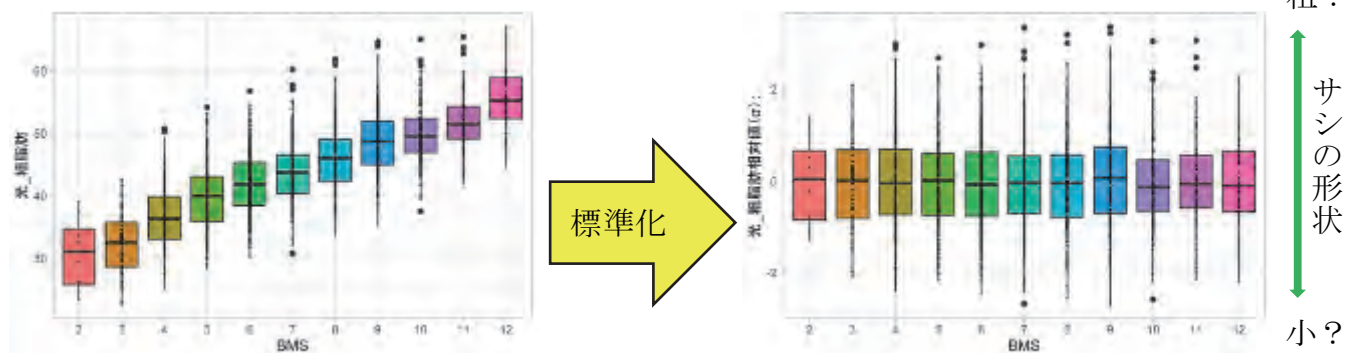
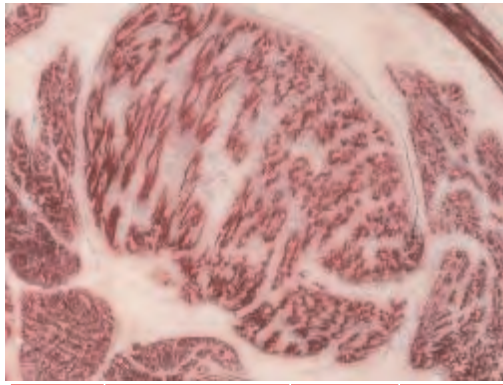
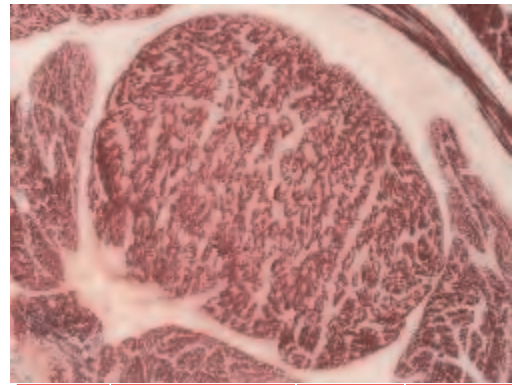


図6 BMSNo. 別の粗脂肪含量の散布図（左図）及び「RFV」（右図）（n=1,950）
 (X 軸：BMSNo., Y 軸：粗脂肪含量の光学測定値（左図：測定値, 右図：標準化）)
 (出典：全国肉用牛振興基金協会（2021）．図8 資料を引用)



水分	タンパク質	粗脂肪	RFV
27.4	7.7	64.6	3.37



水分	タンパク質	粗脂肪	RFV
48.6	15.3	35.3	-2.70

画像 1 枝肉画像と光学測定による一般成分及び RFV (BMSNo. 9)
(左図 : RFV が 1.5 σ 以上 (粗ザシ), 右図 : RFV が -1.5 σ 以下 (小ザシ))
(出典 : 全国肉用牛振興基金協会 (2020) . 図 20 資料を一部改変)

2. 本事業での取り組みとその目的

そこで本事業では、和牛肉の消費者ニーズの多様化に対応するため、食肉市場出荷牛から得られる格付成績に加え、食肉脂質測定装置による光学測定値（脂肪酸組成、一般成分）、理化学分析値（遊離アミノ酸、核酸関連物質、グリコーゲン等）および脂肪交雑特性（脂肪量・形状等）等を網羅的に収集し、主成分分析やクラスター分析等の統計的手法や機械学習手法を用いて数値化し、精度の高い品質特性の分類を行うとともに、分類されたグループに対して、食味性に関する客観的評価手法や新しい和牛肉の価値観構築のための検討等を行った。

本項では、食肉市場にて光学測定（脂肪酸組成、一般成分）および枝肉横断面画像の収集・解析を実施している 2 道県（北海道、岡山県）からも出荷牛の情報提供をいただき、格付成績と光学測定値および画像解析との関係を調査することにより、和牛肉の新たな価値観（脂肪の質、交雑脂肪の形状等）の構築へ向けたこれら食味性に係る形質の現状把握を目的とした。

3. 材料および方法

1) サンプル

サンプルは、(株) 北海道畜産公社十勝工場、京都市中央卸売市場第二市場、岡山県営食肉地方卸売市場及び広島市中央卸売市場食肉市場に上場された黒毛和種を対象とした。先に紹介した(株) 相馬光学社製の食肉脂質測定装置(「FAT Analyzer S-7040 及び S-7041」)を用いて光学測定により脂肪酸組成(オレイン酸、飽和脂肪酸(Saturated Fatty Acids ; 以下、SFA)、MUFA)、一般成分(水分、粗タンパク質、粗脂肪)のデータを収集した(図1)。なお、(株) 北海道畜産公社十勝工場及び岡山県営食肉地方卸売市場の光学測定値については、(一社) 北海道酪農畜産協会及び岡山県農林水産総合センター畜産研究所により提供いただいた。また、上記の個体に係る関連データ(個体情報、日本食肉格付協会による格付情報(枝肉重量、ロース芯面積、バラの厚さ、皮下脂肪の厚さ、歩留基準値、BMSNo.)、(一社) 北海道酪農畜産協会及び岡山県農林水産総合センター畜産研究所による画像データ(脂肪面積割合、画像ロース芯面積、細かさ指数、新細かさ指数))の提供も受けた。収集場所別における年度毎の測定・分析頭数については、表1の通りであり、令和3年度から令和5年度までの3年度間で計3,744頭の測定を実施し、そのうち、格付成績、子牛登記を有する個体の3,680頭を分析の対象とした。

なお、今回使用した脂肪酸の検量線は、平成23年度から平成25年度までの3年間で実施されたJRA 畜産振興事業である『多様な牛肉生産体制確立支援調査研究事業(牛肉の美味しさ評価基準の標準化事業)』によって収集された1,226検体を用いて作成された『脂肪酸検量線 n1226』によるものである(全国肉用牛振興基金協会, 2014)。一般成分の検量線は、平成29年度から令和元年度までの3年間で実施されたJRA 畜産振興事業である『和牛の遺伝的多様性等活用調査研究事業(牛肉の成熟度(軟らかさ)形質指標化事業)』によって収集された564検体を用いて作成された『一般成分検量線 n564』によるものである(全国肉用牛振興基金協会, 2020)。

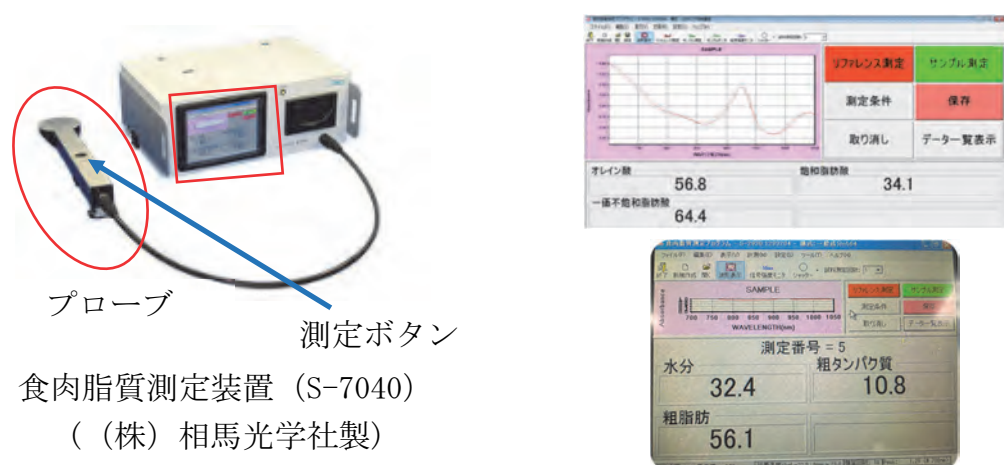


図7 光学測定に利用する食肉脂質測定装置(左図)と

測定画面(右上図: 脂肪酸、右下図: 一般成分)

(出典: 全国肉用牛振興基金協会(2021). 図6 資料を一部改変)

表 3 収集場所別における年度毎の測定・分析頭数の内訳

	収集場所	令和 3 年度	令和 4 年度	令和 5 年度	合計
測定頭数	北海道	605	538	486	1,629
	京都府	62	128	116	306
	岡山県	537	572	544	1,653
	広島県	112	29	15	156
	合計	1,316	1,267	1,161	3,744
分析頭数	北海道	582	530	471	1,583
	京都府	57	125	114	296
	岡山県	537	571	540	1,648
	広島県	110	29	14	153
	合計	1,286	1,255	1,139	3,680

※測定頭数は脂肪酸・一般成分の記録を持つ個体を対象。

※分析頭数は加えて登記情報・格付情報を持つ個体を対象。

2) 光学測定について

(1) 脂肪酸

脂肪酸の測定は筋間脂肪（腹鋸筋の下部）を測定部位とし、筋間脂肪内を2～4回測定を行った（図3）。なお、全和では、2回の測定を実施し、その平均値を採用した。なお、MUFA 測定値が2%以上離れた際は、再度2回の計4回の測定を実施し、最小値、最大値を除いた2回の測定値を用いて算出された平均値を採用した。



図 8 脂肪酸における光学測定の測定部位、測定手順

（２）一般成分

一般成分の測定はロース芯（胸最長筋）を測定部位とし、ロース芯内の４隅（４か所；①～④の順番）で測定し（図４）、測定値はその平均値を採用した。

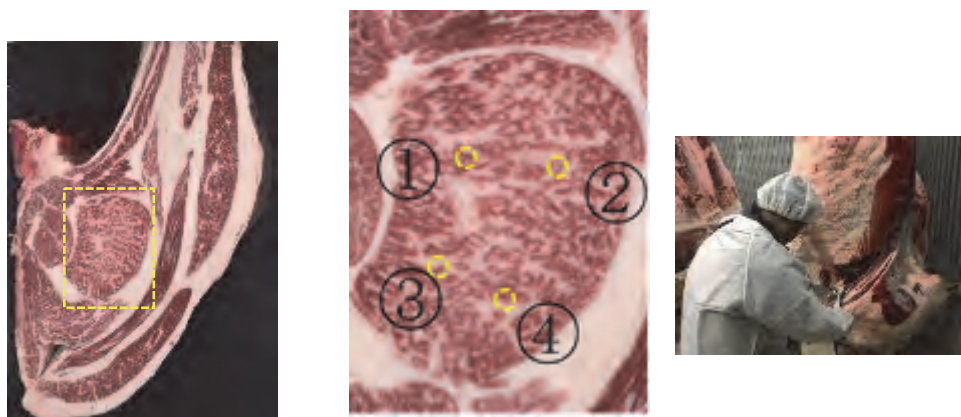


図９ 一般成分における光学測定の測定部位、測定手順
（出典：全国肉用牛振興基金協会（2021）．図６ 資料を引用）

３）粗脂肪含量の相対値の算出について

これまで全和に蓄積（一部本事業も含む）された 2,861 頭の光学測定による粗脂肪含量を用いて、RFV（前述の算出式参照）を求めた。なお、基準とした 2,861 頭による BMSNo. 別の粗脂肪含量の基本統計量は表４、散布図及び「RFV」は図 10 の通りである。

表４ BMSNo. 別の粗脂肪含量の基本統計量

BMSNo.	平均値	標準偏差	中央値	最小値	最大値	N
2	30.1	5.33	29.6	23.3	39.0	12
3	32.3	4.63	32.3	22.6	44.0	90
4	36.4	4.67	36.2	25.2	50.7	256
5	39.4	5.02	39.2	28.4	54.2	342
6	41.8	4.72	41.5	27.5	56.8	441
7	43.7	4.64	43.8	30.8	60.3	417
8	46.1	4.95	45.9	32.0	61.9	356
9	48.6	4.70	48.7	35.3	64.6	319
10	50.3	4.70	50.1	37.6	65.0	227
11	51.9	4.65	51.4	42.1	65.4	190
12	56.0	5.36	56.0	41.7	69.7	211
全体	44.6	7.56	44.4	22.6	69.7	2,861

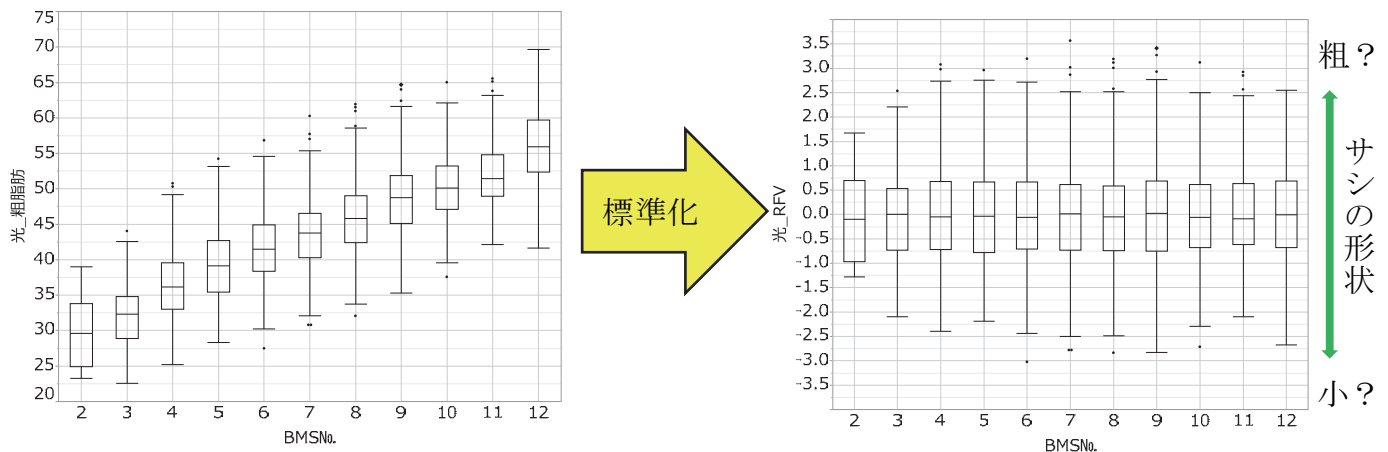


図 10 BMSNo. 別の粗脂肪含量の散布図（左図）及び「RFV」（右図）（n=2, 861）
（X 軸：BMSNo., Y 軸：粗脂肪含量の光学測定値（左図：測定値, 右図：標準化））

4) 画像解析について

画像解析によって得られる交雑脂肪の形状評価の指標として、細かさ指数及び新細かさ指数が報告されている（口田ら，2006，加藤ら，2020）。細かさ指数については、これまでに各県でデータ収集、遺伝的パラメータの算出が行われ、生産現場での活用が行われている（丸山，2010，秋山，2010）。新細かさ指数については、日本食肉格付協会にて牛枝肉取引規格に採用している「シリコン樹脂製の脂肪交雑基準」（BMS）の補完としている「写真による BMS」（以下、写真 BMS）（日本食肉格付協会，2014）に活用されている（口田ら，2015）。したがって、現在の交雑脂肪の形状評価の指標となっている細かさ指数及び新細かさ指数と RFV の関係について参考値として比較した。なお、各指数の詳細は、以下の通りである。

（1）細かさ指数

細かさ指数（Fineness Index of Marbling ; FIM）は、小さい脂肪交雑粒子（0.01～0.5 cm²）がロース芯面積にいくつあるかを数値化したもの（口田ら，2006）であり、以下の式によって算出され、数値が高い方が交雑脂肪の形状が細かいと評価される。また、小さい脂肪交雑粒子である細かさ指定範囲内粒子数（小ザシ数）は、図 11 によって算出される。

$$\text{細かさ指数} = \frac{\text{細かさ指定範囲内粒子数（小ザシ数）（個）}}{\text{画像ロース芯面積（cm}^2\text{）}}$$

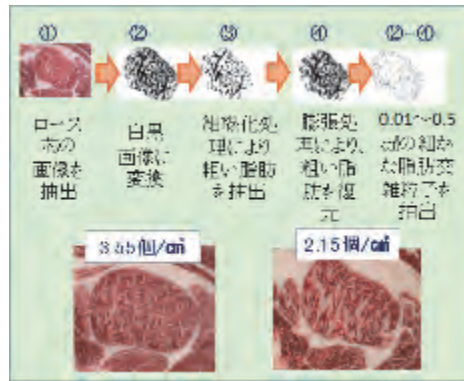


図 11 細かさ指定範囲内粒子数（細かさ粒子数）の算出方法
（出典：小浜（2015）．図 2・図 3 資料を一部改変）

（２）新細かさ指数

新細かさ指数（New Fineness Index ; NFI）は、脂肪交雑粒子の周囲長の総和をロース芯面積の平方根で除すことで以下の式により算出され、値が大きいほど交雑脂肪の形状が細かいことを示している（加藤ら，2014，小峰，2018）（図 12）。

$$\text{新細かさ指数} = \frac{\text{脂肪交雑粒子の周囲長の総和 (cm)}}{\sqrt{\text{画像ロース芯面積 (cm}^2\text{)}}}$$

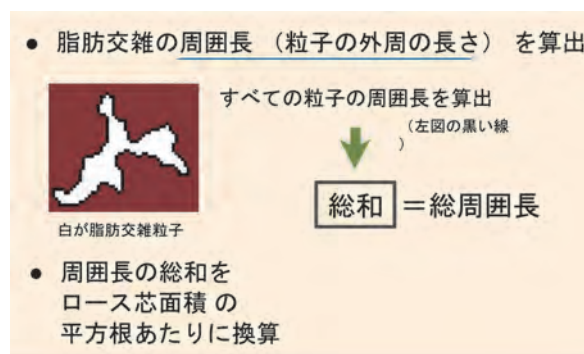


図 12 新細かさ指数の算出方法
（出典：小峰（2018）．資料を一部改変）

4. 結果及び考察

1) 格付情報、脂肪酸、一般成分及び画像解析情報について

（１）基本統計量

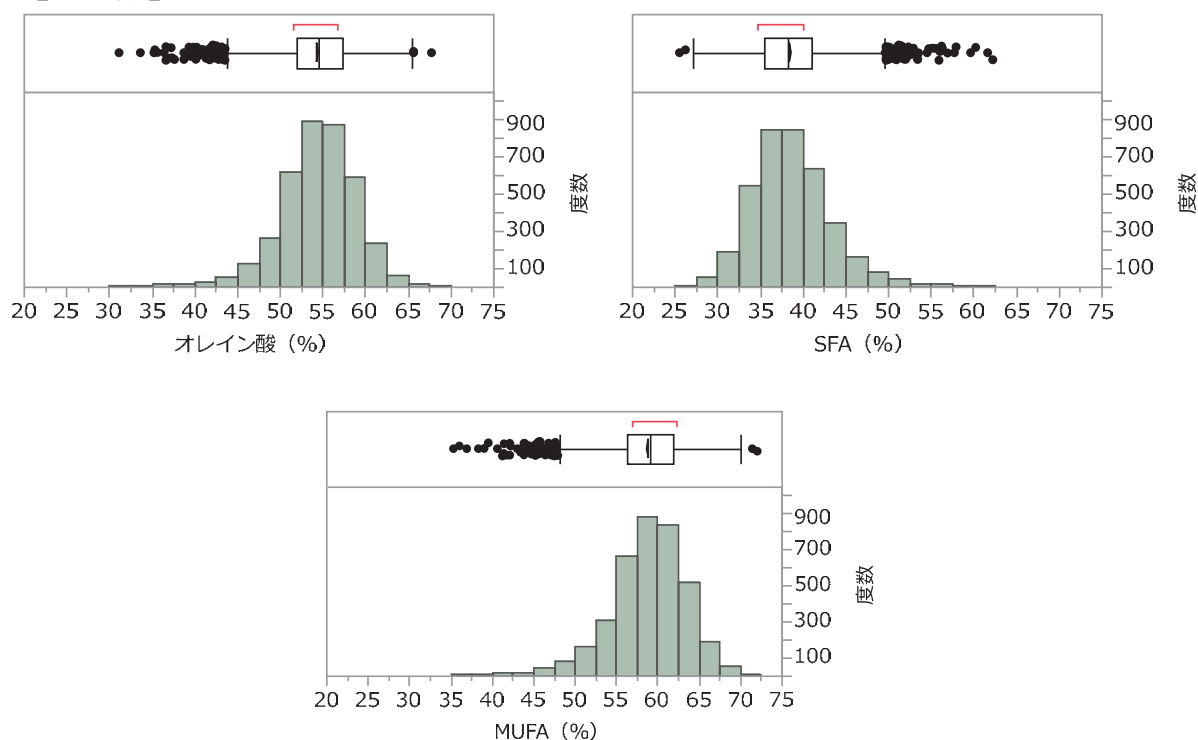
令和 3 年度から令和 5 年度までの 3 年度間で測定が実施された 3,680 頭における格付情報、脂肪酸、一般成分及び画像解析情報の基本統計量は、表 5 の通りである。なお、それぞれの場所ごとに測定に用いた機械は異なっている。また、画像解析については、細かさ指数は北海道及び岡山県、新細かさ指数は北海道のみでの収集となっている。

脂肪酸、一般成分及び画像解析形質の分布は、図 13 の通りである。

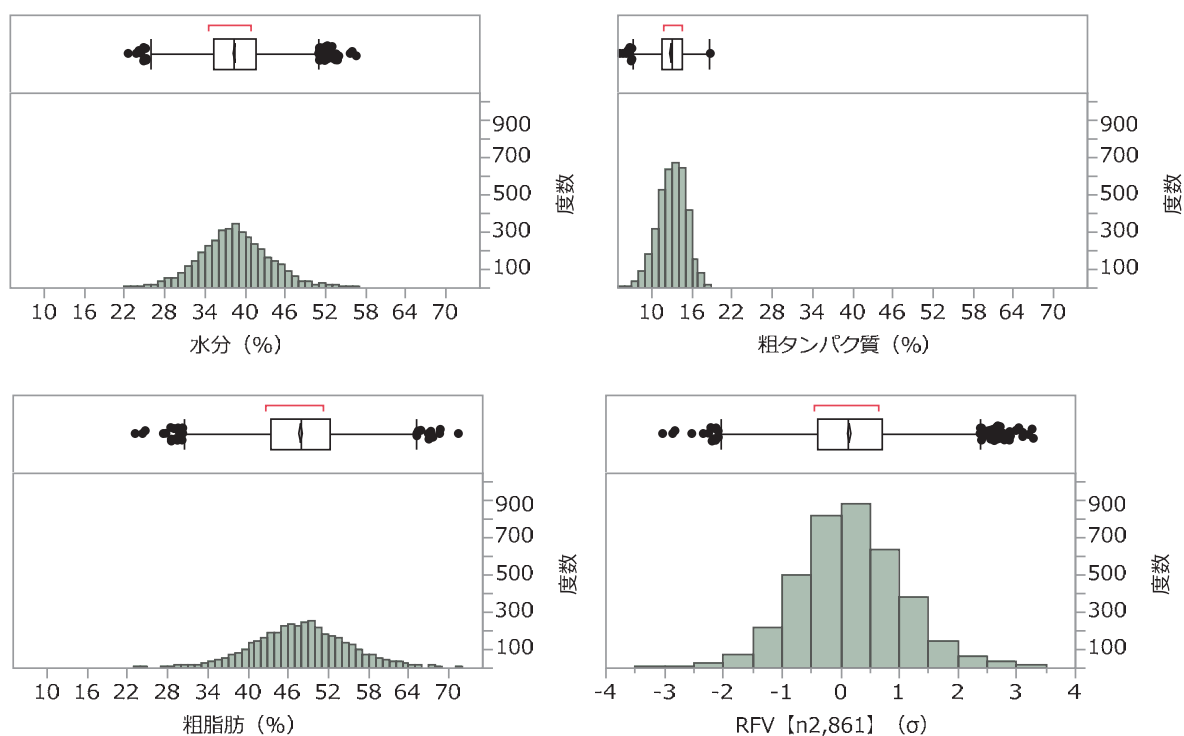
表5 本事業で収集した個体の各形質の基本統計量

	形質名	平均	標準偏差	中央値	最小値	最大値	頭数
格付 情報	枝肉重量 (kg)	499.0	60.39	500.4	262.0	699.3	3680
	ロース芯面積 (cm ²)	68.1	12.39	67.0	33.0	124.0	3680
	バラの厚さ (cm)	8.1	1.04	8.1	4.2	12.2	3680
	皮下脂肪の厚さ (cm)	2.6	0.85	2.5	0.7	7.0	3680
	歩留基準値	75.1	1.85	75.0	68.9	83.5	3680
	BMSNo.	8.5	2.34	9.0	2.0	12.0	3680
脂肪 酸	オレイン酸 (%)	54.4	4.22	54.6	31.2	67.8	3680
	SFA (%)	38.5	4.48	38.2	25.6	62.3	3680
	MUFA (%)	58.8	4.42	59.2	35.4	72.1	3680
一般 成分	水分 (%)	38.5	4.85	38.3	22.7	56.7	3680
	粗タンパク質 (%)	13.0	2.06	13.1	5.4	18.9	3680
	粗脂肪 (%)	47.9	6.61	47.9	23.3	71.5	3680
	RFV【n2,861】(σ)	0.16	0.85	0.13	-3.02	3.30	3680
画像 解析	脂肪面積割合 (%)	54.7	8.51	55.1	25.7	76.7	2040
	画像ロース芯面積 (cm ²)	64.1	11.07	62.8	32.0	112.6	2040
	細かさ指数 (個/cm ²)	2.6	0.57	2.5	1.0	4.9	995
	新細かさ指数	80.3	11.08	80.2	40.9	134.9	1575

【脂肪酸】



【一般成分】



【画像解析】

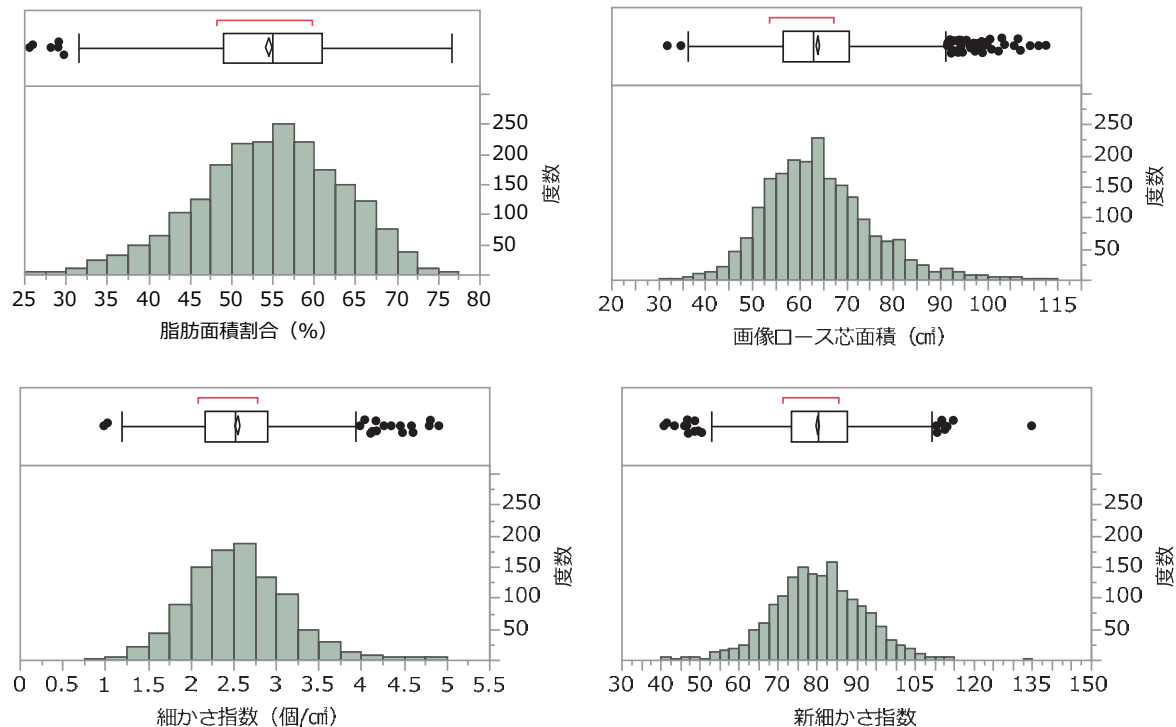
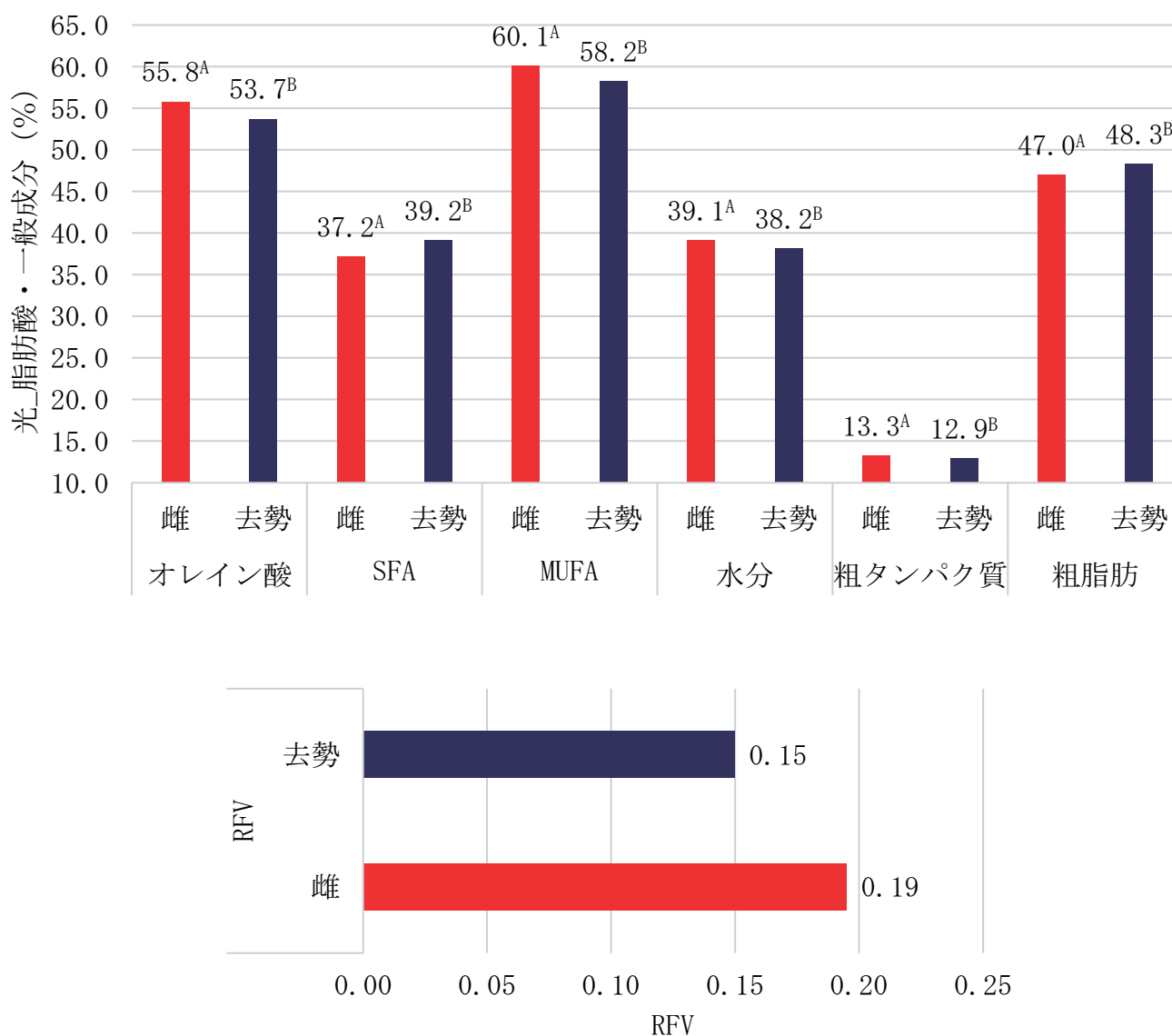


図 13 脂肪酸、一般成分及び画像解析の分布

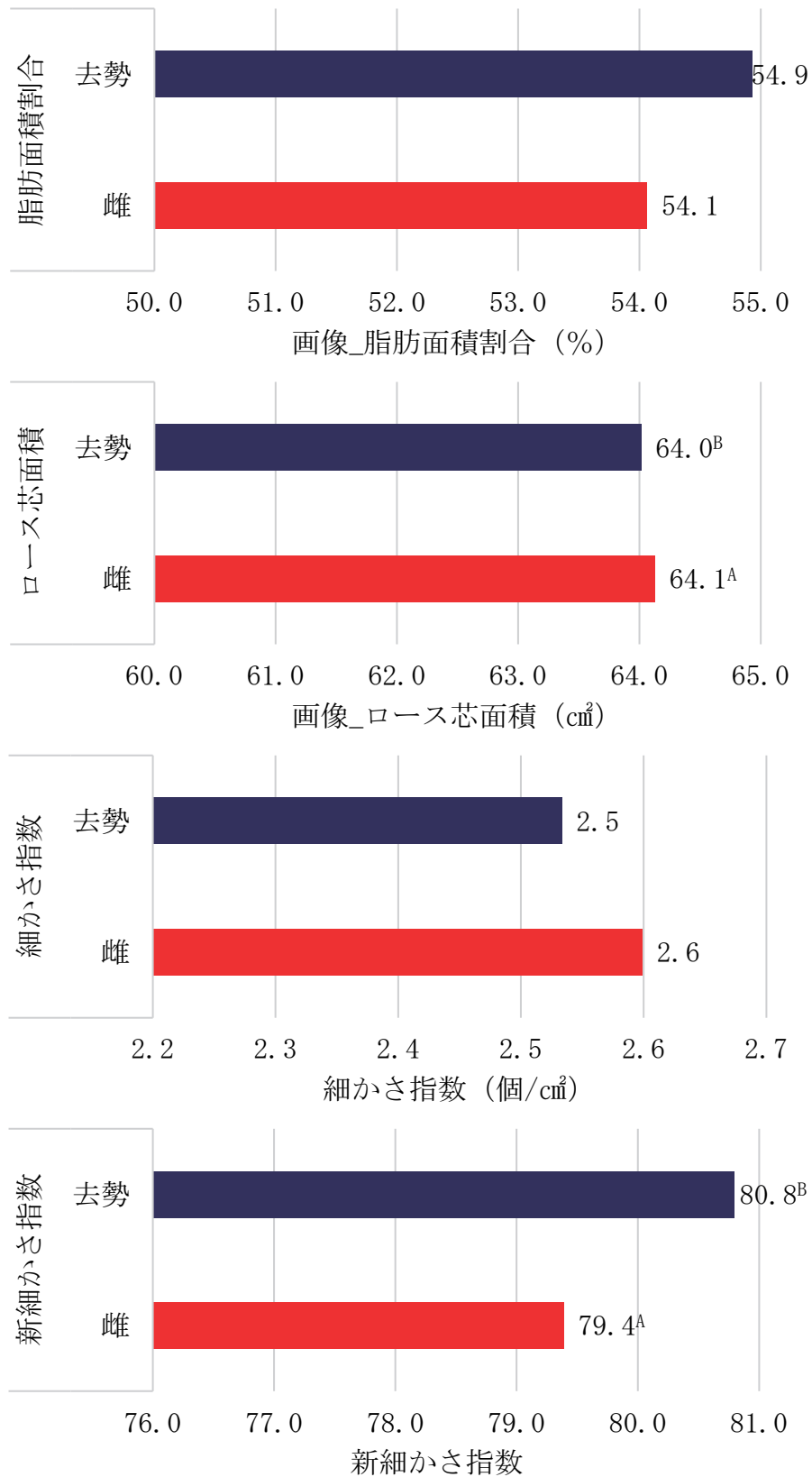
(2) 性別と脂肪酸、一般成分及び画像解析との関係

性別と脂肪酸及び一般成分との関係について調査した (図 14)。Student の t 検定を実施し、RFV 以外の形質の雌雄間において 5 %水準で有意差があった。性別と画像解析との関係について調査した (図 15)。画像ロース芯面積及び新細かさ指数については、雌雄間において 5 %水準で有意差があった。



※Student の t 検定にて同じ文字で繋がっていない各形質の平均値は有意差あり

図 14 性別と脂肪酸及び一般成分 (上図)、RFV (下図) の関係

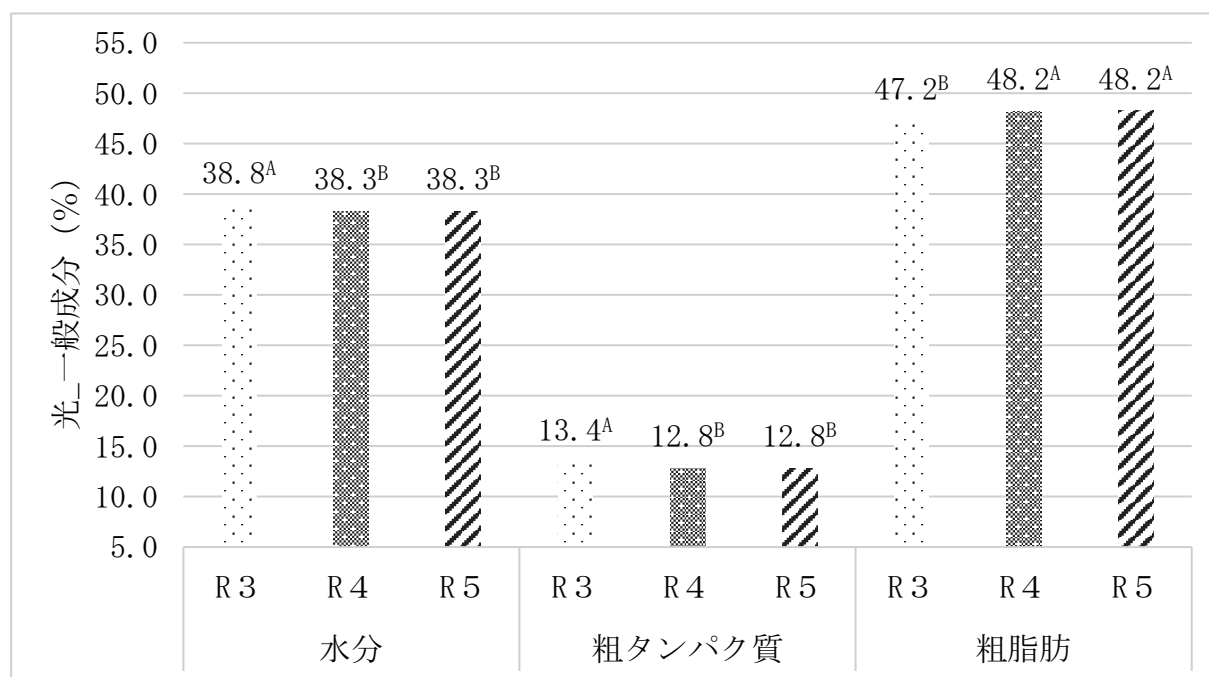
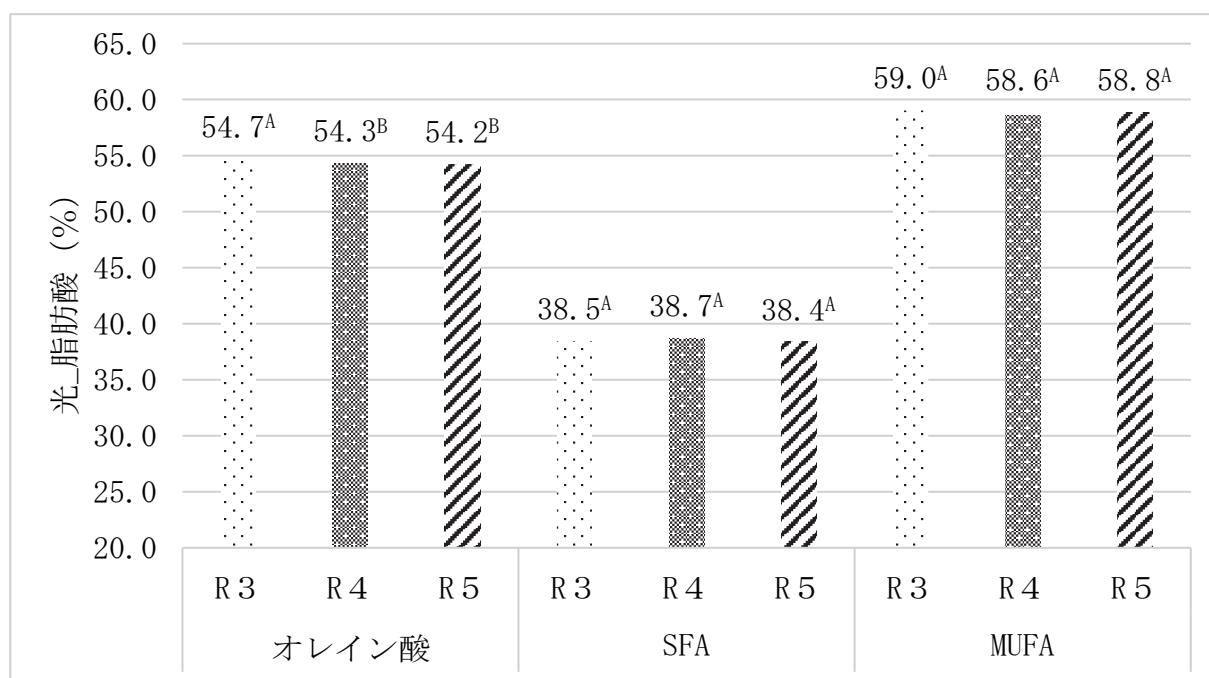


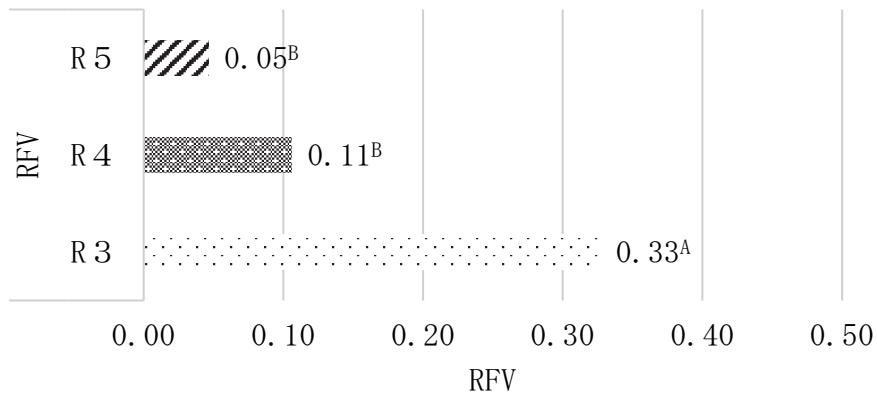
※Student の t 検定にて同じ文字で繋がっていない各形質の平均値は有意差あり

図 15 性別と画像解析の関係

(3) 収集年度と脂肪酸、一般成分及び画像解析との関係

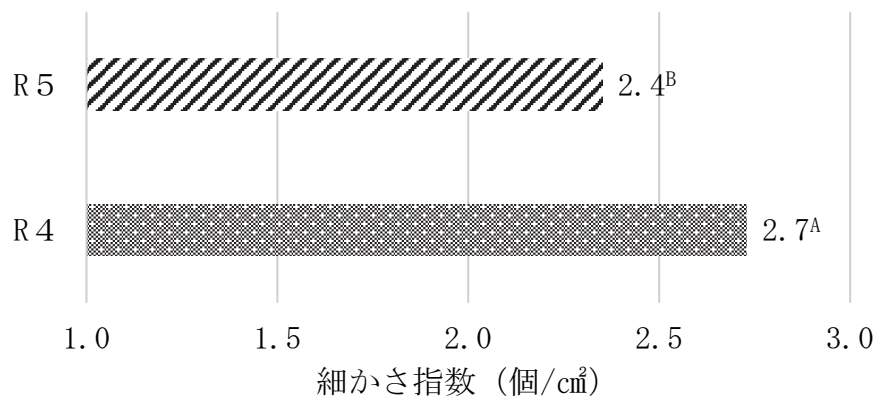
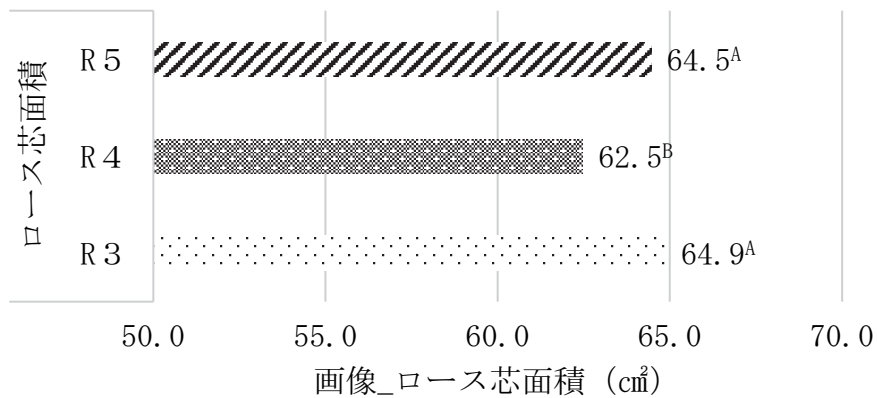
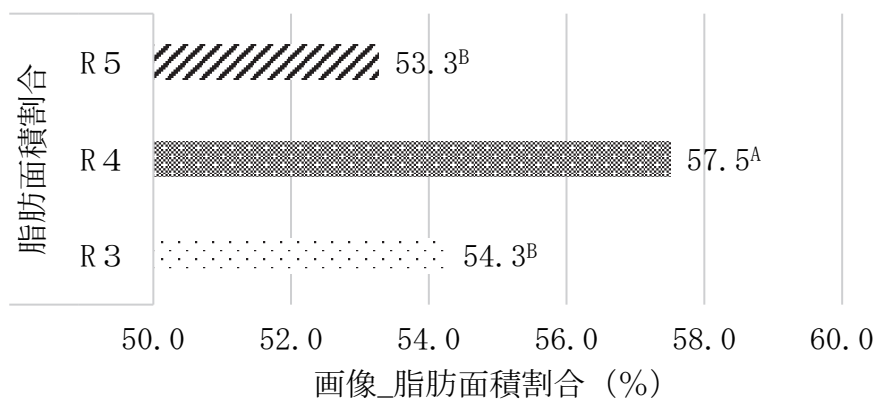
収集年度と脂肪酸及び一般成分との関係について調査した(図 16)。Tukey-Kramer の HSD 検定を実施したところ、SFA 及び MUFA については有意差が無かったものの、令和 3 年度と令和 4 年度及び令和 5 年度間においてオレイン酸、一般成分及び RFV において 5 % 水準で有意差が認められた。収集年度と画像解析との関係について調査した(図 17)。なお、細かさ指数については、令和 3 年度は収集されていないため、2 年度分となっている。画像解析については、全ての収集年度ではないものの 5 % 水準で有意差が認められるものもあった。

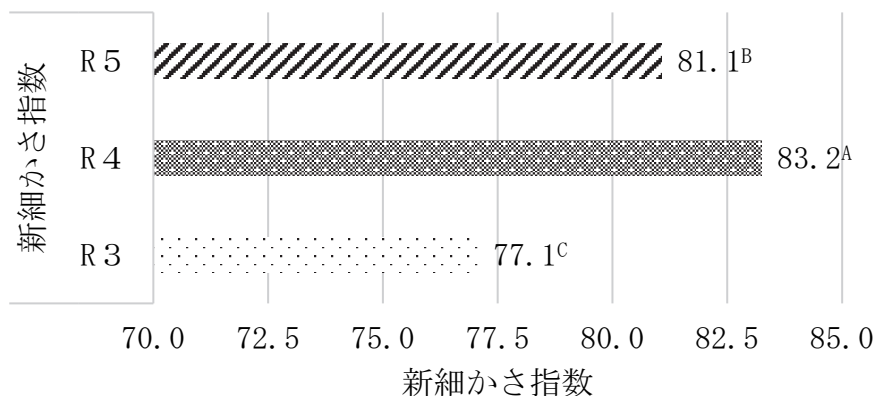




※Tukey-Kramer のHSD 検定にて同じ文字で繋がっていない平均値は有意差あり

図 16 収集年度と脂肪酸（上図）、一般成分（中図）及び RFV（下図）の関係



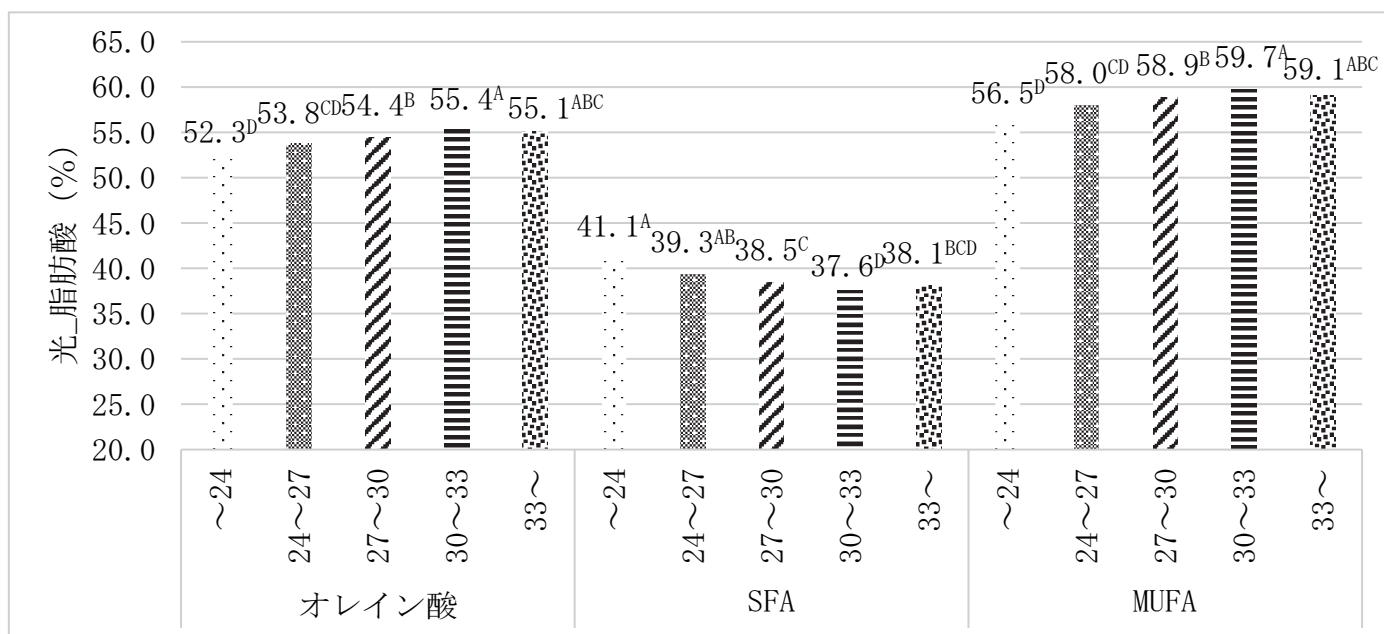


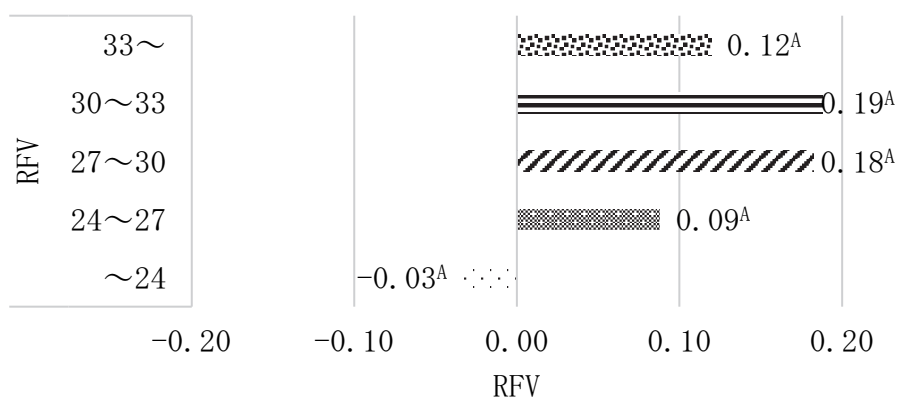
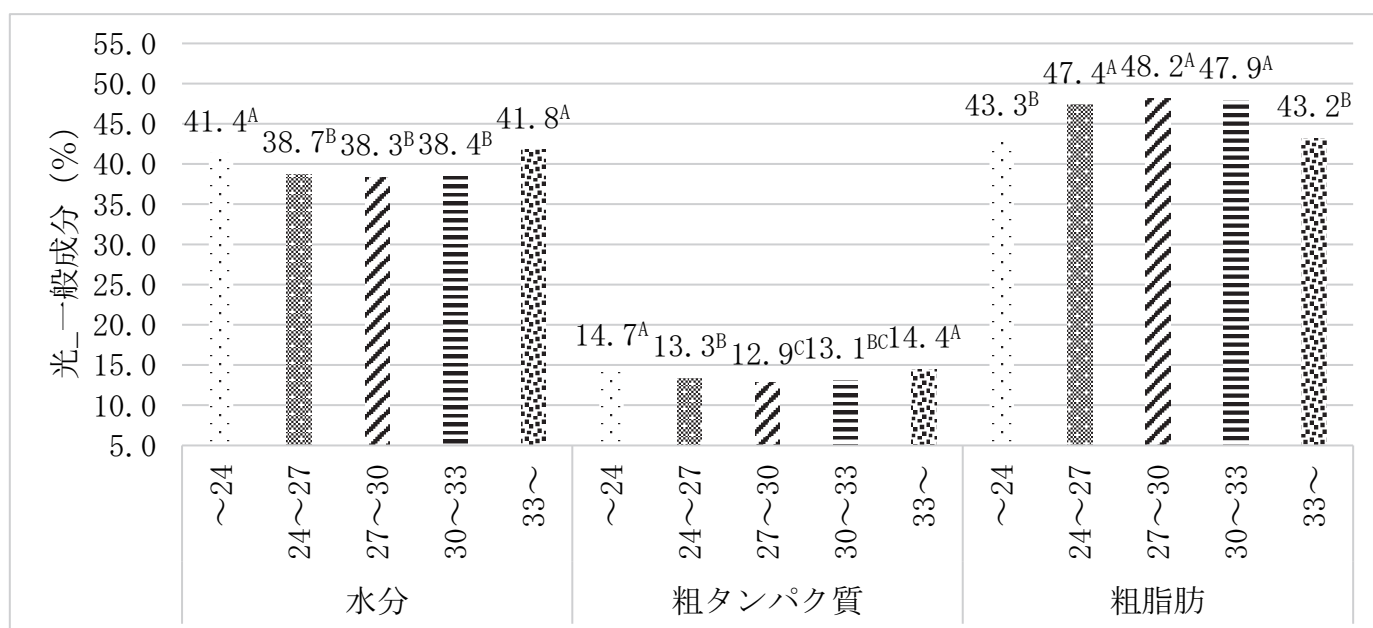
※Tukey-Kramer の HSD 検定にて同じ文字で繋がっていない平均値は有意差あり

図 17 収集年度と画像解析の関係

(4) 出荷月齢と脂肪酸、一般成分及び画像解析との関係

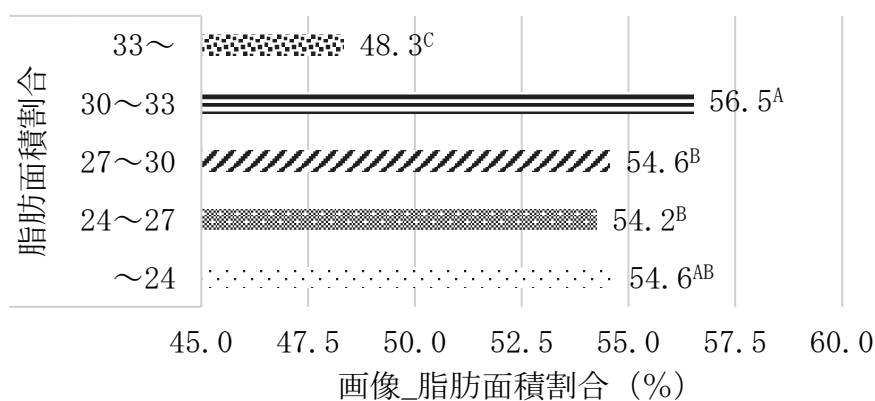
出荷月齢と脂肪酸及び一般成分との関係について調査した (図 18)。なお、出荷月齢は3ヵ月齢毎の5区分とした。Tukey-Kramer の HSD 検定を実施したところ、全ての出荷月齢ではないものの5%水準で有意差が認められるものもあった。RFV は有意差が無かった。出荷月齢と画像解析との関係について調査した (図 19)。画像解析については、新細かさ指数を除いた形質において全ての収集年度ではないものの5%水準で有意差が認められるものがあった。

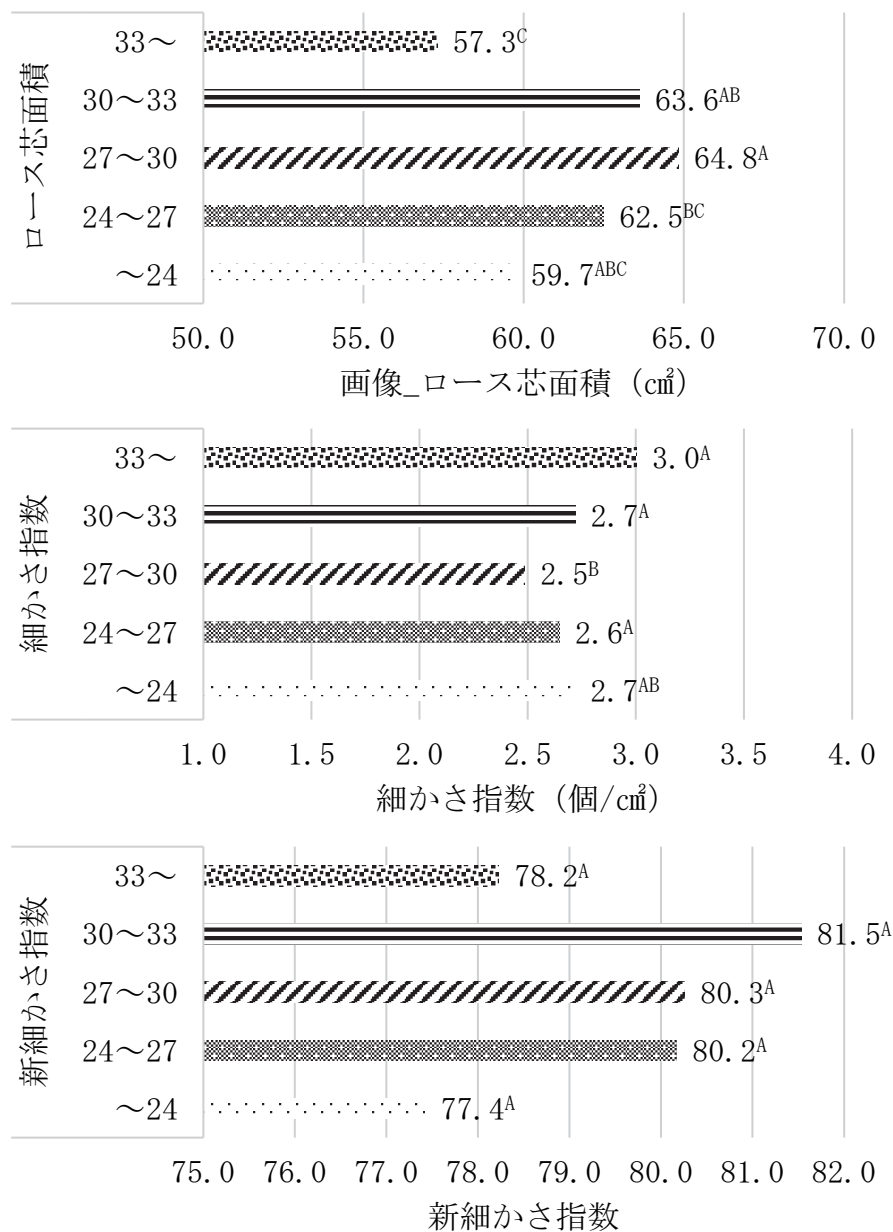




※Tukey-Kramer の HSD 検定にて同じ文字で繋がっていない平均値は有意差あり

図 18 出荷月齢と脂肪酸（上図）、一般成分（中図）及び RFV（下図）の関係



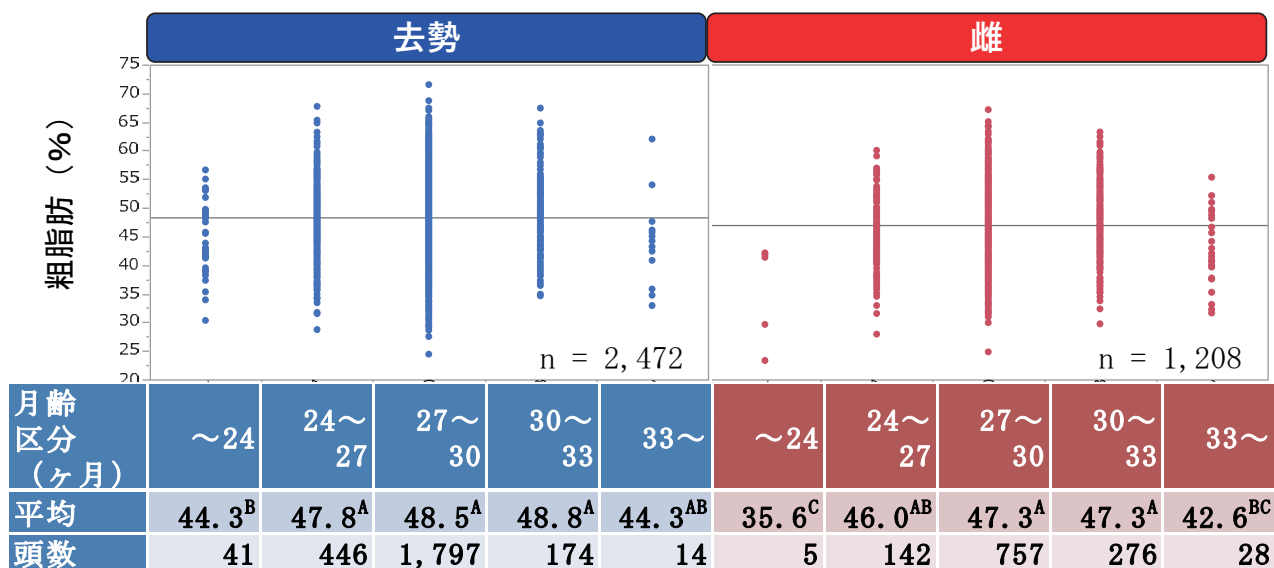
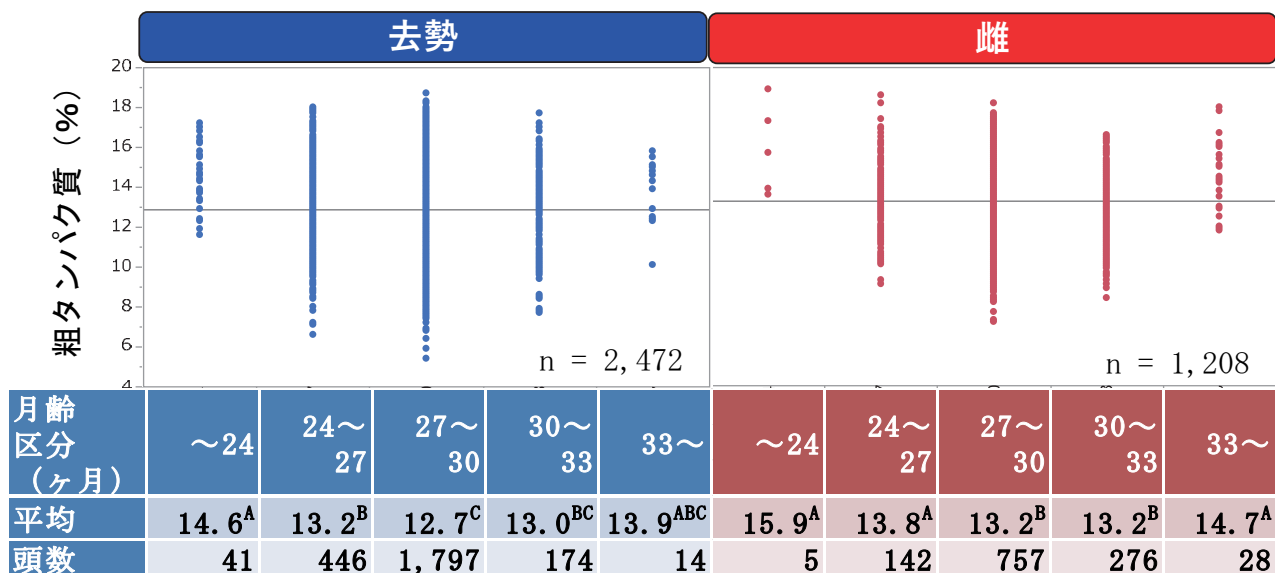
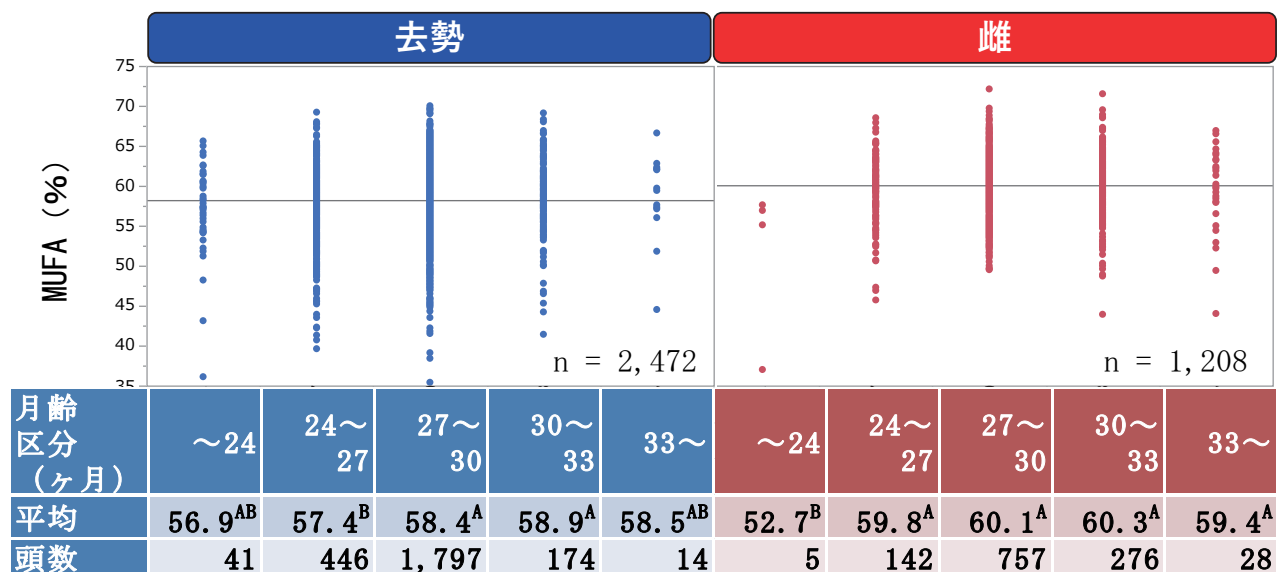


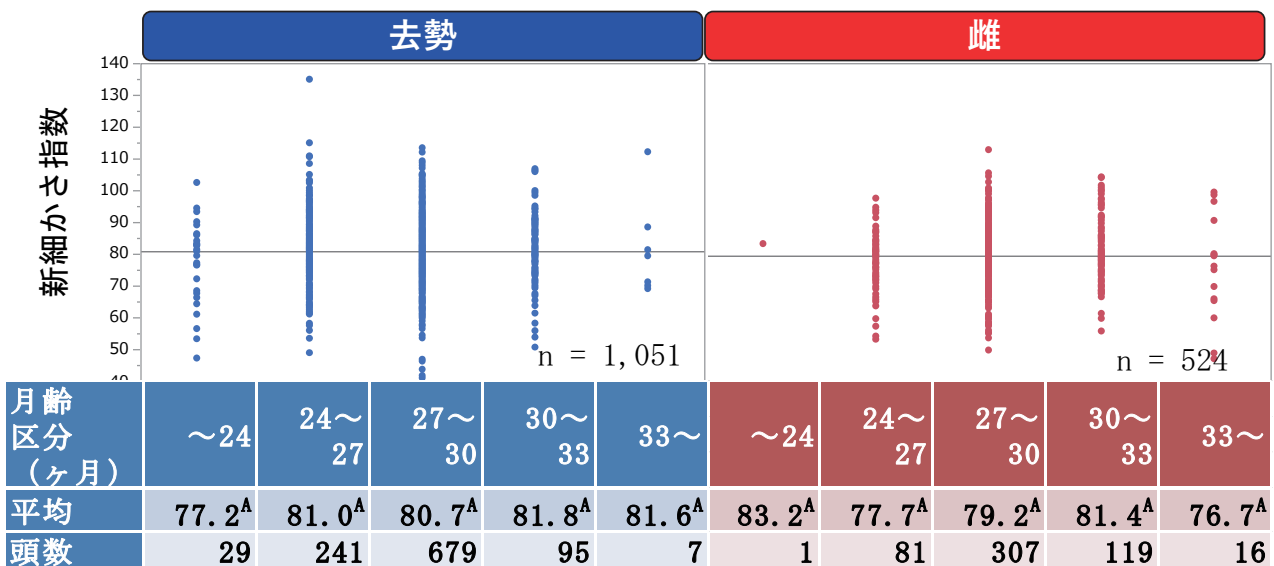
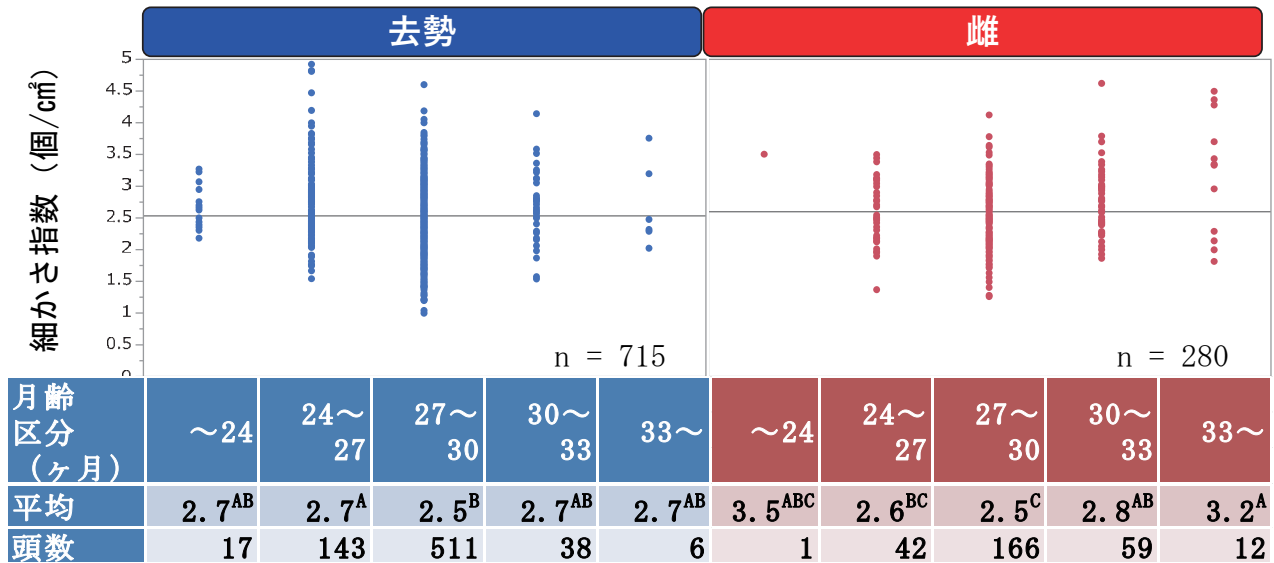
※Tukey-Kramer のHSD 検定にて同じ文字で繋がっていない平均値は有意差あり

図 19 出荷月齢と画像解析の関係

(5) 性別・出荷月齢と脂肪酸、一般成分及び画像解析との関係

性別・出荷月齢との間で有意差が確認された形質のうち MUFA、粗タンパク質、粗脂肪、細かさ指数及び新細かさ指数との関係について調査した (図 20)。なお、出荷月齢は3ヵ月齢毎の5区分とした。Tukey-Kramer のHSD 検定を実施したところ、全てではないものの5%水準で有意差が認められるものがあった。特に、MUFA については、雌は月齢による影響は小さく、去勢と比較してもばらつきが小さい傾向が見られた。なお、新細かさ指数は有意差が無かった。



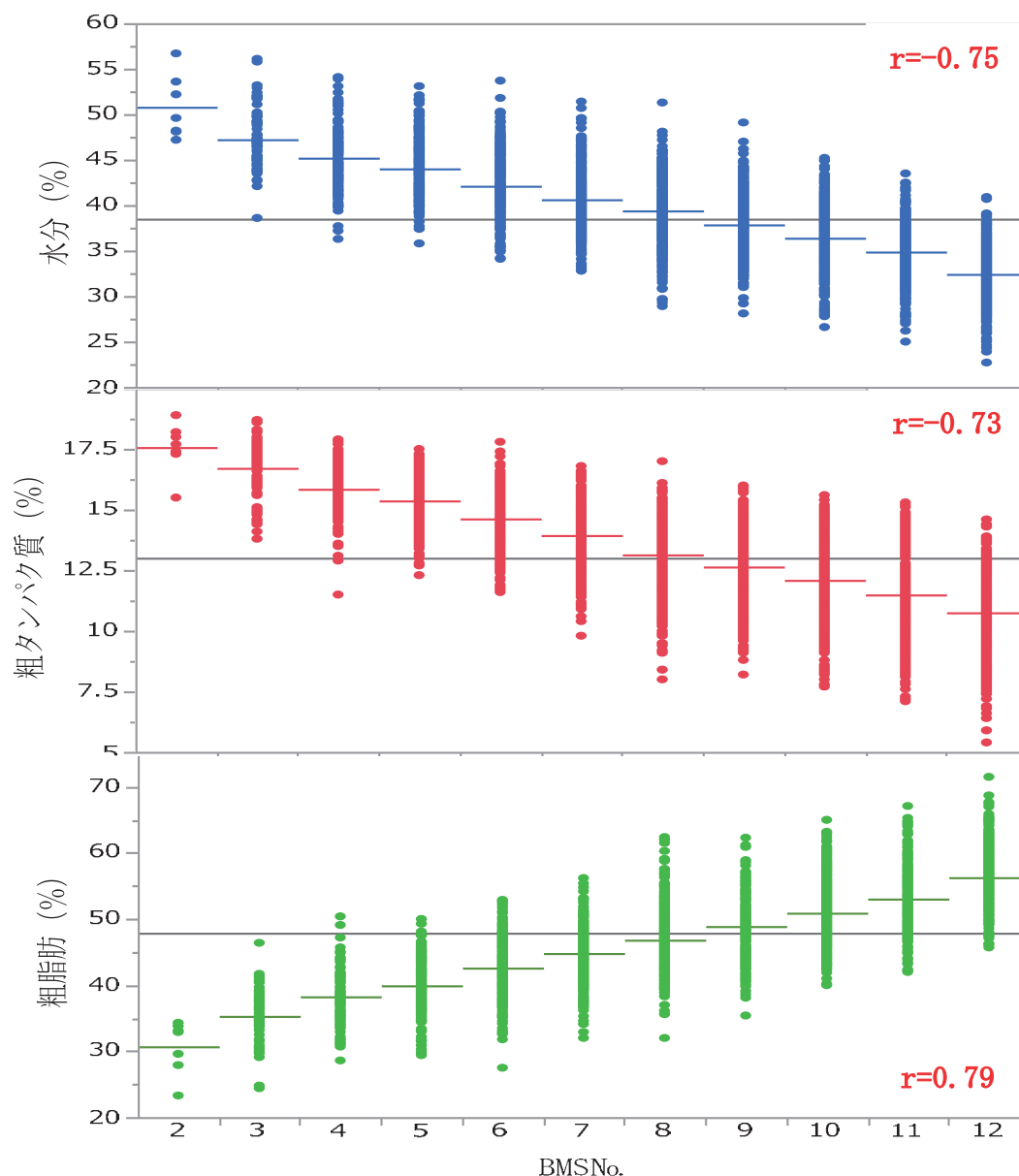


※Tukey-Kramer の HSD 検定にて同じ文字で繋がっていない平均値は有意差あり

図 20 性別・出荷月齢と脂肪酸 (MUFA)、一般成分 (粗タンパク質、粗脂肪)、画像解析 (細かさ指数、新細かさ指数) の関係

(6) BMSNo. と一般成分の関係

BMSNo. と一般成分の関係について調査した (図 21)。BMSNo. と水分、粗タンパク質及び粗脂肪間の相関係数はそれぞれ、 -0.75 、 -0.73 及び 0.79 と高い相関が得られた。BMSNo. が高くなると粗脂肪は増加する傾向にあるが、水分、粗タンパク質は減少傾向にあった。また、同じ BMSNo. でも一般成分はばらつきが大きくなっており、前回事業と同様の結果となった (全国肉用牛振興基金協会, 2021)。

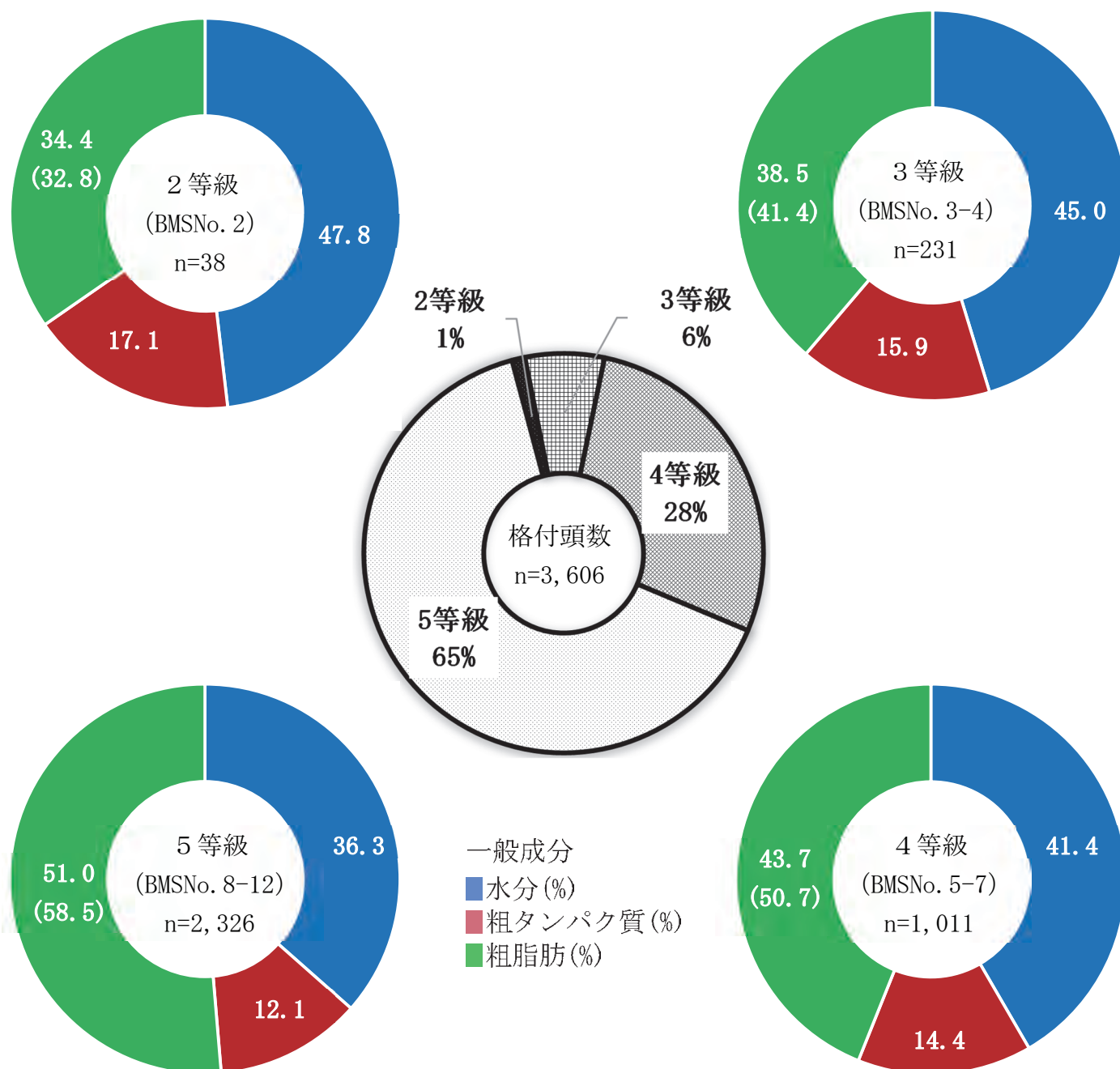


BMSNo.	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
水分 (%)	50.8	47.2	45.2	44.0	42.1	40.6	39.4	37.9	36.4	34.9	32.4
粗タンパク質 (%)	17.6	16.7	15.8	15.4	14.6	13.9	13.1	12.6	12.1	11.5	10.8
粗脂肪 (%)	30.7	35.3	38.3	39.9	42.6	44.8	46.8	48.9	50.9	53.0	56.3
頭数	7	67	137	198	362	503	505	518	547	410	426

図 21 BMSNo. と一般成分の散布図

(7) 肉質等級別の一般成分の構成

本事業で収集された肉質等級の分布と肉質等級別の平均値を用いて一般成分の構成を調査した（図 22）。また、参考値として画像解析による脂肪面積割合も調査した。肉質等級が上昇するにつれ、水分、粗タンパク質は減少し、粗脂肪が増加する傾向があり、前回事業と同様な傾向になっていた（全国肉用牛振興基金協会，2021）。なお、「5 等級」では、粗脂肪含量が 50%以上を占め、画像解析による脂肪面積割合は 6 割となっていた。

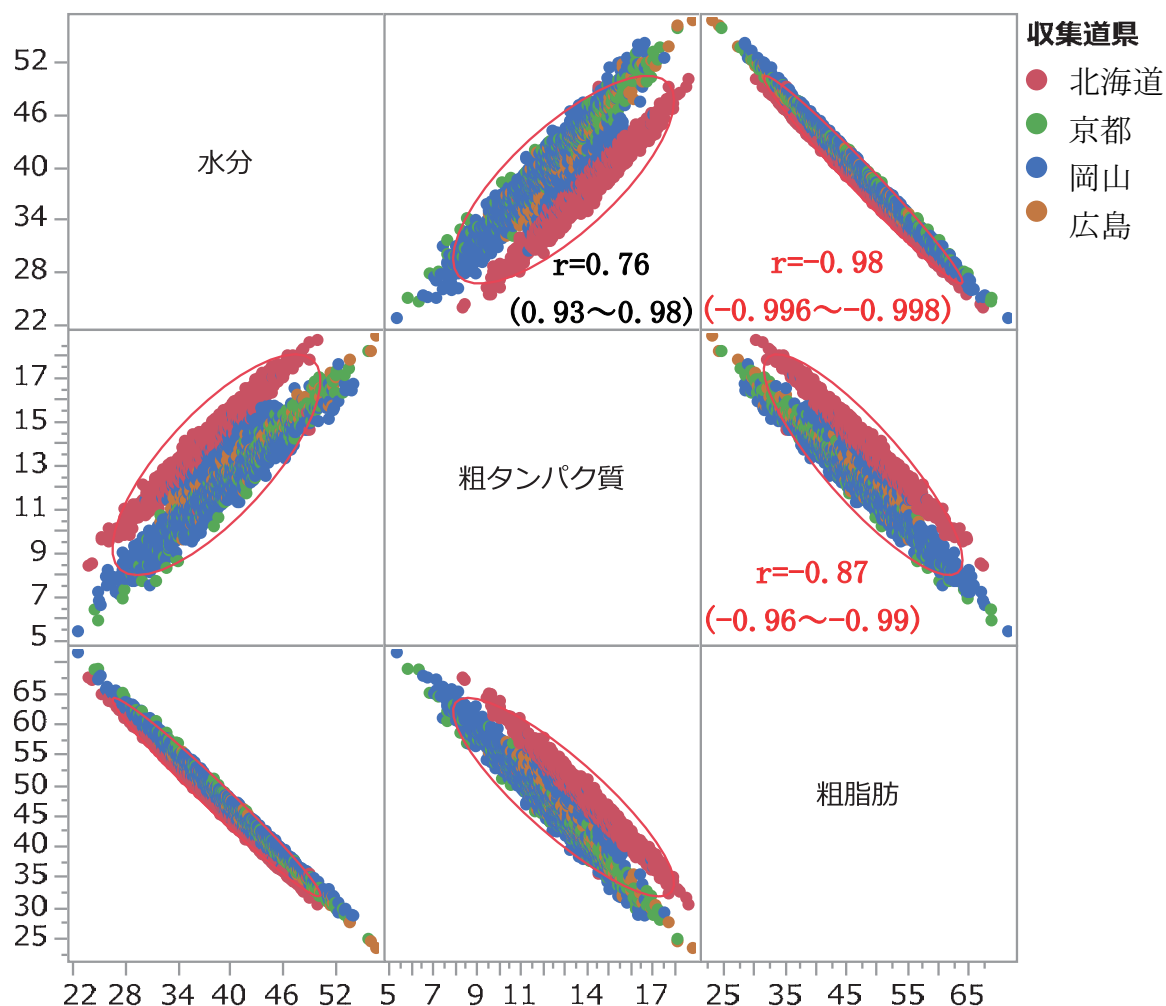


※粗脂肪含量の（ ）内の数値は画像解析による脂肪面積割合を示す（参考値）

図 22 肉質等級別の一般成分の構成

(8) 一般成分間の散布図及び相関係数

それぞれの一般成分間の散布図と相関係数を図 23 に示す。また、収集場所別の相関係数も調査した。粗脂肪と水分は、相関係数 -0.98 ($-0.996\sim-0.998$) と高い負の相関となっており、粗脂肪の増加に伴って水分は減少することが確認された。また、同様に粗脂肪と粗タンパク質の相関係数は、 -0.87 ($-0.96\sim-0.99$) と高い負の相関となっており、粗脂肪の増加により、粗タンパク質も減少し、前回事業と同様な傾向になっていた（全国肉用牛振興基金協会，2021）。一方、水分と粗タンパク質の相関係数は収集場所では、 $0.93\sim0.98$ と高い正の相関となっているが、4道県をまとめた場合は、散布図の層が分離しており、相関係数は 0.76 と他の一般成分間と比較すると低くなっていた。したがって、他機（県）とのデータの統合をする際には、慎重に対応することが必要である。



※相関係数の（ ）内の数値は収集場所の相関係数の最小値～最大値を示す。

図 23 一般成分3成分の散布図（対角下は対角上と対称）

(9) RFV と細かさ指数及び新細かさ指数との関係

RFV と細かさ指数及び新細かさ指数との関係について図 24 に示した。相関係数は、細かさ指数及び新細かさ指数でそれぞれ-0.22 及び-0.43 と低い及び中程度の相関となっていた。

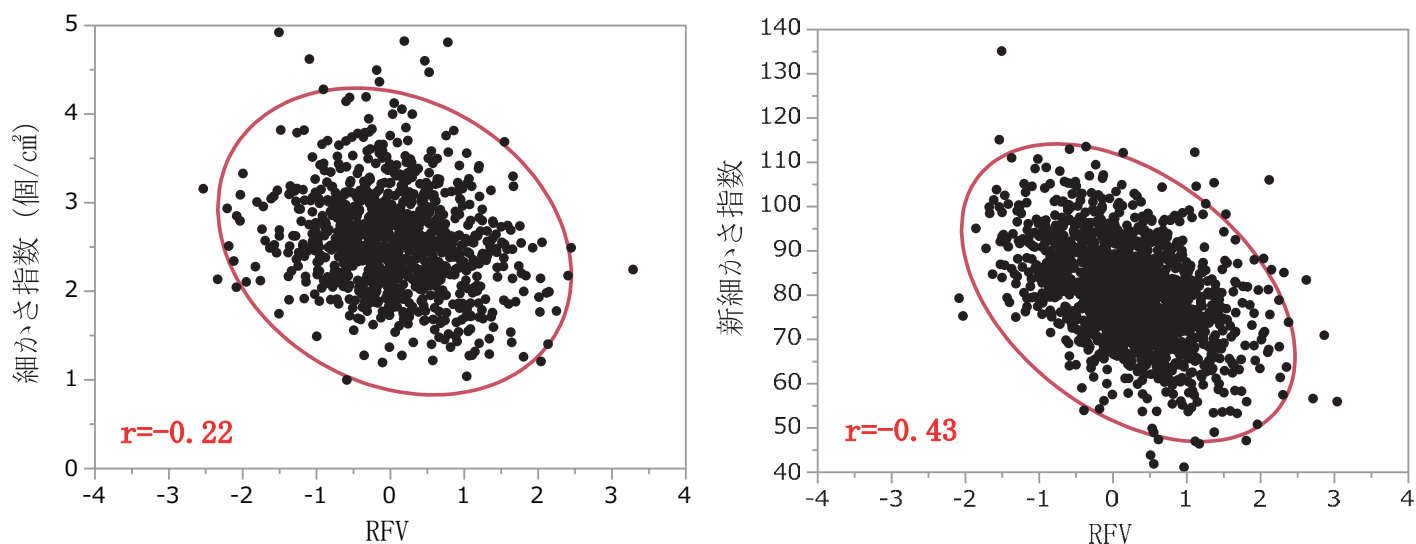


図 24 RFV と細かさ指数（左図）及び新細かさ指数（右図）の散布図

6. まとめ及び今後の展望について

第 1 章の冒頭でも触れたように、和牛は脂肪交雑に重点を置いた改良が現在も行われており、枝肉価格（図 1）や子牛市場価格の評価の重要な要因となっている。また、全国の牛枝肉格付け結果を見ると、平成 24 年次は A5 等級が 20.5%、A4 等級は 39.3%となっており、4 等級以上の上物率は 62.3%であったが、令和 4 年次は A5 等級が 61.2%、A4 等級は 28.5%となっており、4 等級以上の上物率は 91.5%まで改良が進み（日本食肉格付協会, 2024）、上物よりもむしろ 3 等級以下が 8.5%希少となりつつある。BMSNo. の平均値についても平成 24 年次は 5.8 だったものが 8.4 までと 2.6 ポイント上昇している。一方で、ここまで脂肪交雑の改良が進んでいるものの、関係団体、生産者である肥育農家と繁殖農家は、現在の枝肉市場で BMSNo. 12 が最も高く取引されることもあり、脂肪交雑をさらに向上させようとする動きも見られる。造成されている種雄牛の期待育種価などをみても、向こう 10 年間は脂肪交雑の改良が継続されることが予測されることから、10 年後には全国の平均 BMSNo. が 11 に近づくことも予測されており、脂肪交雑を中心とした改良の動きを落ち着かせるための方策を打たなければならない。Iida ら (2015) は牛肉内の粗脂肪量が約 36%を超えると、官能評価試験による評価が低下すると報告しており、これを本事業で収集された BMSNo. で見ると BMSNo. 3（粗脂肪：35.3%）～4（粗脂肪：38.3%）（図 23）に該当し、肉質等級では 3 等級となっており、本事業で収

集された枝肉のうちわずか6%の出現率となっている（図 24）。また、日本食肉消費総合センター（2024）が消費者（1,800 名）向けにスーパー・生協・食肉専門店等で「普段買う量や頻度が多い国産牛肉」に近い画像（シリコン樹脂製の BMSNo. と写真 BMSNo.）を提示し、1つ選択するアンケート調査を実施したところ、BMSNo. 3 が 16.0%と最も多く、次いで BMSNo. 4 の 10.7%となっており、官能評価試験と消費者の購入頻度が多い牛肉と関連していることが示唆されている。なお、同調査によると消費者が「赤身肉」と考える牛肉は、BMSNo. 3 以下と回答する割合が半数以上となっており、「好きな国産牛肉」、「好んで食べたい国産牛肉」を1つ回答するアンケート調査でも 15.2%と最も多く、赤身肉を好む消費者が多い傾向を示していた。一方、2番目に多かったのが BMSNo. 10 の画像で 12.1%となっており、特に 20 代が 13.7%と高く、価格を気にしなければ霜降り肉を選択するようである。さらに牛肉の消費量を増やしていくためには、多様な消費者ニーズに対応することが求められ、適度な脂肪交雑で、リーズナブルな価格の牛肉生産も必要である。したがって、A5 ランクという表示以外にも、脂肪酸や粗脂肪（一般成分）のような新しい指標で牛肉を購入する際の選択肢を増やすことも必要であり、客観的な数値を利用・普及していくことが重要である。

一方で、食味性に起因する MUFA を食肉脂質測定装置で非破壊、迅速、簡易に収集することができるようになり、脂肪の質がブランド牛肉の基準としても取り入れられている。また、脂肪酸については、29 道府県で約 44.0 万頭の枝肉情報を用いて育種価評価も実施され（表 1）、今後は食味性に優れた種畜の選抜、交配が期待される。令和 4 年度に鹿児島県で開催された第 12 回全国和牛能力共進会では、第 7 区（脂肪の質評価群）を設定し、出品牛の父牛は脂肪酸の育種価が判明していること、BMSNo. 8 以上は肉質得点（脂肪交雑）を同列扱いとすることを全国で初めて条件とし、脂肪酸の改良を意識した出品区の新設により、普及啓発が行われている。

しかし、現在の評価頭数はまだ十分ではなく、育種価判明率も約 18%（表 1）と低く、正確度の高い育種価を用いるためには、全国の和牛集団から偏りなく脂肪酸の記録を収集することが必要であり、この体制作りを強化することが今後望まれる。

これに加えて、食肉脂質測定装置によって測定が可能となっている牛肉（ロース芯）中の水分、粗タンパク質、粗脂肪といった一般成分についても消費者の赤身肉嗜好の傾向が高くなっている中で客観的な測定値を把握・蓄積することが重要である。遡ると、格付規格が改正された当時のロース芯に占める脂肪交雑の面積割合は脂肪交雑基準値「+5」（現在の BMSNo. 12 に相当）で 32.5%（中井，1987）であったが、当該事業で収集された BMSNo. 12 の粗脂肪含量は平均で 56.3%（45.7%～71.5%）となっており、赤身部分よりも脂肪の方が多くなっている。逆に水分と粗タンパク質は減少し、粗タンパク質含量は 10.8%（5.4%～14.6%）と驚くべき結果となった。したがって、和牛は脂っぽくて沢山食べられない、食べ過ぎると胃腸の調子が気になるといった感想が出てくるのは、然るべき結果とも言える。したがって、前述の通り粗脂肪含量が 30～40%の場合にうま味が最も強く現れる傾向があ

るとの報告（Iida ら, 2015）もあるなかで、粗脂肪の過度の増加は食味性への影響が懸念され、牛肉が食品である以上、粗脂肪と粗タンパク質のバランスが重要であり、今後の和牛の食味性の改良においては、脂肪酸に加え、牛肉の一般成分（水分、粗タンパク質、粗脂肪）の客観的な測定値の収集も必要である。

当該事業では、前々事業である JRA 畜産振興事業「和牛の遺伝的多様性等活用調査研究事業」（平成 29～令和元年度）で完成した一般成分検量線を用いて牛肉の一般成分に着目したデータ収集に加え、前事業である JRA 畜産振興事業「牛肉のうま味成分高付加価値化推進調査研究事業」（平成 30～令和 2 年度）でも検討された格付成績と光学測定値および画像解析との関係について収集場所を増やして分析・検証を行い、脂肪交雑偏重の脂肪の量の改良から和牛肉の新たな価値観（脂肪の質、交雑脂肪の形状等）の構築へ向けた調査を実施した。

調査内容は、脂肪酸、一般成分及び画像解析と「性別」、「収集年度」、「出荷月齢」及び「性別・出荷月齢」の各組合せで関係性を調査した。さらに、一般成分については「BMSNo.」、「肉質等級」及び「一般成分間」、画像解析については「RFV」との関連について調査を行った。

脂肪酸は、「性別」、「出荷月齢」において有意差があり、「性別」と「出荷月齢」については、雌は去勢よりも約 2 % 高く、出荷月齢が短くなると脂肪酸は低くなる傾向となっており、これまで全和で調査を行ってきた傾向と一致していた。なお、「性別・出荷月齢」を見ても雌は去勢よりも高い傾向にあり、去勢は雌よりもばらつきが大きい傾向になっていた。鈴木ら（2013）は、MUFA が風味の強さに関係し、約 60 % が好ましい関係にあると報告している。したがって、今回の結果から、去勢において脂肪酸が低い（脂肪が硬い）ものを淘汰してばらつきを小さくすること、出荷月齢が短くても MUFA が高い個体を選抜していくことが、食味性の向上にとって必要である。そのためには、データの収集はもとより、育種価を活用した選抜・種雄牛造成を実施していくことが今後の改良のポイントとなる。

一般成分は、全ての調査内容で有意差がある部分が確認された。特に、脂肪酸同様に粗タンパク質及び粗脂肪については、雌は去勢よりもばらつきが小さい傾向にあり、粗タンパク質は雌、粗脂肪は去勢が多い傾向にあった。したがって、ブランドの条件に雌のみとしたブランド牛がいくつか存在するが、これは脂肪の質も良好であることに加えて、粗タンパク質が去勢よりも高いことからアミノ酸量が多く、結果として去勢牛とは異なる食味性を特徴として売りにしていることに起因しているとも推察された。

RFV は、「収集年度」において有意差が確認された。画像解析である細かさ指数及び新細かさ指数との関係においては、新細かさ指数と中程度の間があることが分かった。

以上の結果より、格付成績のみならず、脂肪酸及び一般成分の収集によって、脂肪酸については「脂肪の質」、粗脂肪については「脂肪の量」、粗タンパク質については「赤身（アミノ酸）の量」と牛肉の特長把握に繋がることから、全国域での収

集体制の整備が今後重要になる。そして、これらの形質に関して育種価を実施していくことに加え、ゲノム情報も活用した効率的な改良が必要である。脂肪の量については、本事業で収集された粗脂肪（BMSNo.）の平均が 47.9%（8.5）となっており、全国の BMSNo. の平均の 8.4 と同程度（日本食肉格付協会, 2024）であることから、官能評価で好ましいとされる粗脂肪の 36%（Iida ら, 2015）を全国的に上回っていることが推察される。したがって、脂肪の量については、これ以上の改良は食味の低下が懸念されるため、脂肪の質及びタンパク質やアミノ酸量にも着目すべきである。脂肪の質については、本事業で収集された MUFA の平均が 58.8%となっており、風味の強さを感じるピークとされる約 60%（鈴木ら, 2013）よりは低く、35.4%~72.1%とばらつきも大きいことから、脂肪の質を高めていくことが必要である。タンパク質やアミノ酸の量については、粗脂肪の増加に伴って低下するが、例えば A 3 等級の牛肉でも、本事業で取り組んだ分類結果を参考に、うま味の強さを引き合いに出すなど、嗜好に応じて選択できる供給や流通のあり方について検討をすすめるのが良いのではないだろうか。

【参考文献】（筆者のアルファベット順）

- ・秋山敬孝. 2010. 但馬牛の特徴「小ザシ」の評価. 畜産技術ひょうご.
<http://hyogo.lin.gr.jp/ghyogo/99/saizensen.htm>
- ・阿佐玲奈・岡本匡代・佐々木可奈恵・大井幹記・竹尾麻紗美・萩谷功一・口田圭吾. 2017. 黒毛和種の脂肪交雑形状および消費者型官能評価との関係性. 日本畜産学会報 88(2), 139-143.
- ・後藤弥子・阿佐玲奈・萩谷功一・口田圭吾. 2020. 黒毛和種におけるロース芯内脂肪交雑の細かさの新たな評価法. 日本畜産学会報 91(2), 103-110.
- ・Iida F, Saitou K, Kawamura T, Yamaguchi S, Nishimura T. 2015. Effect of fat content on sensory characteristic of marbled beef from Japanese Black steers. Anim Sci J 86(7), 707-715
- ・飯田文子. 2017. 牛肉ロースの食味性. 日本調理科学会誌 50, No. 3, 85-95.
- ・入江正和. 2022. 和牛肉における脂肪質と食味性の関係. 畜産技術 2022 年 3 月号, 2-8.
- ・加藤啓介・前田さくら・口田圭吾. 2014. 黒毛和種における胸最長筋内脂肪交雑粒子の細かさに関する遺伝的パラメータの推定. 日本畜産学会報 85(1), 21-26.
- ・小浜菜美子. 2015. 画像解析形質による但馬牛の改良-キメ細かな霜降り肉を目指して-.
https://hyogo-nourinsuisangc.jp/archive/19-kenkyu/article/kenkyu_2709.html
- ・小峰央志. 2018. 食肉の画像評価におけるモバイルデバイスの活用について.
<https://www.slideshare.net/hsshkmm/ss-89059833>
- ・口田圭吾・大澤剛史・堀武司・小高仁重・丸山新. 2006. 画像解析による牛枝肉横断面の評価とその遺伝. 動物遺伝育種研究 34(2), 45-52.
- ・口田圭吾・金井俊男. 2012. 食肉の脂肪交雑の評価方法. 特願 2012-217934.
- ・口田圭吾. 2015. 牛肉の格付における小ザシの取り扱いと改良の可能性. 食肉の科学 56, No. 1, 15-19.
- ・口田圭吾. 2022. 新細かさ指数. 畜産技術 2022 年 3 月号, 41-42.
- ・丸山新・浅野智宏・加藤誠二・向島幸司・小林直彦・坂口慎一・山口静子・口田圭吾・常石英作. 2006. 育種情報の高度化によるおいしい牛肉の開発 中間報告 ～和牛肉のおいしさへのアプローチ～. 岐阜県畜産研究所研究報告 第 6 号, 10-16.
- ・丸山新. 2010. 育種研究への期待-和牛における新たな改良対象形質. 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 問題別研究会資料 33-34.
https://www.naro.affrc.go.jp/archive/nilgs/kenkyukai/files/mondaibetsu2010_10.pdf
- ・中井康博. 1987. 食肉の理化学的特性による品質評価基準の確立. 農林水産技術会議事務局研究成果 193, 106-122.
- ・公益社団法人 日本食肉格付協会. 2014. 牛枝肉取引規格の概要.

- ・公益社団法人 日本食肉格付協会. 2024. 出荷県別格付結果情報（平成 24 年次・令和 4 年次）.
http://www.jmga.or.jp/rating/#beef_result
- ・公益財団法人 日本食肉消費総合センター. 2024. 「食肉に関する意識調査」報告書.
<http://www.jmi.or.jp/common/download.php/%E4%BB%A4%E5%92%8C%EF%BC%95%E5%B9%B4%E5%BA%A6%E9%A3%9F%E8%82%89%E3%81%AB%E9%96%A2%E3%81%99%E3%82%8B%E6%84%8F%E8%AD%98%E8%AA%BF%E6%9F%BB%E5%A0%B1%E5%91%8A%E6%9B%B8.pdf?id=MTIwNQ%3D%3D>
- ・公益財団法人 日本食肉消費総合センター. 2024. 食肉の未来. 「コスト増大下の食肉供給・消費を考える研修会」講演抄録集.
<http://www.jmi.or.jp/common/download.php/%E9%A3%9F%E8%82%89%E3%81%AE%E6%9C%AA%E6%9D%A5.pdf?id=MTIwNw%3D%3D>
- ・株式会社相馬光学. 2024. 食肉脂質測定装置の製品情報.
<https://somaopt.co.jp/products/s7040/>
- ・農林水産省. 2024. 全国の中央卸売市場における枝肉単価の出荷年月別統計（和牛去勢）. http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/tikusan_ryutu/index.html
- ・鈴木啓一・横田祥子・塩浦宏陽・島津朋之・飯田文子. 2013. 試食パネルによる黒毛和種牛肉の食味性に及ぼす肉質等級、性と脂肪酸組成の影響の評価. 日本畜産学会報 84(3), 375-382.
- ・社団法人 全国肉用牛振興基金協会. 2014. 牛肉の脂質を中心とした美味しさ評価基準の標準化に関する報告書.
- ・一般社団法人 全国肉用牛振興基金協会. 2017. 牛肉の美味しさ形質指標化に関する報告書.
- ・一般社団法人 全国肉用牛振興基金協会. 2020. 新たな牛肉の美味しさ形質に関する報告書.
- ・一般社団法人 全国肉用牛振興基金協会. 2021. 牛肉のうま味成分高付加価値化推進調査研究事業に関する報告書.
- ・公益社団法人 全国和牛登録協会. 2012. これからの和牛の育種と改良 改訂版.
- ・公益社団法人 全国和牛登録協会. 2023. 育種価評価の現状. 和牛 305, 7-32.
- ・公益社団法人 全国和牛登録協会. 2024. 令和 5 年度現場後代検定合同調査会シンポジウム講演資料.

(2) 食味性に関わる形質の理化学分析及び分析型官能評価の実施結果

1. 目的

牛肉の脂肪交雑だけでなく、肥育期間や脂肪質等の新たな価値観に基づき収集したサンプルについて、食味に関わると考えられる成分（一般成分、呈味成分等）の理化学分析及び分析型官能評価の実施等により、多様な牛肉の食味に関する情報を収集する。

2. 材料及び方法

(1) サンプル

供試肉は、複数の食肉市場において収集された 271 頭の黒毛和種の胸最長筋のうち、第 6-7 肋骨間の切開面（以下「6-7 切開面」）から 3 cm 厚の部分肉を用いた。このうち未登記牛及び SNP 分析結果不良であった個体を除いた 266 頭を理化学分析サンプルとした。また、岡山県及び広島県の食肉市場において収集した 59 検体については、上記の理化学分析サンプルに加え、さらに後方 10 cm 厚を分析型官能評価サンプルとして採取した。全ての検体において、6-7 切開面の筋間脂肪から 1~2 g 程度を削り取って冷凍保管し、脂肪酸組成分析用のサンプルとした。

それぞれのサンプルは、真空包装の上、と畜後 14 日目まで 2 °C で冷蔵保存し、14 日目に理化学分析または官能評価用のサンプルを採取した。サンプリング当日に一般成分の分析を実施し、その他の項目はサンプルを真空包装後、-30°C で冷凍保存して後日実施した。

(2) 理化学分析及び分析型官能評価

●理化学分析

一般成分について、水分含量は胸最長筋 2.0 g を恒温乾燥機(ヤマト科学、DX402)において 105 °C で 24 時間乾燥し、前後の重量差より算出した。粗脂肪含量はエーテル抽出法、粗タンパク質含量はケルダール法により算出した。

脂肪の質について、市場において筋間脂肪から 1~2 g を採取し、クロロホルム・メタノール混合液で抽出した脂肪をメチルエステル化し、ガスクロマトグラフィー (Agilent、6890A) にて 7 成分を同定し組成を算出した。

遊離アミノ酸含量及びジペプチド含量は、アセトニトリル 45% 溶液で各成分を抽出し、高速液体クロマトグラフィー (Agilent、1260 infinity) で測定した。核酸関連物質含量は、遊離アミノ酸含量測定前のアセトニトリル 45 % 溶液を超純水で 10 倍希釈した溶液を高速液体クロマトグラフィー (Waters、2695) で測定した。

●分析型官能評価

評価は、パネル選定テスト及び評価用語と評価尺度の共通化に関する訓練を経

た分析型パネリスト 4～7 名を用いて行った。供試肉は、凍結保存していたサンプルを 2℃で 24 時間かけて解凍した後、恒温乾燥機（ヤマト科学、DS400）により、加熱温度 165℃でサンプルの内芯温度が 70℃になるまで加熱した。加熱後、表面をトリミングしたサンプルから 3 cm×3 cm×0.5 cm 厚に切り分けて提示試料（1 検体当たり 4 片ずつ）とした。

評価項目及び評価方法を表 1 に示す。評価は、外観による効果低減のため赤色灯下で、他者と相談しないよう個別ブースで実施した。

表 1. 分析型官能評価における評価項目及び評価方法

項目	尺度	補足1
やわらかさ	1=非常にかたい～12=非常にやわらかい	10回程度噛んだ時のやわらかさの印象 （鼻をつまんで評価）
多汁性	1=非常にない～12=非常にある	10回程度噛んだ時の多汁性の印象 （鼻をつまんで評価）
線維感	1=非常にない～12=非常にある	20回程度噛んだ時までの印象 （鼻をつまんで評価）
うま味	1=非常に弱い～12=非常に強い	20回程度噛んだ時のうま味の印象 （鼻をつまんで評価）
脂っぽい香り	1=非常に弱い～12=非常に強い	鼻に抜けてくる香りの印象 （鼻をつまんで5回程度噛んだ後、鼻をあけて10回程度噛んでから評価）
甘い香り	1=非常に弱い～12=非常に強い	鼻に抜けてくる香りの印象 （鼻をつまんで5回程度噛んだ後、鼻をあけて10回程度噛んでから評価）
和牛らしい香り	1=非常に弱い～12=非常に強い	鼻に抜けてくる香りの印象 （鼻をつまんで5回程度噛んだ後、鼻をあけて10回程度噛んでから評価）
肉様の香り	1=非常に弱い～12=非常に強い	鼻に抜けてくる香りの印象 （鼻をつまんで5回程度噛んだ後、鼻をあけて20回程度噛んでから評価）
風味の強さ	1=非常に弱い～12=非常に強い	鼻をあけた後、20回程度噛んでから肉を飲み込むまでの印象 （鼻をつまんで5回程度噛んだ後、鼻をあけて20回程度噛んでから評価）

3. 結果及び考察

全供試牛肉の理化学成分における基本統計量を表 2 に示した。

収集サンプル 266 検体の一般成分のうち、粗脂肪含量の平均値は 43.6 %、標準偏差は 8.9 であった（最小値 22.1 %（BMS No. 2）～最大値 69.7 %（BMS No. 12））。最小値と最大値の差が 47.6 ポイントとなり、筋肉内脂肪含量に幅のある検体入手することができた。

筋間脂肪のオレイン酸割合の値は 43.0 %～64.4 %の間に分布し、平均値は 54.6 %であった。MUFA 割合は 46.9 %～70.2 %の間に分布し、平均値は 60.1 %であった。脂肪質についても幅広く多様な検体の構成となった。

水溶性成分について、遊離アミノ酸の総量は 7.21 μmol/g～20.51 μmol/g の間に分布し、平均値は 12.37 μmol/g であった。機能性成分であるジペプチド（カルノシン+アンセリン）含量の平均値は 12.18 μmol/g であった。核酸関連物質のうちうま味成分であるイノシン酸の平均含量は 0.73 μmol/g であった。

表2. 供試牛肉の理化学分析値における基本統計量

項目	記号	n ¹⁾	平均値	SD	最大	最小
一般成分 (%)						
水分	Mois	266	43.1	6.7	59.5	23.7
粗脂肪	EE	266	43.6	8.9	69.7	22.1
粗タンパク質	CP	266	12.9	2.1	17.8	6.6
脂肪酸組成 (%)						
ミリスチン酸	C14: 0	260	2.4	0.5	4.0	1.4
ミリストレイン酸	C14: 1	260	1.1	0.3	2.1	0.5
パルミチン酸	C16: 0	260	22.8	2.4	28.2	16.1
パルミトレイン酸	C16: 1	260	4.4	0.8	6.7	2.5
ステアリン酸	C18: 0	260	12.0	2.1	20.5	8.0
オレイン酸	C18: 1	260	54.6	3.5	64.4	43.0
リノール酸	C18: 2	260	2.7	0.7	4.6	1.4
飽和脂肪酸	SFA	260	37.2	4.0	51.5	26.1
一価不飽和脂肪酸	MUFA	260	60.1	3.8	70.2	46.9
多価不飽和脂肪酸	PUFA	260	2.7	0.7	4.6	1.4
遊離アミノ酸含量 (μmol/ g)						
グルタミン酸	Glu	266	0.61	0.11	0.97	0.36
アスパラギン	Asn	266	0.26	0.05	0.43	0.13
セリン	Ser	266	0.59	0.13	1.11	0.27
グルタミン	Gln	266	2.20	0.73	4.68	0.91
ヒスチジン	His	266	0.25	0.05	0.49	0.12
グリシン	Gly	266	0.95	0.20	1.95	0.50
トレオニン	Thr	266	0.40	0.08	0.66	0.19
アルギニン	Arg	266	0.46	0.10	0.74	0.21
アラニン	Ala	266	3.26	0.66	5.15	1.70
チロシン	Tyr	266	0.34	0.07	0.60	0.16
バリン	Val	266	0.52	0.11	0.94	0.25
メチオニン	Met	266	0.31	0.06	0.51	0.14
トリプトファン	Trp	266	0.11	0.02	0.16	0.03
フェニルアラニン	Phe	266	0.38	0.07	0.64	0.19
イソロイシン	Ile	266	0.39	0.08	0.65	0.21
ロイシン	Leu	266	0.79	0.16	1.29	0.43
リジン	Lys	266	0.53	0.12	0.95	0.28
総量	FAA	266	12.37	2.23	20.51	7.21
その他含量 (μmol/ g)						
ベータアラニン	β-Ala	266	0.14	0.04	0.25	0.03
タウリン	Tau	266	1.16	0.37	2.70	0.31
総量	Other	266	1.30	0.38	2.91	0.45
ジペプチド含量 (μmol/ g)						
カルノシン	Car	266	10.11	2.31	18.64	4.06
アンセリン	Ans	266	2.06	0.55	3.46	0.69
総量	Dipeptide	266	12.18	2.65	21.93	4.81
核酸関連物質含量 (μmol/ g)						
イノシン酸	IMP	266	0.73	0.40	2.36	0.06
イノシン	Inosine	266	0.77	0.18	1.35	0.35
ヒポキサンチン	HX	266	1.78	0.31	3.21	0.95
総量	ARC	266	3.29	0.58	5.08	1.71

1) 検体数について、全収集検体271検体、うち未登記牛2検体+ SNP解析不良3検体を除く。
脂肪酸組成については、さらにサンプル未収集個体6検体を除く。

収集サンプルのうち、59 検体を分析型官能評価に供した。官能評価実施検体の理化分析値における基本統計量を表 3 に示した。

一般成分について、59 検体の粗脂肪含量は 30.4 %～59.2 %の範囲に分布し、平均値は 45.7 %、標準偏差は 7.8 であった。粗脂肪含量の最低及び最高値を示したサンプルの BMS No. は、それぞれ 5 及び 12 であった。このことから、官能評価実施検体においても、筋肉内脂肪含量の幅が広く、多様な特性の牛肉を用いて評価を行うことができたと考えられる。脂肪質についても、筋間脂肪のオレイン酸割合が 43.0 %～60.8 %の範囲、一価不飽和脂肪酸 (MUFA) 割合が 46.9 %～66.7 %の範囲、飽和脂肪酸 (SFA) 割合が 30.8 %～51.5 %の範囲となり、様々な脂肪質の官能評価サンプルを入手することができた。

分析型官能評価スコアの基本統計量を表 4 に示した。各評価項目については、それぞれ 12 段階で評価を実施した。官能評価スコアと他成分との単相関係数を表 5 に示した。

「やわらかさ」のスコアは 6.3～10.6 の範囲で、平均値は 8.6 であった。「多汁性」のスコアは 6.5～10.4 の範囲で評価され、平均値は同じく 8.6 であった。粗脂肪含量と「やわらかさ」、「多汁性」及び「線維感」の単相関係数は、それぞれ 0.67、0.78 及び -0.54 であった。すなわち、粗脂肪含量が多い牛肉ほどやわらかくジューシーで、線維感の少ない食感が得られることが示された。

風味について、「うま味」の評価値の平均は 7.4 (最小値 6.2～最大値 8.4) であった。うま味成分と呼ばれるグルタミン酸及びイノシン酸との単相関係数はそれぞれ 0.20 及び 0.04 であった。これらの成分は水溶性成分であり、一般成分のうち水分や粗タンパク質含量と連動していると思われたが、それぞれの「うま味」との単相関係数は -0.07 及び -0.12 であった。その一方で、食感と「うま味」との関係は強く、「やわらかさ」及び「多汁性」と「うま味」との相関係数はそれぞれ 0.38 及び 0.28 であった。やわらかくジューシーな牛肉ほど咀嚼時に肉汁が口内に広がりやすく、味の刺激を強く感じられやすいものと考えられた。

「脂っぽい香り」の評価値の平均は 7.7 (最小値 5.6～最大値 9.0)、「甘い香り」の評価値の平均は 7.2 (最小値 5.4～最大値 9.0) であった。「和牛らしい香り」の平均値は 7.3 (最小値 5.4～最大値 9.0)、「肉様の香り」の平均値は 7.0 (最小値 4.8～最大値 8.2)、「風味の強さ」の平均値は 7.6 (最小値 5.8～最大値 8.8) であった。

「脂っぽい香り」と粗脂肪含量との単相関係数は 0.55 であり、粗脂肪含量の多い牛肉ほど脂っぽい香りを強く感じることを示された。また、「うま味」と同様に、「やわらかさ」及び「多汁性」と強い正の相関関係を示した。その一方で、「脂っぽい香り」と強い関係性を示す脂肪酸はなかった。

「甘い香り」及び「和牛らしい香り」も粗脂肪含量と高い相関を示し、単相関係数はそれぞれ 0.48 及び 0.57 であった。また、両者は SFA 割合と負の相関関係にあり (単相関係数 -0.33 及び -0.26)、オレイン酸を含む MUFA 割合と正の相関関係にあった (単相関係数 0.33 及び 0.26)。このことから、育種改良により MUFA を高める

ことで、和牛らしい甘い香りを向上させられる可能性が示された。

本調査では、様々な特徴をもつ黒毛和種牛肉について、266 頭分の理化学特性及び 59 頭分の官能特性を明らかにした。また、新たな価値を示す項目として、脂肪酸組成と風味の関係を示した。Sakuma らは、黒毛和種の胸最長筋における MUFA 割合の遺伝率は 0.57 であり、また BMS No. と MUFA の遺伝相関は 0.09 と低いことを報告している (Sakuma, 2017)。このことから、黒毛和種において筋肉内脂肪と MUFA 割合はそれぞれ独立して改良していくことが可能であり、特に MUFA 割合の改良により甘い香りを増強させ、食味を向上させられる可能性が考えられた。

(参考文献)

Sakuma, H., Saito, K., Kohira, K., Ohhashi, F., Shoji, N., & Uemoto, Y. (2017). Estimates of genetic parameters for chemical traits of meat quality in Japanese black cattle. *Animal Science Journal*, 88(2), 203-212.

表3. 官能評価実施検体の理化学分析値における基本統計量

項目	記号	n	平均値	SD	最大	最小
一般成分 (%)						
水分	Mois	59	41.3	5.8	53.2	31.5
粗脂肪	EE	59	45.7	7.8	59.2	30.4
粗タンパク質	CP	59	12.4	1.9	15.9	8.9
脂肪酸組成 (%)						
ミリスチン酸	C14: 0	59	2.5	0.5	3.6	1.7
ミリストレイン酸	C14: 1	59	1.2	0.3	2.1	0.6
パルミチン酸	C16: 0	59	23.9	2.1	27.5	19.1
パルミトレイン酸	C16: 1	59	4.4	0.8	6.0	2.8
ステアリン酸	C18: 0	59	12.3	2.5	20.5	8.5
オレイン酸	C18: 1	59	53.2	3.4	60.8	43.0
リノール酸	C18: 2	59	2.6	0.5	3.8	1.5
飽和脂肪酸	SFA	59	38.7	4.0	51.5	30.8
一価不飽和脂肪酸	MUFA	59	58.7	3.8	66.7	46.9
多価不飽和脂肪酸	PUFA	59	2.6	0.5	3.8	1.5
遊離アミノ酸含量 (μmol/ g)						
グルタミン酸	Glu	59	0.61	0.11	0.95	0.44
アスパラギン	Asn	59	0.24	0.04	0.38	0.17
セリン	Ser	59	0.57	0.13	0.90	0.35
グルタミン	Gln	59	2.29	0.68	4.02	0.91
ヒスチジン	His	59	0.24	0.04	0.35	0.17
グリシン	Gly	59	0.86	0.16	1.40	0.59
トレオニン	Thr	59	0.36	0.08	0.59	0.24
アルギニン	Arg	59	0.42	0.09	0.65	0.25
アラニン	Ala	59	3.00	0.59	4.65	1.98
チロシン	Tyr	59	0.34	0.07	0.49	0.22
バリン	Val	59	0.50	0.11	0.76	0.30
メチオニン	Met	59	0.31	0.06	0.46	0.19
トリプトファン	Trp	59	0.11	0.02	0.16	0.07
フェニルアラニン	Phe	59	0.37	0.07	0.54	0.23
イソロイシン	Ile	59	0.38	0.08	0.60	0.23
ロイシン	Leu	59	0.77	0.17	1.25	0.43
リジン	Lys	59	0.49	0.10	0.70	0.29
総量	FAA	59	11.85	2.15	17.97	8.02
その他含量 (μmol/ g)						
ベータアラニン	β-Ala	59	0.15	0.03	0.25	0.09
タウリン	Tau	59	1.12	0.33	2.23	0.38
総量	Other	59	1.27	0.34	2.38	0.47
ジペプチド含量 (μmol/ g)						
カルノシン	Car	59	9.96	2.13	15.03	6.21
アンセリン	Ans	59	2.00	0.46	2.92	0.69
総量	Dipeptide	59	11.97	2.38	17.93	7.59
核酸関連物質含量 (μmol/ g)						
イノシン酸	IMP	59	0.68	0.41	1.57	0.07
イノシン	Inosine	59	0.74	0.19	1.22	0.37
ヒポキサンチン	HX	59	1.79	0.33	2.73	1.09
総量	ARC	59	3.21	0.54	4.81	2.06

表 4. 供試牛肉の官能評価スコアにおける基本統計量

項目	n ¹⁾	平均値	SD	最大	最小
分析型官能評価スコア					
やわらかさ	59	8.6	1.0	10.6	6.3
多汁性	59	8.6	0.9	10.4	6.5
線維感	59	4.2	1.1	7.7	2.3
うま味	59	7.4	0.6	8.4	6.2
脂っぽい香り	59	7.7	0.8	9.0	5.6
甘い香り	59	7.2	0.8	9.0	5.4
和牛らしい香り	59	7.3	0.8	9.0	5.4
肉様の香り	59	7.0	0.7	8.2	4.8
風味の強さ	59	7.6	0.7	8.8	5.8

1)検体数について：R3年度 9 検体、R4年度30検体、R5年度20検体

表 5. 供試牛肉の官能評価スコアと他成分との単相関係数

	やわらかさ	多汁性	線維感	うま味	脂っぽい 香り	甘い香り	和牛らしい 香り	肉様の 香り	風味の強 さ
官能評価項目									
やわらかさ	1.00								
多汁性	0.85	1.00							
線維感	-0.73	-0.58	1.00						
うま味	0.38	0.28	-0.19	1.00					
脂っぽい香り	0.58	0.65	-0.47	0.20	1.00				
甘い香り	0.60	0.60	-0.51	0.33	0.72	1.00			
和牛らしい香り	0.64	0.71	-0.49	0.30	0.84	0.93	1.00		
肉様の香り	-0.04	-0.05	-0.05	0.22	0.24	0.31	0.26	1.00	
風味の強さ	0.39	0.43	-0.34	0.38	0.62	0.75	0.75	0.60	1.00
理化学分析項目（抜粋）									
水分	-0.66	-0.79	0.54	-0.07	-0.55	-0.48	-0.57	0.09	-0.23
粗脂肪	0.67	0.78	-0.54	0.09	0.55	0.48	0.57	-0.09	0.22
粗タンパク質	-0.67	-0.78	0.53	-0.12	-0.55	-0.47	-0.56	0.10	-0.19
グルタミン酸	-0.37	-0.25	0.42	0.20	-0.21	-0.18	-0.18	0.10	0.02
イノシン酸	-0.16	-0.39	-0.06	0.04	-0.38	-0.09	-0.25	0.06	-0.04
オレイン酸	0.09	0.13	0.17	0.01	0.03	0.30	0.24	0.17	0.10
飽和脂肪酸	-0.12	-0.13	-0.12	-0.05	-0.02	-0.33	-0.26	-0.15	-0.14
一価不飽和脂肪酸	0.12	0.14	0.13	0.03	0.03	0.33	0.26	0.13	0.13
多価不飽和脂肪酸	0.01	-0.04	-0.06	0.12	-0.01	0.07	0.04	0.19	0.18

(3) データの分類および客観的な評価法の検討結果

1. はじめに

平成初期に始まった、格付成績と血統情報を用いた育種価評価による種畜選抜と交配、そして飼養管理技術の向上により、和牛の枝肉形質は飛躍的に向上し、現在も改良傾向を示している。特に脂肪交雑については、BMS No.の平均値が 8 に到達して以降も上昇傾向は継続しており、さらに、直近に直接検定を受検した種雄牛候補の期待育種価と、現在種雄牛として活躍中で、10 年程度前に直接検定を受検した牛のそれとを比較すると、10 年後も少なくとも現在の平均値よりも高くなっていることはほぼ確実と予想される(図1)。

こうした改良傾向が継続してきた背景の一つに、枝肉格付規格において最上級とされる5等級の枝肉が高く取り引きされてきており、こうした枝肉生産が期待される種牛選抜と交配が進められてきたことが挙げられるが、今や5等級の比率は 65%に達したことから、希少性は低下し、価格優位性も以前より低下してきており、さらには BMS No.10 以上となると粗脂肪含量の平均は 50%以上となることも分かってきたため、今後は消費者の多様な嗜好に合わせて、流通側に示す評価指標も多様であることが望ましい。

そこで、そうした多様な評価指標の検討のために、本事業では、牛肉の網羅的な分析値等を利用した、牛肉特性による客観的な分類を試みる。方法は、主成分分析にて牛肉を構成する要素を主成分として抽出し、次元が削減された少数の主成分を用いて、クラスター分析による分類を行う。また分類されたグループに対して、理化学分析値や官能評価値の特徴などを把握する。

また、備考として、網羅的な理化学分析値に代わる値として、比較的簡易に測定可能な光学測定値と今後収集されていく和牛チップに搭載している SNP の相加的遺伝子効果を用いて、先に検討したクラスター分析のように特徴の異なるクラスターに分類できるかどうかを確認した。

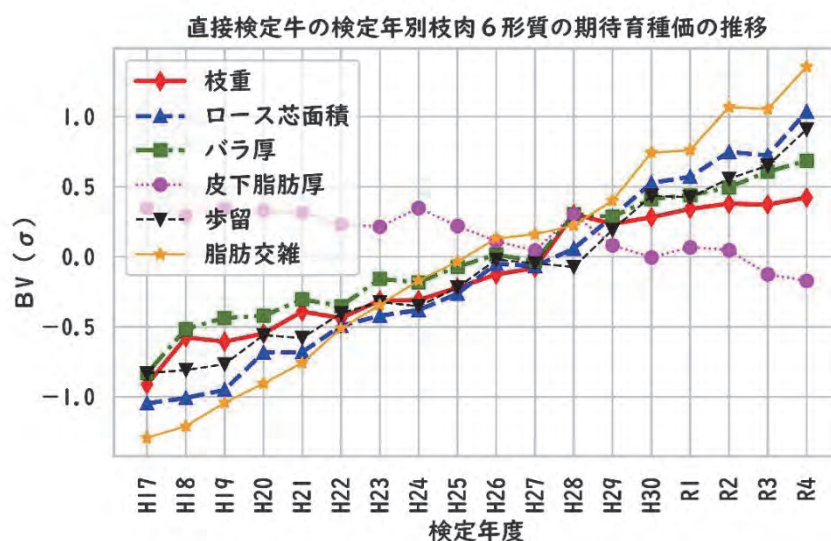


図1. 直接検定牛の期待育種価のトレンド

2. 収集サンプルについて

測定、収集したサンプルは全部で 271 頭であったが、ここから不備のあった 11 頭を除く 260 頭を対象にとりまとめた。

また、このうちの 59 頭は独立行政法人家畜改良センターにて分析型官能評価を行った。

この 266 頭および 59 頭の収集場所と産地については以下の通り。

表1. 網羅的な理化学分析値のある 260 頭のサンプルの収集場所と産地

		生産地																		
		北海道	岩手	宮城	群馬	長野	静岡	三重	京都	岡山	広島	山口	徳島	長崎	熊本	大分	宮崎	鹿児島	沖縄	小計
出荷場所	京都	79	9	5	2	3	2	1	3	1	2		1	2	8	2	13	18	20	171
	岡山									29										29
	広島										57	1						2		60
	小計	79	9	5	2	3	2	1	3	30	59	1	1	2	8	2	13	20	20	260

表2. 分析型官能評価を行った 59 頭のサンプルの収集場所と産地

		生産県				
		岡山	広島	山口	鹿児島	小計
出荷場所	岡山	19				19
	広島		37	1	2	40
	小計	19	37	1	2	59

3. 理化学分析項目について

＜一般成分＞

水分、粗タンパク、粗脂肪

＜アミノ酸＞（下線を引いたものは必須アミノ酸）

アスパラギン酸、グルタミン酸、アスパラギン、セリン、グルタミン、ヒスチジン、グリシン、トレオニン、アルギニン、アラニン、チロシン、バリン、メチオニン、トリプトファン、フェニルアラニン、イソロイシン、ロイシン、リジン

表3. アミノ酸の呈味による整理

呈味	アミノ酸
うま味系	アスパラギン酸、グルタミン酸
甘味系	セリン、グリシン、アラニン、トレオニン、リジン、グルタミン
苦味系	ヒスチジン、アルギニン、バリン、メチオニン、イソロイシン、ロイシン、フェニルアラニン、トリプトファン

牛肉のうま味成分解析指標化調査研究事業パンフ「うま味の基礎知識」より

<ジペプチド>

カルノシン、アンセリン

<核酸関連物質>

イノシン酸、イノシン、ヒポキサンチン

<その他>

β -アラニン、タウリン

<脂肪酸>

C14:0、C14:1、C16:0、C16:1、C18:0、C18:1、C18:2

<多糖>

グリコーゲン

4. 基本統計量

基本統計量について、全体の 260 頭と、官能評価がされた 59 頭およびそれらの性別の統計量を示す。なお、性別の平均値については、t-検定にて有意差を確認した。

I. 全 260 頭について

(i) 枝肉 6 形質

	単位	頭数	平均	標準偏差	最小値	最大値
枝肉重量	kg	260	477.8	67.3	274.8	699.3
ロース芯面積	c m ²	260	62.2	13.0	33	124
バラの厚さ	cm	260	8.0	1.0	5.2	10.7
皮下脂肪厚	cm	260	2.7	0.8	1.0	6.5
歩留基準値		260	74.4	1.9	69.4	83.2
BMS No.		260	7.2	2.5	2	12

(ii) 理化学分析値

<1>一般成分	単位	頭数	平均	標準偏差	最小値	最大値
水分	%	260	43.10	6.74	23.70	59.48
粗脂肪	%	260	43.62	8.97	22.11	69.74
粗蛋白	%	260	12.88	2.13	6.63	17.82
<2>アミノ酸	単位	頭数	平均	標準偏差	最小値	最大値
アスパラギン酸	μ mol/g	173	0.04	0.02	0.01	0.14
グルタミン酸	μ mol/g	260	0.61	0.11	0.36	0.97
アスパラギン	μ mol/g	260	0.26	0.05	0.13	0.43
セリン	μ mol/g	260	0.59	0.13	0.27	1.11
グルタミン	μ mol/g	260	2.19	0.72	0.91	4.68
ヒスチジン	μ mol/g	260	0.25	0.05	0.12	0.49
グリシン	μ mol/g	260	0.96	0.20	0.50	1.95
トレオニン	μ mol/g	260	0.40	0.08	0.19	0.66
アルギニン	μ mol/g	260	0.46	0.10	0.21	0.74

アミノ酸	単位	頭数	平均	標準偏差	最小値	最大値
アラニン	μ mol/g	260	3.27	0.66	1.70	5.15
チロシン	μ mol/g	260	0.35	0.07	0.16	0.60
バリン	μ mol/g	260	0.52	0.12	0.25	0.94
メチオニン	μ mol/g	260	0.31	0.06	0.14	0.51
トリプトファン	μ mol/g	260	0.11	0.02	0.03	0.16
フェニルアラニン	μ mol/g	260	0.38	0.07	0.19	0.64
イソロイシン	μ mol/g	260	0.39	0.08	0.21	0.65
ロイシン	μ mol/g	260	0.79	0.16	0.43	1.29
リジン	μ mol/g	260	0.54	0.12	0.28	0.95
アミノ酸総量	μ mol/g	260	12.38	2.25	7.21	20.51
<3>ジペプチド	単位	頭数	平均	標準偏差	最小値	最大値
カルノシン	μ mol/g	260	10.14	2.32	4.06	18.64
アンセリン	μ mol/g	260	2.07	0.54	0.69	3.46
ジペプチド総量	μ mol/g	260	12.21	2.66	4.81	21.93
<4>その他	単位	頭数	平均	標準偏差	最小値	最大値
β -アラニン	μ mol/g	260	0.14	0.04	0.03	0.25
タウリン	μ mol/g	260	1.17	0.38	0.31	2.70
その他総量	μ mol/g	260	1.31	0.38	0.45	2.91
<5>核酸関連物質	単位	頭数	平均	標準偏差	最小値	最大値
イノシン酸	μ mol/g	260	0.74	0.41	0.06	2.36
イノシン	μ mol/g	260	0.77	0.18	0.35	1.35
ヒポキサンチン	μ mol/g	260	1.78	0.31	0.95	3.21
核酸関連物質総量	μ mol/g	260	3.30	0.59	1.71	5.08
<6>脂肪酸組成	単位	頭数	平均	標準偏差	最小値	最大値
筋間_C14: 0	%	260	2.37	0.46	1.41	4.00
筋間_C14: 1	%	260	1.11	0.30	0.51	2.11
筋間_C16: 0	%	260	22.84	2.45	16.06	28.21
筋間_C16: 1	%	260	4.43	0.79	2.48	6.66
筋間_C18: 0	%	260	11.98	2.07	8.02	20.51
筋間_C18: 1	%	260	54.56	3.53	43.00	64.37
筋間_C18: 2	%	260	2.71	0.66	1.38	4.64
筋間_SFA	%	260	37.19	3.96	26.14	51.48
筋間_MUFA	%	260	60.09	3.84	46.90	70.17
筋間_PUFA	%	260	2.71	0.66	1.38	4.64
<7>多糖類	単位	頭数	平均	標準偏差	最小値	最大値
グリコーゲン	mg/g	260	2.27	0.90	0.43	5.19

Ⅱ. 官能評価値のある 59 検体の基本統計量

(i) 枝肉 6 形質

	単位	頭数	平均	標準偏差	最小値	最大値
枝肉重量	kg	59	494.1	59.9	333.8	653.6
ロース芯面積	c m ²	59	68.4	11.1	47	98
バラの厚さ	cm	59	7.9	0.9	5.6	10.4
皮下脂肪厚	cm	59	2.9	0.9	1.4	6.5
歩留基準値		59	74.9	1.7	71.2	79.4
BMS No.		59	8.4	2.2	4	12

(ii) 理化学分析値

<1>一般成分	単位	頭数	平均	標準偏差	最小値	最大値
水分	%	59	41.35	5.85	31.49	53.20
粗脂肪	%	59	45.74	7.85	30.37	59.23
粗蛋白	%	59	12.38	1.92	8.91	15.89
<2>アミノ酸	単位	頭数	平均	標準偏差	最小値	最大値
アスパラギン酸	μ mol/g	39	0.03	0.02	0.01	0.06
グルタミン酸	μ mol/g	59	0.61	0.11	0.44	0.95
アスパラギン	μ mol/g	59	0.24	0.04	0.17	0.38
セリン	μ mol/g	59	0.57	0.13	0.35	0.90
グルタミン	μ mol/g	59	2.29	0.68	0.91	4.02
ヒスチジン	μ mol/g	59	0.24	0.04	0.17	0.35
グリシン	μ mol/g	59	0.86	0.17	0.59	1.40
トレオニン	μ mol/g	59	0.36	0.08	0.24	0.59
アルギニン	μ mol/g	59	0.42	0.09	0.25	0.65
アラニン	μ mol/g	59	3.00	0.59	1.98	4.65
チロシン	μ mol/g	59	0.34	0.07	0.22	0.49
バリン	μ mol/g	59	0.50	0.11	0.30	0.76
メチオニン	μ mol/g	59	0.31	0.06	0.19	0.46
トリプトファン	μ mol/g	59	0.11	0.02	0.07	0.16
フェニルアラニン	μ mol/g	59	0.37	0.07	0.23	0.54
イソロイシン	μ mol/g	59	0.38	0.08	0.23	0.60
ロイシン	μ mol/g	59	0.77	0.17	0.43	1.25
リジン	μ mol/g	59	0.49	0.10	0.29	0.70
アミノ酸総量	μ mol/g	59	11.86	2.17	8.02	17.97
<3>ジペプチド	単位	頭数	平均	標準偏差	最小値	最大値
カルノシン	μ mol/g	59	9.96	2.15	6.21	15.03
アンセリン	μ mol/g	59	2.00	0.47	0.69	2.92
ジペプチド総量	μ mol/g	59	11.97	2.40	7.59	17.93
<4>その他	単位	頭数	平均	標準偏差	最小値	最大値
β-アラニン	μ mol/g	59	0.15	0.03	0.09	0.25
タウリン	μ mol/g	59	1.12	0.33	0.38	2.23
その他総量	μ mol/g	59	1.27	0.34	0.47	2.38

＜5＞核酸関連物質	単位	頭数	平均	標準偏差	最小値	最大値
イノシン酸	μ mol/g	59	0.68	0.41	0.07	1.57
イノシン	μ mol/g	59	0.74	0.19	0.37	1.22
ヒポキサンチン	μ mol/g	59	1.79	0.33	1.09	2.73
核酸関連物質総量	μ mol/g	59	3.21	0.55	2.06	4.81
＜6＞脂肪酸組成	単位	頭数	平均	標準偏差	最小値	最大値
筋間_C14: 0	%	59	2.53	0.46	1.67	3.64
筋間_C14: 1	%	59	1.17	0.33	0.58	2.11
筋間_C16: 0	%	59	23.86	2.11	19.09	27.52
筋間_C16: 1	%	59	4.37	0.78	2.76	5.98
筋間_C18: 0	%	59	12.29	2.50	8.54	20.51
筋間_C18: 1	%	59	53.17	3.46	43.00	60.81
筋間_C18: 2	%	59	2.61	0.55	1.52	3.84
筋間_SFA	%	59	38.68	4.02	30.79	51.48
筋間_MUFA	%	59	58.71	3.83	46.90	66.65
筋間_PUFA	%	59	2.61	0.55	1.52	3.84
＜7＞多糖類	単位	頭数	平均	標準偏差	最小値	最大値
グリコーゲン	mg/g	59	2.29	0.85	0.88	5.14

（iii）官能評価値

	頭数	平均	標準偏差	最小値	最大値
やわらかさ	59	8.57	1.04	6.29	10.60
多汁性	59	8.56	0.87	6.50	10.40
線維感	59	4.16	1.14	2.25	7.71
うま味	59	7.38	0.61	6.17	8.40
脂っぽい香り	59	7.68	0.81	5.60	9.00
甘い香り	59	7.20	0.79	5.40	9.00
牛らしい香り	59	7.28	0.83	5.40	9.00
肉様の香り	59	7.01	0.68	4.80	8.20
風味の強さ	59	7.56	0.66	5.83	8.80

Ⅲ 性別の統計量

(i) 枝肉6形質

	去勢(n=136)				雌(n=124)				t-検定	
	平均	SD	最小値	最大値	平均	SD	最小値	最大値	p	有意差
枝肉重量	504.8	67.6	333.8	699.3	448.2	53.3	274.8	637.3	0.000	**
ロース芯面積	65.1	11.5	40	96	59.1	14.0	33	124	0.000	**
バラの厚さ	8.1	1.0	5.6	10.7	7.9	1.0	5.2	10.7	0.167	
皮下脂肪厚	2.5	0.8	1.0	5.5	2.9	0.9	1.4	6.5	0.000	**
歩留基準値	74.7	1.6	71.5	80.4	74.1	2.1	69.4	83.2	0.023	*
BMS No.	7.7	2.4	3	12	6.7	2.5	2	12	0.001	**

(ii) 理化学分析値

	去勢(n=136)				雌(n=124)				t-検定	
	平均	SD	最小値	最大値	平均	SD	最小値	最大値	p	有意差
<1>一般成分										
水分	41.91	6.64	23.70	58.65	44.41	6.63	28.95	59.48	0.003	**
粗脂肪	45.19	8.88	23.38	69.74	41.89	8.77	22.11	62.12	0.003	**
粗蛋白	12.50	2.11	6.63	17.78	13.28	2.07	8.46	17.82	0.003	**
<2>アミノ酸	平均	SD	最小値	最大値	平均	SD	最小値	最大値	p	有意差
アスパラギン酸	0.04	0.02	0.01	0.14	0.05	0.02	0.01	0.08	0.2554	
グルタミン酸	0.61	0.11	0.36	0.97	0.60	0.11	0.40	0.96		
アスパラギン	0.25	0.05	0.13	0.40	0.27	0.05	0.17	0.43	0.0121	*
セリン	0.58	0.14	0.27	1.05	0.60	0.13	0.36	1.11	0.2735	
グルタミン	2.15	0.72	0.95	4.37	2.23	0.73	0.91	4.68	0.4014	
ヒスチジン	0.25	0.05	0.12	0.40	0.26	0.05	0.18	0.49	0.0328	*
グリシン	0.91	0.19	0.50	1.40	1.01	0.19	0.69	1.95	0.0000	**
トレオニン	0.38	0.09	0.19	0.63	0.41	0.08	0.24	0.66	0.0079	**
アルギニン	0.45	0.10	0.21	0.73	0.47	0.09	0.25	0.74	0.0473	
アラニン	3.11	0.68	1.70	5.13	3.45	0.60	1.98	5.15	0.0000	*
チロシン	0.35	0.08	0.16	0.60	0.35	0.07	0.20	0.58	0.9751	
バリン	0.51	0.12	0.25	0.90	0.54	0.11	0.33	0.94	0.1173	
メチオニン	0.31	0.07	0.14	0.51	0.31	0.06	0.17	0.49	0.7794	
トリプトファン	0.11	0.03	0.03	0.16	0.11	0.02	0.04	0.16	0.3461	
フェニルアラニン	0.37	0.08	0.19	0.64	0.38	0.07	0.24	0.62	0.7844	
イソロイシン	0.39	0.08	0.21	0.65	0.39	0.07	0.25	0.64	0.9707	
ロイシン	0.80	0.17	0.43	1.29	0.77	0.15	0.49	1.25	0.2709	
リジン	0.52	0.12	0.28	0.95	0.55	0.12	0.29	0.93	0.1111	
アミノ酸総量	12.08	2.35	7.21	17.97	12.70	2.09	8.02	20.51	0.0257	*

去勢(n=136)					雌(n=124)				t-検定	
<3>ジペプチド	平均	SD	最小値	最大値	平均	SD	最小値	最大値	p	有意差
カルノシン	10.10	2.45	4.06	18.64	10.18	2.18	5.66	16.10	0.7884	
アンセリン	1.94	0.49	0.75	3.29	2.22	0.56	0.69	3.46	0.0000	**
ジペプチド総量	12.04	2.75	4.81	21.93	12.40	2.55	6.91	19.08	0.2708	
<4>その他	平均	SD	最小値	最大値	平均	SD	最小値	最大値	p	有意差
β-アラニン	0.14	0.04	0.03	0.25	0.14	0.04	0.05	0.24	0.5700	
タウリン	1.11	0.39	0.31	2.70	1.22	0.36	0.49	2.32	0.0163	*
その他総量	1.25	0.40	0.45	2.91	1.37	0.36	0.65	2.43	0.0160	*
<5>核酸関連物質	平均	SD	最小値	最大値	平均	SD	最小値	最大値	p	有意差
イノシン酸	0.66	0.39	0.06	1.87	0.83	0.41	0.06	2.36	0.0006	**
イノシン	0.75	0.18	0.37	1.35	0.80	0.19	0.35	1.35	0.0313	
ヒポキサンチン	1.77	0.31	0.95	2.73	1.80	0.32	1.21	3.21	0.4188	
核酸関連物質総量	3.18	0.58	1.71	4.96	3.43	0.57	2.22	5.08	0.0005	**
<6>脂肪酸組成	平均	SD	最小値	最大値	平均	SD	最小値	最大値	p	有意差
筋間_C14: 0	2.47	0.45	1.42	3.85	2.26	0.43	1.41	4.00	0.0001	**
筋間_C14: 1	1.13	0.31	0.60	2.11	1.08	0.29	0.51	2.09	0.1766	
筋間_C16: 0	23.77	2.20	18.22	28.19	21.82	2.30	16.06	28.21	0.0000	**
筋間_C16: 1	4.40	0.81	2.68	6.55	4.46	0.77	2.48	6.66	0.5175	
筋間_C18: 0	12.21	2.25	8.54	20.51	11.74	1.84	8.02	18.13	0.0669	
筋間_C18: 1	53.33	3.29	43.00	62.33	55.91	3.29	44.24	64.37	0.0000	**
筋間_C18: 2	2.69	0.66	1.38	4.31	2.73	0.66	1.52	4.64	0.6073	
筋間_SFA	38.45	3.76	29.53	51.48	35.81	3.72	26.14	47.62	0.0000	**
筋間_MUFA	58.86	3.61	46.90	68.36	61.45	3.63	48.82	70.17	0.0000	**
筋間_PUFA	2.69	0.66	1.38	4.31	2.73	0.66	1.52	4.64	0.6073	
<7>多糖類	平均	SD	最小値	最大値	平均	SD	最小値	最大値	p	有意差
グリコーゲン	2.16	0.82	0.43	4.48	2.39	0.98	0.82	5.19	0.0389	*

今事業の 260 頭においては、性別による頭数は去勢 136 頭、雌 124 頭で大きな違いはなかったが、粗脂肪含量において 3.3%の差があり、これらは有意差が認められていることから、理化学分析値の差は粗脂肪含量の影響(後述するが粗脂肪含量とアミノ酸や核酸関連物質等においては負の相関である)である可能性が否定できない。よって、粗脂肪含量の影響を除くために、粗脂肪含量が 45%以上～50%未満のサンプルを用いて、性差の影響を確認した。なお、これらのサンプルは去勢 23 サンプル、雌 22 サンプルで、粗脂肪の平均はそれぞれ 47.5%および 47.7%と、0.2%雌の粗脂肪含量が高いサンプルでの比較となった。

結果、脂肪酸組成以外の理化学分析値において、5%水準にて性別による平均値の差が確認できたのは、グリシン、トレオニン、アルギニンの3項目であった。この3項目について、以下に分布を示す。

グリシンとトレオニン甘味系のアミノ酸であるが、図の通り、突出して高い、あるいは低いサンプルが1～2サンプルあり、今回はそれぞれ 20 サンプル程度の限られたサンプルとなっており、偶然の可能性も否定できないため、今後も同様の結果が再現されるかを確認する必要がある。

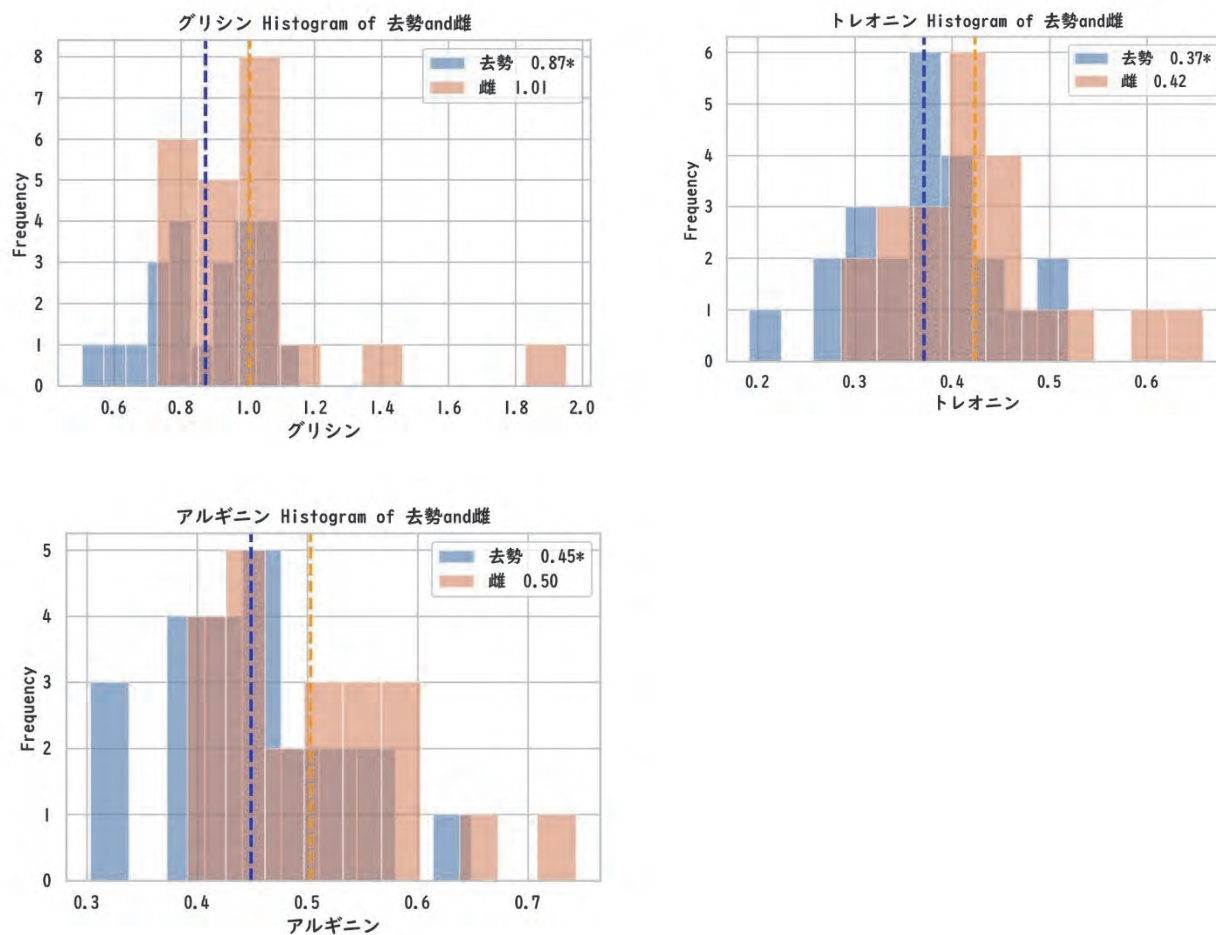


図2. 粗脂肪含量の範囲を制限したサンプル(n:去勢 23、雌 22)での性別による分布

5. 脂肪の質および一般成分の光学測定値および粗脂肪含量の相対値について

(i) 基本統計量

脂肪の質および一般成分の光学測定値の基本統計量は以下の通り。

表 4. 光学測定値の基本統計量

	頭数	平均	標準偏差	最小値	中央値	最大値
光_オレイン酸	259	55.35	4.13	33.7	63.3	259
光_SFA	259	37.85	4.67	27.1	62.3	259
光_MUFA	259	59.37	4.55	35.4	68.7	259
光_水分	259	42.43	5.58	24.6	56.7	259
光_粗タンパク質	259	13.36	2.08	6.4	18.9	259
光_粗脂肪	259	43.46	7.75	23.3	68.7	259
粗脂肪含量相対値(RFV)	259	-0.13	0.91	-2.2	2.5	259

(ii) 粗脂肪含量相対値 (Relative Fat Value (RFV)) について

BMS No.の増加とともに粗脂肪含量は増加することがわかっているが、図3のとおり、同じ BMS No.でも粗脂肪含量にはばらつきがあり、どの BMS No.でも概ね±5%程度の標準偏差が確認されている。BMS No.内で粗脂肪含量を以下の表の平均値、標準偏差を用いて、標準化し、相対的な値に変換したものを粗脂肪含量相対値 (Relative Fat Value)と呼ぶこととする。

表 5. 標準化に用いている BMS NO.ごとの平均値と標準偏差 (n=2861 頭)

BMSNo.	頭数	平均	標準偏差
2	12	30.09	5.33
3	90	32.29	4.63
4	256	36.38	4.67
5	342	39.35	5.02
6	441	41.75	4.72
7	417	43.71	4.64
8	356	46.09	4.95
9	319	48.62	4.70
10	227	50.34	4.70
11	190	51.85	4.65
12	211	56.00	5.36

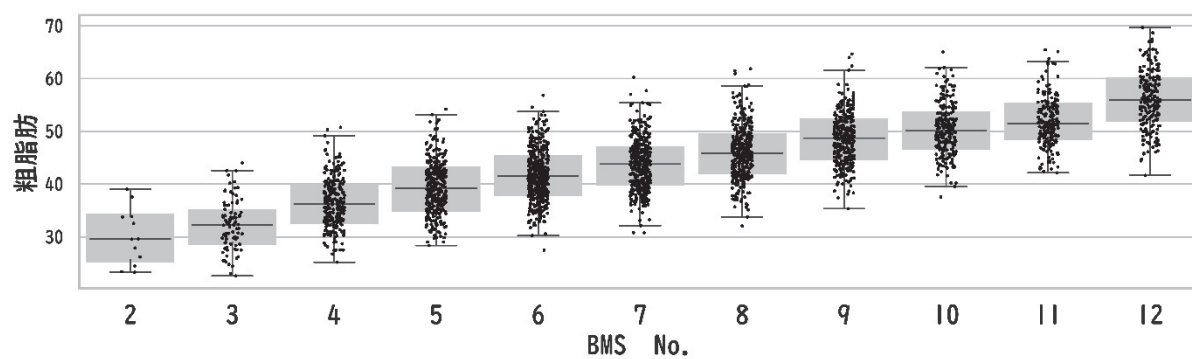


図3. BMS No.別の粗脂肪含量の光学測定値の散布図

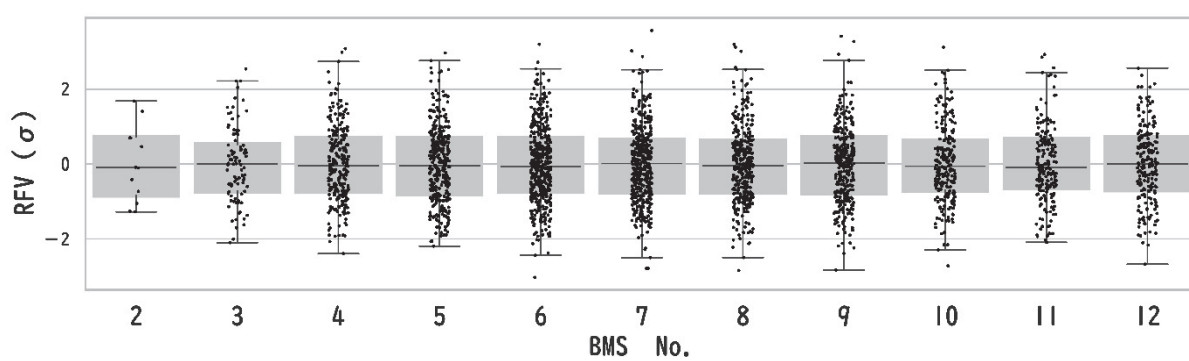


図4. BMS No.別の粗脂肪含量の相対値(RFV)の散布図

6. 理化学分析値、官能評価値、枝肉6形質の格付成績、RFVおよび月齢の相関

項目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	項目								
水分	1	100	-100	0.08	0.47	0.46	0.55	0.41	0.50	0.63	0.55	0.52	0.67	0.57	0.58	0.59	0.35	0.57	0.53	0.47	0.44	0.35	0.56	0.32	0.40	0.62	0.51	0.44	-0.05	-0.12	-0.22	-0.01	0.08	0.12	-0.10	0.10	0.04	0.52	-0.49	-0.79	0.54	-0.07	-0.55	-0.45	-0.37	0.09	-0.23	-0.46	-0.16	-0.39	-0.85	-0.43	-0.19	1	水分									
粗脂肪	2	-100	100	-0.08	-0.47	-0.46	-0.55	-0.41	-0.50	-0.63	-0.55	-0.52	-0.67	-0.57	-0.58	-0.59	-0.35	-0.57	-0.53	-0.47	-0.44	-0.35	-0.56	-0.32	-0.40	-0.62	-0.51	-0.44	0.05	0.12	0.22	0.01	-0.08	-0.12	0.10	-0.10	-0.04	-0.52	0.49	0.79	-0.54	0.07	0.55	0.45	0.37	-0.09	0.23	0.46	0.16	0.39	0.85	0.43	0.19	2	粗脂肪									
粗蛋白	3	0.08	-100	0.08	0.47	0.46	0.55	0.41	0.50	0.63	0.55	0.52	0.67	0.57	0.58	0.59	0.35	0.57	0.53	0.47	0.44	0.35	0.56	0.32	0.40	0.62	0.51	0.44	-0.05	-0.12	-0.22	-0.01	0.08	0.12	-0.10	0.10	0.04	0.52	-0.49	-0.79	0.54	-0.07	-0.55	-0.45	-0.37	0.09	-0.23	-0.46	-0.16	-0.39	-0.85	-0.43	-0.19	3	粗蛋白									
アミノ酸	4	-0.08	-0.08	100	0.13	0.46	0.38	0.14	0.24	0.33	0.47	0.37	0.38	0.31	0.29	0.11	0.29	0.09	0.28	0.08	-0.22	-0.07	-0.06	0.25	-0.22	-0.04	-0.08	0.23	-0.02	0.44	-0.09	0.09	0.01	-0.08	-0.17	-0.17	-0.03	-0.07	-0.05	-0.05	-0.05	-0.01	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	4	アミノ酸									
グルタミン酸	5	0.47	-0.47	0.46	0.15	0.05	0.65	0.43	0.73	0.66	0.74	0.66	0.61	0.81	0.72	0.61	0.73	0.23	0.81	0.61	0.61	0.61	0.45	0.38	0.08	0.23	0.12	0.26	0.08	-0.05	-0.13	-0.35	-0.06	0.08	0.02	-0.01	0.04	0.35	-0.37	-0.25	0.42	0.20	-0.22	-0.18	0.10	0.02	-0.15	-0.23	-0.46	-0.42	-0.11	5	グルタミン酸											
グルタミン	6	0.46	-0.46	0.47	0.46	0.15	0.06	0.64	0.73	0.67	0.71	0.65	0.65	0.81	0.71	0.61	0.73	0.23	0.81	0.61	0.61	0.61	0.45	0.38	0.08	0.23	0.12	0.26	0.08	-0.05	-0.13	-0.35	-0.06	0.08	0.02	-0.01	0.04	0.35	-0.37	-0.25	0.42	0.20	-0.22	-0.18	0.10	0.02	-0.15	-0.23	-0.46	-0.42	-0.11	6	グルタミン											
セリン	7	0.55	-0.55	0.54	0.38	0.05	0.79	1.00	0.40	0.75	0.76	0.91	0.82	0.77	0.81	0.82	0.77	0.81	0.82	0.77	0.81	0.82	0.52	0.44	0.13	0.29	0.22	0.33	0.59	-0.15	-0.15	-0.05	-0.07	0.14	-0.11	0.11	0.04	0.53	-0.33	-0.23	0.40	0.24	-0.21	-0.17	-0.16	0.14	0.03	-0.02	-0.38	-0.10	-0.33	-0.69	-0.25	-0.00	7	セリン								
グルタミン	8	0.41	-0.41	0.38	0.14	0.43	0.40	1.00	0.42	0.55	0.33	0.28	0.54	0.23	0.44	0.19	0.21	0.23	0.26	0.21	0.18	0.22	0.26	0.17	0.13	0.19	0.43	-0.13	-0.11	-0.07	-0.12	0.14	0.00	-0.09	0.34	-0.26	-0.31	0.38	0.17	-0.17	-0.23	-0.21	-0.03	-0.13	-0.22	-0.11	-0.35	-0.18	-0.06	-0.27	-0.25	-0.20	8	グルタミン										
ヒスチジン	9	0.50	-0.50	0.50	0.24	0.73	0.67	0.75	0.42	1.00	0.73	0.71	0.67	0.71	0.72	0.64	0.61	0.69	0.72	0.63	0.71	0.44	0.45	0.26	0.46	0.28	0.59	-0.14	-0.11	-0.20	-0.03	0.02	0.15	-0.13	0.12	0.04	0.32	-0.47	-0.42	0.38	0.05	-0.20	-0.24	-0.25	0.05	-0.01	-0.28	-0.35	-0.29	-0.41	-0.25	-0.15	9	ヒスチジン										
グリシン	10	0.63	-0.63	0.62	0.35	0.67	0.71	0.76	0.33	0.72	1.00	0.82	0.70	0.78	0.64	0.74	0.67	0.82	0.69	0.83	0.76	0.55	0.48	0.18	0.35	0.33	0.68	-0.15	-0.14	-0.28	-0.04	0.04	0.19	0.16	0.12	0.37	-0.48	-0.43	0.33	0.18	-0.19	-0.23	-0.22	0.28	0.10	-0.02	-0.54	-0.32	-0.01	-0.42	-0.65	-0.22	-0.14	10	グリシン									
トレオニン	11	0.65	-0.65	0.64	0.47	0.55	0.91	0.33	0.75	0.62	1.00	0.68	0.77	0.87	0.81	0.68	0.86	0.80	0.83	0.87	0.81	0.58	0.43	0.69	0.84	0.49	0.45	0.13	0.32	0.59	-0.15	-0.12	-0.05	-0.07	0.18	0.06	0.49	-0.32	-0.23	0.40	0.24	-0.15	-0.13	-0.22	0.10	-0.02	-0.46	-0.32	0.01	-0.39	-0.56	-0.17	-0.06	11	トレオニン									
アルギニン	12	0.52	-0.52	0.50	0.37	0.66	0.65	0.62	0.26	0.71	0.70	0.68	1.00	0.69	0.63	0.84	0.74	0.62	0.69	0.82	0.76	0.64	0.38	0.40	0.13	0.31	0.23	0.32	0.43	-0.16	-0.12	-0.25	0.01	-0.20	-0.18	0.03	0.41	-0.29	-0.19	0.50	0.11	-0.17	-0.15	-0.14	0.13	0.03	-0.26	-0.42	-0.26	0.00	-0.35	-0.61	-0.20	-0.08	12	アルギニン								
アミノ	13	0.47	-0.47	0.46	0.36	0.61	0.71	0.77	0.54	0.67	0.76	0.77	0.69	1.00	0.63	0.71	0.65	0.71	0.65	0.71	0.65	0.55	0.40	0.10	0.36	0.27	0.41	0.46	-0.25	-0.17	-0.35	-0.02	0.05	-0.05	0.06	0.46	-0.43	-0.37	0.53	0.18	-0.20	-0.29	-0.28	0.19	-0.01	-0.39	-0.46	-0.38	-0.10	-0.34	-0.53	-0.25	-0.04	13	アミノ									
チロシン	14	0.57	-0.57	0.56	0.41	0.71	0.68	0.67	0.34	0.64	0.67	0.63	0.63	0.87	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.53	0.43	0.23	0.29	0.38	0.48	-0.08	-0.07	-0.19	0.05	-0.01	0.13	-0.13	0.12	0.08	0.50	-0.37	-0.33	0.53	0.18	-0.20	-0.17	-0.18	0.21	0.05	-0.42	-0.43	-0.35	-0.08	-0.39	-0.53	-0.25	-0.08	14	チロシン								
バリン	15	0.58	-0.58	0.58	0.28	0.81	0.83	0.83	0.24	0.72	0.74	0.91	0.84	0.73	0.84	1.00	0.91	0.84	0.85	0.83	0.89	0.84	0.57	0.44	0.29	0.30	0.37	0.45	0.46	-0.08	-0.09	-0.19	0.03	-0.01	0.12	-0.13	0.11	0.16	0.48	-0.32	-0.25	0.43	0.23	-0.19	-0.14	-0.14	0.23	0.09	-0.41	-0.47	-0.35	-0.04	-0.16	15	バリン									
メチオニン	16	0.59	-0.59	0.59	0.21	0.73	0.76	0.84	0.19	0.64	0.65	0.81	0.78	0.58	0.95	0.91	1.00	0.92	0.95	0.90	0.95	0.70	0.57	0.44	0.29	0.30	0.37	0.45	0.46	-0.08	-0.09	-0.19	0.03	-0.01	0.12	-0.13	0.11	0.49	-0.44	-0.41	0.40	0.11	-0.28	-0.17	-0.22	0.02	-0.25	-0.44	-0.36	0.02	-0.42	-0.56	-0.24	-0.09	16	メチオニン								
トリプトファン	17	0.35	-0.35	0.35	0.26	0.23	0.46	0.32	0.11	0.41	0.23	0.39	0.42	0.21	0.52	0.41	0.62	1.00	0.49	0.45	0.33	0.21	0.31	0.25	0.22	0.32	0.35	0.35	0.15	-0.02	0.05	-0.12	0.16	-0.15	0.11	-0.15	0.14	0.13	0.35	-0.35	-0.35	0.33	-0.29	-0.29	-0.35	0.04	-0.17	-0.08	-0.25	-0.21	0.14	-0.32	-0.37	-0.16	-0.17	17	トリプトファン							
フェニルアラニン	18	0.57	-0.57	0.58	0.17	0.81	0.88	0.88	0.28	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.58	0.48	0.18	0.32	0.29	0.38	0.48	-0.08	-0.07	-0.19	0.05	-0.01	0.13	-0.13	0.12	0.08	0.50	-0.37	-0.33	0.53	0.18	-0.20	-0.17	-0.18	0.21	0.05	-0.42	-0.43	-0.35	-0.08	-0.39	-0.53	-0.25	-0.08	18	フェニルアラニン							
イソロイシン	19	0.53	-0.53	0.53	0.27	0.81	0.82	0.88	0.26	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.58	0.48	0.18	0.32	0.29	0.38	0.48	-0.08	-0.07	-0.19	0.05	-0.01	0.13	-0.13	0.12	0.08	0.50	-0.37	-0.33	0.53	0.18	-0.20	-0.17	-0.18	0.21	0.05	-0.42	-0.43	-0.35	-0.08	-0.39	-0.53	-0.25	-0.08	19	イソロイシン								
ロイシン	20	0.47	-0.47	0.48	0.18	0.81	0.73	0.87	0.21	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.53	0.43	0.13	0.31	0.23	0.32	0.43	0.40	-0.07	0.06	0.11	0.34	0.58	-0.05	-0.11	-0.11	0.08	0.07	-0.07	0.06	0.12	-0.04	-0.14	0.13	0.10	0.38	-0.17	-0.38	-0.01	-0.18	-0.30	-0.23	0.02	-0.04	-0.16	-0.23	-0.18	0.00	-0.23	-0.04	-0.01	-0.02	20	ロイシン
タウリン	21	0.44	-0.44	0.44	0.27	0.78	0.82	0.18	0.71	0.76	0.82	0.64	0.61	0.71	0.64	0.71	0.64	0.71	0.64	0.71	0.64	0.54	0.44	0.14	0.30	0.38	-0.02	0.28	0.08	0.23	0.55	-0.12	-0.13	-0.19	-0.04	0.02	0.14	-0.12	0.11	0.10	-0.39	-0.29	-0.39	0.15	-0.19	-0.36	-0.20	-0.39	-0.43	-0.23	-0.06	-0.21	21	タウリン										
カルシウム	22	0.68	-0.68	0.72	0.10	0.47	0.52	0.22	0.44	0.55	0.50	0.53	0.43	0.57	0.53	0.43	0.57	0.53	0.43	0.57	0.53	0.43	0.38	1.00	0.58	0.40	0.15	0.57	0.45	-0.05	-0.11	-0.12	-0.08	0.16	0.04	0.00	-0.08	0.33	-0.40	-0.38	0.34	-0.05	-0.39	-0.34	-0.33	0.22	-0.04	-0.29	-0.43	-0.40	0.05	-0.42	-0.46	-0.35	-0.26	22	カルシウム							
アンモニア	23	0.58	-0.57	0.58	0.11	0.38	0.43	0.44	0.26	0.45	0.46	0.48	0.40	0.50	0.43	0.44	0.50	0.43	0.44	0.50	0.43	0.44	0.38	0.55	1.00	0.25	0.35	0.38	0.47	-0.16	0.05	-0.31	-0.22	0.31	-0.32	0.02	0.41	-0.38	-0.45	0.20	-0.20	-0.25	-0.21	-0.29	-0.03	-0.23	-0.29	-0.45	-0.34	0.10	-0.43	-0.34	-0.16	0.03	23	アンモニア								
β-アラニン	24	0.32	-0.32	0.31	0.28	0.08	0.20	0.13	0.17	0.25	0.18	0.16	0.13	0.10	0.25	0.19	0.25	0.16	0.13	0.10	0.25	0.16																																										

前頁の相関マトリックスは、濃淡で相関の絶対値の大きさを示しており、太字部分が官能評価値となっている。

7. 主成分分析

用いた変数は⑥の相関マトリックスで扱った 55 項目から、官能評価値9項目と枝肉6形質および、アスパラギン酸とと畜月齢を除く 38 項目を用いた主成分分析を行った。

結果、以下の表および図6の通り、第 7 主成分で累積寄与率は 80%を超え、第 12 主成分で 90%を超えた。

表6. 第 12 主成分までの寄与率と累積寄与率

	第1主成分	第2主成分	第3主成分	第4主成分	第5主成分	第6主成分
寄与率	42.0%	13.1%	8.1%	7.1%	4.2%	3.3%
累積寄与率	42.0%	55.1%	63.2%	70.3%	74.5%	77.9%

	第7主成分	第8主成分	第9主成分	第10主成分	第11主成分	第12主成分
寄与率	2.9%	2.6%	2.5%	2.2%	1.8%	1.5%
累積寄与率	80.8%	83.3%	85.8%	88.0%	89.7%	91.2%

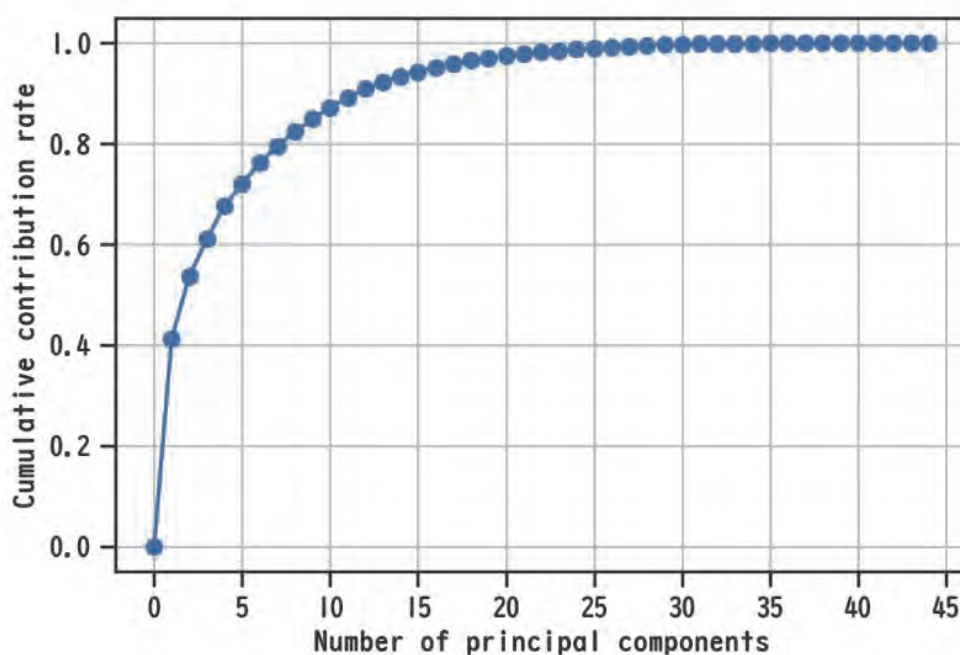
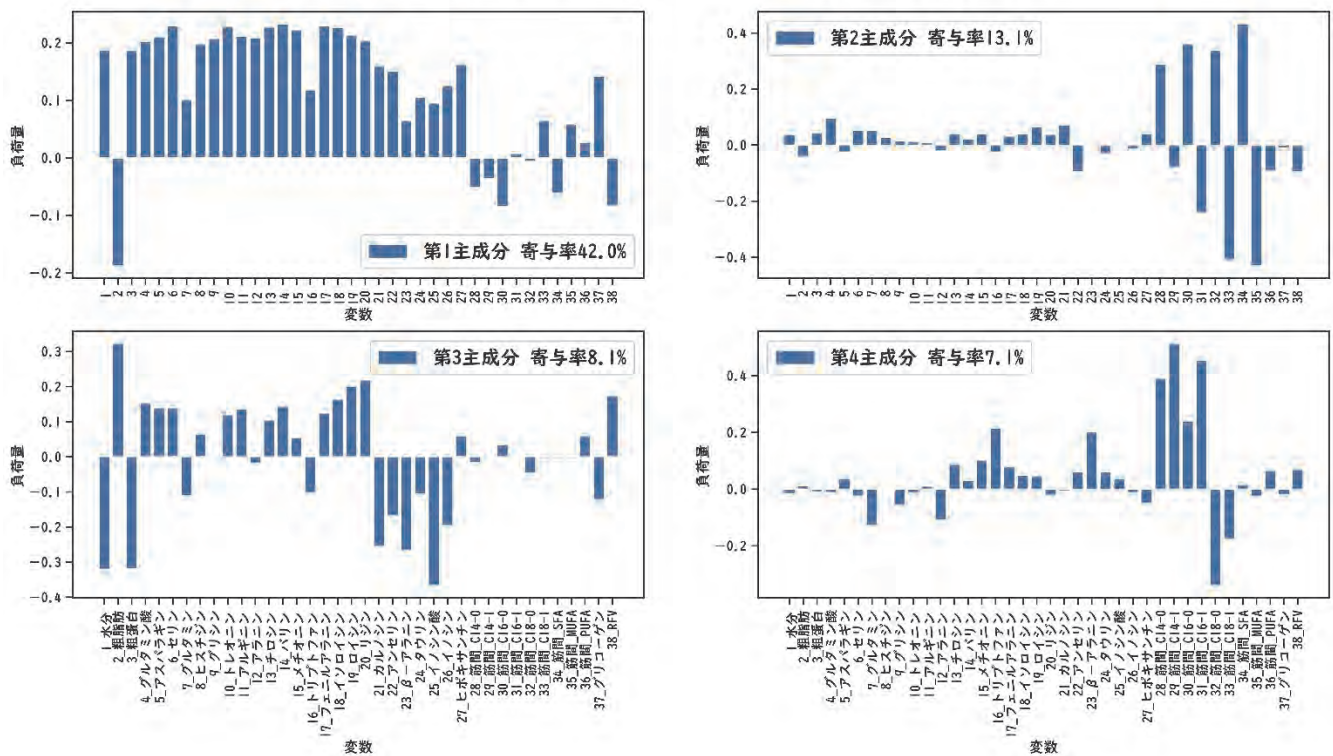


図6. 主成分と累積寄与率の推移

各変数に対する第4主成分までの主成分負荷量



各変数に対する第5~8主成分までの主成分負荷量

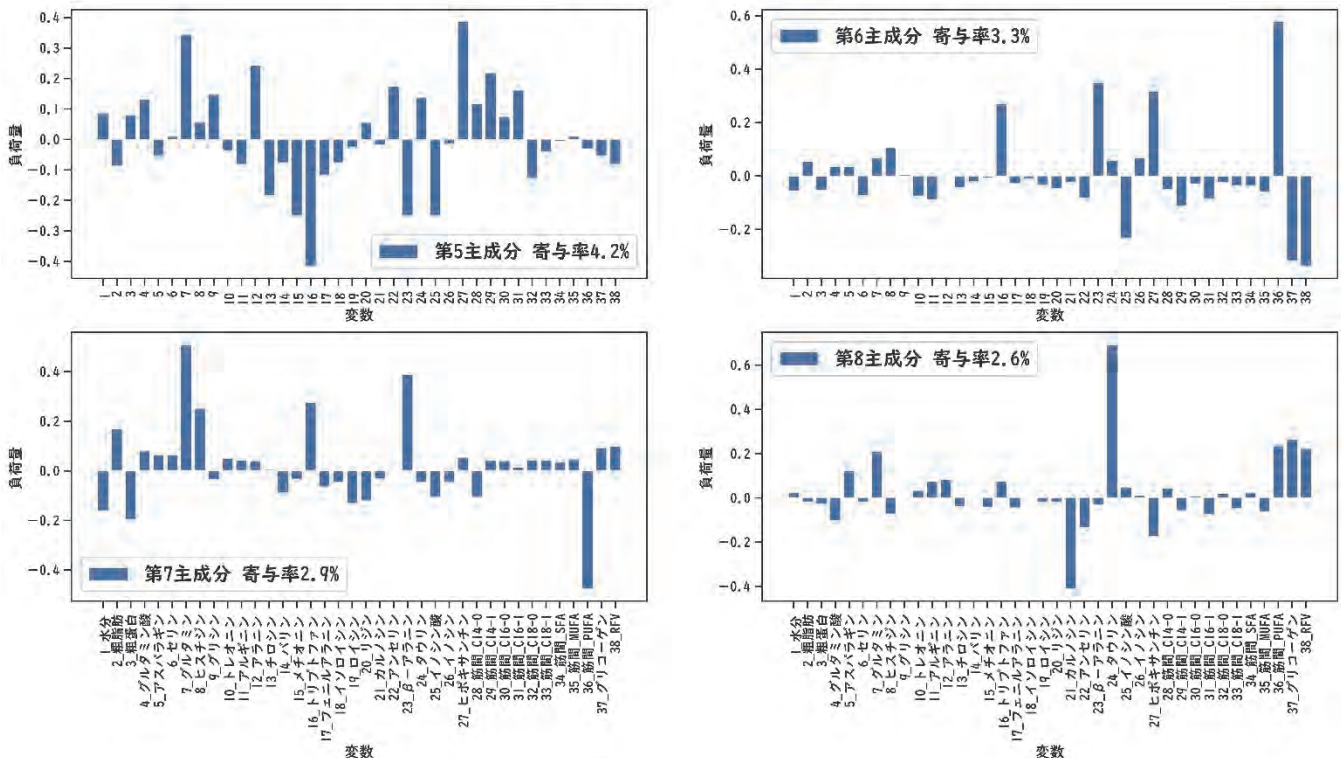


図7. 第8主成分までの主成分負荷量

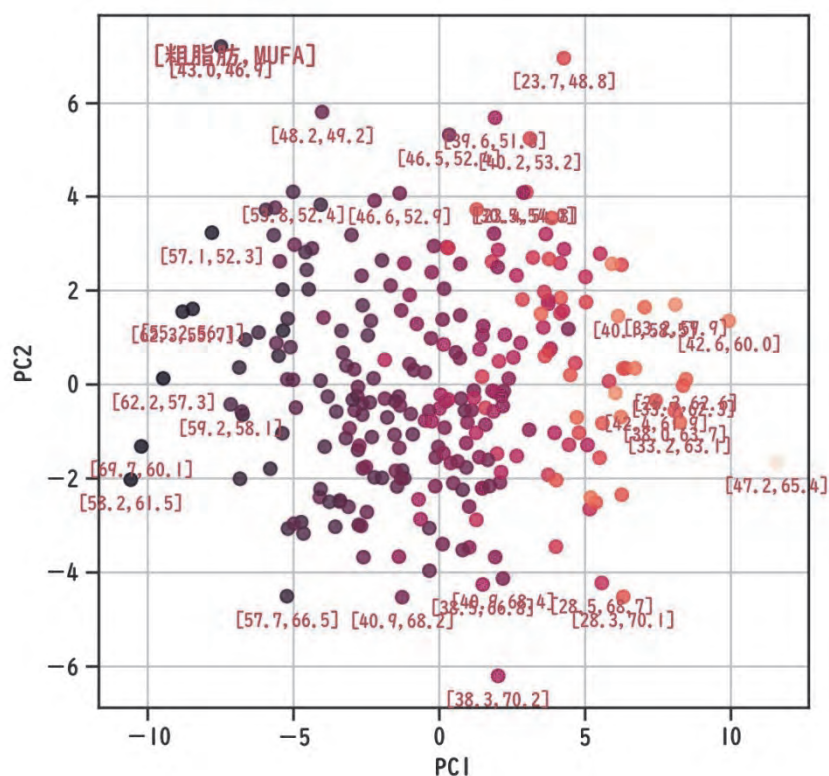


図8. 第1、第2主成分による主成分プロット

〈1〉第1主成分について（寄与率 42.0%）

図6で主成分負荷量を確認すると、脂肪酸と粗脂肪を除くほぼすべての理化学分析値でプラスの比較的大きな値で、対照的に粗脂肪が大きなマイナスになっている。

ここで主成分負荷量のプラスの値が大きかった上位2項目に当たるセリン、バリンおよび粗タンパク質と粗脂肪、そして反対に負荷量がやや小さいグルタミンやトリプトファン、 β -アラニンと第1主成分得点との相関と散布図を確認する。

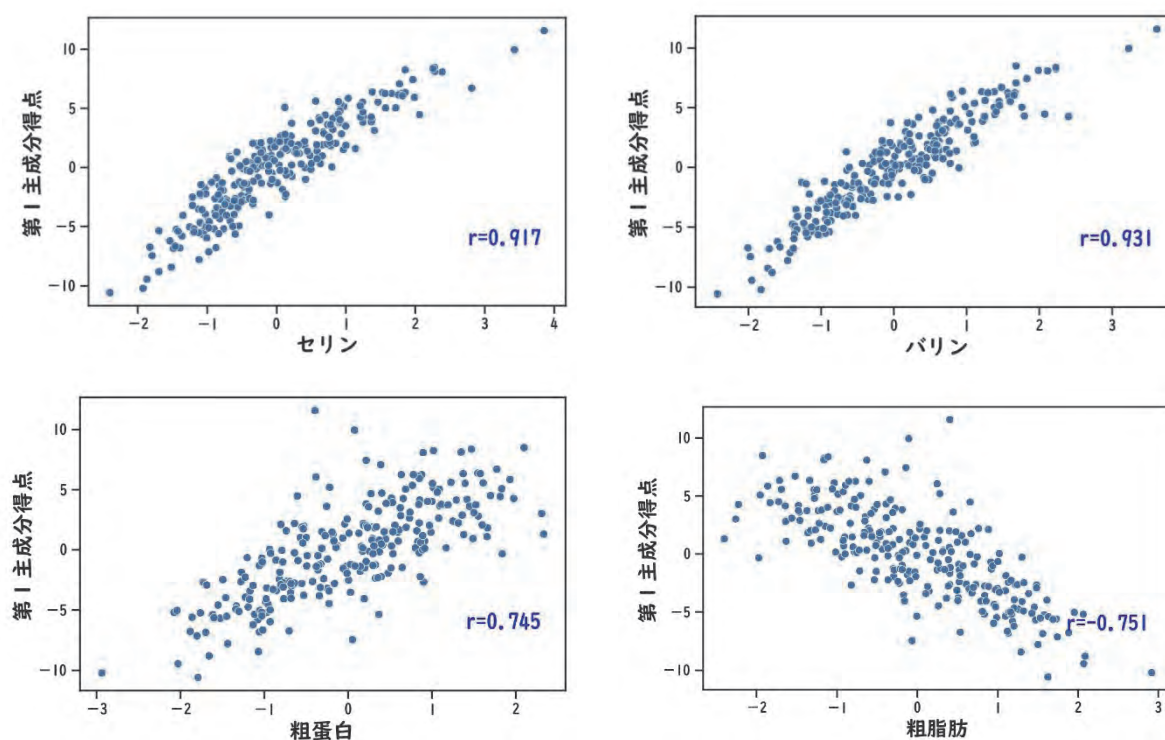


図9. 第1主成分と相関の高い理化学分析値

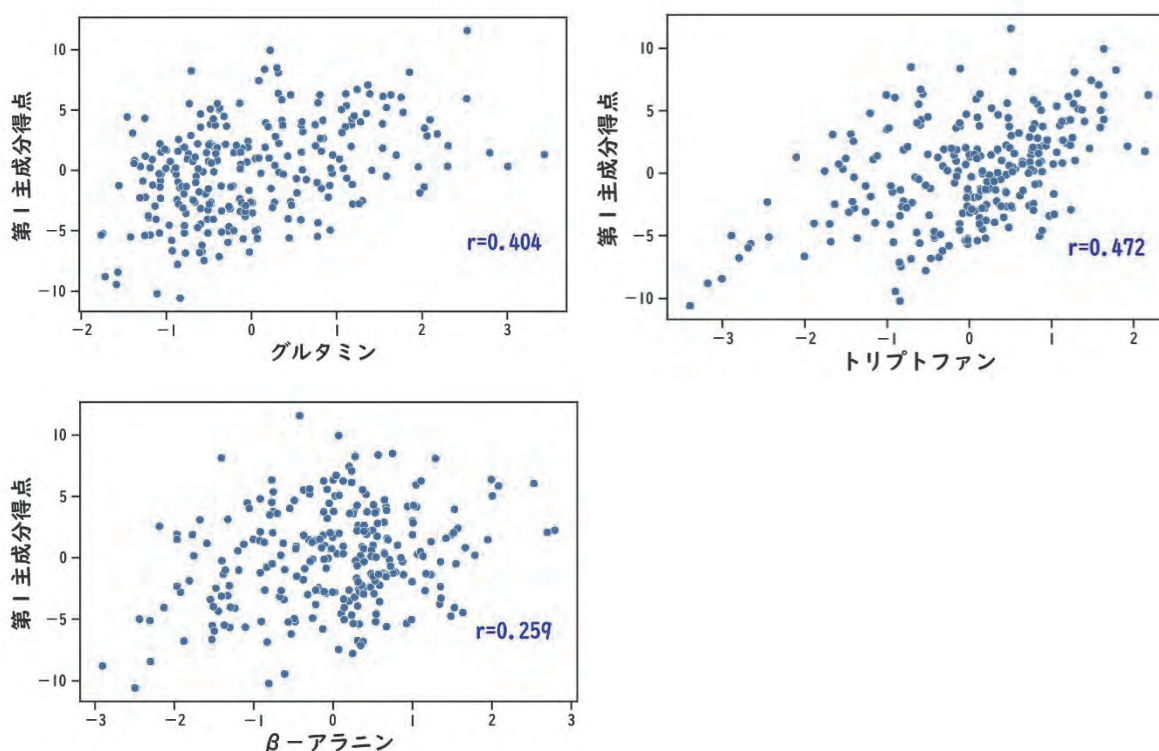


図 10. 第 1 主成分と相関の低い理化学分析値

第1主成分は脂肪の量との相関も高いが(つまり、相反して粗蛋白量との相関も符号が反転して高い。以下、粗脂肪含量について記述する際は、粗蛋白量は相反していることを省略する。)、各アミノ酸や拡散関連物質との相関も高い。一方で、主成分負荷量や相関係数の低い、グルタミンやトリプトファン、β-アラニンにも注目する必要がある。これら第1主成分の主成分負荷量の小さかった項目については第5、第7主成分の主成分負荷量が大きくなっており、他のアミノ酸と少し動きが異なっていた。図 5 の相関マトリックスを確認すると、グルタミンとトリプトファンは他の理化学分析値間との相関が低い傾向にあるが、前者は非必須アミノ酸で、総アミノ酸量との比ではアラニンの **26.4%** に次ぐ **17.7%** と構成比の多いアミノ酸で、後者は必須アミノ酸で動物の体内では合成されないアミノ酸であることから飼料由来と考えられるが、**0.9%** と最も低い構成比のアミノ酸である。また β-アラニンもトリプトファンと同様に微量な成分の一つであるが、そのトリプトファンとの相関が高かったが、相関が高い理由は微量な成分同士であるからなのかは定かでない。

参考までに、この3つの成分にグルタミン酸とセリンを加えた 5 成分の総当たりの散布図を示す。第1主成分の主成分負荷量の高い理化学分析値については、グルタミン酸とセリンの散布図のように高い相関を示すが、トリプトファンとアラニンについてはこれらとの相関が低く、その中でも総当たりの図で、トリプトファンとアラニンの相互の相関が高い点は特異的であることが確認できる。

グルタミン酸、セリン、グルタミン、トリプトファン、 β -アラニンの関係

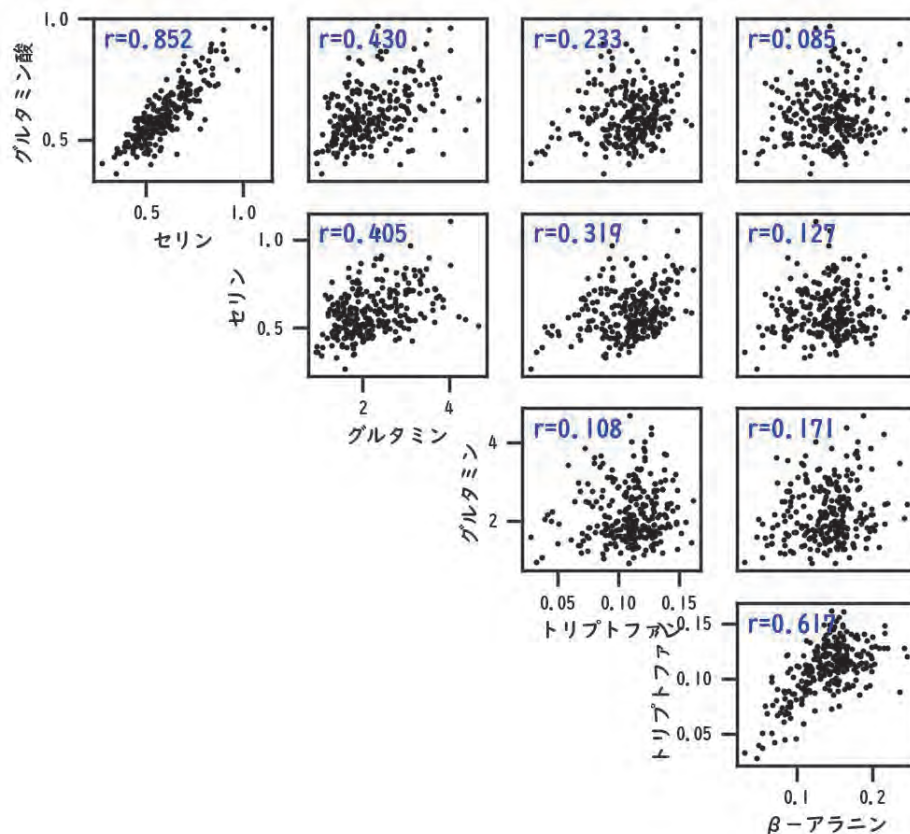


図 11. グルタミン酸、セリン、グルタミン、トリプトファン、 β -アラニン総当たりの散布図

<2>第 2 主成分について（寄与率 13.1%）

第 2 主成分は MUFA と C18:1 で主成分負荷量が大きな負の値で、飽和脂肪酸で大きな値となっており、これらが顕著であることから脂肪の質を示す成分と考えられる。以下にオレイン酸、MUFA、SFA について第 2 主成分得点との散布図を示す。

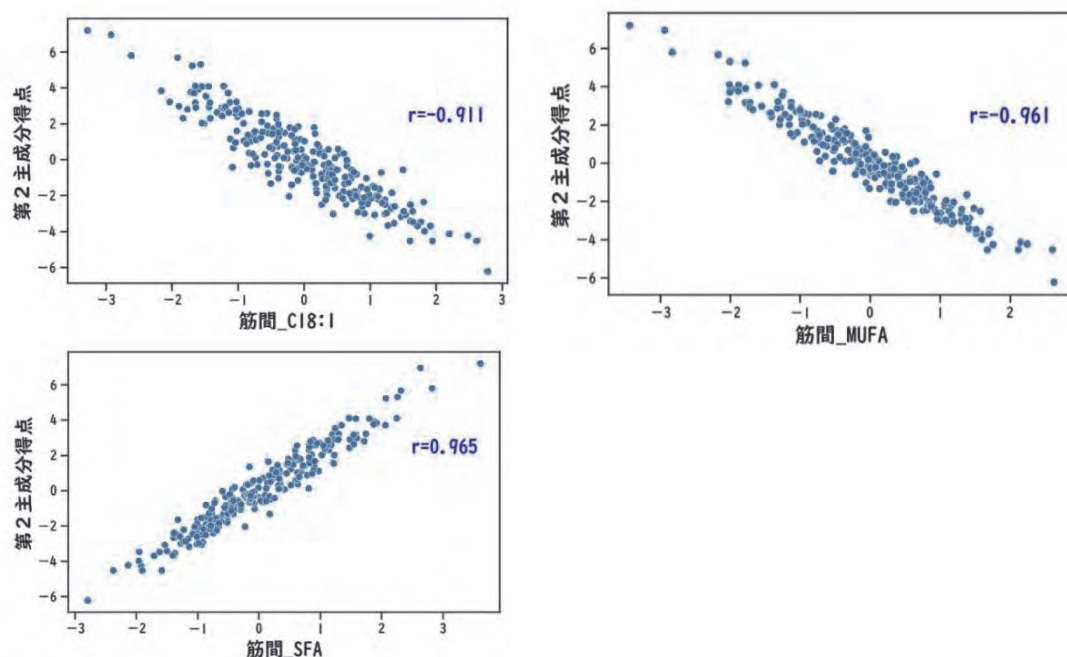
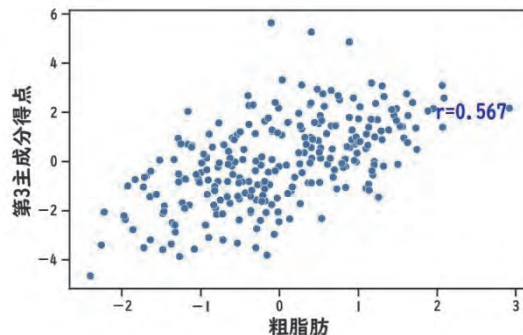
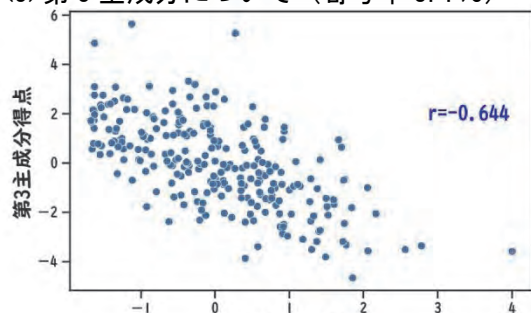
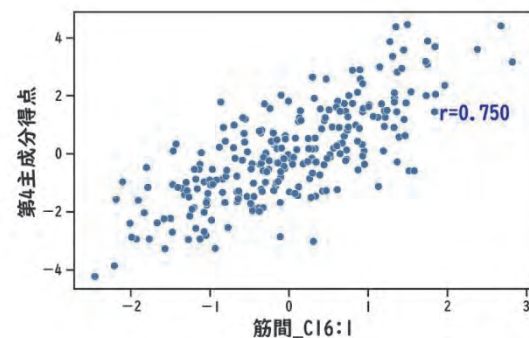
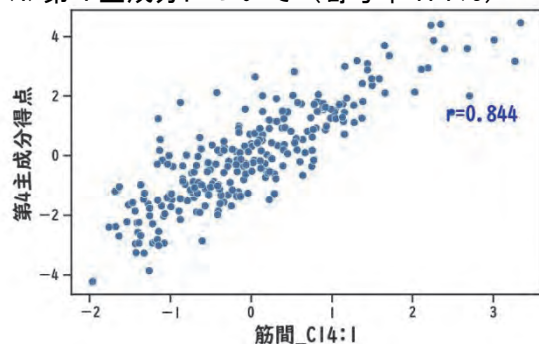


図 12. 第 2 主成分と相関の高い理化学分析値

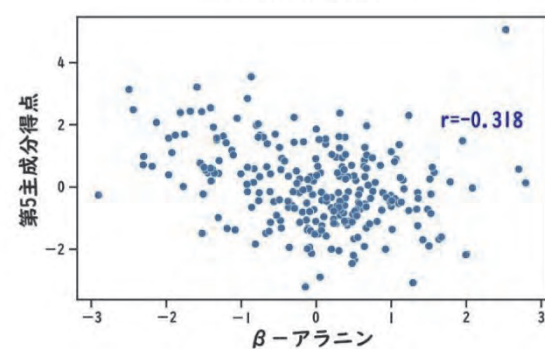
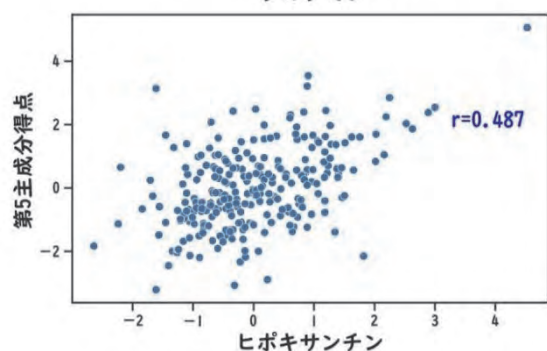
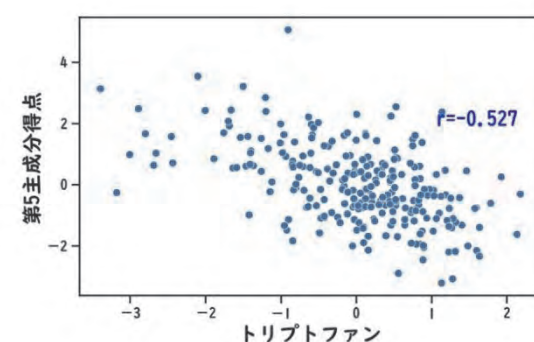
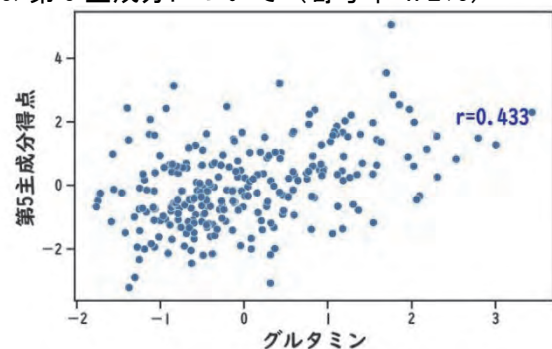
<3>第3主成分について（寄与率 8.1%）



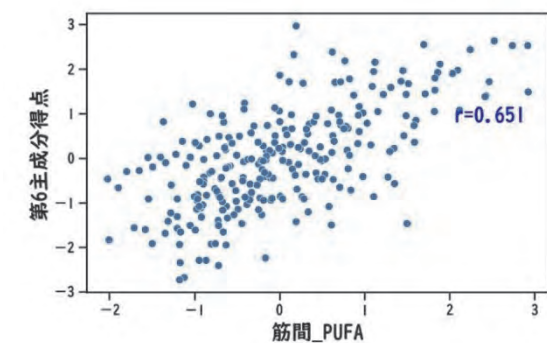
<4>第4主成分について（寄与率 7.1%）



<5>第5主成分について（寄与率 4.2%）



<6>第6主成分（寄与率 3.3%）



<7>第7主成分（寄与率 2.9%）

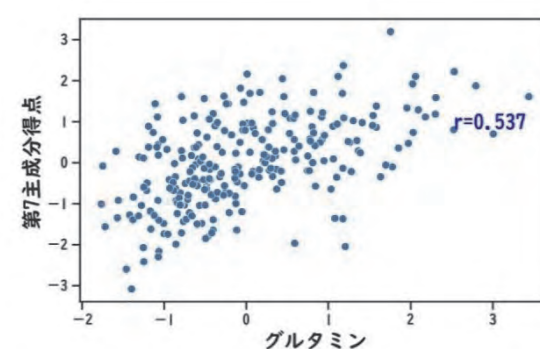


図 13. 第 3～第 7 主成分までの各主成分との相関の高い理化学分析値

8. クラスタ分析

クラスタ分析はユークリッド距離を用いた ward 法により、〈試行1〉として主成分分析にて累積寄与率が 80%を超える最初の主成分である第7主成分までに次元を削減した主成分得点を用いて行った。なお、この試行の事前には、全 38 個の理化学分析値を用いたクラスタ分析も実施したが、この結果と試行1の結果はほぼ同様であることを確認している。

また、〈試行 2〉として第1主成分を除いた第 2～7 主成分によるクラスタ分析を実施した。

〈試行 1〉主成分分析による第 7 主成分までを用いたクラスタ分析

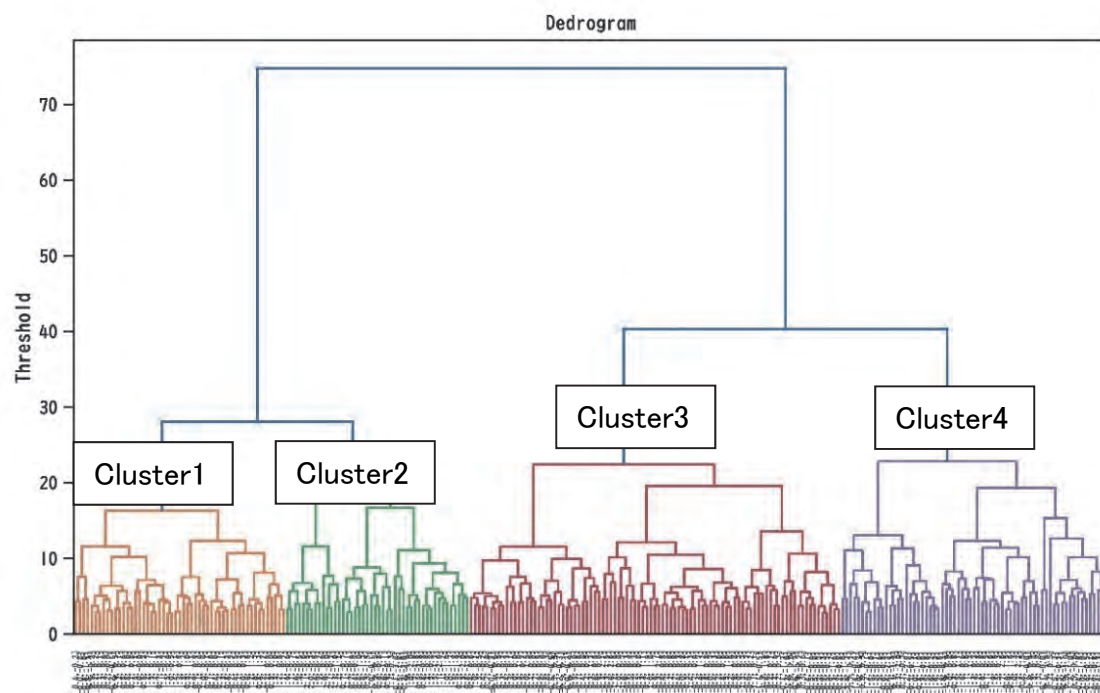


図 14. 第 1～第 7 主成分による樹形図

表 7. 〈試行 1〉による各クラスターの粗脂肪と粗蛋白およびオレイン酸と MUFA の平均値

cluster	頭数	粗脂肪 %	粗蛋白 %	C18:1 %	MUFA %
1	46	50.80	11.17	55.94	62.06
2	48	53.54	10.51	51.39	56.30
3	99	40.68	13.58	55.44	61.18
4	66	35.61	14.77	54.58	59.83

各クラスターの測定値の平均値

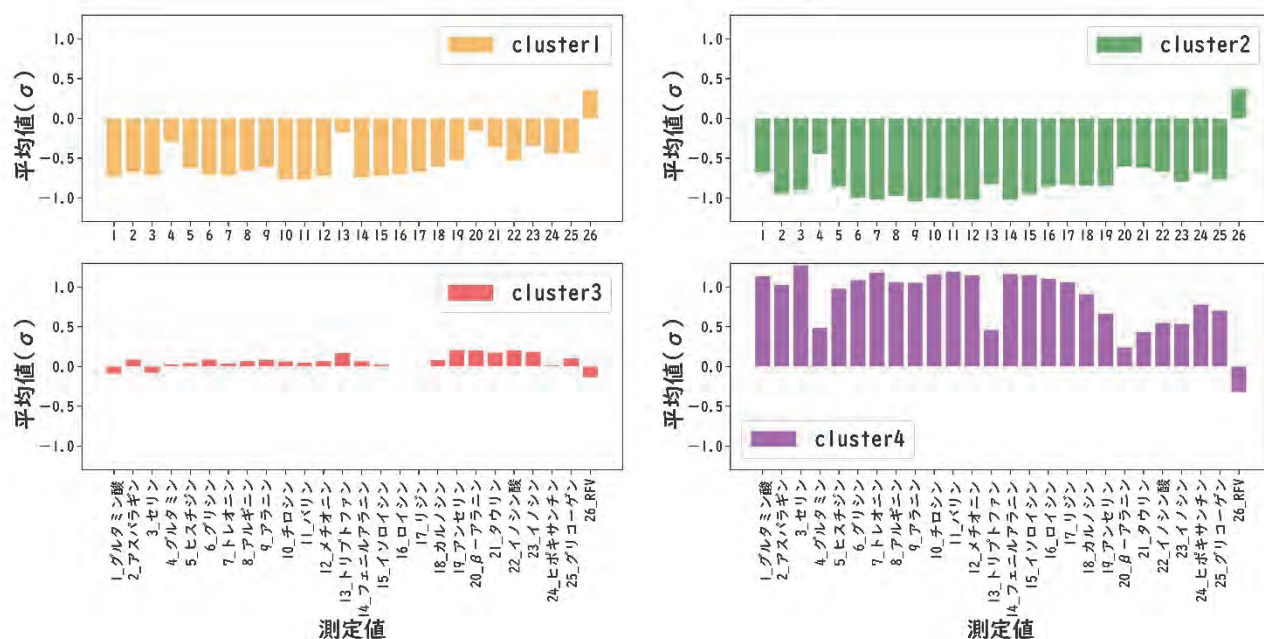


図 15. <試行 1>による各クラスターの測定値の平均値

各クラスターの官能評価スコアの平均値

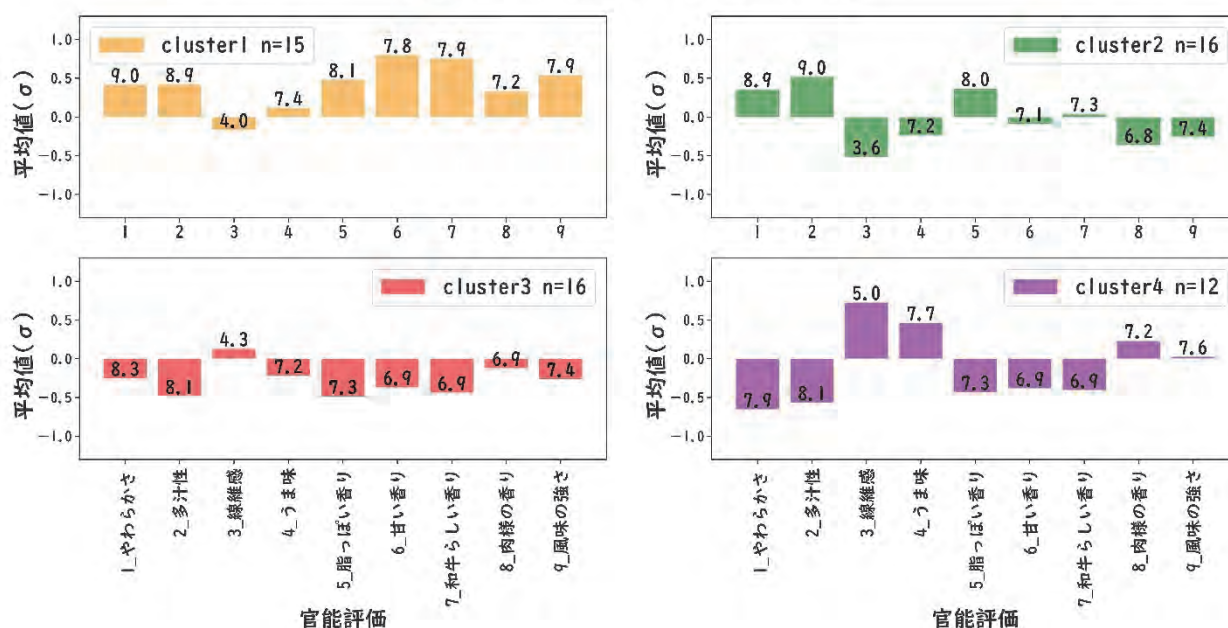


図 16. <試行 1>による各クラスターの官能評価スコアの平均値

cluster1は、粗脂肪含量が 50%前後と比較的高く、アミノ酸等の理化学分析値の平均値は cluster2と比較的良く似ているが、トリプトファンとβアラニンおよび、タウリンからグリコーゲンまではやや少なく、MUFA は 61.5%以上で、やわらかさ、多汁性、脂っぽい香、甘い香り、和牛らしい香り、肉様の香り、風味の強さのスコアがいずれも高かった。特に、甘い香り、和牛らしい香り、風味の強さのスコアが高かった。この3項目については、次の cluster2 と比較して有意差も確認された。うま味は若干低かった。

cluster2は粗脂肪含量が53%台と高く、MUFAは56%台と低く、これらの官能評価のスコアは、柔らかさと多汁性、脂っぽい香りが高かったが、和牛らしい香り、甘い香りが平均的で、肉様の香りと風味の強さの評価がやや低かった。

cluster3は粗脂肪含量が41%台でやや低めで、MUFAは61.5%以上であるが、これらの官能評価スコアは平均値よりも低い傾向にあり、脂っぽい香り、うま味、甘い香り、和牛らしい香りのスコアが低かった。

cluster4は粗脂肪含量が35%前後で低く、MUFAは60%をやや下回る平均的な値であるという特徴を持つが、柔らかさ、多汁性は低く、繊維感が高く、脂っぽい香り、甘い香り、和牛らしい香りでスコアが低いものの、うま味のスコアが高いという特徴が見られた。

表 8. 各クラスターの特徴まとめ

試行 1 cluster	粗脂肪	アミノ酸等	MUFA	やわらか さ	うまみ	脂っぽい 香り	甘い 香り	和牛らしい 香り	肉様の 香り	風味の 強さ
1	多い	やや少ない	やや高い	やや高い	やや高い	やや高い	高い	高い	やや高い	高い
2	かなり多い	少ない	かなり低い	やや高い	平均的	やや高い	平均的	平均的	やや低い	やや低い
3	やや少ない	やや多い	やや高い	やや低い	やや低い	やや低い	やや低い	やや低い	平均的	やや低い
4	少ない	多い	平均的	低い	やや高い	やや低い	やや低い	やや低い	平均的	平均的

標準化した σ 値を基に標記。

粗脂肪を例にした場合、 ± 1 以上:かなり多い(少ない)、 $\pm 0.5 \sim \pm 1$:多い(少ない)、 $\pm 0.2 \sim \pm 0.5$:やや多い(少ない)、 ± 0.2 未満:平均的

表 9. 有意差検定の結果（同じ記号を持たない cluster 間で有意差（5%水準）

cluster		粗脂肪	アミノ酸総量	MUFA	やわらか さ	うまみ	脂っぽい 香り	甘い 香り	和牛らしい 香り	肉様の 香り	風味の 強さ
試行 1	試行 2										
1	1	B	C	A	A	A	A	A	A	A	A
2	2	A	C	C	A	A	AB	B	AB	A	B
3	3	C	B	A	AB	A	B	B	B	A	AB
4	4	D	A	B	B	A	AB	B	B	A	AB

＜試行 2＞第 1 主成分を除く、第 2～7 主成分によるクラスター分析

粗脂肪含量の要素が大きいと推察される第 1 主成分を除くことによって、クラスターの形成に与える影響を調査する目的で、第 2～7 主成分によるクラスター分析を行った。

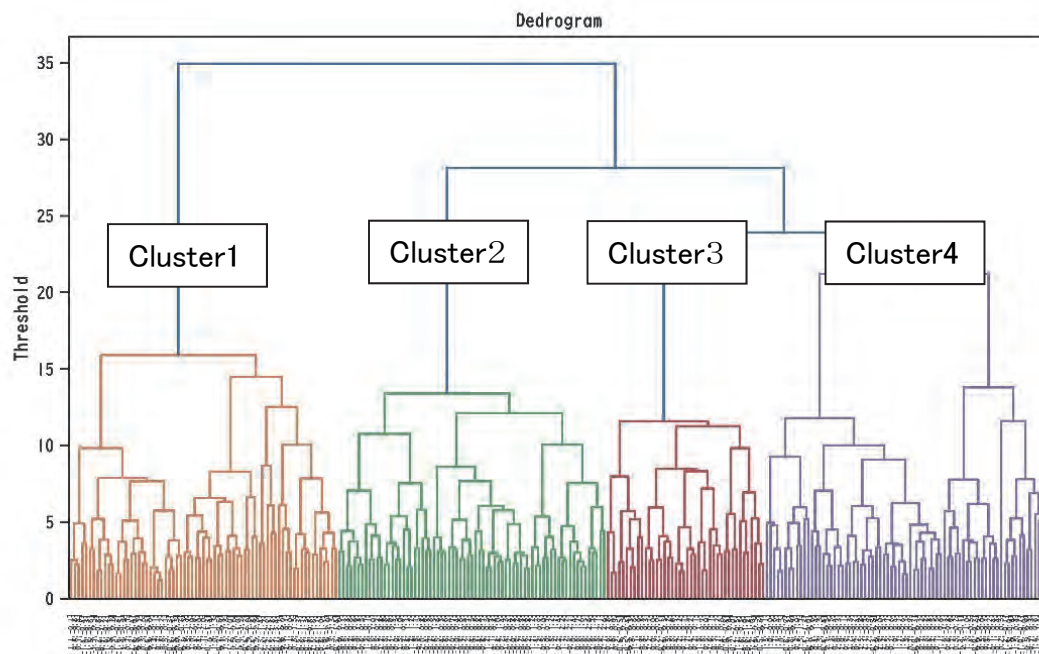


図 17. 第 2～7 主成分による樹形図

表 10. ＜試行 1＞と＜試行 2＞の関係を示すクロス表

cluster		＜試行 3＞				
		1	2	3	4	計
＜試行 2＞	1	0	23	14	9	46
	2	19	3	8	18	48
	3	17	50	19	13	99
	4	21	18	10	17	66
	計	57	94	51	57	259

表 11. <試行 2>による各クラスターの粗脂肪と粗タンパク質およびオレイン酸と MUFA の平均値

cluster	頭数	粗脂肪 %	粗蛋白 %	C18:1 %	MUFA %
1	57	40.12	13.72	50.97	55.89
2	94	40.39	13.63	57.04	62.86
3	51	47.75	11.87	53.83	60.17
4	57	48.52	11.73	54.72	59.65

各クラスターの測定値の平均値

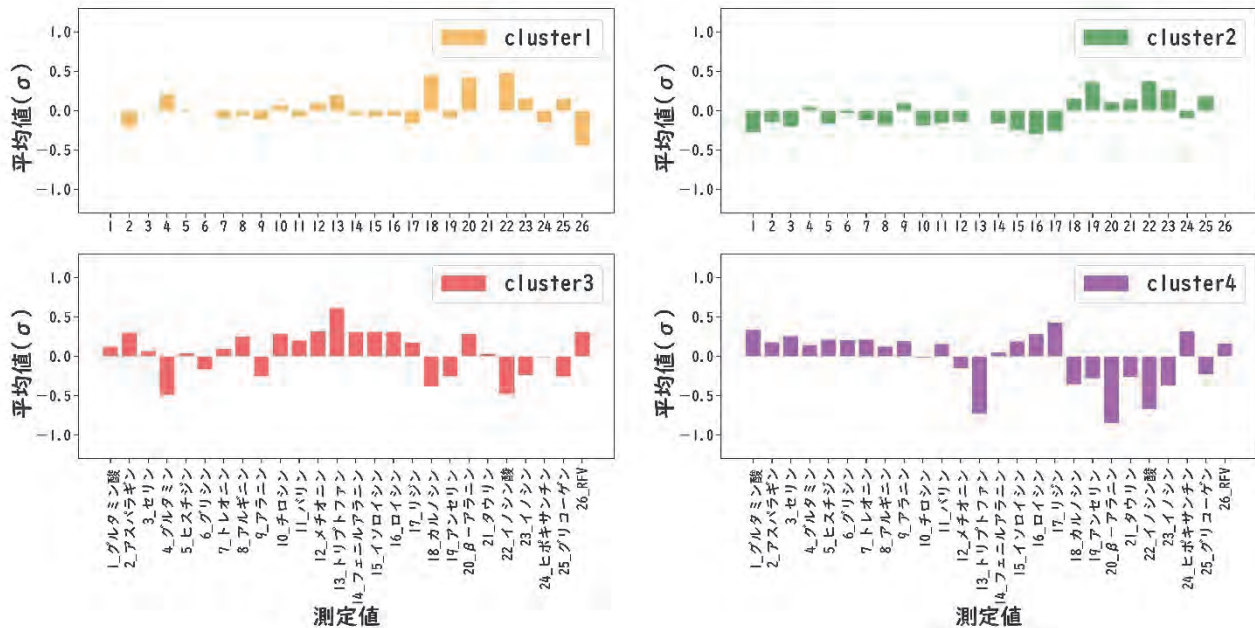


図 18.<試行 2>による各クラスターの測定値の平均値

各クラスターの官能評価スコアの平均値

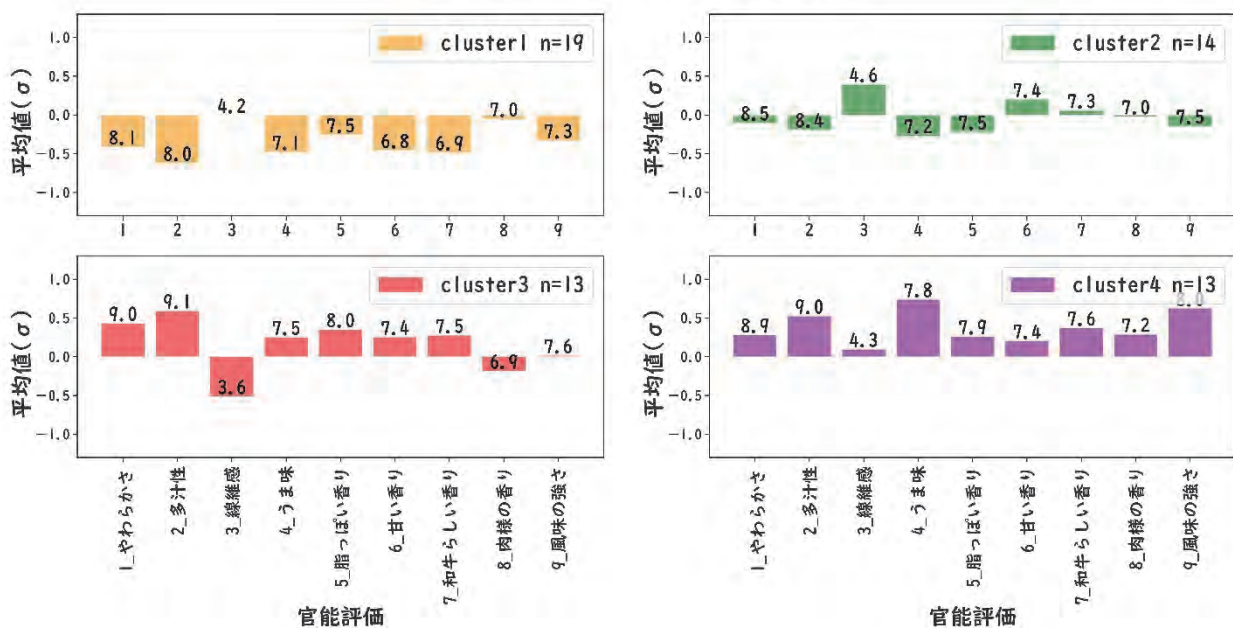


図 19.<試行 2>による各クラスターの官能評価スコアの平均値

＜試行 2＞は第 2～7 主成分を用いたクラスター分析になるが、この6つの主成分の寄与率の総和は 38.8%となっており、第1主成分一つの寄与率である 42.0%を下回ることから、試行 1 の半分以下の説明量で分類した結果となる。

分類された cluster 間の粗脂肪含量の平均値の差とばらつきが小さく、40.1～48.5%で、cluster4 が最大であった。

脂肪の質については、MUFA が 0.7 σ に相当する 62.9%の cluster2 と 0.0 σ とほぼ平均の 60.2%の cluster3、-0.1 σ で 59.7%の cluster4 および、-1.1 σ と低い 55.9%の cluster1 に分けられており、主成分 2 との関与が高い脂肪の質がグループ分けにも大きく関与していると考えられた。

cluster1 と 2 は粗脂肪含量やアミノ酸では微差であるが、脂肪の質はその差は 1.8 σ と大きく開き、甘い香りと和牛らしい香り、風味の強さで、官能評価スコアに開きが見られた。

cluster3 と 4 は粗脂肪含量や MUFA の差小さいが、トリプトファンと β -アラニンの差が最も大きく、cluster4 で少なかった。官能評価スコアではうま味と風味の強さが cluster4 で高いという結果であった。

なお、この cluster3 と 4 にグルーピングされた計 108 個体および全 260 個体において、トリプトファンとうま味との相関はそれぞれ-0.42 と-0.28 と中程度に近い負の相関となっており、以下の通り、うま味の官能評価スコアとは正の相関係数を示すアミノ酸が多い中で、負の相関は特徴的な性質として留意すべき点である。

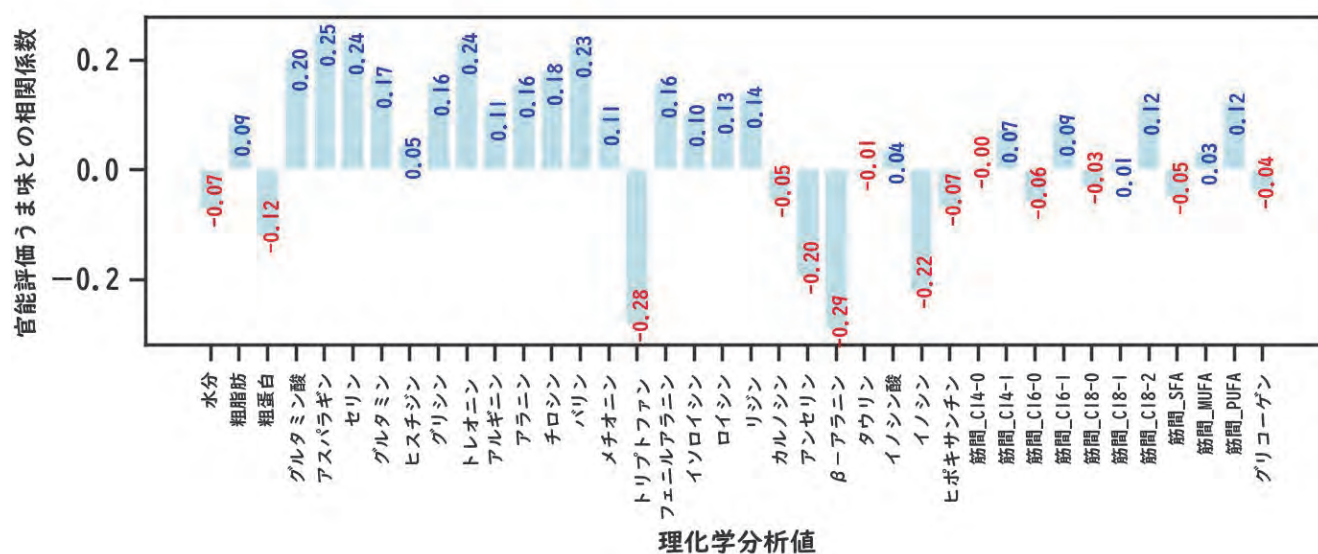


図 20.官能評価のうま味のスコアと理化学分析値間の相関

備考：光学測定値と SNP によるクラスター分析の再現性の程度について

ここまで理化学分析値を用いた cluster 分析を行ったが、理化学分析には多くの時間と経費が掛かるため、データの収集が容易ではないことから、収集が比較的容易な脂肪酸組成（オレイン酸、SFA、MUFA）および一般成分（水分、粗脂肪、粗タンパク質）および RFV の光学測定値に加え、和牛チップに搭載している食味性関連の SNP のアリの平均効果の和である相加的遺伝子効果を変数に加えて、cluster 分析を行い、特徴のある cluster を形成することができるか確認した。なお、相加的遺伝子効果と理化学分析値との相関については以下の通り。なお、算出方法については本章の（4）に記す。

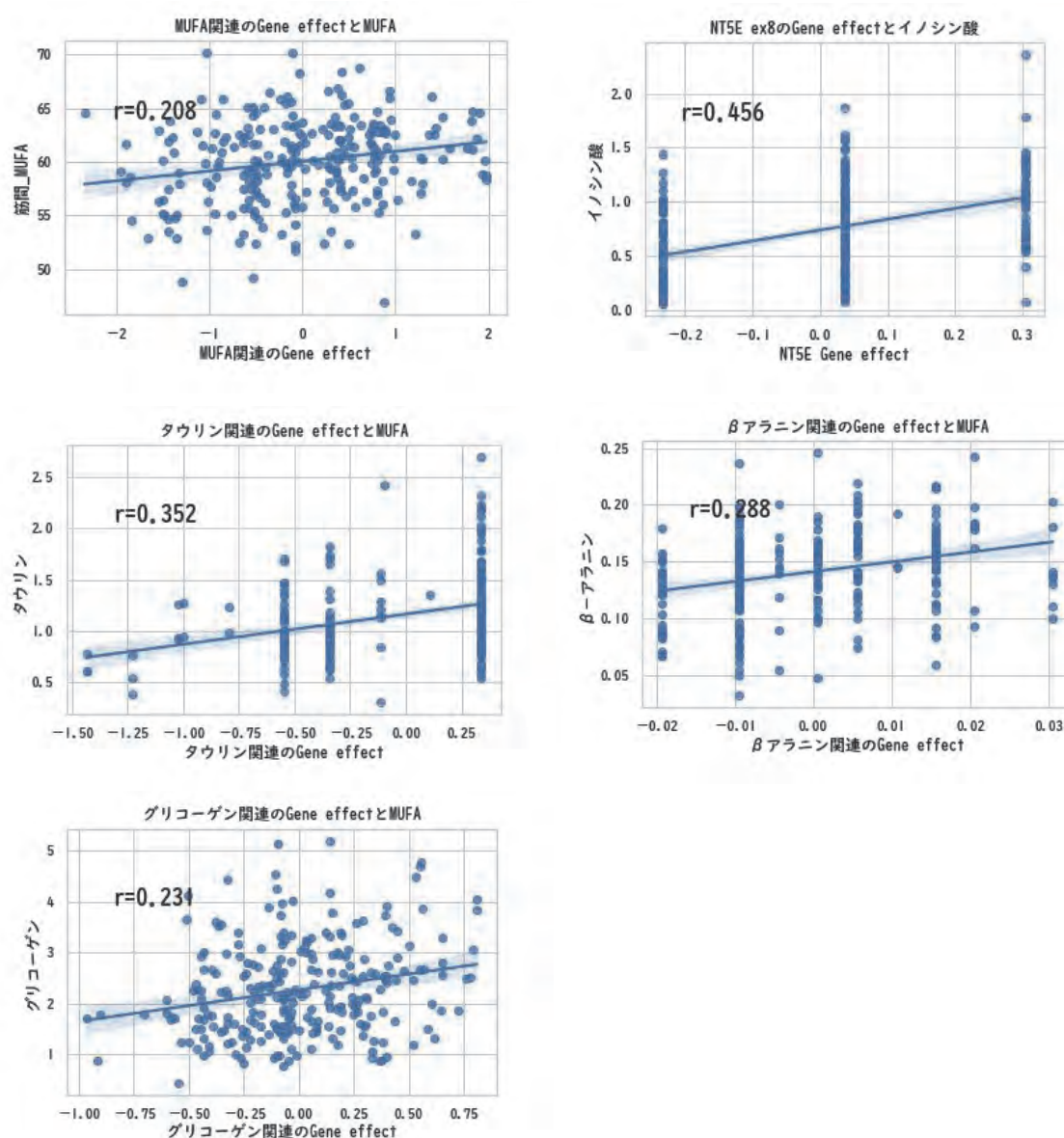


図 21. SNP 情報から推定された遺伝子効果と理化学分析値との相関

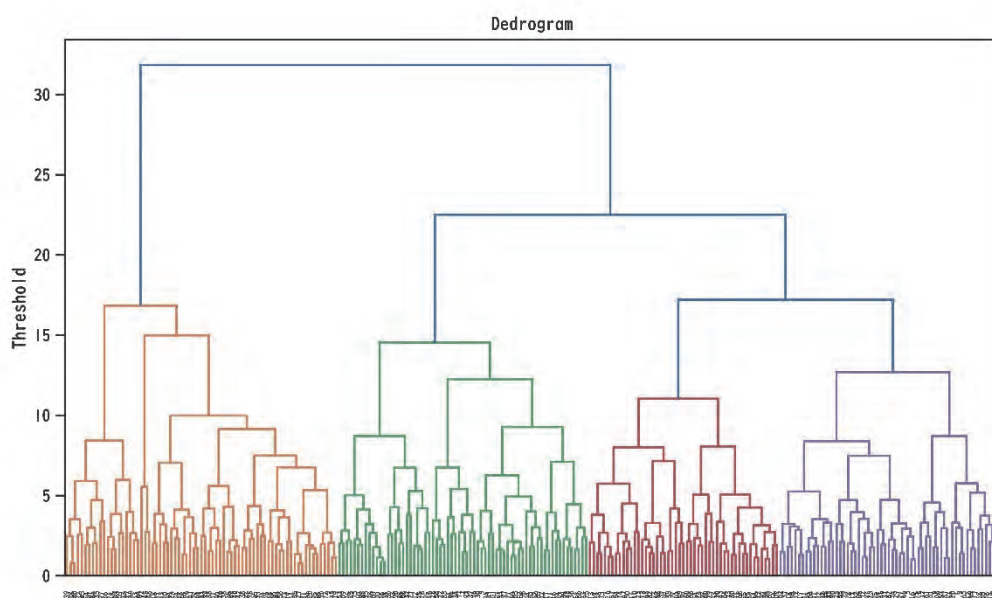


図 22. 光学測定値と SNP 情報による樹形図

表 12. <試行 1>と光学測定値と SNP 情報を用いたクラスター分析との関係

cluster		<光学測定値と SNP>				
		1	2	3	4	計
〈試行 1〉	1	17	2	7	19	45
	2	38	4	0	16	48
	3	14	28	28	23	93
	4	4	33	16	11	64
	計	73	67	51	59	250

表 13. 光学測定値と SNP 情報を用いたクラスター分析による
理化学分析の一般成分と脂肪酸組成

cluster	頭 数	粗脂肪 %	粗蛋白 %	C18:1 %	MUFA %
1	71	51.30	11.06	52.53	57.75
2	71	36.06	14.64	53.32	58.53
3	42	39.59	13.87	57.18	62.89
4	75	45.99	12.30	55.87	61.96

各クラスターの測定値の平均値

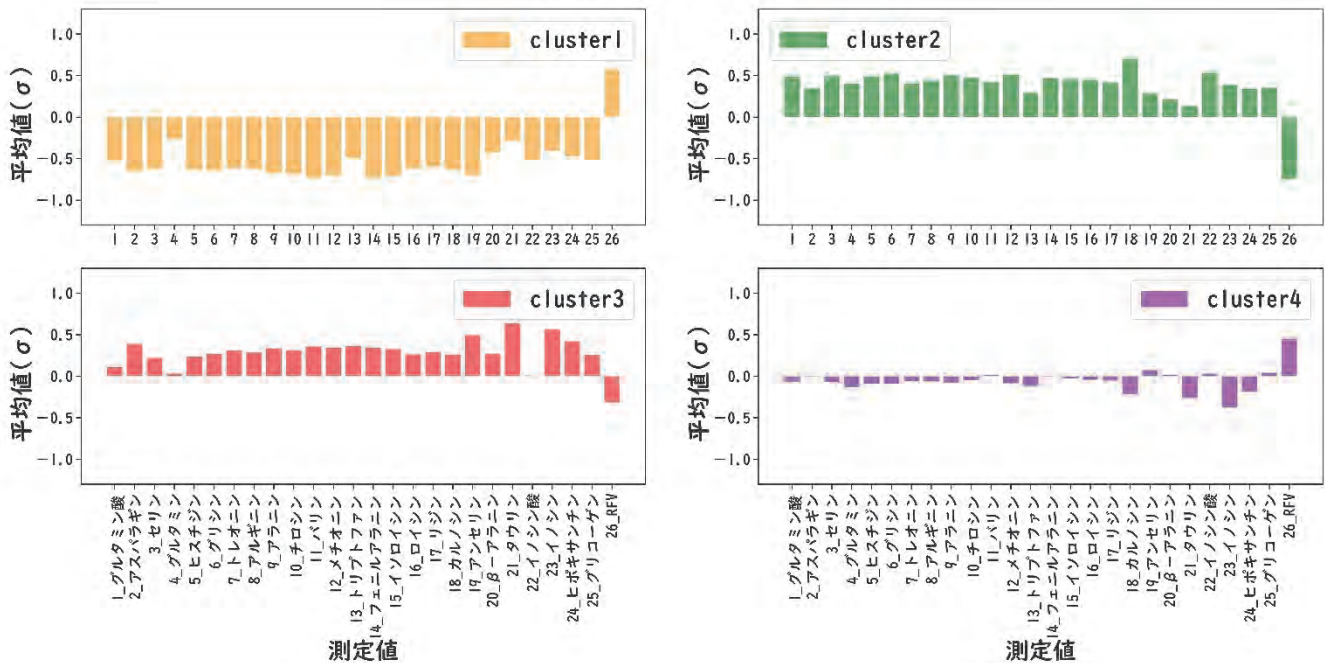


図 23. 光学測定値と SNP 情報による各クラスターの測定値の平均値

各クラスターの官能評価スコアの平均値

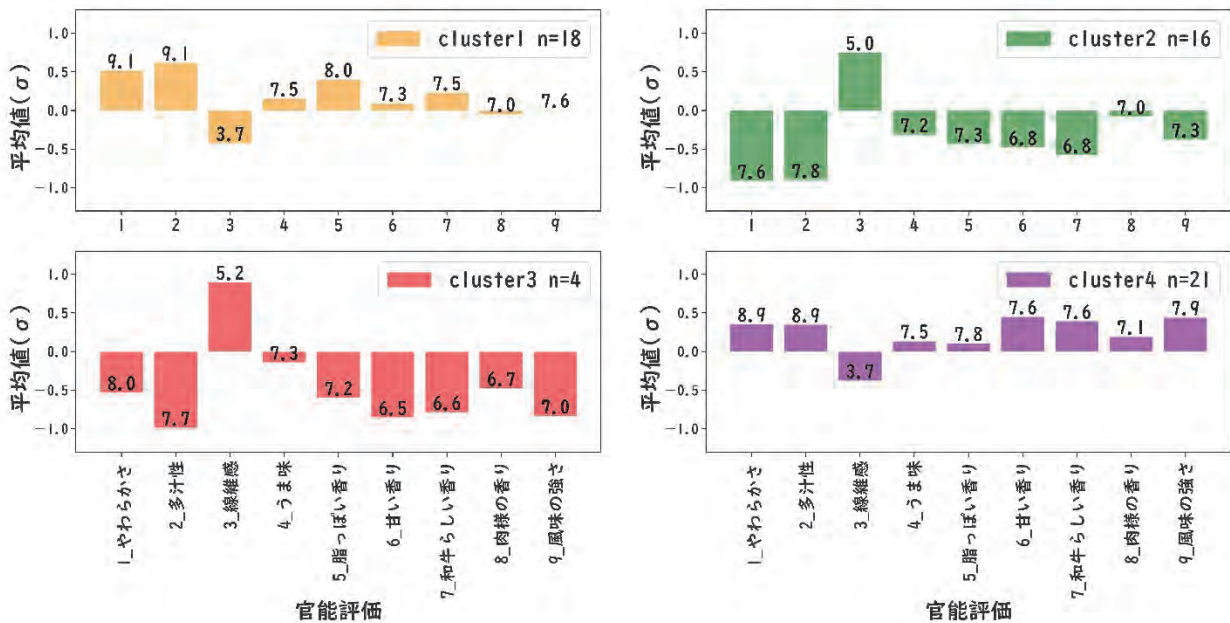


図 24. 光学測定値と SNP 情報による各クラスターの官能評価スコアの平均値

備考として、光学測定値と SNP の typing 結果による遺伝子効果の和によって算出した相加的遺伝子効果を用いたクラスター分析は、〈試行1〉とはやや異なる cluster が形成されるが、特徴の異なる cluster に分類されることが確認できた。各 cluster の特長について、以下に記す。

cluster1 は粗脂肪含量が多く、MUFA が低いグループで、アミノ酸は総じて少なかった。柔らかさ、多汁性脂っぽい香り、和牛らしい香りのスコアがやや高いグループで、甘い香りと

肉様の香りと風味の強さは平均程度であった。

cluster2 は粗脂肪含量が最も少なく、**MUFA** はやや低いグループで官能評価スコアは総じて低めであった。

cluster3 は粗脂肪含量が **40%**未満で比較的少なく、**MUFA** が **63%**近くあり、脂肪の質が良いグループであった。なお、官能評価スコアを持つ個体が **4** 頭と少なく、傾向を見るまでに至らないと思われた。

cluster4 は粗脂肪含量は **46%**と平均程度で、**MUFA** は **62%**と高く、脂肪の質が良好で、アミノ酸等の理化学分析値は平均的なグループであったが、甘い香り、和牛らしい香り、風味の強さのスコアが高かった。

9. まとめ

網羅的な理化学分析値を用いて、約 260 頭の牛肉サンプルを主成分分析やクラスター分析を用いて分類し、分類されたグループについて、理化学分析値および官能評価スコアの特徴をまとめた。

4つの cluster に分類すると、粗脂肪が 50%程度でやや高く、脂肪の質が平均以上に良好な cluster は、粗脂肪が 50%を超えて、MUFA が -1σ で脂肪の質が劣る cluster よりも、甘い香り、和牛らしい香り、風味の強さでスコアが有意に高い結果であった。

また、どの分類においても脂肪の質が官能評価スコアにポジティブに寄与していることが確認された。

うま味の官能評価スコアとの相関において、トリプトファンと β -アラニンが負の関係を示すため、cluster 分類にこの2つの因子が関わってきた場合は、うま味のスコアが高いグループが抽出される可能性があるが、事例としては少なかったため、今後の結果で検証が必要である。なお、トリプトファンは微量要素であるが、必須アミノ酸であり、動物の体内で合成されないことから、飼料からの影響を受けていると思われるが、必須アミノ酸であるトリプトファンを意図的に増やさないで肥育できるのかということは、今後調査する必要があるのかもしれない。

最後に、今回の結果では、備考として光学測定値および SNP 情報を用いての cluster 分析も行ったが、消費者や流通業者に理化学分析値を用いた分類情報を提供するのはほぼ不可能であり、必ずしも全理化学分析値を用いた分類結果と同じでなくても、分類情報は有益と考える。今回の結果からは光学測定値と SNP 情報によって、柔らかさや多汁性、うま味の強さ、甘い香り、風味の強さを簡略化した図や記号にて、視覚的に示すことができそうな一端は垣間見えた。したがって、光学測定値や DNA 情報を活用して、脂肪の質、粗脂肪含量やタンパク質の量、イノシン酸、タウリン、 β アラニン、グリコーゲンの多寡が予測できれば、分類への寄与は大きくなると思われるため、今後もこれらの情報を活用して、分類の可能性について検討を進めるのが良いのではないかと考える。

（４）食味性形質に関与する SNP の調査・分析結果

１．本事業での目的

本項では、和牛肉の食味性に関与すると期待される既知および未知の遺伝子に係わる一塩基多型（Single Nucleotide Polymorphism；以下、SNP）を用いて、これらの収集サンプルに対する遺伝子頻度および遺伝子効果を調査し、収集したサンプルにおける遺伝子頻度や遺伝子の効果ではあるが、これらを和牛集団の一部ととらえ、今後の改良に向けた予備的調査を行った。

なお、未知の SNP 探索についてはゲノムワイド関連解析（Genome Wide Association Study；以下、GWAS）等にて行っているが、その詳細については、本報告では割愛する。

２．材料および方法

１）サンプル

サンプルは、「第１章」－「１」－「（３）」に用いた 260 頭を利用した（表１【再掲】）。SNP 解析用のサンプルは、「第１章」－「１」－「（２）」で採取したリブロー（胸最長筋）の第 6－7 肋骨間の切開面から 3 cm 厚の部分肉の一部（約 10g）を用いた。

表１ サンプルの収集場所と産地【再掲】

		生産地																		
		北海道	岩手	宮城	群馬	長野	静岡	三重	京都	岡山	広島	山口	徳島	長崎	熊本	大分	宮崎	鹿児島	沖縄	小計
出荷場所	京都	79	9	5	2	3	2	1	3	1	2		1	2	8	2	13	18	20	171
	岡山									29										29
	広島										57	1						2		60
	小計	79	9	5	2	3	2	1	3	30	59	1	1	2	8	2	13	20	20	260

２）SNP タイピング

SNP タイピングについては、全国和牛登録協会（以下、全和）が関係機関と協力して作成した旧和牛チップの 95SNP（全国和牛登録協会，2016）に 169SNP の新パネルを追加した計 264SNP の新和牛チップ（以下、和牛チップ）（表 2）、イルミナ社の BovineLD v.2 BeadChip（以下、LD チップ）の 2 種類にて実施した。

新パネルに搭載した 169SNP の中に、本事業で効果を確認する未知および既知の SNP が含まれている。なお、DNA 抽出と和牛チップ解析は倉敷紡績株式会社（クラブウ）、LD チップは鳥取県畜産試験場にてタイピングを実施した。

表2 和牛チップ（食味性関連）搭載 SNP の詳細

関連形質	SNP Name	染色体 No.	遺伝子名等	Minor アリル	Major アリル	MAF ※
MUFA	SNP3001	19	<u>FASN</u>	G	C	0.011
	SNP3002	19	<u>STARD3</u>	A	G	0.490
	SNP3003	26	<u>SCD</u>	T	C	0.204
	SNP3004	19	<u>SREBP1</u>	A	G	0.198
	SNP3006	19	<u>UTS2R</u>	T	C	0.333
	SNP3007	8	<u>LPL</u>	C	T	0.225
	SNP3008	23	<u>ELOVL5</u>	T	C	0.482
	SNP3009	9	<u>CYB5R4</u>	G	T	0.455
グリコーゲン	SNP3220	3	LEPR・PGM1 関連 SNP①	G	T	0.318
	SNP3221	3	LEPR・PGM1 関連 SNP②	G	A	0.261
	SNP3223	12	TBC1D4 関連 SNP②	G	A	0.011
	SNP3325	10	ADPGK①	A	G	0.060
	SNP3329	14	－	G	A	0.248
	SNP3332	23	SOX4	T	C	0.404
	SNP3400	2	－	C	T	0.283
	SNP3401	9	－	T	G	0.194
	SNP3402	2	－	A	G	0.375
	SNP3403	25	－	T	C	0.305
イノシン酸	SNP3010	9	<u>NT5E ex8</u>	A	T	0.414
タウリン	SNP3014	22	SLC6A6 関連①	C	A	0.159
	SNP3015	22	SLC6A6_5' 上流	C	T	0.090
	SNP3016	22	SLC6A6 関連②	C	T	0.162
	SNP3017	22	－	C	A	0.163
βアラニン	SNP3018	22	－	G	A	0.249
	SNP3019	29	－	G	A	0.423

※MAF (Minor Allele Frequency ; マイナーアリル頻度) は、
これまでに全和に蓄積されたデータより算出
「遺伝子名等」にアンダーラインが引かれているものは効果が既知の遺伝子

3) 分析対象形質

分析対象形質については、一価不飽和脂肪酸 (Mono-Unsaturated Fatty Acid ; 以下、MUFA)、グリコーゲン、イノシン酸、イノシン、ヒポキサンチン、核酸関連物質総量、タウリン及びβアラニンの8形質とし、基本統計量については「第1章」－「1」－「(3)」に用いた260頭の通りである(表3【再掲】)。

表3 食味性関連形質の基本統計量 (n=260)

形 質	平均値	標準 偏差	最小値	最大値	調査 SNP 数
筋間_MUFA (%)	60.1	3.8	46.9	70.2	8
グリコーゲン (mg/g)	2.27	0.90	0.43	5.19	10
イノシン酸 (μmol/g)	0.74	0.41	0.06	2.36	1
イノシン (μmol/g)	0.77	0.18	0.35	1.35	
ヒポキサンチン (μmol/g)	1.78	0.31	0.95	3.21	
核酸関連物質総量 (μmol/g)	3.30	0.59	1.71	5.08	4
タウリン (μmol/g)	1.17	0.38	0.31	2.70	
β-アラニン (μmol/g)	0.14	0.04	0.03	0.25	

4) 調査項目

(1) 遺伝子型頻度・遺伝子頻度の算出

食味性関連の25SNPのそれぞれ遺伝子型頻度及び遺伝子頻度は以下のとおりであり、図1のように算出した。

【遺伝子型】

VV	AV	AA	合計
20 頭	102 頭	138 頭	260 頭

【遺伝子型頻度】: 遺伝子型別頭数 (VV or AV or AA) / 全体頭数 (260 頭)

VV 型頻度	AV 型頻度	AA 型頻度	合計
<u>0.08</u>	<u>0.39</u>	<u>0.53</u>	1.0

【遺伝子頻度】

$$\begin{aligned} V \text{ 遺伝子頻度} &: (20 \text{ 頭} \times 2 \text{ 個} + 102 \text{ 頭} \times 1 \text{ 個} + 138 \text{ 頭} \times 0 \text{ 個}) / (260 \text{ 頭} \times 2 \text{ 個}) \\ &= \underline{0.273} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A \text{ 遺伝子頻度} &: (20 \text{ 頭} \times 0 \text{ 個} + 102 \text{ 頭} \times 1 \text{ 個} + 138 \text{ 頭} \times 2 \text{ 個}) / (260 \text{ 頭} \times 2 \text{ 個}) \\ &= \underline{0.727} \end{aligned}$$

図1 遺伝子型頻度及び遺伝子頻度の算出例 (SCD【SNP】)

(2) 各形質の遺伝子型毎の平均値の算出

和牛チップの食味性関連の 25SNP の遺伝子型毎に各形質の平均値を算出した。

(3) SNP 情報を用いた遺伝子置換の平均効果及び遺伝子の平均効果の算出

(1)、(2) で得られた遺伝子型頻度、遺伝子頻度及び各形質の遺伝子型の平均値を用いて、任意の個体におけるアリルが別のアリルに置き換えた時の表型値の平均の変化について、フィッシャーの平均効果モデルを用いて遺伝子置換の平均効果（以下、置換効果）を算出した（図 2）。また、置換効果を基に集団の遺伝子型値や遺伝子頻度に依存し、遺伝子自体が表型値に与える効果を表す遺伝子の平均効果（以下、平均効果）を算出した（図 3）。

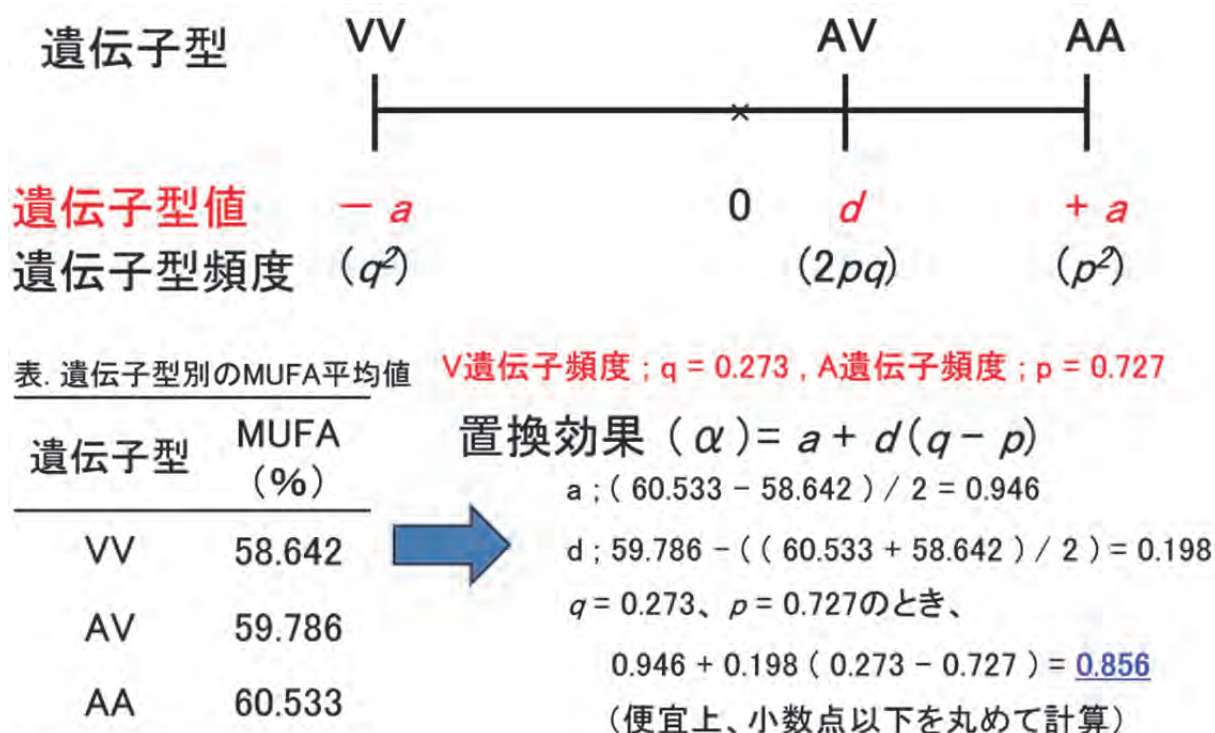


図 2 置換効果の算出例 (SCD [SNP])

$$\text{置換効果 } (\alpha) = a + d(q - p)$$

$$\text{平均効果} = q \times \alpha$$

$$(\text{一方の対立遺伝子の平均効果} = -p \times \alpha)$$

$$\begin{aligned} \text{A遺伝子の平均効果} &= 0.273 \times 0.856 = 0.234 \\ \text{V遺伝子の平均効果} &= -0.727 \times 0.856 = -0.622 \end{aligned} \quad \begin{array}{l} \uparrow \text{V} \rightarrow \text{A} \\ 0.856 \end{array}$$

遺伝子型	MUFA (%)	平均効果の和	遺伝子の平均効果の総和が育種価である。 → 遺伝子頻度に影響を受けることに留意
VV	58.642	-1.244	
AV	59.786	-0.388	
AA	60.533	0.468	

図3 平均効果の算出例 (SCD【SNP】)

3. 結果及び考察

1) 各形質の遺伝子型と平均値の関係

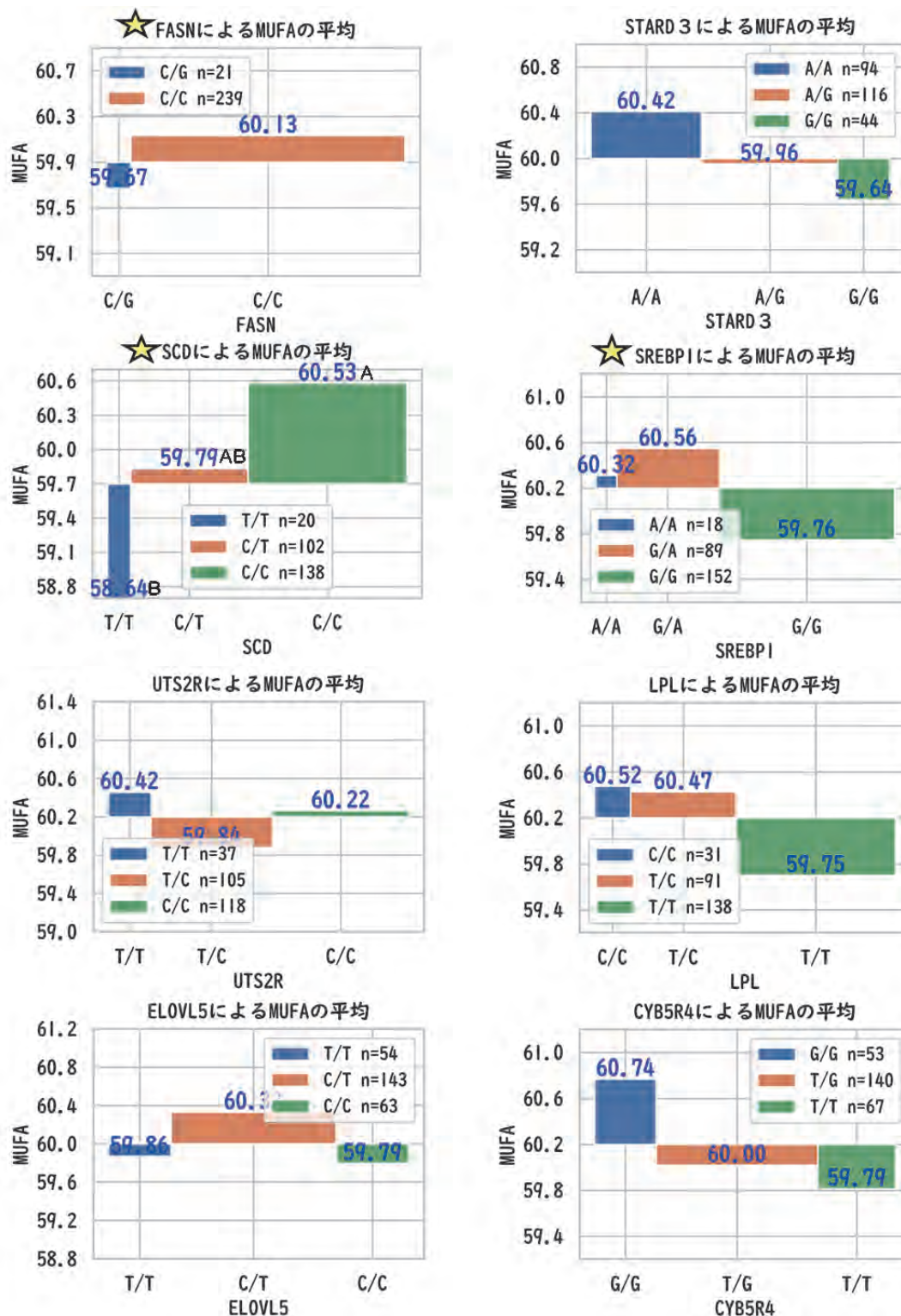
和牛チップの食味性関連の脂肪酸 (MUFA)、グリコーゲン、核酸関連物質 (イノシン酸、イノシン、ヒポキサンチン、核酸関連物質総量)、タウリン、βアラニンの8形質と遺伝子型毎の各形質の平均値の比較を行った。

(1) 脂肪酸 (MUFA)

MUFAに関連するSNPである8種類と各遺伝子型のMUFA平均値の比較を行った(図4)。図に★がついているものは、これまでの論文等において関連性が報告されている既知遺伝子となっている。各SNPにおいて遺伝子型毎の平均値に差があるものの、有意差があったものは、SCDのみ(10%水準)であった。SCDについては、既知遺伝子として報告されており、これまでの結果と同様であった(Taniguchiら, 2004)。

FASNについては、今回のサンプルでは、C/G型とC/C型の2種類の遺伝子型しか存在せず、G/G型は検出されなかった。したがって、FASNについては、不良型とされるG/G型については、現在の和牛集団では少なくなっている傾向が示唆された。

SREBP1については、頭数の多いG/G型が頭数の少ないA/A型よりもMUFA平均値は低くなっており、今後の遺伝子型頻度の変化に注意が必要であった。



※Tukey-Kramer の HSD 検定にて同じ文字で繋がっていない平均値は有意差あり
(大文字：10%水準、小文字：5%水準)

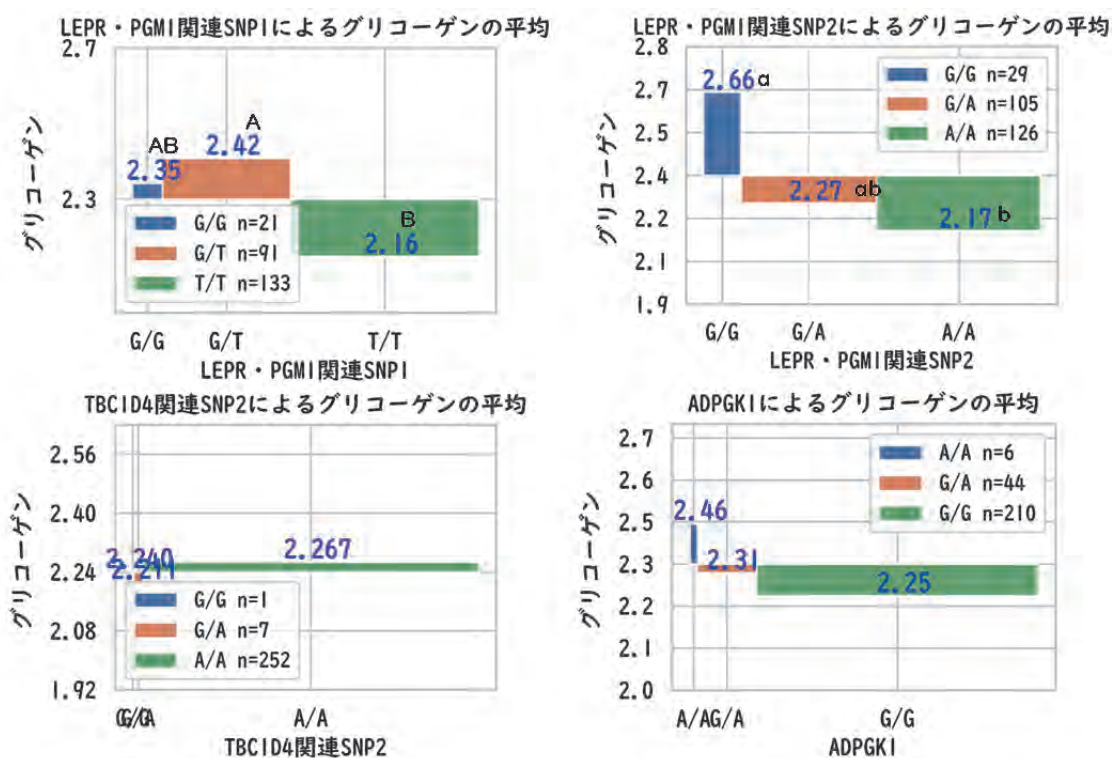
★は論文等にて関連報告有 (既知遺伝子)

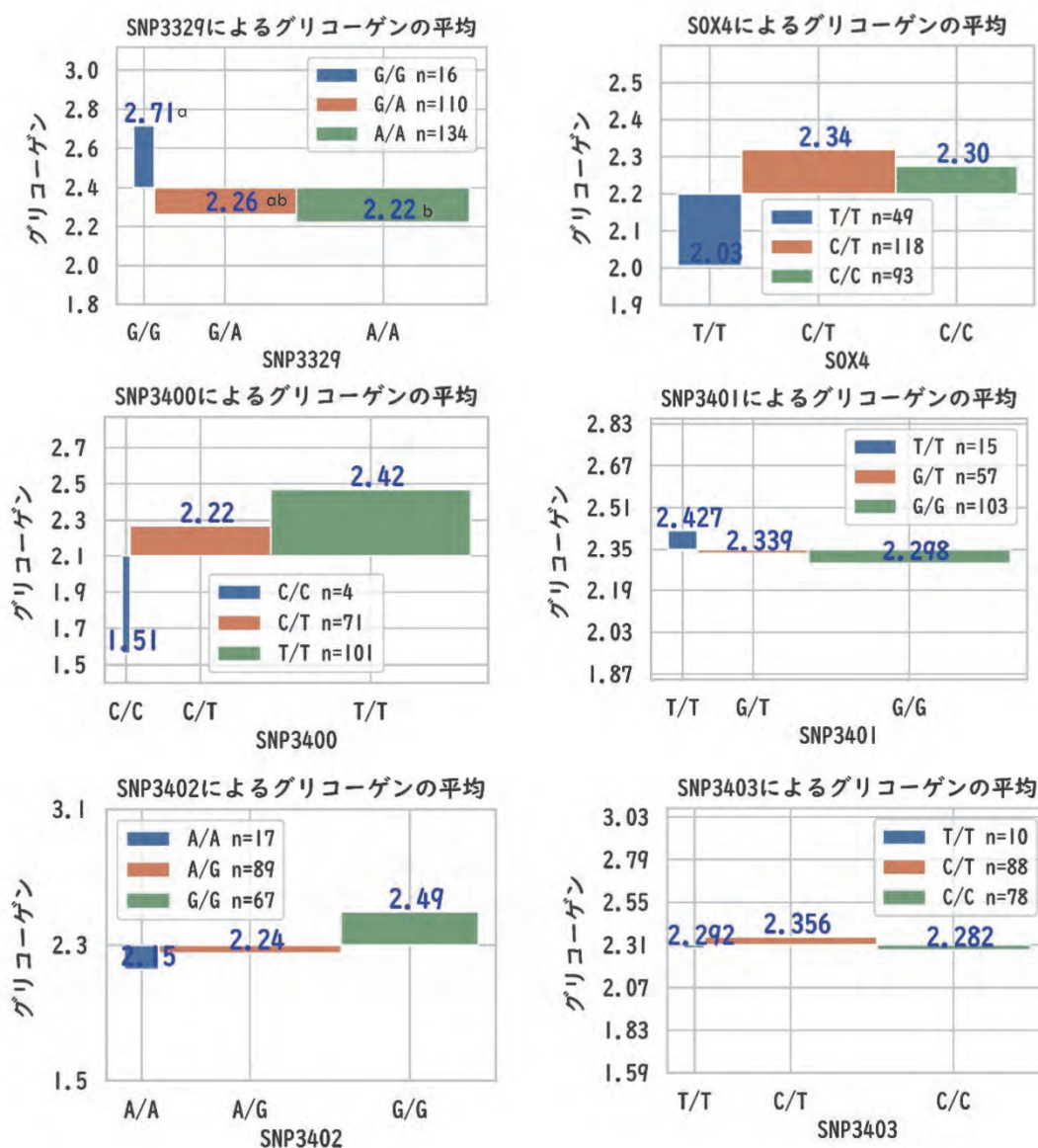
図4 MUFA (脂肪酸) に関連する SNP と各遺伝子型の MUFA 平均値の比較

(2) グリコーゲン

グリコーゲンに関連する SNP である 10 種類と各遺伝子型のグリコーゲン平均値の比較を行った (図 5)。各 SNP において遺伝子型毎の平均値に有意差があったものは、*LEPR*・*PGM1* 関連 SNP①、*LEPR*・*PGM1* 関連 SNP②及び SNP3329 の 3 SNP であった。*LEPR*・*PGM1* 関連 SNP の①及び②についてはどちらも 3 番染色体にあり、この遺伝子の関与が示唆され、今後更なる検討が必要である。しかし、どちらも頭数が多い T/T 型及び A/A 型が頭数の少ない G/G 型よりもグリコーゲン平均値が低くなっており、両方の SNP を活用して優良型を選抜することによってグリコーゲンを高められる可能性が示唆された。

SNP3329 については、これまでに論文等で報告された遺伝子情報は無く、今後この領域に関する知見を蓄積していきたい。



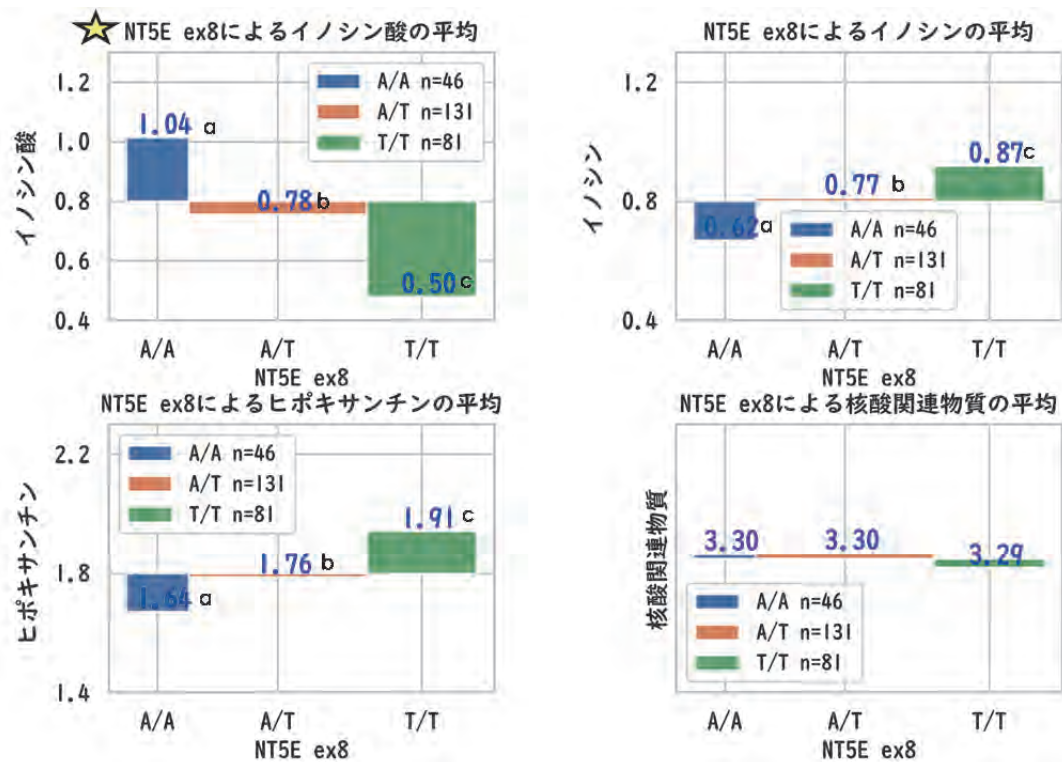


※Tukey-Kramer の HSD 検定にて同じ文字で繋がっていない平均値は有意差あり
(大文字：10%水準、小文字：5%水準)

図5 グリコーゲンに関連する SNP と各遺伝子型のグリコーゲン平均値の比較

(3) 核酸関連物質（イノシン酸、イノシン、ヒポキサンチン、核酸関連物質総量）

イノシン酸、イノシン、ヒポキサンチン、核酸関連物質総量に関連する SNP である 1 種類と各遺伝子型の各核酸関連物質平均値の比較を行った (図6)。なお、関連 SNP である *NT5E ex8* については、笹子ら (2021) によってイノシン酸との関連及び枝肉形質に影響を及ぼさない食味改良マーカーとして活用できると報告されている。イノシン酸、イノシン及びヒポキサンチンについては、5%水準で有意差が確認され、笹子ら (2021) と同様の結果が得られた。しかし、イノシン酸及びヒポキサンチンについては、頭数の多い方がそれぞれ負の影響（イノシン酸が少ない及びヒポキサンチンが多い）をもたらす関係になっていたため、SNP を活用した選抜により、優良型を増やす取り組みが必要であると示唆された。



※Tukey-Kramer の HSD 検定にて同じ文字で繋がっていない平均値は有意差あり

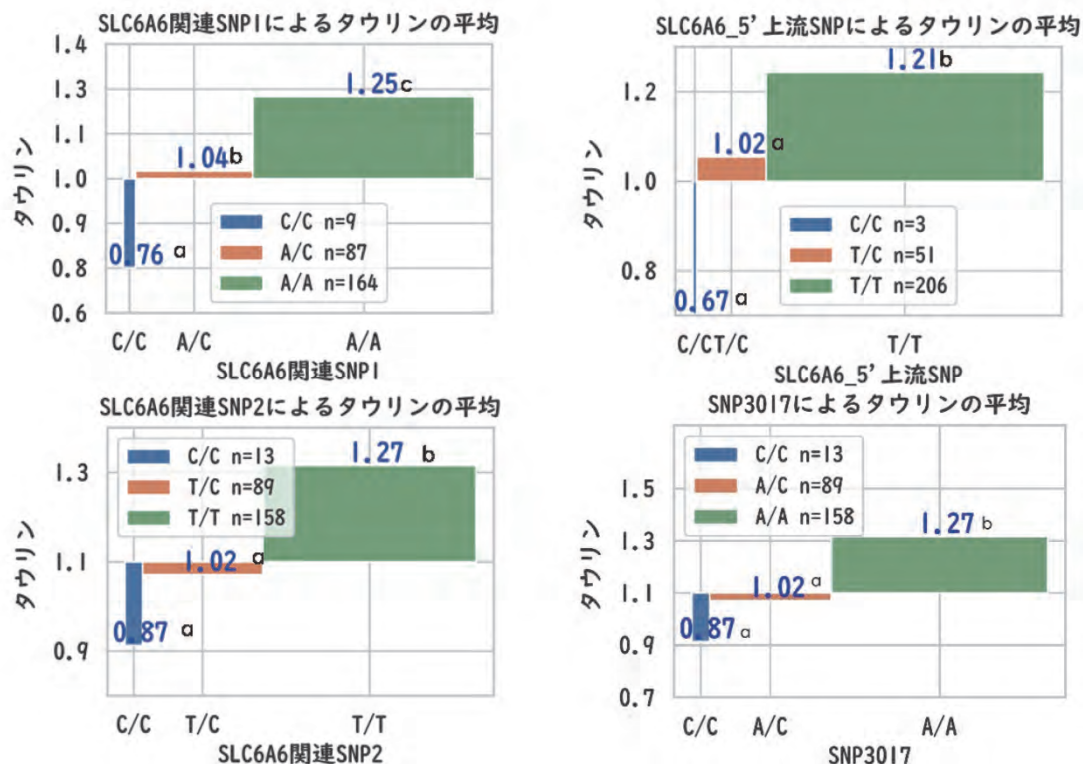
(大文字：10%水準、小文字：5%水準)

★は論文等にて関連報告有（既知遺伝子）

図6 核酸関連物質に関連する SNP と各遺伝子型の核酸関連物質平均値の比較

(4) タウリン

タウリンに関連する SNP である 4 種類と各遺伝子型のタウリン平均値の比較を行った（図7）。なお、関連 SNP である *SLC6A6* については、笹子ら（2021）によってタウリンとの関連及び枝肉形質に影響を及ぼさない食味改良マーカーとして活用できると報告されている。タウリンについては、全ての SNP において5%水準で有意差が確認され、頭数の多い遺伝子型を持つものがタウリンの平均値が高くなっていた。なお、*SLC6A6* 関連 SNP②と SNP3017 については完全連鎖していた。

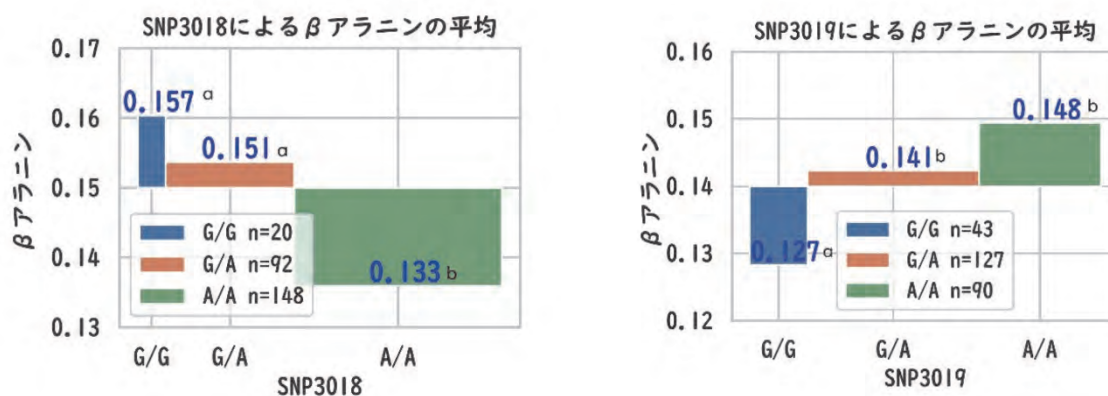


※Tukey-Kramer のHSD 検定にて同じ文字で繋がっていない平均値は有意差あり
(大文字：10%水準、小文字：5%水準)

図7 タウリンに関連する SNP と各遺伝子型のタウリン平均値の比較

(5) β アラニン

β アラニンに関連する SNP である2種類と各遺伝子型の β アラニン平均値の比較を行った(図8)。 β アラニンについては、全てのSNPにおいて5%水準で有意差が確認されたが、頭数の多い遺伝子型の平均値の大小は逆の関係になっていた。



※Tukey-Kramer のHSD 検定にて同じ文字で繋がっていない平均値は有意差あり
(大文字：10%水準、小文字：5%水準)

図8 β アラニンに関連する SNP と各遺伝子型の β アラニン平均値の比較

2) SNP 情報を用いた置換効果及び平均効果

和牛チップの食味性関連のなかで、片方のホモの個体がいなかった *FASN* を除く 24SNP に係わる置換効果及び平均効果は表 4 の通りである。

脂肪酸に関連する 9 SNP については、置換効果が $-0.550 \sim 0.856$ 、平均効果が $-0.219 \sim 0.234$ となっており、有意差のあった *SCD* が最も置換効果及び平均効果が高くなっており、MUFA の向上に貢献する有効な SNP マーカーであることが改めて分かった。

グリコーゲンに関連する 10SNP については、置換効果が $-0.188 \sim 0.314$ 、平均効果が $-0.059 \sim 0.070$ となっており、有意差のあった *LEPR・PGM1* 関連②が最も置換効果及び平均効果で低くなっており、今後更なるサンプルを増やし再度検証をすることが必要である。

イノシン酸については、*NT5E ex8* の置換効果及び平均効果が -0.269 及び -0.116 とどちらも負の関係になっており、優良型を今後増やしていくような選抜の実施が必要であることが分かった。

タウリンについては、置換効果が $0.206 \sim 0.229$ 、平均効果が $0.023 \sim 0.050$ とどちらも正の関係と望ましい傾向にあった。

β アラニンについては、置換効果及び平均効果が正と負の両方が確認され、拮抗している状況であった。

また、図 9 に食味性関連 SNP の平均効果の総和である相加的遺伝子効果と食味性関連形質の測定値との関係についてまとめた。相関係数は、*NT5E ex8* の 0.45 が最も高く、それ以外は $0.2 \sim 0.3$ 程度となっていた。しかし、環境の効果を考慮していない数個しかない SNP で正の相関となっているので、数少ない SNP でも貴重な情報が取れることが分かった。今後は、登録事業を通じて、親子判定等により SNP 情報を収集することが有益であることが示唆された。

表 4 各 SNP の遺伝子頻度、置換効果及び平均効果

形質	主な遺伝子名等※ ¹	アリル	遺伝子 頻度 (p)	置換効果 (α)	平均効果 (1-p) $\times$ α	有意差
MUFA (%)	<i>STARD3</i>	A	0.598	0.400	0.161	
	<i>SCD</i>	C	0.727	0.856	0.234	+
	<i>SREBP1</i>	G	0.759	-0.550	-0.133	
	<i>UTS2R</i>	C	0.656	0.053	0.018	
	<i>LPL</i>	T	0.706	-0.526	-0.155	
	<i>ELOVL5</i>	C	0.517	-0.052	-0.025	
	<i>CYB5R4</i>	T	0.527	-0.463	-0.219	
グリコーゲン (mg/g)	<i>LEPR</i> ・ <i>PGM1</i> 関連①	T	0.729	-0.172	-0.047	+
	<i>LEPR</i> ・ <i>PGM1</i> 関連②	A	0.687	-0.188	-0.059	*
	<i>TBC1D4</i> 関連 SNP②	A	0.983	0.054	0.001	
	<i>ADPGK1</i>	G	0.892	-0.074	-0.008	
	SNP3329	A	0.727	-0.153	-0.042	*
	<i>SOX4</i>	C	0.585	0.104	0.043	
	SNP3400	T	0.776	0.314	0.070	
	SNP3401	G	0.751	-0.052	-0.013	
	SNP3402	G	0.645	0.190	0.068	
	SNP3403	C	0.693	-0.032	-0.010	
イノシン酸 (μ mol/g)	<i>NT5E ex8</i>	T	0.568	-0.269	-0.116	*
タウリン (μ mol/g)	<i>SLC6A6</i> 関連 SNP①	A	0.798	0.229	0.046	*
	<i>SLC6A6_5'</i> 上流 SNP	T	0.890	0.206	0.023	*
	<i>SLC6A6</i> 関連 SNP②	T	0.779	0.225	0.050	*
	SNP3017	A	0.779	0.225	0.050	*
β アラニン (μ mol/g)	SNP3018	A	0.746	-0.015	-0.004	*
	SNP3019	A	0.590	0.010	0.004	*

※¹ 主な遺伝子名等が不明なものは、SNP Name を記載

※有意差は遺伝子型間の平均値の差において実施した Tukey-Kramer の HSD 検定の結果を表す (+ : 10%水準、* : 5%水準)

青 : 頻度が高いアリルの効果が正、赤 : 頻度が高いアリルの効果が負

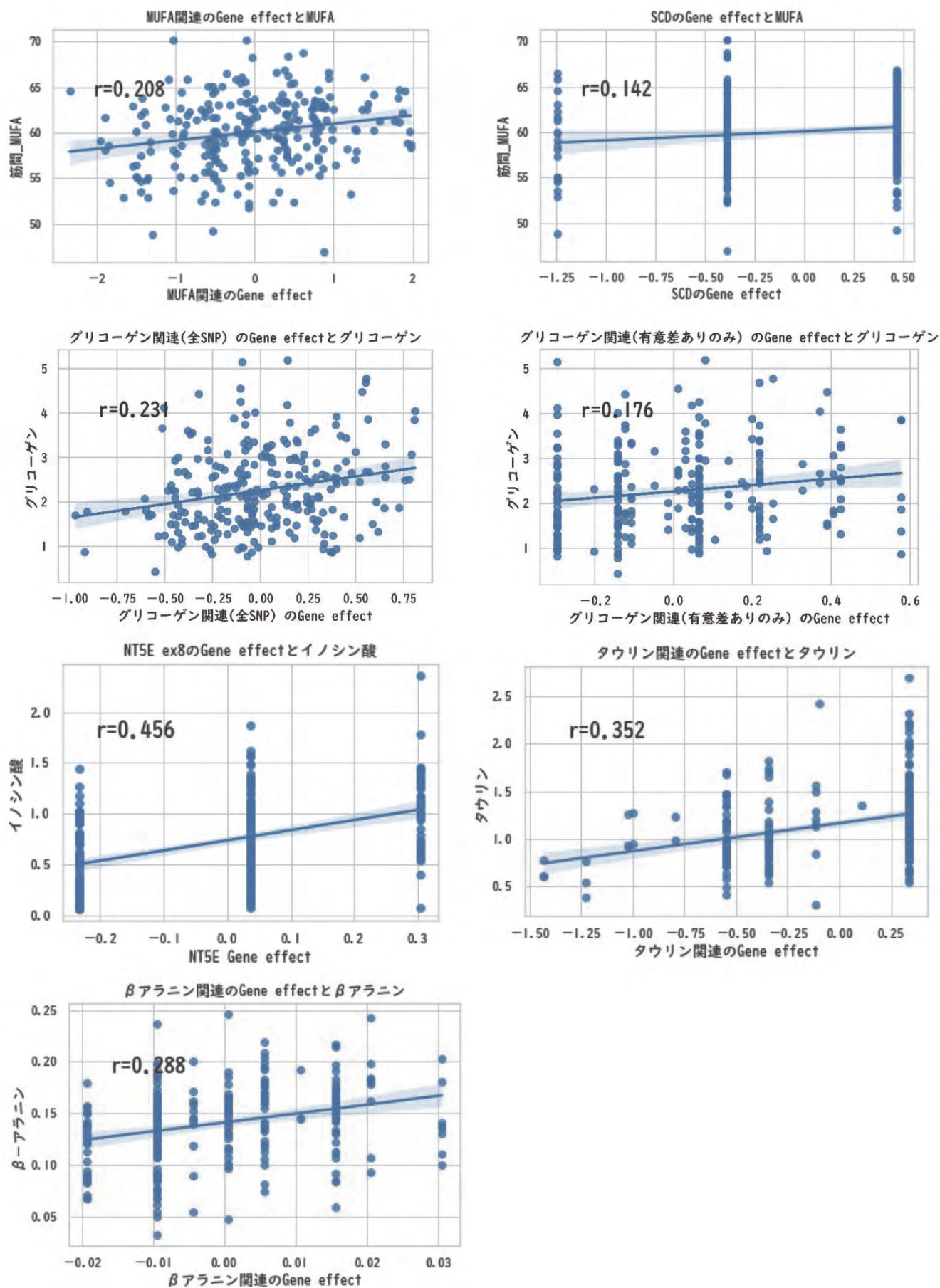


図9 食味性関連 SNP の平均効果と食味性関連形質の測定値との関係

4. まとめ及び今後の展望について

和牛チップの 264SNP のうち食味性に関連するとされる 25SNP と本事業で収集した MUFA、グリコーゲン、イノシン酸、タウリン及び β アラニンの理化学分析値を用いて、収集した 260 頭に対して、遺伝子頻度および遺伝子効果を推定し、今後の改良において留意すべき点を取りまとめた。

MUFA では、8 SNP のうち *SCD* のみの 1 SNP、グリコーゲンについては 10SNP 中 3 SNP、イノシン酸、タウリン及び β アラニンについては、1 SNP、4 SNP 及び 2 SNP の全ての SNP で有意差が確認された。*SCD*については、置換効果も 0.856%と MUFA 向上に効果があることが改めて確認できた。

グリコーゲンについては、3 SNP の関与が示唆されたが、頭数が多い遺伝子型で負になっていたので、今後の脂肪交雑の改良の中では留意することが必要であると考えられた。

イノシン酸についても *NT5E ex8* が関与していることが改めて分かったが、グリコーゲンと同様に頭数が多い遺伝子型で負になっているので、こちらも注意が必要である。

タウリンについては、全ての SNP で有意差があり、どちらも頭数の多いものが正になっていた。

β アラニンについては、2つの SNP で頻度の高い遺伝子型の効果が正と負の拮抗関係にあり、今後、データを蓄積しながら、この関係の推移に注視する必要がある。

なお、調査した 260 頭は和牛集団の一部と捉えているが、各県はそれぞれ特徴のある遺伝子頻度を有していることから、今後は、登録事業を通じた親子判定等で年間 9～10 万頭ほどの和牛チップデータが継続的に蓄積される予定であるため、現在の和牛集団全体やそれぞれの県での各 SNP の遺伝子型頻度の調査も併せて実施することが重要である。また、LD チップ等の比較的大容量のチップのデータも更に蓄積しながら、GWAS による食味性に係わる新たな未知の SNP の探索も継続することが重要である。

【参考文献】（筆者のアルファベット順）

- ・ 笹子奈々恵・竹田将悠規・内山勝雄・尾花尚明・井上慶一・小島孝敏. 2021. 黒毛和種における食味関連遺伝子と牛肉中理化学分析値および枝肉形質との関連調査. 日本畜産学会第 128 回大会講演要旨集.
- ・ Taniguchi M, Utsugi T, Oyama K, Mannen H, Kobayashi M, Tanabe Y, Ogino A, Tsuji S. Genotype of stearoylCoA desaturase is associated with fatty acid composition in Japanese Black cattle. *Mammalian Genome*, 14, 142-148.
- ・ 公益社団法人 全国和牛登録協会. 2016. ゲノム情報等を活用した飼料利用性および繁殖性の改良に資する評価法の検討・調査報告書.

2 肥育期間短縮により生産された牛肉の特長調査・分析について

(1) 肥育期間短縮により生産された牛肉の各種データの収集と分析・検証

1. 本事業での目的

本項では、肥育期間短縮による和牛生産を普及促進するため、若齢肥育牛肉と慣行肥育牛肉の格付成績、理化学性状を収集し、また嗜好型官能評価を実施することで、若齢肥育と慣行肥育の差の有無を確認し、若齢肥育による食味性への影響について調査した。この取り組みにより、有意な差がない、あるいは若齢肥育が慣行肥育より上回る特性が認められれば、肥育期間短縮への一助となると期待される。

令和3年度に、肥育期間によって食味性に変化が生じるかを検討するため、若齢肥育と慣行肥育の牛肉を用いて、嗜好型官能評価を実施したので、その内容について報告する。

2. 材料および方法

1) サンプル

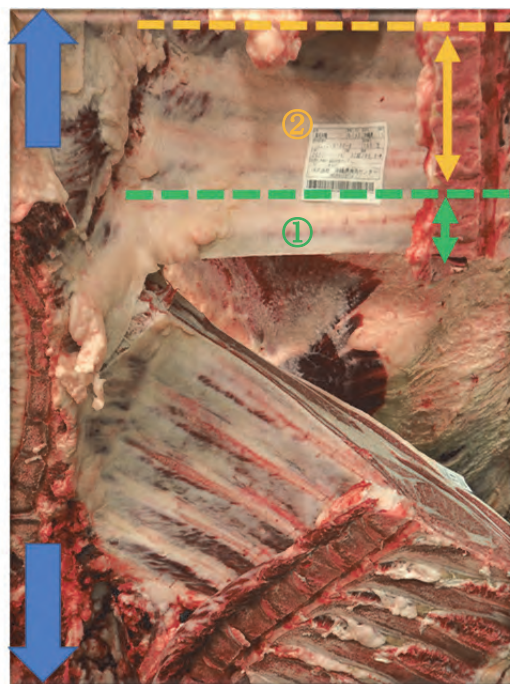
サンプルは、(株)沖縄県食肉センターに上場された黒毛和種で、若齢肥育3頭、慣行肥育1頭の計4頭の去勢肥育牛を対象とした(表1)。なお、4頭全ての肥育農家は同一農家であり、このうち、若齢肥育牛の3頭は、同一と畜日・格付日となっている。供試牛肉の部位については、リブローズ(ローズ芯【胸最長筋】)を利用し、理化学分析及び嗜好型官能評価用に準備した(画像1)。

表1 サンプル情報

No.	1	2	3	4
記号	A	B	C	D
肥育形態	若齢	若齢	若齢	慣行
個体識別番号	1363097201	1386192938	1386195830	1386189044
性別	去勢	去勢	去勢	去勢
生年月日日	R01. 08. 12	R01. 08. 24	R01. 08. 09	R01. 05. 10
父	北福波	茂北福	福福波	照百合守
母方祖父	美穂国	美国桜	百合茂	北福波
母方曾祖父	忠富士	安福久	北国7の8	晴桜2
月齢	25. 1	24. 7	25. 2	28. 9
と畜日	R03. 09. 13	R03. 09. 13	R03. 09. 13	R03. 10. 05
測定(格付)日	R03. 09. 15	R03. 09. 15	R03. 09. 15	R03. 10. 07



上側（サーロイン）



①理化学分析用（一般成分、呈味成分）

カット面（第6～7肋骨間）下側リブローズ部位：厚さ2～3cm（重量：約1～2kg）

下側（肩ロース）



②嗜好型官能評価用

カット面（第6～7肋骨間）上側リブローズ部位：厚さ8～10cm（重量：約5～7kg）



画像1 サンプルング部位の詳細（上図）、理化学分析用サンプル（中図）、嗜好型官能評価用サンプル（下図）

2) 分析項目

分析項目は、表2の通りであり、(株)相馬光学社製の食肉脂質測定装置(「FAT Analyzer S-7040」)(沖縄県所有)を用いて光学測定により脂肪酸組成(オレイン酸、飽和脂肪酸(Saturated Fatty Acids; 以下、SFA)、一価不飽和脂肪酸(Mono-Unsaturated Fatty Acid; 以下、MUFA)、一般成分(水分、粗タンパク質、粗脂肪)、理化学分析により脂肪酸、一般成分、遊離アミノ酸(19種類)、ジペプチド(カルノシン、アンセリン)、核酸関連物質(イノシン酸、アデニル酸、グアニル酸)、その他(4種類)の測定を実施した。なお、上記の個体に係る関連データ(個体情報、日本食肉格付協会による格付情報(枝肉重量、ロース芯面積、バラの厚さ、皮下脂肪の厚さ、歩留基準値、BMSNo.))についても収集した。理化学分析の方法は、脂肪酸がガスクロマトグラフ法、一般成分のエネルギー及び炭水化物については算出法、タンパク質が燃焼法、脂質がエーテル抽出法、水分が常圧加熱乾燥法、灰分が直接灰化法、遊離アミノ酸、ジペプチド、核酸関連物質及びその他については高速液体クロマトグラフ法(High Performance Liquid Chromatography; HPLC)となっている。なお、光学測定については沖縄県畜産研究センター及び(公社)沖縄県家畜改良協会の職員の方々、理化学分析については沖縄県畜産研究センターが外注により実施いただいた。

表2 分析項目情報

分析項目	分析方法	
脂肪酸	光学	オレイン酸(C18:1)、飽和脂肪酸(SFA)、一価不飽和脂肪酸(MUFA)
	理化学	ミリスチン酸(C14:0)、ミリストレイン酸(C14:1)、 パルミチン酸(C16:0)、パルミトオレイン酸(C16:1)、 ステアリン酸(C18:0)、オレイン酸(C18:1)、リノール酸(C18:2)、 飽和脂肪酸(SFA)、一価不飽和脂肪酸(MUFA)、 多価不飽和脂肪酸(PUFA(ω 6))、不飽和脂肪酸(UFA)
一般成分	光学	水分、粗タンパク質、粗脂肪
	理化学	エネルギー、タンパク質、脂質、炭水化物、水分、灰分
遊離アミノ酸	理化学	アスパラギン酸、グルタミン酸、グルタミン、アスパラギン、 グリシン、アラニン、トレオニン、セリン、プロリン、メチオニン、 リジン、イソロイシン、ロイシン、フェニルアラニン、チロシン、 バリン、ヒスチジン、アルギニン、システイン、【遊離アミノ酸総量】
ジペプチド	理化学	カルノシン、アンセリン
核酸関連物質	理化学	イノシン酸、アデニル酸、グアニル酸
その他	理化学	タウリン、オルニチン、GABA(γ -アミノ酪酸)

3) 嗜好型官能評価

嗜好型官能評価は、令和3年11月12日（金）の15時半から（公社）沖縄県家畜改良協会の1F会議室にて実施した。当日は、嗜好型官能評価前に現場後代検定枝肉調査及び研修会が開催されたため、この研修会に参加された生産者、県、JA、和牛改良組合、畜産関連団体等の方々を対象とした。なお、嗜好型官能評価は、家畜改良センター（2010）のマニュアルを参考に実施した。

（1）供試牛肉の調製

カット済みのリブローズを真空包装し（画像1）、と畜後13日目までは冷蔵保存し、翌日の14日目に冷凍保存を行った。その後、理化学分析用のサンプル（画像1の①）は、理化学分析機関へ送付し、嗜好型官能評価用のサンプル（画像1の②）は、当日まで冷凍保存した。嗜好型官能評価に際して、冷凍保存された牛肉は、前日から4℃の24時間で解凍を行った。解凍後、リブローズブロック肉の筋肉、皮下・筋間脂肪、スジ等を取り除いたロース芯の部分より「縦×横×厚さ＝3cm×3cm×5mm」（重量10g程度）にカットした。嗜好型官能評価用の牛肉は、ステンレスバットに入れ、乾燥を防ぐために食品用ラップフィルムで密閉し、加熱するまで4℃で保管した。

（2）被験者と評価項目

被験者は前述の通り、生産者、技術者を対象とし、8名/班の3班体制の計24名と残り2名の計26名で実施した。被験者のプロフィールである「年齢層」、「性別」、「牛肉を食べる頻度」、「和牛肉を食べる頻度」、「牛肉の好み」を調査した（表3）。

評価項目は、Q1「風味、食感、全体的な好ましさ」を8段階評価、Q2「牛肉らしい風味、多汁性、あっさり・こってり感、脂っぽさ、歯ごたえ」について7～8段階評価、Q3「牛肉にあてはまる特性を用語集から選択（複数可）」の3つの質問であり、それぞれ4頭分の回答をいただいた（表4）。なお、未回答の評価項目がある場合は分析から除外した。被験者に配布した回答用紙は資料1の通りである。

表3 被験者へのプロフィール調査内容

質問（Q0）	回答の選択肢
年齢層	20歳未満・20代・30代・40代・50代・60代・70代～
性別	男性・女性
牛肉を食べる頻度	ほぼ毎日・週に数度・週に一度・月に一度・年に数度・年に一度・数年に一度未満
和牛を食べる頻度	ほぼ毎日・週に数度・週に一度・月に一度・年に数度・年に一度・数年に一度未満
牛肉の好み（複数可）	やわらかい牛肉・あまり脂肪の量が少ない牛肉（赤身肉）・ジューシーな牛肉

表 4 被験者への評価項目

質問	評価項目	回答の選択肢
Q 1	風味の好ましさ	大変好ましくない・好ましくない・やや好ましくない・
	食感の好ましさ	どちらかと言えば好ましくない・どちらかと言えば好ましい・
	全体的な好ましさ	やや好ましい・好ましい・大変好ましい
Q 2	牛肉らしい風味	弱すぎる・弱い・やや弱い・ちょうど良い・ やや強い・強い・強すぎる
	多汁性	ぱさぱさすぎる・ぱさぱさ・ややぱさつく・ちょうど良い やや汁気多い・汁気多い・汁気多すぎる
	あっさり、 こってり感	あっさりすぎる・あっさり・ややあっさり・ちょうど良い ややこってり・くどい-こってり・くどい-こってりすぎ・くどすぎる
	脂っぽさ	弱すぎる・弱い・やや弱い・ちょうど良い・ やや強い・強い・強すぎる
	菌ごたえ	弱すぎる・弱い・やや弱い・ちょうど良い・ やや強い・強い・強すぎる
	牛肉の特性 (複数可)	甘い風味・ジューシー・肉らしい味・ナッツ風味・金属臭・レバー臭・ かたい・弾力・なめらか・ざらつき・口溶けしやすい脂肪・やわらかい・ 繊維感・けもの臭・飲み込みやすい・後味・乳製品っぽい風味

(3) 実施・解析方法

i) 提供サンプル量

提供サンプルは、1 頭のサンプルにつき、1 人あたり 10g に調製した牛肉を 3 切分 (30g) (1 つの質問に対して 1 切) とした。今回は、4 頭分の嗜好型官能評価となるため、1 人あたり 120g (30g×4 頭分) を供試いただいた。

ii) 調理・提供方法

調理方法は焼肉とし、180℃に加熱したホットプレートにより、表・裏 30 秒ずつ焼いた肉を提供した。なお、時間のカウントについては、ストップウォッチを使用した。牛肉の味付けは無とし、お口直しとして純水 (新生児用) 及びクッカーを準備し、自由に飲食いただくように案内した。加熱した牛肉は、保温せずに加熱後ただちに (5 分以内) 被験者へ提供した。1 サンプルについて 3 切分食べて Q 1～Q 3 について回答、これを 4 頭分評価いただいた。食べる順番は、ラテン方格法を採用し、同じ牛肉番号でも牛肉サンプルが異なるようにした。

iii) 解析方法

プロフィール、評価項目である Q 1～Q 3 の被験者からの回答結果は、コード化して取りまとめを実施した (資料 2)。なお、Q 1～Q 2 については、平均値の差の検定 (Student の t 検定) を実施した。

3. 結果及び考察

1) 格付情報、脂肪酸、一般成分及び遊離アミノ酸等の個体毎測定値及び基本統計量

若齢肥育3頭と慣行肥育1頭における格付情報、脂肪酸、一般成分及び遊離アミノ酸等の理化学分析の個体毎測定値及び各基本統計量は、表5及び表6～表12の通りである。

表5 個体毎の格付情報、脂肪酸、一般成分及び遊離アミノ酸等の測定値

形質名		若齢 (A)	若齢 (B)	若齢 (C)	若齢 (平均)	慣行 (D)
格付情報	格付	A-4	A-4	A-4		A-4
	枝肉重量 (kg)	449.9	443.3	558.5	483.9	471.8
	ロース芯面積 (cm ²)	56	53	51	53.3	60
	バラの厚さ (cm)	8.4	6.7	9.0	8.0	7.8
	皮下脂肪の厚さ (cm)	3.4	1.6	3.4	2.8	3.0
	歩留基準値	73.6	73.8	72.0	73.1	73.8
	BMSNo.	5	5	7	5.7	7
【光学】						
脂肪酸	オレイン酸 (%)	56.0	53.8	56.9	55.6	59.9
	SFA (%)	35.6	38.7	35.0	36.4	32.1
	MUFA (%)	61.9	58.6	63.0	61.2	66.0
	【理化学】					
	ミリスチン酸 (%)	2.1	2.6	2.1	2.3	2.4
	ミリストレイン酸 (%)	1.2	1.2	1.6	1.3	1.0
	パルミチン酸 (%)	21.2	23.8	20.2	21.7	20.9
	パルミトオレイン酸 (%)	4.6	4.0	5.7	4.8	4.7
	ステアリン酸 (%)	8.3	11.4	9.3	9.7	10.3
	オレイン酸 (%)	49.8	45.2	49.9	48.3	48.6
	リノール酸 (%)	2.2	2.8	2.2	2.4	2.0
	飽和脂肪酸 (%)	32.6	39.9	32.7	35.1	35.0
	一価不飽和脂肪酸 (%)	61.1	53.9	61.0	58.7	59.0
	多価不飽和脂肪酸 (%)	2.6	3.3	2.6	2.8	2.3
	不飽和脂肪酸 (%)	63.7	57.2	63.6	61.5	61.3
一般成分	水分 (%)	48.4	46.6	44.1	46.4	49.6
	粗タンパク質 (%)	16.6	16.0	14.6	15.7	17.5
	【光学】粗脂肪 (%)	33.6	36.3	40.5	36.8	31.7

	形質名	若齢 (A)	若齢 (B)	若齢 (C)	若齢 (平均)	慣行 (D)
一般成分 【理化学】	エネルギー (kcal/100g)	426	425	468	439.7	433
	たんぱく質 (g/100g)	15.2	15.7	14.3	15.1	13.2
	脂質 (g/100g)	40.5	40.2	45.6	42.1	42.2
	炭水化物 (g/100g)	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2
	水分 (g/100g)	43.3	43.3	39.2	41.9	43.7
	灰分 (g/100g)	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7
遊離アミノ酸	アスパラギン酸 (mg/100g)	1	1	1	1.0	0
	グルタミン酸 (mg/100g)	11	10	11	10.7	11
	グルタミン (mg/100g)	63	55	29	49.0	63
	アスパラギン (mg/100g)	5	4	4	4.3	4
	グリシン (mg/100g)	6	5	5	5.3	4
	アラニン (mg/100g)	26	22	18	22.0	19
	トレオニン (mg/100g)	2	2	2	2.0	2
	セリン (mg/100g)	4	3	3	3.3	3
	プロリン (mg/100g)	2	2	2	2.0	2
	メチオニン (mg/100g)	2	2	2	2.0	2
	リジン (mg/100g)	7	6	7	6.7	6
	イソロイシン (mg/100g)	5	4	4	4.3	4
	ロイシン (mg/100g)	10	9	9	9.3	8
	フェニルアラニン (mg/100g)	5	4	4	4.3	4
	チロシン (mg/100g)	1	1	0	0.7	1
	バリン (mg/100g)	6	5	5	5.3	5
	ヒスチジン (mg/100g)	3	3	3	3.0	3
	アルギニン (mg/100g)	8	8	7	7.7	7
	システイン (mg/100g)	0	0	0	0.0	0
	遊離アミノ酸総量 (mg/100g)	189	172	129	163.3	162
ジペプチド	カルノシン (mg/100g)	238	214	206	219.3	179
	アンセリン (mg/100g)	57	47	48	50.7	55
その他アミノ酸	タウリン (mg/100g)	20	23	11	18.0	13
	オルニチン (mg/100g)	1	1	0	0.7	2
	GABA (mg/100g)	0	0	0	0.0	0
核酸関連物質	イノシン酸 (mg/100g)	22	46	38	35.3	31
	アデニル酸 (mg/100g)	5	4	4	4.3	3
	グアニル酸 (mg/100g)	1	2	2	1.7	1

表 6 格付情報の基本統計量

形質名	平均	標準偏差	最小値	中央値	最大値
枝肉重量 (kg)	480.9	53.16	443.3	460.9	558.5
ロース芯面積 (cm ²)	55.0	3.92	51.0	54.5	60.0
バラの厚さ (cm)	8.0	0.98	6.7	8.1	9.0
皮下脂肪の厚さ (cm)	2.9	0.85	1.6	3.2	3.4
歩留基準値	73.3	0.87	72.0	73.7	73.8
BMSNo.	6.0	1.15	5	6	7

表 7 脂肪酸の基本統計量 (筋間脂肪)

形質名	平均	標準偏差	最小値	中央値	最大値
【光学】					
オレイン酸 (%)	56.7	2.53	53.8	56.5	59.9
SFA (%)	35.4	2.71	32.1	35.3	38.7
MUFA (%)	62.4	3.06	58.6	62.5	66.0
【理化学】					
ミリスチン酸 (%)	2.3	0.24	2.1	2.3	2.6
ミリストレイン酸 (%)	1.3	0.25	1.0	1.2	1.6
パルミチン酸 (%)	21.5	1.57	20.2	21.1	23.8
パルミトオレイン酸 (%)	4.8	0.70	4.0	4.7	5.7
ステアリン酸 (%)	9.8	1.33	8.3	9.8	11.4
オレイン酸 (%)	48.4	2.20	45.2	49.2	49.9
リノール酸 (%)	2.3	0.35	2.0	2.2	2.8
飽和脂肪酸 (%)	35.1	3.42	32.6	33.9	39.9
一価不飽和脂肪酸 (%)	58.8	3.37	53.9	60.0	61.1
多価不飽和脂肪酸 (%)	2.7	0.42	2.3	2.6	3.3
不飽和脂肪酸 (%)	61.5	3.04	57.2	62.5	63.7

表 8 一般成分の基本統計量（ロース芯【胸最長筋】）

形質名	平均	標準偏差	最小値	中央値	最大値
【光学】					
水分（％）	47.2	2.39	44.1	47.5	49.6
粗タンパク質（％）	16.2	1.22	14.6	16.3	17.5
粗脂肪（％）	35.5	3.82	31.7	35.0	40.5
【理化学】					
エネルギー（kcal/100g）	438.0	20.31	425.0	429.5	468.0
たんぱく質（g/100g）	14.6	1.10	13.2	14.8	15.7
脂質（g/100g）	42.1	2.48	40.2	41.4	45.6
炭水化物（g/100g）	0.2	0.05	0.1	0.2	0.2
水分（g/100g）	42.4	2.13	39.2	43.3	43.7
灰分（g/100g）	0.7	0.05	0.7	0.7	0.8

表 9 遊離アミノ酸の基本統計量（ロース芯【胸最長筋】）

形質名	平均	標準偏差	最小値	中央値	最大値
アスパラギン酸（mg/100g）	0.8	0.50	0.0	1.0	1.0
グルタミン酸（mg/100g）	10.8	0.50	10.0	11.0	11.0
グルタミン（mg/100g）	52.5	16.11	29.0	59.0	63.0
アスパラギン（mg/100g）	4.3	0.50	4.0	4.0	5.0
グリシン（mg/100g）	5.0	0.82	4.0	5.0	6.0
アラニン（mg/100g）	21.3	3.59	18.0	20.5	26.0
トレオニン（mg/100g）	2.0	0.00	2.0	2.0	2.0
セリン（mg/100g）	3.3	0.50	3.0	3.0	4.0
プロリン（mg/100g）	2.0	0.00	2.0	2.0	2.0
メチオニン（mg/100g）	2.0	0.00	2.0	2.0	2.0
リジン（mg/100g）	6.5	0.58	6.0	6.5	7.0
イソロイシン（mg/100g）	4.3	0.50	4.0	4.0	5.0
ロイシン（mg/100g）	9.0	0.82	8.0	9.0	10.0
フェニルアラニン（mg/100g）	4.3	0.50	4.0	4.0	5.0
チロシン（mg/100g）	0.8	0.50	0.0	1.0	1.0
バリン（mg/100g）	5.3	0.50	5.0	5.0	6.0
ヒスチジン（mg/100g）	3.0	0.00	3.0	3.0	3.0
アルギニン（mg/100g）	7.5	0.58	7.0	7.5	8.0
システイン（mg/100g）	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0
遊離アミノ酸総量（mg/100g）	163.0	25.26	129.0	167.0	189.0

表 10 ジペプチドの基本統計量（ロース芯【胸最長筋】）

形質名	平均	標準偏差	最小値	中央値	最大値
カルノシン (mg/100g)	209.3	24.32	179.0	210.0	238.0
アンセリン (mg/100g)	51.8	4.99	47.0	51.5	57.0

表 11 その他アミノ酸の基本統計量（ロース芯【胸最長筋】）

形質名	平均	標準偏差	最小値	中央値	最大値
タウリン (mg/100g)	16.8	5.68	11.0	16.5	23.0
オルニチン (mg/100g)	1.0	0.82	0.0	1.0	2.0
GABA (mg/100g)	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0

表 12 核酸関連物質の基本統計量（ロース芯【胸最長筋】）

形質名	平均	標準偏差	最小値	中央値	最大値
イノシン酸 (mg/100g)	34.3	10.21	22.0	34.5	46.0
アデニル酸 (mg/100g)	4.0	0.82	3.0	4.0	5.0
グアニル酸 (mg/100g)	1.5	0.58	1.0	1.5	2.0

2) 嗜好型官能評価結果について

(1) 被験者のプロフィール (Q0)

被験者 26 名のプロフィールについて図 1 ～図 5 にまとめた。年齢層は、20 歳未満から 60 代までとなっており、30 代が 10 名と最も多かった。男女比は、男性 20 名、女性 6 名で男性が多かった。牛肉を食べる頻度は、週に 1 度が 12 名と最も多かったが、和牛肉を食べる頻度については、月に一度が 13 名と最も多くなっていた。牛肉の好みについては、あまり脂肪の量が多くない牛肉（赤身肉）が 11 名と多く、次いでやわらかい牛肉の 10 名となっていた。これは、日本食肉消費総合センター（2024）が消費者（1,800 名）向けに行った「好きな国産牛肉」「好んで食べたい国産牛肉」を 1 つ回答するアンケート調査でも赤身肉（BMSNo. 3）が 15.2%と最も多くなっている傾向と同様であった。

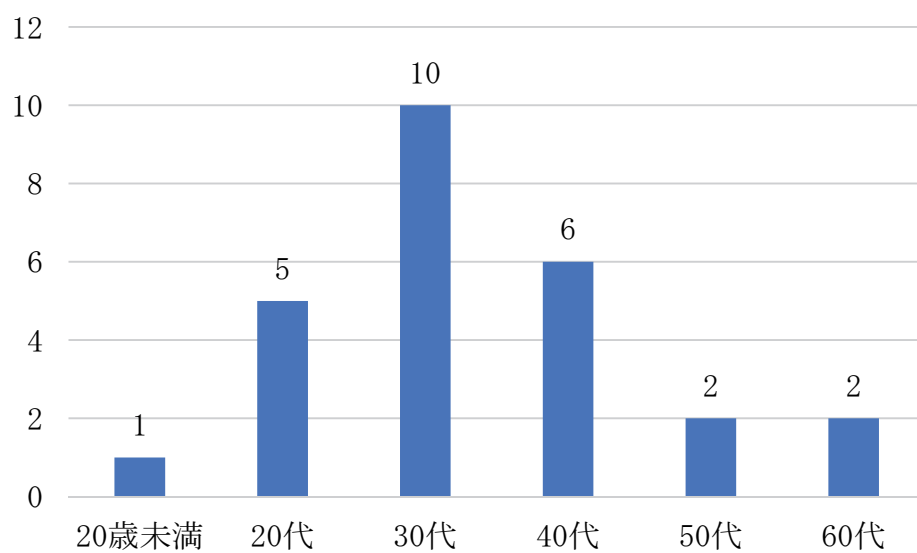


図1 被験者の年齢層の分布

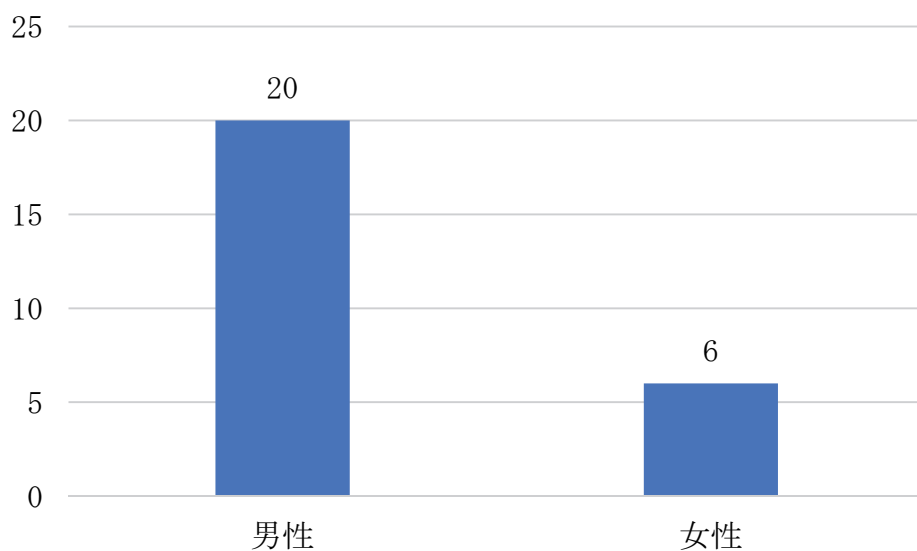


図2 被験者の性別の分布

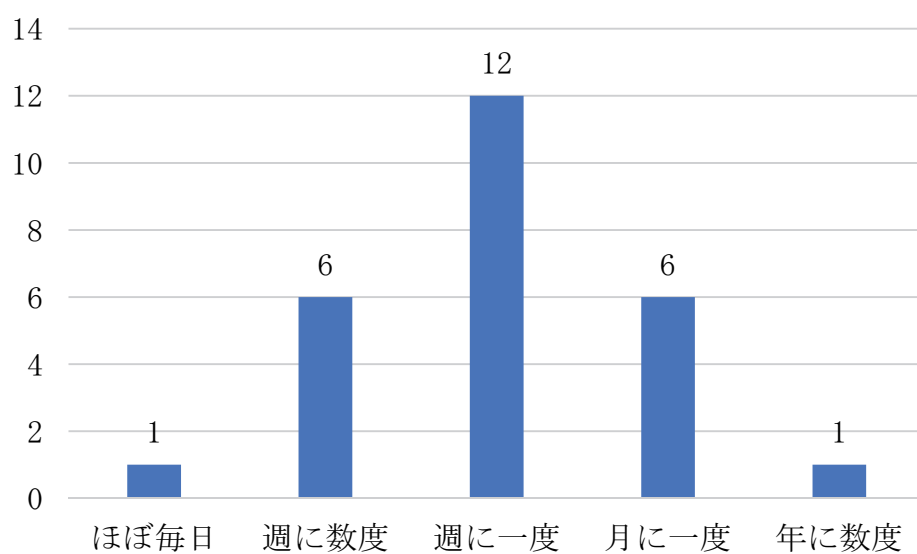


図3 被験者の牛肉を食べる頻度の分布

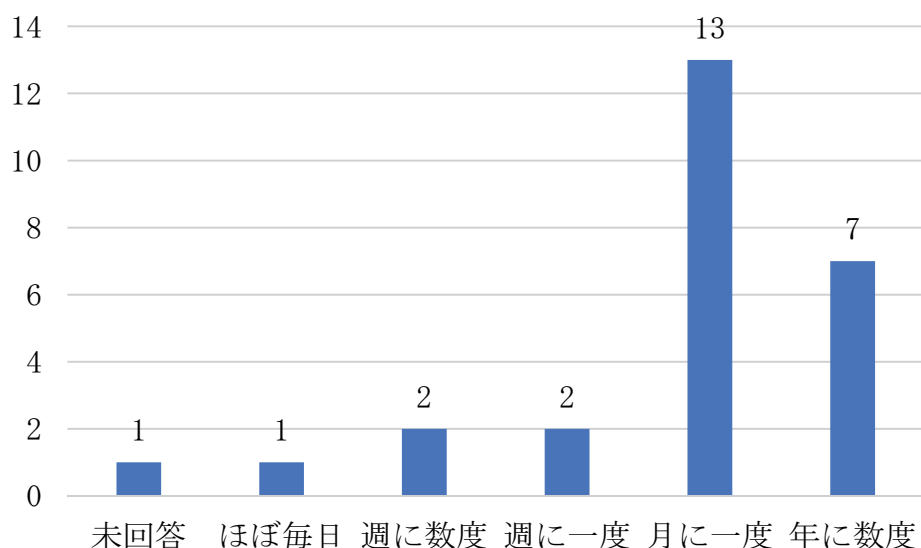


図4 被験者の和牛肉を食べる頻度の分布

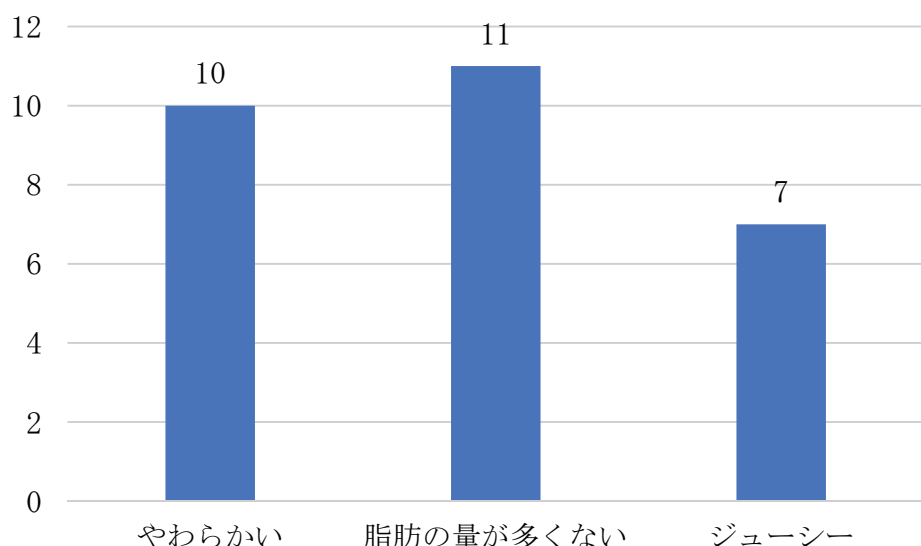


図5 被験者の牛肉の好みの分布（複数回答有）

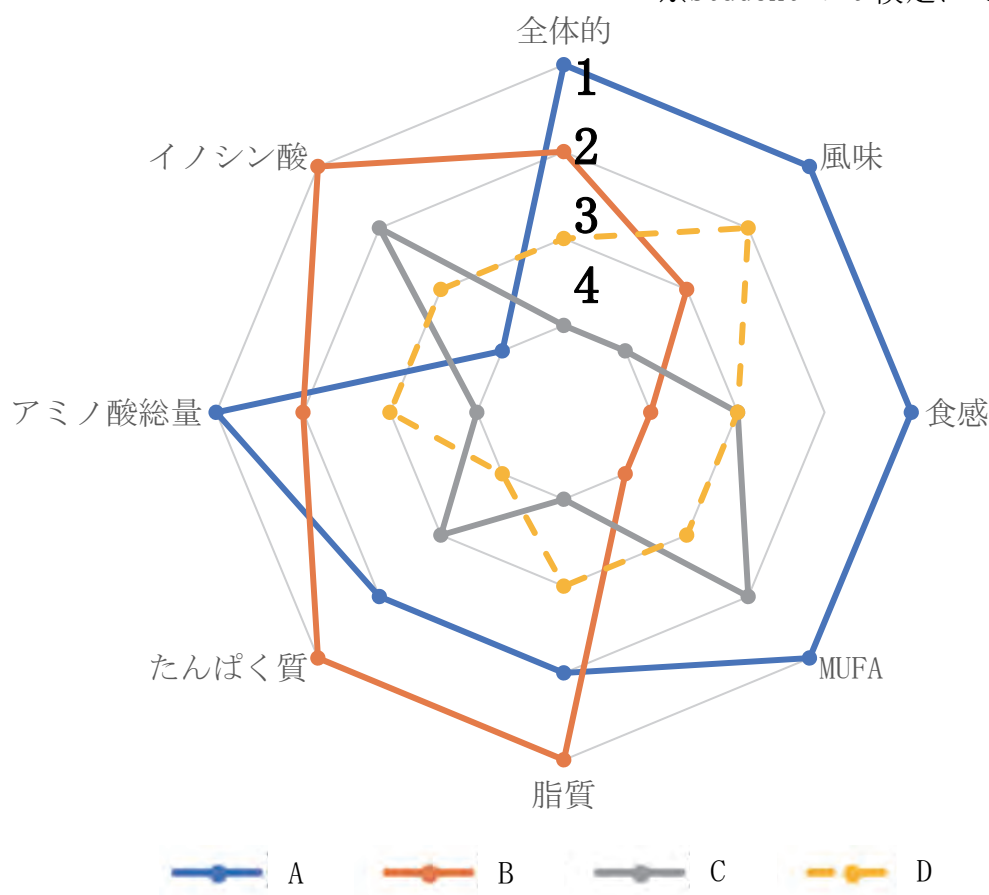
（2）風味・食感・全体的な好ましさ（Q1）

風味・食感・全体的な好ましさについて被験者に8段階評価で回答いただき、表13にまとめた。その結果、風味・食感・全体的な好ましさの全ての組み合わせにおいて有意差は見られなかった。一方、3つの評価項目の平均値については、若齢肥育の「A」が最も高く、若齢肥育の「C」が最も低い傾向を示していた。したがって、この3項目に理化学分析によるMUFA、脂質、たんぱく質、アミノ酸総量及びイノシン酸を加えレーダーチャートを作成したところ（図6）、「A」はMUFA、アミノ酸総量でトップとなっていることから、何らかの関与が示唆された。以上の結果から、頭数は少ないながらも若齢肥育と慣行肥育では有意差がないことから、若齢肥育によって風味・食感・全体的な好ましさが悪くなる影響は少ないことが示唆された。しかし、若齢肥育の中で評価項目の平均値が高いものと低いものがあったため、今後、この違いについては詳細な検討が必要である。

表 13 評価項目（風味・食感・全体的な好ましさ）における個体ごとの評価結果

評価項目	肥育状況	記号	平均	標準偏差	中央値	最小値	最大値	N
風味	若齢	A	5.96	0.96	6.0	4	8	26
		B	5.58	1.14	5.5	3	8	24
		C	5.50	1.24	5.5	3	8	26
	慣行	D	5.88	1.68	6.0	2	8	26
食感	若齢	A	6.00	1.10	6.0	4	7	26
		B	5.79	1.25	6.0	3	8	24
		C	5.81	1.47	6.0	3	8	26
	慣行	D	5.81	1.36	6.0	3	8	26
全体的	若齢	A	6.04	1.22	6.0	4	8	26
		B	5.88	1.19	6.0	3	8	24
		C	5.73	1.51	5.0	3	8	26
	慣行	D	5.77	1.37	6.0	3	8	26

※student の t 検定にて有意差なし



※レーダーチャートの数値は順位を表し、脂質のみ低いもの順に変換

※理化学分析項目の分析部位はロース芯を使用

図 6 評価者の評価項目平均値と各分析値の序列によるレーダーチャート

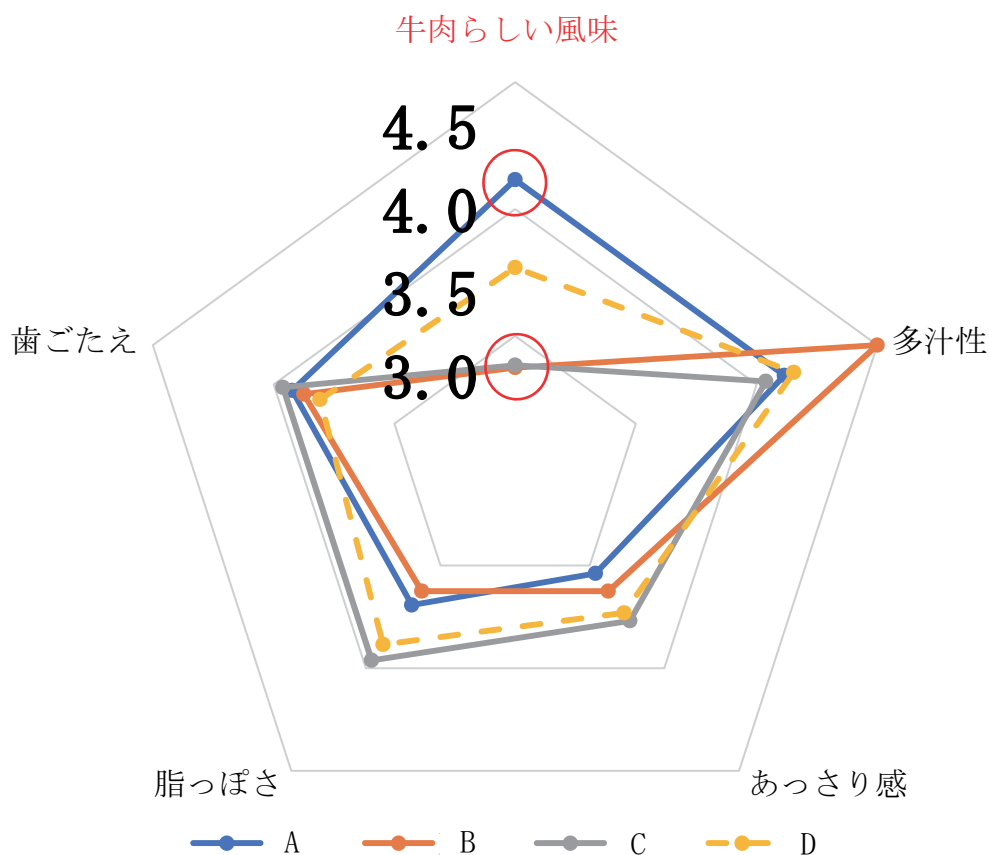
(3) 牛肉らしい風味、多汁性、あっさり・こってり感、脂っぽさ、歯ごたえ (Q2)

牛肉らしい風味、多汁性、あっさり・こってり感、脂っぽさ、歯ごたえについて評価基準を設定し、7～8段階評価にて回答をいただき、表14にまとめた。その結果、牛肉らしい風味について「A」と「B」及び「C」との間で有意差が確認された(図7)。これらは、全て若齢肥育個体であり、若齢肥育の中でも風味に優れる個体が存在することから、今後はこのような個体がどのような特性をもつのか詳細な検討が必要である。

表14 評価項目別の評価基準における個体ごとの評価結果

評価項目	肥育状況	記号	平均	標準偏差	中央値	最小値	最大値	N
牛肉らしい風味	若齢	A	4.12 ^A	0.77	4.0	3	6	26
		B	3.38 ^B	1.06	3.0	2	6	24
		C	3.38 ^B	0.80	3.0	2	6	26
	慣行	D	3.77 ^{AB}	1.11	4.0	1	6	26
多汁性	若齢	A	4.12	0.86	4.0	3	6	26
		B	4.50	0.88	4.5	3	6	24
		C	4.04	1.04	4.0	2	6	26
	慣行	D	4.15	0.78	4.0	3	6	26
あっさり、こってり感	若齢	A	3.54	0.90	3.0	2	5	26
		B	3.63	1.01	3.0	2	6	24
		C	3.77	1.11	4.0	2	6	26
	慣行	D	3.73	1.04	4.0	2	6	26
脂っぽさ	若齢	A	3.69	0.93	4.0	2	5	26
		B	3.63	0.97	4.0	2	5	24
		C	3.96	0.82	4.0	2	5	26
	慣行	D	3.88	0.91	4.0	2	6	26
歯ごたえ	若齢	A	3.92	0.74	4.0	2	5	26
		B	3.88	0.80	4.0	2	5	24
		C	3.96	0.72	4.0	3	6	26
	慣行	D	3.81	0.75	4.0	2	5	26

※student の t 検定にて同じ文字で繋がっていない平均値は有意差あり



※牛肉らしい風味の○間で有意差あり

※「4.0」がちょうど良いことを表す

図7 評価者の評価項目平均値によるレーダーチャート

(4) 牛肉にあてはまる特性の用語 (Q3)

被験者が牛肉を食した際に感じた牛肉にあてはまる特性の用語を複数回答可で選択していただき、個体別を表15～表18、若齢3頭を表19の通りに取りまとめを実施した。表は同一サンプルで複数回答がされた場合は、2つの用語の組み合わせで集計している。

若齢Aについては、“肉らしい味-やわらかい”、“肉らしい味-飲み込みやすい”、“やわらかい-飲み込みやすい”という組み合わせが8名と最も多くなっており、肉らしい味があってやわらかく飲み込みやすいという結果であった。

若齢Bについては、“ジューシー-弾力”、“ジューシー-やわらかい”という組み合わせが5名と最も多くなっており、弾力がある、やわらかいと相反する結果となった。

若齢Cについては、“やわらかい-飲み込みやすい”が7名で最も多く、若齢Aと少し傾向が似ていた。

慣行 D については、“肉らしい味-口溶けしやすい脂肪”が7名と最も多く、次いで“ジューシー-口溶けしやすい脂肪”、“やわらかい-飲み込みやすい”が6名となっており、若齢肥育の3頭と比較すると“口溶けしやすい脂肪”を評価する被験者が多かった。これは、光学測定による MUFA が最も高かったことにも起因していると思われる。これまでの本会での調査によると出荷月齢が1ヵ月短縮すると MUFA が0.5%低下することが分かっており、この点も影響している可能性が示唆された。

若齢3頭をまとめた表 19 については、“やわらかい-飲み込みやすい”が19名と最も多く、次いで“ジューシー-やわらかい”の18名となっており、慣行肥育と同様にやわらかい、ジューシー、飲み込みやすいは共通していた。一方、前述の通り口溶けしやすい脂肪について若齢3頭内で比較すると、若齢 A が他の2頭よりも口溶けしやすい脂肪であると回答した被験者が多いものの、慣行肥育よりは少なくなっていた。(図8)。

表 15 牛肉にあてはまる特性の用語のクロス表（若齢 A）

若齢 (A)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1 甘い風味	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
2 ジューシー	0	0	7	0	0	0	0	2	4	0	3	7	1	0	5	1	0
3 肉らしい味	0	7	0	0	0	0	0	3	4	1	6	8	1	1	8	2	0
4 ナッツ風味	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5 金属臭	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6 レバー臭	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7 かたい	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8 弾力	0	2	3	0	0	0	0	0	1	1	2	1	0	1	1	0	0
9 なめらか	0	4	4	0	0	0	0	1	0	0	3	5	0	0	4	0	0
10 ざらつき	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0
11 口溶けしやすい脂肪	0	3	6	0	0	0	0	2	3	1	0	6	0	1	4	1	0
12 やわらかい	0	7	8	0	0	0	0	1	5	0	6	0	0	0	8	1	0
13 線維感	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14 けもの臭	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0
15 飲み込みやすい	0	5	8	0	0	0	0	1	4	1	4	8	0	1	0	1	0
16 後味	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0
17 乳製品っぽい風味	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

表 16 牛肉にあてはまる特性の用語のクロス表（若齢 B）

若齢 (B)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1 甘い風味	0	2	1	0	0	0	0	0	1	0	2	3	1	0	1	1	0
2 ジューシー	2	0	4	1	0	0	0	5	3	1	3	5	3	0	3	0	0
3 肉らしい味	1	4	0	1	0	0	0	4	2	0	3	4	1	0	2	1	0
4 ナッツ風味	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5 金属臭	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6 レバー臭	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7 かたい	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8 弾力	0	5	4	1	0	0	0	0	1	1	2	1	2	0	2	0	0
9 なめらか	1	3	2	0	0	0	0	1	0	0	3	4	2	0	4	0	0
10 ざらつき	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11 口溶けしやすい脂肪	2	3	3	0	0	0	0	2	3	0	0	3	3	0	2	1	0
12 やわらかい	3	5	4	0	0	0	0	1	4	0	3	0	2	0	4	1	0
13 線維感	1	3	1	0	0	0	0	2	2	0	3	2	0	1	1	1	0
14 けもの臭	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
15 飲み込みやすい	1	3	2	0	0	0	0	2	4	0	2	4	1	0	0	0	0
16 後味	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0
17 乳製品っぽい風味	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

表 17 牛肉にあてはまる特性の用語のクロス表（若齢 C）

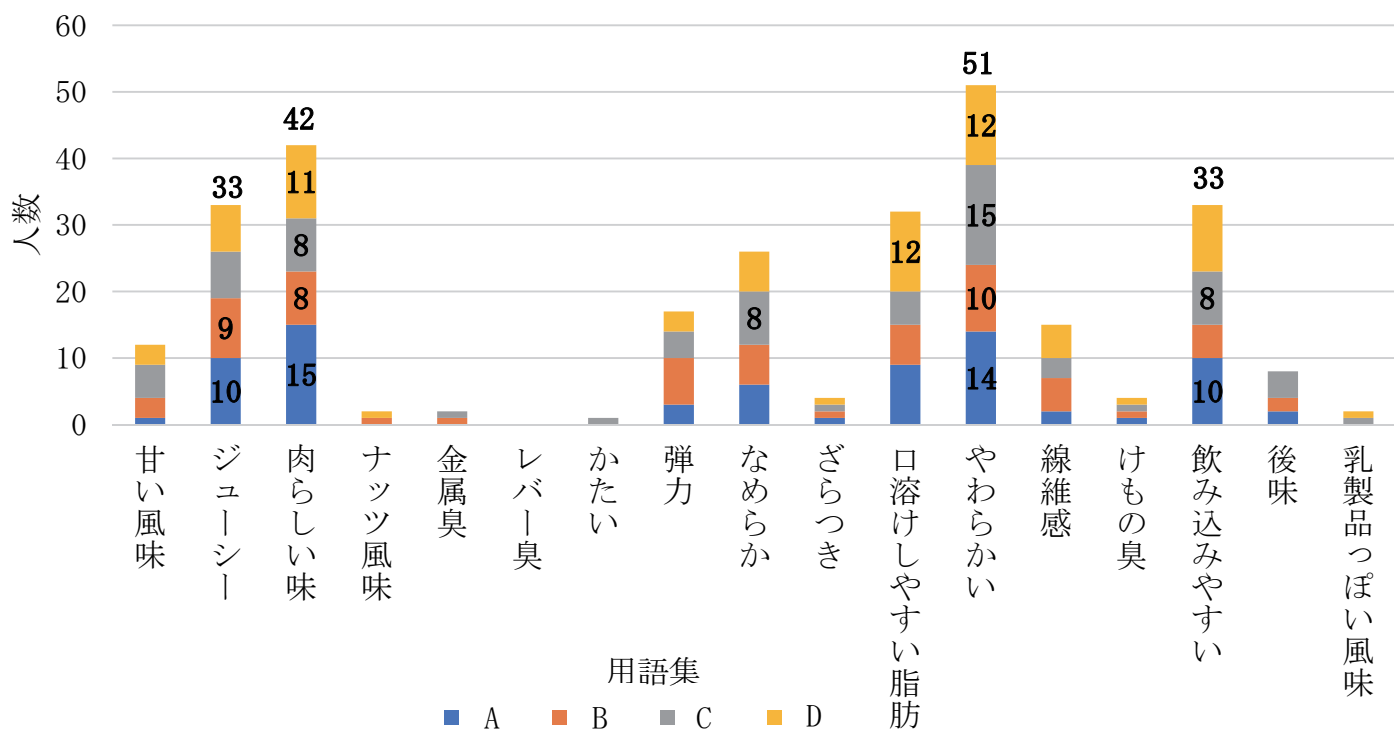
若齢 (C)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1 甘い風味	0	2	2	0	0	0	1	2	3	0	1	2	1	0	1	1	0
2 ジューシー	2	0	1	0	0	0	0	2	2	0	3	6	2	0	3	1	0
3 肉らしい味	2	1	0	0	1	0	1	1	2	1	2	4	2	1	3	0	0
4 ナッツ風味	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5 金属臭	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
6 レバー臭	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7 かたい	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8 弾力	2	2	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0
9 なめらか	3	2	2	0	0	0	0	1	0	0	2	6	1	0	4	3	1
10 ざらつき	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
11 口溶けしやすい脂肪	1	3	2	0	0	0	0	1	2	0	0	4	2	1	2	2	0
12 やわらかい	2	6	4	0	0	0	0	1	6	0	4	0	2	1	7	2	1
13 線維感	1	2	2	0	1	0	0	0	1	0	2	2	0	0	1	1	0
14 けもの臭	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0
15 飲み込みやすい	1	3	3	0	0	0	0	1	4	1	2	7	1	1	0	1	1
16 後味	1	1	0	0	0	0	0	0	3	0	2	2	1	0	1	0	0
17 乳製品っぽい風味	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0

表 18 牛肉にあてはまる特性の用語のクロス表（慣行 D）

慣行 (D)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1 甘い風味	0	2	1	0	0	0	0	0	2	0	1	3	0	0	1	0	0
2 ジューシー	2	0	3	0	0	0	0	2	2	0	6	4	1	1	2	0	0
3 肉らしい味	1	3	0	1	0	0	0	1	2	0	7	5	3	1	3	0	1
4 ナッツ風味	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1
5 金属臭	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6 レバー臭	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7 かたい	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8 弾力	0	2	1	0	0	0	0	0	1	1	3	1	2	0	1	0	0
9 なめらか	2	2	2	0	0	0	0	1	0	0	4	5	2	0	3	0	0
10 ざらつき	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0
11 口溶けしやすい脂肪	1	6	7	0	0	0	0	3	4	1	0	5	4	1	5	0	0
12 やわらかい	3	4	5	1	0	0	0	1	5	0	5	0	1	0	6	0	1
13 線維感	0	1	3	0	0	0	0	2	2	1	4	1	0	0	1	0	0
14 けもの臭	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
15 飲み込みやすい	1	2	3	1	0	0	0	1	3	1	5	6	1	1	0	0	1
16 後味	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17 乳製品っぽい風味	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0

表 19 牛肉にあてはまる特性の用語のクロス表（若齢3頭）

若齢	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1 甘い風味	0	4	3	0	0	0	1	2	4	0	3	5	3	0	2	2	0
2 ジューシー	4	0	12	1	0	0	0	9	9	1	9	18	6	0	11	2	0
3 肉らしい味	3	12	0	1	1	0	1	8	8	2	11	16	4	2	13	3	0
4 ナッツ風味	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5 金属臭	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
6 レバー臭	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7 かたい	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8 弾力	2	9	8	1	0	0	0	0	3	3	5	3	2	1	4	0	0
9 なめらか	4	9	8	0	0	0	0	3	0	0	8	15	3	0	12	3	1
10 ざらつき	0	1	2	0	0	0	0	3	0	0	1	0	0	1	2	0	0
11 口溶けしやすい脂肪	3	9	11	0	0	0	0	5	8	1	0	13	5	2	8	4	0
12 やわらかい	5	18	16	0	0	0	0	3	15	0	13	0	4	1	19	4	1
13 線維感	3	6	4	0	1	0	0	2	3	0	5	4	0	1	2	2	0
14 けもの臭	0	0	2	0	0	0	0	1	0	1	2	1	1	0	2	1	0
15 飲み込みやすい	2	11	13	0	0	0	0	4	12	2	8	19	2	2	0	2	1
16 後味	2	2	3	0	0	0	0	0	3	0	4	4	2	1	2	0	0
17 乳製品っぽい風味	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0



※回答が多かった上位3項目については人数を記載

※各個体で上位3項目についても人数を記載

図8 評価者における各牛肉特性の用語集選択状況

4. まとめ及び今後の展望について

若齢肥育3頭と慣行肥育1頭の計4頭を用いて生産者・技術者を対象に嗜好型官能評価を実施した。その結果、牛肉らしい風味について若齢肥育牛間で有意差が生じたが、それ以外については有意差が無かった。これについて榎園ら（2018）は、黒毛和種の短期肥育と慣行肥育の嗜好型官能評価を実施しているが、両区で有意差は無かったと報告している。併せて、脂肪酸・アミノ酸測定、味覚センサーによる味覚強度の測定も実施しており、こちらについては両区で有意差が見られる項目もあったと報告され、考察として嗜好型官能評価では、「茹で肉」、脂肪酸・アミノ酸測定、味覚センサーによる味覚強度の測定では生肉を使っていることの影響も示唆しており、今後、調理前の生肉と調理後の牛肉の理化学分析を実施した検討も必要かもしれない。

嗜好型官能評価で、最も総合評価が高いサンプル若齢Aでは、“肉らしい味-やわらかい”、“肉らしい味-飲み込みやすい”、“やわらかい-飲み込みやすい”という組み合わせで評価されており、こうした牛肉を好む消費者が多いのかは興味深い。こうした評価の取りまとめの蓄積で、消費者の嗜好や評価されやすい牛肉の傾向がつかめそうである。また、若齢肥育牛3頭は“やわらかい-飲み込みやすい”という回答が比較的多く、慣行肥育でもこの回答が多かったが、サンプル数が少ないため、これだけのサンプル数では結論付けるには至らず、今後も検討の余地を残す課題である。

現在、世界的な穀物需要の高まりやウクライナ危機を始めとして、飼料価格がこれまでにないほどの上昇を示している状況となっている。飼料費は子牛1頭当たりの生産費のうち43.3%と最も多く、去勢若齢牛についても、もと畜費の55.6%を除くと32.2%で飼料費が最も多くを占めている状況であり（農林水産省、2023）、飼料費削減を行うことは、喫緊の課題となっている。また、繁殖経営においては、令和4年から子牛生産費の方が子牛価格よりも高くなっているという報告（日本食肉消費総合センター、2024）もあり、厳しい経営状況にある。

以上のことから、若齢肥育または子牛の早期出荷を進めることにより飼料費の削減に繋げていくことが必要であり、飼料の無駄遣いの指標として知られる余剰飼料摂取量（Residual Feed Intake ; RFI）を活用した改良が重要である。

【参考文献】（筆者のアルファベット順）

- ・榎園秀平・倉原貴美. 2018. 黒毛和種における短期肥育技術の確立. 平成 30 年度 大分県農林水産研究指導センター畜産研究部試験成績報告書 48, 1-9.
- ・独立行政法人家畜改良センター. 2010. 食肉の理化学分析及び官能評価マニュアル. <http://www.nlbc.go.jp/gijutumanyuaru/manual21/21-3-2.pdf>
- ・公益財団法人 日本食肉消費総合センター. 2024. 「食肉に関する意識調査」報告書. <http://www.jmi.or.jp/common/download.php/%E4%BB%A4%E5%92%8C%EF%BC%95%E5%B9%B4%E5%BA%A6%E9%A3%9F%E8%82%89%E3%81%AB%E9%96%A2%E3%81%99%E3%82%8B%E6%84%8F%E8%AD%98%E8%AA%BF%E6%9F%BB%E5%A0%B1%E5%91%8A%E6%9B%B8.pdf?id=MTIwNQ%3D%3D>
- ・公益財団法人 日本食肉消費総合センター. 2024. 食肉の未来. 「コスト増大下の食肉供給・消費を考える研修会」講演抄録集. <http://www.jmi.or.jp/common/download.php/%E9%A3%9F%E8%82%89%E3%81%AE%E6%9C%AA%E6%9D%A5.pdf?id=MTIwNw%3D%3D>
- ・農林水産省. 2023. 令和 4 年肉用牛生産費（子牛・去勢若齢肥育牛）. 農林水産統計. https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/noukei/seisanhi_tikusan/attach/pdf/seisanhi_nikuusi_22.pdf

嗜好型官能評価の実施について

(1) 実施目的

肥育期間によって食味性に変化が生じるかを検討するため、短期肥育個体 3 頭と慣行肥育個体 1 頭の計 4 頭を利用し、嗜好型官能評価を実施する。

(2) 実施日時・場所

①日時

令和 3 年 11 月 12 日 (金) 15:30～

②場所

公益社団法人沖縄県家畜改良協会 1F 会議室

(3) 供試牛肉について

1) 概要

- ①頭数 : 若齢 3 頭、慣行 1 頭
- ②性別 : 去勢
- ③部位 : リブロース (ロース芯)
- ④肥育者 : A 農家

2) 格付成績

個体識別番号	月齢	格付	BMS	MUFA	粗脂肪	サンプル量	備考
①「13630-9720-1」	25.0	A-4	5	61.9	33.6	-	若齢
②「13861-9293-8」	24.6	A-4	5	58.6	36.3	-	若齢
③「13861-9583-0」	25.1	A-4	7	63.0	40.5	6.3kg	若齢
④「13861-8904-4」	28.9	A-4	7	66.0	31.7	6.2kg	慣行

3) 供試牛肉の調製

- ①カット済のリブロースを真空包装し、と畜後 13 日目までは冷蔵保存し、14 日目に冷凍保存を行う。
- ②冷凍保存された牛肉は、4℃、24 時間で解凍する。
- ③解凍後、リブロースブロック肉の筋肉、皮下・筋間脂肪、スジ等を取り除いたロース芯の部分より「縦×横×厚さ＝3 cm×3 cm×5 mm」(重量 10g 程度)にカットした牛肉を使用。
- ④牛肉は、ステンレスのバット等に入れ、乾燥を防ぐためにラップ等で密閉し、加熱するまで 4℃で保管する。

(4) 実施方法

1) 提供量

- ① 1 人分 : 1 切分 (10g) × 3 切分 = 30g × 4 頭 = 120g
- ② 40 人分 : 1 人分 (30g) × 40 人 = 1.2kg × 4 頭 = 6.0kg

2) 調理・提供方法

- ①焼肉 : 180℃に加熱したホットプレートにより、表・裏 30 秒ずつ焼いた肉を提供。
- ②味付けは無
- ③保温せずに加熱後ただちに提供する (5 分以内)。1 班を 8 人で構成し、1 サンプルについて 3 切分食べて Q1～Q3 に回答する。これを 4 頭分評価する。

3) 嗜好型官能評価

※別紙回答用紙参照

牛肉の嗜好型官能評価 回答用紙

ご回答にあたっての注意点

- Q0. プロフィールについて、あてはまるものを○で囲んでください。

年齢層	20歳未満・20代・30代・40代・50代・60代・70代～
性別	男性 女性
牛肉を食べる頻度	ほぼ毎日・週に数度・週に一度・月に一度・年に数度・年に一度・数年に一度未満
和牛を食べる頻度	ほぼ毎日・週に数度・週に一度・月に一度・年に数度・年に一度・数年に一度未満
牛肉の好み	やわらかい牛肉・あまり脂肪の量が少ない牛肉（赤身肉）・ジューシーな牛肉

本日試食した牛肉について、又はこのような嗜好型官能評価について
ご意見・ご感想等があれば下記にお聞かせください。

- 109 -

回答者番号：1001

Q 1. 以下の項目で当てはまる方に○をしてください。

牛肉番号

評価項目	大変好ましくない	好ましくない	やや好ましくない	どちらかと言えば好ましくない	どちらかと言えば好ましい	やや好ましい	好ましい	大変好ましい
風味の好ましさ								
食感の好ましさ								
全体的な好ましさ								

Q 2. 以下の項目についてあなた自身にとって「ちょうど良いかどうか」を回答してください。なお、「最もちょうど良く、優れている場合は中間値の「ちょうど良い」と回答してください。

評価項目	評価基準
牛肉らしい風味	弱すぎる - 弱い - やや弱い - ちょうど良い - やや強い - 強い - 強すぎる
多汁性	ぱさぱさすぎる - ぱさぱさ - ややぱさつく - ちょうど良い - やや汁気多い - 汁気多い - 汁気多すぎる
あっさり、こってり感	あっさりすぎる - あっさり - ややあっさり - ちょうど良い - ややこってり、くどい - こってり、くどい - こってりすぎ、くどすぎる
脂っぽさ	弱すぎる - 弱い - やや弱い - ちょうど良い - やや強い - 強い - 強すぎる
歯ごたえ	弱すぎる - 弱い - やや弱い - ちょうど良い - やや強い - 強い - 強すぎる

Q 3. この牛肉にあてはまる特性を以下の用語集からいくらかでも○をつけてください。

甘い風味、ジューシー、肉らしい味、ナッツ風味、金属臭、レバー臭、
かたい、弾力、なめらか、ざらつき、口溶けしやすい脂肪、やわらかい、
線維感、けもの臭、飲み込みやすい、後味、乳製品っぽい風味

資料 2 回答結果のコード一覧表

コード		0	1	2	3	4	5	6	7	8
Q0. プロフィール	年齢層	-	20歳未満	20代	30代	40代	50代	60代	70代～	
	性別	-	男性	女性						
	牛肉・和牛を食べる頻度	未回答	ほぼ毎日	週に数度	週に一度	月に一度	年に数度	年に一度	数年に一度未満	
Q1. 好ましさ	牛肉の好み	-	やわらかい牛肉	あまり脂肪の量が多くない牛肉 (赤身肉)	ジュースシーな牛肉					
	風味の好ましさ	-	大変好ましくない	好ましくない	やや好ましくない	どちらかと言えば好ましくない	どちらかと言えば好ましい	やや好ましい	好ましい	大変好ましい
	食感の好ましさ	-	大変好ましくない	好ましくない	やや好ましくない	どちらかと言えば好ましくない	どちらかと言えば好ましい	やや好ましい	好ましい	大変好ましい
	全体的な好ましさ	-	大変好ましくない	好ましくない	やや好ましくない	どちらかと言えば好ましくない	どちらかと言えば好ましい	やや好ましい	好ましい	大変好ましい
	牛肉らしい風味	-	弱すぎる	弱い	やや弱い	ちょうど良い	やや強い	強い	強すぎる	
Q2. 評価	多汁性	未回答	ばさばさすぎる	ばさばさ	ややばさつく	ちょうど良い	やや汁気多い	汁気多い	汁気多すぎる	
	あつさり、こつてり感	-	あつさりすぎる	あつさり	ややあつさり	ちょうど良い	ややこつてり	くどいこつてり	くどいこつてりすぎる	くどすぎる
	脂っばさ	-	弱すぎる	弱い	やや弱い	ちょうど良い	やや強い	強い	強すぎる	
	歯ごたえ	-	弱すぎる	弱い	やや弱い	ちょうど良い	やや強い	強い	強すぎる	
	甘い風味	-	○							
Q3. 用語	ジュースシー	-	○							
	肉らしい味	-	○							
	ナッツ風味	-	○							
	金属臭	-	○							
	レバー臭	-	○							
	かたい	-	○							
	弾力	-	○							
	なめらか	-	○							
	ざらつき	-	○							
	口溶けしやすい脂肪	-	○							
	やわらかい	-	○							
	線維感	-	○							
	けもの臭	-	○							
	飲み込みやすい	-	○							
	後味	-	○							
	乳製品っぽい風味	-	○							

（２）第 12 回全国和牛能力共進会鹿児島大会での肉牛の部出品牛の成績

1. 第 12 回全共の概要

令和 4 年 10 月 6 日から 10 日までの 5 日間にて、鹿児島で開催された第 12 回全国和牛能力共進会は「和牛新時代 地域かがやく和牛力」をテーマに掲げ、宮城全共までの成果をより確実なものとすることを目標とし、肉牛の部では「新たな和牛肉の価値観の構築」を目標に掲げ、脂肪の質評価の体制を確実なものにし、「美味しさ」の客観的評価によって、脂肪交雑に偏らない枝肉の評価を試みた。

全共で最初に脂肪の質評価が採用されたのは、平成 19 年に開催された 3 大会前の第 9 回鳥取全共に遡る。当時は、鳥取県畜産試験場の方々の協力を得て、横隔膜からの脂肪片を理化学分析し、単品区のみでオレイン酸を審査の中で考慮したのが最初であった。鳥取全共後、次の長崎全共にむけた 5 年間で、近赤外分光器により、オレイン酸、飽和脂肪酸、一価不飽和脂肪酸（MUFA）を非破壊で迅速に測定可能とする検量線作成に至り、これによって、肉牛の部全区において、脂肪の質を審査に利用する態勢を整えた。今大会では新たに「脂肪の質評価群」が設定したが、この長崎全共と宮城全共では BMS No. が 6.6 から 8.3 と大きく飛躍した一方で、MUFA 予測値は 57.6%から 54.4%と 3.2%の低下が見られたことから、第 12 回鹿児島全共では食味性に関与する脂肪の質の改良体制の構築が急務の課題となり、脂肪の質評価体制の構築に着手した背景がある。

また、脂肪の質に対する審査での比重については、第 10 回長崎全共と第 11 回宮城全共では肉質評価に対して 20%、審査基準全体では 10%の比重であったが、鹿児島大会では従来の肉質評価に含まれていた脂肪の質を独立させて、肉量：肉質：脂肪の質=1:1:1 として、審査全体の 1/3 まで比重を高め、牛肉の新たな価値観を見いだそうとした。また、新設された脂肪の質評価群において、BMS No. 8 以上の肉質得点を同列に扱った。他の区では BMS No. 10 以上の肉質得点を同列に扱ったが、脂肪の質評価群では区の狙いである脂肪の質の評価比重を他の区よりも高めることと、最上級である A-5 等級以上であれば和牛としては高く評価されるべきということをメッセージとして発信した。

また、前回大会から測定が始まった牛肉の一般成分については、今大会からは審査基準の中に明文化され、「ロース芯の一般成分（水分、粗タンパク質、粗脂肪含量）を測定し、これらの値と交雑脂肪の形状も考慮する。」とした。

全共の枝肉部門である「肉牛の部」の出品区の概要については、以下のとおり。なお、6 区総合評価群については種牛群との総合評価を行う区で、種牛の部の扱いとなる。

＜肉牛の部の出品区＞

- 6 区(総合評価群)**種牛と肉牛の総合評価の区で、地域の改良の中核を担う種雄牛の産子を実証展示し、各地域の改良成果を確認することを狙いとした出品区。種牛 4 頭、去勢肥育牛 3 頭による出品で、15 道県から出品され、肉牛は 45 頭の出品
- 7 区(脂肪の質評価群)**脂肪の質の育種価評価体制の構築により、脂肪の質の改良につなげることを目的とした出品区。脂肪の質の能力把握から、種雄牛造成の体制を構築し、脂肪の質をはじめとする「新たな枝肉の価値観」の醸成と定着につなげる狙い。出品牛の父牛は、一価不飽和脂肪酸(MUFA)またはオレイン酸の育種価が算出されていることが条件。去勢肥育牛 3 頭による出品で、21 道県から 63 頭の出品。
- 8 区(去勢肥育牛)**効率的な美味しい和牛肉生産を目指し、産肉能力と肥育技術により和牛の魅力を最大限に引き出すことを目的とした出品区。この区の取り組みを通じて繁殖・肥育の連携を強め、最適な生産サイクルの追求を目的とする。単品での出品で、41 道府県から 58 頭の出品。

2. 成績のとりまとめ

1) 成績概要

過去大会と比較した今大会の全共出品牛の枝肉成績を表 1 にまとめた。全体では、枝肉重量は前回宮城大会と概ね横ばいであったが、バラ厚は -0.6cm とやや減少していた。一方でロース芯面積は 3.5cm^2 と大きくなり、結果歩留はほぼ横ばいという結果であった。BMS No. は前回大会よりも 2 ポイント上昇し、10.3 という成績で、一般出荷を凌ぐ成績を 23.5 ヲ月齢という前回大会よりも 0.1 ヲ月短い中で残したことは、出品牛の能力だけでなく、肥育技術も同時に向上したことが確認された結果である。

図 1 に出品牛の BMS No. の分布を示す。No. 12 は全体の 46%にあたる 76 頭で、10 以上は全体の 71%にあたる 118 頭であった。8 区では同列に扱う No. 10 以上であったのは 79%にあたる 46 頭で、このことから脂肪交雑だけでは差がつかない水準であった。

BMS No. が高くなったと同時に、粗脂肪含量も当然ながら増加しており、光学測定による粗脂肪含量は宮城大会で 45.0%であったが、鹿児島大会では 50.2%と 5.2 ポイント上昇していた。

表 1. 過去大会と比較した全共の成績および測定値について

開催地		9 回	10 回	11 回	12 回	前回比
頭数	(頭)	179	175	183	166	
月 齢	(ヵ月)	23.4	23.5	23.6	23.5	-0.1
枝肉重量	(kg)	434.3	446.4	482.5	478.8	-3.7
ロース芯面積	(c m ²)	54	58.3	66.4	69.9	3.5
バラ厚	(cm)	7.4	7.6	8.7	8.1	-0.6
皮下脂肪厚	(cm)	2.2	2.4	2.3	2.3	0
推定歩留		73.9	74.3	75.8	75.9	0.1
BMS No.		6.6	6.6	8.3	10.3	2.0
MUFA	(%)	57.1	57.6	54.4	56.4	2.0
水分	(%)			41.8	38.0	-3.8
粗タンパク質	(%)			12.7	11.3	-1.4
粗脂肪	(%)			45.0	50.2	5.2

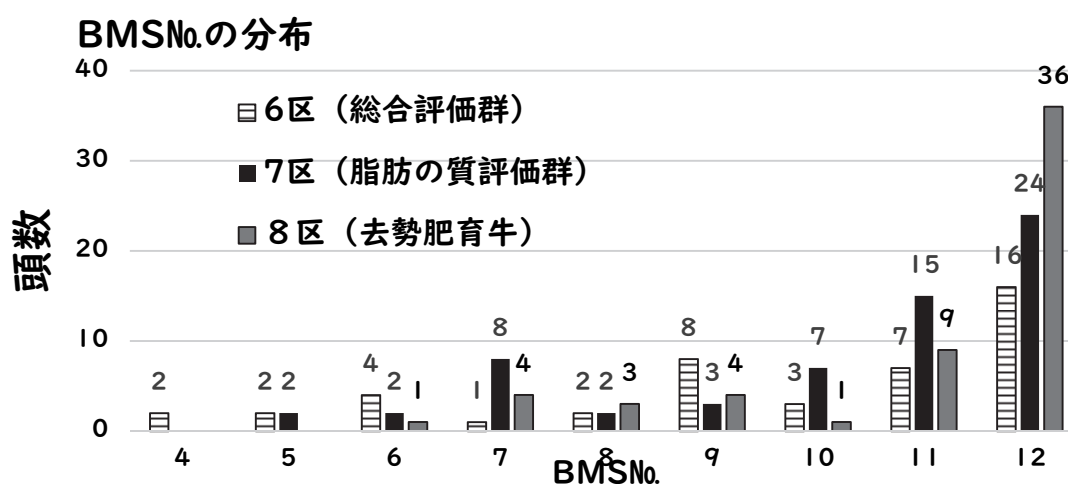


図 1. BMS No. の分布

表 2. 期待枝肉成績と実際の成績との相関

	6区	7区	8区	全体
枝肉重量(kg)	0.25	0.15	0.24	0.25
ロース芯面積 (cm ²)	0.34	0.47	0.53	0.45
バラの厚さ(cm)	0.43	0.27	0.31	0.27
皮下脂肪厚(cm)	0.68	0.48	0.21	0.46
歩留	0.35	0.46	0.41	0.41
BMSNo.	0.49	0.64	0.45	0.56
MUFA 予測値 (%)	0.60	0.30	-0.33	0.34

MUFA 予測値は宮城大会では長崎大会よりも 3.2 ポイント低下していたが、今大会は 2.0 ポイントの上昇がみられた。各県で評価されている脂肪の質の育種価のトレンドはまだ横ばいの様相を示している中で、上昇したということは、父牛の選定から出品牛の選定まで、飼養管理面を含め、各県の取り組みの成果が表れたと考える。MUFA の平均値は区ごとにみても、7 区 57.6% が、6 区 55.2%、8 区 56.1% よりも高く、脂肪の質評価群において最も MUFA が高くなっていることから、脂肪の質改良に向けた各県の取り組みの成果はあったと考える。

ただし、現在の通常出荷における去勢肥育牛の MUFA の光学測定値の平均は 60.1% であることから、出荷月齢の短縮を図るにはまだ脂肪の質の改良は不可欠であり、今後の課題である。今大会全体の MUFA はばらつきが大きく、50% 未満だったものが 15 頭おり、ばらつきも大きかった。こうした極端に低いものを減らしていく必要があると考える。そのためには、種雄牛の能力把握が不可欠である。現在、脂肪の質の育種価評価は 28 道府県で実施されており、収集は光学測定で簡易的に行われるようになったが、出荷されるもののうち、測定されるのは限られており、その結果供用中雌牛の脂肪の質の育種価の判明率は 15.6% にとどまっている。こうした状況では、種雄牛造成時点で脂肪の質の育種価を活用するというのは困難であり、造成されたものの中から、現場検定時に脂肪の質の記録が収集できた場合にのみ参考にできるという状況と推測される。したがって、引き続き収集体制を整えることが重要である。

2) 期待枝肉成績と実際の成績との関係

筆者は出品牛の最終選抜会にも何県か訪れたが、多くの県では生体の仕上がり具合や肥育過程状況が大きな比重で選定されていたと感じた。そうした中で、両親の育種価から計算される期待育種価は、環境の効果を含まない遺伝的能力で、その期待育種価に全平均、性別の効果、月齢の効果および肥育農家の効果を加味したものが期待枝肉成績であるが、これと実際の成績との相関関係を示したものが表 2 である。全体でみると脂肪交雑は 0.5 を超えており、高い部類と評価されるが、安定した高い肥育技術により、遺伝的な能力が十分発揮された成果と見る。ロース芯面積、皮下脂肪厚、歩留も 0.4~0.5 の相関係数と高い値を示していた。

これらに次いで高かったのが MUFA の 0.34 で、区ごとにみると 8 区では -0.33 と負の値になっていたが、これについては、MUFA の期待枝肉成績まで計算できた個体が 58 頭と、他の形質の 129 頭に比べて少ないなかで、8 区は 10 頭しか対象がおらず、そのうちの 2 頭が外れ値となっていたことがこの数字に影響していた。6 区では 0.60 と高い値であることや、オレイン酸も含めた脂肪の質の期待育種価 (σ) と MUFA との相関係数は 0.42 と高い値

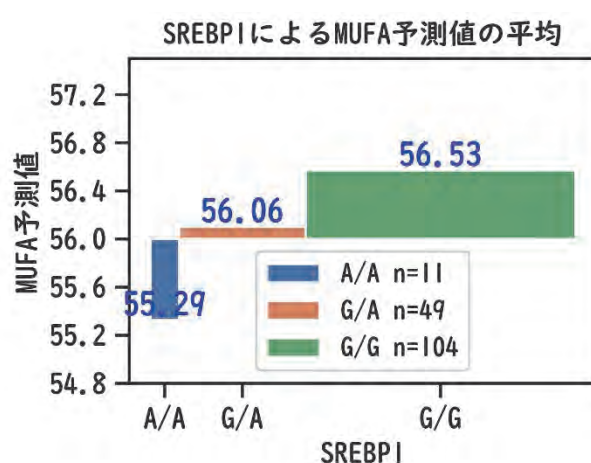
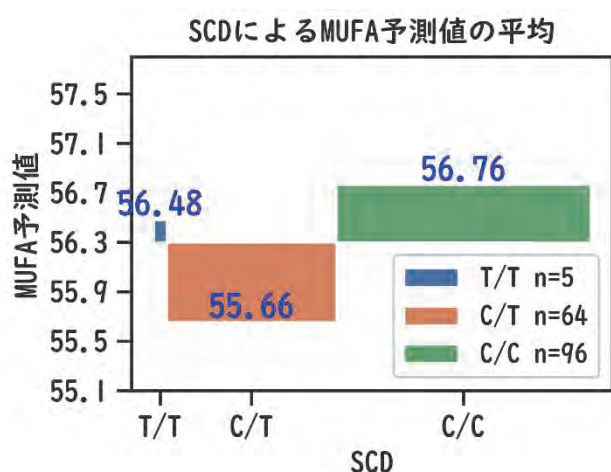
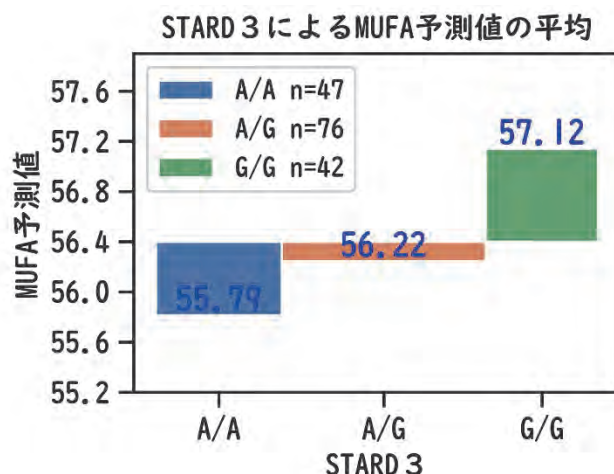
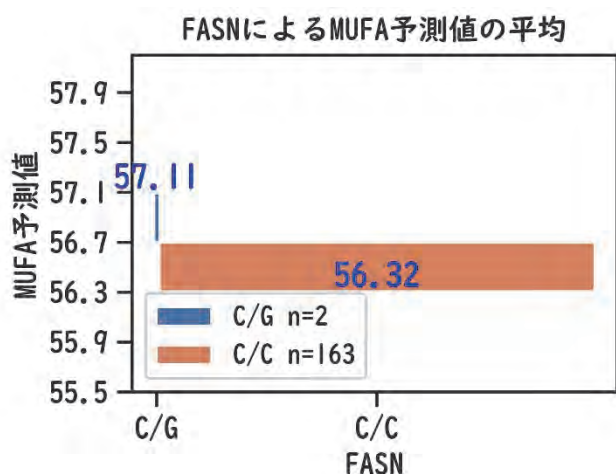
が確認されていることなどからも、飼養管理での改善効果が判然としない中で、出荷前の MUFA の予測について、期待育種価の活用は有効と考える。

枝肉重量とバラ厚がやや低めの 0.2~0.3 になった点については、通常出荷とは異なる不慣れな肥育形態で取り組んだところが少し影響していたと思われる。

3) オレイン酸や MUFA に関連すると期待される SNP と光学測定との関係

全国和牛登録協会が遺伝子型検査にて採用している SNP チップ（和牛パネル）に搭載し、MUFA との関連が期待される既知および未知の候補 SNP の遺伝子型と光学測定による MUFA 予測値との関係を以下の図に示した。

棒グラフの幅は頭数（遺伝子型頻度）比を示しており、登録協会のデータベース上でマイナーアレルによるホモが最も左の青色の棒グラフとして示す。



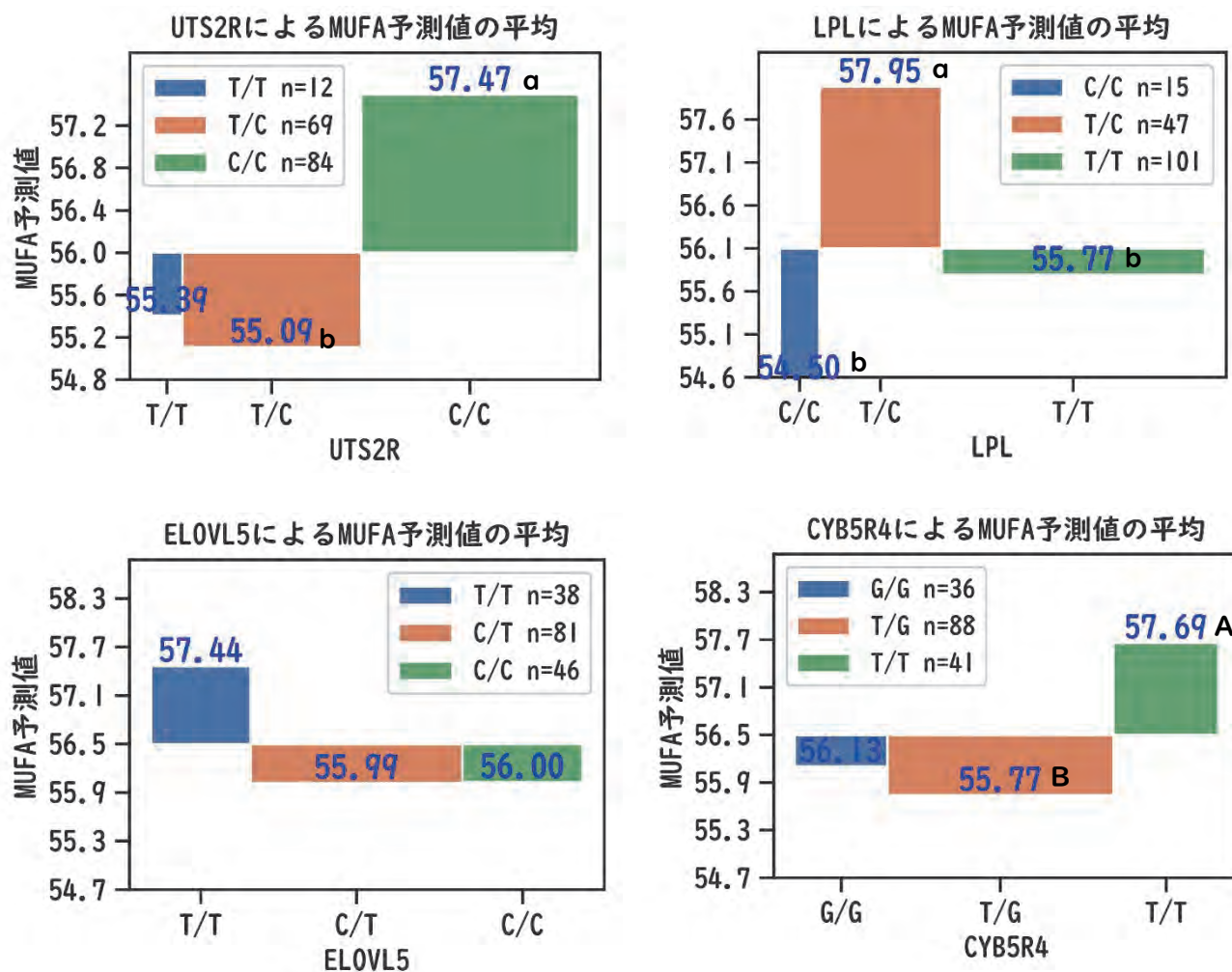


図 2. MUFA への効果が期待される SNP の遺伝子型と MUFA 予測値の平均

なお、全共の出品牛においては、SCD のタイピング間には有意差は無く、UTS2R の C/C と T/C 間、LPL の C/C と T/C および T/C と T/T 間、CYB5R4 の T/G と T/T 間で平均値間に有意差は見られなかった。

次ページの表 3 には各遺伝子型の MUFA 予測値の平均値と遺伝子頻度から計算されるアリル置換の平均効果とアリルの平均効果を示す。また、図 3 に平均効果の総和として、8 個の SNP による相加的遺伝子効果と MUFA 予測値との関係を示す。なお、置換による平均効果の算出方法は次項の「食味性形質に関与する SNP の調査・分析結果」および本事業のパフレットにて記述する。

表 3．各遺伝子のメジャーアリル置換の平均効果と各アリルの平均効果

遺伝子	マイナー ホモ平均	ヘテロ 平均	メジャー ホモ平 均	メジャ ーアリ ル	メジャー アリル置 換の平均 効果	メジャー アリルの 平均効 果	マイナー アリルの 平均効 果
FASN		57.1	56.3	C			
STARD 3	55.8	56.2	57.1	A	-0.66	-0.32	0.34
SCD	56.5	55.7	56.8	C	0.67	0.15	-0.52
SREBP1	55.3	56.1	56.5	G	0.53	0.12	-0.42
UTS2R	55.4	55.1	57.5	C	1.63	0.46	-1.17
LPL	54.5	58.0	55.8	T	-0.85	-0.20	0.65
ELOVL5	57.4	56.0	56.0	C	-0.68	-0.33	0.36
CYB5R4	56.1	55.8	57.7	T	0.81	0.39	-0.42

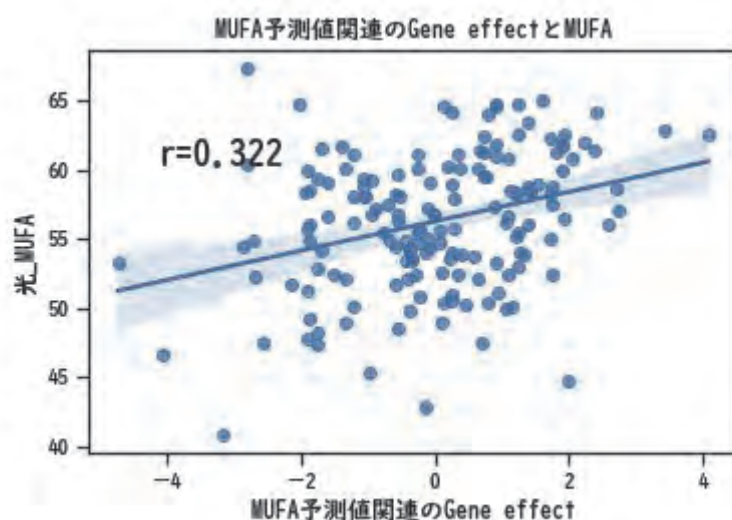


図 3．8 個の SNP の平均効果による相加的遺伝子効果と MUFA 予測値との関係

3. まとめ

第 12 回全国和牛能力共進会鹿児島大会は、効率的な美味しい和牛肉生産と新たな和牛肉の価値観の構築を目標に掲げて開催し、全国 41 道府県より、計 166 頭が出品された。これら 24 ヶ月齢未満で出荷された枝肉の格付成績は、通常出荷される牛肉と比較しても遜色ないもので、これまでの遺伝的能力の改良と肥育技術の研鑽が大いに発揮されたものと評価できる。

食味性については、鳥取全共より、脂肪の質の評価値であるオレイン酸や MUFA を審査の中で扱ってきたが、本事業で行っている官能評価結果や分類の結果からも、脂肪の質が甘い香りや風味の強さに関わってきていることが示唆され、重要な形質であることが確認されている。そうした中で、MUFA の値については、宮城大会から 2.0 ポイントの向上を示したことは育種価評価体制の構築と出品に対して脂肪の質への意識が高まった成果とを感じる。しかしながら、一般出荷牛の MUFA の概ねの平均が 60% 程度ということからすると 4 ポイントほど低いということは、生産効率を求めて出荷月齢の短縮を図る上での脂肪の質の改良の重要性を示していると考ええる。また、過去の大会からの MUFA の成績の推移については、安定的に向上しているというよりも、まだ上昇、下降を繰り返している過渡期と言え、改良において重要な選抜と交配を確実に行う必要があると言える。そのためには、測定記録の情報が不可欠であることから、今後も日々の肉牛の出荷に対して、測定記録を収集できる体制づくりが急務の課題と言える。

また、BMS No. の改良と同時に粗脂肪含量も高まっており、前回の宮城大会から今大会鹿児島大会までに 5.2 ポイント上昇したことにも注目すべきと考ええる。和牛改良には 10 年かかるとよく言われるが、このことは多くの遺伝子を次世代に伝える種雄牛が活躍するまでに早くても 7-8 年、平均的には 12-13 年かかることから明らかで、このことから現状把握と今後を見据えた種雄牛づくりへの対応が重要と言える。10 年先までは脂肪交雑がさらに向上し、粗脂肪含量が高まることが予測されるので、粗脂肪含量の増加を抑えつつ、食味成分と関わる脂肪の質の向上と、タンパク質とのバランスを重視した改良ヘシフトしていくことが重要である。

これに対して、第 1 章で紹介している粗脂肪含量相対値 (RFV) は、同じ BMS No. での粗脂肪含量の多寡を示す指標で、この指標の利用が BMS No. を維持しつつ粗脂肪含量の増加を抑制することに寄与すると期待される。このことから、光学測定による一般成分測定の定着や若い種雄牛の後代検定中の若い種雄牛の能力把握として実施していくことが重要と考える。

（３）肥育期間短縮に係る事例

① 愛媛県「愛媛あかね和牛」の取組（愛媛県西予市 愛媛県畜産研究センター）

１．地域畜産の概要

愛媛県の畜産粗生産額は、令和３年度は 278 億円で、農業粗生産額 1,224 億円の 22.7% を占め、果実に次ぐ第２位となっている。

そのうち、肉用牛は、昭和 52 年頃から増加傾向が続いたものの、平成 5 年から減少に転じ、近年はほぼ横ばいで推移している。令和 5 年 2 月の飼養戸数、飼養総頭数は、148 戸（対前年比 94.3%）、10,400 頭（対前年比 100%）、１戸当り飼養頭数は 70.3 頭（対前年比 106%）で、肉用繁殖牛については、飼養頭数 1,820 頭（対前年比 101.7%）となっている。

乳用牛は、昭和 45 年 2 月の 4,460 戸、19,100 頭をピークに漸減し、令和 5 年 2 月の飼養戸数、飼養総頭数は、82 戸（対前年比 93.2%）、4,920 頭（対前年比 98.4%）となっている。なお、１戸当りの乳用牛飼養頭数は昭和 60 年の 17 頭から 60 頭へと増加し、規模拡大が進んでいる。

愛媛県畜産研究センターが所在する南予地域は、県の南部にあり、肉用牛主要産地となっている。中でも西予（せいよ）市、大洲（おおず）市は県内 1 位、2 位産地であり、この 2 市の肉用牛飼養戸数は、84 戸（県全体の 57%）、飼養頭数は 6,930 頭（同 66%）を占めており、県内の主要産地であるとともに、肉用牛をはじめとする畜産業が地域の基幹産業となっている。加えて、西予市には偶数月に開催される臨時家畜市場、大洲市には県内唯一のと畜場がある。

また、西予市に本所をおく J A 東宇和は、肉用牛の肥育部会及び繁殖部会を早くに設立し、研修会等を定期的に行うなど、世代間交流や技術・知識の習得に取組み、現在の肉用牛産地を支えてきた。このような背景を基に、肉用牛の主生産を担っている当該地域は、愛媛県が開発したブランド牛「愛媛あかね和牛」においても主産地となっている。



写真 1．愛媛県畜産研究センター肥育牛舎



写真 2．愛媛あかね和牛

2. 肥育期間短縮に取り組んだ経緯、動機等

平成 23 年に、食の多様化に伴い、従来の脂肪交雑を重視した高級志向の愛媛県産ブランド牛肉とは違った方向性の牛肉として、県主体で「赤身と脂肪のバランスが良い黒毛和牛を作る。」という目標をたて、従来のサシ重視ではない赤身のおいしさにもこだわった新たな需要を作り出すことを目的に、愛媛県畜産研究センターが開発を開始した。

研究開発では、まず、発育がよく、愛媛のブランド牛にふさわしい素牛を求めて鹿児島県の気高系統を選定した。つぎに、牛肉を赤身志向にするため、ビタミンを多く含んだ飼料として、愛媛県らしいミカンジュースの搾り粕を肥育牛に給与することとした。ミカンジュースの搾り粕は嗜好性がばらつくため、時間をかけた馴致が必要な場合があった。また、ミカンジュースの搾り粕の最適な給与期間や給与量について試行錯誤をかさねた。さらに、食味検査の結果からアマニ油製剤を給与することでさらなる効果を期待した。そして、試験肥育と生産した牛肉の食味検査を繰り返し、関係者・有識者による意見交換を経て、平成 27 年 11 月に「愛媛あかね和牛」の販売が開始された。

「愛媛あかね和牛」の条件、定義

- ① 愛媛生れ、愛媛育ち
- ② 出荷月齢 27 ヶ月齢以下
- ③ 専用飼料
- ④ 単味飼料（柑橘搾汁粕、アマニ油製剤）
- ⑤ BMS No. 3～9（2 等級は除く）

3. 肥育期間短縮飼養管理の概要・留意点等

「愛媛あかね和牛」の飼養管理マニュアル（目標値）の主な点

- ① 素牛導入月齢：1、4、6 ヶ月齢（ヌレ子、離乳子牛、子牛市場前）
- ② 肥育開始月齢：7 ヶ月
- ③ 肥育開始時体重：去勢 250kg、雌 240kg
- ④ 肥育終了月齢：27 ヶ月齢以下（去勢 24 ヶ月齢、雌 26 ヶ月齢）
- ⑤ 肥育期間：18～20 ヶ月
- ⑥ 出荷時体重：760～780kg

育成期の発育性が枝肉重量に大きく影響するため、種雄牛の選定、育成期の管理が重要になる。

単味飼料について、柑橘搾汁粕はミカンジュースの搾り粕を各生産農家にて1年間分をフレコンバックにて保管し、去勢は1頭2kg/日を15ヵ月齢、雌は17ヵ月齢を目安に出荷1ヵ月前まで給与する（写真3）。柑橘搾汁粕の水分は80%、βカロテン含量が高く、肥育牛のビタミンコントロールは行わない。その結果、喰い止まりがなく、健康で飼育しやすい。

また、アマニ油製剤は、1頭100g/日を去勢は21ヵ月齢、雌は23ヵ月齢を目安に出荷まで給与する。



写真3. 柑橘搾汁粕



写真4. 柑橘搾汁粕は配合飼料に添加

4. 出荷状況・成績等（出荷月齢、出荷体重、枝肉成績等）

あかね和牛の生産体制は、「愛媛あかね和牛普及協議会（事務局：愛媛県畜産課）」において、県内で飼養されている雌牛から、あかね和牛生産用の母牛として約200頭を認定するとともに、繁殖農家は認定された母牛に、原則、推奨された種雄牛を交配する。種雄牛は、農家からの要望や生産性（枝肉重量、肉質）成績等を考慮し選定するが、推奨牛以外を利用する場合は、愛媛県畜産研究センターに相談することになっている。

生産された子牛は、契約肥育農家6戸へあかね和牛の素牛として分配・譲渡される。譲渡条件は1、4、6ヵ月齢（ヌレ子、離乳子牛、子牛市場前の各月齢で市場の平均単価×譲渡時体重）としている。

肥育農家にあっては、畜産研究センターが設定した飼養管理マニュアルに従い飼料給与及び飼養管理する。

令和4年度の実績は、畜産研究センター及び肥育農家の出荷頭数は178頭であり、出荷月齢は去勢で24.9～25.1ヵ月齢、雌で26.4～26.5ヵ月齢であった。

出荷頭数のうち、あかね和牛の条件に適合した頭数及び割合は130頭、73.0%であり、不適合となった主な理由としては、BMS No. 10以上になってしまうことであった。

枝肉成績は、畜産研究センター出荷牛にあつては、枝肉重量491.1kg、平均BMS No. 8.7、農家出荷牛にあつては、枝肉重量443.1kg、平均BMS No. 7.2であった。

5. 肥育期間短縮の効果、市場の評価等

牛肉の肉質、栄養成分の特徴としては、一般的な黒毛和種と比較して、脂肪含量は約15%少なく、タンパク質は1.1倍、グルタミン酸は2.5倍、 α トコフェロールは1.4倍、 β クリプトキサンチンは11倍、アスパラギンは5.1倍、オルニチンは2.1倍である（愛媛あかね和牛の紹介パンフレットより）。

消費者の意見としては「あっさりして食べやすい。」、愛媛あかね和牛を取り扱うホテルでは、お客様の声として「脂が少なく歳を取っていても美味しく食べられる。」との声が寄せられている。流通業者からの意見は、「独自基準であり販売が難しいため、一層のブランド価値向上が必要である」、「出荷頭数が少なく需要期に確保できず販売しづらいため、定時定量出荷を期待する。」などの意見がある。

6. 今後の展望等

今後の目標としては、愛媛あかね和牛の生産頭数を178頭/年（令和4年度）から240頭/年に増加し、愛媛あかね和牛の適合率を73%（令和4年度）から85%に増加させることとしている。

（丸山 新）



あかね 和牛

愛媛あかね和牛とは？

脂肪を抑えて旨みがアップ
優れた血統の黒毛和牛の脂肪を抑えることにより、食べやすく旨みがアップ。

赤身が多くてヘルシー
たんぱく質を高めながら脂肪を抑えた低カロリーでヘルシーな牛肉。

愛媛県独自の餌で安全・安心
愛媛生まれで愛媛育ち。愛媛特産のかんきつと亜麻仁油を与えることで、健康的で食べやすい肉に。



徹底した飼育管理

あかね和牛の飼育

優秀な雌牛を導入
発育及び肉質の遺伝的能力の高い雌牛を導入しました。人工授精や受精卵移植により、効率的に優秀な子牛を生産しています。



肉質・栄養成分の比較
一般黒毛和牛を100とした場合（愛媛県調べ）

成分	愛媛あかね和牛	一般黒毛和牛
脂肪量	15%ダウン	100
タンパク質	1.1倍	100
グルタミン酸	2.5倍	100
ビタミンE	2.5倍	100
β-クリプトキサンチン	11倍	100
アミノ酸	5.1倍	100
オレフィン	2.1倍	100

愛媛県畜産研究センターで、県産かんきつの搾り粕と亜麻仁油などを使い、研究開発された飼料

脂肪と赤身のバランスがよい牛肉を生産するため、県畜産研究センターにおいてベストな飼料を、愛媛ならではの素材を使用して研究開発し、健康的な和牛を育てています。

愛媛県産かんきつ



愛媛県で豊富にとれるかんきつには、ビタミンC、カロテン、クエン酸カリウム、β-クリプトキサンチン、リモネン等が含まれ、特に温州ミカンに多く含まれるβ-クリプトキサンチンは骨の健康を保つのに役立つといわれています。

亜麻仁油



亜麻仁油は「アマ」という植物の種から抽出された油で、「n-3系」、「n-6系」など人間の体に必要不可欠な成分「必須脂肪酸」を含んでいます。

脂肪が抑えられた肉はさまざまなメニューに利用できます。



ビステッカ(ステーキ)



ミソノ風カツレツ

愛媛県農林水産部畜産課

〒790-8570
愛媛県松山市一番町4-4-2

TEL 089-912-2575

愛媛あかね和牛
検索



愛媛あかね和牛は「『愛』あるブランド産品」に認定されています。

画像 1. 愛媛あかね和牛の紹介パンフレット

② 北海道士幌町「(株) 野口畜産」の取組（肉用牛一貫経営）

1. 地域の概況

(株) 野口畜産の所在地である北海道河東郡士幌町は、十勝の中心都市である帯広市から 30 km ほど北に位置しており、人口約 6 千人の町である。気候は内陸性で積雪量は比較的少ないが、夏冬の温度差が大きく、夏季は 35 ℃以上なる一方、冬季は -20 ℃以下になることもある。町の総面積 259.19 km² の内、約 60 %を農用地として利用する農業を基幹産業とする純農村地帯であり、主に畑作（馬鈴薯、甜菜、小麦、豆類）と畜産（酪農、肉牛）が主体となっている。酪農では最新のロボット搾乳技術やバイオプラントを導入し、規模拡大と持続可能化を推進、肉牛は飼養頭数が町村単位で全国一位水準にあり、ホルスタイン及び交雑種の肥育は「しほろ牛」ブランドとして有名である。令和 4 年度の士幌町農協の販売高は 45,837 百万円であり、そのうち畜産物は 33,116 百万円となっている。



画像 1. 野口畜産スタッフ一同（左から士幌農協の永谷さん、野口畜産牧場長の野口暁裕さん、マルセン牧場代表の野口迅さん、野口畜産代表の野口俊之さん）



画像 2. 牛舎外観

2. 経営概要

(株) 野口畜産は肉用牛一貫農家であり、代表取締役は野口俊之氏。1,208 頭(2023 年 12 月末)を飼養管理し、黒毛和種肥育牛は 10 頭/月を出荷している。

野口俊之氏は、20 歳の時に実習生として北海道士幌町の牧場に來たのをきっかけに、40 歳の時に独立し、現在の会社を立ち上げた。当時は、ホルスタインや交雑種の育成をメインで行っていたが、10 年前から黒毛和種飼育を開始、8 年前から黒毛和種肥育を開始した。現在は、牧場長である息子の野口暁裕氏とともに、総勢 9 名で管理を行っている。士幌町での黒毛和種飼養農家は 13 件、そのうち黒毛和種肥育を行っているのは 4 件であり、いち早く黒毛和種の分野に参入していることが伺

える。また、野口畜産のほかに、関連農場として野口恭兵牧場（約 300 頭飼育）、（株）マルセン牧場（約 600 頭飼育）があり、3 社合わせて「野口ファームグループ」として肉用牛を管理・生産している。

表 1. 野口畜産の飼養頭数

用途別	肥育、育成		繁殖牛			合計
種類	和牛	交雑種	和牛(採卵)	和牛(移植)	交雑種	
頭数	523 頭	472 頭	30 頭	25 頭	159 頭	1,208 頭

表 2. ひと月における導入頭数

品種	和牛		交雑種	合計
導入別	分娩	購入	購入	
頭数	15 頭	45 頭	70 頭	130 頭

表 3. ひと月における販売頭数

品種	和牛		交雑種	合計
導入別	素牛	肥育	素牛	
頭数	50 頭	10 頭	70 頭	130 頭

3. 肥育期間短縮に取り組んだ経緯、動機

黒毛和種の肥育牛は、全頭ホクレン十勝枝肉市場に出荷している。短期肥育を行うきっかけは、全世界がコロナ感染対策モードになり、嗜好品である和牛肉の枝肉単価も低下し、肥育牛 1 頭あたりの収益も下落してきた状況下に、第 12 回鹿児島全共での 24 ヶ月齢肥育出荷牛が通常月齢肥育と遜色ないレベルの高さであることを知り、「月齢を短縮して経費削減しても良いものが作れるのではないか、自分たちも挑戦してみよう」と思ったことであり、2022 年出荷分から肥育期間短縮に取り組んでいる。

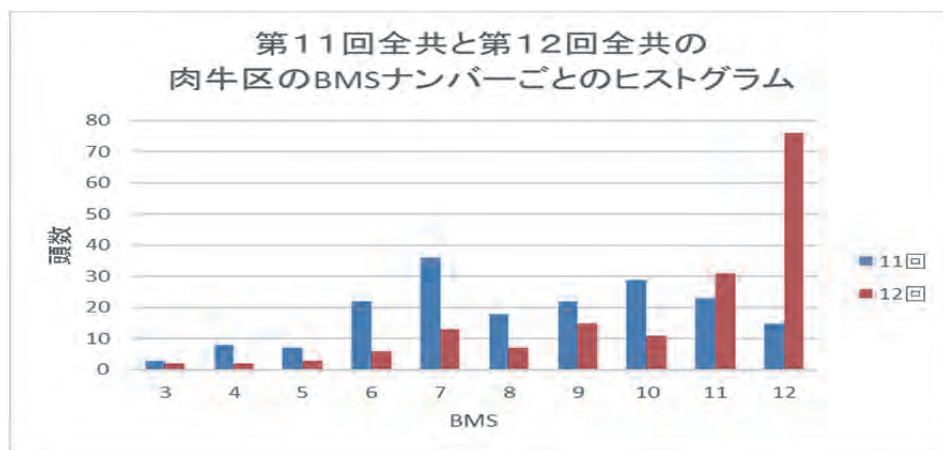


図 1. 第 11 回全共と第 12 回全共の肉牛区の BMS ナンバー分布

4. 肥育期間短縮飼養管理の概要・留意点

野口畜産の黒毛和種肥育牛素牛は、自家産と導入牛の2種類に分けられる。しかし、導入牛も一般的な9ヵ月齢の子牛ではなく、生後約10日齢の初生牛（ヌレ子）を導入しており、肥育牛は子牛育成からの一貫肥育となっている。子牛は全頭人工哺乳であり、ミルクは最大9 L/日（製剤 1,500 g 6倍希釈）哺乳し、強化哺育を行っている。哺乳は3ヵ月半までで、その頃にはスターターを3.0 kg 食べるようになっている。その子牛たちは、その後1区画12頭で群管理され、道産チモシーとTMR（デントコーンサイレージと配合飼料）を主としたメニューで給与し、その後、子牛市場出荷牛と農場内での短期肥育牛に分ける。子牛出荷する牛は、8～9ヵ月齢で300～350 kg に仕上げて、ホクレン十勝家畜市場に出荷している。

野口俊之氏は、「素牛販売が主なので、肥育農家に喜ばれるように、5～8ヵ月齢まで、デントコーンサイレージと配合飼料のTMR（MAX10 kg）で給与している。その期間も道産チモシー3～4 kg をしっかり食べさせて、しっかり腹づくりをしている。」とのことであった。



画像3. 子牛哺乳時のカーフハッチ



画像4. 子牛用TMR

場内の短期肥育牛は、1区画10頭で群管理され、7～11ヵ月齢まで輸入チモシーでしっかり腹づくりを行っており、この腹づくりがポイントとのことである。通常肥育を行っていた時は、この期間、オーツヘイとクレインを給与していたが、やはり輸入チモシーが良いとのこと。12ヵ月齢には、配合飼料8 kg 給与、完全な肥育体系に入ってから、バーレーと配合飼料のみ給与している。バーレーは、大麦ストローで、ウィートストローよりも嗜好性が良いとのこと、通常はワラを給与するが、モノが安定しているので使っており、価格は輸入ワラと同等とのことである。

配合飼料は、最大14 kg まで食べるとのこと、また、通常肥育の時と同じものが給与されている。野口俊之氏は、「肥育牛は、前期の腹づくりで全てが決まる。そこでしっかり腹ができていれば、あとは食べさせるだけ。肥育中後期は、バーレーを日量2 kg 食べさせることを第一に考え、濃厚飼料を増やしていく。」とのことであった。

また、敷料もこまめに交換し、夏場は敷料も乾くので1～2ヵ月に1回の交換だ

が、冬場は2週間に1回のハイペースで交換している。「牛体を冷やすことが牛の発育に絶対にNGなので、牛床は常に清潔にする。牛が汚れるのは嫌いだというのがポリシー。」とのこと。15ヵ月齢で肥育牛全頭の首に行動監視用のセンサーが付けられている。また、肥育牛には、生菌剤（アースジェネター）が添加されており、これで胃の中が安定し、鼓脹症などで起き上がれずに死亡するリスクがほぼなくなり、万が一、そういう事態が起きてもセンサーにより対応できるようになったとのことであった。



画像 5．肥育牛舎の様子



画像 6．肥育粗飼料（バーレー）



画像 7．肥育濃厚飼料



画像 8．肥育牛

表 4．肥育濃厚飼料

区分	期 間	商品名 (全て中部飼料株式会社)	成 分
前期	8～12 ヲ月	きらめき前期	TDN 72.0 以上 粗タンパク 17.0 以上 粗繊維 10.0 以上 穀類 45% そうこう類 34% 植物性油粕類 18%
中期	12～18 ヲ月	きらめき彩	TDN 73.0 以上 粗タンパク 14.0 以上 粗繊維 10.0 以上 穀類 56% そうこう類 32% 植物性油粕類 10%
後期	18～24 ヲ月	きらめき結	TDN 74.0 以上 粗タンパク 13.0 以上 粗繊維 10.0 以上 穀類 64% そうこう類 27% 植物性油粕類 8%

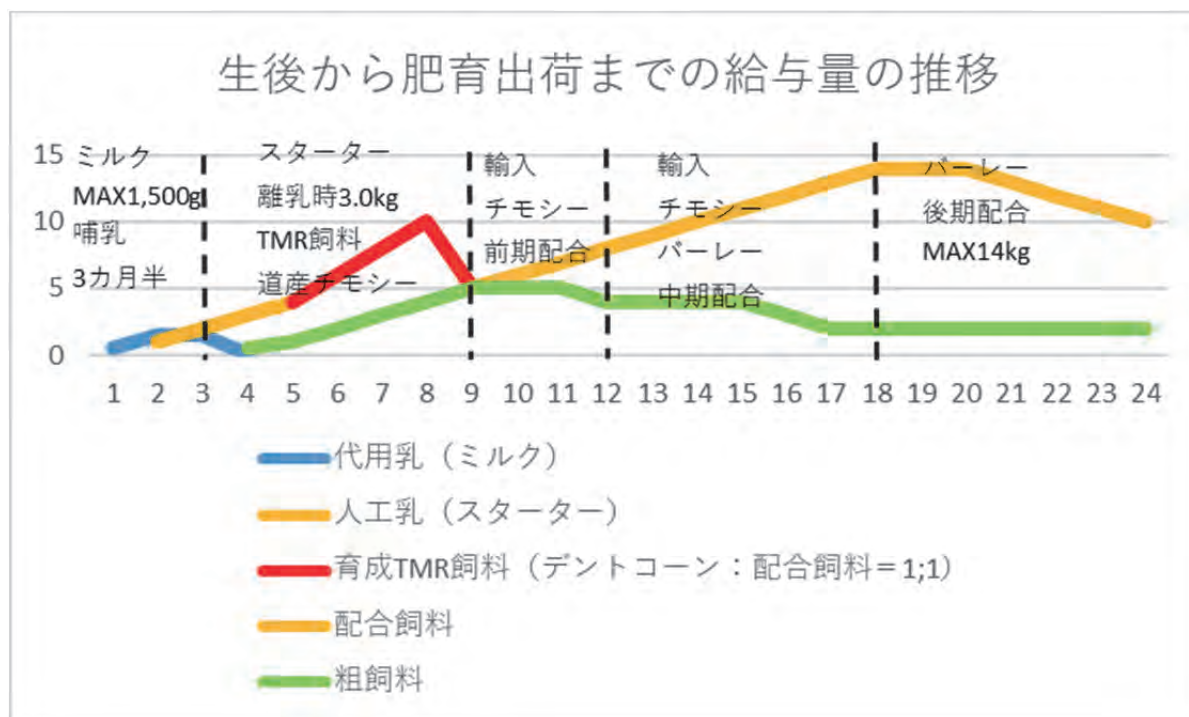


図2．生後から肥育出荷までの給与量の推移

5. 肥育牛成績

現在、初生で購入してくる素牛の血統は、福之姫、北美津久、福之鶴などの全国的に枝肉成績に実績のある血統をメインにしているとのことである。

肥育成績は、通常肥育を行っていた 2021 年度と比較し、去勢の枝肉重量は若干小さくなったが、それ以外の項目は全て上回った成績であり、短期肥育においても通常肥育と遜色ない、あるいはそれ以上の成績を収めている。枝肉写真をみても、通常出荷に見劣りしない作りや枝の張りをしている。オレイン酸については、出荷月齢の影響により、通常出荷より短期肥育の方が若干低くなっているが、固すぎるほどの数値ではなく、肥育素牛の血統を選択すればカバーできると考えられる。

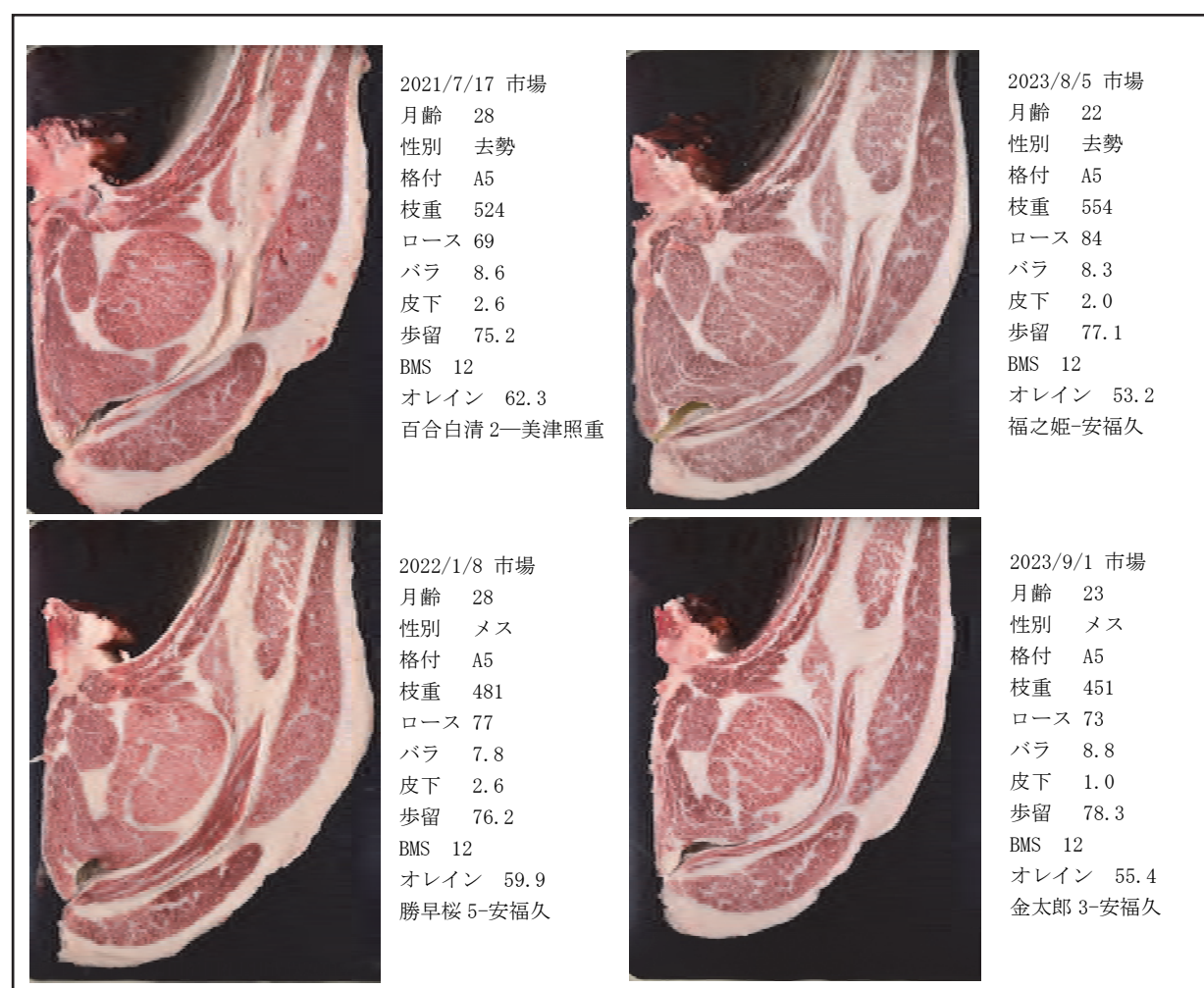
表5．出荷月齢別枝肉成績（令和5年1月～12月）

月齢	～23	24	25	26	27	28	29
頭数	19 頭	72 頭	56 頭	27 頭	3 頭	2 頭	2 頭
平均枝肉重量	504 kg	504 kg	504 kg	497 kg	522 kg	479 kg	417 kg
上物割合	94.7%	95.8%	98.2%	88.9%	66.7%	100%	100%
平均 BMS No.	8.89	8.56	8.70	8.44	9.00	8.50	8.00

※27 ヲ月齢以降の牛については、繁殖不良牛を肥育に仕向けたものの成績であるため、適期に肥育した牛ではない。

表6. 年度別肥育成績

年度別 【去勢】	2021. 4 ～ 2022. 3	2022. 4 ～ 2023. 3	2023. 4 ～ 2023. 12	年度別 【雌】	2021. 4 ～ 2022. 3	2022. 4 ～ 2023. 3	2023. 4 ～ 2023. 12
出荷月齢	27. 9	25. 4	24. 8	出荷月齢	29. 3	24. 9	24. 7
出荷頭数	96 頭	68 頭	104 頭	出荷頭数	67 頭	22 頭	39 頭
体重	853. 9kg	820. 0kg	805. 1kg	体重	775. 0kg	784. 5kg	805. 7kg
枝肉重量	534. 8kg	519. 5kg	505. 6kg	枝肉重量	486. 4kg	493. 2kg	503. 6kg
ロース	68. 5cm ²	71. 1cm ²	69. 3cm ²	ロース	65. 1cm ²	70. 4cm ²	70. 7cm ²
バラ厚	8. 2cm	8. 3cm	8. 2cm	バラ厚	8. 1cm	8. 5cm	10. 2cm
皮下脂肪	2. 4cm	2. 5cm	2. 1cm	皮下脂肪	3. 0cm	2. 7cm	2. 7cm
歩留基準値	75. 0	75. 5	75. 5	歩留基準値	74. 5	75. 6	75. 5
BMS No.	7. 8	8. 9	8. 8	BMS No.	7. 8	8. 9	9. 1
オレイン酸	56. 3	54. 7	52. 2	オレイン酸	58. 9	57. 2	54. 9



画像9. 通常肥育と短期肥育の枝肉写真（左：通常 右：短期）

（出典：帯広畜産大学口田教授提供）

6. 肥育期間短縮の効果

短期肥育用に腹づくりをしっかりすることを念頭に牛づくりを行った結果、濃厚飼料摂取量は、肥育期間が短くなってもその分食べるようになったことから、トータル量は変わらないとのこと。しかし、粗飼料給与量などでは、経費削減の効果はあるとのことである。また、出荷月齢が早くなったため、回転率が1割程度向上し、年間に出荷する頭数が1割増えたのが大きいとのことであった。

ホクレン十勝枝肉市場で評価される枝肉単価は、以前と同等で、月齢が若いから安くとなるということはないとのこと。オレイン酸についても、若干の低下はみられるものの、通常肥育時と大きくはかわっていないようで、従業員で牛肉を買い戻しして食味した結果は、通常肥育の牛肉との違いは全くなく、同じようにおいしかったと話されていた。

表7. 短期肥育による1頭あたりの削減経費

項目	変化したこと	1頭当たりの経費削減
粗飼料	3ヵ月分減	約 65 円/kg × 2kg/日 × 30 日 × 3 ヵ月 = 11,700 円
濃厚飼料	トータル給与量は変わらず (1日当たり給与量増)	0 円
削蹄	2回 → 1回	約 5,000 円
合計		約 16,700 円

7. 苦勞した点

野口俊之氏は、「周辺には短期肥育を行っている農家がないため、相談できる人がいない。手探りで行っている状況であるが、特に苦勞したということはない。ポイントは以下のとおり。」と話されている。

短期肥育の3つのポイント

- 自社農場に合った血統の選択
- 濃厚飼料を食い込める腹づくりの出来た素牛を作ること
- 敷料をきれいに維持し、牛の腹が冷えず・汚れずに、ゆったり反芻できる環境を維持すること

8. 今後の展望

野口畜産では、「今後も短期肥育をぜひ続けたいと考えている。現在、短期肥育での枝肉重量が 504 kg 程度であるが 530 kg を達成するのが今の目標。」とのことである。

子牛の人工哺乳から肥育まで一貫して飼養管理し、牛を野口畜産仕様にデザインできているのが野口畜産の強みであり、今後もすばらしい短期肥育の高みを目指していけると感じた。

(小江 敏明)

第2章 和牛肉の新たな価値観等に係る普及啓発活動について

第2章 和牛肉の新たな価値観等に関する普及啓発活動について

1 第12回全国和牛能力共進会会場で実施した消費者型官能評価

1. 目的

国際情勢や為替等の要因により、飼料価格が高騰しており、和牛生産においては高品質化とコスト低減を両立させた生産技術の確立が急務である。このような情勢に対応した技術の一つに短期肥育や早期出荷があるが、比較的若い月齢で出荷された和牛では、主として流通事業者において品質面での懸念がみられる。短期肥育もしくは早期出荷が経営上のメリットをもたらすには、これら技術で生産された牛枝肉が慣行の月齢で出荷された枝肉と同等程度で購入されることが必要である。比較的若い月齢で出荷された和牛肉に対する品質面での懸念を払拭する一つの方策として、消費者が実際に好ましく感じるかどうか、慣行肥育で生産された和牛肉と比較して遜色ないかを調べるのが有効である。

そこで本調査においては、全国和牛能力共進会に会場した一般消費者を対象とした嗜好調査を行い、若い月齢で出荷された和牛肉が慣行の月齢で出荷された和牛肉と比較してどの程度好まれるか検証した。

2. 材料および方法

サンプルは鹿児島県内で生産された慣行肥育（28～29ヶ月齢）3頭分および短期肥育（25から26ヶ月齢）3頭分の枝肉より採取した胸最長筋を用いた。サンプルの格付成績および理化学分析値は表1に示したとおりである。

表1. 消費者型官能評価に供したサンプルの格付および理化学分析値

試験区	月 齢	格 付	BMS No.	一般成分			物 性	
				水分(%)	粗脂肪含 量(%)	粗たんばく 質含量(%)	加熱損失 (%)	剪断力価 (kgf)
短期肥育区								
	25.7	A5	8	45.2	40.5	14.1	17.1	0.94
	25.4	A5	9	35.5	53.4	10.7	13.1	1.07
	26.0	A5	11	43.6	42.7	13.4	16.1	1.36
慣行肥育区								
	28.5	A4	6	49.4	35.1	14.9	18.9	2.07
	28.7	A5	11	37.4	51.6	11.0	14.2	1.48
	28.6	A4	5	49.3	35.4	14.8	17.2	1.23

サンプルについては出荷月齢以外の要素を排するために可能な限り消費者嗜好に影響を強く及ぼす脂肪交雑、すなわち BMS No. や脂肪含量を揃える必要があるが、本調査においては両区で揃っているとは言えない状況であった。

サンプルは予め食肉流通事業者において 4cm×4cm×5mm に調製し、真空包装したものを用い(写真1)、これらを 180℃にセットしたホットプレートを用いて表裏それぞれ 30 秒間焼成し(写真2)、官能評価に供した。官能評価は短期肥育区と慣行肥育区を比較させる 2 点法で実施した。サンプルは 3 桁の乱数でラベルした容器に収め(写真3)、被験者ごとに左右の位置を変えることで位置効果の解消を図った。

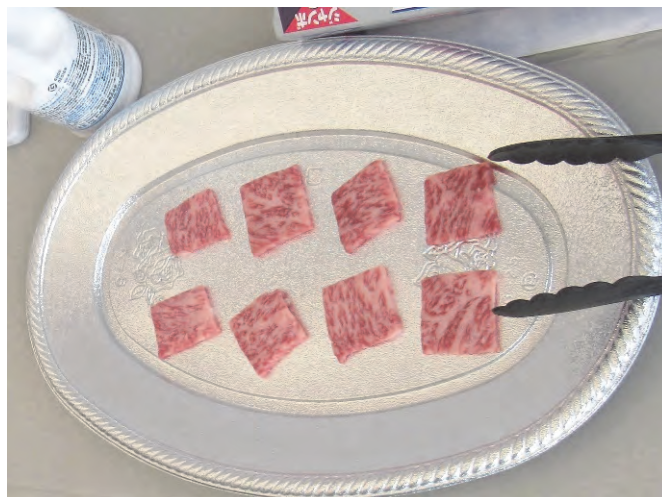


写真1．同一形状に調製したサンプル



写真2．サンプルをホットプレートを用いて同一時間で焼成する様子



写真3. サンプルの素性に関する情報を排し3桁の乱数でサンプルを提供

また、3頭分のサンプルについて組み合わせによる影響を排するため、短期肥育区と慣行肥育区のサンプルの組み合わせを3頭×3頭の9通り設定した。官能評価のセッションについては15セッションを設定し、1セッションあたりの被験者数を16名とした。1セッションのうち被験者を8名ずつ前半と後半に分け、上記で設定したサンプルの組み合わせを割り付けた。すなわち、1つのセッションにおいて前半8名は全て同じ組み合わせ、後半8名は全て同じ組み合わせで評価しているが、9通りの組み合わせが15セッションの前後半、つごう30回のサンプル提供において均等に出現させることで、肥育月齢以外の要因の影響を可能な限り低減させることを目指した。

被験者としては、全国和牛能力共進会への来場者のうち中学生以上で、国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構の規程に基づき事前に説明を行い、同意を得た者のみを対象とした（国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構人対象倫理審査委員会 令和4年9月7日承認、No. 22-015）。

被験者はお互いに相談等ができないようパーティションを用いて隔離したテーブル上で行い（写真4）、1セッション16名が揃ったところで評価を開始するオンライン方式で実施した。



写真4．被験者がお互いに相談等をしないようパーティションで囲った机上で評価を実施。

設問は2種のサンプルについて「やわらかさ」「ジューシーさ」「味や匂いの強さ」「ぱさつきや線維感の強さ」について強い方を選択させるとともに、「味や匂い」「食感」「全体」についてより好ましい方を選択させた。被験者にはペットボトル入りの純水を配付し、回答用紙を図1に示した。

牛肉の嗜好調査 回答用紙 回答者番号：〇〇〇〇																																	
ご回答にあたっての注意点 1. 試食の順序は自由に決めていただいてもかまいません。 2. 全ての設問に必ずご回答ください。 3. とおりの方の回答などを見ないようにしてください。また、お一人ずつ異なるサンプルをお出ししていますので、とおりの方の回答をご覧になっても意味はありません。 4. 「ご自身の感覚、好み」にしたがってご回答ください。 高級な肉をあてるクイズではありませんので、あくまでご自身のご判断でご回答ください。 5. 口直しには配布してある水をご利用ください。調査中は持ち込まれた飲料などは口になさらないでください。 Q1. 提供した2種類のサンプルを食べ比べて、以下の設問にご回答ください。 当てはまる方のサンプル番号を○で囲んでください。 <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 60%;">設 問</th> <th colspan="2" style="width: 40%;">回答欄</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><u>やわらかい</u>のはどちらですか？</td> <td style="width: 20%;">374</td> <td style="width: 20%;">563</td> </tr> <tr> <td><u>ジューシー</u>なのはどちらですか？</td> <td>374</td> <td>563</td> </tr> <tr> <td>味や匂いが<u>強い</u>のはどちらですか？</td> <td>374</td> <td>563</td> </tr> <tr> <td>ぱさつきや線維感が<u>強い</u>のはどちらですか？</td> <td>374</td> <td>563</td> </tr> <tr> <td>味や匂いが<u>好ましい</u>のはどちらですか？</td> <td>374</td> <td>563</td> </tr> <tr> <td>食感が<u>好ましい</u>のはどちらですか？</td> <td>374</td> <td>563</td> </tr> <tr> <td>全体的に<u>好ましい</u>のはどちらですか？</td> <td>374</td> <td>563</td> </tr> </tbody> </table> Q2. プロフィールについて、あてはまるものを○で囲んでください。 <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr> <td style="width: 25%;">年齢層</td> <td>20歳未満・20代・30代・40代・50代・60代・70歳以上</td> </tr> <tr> <td>性別</td> <td>女性 ・ 男性 ・ （ ）</td> </tr> <tr> <td>牛肉を 食べる頻度</td> <td>ほぼ毎日・週に数度・週に一度・月に一度・年に数度・年に一度・ 数年に一度未満</td> </tr> <tr> <td>和牛を 食べる頻度</td> <td>ほぼ毎日・週に数度・週に一度・月に一度・年に数度・年に一度・ 数年に一度未満</td> </tr> </tbody> </table> 2022 年 10 月 8 日 実施：一般社団法人全国肉用牛振興基金協会		設 問	回答欄		<u>やわらかい</u> のはどちらですか？	374	563	<u>ジューシー</u> なのはどちらですか？	374	563	味や匂いが <u>強い</u> のはどちらですか？	374	563	ぱさつきや線維感が <u>強い</u> のはどちらですか？	374	563	味や匂いが <u>好ましい</u> のはどちらですか？	374	563	食感が <u>好ましい</u> のはどちらですか？	374	563	全体的に <u>好ましい</u> のはどちらですか？	374	563	年齢層	20歳未満・20代・30代・40代・50代・60代・70歳以上	性別	女性 ・ 男性 ・ （ ）	牛肉を 食べる頻度	ほぼ毎日・週に数度・週に一度・月に一度・年に数度・年に一度・ 数年に一度未満	和牛を 食べる頻度	ほぼ毎日・週に数度・週に一度・月に一度・年に数度・年に一度・ 数年に一度未満
設 問	回答欄																																
<u>やわらかい</u> のはどちらですか？	374	563																															
<u>ジューシー</u> なのはどちらですか？	374	563																															
味や匂いが <u>強い</u> のはどちらですか？	374	563																															
ぱさつきや線維感が <u>強い</u> のはどちらですか？	374	563																															
味や匂いが <u>好ましい</u> のはどちらですか？	374	563																															
食感が <u>好ましい</u> のはどちらですか？	374	563																															
全体的に <u>好ましい</u> のはどちらですか？	374	563																															
年齢層	20歳未満・20代・30代・40代・50代・60代・70歳以上																																
性別	女性 ・ 男性 ・ （ ）																																
牛肉を 食べる頻度	ほぼ毎日・週に数度・週に一度・月に一度・年に数度・年に一度・ 数年に一度未満																																
和牛を 食べる頻度	ほぼ毎日・週に数度・週に一度・月に一度・年に数度・年に一度・ 数年に一度未満																																

図1. 当日用いた回答用紙

データは各評価項目について一般化線形混合モデル分析に供した。すなわち、各設問において、各サンプルを選択した＝1、選択しない＝0とした回答データを目的変数、サンプルの月齢（短期肥育区もしくは慣行肥育区）、サンプル提示位置（2点法において右もしくは左）を説明変数とし、被験者をランダム効果とした。解析には統計パッケージRのlmerTestライブラリに含まれるglmer関数を用い、確率分布は二項分布、リンク関数はロジットとした。線形結合の最小二乗平均値はRのemmeansライブラリに含まれるemmeans関数により求め、差の検定はmultcompライブラリに含まれるpwp関数を用いた。

3. 結果および考察

当日の最終的な被験者数を表2に示した。被験者は合計208名であり、性別および年齢層に大きな偏り無く被験者を集められたと考えられた。なお、回答者のうち1名は年齢層及び性別について無回答であった。

表2. 被験者の性別と年齢層

	女性	男性	合計
10代	4	8	12
20代	13	12	25
30代	12	15	27
40代	20	25	45
50代	19	19	38
60代	12	20	32
70代以上	12	16	28
合計	92	115	207
無回答		1	208

数値は人数（単位：人）

回答結果に及ぼすサンプル提示位置と試験区の影響に関する一般化線形混合モデル分析の結果を表3に示した。「やわらかさ」「ジューシーさ」「ぱさつきや線維感」「食感の好ましさ」「全体的な好ましさ」については試験区の違い、すなわち出荷月齢の違いが統計的に有意($P < 0.05$)な影響を及ぼしていた。また、「風味の強さ」についてはサンプルの提示位置が統計的に有意($P < 0.01$)な影響を及ぼしており、いわゆる「位置効果」「順位効果」が見られたと考えられ、二点法の評価であっても被験者ごとに提示位置を変化させて交絡因子を除外することが有益であることが示された。

表 3. サンプル提示位置と試験区が回答に及ぼす影響

	サンプル位置	試験区
やわらかさ	ns	***
ジューシーさ	ns	***
風味強さ	**	ns
ぱさつき・繊維感	ns	***
風味好み	ns	ns
食感好み	ns	**
全体好み	ns	*

ns, $P>0.05$; *, $P<0.05$; **, $P<0.01$; ***, $P<0.001$

「やわらかさ」「ジューシーさ」「ぱさつきや繊維感」「食感の好ましさ」「全体的な好ましさ」について、短期肥育区および慣行肥育区が選択される確率の最小二乗平均値を図 2 に示した。

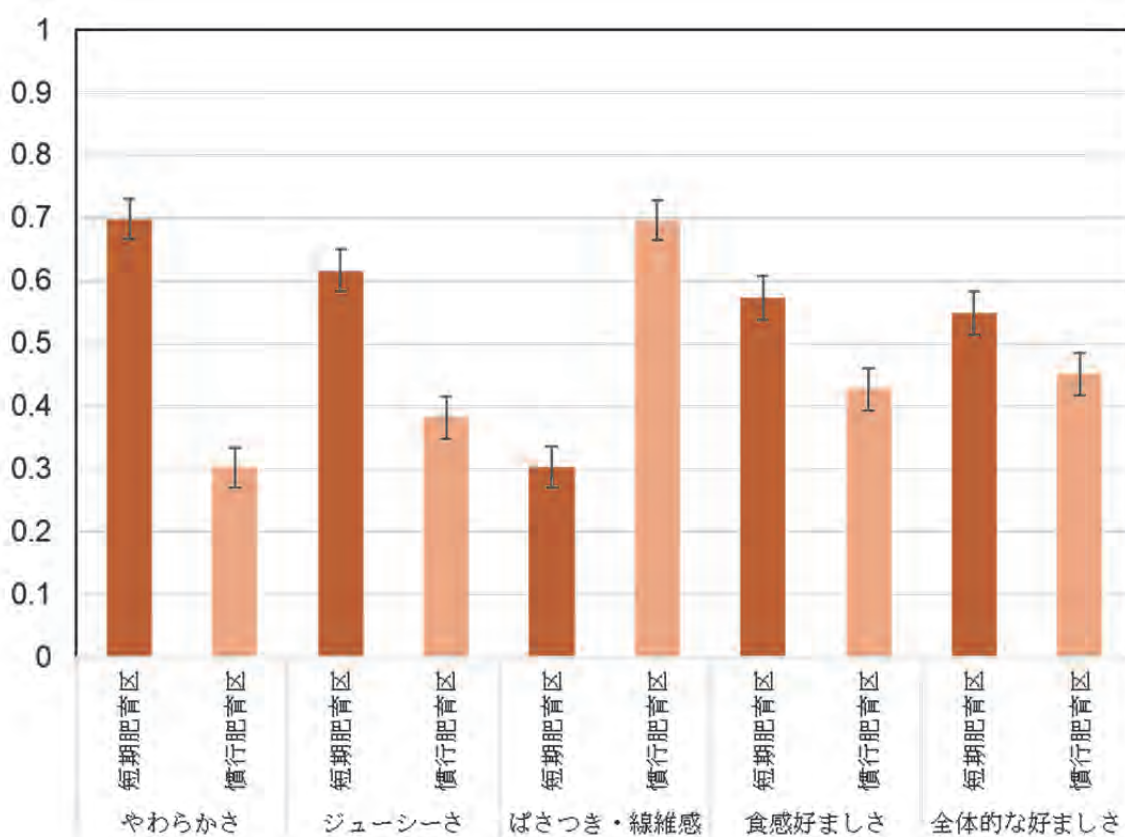


図 2. 各設問において各試験区サンプルが選択される確率

縦軸は確率の値を指す。値は最小二乗平均値±標準誤差。

「やわらかさ」「ジューシーさ」については短期肥育区が慣行肥育区より強いと判定される確率が有意に高い一方で、「ぱさつき・繊維感」については慣行肥育区

の方が強いと判定される確率が高いと判定される確率が高かった。また、「食感の好ましさ」「全体的な好ましさ」については、短期肥育区が慣行肥育区より好ましいと判定される確率が有意に高かった。

これらのことから、本調査で供したサンプルの範囲内においては、短期肥育区が慣行肥育区と比較して「やわらかく、ジューシーで、かつ線維感が低く、食感および全体的に好ましい」と判定されたことがわかった。

一方で、本調査に供したサンプルは表 1 に示したように BMS No. や脂肪含量について短期肥育区の方が高く、またその反映として加熱損失や剪断力価が低かった。このことから、本調査において被験者が「短期肥育区の方がやわらかく、ジューシーで、線維感が低く、食感が好ましい」と判定したことに対しては、サンプリングの事情で生じた脂肪交雑の違いが交絡因子として影響を及ぼした可能性が強く考えられる。予備的に BMS No. や脂肪含量を説明変数に含めたモデルで解析を行った結果、BMS No. や脂肪含量は評価結果に対して統計的に有意 ($P < 0.05$) な影響を及ぼしており（データ示さず）、脂肪含量の違いは本調査結果に影響を及ぼしていたと考えて良い。このため、本結果をもって「短期肥育によって生産された和牛には慣行肥育よりも好まれる」と結論づけることは早計であり、BMS No. や脂肪含量などを揃えたサンプルでの同様の調査を行う必要がある。

2 第12回全国和牛能力共進会会場で実施した嗜好調査の実施概要

全国和牛能力共進会鹿児島大会会場において、来場者（一般消費者等）を対象として、肥育期間短縮牛（26ヵ月齢）と慣行肥育牛（29ヵ月齢）の2種類の和牛肉の嗜好調査を実施した。

1. 実施場所

鹿児島県霧島市牧園町 霧島高原休養地

第12回全共「種牛の部」開催会場

2. 実施年月日

令和4年10月8日（土）・9日（日） 2日間

3. 供試牛肉の内容

(1) 品種・性別：黒毛和牛・去勢

(2) 産地：鹿児島県

(3) 使用部位：サーロイン

(4) 区分・規格：

・肥育期間短縮牛（出荷月齢26ヵ月） 3頭

格付・BMS No.：①A5・8、②A5・9、③A5・11

・慣行肥育牛（出荷月齢29ヵ月） 3頭

格付・BMS No.：①A4・5、②A5・11、③A4・6

(5) 処理・保存方法等：

・ブロック肉を真空包装し、14日間冷蔵保存（熟成）

・14日目に試食サイズに成形・スライス後、真空パックにて冷凍保存

・使用前日の朝に冷凍庫から取り出し、冷蔵庫で保管（解凍）

(6) 理化学分析：試食サイズに成形した中から全体に満遍なく抽出した1頭当たり20枚を確保。分析機関にて理化学分析を実施。

4. 実施概要

(1) 1日目（10月8日（土））

ア 実施方法

・肥育期間短縮牛と慣行肥育牛の2種類の牛肉を食べ比べて、「ご自身の感覚、好み」にしたがってどちらかを選択してもらう消費者型官能評価を実施。

イ 供試牛肉の形状・調理方法

・胸最長筋以外の筋肉、皮下脂肪、筋間脂肪、スジが混入しないようにして、縦・横4 cm、厚さ5 mmにカットした肉を使用。

・180℃に加熱したホットプレートで表・裏30秒ずつ加熱した焼肉を味付けなしで提供。

ウ 牛肉提供数：208食（1食につき2枚の牛肉を提供）

エ 集計数：207名（1名分除外）



写真1. 供試牛肉の調理

写真2. 調理済みの供試

写真3. 官能評価の実施

牛肉のセット

(2) 2日目（10月9日（日））

ア 実施方法

- ・肥育期間短縮牛と慣行肥育牛のうち、いずれか1種類の牛肉を食べて、「あなたが食べて感じた感想」を回答してもらう嗜好調査を実施。（別紙調査票を参照）

イ 供試牛肉の形状・調理方法

- ・1日目の供試用牛肉をカットした残りのブロック肉から約20 gにスライスした肉を使用。
- ・ホットプレートで加熱した焼肉をポン酢で味付け（スプレーで1回噴霧）し提供。

ウ 牛肉提供数：805食（1食につき1枚の牛肉を提供）

エ 集計数：805名

表1. 回答者の性別と年齢層（単位：人）

年代	女性	男性	性別無回答	合計
10代	23	18	0	41
20代	46	51	1	98
30代	93	79	0	172
40代	80	58	0	138
50代	76	69	1	146
60代以上	102	96	3	201
年代無回答	1	1	7	9
合計	421	372	12	805

牛肉の嗜好調査回答用紙

牛肉を焼肉で提供しますので、下記の設問にご回答下さい。

○提供牛肉の内容：鹿児島県産黒毛和牛

○性別：・男性・女性・（ ）
 ○年齢：・10代・20代・30代・40代・50代・60代以上
 ○区分：・社会人・主婦・学生・畜産関係者・その他【 】
 ○牛肉を食べる頻度：
 ほぼ毎日・週に数度・週に一度・月に一度・年に数度・年に一度程度

Q1 以下の項目について、「あなたが食べて感じた感想」を回答して下さい。なお、「最もちょうど良く、優れている」と感じた場合は、中間値の「ちょうど良い」に○して下さい。

	←もの足りない		ちょうどよい			強すぎる→	
	- 3	- 2	- 1	± 0	+ 1	+ 2	+ 3
脂っぽさ							
牛肉らしい風味							
「ちょっといい牛肉として食べたい」時のものとして							

Q2 この牛肉に当てはまる特性を以下からいくつでも選んで○印を付けて下さい。

回答	項目	回答	項目	回答	項目
	口溶けがよい		ジューシー		風味が口に残る
	肉らしい味		甘い風味		苦い風味
	すっぱい風味		うま味		やわらかい
	かたい		弾力がある		ざらつく
	なめらか		すじっぽい		ばさつく
	飲み込みやすい				

本日試食した牛肉(和牛)について、又はこのような嗜好調査についてご意見・ご感想等があればお聞かせ下さい。

2022年10月9日

—ご協力ありがとうございました。—

実施：一般社団法人全国肉用牛振興基金協会

図1. 嗜好調査（2日目）に用いた回答用紙



写真4. 嗜好調査で提供した調理済みの牛肉



写真5. 嗜好調査の実施

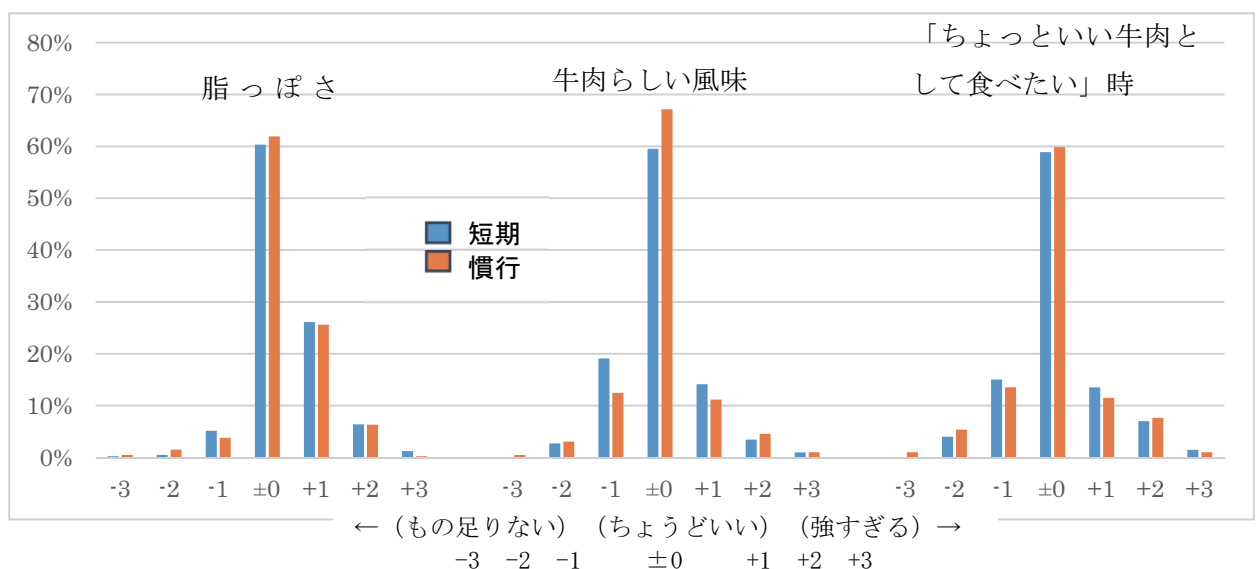


図2. 牛肉区分（短期・慣行）別、評価項目別の「食べた感想」の選択割合

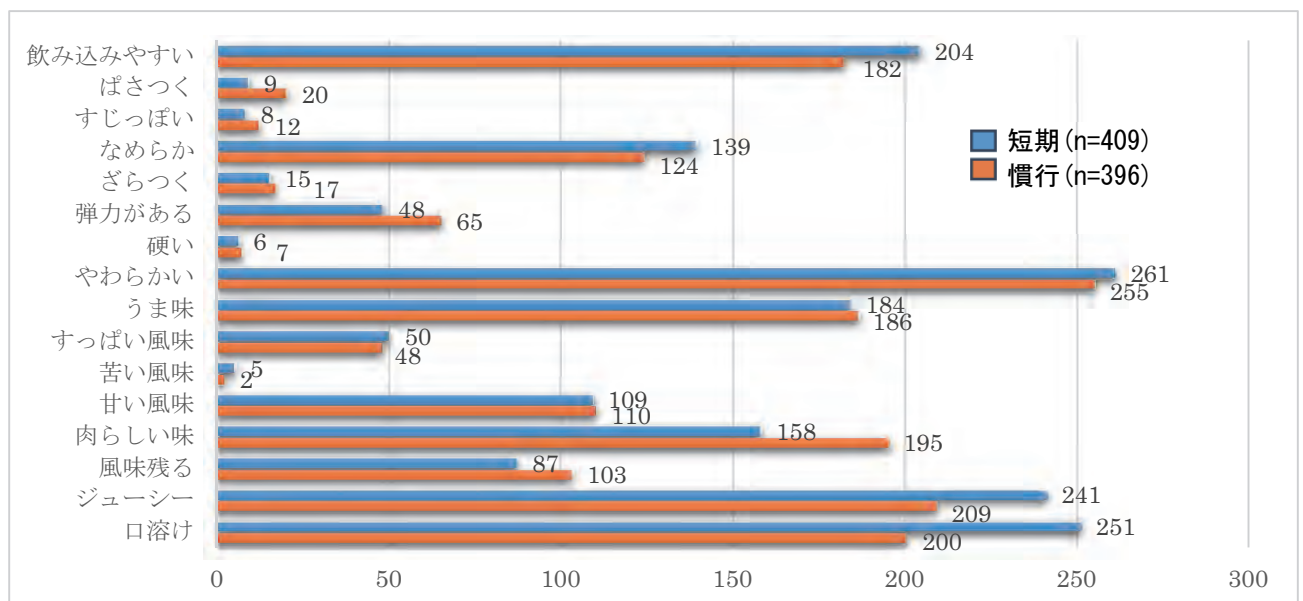


図3. 牛肉区分（短期・慣行）別牛肉特性用語の選択状況

※図2、図3は、「図1. 嗜好調査（2日目）に用いた回答用紙」の回答結果を単純集計

3 和牛肉の新価値観に関するシンポジウムの開催概要

和牛肉の新価値観構築事業の取組内容や成果等について、畜産関係者へ広く情報発信するため、公益社団法人全国和牛登録協会との共催により、「新たな和牛肉の価値観の定着に向けて」をテーマにシンポジウムを開催した。

1. 開催日時

令和6年2月9日（金）9時～12時15分

2. 開催場所

全国和牛登録協会 2階ホール

3. シンポジウム参加者（申込者）

143人（都道府県、試験研究機関、都道府県団体、JA等）

4. 開催内容等

（1）テーマ

「新たな和牛肉の価値観の定着に向けて」

（2）講演

ア 網羅的情報を活用した新たな和牛肉の価値観の改良について

公益社団法人全国和牛登録協会情報解析課

課長 西 和隆

イ 岡山県における食味性の改良について

岡山県農林水産総合センター畜産研究所

改良技術研究室 専門研究員 小林 宙

ウ 味認識装置分析に基づく牛肉のおいしさ評価の試み

十文字学園女子大学人間生活学部食品開発学科

教授 小林 三智子



第3章 特別寄稿

第12回全国和牛能力共進会鹿児島大会の成果と今後の課題について

公益社団法人全国和牛登録協会
専務理事 穴田 勝人

第3章 特別寄稿

第12回全国和牛能力共進会鹿児島大会の成果と今後の課題について

1. 鹿児島大会について

令和4年10月6～10日、第12回全国和牛能力共進会（以下「全共」という）鹿児島大会が、種牛会場は霧島市牧園町、肉牛会場は南九州市知覧町の2会場において、多数のご来賓並びに多くの関係者をお迎えし、成功裏に開催されました（表1）。今回の鹿児島大会は、開催直前まで新型コロナウイルス感染症拡大の影響が懸念され、各種感染症対策がとられた中での開催であったにも関わらず、いざ始まってみるとさわやかな秋晴れの天候にも恵まれ、延べ約31万人と多くの来場者を迎えることができました。コロナ禍における各種制限がかかる生活が長く続きましたが、改めて人も牛も一堂に会することができる有り難さ、そしてその喜びについても再認識した大会となりました。そして何より、今大会から新設された特別区（高校および農業大学校の部）の出品では、全国から全24校の学生達がこの霧島市の種牛会場に集結し、精一杯の取り組み発表と出品牛への熱い想いで、会場全体が活気と熱気にあふれました。また、出品者全体の中では、後継者を含む若い世代の方々も今まで以上に多く見られ、担い手にとっても和牛は魅力ある家畜に成長しつつあることを発信できた記念すべき大会になりました。

表1 第12回全共鹿児島大会の概要

開催テーマ	和牛新時代 地域かがやく和牛力
主 催	公益社団法人全国和牛登録協会
運営団体	第12回全共鹿児島県実行委員会
参 加	全国41道府県
会 期	令和3年6月25日～令和4年10月10日
最終比較審査	
会 期	令和4年10月6日～令和4年10月10日
会 場	種牛の部 鹿児島県霧島市牧園町
	肉牛の部 鹿児島県南九州市知覧町 （株）JA食肉がこしま南薩工場
出品頭数	種牛248頭、肉牛166頭、特別区24頭、合計438頭

2. 全共の特徴と開催テーマ

和牛のオリンピックとも言われるこの全共に、なぜ、これだけ多くの人が引き付けられるのでしょうか。関係者にとっては、5年に一度、全国各道府県から選抜かれた出品牛をじかに見ることができる唯一の機会であり、日頃自分の飼っている牛と比較したり、あるいは県外の素晴らしい牛を見比べたりと牛の見方はそれぞれですが、どの牛にも魅力があり、それらを五感で感じることができるという素晴ら

しがあります。

本来の全共の特徴は、能力共進会と言われている点にあり、日々の和牛登録事業を通じそれぞれの時代の要求に応じた形で和牛改良を進めていくため、改良上の狙いを出品区の設定に盛り込んでいます。そのため、本共進会に取り組むことによって、将来につながる優秀な素材を生産および発掘し、これを出品展示することによってその成果を確認し、全共開催後も改良を引き継いでいくことが大きな特徴の1つです。そこで全共は、開催の都度、開催の狙いに基づくテーマを掲げています。第12回全共鹿児島大会では、「和牛新時代 地域かがやく和牛力」というテーマで取り組んできました。つまり新しい時代に相応しい和牛の新たな価値観の構築につながる全共にしたいという狙いがありました。特に昨今の和牛の産肉能力の改良は目覚ましく進展し、歩留に代表される肉量と脂肪交雑に代表される肉質については、遺伝的能力と肥育技術の向上により、非常に高いレベルに到達しました。今後は和牛生産、牛肉の流通、消費の動向を見据えて、効率的な牛肉生産に加え、食味の向上に重点を置いた遺伝的改良と飼養管理技術の研さんが求められています。また、現在、和牛は一部の産肉能力に優れた種雄牛（血統）に偏りはじめ、全国同様な血統構成の集団になりつつあることが懸念されています。和牛集団にとって、産肉能力の改良が進むことはもちろん良いことなのですが、種雄牛の供用に偏りが見られると、遺伝的多様性が減少し、将来の新たな改良目標に適応できなくなることが心配されます。従って、地域の優良遺伝子を活用した育種改良による「地域の特色ある牛づくり」の推進が求められています。和牛は大切な知的財産であり、それら地域固有の優良遺伝子を活用した取り組みの成果として「地域かがやく」ことを期待した大会となっています。これらの「新時代」に込められた狙いと「地域かがやく」という地域の魅力が、これからの時代の担い手に対し、和牛を生産・飼育することへの誇りとなり、これからもさらに和牛を大きく発展させていくエネルギー源としての「和牛力」につながることを願っています。

3. 鹿児島大会の結果概要

鹿児島大会は第1区から特別区まで9つの出品区がありました（表2）。そして、今大会は新しく特別区として高校および農業大学校の部が設定されました。次の通り概要をまとめます。

表2 鹿児島大会の出品区一覧			
出品区		出品区のねらい	
種牛の部	第1区	若雄	和牛集団の遺伝的多様性の維持・拡大と、地域における特色ある系統の再構築と造成を目指し、将来にわたって系統の特色ある遺伝子を保留・固定していくための種雄牛候補の造成を目的とした区
	第2区	若雌の1	改良組合活動の活性化による増頭意欲の向上とともに、全共参加者の拡大を促すことを狙いとした区
	第3区	若雌の2	
	第4区	繁殖雌牛群	地域の特色ある雌牛集団づくりの実現と、育種組合及び改良組合活動による改良成果の確認と技術向上を目的とした区
	第5区	高等登録群	母－娘－孫娘に亘る改良の成果の確認と、優良雌牛系統の地域への保留推進と拡大を狙いとした区
	第6区	総合評価群	種牛能力と産肉能力を総合評価する区で、地域の改良の中核を担う種雄牛の産子を実証展示し、各地域の改良成果を確認することを狙いとした区
肉牛の部	第7区	脂肪の質評価群	脂肪の質の育種価評価体制の構築により、脂肪の質の改良につなげることを目的とした区
	第8区	去勢肥育牛	効率的でかつ美味しい和牛肉牛産を目指し、改良された和牛の能力と肥育技術により、和牛の魅力を最大限に引き出すことを目的とした区
	特別区	高校及び農業大学校	農業教育とその学習活動を通じた和牛への理解醸成と担い手の育成を目的とした区

(1) 特別区（高校および農業大学校の部）

特別区には全国から24校の出品がありました。この区の出品条件は、各道府県の改良方針に基づき出品校で生産・飼育したものを原則とし、自道府県内の学校間の連携によって生産したものも認められています。しかし、多くの学校では頭数がかかなり限られた出品候補牛の中からの出品となるため、出品牛との巡り合わせも非常に重要な要素となってきます。さらに、その出品候補牛を共進会場でお披露目するまでの長期間にわたり、毎日気持ちを込めて育成する馴致(じゅんち)作業は、それぞれに貴重な経験になったものと思います。また、審査会場における出品牛の展示と取り組み発表を通して、日頃の飼育管理における創意工夫や、和牛生産に対する熱い思いが多く関係者に伝わりました。出品牛の序列と取り組み発表の評価順位をそれぞれ勘案した結果、優等賞1席には鹿児島県立曾於(そお)高等学校、優等賞2席には宮崎県立小林秀峰高等学校が選ばれました。それぞれの出品牛の素晴らしさはもちろんのことですが、特に取り組み発表において、曾於高等学校では学校内の肉用牛班全員が和牛生産地帯である曾於地区の一員として頑張っていることや、曾於の雌系「まつ系」から造成された「華忠良」を使って取り組んだことが特徴的でした。また、小林秀峰高校では自校内で平均分娩間隔357日という高いレベルの母牛群を構成し、地元西諸県(にしもろかた)郡生産の種雄牛の利用を中心に改良を進めていることが素晴らしい点でした。

(2) 肉牛の部

5年前の前回大会肉牛の部全体(183頭)と比較して、枝肉重量はやや小さくなったものの、ロース芯面積は3.5平方センチメートル大きくなり、その他歩留面についてはほとんど差がありませんでした。一方で脂肪交雑については、前回大会肉牛の部全体の平均BMSNo. 8.3に対して、今大会は肉牛の部出品牛166頭の平均BMSNo. 10.3となり、さらに成績が向上しました。同時に、ロース芯内の粗脂肪含量についても前回大会45.0%に対して、今大会は50.2%と増加しました。また、オレイン酸などのおいしさに関連する一価不飽和脂肪酸(MUFA)予測値において、平均値は前回大会の54.4%に対して、今大会は56.4%と成績が向上した一方、ばらつきは40.8~67.4%と非常に大きく、新しい価値観の構築に向けての今後の課題と考えられます。そのような中で第7区「脂肪の質評価群」の優等賞1席は、宮崎県の種雄牛「第5安栄」の産子3頭1群のセットでした。特に3頭ともにBMSNo. 11以上、平均BMSNo. 11.3、また、MUFAも3頭ともに62%以上、平均MUFA63.4%と特筆すべき優れた能力で、肉牛の部の名誉賞と、特別賞として脂肪の質の斉一賞も受賞した素晴らしい枝肉でした。

全共では効率的な牛肉生産を目指すため、出荷月齢が24ヵ月齢未満とされています。このような条件下においても、和牛は高品質の牛肉を生産できる素晴らしい産肉能力を備えていることを示すことができた点は、肉牛の部のもう一つの成果です。また、前回大会から今大会に向けてのMUFAの成績向上を見ると、育種目標を明確に設定し、血統情報など正しい記録が収集できれば、必ずその目標は達成できるという一つのモデルケースともいえます。一般的には、出荷月齢24ヵ月で和牛は仕上がらないという意見もありますが、和牛の産肉能力が飛躍的に向上し、早熟早肥の改良が格段に進み、MUFAの値も改良が進んでいる昨今において、これらの特筆すべき長所を、どのように経営に生かしていくことができるのか、特に、出荷月齢の短縮は今後の検討課題です。

(3) 種牛の部

肉用種の特徴を堅持しつつ、種牛性(飼い易さ、健全性、繁殖性など種牛としての良さ)のいっそうの改良と地域の特徴ある牛づくりがテーマとなっています。従来から全共ごとに和牛の発育・体積は大きくなる傾向が認められてきましたが、前回大会から今大会まで和牛のサイズが大きく変化したということはありませんでした。一方で種牛性においては、全体的に輪郭鮮明で品位に富むものが多く、総じて前回大会よりも種牛性に優れていました。また、種牛の部においては、出品区によって少し条件が異なっており、特に第4区「繁殖雌牛群」については、3代以上自道県内産となっており、地域の特徴が表れた出品となりました。第4区「繁殖雌牛群」の優等賞1席は、鹿児島県の始良(あいら)和牛育種組合からの出品でしたが、この群は肉用種の特徴を堅持しつつも種牛性に優れ、輪郭鮮明で、体緊り、骨緊りともに良く、体上線は平直で、肩付よろしく、肢勢正しく、雌牛

らしい品位においては抜群でした。従って、種牛の部の名誉賞と特別賞として品位賞も受賞しました。なお、品位に優れた繁殖雌牛は、繁殖能力に優れており、出品牛個々の平均分娩間隔は、344 日（3 産）、342 日（3 産）、385 日（3 産）で、3 頭の平均は 357 日となっており、一年一産を達成している素晴らしい能力でした。和牛の産肉能力の改良を重視してきた昨今ですが、今後は一定レベル以上の産肉能力を備えた牛群の中で、繁殖能力に優れ、地域の特色を備えた母集団の構成が求められており、よりいっそう種牛能力の改良を推進していただきたいところです。

4. 次回開催に向けて

今大会の一つのテーマであった新たな和牛の価値観の構築については、とくに、肉牛の部においては、一歩前進した脂肪交雑の記録を残すことができ、産肉能力改良成果を実感するとともに、新しい時代に向けた改良上の課題、つまり脂肪の質の改良の必要性を関係者間で共有できました。和牛における産肉能力の改良において、肉量、肉質を堅持しながら、脂肪の量から質への転換の必要性が家畜改良増殖目標にも触れられており、今後はその実効性を高めていくためにも、新たな育種目標を明確に掲げ、和牛全体で改良への取り組みを継続していくことが、いっそう重要となります。そのためには、本事業における和牛肉の新たな客観的評価手法及び価値観の構築にむけ、その取り組み成果を消費者まで届け、多様な消費者ニーズに応えつつも、和牛肉の適正な価格形成につながる仕組みを関係者全体で構築していく必要があると考えています。

次に種牛の部では、肉用種の特徴を堅持しつつ、種牛性のいっそうの改良と地域の特色ある牛づくりが開催テーマにありました。出品牛は、地域間でばらつきも見られましたが、全体としては、輪郭鮮明で、品位に富み種牛性に優れ、地域の血統（系統）を活用した取り組みの成果が確認できました。特に優等賞上位クラスにおいては、それぞれの産地の特色が確認でき、地域の系統を意識した種雄牛の活用と造成の継続がさらに重要になってくることが分かりました。新たな改良目標の設定と同時に地域における牛づくりが見直されることが期待されます。

いまだ不安定な世界情勢が続く、生産資材の高騰などが喫緊の課題となっています。国内での食料や飼料自給率の向上と同時に、生産性を高めるための和牛改良が急がれます。具体的には、飼料利用性や子牛生産性を向上させ、脂肪の質の能力を高め、おいしい牛肉の安定的な生産につなげていく。その中で、地域の特色を求めつつ、地域の和牛をどのように改良していくべきなのかを考えていくことが重要です。今回の全共出品を通じ、また新たな育種目標に向かって改良を進めていくことが必要です。その新たな育種目標がすなわち次回北海道大会の開催テーマ「魅力発信 新しい力でつなぐ 和牛に未来」につながることを思います。令和 9 年度の次回北海道大会に向けて、和牛の魅力のさらなる発信とともに、生産性を高める和牛改良がいっそう進むことを願っています。

あ　と　が　き

公益社団法人全国和牛登録協会
会長 向井 文雄

あとがき

本報告書は、令和3年度から5年度にかけて実施された「和牛肉の新価値観構築事業」に関わる調査、分析から得られた成果ならびに今後解決すべき課題について取りまとめたものである。

本事業の主題である「和牛肉の新価値観」とは？なにを意図しているのか疑問に思われるかもしれない。長らく、脂肪交雑が和牛の最も重要な経済的価値として重視されており、生産現場では「市場性」を高めるために脂肪交雑の改良のための選抜・交配、肥育管理技術の改善を目指した生産体系が組み立てられている。その結果、枝肉市場での特定種雄牛の評価が子牛市場の取引価格に波及し、繁殖農家は子牛市場で高く評価される、いわゆる「市場性」が高いと称される特定種雄牛の子牛を9～10ヵ月齢300kg程度にまで育成し、肥育農家はそれらを30ヵ月齢近くまで長期間にわたり肥育を行うことが生産性の課題がありながらも慣行となっているようである。その結果、懸念すべき現象として留意しなければならないのは、特定種雄牛への供用の集中が、和牛集団の改良の源泉である遺伝的多様性を減少させ、近交係数が9%を超え、昭和35年頃には1720頭程度であった集団の遺伝的有効なサイズが高々30頭程度にまで縮小している現実である。世界の牛品種の有効サイズはホルスタインのような主要品種からアルプスの谷間で飼われているハーフリンガーのような地方種でも80～100頭前後であり、和牛集団はわずか1/3程度にとどまっている。このように、特定形質に偏重した選抜・交配は和牛集団の改良の源泉である遺伝的多様性の低下をもたらす諸刃の剣でもあることを認識しておかなければならない。さらに、昭和19年に品種として認定されて以来、農用牛から質量兼備の肉用種へと用途変更が行われたが、度重なる改良目標の変更に適応しえた遺伝的多様性を現下の儲けのために喰い潰すことは、近い将来に想定される時代の変化へ柔軟に対処するために決してあってはならない。今一度、和牛は繁殖から肥育まで国内に遺伝資源が限定された閉鎖集団内で生産が完結する稀有な品種であり、そのことが和牛の価値として評価されていることを銘記すべきである。

1頭の肥育牛を仕上げるのにおおよそ枝肉重量の10倍の濃厚飼料が必要になると試算され、550kgの枝肉を生産するのに約5.5トンの濃厚飼料を給与せねばならないが、畜産酪農関連の濃厚飼料自給率は13%に過ぎないのが実態である。とくに、肥育経営ではTDNベースの自給割合は1.3%程度に過ぎず、完全に諸外国の耕地に依存した加工畜産型の生産体系となっている。

近年、世界の食料需給は楽観を許さない情勢にある。地球温暖化による大洪水や干ばつなど世界の穀倉地帯で天候異変が多発し、加えて3年余にわたる新型コロナ・パンデミックによる物流の停滞により飼料や多くの生産資材が高値で推移しており、今

後も厳しい需給状況が緩和される見通しが立たない状況である。さらに、ロシアによるウクライナ侵攻や世界の火薬庫とも言われる中東でのイスラエルとパレスチナを巡る紛争など世界情勢は混迷の度を増しており、資源や食料をめぐる保護主義的な傾向が強まり、燃料だけではなく食料はいまや国の安全保障に関わる重要な物資となりつつある。このような生産環境をとりまく情勢を考慮した持続可能な和牛生産を可能にするためには、どのように繁殖から肥育に至る生産過程全体の効率を高めるかが問われることになる。和牛集団の子牛生産率を高めるために現在の平均分娩間隔 406 日を 1 年 1 産 365 日にどのように短縮するか？ 現在の肥育牛出荷月齢を 29 ヶ月齢から全共の出品条件である 24 ヶ月齢未満とは言わないまでも、せめて 26 ヶ月齢程度に短縮できるような子牛市場出荷月齢やと畜月齢の早期化、肥育期間の短縮など飼料摂取量や無駄な飼料給与を抑えるための生産過程全体を網羅した改良・改善をどのように行うか？が喫緊の課題であることは確かである。

一方、大家畜の改良・改善は長期間にわたるものであり、生産環境の変化や集団の能力水準を把握し目指す方向を明確にしておくことが必要である。

和牛の産肉能力、とりわけ脂肪交雑は平成 3 年の牛肉自由化を契機に一層の改良、斉一化を加速させるために、改正まもない牛枝肉格付データの収集体制の整備などの課題を産地が一体となって解決し、育種価による選抜・交配が全国的に普及するとともに目覚ましい改良成果を上げている。

遺伝的改良の牽引役である種雄牛の選抜手段である現場後代検定の成績の推移からその進捗を覗うことができる。今年 2 月に京都で開催された現場後代検定合同調査会には、全国から検定中の平均年齢 5.3 歳の候補雄牛 14 頭の肥育調査牛 42 頭が出品された。また、この度の調査会では本事業の普及啓発の一環として「新たな和牛肉の価値観の定着に向けて」と題するシンポジウムが開催され、味認識装置（味覚センサー）を用いた美味しさの測定や官能評価についての話題など、和牛肉の美味しさに関わる新たな評価手法が紹介され、今後の活用に期待が寄せられた。

第 10 回長崎全共に先立つ平成 23 年の合同調査会と今回の合同調査会との去勢牛の枝肉成績がどのように推移したかを見ると、と畜月齢は平均 28.0 ヶ月と 28.4 ヶ月齢と半月程月齢がすすんでいるものの大差なく、枝肉重量は 495.2kg から 538.7kg、ロース芯面積は 59.7cm² から 67.0cm²、バラの厚さは 8.0cm から 9.0cm といずれも増加していた。脂肪蓄積に関わる BMS No. は 6.7 から 11.1 にまで向上する一方で、皮下脂肪厚は 2.4cm から 2.3cm と変化は認められなかった。とりわけ BMS No. の範囲が 3～10 であったものが 5～12 に推移し、さらに No. 11 以上の割合が 0% から 80% にまでに増加していた。一方、長崎全共で初めて導入した近赤外光学測定機器による一価不飽和脂肪酸（MUFA）含量は 61.1% から 59.5% とわずかながら低下し、しかも最小 45.6% から最大 65.6% と大きなバラツキがあり、その斉一性を高めることが今後の課題とな

るであろう。枝肉6形質に関しては質量共に改良・改善が進展しており、とくにBMSの高度斉一化は13年間、牛の世代にして1世代余の間に飛躍的な向上を果たしている。これも、平成3年以来、育種価評価を基準にした脂肪交雑改良のための種雄牛造成、すなわちBMS No.の遺伝的能力の優れた雌牛の選抜と基幹種雄牛との計画交配による若雄牛の造成という選抜強度と精度を高めた選抜・交配システムがうまく機能した結果であり、枝肉形質に関しては現状の遺伝的趨勢から推測して今後も着実に向上することは間違いないであろう。

このような産地の繁殖雌牛群や基幹種雄牛の産肉能力の遺伝的産肉能力の上昇を反映して、一般出荷の去勢肥育牛の格付はBMS No.の平均が8.4となり、A5等級が65%にまで増加している。このBMS No.クラスの一般出荷された枝肉のロース芯断面の粗脂肪含量は46.1%、粗タンパク質含量は12%程度であり、さらにNo.10を超えると粗脂肪含量は50%以上となり、粗タンパク質は10%以下にまで減少している。なお、選抜の対象としてこなかったMUFAの遺伝的趨勢には変化が認められず、選抜圧を加えなければ変化は生じないということは自明である。脂肪の量から質という価値観の転換には、これまでの脂肪交雑改良の取り組みを手本に、現在29道府県で実施されているMUFA（あるいはオレイン酸）の育種価評価体制の普及と活用、枝肉市場での表記など情報発信を強化しなければならない。

なお留意すべきは、脂肪交雑の改良は、筋肉内脂肪の蓄積を促すことであり、BMS No.の1ランク上昇はロース芯内の粗脂肪含量を約2.5%増加させ、呈味成分である粗タンパク質や核酸関連物質の割合を減少させることになる。今回の現場後代検定合同調査会での近赤外光学機器による一般理化学成分の測定ではロース芯断面の粗脂肪含量の平均は50.0%を占め、粗蛋白含量は11%にまで減少していた。各種の官能評価で適正と評価されている脂肪含量33%～40%を大きく上回っており、良質のタンパク質を供給する食材としては過度な脂肪含量と言える。事実、高価格の和牛肉は脂肪が多すぎるというコメントを頻繁に聞くようになり、中には脂肪の多い牛肉は食べたくないという意見もあるが、これらも消費者の多様なニーズの一端であることを認識しておかなければならない。和牛肉の理化学性状に関する情報が欠如している現状ではやむを得ないことかもしれないが、BMS No.12を目指すことイコール脂肪含量60%の牛肉生産を目指しているということであり、講習会等でこのことを話すと生産者の方々は一様に驚かれている姿を目にすることが多く、新しい価値観醸成の重要性を再認識させられる。

和牛肉の魅力である美味しさには、脂肪交雑だけではなく、脂肪の質やグルタミン酸、イノシン酸、グリコーゲンなど旨味や香りに関わる理化学成分、脂肪とタンパク質の適正な割合、交雑脂肪の形状等々、実に様々な要素によって決定されていることは多くの専門家の指摘するところであり、脂肪交雑だけで総てが説明されるわけで

はない。とは言え、わが国の枝肉市場での評価は牛枝肉格付に基づく等級が基準となっており、最終消費者にとってはブランドや産地、A5・A4など格付等級以外に和牛肉の特色である美味しさを判断する情報が提示されておらず、販売店で高く販売されている和牛肉、イコール高く格付されたいいわゆる美味しい牛肉として脂肪交雑偏重を反映した市場性構築の要因となっていることは間違いないであろう。嗜好性だけではなく、昨今の諸物価高騰により高級な和牛肉の買い控えもあり、牛肉消費の停滞が和牛経営に大きな影を落としており、合理的に作りたい牛と儲かる牛とのギャップが消費者ニーズとのギャップになっていることも理解しておかなければならない。

牛肉はいまや我が国の安全で優れた輸出農畜産物の基幹品目として重要度を増しており、令和5年の輸出量は数量にして8,858トン、金額にして587億円と10年前の10倍にまで増加している。和牛肉に対する評価は国、地域、年齢、性などにより異なっており、家畜改良センターが実施した外国旅行者へのアンケートではほとんどの旅行者が和牛の多汁性や口どけを好むと答える一方で、北米やEUからの旅行者は半数以上が和牛肉の「甘い香り」と答え、アジア系との違いも報告されている。国の内外で広く消費されるようになれば、必然的に多様化が進むニーズへ対応するためには、これまでは食べなければわからなかった「美味しさ」の数値化をはかり、和牛肉の食味性、嗜好性に関わる諸要素を客観的に評価できる基準を生産から食卓にまで広く普及させることが重要な取り組みと言える。

消費者の多様なニーズへの対応と簡単に言うが、単に赤肉嗜好という表現にとどまらず具体的に和牛肉の美味しさ、嗜好性につながる品質の多様性を提示しなければ絵に描いた餅になってしまう。このような諸課題の解決のアプローチとして、本事業では「脂肪交雑+ α 」として脂肪交雑だけではない和牛肉の魅力を具体化し、新しい価値観として情報発信できる基礎情報を得ようとして実施されたものである。

本事業では、和牛肉の理化学性状を網羅的に調査し、脂肪交雑だけでは把握しきれない食味に関わる粗脂肪や粗タンパク質やその割合、水分含量など一般成分が多岐に富んでいることを明らかにし、さらに交雑脂肪（サシ）の形状や粗脂肪含量の高低に関連する新しい指標となりうる粗脂肪含量相対値（RFV）が提案された。さらに、呈味に関わるアミノ酸や核酸関連物質、その他の理化学成分を変数にした多変量解析により和牛肉の特徴の類型化が試みられ、分析型パネラーによる官能評価9項目（やわらかさ、多汁性、線維感、うま味、脂っぽい香り、甘い香り、和牛らしい香り、肉様の香り、風味の強さ）との関連付けが試みられ、類型化された特性と官能評価の項目との関連性が示唆され、食味性に関連する重要な要素の組み合わせ等が明らかにされつつあり、継続事業等で客観的評価基準が作成されることを期待したい。

一方、これらの新価値観に関わる理化学成分の計測には時間と経費が必要であるが、

新たな価値に関わる形質の遺伝的改良には種雄牛や繁殖雌牛の遺伝的特性を迅速かつ多数の個体について評価しうる選抜指標が必須となる。このために理化学分析の対象となったサンプルの DNA 多型情報を用いたゲノムワイド関連解析 (GWAS) を実施して、MUFA やイノシン酸、グリコーゲンなどの発現に関わる SNP (一塩基突然変異) を検索し、複数の関連 SNPs が検出された。さらに、これらの SNPs を全国和牛登録協会が遺伝的多様性を評価するための系統分類や親子判定に活用している和牛チップに関連 SNPs を搭載して日常的に検出することが可能になれば、通常の登録事業を通じて多くの種牛の食味性に関連する遺伝子の保有状況が把握でき、「美味しさの」の効率的な育種改良に利用できる可能性が示唆された。

世界的な生産環境を視野に入れた持続的和牛生産、個々の農家レベルでの収益を高めるためには高値で推移する飼料の節減や事故率低減のために肥育期間の短縮が求められているが、そのことが枝肉形質や食味性へどのように影響するのかを短期肥育普及のためには明らかにしておかなければならない。全国和牛能力共進会は昭和 41 年に岡山県で開催された第 1 回大会以来、肉牛の出品条件としてと畜月齢が 24 ヶ月齢未満に設定されてきたが、当時はこの月齢は若齢ではなくむしろ理想肥育として区分されていた。令和 4 年に開催された第 12 回鹿児島大会の枝肉成績を見れば、たとえば 24 ヶ月齢未満と慣行肥育に比べて半年くらい若齢でも一般出荷にまさるとも劣らない結果を示しており、24 ヶ月齢でも現行の出荷月齢に匹敵する枝肉を生産できる遺伝的能力と肥育管理技術が備わっていることが実証されている。すでに全国では短期肥育を取り入れた経営を実践している農家もあり、その経営実態の聞き取り調査を行うとともに、鹿児島全共の会場では慣行肥育と短期肥育により生産された牛肉の嗜好型官能評価や和牛肉に関するアンケートも実施され、和牛や和牛肉の美味しさに関して普及啓発が図られた。ただ、枝肉市場では熟度が課題となり短期肥育の枝肉が評価されないのが実情であり、慣行肥育と短期肥育の和牛肉の特性の差異を検証し、食味の数値化—見える化—により足らざるを改良・改善することが効率的な和牛生産にとって必須である。和牛肉の新価値観に関するシンポジウムでは、「味を数値化する」味覚センサーにより和牛肉の味の強さ・うま味先味・味の複雑さ・コクなどの数値化が検証され、牛肉の総合的な美味しさを表す指標となる可能性について紹介された。今後は和牛肉の味の見える化に関する研究調査がさらに進展することが期待され、これらの知見を消費者・流通関係者・生産農家間相互で共有する取り組みが新価値観構築のために一層重要になってくることは間違いなく、サンプル数や詳細な分析によるさらなる知見の蓄積が望まれる。

令和 6 年度には 25 年ぶりに農業の憲法と言われる食料・農業・農村基本法が見直しされ、食料安全保障、農業や食料システムの環境、農業の生産性向上、農村知育コ

コミュニティー・農村インフラの維持・活性化などの基本理念や政策が盛り込まれると
のこと、それを受けて酪農および肉用牛生産の近代化を図るための基本方針や家畜改
良増殖目標が改正される。改良目標には、効率的な和牛生産や遺伝的多様性の維持に
加え、多様なニーズに対処するための改良増殖目標が検討されることになるでしょう。
これを受けて各道府県で策定される改良目標にも、脂肪交雑だけではない特性が新た
な価値観として普及し、市場価値の高い和牛肉として評価されるシナリオが描かれる
ことを期待したい。さらに、和牛肉の品質の多様性に加え、繁殖性や飼料利用性が持
続可能な和牛生産、安定した和牛経営にとって重要な経済形質と位置付けることによ
って改良目標の多様化が図られ、地域の系統の発掘や再構築による遺伝的多様性の維
持・拡大にも貢献し、生産効率の高い和牛生産体制の確立につながるような改良増殖
の方向性と施策が具体的に提示されることを期待したい。

公益社団法人全国和牛登録協会 向井 文雄

日本中央競馬会 特別振興資金助成事業

和牛肉の新価値観構築事業

和牛肉の新価値観構築事業に関する報告書

令和6年3月

一般社団法人全国肉用牛振興基金協会

〒113-0033 東京都文京区本郷1-34-1 後楽園SAJビル6階

TEL03-5801-0773 FAX03-5801-0774