

和牛の肉質に関する基礎的研究 (I)

市販牛肉の等級と化学組成並びに組織構造の関係

小松 明德・国松 豊

AKINORI KOMATSU and YUTAKA KUNIMATSU : Fundamental studies on meat quality of Japanese Breed of Cattle. [I] The relation of chemical components and histological constructions to meat grade in beef on the market.

I 緒 言

家畜を肥育する目的の一つは肉質の改善にある。しかしこの肉質として表現されるものの本質が何んであるか、従つて肉質の良否に関与する要因が何んであるかについては未だ十分に明かにされているとは云い得ない。以下報告する一連の研究は、本邦の食肉給源として最高の位置を占める和牛肉を対象に選び、肉質を左右すると考えられる諸要因を究明すると同時に、これらに関する研究方法をも併せ検討することを目的として行つたものである。

現在、肉質の良否は主として第4・第5肋骨間(京都)の筋肉断面における筋繊維間への脂肪交雑状態(marbling)、肌理(texture of lean)の粗密——これらは切断面の肋部、通称バラ及びロース芯を覆う諸筋において最も鑑定し易いとされる——、肉色、皮下脂肪・腎臓脂肪の量・質・色などを鑑定することによつて決定される。本報告はこのようにして決められた等

級の異なる市販牛肉の化学組成と組織構造には如何なる差異があり、且つ肉質の差に最も関係を有すると考えられる成分上或いは組織構造上の特徴は何んであるかを知るために行つた予備試験の成績である。

なお、本実験の一部、組織構造の観察については足立尚義君の労を多とするものがある。ここに記して謝意を表する。

II 材料及び方法

1. 供試材料

供試牛肉は凡て京都市の肉商M店に依頼し、同店に約10日前後貯蔵された販売直前の大切枝肉中より特別に採取したもので、前記第5肋骨筋肉断面への脂肪交雑状態その他の点から肥育程度並びに食肉等級に差の認められる黒毛和種牝2頭・牝5頭・去勢2頭計9頭分の屠体より各屠体毎にロース芯肉(脊最長筋)と内腿肉(半膜様筋)の2種を材料として採取した(材料No.2及びNo.5では手違いから内腿肉が採れなかつ

第1表 供試材料の概要と食肉等級

材料No.	性	年令	産地	最終飼養地	食肉等級*	食肉等級順位**	備
1	♂	6	鳥取	鳥取	♂の中上	5	
2	♀	5	兵庫	京都	♀の極上	1	内腿肉なし
3	♀	5	不明	滋賀	♀の中上	3	
4	♂	4	岡山	京都	♂の中	6	
5	♀	6	不明	京都	♀の中下	4	内腿肉なし
6	♀	6	鳥取	石川	♀の中上	3	
7	♂	5	鳥取	群馬	♂の中上	5	
8	♂	4	不明	群馬	♂の下	6	
9	♀	5	兵庫	京都	♀の中上	2	

* ロース部の状態により性別に極上・上・中上・中・中下・下の6階級に分けた肉商による等級。

** 上記分類に従い性差を加味した等級の一貫順位。

本報告の一部要旨は昭和30年日本畜産学会秋期大会(岡山)にて発表した京都府立大学農学部畜産学研究室

た). 採取部位はロース芯部は屠体後軀の切断面に最も近い部位, 内腿肉は筋肉の中央部を何れも丸のまま約 2cm 厚さの輪切りとしたもので, 採取後直ちにセロファン紙に包み水を入れた魔法瓶で持ち帰り夫々の実験に供した. 材料採取屠体及びその肉の等級などについて示せば第 1 表のようである.

2. 化学組成分析方法

次項に述べる組織材料を採った後直ちに細切し, その一部で新鮮時水分と粗灰分を常法により定量した. 但し水分については後半 toluene 蒸溜法を併用した. 残部には少部の蒸溜水を加えて homogenizer (20,000 r. p. m.) で糊状として均質化し, 水分の蒸発を防ぐため大型秤量瓶に入れて順次秤量採取しつつ第 2 表及び第 3 表に示した各成分の定量を行った. 定量方法は純蛋白質に trichloroacetic acid を使用した外は何れも常法に従い, 均質化試料より得た測定値は再度水分含量を測定することにより何れも新鮮時の含量に換算した.

3. 組織構造観察方法

各供試肉から筋繊維の方向に沿って約 1cm 角の肉片 2 個ずつ切り取り, 10% formalin 液固定→paraffin 包埋→8~10 μ 横断切片→hämatoxylin・eosin 染色を行って筋繊維・筋束の大きさ, 並びに筋束内筋繊維数を測定した. 測定は組織像を一定倍率に拡大投影して描き写した図につき planimeter で筋繊維断面 60 個, 第 1 次筋束断面 20 個の面積を測り, 同時に 20 個の筋束中の筋繊維数を数えて各平均値を求めた. 筋繊維の太さは普通氷結切片とした組織断面の最大厚径測定値を以て表わされるが, 筆者らの場合機器の都合で paraffin 包埋としたため筋繊維が多角形を呈するもの多く最大厚径の測定は不適當と思われたので面積を測定した.

III 結果及び考察

1. 化学組成

分析結果中一般成分に関するものは第 2 表の如くである. これまで和牛肉についての研究は去勢牛 1 頭についてなされた飯田¹⁾の報告のみであつたが, 最近石原外により無角和種と黒毛和種の屠肉についての比較研究²⁾が報告されて以来, 引続き同氏らにより黒毛和種の牡牛及び牝牛について³⁾, 甲状腺部分除去去勢牛について⁴⁾, 見鳥牛について⁵⁾, 年令を異にする牡牛及び老廃牛について^{6) 7)}, 夫々の屠肉に関する詳細な研究が報告された. 一般成分についての同氏らの成績によれば, 同一牛の筋肉部位による差においても, 性・年令の差においても最も明かな差異を有するのは水

分と固形物及び粗脂肪の含量で, 牡牛肉は牝牛肉よりも, 幼若なもの及び老令のものは成熟期のものよりも水分含量多く粗脂肪含量が少ない. またエキス分には成熟期に達するまでは月令と共に増加する傾向が見られるが, 粗蛋白質及び粗灰分の含量には性・年令・部位による明かな差異は認められないようである. 第 2 表には比較のため石原外による和牛肉の成績並びに和牛以外の 2~3 の成績を引用したが, 筆者らの成績も従来の成績と殆んど同様で, 個体によつても筋肉部位によつても最も差異を示すとされる水分及び粗脂肪含量は殊更肥育程度の異なる材料を選んだため特に顕著な差が見られ, 粗脂肪含量の多い肉ほど水分が少ない. しかし粗蛋白質及び粗灰分には肥育程度・性・筋肉部位による差異が殆んど認められなかつた. これは MURRAY⁹⁾, MOULTON¹⁰⁾, HASTINGS¹¹⁾, 最近では REID et al¹²⁾ によつて報告された家畜体組成の相互関係についての処見とまったく同様である. エクス分ではロース肉において比較的顕著な差異を示したが, 特に性・肥育程度との関係は認められず, 内腿肉はロース肉より総じて含量の高い結果を得た.

一般組成中特に著しい差異を示したロース肉の粗脂肪含量の多少は第 1 表に示した食肉等級順位と大体一致した関係を示し, 上質の肉とされるものでは明かに粗脂肪含量の多い傾向を認めた. この点について MASON¹³⁾ は彼の綜説中で「肉の品質は少なくともある点までは体脂肪の沈着が多くなる程良質となるから, 屠体への脂肪沈着状態は肥育程度を知る尺度としても, またその品質に対する尺度としても重要である. 事実枝肉の品質とその枝肉中の脂肪%との間には $r=0.995$ と云う高い相関があり, また枝肉中の脂肪% (fat tissue %) と筋束間脂肪% (marbling fat %) との間にも高い相関が認められているから, 実際上には未だ十分証明されていないがもし marbling fat が極く容易にしかも正確に測定出来, 肥育程度に対する補正がなされれば, 肉質鑑定の有効な尺度となるだろう」と述べているが, 筆者らの成績に現われたこの傾向も, 屠体切断面における筋束間脂肪量及び分布状態が(今日のところ肉眼推測であるが)肉質決定の尺度として極めて重要視されていることを示すものであろう. 肉眼的に見える程度の筋束間脂肪沈着は相当肥育が進み脂肪が遂に筋組織間の結締織内にまで沈着し始めた状態であり, その結果食肉の硬さに一部関係を持つと考えられる結締織が引き伸され薄く破れ易くなつて軟さを増し, 同時に沈着脂肪そのものは肉に香味を与える¹⁴⁾と云う諸点を併せ考えれば, 肉質の良否は大部分筋束間脂肪沈着した脂肪の量によつて決定され, 脂肪量が大体同程度の見做されるものではその交

第2表 一般組成 (%)

材 料	水分	固形物	粗蛋白質	粗脂肪	粗灰分	エキス分		
ロース肉	1	71.82	28.18	22.69	3.75	1.05	3.34	
	2	58.17	41.83	20.25	20.31	0.88	1.89	
	3	66.41	33.59	24.13	7.95	1.05	3.97	
	4	73.20	26.80	22.94	2.38	1.09	4.25	
	5	72.46	27.54	20.19	5.83	1.08	4.01	
	6	69.55	30.45	21.38	7.48	1.08	3.72	
	7	71.23	28.77	24.63	2.62	1.14	—	
	8	73.11	26.89	22.81	2.50	1.16	3.92	
	9	64.65	35.35	22.00	12.02	1.04	4.11	
M±σ	68.96±5.03	31.04±5.03	22.34±1.32	7.20±5.85	1.06±0.08	3.65±0.77		
内腿肉	1	73.98	26.02	22.81	1.62	1.04	4.69	
	3	69.92	30.08	20.75	7.55	1.00	3.89	
	4	73.35	26.65	22.00	3.19	1.10	4.66	
	6	70.42	29.58	20.38	7.64	1.02	4.14	
	7	73.85	26.15	22.88	2.06	1.09	4.37	
	8	73.94	26.06	22.88	1.80	1.09	4.05	
	9	67.91	32.09	23.28	7.40	0.99	4.45	
	M±σ	71.91±2.46	28.09±2.46	22.14±1.15	4.47±2.91	1.05±0.05	4.32±0.31	
	ロース肉	生	時 ⁶⁾	76.57	23.43	21.05	1.00	1.15
6		カ	76.14	23.86	21.58	1.08	1.08	2.26
12		カ	75.59	24.41	21.73	1.47	1.11	2.82
18		カ	75.38	24.63	21.30	1.60	1.09	3.70
成		成	74.50	25.51	21.58	2.45	1.06	4.35
♀		牛	69.90	30.10	20.60	8.05	1.09	4.45
老		牛	71.55	28.45	24.08	3.26	1.06	4.70
外		肥	75.21	24.79	21.70	1.30	1.06	4.67
中		え	54.76	45.24	18.92	23.65	1.08	—
例		も	72.52	27.48	20.59	5.53	1.12	—
内腿肉	生	時 ⁶⁾	76.66	23.35	21.78	0.50	0.93	1.80
	6	カ	76.18	23.83	21.60	0.94	1.09	2.47
	12	カ	75.70	24.30	21.80	1.18	1.18	2.99
	18	カ	75.76	24.24	21.43	0.90	1.05	3.25
	成	成	75.73	24.27	21.75	1.35	1.10	3.35
	♀	牛	72.10	27.90	23.32	3.26	1.17	3.69
	老	牛	73.70	26.30	23.24	1.88	1.09	4.72

註) 下段のロース肉・内腿肉の組成は参考として引用した成績である。

雑状態が細かく密であるもの、換言すれば本質的に脂肪細胞となる結締織の分布が密で且つ個々には薄いもの(但し筋組織内結締織の構造と脂肪沈着の関係は未だ明かではないが)が食肉として優れていると考えて良いのではないと思われる。

次に各材料の新鮮物中・水溶性及びエキス中の全N量・蛋白態N量の測定結果を全N量に対する100分率で示すと第3表のようである。筋肉別にはロース肉が内腿肉に比べ水溶性・熱湯可溶性何れにおいても稍々高い値を示した。また各測定値には相当材料により差異が認められるが、ロース肉の水溶性全N量がやや肥育程度の高いもの程多くなる傾向を示すのみで他においては何らの関係も見られなかった。

2. 組織構造

各材料の第1次筋束断面積・筋繊維断面積・第1次筋束内筋繊維数について夫々20個・60個・20個を測定

し、前記一般組成の成績からロース肉の粗脂肪含量の多いもの程肥育程度の高いものと見做してその順序に測定値を配列して比較すれば第4表のようである。

先ずロース肉と内腿肉とを比べると、筋束断面積ではNo.4及びNo.6が、筋繊維断面積ではNo.4においてロース肉の方が太い結果を示したが、その他では従来の報告と同様性・肥育程度と関係なく凡て多少とも内腿肉の方が太い傾向を認めた。但し筋束内筋繊維数には殆んど差異がないようである。

次にロース肉において肥育程度との関係或いは性による差異について検討すれば次のようである。和牛肉についての石原外の成績³⁾⁶⁾⁷⁾によれば、筋束及び筋繊維の太さは共に同一筋肉部では年令が進むに伴いその太さを増大し、牝は牝より太く、去勢は牝に近いことを観察している。MASON¹³⁾も年と共に肉が硬くなるのは結締織と筋束が増大するためであると云う報告を

第3表 全窒素中の各種形態窒素 (%)

材料	新鮮物中 蛋白態N	水 溶 性		熱湯可溶性		
		全 N	蛋白態N	全 N	蛋白態N	
ロース肉	1	92.0	24.2	14.6	13.5	2.2
	2	80.2	30.2	21.9	12.3	1.5
	3	92.2	23.8	11.9	13.2	1.3
	4	83.1	22.1	9.0	13.4	1.9
	5	96.9	25.4	11.5	8.7	1.9
	6	91.5	24.9	15.5	12.9	1.2
	7	84.3	21.8	14.7	12.7	2.5
	8	83.6	23.0	17.3	14.2	3.3
	9	88.8	29.9	13.5	21.9	2.8
M±σ	88.1±5.68	25.0±3.08	14.1±3.55	13.4±3.47	2.1±0.22	
内腿肉	1	85.5	15.9	10.7	11.5	1.6
	3	86.7	26.8	14.5	9.9	1.2
	4	88.4	23.0	11.1	12.5	1.4
	6	90.8	25.2	8.6	14.1	2.1
	7	83.3	24.3	11.5	13.7	0.5
	8	95.8	28.5	13.8	10.8	1.7
	9	90.9	25.9	16.5	13.2	2.1
	M±σ	88.8±4.14	24.2±4.07	11.0±4.09	12.2±1.57	1.5±0.56

第4表 筋束断面積・筋繊維断面積及び筋束内筋繊維数

——肥育程度の高いものより順次配列して示す——

材料 No.	性	ロース肉 粗脂肪%	ロース肉			内腿肉		
			筋束面積 (mm ²) M±σ	筋繊維面積 (μ ²) M±σ	筋繊維数 M±σ	筋束面積 (mm ²) M±σ	筋繊維面積 (μ ²) M±σ	筋繊維数 M±σ
2	♀	20.31	0.157±0.05	2404±1157	48±14	—	—	—
9	♀	12.02	0.103±0.03	1657±643	51±20	0.130±0.04	1665±559	48±17
3	♀	7.95	0.135±0.04	2199±879	51±15	0.160±0.05	2493±1019	58±17
6	♀	7.48	0.153±0.06	1362±594	58±19	0.127±0.05	1684±574	56±16
5	♀	5.83	0.135±0.06	1822±559	68±29	—	—	—
1	♂	3.75	0.172±0.07	2102±998	50±17	0.172±0.07	2922±1032	49±24
7	♂	2.62	0.127±0.04	1499±679	48±14	0.134±0.05	1778±728	57±24
8	♂	2.50	0.119±0.03	1493±651	63±23	0.146±0.01	2046±744	60±18
4	♂	2.38	0.138±0.04	1971±834	58±19	0.105±0.04	1109±373	65±19

引用している。筆者らの成績では筋束断面積・筋繊維断面積共に牡と去勢では明かに去勢が細いが、最も細いとされる牝において去勢より太く牡と殆んど同様の太さを示すものが多く観察された。これについては CALLOW¹⁵⁾ は肥育では筋繊維の肥大も重要であることを暗示しているが、筆者らの用いた材料の牡と去勢は何れも肥育程度の極めて低いものであつたから本質的な差異が明かに現われたが、牝では肥育によつて筋繊維そのものの太さが増大したことを示すものであろう。このことは肉の硬さと筋繊維の太さとの関係を考える場合極めて重要な且つ興味ある問題と思われるが本実験の範囲内においては材料が少ないためと同性別間の差異が可成り著しいため、統計的には筋束断面積及び筋繊維断面積共に性別間に有意差なく、また肥育程

度との間にも有意な関係は認められなかつた。筋束内筋繊維数は筋肉部位におけると同様、性・肥育程度には殆んど関係がないようである。

IV 摘 要

10日前後冷蔵された黒毛和種(4~6才)牡2頭・牝5頭・去勢2頭計9頭の各屠体より得た第5肋部のロース肉及び内腿肉を材料とし、水分・粗蛋白質・純蛋白質・粗脂肪・粗灰分・エキス分・水溶性全N及び蛋白態N・熱湯可溶性全N及び蛋白態Nの各含量の定量、並びに第1次筋束断面積・筋繊維断面積・筋束内筋繊維数の測定を行い、各材料のロース肉で行われた肉眼鑑定による食肉等級との関係を検討した。

1. 一般組成中粗蛋白質と粗灰分は食肉等級・性・筋肉部位の差に拘らずその含量は大體一定である。水分と粗脂肪の含量は材料により差があり、特に粗脂肪では著しく、粗脂肪含量の多い肉は水分が少ない。しかもロース肉の粗脂肪含量の多少はその食肉等級と大體一致した関係を示し、上質の肉ほど明かに粗脂肪含量の多いことを認めた。エキス分は内腿肉では殆んど一定であるが、ロース肉では可成り材料差があり且つ内腿肉より幾分含量が少ない。

2. 新鮮物中・水溶性・熱湯可溶性の全N及び蛋白態Nは夫々材料により可成りの差異を示すが、ロース肉の水溶性全Nに多少上質の肉ほど含量の多くなる傾向が見られる以外特に食肉等級との関係は認められなかつた。

3. 筋束及び筋繊維の太さについては、筋肉別には性・肥育程度と関係なく多少ともロース肉より内腿肉の方が太い傾向を認めた。しかしロース肉において、去勢が最も細く牝がこれに次ぎ、牝は去勢より太く牝に近いものを多く観察した。これは材料とした牝が何れも去勢・牝に比べ肥育程度の高いものであつたことから、肥育により筋繊維そのものが肥大したことを示すものと考えられる、筋束内筋繊維数は性・肥育程度・筋肉部位とは殆んど無関係のようである。

文 献

- 1) 飯田吉英 (1922) : 畜産試報, 1, (4).
- 2) 石原盛衛・大川忠男・土屋平四郎・吉田正三郎・吉田武紀・山内美気男(1952) : 中国四国農試報, 1, (2) : 245~292.
- 3) 石原盛衛・土屋平四郎・吉田正三郎(1953) : 中国

農試報, 2, (1) : [I] 91~110, [II] 111~132, [III] 133~150.

- 4) _____・_____・福本 精・田口博信(1955) : 中国農試報B (畜産), (4) : 1~21.
- 5) _____・_____・田口博信(1955) : 中国農試報B (畜産), (4) : 22~55.
- 6) _____・_____・吉田正三郎(1956) : 中国農試報B (畜産), (5) : 1~20.
- 7) _____・_____・福本 精・田口博信(1956) : 中国農試報B (畜産), (5) : 21~36.
- 8) 安藤則秀(1943) : 日農化会誌, 19, (8) : 623~633.
- 9) MURRAY, J. A. (1922) : J. Agr. Sci., (England), 12 : 103. (Cited from KRAYBILL, H. F., O. F. HANKINS and H. L. BITTER (1951) : J. Applied Physiol., 3, (11) : 681~689.
- 10) MOULTON, C. R. (1923) : J. Biol. Chem., 57 : 79. (Cited from KRAYBILL et al)
- 11) HASTINGS, A. B. (1940) : Harvey Lect., 36 : 91. (Cited from KRAYBILL et al)
- 12) REID, J. T., G. H. WELLINGTON and H. O. DUM. (1955) : Unpublished, (Cited from CLAWSON, A. J., B. E. SHEFFY and J. T. REID (1955) : J. Animal Sci., 14, (4) : 1122~1132.
- 13) MASON, I. L. (1951) : Animal Breed. Abstr., 19, (1) : 1~20.
- 14) BULL, S. M. S. : Meat for the table. McGraw-Hill, 1951.
- 15) CALLOW, E. H. (1949) : Brit. J. Nutrit., 3 : 375~380. (Cited from MASON, I. L.)

Summary

The purpose of this study was to determine the relationship of the chemical components and histological constructions to meat quality. Samples of meat from the *longissimus dorsi* muscle at the 5-rib and *semimenbranosus* muscle were taken from 9 carcasses aged at 2°C for approximately 10 days. These carcasses were from 2 bulls, 5 heifers and 2 steers with an average age of 5 years. All samples were analyzed for moisture, crude protein, pure protein, crude fat, ash, extract, water-soluble N, water-soluble protein N, total N and protein N in extract, and were determined histologically for size of muscular bundles, size of muscle-fibers

and number of muscle-fibers in a muscular bundle. Results are as follows :

1. There were nearly constant in content of crude protein and ash without distinction of the meat grade, sex and muscle. However, the moisture and crude fat content differ according to the samples, and the meat of higher content in crude fat was lower conversely in moisture content. Especially, for the *longissimus dorsi* muscle, there appears to be relation between meat grade and fat content. An extract content in *semimenbranosus* muscle was almost the same, but in *longissimus dorsi* muscle was variable and was somewhat lower than that

of *semimembranosus* muscle.

2. Little relationship was observed between the content of water-soluble N, water-soluble protein N, total N and protein N in extract to meat grade.

3. In a histological observations, the size of muscular bundles and of muscle-fibers in *semimembranosus* muscle were somewhat larger than that in *longissimus dorsi* muscle without distinction

of sex and degree of fattening. In *longissimus dorsi*, however, the similar size in bull muscles were observed in the many samples from heifers which were pretty advanced in degree of fattening. This observation suggests that the muscle-fiber itself may have plumped up by fattening. Number of muscle-fiber in a muscular bundle was nearly constant in all samples.