



日本中央競馬会特別
振興資金助成事業

牛肉の品質評価の ための理化学分析 マニュアル

Ver.2



平成15年3月

社団法人 畜産技術協会

●目次

はじめに	2
サンプル	
1. 筋肉の構造	3
2. 死後硬直の解除	3
3. 筋肉の構造	4
1) サンプル部位	4
2) サンプルの保存及び輸送	4
3) サンプル作成	5
理化学分析	
1. 一般組成	6
1) 水分含量	8
2) 粗脂肪含量	9
3) 粗蛋白質含量	10
2. 物理的性質	12
1) 加熱損失	12
2) 剪断力価	14
3) 保水力	16
3. 脂肪の質	17
1) 脂肪酸組成	17
2) 脂肪の融点	20
4. 光学技術の利用	22
1) 近赤外線分析法	22
5. 筋線維の特徴	23
引用文献	25
あとがき	26

はじめに

現在、国内の肉用牛生産は安価な輸入牛肉に対応するため、効率的生産技術の開発による生産コストの低減、高品質牛肉生産技術の開発等による差別化商品の生産等が緊急の課題となっている。肉用牛の育種改良については脂肪交雑を増大させることを重点に改良が進められており、また、肉用牛肥育技術の改善に関しても肉質向上を重点課題に試験に取り組んでいる場合が多い。

これまでの肉質評価は(社)日本食肉格付協会が行っている格付結果を用いる場合がほとんどであった。格付値はスタンダード模型を用いることにより、一定の客観的肉質評価は可能である。しかし、肉質の評価データを肥育試験結果や育種改良に用いるためには分析機器等により測定されたより客観性の高いデータを用いることが望ましいと思われる。このようなデータを用いることにより肥育技術の改善および育種改良が全国統一的に行え、かつスピードアップにつながると思われる。

平成10年度に、家畜改良センターで行っている分析機器による理化学分析方法を「牛肉の品質評価のための理化学分析マニュアルVer. 1」として発行したところである。さらに今回は筋線維の特徴を測定するための方法および新たな情報等を追加し、Ver. 2として発行することとした。本マニュアルを肉用牛に関する生産技術の開発・改善等に役立てていただければ幸いである。

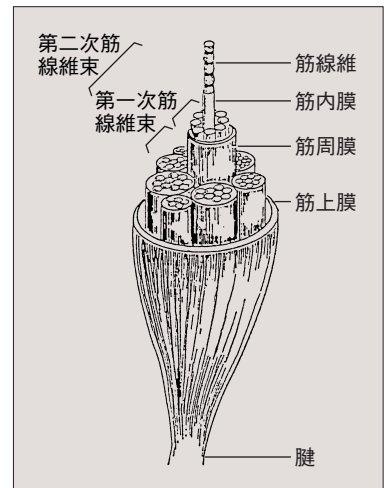
サンプル

1

筋肉の構造

動物の筋肉は組織学的に横紋筋と平滑筋に分類される。横紋筋は骨格に接続し、意志によって動かすことのできる随意筋である骨格筋と心臓の筋肉のように意志に関係せず動いている不随意筋である心筋に分類される。一般に骨格筋を食肉と称している。

骨格筋は筋線維の束とそれを囲む結合組織からなっている。筋線維は多数の筋線維が集まって第一次筋線維束を形成し、その第一次筋線維束が多数集まって第二次筋線維束を形成している。筋線維の直径は品種や部位等により異なるがおおよそ10~100 μm である。(図-1)¹⁾



2

死後硬直の解除

動物は死亡すると、筋肉中のATPが少なくなり一定濃度(約2 $\mu\text{mol/g}$)以下になる急激な伸長度の低下が起こり、死後硬直を生じる。死後硬直を完了した筋肉は時間とともに軟化し、解硬という現象が生じる。この解硬が終了する時間は牛では7~10日と言われている。¹⁾²⁾このことから、分析に供試するサンプルは、と畜後7日以上経過しているものを用いることが望ましい。



筋肉の構造

(1) サンプル部位

肉用牛の肉質を評価する場合は胸最長筋を用いることがほとんどである。胸最長筋は胸(腰)椎と肋骨の結合部にあり、長さはほぼ第4肋骨から腰椎と骨盤の結合部に至る全ての筋肉の中で最も長い筋肉である。またその重量は一般的肥育を行った黒毛和種去勢牛で16kg前後である。

筆者らは黒毛和種去勢肥育牛16頭を用い、第7胸椎上の胸最長筋と第11胸椎上の胸最長筋の粗脂肪含量について相関関係を調査した。この結果、表-1、2のように両部位の粗脂肪含量の差の絶対値が、平均値で $3.11 \pm 2.15\%$ 、最低値で0.28%、最高値で7.96%であり、第7胸椎上最長筋の粗脂肪含量が高い個体が9頭、第11胸椎上最長筋の粗脂肪含量が高い個体が7頭と個体間差が大きかった。また、両者の相関係数は0.77であった。

このように、相関関係は比較的高いものの胸最長筋という1つの筋肉ではあるが採取部位によって理化学分析値が異なることからサンプル採取時に採取部位が異なることのないよう注意する必要がある。

サンプル採取部位は一般的に格付け結果を客観的に表す目的やサンプル採取が容易な部位であることから第6-7胸椎間の尻側(第7胸椎上)の胸最長筋(以下胸最長筋と呼ぶ)をサンプルとすることが多い。

表-1 黒毛和種去勢肥育牛の第7胸椎上胸最長筋の粗脂肪含量と第11胸椎上胸最長筋の粗脂肪含量(%) (n=16)

	平均	標準偏差	最低値	最低値
第7胸椎上	24.95	4.24	31.72	18.99
第11胸椎上	23.61	5.55	33.73	16.50

表-2 黒毛和種去勢肥育牛の第7胸椎上胸最長筋の粗脂肪含量と第11胸椎上胸最長筋の粗脂肪含量の差の絶対値及び相関係数

	差の絶対値 (%)				相関係数
	平均	標準偏差	最高値	最低値	
第7胸椎上と 第11胸椎上	3.11	2.15	7.96	0.28	0.77

(2) サンプルの保存及び輸送

サンプルを輸送する場合には真空パックし0~4℃程度の温度を保ち、冷蔵状態で行うのが望ましい。冷凍した場合は解凍時に冷凍による筋線維等の組織構造の崩壊等により肉汁が排出される。特に脂肪交雑の極端に少ないものや品質の悪い筋肉ほど、肉汁が多く排出される。このことから正確なデータが得られなくなる。

サンプルの保存に関しても同様である。

(3) サンプルの作成

サンプルとする胸最長筋は格付けの際、第6-7胸椎間で切開されサンプル採取時までかなりの時間空気に触れており、肉色の退色や水分の蒸散等が生じている。このことから肉色に変色している部分を取り除き分析に用いる必要がある。また、本筋肉の周囲には脂肪や筋膜が存在するためこれについても取り除く必要がある。(写真-1)

このようにして不必要な部分を取り除いたサンプルについて、まず第6-7胸椎間切開部側をほぼ筋線維と垂直になるようにできる限り薄く輪切り上に数枚切り落とす。これを細切し、ミンチ器でミンチを作成する。(写真-2)これを以下に示す理化学分析に用いる。また、後述する脂肪酸組成等の分析には薄く細切したものを-30℃程度で冷凍保存し、後日分析に供することが多い。ただし、長期間保存したサンプルは脂質が酸化している可能性があるため分析に供しないほうが望ましい。



写真-1 サンプルの整形 左:整形前 右:整形後 このような状態になってから分析に供する



写真-2 ミンチの作成



2 理化学分析



1

一般組成

筋肉の一般組成は水分、脂肪、蛋白質で約98～99%を占め、その割合は品種、年齢、性差、栄養状態、部位によりかなり異なる。残る1～2%は灰分等である。

理化学分析において脂肪含量の測定はジエチルエーテル（以下エーテルと呼ぶ）による抽出で行うため、純粋な脂肪だけでなく、脂溶性物質を含めた脂肪含量であるため“粗”という文字を加え、粗脂肪含量（Ether Extract）と呼ぶ。また蛋白質含量についてもサンプル中の窒素含量から算出するため“粗”という文字を加え、粗蛋白質含量（Crud Protein）と呼ぶ。

農林水産省技術会議事務局発行の「食肉の理化学的特性による品質評価基準の確立」³⁾によれば、牛ロース芯の水分含量、粗脂肪含量、粗蛋白質含量の関係は水分含量は粗脂肪含量と-0.99と負の相関、粗蛋白質含量と0.92と正の相関があり、粗脂肪含量と粗蛋白質含量とは-0.94と負の相関があると述べられている。また、筆者らも黒毛和種去勢肥育牛53頭の主要6筋肉（半腱様筋、半膜筋、広背筋、胸最長筋、棘上筋）を用いて（表-3）同様の調査を行った結果、水分含量と粗脂肪含量については全ての筋肉について同様の結果となった。しかし、水分含量と粗蛋白質含量及び粗脂肪含量と粗蛋白質含量の相関関係については前述の報告書より全ての筋肉において相関係数が低くなり、棘上筋ではかなり低い結果となった。ただし、その傾向については同様であった。（表-4）

さらに筆者らは表-3のデータを用いて水分含量、粗脂肪含量、粗蛋白質含量における各筋肉間の相関関係を調査した。この結果（表-5、6、7）、水分含量では相関係数が低い半腱様筋と胸最長筋で0.62、相関が高い大腰筋と棘上筋で0.86、粗脂肪含量では同様に相関係数が低い半腱様筋と胸最長筋で0.64、相関が高い大腰筋と棘上筋で0.85と各筋肉間ではほぼ等しい正の相関関係が得られた。しかし、粗蛋白質含量では全ての組み合わせにおいて水分含量および粗脂肪含量に比べて低い相関関係であった。特に棘上筋については他の筋肉と低い相関関係となった。

表-3 黒毛和種の主要6筋肉間における水分含量、粗脂肪含量および粗蛋白質含量 (n=53)

	水分含量(%)	粗脂肪含量(%)	粗蛋白質含量(%)
半腱様筋	70.95±3.09	7.81±3.99	20.53±1.21
半膜様筋	68.64±3.88	10.10±5.05	20.32±1.29
大腰筋	65.85±3.88	13.46±4.94	19.71±1.30
広背筋	64.91±6.65	16.14±8.67	18.32±1.90
胸最長筋	61.98±5.81	18.98±7.63	18.32±1.71
棘上筋	74.46±3.15	8.85±3.63	19.15±0.92

表-4 主要6筋肉間における水分含量、粗脂肪含量および粗蛋白質含量の相関関係 (n=53)

	水分と粗脂肪	水分と粗蛋白	粗脂肪と粗蛋白
半腱様筋	-0.96	0.53	-0.62
半膜様筋	-0.98	0.65	-0.74
大腰筋	-0.98	0.53	-0.66
広背筋	-0.99	0.92	-0.94
胸最長筋	-1.00	0.89	-0.90
棘上筋	-0.97	0.34	-0.46
合計 (n=318)	-0.99	0.72	-0.80

表-5 黒毛和種去勢肥育牛の水分含量における主要6筋肉間の相関関係

	半腱様筋	半膜様筋	大腰筋	広背筋	胸最長筋	棘上筋
半腱様筋	1.00					
半膜様筋	0.70	1.00				
大腰筋	0.71	0.73	1.00			
広背筋	0.73	0.68	0.67	1.00		
胸最長筋	0.62	0.69	0.78	0.68	1.00	
棘上筋	0.69	0.68	0.86	0.74	0.79	1.00

表-6 黒毛和種去勢肥育牛の粗脂肪含量における主要6筋肉間の相関関係

	半腱様筋	半膜様筋	大腰筋	広背筋	胸最長筋	棘上筋
半腱様筋	1.00					
半膜様筋	0.68	1.00				
大腰筋	0.73	0.72	1.00			
広背筋	0.75	0.65	0.70	1.00		
胸最長筋	0.64	0.68	0.77	0.69	1.00	
棘上筋	0.71	0.65	0.85	0.74	0.82	1.00

表-7 黒毛和種去勢肥育牛の粗蛋白質含量における主要6筋肉間の相関関係

	半腱様筋	半膜様筋	大腰筋	広背筋	胸最長筋	棘上筋
半腱様筋	1.00					
半膜様筋	0.56	1.00				
大腰筋	0.62	0.58	1.00			
広背筋	0.50	0.37	0.50	1.00		
胸最長筋	0.53	0.60	0.59	0.59	1.00	
棘上筋	0.34	0.31	0.38	0.38	0.55	1.00

(1) 水分含量

水分は栄養価値はほとんどないが栄養素や代謝産物等を血管を通じて運搬する媒質としての働きがある。¹⁾

水分は動物の筋肉中で最も多い成分である。Hamm⁴⁾は新鮮肉の水分は70%が筋線維中に、20%が筋漿中に、10%が結合組織中にあることを明らかにしている。

分析方法



写真-3 水分分量測定器具類



写真-4 サンプルと水砂を混合する
左：混合前、右：混合後

ビーカー(50ml)にガラス棒及び海砂約2g^{a)}を入れる。(写真-3)
1サンプルについて最低2個行う。

^{a)}水分分析において海砂を用いない場合、サンプルが固まってしまいサンプルの中心部が十分に乾燥せず、誤差を生じる可能性があるので注意する。

これを135℃の恒温乾燥機で、2時間乾燥させる。

乾燥後、るつぼ鉗を用いて素早くデジケーターに移し、放冷する。
放冷時間はビーカー数により異なるが、概ね30～60分とする。

放冷後、化学天秤で秤量する。(データⅠ)

これにミンチ肉(以下サンプル)を約2g入れ、正確にサンプルの重量(データⅡ)を量る。

清拭した手もしくはきれいな軍手等でガラス棒を用いて、サンプルと海砂を静かに混合する。(写真-4)

これを再び恒温乾燥機に入れ、105℃の恒温乾燥機で24時間乾燥する。

乾燥後、るつぼ鉗を用いて素早くデジケーターに移し、放冷する。
放冷時間は概ね30～60分とする。

放冷後、化学天秤で秤量する。(データⅢ)

算出式

$$\text{水分(\%)} = \{(I + II) - III\} / II \times 100$$

水分の分析は各実施場所で使用サンプル重量、器具、乾燥時間が多少異なっている。例えば、サンプル3g用いる手法、容器にアルミ製カップ(写真-5)を用いる手法、乾燥温度が135℃で2時間行う手法等である。



写真-5 水分分量測定用アルミ製カップ

(2) 粗脂肪含量

動物の体構成成分のうちで、脂肪は変動が大きく、その質や量は動物の品種⁵⁾⁶⁾⁷⁾⁸⁾⁹⁾、年齢、飼養条件¹⁰⁾等によって異なる。動物の枝肉中の脂肪は皮下脂肪、筋間脂肪、腎臓周囲脂肪、腹腔内脂肪、筋肉内脂肪に分類される。筋肉の二次筋束周囲の結合組織に沈着する脂肪が筋間脂肪であり、一次筋束の周囲の結合組織に沈着するのが筋肉内脂肪、すなわち脂肪交雑である。ここで示す粗脂肪含量とは筋肉内脂肪の割合のことである。

分析手法



写真-6 粗脂肪分量測定用ソックスレー抽出ビン



写真-7 ロートを通じて水分含量測定後の乾燥サンプルを円筒濾紙内へ入れる

ソックスレー抽出ビン(写真-6)を135℃の恒温乾燥機で2時間乾燥する。

これを乾燥後、るつぼ鉗を用いてデジケーターに素早く移し、放冷する。放冷時間は概ね30~60分とする。

放冷後、科学天秤で秤量する。(データ I)

ソックスレー抽出機のサイフォン部に上部を約5mm切った円筒濾紙を入れる。

これを抽出ビンをセットし上部から大型ロート等を用いて水分測定後のサンプルを円筒濾紙内へ入れる。(写真-7)

エーテルをサンプルの入っていたビーカー内に約30ml注ぎ、ガラス棒でビーカー壁に付いているサンプル片をそぎ取りながらエーテルとともに注ぎ入れる。この操作を3回以上行い、サイフォン内のエーテルがオーバーフローし、抽出ビンへ移ったのを確認する。

エーテルを直接、ロート壁を洗い流すように円筒濾紙内へ注ぐ。

脱脂綿で円筒濾紙に栓する。

これを55~60℃の温湯が入ったソックスレー抽出用ウォーターバスにセットし、16時間(以上)還流させる。(写真-8)

エーテルが揮発し、還流しなくなったら、冷却管上部から小型のロート等を用いてエーテルを注ぎ、再び還流させる。なお、この場合は、還流停止時間を考慮し、環流時間をやや長めにする。

還流終了後、抽出ビンをはずし、エーテル臭が無くなるまで放置する。

これを105℃の恒温乾燥機で2時間乾燥する。



写真-8 ウォーターバスで16時間(以上)
還流させる

これを乾燥後、るつぼ鉢を用いてデジケーターに素早く移し、放冷する。
放冷時間は概ね30~60分とする。

放冷後、科学天秤で秤量する。(データⅡ)

算出式

$$\text{粗脂肪含量(\%)} = (\text{Ⅱ} - \text{Ⅰ}) / \text{水分含量測定時のサンプル重量} \times 100$$

本手法はサンプルが水分測定後のものを用いることから使用可能なサンプル量が限られている場合に最適であると思われる。サンプルが十分ある場合はサンプルを円筒濾紙に入れて乾燥させたものを用いると良い。

(3) 粗蛋白質

蛋白質は動物筋肉において筋線維という構造をし、収縮する機能を持ち、生体内の生理機能を遂行するための成分である。

蛋白質は一般にアミノ基を持つため、濃硫酸とともに加水分解すると蛋白質中の窒素は硫酸アンモニウム((NH₄)₂SO₄)の形で硫酸中に存在し、これを水酸化ナトリウム(40%)とともに加熱蒸留するとNH₄が留出する。このNH₄をホウ酸水溶液(H₃BO₃)に吸収させ、既知の硫酸(N/10)で滴定し全窒素量を定量する。得られた窒素量は蛋白質中の窒素だけでなく、無機質のアンモニア態窒素も含まれていたため粗蛋白質と呼ぶ。一般的には窒素が約16%含まれることから窒素量を6.25倍して粗蛋白質とする。

分析方法

サンプルを約2g葉包紙に乗せ、科学天秤で重量を測定する。
(データⅠ)

サンプルを葉包紙で包み、ケルダール分解フラスコに入れ、分解促進剤(硫酸銅)1~5g、濃硫酸30ml、沸騰石を加える。

ドラフト内でこれを加熱分解する。
(1時間程度は弱火とし、溶液が透明になってから更に2時間程度加熱する。)

放冷後、メスフラスコ(容量:データⅡ)へ蒸留水で洗浄しながら移す。蒸留水と分解液が反応し、高温となるので注意する。

冷却後、蒸留水で標線までメスアップする。

ケルダール窒素蒸留装置(図-2)を用いて100ml三角フラスコに(a)に4%ホウ酸溶液を10ml、メチルレッド^{a)}及びブロムクレゾールグリーン^{b)}を2、3滴ずつ入れ、冷却管の先端が液内に入るように設置する。

^{a)}メチルレッド:メチルレッド100mgにエタノール100mlを加え攪拌する。

^{b)}ブロムクレゾールグリーン:ブロムクレゾールグリーン100mgにエタノール100mlを加え攪拌する。

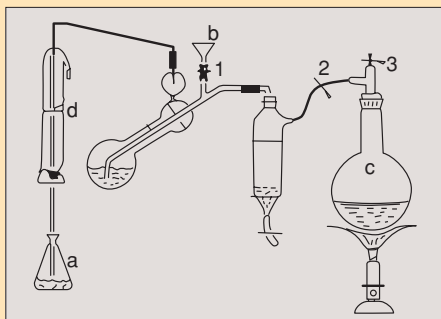


図-2 窒素蒸留装置(ケルダール法)
d:冷却管

分解液をピペットを用いて(容量:データⅢ)ロート(b)から入れ、蒸留水で水洗し、続いて40%水酸化ナトリウム溶液を20ml入れ水洗する。ただし、最初は分解液を入れずに蒸留を行い、ブランクを求める。(データⅣ)

直ちに、コック(1)を閉め、コック(2)を開き、コック(3)を閉める。

蒸留が始まりフラスコ(a)内の液が赤色から緑色に変色し、液量が70mlになったらフラスコ(a)を液面から離し冷却管の先端を水洗する。

その後、1分間蒸留を続け、再度冷却管の先端を水洗し、フラスコ(a)を外し、蒸留水のみが入ったフラスコと交換する。

バーナーの火をフラスコ(c)から遠ざけ、コック3を閉める。装置内が減圧され、内容液及び蒸留水が逆流して、排気管に流れ込み、これを排水して終了する。

フラスコ(a)をN/10硫酸(ファクター:データⅤ)で測定する。蒸留液の色がやや灰色の透明となった時点で終点とする。(データⅥ)

算出式

$$\text{粗蛋白質(\%)} = \left\{ 0.0014 \times (\text{Ⅵ} - \text{Ⅳ}) \times \frac{\text{Ⅱ}}{\text{Ⅲ}} \times \text{Ⅴ} \times \text{Ⅰ} \times 100 \right\} \times 6.25$$

最近では本分析の自動分析装置がいくつか発売され、各実施場所等で広く使用されている。そのうちの1例として筆者らが使用している装置を簡単に紹介する。

原理は前述したケルダール法と全く同じであり、約1gのサンプルを濃硫酸で分解し(写真-9)、TECATAR製、Kjeltec Auto 1030 Analyzer(写真-10)を用い、これを40%水酸化ナトリウムとともに蒸留し、流出した窒素(NH₄の形で存在)をホウ酸に吸着させN/10硫酸で滴定するものである。使用された硫酸の量から窒素量を測定し、サンプル量で除したものを粗蛋白質含量とする。



写真-9 加熱分解装置
(Tecater Digestion System20)



写真-10 窒素蒸留滴定装置
(Tecater Kjeltec Auto1030 Analyzer)

2

物質的性質

(1) 加熱損失

肉は加熱すると肉汁が排出される。この理由は1つには肉中の水分子の動きが活発となり、蒸発や滲出を起こす。もう1つは加熱により筋線維や結合組織等の蛋白質が変性し、保水力を低下させる。肉は加熱により“縮み”といった3次元構造の変化やフィラメント等の微細構造の崩壊(変性)が起こり、筋線維間や結合組織間に保持されていた水が排出される。

食肉を熱水で抽出した溶液は蛋白質、脂質、色素等の高分子化合物と非蛋白態窒素化合物、有機酸、ヌクレオチド、糖等の肉エキスから成っている。¹⁾

筆者らは黒毛和種去勢肥育牛47頭の主要6筋肉、計282サンプルを用い加熱損失と水分含量、粗脂肪含量、粗蛋白質含量、剪断力価との関係を調査した。この結果、水分含量、粗脂肪含量、剪断力価と相関係数がそれぞれ0.68、0.48、0.45と正の相関があり、(p<0.01)、粗脂肪含量と-0.66と負の相関があった(p<0.01)(表-8)。

これらの結果から、粗脂肪含量の高い牛肉は加熱による肉汁の損失が少なく、加熱調理後も風味の良い牛肉であると言える。

表-8 黒毛和種去勢肥育牛の加熱損失とそれらと水分含量、粗脂肪含量、粗蛋白質含量及び剪断力価との相関関係 (n=282)

	平均値	標準偏差	最高値	最低値	水分含量	粗脂肪含量	粗蛋白質含量	剪断力価
加熱損失	29.06	5.01	40.39	16.96	0.68**	-0.66**	0.48**	0.45**

**：1%水準で有意

分析方法

サンプル約50gを筋線維が明確になるように立方体状に切り出し(写真-11)、ビニール袋に形が崩れないよう入れる。(データ I)(写真-12)

これを70℃の温湯に入れ、1時間加温する。

その後、流水に30分浸し冷却する。

サンプル表面の肉汁の固まり等を流水で落とす。キムタオル等で表面を軽く拭き、表面の水分を取り除く。(写真-13)

重量を測定する。(データ II)

算出式

$$\text{加熱損失(\%)} = \{(I - II) / I\} \times 100$$



写真-11 サンプルに切り出し



写真-12 サンプルをビニール袋に入れ、水が入らないようにしぼる



写真-13 冷却後のサンプルの汚れを流水で軽く洗い流す

(2) 剪断力価

剪断力価は食肉の柔らかさを示す値として最も世界的に用いられている分析項目である。筋肉の筋線維に対して垂直方向に物理的圧力を加えて、切断される際の最大抵抗をもって剪断力価としている。

食肉の柔らかさは動物の種類、年齢¹¹⁾、部位、と畜の状態等により異なる。三橋ら¹²⁾は筋肉中の脂肪含量によっても異なり、脂肪含量の多いものは柔らかい傾向があると報告している。筆者らも同様に黒毛和種去勢肥育牛44頭の主要6筋肉計264サンプルを用い(表-9)粗脂肪含量との関係を調査した。その結果、剪断力価と粗脂肪含量との間には-0.46と有意な負の相関関係が見られ($p < 0.01$)、三橋らと同様の結果となった。また、それぞれの筋肉について粗脂肪含量と剪断力価との相関関係を調査した結果(表-10)、半腱様筋、半膜様筋、大腰筋、胸最長筋とでは1%水準で有意な負の相関関係が得られたのに対し、広背筋と棘上筋では有意な相関関係は得られなかった。この理由については明らかではないが、両筋肉とも筋肉内の脂肪の量に影響されることのない物理的特性を有するものと思われる。

また、主要6筋肉間の差についても検討した結果(表-11)胸最長筋が他の5筋肉より有意に柔らかい結果となった。逆に広背筋は他の5筋肉よりも有意に硬い結果となった。

一方、Swatlandは食肉の柔らかさは畜種等により時間や傾きは異なるが図-3のように考えられ、筋肉中のコラーゲン等の結合組織量が食肉の柔らかさに大きく影響を及ぼしていると述べている。この理論から筋肉内に紫外線を照射し、コラーゲン等の結合組織からの蛍光反射を測ることで肉の硬さ等の評価が可能であると報告している。^{13) 14) 15)}

表-10 黒毛和種去勢肥育牛の主要6筋肉の粗脂肪含量と剪断力価との関係(n=44)

	粗脂肪含量との相関係数
半腱様筋	-0.43**
半膜様筋	-0.46**
大腰筋	-0.50**
広背筋	-0.23
胸最長筋	-0.44**
棘上筋	-0.24
全筋肉 (n=264)	-0.46**

**：1%水準で有意

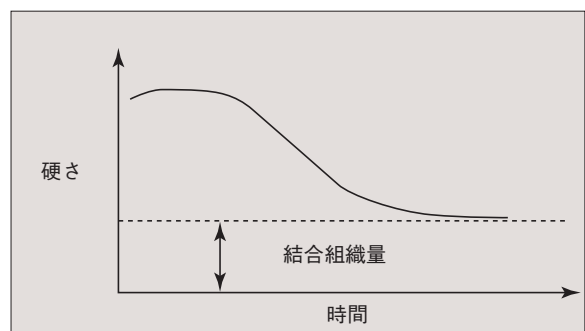


図-3 畜肉の硬さ、時間、結合組織量との関係

表-9 黒毛和種去勢肥育牛の主要6筋肉の剪断力価 (n=44)

	平均値	標準偏差	最高値	最低値
半腱様筋	7.29	1.34	11.57	4.97
半膜様筋	7.30	1.34	10.54	4.94
大腰筋	4.03	0.80	6.85	2.80
広背筋	8.09	1.68	12.00	5.38
胸最長筋	3.57	1.29	8.79	1.88
棘上筋	6.93	1.67	11.40	3.88

表-11 黒毛和種去勢肥育牛の主要6筋肉の剪断力価の差の検定

	半腱様筋	半膜様筋	大腰筋	広背筋	胸最長筋	棘上筋
半腱様筋						
半膜様筋	ns					
大腰筋	**	**				
広背筋	**	**	**			
胸最長筋	**	**	*	**		
棘上筋	ns	ns	**	**	**	

** : 危険率1%で有意差有り * : 危険率5%で有意差有り ns : 有意差なし

分析方法

加熱損失測定後のサンプルを用いて、付属(直径1.2cm)のコアを用いて筋繊維と平行に回転させながらくり抜く。(写真-14)
 しかし、付属のコアでくり抜くとサンプルの中央部の筋線維構造が崩れてしまい、同一断面積のサンプルが作成できないことが多い。
 このことから、サンプルの周囲をナイフ等で切り落としてから、筋線維し垂直断面積が $1 \times 1 (1 \text{ cm}^2)$ となるように切断し、サンプルとすることが多い。
 サンプルは4個以上作成する。(写真-15)

これをWarner-Bratzlerの剪断力価計(写真-16)によりサンプルが切れるときの抵抗を測定する。(写真-17)
 表示はポンド(lb)で表すのが一般的である。

算出方法

4つ以上の測定値で、最低値と最高値を除いたデータを平均する。



写真-16 Warner-Bratzler剪断力価計



写真-14 剪断力価測定用コア



写真-15 剪断力価測定用サンプルの切り出し



写真-17 サンプルの切断このときの最大抵抗を剪断力価とする

最近、国内では人間が加熱肉を食したときに感じる食感をより表していると言われていたテンシプレッサーにより食肉の柔らかさ等の物性の測定を行うことも行われている。¹⁶⁾¹⁷⁾ (写真-18)



写真-18 テンシプレッサー(タケモト電機製)



(3) 保水力(加圧濾紙法)

筋肉に最も多く存在している成分は水分である。そのうちほとんどは自然状態、加圧、加熱等の物理的影響により排出される可能性のある水分である。この水分を肉中に保持させる能力を保水力という。

保水力は肉の食味性に大きく影響を与えており、保水性の低い食肉は噛んだときに肉汁が出てしまい、ぱさぱさした感触となるため食感が悪い。また、同時に呈味成分も出てしまい風味も悪くなる。

保水性はと畜時の条件が大きく左右し、pH等とも関係が深いと言われていた。¹⁸⁾¹⁹⁾

保水力の測定方法は加圧濾紙法の他に遠心分離により強制的に肉汁を排出させ、その量から保水力を測定する遠心分離法、石膏や濾紙に肉汁を吸引させ、その量から保水力を測定する吸引法、食肉を冷蔵庫内で放置し自然に流出する肉汁を測定し、その量から保水力を測定するドリップ法などがある。それぞれの測定法には長所・短所があるため、目的、測定時間、必要器具などを勘案し測定方法を選定していただきたい。

分析方法

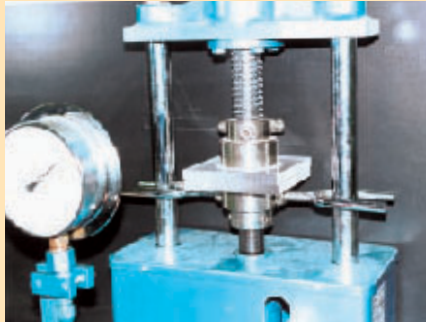


写真-19 サンプルをアクリル版に挟み加圧計で35kg/cm² fの圧力で1分間加圧する



写真-20 加圧後、肉片の輪郭を描く

濾紙の重量を測定し0.45～0.55gのものを使用する。

サンプルを筋線維方向が短くなるように切り出し、重量を0.45～0.55gの範囲内とする。

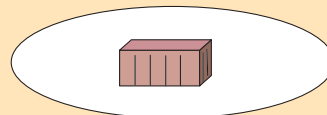
これを濾紙の上に乗せ(図-4)アクリル版で挟み、加圧計で35kg/cm²fの圧力で1分間加圧する。(写真-19)

肉片の輪郭(写真-20)を鉛筆等でなぞり、濾紙を破かないようにアクリル版からはがす。

肉汁面積(データⅠ)と肉片面積(データⅡ)を画像解析装置やデジタルタイザー等で測定する。

算出式

$$\text{保水力} = \{1 - \{(I - II) \times 9.47 / \text{肉の水分含量(mg)}\}\} \times 100$$



濾紙
No.2 7cm

図-4 濾紙の上にサンプルの線維方向を垂直に置く

3

脂肪の質

(1) 脂肪酸組成

人や豚等の非反芻動物のエネルギー供給は食物からの糖を主原料として行われている。一方、牛等の反芻動物はルーメン内微生物の作用で生産される酢酸やプロピオン酸等の揮発性脂肪酸によってほとんどがまかなわれている。過剰なエネルギーは脂肪酸に合成され、蓄積される。脂肪酸合成は非反芻動物ではほとんどが肝臓であり、反芻動物ではほとんどが脂肪組織である。

反芻動物の場合、植物由来の食物がほとんどであり、その中にはリノール酸(C18:2)やリノレン酸(C18:3)等不飽和脂肪酸が多量に含まれている。しかし、これらの脂肪酸はその多くがルーメン内微生物の影響により水素添加されステアリン酸(C18:0)等の飽和脂肪酸に

変換され、体内に吸収される。一方、非反芻動物は食物中の脂肪をほとんど変換することなく、体内に吸収する。²⁰⁾このことを利用し豚等では人体に有効とされる魚油等の油脂を飼料中に混ぜ、筋肉・脂肪中に蓄積させることで、差別化商品の開発に取り組んでいる報告も見受けられる。²¹⁾²²⁾

動物の脂質は皮下、筋間、腎臓周囲等の蓄積脂肪と筋肉、臓器等の組織脂肪に分類される。蓄積脂肪のほとんどはアシルグリセロールと脂肪酸がエステル結合したトリアシルグリセロールから成る中性脂質である。一方、組織脂肪、特に細胞の膜組織に存在し、蛋白質とともに生体膜の主要な構成成分となっているのがリン脂質である。リン脂質はグリセロールと脂肪酸のエステルにリン酸等が結合したものである。これらの2つの脂質の性質は結合している脂肪酸の種類と組成によって決定する。

動物の脂肪の性質は品種⁵⁾⁶⁾、雌雄、飼養環境²³⁾の条件、部位²¹⁾²⁴⁾等により大きく変化する。また、季節により脂肪酸組成も変動するという報告もある²⁴⁾。牛の体脂肪の構成脂肪酸は先に述べた条件により異なるが、多くがオレイン酸(C18:1)であり、その割合(組成)は40~50%程度である。

井上ら²⁵⁾は黒毛和種×ホルスタインで生産された交雑種肥育牛100頭を用い、その胸最長筋の脂肪酸組成における黒毛和種の種雄牛の違いについて報告している。この中で胸最長筋のミリストレイン酸(C14:1)、パルミチン酸(C16:0)、オレイン酸(C18:1)及び全不飽和脂肪酸を全飽和脂肪酸で除した値(US/S)において種雄牛間で差が見られ、さらに同じ系統においても差があると報告している。

分析方法



写真-21 分液ロートにロートを用いて生食を入れておく

サンプル量、脂肪酸のメチルエステル化の手法、ガスクロマトグラフィーの機種や条件は実施者により様々である。ここでは家畜改良センターで行っている手法を示すこととする。

分液ロートにロートを用いて生理食塩水を約20ml入れる。(写真-21)

1(3)で示したミンチもしくは冷凍サンプルを用い、サンプルを筋線維が短くなるように細切りし、遠沈管に入れる。(サンプル量は極僅かでも構わないが、あまりに少ない場合は、データがその筋肉を代表しているか疑問であるため、約1gが適当である。ただし脂肪酸組成を測定する場合は重量を量る必要はない。)

これにクロロホルム：メタノール溶液(V：V=2：1、BHT^{a)})：50ppmを含む、以下クロメタ)を20~30ml加え、ホモジナイザーでホモ化し、分液ロートにロートを用いて入れる。これを2~3回行い、総量で約50mlとする。

a). 抗酸化剤

これをシェーカー等で激しく攪拌し、サンプル中の脂肪をクロメタに充分溶かす。



写真-22 硫酸ナトリウム(無水)を満したロートを通して下層(クロメタ層)をフラスコに移す

分液ロートを静置し、下層(クロメタ層)を硫酸ナトリウム(無水)を満したロートを通じてなす型もしくは梨型フラスコに移す。(写真-22)

これをエバポレーターでクロメタを取り除き、脂質分のみとする。このうち極少量を残し、余分な量を取り去る。

これに1N水酸化カリウムエタノール溶液5ml入れ、冷却管を取り付け沸騰しない程度(約95℃)の温湯中で約1時間反応させる。(ケン化)

数十秒間(管壁に白い輪が出来る程度まで)、エバポレーターでエタノールを取り除く。

これに蒸留水を3~5ml加え、共栓付き試験管(25ml)に移す。これを2、3度行い、総量で10~15mlとする。

これにエーテルを約10ml加え、栓をして激しく攪拌する。(不ケン化物の除去)

2層に分かれるまで静置し、上層(エーテル層)をピペットで取り去る。再度エーテルを入れ同様の操作を再度行う。

これに6N硫酸1mlと石油エーテル約10ml加え、栓をして激しく攪拌する。(脂肪酸の生成・採取)

2層に分かれるまで静置し、上層(石油エーテル層)をピペットで別の共栓付き試験管に移し替える。再度石油エーテルを入れ、激しく攪拌し同様の操作を行う。

これに蒸留水を約3ml加え栓をして激しく攪拌する。(余分な硫酸の除去)

2層になるまで静置し、上層を硫酸ナトリウム(無水)を満したロートを通して梨型フラスコに移す。

これをエバポレーターで石油エーテルを取り除く。

これに3フッ化ホウ素メタノールを1ml加え、冷却管を取り付け約95℃の温湯で5分間反応させる。(メチルエステル化)

反応後、水道水等で冷却し飽和食塩水を約3ml加え、反応を止める。

これにn-ヘキサン約5ml加え、管壁を洗いながら共栓付き試験管(25ml)に移す。この操作を2、3度行い、総量を約20mlとする。

これを激しく攪拌し、2層に分かれるまで静置する。

上層(n-ヘキサン層)を硫酸ナトリウム(無水)を満したロートを通してなす型フラスコへ移す。再度、n-ヘキサンを約20ml加え、同様の操作を繰り返す。

これをエバポレーターでn-ヘキサンをほぼ全量取り除き、極少量残す。

これをマイクロチューブ等に移し、ガスクロマトグラフィー(写真-23)で分析する。即時分析を行わない場合は冷凍保存しておく。



写真-23 ガスクロマトグラフィー
(GLサイエンス製GC-380)

ガスクロマトグラフィーの分析条件

- ・ガスクロマトグラフィー：GC-380 (GLサイエンス製)
- ・検出器：FID
- ・カラム：CP-SiLi 88 WCOT 0.25mm×50m
- ・オープン温度：150℃
- ・インジェクション及びFID温度：220℃

脂肪酸の同定および計算

脂肪酸の同定には既知の脂肪酸のメチルエステルガスクロマトグラフィーで分析し、検出された脂肪酸のピークのリテンションタイム(検出された時間)を確認する。このリテンションタイムと未知のサンプルを分析したときに得られる脂肪酸のピークのリテンションタイムとを比較し同定する。

同定した脂肪酸のピーク面積を百分率で表し、脂肪酸組成とする。同定する脂肪酸は少なくともC14:0、C14:1、C16:0、C16:1、C18:0、C18:1、C18:2の7種類は同定しておきたい。

(2) 脂肪の融点(上昇融点法)

脂肪の融点はその脂肪の脂肪酸組成によって決定される。脂肪酸組成の不飽和脂肪酸の割合が多いほど融点が低い³⁾。個々の脂肪酸の融点は表-12のようになっている²⁶⁾。

蓄積脂肪では腎臓周囲脂肪、筋間脂肪、皮下脂肪の順で融点が低くなる。また、筋間脂肪や皮下脂肪では部位によっても異なり、同じ皮下脂肪でも脂肪層が体表に近いほど融点は低くなる²⁾。黒毛和種肥育牛の皮下脂肪の融点は低いものでは20℃程度のものも存在する。

表-12 脂肪酸の融点

脂 肪 酸	融 点 (℃)
ミリスチン酸 (C14:0)	53.9
パルミチン酸 (C16:0)	63.1
パルミトレン酸 (C16:1)	-0.5~+0.5
ステアリン酸 (C18:0)	69.6
オレイン酸 (C18:1)	12~16
リノール酸 (C18:2)	-5.2~-5.0
リノレン酸 (C18:3)	-11.3

分析方法



写真-24 脂肪を細切し、濾紙を敷いたロートに置くこれを加熱抽出し、三角フラスコで受ける

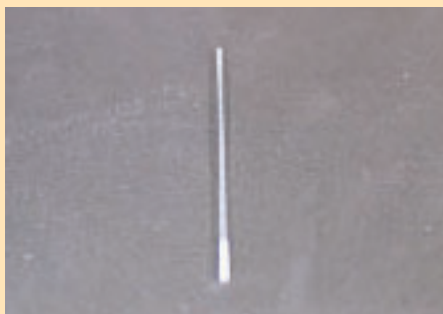


写真-25 融点用毛細管に加熱抽出した脂肪を吸い上げる

サンプルを細切し、濾紙を敷いたロートにのせ、三角フラスコで受ける。(写真-24)

これを105℃の恒温乾燥器で4時間、加熱抽出する。

あらかじめ、1cmのところを印を付けておいた毛細管を解け出した脂肪に漬け、印(1cm)まで脂肪を毛細管現象により吸い上げる。本数は1サンプル当たり8~10本作ると良い。これを1晩約-30℃の冷凍庫で保存する。(写真-25)

前日準備した毛細管を融点用温度計(0.1℃目盛り)にセロハンテープ等で取り付け、水の入ったビーカーに浸す。(写真-26)

これを2分間で1℃上昇するようにセットしたホットスターラーで加熱する。測定開始時の温度は予想される融点の約7~10℃低い温度から始めると良い。

毛細管中の脂肪が溶け、毛細管内の1cm上昇したときの温度を融点とする。1サンプルについて1℃以内に5本以上収まっていればよい。これらの平均値を求め融点とする。



写真-26 毛細管を融点用毛細管に取り付けホットスターラーで徐々に加熱する

4

光学技術の利用

最近、これまで示してきた分析方法に変わりより簡易で迅速な分析方法の開発が盛んに行われている。特に光学技術を用いた非破壊分析技術開発が盛んである²⁶⁾²⁷⁾。光は波長の長さにより図-5のように分類される。物質はある波長の光に対して特有の反射や吸収を示す。この原理を利用し分析を行うものである。

例えば紫外線はコラーゲン等の結合組織に対し蛍光反射する。可視光線や近赤外線は物質の定量や筋肉の微細構造の変化を測定することが可能である²⁹⁾³⁰⁾。

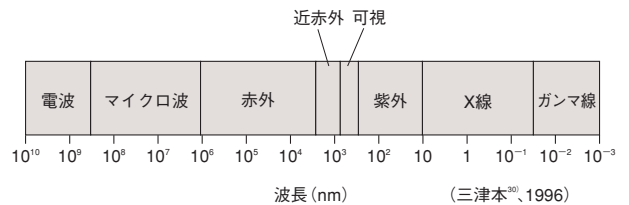


図-5 波長による光の分類

(1) 近赤外線分析

近赤外線分析方法(写真-27)は現在では食品分野等の品質評価において広く用いられている。測定方法はサンプルをホモ化し、これに近赤外線を照射することで得られる反射もしくは透過光を測定し、定量するものである。

筆者らも牛肉をミンチにし、専用の大型セルを用い(写真-28) 400~2500nmの可視光線から近赤外線の反射光から、水分含量、粗脂肪含量、粗蛋白質分量の測定が可能であることを証明した。(表-13)

また、最近では三津本ら³¹⁾が牛ブロック肉に光ファイバーを用いて近赤外線を照射し、その内部反射光から水分含量および粗脂肪含量等の測定が可能であると報告している。

表-13 牛ミンチ肉を用いた近赤外線反射光と分析項目との関係 (n=135)

	第1波長	第2波長	第3波長	第4波長	重相関係数
水分	1714	1780	2114	—	0.97
粗脂肪	1714	1402	1804	—	0.99
粗蛋白	1710	1508	754	—	0.90
加熱損失	1338	1590	2066	1490	0.77
剪断力価	1736	2250	1288	1810	0.73



写真-27 近赤外線分析装置(ニレコ製6500)



写真-28 高水分・高脂肪用大型セル

5

筋線維の特徴 (Succinate dehydrogenase; SDH染色)

「1. 1の筋肉の構造」の中でその立体構造を述べた。筋線維の特徴は肉質の物理的特性などを解明するため古くから研究されてきた。これまで品種の特徴、性差、飼養管理、成長等と筋線維との関係について研究され、それぞれの筋線維の特徴が多数報告されてきた。

骨格筋は形態学および機能的な異質性があり、そのタイプはクエン酸脱水素酵素の活性の強弱により赤色(R)と白色(W)に分類できる。さらにmyosinATP活性の強弱により α と β に分けられる。これらの組み合わせにより赤色筋線維(β R)、白色筋線維(α W)、中間筋線維(α R)に分類される。赤色筋線維はミトコンドリアが多く、筋収縮に必要なATPが十分供給されるので赤色筋線維は収縮運動は遅いが長時間の収縮が可能である。白色筋線維はミトコンドリアがほとんど無いため収縮時間は短く、疲れやすい。

サンプル採取及び保存

サンプルは筋肉の一定の場所を決めて、 $1 \times 1 \times 1$ cmを切り出す。

このとき筋線維が垂直(図-4参照)となるように切り出すと凍結切片の作成がしやすくなる。

これをサンプル番号とともにアルミホイルにそっと包み、液体窒素内でサンプルが浮かなくなるまで十分凍結させる。

これを切片作成時まで凍結精液保管器等液体窒素内で保管すると良い。

-30℃以下の冷凍庫での保存も可能であるが長期保存すると周囲が乾燥する恐れがある。

基質反応液の作り方

コハク酸(Ⅱ)ナトリウム：40~60mg(83mg)

ニトロソブルーテトラゾリウム：4mg/mlを15ml(100mg/25ml)

リン酸緩衝液(0.2M pH7.4)：10ml(17ml)

蒸留水：25ml(42ml)

これらを混合する。

()内量はニトロソブルーテトラゾリウム100mg(市販量)利用の場合、染色バット1杯分量

包埋剤の作り方

ゼラチン：7g

蒸留水：42ml

グリセリン：50g

結晶石炭酸(フェノール)：0.5g

これらを温めながら混合する。

分析方法

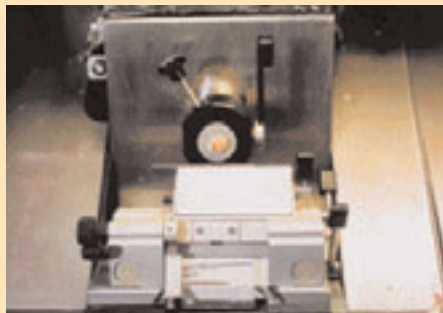


写真-29 クリオスタット内のステージにサンプルを設置



写真-30 顕微鏡と画像解析装置を接続

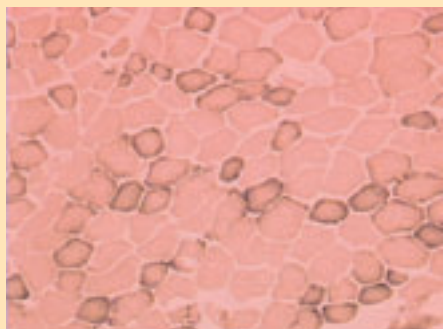


写真-31 牛肉の筋線維
濃い紺色の筋線維が赤色筋、染色されていない筋線維が白色筋、中間的染色の筋線維が中間筋

凍結切片の作成

クリオスタット(凍結切片作成器)の庫内の温度は脂肪が無い場合-14~-16℃、脂肪が多い場合-16~-18℃が好ましい。

庫内温度が上記設定値になったらサンプルを庫内に15分程度置き温度平衡させる。

ステージに低温接着剤を付けサンプルの筋線維が垂直となるように置く。(写真-29)

サンプルが取れないのを確認後、上面を荒削りしてから8μm程度の厚さで切片を切る。

切片は室温のスライドガラスに押しつけ接着させる。

これを顕微鏡で線維がほぼ垂直に切れているか確認する。

これを37~40℃の基質反応液に30~40分浸せきする。

軽く水洗いし、37~40℃の10%ホルマリン液に5~10分浸せきする。

軽く水洗いし、風乾する。

包埋剤を一滴落とし、カバーガラスをかぶせる。

筋線維の測定

顕微鏡は10×10倍とし、顕微鏡CCDカメラから画像解析装置に接続させる。(写真-30)

測定画面は隣り合う3画面以上、測定筋線維の総数が100本以上を最低の測定としたい。

筋線維を完全な垂直方向に切ることは非常に難しいので、測定はそれぞれの筋線維の短径値をその筋線維の太さとする。

引用文献

- 1) 細野明義、鈴木敦士、1989.畜産加工、38-69.朝倉書店
- 2) 有馬俊六郎他、1981.畜産食品193-225.文永堂
- 3) 農林水産省技術会議事務局、研究成果193(食肉の理化学的特性による品質評価基準の確立)、1987
- 4) Hamm, R.: Fleischwirts, 18, 856, 1966
- 5) Xie, Y.R., Busboom, J.R., Gaskins, C.T., Johnson, K.A., Reeves, J.J., Wright, R.W. and Cronrath, J.D. 1966. Meat Sci., 43, 167.
- 6) Zembayashi, M. and Nishimura, K. 1996. Meat Sci., 43, 83.
- 7) May, S.G., Savell, J.W., Lunt, D.K., Wilson, J.J., Laurenz, J.C. and Smith, S.B. 1994. J.Anim. Sci., 72, 3110.
- 8) Zembayashi, M., Nishimura, K. Lunt, D.K. and Smith, S.B. 1995. J.Anim. Sci., 73, 3325.
- 9) Enser, M., Hallett, K., Hewitt, B., Fursey, G.A.J. and Wood, J.D.1996.Meat Sci., 42, 443.
- 10) 道後泰治、鳥飼善郎、1992.兵庫中央技研報、28,7.
- 11) Shorthose, H.R. and Harris, P.V.1990. J.Food Sci., 55,1.
- 12) 三橋忠由、三津本充、山下良弘、1987.中国農研報、1,51.
- 13) Swatland, H.J., Gullet, E., Hore, T. and Battenham, S. 1995. Food Research International, 28, 23.
- 14) Swatland, H.J., Nielsen, T. and Andersen, J.R. 1995. Food Research International, 28,403
- 15) Swatland, H.J. 1992. Computers and Electronics in Agrivulture, 7,285.
- 16) 小堤恭平、小沢忍、千国幸一、小石川常吉、中井博康、池田敏雄、安藤四郎、吉武充、1988. 日畜会報、59,590.
- 17) 柳原一美、矢野幸男、中村豊郎、中井博康、田邊亮一、1995.日畜会報、66,160.
- 18) 入江正和、1993.食肉の科学、34,1.
- 19) 鮫島邦彦、1987.食肉の科学、28,151.
- 20) St. John, L.C., Young, C.R.,Knabe, D.A., Thompson, L.D., Schelling, G.T., Grundy, S.M. and Smith, S.B. 1987. J.Anim. Sci. 64,1441.
- 21) 入江正和、崎元道男、藤谷泰裕、町田登、1990.日畜会報、61,771.
- 22) 崎元道男、入江正和、藤谷泰裕、町田登、1990.日畜会報、61,780.
- 23) 三橋忠由、北村豊、三津本充、山下良弘、小沢忍、1988.中国農研報、3,71.
- 24) 石田光晴、武田武雄、齋藤孝夫、鹿野裕志、松本忠、高橋功、1988.日畜会報、59,496.
- 25) 井上慶一、平原さつき、撫年浩、藤田和久、山内健治、2002.日畜会報、73 (3) ,381.
- 26) 入江正和、1989.畜産の研究、43,793.
- 27) 入江正和、1993.日本食品工業会誌、40,747.
- 28) 入江正和、1991.畜産の研究、45,1375.
- 29) Oh, E.K., Gro β klaus, D. 1995. Meat Sci, 41、157.
- 30) Swatland, H.J.,1995. Food Research International, 28,153.
- 31) 三津本充、1996.農業生産技術管理学会誌、3,21.

謝 辞

本マニュアルを執筆するに当たり御助言いただいた大阪府立食とみどりの総合技術センター入江博士をはじめとする多くの方々に感謝申し上げます。

あとがき

畜産技術協会では、平成9年度から13年度において農林水産省の補助による畜産振興総合対策の肉用牛高度肥育技術確立推進事業を実施した。この事業において畜産技術協会は毎年度の事業報告書とともに、肉用牛生産の低コスト化と高品質化を図る効率的な肥育技術の確立という喫緊の課題に対応する多くの技術マニュアルを作成し、その中で平成10年度に家畜改良センター技術部技術第2課の方々にご執筆いただいた「牛肉の品質評価のための理化学分析マニュアル」を作成した。

この事業の畜産技術協会が実施する事業推進部分は平成14年度から、(財)全国競馬・畜産振興会の畜産振興対策支援事業の飼養管理新技術確立普及推進事業において実施するものとされている。一方、都道府県が参加する従来からの共同試験は農林水産省の補助事業による生産振興総合対策において実施され、畜産技術協会は共同試験を円滑に推進するため、推進会議を開催し、これに都道府県の参加を求めて共同試験の推進についての検討及び情報の交換を行っている。

この事業の一環として畜産技術協会は、家畜改良センター等に蓄積された情報・知見により「牛肉の品質評価のための理化学分析マニュアル」を増補・改訂し、「牛肉の品質評価のための理化学分析マニュアルVer. 2」として作成することとした。

これらが、稲発酵粗飼料給与による肉用牛肥育共同試験等を実施するのにお役に立てば幸いである。

なお、本マニュアル改訂に当たられた本事業の推進委員会委員の独立行政法人家畜改良センターの撫年浩氏に深く感謝の意を表する次第である。

平成15年3月

社団法人 畜産技術協会

JRA 畜産振興助成事業
畜産振興対策支援事業
飼養管理新技術確立普及推進事業
マニュアル 14-1

平成15年3月

社団法人 畜産技術協会