

生理学的成熟度による月齢判別に関するフォローアップについて

I 経緯

1. 米国産牛肉の生理学的成熟度による月齢判別については、「牛の月齢判別に関する検討会」において技術的な検討が行われ、2005年2月8日に公表された報告書がとりまとめられたが、留意事項として、「21ヵ月以上の牛由来の枝肉を排除するための基準としてのA40の有効性を確認するため、追加的検証または実施後のフォローアップが必要である」との指摘がなされた。
2. この留意事項を踏まえ、米国側に実施後のフォローアップを要請していたところ、今般、フォローアップ研究の報告書が米国側より提出された。

II 報告書の概要

1. 研究の目的

2004年11－12月に収集された月齢の明らかな牛の枝肉の生理学的成熟度と月齢との関連性を決定する研究(2005年2月公表：以下、「オリジナル研究」という。)により、生理学的成熟度A40が、全ての対日輸出牛肉製品が20ヵ月齢以下の牛由来であることを保証する適切な境界であると認められたが、本研究は、オリジナル研究の結果を検証するために実施されたものである。

2. データの収集方法

(1) 月齢データ

- ① 月齢が確認できる牛991頭の枝肉の生理学的成熟度データを収集。ただし、1ロット125頭は個体ごとの生年月日ではなく、グループ生年月日(群の中で最も早く生まれた個体の生年月日を群の生年月日として取り扱う。群内の生年月日の差は最大で54日)
- ② 991頭のうち、823頭が20ヵ月齢以下、168頭が21ヵ月齢以上であり、グループ生年月日で月齢を計算した125頭は全て21ヶ月齢以上

(2) 生理学的成熟度データ

- ① 格付け官による偏りを防ぐため、10人の格付け官が991頭の枝肉を評価
- ② 格付け官のブラインド性(月齢情報を知ることなく生理学的成熟度を評価すること)を確保するために、月齢情報のない牛枝肉も混入してデータを収集

(3) 品種・性別区分データ等

- ① 品種は、22%が英国種(アンガス、ヘレフォード等)、78%が英国種とヨーロッパ大陸種(シャロレー、リムジン、シンメンタール等)の交雑種
- ② 性別は、66%が雄、34%が雌
- ③ 育成期の飼養方法は、ドライロット(舎飼いによる育成)のものが76%、放牧による育成が16%、両者の組み合わせによる育成が8%

3. 結果

- ① 生理学的成熟度の平均(数値に換算したものは、20ヵ月齢以下で158.5 (A50に相当)、21ヵ月齢以上では179.3(A70に相当))
- ② オリジナル研究と同様、21ヵ月齢以上の牛由来の枝肉がA50未満(A40以下)に評価されることはなかった。
- ③ オリジナル研究と今回の研究データを総合して、ノンパラメトリックな手法を用いた分析を行った結果、21ヵ月齢以上の牛由来の枝肉がA40以下に評価される可能性は、99%の信頼度で1.89%(19~20ヵ月齢までにA40以下が確認されなかったという事実を用いた事後解析によれば0.316%)
【同じ手法で計算したオリジナル研究の結果は、1.92%(事後解析0.318%)】

4. 結論

本研究で得られたデータは、オリジナル研究の結果を裏付けるものであり、生理学的成熟度A40は、全ての対日輸出牛肉製品が20ヵ月齢以下の牛由来であることを保証する適切な境界である。

Ⅲ 本研究に対する「牛の月齢判別に関する検討会」委員の評価

米国側より提出された報告書について、「牛の月齢判別検討会」委員各位に検証を依頼したところ、今回のフォローアップ研究の結果をもってオリジナル研究の結果が変わるとは考えられないとの意見が出され、「生理学的成熟度A40は、全ての対日輸出牛肉製品が20ヵ月齢以下の牛由来であることを保証する適切な境界である。」との結論について異存はなかった。

総合的成熟度月齢分布表 (米国側提出報告書より)

米国産牛肉
輸入条件

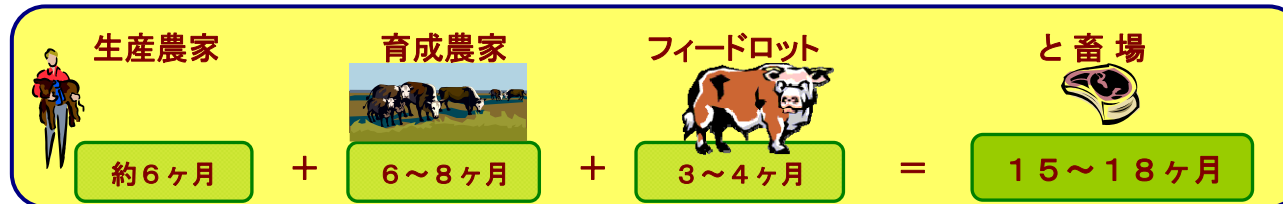
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	合計
A20			1	1	1																3
A30			3	1	47	6		3													60
A40		5	37	50	103	74	4	11													284
A50	1	13	80	126	93	151	106	10	18	10	19		6								633
A60		5	108	335	204	102	171	105	297	39	69		36								1471
A70		3	47	149	141	24	90	125	441	47	89		64								1220
A80		1	1	15	11	3	16	56	218	55	39	11	17	2				2	1	1	449
A90			1	4	12	2	5	1	36	14	17	1	3	4			1	2			103
B00≤				17	7	6	2	3	33	4	9	6	9	5		2		2	1		106
合計	1	27	278	698	619	368	394	314	1043	169	242	18	135	11	0	2	1	6	2	1	4329

日本向け牛肉等の条件

(参考資料 2)

- 特定危険部位 (SRM) はあらゆる月齢から除去
- 輸出される牛肉は20か月齢以下と証明される牛由来であること
(月齢の確認方法:
①生産記録 ②生理学的成熟度 (A40以下)。)
- 日本向け牛肉が、処理から出荷まで他の牛肉と識別されること。

月齢判別方法について(米国の例)



20か月齢以下の牛の月齢の確認

出生記録を利用

- 個体毎の月齢証明
生産農家の出生記録
- 群毎の月齢証明
同じシーズンに生まれた牛を群で管理
(群で最初に牛が生まれた日付をその牛が含まれる群全ての牛の出生日とする)

牛肉の格付制度を利用

- 枝肉の生理学的成熟度
 - ・肉質等級の格付の際、牛の生理学的成熟度についても判定し、総合的に格付を実施。
 - ・若い牛からA、B、C、D、Eと5段階に区分。さらに各区分ごとに、00、10、20、、、100までに分かれ、数字が少ないほど、月齢が若いと判断。

A40以下=20か月齢以下

月齡判別方法について

◇牛の月齡判別に関する検討会報告書 (概要 平成17年2月公表)

(4) 総合的な評価

A40の評価決定ポイントは高い精度での判別が可能。
牛枝肉の生理学的成熟度を客観的に判別する基準としては適当。

＜留意すべき事項＞

- 仮にA40を基準として採用する場合には、
 - ・A40の評価決定ポイントの明確化、検査官への周知徹底
 - ・評価結果の記録・保存が必要
 - 輸出プログラムに反映
 - ・追加的な検証又は実施後のフォローアップが必要

○ 米国農務省の最終報告書 表1 成熟度Aにおける成熟度の特徴

	A00	A40	A50	A100
脊柱全体	脊柱全体に軟骨の形跡	脊柱全体に軟骨の形跡	脊柱全体に軟骨の形跡	
仙椎	はっきりした分離	明確な分離、上部に相当の軟骨の形跡	分離、上部に軟骨の形跡	完全に融合
腰椎	骨化なし	上部が部分的に骨化	上部がほぼ骨化	ほとんど完全に骨化
胸椎	骨化なし	骨化なし	骨化なし	多少骨化の形跡
脊柱の断面	柔らか、多孔質、非常に赤い	柔らかい傾向、多孔質、赤	やや柔らかい傾向、多孔質	わずかに柔らかい、わずかに赤い
肋骨	わずかに平坦になる傾向	平坦になる傾向	やや平坦に、また狭くなる傾向	わずかに幅広く、わずかに平坦
赤身の質感と色	非常に繊細、明るい灰赤色	非常に繊細、明るい赤色	非常に繊細、やや明るい赤色	繊細、やや明るい赤色

○ 米国農務省からの追加情報：生理学的成熟度の判別に係るガイドライン
成熟度Aにおける成熟度の特徴

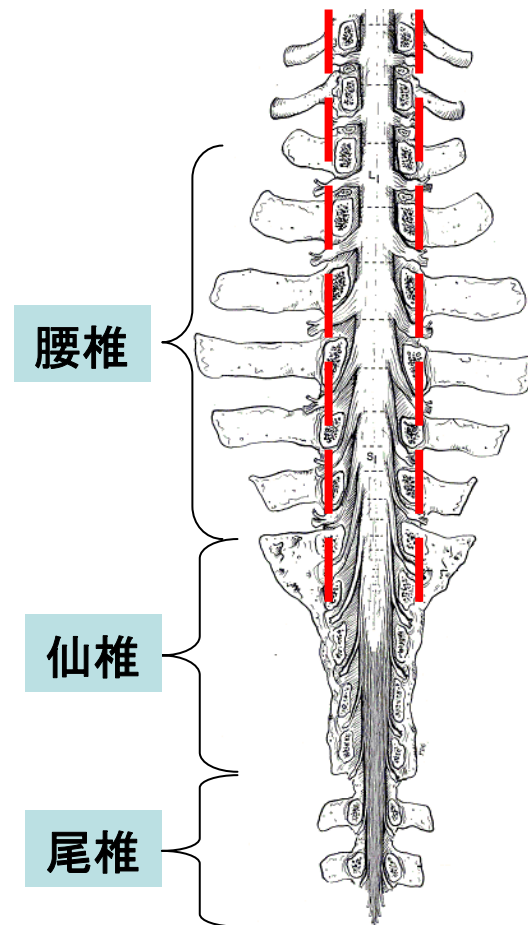
	A00	A40	A50	A100
腰椎	骨化なし	上部が部分的に骨化	上部がほぼ骨化	ほとんど完全に骨化
仙椎	はっきりした分離	明確な分離、上部に相当の軟骨の形跡	分離、上部に軟骨の形跡	完全に融合
赤身の質感と色	明るい灰赤色	明るい赤色	やや明るい赤色になる傾向	やや明るい赤色

評価決定ポイントの明確化

生理学的成熟度 A の主な特徴

	A40	A50
腰椎	上部が <u>部分的に</u> 骨化	上部が <u>ほぼ</u> 骨化
仙椎	○ <u>明確な</u> 分離 ○上部に <u>相当の</u> 軟骨の形跡	○分離 ○上部に軟骨の形跡

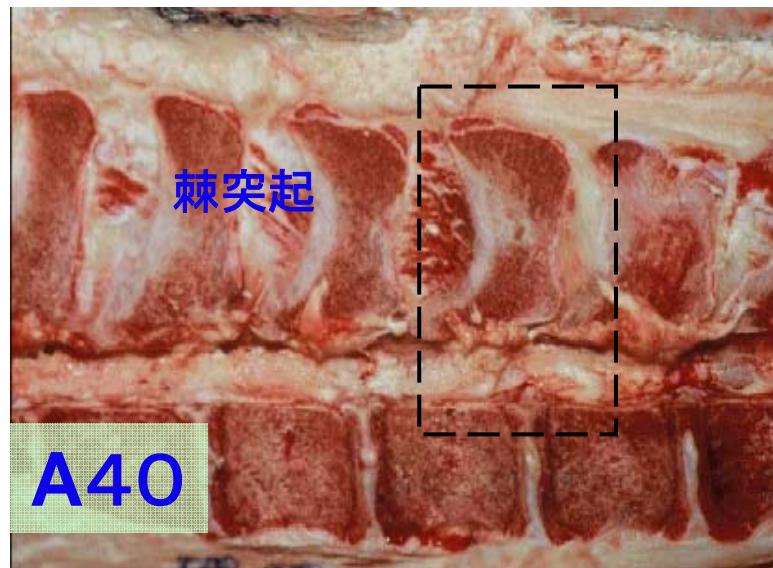
牛せき柱背側断面
模式図(腰椎以降)



腰椎の評価(骨化について)

A40: 上部が部分的に骨化

A50: 上部がほぼ骨化

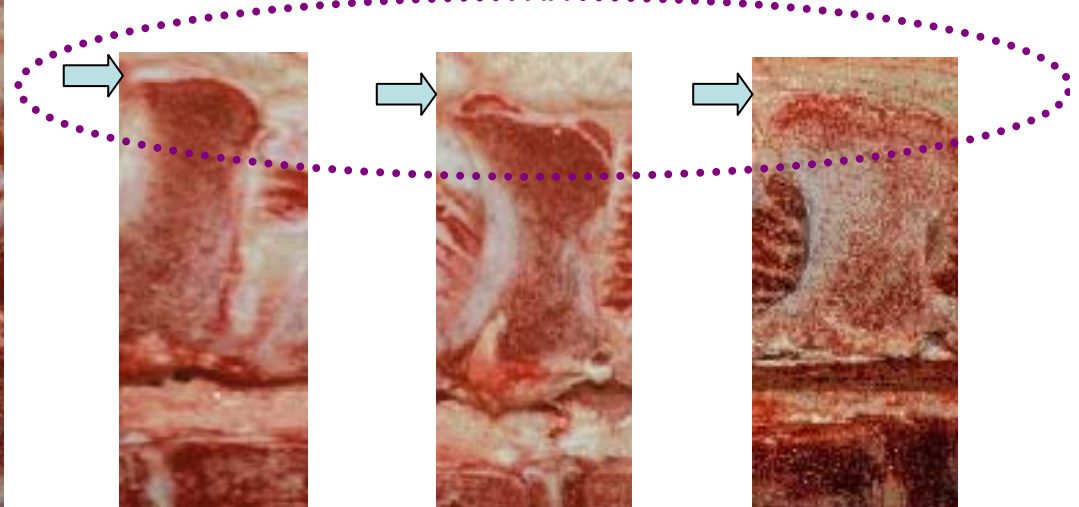


(←頭部)

○骨化とは、
軟骨(軟らかく、白色)→硬骨(硬い骨)

○腰椎の場合、棘突起上部の軟骨が
評価決定ポイント

棘突起上部の軟骨



A30

A40

A50

軟骨だけ

白色の部分
が軟骨

部分的に骨化

赤色の部分が
骨化

ほぼ骨化

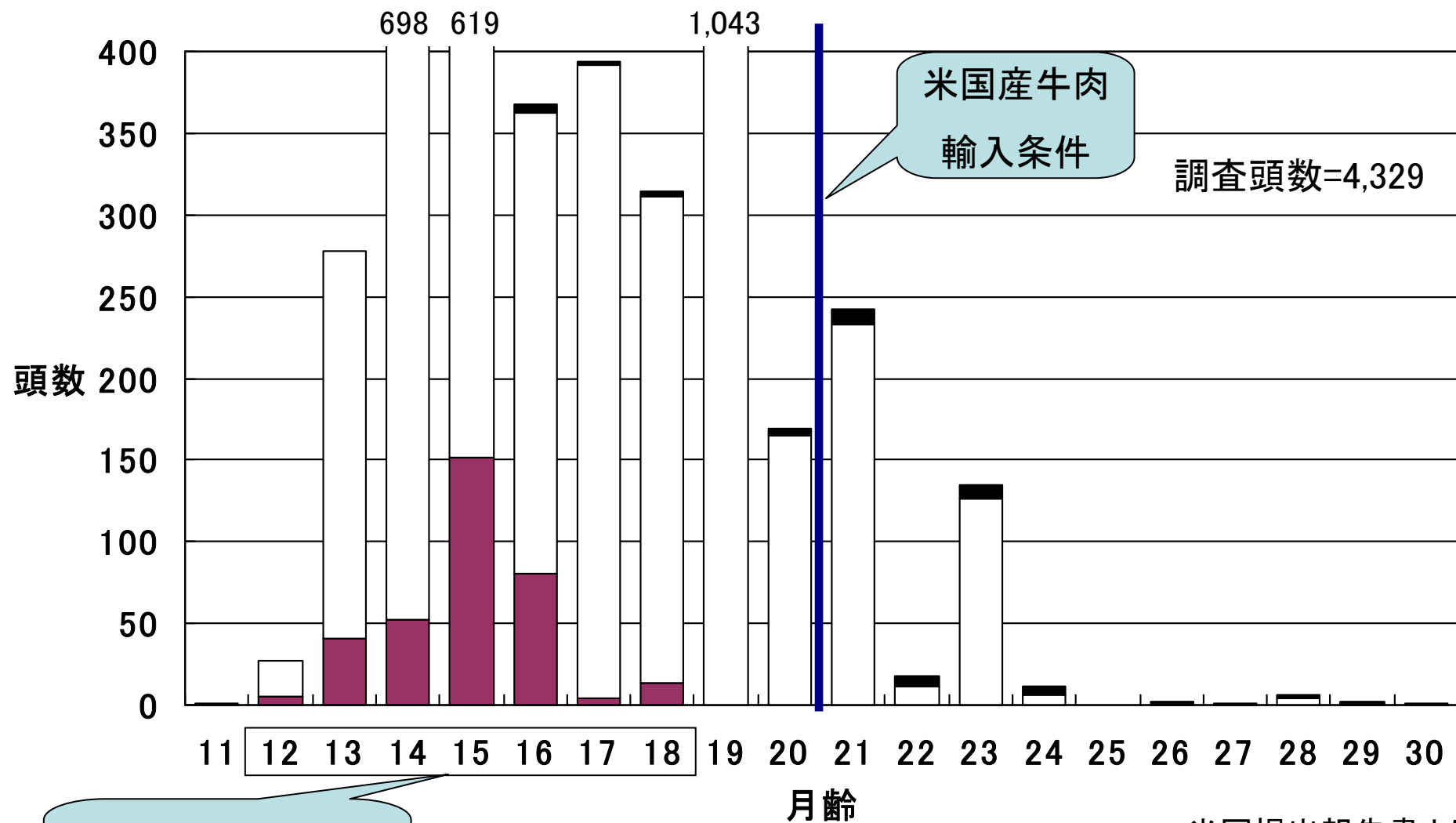
白色の軟骨
がない

(若い)

骨化の進行

(高齢)

牛の月齢の分布 (オリジナル研究+フォローアップ研究)



米国提出報告書より

総合的成熟度月齢分布表 (米国側提出報告書より)

	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	合計
A20			1	1	1																3
A30			3	1	47	6		3													60
A40		5	37	50	103	74	4	11													284
A50	1	13	80	126	93	151	106	10	18	10	19		6								633
A60		5	108	335	204	102	171	105	297	39	69		36								1471
A70		3	47	149	141	24	90	125	441	47	89		64								1220
A80		1	1	15	11	3	16	56	218	55	39	11	17	2				2	1	1	449
A90			1	4	12	2	5	1	36	14	17	1	3	4			1	2			103
B00				3	1	3	1	2	13	4	5	4	2	3		2		1	1		45
B10				4	3			1	9			1		1							19
B20				4		1			7		3		1								16
B30				2	1	1	1		1		1	1		1				1			10
B40				1																	1
B50				1	1								1								3
B60									1												1
C00≤				2	1	1			2				5								11
合計	1	27	278	698	619	368	394	314	1043	169	242	18	135	11	0	2	1	6	2	1	4329

○年間2,700万頭の牛枝肉を格付
(約160名の格付検査官が格付)

○約9割が20か月齢以下の牛の枝肉
= 約2,430万頭

○A40以下と格付されるもの: 1割弱
= 約270万頭

○出生記録で月齢が確認されるもの: 1割弱
= 約270万頭

USDA PHYSIOLOGICAL MATURITY VALIDATION STUDY: Validating the Relationship between Chronological Age and Physiological Maturity in the U.S. Fed-Beef Population

December 2007

PREFACE: Beginning in November 2004, the United States Government (USG) conducted a study to determine the relationship between the chronological age of cattle and the physiological maturity of their resulting carcasses. Following data analysis by both the Government of Japan (GOJ) and the USG, it was found that the physiological maturity threshold of A⁴⁰ was the appropriate end point to ensure all beef products exported to Japan were from cattle 20 months of age (MOA) and younger. After completion of the original study and submission of the final report to the GOJ in January of 2005, the USG agreed to conduct a study to validate the appropriate end point threshold of A⁴⁰. The study began in January of 2006, but due to insufficient supply of cattle with known birthdates available in the winter of 2006, data collection did not begin until late April.

INTRODUCTION

After release of the joint press statement (October 23, 2004) between the two countries that addressed criteria for restoring trade in beef and beef products, the Agricultural Marketing (AMS) Service, Livestock and Seed (LS) Program conducted a study (November to December 2004) in which steers and heifers of known ages were identified and evaluated after they were harvested and chilled. The United States Standards for Grades of Carcass Beef (effective January 31, 1997) were used as the criteria for assessing physiological maturity. The purpose of the original study was to establish an overall physiological maturity score (e.g., A²⁰, A³⁰, A⁴⁰,

**Researchers: Martin E. O'Connor, Chief, Standards, Analysis and Technology Branch;
Justin R. Ransom, Ph.D., International Marketing Specialist;
Michael Feil, Ph.D., Chief, AMS Statistics**

A⁵⁰, et cetera) that would effectively classify carcasses of steers and heifers from cattle that were 20 MOA and younger for the purpose of qualifying products for export to Japan via the mutually agreeable Export Verification Program. Following data analysis by both the GOJ and the USG, it was found that the physiological maturity threshold of A⁴⁰ was the appropriate end point to ensure all beef products exported to Japan were from cattle 20 MOA and younger.

The current study, with the results reported herein, was conducted to validate the findings of the original study.

BACKGROUND

Each year, approximately 160 USDA/AMS graders evaluate the physiological maturity and other grade factors of approximately 27 million beef carcasses. Of the steers and heifers graded, it is estimated that approximately 90% are 20 MOA and younger, and only outliers of the U.S. feeding system are older than 24 MOA. The official standards for grades of steer and heifer beef were revised in 1965 to place added emphasis on physiological skeletal maturity (ossification) in grading carcasses. As cattle advance in chronological age, physiological maturity causes the amount of collagen cross-linkage in muscle to increase, resulting in tough meat; therefore, carcasses with advanced physiological skeletal maturity also have advanced physiological muscle maturity, and thus should be excluded from the premium grades of USDA Prime, Choice, Select, and Standard. Since physiological maturity was added to the grade standards, it has been used to classify maturity and to assist graders in the determination of the quality (i.e., expected palatability of the cooked lean product) of beef carcasses. At the time of grading, 36 - 48 hours after slaughter, USDA/AMS graders evaluate each carcass in order to determine the quality grade. USDA/AMS graders evaluate both physiological maturity and other factors to assist them in determining the final USDA Quality Grade. This system allows graders

to identify and segregate beef carcasses according to quality differences within the U.S. beef population for purposes of establishing value, which ultimately is used in the marketing system to send economic signals upstream and downstream in the marketing chain; resulting in higher quality beef in a value-driven marketing system. Pictures depicting critical evaluation decision points are used by USDA/AMS graders to standardize and assure accuracy and precision of carcass evaluation and quality grade assignment (Image 1 and 2).

Since 1985, USDA/AMS has routinely conducted grading audit reviews to maintain accuracy of grade placement across the industry. In the Meat Grading and Certification (MGC) Branch, extensive training is conducted during the first two years of employment and stringent qualification requirements are established to insure accuracy of grade placement by graders-in-training, journeyman graders (graders with at least two years of experience), and expert graders (supervisors). In the current grading system, there is one supervisor for every nine graders, which demonstrates the level of hands-on commitment of the AMS/LS/MGC Branch to assure an accurate evaluation and application of the official USDA Quality and Yield Grades.

Reviews (internal and by an independent third party) are conducted to characterize the current carcass population and to evaluate performance of on-line graders. These reviews are conducted randomly at each major processing facility where graders are stationed. Since these intensive reviews began, the accuracy of all factors affecting accurate placement (assignment) of carcass grades on more than 30,000 carcasses has been specifically evaluated for both USDA Quality and Yield Grades. Data from these reviews provide assurance of the accuracy of the grading process that has been applied to approximately 500 million cattle slaughtered since 1985.

One of the primary factors in determining USDA Quality Grade is physiological maturity. The physiological maturity classification system segregates cattle into 5 different maturity

Physiological Maturity Validation Study, December 2007

groups; A (youngest), B, C, D, and E (oldest). Carcass maturity is determined by evaluating the size, shape, and ossification of the bones and cartilages along the split vertebral column of the carcass along with the color and texture of the lean at the 12th rib interface. Special attention is paid to the split chine bones, as the greatest difference in A maturity carcasses begin to occur along the split chine surface. In split chine bones, visually-evident changes in ossification (i.e., the degree to which cartilage has converted to bone) occur at an earlier stage of maturity in the posterior portion of the vertebral column (sacral vertebrae) and at progressively later stages of maturity in the lumbar, thoracic, and other anterior vertebrae. Changes in ossification occur in the cartilaginous tips of *spinous processes* (chine bones) located on the apex (dorsal extremity) of split thoracic vertebrae; these changes are especially useful in evaluating physiological maturity and are referred to frequently in the grade standards. The size and shape of the rib bones also are important considerations in evaluating differences in maturity.

In the very youngest A maturity carcasses (A⁰⁰) of beef, cartilage on the ends of the chine bones show no ossification, cartilage is evident on all of the vertebrae of the spinal column, and the sacral vertebrae show distinct separation. In addition, split vertebrae usually are soft and porous and very red in color. In such carcasses, rib bones are relatively round and have only a slight tendency toward flatness. However, the specifications for skeletal ossification in the oldest of A maturity carcasses consists of carcasses that have slightly red and slightly soft chine bones plus evidence of ossification in cartilage on the ends of the thoracic vertebrae. In addition, sacral vertebrae will be completely fused (i.e., no differentiation among individual vertebra), cartilage on the ends of lumbar vertebrae will be nearly completely ossified, and rib bones will become slightly wide and slightly flat.

For carcasses to be considered by an evaluator as A⁴⁰, they must have: (1) some evidence of cartilage in all vertebrae, (2) distinct separation of the sacral vertebrae and caps that show considerable evidence of cartilage, (3) caps on the lumbar vertebrae that tend to be partially ossified, (4) no ossification of the thoracic vertebrae, (5) split vertebrae surfaces that tend to be soft, porous, and red, (6) ribs that have some tendency toward flatness, and (7) lean texture that is very fine, and lean that is light red in color.

On the other hand, for carcasses to be evaluated as A⁵⁰, they must have: (1) some evidence of cartilage in all vertebrae, (2) separation of the sacral vertebrae caps show evidence of cartilage, (3) caps on the lumbar vertebrae that tend to be nearly moderately ossified, (4) no ossification of the thoracic vertebrae, (5) split vertebrae surfaces that tend to be moderately soft, porous, and moderately red, (6) ribs that have some tendency toward flatness and narrow, and (7) lean texture that is very fine and lean that is moderately light red in color (Images 1 and 2; Table 1).

MATERIALS AND METHODS

Identification of cattle with known birth dates: There were many challenges in the 2004 study, but principally, the largest challenge was identifying cattle with exact known birth dates or cattle that were born in a relatively small birth interval (known age within 62 days of birth). In this validation study, the scientists only targeted data collected from cattle with exact known birth dates or cattle born within a 30 day interval. Relatively few cattle that are 21 MOA and older have exact known birth dates or a birth interval of 30 days or less, as this is not typical of the U.S. beef production system. In this study, all cattle and resulting carcasses had exact known birth dates except one lot, and the birth interval for that lot was 54 days. All of the cattle with birth intervals were older than 21 MOA. This inclusion of cattle without exact birth dates

resulted in a more conservative estimate of their age, as the young animals in this group were assigned a birth date of the oldest animal in the lot.

Data collection: During data collection, information was stored in a database and analysis began after the final carcass information was collected. Information collected included: skeletal, lean and overall physiological maturity scores; birth date and slaughter date (exact date to calculate days of age or birth interval); breed groups (British, Continental); gender; and background information (direct-fed, backgrounded in drylot, etc). Cattle age, in months, was calculated by subtracting the date of slaughter from the date of birth, and then dividing the days of age by 30. Physiological maturity data, complete chronological age and other production information was collected and processed for the statistical analysis (n=991). Additionally, data was collected on carcasses without chronological age information. These additional carcasses were used to “blind” the graders during data collection. Ten different MGC experts were used throughout the study due to grader availability and proximity to slaughter facilities.

RESULTS AND DISCUSSION

Of the 991 carcasses analyzed, eighty-seven percent (n=866) had exact birthdates and 125 were born in a window of 54 days (Table 2). In the calculation of age for the 125 cattle without exact birthdates, the age of the oldest animal was used as the age of the entire group. Also, there were 657 (66.3%) steers and 334 (33.7%) heifers included in the study (Table 3).

There were fewer breeds of cattle represented in this study compared to the original study, primarily due to the restrictions on the exact known birthdates (Table 4). For example, producers that raise cattle with high levels of *Bos indicus* influence (50% or greater) are often not present at the time of birth, therefore these cattle are usually age verified through a birth interval of 90 days or more, with the oldest animal in the group representing the entire age for the group.

In addition, no purebred continental cattle were included in the study, as purebred continental cattle are not as common in the feedlots; however the cross between continental and British cattle is predominant and well represented in this study (n=776). Purebred British cattle continue to serve as a primary source of high quality U.S. beef and they are represented (n=215) in this study. Finally, Holstein cattle are the youngest steers slaughtered in the U.S. and were not included in this study as they are often age verified under a birth date interval rather than exact age.

Although there are several production options to develop young cattle and beef in the United States, the most common methods for preparing cattle for the feedlot after weaning are: (1) Drylot (often called “growing yards” and “backgrounding” using a mild ration to train them to eat out of a feed trough) before entering the feedlot and (2) Grazing on grass and or wheat pasture before entering the feedlot. Drylot and Grazing were each represented in this study, with 76.0% and 16.0%, respectively (Table 5). In addition, to ensure there were adequate cattle 21 MOA and older, 8.0% of the sample population was from production systems that included both Grazing and Drylot before the feedlot (Table 5).

Eighty-three percent (n=823) of the cattle in the study were 20 months of age and younger, and 17% (n=168) were older than 20 months of age (Table 6). The physiological maturity score of each carcass was converted to numeric value ($A^{40}=140$, $A^{70}=170$, $B^{20}=220$, etc.) for statistical analysis. The mean physiological maturity of the 20 MOA and younger group was 158.5 (graded as A^{50}); whereas the mean physiological maturity of the 21 MOA and older group was 179.3(graded as A^{70}) (Table 7).

Table 8 demonstrates the distribution of the physiological maturity observations among cattle 20 MOA and younger and those 21 MOA and older. This table also shows that as the

Physiological Maturity Validation Study, December 2007

physiological maturity increases, the percentage of carcasses from cattle 20 MOA or younger decreases, and inversely, the percentage of carcasses from cattle 21 MOA and older increases. Of all samples (n=991), no carcasses from cattle 21 MOA and older had physiological maturity scores lower than A⁵⁰ (Table 9).

CONCLUSION

Data from this study validate the findings of the original study. The physiological maturity threshold of A⁴⁰ is an appropriate end point to ensure all beef products exported to Japan are from cattle 20 MOA and younger.

Additionally, an estimate of the probability of observing a carcass evaluated as A⁴⁰ or less given that the carcass was 21 months of age is provided in Appendix A.

Image 1. Photographic demonstration of the lumbar vertebrae of a carcass with A⁴⁰ Overall Maturity.



Image 2. Photographic demonstration of the lumbar vertebrae of a carcass with A⁵⁰ Overall Maturity.



Table 1. The description of maturity characteristics within A maturity.

	A ⁰⁰	A ⁴⁰	A ⁵⁰	A ¹⁰⁰
All Vertebrae	Some evidence of cartilage in all vertebrae	Some evidence of cartilage in all vertebrae	Some evidence of cartilage in all vertebrae	
Sacral Vertebrae	Show distinct separation	Show distinct separation, caps show considerable evidence of cartilage	Show separation, caps show evidence of cartilage	Completely fused
Lumbar Vertebrae	No ossification	Caps tend to be partially ossified	Caps tend to be nearly moderately ossified	Nearly completely ossified
Thoracic Vertebrae	No ossification	No ossification	No ossification	Some evidence of ossification
Split Vertebrae Surfaces	Soft, porous and very red	Tend to be soft, porous and red	Tend to be moderately soft, porous and moderately red	Slightly red and slightly soft
Ribs	Only slight tendency toward flatness	Tendency toward flatness	Some tendency toward flatness and narrow	Slightly wide and slightly flat
Lean Texture and Color	Very fine, light grayish red	Very fine, light red	Very fine, moderately light red	Fine, moderately light red

Table 2. Stratification of sample population (n=991) by birth interval.

Birth Interval (days)	Frequency	%
Exact	866	87.4
1-54	125	12.6

Table 3. Stratification of sample population (n=991) by gender.

Gender	Frequency	%
Steer	657	66.3
Heifer	334	33.7

Table 4. Stratification of sample population (n=991)
by breed.

Breed	Frequency	%
British	215	21.7
British X Continental	776	78.3

Table 5. Stratification of sample population (n=991) by production system.

Production System	Frequency	%
Grass, Drylot, Feedlot	79	8.0
Drylot, Feedlot	753	76.0
Grass/Wheat Pasture, Feedlot	159	16.0

Table 6. Stratification of the sample population (n=991) by months of age (MOA).

Age	Frequency	%
≤ 20 Months of Age	823	83.0
> 20 Months of Age	168	17.0

Table 7. Stratification of the physiological maturity scores of the sample population (n=991) among cattle that are ≤ 20 Months of Age (MOA) and ≥ 21 MOA.

	n	Physiological Maturity Score		
		Mean	Max	Min
≤ 20 MOA	823	158.5	300	130
≥ 21 MOA	168	179.3	360	150

Table 8. Distribution of cattle 21 MOA and older and cattle 20 MOA and younger in age by overall maturity classification (n=991).

Maturity Score	20 MOA and younger (n)	Frequency %	21 MOA and older (n)	Frequency %
A ²⁰	0	0.0	0	0.0
A ³⁰	3	100.0	0	0.0
A ⁴⁰	88	100.0	0	0.0
A ⁵⁰	226	97.4	6	2.5
A ⁶⁰	294	89.1	36	10.9
A ⁷⁰	173	73.0	64	27.0
A ⁸⁰	27	47.4	30	52.6
A ⁹⁰	5	35.7	9	64.3
B ⁰⁰ or older	7	23.3	23	76.7

Table 9. Contingency table characterizing the distribution of age among overall maturity scores in the validation study (n=991).

		Age in Months																				
Overall Maturity Score		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Total
	A ²⁰																					0
	A ³⁰								3													3
	A ⁴⁰		3	18	38	11	5	2	11													88
	A ⁵⁰		6	49	98	51	16	6						6								232
	A ⁶⁰		4	50	161	49	23	7						36								330
	A ⁷⁰		2	17	93	36	18	7						64								237
	A ⁸⁰		1	1	13	3	3	5			1	2	10	16	2							57
	A ⁹⁰				1		2	2					1	3	4					1		14
	B ⁰⁰						2	1				1	4	2	3							13
	B ¹⁰												1		1							2
	B ²⁰						1					1		1								3
	B ³⁰						1	1				1	1		1							5
	B ⁴⁰																					0
	B ⁵⁰													1								1
	B ⁶⁰																					0
	≥C ⁰⁰						1							5								6
	Total	0	16	135	404	150	72	31	14	0	1	5	17	134	11	0	0	0	1	0	0	991

Appendix A

ESTIMATING THE PROBABILITY OF OBSERVING A CARCASS EVALUATED AS A⁴⁰ OR LESS GIVEN THAT THE CARCASS WAS 21 MONTHS OF AGE

The possibility of detecting a carcass that is 21 months of age or older in age and evaluated as A⁴⁰ is not zero in any sampling environment. The purpose of the following is to compute hypothetical probabilities for such events.

Vertical Analysis

Considering that older chronological age essentially presents a higher maturity score, and that sample selections were made based on age but not on maturity grade, statistical analysis is performed by taking age as the regressor (“vertical analysis”). Therefore, the result of the estimation will be the probability of observing at least one carcass from a bovine carcass evaluated as A⁴⁰ (or less) physiological maturity in the cattle of 21 months of age (It is appropriate that cattle at 22 months of age and older should be excluded, since the sampling target was focused on those at 21 months of age threshold and younger).

Sub-samples

The probability of observing at least one carcass from a bovine animal evaluated as A⁴⁰ that is also 21 months of age was estimated using two different sub-samples of the total experimental population. The total experimental population consists of both samples collected in the original study and ones collected in the current validation study (n=4,329). The first sub-sample included n = 242 (sub-sample 1) carcasses that were evaluated as A⁵⁰ physiological maturity or higher exactly 21 months of chronological age. The second sub-sample included n = 1,454 (sub-sample 2) carcasses having a chronological age of 19 to 21 months and also evaluated as A⁵⁰ physiological maturity or higher (i.e., it included the first sub-sample of n = 242 carcasses). These sub-sample populations were selected to exclude carcasses of cattle that actually were 22 months of chronological age or older and the latter sub-sample reflected an observation that there were not any carcasses evaluated as A⁴⁰ or lower in the total experimental population that were older than 18 months of chronological age.

Analysis

The intent is to illustrate the probability of detecting a carcass classified as equal to or less than A⁴⁰ physiological maturity and over 20 months of chronological age using a sub-sample of the total experimental population that reflected (a) those that were exactly 21 months of age, and (b) those that were exactly 21 months of age plus those that were between 19 and 20 months of age (inclusively).

A level of Type I statistical error of $\alpha = 0.01$ in these “vertical” non-parametric analyses for standard significance testing of hypotheses was selected. Probabilities were computed as follows:

$$P \leq 1 - \alpha^{1/n} \quad [(1 - P)^n \geq \alpha \leftrightarrow P \leq 1 - \alpha^{1/n}].$$

At $\alpha = 0.01$, the probability for sub-sample 1 ($n = 242$) that an animal would be A^{40} or less in physiological maturity was $P = 0.01885$, while the increased number of observations and the greater statistical power provided by sub-sample 2 ($n = 1,454$) yielded a probability that an animal would be A^{40} or less in physiological maturity of $P = 0.003162$. In the original study, the probabilities calculated from sub-samples of same criteria were $P = 0.01924$ for sub-sample 1 and $P = 0.003175$ for sub-sample 2, respectively.

Conclusion

These results suggest that the probabilities of detecting carcasses 21 months or older and evaluated as A^{40} or less are hypothetically low.

Tables

Appendix Table 1. Contingency table characterizing the distribution of age among overall maturity scores in the total experimental study (the original study and the validation study).

Appendix Table 2. Contingency table characterizing the distribution of age among overall maturity scores in the original study.

Appendix Table 1. Contingency table characterizing the distribution of age among overall maturity scores in the total experimental study (the original study and the validation study n=4,329).

Age in Months																						
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Total	
Overall Maturity Score	A ²⁰			1	1	1															3	
	A ³⁰			3	1	47	6		3												60	
	A ⁴⁰		5	37	50	103	74	4	11												284	
	A ⁵⁰	1	13	80	126	93	151	106	10	18	10	19		6							633	
	A ⁶⁰		5	108	335	204	102	171	105	297	39	69		36							1471	
	A ⁷⁰		3	47	149	141	24	90	125	441	47	89		64							1220	
	A ⁸⁰		1	1	15	11	3	16	56	218	55	39	11	17	2				2	1	1	449
	A ⁹⁰			1	4	12	2	5	1	36	14	17	1	3	4			1	2			103
	B ⁰⁰				3	1	3	1	2	13	4	5	4	2	3		2		1	1		45
	B ¹⁰				4	3			1	9			1		1							19
	B ²⁰				4		1			7		3		1								16
	B ³⁰				2	1	1	1		1		1	1		1				1			10
	B ⁴⁰				1																	1
	B ⁵⁰				1	1								1								3
	B ⁶⁰									1												1
	≥C ⁰⁰				2	1	1			2				5								11
	Total	1	27	278	698	619	368	394	314	1043	169	242	18	135	11	0	2	1	6	2	1	4329

Appendix Table 2. Contingency table characterizing the distribution of age among overall maturity scores in the original study (n=3,338).

		Age in Months																				
Overall Maturity Score	Overall Maturity Score	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Total
	A ²⁰			1	1	1																3
	A ³⁰			3	1	47	6															57
	A ⁴⁰		2	19	12	92	69	2														196
	A ⁵⁰	1	7	31	28	42	135	100	10	18	10	19										401
	A ⁶⁰		1	58	174	155	79	164	105	297	39	69										1141
	A ⁷⁰		1	30	56	105	6	83	125	441	47	89										983
	A ⁸⁰				2	8		11	56	218	54	37	1	1					2	1	1	392
	A ⁹⁰			1	3	12		3	1	36	14	17						1	1			89
	B ⁰⁰				3	1	1		2	13	4	4					2		1	1		32
	B ¹⁰				4	3			1	9												17
	B ²⁰				4					7		2										13
	B ³⁰				2	1				1									1			5
	B ⁴⁰				1																	1
	B ⁵⁰				1	1																2
	B ⁶⁰									1												1
	C ⁰⁰				2	1				2												5
	Total	1	11	143	294	469	296	363	300	1043	168	237	1	1	0	0	2	1	5	2	1	3338

〈仮訳〉

米国農務省生理学的成熟度検証研究： 米国肥育牛群における月齢と生理学的成熟度の関連の検証

2007 年 12 月

序文

2004 年 11 月から、米国政府(USG)は、牛の月齢と枝肉になったときの生理学的成熟度の関連性を決定する研究を行った。日本政府(GOJ)及び USG 両政府によるデータ分析の後、生理学的成熟度 A40 の閾値が、全ての対日輸出牛肉製品が 20 ヶ月齢以下の牛由来であることを保証する適切な限界であることが確認された。2005 年 1 月にオリジナルの研究が終了し、最終報告が GOJ に提出された後、USG は、A40 の閾値が適切な限界であることを検証する研究の実施に同意した。研究は 2006 年 1 月に開始されたが、2006 年冬期には誕生日が判明した牛の供給が不十分であったため、データ収集は 4 月末まで開始されなかった。

序論

牛肉及び牛肉製品の貿易の再開の手続きを記した日米両国間の共同記者発表(2004 年 10 月 23 日)後、農業販売促進局(AMS)畜産種子(LS)部門は、月齢の判明した去勢牛及び未経産牛を特定し、と畜・冷蔵された後に評価する研究を実施した(2004 年 11-12 月)。生理学的成熟度の評価は、牛枝肉等級米国基準(1997 年 1 月 31 日発効)に従って行われた。オリジナルの研究の目的は、両国が合意可能な輸出証明プログラムにしたがって対日輸出製品の認可を行うために、20 ヶ月齢以下の去勢牛及び未経産牛のグループと 21 ヶ月齢以上のグループを効果的に分類する成熟度の総合スコア(例えば A20, A30, A40, A50 など)を決定することであった。GOJ 及び USG 両政府によるデータ分析の後、生理学的成熟度 A40 の閾値が、全ての対日輸出牛肉製品が 20 ヶ月齢以下の牛由来であることを保証する適切な限界であることが確認された。

本レポートの結果を述べる今回の研究は、オリジナル研究の結果を検証するために実施されたものである。

背景

約 160 人の USDA/AMS 格付け官は、毎年およそ 2 千 7 百万頭分の牛枝肉の生理学的成熟度やその他の等級要素を評価している。格付けされる去勢牛及び未経産牛のうち、およそ 90%は 20 ヶ月齢以下であり、米国の飼養管理体制からはずれた一部のものだけが 24 ヶ月齢超であると推定される。去勢牛肉及び未経産牛肉の等級の公式基準は、枝肉格付けにおいて生理学的骨成熟度(骨化)をより重視するために 1965 年に改定された。牛の月齢が進むにつれて、生理学的な成熟は筋肉におけるコラーゲン結合の増加を及ぼし、結果

として固い肉となることから、骨格の生理学的成熟度の進んだ枝肉は筋肉の生理学的成熟度も進んだものであり、USDA プライム、チョイス、セレクト及びスタンダードの各特別等級からは除外されるべきである。生理学的成熟度は、等級基準に追加されて以来、成熟度の分類や格付け官が牛枝肉の品質(つまり、調理された食肉製品の期待される口当たりの良さ)を決定する際の一助として用いられてきた。と殺から 36-48 時間後に格付けされる際、USDA/AMS 格付け官は、品質等級を決定するために枝肉を一つ一つ評価する。USDA/AMS 格付け官は、最終的な USDA 品質等級の決定に資する、生理学的成熟度とその他の要素をいずれも評価する。本システムは、格付け官が商品価値を決定するために、米国牛群内の品質格差に応じて枝肉を識別し、分別することを可能とする。そうした分別は、市場システムにおいて、市場の川上及び川下に向けて経済的なシグナルを送るために使われ、結果として商品価値本位の市場においてより高品質な牛肉となる。USDA/AMS 格付け官は、枝肉評価と品質等級付与のバラツキをなくし、精度を担保するため、評価決定の重要なポイントを写した写真を用いる(画像 1 及び 2)。

1985 年以来、業界全体の格付けの正確性を維持するため、USDA/AMS は格付けの監査を定期的に行ってきた。食肉格付け・認証室(MGC)において、訓練中の格付け官、ベテラン格付け官(最低 2 年間の勤務経験を有する格付け官)及び専門格付け官(監督官)による格付けの正確性を担保するため、採用当初の 2 年間は徹底的な訓練が実施されるとともに厳格な資格要件が決められている。現行の格付けシステムでは格付け官 9 人に対して一人の監督官が配置されており、正確な評価と公式な USDA 品質及び産肉等級の適用を確保する、AMS/LS/MGC の実践的な責務遂行の高さを現している。

現在の枝肉を特徴付け、オンライン格付け官の能力評価を行うため、(内部及び独立した第三者による)検証が実施されている。この検証は、格付け官が配置されている主要な加工施設各々において無作為に実施されている。こうした徹底的な検証が開始されて以来、3 万頭を超える枝肉に対して付与された枝肉等級の正確性に影響する全ての要因が、USDA 品質等級及び産肉等級の両方に関して正しく評価されてきた。こうした検証のデータは 1985 年以降と殺されたおよそ 5 億頭に適用された格付け工程の正確性を保証するものである。

USDA 品質等級を決定する主要な要因の一つが生理学的成熟度である。生理学的成熟度による分類システムは、A(最も若い)、B、C、D 及び E(最も成熟)の 5 つの成熟度群に牛を分けている。枝肉成熟度は、第 12 肋骨断面の赤身肉の色及びきめとともに、背割りされた枝肉のせき柱に沿って、そのサイズ、形態、骨及び軟骨の骨化を評価することにより決定されている。成熟度 A の枝肉の最も大きな差異が背割りされた椎骨の表面から現れ始めるため、特に、椎骨断面に注目している。椎骨断面において、視覚的に認められる骨化の変化(つまり、軟骨の骨化の程度)は、成熟度の初期段階ではせき柱の後軀側(仙椎)に現れ、

成熟が進むにつれ徐々に腰椎、胸椎及び前軀部の椎骨に現れてくる。骨化の変化は、胸椎断面の上端(背側端)に位置する棘突起の軟骨部分に現れ、その変化は生理学的成熟度の評価にとりわけ有効であり、等級基準で頻繁に言及されている。肋骨のサイズ及び形態もまた、生理学的成熟度の識別に重要な点である。

成熟度 A の中で最も若い枝肉(A00)では、椎骨端の軟骨は全く骨化しておらず、せき柱全体に渡って椎骨全てに軟骨が認められ、仙椎は明瞭に分離している。また、椎骨断面は通常軟らかく多孔性でとても赤みがかっている。そうした枝肉では、肋骨は比較的丸みを帯び偏平化はわずかに兆しだけである。一方、最も進んだ成熟度 A の枝肉においては、やや赤みを帯びやや軟らかい椎骨を持ち、胸椎先端の軟骨の骨化が見られる。また、仙椎は完全に融合しており(つまり、各椎骨が分離していない)、腰椎の先端の軟骨はほぼ完全に骨化するとともに肋骨はやや幅広く偏平である。

評価者によって A40 と見なされる枝肉については、(1)全ての椎骨において軟骨が認められ、(2)仙骨が明瞭に分離し、また、キャップが認められることにより、相当程度の軟骨の存在を示す(3)腰椎上のキャップが一部骨化の傾向を示し、(4)胸椎に骨化が認められず、(5)椎骨断面は軟らかく多孔性で、赤みがかっている傾向を示しており、(6)肋骨は偏平化の傾向をいくらか示しており、(7)赤身肉はきめがとても細かく明るい赤色をしているものでなければならない。

一方、A50 と判定される枝肉については、(1)全ての椎骨において軟骨が認められ、(2)仙骨の分離及びキャップにより軟骨の存在を示す、(3)腰椎上のキャップがほぼ中程度に骨化してきており、(4)胸椎に骨化が認められず、(5)椎骨断面は中程度に軟らかく多孔性で中程度に赤みがかっており、(6)肋骨は偏平化の傾向をいくらか示し狭くなっており、(7)赤身肉はきめがとても細かく中程度に明るい赤色をしているものでなければならない。(画像 1 及び 2、表 1)

材料及び方法

生年月日が既知の牛の特定:

2004 年の研究においては様々な困難があったが、基本的に、最も大きなものは、正確な生年月日が把握できるか、又は比較的短い期間に生年月日が収まっている(生誕から 62 日間以内だと把握できている)牛を特定することであった。本検証研究においては、研究者は、正確な生年月日が把握できるか、又は生誕から 30 日以内であると把握できている牛のみを対象とした。21 ヶ月齢以上の牛は、米国の牛肉生産システムでは一般的ではないため、正確な生年月日が把握できるか又は 30 日以内と把握できるものが限られている。本研究においては、すべての牛とその枝肉は、1 ロットを除き正確な生年月日が把握できており、除かれた 1 ロットについては、生誕から 54 日以内であると把握できるものであった。生年月

日に幅を持った牛は全て 21 ヲ月齡超であった。正確な生年月日が把握できない牛を本研究の対象とすることにより、その牛群内の若い牛は、そのロットの中で最も月齡の進んだ牛の月齡が割り当てられるため、月齡推定は、より安全を見たものとなった。

データ収集:

データの収集中、情報はデータベースに蓄積され、最後の枝肉情報が収集された後、データ分析が開始された。収集されたデータは、骨格・赤身肉及び総合的な生理学的成熟度スコア、生年月日及びと殺年月日(日齡を計算するための正確な日付または生誕期間)、品種(英国種、大陸種)、性別及び背景情報(直接肥育されたか、ドライロットにいったん入ってから肥育されたかなど)であった。牛の月齡は、生年月日からと殺日までの差を計算し、それを 30 で除して得られたものである。生理学的成熟度、完全な月齡及び生産情報が収集され統計学的分析のために処理された(n=991)。加えて、月齡情報のない牛枝肉のデータも収集された。これは、データ収集に当たって格付け官に対するブラインド(盲検)性を確保するために使われた。

本研究に際しては、格付け官の対応可能性とと殺施設への距離を考慮して、10 人の MGC 専門格付け官が任務に当たった。

結果及び考察

分析された 991 頭分の枝肉のうち、87%(n=866)は、正確な生年月日がわかっており、125 頭分は 54 日の範囲で誕生日がわかっている(表 2)。正確な生年月日がわからない 125 頭の月齡の算出に当たっては、最も月齡の進んだ個体の月齡が牛群全体の月齡として用いられた。また、本研究には、657 頭(66.3%)の去勢牛と 334 頭(33.7%)の未経産牛が用いられた(表 3)。

今回の研究では、主に正確な生年月日がわかる牛という制約を受けていたことから、品種はオリジナル研究よりも限られていた(表 4)。たとえば、*Bos indicus*の影響が強い(50%以上)牛の飼養者は、分娩には立ち会わないことが多く、90 日かそれ以上の生年月日の幅を持ち、そのうち最も早く生まれた個体の月齡を牛群全体の月齡として月齡証明するのが一般的である。また、大陸種の純粋種がフィードロットで肥育されることは一般的でないため、本研究の対象外となっている一方、大陸種と英国種の交雑種は広く分布しており、本研究でも十分対象となっている(n=776)。純粋種の英国種は、依然として高品質米国産牛肉の主要な供給源となっており、これも本研究の対象となっている(n=215)。最後に、ホルスタイン種については、米国でと殺される最も若い去勢牛であるが、正確な日付よりもむしろ生誕期間により月齡証明されているため、本研究の対象とはならなかった。

米国では、若牛生産や牛肉生産には幾つかの選択肢があるが、離乳からフィードロットでの肥育までの間の一般的な飼養方法は、(1)フィードロットに入るまでドライロット(しばしば、

「グローイングヤード」又は「バックグラウンド」と呼ばれる、飼槽から採食することを学習させるために肥育馴致用飼料(mild ration)を与える方式)にて飼養するか、(2)フィードロットに入るまで、牧草及び/又は麦類の放牧地で放牧するかである。ドライロット及び放牧はそれぞれ本研究において対象となっており、その割合は、それぞれ、76.0%と16.0%であった(表 5)。加えて、21 ヲ月齡以上の牛を十分確保するため、放牧とドライロットの両方を含む生産システム由来のサンプル集団が、8.0%であった(表 5)。

本研究に用いられた牛の 83%(n=823)は 20 ヲ月齡以下の牛であり、20 ヲ月齡超は 17%(n=168)であった(表 6)。各枝肉の生理学的成熟度スコアは、統計学的分析のために数値に変換された(A40=140、A70=170、B20=220 等)。20 ヲ月齡以下の牛の生理学的成熟度の平均は 158.5(A50 に該当、21 ヲ月齡以上のグループでは 179.3(A70 に該当)であった(表 7)。

表 8 は 20 ヲ月齡以下と 20 ヲ月齡超の 2 群における生理学的成熟度の分布を示している。この表はまた、生理学的成熟度が進むにつれ、20 ヲ月齡以下の枝肉の割合が減少し、逆に 20 ヲ月齡超の牛の割合が増加していることを示している。全サンプル(n=991)のうち、20 ヲ月齡超の枝肉が A50 未満のスコアになることはなかった(表 9)

結論

本研究で得られたデータは、オリジナルの研究の結果を裏付けるものである。生理学的成熟度 A40 による閾値は、全ての対日輸出牛肉製品が 20 ヲ月齡以下の牛由来であることを保証する適切な限界である。

また、枝肉が 21 ヲ月齡であった場合に、当該枝肉が A40 かまたはそれ以下に格付けされる確率推定を付属 A に添付している。

付属A

枝肉が 21 ヲ月齡であった場合に当該枝肉が A40 かまたはそれ以下に格付けされる確率推定について

いかなるサンプリング環境においても、21 ヲ月齡以上の枝肉が A40 に格付けされる可能性は 0 ではない。以下に述べる分析の目的は、そうしたことが起こる理論的な確率を算出することである。

垂直方向の分析

基本的には高齡になることでより生理学的成熟度も進むこと、及び、サンプルの選抜が成熟度ではなく月齡に基づいて行われることから、統計学的分析は、月齡をリグレッサーとして実施される(垂直方向の分析)。従って、推定結果は、21 ヲ月齡の牛において、枝肉の生理学的成熟度が A40(以下)に格付けされるものが少なくとも1つ見つかる確率によって表されることとなる(21 ヲ月齡閾値以下にサンプリングターゲットを絞っているため、22 ヲ月齡以上の牛は除外されることが適当である。)。

サブ・サンプル

21 ヲ月齡であり、かつ A40 に格付けされる牛由来の枝肉が少なくとも一つ見つかる確率は、実験群全体の集団から選抜された 2 つの異なるサブ・サンプルを用いて推定された。実験群全体とは、オリジナル研究時に収集されたデータ及び今回の検証研究において収集されたデータからなる集団である($n=4,329$)。サブ・サンプル 1 は、21 ヲ月齡であり、かつ、A50 以上に格付けされた枝肉の集団($n=242$)である。サブ・サンプル 2 は、19-21 ヲ月齡であり、かつ、A50 以上に格付けされた枝肉の集団($n=1,454$)である(サブ・サンプル 2 にはサブ・サンプル 1 の 242 頭分の枝肉が含まれている)。これらのサブ・サンプル集団は、22 ヲ月齡以上の枝肉を含まないよう選抜されており、後者のサブ・サンプルは、実験群全体を通じて、18 ヲ月超で A40 以下に格付けされた枝肉が 1 つもなかったという観測を反映している。

分析

分析は、実験群全体から得られた 2 つのサブ・サンプルである、(a)ちょうど 21 ヲ月齡の集団、及び、(b)ちょうど 21 ヲ月齡に加え 19 及び 20 ヲ月齡からなる集団を用いて、20 ヲ月齡超であり、かつ、生理学的成熟度 A40 かそれ以下に格付けされる枝肉を検出する確率を表すことを意図して実施されている。

標準有意差検定のため、タイプ 1 の統計学的誤差 $\alpha=0.01$ のレベルで、これら「垂直方向」のノンパラメトリックな分析手法が選ばれた。確率は、以下の様に計算された。

$$P \leq 1 - \alpha^{1/n} \quad [(1-P)^n \geq \alpha \Leftrightarrow P \leq 1 - \alpha^{1/n}]$$

$\alpha=0.01$ では、サブ・サンプル 1($n=242$)では、1 頭が A40 かそれ以下の生理学的成熟度に格付けされる確率は $P=0.01885$ であり、一方、観測値が増え統計学的検出力がより優れたサブ・サンプル 2($n=1,454$)を使った結果では、確率は、 $P=0.003162$ であった。オリジナル研究において同じ基準で選抜したサブ・サンプルを用いて計算すると、それぞれ、サブ・サンプル 1 では $P=0.01924$ 、サブ・サンプル 2 では $P=0.003175$ であった。

結論

これらの結果から、21 ヶ月齢以上でかつ A40 またはそれ以下の格付けが見つかる可能性は理論的に低いことが示唆される。

表

付属 表 1: 実験群全体(オリジナル研究及び検証研究)における最終生理学的成熟度スコアの月齢 分布表

付属 表 2: オリジナル研究群における最終生理学的成熟度スコアの月齢分布表