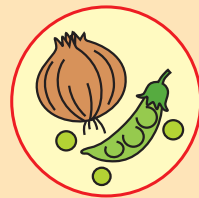


Health&Meat'09

健康なからだづくりに食肉の栄養を————— 食肉と健康に関する最新レポート



「食肉学術フォーラム」委員会

はじめに

今年度は、「食肉と健康に関するフォーラム」委員会から通算いたしますと、22年目を経過したことになります。新しく出発しました「食肉学術フォーラム」委員会としても2年目を終了いたし、お陰をもちましてその成果をここに公表する運びとなりました。寒いにつけ、暑いにつけ、あるいは外食、内食を問わず、家族の団欒を思い描くまでもなく食事を共にする楽しさは人生の至福であり、そこにふさわしいのは魅力の牛肉でありましょう。

まず、牛肉のおいしさの秘密に迫ります。牛肉のおいしさを構成する主な要素は味、香り、食感（テクスチャー）であり、とりわけ牛肉では香りが大きくかかっていることが明らかにされ、おいしい黒毛和牛では、過熱すると出てくる甘くてコクのある香りがおいしさの主要因と結論されています。

牛肉の脂肪といえば、従来悪者視されがちでしたが、牛肉の脂肪酸の約50%を占めるオレイン酸には、LDL（悪玉）コレステロールの減少、種々の病気や老化の原因となる酸化の抑制効果や血圧降下作用のあることがわかってきています。和牛では脂肪分30～40%の肉がうま味は最も強いことも明らかになりました。

実は、牛肉の魅力はおいしさだけにあるのではなく、健康維持のために欠かせぬ牛肉の効能にあるのです。牛肉のたんぱく質が必須アミノ酸のバランスがいい（アミノ酸スコア100）良質のたんぱく質であることはもちろん、病気を予防する機能性成分として、アミノ酸、カルニチン、ヘム鉄、共役リノール酸、オレイン酸などが挙げられます。

例えば、牛肉に多く含まれている必須アミノ酸のロイシンには、筋肉たんぱく質の合成を促進し、分解を抑制する効果があるので、運動の前後に牛肉を食べることで筋肉量の増加も期待されることです。最近、食品学、栄養学の分野で新たに“Thermic effect of food”（食品の体熱産生能）という言葉が使われ始めているそうです。体を温める食品、逆に体を冷やす食品の存在は、古くから中国の食文化ではよく知られているかと思われそうですが、科学的には不明で、今回この問題に果敢に取り組み、食肉の“Thermic effect”について検証が試みられました。

おいしい牛肉を享受するためには、肉牛生産、育成の課題があります。和牛について、脂肪交雑中心の改良から発育速度の重視が説かれていますし、米の消費が減少している昨今、輸入飼料への依存も考慮されている時、稲発酵粗飼料の利用、特に牛肉肉質との関係が展望されています。牛肉の安全性への追求から、日本のBSEの現状やトレーサビリティが高める牛肉流通の信頼性が示されましたし、日本人の食生活の変遷をたどりながら、牛肉とのかかわりが興味深く述べられてあります。

このような本冊子が、食肉に関する一層のご理解をいただき、牛肉の消費促進に少しでもお役に立つならば、関係者一同の望外の喜びとするところでございます。

終わりに、当「フォーラム」委員会にご参加の上、ご教示、ご討議を親しくいただいた先生方に厚くお礼申し上げます。また、当「フォーラム」委員会の開催から本冊子の刊行に至るまで、絶大なご尽力をいただいた財団法人 日本食肉消費総合センターの田家邦明理事長はじめ関係各位に、深甚の謝意を表する次第です。

「食肉学術フォーラム」委員会座長
東京大学名誉教授／お茶の水女子大学名誉教授

藤巻 正生

CONTENTS

はじめに 1

東京大学名誉教授／お茶の水女子大学名誉教授 藤巻 正生

Chapter 1 牛肉の魅力、おいしさの秘密に迫る 5

・牛肉の魅力 6

日本獣医生命科学大学教授 西村 敏英

・牛肉のおいしさについて 12

日本獣医生命科学大学名誉教授 沖谷 明紘

Chapter 2 食肉の機能と効能 21

・牛肉に含まれる優れた機能性成分 22

日本獣医生命科学大学教授 西村 敏英

・筋肉：生体における役割と食品としての役割 29

東京農工大学大学院教授 矢ヶ崎 一三

・食肉の新たな機能性としての“Thermic effect” 38

北海道大学農学研究院助教 若松 純一

Chapter

1

牛肉の魅力、
おいしさの秘密に迫る

牛肉の魅力



日本獣医生命科学大学教授
西村 敏英

SUMMARY

明治33年(1900年)頃、日本人男女の平均寿命は30歳の半ばくらいでした。その時、酪農国のスウェーデンは、既に男女とも50歳を超えておりました。日本人の平均寿命がようやく50歳を超えたのは1951年、また70歳を超えたのは1971年で、スウェーデンに遅れること20年が経っていました。

しかし、その後、日本人の平均寿命は急激に延びていきました。最近発表された統計では、女性は世界1位で86.6歳、男性は4位で79.3歳でした。抗生物質の開発などの医学が発達したことはもちろん、戦後における動物性食品の摂取量の増大も、世界に例のない長寿国を生み出した理由の1つであると思います。

そこで、健康維持のために欠かせない牛肉の良さをいろいろな観点からお話しさせていただきます。



- 黒毛和牛
- 脂肪交雑度
- アミノ酸スコア
- 栄養素を供給する機能
- おいしさを付与する機能
- 病気を予防する機能

牛肉にはさまざまな部位や品種が楽しめる多様性がある

国産牛肉は、大きく分けて黒毛和牛、乳用肥育牛、交雑牛の3つに分類されます。黒毛和牛は、品種としては黒毛和種という品種、乳用肥育牛はホルスタイン種です。

肉における一番の違いは脂肪交雑度です。脂肪交雑度が高いのが黒毛和牛の肉で、低いのがホルスタイン種の肉です。

値段は、黒毛和牛が高くて、乳用肥育牛は安い。これらの中間的な特徴を持つのが、黒毛和種とホルスタイン種をかけあわせてつくった交雑種です。

和牛肉は、脂肪由来の甘い香りを持ち、ジューシーでやわらかいという特徴があります。乳用肥育牛肉は「国産若牛」という名前で売られていますが、焼いた時、

赤身由来の焼き肉の特徴的な香りがします。また、うま味が強いのも特徴です。

これらの中間的な特徴を持つのが、ホルスタイン種の雌に黒毛和種の雄をかけあわせることによってできる交雑牛で、脂肪交雑度を高める目的でつくられました。手に入りやすい値段です。

牛肉の甘い香りとやわらかい肉を楽しみたい時は、少量でいいから黒毛和牛の肉を食べる。お肉をたくさん食べたい時には、うま味が特徴の乳用肥育牛肉にしておこうとか、そうした牛肉の楽しみ方があるのも1つの魅力ではないかと思います。

必須アミノ酸のバランスが良い牛肉のたんぱく質

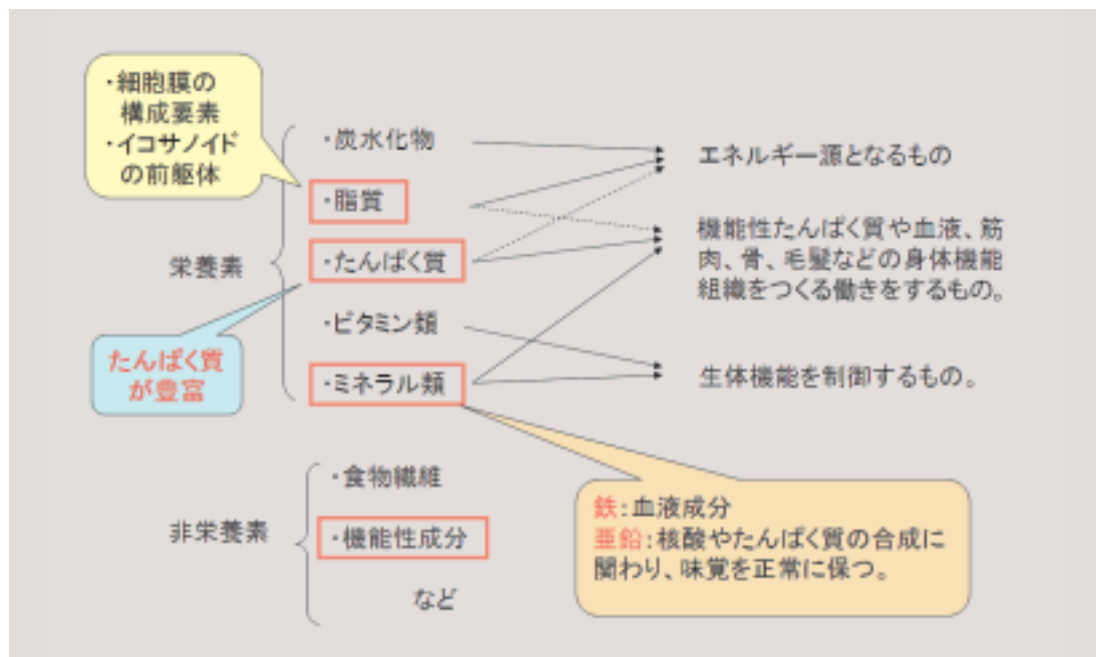
食肉を含む食品には、栄養素を供給する機能、おいしさを付与する機能、病気を予防する機能があります。牛肉は、たんぱく質、脂質、ミネラルを豊富に含んでおり、栄養素を供給する機能として非常に優れています(図1)。

たんぱく質は、健康維持に極めて大切です。牛肉には、良質のたんぱく質が豊富に含まれており、栄養素の供給源とし

て優れた食品です。脂質の供給にも役立っています。脂質は細胞膜の構成要素で、非常に大事な成分です。

また、プロスタグランジンなどのイコサノイド(必須脂肪酸が代謝されてできる微量のホルモン様物質)の前駆体になりますから、普段から脂質もとらないと健康の維持ができません。さらに、牛肉には、鉄、亜鉛などのミネラルも多く含

● 図1 栄養素を供給する機能



まれています。

私たちの体の中のとんぱく質は、常に代謝されて、新しいものにつくり変えられています。その時の原料として、食べ物由来のとんぱく質が利用されますので、原料となるアミノ酸を食べ物で供給しなければいけません。

たんぱく質を摂取する場合には、必須アミノ酸のバランスの良いたんぱく質をとることが大切です。必須アミノ酸のバランスの良否を示す値がアミノ酸スコア

ですが、牛肉のとんぱく質が100で、小麦のとんぱく質が42です。

牛肉たんぱく質では、含まれているすべての必須アミノ酸が、効率よく体たんぱく質の合成に使用されます。これに対して、小麦たんぱく質では、一番低い値の必須アミノ酸の割合しか合成に使用できないため、効率が極めて悪くなります。

牛肉のように、必須アミノ酸バランスの良いたんぱく質を摂取することは、健康を維持する上で大変重要です。

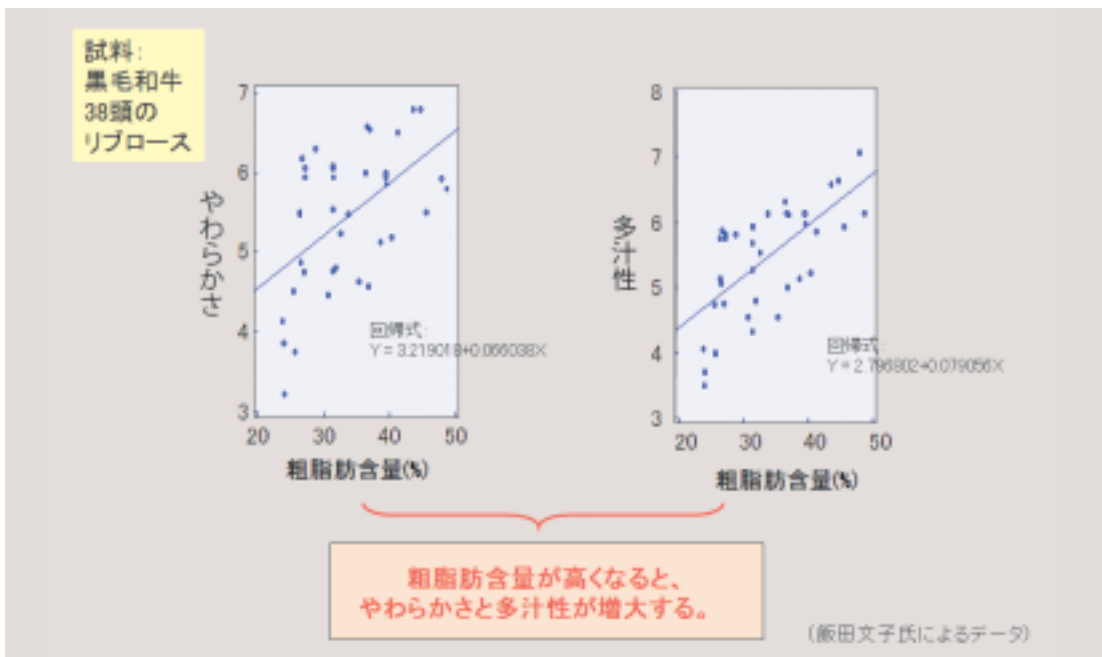
うま味、こく、まろやかさ、やわらかくジューシー、牛肉独特の香りがある

牛肉というのは非常においしい。味としてはやはりうま味が第一の特徴でしょう。さらに、こくやまろやかさといった、うま味以外の複雑な味があることで、よりおいしく感じます。ここでは、牛肉の

おいしさを付与する機能についてご説明したいと思います。

赤身由来の肉を焼いた時に出る独特の好ましい香りは、ピラジンやアルデヒド類によるもので、アミノ酸と糖のメイラ

● 図2 粗脂肪含量と食感との関係



ード反応で生じます。また、和牛肉独特の「和牛香」という甘い香りは、ラクトン系の化合物によるものだということが沖谷先生のグループで明らかになっており、これが和牛のおいしさに寄与していると報告されています。

食感も重要です。一般的には、やはりやわらかくてジューシーな肉をおいしいと感じるだろうと思います。

特に赤身の肉は、と畜直後は筋線維が収縮して、パサパサした硬い肉になってしましますが、熟成することによって、収縮した線維がある程度伸びてきて、ジューシーでやわらかくなる。ただ、黒毛

和牛の肉に比べたら、それほどやわらかくはないと思います。

一方、霜降り牛肉はジューシーでやわらかい。これは、脂肪交雑度の違いで生じます。

図2は、共同研究をさせていただいている日本女子大の飯田文子先生からお借りしたデータです。黒毛和牛38頭のリブローズについて、粗脂肪含量と食感の関係を調べたものです。横軸が粗脂肪の含量で、縦軸が官能検査によるやわらかさ、多汁性です。脂肪含量が多いものはやわらかく、多汁性があることを示しています。

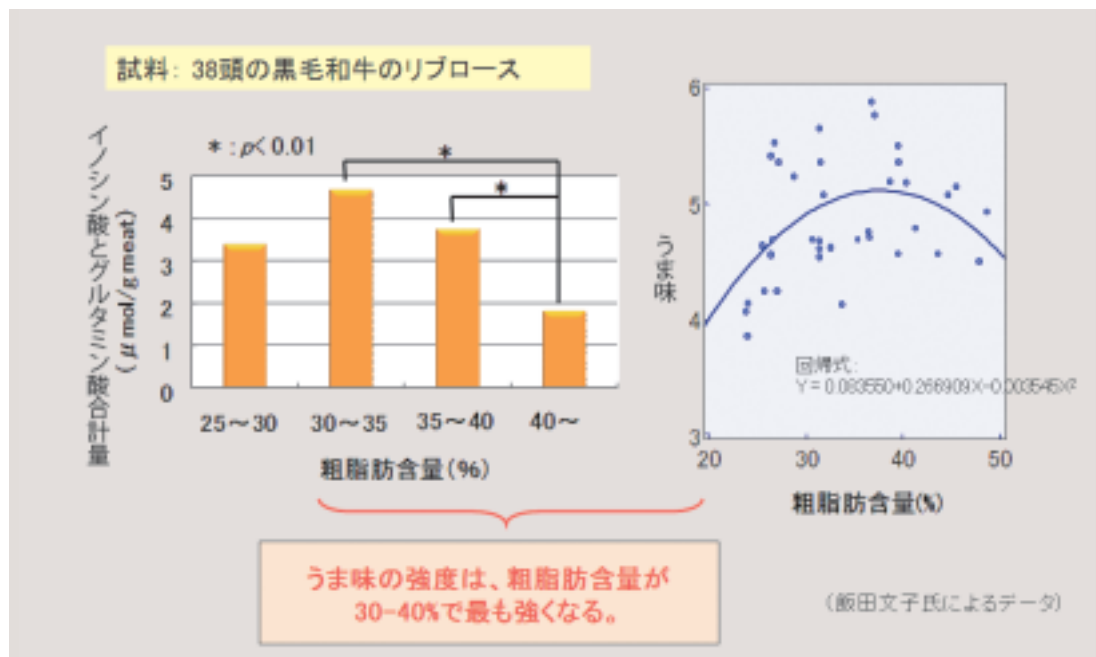
和牛は脂肪分30~40%が最もうま味強い

牛肉のおいしさに寄与している味の種類は、うま味とこく、まろやかさだと思います。

ます。

図3は、粗脂肪含量とうま味成分量と

●図3 粗脂肪含量とうま味、うま味成分量との関係



の関係を見たものです。粗脂肪含量が30～35%、あるいは35～40%で、イノシン酸とグルタミン酸を合計したうま味成分量が最も多くなります。

右側の図は、粗脂肪含量とうま味強度

の関係を調べたものです。うま味強度が最も強いのが30～40%の間で、それよりも脂肪含量が多くなってくると、うま味成分の量が少なくなるために、うま味は弱くなっていきます。

牛肉には酸味や甘味を抑制し、まろやかな味にする成分が含まれている

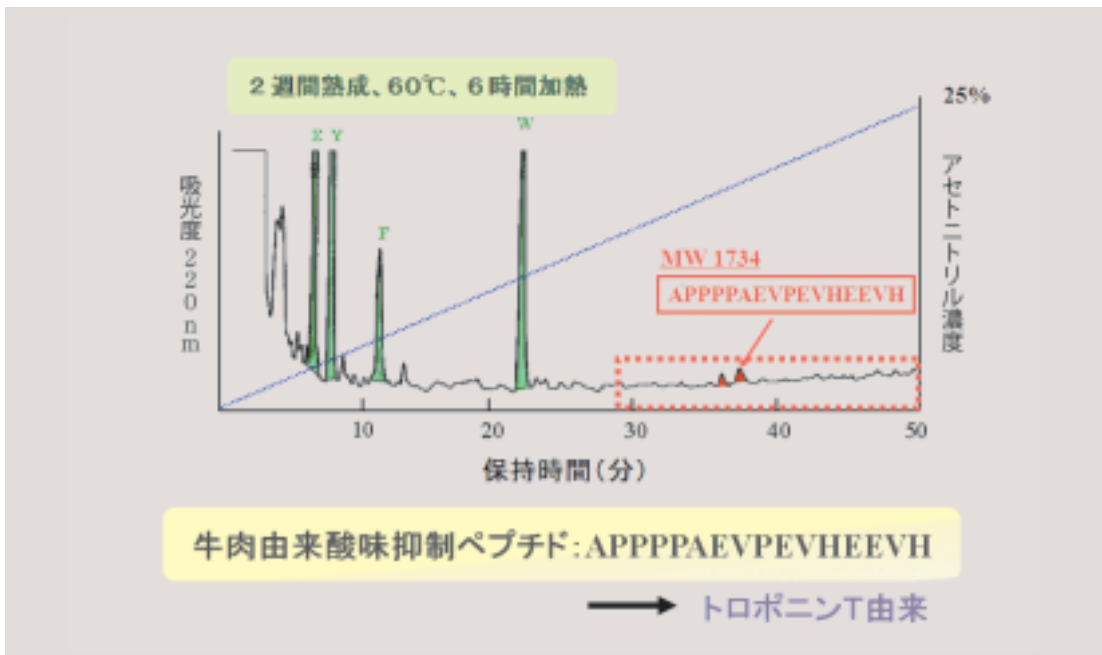
味に複雑さはあっても、バランスがうまくとれていないと、やはりおいしくありません。突出した味が出てこないように、いろいろなバランスをとる成分も牛肉には含まれていることがわかってきました。例えば、肉を熟成することによってたんぱく質の分解が起こり、酸味を抑制するペプチドが出てくることを突き止めました。

図4は、牛肉を2週間熟成して、60℃、6時間で真空加熱した時のものです。30

分後あたりからアミノ酸がたくさん出てくるのですが、この後にペプチドが出てきます。これを単離した後、アミノ酸配列を決めて合成しました。このペプチドを酸味溶液に添加したところ、酸味が抑制されました。

牛肉を熟成した時に生じるペプチドが、肉の味全体をまとめる役割をしているのではないかと考えています。酸味抑制ペプチドは、このようなアミノ酸配列からなり、筋肉たんぱくのトロポニンT

● 図4 牛肉に存在する酸味抑制ペプチドの単離



というたんぱくの分解物であることもわかっています。

牛肉の「おいしさ」がなぜ魅力かというと、私たちにおいしいものを食べた時の満足感を与えてくれるからです。この

満足感は、健康を維持するのに薬以上の効果があるとも言われています。おいしいものを適量食べて満足感を得ること、これは健康を維持する上で非常に大切です。

牛肉のおいしさについて



日本獣医生命科学大学名誉教授

沖谷 明紘

SUMMARY

食肉のおいしさを構成する主な要素は、味、香り、食感(テクスチャー)です。われわれは、さまざまな種類の肉を食べますが、それが何の肉であるかは、味ではなく香りと食感で識別していることがわかりました。

とりわけ牛肉では、香りがおいしさに大きくかかわっていることが明らかになりました。わが国で最も好まれている黒毛和牛肉では、加熱すると出てくる甘くてコクのある特有の香り(和牛香と命名)が、おいしさの主要因であると結論されました。この香りは、脂肪交雑した肉を空气中で熟成(含気熟成)すると得られます。甘い香りは、ココナッツ様香気を示すガンマノラクトンなどのラクトン類によります。

和牛以外の国産牛肉でも、ある程度脂肪交雑があれば、含気熟成で甘い香りが生成します。乳牛肉では少し乳臭い甘い香り(乳牛香)です。これらは煮た時に出る香りなので、煮牛肉熟成香に分類されます。牛肉熟成香には、これらのほかにおいしい香りである生牛肉熟成香や焼牛肉熟成香などがあります。



- 和牛香 (Wagyu beef aroma)
- 脂肪交雑 (サシ)
- 含気熟成 (dry aging)
- 生牛肉熟成香
- 煮牛肉熟成香
- 焼牛肉熟成香

肉のおいしさを決める香りと食感

牛肉のおいしさには、口に入れる前と入れた後の双方があります。口に入れた後、目をつむって噛んでみてわかるおいしさの決め手には、味、香り、食感(テク

スチャー)の3つがあり、この3つが、牛肉のおいしさを構成する主要素と言ってもいいでしょう。

われわれはいろいろな種類の肉を食べ

ますが、食べた人がその肉を牛肉か豚肉かどのように判定しているのかに注目しました。「味で判断している」という考えはずっと以前からありましたが、調べているうちに、肉のおいしさが味だけでは判定できないことや、香りの情報と味の情報を識別してやらなければならないことに気づいたからです。つまり、食肉の種類判定にも、香りの貢献があるのではないかと考えたわけです。

そこで、牛、豚、鶏、ラム、合鴨の5種類の食肉を使い、次のような研究を行いました。まず、学生に食肉の種類識別判定ができるようトレーニングをします。識別判定ができるようになったら、彼らに目隠しして鼻孔を開けた状態と鼻をつまんだ状態で、食肉の種類を判定してもらいます。

結果は次のとおりでした。

肉片で行ったケースでは、鼻をつまんでやると、正答率は表1のようになりました。鶏の正答率がかなり高い理由は、鶏の食感がほかの肉に比べてかなり特徴的であるからです。一方、鼻を開けてやると、肉片の正答率は非常に高くなります。豚の正答率が悪いのは、今の日本の豚肉に特色がないということを示しています。ほかの肉に比べて、香りからの情報が非常に弱いわけです。

これらをまとめたのが表2です。味はスープとしてもとれるので、鼻をつまんでスープを判定してもらいました。ところが、スープのほうは全然当たりませんでした。従って、味には肉種を決める特徴的な決め手がないと言えらると思います。スープは鼻を開けても、浮いた脂を抜いた状態だと、それほど正答率は上がってきません。ただ、ラムだけ

●表1 加熱肉片の動物種を判定^aした時の正答率と判定根拠

畜種	鼻孔を閉じた時の判定				鼻孔を開けた時の判定				
	正答率 (%) ^b	判定根拠 ^c			正答率 (%) ^b	判定根拠 ^c			
		味	テクスチャー	その他		味	香り	テクスチャー	その他
牛	44	2	7	5	69	2	18	6	3
豚	38	2	9	2	50	0	8	1	6
鶏	72	5	23	0	84	8	14	13	1
ラム	47	3	4	8	66	0	20	0	1
合鴨	44	3	11	2	69	4	21	3	1

a : 4回の試験を行った。各試験ではいずれの動物種も異なるロットの市販肉を用いた。参加したパネリストはそれぞれ8,8,9,7人で合計32人。

b : 4回の試験で正しい動物種を回答したパネリスト割合。

c : それぞれの判定根拠を挙げた正答者の数。パネリストは複数の判定根拠を回答してよいことにした。

はスープに香りがついたようでした。

一番正答率が高かったのは、鼻を開けて肉片でやったものです。ですから、畜種の識別に寄与するのは第一に香りであり、次にテクスチャー（食感）であること

がわかりました。すなわち、われわれは食肉の種類を香りと食感で判断しているということが明らかになったわけです。加えて、味の貢献は意外に少ないということが結論づけられたのでした。

●表2 目隠しをして肉片、パティ、スープを摂取した時の畜種判定正答率

畜種	鼻孔を閉じた時の正答率(%)			鼻孔を開けた時の正答率(%)		
	肉片	パティ	スープ	肉片	パティ	スープ
牛	44	36	14	69	64	29
豚	38	36	17	50	61	29
鶏	72	61	26	84	73	43
ラム	47	33	14	66	67	66
合鴨	44	30	20	69	52	34

32～35人のパネリストが判定した。

黒毛和牛のおいしさの秘密は香りにあります

次に、黒毛和種の肉のおいしさについてお話ししましょう。黒毛和牛のおいしさは、香りにあります。われわれはその香りを「和牛香 (Wagyu beef aroma)」と命名しました。

牛肉は、わが国では表3のように分類されています。和牛は上から4種類、遺伝子が固定された純血種の4種です。一番食べられているのは黒毛和種で、脂肪交雑が非常に多い。褐毛和種もかなり脂肪交雑が入っていますが、流通量は非常に少ない。下の2種は農林水産省の委員会が決めた和牛品種間同士の交雑種で、こ

れも和牛肉ということになっています。その他、乳用種、乳用種と和種の交雑種、あるいは外国品種との交雑種、外国種でも、国内での飼養期間が長いものなどが、行政的な分類では国産牛肉になっています。

牛肉の嗜好調査では、国産牛肉が非常に好まれています。輸入牛肉は、売れているものの仕方なく食べているという側面があるでしょう。理由は、調査の結果でも「価格が安いから」と出ています。「おいしいから」というのは二の次です。

さらに全国2000世帯を定点観測した味

についての調査データによれば、和牛肉が圧倒的に「おいしい」と出ており、「おいしくない」と言う人はほとんどいません。和牛以外の国産牛肉、乳雄（ホルスタイン種の雄）などでも、4分の1の人がおいしいと言っています。それに比べて輸入牛肉を「おいしい」と言う人はほとんどいない。食べ方にもよると思いますが、味については「おいしくない」とはっきり言っている。しかし、このアンケートでは味と香りの識別がなされていません。鼻をつまんで閉じるという調査だけでも簡単にできるので、これからのアンケートでは、味と香りについても行うといいと思っています。

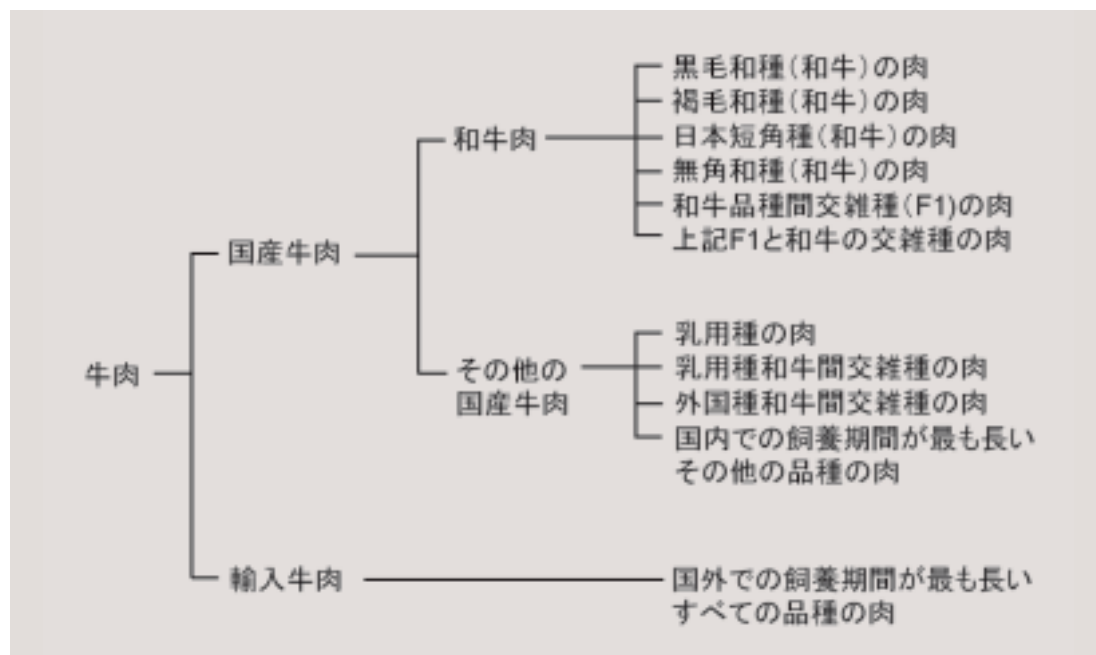
次に、味と香りを識別しながらではどうか実験を行ってみました。結論から言うと、黒毛和種特有の香りが好まれるということがわかりました。ちなみに、和牛香とはサシ、すなわち交雑脂肪の入っ

た霜降り牛肉を含気熟成し、100℃以下の湯中加熱、つまり煮てから口中で噛んだ時に、口から鼻に抜けて感じられる甘くコクのある和牛肉特有の香りのことです。

この実験について詳しくお話ししましょう。検体数は少ないのですが、輸入牛肉はカンザスのアンガス牛を使いました（表4）。和牛と輸入牛肉をすき焼き程度にボイルし、目隠しして鼻を閉じた人に食べてもらいます。味だけでどちらが好きかを聞くと、和牛と輸入牛肉に有意差はありません。ところが鼻を開けてやってみると、和牛肉が圧倒的においしい、好ましいと出たのです。

これはこのあと100検体以上行いましたが、鼻を開けると圧倒的に和牛がおいしいと出ました。議論した結果、煮てから口中で噛んだ時に、口から鼻に抜ける甘くコクのある特有の香りがおいしさを決定づ

●表3 品種による牛肉の分類



けている要因だと結論づけました。そして、それに和牛香という名前をつけ、英語

ではWagyu beef aromaと呼ぶことを提案したのです。

●表4 和牛肉と輸入牛肉の嗜好試験結果

実験	項目	好ましいと回答したパネリストの数		有意差 ^{a)}
		和牛肉	輸入牛肉	
I	味 ^{b)}	5	3	なし
	味と香り ^{c)}	8	0	あり
II	味 ^{b)}	6	6	なし
	味と香り ^{c)}	11	1	あり

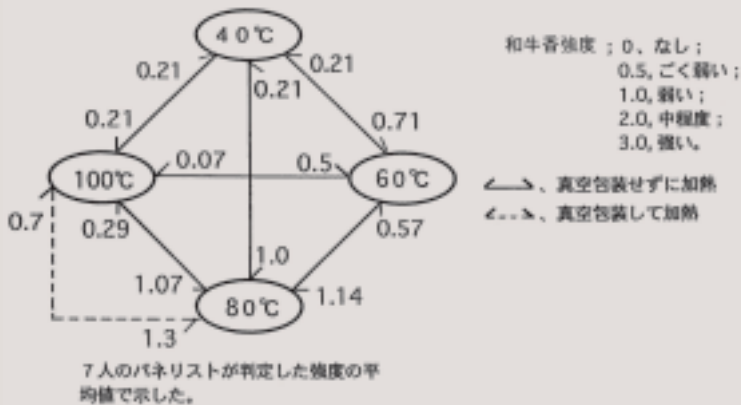
- ^{a)} 危険率1%で判定。
- ^{b)} 目隠しをし、鼻孔を閉じて評価。
- ^{c)} 目隠しをし、鼻孔を開けて評価。

和牛香が生成される条件とは

和牛香の生成条件について、こんな実験をしてみました。図1のように、40℃、

60℃、80℃、100℃でパティ（ミンチ）を2分間加熱し、その後に官能テストを行っ

●図1 40,60,80,100℃の各温度で加熱した牛肉間における和牛香の強さの比較



たのです。その結果、和牛香が一番強く出たのは80℃でした。100℃の場合、オープンでやると香りが抜けてしまいます。しかし、真空パックしてやると80℃にかなり近い香りが残りました。

普通、すき焼きはあまり高い温度でやりませんし、しゃぶしゃぶも肉が白くなった程度ですぐあげて食べてしまいます。80℃で加熱する方法は、従来から有名なすき焼き屋さんやしゃぶしゃぶ屋さんが勧めている食べ方で、実験の結果、その方法がまさに理にかなっていたということが証明されたわけです。

次に、脂肪交雑と、酸素あり・なしの実験を行いました。脂肪交雑の実験では、脂肪交雑が一番良い「脂肪交雑等級5」を手に入れ、表5の日数、熟成します。肉片を含気熟成で行うものと、凍結貯蔵にして解凍してから食べるものでは、5日間くらいの熟成からはっきり差が出てきて、11日間熟成では圧倒的な差が生まれ

た。実際に売られている脂肪交雑等級5の和牛は1カ月以上熟成されており、長い時は3カ月くらい含気熟成を行っています。

ただ、スーパーに出ている和牛はそこまでやっていないので、見た感じほどおいしくない。すなわち、すき焼き屋さんで食べるとすごくおいしいと感じられるのは、熟成期間のせいだということもわかってきました。

一方、脂肪交雑等級が低いものは安い和牛肉として出ていますが、5日くらいの熟成ではその差が出てきません。しかし、1、2カ月やると確実に出てきます。今、市販されている和牛は、すべて和牛香がします。強弱はありますが、必ずします。すなわち、和牛香が強く出る生成条件は、サシ（交雑脂肪）がよく入った霜降り牛肉を、含気熟成、つまり空気に触れさせて熟成するのがベストです。これを、英語ではdry agingと呼んでいます。

●表5 空気下あるいは真空下で貯蔵した和牛肉（試料A,脂肪交雑等級5）の和牛香

貯蔵日数（日）	和牛香が強いと判定された数 ¹⁾			
	4℃含気貯蔵 肉片	-80℃貯蔵 肉塊	4℃含気貯蔵 肉片	4℃真空貯蔵 肉片
1 ²⁾	3	2	4	0
5 ³⁾	4	1	4	1
11 ⁴⁾	6	1	-	-

1) パネリストは、80℃で2分間加熱した肉片を口に含んで判定した。

2) 5人あるいは4人で判定した。

3) 5人で判定した。

4) 7人で判定した。

次に和牛香の構成成分を分析しました。その結果、和牛香に特有の甘い香りは複数のラクトン類によるものであり、特にコ

コナッツ様の香りを示すガンマノナラクトンが、輸入牛肉に比べて著しく多いことがわかりました。

牛肉をおいしく食べるポイントは熟成香にあり

最後に、熟成香の種類についてお話ししましょう。和牛香は和牛肉を熟成した時に出てくる香りですが、香りには、牛肉を熟成した時に生成する他の香りもあります。例えば、と畜4日目の乳牛の肉を0℃で20日間、含気熟成*します。もう一方は、凍結貯蔵して2日前に解凍して行います。

すると、0℃で貯蔵したものは、加熱しないで生肉を鼻先で嗅ぐと、乳臭い甘い香りがします。昔、肉屋さんに入るとプーンと甘い香りがしましたが、あの香りそのものです。しかし、現在スーパーなどではすべてパックし、かなり温度の低い状態で売っています。だから、この香りはほとんど出ていません。時折、牛肉ばかり扱っているお店で切れっ端の脂がそのあたりにこびりついていたりすると、お店自体に甘い香りがしますが、まさしくその香りです。

この香りが、バクテリアの作用で出てくることもわかりました。そこで、私たちはこの香りにconditioned raw beef aroma (生牛肉熟成香) という名前をつけました。すなわち、微生物が赤身と脂肪が共存しているところで働くと、酸素を要求して出てくる香りです。他にもあるかもしれませんが、ここでは1種類の菌だけを単離しました。Brochothrix thermosphacta、という牛肉の常在菌で

す。

アセプティック（無菌）でない条件で扱っている牛肉に多く付着している菌です。低温細菌で、通性嫌気性の、何も悪いことをしない菌なので心配はありません。また、赤身成分も必要です。この細菌は、一価の不飽和脂肪酸、オレイン酸、パルミトレン酸を原料にして、酸素のある条件で働いて、乳臭い甘い香りを出します。これはラクトンだと思いますが、まだ物質をとっていないので、今は「生牛肉熟成香」と言っています。しかし、加熱すると揮散してしまいます。

このように、香りには2つのタイプがあります。1つは鼻先で感じる香り(orthonasal aroma)。これには生牛肉熟成香も含まれますが、鼻先香という日本語を勝手に提案しています。もう1つは、口の中に入れてよく噛むと出てくる香りです。呼気と一緒に出てくる香りです、retronasal aroma。英語は1つしかないので、日本語はまだ決まっていません。いろいろ提案されており、私たちは口中香と提案していますが、咀嚼香と言っている人もいます。

香水とかトイレタリー（化粧・洗面用品）は全部鼻先香で、官能も全部鼻先でやります。しかし食品の場合は、鼻先で香るものもありますが、多くは口に入れて判定します。パフューマー（調香師）は

*含気熟成：空気に触れさせて熟成すること。英語ではdry agingと呼ぶ。

前者で、フレーバリスト（食品の風味・香料を調合する専門家）は後者、という具合です。すなわち、すき焼きのにおいはいくらクンクンやっても、特に冷めたすき焼き牛肉は全く香りがしません。ところが、口の中に入れて噛んでいると甘い香りが出てきます。

香りは牛肉のおいしさには欠かすことができません。例えば、粗くサシが入っているホルスタインの雄の肉を20日間熟成し、味だけで判定すると差がない。しかし、鼻を開けて判定すると、含気熟成したもののほうが香りはいいという結果が出ます。事実、消費者が「今日の国産牛肉はわりと牛肉らしい」と判定するのは、この香りのあるものです。

しかし、中には香りの全くしないものもあります。乳牛肉はほとんどが真空保存で、熟成するとすぐ市場に出すので、

ほとんど甘い香りがしません。そういうものも大量に出ています。今日はいいが、明日はダメと、当たりはずれがあるのです。それに比べ、和牛は確実に良い香りがします。

また、生牛肉熟成香の生成では、赤身と脂身で微生物が働いて出てくる。この場合、酸素も必要です。今申し上げた乳牛の香りは煮て出てくる香り、煮牛肉熟成香という分類にしたらどうかと提案しています。この場合、80℃くらいの加熱と熟成に酸素が必要です。サシの脂肪が大事と述べましたが、粗いサシでも構わない。サシの必要度についてはまだわかっていないのです。ちなみに、真っ白に見えるぐらいサシを入れなくても、十分、和牛香が出てくることもわかっています。

表6は、それらを分類して提案した「ま

●表6 牛肉熟成香の種類と特徴

種類	特徴
生牛肉熟成香	甘いミルク臭に似た香り 鼻先で嗅いで感知できる 加熱で揮散しやすい 熟成によって生成
煮牛肉熟成香 和牛香 乳牛香 など	甘く脂っぽい香り 加熱肉を噛んで感知できる 生肉にはないが煮ると生成する 加熱で揮散しにくい 熟成によって生成
焼牛肉熟成香	食肉に共通の香ばしい焙焼臭 鼻先、口中で感知できる 焼くと生成するが揮散しやすい 熟成で増強される
熟成牛肉発酵臭	発酵生ハムに似た香り 加熱肉を噛んで感知できる 長期熟成によって生成

とめ」です。生牛肉熟成香は甘いミルク臭に似た香りですが、鼻先で嗅いで感知できますが、加熱で揮散します。しかし、タルタルステーキなら味わうことができます。熟成によって生成します。

この香りが何の役に立つかという点、和牛を含気熟成したかしないかという判定は食べてみればできますが、肉を傷つけなくてもこの香りがしているかどうかということになります。

今は0℃で熟成していますが、0℃だとほとんどにおわないので、少し室温に置いて嗅いでみます。すると、和牛は生で甘い香りがします。それが生牛肉熟成香です。恐らく、プロの熟成屋さんの判定はこの方法でやっていると思います。何で判定しているかは絶対に教えてくれません。しかし私どもは、恐らく香りで行っていると判断しています。

一方、和牛香が代表的である煮牛肉熟成香ですが、ホルスタインの雄を熟成すると、前述のようにやはり牛肉特有の甘い香りがします（ちょっと乳臭いですが）。乳牛香という仮の名前をつけておきました。甘く脂っぽい香りですが、加熱肉を噛んで感知します。生肉にはありませんが、煮ると生成します。加熱で揮散しにくく、熟成によって生成します。

加熱で1回出ると、肉の中にとどまり、冷めても噛むと出てきます。ですから、高級な和牛でつくったしぐれ煮は、冷た

いまま食べますが、噛んでいると和牛特有の香りが出てきます。安い輸入牛でつくったしぐれ煮は、いくら噛んでも香りが出てきません。値段が4倍くらい違うのですぐわかります。しぐれ煮のつくり方でも80℃以上に加熱しないということ、浅草の「今半」から漏れ聞きました。

また、焼牛肉熟成香は輸入牛肉を含めたいろいろな牛肉で共通ですが、100℃以上で焼いた香ばしい香り、すなわち焙焼臭は、鼻先でも口中でも感知できます。焼くと生成しますが、揮散しやすいので、1回焼いた焼き肉はその時の香りでおしまい。もとの香りにしたい時には、もう一回焼き直さなければなりません。これはピラジン系の香りです。

それから、ほとんど口に入ることはないですが、長期熟成した高級和牛は、発酵生ハムに似た香りがします。甘い香りが減って、パルマハムの香りに非常に近い。ちょっと味噌臭い、そういう香りがします。

ただ、こうした研究はまだ誰もやっていません。なお、霜降りがよく入った縮まりのいい肉は、6カ月くらい置いても腐らない。カビが生えて脱水していくことですが、そういう特殊な牛肉もあります。

和牛のおいしさにはまだまだ不明な点が多く、今後も各分野での追究が続いていくでしょう。

Chapter

2

食肉の機能と効能

牛肉に含まれる優れた機能性成分



日本獣医生命科学大学教授
西村 敏英

SUMMARY

牛肉のたんぱく質は、食品からしかとれない必須アミノ酸を豊富に、バランスよく含み、しかも植物性たんぱく質に比べて、体内での利用効率もよい非常に良質な栄養素です。さらに、病気を予防する機能性成分が含まれていることが明らかになっています。うつ予防やダイエット効果など、現代人の健康ライフを支える牛肉の大きいパワーについて、お話しします。

KEY WORDS

- 病気を予防する機能
- アミノ酸
- カルニチン
- ヘム鉄
- 共役リノール酸
- オレイン酸

アミノ酸はじめ牛肉には病気を予防する機能性成分が含まれている

かつて、肉が生活習慣病を引き起こす食品のように言われていましたが、それどころか牛肉には、病気を予防するなど生体調節機能があることがわかってきました。

牛肉に含まれる病気を予防する機能性成分として、アミノ酸、カルニチン、ヘム鉄、共役リノール酸*、オレイン酸が知られています(表1)。

アミノ酸には、「体たんぱく質をつくる」、「機能性たんぱくをつくる」、「ホルモンをつくる」などの役割があるだけでなく、病気を予防するさまざまな生体

調節機能のあることがわかってきました(表2)。

アミノ酸の一種であるタウリンには、胆汁酸の分泌促進、血圧降下作用、あるいは肝機能向上作用が知られています。1日に必要なタウリンの約半量は食べ物から、残り半分は体内合成によるとされています。タウリンは魚に多いと言われていましたが、牛肉にもたくさん含まれています。

動物性食品には必須アミノ酸であるトリプトファンが多く含まれています。トリプトファンからつくられるセロトニン

の90%は小腸に、8%が血小板、残りの2%が脳の神経にあります。

セロトニンは、脳で神経の伝達物質として働いており、これが少なくなると、うつ病などさまざまな脳の病気が生じる可能性が出てきます。トリプトファンをとることは、脳の健康を維持する上で、

非常に大切です。

今、メタボ対策に一番いいのは、運動をしながら筋肉を大きくしたり、筋肉量の減少を防ぐことだと思います。基礎代謝量が大きい筋肉量を増やせば、基礎代謝を上げられるので、太りにくい体をつくることのできるのです。これを実践す

●表1 病気を予防する機能性成分

- ・アミノ酸(たんぱく質)
- ・カルニチン→脂肪燃焼促進作用
- ・ヘム鉄→貧血予防効果
- ・共役リノール酸(CLA)→抗がん作用、体脂肪減少効果
- ・オレイン酸→LDL-コレステロールの減少および酸化抑制効果、血圧降下作用

●表2 アミノ酸の多様な生体調節機能

アミノ酸	生体調節機能
Leu, Val, Ile	運動時のエネルギー源。たんぱく質の合成促進、分解抑制。肝機能の向上。
Lys	成長促進。集中力を高める。肝機能の向上。
Met	脂質代謝の改善。血中ヒスタミン濃度の低下。
Phe	脳機能の向上。うつ症状の改善。
Thr	脂肪肝の予防。
Trp	脳機能の向上。うつ症状の改善。不眠症の改善。
His	酸化ストレスの軽減。
Arg	成長ホルモン分泌。血管拡張。高アンモニア血症治療。
Asp	肝機能改善
Gln	免疫能改善。肝障害抑制。アルコール代謝促進
Gly	睡眠改善。
Tau	胆汁酸分泌促進。血圧降下作用。肝機能の向上。

(『食品機能性の科学』、pp.416, 産業技術サービスセンター (2008))

れば、体重の増加はかなり抑えられるのではないかと思います。筋肉量を増やしたり、その減少を防ぐために、必須アミノ酸であるロイシンの摂取が効果的だと言われています。

宇都宮大学の吉澤先生のグループが精力的におやりになっている研究で、ロイ

シン摂取の1時間後には、筋肉のたんぱく質合成の速度が上がっていることが明らかにされています。

牛肉のたんぱく質には、ロイシンが多く含まれているので、運動の前後に牛肉を食べることで、筋肉量を増加させることが期待できます。

牛肉に多く含まれるヘム鉄は吸収性が高く貧血予防に効果

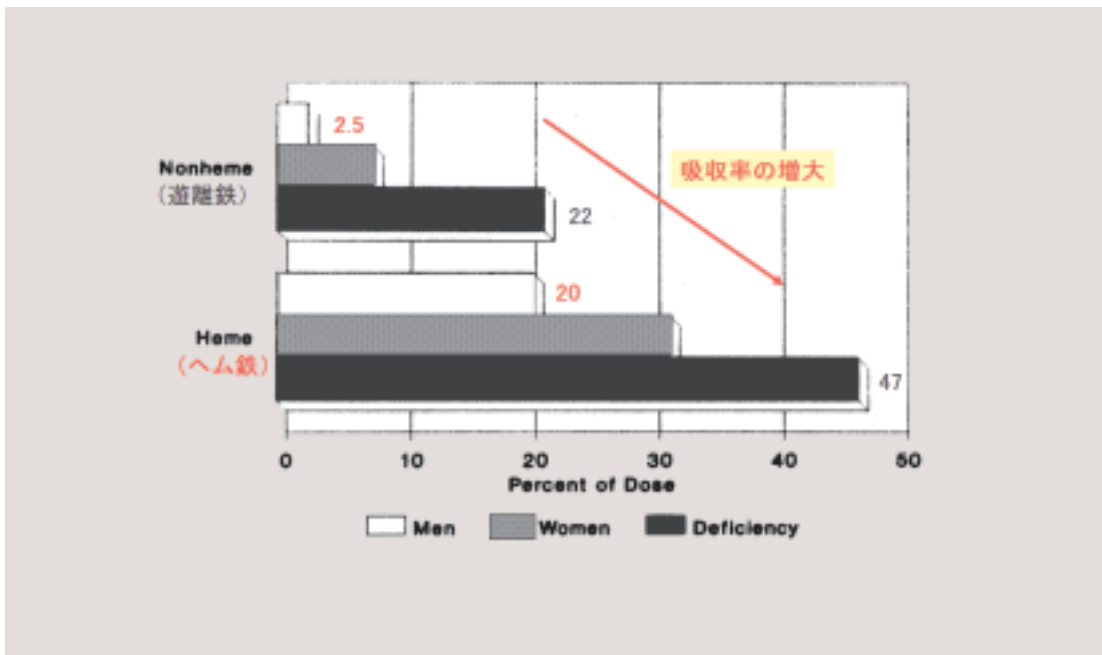
肉の赤い色はミオグロビンという色素たんぱく質によります。その含量が多いと赤色が濃くなります。

肉のミオグロビンやレバーのヘモグロビンに含まれる鉄は、ヘム鉄と呼ばれ、野菜などに含まれている遊離鉄とは構造が異なっており、吸収されやすいことがわかっています。

図1は、1990年の『American Journal

of Clinical Nutrition』のデータです。貧血でない男性、月経前の鉄欠乏ではない女性、鉄欠乏性の人を対象に、食事として遊離鉄(Nonheme)とヘム鉄(Heme)をとった時の吸収率を比較しました。貧血でない男性では、遊離鉄の吸収率は2.5%と極めて低く、ヘム鉄では20%に向上することから7~8倍高くなります。鉄欠乏性の人では、鉄欠乏により鉄吸収性が向

● 図1 遊離鉄とヘム鉄の吸収性の比較



上し、遊離鉄でも22%まで吸収率が高くなりますが、ヘム鉄の吸収率は2倍以上の47%まで上がります。

体の状態によって、鉄の吸収率にはかなり違いがありますが、体の状態がどのような場合でも、鉄の吸収性は、遊離鉄よりヘム鉄のほうが2~10倍高くなります。

その理由として、遊離鉄は、他の食事成分であるタンニンやリン酸に結合して吸収されません。

それに対してヘム鉄は、吸収阻害物質との結合を防ぐため、吸収が容易になります。牛肉の中に、消化されたペプチドと結合して吸収を促進させるものもあるという報告もあります。

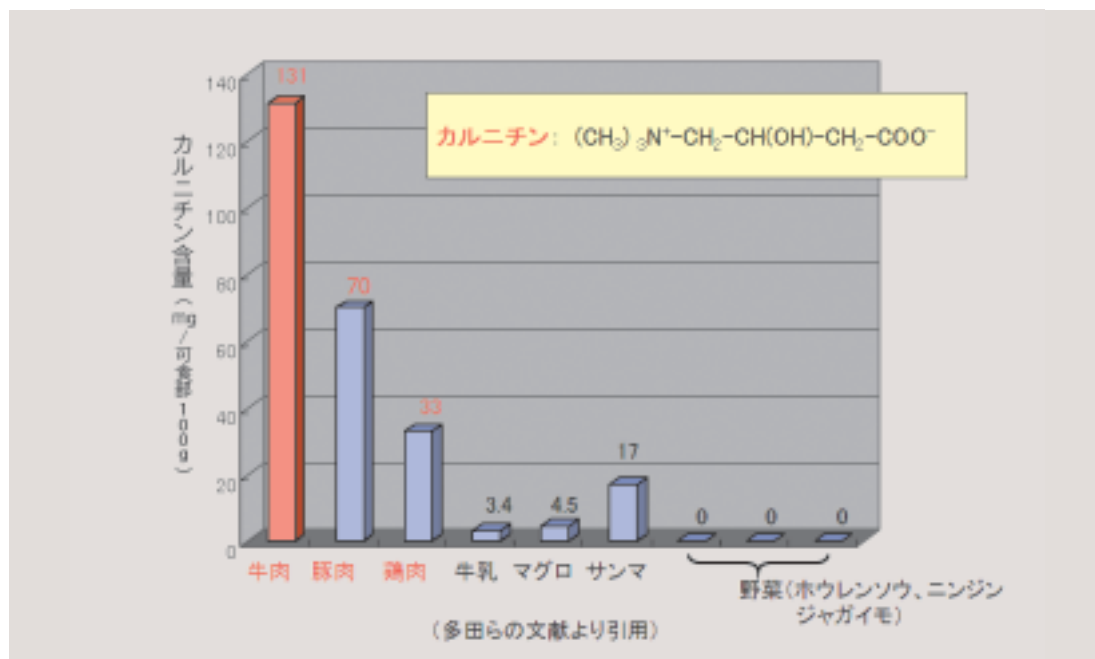
カルニチンに脂肪燃焼促進作用があることがわかってきている

カルニチンという生理活性物質は、豚肉、鶏肉に比べ、牛肉に非常に多く含まれています。マトンはさらに多いですが、われわれが通常食べている食肉の中では牛肉が最も多い(図2)。

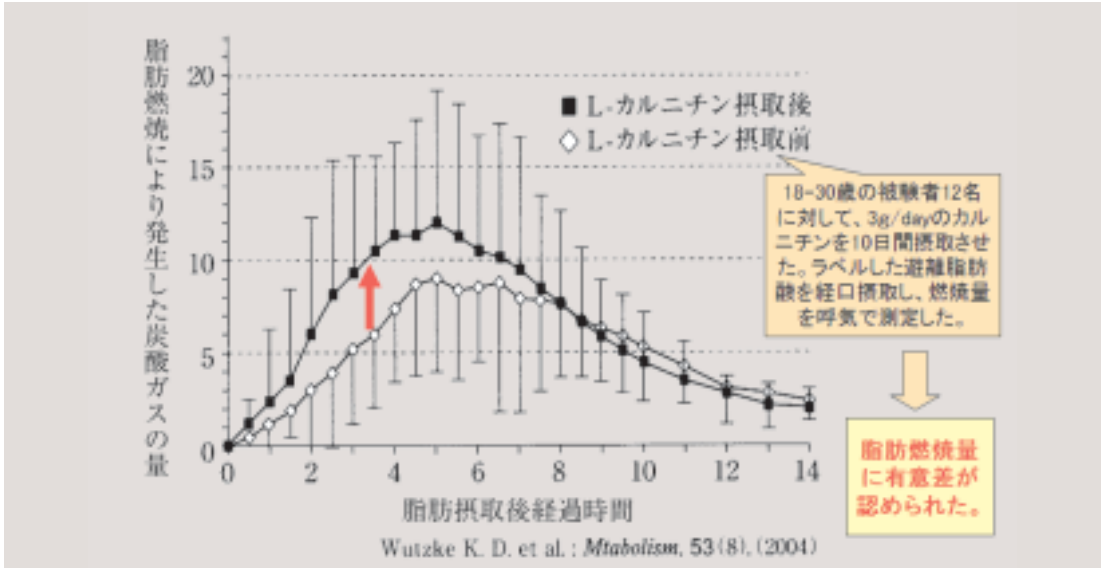
最近、カルニチンの脂肪燃焼促進作用のメカニズムがわかってきました。これ

は、カルニチン摂取によって脂肪燃焼が上昇するというデータです。18~30歳の被験者12名に対して、1日3gのカルニチンを10日間摂取させ、脂肪燃焼量を測定しています。その結果、カルニチンを摂取することによって、有意に脂肪燃焼が上がるということがわかりました(図3)。

● 図2 各種食品中のカルニチン含量



●図3 L-カルニチン摂取による脂肪燃焼の経時変化



牛肉の共役リノール酸の体脂肪低減、血圧上昇抑制機能

牛肉には脂肪が多く含まれており、ホルスタインでも20%、和牛だと40%ぐらいです。牛肉の脂肪には、機能性成分と

して共役リノール酸が多く存在しています。

表3は、いろいろな食品中の共役リノ

●表3 食品中の共役リノール酸 (CLA) 含量

食品	共役リノール酸含量
牛もも肉	2.9
鶏肉	0.9
羊肉	5.6
卵黄	0.6
ベーコン	2.5
ソーセージ	1.5
牛乳	5.5
バター	4.7
練乳	7.0
アイスクリーム	3.6
ヨーグルト	4.4
ナチュラルチーズ	3.6
プロセスチーズ	5.0

豚肉: 0.6mg/g fat

単位: mg/g fat

Jo. Food Comp. Anal., 5, (1992), p.185

ール酸含量です。牛のもも肉は2.9mg/g fatですが、鶏肉、豚肉は非常に少ない含量です。

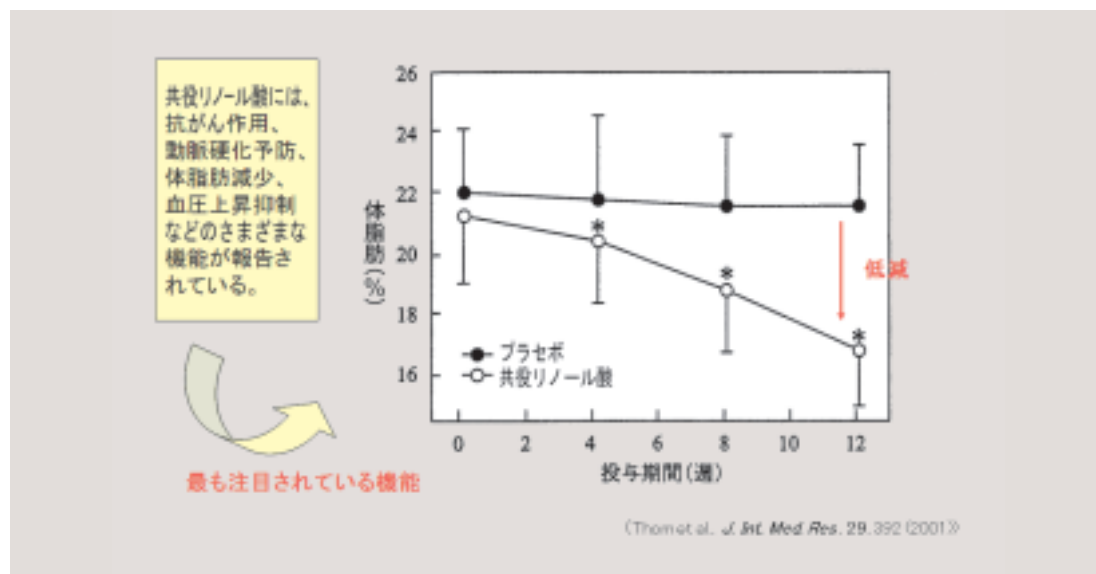
なぜ牛肉に多いのでしょうか。反芻動物である牛や羊では、胃に存在する嫌気性細菌のイソメラーゼによって、飼料に含まれていたリノール酸が水素添加される時に、共役リノール酸ができると考えられています。

また、共役リノール酸には、抗腫瘍作用などいろいろな作用が報告されていますが、今一番注目されているのが、ヒト試験で体脂肪の低減効果があったという2001年のデータです。

共役リノール酸を投与しないプラセボ群ではほとんど体脂肪は変わらないけれども、1日1.8gの共役リノール酸を投与することによって、12週間で4%ぐらい体脂肪が低減したと報告されています(図4)。

牛肉には共役リノール酸がほかの食品に比べて多いので、体脂肪低減効果に寄与できる可能性がある点も、1つの魅力といえるでしょう。海外では、共役リノール酸を強化した食品も製造されており、安全性などについてしっかり検証すれば、機能性食品になりうると考えられます。

● 図4 ヒト試験による共役リノール酸の体脂肪低減効果



オレイン酸に認められるコレステロール低下作用

牛肉に多く含まれるオレイン酸には、LDLコレステロールの低下作用があります。飽和脂肪酸の豊富なパーム油、オレイン酸の豊富なサンフラワー油(ひまわ

り油)、そしてリノール酸の豊富なサフラワー油(べにばな油)を調製し、それぞれの摂取が、中性脂肪(トリグリセライド= TG)が高い人のLDLコレステロール値に

与える影響を調べた実験があります。

その結果、オレイン酸の豊富なサンフラワー油を摂取することによって、LDLコレステロールが有意に下がることが明らかになりました。

また、LDLが酸化されやすいかどうかは、健康維持に非常に重要です。LDLコレステロールが多くなった時に、これが酸化されると、マクロファージによって分解されて、動脈に蓄積して動脈硬化を引き起こします。オレイン酸の摂取は、LDLコレステロールの酸化を抑制するという結果が、ウサギの実験で認められています。(図5)。

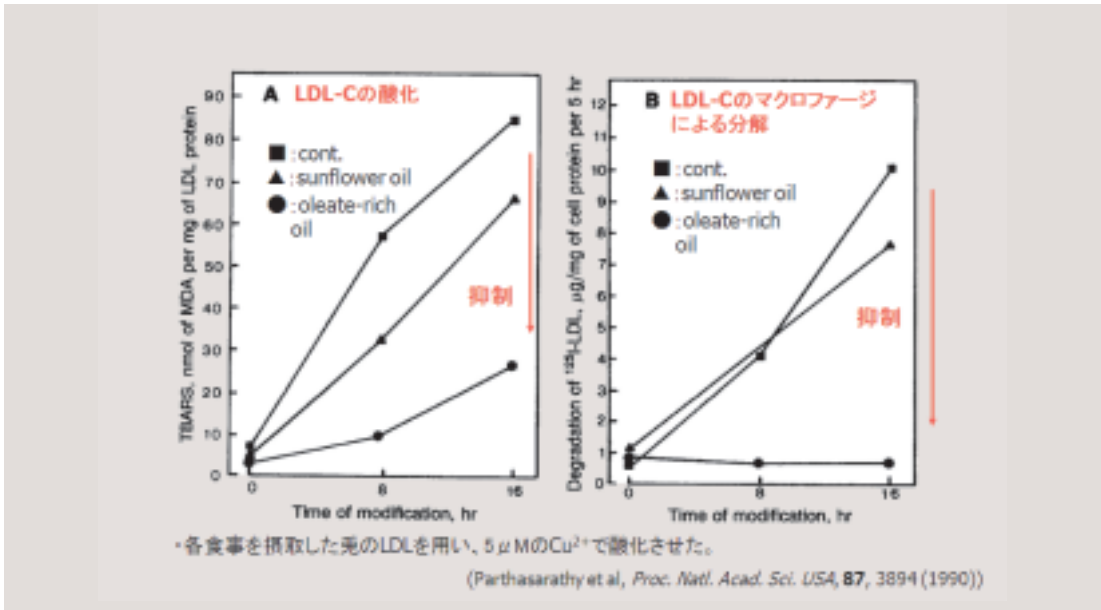
その理由としては、LDLコレステロー

ルの構成脂肪酸が変化し、オレイン酸が増えることにより、酸化が抑制されたと推察されています。酸化が抑制されることによって、LDLコレステロールのマクロファージによる分解も抑制されるため、動脈硬化になりにくくなります。

さらに、オレイン酸の食事をすることによって血圧を下げる効果もあるという報告もあります。

肉の脂肪は控えたほうがいいという誤ったイメージがありますが、適度にバランスよく牛肉の脂質をとることが、健康の維持に大切だということをこれらのデータが雄弁に語っているのではないのでしょうか。

● 図5 オレイン酸のLDLコレステロール酸化抑制作用



筋肉：生体における役割と食品としての役割



東京農工大学大学院教授
矢ヶ崎 一三

SUMMARY

食肉に含まれるアミノ酸には、数々の優れた働きがあります。その代表的なものが、筋肉のたんぱく質合成を促進する作用でしょう。また、アミノ酸にはたんぱく質の分解を抑制するものもあり、人間の体には欠かせない栄養素ということが言えます。さらに、筋肉がグルコースを取り込み血糖値が急激に上がるのを防ぐアミノ酸もあり、これらには糖尿病を抑える可能性があるのではないかと期待されています。



- ヒスチジン
- ロイシン
- α ケトイソカプロン酸 (K I C)
- イソロイシン
- ポリフェノール
- アミノ酸スコア

筋肉たんぱく質合成に及ぼすアミノ酸の影響

農林水産省と厚生労働省が共同で作成した「食事バランスガイド」(表1)では、主菜の最初に肉を挙げています。肉の重要性を示しているのは、たんぱく質がいろいろな役割を果たしているからです。肉にはうま味があり、そのうま味はグルタミン酸に由来しています。

人間の舌にはグルタミン酸の受容体があり、そこがおいしいと感じるわけです。また、先日聞いた話では胃の下部にもグルタミン酸レセプターがあり、食べたグルタミン酸は胃袋に行くと、そこでもグルタミ

ン酸を感知して、神経系を介して消化活動を助ける働きがあるのだそうです。

初めに、「筋肉の生体機能制御作用」について見てみましょう(表2)。たんぱく質の合成と分解に対するアミノ酸の作用について、アミノ酸による筋肉たんぱく質合成に及ぼす影響を、塩基性アミノ酸と分岐鎖アミノ酸(BCAA)に分けてお話しします。これらのアミノ酸を選んだ理由は非常に単純です。塩基性アミノ酸は3つあり、分岐鎖アミノ酸も3つです。24穴プレートを6穴ずつ4群に分け、1群

をコントロールにすると、3つのアミノ酸について一度に実験できる。そういう簡単な理由から選びました。

筋肉細胞は培養することができ(図1)、筋芽細胞から分裂していきます。この細胞は自発的に縦型に細胞融合を行い、最終的には筋管、さらに筋繊維と呼ばれる細胞に分化していきます。多核の細胞になるわけですから、足の長い人などは、もしかしたら1つの細胞が30cmと

か40cmの細胞になると思います。

図2のとおり塩基性アミノ酸は3つありますが、結果から言うと、この中でLヒスチジンだけがたんぱく質合成を上げることがわかります。一方、Lヒスチジンを脱炭酸化したヒスタミン、アルギニン、リジン、そういったものは効果がないということがわかりました。

一方、分岐鎖アミノ酸(BCAA)についても同じような実験を行いました。する

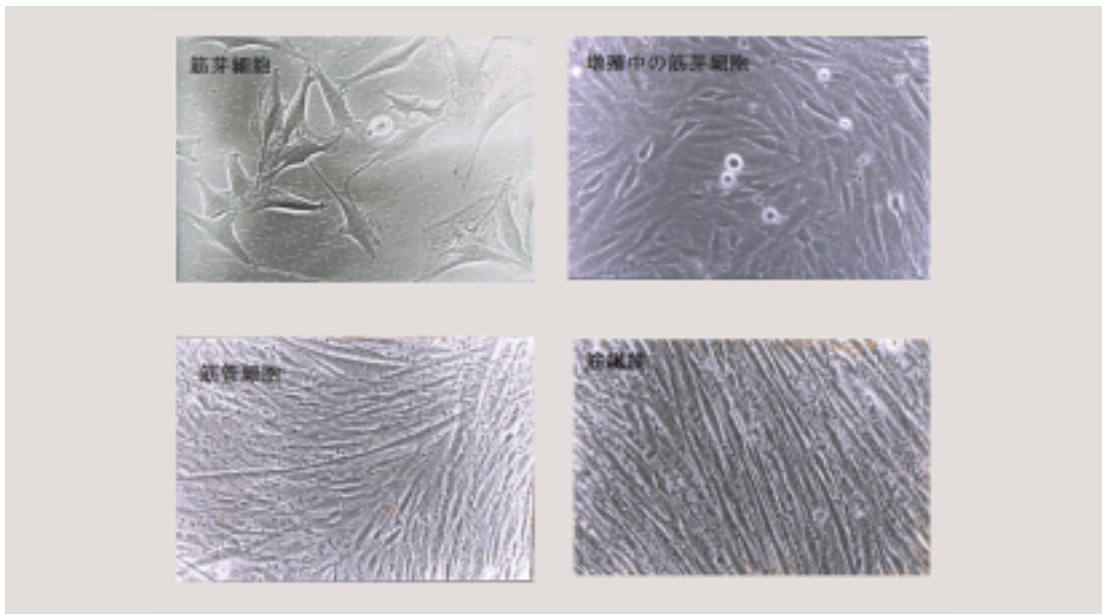
●表1 食事バランスガイド

- 1日に「何を」「どれだけ」食べたらよいかが目分でわかる食事の目安。
 - 主食:ごはん、パン、麺
 - 副菜:野菜、きのこ、いも、海藻料理
 - 主菜:肉、魚、卵、大豆料理
 - 牛乳・乳製品:チーズ、ヨーグルト
 - 果物:みかん、りんご、ぶどう、...
- の5つのグループの料理を組み合わせ、望ましい食事のとり方やおおよその量をイラストで示したものです。(厚生労働省、農林水産省、2005.6)

●表2 筋肉の生体機能制御作用

- 1) 筋肉量の制御: 筋肉たんぱく質代謝回転の制御
 - * アミノ酸による筋たんぱく質合成の促進
 - * アミノ酸による筋たんぱく質分解の抑制
- 2) 筋肉(細胞)の糖代謝における役割
 - * 筋肉におけるアミノ酸の糖取り込み促進作用
 - * 筋細胞の糖取込に対するポリフェノールの作用

●図1 筋肉細胞の分化



と、Lロイシンやロイシンの脱アミノ化した α ケトイソカプロン酸 (KIC / α -Ketoisocaproic acid) はたんぱく質合成を上げているだろうということが示唆されたわけです。

ついでに、肝臓の細胞はどうかということをしてラット由来の肝細胞を使って調べてみたところ、Lロイシンは肝臓細胞でも筋肉細胞と同様にたんぱく質合成を促進することがわかりました。ご承知のように、筋肉は分岐鎖アミノ酸を分解できません。というのは、トランスアミナーゼ活性が低いからです。

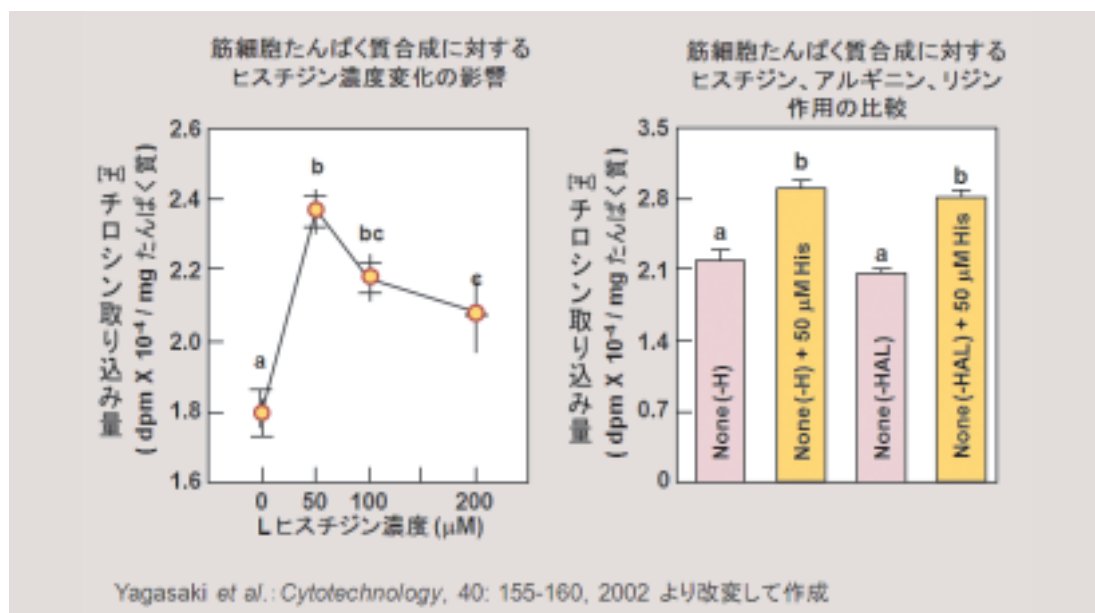
しかし、筋肉ではトランスアミナーゼが働いてKICのようなケト酸ができ、それが肝臓へ行くと代謝できるということです。それはそれとして、肝臓も筋肉と同様にLロイシンによってたんぱく合成が刺激されていることがわかったというわけです。

ロイシンはたんぱく質合成を上げている。ヒスチジンのほうは、これは思いもよらなかったのですが、アラキドン酸系が絡んでいることがわかってきました。栄養って面白いなと思ったのは、食べているものによって、とんでもないところで作用が出たり、出なくなったりするのだなあというようなことが実験でうかがえたわけです。

ちなみにロイシンの筋肉たんぱく質合成刺激作用にはカルシウムが絡んでいることも初めてわかった次第です。また、ロイシンの脱アミノ体であるKICが、たんぱく質分解を抑制することもわかりました。

これまでの話は、筋細胞たんぱく質合成促進作用、あるいは筋たんぱく質分解抑制作用についてでした。インスリンも同じような作用を持っています。ロイシンのインスリン様作用と言えるでしょう。

● 図2 筋細胞たんぱく質合成に対する影響



筋肉におけるアミノ酸の糖取り込み促進作用

インスリンと同じような作用があるのなら、インスリンは糖代謝にも影響を与えるので、ロイシンがグルコースの取り込みを筋肉で促進している可能性が考えられます。筋肉というのは体の中で一番大きい組織です。ですから、食後の血糖が上がった場合でも、筋肉にスッと吸い込まれるような働きをしてくれれば、血糖値が下がるわけです。

きっかけは2002年でした。ラットの後肢にはヒラメ筋 (Soleus muscle) という平べったい筋肉があるのですが、私たちは、それにロイシンを作用させるとグルコースの吸収が上がるということを発見したのです。ロイシンを入れると、2倍までは行きませんが2-deoxy-glucoseの取り込みが上がります。そこへPI3キナーゼインヒビターやPKCインヒビターを入れると、ロイシンの刺激作用が消えて

しまいます。

しかし、ラパマイシン、これはmTORのインヒビターですが、これを入れておいても全然影響ない。ということで、結論としては、PI3キナーゼとPKCを介して——これは、ロイシンのシグナル伝達経路 (想定) ですが、GLUT4が細胞質から細胞膜へ移動する。それで糖取り込みが上がっている。インスリンのほうは、別の経路がよく知られているわけです。

その後、もう1つの分岐鎖アミノ酸、イソロイシンにも筋肉によるグルコース取り込み促進作用があることが報告されました。すなわち、その翌年の2003年以降、最後は2007年ですが、イソロイシンはグルコースの筋肉への取り込みを上げ、血糖値を下げるけれども、それはグルコースの酸化と肝臓での糖新生を下げるからだということが報告されました。

抗糖尿病作用成分の探索系

糖尿病には1型、2型がありますが、日本人の場合は2型がほとんどであることがよく知られています。運動不足、ストレス、加齢、過食、肥満が原因です。肥満になると、アディポサイトカインのうちインスリン抵抗性を引き起こす、TNFなど悪いアディポサイトカインが出てきます。もちろん良いアディポサイトカインも出てきます。

それと同時に、糖尿病がご専門の先生にうかがいますと、日本人は民族的にインスリン分泌能が弱いのだそうです。で

すから、この2つが一緒になって高血糖状態が起きてくる。それで、2型糖尿病が発生し、三大合併症である腎症、網膜症、神経症が起きるということです。このあたりはよく知られた症状です。

一番いい予防法は一次予防で、生活習慣を改善することです。そもそも糖尿病で一番悪いのは血糖値が高いということ。ブドウ糖が高いことが諸悪の根源になっているので、それが上がらないような努力をすればいいわけです。

ご承知のように、メタボリックシンド

ロームの基準では、空腹時血糖値は110未満であればいいと言われています。しかし、本当は100未満がいい。あまり低いと低血糖になりますが、本来は100未満を正常とするべきだというお医者さんもいらっしゃいます。患者の増加を抑制するには、早いうちから血糖を制御する必要があるということです。

で、そういうものを食品から探せないかということのをわれわれは考えました。食品によって血糖値を制御する。薬でも同じでしょうが、1つは糖の吸収阻害です。たとえば α -Glucosidase inhibitor という食品が出ています。糖の吸収を抑えるのです。それには酵素阻害、あるいは、SGLUT1などの糖吸収のトランスポーターを阻害すればいいわけです。

しかし、われわれは阻害はやめ、1つはインスリン分泌を促進するようなものは見つけられないかと考えました。もう1つはインスリンとは関係なく、グルコースを筋組織に取り込ませるような食品因

子はないだろうかと考えました。先ほどのロイシン、イソロイシンなどはまさにそうですが、糖取り込み促進物質、そして、インスリン分泌を促進するようなもの、その2つにターゲットを当てたのです。そうすると、細胞培養系が使えるからです。

例えばフェルラ酸、これは穀類に入っています。それから、先ほどのロイシンやKICなどの分岐鎖アミノ酸もインスリン分泌を上げることがわかっています。

一方の、糖取り込みのほうはどうでしょう。ロイシンはどうかということ、それを筋細胞培養系で検定したら上げるということがわかりました。

以上のことから、今示した2つの系は血糖制御因子の探索に有用であるということがわかりました。そこで、そういうものを探索し、動物モデルで効果を確かめる。われわれはヒトまで持っていきませんので、糖尿病モデル動物でこれを行いました。

ポリフェノールの抗糖尿病作用

今度はポリフェノールの例をお話しさせていただきます。珍しいポリフェノールですが、アスパラチン (Aspalathin) と呼ばれるものがあります。南アフリカ特産のルイボス・ティーの成分です。現地の人にはルイボス・ティーを「カフェインを含まないお茶」として飲んでいるようです。ヨーロッパでも大変多くの方が飲んでいるようで、皮膚にいいなどいろいろな話が出ています。そこで上記細胞培養系 (インビトロ) で検討したところ、ア

スパラチンは両者を刺激することがわかりました。

このことから、これはインビボ実験をやるに値すると思ったわけです。そこで、2型糖尿病モデルマウス db/db を用いて実験を行うことにしました。5週齢で導入し、1週間予備飼育して、ここで血糖値を測ります。コントロールとこの物質が入った2群に分け、5週間ずっと飼育続けます。そして毎週、空腹時血糖を測ります。正常マウスにも、同じ基本飼料を与

えました。

最後に血糖を測った後、IPGTT (Intraperitoneal Glucose Tolerance Test) を行いました。耐糖能が改善されれば、この物質はかなり有望であるということを示します。

図3はその結果です。まず、正常ラットは血糖値にほとんど変化がない。ところが、db/dbマウスのコントロールは、このようにほぼ直線的に血糖値が上昇し、5週で550くらいに達しました。人間だったらえらいことです。

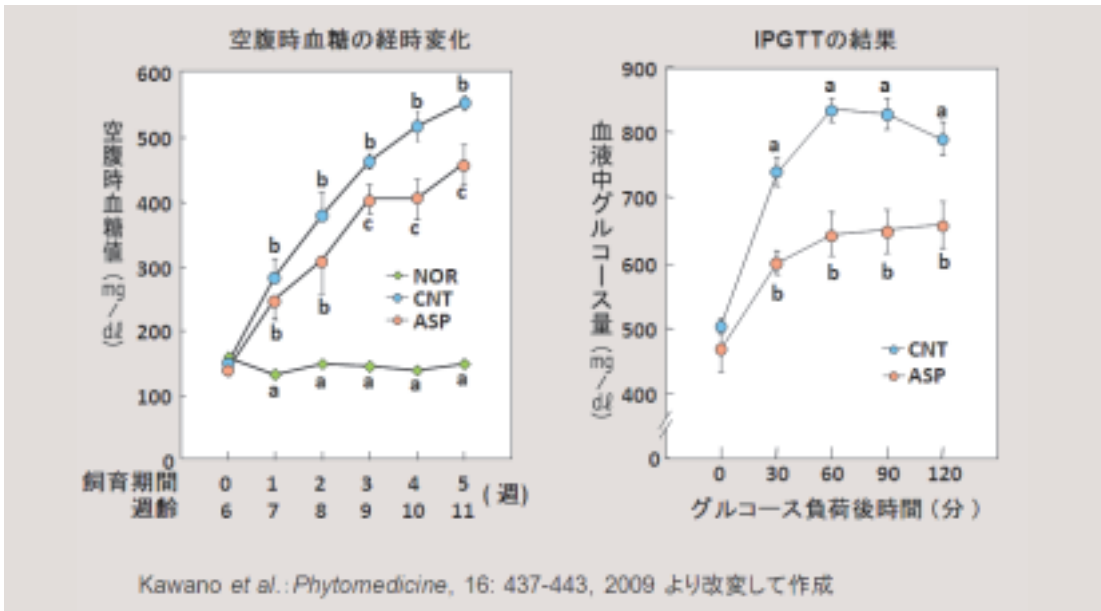
グリーンで示したのはアスパラチン、これはグリーンレイボスという名前なのでグリーンの色にしたわけですが、最初から血糖値の上昇を抑制しているのがわかります。2週目、特に3週目以降は上昇を有意に抑制しています。ちなみに、アルファベットが違うのは統計的有意差があるということを示しています。なお、

この時に食べている食事の量が減れば、当然、血糖値は下がるので、われわれは食事摂取量を測ってみました。すると、ちょっと少ないですが、統計的には有意差がない。つまり、食べる量が減ったから血糖値の上昇が抑えられたのではなく、物質そのものの作用である、こう考えたわけであります。

次に耐糖能検査を行いました。先ほど述べたIPGTTです。この0タイムでグルコースを腹腔内に注射し、経時的に尾静脈から採血していきます。コントロールグループで、なんと60分後に830くらいまで血糖値が上がってきます。その後、その高値を維持しているわけです。正常のマウスですと、普通下がってくるわけですが、糖尿病マウスなので、下がらない。

ところが、アスパラチンを食べさせていたラットでは、上昇の程度も弱いし、

●図3 空腹時血糖の経時変化とIPGTTの結果



各時間のどのスポットにおいても統計的に有意に低いということがわかり、この物質は耐糖能異常を改善しているということがわかったわけです。従ってアスパラチンという物質は、空腹時血糖を下げるとともに耐糖能異常を改善することが、このマウスでは認められたということになります。

もう1つの例は、大豆イソフラボンの中で一番よく知られているゲニステインという物質です。ゲニステインもやはり筋細胞でのグルコース取り込みを促進し、 β 細胞からのインスリン分泌を促進するというデータを得ております。同じように、違う2型糖尿病マウスKK-Ay/Taというマウスを用いて、実際に下げるかどうかというのを見たわけです。

もう1つ、これは学生さんが面白がってやった実験です。尿をかけて血糖値を測るリトマス紙みたいなものを売っていますが、それにマウスの尿をつけると色が出てくる。真っ白なものは「ノーマル」で、尿糖は出てきていない。しかし3週目くらいになると、1プラスと2プラスになるものがあります。

ところが、ゲニステインを食べさせたマウスの3週目では、ゼロか、プラスマイナスか、1プラス。ですから、少ないということがわかります。さらに5週目で見ると、2プラスか3プラスと、全部2プラス以上になったのが、ゲニステインを食べさせたマウスでは、1プラス、2プラスぐらいで、やはり抑えられているということがわかりました。

高脂血症に対する食品成分の影響

これまでは糖尿病の話でしたが、少し食肉の話をしてしまおう。2007年に新しい『タンパク質・アミノ酸の必要量』がWHO/FAO/UNU合同専門協議会報告として出されました。その話に加え、筋肉のたんぱく質の栄養価とアミノ酸はどうかということについてお示ししたいと思います(表3)。

ヒスチジン、トリプトファン、含硫アミノ酸に関しては、85年の基準と2007年の基準はほとんど変わりません。しかし、それ以外の必須アミノ酸は全部2倍から3倍近くになっており、「成人でも多くとりなさい」と書かれています。

牛、豚、鶏、それぞれの肉のアミノ酸組成を見ますと、単位は同じにしてあり

ますが(mg/g protein)、いずれもこの値をクリアしています。アミノ酸スコアは100ですが、実は100以上になるわけですね。そういう意味で、新しく出た基準から見ても、肉のたんぱく質アミノ酸組成は非常に満足のいくものであることがわかります。

これは栄養学の基礎ですが、アミノ酸スコアは表4のように計算します。制限アミノ酸がないので、筋肉のたんぱく質はオールアミノ酸スコア100ということになります。

次に、食肉・食品たんぱく質の機能性についてお話ししましょう。先ほどもお話ししたとおり、われわれは病態モデルを使う実験が多い。図4は平成19年まで

●表3 各種たんぱく質源のアミノ酸組成 (mg/g protein) と必須アミノ酸必要量 (成人)

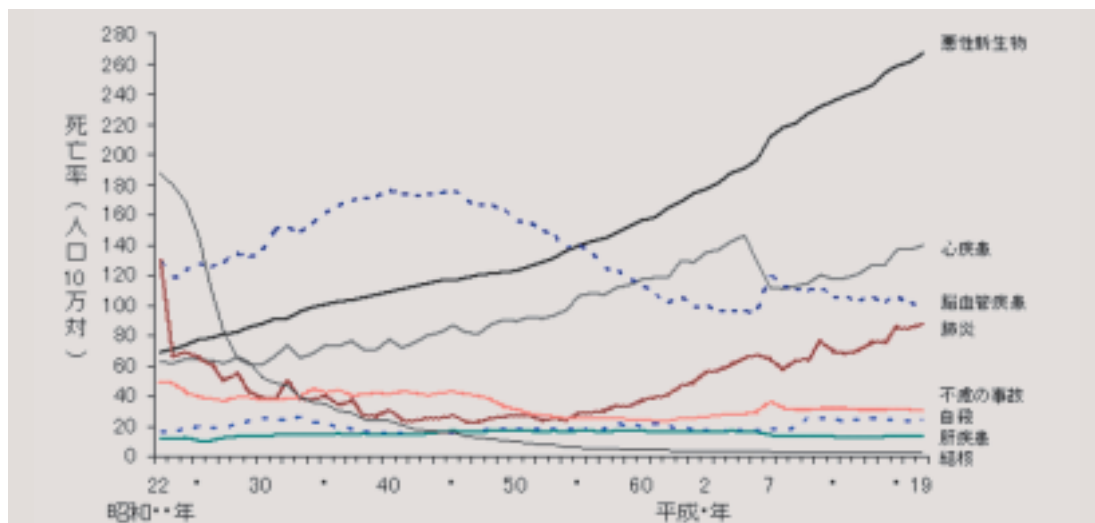
アミノ酸	全卵	乳カゼイン	牛肉	豚肉	鶏肉	大豆	小麦グルテン	2007	1985
Ile	55	56	48	49	49	48	41	30	15
Leu	88	97	86	81	82	73	69	59	21
Val	68	70	50	53	51	50	43	39	15
Met	33	31	29	29	29	11	16	16	--
Cys	26	5	12	12	12	10	21	6	--
SAA	59	36	41	41	41	21	37	22	20
Phe	52	53	42	41	41	46	52	--	--
Tyr	41	48	34	35	34	31	37	--	--
AAA	93	110	76	76	75	77	89	38	21
Thr	46	43	49	47	47	28	25	23	11
Trp	15	13	11	12	12	16	10	6	5
Lys	72	83	95	91	91	58	14	45	18
His	25	31	41	51	37	23	22	15	15
Arg	64	38	64	64	66	59	30	--	--
Ala	57	31	61	58	61	37	25	--	--
Asp	100	73	98	98	98	113	31	--	--
Glu	130	220	160	160	160	190	375	--	--
Gly	33	19	44	44	50	38	32	--	--
Pro	38	120	40	41	44	49	132	--	--
Ser	68	54	41	39	40	35	50	(277)	(141)

●表4 アミノ酸スコア Amino Acid Score (AAS)

・ 化学的たんぱく質栄養評価法
 ・ AAS =

$$\frac{[(\text{試験たんぱく質中の第一制限アミノ酸含量}^*) \div (\text{理想的アミノ酸パターン中の当該アミノ酸含量}^*)]}{\times 100}$$
 *mg/g protein

●図4 日本の主な死因別に見た死亡率の年次推移



のデータで、死因の推移を見たものです。がんが1位です。2位と3位が心疾患と脳血管疾患で、動脈硬化性疾患になります。その危険因子の1つが高脂血症。最近ではHDLが下がる場合もあるので、脂質異常症と呼んでいるようです。それには2通りあり、原発性と続発性があるということです。私たちは、続発性高脂血症に対する食品成分の影響を以前から研究しておりました。

その中の1つに糸球体腎炎があります。ウイスター系のラットから腎臓をとってきて、その糸球体基底膜をとって兎に免疫し、その抗血清をもとのウイスター系、すなわち同じ系統のラットに注射します。すると、注射したその翌日から正常値の100倍～200倍というたんぱくが尿に出てきます。出てくるたんぱく質で一番多いのがアルブミンです。それが、ある種の食事処方をするとグッと下がってくる。

さらに下がり、低アルブミン血症にな

●表5 糸球体腎炎ラットの高脂血症に対する食事処方および食品成分の影響

食事処方/ 食品成分	血清 TG	血清 Ch
20C vs 8.5C+Met+Thr	↓	↓
20S vs 8.5S+Met	↘	↓
20C vs 20C+Fish oil	↓	↓
20C vs 20C+Resveratrol	↓	↓
20C vs 20C+Genistein or Genistin	↓	↓

20C, 20%カゼイン食; 8.5C, 8.5%カゼイン食; Met, メチオニン; Thr, トロイニン; Fish oil, 魚油; Resveratrol, レスベラトロール; Genistein, ゲニステイン; Genistin, ゲニスティン

ると浸透圧が下がる。その浸透圧ショックで、肝臓でたぶんコレステロール合成が上がるのですが、高コレステロール血症になる。中性脂肪も上がって、立派な高脂血症になるわけです。

その後、いろいろなものを試しました(表5)。上の2つは食事処方ですが、われわれが一番力を入れたのは、8.5%のカゼイン食にメチオニンとスレオニンを入れたものです。これは中性脂肪もコレステロールも下げますし、場合によっては低アルブミン血症も治します。

われわれは「食理学」という言葉をとときどき使わせていただいています。薬理学に対する食理学です。食品で何かを治そうということです。最近では未病という言葉が流行っております。日本未病システム学会によれば、未病の概念とは自覚症状はないけれど、検査すると異常がある。一方、冷えのように自覚症状はあるけれども、検査しても異常がない。別の言い方をすると、未病というのは半健康・半病気の状態らしいのですが、これを食べ物で健康側へ持っていきこうという、そういうことを食理学というわけです。未病を病気にしないということを考えています。

これは、貝原益軒という先生が江戸時代に84歳で書いた本の中に書いた言葉です。「聖人は未病を治(ち)す」。真に立派な人(医師)とは、未病を見つけて、本当の病気にしないようにする人のことのようにです。

食肉の新たな機能性としての “Thermic effect”



北海道大学農学研究院助教
若松 純一

SUMMARY

食肉は、良質なたんぱく質やミネラル、ビタミンの供給源で、栄養学的な機能性に優れた食品です。脂質代謝促進効果、運動能力や学習機能が改善する効果、また、さまざまな酵素を使ってできるペプチドには血圧上昇抑制作用、抗酸化作用、血中コレステロールの上昇を抑制する作用、鉄やカルシウムなどのミネラルの吸収を促進する作用があります。

最近、食品学や栄養学の分野では、新たにThermic Effect of Food (TEF=テフ)という言葉が使われ始めました。われわれは食事をすると体温が上昇し、体が温まることを知っています。これを食品から見た場合、体を温める食品や体を冷やす食品の存在は、経験的に知ってはいますが、なぜなのかは、単に栄養素や一般的な生理反応では説明できません。

今回は食肉が持っているThermic effect (体熱産生能)について、検証を試みました。

KEY WORDS

- 体熱産生能
- Specific Dynamic Action (SDA、特異動的作用)
- Diet-induced Thermogenesis (DIT、食事誘発性体熱産生)
- 五味・帰経・四性
- カプサイシン類
- アルカロイド類
- L-カルニチン

体を温めたり冷やしたりする食品の機能 “Thermic effect”

Thermic effectについて、簡単に説明します。食事をすると体が温まることは、生理学的にはSpecific Dynamic Action

(SDA、特異動的作用)とか、Diet-induced Thermogenesis (DIT、食事誘発性体熱産生)といった反応で説明され

ます。

この反応は、食事に伴う咀嚼や消化、吸収、代謝などの過程でエネルギー消費が高まり、熱産生が亢進することが明らかにされており、たんぱく質では、摂取エネルギーに対しておよそ30%が熱に変換され、糖質では5~10%、脂質では4~7%がエネルギー消費されて熱に変換されます。

しかし、食品から見た場合、体を温める食品や体を冷やす食品があることは、われわれは経験的には知っていますが、なぜなのか、単に栄養素や一般的な生理反応のみでは説明できません。体熱産生能は、食肉の種類によって異なるのか。食肉の機能性成分が関与しているのか。また、どのような機構が関連しているのかなど、疑問点が挙げられます。

中国医学・薬膳における食材の分類法

中国では古くから食べ物について研究されています。中国医学を基礎とした「食療学」では、食療経験と知識の積み重ねに従って食材を分類し、それをうまく組み合わせた料理（薬膳）を摂取することによって、健康の維持・増進をもたらすとされています。

中国医学・薬膳における食材の分類には、「五味」、「帰経」および「四性」という分類法があります。五味には、「酸味」・「苦味」・「甘味」・「辛味」、そして塩辛さを意味する「鹹味」という5つの分類があります。しかし、これは単純に味覚のみでなく、臨床の症状反応によっても分類されています。

また帰経では、食べたものが体のどの組織——例えば腎臓に効く食品、胃に効く食品、肝臓に効く食品、小腸に効く食品というように、組織別にどのような薬効があるかで分類されています。

四性、あるいは「四気」とも言われますが、この分類では、その食材を体に取り入れると現れる反応や症状によって分けられ、その強弱によって、「熱」・「温」・

「涼」・「寒」の4つに分類されます。つまり、食べることによって体が温まったり、逆に熱を取って冷えたり、という症状によって分けられます。そして、そのどちらにも属さない、どちらの作用も非常に弱い「平」を加えると、5つの分類になるため、「五性」と言うこともあります。この四性の分類は、Thermic effectと密接に関係があります。

表1は、代表的な食品を、平を入れて五性によって分類したものです。熱・温の食材の特徴としては、体を温める、寒さを除く、代謝を促進する、とされており、その作用の強い熱と、作用のやや弱い温に分類され、その食材が挙げられています。

体を冷やす涼・寒という食材には、熱を冷ます、暑さを除く、水分を補って潤す、体液成分を補うという特徴があります。その作用の強い寒と、やや弱い涼に分類されています。どちらの作用もないものが平です。日本人も経験的に、唐辛子、ショウガなどを食べると体が温まると感じ、夏野菜のきゅうりやなす、柿と

いったものは体を冷やすと認識している、この四性の分類と合致しています。

●表1 四性による食品の分類

四性	特徴	例
熱	✓温める ✓寒さを除く	唐辛子・胡椒・山椒・カラシ・にんにく・シナモン
温	✓代謝を促進	もち米・かぼちゃ・ショウガ・しそ・からしな・ねぎ・らっきょう・コリアンダー・クローブ・ナツメグ・大豆油・フェネル・さくらんぼ・ライチ・栗・黒砂糖・酒・紅茶
平	✓どちらの作用もない	うるち米・えんどう・そらまめ・大豆・豆乳・牛乳・白菜・じゃがいも・さつまいも・さといも・キャベツ・オリーブ・レモン・ピーナッツ・ごま・いわし・いか・ウナギ
涼	✓熱を冷ます ✓暑さを除く	なす・セロリ・きゅうり・とうがん・麦・そば・蕎麦・豆腐・ほうれんそう・ちんげんさい・きのこ・ナシ・ミント・卵白・からす貝・ごま油・緑茶
寒	✓潤す ✓体液成分を補う	柿・スイカ・メロン・バナナ・キウイ・緑豆・大豆もやし・たけのこ・レンコン・にがうり・しじみ・さざえ・かに・のり・昆布・さとうきび・トウチ・塩・味噌・しょうゆ

食肉類も温・涼・寒・平の四性に分類

食肉類についても、同じように四性に分類されています。羊肉、狗肉（犬肉）、鶏肉、鹿肉は体を温める温性に、兎肉、鴨肉は逆に体を冷やす、熱をとる涼性・寒性に分類されています。また、牛肉、豚肉、はと鳩肉、うずら鶉肉は、どちらの作用もない平性に分類されています。

経験的に羊肉は体を温めると言われています。また、朝鮮半島や中国の一部では、今でも犬の肉を食べる犬食文化が残っていて、犬の肉は滋養強壮効果が非常に高く、体を温める作用が強いとされています。食肉は動物の骨格筋ですから、解剖学的にも栄養学的にもほとんど同じ

と言えるにもかかわらず、このように分類が異なっています。鳥類や哺乳類という分類とも異なっています。

食肉だけでなく、内臓肉についても分類されています。組織によって分類が異なるわけでもなく、食肉と同じように、同じ組織でも動物によって異なります。例えば肝臓ですと、鶏、豚は温、牛のレバーは平と分類されていて、特に肉と合致しているわけではありません（表2）。

このようなことを考え合わせると、食肉のThermic effectには、単純には説明できない秘密が隠されていると思われる。

●表2 四性による陸産動物性食品の分類

畜種	肉	脂肪	肝	腎	胆	胃	血	肺	心	蹄	乳	卵
羊	温				凉						温	
鹿	温											
狗	温											
鶏	温		温				平					平
牛	平		平			平					平	
豚	平	凉	温	平		温	平	平	平	平		
鶉	平											平
鳩	平											平
兎	凉											
鴨	寒						寒					凉

「薬膳と中医学」 建栄社

食肉摂取後、体温は有意に上昇

食品のThermic effectの研究に目を向けると、唐辛子のカプサイシン類やショ

ウガのジンゲロール、ジンゲロン、コーヒーやお茶に含まれるカフェインなどの

●表3 材料と方法

- 供試動物：Wistar系ラット（5週齢、♂、n=6）
- 試験飼料：AIN-93G飼料組成に基づいて調製
 - ✓ 鶏肉（温）飼料群
 - ✓ 標準飼料群
 - ✓ 絶食群

	たんぱく質源	脂質源
標準飼料	カゼイン	コーン油
鶏肉飼料	凍結乾燥鶏肉	抽出鶏脂肪
DM当たり	20% たんぱく質	7% 脂肪

アルカロイド類には、体温を上昇させる Thermic effect があります。これは主に交感神経系を刺激することによって起こることが明らかにされています。しかし、食肉についてはほとんど科学的な研究はされていないのが現状です。そこで食肉の Thermic effect を科学的に明らかにするために、動物実験を行って検証を試みました。

まず初めに、食肉の摂取後に体温が変化するのかどうかについて検討しました。実験動物は雄のラットを用いて、試験飼料は粉末の飼料を調製し、体を温め

る温に分類されている鶏肉を配合した飼料群と、牛乳のたんぱく質の主成分であるカゼインとコーン油を加えた標準飼料群、それに絶食群を設定しました。エネルギーやたんぱく質、脂肪は一定になるように調製しました(表3)。体温は、深部の体温がわかる直腸と、褐色脂肪組織が位置する肩甲骨の間の部分の背部を測定しました。

直腸並びに背部の体温は、3時間以後、鶏肉を与えた群のほうが高くなります。標準群も、3時間後から5時間後までは有意に高い状態になりました。

食肉の種類によって体熱産生能は異なる

次に、食肉の種類によって体が温まったり冷えたりするのかどうかを明らかにするために、体熱産生能の違いについて検討しました。

実験動物は同じくラットで、試験飼料も同じく粉末飼料です。温に分類されている食肉には羊肉(マトン)、鶏肉、鹿肉、平は牛肉、豚肉、涼は兎肉、寒は鴨肉を用い、部位は一定になるように、いずれもも肉を使っています。他の条件は、体温測定までのスケジュールも含めて先の実験と同じです。体温変化の実験では、3時間後に有意な差が出ていたので、給餌終了から1時間後、給餌の開始から3時間後で体温を測定し、組織を採取する操作を行いました。体温測定の部位も、直腸と背部で同じです。

給餌開始3時間後の直腸温は、温の鶏肉、羊肉、鹿肉は上昇が大きく、涼の兎肉では小さいという結果が出ました。し

かし、寒に分類されている鴨肉でも体温は大きく上昇しました。背部の体温についてはその差はより顕著で、鶏肉、羊肉、鴨肉、鹿肉、豚肉、牛肉、兎肉の順に体温の上昇は大きくなりました。

背部の体温差を絶食群と比較すると、温に分類されている食肉は体温の上昇がやや大きいという結果が得られました。

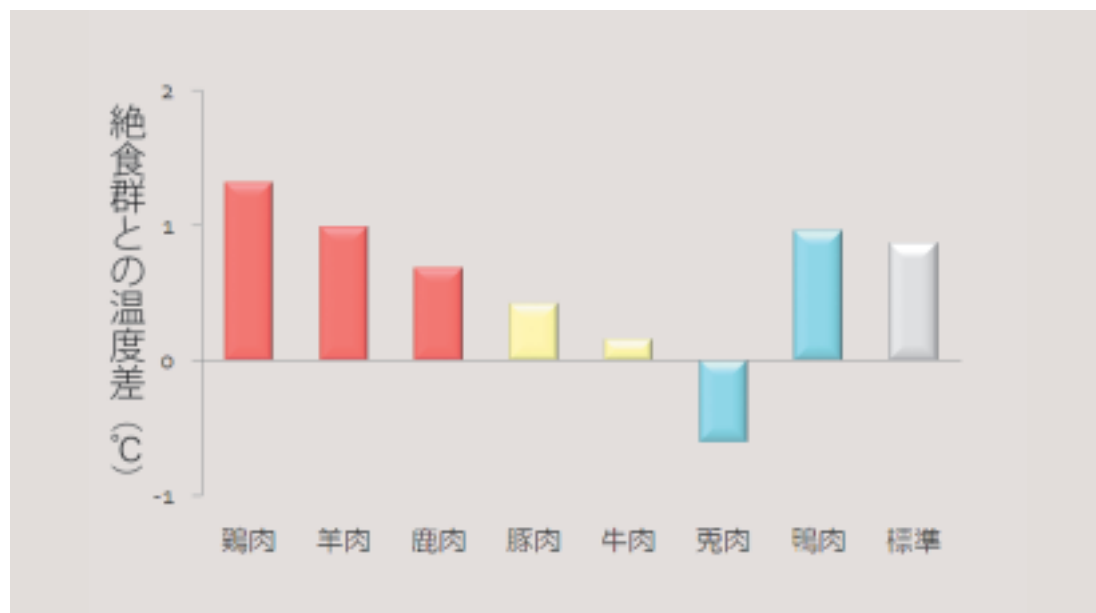
基本的に食べ物を摂取すると体温が上がるというのが一般的な生理反応ですが、涼に分類される兎肉を食べると体温が下がったという不思議な現象が起っています(図1)。食肉を摂取した後の体温と血中成分との相関を群間で見たところ、あまり顕著な差はなかったのですが、より体温上昇の大きかった背部の温度は、中性脂肪のトリグリセリドと負の相関がありました。脂質代謝が進んだためとも考えられますが、この時点では特に深い相関は見られません。血中トリグリ

セリドのデータでは、兎肉が高いという結果でしたが、群間の有意差は見られませんでした(図2)。

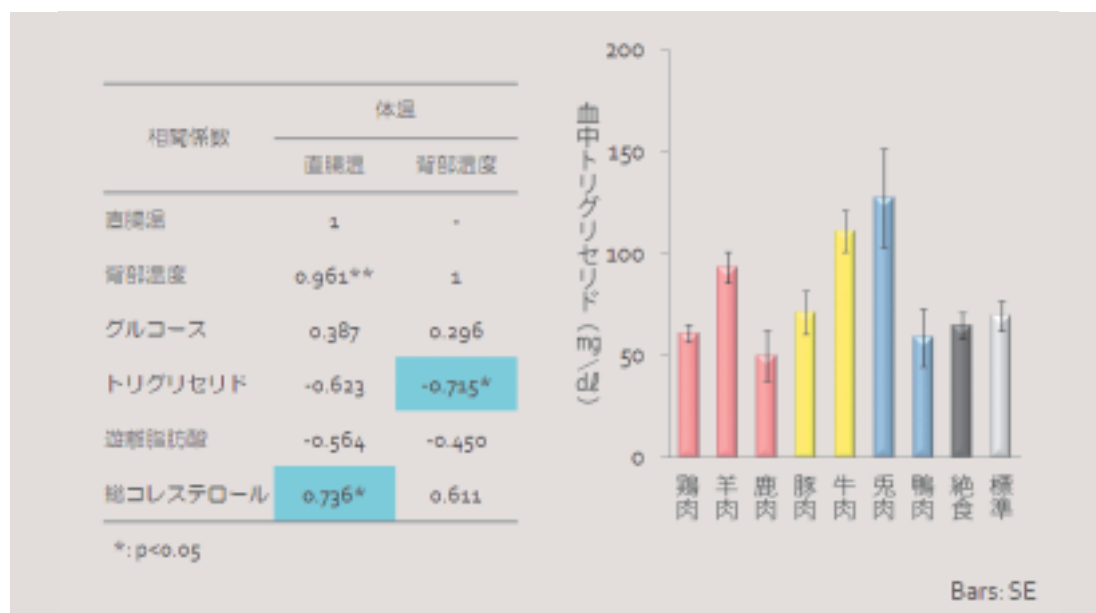
摂取食肉による体熱産生能の違いにつ

いてまとめると、体温については鶏肉、羊肉、鴨肉、カゼイン、鹿肉、豚肉、牛肉、絶食群、兎肉の順になって、温の鶏肉群や羊肉群では体温が高く、涼の兎肉群で

● 図1 絶食群との背部体温差



● 図2 摂取後の体温と血中成分との相関(群間)



は絶食群よりも低いという結果になりました。しかし、寒の鴨肉群が高かったため、今後、検討の必要があると思います。今回は合鴨の肉を使っていますが、鴨といっても、野鴨と家鴨のアヒルもありますし、中国の解釈と日本の解釈の違いもあります。この辺で差が出なかったのではないかと思います。

背部の体温比較では非常に顕著な差が

得られました。恐らく、褐色脂肪組織が非常に関与しているのではないかと考えられます。これらのことから、体熱産生能は薬膳・四性の分類に概ね合致していて、食肉の種類によって、食後の体熱産生が異なることがわかりました。たんぱく含量、脂肪含量は整えていますので、栄養素以外の成分が、何か関与していると考えています。

有効成分の特定——鶏肉の赤身に体温上昇効果の可能性がある

どの成分が食肉のThermic effectに関与しているのか、有効成分の特定を試みました。たんぱく質は脂質や炭水化物よりもDITが高いことが知られていますが、飼料の含量については等しくして、データでは示しませんが、摂食量には差がありません。

そうしたことから、栄養素の量的な問題ではなく、何らかの質的な問題、ある

いは微量の成分によるものではないかと考えました。関与する成分が存在するだろうと、体温上昇の著しかった鶏肉と羊肉を用いて検討しました。

鶏肉は、ミオグロビンが少なく、肉色が薄い。筋肉内の脂肪組織が少ない。機能性成分については、アンセリン、カルノシンがむね肉に特に多い。タウリンについても特にも肉に多い。L-カルニチ

●表4 供試動物と飼料

・供試動物：Wistar系ラット（5週齢、♂、n=6）

・試験飼料：AIN-93G飼料組成に基づいて調製

	たんぱく質源	脂質源
標準飼料	カゼイン	コーン油
鶏肉飼料	凍結乾燥鶏肉	抽出鶏脂肪
鶏脂肪飼料	カゼイン	抽出鶏脂肪
脱脂鶏肉飼料	脱脂鶏肉	コーン油
鶏肉たんぱく飼料	精製鶏肉たんぱく	コーン油
DM当たり	20%たんぱく質	7%脂肪

ンについては少ない。ヘム鉄も少ないという特徴があります。これらの機能性成分は、低分子で水に溶けやすいという性質があるので、鶏肉を分画して飼料を調製してみました。もも肉を凍結乾燥したものから脂肪を抽出した鶏肉は、粗脂肪含量が0%、これをさらにエタノールと蒸留水でグツグツ煮ることによって、水溶性成分や、エタノールに溶解する成分を除き、精製鶏肉たんぱく質を調製し、粗たんぱく質含量は95.9%、ほとんどがたんぱく質になるような飼料を調製しました。

供試動物はやはりラットで、試験飼料も同じく調製し、標準飼料群、鶏肉飼料群、鶏脂肪飼料群、脱脂鶏肉飼料群、精製鶏肉たんぱく飼料群という5つの群に分け、乾物当たりたんぱく質含量が20%、脂肪含量が7%となるように調製しました(表4)。

機能性成分については、各種飼料中の

生体アミノ酸含量は、カルノシンとアンセリン、タウリンですが、鶏肉群と脱脂鶏肉群に含まれています。しかし、鶏の脂肪群(鶏肉飼料群、鶏脂肪飼料群)、鶏肉たんぱく群、標準群では、ほとんど検出されなかったことから、これらの成分が関与していれば、有意差が出てくると考えられます。

実験については、やはり同じようなタイムスケジュールで、2時間の飼料給餌時間を合わせて、その後1時間で、体温などは麻酔下で測って血液採取を行いました。体温の測定部位は、直腸温と背部体温に加え、耳殻内の温度(耳の中の温度)と足の裏の温度の4カ所を測定しました。

各種鶏肉飼料摂取後の直腸温と背部の体温は、鶏肉群が低く、鶏脂肪、脱脂鶏肉のように分画したものが高くなり、標準群も高いという結果になりました。耳殻内も同じような傾向があり、分画したもののほうが高いという結果と、標準群

●表5 体温と血中成分との相関(群間)

	直腸温	背部温度	耳殻内温度	足裏温度
体温				
直腸温	1			
背部温度	0.417	1		
耳殻内温度	0.494	0.988**	1	
足裏温度	0.653	0.915*	0.935*	1
血中				
グルコース	-0.907*	-0.731	-0.768	-0.830
トリグリセリド	-0.511	-0.982**	-0.980**	-0.972**
遊離脂肪酸	-0.258	-0.343	-0.348	-0.602
総コレステロール	-0.828	-0.519	-0.605	-0.808
アドレナリン	-0.331	0.656	0.547	0.358
ノルアドレナリン	-0.473	0.462	0.333	0.151
ドーパミン	-0.410	0.644	0.587	0.393

**; p<0.01, *, p<0.05

が高いという結果となり、鶏肉中の有効成分を絞り込むことはできませんでした。

血液の生化学検査は、糖代謝、脂質代謝、そしてカテコールアミンなどのホルモン類を測定し、体温と血中成分との相関を見ました。背部の体温と耳殻内の温度は強い正の相関を示し、足の裏の温度とも非常に強い正の相関を示しました。直腸は深部の体温なので、変動すること自体、何かがあります。背部体温や耳殻内温度と連動していることから、体温が上昇しているのは確かだろうと思われまます(表5)。

その他の結果については、表6にまとめました。

標準群の体温とカテコールアミンが高かったのは、麻酔時の興奮などによって体温が上昇してしまった可能性が若干あります。アルカロイド類で見られるような交感神経系の刺激も、鶏肉では見られませんでした。

ただ、体温とトリグリセリドが負に相関しており、脂質代謝促進により体温が上昇したのではないかということは示唆されました。どうやら鶏の赤身に体温上昇効果がありそうだという結果が出ています。

●表6 鶏肉のThermic Effect

- 標準群の体温とカテコールアミンが高かった。
✓ 麻酔時の興奮などにより、体温が上昇した可能性がある
- 背部体温と耳殻内体温が高い相関を示し、変動も大きい
- 既知の機能性物質の関与も、体熱産生に寄与する成分について明らかにすることができなかった
- 褐色脂肪組織ならびにUCP-1の関与についても明らかにすることはできなかった
- 交感神経刺激作用についても明らかにすることはできなかった
- 体温とトリグリセリドが負に相関しており、脂質代謝促進による体温上昇が示唆

追試によると、鶏肉の赤身に体温上昇効果がありそう!?

赤身たんぱく質の消化ペプチドの関与が示唆されている

羊肉は特有のフレーバーがあり、脂肪の融点が高い食肉です。筋肉内の脂肪、サシなどが非常に少なく、ラム、マトンで肉質が異なることは知られています。

ラムは、通常1歳未満のものを指しますが、クセがなくて肉色が淡い。マトンは2歳以上のもので、クセが強くて肉色が濃いという特徴があります。機能性成

分については、L-カルニチンが豊富に含まれています。特にマトンには豊富に含まれています。

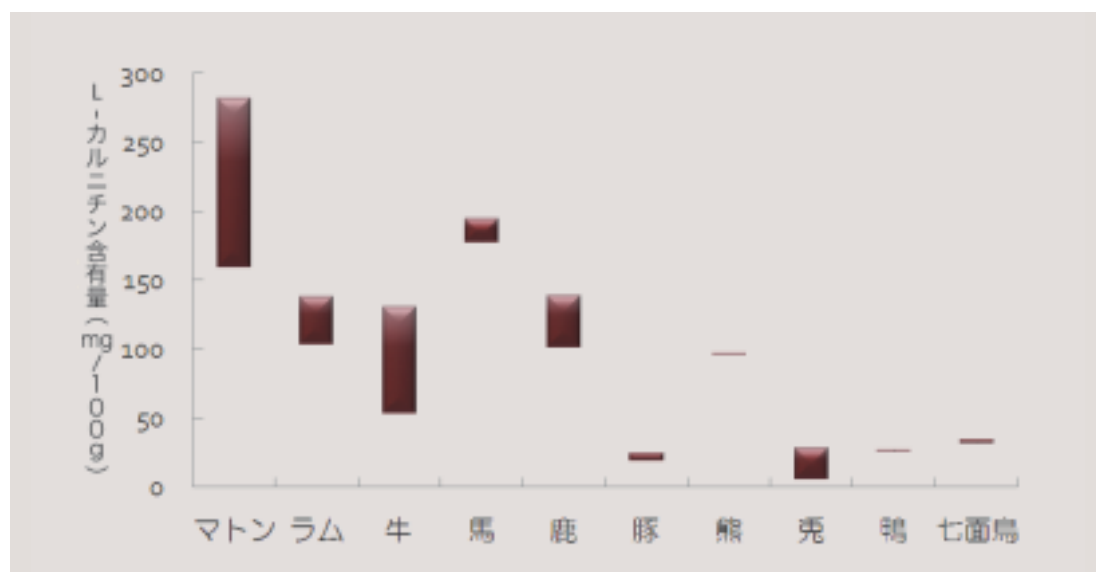
図3は、食肉中のL-カルニチンの含有量を動物別に比較したものです。L-カルニチンは、生体内ではほとんど(98%)が骨格筋、つまり食肉に存在しています。その供給ルートは、食餌、食べ物由来で、主に食肉類から摂取するルートと、体内で生合成する、リジンやメチオニンから肝臓と腎臓で生合成するルートが知られています。機能的には、脂質代謝(燃焼)に深く関与し、代謝の促進や運動能力を改善する作用もあることから、Thermic effectに関与していると考えられます。

以前、L-カルニチンの抗疲労効果を調べるために、牛肉の群と、L-カルニチンを投与した群で、マウスの遊泳時間がどれだけ延びるのか実験を行いました。カルニチンを与えたものは非常に効果がありました。牛肉自体もL-カルニチン含

有量がやや高いため、その抗疲労効果が非常に高いと期待されています。

羊肉のL-カルニチンの関与について、鶏肉と同様、マウスの体温の変化を測定する実験を行いました。また、血液生化学検査についても、糖代謝、脂質代謝系で、中性脂肪、遊離脂肪酸、次のケトン体まで測りました。ホルモン類としては、カテコールアミン、甲状腺の関連のホルモンであるトリヨードサイロニン、サイロキシニン、副腎皮質刺激ホルモンを測っています。カテコールアミンについては、アルカロイド類、交感神経の刺激に作用しますし、甲状腺刺激ホルモンは寒冷時の熱産生に関与していて、視床下部、下垂体、甲状腺系は、非ふるえの熱産生に貢献しています。副腎皮質刺激ホルモン(ACTH)に関しては、ストレスや発熱時に起こる反応系で、視床下部、下垂体、副腎系が活性化することが知られているので、このあたりをマーカーにして比較

● 図3 食肉中のL-カルニチン含有量



しました。

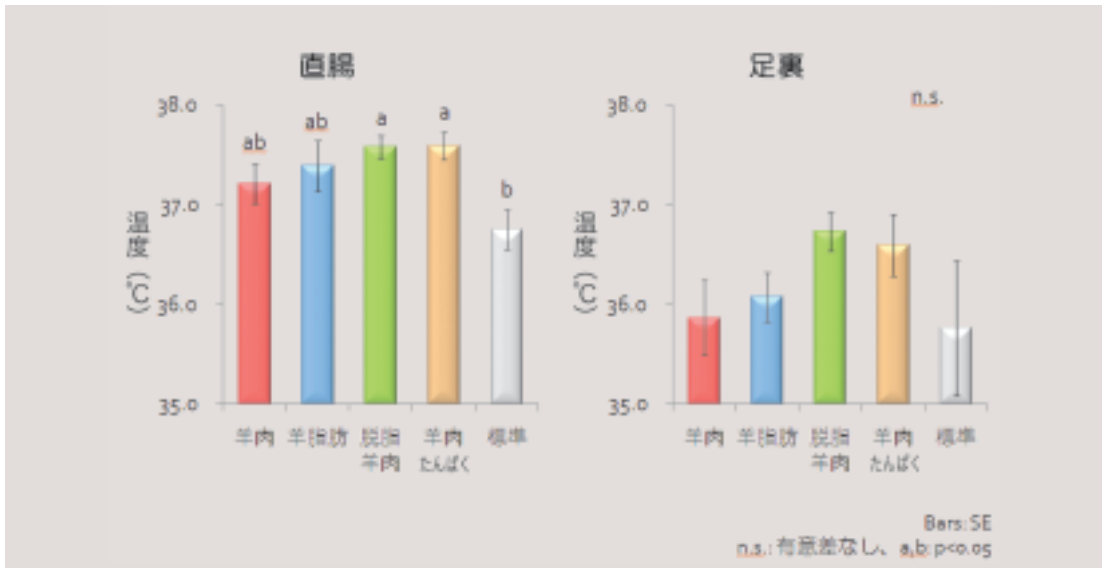
体温を比較したのが図4です。羊肉のたんぱく質群は体温も高かったことから、特にたんぱく質が脂質代謝を促進しているのではないかと考えています。交感神経系はあまり刺激していないのではないかと。甲状腺ホルモン、特にT4と体温が正の相関があり、寒冷時の熱産生に近い、非ふるえ熱産生と関連しているのではないかと考えられます。

羊肉のThermic effectについてまとめると、これはあくまでも仮説ですが、羊肉の赤身に、また、L-カルニチンのない

精製羊肉たんぱく質に体熱産生の亢進作用があるのではないかと考えています。赤身のたんぱく質を摂取すると、その消化ペプチドが関与しているのではないかと考えています。

以上の結果を踏まえて、食肉の“Thermic effect”は、中医学・薬膳の分類とほぼ合致することがわかりました。しかも食肉の種類によって異なり、鶏肉と羊肉に特に強い体を温める効果があることが確認されました。残念ながら鶏肉については、現在のところ、有効成分やメカニズムはわからず、追試を行っています。

●図4 羊肉各画分給餌3時間後の体温



Chapter

3

わが国における
肉牛生産の課題

わが国における肉牛生産の課題



畜産技術協会参与/
元畜産試験場長

松川 正

SUMMARY

日本の牛肉の自給率は、ここ数年来42~43%で推移しています。この42~43%のうち、和牛(肉専用種)の占める割合はおよそ40%。従って、国内でわれわれが消費する牛肉全体の16%前後が和牛の肉ということになります。残りの約60%は、乳牛であるホルスタイン種かホルスタインと和牛の交雑種です。和牛(黒毛和種)は、これまで脂肪交雑中心に改良が進められましたが、今後は発育速度も重視しなければなりません。品種全体として近親交配が進むことを、避ける努力も重要です。



- 和牛
- 黒毛和種
- 霜降り(脂肪交雑)
- 肥育
- 出荷時体重
- 枝肉重量
- 近親交配
- 遺伝的多様性

世界的に認知されている黒毛和種は霜降り肉の生産能力が抜群

「和牛」と言う時には、広い意味の場合と狭い意味の場合があります。広義には表1の4つの品種をまとめて和牛と言いますし、狭義には、黒毛和種だけを和牛と言います。

どちらの意味を指すかは、文脈からすぐわかりますが、和牛の中で最も頭数の多い「黒毛和種」は、北海道から沖縄まで全国に分布しています。肉用牛として世界的に認知されている牛の中では一番小

さい部類で、成雌の体重が460~470kg程度です。他の多くの牛は成雌の体重が500kgを超えています。黒毛和種は、霜降り肉の生産能力が抜群に高いので人気があり、アメリカやオーストラリアをはじめ今は南米のチリ、アルゼンチンや、ニュージーランドなど、和牛は世界中に進出しています。

2番目は「褐毛和種」。畜産界の人間はこれを「あかげ和種」と読みます。分布し

ているのは熊本県と高知県で、熊本県と高知県は同じあか牛と言いながら、最近では遺伝的な交流は全くしておりません。熊本県の牛が少し大きくて、雌の体重で560kg。この560kgというのは、あか牛の生産者団体である登録協会が公表している数字ですので、実際はたぶん530kgくらいでしょう。

3番目は「日本短角種」で、岩手県と北海道に分布しています。岩手県も昔の南部藩の版図の中だけでした。南部藩の版図ですから、岩手県の北半分、それから青森県、秋田県の一部ということにして、青森県、秋田県では現在ではもう数百頭程度になっています。成雌の体重は、たぶんこれも530kgくらいでしょう。

名前が短角だから角が短いかというと、そうではありません。イギリスで18世紀頃改良されたショートホーンという品種を輸入して改良されたものなので、それを直訳して芸のない品種名「短角」としました。「短角のくせに角が長いじゃないか」と言う方もおいでですが、実はそのとおりです。ショートホーンよりちょっと前に、ロングホーンという、牛の顔より長くなるような角を持った牛がいたものですから、それに対抗してショートホーンと名づけただけです。

「無角和種」は山口県に限られていて、現在では100頭余りの雌しかおりませんので、遺伝資源的な価値しかないだろうと思っています。

●表1 和牛4品種の特徴



和牛のうち黒毛和種の雌頭数割合は95～96%

和牛の品種別雌頭数の割合は、黒毛和種が一人勝ちで、今では95～96%が黒毛和種になっています。褐毛和種はひと頃結構な頭数でしたが、今は3%を切る数字になっています。黒毛和種と褐毛和種は、以前は同じ土俵で競ってきたのですが、霜降り能力、脂肪交雑生産能力で褐毛は黒毛より劣っていたため、急激に減ってきています(表2)。

日本短角種も、1991年の牛肉の輸入自由化の前までは増えていました。私もこの頃は、東北農試(現・東北農業研究センター)で短角の研究をしていて、今年はこれだけ増えたと、楽しみにしていた

のですが、牛肉の輸入自由化を機にストンと落ちて、今では1%を切る頭数になってしまいました。

短角の問題は、4600頭くらいしか雌がないこと。これは、品種として産業的な意味を持つギリギリの頭数と言えます。あか牛もトータルすれば雌牛で2万くらいの頭数はいますが、高知県の赤牛に限れば、雌の頭数として1500～1600頭しかいません。1500～1600頭というのは、もう危険水域を割ってしまったということだと思います。これから産業的な意味を大きくしようとすれば、大いなる努力が必要でしょう。

●表2 和牛品種別雌牛頭数割合の推移(%)

	1960	1975	1985	1995	2007	実頭数 (2007年)
黒毛和種	76.4	86.8	86.5	90.7	95.4	684,179
褐毛和種	22.1	8.7	9.2	6.1	2.7	19,050
日本短角種	0.9	2.8	3.0	1.7	0.6	4,645
無角和種	0.3	0.4	0.2	0.0	0.0	124
その他**	0.3	1.3	1.1	1.4	1.3	9,480

** 文殊種、アンガス種など

(家畜改良関係資料, 2008)

和牛の価格にはおいしさとステータスが反映されている

表3は、2007年度、牛肉の小売価格を(独)農畜産業振興機構が調べたもので

す。(財)日本食肉消費総合センターが約10年前、消費者を対象に和牛とホルスタ

インと輸入牛肉の比較試食調査をした時、圧倒的に「和牛の肉がおいしい」という数字が出ていました。

それが価格に反映されていると考えることもできますし、もう1つ、和牛というのはやはり今の日本ではステータス、ブランドとしての価値があるわけです。一流ホテルの結婚披露宴で、まさか「輸入牛肉のステーキです」とは言えません。「和牛のステーキです」と言わなければ

ならない。そういうステータスとしての値段も加味されているでしょう。

「国産（その他）」というのはホルスタインです。「国産（和牛）」は「国産（その他）」に比べて1.6倍くらいです。

「国産（その他）」に比べると、「輸入（豪州）」肉は半分くらいの価格になっています。たぶんこれは味もさることながら、ステータスの違いがあるからでしょう。

●表3 牛肉の小売価格（全国、円/100g）

部位	国産 (和牛)	国産 (その他)	輸入 (豪州)
サーロイン	1,223	758	382
もも	643	423	206

(農畜産業振興機構調べ、2007年度)

成雌体重460kgの黒毛和種を700kg強まで肥育

表4は黒毛和種とホルスタイン種の肥育牛出荷時の体重です。黒毛和種の去勢の場合、2006年で出荷時の体重は700kg強です。肥育期間は約20カ月。大体700kg前後というのは安定した数字になっています。ホルスタインの雄の出荷時体重が750kgくらいで、約14カ月の肥育期間。これもほぼ安定した数字です。

ここで考えていただきたいのは、黒毛和種というのは雌の成熟時体重が460kg

くらいしかない牛だということです。それを700kg強まで肥育することは、雌の成熟時体重の約1.6倍に肥育するということになります。ホルスタインは、雌の成熟時体重は700kgくらいで、牛の中では最も大型な牛の1つですけれども、それを750kgまで肥育するというのは、体成熟の度合いは黒毛和種の肥育とはまるっきり違います。

単に出荷時体重だけを考えてもだめ。

月齢の違いだけを考慮してもだめ。やはりphysiological age (生理学上の年齢)といますか、そういうことを考えに入れないと、品種の比較としては意味をなさない場合があります。

肥育牛出荷時の月齢が29.5カ月と書いてありますが、和牛の子牛は、9カ月齢から10カ月齢で子牛市場に出荷して取引の対象になります。ホルスタインの雄も同様でして、子牛市場に出す頃までには去勢されています。これに肥育期間(月)を加えて出荷時月齢となります。

そのくらいまで肥育した牛の枝肉構成を示したものが表5です。「試験1」が、先ほどの肥育終了出荷時体重に当てはまりますが、枝肉重量としては440kgくらい。700kgくらいになりますと出荷時体重の62～63%が枝肉重量になります。

この枝肉重量の440kgですが、こんなに重い枝肉重量になるまで肥育する国は日本だけです。農畜産業振興機構のデータ

で見ますと、EUで一番重い枝肉を生産する国はベルギーで430kgくらい。あとは全部400kg以下で、大型の牛を持っているフランスで370kgくらい、イギリスで360kgくらい、ドイツでも360kgくらいです。

枝肉を、赤肉と脂肪と骨に丁寧に分けると、38%くらいは脂肪です。骨は10%くらい。脂肪は、消費者としてはあまり歓迎しない部分で、かなりの量が人間の口に入らないものとして処理されます。これは日本での牛肉生産の課題の1つということになります。

ちなみに霜降り(脂肪交雑)の状態は、目で見て評点をつけますが、脂肪含量としては、筋肉中からエーテル抽出した粗脂肪の比率で表します。筋肉中の粗脂肪含量は、胸最長筋(ロース芯といわれる部分)が27%とか30%、割合よく動く筋肉、大腿二頭筋(もも)ですと、15%となっています。

牛肉は、筋肉中の脂肪含量と水分含量

●表4 黒毛和種およびホルスタイン種去勢牛の肥育牛出荷時体重

		1985	1995	2006年	成雌体重
黒毛和種	出荷時体重(kg)	638	688	716	460kg
	肥育期間(月)	19.4	20.2	19.8	* (29.5カ月)
ホルスタイン種	出荷時体重(kg)	645	741	751	700kg
	肥育期間(月)	12.6	14.9	14.2	* (22カ月)

*: 出荷時月齢

(畜産物生産費調査)

が逆の関係にあり、スライスして売った時に若い肉だと脂肪分が少なくトレーの中に赤い汁が出てきます。脂肪交雑を促す肥育が求められる理由の1つは、肉汁が

出ては消費者に悪いイメージを与え、「売りにくい」ためです。当然、脂肪は入っていたほうが味がいい、という日本人が多いことも一因でしょう。

●表5 黒毛和種去勢肥育牛の枝肉構成

	試験1	試験2	試験3	試験4
肥育終了時体重 (kg)	719	740	746	764
枝肉重量 (kg)	443	457	462	482
筋肉中粗脂肪含量 (%)				
胸最長筋	27.7	30.9	27.7	25.3
大腿二頭筋	14.7	20.0	15.4	14.4
枝肉構成				
赤肉 (%)	52.2	53.5	52.7	50.2
脂肪 (%)	38.1	36.2	37.9	40.1
骨、他 (%)	9.7	10.2	9.4	9.7

(鹿児島畜試、坂下ほか、2002、2003)

外国に比べ子牛価格は高いのに子牛生産農家は減少

肥育牛生産費を見ていただきますと、黒毛和種の去勢の場合、素畜費(子牛の価格)が約58%(表6)となっています。素畜費がこれだけ高いと、出荷時体重が700kg未満に肥育期間を短くしても、さらに素畜費の比率が高くなるだけであって、肥育者としては大きなメリットはたぶんありません。

労働費はなんとたった8.5%。ものすごく合理化されているわけです。ホルスタインは餌の比率のほうがまだ高い。半分以上になっていて、これは納得できる数字ですけれども、和牛の場合は、55~60%が素畜費であることは大きな課題にな

ると思っております。

子牛価格自体は、昨今の景気の影響でちょっと低くなっています(表7)。直近の2009年5月の数字を見ますと、和牛の雄(去勢)が約40万円、雌ですと約32万円。低落傾向が続いています。

アメリカの肥育素牛価格は、体重100ポンド当たり100~120ドルです。日本の度量衡、為替レートに換算しますと、体重45kg当たり1万円~1万2000円ということになります。日本の子牛市場に出ている280~300kgの子牛ですと、大体6万2000円から8万円。1頭280~300kgの子牛が8万円以下で買えるとなれば、日本で

も、肥育出荷時体重が700kgというよう
な肥育はしなくても済むはずで
す。

このように、日本の子牛の価格は外国
に比べたら非常に高い。それにもかかわ
らず和牛の子牛生産農家数は毎年3、4%
——こここのところ2%くらいで取まっ
ていますが、減少しています。子牛生産と
いうのは、大規模化がなかなか難しい事
業ですし、肥育のように集約化も難しい
ことです。子牛生産農家の減少は子牛
生産数の減少に結びつく要因になりま
す。これは、日本の子牛生産、肉牛生産

の先行きを考えると、かなり心配しな
ければならないことです。

自給飼料の使用割合は、繁殖経営でこ
そ60%近い数字になっていますが、肥育
では2.3%。足1本ではなくて、尻尾1本く
らいが自給飼料で生産されている現状で
す(表8)。

目下、行政や試験研究機関も自給飼料
の生産拡大に努めています。肥育で自
給飼料の割合が10%、20%に達するの
は容易ではないでしょう。これも今後の大
きな課題です。

●表6 肥育牛生産費(2007年)

	生体100kg 当たり 円	労働費 %	飼料費 %	素畜費 %	その他 %
黒毛和種 (去勢)	122,772	8.5	26.5	57.7	7.2
ホルスタイン (雄)	48,757	7.5	53.6	29.5	9.5

(農業経営統計調査)

●表7 子牛価格推移(単位:千円)

	2000	2003	2006	2008	2009年 (1-2月)
和子牛雌	318	349	441	371	323
和子牛雄	395	411	512	442	403
乳雄 (6-7カ月)	76	57	100	87	90

(農水省農作物価統計)

参考1: アメリカの肥育素牛価格、体重100ポンド当たり100~120ドル

参考2: 和子牛生産農家数は毎年3~4%減少

●表8 肉用牛経営における自給飼料の使用割合（TDNベース、%）

	1980	1990	2000	2005	2007年
繁殖経営	65	64	60	56	56
肉専肥育	11.8	8.2	3.8	4.0	2.3
乳雄肥育	4.2	3.6	1.5	2.1	2.3

(農水省畜産部)

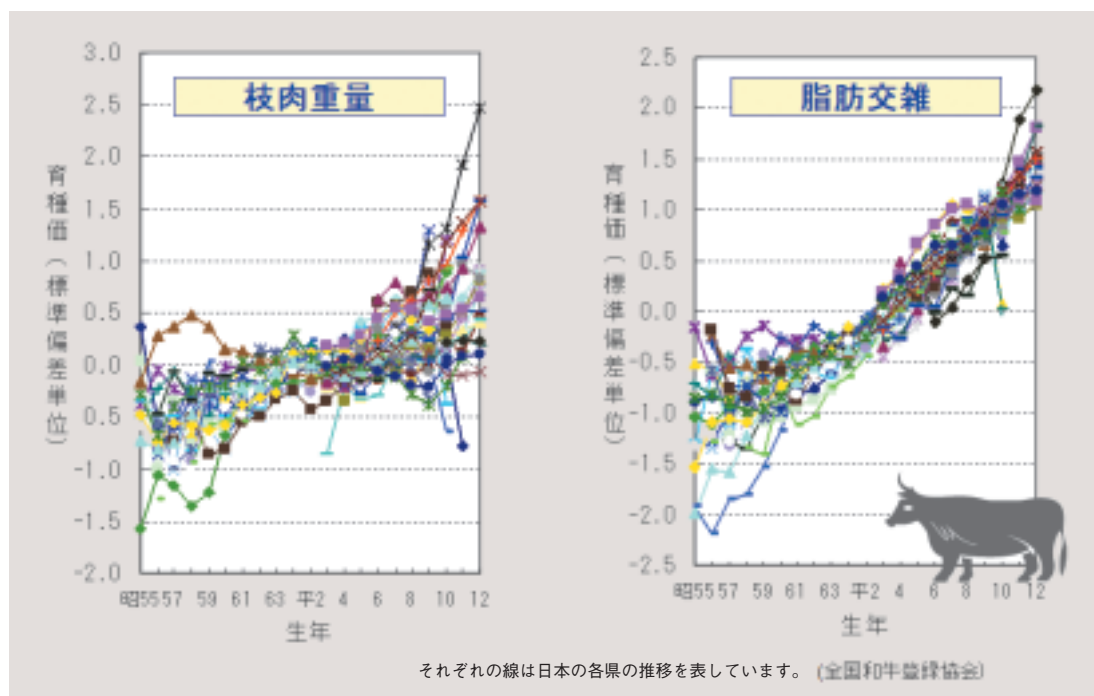
これからは脂肪交雑よりも発育速度の改良を重視

ここで、「改良」についてお話ししたいと思います。これまでの改良すべき重要形質は脂肪交雑でした。今まで黒毛和種の場合、脂肪交雑さえよければほかのものはどうでもいい、というような風潮がありました。発育速度も取り上げられて

いましたが、ほとんどは脂肪交雑、霜降り肉を生産しやすいかどうかだけが眼中にあったという現状です。

ところが今、脂肪交雑は遺伝的能力のレベルとしてもかなりのところに達していますし、飼養技術としても、脂肪交雑

●図1 繁殖雌牛の育種価の推移（遺伝標準偏差単位）



を上げる技術はかなり向上しています。肥育途中でビタミンAを制限するというようなことも、霜降り肉を生産するための肥育技術の1つになっていますし、いろいろな面から脂肪交雑の改良は、もういいのではないかと考えられています。

図1は「繁殖雌牛の育種価の推移」です。それぞれの線は日本の各県です。この育種価を遺伝的能力と読み替えて見ていただくと、どこの県も脂肪交雑能力は

足並みをそろえて上がっています。枝肉重量は発育速度に換算できるものですが、これは県ごとにまだばらつきがかなり多い。

ですから、脂肪交雑、霜降り改良はもういいというのは、たぶん和牛の改良にかかわる人の共通認識ではないか。これからは脂肪交雑ではなくて、発育速度を重視しなければならないという趨勢になっていると思います。

特定の種雄牛に人気集中する弊害を憂慮

黒毛和種はかなり近親交配が進んでいます。今後も品種内で改良を続けるとすると、遺伝的多様性の維持が極めて重要であると思います。ご存じのように、ホルスタインも和牛も、繁殖はほとんどが人工授精で行われます。

和牛の種雄牛というのは常時700頭前後いると思いますが、上位5頭の種雄牛の後代が占める割合は、年によれば50%と、特定の人気がある雄牛に集中しています(図2)。雌が60万頭いたとしても、集団遺伝学で言う集団の有効な大きさを規定するのは雄の数です。しかも、特定の雄によって支配されてしまうという現状があります。

法的に、ある種雄牛が子牛を10万頭生産したらもうその精液は売らないように規制する、といったことは難しいし、生産者も、子牛が高く売れる雄の精液は自分の雌に交配したいということがあります。全国和牛登録協会もいろいろ努力していますから、今後はもう少し集中の度合いは減っていくでしょうが、こういう

現状があります。

集団遺伝学の概念に「集団の有効な大きさ」という言葉があります。例えば、雄と雌が100頭ずついて、それがランダムに交配して雄雌同数の子を残す。そういう理想的な集団を考えますと、雄+雌の200が集団の有効な大きさになります。

ところが、人工授精を行っている家畜は、雄1に対して雌が何百、何千、場合によれば何万という数になり、雄と雌の数を足しただけでは集団の大きさの指標にはなりません。

そこである算定方式から「集団の有効な大きさ」を示すことにしています。それは、一世代当たり近交係数*がどの程度進むかを指標にしたものです。黒毛和種は、計算する年によっても若干凹凸はありますが、集団の有効な大きさは、22、23から42、43の範囲を上下しています。

ほかの家畜ではどうかというと、例えばアメリカのホルスタイン種でも集団の有効な大きさは約120頭です(図3)。黒毛和種も昔、交配集団が県単位であった

時は、120くらいでした。

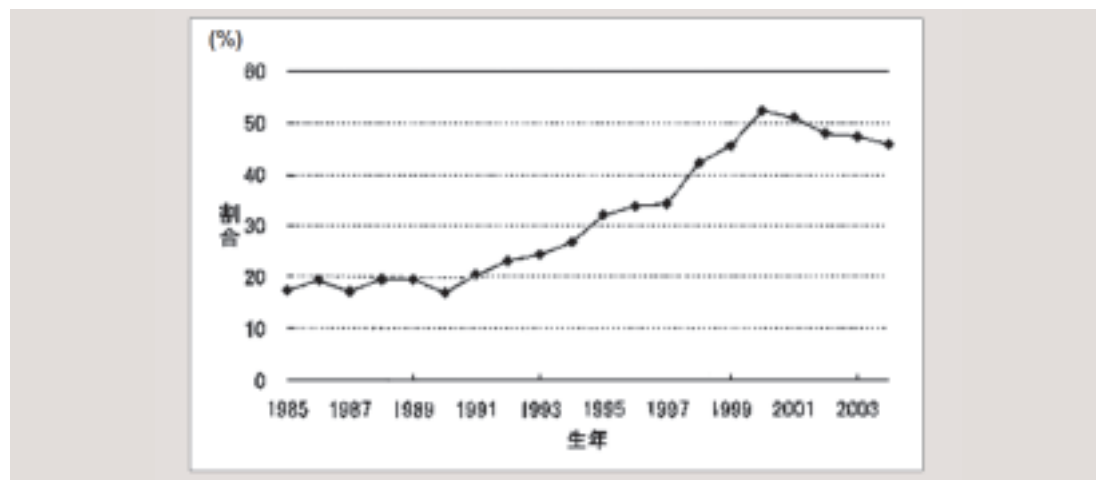
今では、人気のある種雄牛の精液は全国的に流通していますし、ものすごく優秀な種牛がいると、それから生まれた子牛を買ってきて自分のところで能力検定して、「ああ、やっぱりこの牛はいい」と種雄牛として使いますから、集団の有効な大きさは、20から40のあたりまで低下してしまいました。

ということは、黒毛和種の雌が60万頭

いるといっても、20とすれば実際には雄10頭・雌10頭の集団に相当する。40といっても、近交係数の上昇ということからすれば、雄20頭・雌20頭の任意交配で、同じような子を残している集団に匹敵するということです。

品種内で改良を続けるためには、遺伝的多様性の維持が重要です。和牛の改良上、これが一番深刻な問題になるのではないかと危惧しています。

●図2 上位5頭の種雄牛の後代が占める割合



●図3 集団の有効な大きさの比較



飼料イネを与えた牛肉品質と生産利用の展望



山形大学
やまがたフィールド科学
センター教授

吉田 宣夫

SUMMARY

日本の食料自給率は、畜産物の場合は66%自給できていますが、そのうち76%が輸入飼料に依存しています。国内で生産される米は、基本的には直接利用するかたちで、ご飯として食べますが、少子化に伴い米の消費が減っている昨今、水田は余剰状態になり、稲を多用途に利用しようとする取り組みも、今後さらに広がっていくと思います。

稲を飼料として利用する場合、穂の部分は「飼料米」として玄米や粳米の状態を利用するほかに、「ソフトグレインサイレージ」というかたちで保存して利用します。また、稲体の地上部全体を利用する方法としては、乳酸発酵させてサイレージ化する「稲発酵粗飼料」、そして食用米生産の副産物「稲わら」も、昔から使われています。

そこで今回は、畜産業における飼料、特に水田、稲との関係を見ながら、それら飼料を使った場合の牛肉の肉質との関係、そして少しだけ飼料用米と豚肉の肉質についても考えてみたいと思います。



- サイレージ
- 飼料米と稲発酵粗飼料（稲WCS）
- α -トコフェロール
- β カロテン
- 脂質の酸化防止
- TBARS値
- 地域循環型畜産物

稲発酵粗飼料には「 α -トコフェロール」が非常に多い

稲発酵粗飼料（稲WCS=Whole Crop Silage）と牛肉の品質についてお話しします。稲発酵粗飼料の飼料としての特徴は、優等生、一流ではないけれども、“一・三流”くらいだろうと私は思っています。

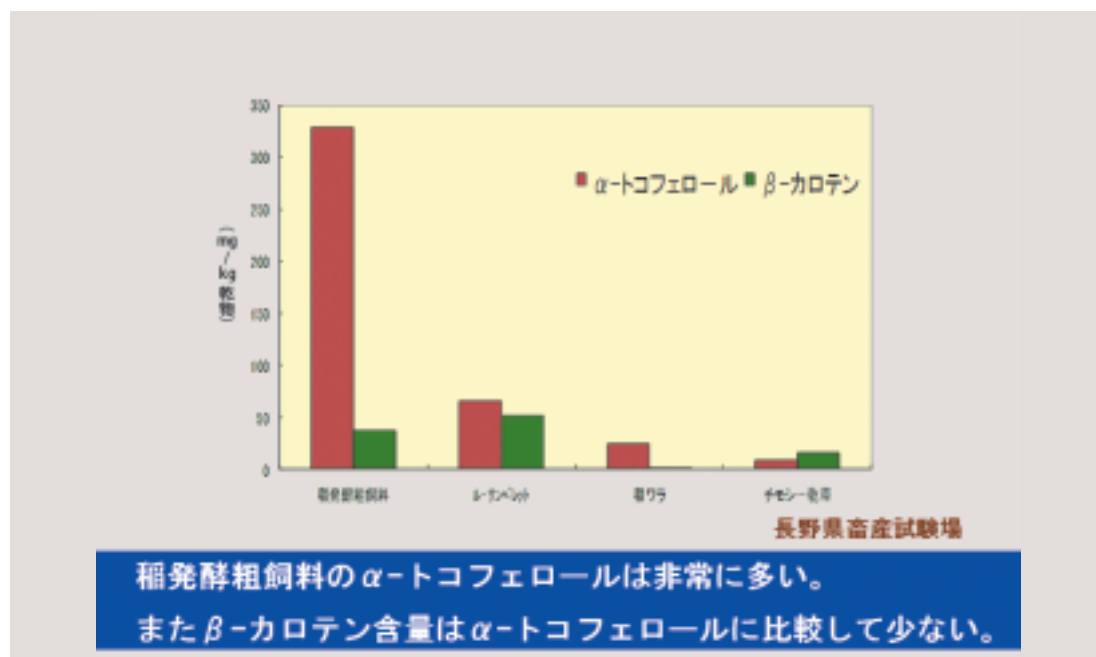
芻が入っているのででんぷん含量は少し高く、たんぱく質はそれほど高くなく、繊維はやや低い。他の飼料、例えば乾草やトウモロコシのサイレージと比べると、中間の飼料成分になっています。

肥育で稲発酵粗飼料のみ給与する場合は、現物で概ね2kg程度給与するのが通常の給与量となっています。

稲発酵粗飼料の特徴の1つは、「 α -トコフェロール」が非常に多いことです。しかし一方では、肥育にはちょっと都合の悪い、できれば下げたいという「 β -

カロテン」もある程度含まれています(図1)。 α -トコフェロールはビタミンEの1種類で、生体内で高い抗酸化機能を持っています。稲発酵粗飼料中の β -カロテンとビタミンEは、ビタミンEが高いものは、 β -カロテンもどちらかというように高いという関係です。

●図1 各飼料の α -トコフェロールと β -カロテンの含量



稲発酵粗飼料中の β -カロテンを低減する

β -カロテンは、黒毛和牛肥育の中期に多く与え過ぎると霜降りが進まなくなるため、できれば下げたいものです。そこで、どうやって低減するか、畜産草地研究所や富山県畜産試験場での成果を少しご紹介します。

稲発酵粗飼料中の β -カロテンは、乳熟期、黄熟期、完熟期と、熟期が進むに従って含量は下がってきます。それに対

してビタミンEの含量は、低下していくのが比較的遅いという傾向があるので、熟期とビタミンEの含量を考慮しながら刈り取り時期を見定めるのが重要です(図2)。

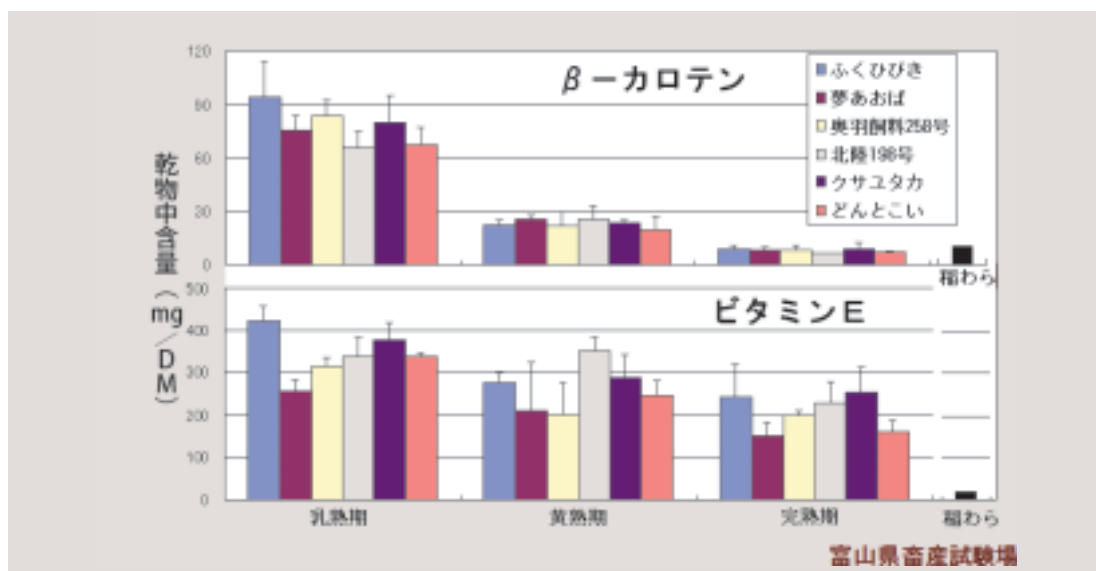
もう1つ、急速に β -カロテンを下げるには、刈り倒して太陽に当てる「予乾」という方法があります。 β -カロテンの含量がかなり下がりますが、 α -トコフェロールのほうは、比較的下がり方が抑

えられるので、有効な方法だと考えています。

また、サイレージとして貯蔵している間でも、 β -カロテンの含量はゆっくりと下がっていきます。もちろんビタミンEの含量もゆっくり下がっていくわけで

すが、1年間くらい置いておいても、ビタミンEのほうはかなりの高レベルを維持しますので、サイレージ調製で長期保存したもので十分使えます。これらのデータをどう生かすかが、肥育の1つの課題です。

●図2 飼料イネの生育ステージと β -カロテン、ビタミンE(α トコフェロール)含量



稲発酵粗飼料のビタミンA制御型肥育への利用

これら相反する成分の稲発酵粗飼料を、肥育にどうやって使っていったらいいのか。ビタミンE含量が多いという特徴を生かすと、脂質の酸化の防止につながりますので、牛肉の付加価値化に利用できる可能性があります。

その一方、 β -カロテンの含量が多いので、従来の「ビタミンAコントロール法」では給与時期を検討しないと行けない。肥育中期には抜いて、前後期に給与する「ビタミンA制御型肥育」として利用する形が考えられますが、最近では、

現地で思い切って完熟期に近いところまで置いて収穫し、ビタミンAを制御せずに通年的に給与するという事例も出てきて、肉質の等級も、市場で高い評価を受ける段階にきています。

表1は、富山県畜産試験場が行った黒毛和牛への給与試験です。区としては、全期間、稲発酵粗飼料を食べさせた区と、前期だけ食べさせた区と、稲わらを中心にした対照区で給与試験を行ったものです。

終了時の体重、DG (Daily Gain)はとも

に有意差はありません。粗飼料の摂取量の部分が全期間、稲発酵粗飼料を食べているものは摂取量が高くなっていて、全体の摂取量でも高くなっています。

肥育経過中の血中のビタミンA（血中レチノール）の含量を調べると、ビタミンAを人工的に投与した場合、また全期間給与したものではありません。かなり下がり方がゆ

っくりになっています（図3）。

この結果、枝肉重量、歩留基準値、そして肉質の等級、BMS（Beef Marbling Standard=牛脂肪交雑基準）なども、対照区と比べてほぼ同等の枝肉を確保することができていて、徐々にではありますが、稲発酵粗飼料は黒毛和牛肥育にも利用されるようになってきています（表2）。

●表1 黒毛和牛への給与試験

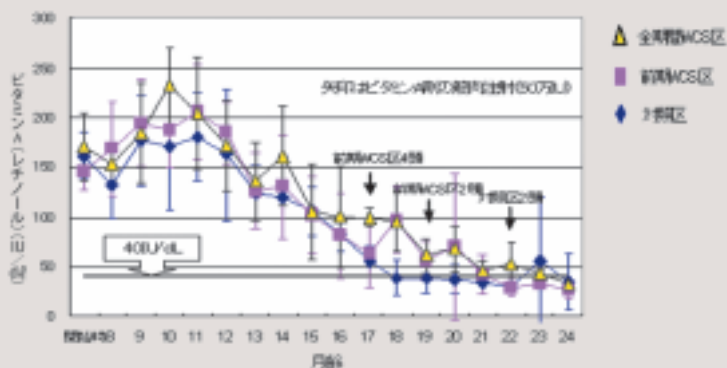
	体重(kg)			DG (kg/日)	乾物摂取量(kg/日)		
	開始時	後期開始	終了時		濃厚飼料	粗飼料	合計
全期間 WCS 区	246	461	678	0.89	6.52	1.58B	8.11b
前期 WCS 区	239	476	692	0.89	6.85	0.77A	7.62
対照区	245	460	664	0.84	6.52	0.70A	7.23a

同列異符号間に有意差あり(a-b:P<0.05,A-B:P<0.01)

富山県畜産試験場

稲発酵粗飼料給与により粗飼料の摂取量が多くなり、増体は慣行肥育と同等である。

●図3 稲発酵粗飼料の給与と血中レチノール含量



β-カロテン含量：稲発酵粗飼料0～9.2mg、稲ワラ0～0.77mg/乾物kg

富山県畜産試験場

稲発酵粗飼料の給与により血液中ビタミンA濃度を低減化できる。

●表2 稲発酵粗飼料を給与した枝肉成績

	枝肉重量 (kg)	歩留基準値	ロース芯 面積 (cm)	肉質 等級	BMS. No	BCS. No	BFS. No
全期間WCS区	415.9	73.1	45.2	3.0	4.5	4.2	3.0
前期WCS区	431.8	73.4	47.7	3.5	5.3	4.0	3.0
対照区	410.6	73.5	47.3	3.0	4.8	4.0	3.0

富山県畜産試験場

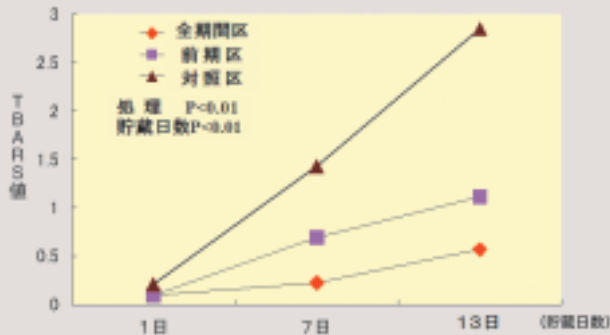
稲発酵粗飼料給与による枝肉成績は、慣行肥育と同等である。

稲発酵粗飼料の給与は酸化抑制につながる

それでは、脂質の酸化あるいは肉色の維持についてお話ししたいと思います。肉色の変化は、と畜後は還元型ですが、その後、酸素化されて赤身がさし、やがて酸化によって徐々に「メトミオグロビン」に変化し、茶褐色の肉（酸化型）に変化していきます。脂質の変化としては、

「TBARS値」(Thiobarbituric Acid Reactive Substances=チオバルビツール酸反応物質)という数値で表現しますが、TBARS値が0.5くらいまでですと、十分食用に供することができます。この数値は徐々に上がり、1.5超で酸化臭がし始め、5.0を超えると食用には難しい段階にな

●図4 貯蔵期間中のTBARS値の変化



畜産草地研究所

脂質酸化が抑制された

ります。

貯蔵中——蛍光灯照明下で、4℃冷蔵という条件下で置いた時に、どういふ変化をするかを、1日、7日、13日と調べました(図4)。対照区、すなわち粗飼料は稲わらだけの区では、酸化がどんどん進みますが、全期間給与ではゆっくりと進んでいきます。0.5のあたりを1~2週間程度維持できる可能性があるのです。稲発酵粗飼料の給与は、酸化抑制につながる事がわかります。

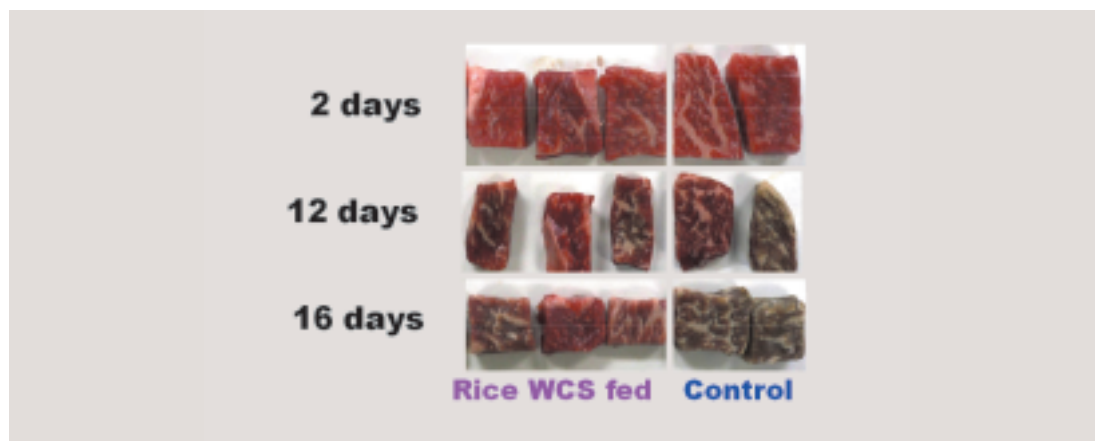
色の変化についても、同条件で2日、12日、16日間置いた場合を調べると、稲発酵粗飼料給与の場合は、16日たっても酸化、あるいは色の変化を抑制する効果が高いことが明らかになっています(図5)。

稲発酵粗飼料を全期間給与すると、牛

肉中にビタミンEが十分蓄積されます。その点では高付加価値化につながりますが、人間が肉を食した場合にビタミンEの効果があるかという点、ほとんど期待できません。例えば、1日1kgとか2kg牛肉を食べると、それなりのビタミンE摂取が肉を通して可能とは思いますが、あくまでも貯蔵中に効果があるという水準です。

それから、稲発酵粗飼料の肥育前後期給与は、枝肉成績に大きな影響を与えません。そのため慣行区と遜色ない肉質になることが明らかになって、徐々にではありますが、黒毛和牛にも利用されるようになってきています。もちろん、交雑種や褐毛和種、乳用種では積極的に使われています。

● 図5 稲発酵粗飼料を給与した場合の肉色の変化(4℃貯蔵)



畜産側から見た飼料イネ、飼料用米の諸課題

今後は人口減がやってきて、食用米の需要量もかなり下がってくる事が考えられます。それらに向けた対応としては、稲の飼料化をさらに進めていく必要があ

ると考えています(表3)。

また、地域循環型の畜産物をつくって消費者に受け入れてもらうことが何よりも必要だと思います。長期的な展望で実

実践的な積み重ねをしていくことが大切です。

そして、稲発酵粗飼料、飼料用米の生産から利用、さらに消費までの動脈経済

を確立すること、再構築していくことが、飼料イネと牛肉、あるいは豚肉との関連をさらに深めていくことにつながると思います。

●表3 人口予測によるコメ需要と作付面積

年次	国立社会保障・人口問題研			(社)エイジング総研センター		
	人口 (万人)	米需要 (万t)	面積 (万ha)	人口 (万人)	米需要 (万t)	面積 (万ha)
2010	12,747	764.8	139	12,550	753.0	137
2020	12,411	744.7	135	12,023	721.4	131
2030	11,758	705.5	128	11,108	666.5	121
2040	10,934	656.0	119	10,005	600.3	109
2050	10,059	603.5	110	8,833	530.0	96

■ 食用米面積はさらに57～70万ha減少
■ 人口減で畜産物需要も低下する

イネの飼料化をさらに進めていく！

Chapter

4

日本における
牛肉安全性の追求

日本のBSEの現状と 今後の課題



東京大学大学院農学生命
科学研究科教授

吉川 泰弘

SUMMARY

さる5月末に、私とアメリカの科学者が韓国の科学技術院に招かれ、BSE(Bovine Spongiform Encephalopathy=牛海綿状脳症)問題について、現状と今後の課題をレクチャーしてきました。韓国はあの騒ぎがあつてちょうど1周年で、日本とアメリカ、それぞれの国の現状を聞いて、自分の国の参考にしようと考えたのではないかと思います。現状について、全体をとらえるには疫学の話をしたほうがわかりやすいと考え、まず疫学について話しました。もう1つは、アメリカ、カナダの評価を終えた後、日本が牛肉を輸入している国で、BSEが1頭も出ていない国は現在14カ国ありますが、必ずしも1頭も出ていない国が安全かどうかかわからないという消費者の疑問もある。それに答える必要もあり、食品安全委員会としては、行政側の諮問がなくても自ら行おうと、この評価を新規に始めています。この新しいリスク評価の方法を知りたいというので、この話をし、最後に、今後の日本のあり方といくつかの問題点を説明しました。



- 肉骨粉
- 侵入リスク
- リスク管理とリスク評価
- 特定危険部位
- トレーサビリティ
- プリオン
- vCJD (変異型クロイツフェルト・ヤコブ病)

不十分な規制ではBSEの汚染が侵入・増幅する

BSEに関する疫学の調査は、まずイギリスでのBSEの流行から始まっています。イギリスが、肉骨粉が原因だろうと考えて自国の規制を始めた時に、そこで終わらず、余ったイギリスの肉骨粉と生

体牛がヨーロッパに流れました。そのため遅れてヨーロッパが巻き込まれた。ヨーロッパもイギリスからの輸入は禁止したものの、自分の国からの輸出は止めなかったために、日本も結局2001年に1頭

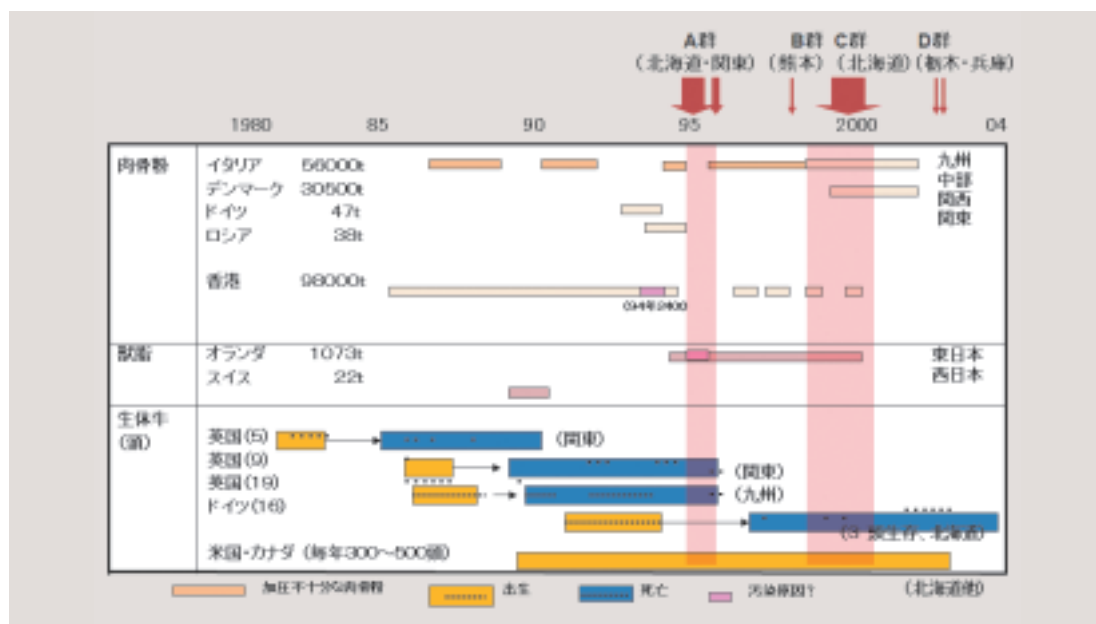
目が出るまではヨーロッパから生体牛、肉骨粉や動物性油脂を買い続けたわけです。

「侵入リスク」と呼ばれる、こうした汚染されたものがいろいろ形を変えてその国に入ってくる。輸入規制をすれば、侵入リスクはそこで止まるわけですが、十分な飼料規制をしないと、今度は、その国の中でBSEの感染が循環し、増幅して

しまうというシナリオになります。

日本の場合は、最初の大きな汚染があったのは1995年から96年にかけてです。さらに輸入を止める直前の99年～2001年に、北海道を中心に大きな汚染がありました(図1)。BSEは潜伏期が長いので、これらの汚染が実際の流行となって見えたのは2001年のBSE検査を始めた後です。

● 図1 日本におけるBSE侵入リスク



日本中が均一に汚染されたわけではなかった！

2001年9月に1例目が出た後、日本がとったリスク管理のコンセプトは、よく二輪車で表わされます。1つはBSEの検査で陽性牛を除くことと、プリオンの蓄積する特定危険部位 (SRM = Specified Risk Materials) をと畜場で取り去ること。もう1つは、感染を牛から牛へ回さないためにとった措置で、SRMを焼くこと

と、飼料工場での交差汚染を防ぐということで、工場での飼料の生産を分離するフィードバン (動物由来たんぱく質の飼料給与制限)、この2つで走ってきたわけです。

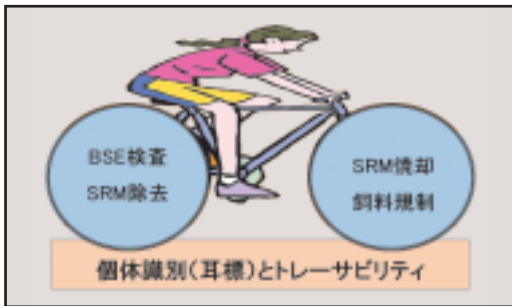
そして、この管理の基本は、牛の個体識別とトレーサビリティという、年齢・履歴と個体を確認するというやり方でし

た(図2)。

具体的には、牛から牛への感染を止める、牛からヒトに来るルートをつ断つ、ヒトからヒトへの伝播を止めるという、3つの行政対応をとっています。基本にある牛から牛への感染防止が重要で、何とんでも飼料規制、特に肉骨粉の使用を禁じたことが一番強い影響力があります。

牛への交差汚染防止では、豚の飼料は豚専用の工場、牛の飼料は牛専用の工場をつくる専用工場システムが2004年に

●図2 日本のBSE管理措置の概念



完成しました。牛からヒトへの感染防止については、全頭検査と危険部位の除去からスタートしました。全頭検査は、2005年から法令上は「21カ月齢以上」になっています。

またヒトからヒトについては、イギリスをはじめBSE陽性のヨーロッパの国々にいた人からの輸血と臓器移植を禁じるという管理措置で伝播ルートを断っているということです(表1)。

疫学調査では、全頭検査のデータなどから、日本が均一に汚染されたわけではなかったことが判明します。

実際に国内でBSE感染の暴露・増幅が起こって回転したのは北海道です。北海道と九州がわが国の牛の飼育頭数の3分の1くらいずつを占め、残りが東北、関東、中部、近畿あたりです。北海道の特徴は、乳牛がそのうちの3分の2を占める、日本では珍しい乳牛主体の地域です。反対に、九州は肉牛主体の地域になります(図3)。

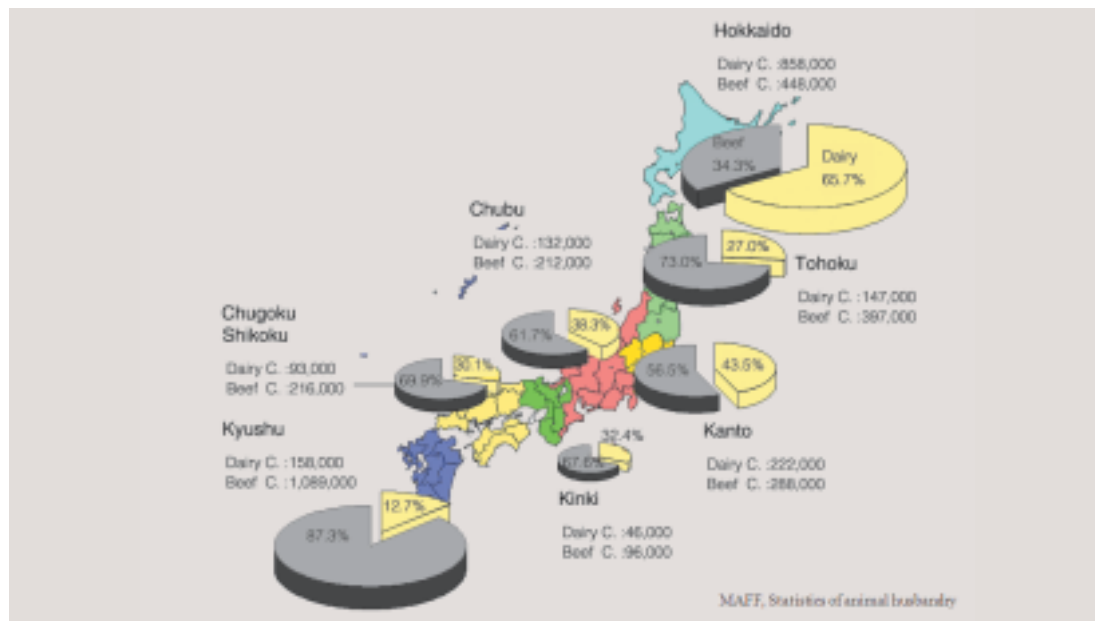
●表1 日本のBSE・vCJD(変異型クロイツフェルト・ヤコブ病)対策

ウシーウシ	ウシーヒト	ヒトーヒト
<p>肉骨粉 牛への使用禁止通達 (1996) 牛肉骨粉の使用禁止 (2001) 牛由来肉骨粉焼却 (2001)</p> <p>飼料 製造工程の分離 (2004末) 輸入飼料規制強化 (2005) 豚由来肉骨粉の豚飼料への利用禁止解除 (2005)</p> <p>肥料 牛由来肉骨粉炭化物・灰の肥料利用可 (2005)</p>	<p>食肉・内臓 と畜牛全頭検査 (2001) SRM除去 (全頭, 2001) 脊柱をSRMに入れる (2004) 21カ月以上BSE検査 (2005)</p> <p>医薬品 英国牛由来医薬品輸入・製造禁止 (1995) 高リスク国牛由来材料使用禁止 (2000) 全ての牛の 카테고리 1, II 組織使用禁止 (2001) 低リスク国牛由来 I, II, IV 組織材料のみ使用可 (2001)</p>	<p>輸血・臓器移植 英国に1980~96年6カ月以上滞在者献血禁止 (1998) 1980年以降英国、仏、独、スイス、アイルランド、ポルトガル、スペインに6カ月以上滞在者は献血、臓器提供禁止 (2001) 滞在国内を全欧州BSE陽性国に拡大 (2003) 1998年までに英国滞在1日以上は提供禁止 (2005)</p>
<p>2001年10月 24カ月齢以上の異常牛は検査 2002年 4月 耳標取り付け 2003年12月 生産段階のトレーサビリティ、2004年12月 流通過程のトレーサビリティ 2003年 4月 死亡牛の検査 2004年4月24カ月以上の死亡牛全頭検査 (サーベイランス)</p>		

日本のBSE流行の特徴は、ヨーロッパに比べて汚染規模が比較的小さい。また、流行が持続的に起こったわけではなく、地域的にもかなり偏った分布になっています。北海道は、広さとしては日本全体

の22%ですが、乳牛 (Dairy C.) 生産ではほぼ半分を占めています。肉牛 (Beef C.) は全国の16%くらいです。しかし、BSEの陽性例では、非定型を除くと85%の陽性頭数を占めています。

● 図3 日本の畜産状況 (牛の飼育)



特定危険部位 (SRM) 焼却という飼料規制の施策は有効だった

BSEの感染は、代用乳、カーフ・スターター (人工乳) も含めて、腸管からかなり高分子で吸収する若い時だけ感染が起こるため、基本的に「生まれて1年以内」と国際的には考えられています。図4は、横軸が生まれ年、縦軸に年齢をとり、何歳でBSEが検出されたかを見たものです。

BSE検査を始めた2001年10月以前はわかりませんが、このグループA (北海道A群) が非常に狭い範囲で、95年末から96年の前半に生まれた群に、なぜか急激な

濃厚汚染があって、その前まではほとんど汚染がないということがわかりました。

また96年後半から97年、98年に生まれた牛にも感染牛が全く出ていないのです。この時期には、ヨーロッパから肉骨粉も輸入していたし、牛も来ていたのですから、この時は外からの汚染はないだろうと考えられます。

では、次の群の汚染は何が原因か？ BSEの検査を始める前に、既にと畜場に来てしまった汚染牛が原因となり、北海

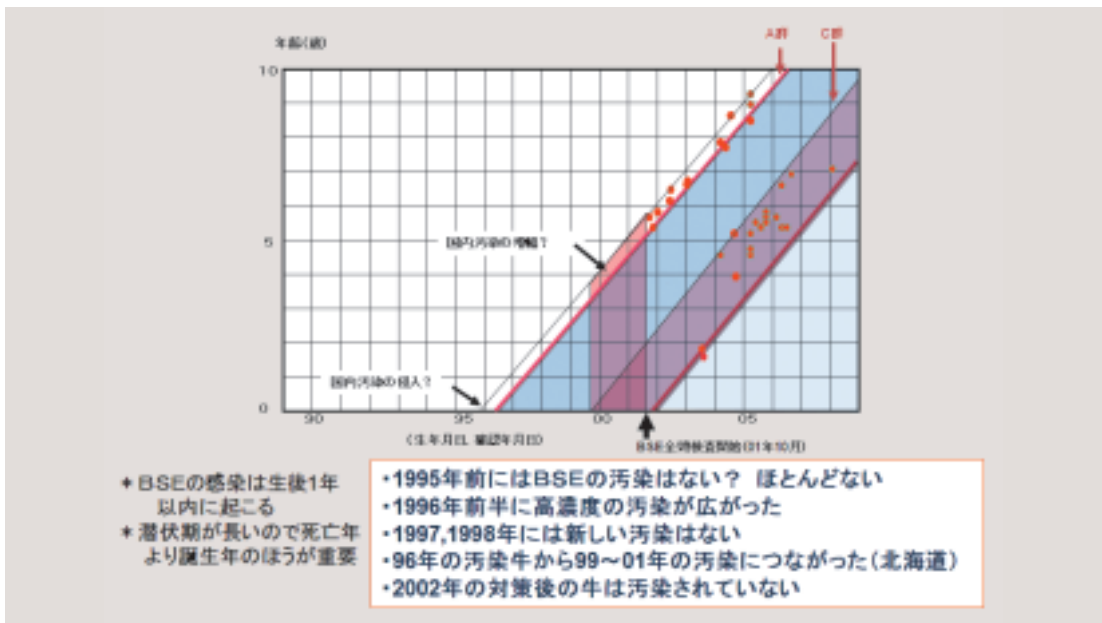
道C群(99年～2001年生まれの汚染群)の流行となったのだろうと考えられました。

しかし、2001年10月に対策をとった後、直後に生まれた牛を除くと、その後の生まれ牛は全く出ていない。もし、北海道C群と同じように、2001年の後も汚染が止まっていなくて、このグループの管理

が不十分だと畜場に来ていけば、2002年以後の生まれ牛にも陽性牛が既に出てくる年齢に達しているのですが、実際には出ていません。

こうしたことから、2001年にとった、SRMを除去して完全に焼いてしまうという施策は、BSEの牛での回転を止めるのに有効だったと思われます。

● 図4 BSE陽性牛の生年月日と摘発年齢



守られることが前提だった日本向け輸出プログラム

食品安全委員会が行ったアメリカ、カナダ産牛肉のリスク評価についてご説明します。リスク管理側の諮問は、アメリカ、カナダ産の牛肉と日本の肉を比べた時に、そのリスクは同じではないとして、日本向け輸出プログラムに「20カ月齢以下の牛」で、「年齢にかかわらず特定危険部位を除去する」という条件を上乗せした場合に、科学的に同等かどうかを問うものでした。

この時は、背景にある牛の持つBSEリスクと、肉になった時のプリオン汚染のリスクを、日本のそれと項目ごとに1つずつ分析しました。侵入リスクは、100万頭単位で考えるとカナダと日本がほぼ同じ。アメリカもカナダも飼育頭数が非常に多いので、延べ感染頭数は多いけれども、100万頭当たりでは、アメリカのほうが日本よりやや少ないという結果になります。

感染価で考えると、日本の場合はBSE検査を免れる牛は、感染していても検出限界以下です。アメリカ、カナダも20カ月齢以下の牛ですから、これもほとんどBSE検査では引っかからないということで、ほぼ同じレベルになります。

この検出感度で引っかからないものが来ても、特定危険部位をちゃんと取るなら、日本でもアメリカでもカナダでも、恐らくその感染価の99%以上はきちんと排除できます。

一方、本当に汚染が起こったらどうなるかですが、検出できないレベルの子牛から来る危険部位が混ざったとしても、その感染価は非常に少ないだろうという結論になったわけです。

問題なのは、背景にあるデータの正確さ、細かさという点で、日本の管理措置とその遵守状況に比べて、アメリカ、カナダから来た情報は完全には十分とは言えな

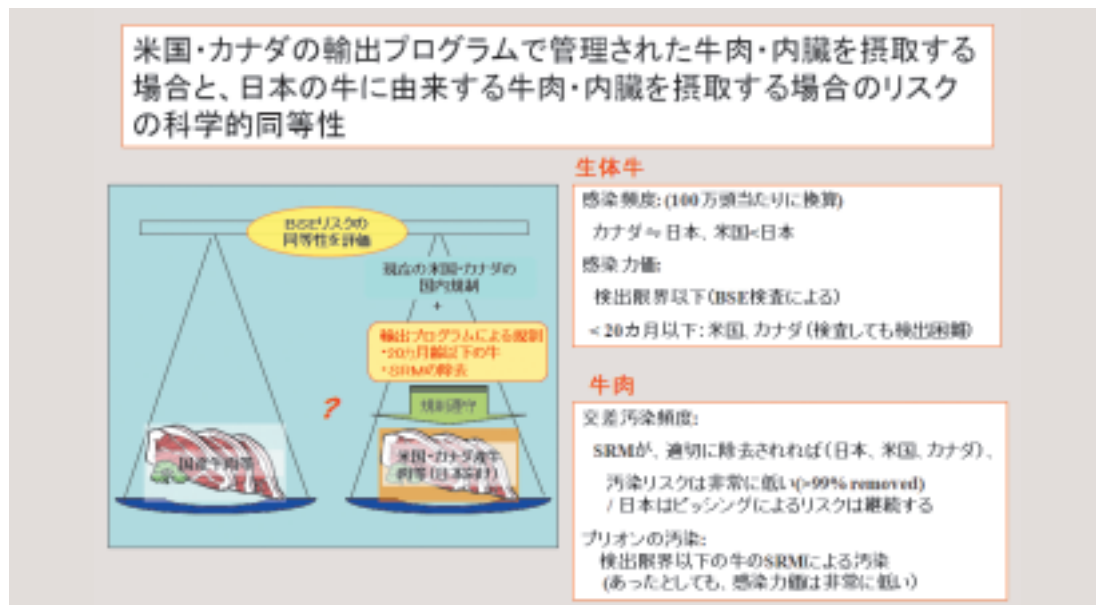
いものでした。

当時としては、輸出プログラムが完全に守られるという仮定の上での評価です。輸出プログラムが実体を持たず、仮定の上で評価するという2つの要因を考えると、本当にリスクが同等かどうかを科学レベルで答えろというのは非常に難しいものがありました。

しかし、輸出プログラムが完全に守られ、輸入肉が20カ月齢以下で、SRMを除去するなら、そのリスクの差は非常に少ないだろうという結論を出しました。

コメントとして「輸出プログラムの順守を検証しなさい。これが守られなければ、このリスク評価のシナリオは崩れるから、輸入をやめなさい。きちんとしたサーベイランスと、何よりも飼料規制の徹底が汚染防止にとって大切だ」ということを付帯事項としてつけて返したわけです(図5)。

● 図5 米国・カナダ産牛肉等の評価



日本に対する牛肉輸出国・14カ国のリスク評価

アメリカ、カナダを評価した後、地続きで牛が行き来しているのに、メキシコは評価しない方がいいのかという声が多く寄せられました。日本はチリ、ブラジル、アルゼンチン、ハンガリーなど、いろいろな国から牛肉を買っています。大半はアメリカに代わってオーストラリア、ニュージーランドから輸入しているため、ここを含めた14カ国の分析を始めたわけです(図6)。

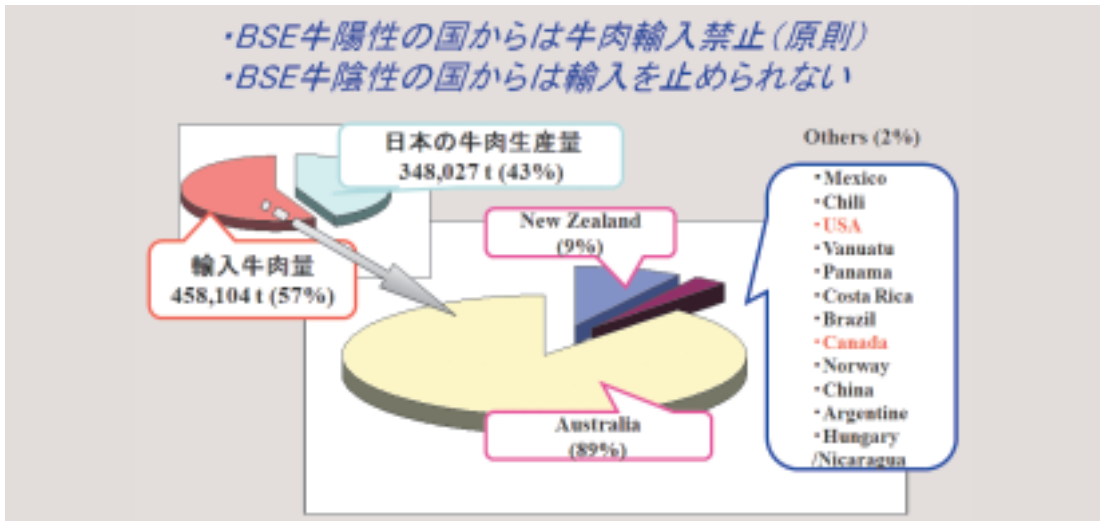
基本的な評価の仕方は、アメリカ、カナダ産牛肉と同じですが、評価方法も進化しています。侵入リスクは、生体牛がどのくらいBSE陽性国から来たか、肉骨粉、獣脂をどのくらい入れたか。飼料規制は、特定危険部位をちゃんと取り除いているか、有効なレンダリング(牛・豚・ニワトリの解体残物を熱処理し、肉骨粉などに加工すること)処理を行っているか。それらの措置の有効性を、流行のサ

ーベイランスとして、調査がきちんと行われているかを検証する。これが分析の前半です。

この牛が、と畜場に来た時、交差汚染がどのくらい有効に回避されているか。まず、特定危険部位を除去しているか。続いてピッシング(と殺後の牛の足が痙攣的に跳ね上がることを防止するために脳・脊髄を破壊する、解体前の食肉処理工程の1つ)をやっているか、スタニング(と畜段階で牛を気絶させ放血させる)やBSE検査をやっているか。HACCP(食品の安全管理システム)やSSOP(衛生標準作業手順)など衛生管理体制がとられているか。背景としてトレーサビリティはどうなっているか、輸出プログラムが組まれているか。これらを組み合わせて、後半の分析をします。

前半と後半の分析を組み合わせ、最終的に牛肉のリスクを評価するというシナ

●図6 米国・カナダ以外の国から輸入される牛肉等のリスク評価



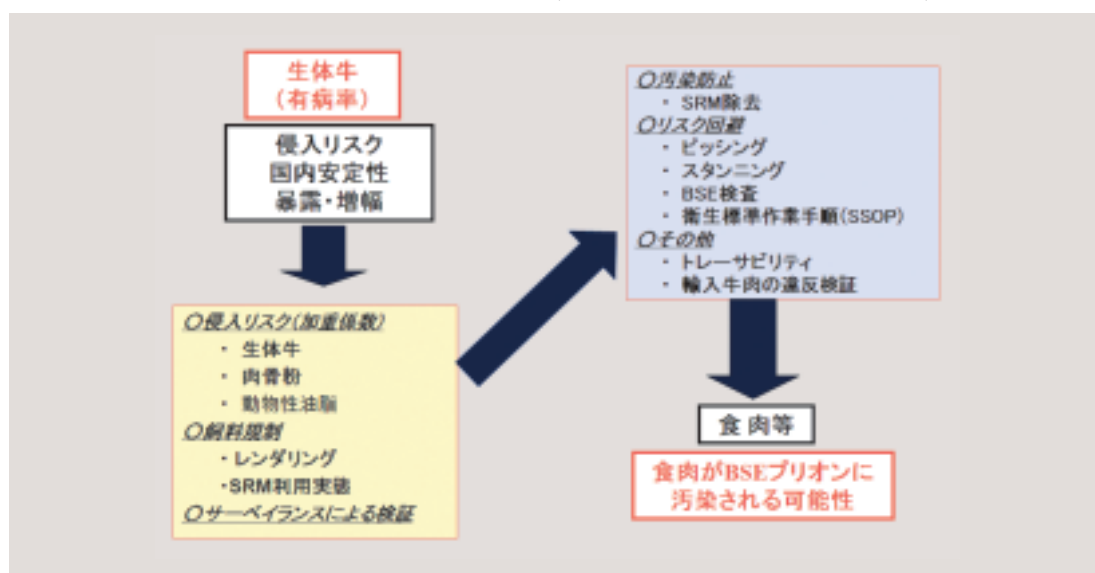
リオにしました。

このようにして、分析のための質問票を各国に送ったのですが、これらの国ではBSE陽性例が出ていないために、多くの国で十分なデータは返ってきません。そこで、今回は定性的な評価に変えました(図7)。

侵入リスクは、最盛期のイギリスの汚染度を1.0とし、その前後を危険度に応じてポイントを下げていく。肉骨粉も、最

大のイギリスの危険度が86年～90年の肉骨粉で1.0とし、前後を下げる。EUの中では、中程度汚染国と低汚染国に分けて、時期や輸入量に応じてポイントを与え、各時期の各国の加重係数を出していきます。トータルのポイントを計算し、0から5までが「無視できる」、10から20なら「低い」、100を超えれば「高い」まで、侵入リスクレベルを5つのカテゴリーにしました。

●図7 定性的リスク評価：decision tree方式(情報が不十分で定量的評価が困難)



BSE対策の導入が早かったハンガリーの評価

ハンガリーの例がわかりやすいのでご紹介します。生体牛の輸入は1986年から90年にかけては非常に少なかったのですが、その後、ヨーロッパが汚染した時に、EUの中ですから、汚染牛をどんどん買ってしまいました。そのため侵入リスクの評価は「高い」で、2006年ぐらいからやっと「中程度」まで下がった。肉骨粉の侵入リ

スク評価はずっと高いままです。

国内の対応は、ハンガリーはEU内ですから、意外と日本に比べれば早いです。86年から2000年にかけて、特定危険部位(SRM)は飼料にも肥料にも使用禁止です。レンダリングも82年からほとんどBSEの感染性を不活化できる133℃/20分/3気圧という条件を導入しています。2001年

からは、ほとんど国内での感染の回転を止めるだけの対策をとっており、判定は「無視できる」です。

食肉処理工程については、日本に現在輸出している、と畜場でのリスク回避対応の評価です。SRMの定義があって、SRMの除去は法律でやり、HACCPもSSOPもすべて満たしている。BSEのテストは30カ月齢以上ですが行われており、安全なと畜条件をすべて守っている。リスク低減効果は極めて高いことになりま

す(表2)。

総合的には、ずっと高かった牛のリスクも、直近では「無視できる」まで下がってきた。こういう牛がと畜場に来て、現在の処理では「極めて有効」というリスク回避措置をとっているため、年寄りの牛はそれなりの危険を持っているが、2002年以降に生まれた牛(7歳以下)についてはほとんどリスクを持たず、かつ安全な方法で処理されているという評価になります。

●表2 例：ハンガリー(案)

	1985-1990	1991-1995	1996-2000	2001-2005	2006-
生体牛	非常に低い	高い	高い	高い	中程度
肉骨粉	高い	高い	高い	高い	中程度
全体	高い	高い	高い	高い	中程度

	飼料給与の状況	SRMの取扱い、レンダリングの条件、交差汚染防止対策	判定
1989-1990年	特に規制無し		中程度
1990-1991年	反すう動物たんばく質の反すう動物への給与禁止	-SRMは、1989-2000年までは非飼料用および肥料用としては使用されていないことが確認されている -レンダリング条件は、1982年より135℃/20分の蒸圧	低い
1997-2000年	非乳動物たんばく質の反すう動物への給与禁止		非常に低い
2001年-	-すべての動物性たんばく質(乳および乳製品は除く)の反すう動物への給与禁止 -乳動物およびと畜された反すう動物由来MBMの(反すう動物以外の)給与への給与禁止 -すべての動物性たんばく質の他の家畜への給与禁止(2003年)	-SRMはすべてレンダリング装置で処理 -SRMおよび死体は専用設備のみで処理されている。	無視できる

食肉処理過程でのリスク低減(現在の状況で評価)
 SRM定義、法的除去、実施方法(HACCP, SSOP): ◎
 BSE検査、安全と殺(空気スタンピング、ピッシング廃止): ◎
リスク低減効果は非常に大きい

日本の食肉処理はパーフェクトに行われている

日本はというと、侵入リスクは90年ぐらいいまでは「中程度」ですが、91年からは輸入量が少なく、「無視できる」です。飼料規制の効果による国内の安定性は、97年までほとんど対応がされていなくて「高い」、2002年までが「高い～中程度」、それ

以降は「無視できる」です。

現在、食肉処理についてはパーフェクトに行われていますから、リスクは「無視できる」です。総合評価でも、食肉処理工程でのリスク低減効果は「極めて高い」です。

こうしたことから、2002年くらいからは、ほとんどリスクのない牛を非常に厳格な方法で処理しているという結論にな

ると思います。こうした新しい評価方法は、他の国の輸入牛肉の評価にも適用しています。

平均潜伏期間が5年以上あるBSEの評価は難しい

ヨーロッパは今年、EUの14カ国が、牛の検査対象月齢を30カ月から48カ月齢まで引き上げました。その根拠は、イギリスでは1988年に肉骨粉の規制を始めたのですが、潜伏期が5年以上あるので、実際に陽性牛が減り始めたのは92、93年より後になります。

アイルランド、フランス、スイスは95、96年に本格的な飼料規制を始め、陽性数が減り出したのが2002年から2003年にかけてです。

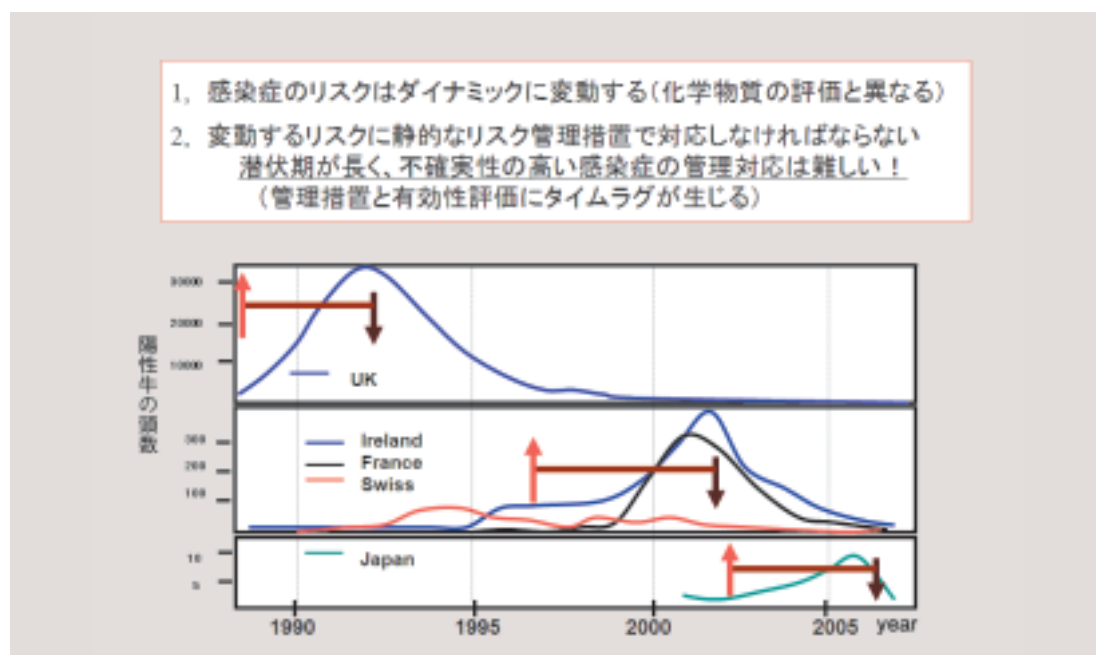
日本が対応をとったのが2001年末からで、2006年をピークに陽性牛は減ってき

ています(図8)。

普通の疾病、例えばインフルエンザなら、有効な対策をすぐにとれば、1カ月以内にはドッと患者数が減り、対策が有効とわかるのですが、BSEでは平均潜伏期が5~6年と長いため、その評価が非常に難しい部分があります。

感染症のリスクというのは、化学物質のように1回評価すればそれでいいというわけにはいかない。管理措置も変えていかなければいけない。特に科学的に不明確な部分があって、潜伏期の長い感染症については難しいのです。

● 図8 BSEリスク管理と管理措置の評価



2009年、日本は「BSEの感染リスクが管理されている国」に

日本は今年5月のOIE（国際獣疫事務局）総会で「BSEの感染リスクが管理されている国」になりました。BSEに関する教育と報告は7年に達していないし、有効な飼料規制もまだ8年以下ですが、十分にコントロールできているとして、ここに分類されます。

その上の「無視できるリスク国」という定義があって、国内でBSE牛が出たとしても、11年間、若い牛で1頭も陽性牛が出ない、直近の生まれで11歳まで陽性でない、教育・報告実績が7年を超えた、飼料

規制が8年を超えた、陽性牛は処分するし、コホート牛（疑似患畜）も処分するというルールが守られることが条件です。

日本はこのまま頑張っ、2002年後の生まれ牛から1頭も出ないまを維持できると、2013年には「無視できるリスク国」になります。

そうになると、定義上、SRMも存在しないし、健康なと畜牛をBSE検査する必要もなくなりますが、それまでに消費者の同意をとらなければいけない。誰がとるのかという問題が残ります（表3）。

●表3 OIEのカテゴリー分類

カテゴリー	リスク評価	サーベイランス	BSE発生状況	リスク低減措置	感染牛等の処分
管理されたリスク国	実施	A型サーベイランス実施中*	発生なし	報告、教育等が行われ、飼料規制が効果的に実施されているが、 ①教育・報告等が7年間未満 または ②飼料規制が8年間未満	—
		30万ポイント (10万頭に1頭陽性牛検出可能(95%限界) *(ポイント達成後、B型に移行可能)	輸入牛で発生 国内発生あり		感染牛の処分 コホート牛処分
無視できるリスク国	実施	B型サーベイランス実施中 (15万ポイント)	発生なし	①報告、教育等が7年間以上 ②飼料規制が8年間以上 ③過去11年間に 自国産牛 で発生がない	—
		5万頭に1頭の陽性牛検出可能(95%限界)	輸入牛で発生 国内発生あり		感染牛の処分 コホート牛の処分

*日本は2009年管理されたリスク国に、2013年に無視できるリスク国になる？

*無視できるリスク国にはSRMは存在しない！

プリオンの伝達性、非定型BSEなど課題は残存

現状のまま推移すると、頑張れば何とかかなということですが、話はそう簡単ではない部分がいくつかあり、これも検討

していかなければなりません。

ヒトの遺伝的な感受性は違うということが1つ。もう1つの問題は、BSEとvCJD

(変異型クロイツフェルト・ヤコブ病)の伝達性です。2003年になって「ヒトからヒト」というケースが出てきました。今のところ4例で、イギリスが追跡調査をしています。

普通のクロイツフェルト・ヤコブ病であれば、硬膜移植のヒト乾燥硬膜のように、脳材料でうつる、あるいは脳下垂体由来の成長ホルモン製剤でうつることはあっても、血液でうつることはほとんどなかった。vCJDの場合は、牛と違って、神経系だけではなく血中にもプリオンが出てきてしまう、それは伝達性だということです。

もう少し難しい問題は、孤発型の非定型BSEです。これは日本を初めとして、今

40例くらい出ています。フランスのデータでは、8歳以上の牛では30万頭に1頭くらいの率で陽性が出る。最初の頃、これはイギリス発のBSEと違い伝達性がないだろうと言われていましたが、日本の非定型を含め、イタリアのものも、ほとんど伝達性があるのです。

これまでわれわれはすべてイギリス発のBSEのシナリオでリスク評価をしてきました。国際的なリスクレベルの評価、無視できるリスク国もみんなそうです。だから、全く違うオリジンのBSEをリスク評価に入れるとすると、今までやってきた評価プラス別のシナリオも考えなければいけないというのが、評価をする者として頭の痛いところです。

持続的社会的ためには受容できるリスクレベルの合意が必要

リスク評価をする科学者というのは責任を負います。特に科学的な不確実性を持ったものについては、予防原則をとる評価が多くなります。予防原則をとるとすれば、科学的証拠を出す、あるいは新しい証拠に基づいた再評価を行うという検証が義務づけられます。

リスク管理者、行政側は、管理措置や規制の最終決定をするわけですから、説明責任、特に費用対効果に関する説明責任と、消費者に対する説明と同意(インフォームドコンセント)を得なければいけません。

では、消費者は責任がないかというところではなく、そのリスクを受け入れた、あるいは食品を選んだ責任をとる覚悟が

なければいけない。

非常に大事なことは、誰がその責任をとるのか。特にゼロリスク(明確な安全性閾値)のないものについて、どのような「受容できるリスクレベル」があり得るのかという問題です。

三者が責任をとりたくないとなると、結局、規制をゼロリスクに戻すしか逃げ道はありません。そうすると費用は無限大に要るので、それはできないだろうということなのです。

持続的な社会を根底に置くとすると、どこかで「受容できるリスクレベル」というものの合意を得ないと先に進めない。こうした問題があるとお話しして、韓国での責任を果たしてきました。

トレーサビリティが高める牛肉流通の信頼性 10桁の番号を入力すれば 牛に関する情報を誰でも 知ることができます

東京大学大学院農学生命科学研究科教授 吉川 泰弘

2001年9月、日本で初めてBSE感染牛が見つかったことを契機に、特定危険部位（SRM）の除去とBSE検査に基づく安全性の確保が進められてきました。そしてさらに、すべての牛に番号をつけ、その履歴を明らかにする「個体識別番号による情報検索サービス」も実施されています。

パソコンや携帯電話の画面に、10桁番号を入力するだけで情報がわかる画期的なもの。このシステム誕生の経緯と、その意義や利用法について、ご紹介します。

トレーサビリティ制度はBSEのまん延防止を目的に導入

牛の個体識別は、2003年6月に制定された「牛の個体識別のための情報の管理及び伝達に関する特別措置法」（いわゆるトレーサビリティ法）に基づいて始まりました。トレーサビリティ（Traceability）とは、トレース（Trace = 追跡する）とアビリティ（Ability = 能力）を合わせた造語です。



生まれてすぐに10桁番号が書かれた耳標を付けます

牛には、乳用種ホルスタイン、肉用種和牛（黒毛和種、褐毛和種、日本短角種）などがありますが、いずれの品種もその交雑種も、出生と同時に10桁の数字を与えられ、産まれた場所や育った牧場、と畜された場所などをすべて追跡できるシステムです。

きっかけは2001年9月、日本でBSE（Bovine Spongiform Encephalopathy = 牛海綿状脳症）の感染牛が発見されたことでした。トレーサビリティ法の第一の目的は、BSEのまん延を防止することにあります。

というのも、この病気は1頭が感染してから発症に至るまでの期間が、平均5年ともものすごく長いのです。汚染されるリスクは生後1年以内といわれています

が、と畜場で陽性牛が1頭見つかったら、5年前に遡って、その仲間の牛を追跡調査しなければなりません。

この病気は、血縁関係ではなく、食べていた餌が問題なので、同じ餌を食べていた同居群の牛すべてを追跡調査する必要があります。

BSE陽性牛が見つかった瞬間、福島県白河市にある（独）家畜改良センター個体識別部のデータベースでその牛の履歴を調べます。

その牛が産まれて1年以内に、どんな

代用乳や人工乳、飼料を与えて、どんなふうにしたか、当時もしその牛と一緒に100頭飼育されていれば、100頭分調べなければなりません。

これは膨大な労力を要する大変な作業です。100頭の中にはもう、と畜されて食べられてしまった牛もいるでしょう。現在は、BSE検査が行われていますから、と畜の時点でその牛は感染していなかったわけです。もしまだ生きていて、子牛を産んでいる個体がいれば、さらに調査します。

パソコンや携帯で、牛の履歴がひと目でわかるシステムです

トレーサビリティシステムのもう1つの目的は、「消費者の利益を増進」することにあります。つまり、BSE発生で落ち込んだ牛肉の消費や消費者の不安をなんとか持ち直す必要がありました。全頭検査を実施したことで、ある程度回復しましたが、それでも完全ではなくて、さらに安心度を高めるためには、消費者にも牛の情報を公開して透明性を高めなければなりません。

このシステムの導入により、今、日本で国産の牛肉を購入したり、食べたりする時、その牛がどこで生まれ、どこで育ち、どこで処理されてここへやってきたのか、いつでも、どこでも、誰でも簡単

に調べることができます。

例えば、精肉店の店頭で、その日販売している牛の10桁番号が並んでいたり、スーパーで販売されている牛肉のパックのシールに、10桁番号やそれに代わるロット番号が表示されていたりします。また、国産牛を提供している焼き肉店やレストランでは、その日使った牛肉の個体識別番号を表示しているケースも見られます。

そんな時は、携帯電話で「牛の個体識別情報検索サービス」のサイト (<http://www.id.nlbc.go.jp/mobile/>) にアクセスし、10桁の番号を入力してみましょう。瞬時に、その牛の履歴がわかります。

牛の履歴はもちろん、その生産者のプロフィール（横顔）がわかるケースも

画面を通して追跡するのは、その牛の個体識別番号です。すべての牛は出産後間もなく、1頭ずつ個体番号をもらいま

す。その番号を明記した耳標を付け、この番号は一生変わることがありません。

番号を入力し、検索ボタンを押すと、

個体識別番号の次には、生年月日、雌雄の別（去勢と書いてあれば雄牛です）、さらにホルスタイン種、黒毛和種、両者の交雑種などの品種もわかります。母牛の個体識別番号もわかるので、その牛だけでなく、母親の履歴を調べることも可能です。

すべての牛は産まれてすぐ地元の家畜保健所に出生届が出され、10桁番号を明記した耳標を装着します。一般的に通常の肉牛であれば、約半年から10カ月間は産まれた牧場で育ち、セリにかけられ、肥育農家へ移動します。そこで8~12カ月、長くて18~20カ月間かけて肥育された後、と畜され、食肉加工場で解体され枝肉になり、さらに部位ごとに分けられていきますが、その1つ1つに10桁番号はついて回ります。従って、生年月日から、性別、品種、繁殖、肥育期間、と畜場、食肉処理場等の情報が手に入るわけです。

ここまでが、個体識別画面から読み取れる一般的な情報ですが、牛によってはさらに追跡できるものもあります。注目すべきは「飼育管理者情報」。これはその牛をどの時点で、誰が育てたかを知るものです。生産者自身が、その情報を任意に開示することもできるのです。ですから、牛によっては牧場がどこの都道府県にあるかしかわからないものもありますが、中には積極的に情報開示したいと考える生産者もいて、そこから生産者団体や牧場のHPへ飛ぶことができ、牧場の様子や生産者の横顔がわかる場合もあるのです。

例えば、「近江牛ドットコム」というサイトでは、個体識別番号を入力すれば、生産履歴だけでなく、子牛登記証、生産牧場情報、と畜検査書まで開示されていて、その情報を見ることができます。10桁番号を利用して、流通業者もこのシステムを積極的に活用しているのです。



トレーサビリティ法は当初5年間の特別措置法でした。その見直しの時期が来た時、私は「たとえBSEが完全に終息しても、止める必要はない」と考えました。牛たちの病気のまん延を抑え、消費者が安心して牛肉を食べられる情報を提供する10桁番号の検索システムは、誰もが手軽に、しかも無料で利用できますから、消費者のみなさんにも、大いに活用していただきたいと思います。安心は信頼から生まれるものですし、安心して食べる牛肉は一段とおいしいものです。

(独) 家畜改良センター
牛の個体識別情報検索サービス
ホームページ
<http://www.id.nlbc.go.jp/top.html>



精肉店の陳列ケースに表示されている牛肉の10桁番号

Chapter

5

日本の食生活と牛肉

「牛肉利用の歴史」 —食文化との関連で—



二本松学院学院長／
京都大学名誉教授

宮崎 昭

SUMMARY

日本人の肉食について考えると、日本には野生の動物が非常にたくさんいたので、つかまえた動物はすぐにさばいて食べていました。古墳の中の骨を調査した報告書には、哺乳類の骨が60種類も化石として残っていたと書かれていました。そのうちの9割がイノシシとシカの骨だったので、のちのち「シシ」という言葉が、肉そのものになっていくわけです。調査報告にはありませんが、スズメはもちろん、ツルや白鳥もつかまえて、大小さまざまな鳥獣を食べ続けていました。

また一方では、長い間、宗教の影響もあって肉を食べることを穢れとする感情や、政治的に肉食が禁止された歴史もあり、一般に肉が日本の食卓に上るようになったのは、明治以降のことです。そんな日本人の食生活の変遷をたどりながら、食肉、特に牛肉とのかかわりについてお話ししようと思います。



- 「殺生禁断」「肉食禁止」
- キリスト教
- 彦根藩と御養生肉
- 日米和親条約
- 「近江牛」と「神戸ビーフ」
- 「牛鍋」と「すき焼き」
- 牛肉の大和煮

古来の肉食習慣を抑制するため仏教の教えを利用

日本では、食生活の中心を占めるのは米なので、米は大変大事にされてきました。そのため、古くから米をつくるのに最低限必要な家畜、特に牛を飼う生活をしてきました。農耕に使う牛は、大事な農作業の役に立つので、とにかく大切に

されました。しかし米をつくるのが目的だったために、その餌は畦草や藁で、明治に至るまで、家畜のために餌をつくっていたのは、ごく限られた地域だけだったと言われていました。

そうした日本人の生活に、やがて朝鮮

半島を通して渡来人が現れて、変化が生まれます。非常に高い文化を持った人たちが日本へ伝えてくれたのが、肉食の食習慣でした。肉を食べる、あるいは皮革をとって武具をつくる人たちが、どんどん入ってきました。その人たちに影響されて、日本の社会でも肉食が多くなります。

また一方では、特に農村を中心にして、飢饉、あるいは雨が降らなかった時の雨乞いのために牛をと畜して神様に供え、みんなで食べて元気のなかった体を癒す、そんなことがしばしば行われるところがありました。ただし、牛ほど農作業を効率良くしてくれるものがほかになかったために、よほど特別な理由がない限り牛をと畜することはありませんでした。

日本が朝廷を中心として国づくりを行っていく過程で、538年に仏教が伝わり、「憲法十七条」が制定されて、聖徳太子が中心となって仏教国を立ち上げていきます。肉食の習慣は、国家財産を減らす行為でもあり、特に牛の場合は日常の作業能率を下げるので、その習慣を抑制するために仏教の教えを利用し始めます。

ちょうど675年(天武4年)、前段に動物の乱獲禁止をうたい、後段には、牛、馬、猿、犬、鶏は殺して食べてはいけないという詔勅(みことり)が出ます。その「おふれ」が出る前にも、642年(皇極元年)に、農作業や運搬用に重要な家畜を保護する理由から、牛や馬のと畜が禁止されます。とにかく牛は殺さない、農民が雨乞い祭りをする時には、と畜の代わりに土牛をつくって供えなさいという動きが、だん

だんと広がっていきます。

しかし、やはり牛肉のおいしさはなかなか忘れられなかったのでしょうか。何回も繰り返し「殺生禁断」「肉食禁止」という類の「おふれ」が出ていることから、当時の日本人の宗教観と肉食の微妙な関係がうかがい知れます。

とにかく、日本は非常に豊かな自然に恵まれていたので、季節ごとに食べるものがたくさんあります。特別に牛を食べなくても生活できる、そんな生活の中で、上手に精進物が食生活の中心に置かれるようになります。鎌倉時代には道元と栄西の伝えた宗教が、禅林風の、いわば精進料理の原型ともいえるものを中国から持ち込み、室町時代になると、鳥や魚を使う貴族階級の料理が加わり、それらが渾然一体となって、江戸の中頃には「日本料理」として完成していきます。

- 675年(天武4年)に公布された日本初の肉食禁止令(「牛の博物館」展示より舎人親王撰「日本書紀」国立国会図書館所蔵)



●鎌倉～南北朝時代の台所の様子(「善教房絵巻」サントリー美術館所蔵)



禁止されども肉食の習慣は連綿と続いていました

このように肉食は禁止されますが、時期によって——例えば武士階級では、鎌倉時代、室町時代あたりになると、農村部で牛を殺して食べることもしばしばあったという記録も残っています。京都の町の中には牛肉料理を扱う店もありました。

鎌倉時代からずっと時代が下がってくると、今度はキリシタンの影響が出てきます。キリスト教に影響された地域、特に九州全体は大変牛肉を食べました。宣教師たちが畿内に布教活動をしたいと言いつつ、当時の仏教との争いで苦勞していた織田信長は、仏教とのバランスを考えてキリスト教の布教を認めたのです。

その結果、キリスト教に帰依するキリシタン大名が現れて、例えば、高山右近は北条攻めで小田原へ行った時に、陣内で、蒲生氏郷、細川忠興らを招いて牛肉

を食べたとか、日頃から牛肉好きの人たちを集めて宴会をした、というような話もあります。

ところが、キリスト教の勢力が強くなり、島原の乱が起こると、今度は一転して、徹底的にキリスト教は弾圧され、すべての人をお寺の檀家に組み入れるという、その後の日本人の食生活だけでなく、生活全般に非常に大きな影響を及ぼす出来事も起こりました。

江戸時代になり鎖国をしていても、ヨーロッパのニュースは伝わってきます。江戸中期の儒医・香川修徳は、「邦人は野獣肉を食さぬ故に虚弱なり」と言い、栄養の面から食肉の重要性を説いています。日本一と評判の医者だったから、影響力がありました。後に野獣の肉を扱う店が東京(江戸)を中心に広がっていきます。

一方、京都でも、ちょうど彦根藩が唯

一、牛のと殺を認められていて、大きな陣太鼓や武具をつくる皮を量産していたので、その肉を随分食べていたという歴史があります。その頃は冷蔵庫もないので、生の肉は味噌漬けにされ、代々将軍家へ「御養生肉」として献上されていました。90年ほどの間に記録に残っているだけで35回送ったといえます。京都の山科に閑居した大石内蔵助もそれを食べ、堀部安兵衛の義父に、食べると元気が出ると贈っています。冬牡丹とか、黒牡丹とか、牛肉をそういう隠語で呼びながら流行させていったわけです。川柳の中に、「冷え性で甘日ほど食ふ冬牡丹」(柳多留)や「口どめのほころびてくる冬牡丹」と詠まれています。

東京(江戸)では、ももんじ屋という、

- 歌川広重作江戸百景より「びくにはし雪中」(国立国会図書館所蔵)



- 豚肉を調理している様子(唐蘭館絵巻より「調理室図」長崎歴史文化博物館所蔵)



野生の動物の肉を扱う店が麴町あたりにいくつかできて、大繁盛します。その頃は、獣肉食は罪悪視されていたので、食べるための免罪符として「菓喰い」という口実も考え出されました。そうすると

また、川柳で、「けだもの屋(ももんじ屋) 藪医者ほどは口をきき」とか、「祭にもけだものを出す麴町」と詠んでいます。そんな生活が、江戸の後期にはだんだんと広まっていきました。

開国・文明開化と「牛肉屋のススメ」

肉食が体のためにもいいと知られた江戸時代の終わり頃、1853年にペリーがやってきて、翌年に日米和親条約が締結されます。この条約には、薪と食料、水と石炭などは、アメリカ船の「求めに応じて給すべし」という条項があって、初めて要求された食料が牛肉だったので、大騒動になりました。

幕府は、「牛肉を所望しておられること再三なることは、先ほど遣いが帰ってきて申すのでよく承った。だけど、わが国の人民は、牛が人に代わって仕事をしてくれるので恩を感じて、その肉を食べることは絶対しない。だから五穀、魚、野菜など、当所が持っているものはことごとく提供できるけれども、牛肉だけはご勘弁」と、いったんは断るのですが、力関係で牛肉を提供せざるを得ないようになり、箱館に限って牛肉が積み込めるようになります。箱館には、東北の南部地方からたくさん牛を連れてきて、外国の黒船に提供する牧場がつくられますが、初めの頃は、とにかく放牧中の牛を停泊中の黒船から見えないようにするなど、随分苦勞したようです。

1868年の「戊辰の役」の時には、負傷した人たちが和泉橋の病院で肉を食べたという記録が残されています。「命が惜し

くなければ食わなくてもいいけれども、惜しかったらこれを食べなさい」と、無理やり食べさせられたそうですが、退院する時に「もう少し牛肉を食べたいから、残してもらえんか」と、そんな笑える話も載っています。

とにかく江戸の末期になると、表向きは盛んではなかったにしても、肉食は、庶民の日常の食生活の中に入り込んできました。さまざまな調理法が考案され、食卓には確実に肉が入りつつあったのは間違いありません。そして文明開化の明治になって、「牛鍋を食べましょう」の大合唱が起こります。

そういう時代に、西洋事情に通じている人たちは、時代が開けるにしたがって、やはり日本でも牛肉を食べるという話をします。その旗頭が福沢諭吉です。横浜が開港し異人館が建って、そこでコックの修業をしていた中川屋嘉兵衛が、領事館などが江戸につくられるようになったので江戸で牛肉の商い(卸し)を始めます。それで福沢諭吉に相談をしたら、「ぜひ、しなさい」と勧められたので、嘉兵衛は、現在の新橋駅の近くに牛肉店を開いています。「牛肉屋のススメ」が、『学問ノススメ』の丸5年前(明治元年)に口頭で出来上がっていた、そんなことも伝わ

っています。

そうになると、時代が変わったのだから牛肉を食べましょう、という風潮が広まっていった。明治2年になると、海軍食に牛肉が取り入れられます。明治4年になると、仮名垣魯文が『安愚楽鍋』で、「牛肉はたまらん、おいしいものだ」と書いています。

現在、日本にブランド牛は281種類ありますが、もとをただせば、「近江牛」が日本で最初のブランドです。明治2年に滋賀県のある家畜商が、牛を1頭だけ連れて東海道五十三次を歩いて横浜へ持っていくと、「こんな素晴らしい牛はない」と評判になった。それから、明治の4、5年頃に、米屋も兼ねている家畜商の竹中久次が、またまた牛を6、7頭連れて、東海道五十三次を17、18日間かけて届けています。それがルーティン化して、「近江の牛は素晴らしい」と、まず東京で評判になります。

しかし、歩いて送った時代はそう長くは続きませんでした。明治18年に神戸—横浜間の定期航路が開かれましたが、その数年前から、牛を船のデッキに積んで横浜へ送ることが盛んに行われていました。

近江の牛は神戸まで連れていかれて、あるいはまた、近隣の良い牛をみんなまとめて集め神戸から送った。そうしたら横浜の外国人が、「神戸ビーフは素晴らしい」と言って、その頃は生産地ではなかったのですが、積み出し港の名で神戸ビーフがブランドになるわけです。

そのため近江牛は、先に築いた地位を失ってしまいます。それから竹中久次は、

明治16年に東京に「米久」という肉屋とすき焼き屋を出します。と同時に「松喜屋」という店もそこにできます。その松喜屋は、近江の家畜商、西居庄蔵という人から定期的に牛を送ってもらい、宮内省(庁)御用達になっています。

牛肉に関する極めつけは、明治5年1月24日に20歳になられた明治天皇の逸話で、天皇が宮中で牛肉を食べられる。それを『新聞雑誌』は、おそれ多くも過去の陋習を破ろうと、天皇さんが肉を食べた、と伝えて、世の中すべてが「牛鍋を食わねば開化不進奴(ひらけぬやつ)」という風潮さえ生まれてきます。

● 仮名垣魯文の『安愚楽鍋』(国立国会図書館所蔵)



時代が変わって急速に普及する肉食

この時代に肉といえば牛肉で、それは庶民の食べ物、牛鍋として普及していきます。そして間もなく、西洋料理の材料として上流階級の人たちに嗜好されていきます。初めは大都市の料理店で供され、やがて家庭料理となり、その後地方の小都市へと伝えられました。

しかし、農民たちの受け止め方は違っています。農業に従事していた社会主義者の片山潜は、「子どもの頃から自分は農村に育ったので、牛の尻を追って作業もしたし、お金も儲けた。それを思い出すと、(牛を) 食べる、食べると言われてもなかなか食べる気にはなれなかった」と随筆で書いています。

また、新潟県長岡の士族で役所勤めをしていた人が、ある時家に帰って、「今日は牛肉を食べよう、新しい時代は牛肉を食べなきゃならん」と家族に言うと、そこのおばあちゃんが「ご先祖様に申し訳ない」と仏壇に目張りをしたという話もあります。

1200年の長い期間、仏教の「不殺生戒」の思想、特に江戸時代にはその影響を受けた「生類憐みの令」などの布令によって、殺してはいけないという思想と、平安の初め頃に完成していった神道の「穢れ」の思想が、一部の人たちを除いて生活の隅々にまで浸透していた日本では、食肉禁止でがんじがらめになっていた人たちにとって、時代が変わったから食べましようというのは、まさに青天の霹靂でした。

そのような状況でも、牛鍋を食べさせる店は、かえって増えていきました。明治6年には、浅草と神田の界隈だけで74軒の牛鍋屋ができています。明治10年には、東京中に558軒の牛鍋屋が開店し、どんどん広がります。関西でも、明治2年になると神戸の元町にすき焼き店が開店し、全国的に都市を中心に肉食が盛んになって、やがて、それが農村部へ影響を及ぼしていくという形で、日本における牛肉の消費が広がっていくこととなります。

明治の終わりから大正にかけては、日本の国が非常に豊かな時代で、洋食が一般の家庭の中にも入ってきます。あるいは西洋一品料理の大衆的な洋食屋が、明治30年代には東京だけで1500軒もできていました。そこで提供される一品料理が一般の家庭に入ってきて、豊かな和洋折衷のような洋食が広がっていくわけです。大正になると、コロッケ、豚カツ、ライスカレー、これが家庭の定番になったと言われます。

大正時代は非常に豊かな時代ですが、関東大震災が起こって東京の肉食文化も変化にさらされます。東都復興のもと関西からどんどん応援がきます。新しい店ができて、その時代に牛鍋という言葉も看板にはほとんどなくなって、「すき焼き」が一般的な名前になります。そば屋が、今のような形の基本ができたのも、ちょうどこの頃だったとも言われています。

日清・日露戦争後に広まった「牛肉おいしい」

明治の初めに鍋で食べた牛肉は、スライスしたものではなくて、ぶつ切りの肉です。その肉に、ザクとしてネギ、コンニャク、焼き豆腐を入れて味をつけて炊いていました。そうたくさんの牛がいたわけではありませんから、牛が不足すると馬の肉を出す。安物の牛鍋屋は馬の肉を使っていると噂が立って、学生たちは牛鍋を食べる時に、生の肉を壁にぶつけて、くっついたら馬肉、落ちたら牛肉などと、そんな見分け方をしているという話も出ました。

それから、「牛」の(字の)縦棒の飛び出た部分を取ったら、干支でいう「午(うま)」になるので、肉屋は、「牛肉」をあえて「午肉」と間違わせて売ったりしました。そこで、牛肉を扱う店は「肉」という字を赤い字で、馬肉を扱うところは黒い字で書きなさいという指導が、明治20年頃に出されます。

日本中で肉食が楽しいと伝わったのは、明治27年の日清戦争、37年から始ま

った日露戦争で、戦地へ牛肉の大和煮の缶詰がたくさん送られるようになってからと言われてしています。全国津々浦々から集まった兵士たちが、戦後、国に帰って「牛肉がおいしい」と広めたわけです。

昭和の幕開けとともに、金融恐慌が始まります。4年には世界恐慌が発生し、特に大きな影響を受けたのが農村で、大正時代から購入肥料の支出がかさんで、生産費が高騰していた農家の経済状況は一層悪化し、昭和の初めにかけて農業恐慌が起こります。そこで政府は、農家の収入を何とか維持させるために、各戸に1頭、牛を飼う有畜農業を奨励したわけです。そこで日本の中にどんどん牛が増えていきます。

昭和の初めは、肉といえば牛肉を指す、最も一般的な食肉でした。しかし昭和12年の日華事変以降は、肉は、それこそすべて軍部に供出させられ、一般の国民は配給が遅配・欠配になり、いよいよ大変という時に終戦になりました。

肉牛の減少で進んだ食肉の技術革新

その後注目されるのは、昭和27年頃まで和牛がものすごく増えますが、耕運機が発明され、火薬工場が平和産業の名のもとに化学肥料をつくり始めると、1年中牛を飼う必然性がないという議論が起こって、牛はどんどんと畜されます。その野上がり牛は、遠いところまで運ぶ手段がなかったので、牛が飼育されていた地域のすぐ近くの都市でと畜され、消費

されました。

昭和30～35年頃、京都では、土曜日から日曜日には必ずすき焼きを食べる、そういう風習がずっと行われたのです。しかも京都で食べているすき焼きは、砂糖と醤油を加えて肉だけを食べる。それを3回ぐらい繰り返し、それから野菜を入れて食べる食べ方でした。だから関西では膨大な牛肉を食べていたわけです。

そこで、気がつくとも牛が急速に減っている。しかも牛肉の需要は増えている—昭和30年代に入ると、使役の牛が減って従来の壮齢肥育牛の入手が困難になります。また肥育の収益を上げるために、肥育期間を短縮した「若齢肥育」の牛が出回り始めます。

それまでは6歳ぐらいか、それ以上でも肉になっていたのが、生後1年半で牛肉にする技術が開発されます。あるいは乳雄、ソーセージの原料にしていたような牛も肉にするための技術開発も行われました。

その間に、牛肉の輸入も増加します。アメリカかオーストラリアかで競争にな

り、アメリカは、日本向きに長期間肥育し、ヒレ、ロース、もも肉などをボックスで日本へ送り、残りは挽き肉にしてハンバーガーの材料にしていたため競争力は強く、ある時オーストラリアからの輸入は減ったのですが、BSEの発生と同時に立場が逆転しました。そんな状況もあります。

アメリカの経済学者と出会った時に、「日本は生きた牛を霜降りにしようと思うから効率が大変悪い。アメリカでは、死んだ後、混ぜてどんな霜降りでもできる」と聞きました。そのくらい食生活に関する常識は、国によっても違うものだと思います。

スポーツと食肉

—スポーツ栄養とスポーツ食育の観点から—



早稲田大学スポーツ科学
学術院教授

樋口 満

SUMMARY

今日は、スポーツ栄養の視点から「スポーツと食肉」という話をしたいと思います。最近、アクティブな生活を送るためにはどうすればいいか、社会的にも大きな関心が集まっています。子供たちは体力、気力の低下防止が、また中年になるとメタボリックシンドローム予防、あるいは介護予防が、それぞれのライフステージにおいて課題になっています。そこで、スポーツというキーワードで、アクティブな生活が送れるように、スポーツ栄養の分野における食肉と、主に若い人たちが行うトップスポーツの振興、その中でもスポーツ栄養の位置づけについてお話ししたいと思います。



- スポーツ栄養士
- 筋グリコーゲン
- 主食、主菜、副菜、牛乳・乳製品、果物
- ビタミンB₁
- 分岐鎖アミノ酸(BCAA)

消費したエネルギーに見合っただけのエネルギーを食事で補給

私は高校、大学とボート部にいました。卒業後はしばらくボートから離れていたのですが、ここ7、8年は、中高年の大会、マスターズに参加しています。ボートは一般的にすごくきついスポーツだと言われていますが、筋力を鍛え、心肺能力も高める、中高年には非常にいいエクササイズです。

図1は、筋肉の中でエネルギーが生産されるメカニズムを簡単に示していま

す。ご存じのように、アデノシン三リン酸(ATP)のリン酸が1つ外れてエネルギーが出ます。ボート競技で考えると、レースは通常、スタートダッシュがあって、コンスタントに落として、最後にラストスパートとなりますが、スパート時には大きな力が必要なので、リン酸が1つ外れてADPになる。それを再補充するためにクレアチンリン酸からエネルギーが供給され、瞬発的な運動の場合にはエネルギー

ギーが供給されていきます。

それが、高い強度で数分間継続するようなスポーツになると、筋肉内に蓄えられている炭水化物のグリコーゲンがエネルギー源として利用されます。運動の強度が極めて高いと、無酸素性解糖という形でATPの再合成が起きるのですが、その時に乳酸が発生します。

ボート競技は、乳酸も極めて高くなります。ボート競技のように運動の強度が高く、数分間持続するようなスポーツは、筋のグリコーゲンが非常に消耗されます。さらに運動時間が長くなると、筋肉内に貯蔵されているトリグリセリド（中性脂肪）が利用されて、酸素を取り入れてエネルギー生産、ATPの再合成が起こることはよく知られています。

いずれにしても、スポーツをする場合、通常の日常生活をしている場合よりも、エネルギーを相当消費しますから、例えば男子ボート選手は4500～5000kcal/日くらいですから、それに見合っただけの

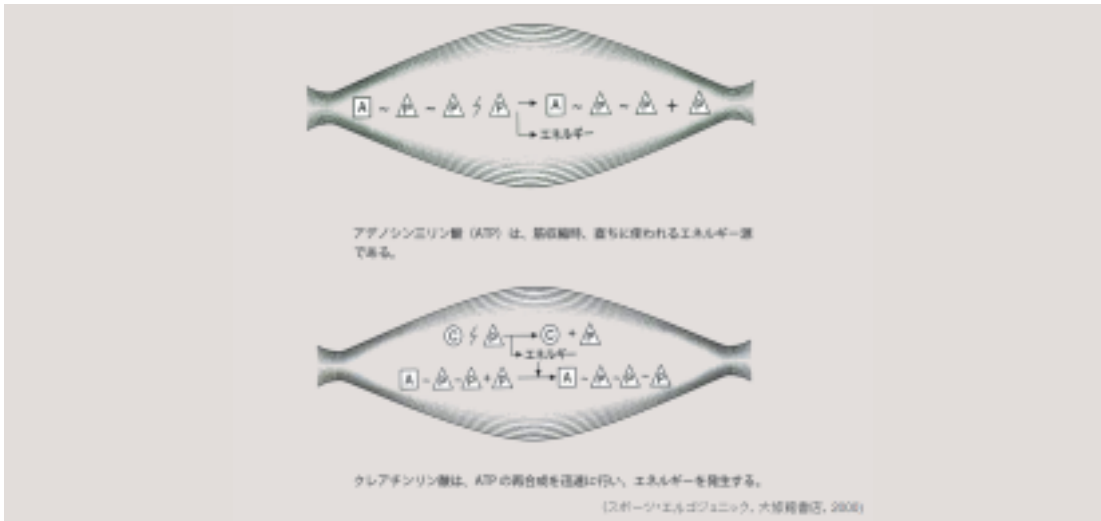
エネルギーを食事から摂取することが重要になってきます。もちろん、競技者の身体的な特性によって、消費エネルギーは変わってきます。

消費しただけのエネルギーをしっかりと摂取する、食事に含まれている栄養素を適正に摂取する、それらのことを指導していくのが「スポーツ栄養士」です。

全国には「管理栄養士コース」を設ける大学がいくつかありますが、「スポーツ栄養」の分野は、学生に非常に人気があります。最近ではスポーツの現場で、トレーナーとスポーツ栄養士の存在が非常に重視されています。

2008年から、日本栄養士会と日本体育協会の共同認定事業として、「スポーツ栄養士」という公認された称号が与えられるようになりました。主に国際的なレベルでスポーツ選手をサポートしている人たちですが、現在、十数名の管理栄養士が、スポーツ栄養士という称号を持って活動をしています。

● 図1 筋肉中でエネルギーが生産されるメカニズム



スポーツのトレーニングと栄養(食生活)においてはバランスが大事

では、ここからはスポーツ選手に大事な3つのこと、「トレーニング・運動」と「栄養(食生活)」、そして「睡眠」、このバランスの中で、特に栄養面については食肉を絡めてお話しします。

「運動・食事のバランス」では、例えばトレーニングはよくするけれど、食事の摂取が不適切だと、ケガをしたり、貧血になったり、疲労がとれなかったり、体力低下が起きることがあります。トレーニングをあまりしないで過剰摂取した場合は、体脂肪が増えて、体のコントロールができなくてケガをします。運動・スポーツのトレーニングと栄養(食生活)においては、このバランスが非常に大事だと思います。

スポーツ選手は、いろいろなものを食べなければいけない。何を食べたら勝て

るのかと考えがちですが、熱や力のもとになるもの(エネルギー源)、体をつくるもの、体の調子を整えるもの、主食、主菜、副菜、牛乳・乳製品、果物をバランス良くとることが、やはり大事です(図2)。

スポーツ栄養の世界では、まず、しっかりご飯を食べることが大事だと言われています。また、汁ものを重視しています。具たくさん汁ものと言っていますが、汁の中にはいろいろなものを入れることができます。野菜、イモ類、キノコ類、海藻などが入った汁ものは、特に副菜の1つとして非常に重視されています。また豆腐や油揚げのような大豆製品、さらには肉類を入れることも可能です。

では、1日にどのくらいエネルギーをとらなければいけないのか。主食、副菜、主菜、牛乳・乳製品、果物をどのくらい

● 図2 食べ物の分類と体内での働き



の割合で摂取しなければいけないかというものが、図3です。スポーツをしている人たちは、2600±200kcalのカテゴリーかそれ以上、また体を大きくすることを考えれば2800~3000kcalくらいとって

る人が非常に多いし、減量を考える時には、1800±200kcalのカテゴリーで、1600kcalくらいが非常に多い。さらにもっと増量という場合には4500kcalくらいが一般的な傾向ではないかと思えます。

●図3 1日の必要エネルギー摂取量



豚肉は牛肉や鶏肉に比べ10倍のビタミンB₁を含んでいます

トレーニングが激しければ激しいほど、筋肉内のグリコーゲンは消費されます。全身の筋肉には、2000kcal分くらいのグリコーゲンしか貯蔵されていません。そこで筋肉内のグリコーゲンを速や

かに回復させる、そういう食事が非常に重視されます。

筋のグリコーゲンは、ウォーキングのような運動であれば、4時間やっても4分の1くらいしか減りませんが、マラソン

に代表されるような、目いっぱい酸素摂取能力（最大酸素摂取量）の75%くらいの強度で走ると、2時間くらいでほとんど枯渇してしまいます。さらに高強度の運動であれば、さらに短時間で筋グリコーゲンは減ってしまいます。だから、疲労回復という意味合いでもグリコーゲンを速やかに回復させてやることが重視されるわけです。

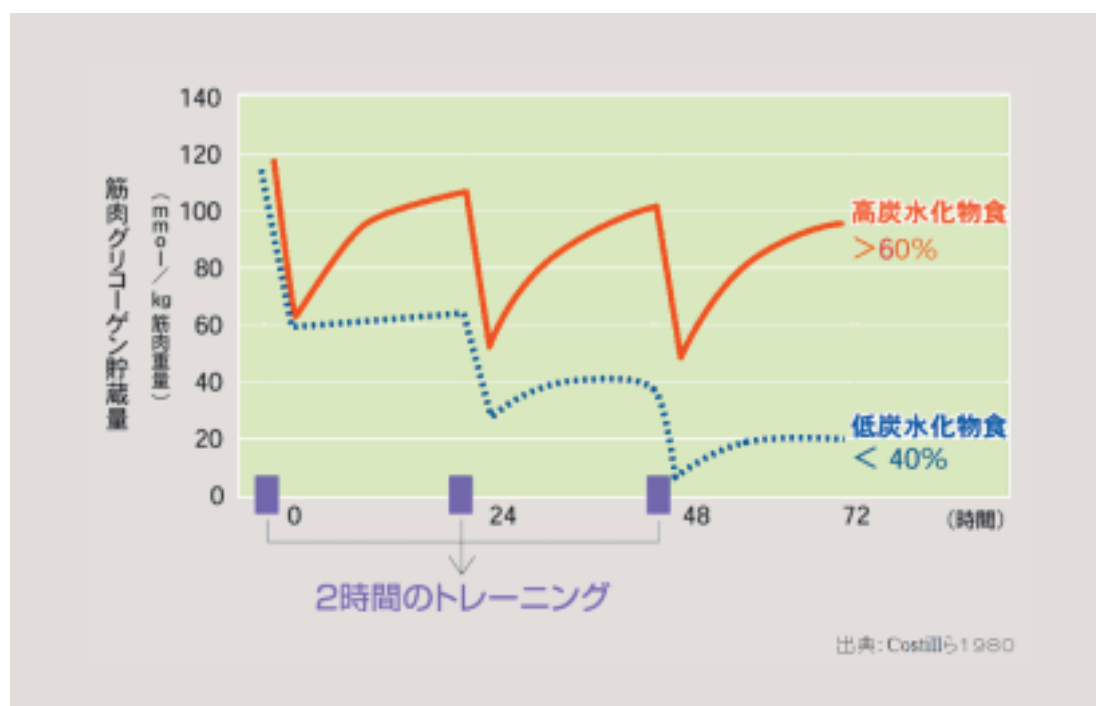
しかし、速やかに筋グリコーゲンの再補充が必要な時、非常に脂っこい食事をとっていると、グリコーゲンの回復は十分ではありません。そこでまた、トレーニングをする。でも、脂っこい（高脂肪の）「低炭水化物食」だと、グリコーゲンの回復が思うようにいかないために疲労が蓄積し、十分なトレーニングができ

ないという悪循環に陥ると言われています（図4）。

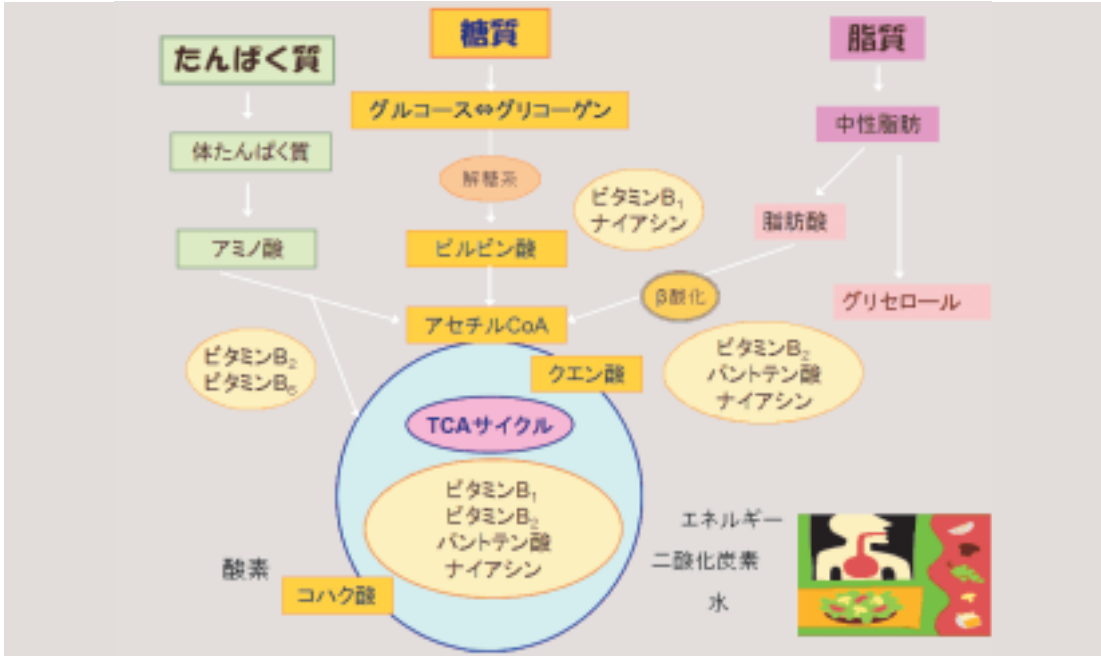
ここでいう「高炭水化物食」というのは、1日のエネルギー摂取の60%程度の炭水化物、この値は平均的な日本人の食事に相当しますが、それを摂取すれば、速やかにグリコーゲンの回復が見られます。そのため、スポーツ選手では、炭水化物をしっかりとることが重視されているわけです。

その場合に重要なのは、ビタミンB₁だと言われています（図5）。ビタミンB群、特にB₁を含む肉類である豚肉が、ハムも含めてスポーツ栄養の世界では人気があります。それは、豚肉には、牛肉や鶏肉に比べて10倍程度もビタミンB₁が含まれているからです。

● 図4 食事組成の違いによる筋グリコーゲンの回復



●図5 ビタミンB群の働き



1日のたんぱく質の摂取量は体重1kg当たり1g程度が目安

また、たんぱく質というと肉、スポーツ選手はとにかく筋肉をつけたいから、たんぱく質、肉をとらなければいけない、そう考える人がいます。一方、スポーツ栄養士は、それほど肉をたくさん食べるとは言っていません。増量の場合には重視しますが、その場合でも、トータルエネルギーを増やすために、主食もしっかりとらなければいけないと指導しています。とり過ぎたものは脂肪になってエネルギー源として体脂肪となって蓄積されるからです。

図6は、どれだけたんぱく質をとればいいのかという、カナダの研究者が行った非常に有名な研究のグラフです。食事摂取基準では、たんぱく質はおよそ体重1kg当たり1g程度。たんぱく質の摂取量

を増やした場合でも、合成能は変わらないことを示しています。

筋力トレーニングを行っている人(運動群)は、たんぱく質量を5割増しくらい、1.4g/kg/日にしてやると、かなり増える。でも、さらに増やしても、統計的に全く有意な差はなかったと報告されています。世界のスポーツ栄養のコンセンサスは、食事摂取基準のレベルで大体1.5g程度、マックスでも2g程度のようなのです。

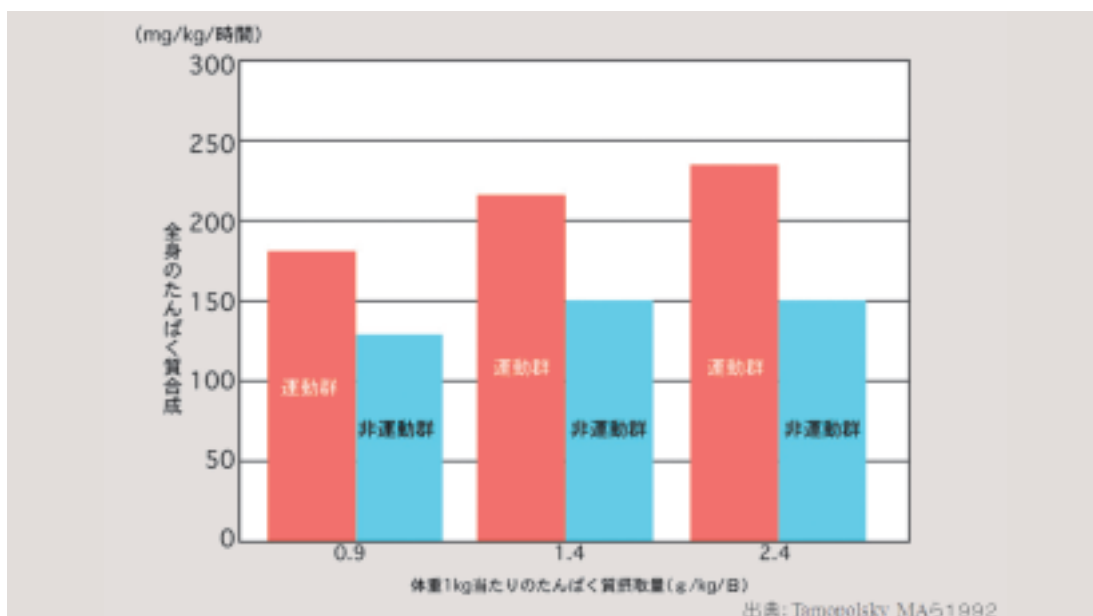
ただ、筋肉のグリコーゲンが非常に少ない状態でスポーツをすると、筋肉中のたんぱく質がエネルギー源として利用されます。だから、せっかくとった肉が体づくりではなくエネルギーとして消費されてしまうので、しっかり主食であるご飯を食べなさいということです。

たんぱく質を構成するのはアミノ酸です。その中で最近注目されているのが、分岐鎖アミノ酸 (BCAA) です (図7)。BCAAは、トリプトファンが脳に侵入す

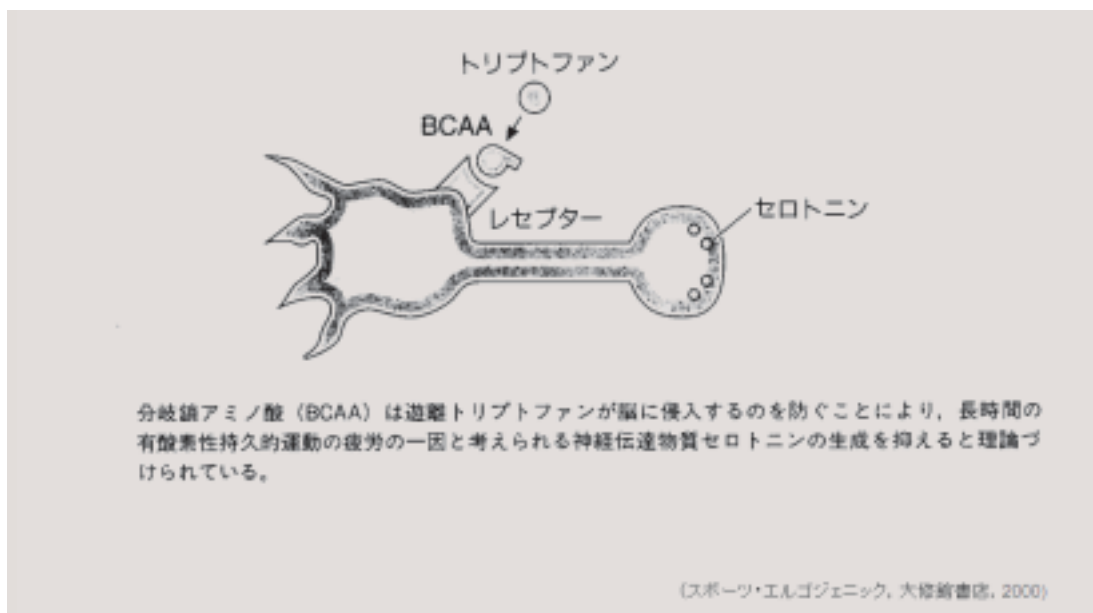
るのを防ぎセロトニンの合成を抑え、中枢性の疲労を抑制するとして理論づけられています。

現在では、激しいスポーツをすると

● 図6 体たんぱく質合成およびアミノ酸の酸化に対するたんぱく質摂取量と筋力トレーニング



● 図7 脳へのトリプトファンの侵入を防ぐ分岐鎖アミノ酸(BCAA)



BCAAがエネルギー源として利用されるので、むしろ積極的にとるほうが良いと言われています。

しかし、その効果は完全に実証されて

いるわけではなく、特に競技力向上の面で、非常に効果があるとは言われていません。BCAAに関しては、現在も研究段階と言っていいでしょう。

肉類の摂取については料理法も重要なポイント

では具体的な食品で、どのくらいたんぱく質をとったらいのか。エネルギー摂取量が3000kcal程度必要なジュニア男子選手の場合は、1日に肉を120g、魚80g、牛乳2本にヨーグルト1本。通常、牛乳200cc3本と言われていますが、牛乳だけではなくてヨーグルトも加えて、卵2個に豆・大豆製品（豆腐、納豆）、こういう食品をこの量だけとれば、1日にエネルギー3000kcal必要なスポーツ選手に必要なたんぱく質が満たされると言われてい

ます。

しかしスポーツ栄養士の中には、肉をためらう理由の1つに、脂肪の多さを挙げる人がいます。脂肪のとり過ぎが問題になっているわけですが、肉にはいろいろな調理の仕方があります。網焼きやステーキにすれば脂肪は少なくなるし、揚げものにする、肉だけではなくて植物性の脂肪も含まれてしまいます。そういうことも知っておくべきだと思います。

肉の利点は、赤身の肉は鉄分が多い、

●表1 食品中の鉄含有量(100g当たり)

食品名	鉄分 (mg)	食品名	鉄分 (mg)	食品名	鉄分 (mg)
レバー 鶏レバー	9.0	かつお 生	1.9	その他の魚 しろさけ	0.5
豚レバー	13.0	角煮	6.0	まさば	1.1
牛レバー	4.0	缶詰(味付け)	2.6	塩さば	2.0
肉類 和牛もも赤肉	2.7	なまり	3.7	さんま	1.4
豚もも赤肉	0.9	いわし まいわし生	1.8	ししゃも生干し	1.6
成鶏もも皮つき肉	0.9	まいわし丸干し	4.4	すずき	0.2
豆類 木綿豆腐	0.9	しらす干し	0.8	どじょう	5.6
糸引き納豆	3.3	たみいわし	2.6	はも	0.2
凍り豆腐	6.8	缶詰(味付け)	2.3	ふな甘露煮	6.5
きな粉(全粒)	9.2	貝類 しじみ	5.3	ぶり	1.3
緑黄色野菜 ほうれん草	2.0	あさり	3.8	ぼら	0.7
ブロッコリー	1.0	かき	1.9	黒まぐろ赤身	1.1
春菊	1.7	たいらがい	0.6	まぐろ缶詰(味付け)	4.0
ふだんそう	3.6	たにし	19.4	やつめうなぎ	2.0
小松菜	2.8	はまぐり	2.1	わかさぎ	0.8

科学技術庁資源調査会編：五訂増補日本食品標準成分表（2005）

これは当然、注目すべき点です(表1)。

赤身は、魚でも赤身の魚は鉄分が非常に多く、ヘモグロビンやミオグロビンの構成成分になっています。

酸素がミトコンドリアに取り込まれてエネルギーを生み出す時に必要なクエン

酸回路や電子伝達系の酵素の中にも、鉄分を含んでいる酵素がいくつかありますから、鉄分は積極的に摂取しなければなりません。特にヘム鉄をしっかりとるためには、肉類は非常に重要なわけです。

日本人の食生活はフレキシブルだからアスリート向き

日本人の食生活は、健康の保持・増進、生活習慣病予防に非常にいいと言われますが、実は、非常にアスリート向きなのです。先ほどから3000kcalくらいの食事を中心に話を進めてきていますが、その食事で、減量を考えた時の1600kcalの食事、あるいは増量で4500kcalの食事、内容を変えることなく量を調節すれば簡単にできます。

例えば、おにぎり3個、ツナ&海藻サラダ、鶏の唐揚げ4個、牛乳で、3000kcalから1600kcalに落とす時にはおにぎりを減らす。牛乳をやめてオレンジジュースにして、鶏の唐揚げはやめてツナと海藻のサラダにする。

あるいは増量を考えて4500kcalにする

時は、主食のおにぎりの数を増やす。そして、主菜の鶏の唐揚げを大きくしてやる。サラダも増やす。ゼリーをつける。こうすれば、4500kcalのエネルギー摂取をする時の昼食にも展開できます。

つまり主食、主菜、副菜、牛乳・乳製品、果物の量を自在に変えることによって、また調理法を工夫するだけで、必要なエネルギー源、たんぱく源、ビタミン、ミネラルなど、全体のバランスを崩すことなく調整できることに加え、筋グリコーゲンの再補充に不可欠な炭水化物を豊富に含む、主食のご飯がある。このことが日本食を、非常にフレキシビリティが高い、まさにアスリート向けの食事だという所以です。

おわりに

当センターの事業として「食肉と健康に関するフォーラム」委員会を主催して22年が経過しました。

本事業では、「食肉と健康に関するフォーラム」委員会の先生方による「食肉学術フォーラム」委員会を主催し、食肉に関するさまざまな問題を科学的な根拠に基づき検討を加えていただいております。

平成21年度は、BSE 発生以来消費が低迷している牛肉を取り上げ、その牛肉の持つ滋味などさまざまな角度からのご報告をいただきました。

本誌を多くの方にお読みいただき、「牛肉」について、さらなるご理解をいただければ幸いに存じます。終わりに、本委員会の座長としてご尽力賜った藤巻正生先生をはじめ諸先生、ご後援いただいた農林水産省生産局、および独立行政法人農畜産業振興機構の関係各位に厚く御礼申し上げます。

財団法人 日本食肉消費総合センター

理事長 田家 邦明



第1回「食肉学術フォーラム」委員会〈平成21年7月27日(月) 於：乃木會館〉



第2回「食肉学術フォーラム」委員会〈平成21年9月7日(月) 於：乃木會館〉



第3回「食肉学術フォーラム」委員会〈平成21年9月24日(木) 於：乃木會館〉

2009年「食肉学術フォーラム」委員会

五十嵐 脩	社団法人 栄養改善普及会会長／お茶の水女子大学名誉教授
板倉 弘重*	茨城キリスト大學生活科学部食物健康科学科教授／ 国立健康・栄養研究所名誉所員
大櫛 陽一	東海大学医学部基礎医学系医学教育情報学・教授
沖谷 明紘	日本獣医生命科学大学名誉教授
上野川修一	日本大学生物資源科学部教授／東京大学名誉教授
品川 邦汎	岩手大学農学部家畜微生物学研究室教授
柴田 博*	桜美林大学大学院老年学教授／日本応用老年学会理事長
清水 誠	東京大学大学院農学生命科学研究科教授
高田 明和*	浜松医科大学名誉教授／昭和女子大学客員教授
西村 敏英	日本獣医生命科学大学応用生命科学部教授
樋口 満	早稲田大学 スポーツ科学学術院教授
福岡 秀興	早稲田大学胎生期エピジェネティックス制御研究所教授
藤巻 正生*	東京大学名誉教授／お茶の水女子大学名誉教授
松川 正*	社団法人 畜産技術協会参与
真鍋 常秋*	財団法人 伊藤記念財団 常務理事
宮崎 昭	二本松学院学院長／京都大学名誉教授
矢ヶ崎一三	東京農工大学大学院教授
吉川 泰弘	東京大学大学院農学生命科学研究科教授
吉田 宣夫	山形大学 やまがたフィールド科学センター教授
若松 純一	北海道大学農学研究院助教

(50音順／敬称略 太字はフォーラム委員会委員 *：幹事)

農林水産省 生産局

太鼓矢修一	畜産部食肉鶏卵課食肉流通班課長補佐
信戸 一利	畜産部食肉鶏卵課食肉流通係長

(独) 農畜産業振興機構

井田 俊二	畜産振興部畜産振興第2課長
山崎 博之	畜産振興部畜産振興第2課 課長補佐

(社) 日本食肉協議会

長谷部 勇	専務理事
-------	------

(財) 日本食肉消費総合センター

田家 邦明	理事長
吉田 和正	専務理事
松本 隆志	総務部長
益森 信治	企画調整部長
中村 民夫	普及啓発部長
古賀南加子	調査研究部長
藤本 賢治	会計課長
鈴木可奈子	調査研究部
鹿内 留理	調査研究部

Health & Meat '09

「健康なからだづくりに食肉の栄養を」
—食肉と健康に関する最新レポート—

財団法人 日本食肉消費総合センター

〒107-0052 東京都港区赤坂 6-13-16 アジミックビル 5F
<http://www.jmi.or.jp>

ご相談・お問い合わせ

e-mail : consumer@jmi.or.jp

FAX : 03-3584-6865

資料請求 : info@jmi.or.jp

畜産情報ネットワーク : <http://www.lin.gr.jp>



平成21年度 食肉情報提供体制構築事業

後援／農林水産省生産局

alic 独立行政法人 農畜産業振興機構

制作／株式会社 エディターハウス

「食肉学術フォーラム」委員会

