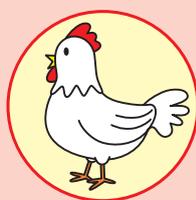
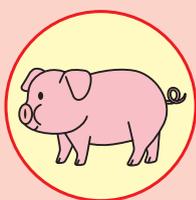


# Health&Meat'10

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



食肉学術情報収集会議

## 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、23年目を経過したことになります。同委員会の先生方による「食肉学術情報収集会議」が開催され、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。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豚肉のチカラであり、それがもたらす健康でしょう。

識者の話によりますと、交雑することでより望ましい肉豚への改良が可能となってきたそうです。豚肉はおいしさはもちろん、良質なたんぱく質や脂質、ビタミン（豚肉はビタミンB<sub>1</sub>を豊富に含み、その含有量は牛肉の10倍もあり、あらゆる食品中第1位です）、ミネラルをバランスよく含んでおり、また病気を予防するさまざまな生理活性物質が含まれていることもわかってきました。

豚肉のたんぱく質は優れた免疫力を持っていますし、肉に特徴的な機能性成分カルノシンは、老化をはじめとする機能の低下に関係する酸化ストレスを消去する働きがあるといわれています。豚肉にはコレステロールが多く含まれているとあって、できるだけ食べないようにしている人がいますが、これは全くの誤解です。コレステロールが不足して低コレステロール血症になるとビタミンE欠乏症が表れやすく、死亡率が高くなってきます。

豚肉に豊富に含まれているアラキドン酸は、乳幼児の脳の発達に重要な役割を果たしているばかりでなく、成人においても脳を介し「こころの発達」に寄与しています。「こころのエネルギー」が足りなくなると、憂うつな気分になり、さらにはうつ病、統合失調症といった心の病にかかりやすくなります。心の健康を保つために日々心がけたいのが、第1に栄養、そして適度な運動、十分な睡眠です。豚肉をはじめ、食肉の摂取頻度を高め、健康長寿を心がけることも大切と思われまます。

終わりに、本誌の内容は「食肉学術情報収集会議」委員の先生方のご教示に負うところ大としています。記して謝意を表す次第です。

---

「食肉学術情報収集会議」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 豚肉の栄養・機能と健康 5

・ 豚肉の栄養・機能成分	6
--------------	---

日本大学生物資源科学部教授／東京大学名誉教授 上野川 修一

・ 豚肉とコレステロール	15
--------------	----

茨城キリスト教大学名誉教授／国立健康・栄養研究所名誉所員 板倉 弘重

・ メタボリックシンドロームと慢性炎症、異所性脂肪	23
---------------------------	----

東京医科歯科大学教授 小川 佳宏

## ● Chapter 2 日本人の食生活と豚肉 27

・ 豚肉利用の歴史と日本人の食文化	28
-------------------	----

二本松学院学院長／京都大学名誉教授 宮崎 昭

・ 豚肉の加工（ハム、ソーセージ）	35
-------------------	----

北海道大学大学院農学研究院 食肉科学研究室教授 西邑 隆徳

## ● Chapter 3 日本における豚肉生産の取り組み ..... 43

- ・わが国の養豚の現状と課題 ..... 44  
 (社) 農林水産先端技術産業振興センター 顧問 三上 仁志
- ・豚におけるエコフィード利用の現状 ..... 52  
 (独) 農業・食品産業技術総合研究機構 畜産草地研究所 機能性飼料研究チーム長 川島 知之
- ・エコフィードが豚の肉質に及ぼす効果 ..... 60  
 日本獣医生命科学大学教授 西村 敏英

## ● Chapter 4 豚に関わる安全性の追求 ..... 69

- ・豚肉の安全・安心 (Farm to Table) ..... 70  
 岩手大学農学部附属動物医学食品安全教育センター 特任教授 品川 邦汎
  - ・パンデミックインフルエンザの出現に果たす豚の役割 ..... 76  
 北海道大学大学院獣医学研究科教授／人獣共通感染症リサーチセンター長 喜田 宏
  - ・口蹄疫発生と国産食肉を考える ..... 84  
 東京大学大学院農学生命科学研究科特任教授／北里大学獣医学部教授 吉川 泰弘
- おわりに ..... 92  
 財団法人 日本食肉消費総合センター理事長 田家 邦明

# *Chapter*

# 1

〔豚肉の栄養・機能と健康〕

# 豚肉の栄養・機能成分



日本大学生物資源科学部  
教授／東京大学名誉教授

上野川 修一

## SUMMARY

われわれが肉を食べる時に思い描くのは、豚肉なら私の大好きなとんかつ、牛肉はすき焼きというように、違う調理の仕方をしています。そうした調理法の違いはどこから来るのか。動物としても、豚は単胃動物、牛は反芻動物で、家畜であるけれど生物学的にも違いがあります。豚肉と牛肉の違いが、実際のわれわれの肉と関連した食生活にどう影響があるのか、栄養学的にどう関係するのか、というのが非常に気になるところです。それらを整理し、豚肉の特色についてお話をしたいと思います。



- 部位
- ビタミンB<sub>1</sub>
- アミノ酸スコア／プロテインスコア
- ミオシン／アクチン
- カルノシン
- リノール酸
- アラキドン酸

### 食肉は部位によって成分が違うことにまず注目

豚肉も牛肉も、われわれの食品としては欠くことのできないもので、筋肉を中心として、その周りに含まれている成分を食しているという意味では、基本的に同じです。しかし、豚肉と牛肉ではご存じのようにビタミンB<sub>1</sub>の量がかなり違うし、脂の構成成分にも違いがあります。そこで、最初に、豚肉の特徴について触れ、その中で、豚肉のたんぱく質、アミノ酸はどのようになっているのか、脂質

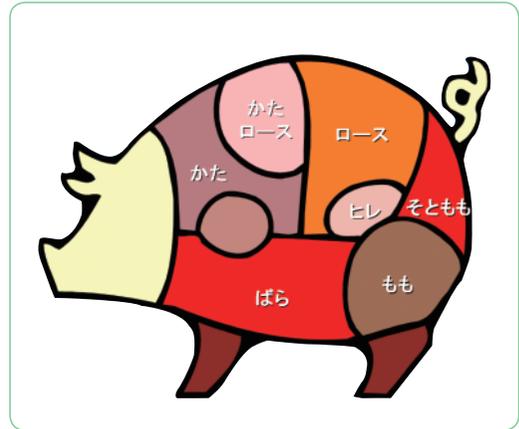
はどうなっているのか、ビタミンについての特徴はどうかというように話を進めたいと思っています。

肉の特色としては、まず、ほかの食品と違って、部位によってずい分と成分が違ってきます。豚は牛とはちょっと違うようです。基本的な考え方として、豚肉はかた、かたロース、ロース、ヒレ、そともも、もも、ばらという形になっています(図1)。

では、どのように違うのか。かたは「ほどよく脂肪分を含み、色の濃いうまみのある部位」です。かたというのはよく動かすので脂肪が少ないのかと思ったのですが、ほどよく脂肪分を含んでいます。かたロースは「脂肪がほどよく入っている」。かたとかたロースは似たような性質かもしれません。ロースは「きめが細かく軟らかい高級部位で、脂肪も適度に含むのでとんかつやポークソテーに好適。ロースハムの原料」です。

そとももは「脂肪が少なく軟らかい部位」。ももは「赤みが多い部分で、脂肪が少なく軟らかい肉質」。ももはよく動かすのでそういうことだと思いますが、ヘモグロビンやミオグロビンが多く、鉄分も多いから赤みが多い。スーパーなどでよく見かける、「もも」、「赤身」というのはこの部分です。

● 図1 豚肉の部位



ばらは「ロースを取り除いた胴部の腹側の肉で、脂肪と赤身が三層になっていることから三枚肉とも呼ばれている」。ヒレは「最もきめが細かく脂肪も少なく淡白な部位」です。私が一番好きところで、とんかつなら大体ヒレを頼みます。

### 豚肉には圧倒的にビタミンB<sub>1</sub>が多い

豚肉と牛肉、基本的には成分は似通っていますが、あえてそれぞれの特色を見てみましょう。カロリーは、豚肉が牛肉よりもやや少なめ、脂身のせいだと思います。たんぱく質は、豚肉のほうがやや多いという特色があります。赤字は両者の違いがあるものを示しています。脂質は豚肉が少なめ、牛肉は多めで、炭水化物、βカロテンはあまり差がありません(表1)。

しかし、ビタミンB<sub>1</sub>は圧倒的に豚肉が多く、牛肉は豚肉の10分の1です。なぜビタミンB<sub>1</sub>が多いのか。ビタミンB<sub>1</sub>というのはもともと補酵素なので、生体の機能

と関係があるのかもしれませんが。あとの成分はそれほど大きな差はなさそうです。

ほかの成分についても、豚肉と牛肉で極端な差はありません。食物繊維は両方ともほとんど含まれていません。コレステロールは、豚肉がやや少なめです。卵などに比べるとずっと少ないと思いますが、そうした特色があります。

食品成分表の中に詳しい部位別の成分比較がありますが、その中から、食卓でよく食べられている脂身が比較的多いかたロースと、少ないヒレを取り上げ、豚肉と牛肉で比較したのが表2です。部位別の違いの典型的な例だと思います

が、例えば脂の量が、予想されたように豚かたロースは100g中7.8g、豚ヒレは1.9gとかなり違うことがわかります。ビタミンB<sub>1</sub>は、牛肉のほうはそれほど多くありません。

他の部位でどの程度ばらつきがあるかですが、傾向としては、やはり成分表に記載されているような成分別の違いがあ

るということです。

ビタミンB<sub>1</sub>については、豚、牛ともに含まれていますが、豚のかたロース、ヒレは、牛肉に比べて10倍近い圧倒的な量を含んでいることがわかります。葉酸は牛肉に多い。鉄も牛肉のほうはやや多く、豚肉は少ないといった傾向が、部位別で見ることができると思います。

●表1 豚肉・牛肉の成分表

		豚肉 (100g中)	牛肉 (100g中)
熱量 (カロリー)	kcal	183	246
たんぱく質	g	20.5	18.9
脂質	g	10.2	17.5
炭水化物	g	0.2	0.5
βカロテン	μg	0	0
レチノール	μg	4	微量
ビタミンB <sub>1</sub>	mg	0.9	0.09
ビタミンB <sub>2</sub>	mg	0.21	0.2
ナイアシン	mg	6.2	5.6
パントテン酸	mg	0.84	1.07
ビタミンB <sub>6</sub>	mg	0.31	0.34
葉酸	μg	2	8
ビタミンB <sub>12</sub>	μg	0.3	1.2
ビタミンC	mg	1	1
ビタミンD	μg	0.1	0
ビタミンE	mg	0.3	0.2
ビタミンK	μg	2	6

(「五訂 日本食品成分表」より)

●表2 豚肉・牛肉の部位別成分表

		(100g中)			
		豚 かたロース 赤肉 (生)	豚 ヒレ 赤肉 (生)	牛 かたロース 赤肉 (生)	牛 ヒレ 赤肉 (生)
熱量	kcal	157	115	316	223
たんぱく質	g	19.7	22.8	16.5	19.1
脂質	g	7.8	1.9	26.1	15.0
ビタミンB <sub>1</sub>	mg	0.72	0.98	0.07	0.09
葉酸	μg	2	1	7	8
鉄	mg	1.1	1.1	2.4	2.5

(「五訂 日本食品成分表」より)

## 肉を食べるということは、筋肉のたんぱく質を食べるということ

次はたんぱく質とアミノ酸についてです。先ほど申し上げましたが、食肉というのは、筋肉を食しているという意味からなっているわけで、肉を食べるということは、と畜場でぶら下がって解体されつつあるのを見ると、われわれが食べているのはやはり筋肉なのだという印象を持つわけです。食肉の科学とか、食肉に関する書物では、常に筋肉の話が出てきます。

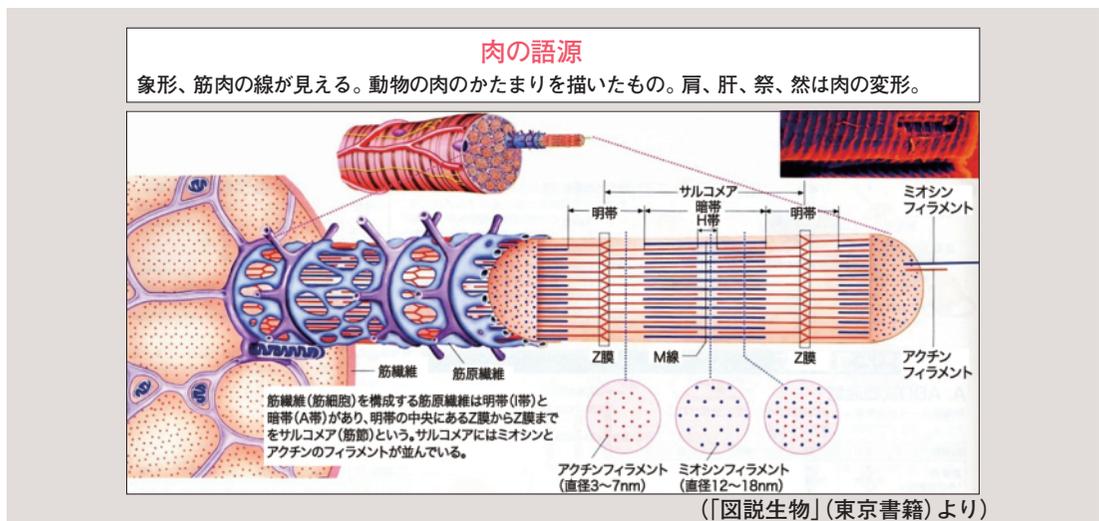
「肉」というのは、象形文字で筋肉の線が見えるという意味から来ているそうです。「肩」「肝」「祭」「然」などは、肉の変形だと漢字の語源辞典にあります。実際には、筋肉の筋線維があって、筋原線維があるという形で、1つひとつが構成されていて、これはアクチンやミオシンといったたんぱく質からなっていて、本来は筋の収縮に使われています(図2)。

そして、筋線維の中で、それと並んで

脂肪、神経などがあり、特に食品と関係する脂肪などは、霜降り肉を見るとわかりますが、周りにべっとりくっついており、もちろん血管も通っているわけです。血管で栄養補給して、筋肉の周りに脂肪がついている。われわれが肉を食べるということは、筋肉のたんぱく質、そしてその周辺の脂肪を食べているということです。

動物は、その肉をわれわれに食べられるために生まれてきているわけではありません。基本的には、生物が生きる上で必要な、特に動物が動物たる所以は、基本的には「動く」ことですから、動く基本である運動、筋の収縮・弛緩を担っているのがアクチンとミオシン(筋肉を構成するたんぱく質)のフィラメント(分子集合体)です。他にもたくさんありますが、そういうものをわれわれは食べているわけです。

### ● 図2 われわれは筋肉を食べている



## 豚肉はアミノ酸スコアもプロテインスコアもほぼ完璧な食品

アミノ酸組成について、豚肉、牛肉との比較のために牛乳を加えてみました。ロイシン、リジン、グルタミン酸、アスパラギン酸、グリシンといったものが、比較的多い成分として知られています。牛肉では、ロイシンは脂肪を燃焼させるなど、アミノ酸の成分として特色があるとされていますが、豚肉も総じてバランスのよいアミノ酸組成であることがわかります(表3)。

たんぱく質を摂取した時、それがわれわれの体にどのように有効に作用するかという栄養学の指標に、プロテインスコアやアミノ酸スコアがあります。アミノ酸スコアについては、豚肉、牛肉、鶏肉は100、鶏卵、牛乳、サケ、このあたりも

100で、たんぱく質のスコアとしては完璧に近い数値です。別の評価法であるプロテインスコアでは、豚肉は鶏卵より低いですが、牛肉、鶏肉よりちょっと高めの評価になっており、トータルでやはり豚肉の栄養価は非常に高いと言えます(表4)。

豚肉には、たんぱく質ではなく、アミノ酸として遊離して出てくる成分が多いことがわかっています。長野県の研究組合が分析したデータによると、遊離アミノ酸としてグルタミン、アラニン、そしてカルノシンが非常に多い。これらは、味などに大きな影響があると思われる重要な機能性成分です。

カルノシン (Carnosine) は、肉に特色

●表3 アミノ酸組成の比較 (mg/100g) バランスがよい

	豚(ひき肉)	牛(ひき肉)	牛乳(生)
たんぱく質(g)	18.2	17.9	2.9
	Ile	770	150
	Leu	1300	280
	Lys	1400	240
含硫アミノ酸 ASS	Met	440	75
	Cys	240	26
	合計	680	100
芳香族アミノ酸 AAA	Phe	650	140
	Tyr	500	110
	合計	1200	250
	Thr	700	120
	Trp	200	38
	Val	870	190
	His	570	80
	Arg	1200	93
	Ala	1100	93
	Asp	1500	230
	Glu	2500	560
	Gly	1400	54
	Pro	990	280
	Ser	620	140

(「改訂日本・食品アミノ酸組成表」より)

的な成分で、 $\beta$ アラニンとヒスチジンからなるジペプチドです。動物の肉を意味するCarnoから名づけられました。ほ乳類では、筋肉や神経組織に高濃度に存在しています。

鶏肉、豚肉、牛肉などの肉類にも含まれていて、うま味やコクのもとにもなります。機能的にはラジカルスカベンジャーとして働き、老化をはじめ機能の低下に関係する酸化ストレスを消去する働きがあるとされています。

また、乳酸の生成を抑制するので、疲労回復にも効果があります。体内の余分な糖분을体外に排出する働きもあるなど、カルノシンというのは、豚肉の中でも非常に有用な成分であることが確認されるわけです。

今のは遊離の物質としてのカルノシンですが、実際にカルノシンが筋肉に含まれている動物を調べると、実はヒトが一番多い。次に馬、牛、豚、鯨という順で、ほ乳類でも比較的ばらつきがあり、筋肉の中でもカルノシンというのは非常に特

色的な成分であると言えます。

哺乳類の筋肉内カルノシン濃度と寿命の相関性を見ると、ヒトの中に非常に多いことから、ヒトの寿命が長くなっているわけで（カルノシンのおかげだけではないでしょうが）、カルノシンの濃度と平均寿命をプロットすると、相関がありそうです。カルノシンのスカベンジャーとしての働きなどが、関係があることを示唆しているのではないかと思います。

アミノ酸は、先ほどのグルタミン酸などの形でおいしさと関係があるものです。豚肉は、100g中42mgとグルタミン酸も決して少ないほうではありません。いろいろな食品間で調べてみると、イノシン酸といった核酸系の呈味性のうま味成分も、豚肉、牛肉に比較的多いことがわかります。グアニル酸もやはり核酸系の物質で、シイタケなどに比べれば少ないものの、食肉にも含まれています。アミノ酸以外にも、こうしたものも成分的には肉のうま味と関係していると思われます。

●表4 たんぱく質の栄養価 豚肉の栄養価は高い

	プロテインスコア	アミノ酸スコア
豚肉	90	100
牛肉	79	100
鶏肉	85	100
鶏卵(全卵生)	100	100
牛乳(生乳)	85	100
サケ(生)	78	100
鶏むね肉	84	100
木綿豆腐	67	82
ほうれん草	41	50
精白米	81	65
小麦粉	56	44

(「最新栄養化学」(朝倉書店)より)

## 豚肉は牛肉に比べリノール酸含有量が多い

次は脂肪の話です。これについては板倉弘重先生から詳しいお話があるかと思しますので、少しだけ触れさせていただきます。

豚肉と牛肉の脂肪酸組成を比較したのが表5です。ミリスチン酸は炭素数が14で二重結合がない飽和脂肪酸です。パルミチン酸、パルミトレイン酸、これは二重結合がある。そしてステアリン酸、オレイン酸ときて、豚肉に顕著に見られるのがリノール酸です。二重結合が2個、炭素数18で、これが大きな違いとして挙げられています。このリノール酸の含有量の違いが、豚肉と牛肉の違いを物語っているのではないかと思います。

脂肪というのは、溶融する温度がかなり違い、ある一定温度で固まる時には、二重結合のある不飽和脂肪酸の性質に依存すると考えられます。

脂肪の融解点を比較すると、豚は28～48℃、牛は40～56℃。豚肉は口の中で溶

ける温度が体温に近く、溶けやすいことから、部位にもよりますが、とんかつなど加熱温度をなるべく高くして温めて、温めたまま食べさせる。牛肉がすき焼きに使われている理由は、比較的融解点が口の中では溶けない温度であるためではないかと思われます。フレーバーなども違うと思いますが、料理は温度によらずい分左右されますから、牛肉と豚肉では、含まれている脂肪の種類、特にリノール酸の含有量の違いが、食感の違いに影響していると考えられます。

脂肪酸の中では、アラキドン酸を比較的多く含んでいることも豚肉の特色です。レバーなどに非常に多く含まれますが、もも肉などにも含まれています。アラキドン酸は、免疫機能を調節する、学習能力や記憶力を向上させるなど、豚肉に含まれている脂肪酸の機能性という意味では欠くことのできない成分と言えるでしょう(図3)。

●表5 脂肪酸組成 牛肉よりリノール酸が多い

	ミリスチン 14 : 0	パルミチン 16 : 0	パルミトレイン 16 : 1	ステアリン 18 : 0	オレイン 18 : 1	リノール 18 : 2
豚	1.5	28.9	1.4	14.2	43.6	10.5
牛	2.8	27.8	2.5	13.7	51.4	1.8

(長野工業技術センター)

●図3 アラキドン酸 [英]Arachidonic acid [学名]ー

不飽和結合が4個のn-6系の多価不飽和脂肪酸。主に肉、卵、魚、母乳などに含まれている。「免疫機能を調節する」、「学習能力、記憶力、胃粘機能の向上、精神発達指標の向上効果」があるとされている。

アラキドン酸 (ARA) を含む食品 (可食部100g当たり)

豚レバー	300 mg
牛レバー	170 mg
鶏卵全卵生	150 mg
鶏もも (皮つき)	78 mg
豚もも脂身つき	57 mg



(文部科学省「五訂増補 日本食品標準成分表 脂肪酸成分表」より)

### ビタミンB<sub>1</sub>は神経・心臓の機能正常化に欠かせない

最後にビタミンですが、豚肉は何といってもビタミンB<sub>1</sub>が豊富です。ビタミンB<sub>1</sub>はチアミンと呼ばれる水溶性ビタミンで、1910年に鈴木梅太郎がこの物質を、脚気を予防する因子として米ぬかから抽出し、1912年にオリザニンと命名しました(前後してポーランドの科学者フンクがビタミンと命名)。糖質および分岐鎖脂肪酸の代謝に関係するとされています。

ビタミンB<sub>1</sub>は、体内に入るとチアミン-二リン酸エステル (TDP) という補酵素になって、糖類の代謝に役立っています。つまり、生命の維持には不可欠の成分で、特にピルビン酸脱水素酵素、 $\alpha$ -

ケトグルタル酸脱水素酵素、トランスケトラーゼを補酵素としています。TDPの一部は、さらにリン酸化を受けてチアミン-三リン酸エステルになり、神経機能に役立っており、非常に重要な役割を果たしています。

繰り返しますが、ビタミンB<sub>1</sub>は神経および心臓の正常な機能に不可欠のものです。ビタミン発見の契機となった脚気は、ビタミンB<sub>1</sub>の欠乏によって起こることがわかっていますが、それ以外にも神経、心臓の異常などもビタミンB<sub>1</sub>の欠乏症とされています。ビタミンB<sub>1</sub>を含む典型的な食品として豚肉があるということは非常に重要だと思うわけです。

### たんぱく質は免疫機能の維持に絶対的に必要な成分

今日は、豚肉を中心に述べさせていただきました。私も、いろいろなところで食肉の栄養成分や機能について話す機会

がありますが、その際、豚肉も牛肉も含めた肉全体として、たんぱく質の栄養価が高い、と同時に免疫機能を活性化する

作用があるという点を強調しています。たんぱく質は、免疫機能の維持・向上に絶対的に必要な成分として、非常に重要な意味を持っており、これまでにさまざまな研究発表が出されていますので、あえて省かせていただきました。

その他の機能として、肉に含まれる生理活性物質ロイシンは、たんぱく質の分解を抑制し、太りにくい体をつくるのに役立っています。つまり、肉を食べてもそれほど太らないというのも、1つの大きな特色だと思います。カルニチンも体脂肪を燃焼促進させる非常に重要な成分です。肉の特異動的作用というものがあり、たんぱく質も特異動的作用だと思

ますが、熱量の発生などの関係でそうしたことが非常に重要なのではないかと。また、たんぱく質の多い肉を食べることが、そのまま元気のもとになるというような研究も、もう少しリサーチすれば出てくるかもしれませんし、今後、展開があるのではないかと考えています。

豚肉の特色、牛肉とどう違うかという点についてお話ししてきましたが、基本的にはそれほど大きな違いはないと言えるでしょう。すなわち、牛肉のいいところは豚肉もすべて持っていて、それプラス、ビタミンB<sub>1</sub>、脂肪酸という大きな特色があるということが、今日の結論になるかと思っています。

# 豚肉とコレステロール



茨城キリスト教大学名誉教授／国立健康・栄養研究所名誉所員

板倉 弘重

## SUMMARY

世間一般に、お年寄りが肉や卵を食べると、動脈硬化が進んで病気になる早死してしまうから、食べてはいけないなどといわれています。特に豚肉はコレステロールを高める食品の代表的なものだから、問題ではないかといわれたりしますが、今日はそれについて考えてみたいと思います。まずコレステロール値についてどう考えるか、次に豚肉がそれにどうかかわっているか、最後にコレステロールの役割について、お話を進めていきます。

### KEY WORDS

- LDLコレステロール
- HDLコレステロール
- 脂肪酸組成
- ステアリン酸
- オレイン酸
- 細胞膜
- 皮膚バリア機能

### 保健指導の基準と疫学調査の実態に大きなギャップ

表1は、現在の「動脈硬化性疾患治療ガイドライン」です。コレステロール値については、LDLコレステロールは140 mg/dlを上限として、それ以下が正常域、HDLコレステロールは40未満を脂質異常症として取り上げています。

ガイドラインにあるように、危険因子が0の場合、LDLコレステロール160以上で低リスクですが、危険因子が1~2あれば140以上で中リスク、危険因子が3以上の場合、120以上で高リスクとなりま

す。また、冠動脈疾患の既往のある人は100以下が望ましいというガイドラインが出されており、大体このガイドラインに沿って日本人の保健指導などが行われているのが現状です。

保健指導では判定値として、LDLコレステロール120以上、HDLコレステロール39未満、中性脂肪150以上で、要注意となります。そして、LDLコレステロール140以上、HDLコレステロール34未満、中性脂肪300以上になると、「勧奨値」と

ということで、医療機関で受診して治療が進められているというのが、現在日本で定められている基準です(表2)。

ところが実態はどうでしょうか。茨城県地方で、40歳から79歳の男性3万人、女性6万人を対象に1993～2003年にかけて行われた「The Ibaraki Prefectural Health Study」のレポートが昨年発表されました(表3)。比較的新しいデータですが、LDLコレステロール値を、80未満、80～99、100～119、120～139、140以上に分け、80未満を1として各区分の死亡率を比較しています。

今、保健指導の基準値は120で切っていて、140以上は受診勧奨値として、医療機関に行き治療するよう勧められています。ところが、総死亡率で見ると、保健指導、国が基準として定めた基準値のあたりは、最も死亡率が低い値です。このように死亡率が低い人たちを保健指導に

取り上げて、そして、受診を勧めるのはいいとしても、この数値だけで直ちに薬を使ってLDLコレステロールを低下させるのは好ましくないと思います。その人のリスクを総合的に評価して、適切な対策を立てることが必要です。

●表2 特定検診の保健指導判定値と受診勧奨値

	判定値	勧奨値
・ 血圧(収縮期)	130	140
・ 同(拡張期)	85	90
・ 中性脂肪	150	300
・ HDLコレステロール	39	34
・ LDLコレステロール	120	140
・ 空腹時血糖	100	126
・ HbA1c	5.2	6.1
・ AST(GOT)	31	61
・ ALT(GPT)	31	61
・ $\gamma$ GTP	51	101
・ 血色素量	13.0(男性) 12.0(女性)	12.0(男性) 11.0(女性)

●表1 動脈硬化性疾患治療ガイドライン2007

治療方針の原則	カテゴリー		脂質管理目標値(mg/dl)		
		LDL-C以外の 主要冠危険因子*	LDL-C	HDL-C	TG
一次予防 まず生活習慣の改善を行った後、 薬物治療の適応を考慮する	I(低リスク群)	0	<160	≥40	<150
	II(中リスク群)	1～2	<140		
	III(高リスク群)	3以上	<120		
二次予防 生活習慣の改善とともに 薬物治療を考慮する	冠動脈疾患の既往		<100		

- ・ 脂質管理と同時に他の危険因子を是正する必要がある(禁煙、高血圧や糖尿病の治療など)
- ・ 脳梗塞、閉塞性動脈硬化症の合併はカテゴリーⅢ、糖尿病があればカテゴリーⅢ扱いとする。
- ・ 家族性高コレステロール血症については(ガイドラインの)別章を参照。

※LDL-C以外の主要冠危険因子  
加齢(男性≥45歳、女性≥55歳)、高血圧、糖尿病(耐糖能異常含む)、喫煙、冠動脈疾患の家族歴、  
低HDL-C血症(<40mg/dl)

●表3 LDLコレステロールレベル別死亡率(対10万人年) および循環器系疾患の死亡リスク

The Ibaraki Prefectural Health Studyより						
	LDLコレステロール (mg/dℓ)					(P)
	<80	80~99	100~119	120~139	≥140	
総死亡率	1233	904	765	706	657	
多変量HR	1.0	0.81	0.72	0.67	0.66	<0.001
全脳卒中	166	118	104	101	98	
多変量HR	1.0	0.73	0.67	0.65	0.67	<0.001
脳実質内出血	54	34	25	26	24	
多変量HR	1.0	0.65	0.48	0.50	0.45	<0.001
虚血性脳卒中	83	62	59	55	55	
多変量HR	1.0	0.75	0.77	0.75	0.85	0.29
冠動脈疾患	56	58	58	54	70	
多変量HR	1.0	1.14	1.19	1.11	1.50	0.02

対象：男 30,802人、女 60,417人、40~79歳、1993~2003年観察  
Noda H et al, Circulation 119: 2136, 2009

## LDLを減らしHDLを増やす脂肪酸もある

図1は、豚肉の主要な脂肪酸組成の割合です。それぞれの脂肪酸はコレステロールにどのような影響を与えるのでしょうか。

炭素数12、14、16の飽和脂肪酸であるラウリン酸、ミリスチン酸とパルミチン酸は、LDLコレステロールを高めていきますが、同時にHDLコレステロールもよく高めてくれます。

総コレステロール、LDLコレステロール、HDLコレステロールを高めるということで、脂質異常症やLDLコレステロールが高い人が、飽和脂肪酸の食事制限をすると、HDLコレステロールも低くなってきてしまうケースもよく観察されます。従って、飽和脂肪酸の制限がいいとは言いきれません。

同じ飽和脂肪酸でも、炭素数がわずか2つ増えるだけで非常に大きな差が出てきて、炭素数18のステアリン酸は、総コ

レステロール、LDLコレステロールを低下させて、わずかですがHDLコレステロールを高めるとい、ほかの飽和脂肪酸とはやや異なったパターンを示しています。

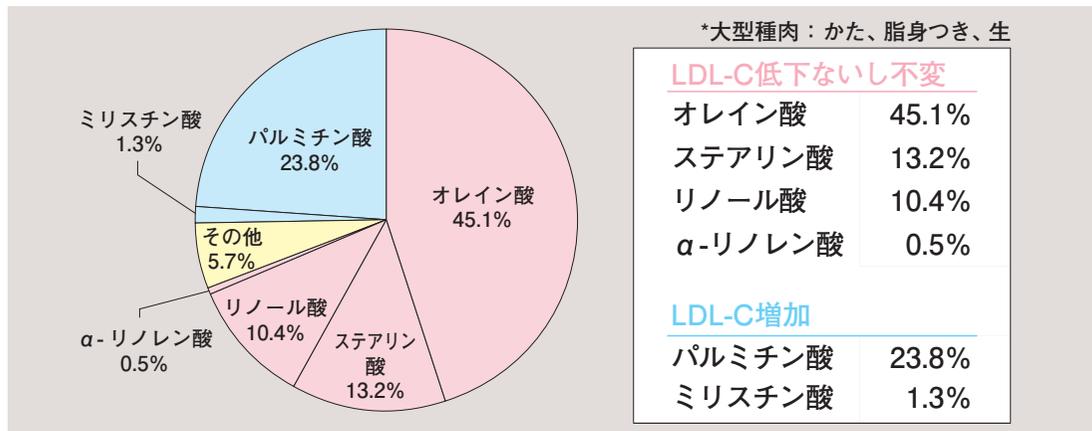
18:1の一価不飽和脂肪酸のオレイン酸は、総コレステロール、LDLコレステロールは低下させる一方、HDLコレステロールをよく上昇させるということで、望ましい効果が見えてきます。リノール酸も、総コレステロール、LDLコレステロールを低下させて、HDLコレステロールを上昇させます。

ただシトランス脂肪酸は、総コレステロール、LDLコレステロールを高めて、HDLコレステロールを低下させるということで、いわゆる動脈硬化、血管障害などにおいて、非常に有害で、できるだけ避けるようにと言われ、その規制について最近もマスコミで報道されています。

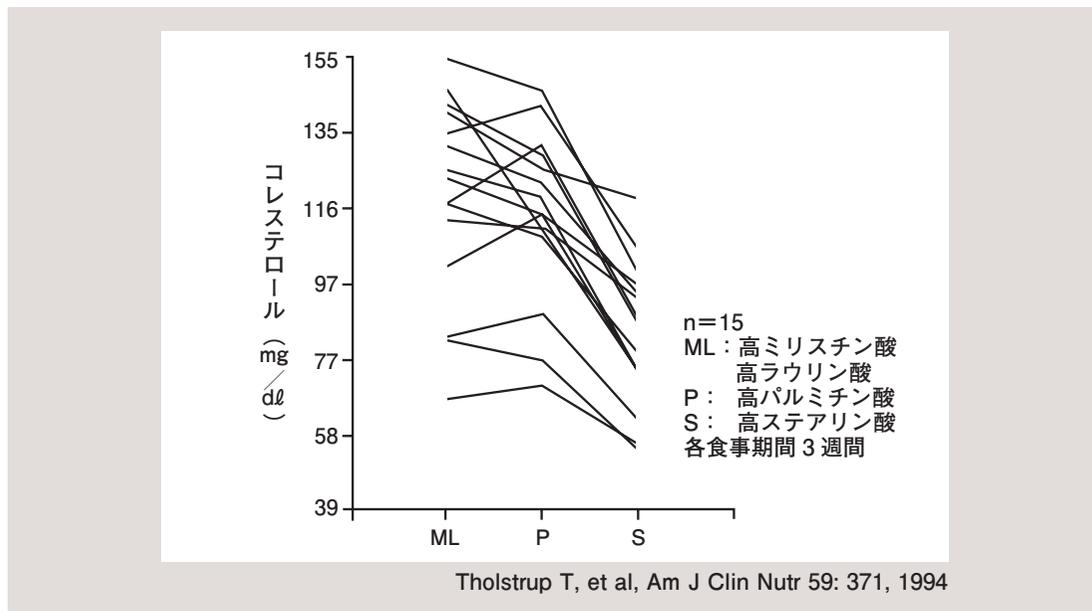
図2は、ミリスチン酸、ラウリン酸の多い食事、パルミチン酸の多い食事、ステアリン酸の多い食事、これを3週間ずつ食べさせて比較したレポートです。このレポートでも、ステアリン酸の多い食

事に変えるとLDLコレステロールはおしなべて下がってきます。従って、各種飽和脂肪酸をひとまとめにして解析した疫学的研究の解釈には、慎重でなければなりません。

● 図1 豚肉\*の主要な脂肪酸組成の割合



● 図2 飽和脂肪酸の違いによるLDLコレステロール値の変化



## 赤肉やヒレはむしろ低エネルギー食と言ってもいい

そこで、豚肉のかた（赤肉）、かた（脂身つき）、ロース、ヒレの脂肪酸組成とコレステロール含有量を比較しますと、飽和脂肪酸（ラウリン酸、ミリスチン酸、パルミチン酸、ステアリン酸）のうち最も多い脂肪酸はパルミチン酸で、25%近くあり、部位によって、脂身があってもなくても脂肪酸組成はあまり変化がありません（表4）。

豚肉の特徴の1つは、ステアリン酸が比較的多く、10数%含まれています。従って、LDLコレステロールを上昇させる作用のある脂肪酸としては、ラウリン酸、ミリスチン酸、パルミチン酸群で、ステアリン酸が10数%あっても、これは、むしろオレイン酸群のほうに入れてもいいような脂肪酸です。

一価の不飽和脂肪酸は、豚肉ではオレイン酸が45%近くあり、ヒレの赤肉ではちょっと少なめですが、最も代表的な脂

肪酸と言えます。そのほか、リノール酸が10~10数%含まれています。アラキドン酸も、部位で差がありますが、0.数%から数%の範囲内です。

豚肉は主要な脂肪酸がオレイン酸で、ほかにn-6系の脂肪酸がほかの肉と比べて多く、DHA、EPAも若干含まれ、さらにn-3系の脂肪酸も含まれているということが、豚肉の1つの特徴として挙げられます。

コレステロールは、赤肉も脂身つきも、100g中65mgくらい。脂質の量は部位によってかなり大きな差があります。脂肪が少ないヒレでは1.7gくらいに対して、ロース、かた（脂身つき）になりますと、22.6gということで、赤肉やヒレだったら、むしろ低エネルギー食と言ってもいいでしょう。

最近、社員食堂では500kcalの定食というのがもてはやされていますが、豚肉

●表4 豚肉の脂肪酸組成とコレステロール含有量

脂肪酸 (g / 脂肪酸100g)	大型種肉		中型種肉		魚 まさば、生	
	かた 赤肉、生	かた 脂身つき、生	ロース 脂身つき、生	ヒレ 赤肉、生		
ラウリン酸	12:0	0.1	0.1	0.1	0.1	
ミリスチン酸	14:0	1.2	1.3	1.5	4.0	
パルミチン酸	16:0	22.9	23.8	26.5	24.0	
ステアリン酸	18:0	12.2	13.2	13.8	6.7	
パルミトレイン酸	16:1	3.0	2.3	2.6	3.2	5.3
オレイン酸	18:1	46.5	45.1	43.1	39.3	27.0
イコセン酸	20:1	0.8	0.8	0.8	0.7	4.0
リノール酸	18:2 n-6	9.6	10.4	9.1	13.3	1.1
アラキドン酸	20:4 n-6	1.5	0.4	0.3	3.2	1.5
α-リノレン酸	18:3 n-3	0.3	0.5	0.5	0.3	0.6
EPA	20:5 n-3	0	0	0	0	5.7
DPA	22:5 n-3	0.2	0.1	0.1	0.4	1.3
DHA	22:6 n-3	0.1	0.1	0.1	0.2	7.9
コレステロール (mg)		64	65	62	65	64
脂質 (g)		3.8	14.6	22.6	1.7	12.1
エネルギー (kcal)		125	216	291	112	202

の脂の少ないところを使うと、低エネルギーのメニューが容易にできるのではないのでしょうか。それに対して、ロースト

という脂身が多いところはカロリーも多いということで、豚肉は目的に応じていろいろ選べる食材と言えると思います。

### ラードはむしろコレステロールを低下させる

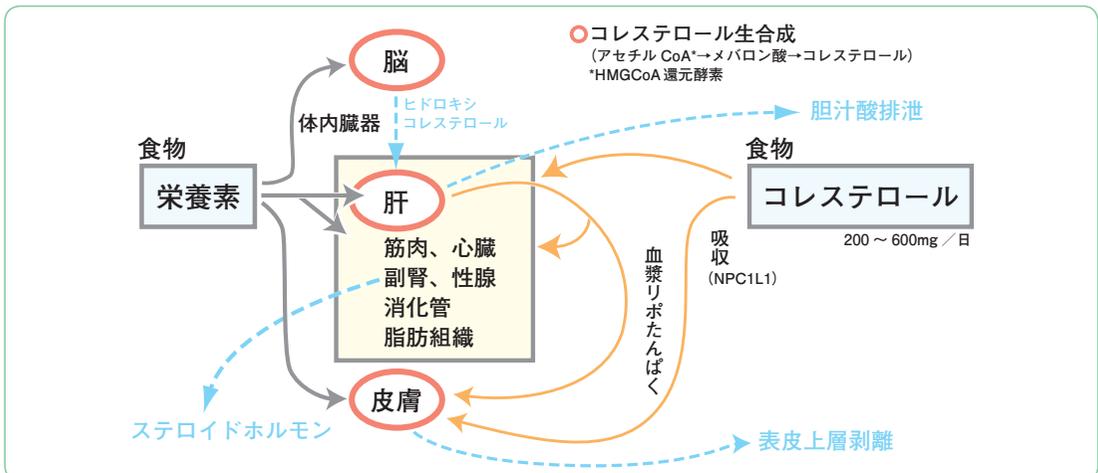
種々の油脂摂取時の血清コレステロール値の変動も、研究されてレポートされています。HDLコレステロール、LDLコレステロール、総コレステロールが、糖質の一部を置き換えて観察されたレポートです。ラードはむしろコレステロールを低める方向に働いていまして、ココアバターやオリーブ油になると、さらに強くLDLコレステロール、総コレステロールを下げる方向に働きます。バター、ココナツ油、パーム油などは、コレステロールを高める方向にあったとレポートされています。

コレステロール代謝を見る場合、大きく3つのプールに分けて見ていくのがいいのではないかと思います(図3)。食事からとったコレステロールは、主に血液

により肝臓から種々の内臓臓器に運ばれ、一部は皮膚に行きますが、血中のコレステロールは脳には入っていきません。食事からとったいろいろな栄養素が脳へ行って、脳の中でコレステロール合成によってつくられていきます。そのほか、全身の臓器にコレステロールをつくる酵素群が存在し、それぞれの臓器でもコレステロールがつくられています。全身の諸臓器は、コレステロールが欠乏しないよう努めています。

脳は独特のプールを持っていて、血中のコレステロールが多くても少なくても、脳のコレステロールはほとんど変わりません。脳の中のコレステロールは、ヒドロキシコレステロールになって一部、外へ出ていきます。脳のコレステロ

● 図3 コレステロール代謝



ールは、ゆっくりしたターンオーバーにより脳独自の世界を形づくっています。

これに対して肝臓は、食事から入ったコレステロールと栄養素からつくられるコレステロールを調整しながら、転写因子、遺伝子のコントロールによって、血中のコレステロールをほぼ一定に保つように、分泌量、受容体活性をコントロールして、それを通して筋肉や副腎、性腺などへコレステロールを供給し、各臓器の機能を維持しています。

コレステロールの排泄経路としては、

脳はコレステロールをヒドロキシコレステロールに変えて、脳からの排泄経路として肝臓へ運ばれ処理されています。また性腺からのものは、ステロイドホルモンとして肝臓に戻されて処理されますが、肝臓では、最も大きなルートは、胆汁酸排泄経路で、これがコレステロールレベルのコントロールの大きな調節機構になります。皮膚は、皮膚表皮がアカとしてはがれていき、そこにコレステロールが含まれており、皮膚からも失われる経路があります。

### 皮膚のバリア機能維持に重要なコレステロール

最後に、コレステロールの役割をもう一度まとめて考えてみます(表5)。コレステロールというのは、神経細胞から筋肉細胞、その他の細胞の細胞膜の構成成分として、また細胞機能の維持に絶対的に必要なものです。細胞膜は、リン脂質二重層からできていますが、コレステロールが増加すると、膜は硬くなって厚みを増してきます。

さらにコレステロールが増えてくると、コレステロールが部分的に凝集したりすることもあります。膜の一部ではスフィンゴ脂質と一緒に、リポドラフトを形成します。リポドラフトは、情報伝達のいろいろな酵素や受容体が集まって、1つのプラットフォームの役割を果たす場所で、コレステロールが膜にある程度存在することが細胞機能にとって非常に大事です。

これに対して、コレステロール生合成酵素欠損症がかなり見られますが、こ

う状態では、神経障害、発育障害などさまざまな機能障害が発生します。こういう場合にコレステロールを外から供給すると、ある程度は改善しますが、神経障害はなかなか治すことができません。生体内で、脂肪酸その他から細胞内でコレステロールを形成する能力というのは、生命維持や健康のために非常に大事なものです。

人間の皮膚は、人体を防御する機能のために非常に大事ですが、皮膚のバリア機能の維持にとってコレステロールは非常に重要な役割を果たしています。皮膚は体の健康状態を反映し、あるいはアレルギー状態、免疫にとっても1つの発現臓器で、コレステロールは皮膚の保護作用をしている非常に大事な物質です。

胆汁酸は脂質の吸収により生成され、消化で排出されますが、その大部分は再吸収されて体に取り込まれて、細胞機能の調節にも関与しています。コレステロ

ールからつくられるステロイドホルモンは、副腎皮質ホルモン、性ホルモン（女性ホルモン、男性ホルモン）などで、健康維持にとって非常に重要です。アセチルCoAやメバロン酸など、コレステロールの生合成中間代謝物は、最後にはコレステロールになりますが、さまざまな細胞機能のコントロールにも大事な役割を果たしています。

その1つとしてよく知られているのがユビキノンで、コエンザイムQ10としてサプリメントでももてはやされています。それから、ビタミンDの生成です。コレステロールの生合成系と関連してビタミンDのもとがつくられ、紫外線によってビタミンDとなり、さらに肝臓、腎臓で活性型になり、これによって健康が維持されています。

コレステロールはリポたんぱくを形成して、細胞から分泌されて血液中を移動していますが、脂溶性物質の転送に非常に重要です。LDLコレステロール、あるいはカイロミクロンを形成するアポB遺伝子異常がありますと、おおむね低コレ

ステロール血症が見られます。低コレステロール血症になりますと、脂溶性物質の転送が阻害されますので、脂溶性ビタミン欠乏症、特にビタミンE欠乏症として表れやすく、そのほか発育障害ははじめさまざまな臨床症状が出て、若年期に亡くなる方も多くいます。従って、低コレステロール血症で死亡率が高くなっています。

皮膚バリア機能の重要性について、1つの例をご紹介します。最近ではコレステロールが少し高いというだけで、すぐスタチンを投与します。マウスの皮膚障害では、ロバスタチンを投与すると皮膚障害のリカバリーが悪くなります。このような場合に、コレステロールを同時に投与すると、改善することが示されています。食事からとるコレステロールが、皮膚バリアの機能、皮膚障害の機能回復にも非常に大事だということです。

こういう点を含めて、豚肉はコレステロールを高めることの少ない食品であり、豚肉を適宜摂取することは健康上、好ましいことではないかと思えます。

## ●表5 コレステロールの役割

- 細胞膜構成成分—細胞機能の維持
  - 細胞膜はコレステロール増加で硬く厚くなる
  - コレステロールの多い部分でスフィンゴ脂質とリポドラフトを形成
  - 情報伝達のプラットフォームの役割
  - コレステロール生合成酵素欠損症で神経障害、発育障害
- 皮膚のバリア機能の維持
- 胆汁酸の生成—脂質の吸収、細胞機能調節
- ステロイドホルモンの生成
  - 副腎皮質ホルモン
  - 性ホルモン（女性ホルモン、男性ホルモン）
- コレステロール生合成中間代謝物の利用（ユビキノンなど）
- ビタミンDの生成
- リポたんぱくを形成し脂溶性物質を転送
  - アポB遺伝子異常で低コレステロール血症となり、脂溶性ビタミン欠乏症や発育障害などの臨床症状が出現

# メタボリックシンドロームと慢性炎症、異所性脂肪



東京医科歯科大学教授  
小川 佳宏

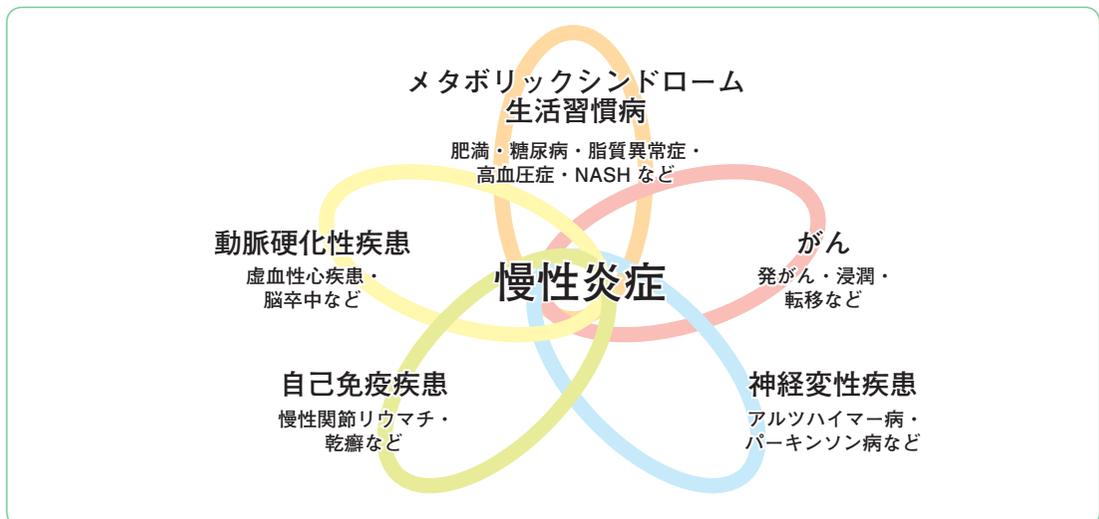
## SUMMARY

肥満、とりわけ内臓脂肪型肥満では、血圧上昇や糖・脂質代謝の異常が同時に起こってきます。一見、無関係な病態が同時に発症して、動脈硬化を発症しやすくなり、全身臓器の機能不全を呈します。これがメタボリックシンドロームの概念です。

「慢性炎症」という概念は、十分に明確化されていませんが、脂肪組織や腎臓、肝臓、骨格筋、血管などの臓器が、過栄養などによる長期間ストレスを上手く収束できずに最終的に慢性化する病態で、メタボリックシンドローム、生活習慣病、動脈硬化性疾患のベースに関与すると考えられています。ストレスに上手く適応できない場合に炎症反応が遷延化し、組織リモデリング（組織再構築）や臓器の機能不全が生じますから、メタボリックシンドロームは非感染性慢性炎症による病態と捉えることができます（図1）。

今回は私たちの研究データを中心に、脂質代謝や脂肪酸に焦点を当てて、メタボリックシンドロームと慢性炎症に関する話をします。

● 図1 慢性炎症：生活習慣病・がんに共通する基盤病態




 KEY  
WORDS

- 慢性炎症
- メタボリックシンドローム
- 実質細胞と間質細胞の相互作用
- 多価不飽和脂肪酸 (EPA、DHA)

### 慢性炎症が多くの疾患の基盤病態として注目されている

私たちの研究室では、慢性炎症の基盤病態として、特に、臓器を構成する実質細胞と、その隙間に存在する間質細胞の相互作用に注目しています。実質細胞とは、例えば脂肪組織では脂肪細胞のように臓器を特徴づけている細胞で、臓器特有の機能を担う細胞です。各臓器の病態を理解するためには、実質細胞のみを扱っていても不十分で、間質細胞、リンパ球やマクロファージ（白血球のひとつで免疫システムを担う細胞）や樹状細胞、線維芽細胞なども無視できないと考えています。

細菌、ウイルス、真菌などの微生物感染により生じる急性炎症では、微生物由来成分である核酸、脂質、たんぱく質（外来性リガンド）などを特定の病原体センサーが認識して、生体防御反応を誘導します。発熱、発赤、腫脹、疼痛、あるいは臓器の機能不全は、炎症の4徴候、5徴候としてよく知られており、急性炎症の病態を示しています。

一方、慢性炎症では、組織あるいは臓器がストレスを受けると、可逆的な段階では健常状態に戻りますが、非感染性慢性炎症は、可逆的な段階を超えて適応し

きれなかった場合に、不可逆な組織の障害をきたし、組織リモデリングに至ります。組織リモデリングにおいても、障害を受けた細胞より放出される自己由来成分（内因性リガンド）が特定の病原体センサーによって認識され、炎症反応が誘導されることがわかってきました。メタボリックシンドロームや肥満、痛風、動脈硬化などの代謝疾患や自己免疫性疾患やがんの転移にもこの考え方が当てはまります。

肥満では体脂肪量が増加しますが、細胞レベルでは、単なる脂肪細胞の肥大化のみならず、脂肪細胞とマクロファージの相互作用により慢性炎症が誘導されます。血管新生の増加、マクロファージ浸潤の増加が認められ、レプチンやアディポネクチンなどのアディポサイトカイン（生理活性物質）のバランスを破綻させ、炎症を持続化する悪循環が形成されることがわかってきました。

この一連の組織変化は、動脈硬化の血管壁と非常によく似ています。私たちは、脂肪組織に起こるダイナミックな変化を脂肪組織リモデリングと呼んでいますが、この組織変化に関わっているさまざま

まな食品成分は重要で、その分子機構の解明により、メタボリックシンドローム

の創薬ターゲットを探索したいと考えています。

### 多価不飽和脂肪酸はメタボリックシンドロームに有効である

脂肪の分解によって脂肪細胞で産生されるものを遊離脂肪酸と言います。医学部の学生時代には、飢餓の時に全身臓器にエネルギーを分配する栄養素だと習いました。最近では、脂肪酸は、細胞内に入って栄養として細胞を構成する材料となるだけではなく、炎症シグナルなど細胞内シグナルを伝達し、多くの臓器や細胞に働いて、メタボリックシンドロームに関係する病態を誘導することがわかってきました。

特に飽和脂肪酸は、マクロファージに働いて全身臓器において慢性炎症を促進する可能性があります。セラミドのような脂肪酸代謝物はアポトーシス（細胞の

自然死)や炎症反応を誘導したりします。しかし、魚油に多く含まれるEPAやDHAの多価不飽和脂肪酸は、飽和脂肪酸に対して相互に拮抗して炎症を抑制し、肥満・メタボリックシンドロームにおける慢性炎症を改善すると考えられます。EPAやDHAはサプリメントとしても比較的手に入りやすいものです。

しかし、EPAやDHAの治療効果に関する臨床研究を見る限り、EPAやDHAを多く含む魚油が、肥満を抑制する、特に内臓脂肪型肥満を抑制するという報告はあるにはありますが、なかなか再現性のあるデータが得られません。私たちの実際の研究データでは、摂取する栄養素

●表1 EPAの抗肥満作用

	Chow vs. HF/HS	HF/HS vs. HF/HS+EPA	Chow vs. HF	HF vs. HF+EPA
体重増加	↑↑↑	↓↓	↑↑↑	→
脂肪重量	↑↑↑	↓	↑↑↑	→
脂肪組織炎症	↑↑↑	↓↓↓	↑↑	↓
血漿インスリン	↑↑↑	↓↓	↑	↓
血糖	↑	↓	↑	↓
肝中性脂肪	↑↑↑	↓↓↓	↑↑	↓↓
肝脂肪合成	↑↑	↓↓↓	→	→
肝β-酸化	↑↑	↓↓	→	→
骨格筋β-酸化	↑	→	↑	→
肝脂肪分泌	↑	↓	n.d.	n.d.
酸素消費	↑	↑	n.d.	n.d.
呼吸商	↑↑	↓	n.d.	n.d.

(n.d.: not determined)

より誘導される肥満の性質が違うことを明らかにしています。

高脂肪・高シヨ糖食による肥満と高脂肪食のみの肥満で、EPAの抗肥満効果を検討すると、高脂肪・高シヨ糖食で強力な抗肥満作用が確認されました。高脂肪・高シヨ糖食の場合は、高脂肪食の場合と比較して、肝臓の中性脂肪合成を強力に抑制することが明らかになり、これが体脂肪量の減少、脂肪組織における慢性炎

症の抑制に関連することが明らかになりました(表1)。

高脂肪食の場合では、肝臓の脂肪合成にあまり影響を与えませんが、高脂肪・高シヨ糖食の場合は、EPAは肝脂肪合成を強力に抑制して、脂肪組織に運ばれる脂質量が抑制されると考えられます。マウスを用いた検討では、EPAによりエネルギー消費も亢進し、これが抗肥満作用につながると考えられます。

# *Chapter* 2

[ 日本人の食生活と豚肉 ]

# 豚肉利用の歴史と日本人の食文化



二本松学院学院長／  
京都大学名誉教授

宮崎 昭

## SUMMARY

豚は、今から8000年ほど前に中国と南西アジア、アフガニスタンからトルコ、エジプトのあたりで家畜化され、そこから全世界に広がったということが知られています。豚は「鳴き声のほかは捨てる場所がない」と言われるほど重宝されている動物で、洋の東西を問わず、大変貴重な食糧資源でした。イノシシから改良されたといわれる豚は、中国語では猪と書きます。日本では、縄文の昔からイノシシが身近な存在でしたが、豚とのかかわりはどうだったのでしょうか。その歴史を振り返ってみます。



- イノシシ
- 殺生禁断・肉食禁止
- 山肉
- 九州の特殊性
- 長崎出島
- 薩摩料理
- とんかつ
- 豚肉加工

### 日本では有史以前からイノシシは身近な存在でした

日本では石器時代のころから、イノシシとシカが狩猟の対象として最もポピュラーな動物でした。縄文、弥生時代を経て、古墳時代から奈良時代へと移り変わりますが、日本人の多くはイノシシとシカを主な肉食源として利用してきました。貝塚を掘った記録を見ますと、60種類ほどの哺乳動物の骨が出てきますが、9割以上がイノシシとシカということで、

いかに身近な動物であったかということが理解できます。

ところが日本では結局、イノシシを豚へと家畜化することは全く行われませんでした。にもかかわらず、吉野ヶ里の遺跡から豚の骨が出土したと、何年か前に報告されました。豚とイノシシの見分け方はいろいろあるそうですが、それは恐らく大陸経由で入ってきた豚だろうと考

えられています。

そのうちに、イノシシの子、ウリボウを専門的に育てる人たちが現れました。大和朝廷の時代、猪飼部というもっぱらイノシシを飼い朝廷などに貢ぐことを生業とする人々が生まれています。また日本書紀には、帰化人がしきりにイノシシを飼って肉を食べているという記載があり、古事記や万葉集にも猪飼という言葉が頻繁に登場します。

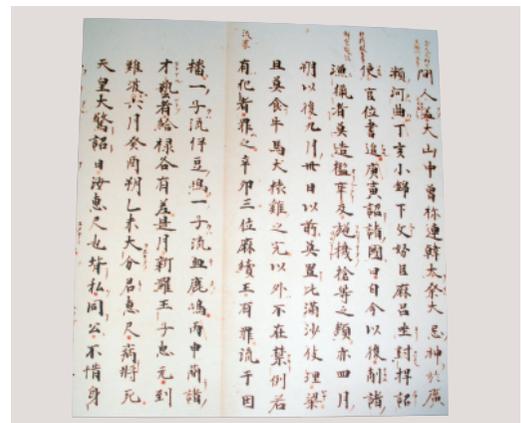
こうしてイノシシは豚の前の大事な食糧資源として、日本人の生活に重宝されていましたが、7世紀ころには豚を連れて日本にやってきた帰化人が養豚を始めます。ところが、そのころは、肉食禁止、殺生禁断の動きが出ているころでしたので、養豚が広がるということはありませんでした。

やがて675年、天武4年に殺生禁断の詔が出ますと、今までイノシシを飼っていた近畿の農民がまとめて40頭のイノシシを解放したと言われてますし、諸国の豪族たちも同様の動きをしたようです。朝廷から比較的近いところでは、お達しを厳しく守りましたが、730~740年のこ

ろに九州の国司として着任した、筑後守道君という人は、豚を飼って産業を興すべしということで積極的に養豚を奨励したということも知られています。

こうして奈良時代が終わり平安時代の記録を見ますと、イノシシは時々利用されています。やがて武士が勃興します。武士は野生の動物、特に山肉と言われたシカ、イノシシ、カモシカ、タヌキ、クマなどは見つけたら手当たり次第食べることが、室町時代の『尺祖往来』という書物に書いてあります。

- 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)



## 九州や四国の一部では16世紀には既に豚が飼われていました

やがて南蛮船の来航が活発になります。日葡辞典という日本の事物をポルトガル語で表す辞書の中に、豚のことがカチョという表現で載っていますので、当時、九州方面には豚がたくさんいた証拠であると思われます。都から離れているという地理的理由と、大陸あるいはヨーロッパから、特にオランダからひんばん

に船がやってくるということで、九州だけは特別に豚の繁栄が見られてきたわけです。

16世紀後半になると、長崎には中国から華僑が移住し養豚を始めます。17世紀になってオランダ人が出島に商館をついた時には、初めは華僑から肉を購入していましたが、やがて商館内に豚を飼う

場所をつくりました。しかし、ヨーロッパから日本まで豚を運んだという形跡はなく、恐らく香港あたりで調達した比較的小さな豚が、日本に持ち込まれたのだろうと思われまます。

前後して豊臣秀吉が権勢を誇っていた時代に、土佐の浜にサン・フェリペ号というイスパニア船が漂着します。それに

秀吉は豚200頭と鶏2000羽を支援物質として積み込ませたといいまます。そう遠くから豚を調達するわけにかなかったでしょうから、たぶん四国にもたくさん豚がいたと考えられます。このように九州と四国の一部には豚がたくさんいた。けれども、それ以外のところでは豚は縁遠い動物として扱われてきたようです。

●長崎におけるオランダ人の食事風景(唐蘭館絵巻より「宴会図」長崎歴史文化博物館所蔵)



### 江戸時代に東へと広まった九州の豚肉食

江戸時代の九州における豚肉食に関しては、当時の文人が九州を旅して、その見聞を伝えています。司馬江漢は、「長崎へ行ったら夜食に豚を煮たものが食卓にのり、とてもおいしかった」、大田蜀山人は、「とかく長崎では鶏と豚を大事にしている」と、言っています。頼山陽は、薩摩の国へ旅して牛肉や豚肉を非常にたくさん食べている様子を知りますが、特に薩摩料理は豚肉をふんだんに使う料理として発展していきます。

西郷隆盛は脂身の多い豚肉をことのほか好んだということも、後に伝えられています。このように九州各地で豚肉が食べられているという話は、徐々に東のほうに聞こえていくわけです。長崎料理の卓袱しっぽくも江戸に伝わると豚をたくさん使うようになり、豚のひずめをそこに入れるというようなことも行われています。

このような形でさまざまな情報が江戸まで伝えられていく過程で、豚肉は食べたなら非常においしいものだとして多くの人が

●西郷隆盛の肖像(国立国会図書館所蔵)



知るようになってきます。江戸に薩摩屋敷がありますが、その中では豚を飼って食べているし、肉を近隣の人たちに販売して小遣い稼ぎをしていると、佐藤信淵は『経済要録』という書物に著し、さらに豚の肉はけだものの肉に比べたら格段に品があっっておいしいとも書き残しています。

江戸の末期になると、最後の将軍徳川慶喜は江戸の人たちから「豚一様」と呼ばれていたそうです。慶喜の父親に薩摩藩主島津斉彬から定期的に豚が贈られて

●徳川慶喜の肖像(国立国会図書館所蔵)



きて、慶喜もそれを食べていたので、豚の好きな一橋様ということで、「豚一様」というあだ名がついたということです。

新撰組が京都の西本願寺に駐屯地をつくった時には、そこで豚を飼っていました。太刀扱いは優れているはずの新撰組の隊員も、豚をさばくのはうまくできず、医師・南部精一の弟子に頼んで豚を解体してもらっていたということです。福沢諭吉など俊秀を輩出した緒方洪庵の適塾では、豚を解剖してよく食べていたようです。

### 開国直後の受難の時代を乗り越えて養豚が普及

こうして豚の肉を食べる、あるいは肉食をするということにさほど抵抗感がなくなったところに、アメリカからペリーがやってきて開国を迫りました。アメリカは牛肉の消費が非常に多い国でしたから、先進国は牛肉を食べるものだとということで、豚には受難の時代がここで始まります。新橋の駅頭で洋服を着た牛が着物を着た豚を突き倒している図が、歴史

の本にも載っていましたが、豚は大変古い時代から食べていたということで、低く見られるようになりました。

そういう苦しい時代の中でも、明治初年に日本政府は外国から豚の輸入を始めます。また、横浜に豚を多数飼っているイギリス人がいると、そこから豚を買い入れたりもします。下総の角田米三郎は、日本で飢饉がしばしばあるけれども、そ

れは日本人がみんな同じように穀類を食べようとしているからで、4年計画で100万頭の豚を飼育し下級の者には豚を食べさせるべしと建白します。周囲の人が豚を食べないので、うまくいきませんでした。その直後明治3年くらいには、京都府が三条大橋の東に協救社という豚を飼う施設をつくり、市民に残飯を持ってきたら餌として利用するので買いますと呼びかけました。

一方、明治になってまだ10年にもならない間に日本は豚専用のと畜場を整備し

ます。初めは2カ所、東京の本所と大久保に民間がつくりましたが、その翌年には、それまでは牛のと畜専門だった浅草と白金のと畜場に豚のラインをきちんとつくり、そこ以外では豚のと畜を禁止します。その翌年には、食肉衛生警察という組織をつくり、巡査と獣医を対にして配置し管理に当たらせています。こういう経緯もあってと畜場の管理は厚生労働省の管轄になって、農林水産省がはじき出されている、そんな歴史もそこからスタートしているようです。

## 大正時代には料理の幅も広がり豚肉の消費が拡大

豚肉消費が急速に伸びるきっかけになったのは、日清・日露の戦争です。牛肉が軍需品として大量に徴用されたため、町の肉屋にある牛肉は、値段は高いけれども質が悪いということになります。その間隙をぬって、お手軽洋食屋や、和洋折衷料理の工夫に意欲のある料理店で、積極的に豚肉を取り扱う動きが出てきました。

大正時代に入り、豚肉の消費が大きく伸びます。その貢献者の1人は東大で解剖学を教えた獣医師の田中宏で、『田中式豚肉料理法』という本を著し、また上流婦人を集め三井家で講習会を開き、とんかつなど庶民が食べている豚肉料理はおいしいということを広めました。一方、上流の人たちが食べていた高級中華料理としての豚肉料理も、徐々に一般大衆の間に広がり、豚の消費が拡大していきました。

昭和の初めころ、有畜農業が推進されて豚が農村で飼われるようになると、比較的きれいな形で飼われるということで、衛生面でも豚に張られた思わしくないレツテルは次第にはがれていきます。豚を農家で1頭、2頭飼うと肥料もとれるし、子豚も売れるというので、比較的いい副業だと考えられるようになったわけです。

その後、戦争拡大と敗戦をはさんだ時期、未曾有の豚の受難が起きました。豚の頭数の戦前のピークは昭和13年の114万頭です。それから20年近くたって、昭和31年に117万頭と、ほぼ同じレベルに回復しますが、最も少なかった昭和20年ごろは、20万頭しか豚がいませんでした。その時には牛は乳牛も役牛も合わせて230万頭ほどいたというので、またそこで豚は大変苦しい状況に陥りました。

## 関係者の努力と先端の技術でおいしい豚肉がつくられています

紆余曲折を経た後、豚は多産で非常に早く頭数も伸びるということと、ハム・ソーセージなど豚肉加工業界の人たちのたゆまぬ努力のおかげで、豚肉の消費拡大が今日まで続いてきました。豚肉の加工は、明治7年英国人技師ウィリアム・カーチスが鎌倉郡（現在の横浜市戸塚区）でハム製造法を伝えた後、事業は細々と引き継がれ、それが「鎌倉ハム」というブランドの起源となりました。一時は鎌倉郡に8社の工場があったといわれますが、統廃合の後、日本ハム製造と鎌倉ハム製造の2社にグループ化されます。

その後、第一次世界大戦で青島を攻略後、捕虜として連れてきたドイツ人の中に5人のソーセージづくりのプロがいました。その5人の技術は作業を見学した畜産試験場の人たちも驚くほど素晴らしく、それがきっかけでまたハム・ソーセ

ージづくりは大きく前進します。

明治屋も、捕虜の1人、ウォルシュケを雇い入れてハムをつくと、明治屋で扱うハムは本格的なハムだという噂が広がっていきます。ちょうど明治屋は「カフェ・ユーロップ」というしゃれたカフェでサンドイッチを提供していましたが、里見淳は『多情仏心』の中に、パンに縦にナイフを入れて、そこにハム・ソーセージをはさんだドイツ風のサンドイッチが素晴らしくおいしいと、書き残しています。

このようにハム・ソーセージの人気は徐々に高まりますが、必ずしもすべてが順調に運んだわけではありません。伊藤ハムの創業者伊藤傳三さんは、初めのころ小売店の人にハムの商品説明をした時、「それは焼いて食べるのですか」、「煮て食べるのですか」、「ダシはたくさんと



れますか」というような質問が出たと語っています。やがて物資が不足した時代でも、セロファンを工夫して、今のポールウイナーのような商品を考案したり、豚肉がなくなると、オットセイなど海獣の肉や、やがてサメの肉などを代用し、寄せハム、プレスハムをつくり続けてきました。

このような努力の中、戦後の給食制度の導入で畜産物をたくさん食べる子供たちが育つにつれて、豚の需要は大幅に伸びて今日に至っています。昭和35年くらいまでは牛、豚、鶏の小売価格はほぼ同

じでしたが、その後牛だけが極端に高くなり、鶏と豚が安くなったこともあり、今では食肉消費の非常に大きな部分を豚が占めるようになりました。

戦後、交雑の方法も変わりましたし、大型の品種が次々と入ってきたり、きれいに飼うためのデンマーク豚舎が利用されたり、豚肉は大変進んだ技術のもとで生産されています。受難の時代が何回かありましたが、今ではTOKYO Xなど銘柄豚が全国各地で名乗りを挙げ、大変おいしい豚が、競ってつくられるようになり現在に至っています。

# 豚肉の加工（ハム、ソーセージ）



北海道大学大学院  
農学研究院  
食肉科学研究室教授  
西邑 隆徳

## SUMMARY

与えられたテーマは「豚肉の加工」です。私は大学卒業後、北海道上川郡にある新得畜産試験場で肉牛セクションに配属され、そこで肉牛の飼養管理が肉質に及ぼす影響などを調べていた関係で、豚肉より牛肉のほうが詳しいのですが、頑張って話をします。基礎知識として、まずは豚肉加工の実際と、中でも重要な工程である「塩漬」を中心に話を進めます。

### KEY WORDS

- 塩漬
- 食塩
- 亜硝酸塩—発色剤
- 塩溶性たんぱく質・ミオシン
- 基礎代謝率
- リン酸塩—結着補強剤

### 「豚」が加工原料の「豚肉」になるまで

ソーセージやハムをつくる前には、「豚から豚肉へ」というプロセスがあります。北海道大学には簡易と畜場と加工場があり、そこでやっている学生実習を例に説明していきます。

まず、学生が豚舎で育てた豚を、昔ながらの方法でと畜します。衛生検査が必要なので、札幌市からと畜検査員に来ていただいて生体検査を実施。その後、失神・放血という手順です。

最近では、炭酸ガス麻酔をはじめいろいろな方法がありますが、うちでは、耳根部に電気刺激を当てて、失神した後にナ

イフで放血するというやり方です。血液は後で使うため回収し、残しておきます（図1）。

放血死を迎えた後に、剥皮<sup>はくひ</sup>という工程があり、学生が皮をナイフで剥<sup>は</sup>いていきます。もう1つは関西でよく行われている湯剥ぎ法で、65℃くらいのお湯につけて、毛根を開かせ、スクレーパーで豚毛を除去していきます。剥皮の後、内臓を除去します。検査員の方に、中をあけて内臓検査をしていただく。リンパ節がどうか、間質性肺炎があるか、肝膿瘍はないかなどをチェックします。

その後に背割りをします。これも、学生がノコギリで切る原始的な方法ですが、その後、枝肉検査をしてもらいます。さらに分割し、抜骨をして、骨と筋と脂

と赤肉に分けます。メーカーでは人件費がかかるので、これほど丁寧には分けません。ここでようやく加工原料が出来上がります。

●図1 豚から豚肉へ



### 「豚肉」からソーセージ、ロースハムへの加工工程

ソーセージを例に、加工の工程を説明します。塩漬<sup>えんせき</sup>は、塩と亜硝酸塩、あるいは硝酸塩を加えて混ぜる。これが乾塩漬という方法で、これをしておくと、非常にきれいな、塩漬色と言われる赤い色になってきます。

これを、ソーセージの場合は肉挽きでミンチにして、カッターでさらに細かく切りながら、いろいろなものを混ぜていきます。まずは水で、加水率25%くらいです。次いでリン酸塩を入れ、香辛料を入れて、脂肪を投入し、さらに練るとソーセージのパティが出来上がります。これをスタッファーに入れて、ケーシングに充填していきま。それをねじって、

ボイルし、さらにスモーキングをかけます。

このように、生きた家畜をと畜して、骨格筋という組織を取り出してきて、それにいろいろなものを混ぜ込むという工程を経てつくり上げるのが、一般的に行われている豚肉の加工です。

以上はソーセージ(練り製品)の加工ですが、単味品のロースハムは、本大学では湿塩漬という、塩漬溶液の中に2週間漬け込む工法で加工しています。2週間後に取り出し、ケーシングに詰めて、結紮<sup>けっさつ</sup>してボイルし、燻煙をかけて出来上がりです。非加熱のベーコンは乾塩漬で2週間置き、あとは低温で燻煙をかけられ

ば出来上がりです。

もう1つ、ブラッドソーセージは、先ほど回収した血液を使い、これに塩を入れて塩漬します。血だけでつくるのではなく、タンやハツ、もも肉などを小口切りにして混ぜ込み、それらを固めるために、先ほど剥皮した皮を煮出してゼラチンを

とり、それをソーセージのパティの中に入れて込みます。

これをスタッファーで詰めて、ボイルする。そのあと、冷蔵庫の中で冷やして固め、一晩置くと出来上がりです。白なのは脂肪です。写真の右下はタンやハツを入れたタンソーセージです(図2)。

● 図2 ブラッドソーセージ



### 食塩の添加によって塩溶性たんぱく質ミオシンを抽出

いずれの食肉製品も塩漬という工程が必須で、その際に必須の物質として食塩と亜硝酸塩があります。塩漬剤としては食塩と、発色剤として亜硝酸塩と硝酸塩、発色助剤としてアスコルビン酸ナトリウム(ビタミンC)を入れることになっています。

食塩には、味をつける、保存性を高める、結着性と保水性を出すという効果があります。結着性と保水性については、食塩添加によって骨格筋の中の塩溶性たんぱく質を抽出するという意味合いがあ

ります。

骨格筋中の筋原線維成分で、塩溶性たんぱく質の主体は、約50%を占めるミオシン(Myosin)で、サルコメア(筋原線維の線維方向に見られる繰り返しの単位)の太いフィラメント(会合体)にミオシンが存在しています。

150年ほど前、ドイツのキューネがカエルの骨格筋から高塩濃度の食塩水で抽出しました。その後、旧ソ連のエンゲルハルト&リュビモバ夫妻がミオシンのATP(アデノシン三リン酸)分解酵素を

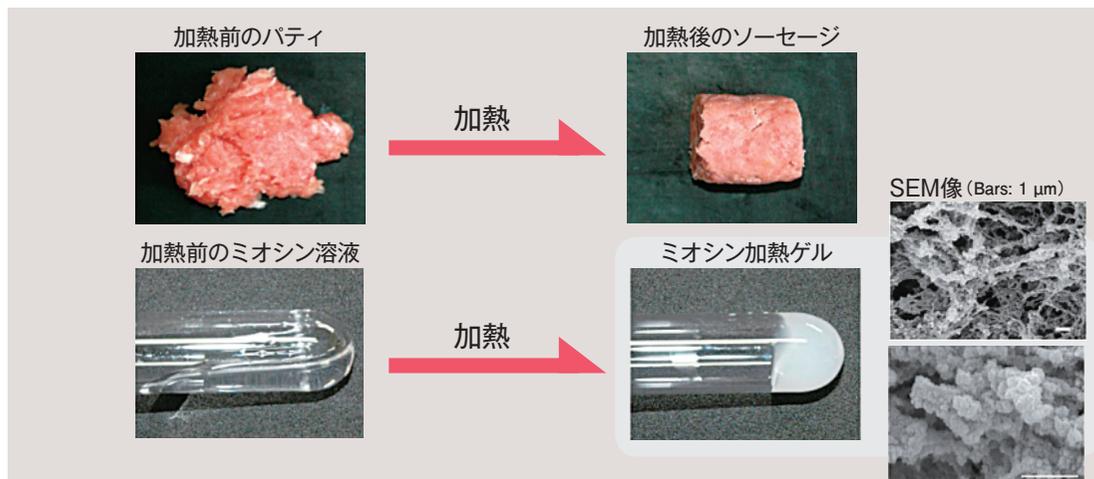
発見し、さらにセント・ジョルジが筋収縮に関与するという説を打ち出しました。有名なミオシンの3つの発見です。

ミオシンは結着性発現に非常に重要な役割を果たしています。加熱前のパティは、グチャグチャのねばっこいものですが、これを加熱すると形を持った状態になって、外から力を加えてもつぶれない。押しても弾力があります。ミオシン溶液を加熱してゲルをつくるというのは、実はモノマーになったミオシンをゲル化さ

せているのです。それを利用してわれわれはソーセージをつくっているということになります。

ミオシンの加熱ゲルをSEM（走査型電子顕微鏡）で撮影した像を見ると、こういうネットワークをつくっています。そのため、外力を加えてもそれに一定の反発をする、弾力性がある、歯ごたえがある。なおかつ、ここに水分、肉汁を溜められるので、ジューシーなソーセージが出来上がるというわけです（図3）。

● 図3 ミオシン加熱ゲルのSEM像



### うまみ物質を利用すれば低リン酸塩、低塩でも結着性・保水性は高まる

ソーセージをつくる時に使われるリン酸塩は、結着補強剤ということで、添加剤として認められています。1955年にドイツで、リン酸塩を添加したら結着性が上がった、保水性が上がったという報告があり、広く使われるようになりました。日本でも1976年に食品添加物として認められています。

リン酸塩を入れるとミオシンの抽出性

が上がるので、抽出性が上がれば、当然、結着性はよくなるということです。

最近出た『Meat Science』のデータでは、リン酸塩を入れておくと、アクチン・フィラメントとミオシン・フィラメントが、ATPがない状態で硬直複合体をつくる。このライゴール（死後硬直）の時に重合リン酸塩、ここではピロリン酸を入れると、このインタラクションがちょっと

弱まる。そこにNaClを少し加えるとバラバラになるということです。ただし、ピロリン酸を入れないでこれをやろうとすると、NaClがたくさん必要になります。

しかし、リン酸塩添加については、リン酸塩を過剰摂取するとカルシウム吸収を阻害するのではないかなど、消費者が忌諱する傾向にあります。

そこで、リン酸塩の代替物質として、うま味物質であるイノシン酸 (IMP) や、椎茸のうま味成分であるグアニル酸

(GMP) がアクチン・ミオシン結合体を解離するという報告があります。これらを使ってミオシンの抽出量を見ると、どうやら増加するというデータもあります。実際にはピロリン酸との相乗効果で、少ない量でも、これらを入れておくとちゃんと抽出できる、結着性が上がるということがわかりました。

こうしたうま味物質を使えば、低塩・低リン酸塩であっても保水性・結着性のよい食肉製品ができるということです。

### 発色剤が無添加だと安心という誤解

もう1つの亜硝酸塩は、発色剤として使われています。発色剤が無添加で無塩漬のロースハムと、添加した塩漬のロースハムとを比べると、色については茶色っぽいものと赤いもの、どちらを好むかということですが、商品の裏側を見ると、その他にもいろいろなものが入っていま

す(図4)。

消費者がよく誤解しているのは、無塩漬ハムは無添加ハムだと思われていますが、実は添加物はたくさん入っています。入っていないのは発色剤です。右側のハムは発色剤の亜硝酸ナトリウムが入っていて、ご丁寧に着色料のコチニールまで

● 図4 ハムにおける発色剤の有無



入れている。リン酸塩も入っています。発色剤が入っていれば普通の塩漬ハム、入っていないと無塩漬ハムになります。

なぜきれいな色になるのか——亜硝酸塩を入れると一酸化窒素ガスが出ます。肉の色素を決めているミオグロビンのグロビンポケットにあるプロトヘムに、鉄が配位しており、この鉄は「手」を6本持っている。4本はピロールの窒素原子を配位しており、もう1本は $\alpha$ -ヘリックスのヒスチジンF8を配位していて、余っているもう1本に発生した窒素ガスが飛び込んできて配位をして、ニトロシルミオグロビンをつくる。

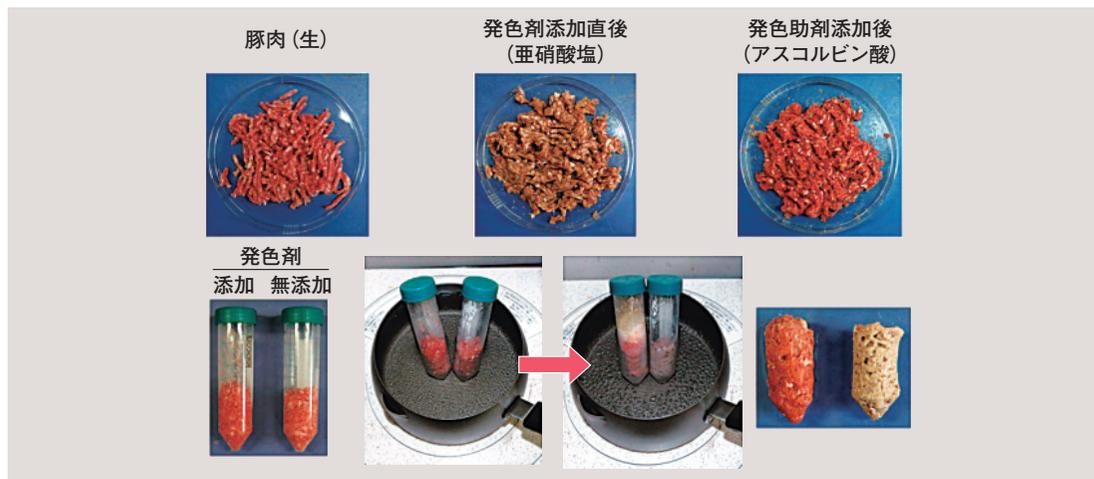
これを加熱すると、ニトロシルヘモクロムという加熱塩漬色、桃色の、先ほど

のハムの色になります。

加熱前は塩漬した後の肉の色、そのまま置いておいた生ハムの色です。これを加熱すると桃色に変わってくるということです。こうしたメカニズムを利用して、われわれはハムをつくっているということになります。

消費者の方々に説明する時に使うのが、図5です。生の豚肉に亜硝酸塩を入れるときれいな色になるはずですが、入れた直後には、亜硝酸塩の酸化作用によって、肉は茶色になります。ここに発色剤のアスコルビン酸を入れると、先ほどの赤い色になる。そのまま置いておけば自然に赤くなるのですが、これを促進させるために入れるわけです。

● 図5 発色剤／発色剤添加による豚肉の色調変化



### 亜硝酸塩は発色以外にも脂質酸化を抑制するなど効果的な添加物質

食肉製品をつくる時、あるいは食肉中には、ミオグロビンの誘導体がたくさん出来上がってきて、われわれはそれを利用しながら、あるいは判断基準にして、

肉がおいしいだろうとか、新鮮だなど見極めているわけです。

スーパーなどで比較的新鮮な豚肉はオキシミオグロビンで、きれいなピンク色

をしています。それが売れ残ると褐色化してくるのは、メトミオグロビンが出来上がっているからです。これを加熱すると、加熱肉の色になってきます。さらに亜硝酸塩を入れておくと、一酸化窒素が配位してきれいなニトロシルミオグロビンの色になる。これは生ハムの色です。さらに加熱すると加熱ハムの色になるということで、ミオグロビンを利用しながら食品をつくっているということになります。

亜硝酸塩の効果は、今お話ししたように、肉製品に好ましい色調を付与するだけでなく、好ましいフレーバーを付与したり、食中毒細菌の繁殖を抑制したり、脂質酸化を抑制するなどいろいろあって、非常にいい添加物質だと思います。しかし、一般的には亜硝酸塩は危険だと思われています。

亜硝酸塩は、酸性条件下でアミン類・アミド類と反応して、N-ニトロソ化合物をつくるということですが、食肉中にはアミン類・アミド類が含まれています

から、亜硝酸塩を添加するとN-ニトロソ化合物を生成するのではないかと考えられています。

しかし、ニトロソ化合物のN-ニトロソジメチルアミンやN-ニトロソピロリジンの含量は検出限界に近い0.05ppb以下で、実際にはほとんど入っていないことがわかります。しかも、食品衛生法では、残留亜硝酸塩として70ppm (0.07g/kg) 以下と定められています。

しかし、亜硝酸塩を含む食品とアミン類を含む食品を同時に摂取すると、胃の酸性条件下ではニトロソ化合物ができるのではないかと言う人がいます。硝酸塩・亜硝酸塩を含む加工食品はかなりあって、例えば漬物の野沢菜は38ppmくらい出ています。

野沢菜には亜硝酸塩を入れないので、野沢菜自体が持っている亜硝酸塩ということです。ロースハムやポークソーセージに比べてずっと多いのですから、肉製品の亜硝酸塩を忌諱する人たちは、こちらも忌諱しなければいけないという理屈

●表1 加工食品中の硝酸塩・亜硝酸塩

食品名	硝酸塩NO <sup>3-</sup> μg/g	亜硝酸塩NO <sup>2-</sup> μg/g
ロースハム	6.3	0.1
ポークソーセージ	8.8	0.5
牛乳	2.2	ND
プロセスチーズ	6.2	0.4
もち	8.4	2.3
食パン	5.3	2.3
みそ	64.2	1.2
板こんにゃく	52.9	2.6
きゅうりぬか漬	474	3.2
野沢菜漬	2170	38.0

国立医薬品食品衛生研究所まとめ(2009) ND: 検出不可

です(表1)。

ただし、食べた食品の量で違いが出るため、摂取量と供給源を調べたデータがあります。日本人1人1日当たりの亜硝酸

塩摂取量は約18mg、硝酸塩は313mgで、そのうち食肉・食肉製品由来はそれぞれ2.2%、1.3%ほどで、硝酸塩に限っては、圧倒的に野菜類が供給源になっています。

### 消費者やメディアに科学的な情報を発信していく必要性

これまで見てきたように、亜硝酸塩と食品の関係を考えると、食肉製品より高濃度の亜硝酸塩を含む食品が多くあり、食肉や食肉製品由来のものは数%です。法律で食品中の残存量は70ppmに制限されています。さらに唾液にも含まれているにもかかわらず、食肉製品への亜硝酸塩添加が問題視され続けています。

これは、1970年代にマスメディアが盛んに亜硝酸塩添加食肉製品は危険だと消費者に刷り込み、刷り込まれた消費者がさらにその子供たちに教えていくという世代間伝達があるからという以外に説明がつきません。学生が「亜硝酸塩は危険です」と言うので、理由を聞くと、「父親も母親も言っていたし、学校給食でも無塩漬ソーセージを出している。それは危険だからでしょう」という答えが返ってくるわけです。

どうも無塩漬ソーセージというのは、消費者の反応を見て、とりあえず亜硝酸塩を入れないようにしようということがツケになって、現在、食肉製品として不

十分なものが出回っていると考えています。メーカー側も、食肉産業界も、われわれも、食肉科学に携わる学校の先生たちも、科学的な根拠に基づいた情報を伝えていくべきだと思います。

マスメディアも問題で、これはマスメディアに行く主に文系の学生たちに、正しい安全教育をすることも大事だろうと思います。

とはいえ、亜硝酸塩を使わずにきれいな色を出しているパルマハムというのがある、私たちの研究室にいる若松(純一)先生が亜硝酸塩なしでも可能なことを見つけています。その正体がZPP(亜鉛プロトポルフィリン)で、ヘムの鉄が脱鉄して亜鉛が挿入されていくのか、あるいはPPIXという前駆体に亜鉛がすっぽり入っていくのか、現在、若松先生が解明中です。

ただ、私はこれを亜硝酸塩の代替物として使うについては、あまり賛成ではなくて、どちらもおいしくて安全な食肉製品だと考えています。

# Chapter 3

日本における  
豚肉生産の取り組み

# わが国の養豚の現状と課題



(社)農林水産先端技術産業  
振興センター 顧問

三上 仁志

## SUMMARY

わが国の平成20年度の農業総生産出額に占める畜産の割合は31% (2兆6000億円) で、そのうち養豚は22% (5786億円) を占めています。豚は牛に比べると注目度は低いですが、肉用牛を上回る数字です。

日本の養豚経営の特徴は、1つには飼料原料を海外に全面的に依存していることです。為替変動で飼料価格が不安定になるデメリットはありますが、飼料の供給が容易になったため、急速な規模拡大が可能になりました。もう1つ、農家戸数の急激な減少により、生産量が伸び悩んでいるにもかかわらず消費が拡大していることも挙げられます。そのために輸入が増加し、加工原料として9割くらいが輸入物という状況を生んでいます。そしてもう1つは「畜産環境問題」で、耕地面積が狭く土壌還元が困難な日本では高度な糞尿処理施設が義務づけられ、経営上大きな負担となっています。

これらの事柄について、日本の養豚産業の統計的な数値を紹介し、養豚産業の基盤となる種豚の供給体制の問題と課題について、また養豚経営の問題についてお話しします。

## KEY WORDS

- 配合飼料の普及
- 飼養戸数の減少
- 経営の法人化
- 後継者問題
- 品種間交雑から系統間交雑へ
- 三元雑種

### 養豚の飼養戸数が減少する半面、規模が拡大し法人化が進んだ

日本の養豚経営は、昭和30年代後半から配合飼料が普及し、それまで行っていた食品残さや単品原料を自家配合する作

業から養豚家が解放されて、規模拡大が非常に進みました。半面、農家戸数は急激に減少したにもかかわらず消費は拡大

傾向にあり、その差を埋める形で輸入が増加し、自給率は、40～50年前は約70%でしたが、現在はおよそ50%という状況になっています。

飼養戸数は、1980年に14万戸あったものが、現在は6000戸台、飼養頭数は常時およそ1000万頭で横ばいなので、1戸当たりの飼養頭数は1400～1500頭。この数値は、1000頭を超えたあたりからアメリカの規模を上回っています。規模別の豚1頭当たりの費用を、零細な100頭未満と2000頭以上と比較すると、生産費は肉豚1頭当たり約5万円から3万円台まで下がります。これは、規模拡大の大きなメリットです。

養豚経営の収益性は、2004年から若干

下がり気味ですが、ほかの畜産経営に比べて極端に悪いということはなく、穀物相場で配合飼料費の影響を受けますが、大きな事故がなければ何とか経営しているという状況が続いています。経営形態は、養豚、養鶏で共通していますが、法人化が進んでいます。

農業では、「後継者」問題がクローズアップされますが、養豚は、平成20年度の日本養豚協会の調査では、経営者の平均年齢は57.4歳。ほかの農業に比べると比較的若く、後継者のいる比率もかなり高い産業です。ただ、養豚は3K産業の典型と言われています。畜産環境問題もあり、新規に養豚場を開設するのは困難な状況です。

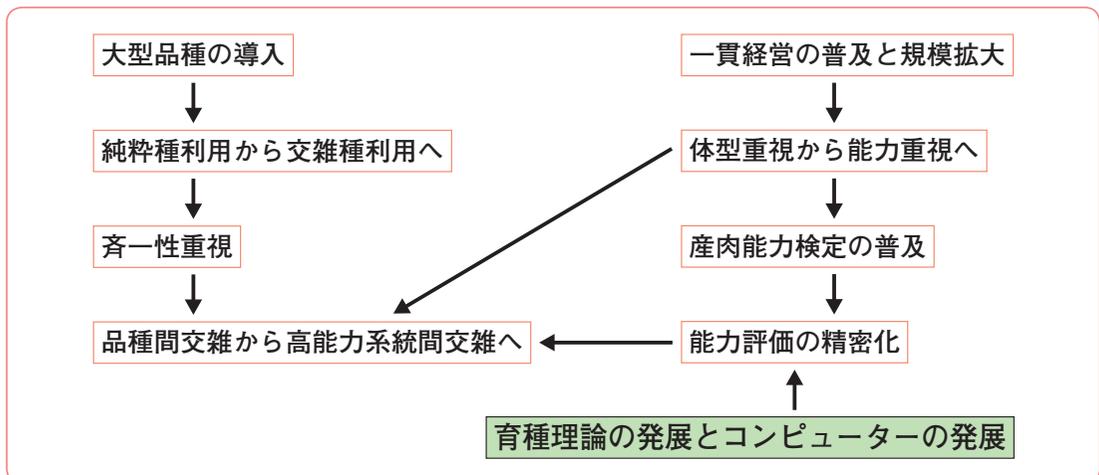
### 一貫経営の増加が種豚の改良を推し進めた

次に、養豚産業の基盤となる種豚の話をしていきます。

歴史的に振り返ると、昭和37年、ランドレース種という大型品種が導入され、

当時大多数を占めていたヨークシャーやバークシャーと交雑が行われ、わが国の雑種利用が始まりました。他にも大ヨークシャーやハンプシャーなどの大型品種

●表1 わが国における豚育種の流れ



が入ってきて交雑が行われ、肉豚の能力がバラバラになったため、生産者はもちろん、流通過程の関係者からも枝肉の「斉一性」が求められるようになりました(表1)。

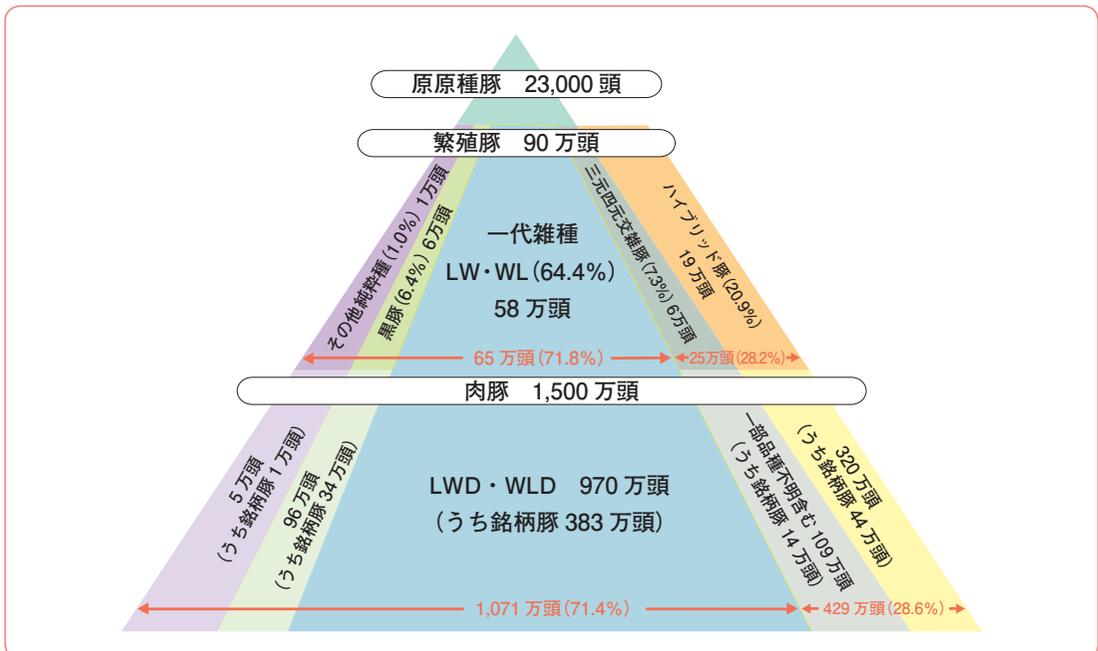
経営面から見ると、従来は繁殖と肥育とに分かれている経営形態が多かったのですが、繁殖から肥育まで一緒にやる一貫経営が急激に進み、このことは種豚の能力重視、ひいては経済的能力の重視につながりました。遺伝的に品種のバラツキが少なく、かつ高能力な系統をつくって系統間で交雑する、そういう方向へと進んできました。品種間交雑から系統間交雑へ、特にコンピューターの進歩が育種改良に大きな役割を果たしました。

今、雑種利用が一番普及しているのが三元交配です。ランドレース(L)の雌の純粋種に、大ヨークシャー(W)の雄を交

配して一代雑種母豚(LW)をつくります。この雌に、純粋デュロック種(D)の雄(止め雄)を交配して、最終的に三元雑種(LW・D)をつくるのが一般に行われています。この最大のメリットは、一代雑種母豚に現れるヘテローシス(雑種強勢)効果で、LWでは子供の数が平均1頭くらい増えます。非常に発育が早く、筋肉質の赤肉量の多いデュロックを最後に交配することで、優秀な肉豚が得られます。また、ランドレースは雌だけしか使わないのはもったいないと、その逆の交配(WL)も行われています。

繁殖豚は現在では圧倒的に一代雑種になっています(図1)。肥育豚の数は常時1000万頭くらい飼われていて、その約2倍が年間に出荷されています。「原原種豚」と呼んでいる純粋種は、わずか2万3000頭、つまり2万3000頭を増やして

●図1 生産ピラミッドと内訳



1000万頭にしているのです。LWまたはWLが58万頭(64.4%)で、その他の交雑が6万頭(7.3%)います。ハイポー、デカルプ、バブコックなど、外国の企業がつくっているハイブリッド豚が19万頭(20.9%)いますが、ほとんどが雑種です。純粋種として最近伸びているのが黒豚、バークシャー(B)です。バークシャーの純粋種しか黒豚というネーミングを使えないためその価値が非常に高くなっています。バークシャー種は6万頭(6.4%)となっています。そのほかの純粋種はいろいろな銘柄がありますが、わずか1万頭(1

%)で、繁殖豚の大部分は雑種です。

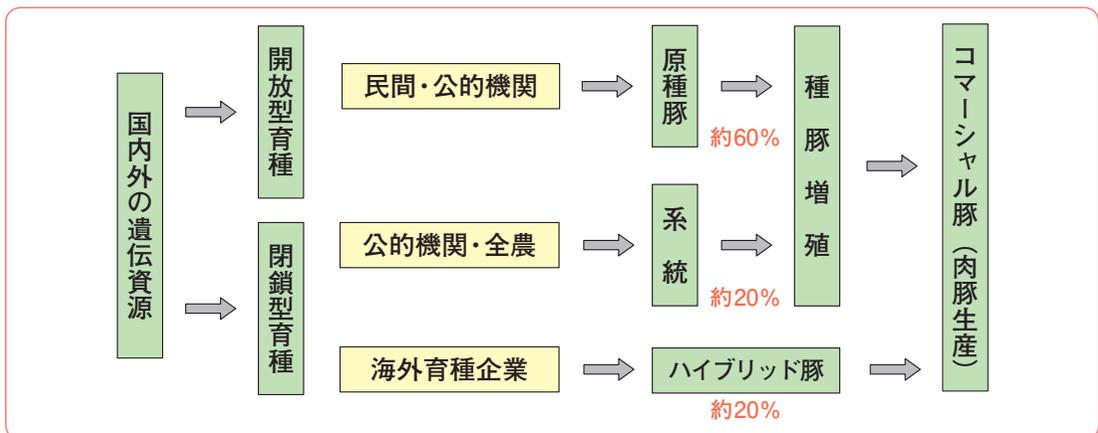
純粋種の頭数の変化を見ると、唯一バークシャーだけが登録頭数が増えていて、ほかの品種は極端に減っています。トータルで見ても、1975年の15万頭が、現在は3万頭を切っています(表2)。

育種の流れを図2で示します。公的機関というのは県の関係機関、国の改良センターです。養鶏に比べると輸入ブランドのシェアは、それほど高くありません。開放型育種とは種豚を取り換えながら個体ベースで優秀な種豚を選び増殖することで、その豚は農家に配布されます。

●表2 純粋種の減少

子豚登記頭数							頭
年度	Y	B	L	W	H	D	合計
1975	119	1,757	84,817	21,449	23,854	18,230	152,230
1985	55	1,687	44,964	26,106	5,234	41,857	121,888
2005	136	7,864	7,438	5,362	20	8,363	31,188
2007	204	7,288	6,159	5,385	16	6,841	27,900

●図2 豚育種の流れ



種豚を供給する上で、近年の大きな変化は人工授精の普及です。豚の人工授精は、従来普及率が3~5%と非常に低かったのですが、最近、技術的に改良され、宅配便の普及などもあるあって、特にこの10年くらいの間に非常に人工授精が普及し

てきました。ただ、凍結精液の普及はほとんど進んでおらず、常温での液状精液が広く利用されています。全農、シムコ、グローバルピッグファームといった種豚を売っているところも、最近では精液の販売量が増加しています。

### 種豚の供給体制から見た養豚産業の問題点とその課題

ここで種豚の供給体制の問題点と課題について考えてみましょう。

純粋種豚の生産・流通量の減少は、豚を飼っている農家、いわゆる種豚を供給する産業を非常に脆弱化させます。それと、これも非常に大きな問題だったわけですが、防疫対策で種豚の広域化が妨げられています。県によっては、種豚の導入元の地域を制限したり、補助金を出さなかったり、種々の規制が働いて、市場が非常に限られてきています。また、豚

肉の市場価格が安いために、種豚価格も下がっています。これらのことにより種豚改良への投資が非常に減少してきているのが実態です。

育種改良に必要な施策として考えられるのは、広域的な育種改良体制を整備することです。それから、用途による育種目標の多様化、海外への種豚販売の促進、公的機関で特徴ある純粋種遺伝子資源の確保などが、今後必要ではないかと考えています。

### 養豚経営の一番大きな不振要因は疾病対策

次に、養豚経営の話をしていきます。酪農、肉用牛、養豚、採卵鶏と書いてありますが、公庫の融資先を調査した結果です(表3)。一番大きな不振要因は、技術上の問題です。端的に言うと疾病対策です。負債過多、これは過大な初期投資によるものです。糞尿処理施設をきちんと整備すると、母豚1頭当たり70万円近くかかるという話も聞きます。

技術的な問題に入る前に地域別に見ておきますと、豚が最も多く飼われているのは鹿児島、宮崎を中心にした九州です。それから、千葉、茨城の関東。最近非常

に増えているのが東北、北海道です。地域別1戸当たり飼養頭数は、北海道が2000頭でダントツです。それから東北。それに比べて九州、関東は割に少ない。沖縄と九州を一緒にすると、特に沖縄の影響で飼養頭数は規模が小さくなります。これらを中心に経営上の問題点を見ていこうと思います。

平成20年度の地域別の繁殖成績では、全国平均と比べると、九州、沖縄は全国平均より1頭くらい少なくなっていて、特に南九州の成績が非常に悪い。地域別事故率でも、九州・沖縄が極端に悪くな

っています。その原因としては、関東、九州の養豚地帯というのは養豚農家の密度が非常に高い。集中しているの、伝染病が入りやすいということが1つ挙げられます。それから、大型品種というのはみんな北方型で、どちらかというと暑さに弱い。そんなことが影響しているのではないかと思います。いずれにせよ地域差がかなりあります。

事故率改善への取り組みは、日本養豚協会が行ったアンケート調査(図3)によ

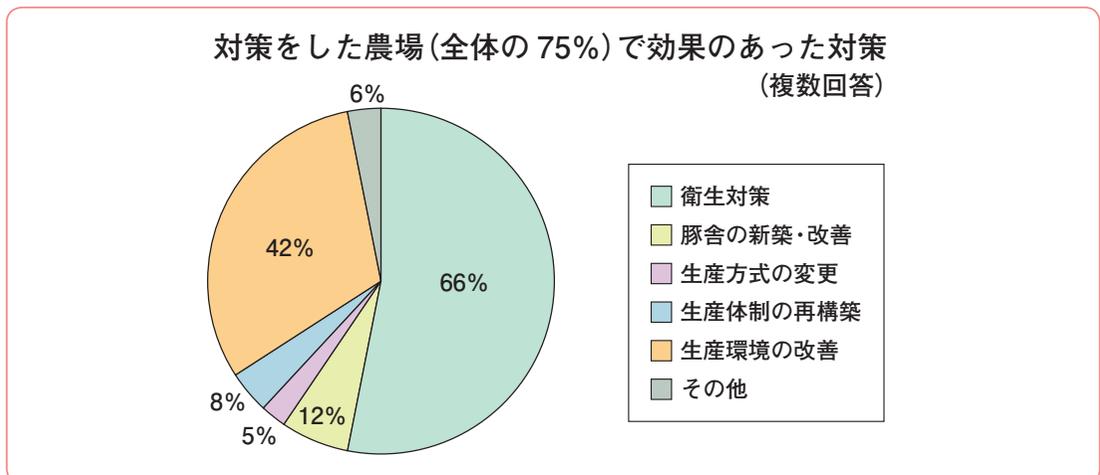
ると、一番効果があったのは衛生対策、衛生管理です。衛生対策をしっかりとすれば成績は上がる、生産者自身も感じていることだと思います。

では、生産成績を上げる上で、どこをどう改善したらいいのか、SPF豚認定農場で行った調査結果があります(表4)。農場回転率、農場飼料要求率、年間肉豚出荷頭数は、上位25%の成績まで持っていけば、いずれも1割くらいは良くなります。この差は非常に大きな経済効果が

●表3 畜産経営の不振要因

	主な不振要因		
	1位	2位	3位
酪農	自己資金不足 (新規就農・法人)	急激な規模拡大 (過大投資)	技術上の問題 (乳房炎・繁殖障害)
肉用牛	負債過多 (過大投資)	販売価格の下落	経営者の問題 (投機的な土地取得)
養豚	技術上の問題 (疾病発生)	経営者の問題 (ワンマン、放漫経営)	負債過多 (過大投資)
採卵鶏	販売価格の下落	負債過多 (運転資金不足)	経営者の問題 (ワンマン、放漫経営)

●図3 事故率改善への取り組み



あります。さらに、衛生管理が非常に重要だと言いましたが、端的に現れているのが薬代です。経営上これから特に注意しなければならないところだと思います。

いずれにせよ、農家に改善の効果を示す場合、こういう数値は非常に役に立つと思います。ただ効果を上げろと言うのではなく、より具体的に目標を示すことができると思います。

●表4 SPF豚認定農場の生産成績（2004、2005、2006の3カ年平均）

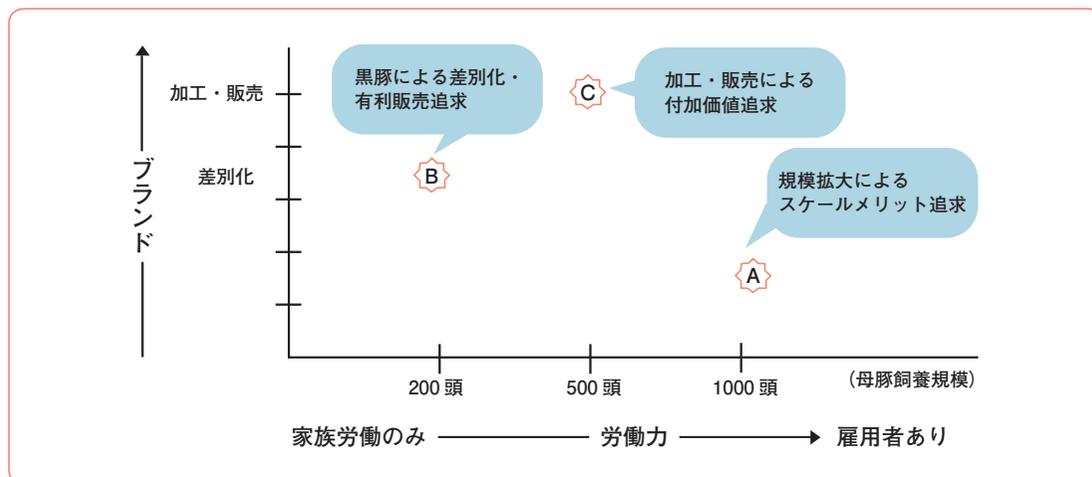
	全農場平均	上位 25%平均	上位 10%平均
農場回転率（比）	1.69 (100)	1.89 (112)	2.05 (121)
農場飼料要求率(比)	3.29 (100)	3.07 (93)	3.01 (92)
1年間肉豚出荷頭数			
1母豚当たり(頭)	20.52 (100)	22.38 (109)	23.59 (115)
1腹当たり(頭)	8.88 (100)	9.55 (108)	9.89 (111)
肉豚1頭当たり A薬品費(円)	200 (100)	62 (31)	38 (19)

### 養豚業が目指す社会的立場づけの強化と経営の形

これからの養豚産業を担う若い世代に重要なのは、養豚産業が社会的に非常に重要だという意識を持ってもらうことだと思います。エコフィードや飼料米など

を利用した地域資源循環型農業への貢献、そういう面での養豚産業の貢献度を高めることが重要です。また最近の傾向として、従来の安全・安心に加え、家畜

●図4 これから目指す経営の事例



福祉にも配慮した食肉生産、そういう産業にしなければいけない。

もう1つは、大規模化による地域雇用への貢献です。養豚農家戸数が7000戸を切っていますが、戸数ではなく、普通の会社と同じように従業員数当たりで見れば、かなり地域雇用に貢献している面があると思います。

そういう社会的な意義をもっと高めていくことによって、国産豚肉の消費拡大とともに、若い世代の養豚農家のやる気を引き起こしていくことが重要だろうと

思います。

これからの養豚経営の形について、農林漁業金融公庫では「規模拡大によるスケールメリット追求」「差別化・有利販売追求」「加工・販売による付加価値追求」と、3つの類型に分類し紹介しています(図4)。いずれにせよ、これから日本の養豚が生き残っていくためには、規模拡大を追求するだけではなく、この辺のところも上手に生かしていかないと、国際競争に打ち勝つのは非常に難しいのではないかと思います。

# 豚における エコフィード利用の現状



(独) 農業・食品産業技術  
総合研究機構  
畜産草地研究所  
機能性飼料研究チーム長

川島 知之

## SUMMARY

エコフィードとは、食品の生産・加工・流通・小売・消費に至るプロセスの中で出てくる副産物や余剰品、消費期限切れの食品等からつくられた家畜用の餌のことです。2010年の3月に閣議決定された「食糧・農業・農村基本計画」の中で、飼料の自給率の向上が目標として掲げられ、現状の26%を38%とし、中でも草、稲わらなどの粗飼料については自給率100%達成を目指しています。

一方、濃厚飼料に関しては、現状11%程度のもを平成32年までに19%にする。その手段として、飼料米等はもちろん、食品残さの飼料化を積極的に推進する方向で動いています。食品残さは、食品関連企業から出る残さだけで年間1100万トンにのぼると言われていますが、今後は、飼料化が難しいものや、今までは飼料化されなかったものを積極的に、技術開発なども伴いながら飼料化していく必要があると思います。

ここでは「豚におけるエコフィード利用の現状」というテーマで、これまでの試験・研究の成果を基礎として成り立ったエコフィードの事例を、幅広くご紹介いたします。



- 食品残さ
- リキッドフィーディング
- 油温減圧式乾燥法
- ブランド化
- リサイクルループ

### 養豚における食品残さの乾燥法——天ぷら方式

食品残さの利用にはいくつかの手法があります。乾燥して飼料化する場合は、単に原料の水分が減るだけですが、サイ

レージ等、乳酸発酵させる場合は、原料に含まれる一部の糖を乳酸に変える以外ほかの成分は変わらないようにする必要

があります。速やかに乳酸発酵が生じ、ほかのたんぱく質などは分解されない、でん粉等は発酵ロスさせない等、速やかにコントロールすることが重要です。

液体にするリキッドフィーディングについては、パイプラインで送る際、加水が必要な場合もあります。加水すると腐敗しやすいので、有機酸を加えるか乳酸発酵をさせてpHを下げます。その場合でも、乾物当たりの成分は変わりません。

いずれの方法でも、良質の飼料を得るには、いい素材をいかに集めるかが大きなポイントになります。当然、乾燥か、液体かで、広域に流通できるか、域内の流通にとどまるかという差はあると思います。

最初に、乾燥法を紹介します。昨今、廃棄物処理の専門業者が参入していますが、乾燥のための燃料コストがかかる、

焦がしてしまうとたんぱく質の消化率が落ちるなどの課題があります。「札幌飼料化リサイクルセンター」という施設では、「油温減圧式乾燥法」という技術を採用しています(写真1)。食用廃油の中に残さを投入し、減圧しながら温めていきます。天ぷらのように高温の油で揚げて乾燥させるので、別名「天ぷら方式」と呼ばれています。最終的には絞って脱脂してから飼料にします。

この施設では、残さを日量で最大60トン集めて12トンの飼料を生産しています。できた飼料は、農業資材審議会を通して「食品副産物」という名称で配合飼料原料として使えるようになっていて、採卵鶏の農場で使われています。非常に多種多様な調達先から残さを集めてきて飼料化すると、標準偏差が非常に小さくなるという分析もあります。

### ●写真1 札幌飼料化リサイクルセンターの外観



## 特徴ある食品残さを飼料化して生産される豚肉をブランド化した事例

特徴のある残さを用いて豚肉を生産して、ブランド化した事例があります。特に目立つのがパン屑の利用です。「パン屑を多給すると霜降りの豚肉ができる」ことが実証され、関連の論文も出ています。実際に霜降りの豚肉を生産している「蔵尾ファーム」は、大阪にパン屑の処理工場、滋賀に農場を持っています。飼料の設計は非常にシンプルで、パン屑と大豆粕にビタミンとミネラルを配合しています (<http://www.kuraopork.com/>)。

なぜパン屑で霜降りの豚肉ができるかということに関しては、リジンの含量を要求量よりも少し低めにすると霜降りになるということがわかっています。増体に関しては、やや落ちる傾向にあります。リジンを7割くらいにすると、ロース芯の中の脂肪含量が大体倍くらいにな

り、試験は随時続けています。

農水省の実用化事業の中では、国産の規格外のカンショとパン屑を乾燥した餌を使い、中ヨークシャー種の豚を使って霜降りの豚肉をつくらうという事業が進んでいます。現在、千葉県で「ダイヤモンドポーク」という商品名で販売されています。カンショを餌の中に5%、10%、15%と増やしていくと、肉の脂肪の飽和脂肪酸含量が上がっていき脂肪の融点も上がり、色も明るくなります。

パン屑以外にも、例えば宮崎では、ワイン粕をやると特徴のある豚ができるといい、実際にブランド化が進んでいます。色落ちした海苔を使うと抗酸化機能の高まった豚肉がつけれるという報告もありますが、こちらはブランド化までには至っていないと聞いています。

## リキッドフィーディングはコスト削減効果が大きい

次にリキッドフィーディングの話をしていきます。この方法は、原料と水を混合して液状にしたものを、パイプラインで搬送して家畜に給与するシステムです。特に水分の多い食品残さを幅広く利用できることで、コストをより削減できるメリットがあります (表1)。

日本で初めて大規模に採用したのが、「ブライトピッグ」という千葉にある農場です (<http://brightpig.co.jp>)。母豚の頭数が3600頭くらいで、今から3年くらい前にリキッドフィーディングの専用工場をつくり、衛生管理が行き届いた、加

熱処理の必要がない残さを用いています。最近では、イオングループと連携して、グループ企業から出てくる残さも飼料として使いながら、生産された豚肉をグループに提供するというリサイクルループを形成しています。「シザワポーク・米仕上げ」、「テラポーク」といった銘柄豚もつくっています。

神奈川県相模原市の「小田急フードエコロジーセンター」は小田急グループの経営で、小田急グループのデパートや食品関係部門から出てくる食品残さの50%以上を飼料にするという目標を掲げてい

ます。近隣の養豚農家にタンクローリーでデリバリーして、豚の肥育を行うシステムで、飼料、養豚場、豚肉の販売まで一貫した衛生管理を行うリサイクルのシステムをつくる目標を立てています。さまざまなブランド豚肉を小田急の百貨店、あるいはスーパーでも販売しています。

2004年に千葉県の実験場がリキッドフィーディングの採用による経営上のメリットについて調査しました。結果としては、6000頭規模の豚舎では、出荷日齢が10日間短縮され、餌代が3割～3割5分くらい削減できましたが、もっと小さな規模の場合は初期投資の負担が相対的に重くなるため、1000頭規模になると、リキ

●表1 リキッドフィーディングとは

## リキッドフィーディング

- 原料と水を混合し、液状にしたものをパイプラインで搬送して家畜に給与
- 水分の多い食品残さなど幅広く利用…コストをより削減

大規模なリキッドフィーディングの事例

- ・加熱処理を必要としない衛生管理された残さ
- ・ヨーロッパから導入したシステム
- スープ事業
- ・農家に代わってリキッド飼料を調製
- ・タンクローリーで養豚家へ搬送

ッドにする優位性があまりないということが示されています。

ただし、当時は、配合飼料価格が安かったため、現在では削減効果はもう少し大きいと思います。

## 多様な素材をうまく組み合わせてバリエーションのある豚肉をつくる

あえて脂肪の高いリキッド飼料をつくらせて、それを一般農家で豚に給与してどういった豚肉ができるかを調べました(表2)。通常の配合飼料、脂肪が2～3%のも

のと比較し、実際に肥育した豚肉を試食してもらって官能検査も行いました(図1)。総合評価としては、軟らかめの豚肉のほうがおいしいと思う人もいれば、通

●表2 高脂質発酵リキッド飼料による肥育

- 一般農家での肥育試験
- 配合飼料給与の肥育豚との比較

給与飼料の化学成分

		配合飼料	発酵リキッド
乾物率	%	86.2	18.8
粗たんぱく質	%DM	17.1	20.6
粗脂肪	%DM	2.5	14.2
NDF(中性デタージェント繊維)	%DM	10.2	9.6
非繊維性炭水化物	%DM	65.8	47.2

Sasaki et al. (2007) Asian-Aust. J. Anim. Sci. 20 (8) 1272-1277

常の配合飼料で肥育した豚肉のように締まった、融点の高い肉のほうがおいしいと思う人がいるなど、見事に意見が分かれてきました。食品残さを使いながら、特定の消費者をターゲットにした豚肉の生産が有望だという予測がつかしました。

また、別の試験では、粗脂肪含量が異なる飼料を給与し、肥育された豚の腎臓周囲脂肪の硬さを調べました。やはり脂肪含量が高くなるにつれて脂肪が軟らかくなることがわかりました。

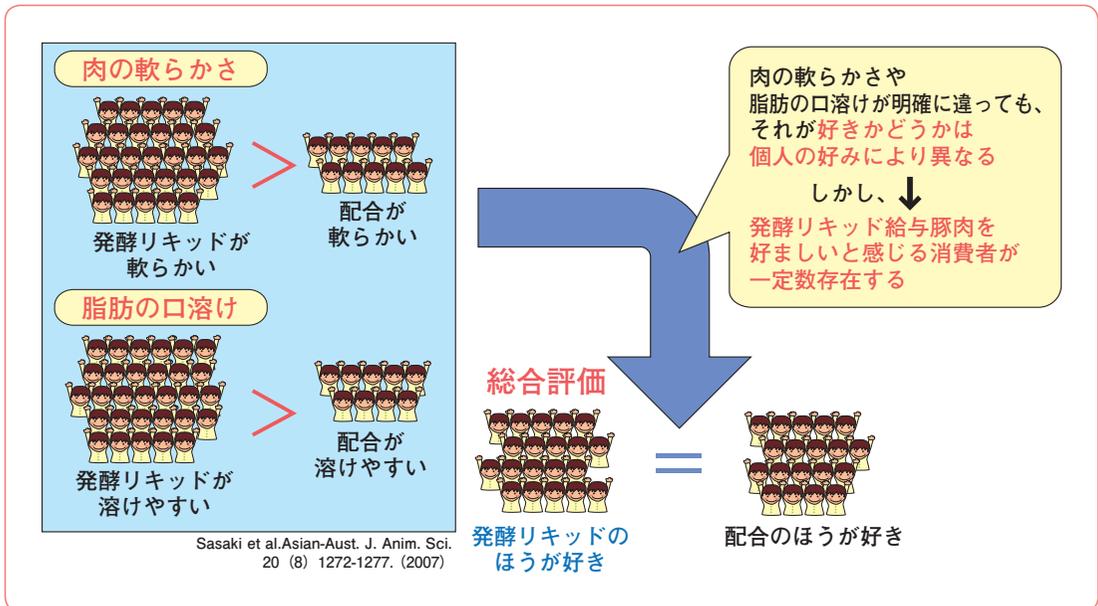
では、実際にどのような戦略で豚肉をつくれればいいか。食品残さの成分は非常に多種多様です。全部一緒くたに混ぜてしまうと、比較的たんぱく質も脂肪も高いものになってしまいます。しかし、原料をそれぞれ見ていくと、例えば粗脂肪含量の非常に低いものもあれば、調理パ

ンや総菜のように高いものもあります。脂肪酸組成についても、飽和脂肪酸が多い乳製品のようなものから、植物油あるいは魚油のように不飽和脂肪酸の高いものもあります。

たんぱく質の低いものから高いもの、アミノ酸含量、例えばリジンについては、植物系は多少低いですが、動物系のものは高い。繊維については、人が食べているものは、えてして繊維が低い。一方、繊維を増やそうと思えば、野菜屑や茶殻等を加えればいいわけです。

こういった多様な素材をうまく組み合わせることで、通常の配合飼料とはちょっと違う餌ができる。それによって、バリエーションのある豚肉をつくるということも可能になると思います(表3)。

● 図1 高脂肪発酵リキッド飼料で肥育した豚肉の官能特性



(畜産草地研究所畜産物品質研究チーム佐々木啓介)

●表3 食品残さに含まれるさまざまな栄養成分

## 多様な素材をいかに使いこなすか

- 粗脂肪
  - 米飯 2% パンの耳 5% 菓子パン 13% 調理パン 27% 総菜 28%
- 脂肪酸 飽和 ⇄ 不飽和 (モノ、多価)
  - 乳製品 ⇄ 植物油 魚類 (EPA、DHA)
- たんぱく質
  - イモ 6%、米 9%、麦 14% ⇄ 総菜 35%
- アミノ酸 (リジン含量)
  - 植物系 ⇄ 動物系
- 繊維
  - 精製穀類 ⇄ 野菜屑 茶殻

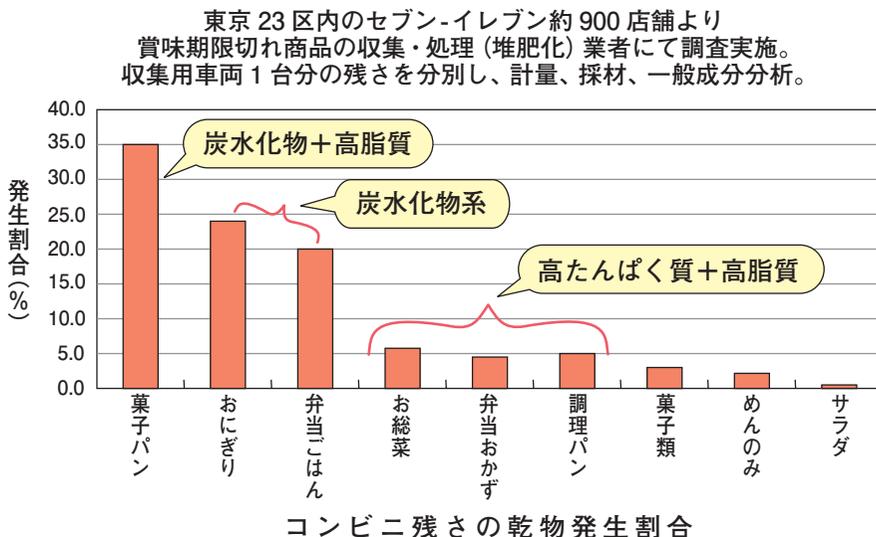
それぞれの資源の特性を加味して、バランスのよい設計を

## 食品残さを分別して使えば、発酵リキッド飼料の精密な設計が可能

図2は、コンビニエンスストアから出た食品残さの成分分析を行い、それを使い豚の肥育ができないかという試験をした結果を示したグラフです。残さを主体とする発酵リキッド飼料の配合設計、化学分析は表4で示します。ただ、菓子パンをたくさん使っているため、粗脂肪が

ちょっと高く、リジンは多少低めに設計しています。発酵リキッドフィーディングとして利用するためには、加熱する前にアミラーゼを入れておくと粘性が抑えられます。そして、ギ酸や乳酸菌を添加することで乳酸発酵させてpHを下げ、1週間くらいは全く問題なく保存できま

●図2 コンビニエンスストア残さを主体とする発酵リキッド飼料による豚の肥育



す。

豚の増体、ロース芯面積に関して、発酵リキッド飼料と配合飼料とでは、差がほとんど見られませんでした。ロースの筋肉内脂肪については、リジンをうまく

抑えたために霜降りの豚肉ができました。つまり、非常に多様な残さを使用する場合でも、上手に分別して設計をすると、目的に応じた豚肉をつくることができます。

●表4 コンビニエンスストア残さを主体とする発酵リキッド飼料の配合設計および化学成分

発酵リキッド飼料の配合設計		
	原物割合	乾物割合
弁当ごはん	11.3	19.2
おにぎり	11.3	19.4
菓子パン	16.9	45.9
大豆粕	1.6	5.7
アルファルファミール	2.3	8.4
三リン酸カルシウム	0.4	1.5
水	56.3	0.0
飼料の化学成分と脂肪酸組成		
	対照区	発酵リキッド区
乾物率 (%)	87.8	21.6
粗たんぱく質 (%DM)	16.6	16.8
粗脂肪 (%DM)	2.9	7.5
NDF (%)	15.1	8.1
粗灰分 (%DM)	5.6	2.4
リジン (%DM)	0.90	0.51

## 水分の高い素材を活用してリキッドフィーディングをつくる

発酵リキッド、あるいはリキッドフィーディングを普及させる上で、水分の高い素材をさまざまに利用できるということは大きなメリットです。典型的な例が、南九州で発生するカンショ由来の焼酎粕です。一般に焼酎粕は排出後放置されるとすぐに腐ってしまいますが、あらかじめギ酸を加えておくと、酵母の発生が抑えられ、1週間か2週間は、全く腐らなくて、芋のいい香りのまま保存することができます。非常に栄養リッチなもので、そのまま餌として使うべきものと考えます。

こういう焼酎粕を原料に発酵リキッドを調製し豚の飼料に活用している例で

は、鹿児島島の小さな農場「えこふあーむ」があります。その飼料で豚を肥育すると増体・枝肉ともに配合飼料を給与したものと遜色なかったことが鹿児島県の畜産試験場報告に示されています。ここでは豚の放牧もしています。このような取り組みが高く評価され、2008年北海道洞爺湖サミットで、この豚肉がメニューに採用されました。

北海道では、中央畜産会が中心となって、大規模なチーズ工場から出る余剰なホエーで「ホエー豚」を展開しているという事業があります。ホエーを与えると増体がよくなり、肉質に関しては噛み切りやすい豚肉ができたという報告があ

ります。また、規格外バレイショを使ったリキッドフィーディングの取り組みの事例もあります。

もう1つ、これはエコフィードではありませんが、飼料米の利用の1つの方向性として、粳米をソフトグレインとして使う試みも考えられます。

どのようなメリットがあるかという点、ソフトグレインで流通させると、稲作農家と養豚農家を直に結ぶことができます。稲作農家で調製したソフトグレインを養豚農家で、そして養豚農家の堆肥を稲作農家で使ってもらおうという直接のやりとりも可能になってくるので、資源循環も促進されます。

エコフィードの利用法をまとめます。乾燥する手法と液体で利用する方法があり、乾燥する方法については、当然ニ-

ズもありますので、どんどん進めていけばいい。今後は、これまで使われてこなかった食品残さ、特に水分の多いものについて、リキッドフィーディングで利用すれば非常に有効です。加熱殺菌した後、乳酸菌を添加する発酵リキッド飼料も有効ですし、焼酎粕やホエーなどの副産物に有機酸を添加してデリバリーする仕組みも考えられます。

それに加え、ソフトグレイン、あるいは規格外のジャガイモのようなものを使い、これらの技術を融合させることによって特徴のある畜産物ができれば、食品関連企業、畜産農家、耕種農家が強固なスクラムを組むことができ、たとえ海外の輸入飼料価格が高騰したとしても対抗できる仕組みができてくるのではないかと考えて、今、研究を進めています。

# エコフィードが豚の肉質に及ぼす効果



日本獣医生命科学大学教授  
西村 敏英

## SUMMARY

リサイクル飼料である「エコフィード」で生産した畜産物の品質、特に栄養・機能性成分やおいしさに及ぼす影響は、これまで十分に研究されていませんでした。そこで財団法人全国競馬・畜産振興会の助成を受け、以下の試験を実施しました。1つは、リキッドエコフィードの添加割合がLWDの肉質に及ぼす影響を調べ、最適な添加割合を求める試験です。また、リキッドエコフィードが、三元交雑種LWD、LWB、LWYの3品種の肉質に及ぼす影響を調べました。次は、飼料中のリジン含量が低い場合に、3品種の肉質にどのような影響を及ぼすかを調べた試験です。最後は、リキッドではなく乾燥飼料を用い、飼料の脂肪含量を増やした場合に、豚の筋肉内脂肪の含量がどのように変わっていくかを調べました。

### KEY WORDS

- 三元交雑種
- リキッドエコフィード
- 粗たんぱく質含量
- 粗脂肪含量
- ビタミンB<sub>1</sub>含量
- 脂肪酸組成
- 霜降り豚
- 官能検査

### エコフィードを与えると豚肉のビタミンB<sub>1</sub>含量が低下する

この実験で使った豚は三元交雑種のLWDです。飼料は配合飼料と発酵リキッドエコフィード（以下、エコフィード）の2種飼料の混合比を変えたものを用いました。エコフィードの混合割合を0%（対照区）、50%（50%区）、100%（100%区）

とした3群をつくり、それぞれの飼料を与えた場合の肉質への影響を評価しました（表1）。

配合飼料とエコフィードで、粗たんぱく質含量は、それぞれ14.1%、14.7%、粗脂肪含量は4.4%、4.3%でほぼ同じでした。

エコフィードには、ビタミン、ミネラルの不足分を適宜添加しています。飼料を与える時期は体重70kgくらいからの肥育後期です。配合飼料とエコフィードの粗脂肪含量は、ほぼ同じですが、脂肪酸組成に違いが認められました。エコフィードでは、リノール酸含量がかなり低くなっていました。

このような飼料で肥育した時の増体量

について、有意差はなかったのですが、100%区では、増体量が減少する傾向が認められました。図1は、と畜後9日間熟成した後、カットしたロース肉の断面です。これについては、あまり差がありませんでした。ただ、100%区の場合、L、a、b値がほかよりも高い傾向にあって、肉色が明るく(L)、少し赤み(a)があって黄色み(b)があるといったデータが得ら

### ●表1 実験方法

供試豚：LWD 三元交雑種		粗たんぱく質 14.1% 粗脂肪 4.4%	粗たんぱく質 14.7% 粗脂肪 4.3%、ビタミン、 ミネラルは添加
試験飼料： 肥育後期で給与		配合飼料 (%)	エコフィード (%)
		対照区	100
		50%区	50
		100%区	0
飼料の脂肪酸組成：		配合飼料	エコフィード
脂肪酸			
ミリスチン酸 (14:0)		0.5	1.8
パルミチン酸 (16:0)		17.1	22.9
パルミトオレイン酸 (16:1)		0.7	0.5
ステアリン酸 (18:0)		3.7	5.6
オレイン酸 (18:1)		32.0	32.4
リノール酸 (18:2)		42.5	32.2
リノレン酸 (18:3)		3.4	4.6

飼料中の脂肪の脂肪酸組成は、肉質に影響を及ぼすか？

### ●図1 発酵リキッドフィードで肥育した豚のロース断面



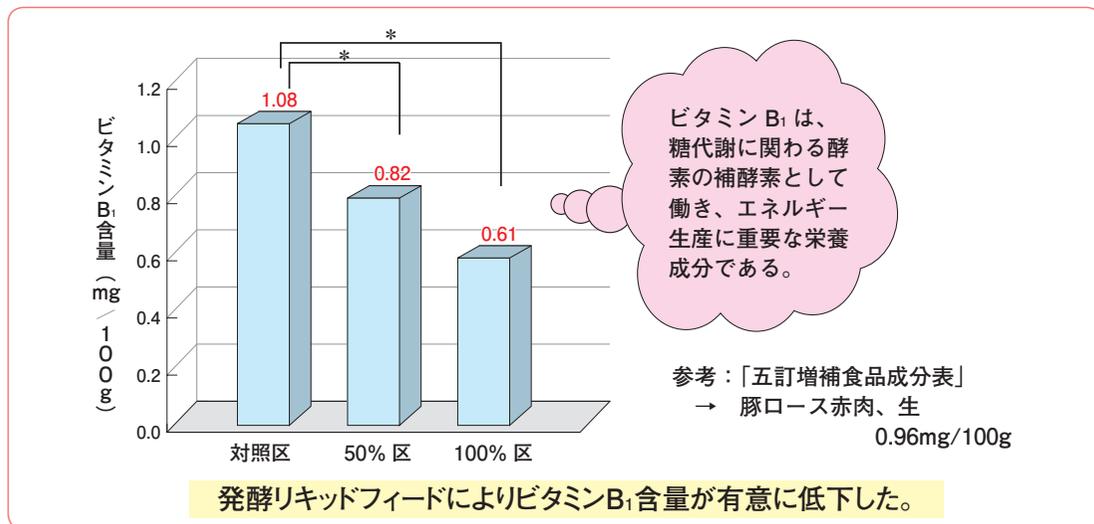
れました。ロース肉の栄養成分については、粗たんぱく質は100%区で多少減少していますが、有意差はあまり認められませんでした。粗脂肪（筋肉内脂肪）は、有意差はなかったのですが、エコフィード100%区では、筋肉内脂肪が2倍近くまで増加しました。

図2は、エコフィードで生産した豚肉のビタミンB<sub>1</sub>含量です。3つの試験をとおしてすべて同じ結果になりましたが、エコフィードで肥育すると、ビタミンB<sub>1</sub>値が低下することがわかりました。ビタミンB<sub>1</sub>は、糖代謝関連酵素の補酵素として働いており、豚肉に特徴的な栄養素の1つになります。しかし、この栄養成分がエコフィードで得られた豚肉で6割くらいまで低下してしまうのは、問題です。

成分表に載っている値は、豚ロース赤肉の生で100g当たり0.96mgですが、100%区では、その含量がこの値よりも低下してしまうことがわかりました。

筋肉内脂肪の脂肪酸組成については、オレイン酸が、有意差は認められませんでした。また、50%区、100%区では、筋肉内脂肪のリノール酸含量は対照区と比べて有意に低下しました。これは、エコフィードの脂肪中のリノール酸割合が低かったことによると考察しました。背脂肪の融点は、対照区で37.3℃でしたが、100%区では34.7℃で、有意に低下しました。破断力は、軟らかくなる傾向が認められました。融点の低下は、脂肪酸組成の違いによる可能性が示唆されました。

●図2 発酵リキッドフィードで生産した豚肉のビタミンB<sub>1</sub>含量



### 発酵リキッドフィードの50%給与で食味性は改善

発酵リキッドフィード（エコフィード）を給与した時に、三元交雑種LWD、LWB、

LWYの肉質への影響が同じか、それとも異なるのかを調べました。実験方法は、

第1試験と同様ですが、試験飼料は異なるメーカーのものを給与しました。脂肪酸組成において、本試験のものではリノール酸含量がさらに低くなっていました。エコフィードの混合割合が、0% (対照区)、50% (50%区)、100% (100%区) の3群をつくり、それぞれの飼料を与えた場合の肉質への影響を評価しました。

3品種とも、100%区では、増体量に有意な影響が認められました。図3は、実際に発酵リキッドフィードで肥育した各種豚のロースの断面です。上段から順にLWD、LWB、LWY、左から順に対照区、50%区、100%区となっています。

最初に結論を申し上げますと、真ん中の50%区が官能的には一番評価が高かったという結果が得られました。では、なぜ違いが認められたのでしょうか。各種

豚肉の一般組成にはあまり大きな差は認められませんでした。粗脂肪量で、多少違いが認められました。LWDは、エコフィードの割合を高くしていくと脂肪含量が下がっていきました。LWBの場合には、50%区で最も低い値を示しました。LWYはほとんど影響を受けませんでした。このように、品種によって、飼料の影響の受け方が異なっていました。また、脂肪の融点は、エコフィードの割合を高くしていくと、低下することが明らかとなりました。

官能特性の評価は、LWDでは50%区が多汁性が対照区や100%区のものよりも高く、50%区の総合評価が他のものよりも高くなりました。LWBについては、やはり50%区が多汁性が他よりも高く、テクスチャー嗜好性も50%区がよい結果と

● 図3 発酵リキッドフィードで肥育した各種豚のロース断面



なりました。LWYについても50%区の総合評価が高くなりました。50%区で官能的に高い評価が得られたのは、脂肪の含量や融点の違いが寄与している可能性が示唆されました。

以上の結果から、50%区のものが食味性を改善できる可能性が示唆されました。発酵リキッドフィードの給与は、食味性にいい効果を与えていると考えられるかと思えます。

### 無調整の低リジンで筋肉内脂肪含量は増加する

エコフィードでは、原料としてパン屑などが用いられるために、リジンが不足する傾向があります。飼料中のリジン含量を下げると、筋肉内脂肪が上昇するといわれています。実際、勝俣昌也先生の『化学と生物』（2010年）では、「飼料中のリジン含量が0.65%の場合、筋肉内脂肪が3.5%でしたが、0.40%に下げると6.7%まで上がる」というデータが引用されています。

この実験で使用した試験飼料は、兵庫県にあるエコフィード循環事業協同組合で生産された「エコフィードP」という名称のものです。対照区も試験区も全く同じでエコフィードを85%使い、残り15%は配合飼料を用いました。リジン無調整の場合、リジン含量が低く0.37%です。一方、対照区では、リジンを調整して0.51%まで上げました。リジン調整による増体量の変化ですが、リジンが低い場合には増体量が下がる傾向を示しました。

図4は、リジン調整・無調整でのそれぞれの豚ロースの断面です。上段はLWDですが、脂肪交雑度が高くなっています。筋肉内脂肪が10%近くあります。LWYやLWBも多少霜降り状態になっているかと思えます。一般組成では、LWD

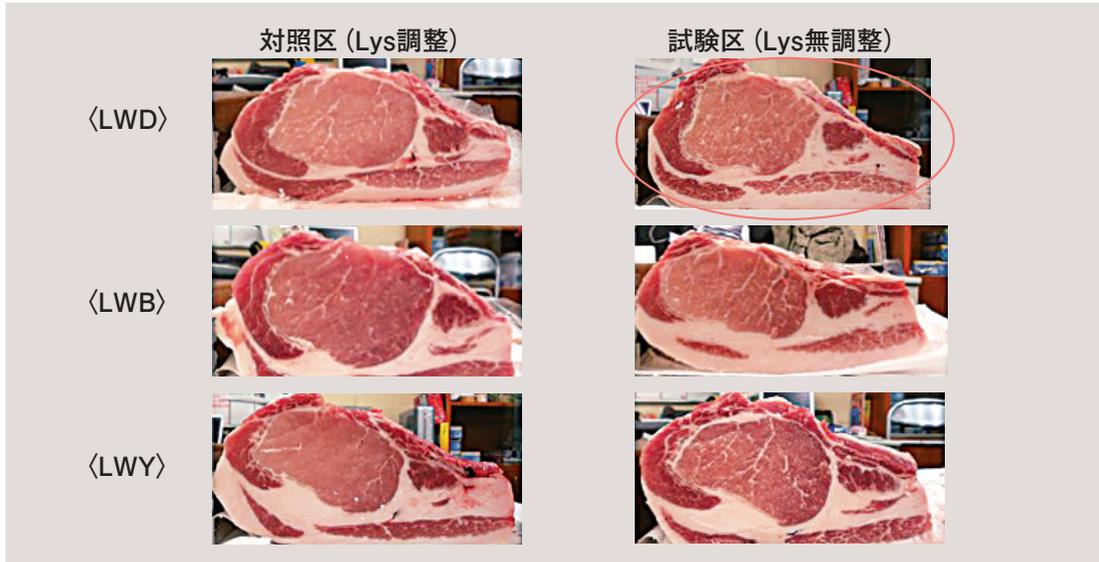
の場合、水分量が下がって、粗脂肪が2倍の10.3%まで有意に上昇しました。粗たんぱく質含量は多少下がっていました。他品種でも粗たんぱく質はそれぞれ有意に低下しました。LWBやLWYでは、粗脂肪含量は、有意ではないのですが、低リジンの飼料だと脂肪含量が高くなる傾向が認められました。

ビタミンB<sub>1</sub>については、今回の場合各品種とも全く差がありませんでした。エコフィードの割合が85%で統一されていますので、その結果だと思えます。また、リジンを調整したものと無調整のもので、ほとんど脂肪酸組成も変化しませんでした。さらに、融点も、試験区、対照区ともに、ほぼ同じ値になっていました。

官能検査の結果、特にLWDは、試験区で10%の筋肉内脂肪が入っていましたので、しっとり感があり、テクスチャー、味並びに総合評価は対照区より高いという結果になりました。

LWBとLWYについては、両者で差が認められませんでした。背脂肪の融点は、対照区と試験区で差がなく、LWDでは、試験区で筋肉内脂肪含量が有意に増えたことが食味性の向上につながったと考えられます。

● 図4 リジン調整・無調整で肥育した各種豚のロース断面



### 飼料の脂肪含量を上げることで霜降り豚の生産も可能に

4つ目は乾燥飼料給与試験で、エコフィード中の脂肪含量を上げていくと肉質がどのように変化するかを調べました。

実験に使用した飼料ですが、対照区は全期間配合飼料を使って、脂肪含量は

2.5%に設定しています。エコフィード区は、アグリガイア社製の脂肪含量4%の低脂肪エコフィードと脂肪含量6%の高脂肪エコフィードの2種を用い、1区は肥育前期4%・肥育後期4% (E4E4)、2区は

● 図5 高脂肪含量飼料で肥育した豚のロース断面



肥育前期4%・肥育後期6% (E4E6)、3区は肥育前期6%・肥育後期4% (E6E4) の3区を設定しました。

肥育前期は最初の6週間で豚の体重が30~70kgになるまで、肥育後期は最後70~110kgになる間です。供試豚はLDWの三元交配種で、110kgになった時点でと畜、分析しました。

各飼料中の脂肪酸組成は、配合飼料についてはトウモロコシ由来のものが多く、リノール酸含量は43%でした。一方、アグリガイア社製のエコフィードは、動物性油脂が多いからだと思えますが、リノール酸よりオレイン酸の含量が高い値を示しました。まず、増体量については、飼料の脂肪含量が増えても有意な影響は与えませんでした。

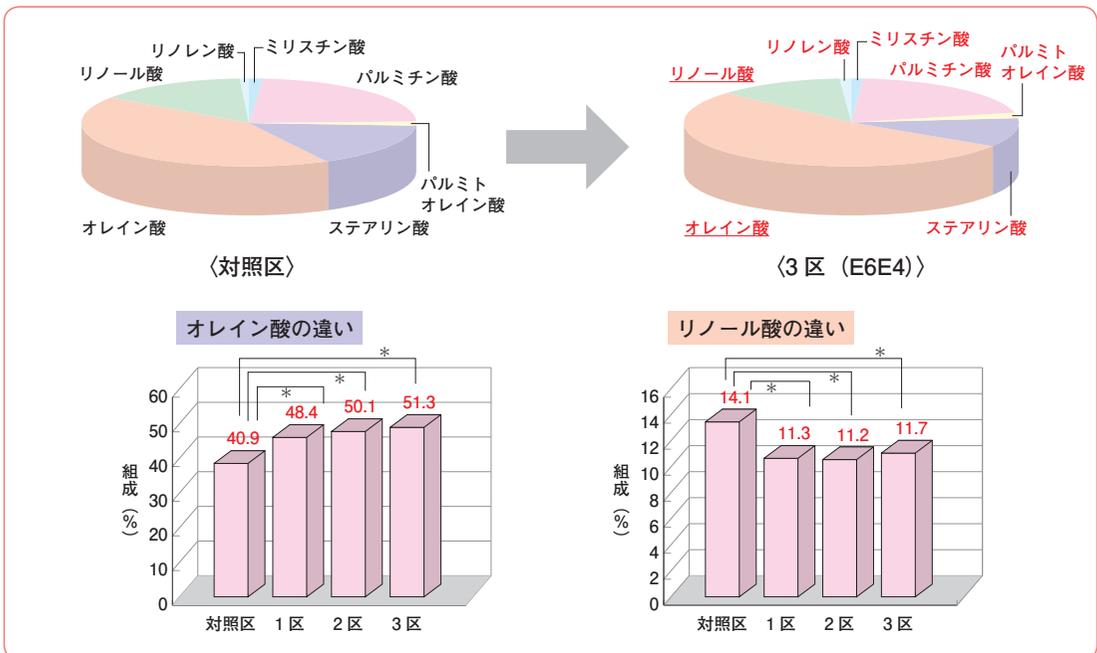
図5は、実際に肥育した豚のロース断面です。対照区に比べてエコフィード肥

育の3つの区とも、脂肪交雑が認められました。また一般組成を見ると、飼料の脂肪含量を高くすると、粗脂肪含量が高くなると同時に、粗たんぱく質含量が有意に低下することがわかりました。ビタミンB<sub>1</sub>については、脂肪含量の高いエコフィードを使うと、対照区に比べて、有意に下がることがわかりました。

筋肉内脂肪の脂肪酸組成については、エコフィード給与区で、オレイン酸含量が50%近くになっていました。また、リノール酸やステアリン酸がかなり低い値を示しました(図6)。具体的には、3区の肉のオレイン酸含量は51%を示しました。また、リノール酸含量は、脂肪含量を上げると、対照区14.1%から3区11%まで、有意に低下しました。

豚の背脂肪の融点については、対照区では、雄雌ともに38~39℃くらいあるも

●図6 筋肉内脂肪の脂肪酸組成



のが、エコフィード給与区では、30℃付近まで低下しました。特に、3区の雌については、30℃より低い値を示しました。オレイン酸の割合が高く、リノール酸含量が低下したことが、融点の低下につながっていると推察しました。

官能検査の結果、脂肪含量の高い飼料を給餌された豚肉は、対照区と比べて有意に軟らかく、また、うま味も強いと評

価され、さらには総合的に好ましくなることも明らかとなりました。すなわち、脂肪含量の高い飼料を与えることで、食肉の脂肪酸組成を制御することができ、その結果脂肪の融点が下がり、より嗜好性が高くなることがわかりました。

このように、乾燥飼料の脂肪含量を上げることによって、霜降り豚をつくれる可能性が示唆されました。

# Chapter 4

豚に関わる安全性の追求

# 豚肉の安全・安心 (Farm to Table)



岩手大学農学部附属動物  
医学食品安全教育センター  
特任教授

品川 邦汎

## SUMMARY

食品安全基本法は、「国民の健康保護」を最も重視し、食品の供給工程（フードチェーン）の原料生産から消費まで一貫して食の安全を守り、健康への悪影響を未然に防止すること、さらに十分な科学的知見に基づいて必要な措置をとることを基本理念として設定されています。食肉の安全を確保するためには、細菌・ウイルスおよび寄生虫などによる生物学的危害、残留抗生物質・農薬などの化学的危険、および針金、釘などの金属破片などの混入の物理学的危険発生を防ぐことが重要です。これらの中で特に、微生物食中毒、人獣共通感染などの生物学的危害が重要であり、豚肉ではサルモネラ汚染が高く、本菌による食中毒も見られます。これらの汚染を防止するには、豚の生産農場から食肉にすると畜場での衛生的処理（HACCP方式による衛生管理）、さらに食肉の加工、流通、販売までのフードチェーン・アプローチの確立が必要です。

## KEY WORDS

- フードチェーン・アプローチ
- HACCP方式
- 生物学的危害
- 化学的危険
- 物理学的危険
- 食中毒、微生物食中毒
- サルモネラ
- 豚のと畜処理

## 食品の安全性確保と生物学的、化学的および物理学的危害

食品の原材料生産から消費まで一貫して食の安全を守るために、農林水産省はフードチェーン・アプローチ<sup>(注1)</sup>を提唱し、また厚生労働省はHACCP (Hazard

Analysis and Critical Control Point) 方式<sup>(注2)</sup>の確立を進めています。原料生産段階は農水省、その後の食品製造・加工、流通、販売段階の衛生は厚労省と、管轄

注1：食品の安全確保のために生産から流通・販売まで、すべてのプロセスを通し、それぞれの段階で安全性を確保するという考え方。

が分かれており、豚肉生産について言えば、豚の生産は農水省、その後と畜場への搬入時点から厚労省の対応となります。その中で安全で安心な豚肉生産のための衛生管理が最も重要です。

食品の安全性確保のためには、ヒトへの危害要因である①細菌・ウイルスおよび寄生虫などの生物学的危害、②添加物、農薬などの化学的危険、特に食肉については残留抗生物質・農薬およびホルモンなど、③食品中への異物混入による物理学的危害、食肉では針金、釘などの金属、および骨片の混入、などの危害物質をいかにコントロールするかが重要です。

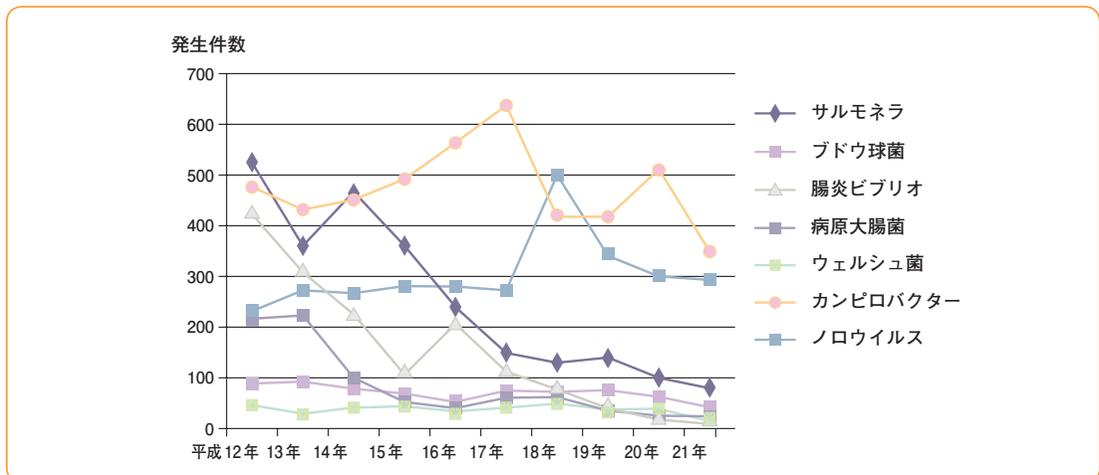
食肉による危害発生として最も多いものは、生物学的危害の微生物食中毒です(図1)。豚肉ではボツリヌス中毒(腸詰中毒)、特に豚肉製品のハムやソーセージの製造過程で、ボツリヌス菌の二次汚染による中毒が、諸外国では重要視されていますが、わが国では本菌による中毒は少ない。このほか黄色ブドウ球菌食中毒も食肉製品への二次汚染により発生、

また豚が保菌し、食肉を汚染するウェルシュ菌による食中毒などが見られます。サルモネラは牛、豚、鶏のいずれの動物も保菌しており、これらの食肉・加工品を汚染し、食中毒も多く発生しており、特に豚肉・加工品では本菌によるものが最も多く発生しています。また、食中毒で最も多いカンピロバクター(特にC.jejuni)は鶏、牛に多く保菌されており、豚ではC.jejuniは少なくC.coliを多く保菌し、C.jejuniによる食中毒は少ない。さらに腸管出血性大腸菌(STEC) O157などは、牛肉など牛関連食品による食中毒が圧倒的に多く、豚肉、鶏肉ではあまり問題にはなりません。

このように、食中毒事件から見れば牛、豚、鶏肉の中では、豚肉が一番安全と言えるでしょう。しかし、豚肉には寄生虫、原虫が寄生していることもあり、生食などを行わないことが望ましい。

食肉の安全性確保は家畜・家禽の生産段階から必要であり、このための生産段階に関する法律(農水省関連)もいくつ

● 図1 わが国における微生物性食中毒の発生件数(平成12年~21年)

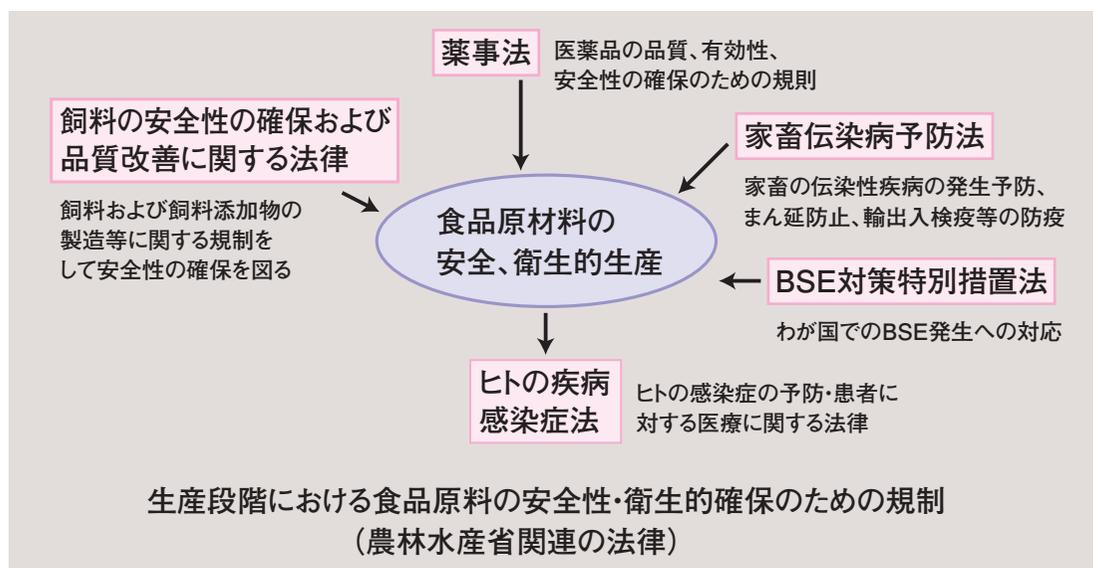


注2: 食品の製造工程において危害(hazard)要因を分析し、これらの危害を低減または消滅させるため重要管理ポイント(CCP)を決定し、そこを重点的に管理し、安全性を確保する方法。

か設定されています(図2)。生産現場では、これらの法律を順守して動物生産を行っています。一方、と畜解体して食肉生産を行うと畜場ではと畜場法が設定されており、この中で食用を目的とする獣畜は、牛、馬、豚、羊および山羊と規定さ

れています。これらの獣畜をと畜場以外で解体を行えば、「密殺」として処罰されます。しかし、鹿、猪などは狩猟者の責任により解体され、これらの肉を市販または飲食店で提供する場合、食品衛生法によって監視、指導が行われます。

●図2 食品の安全性確保のための法律



### 食肉衛生検査所で行う食肉の安全確保の取り組み

農場から家畜がと畜場に搬入された段階から、食肉生産のための衛生管理が行われます。と殺・解体し、枝肉(剥皮・内臓摘出したと畜体を二分体したもの)として出荷するまでの処理工程で、食中毒菌などを汚染させないための衛生管理が重要です。

と畜場ではと畜検査員である獣医師が1頭ずつ、生体検査、内臓(脳)の検査、さらにと畜処理された枝肉の検査を行い、疾病に罹患している動物を徹底的に排除しています。そのため、これまで疾病に

罹った動物の肉を喫食してヒトが病気になった事例はほとんどありません。これに対し、STEC・O157やサルモネラなどの食中毒菌の食肉への汚染による事件は多く見られ、食肉の衛生管理、特に微生物制御が重要です。

このほか食肉の残留抗生物質・農薬の問題も重要であり、特に薬剤多剤耐性菌の出現問題については、家畜飼料への抗生剤添加によることが指摘されていますが、人体治療剤の多用による影響も言われています。と畜検査員の働いている食

肉衛生検査所の大きな役割は「疾病排除」、「病原微生物などの食肉への汚染防止の指導」、「食肉中の残留抗生物質など

の排除とその指導」であり、これらにより食肉の安全性確保を行うことです(表1)。

●表1 と畜場における食肉の安全確保対策の「三本柱」

### I 疾病・異常肉の排除

食肉検査法に基づき疾病（人畜共通感染症、家畜伝染病等）に罹患した家畜や異常肉が食用に供されないように排除する。

### II 微生物制御

食肉検査法に基づき、処理業者は、家畜の処理工程で食肉の微生物汚染を防止するために衛生措置を講じなければならない。

(HACCP方式による処理の監視・指導)

### III 残留有害物質排除

食品衛生法に基づき規格基準に違反する食肉が、食用に供されないように排除する。

(抗生物質、抗菌性物質、農薬の排除)

## 食の安全性確保のための岩手大学農学部附属動物医学食品安全教育研究センターの設立

安全な食肉を生産するためには、家畜生産において衛生管理を十分に行っている農場と、衛生的なと畜処理を行っている農場との連携が大切です。生産段階での管理ポイントとしては、家畜の健康保持のための適正な飼育です。

抗生物質は、疾病などの治療薬として用いられる場合と、感染を予防し発育促進のための飼料添加剤として使用される場合がありますが、今日では飼料添加剤としての使用はできるだけ減らす方向にあります。

出生後、早い時期に疾病にかかった豚は、「ひね豚」と呼ばれ、飼料を与えても増体率が低下します。このため感染等を防ぐために、抗生物質入りの飼料が給餌

されています。特に、多頭飼育の農場では病原菌に1頭感染または汚染すると、その豚舎全体に感染・汚染が拡散する可能性が高く、これらを防止するための飼育環境を整備することが重要です。

食肉の安全性確保には、基本的には家畜の生産から消費者の食卓まで、フードチェーンの全段階の衛生管理と教育などが必要です。岩手大学では農学部附属動物医学食品安全教育研究センターを設立し、動物生産から食卓まで一貫した食の安全についての教育・研究を行っています(図3)。

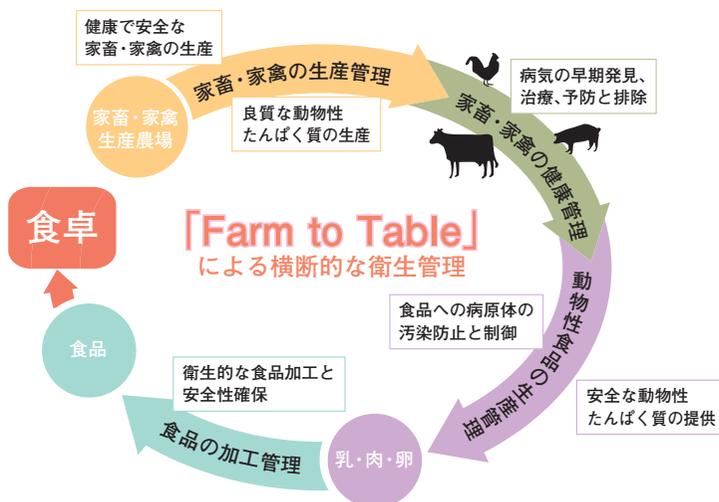
産業動物(食糧動物)生産に携わっている先生方は、これらの動物が農場出荷後の川下でどのように処理され、食肉・

食肉加工が行われ、消費者の食卓に届いているか、また食肉の消費段階でどのような問題が提起されているのか、などについて十分に把握されていません。一方、獣医公衆衛生・食品衛生学を担当している先生方は、川上の動物生産においてど

のような飼養管理・健康管理が行われているか、また、どのような問題があるのか、などについて十分知られていません。食肉生産については、川上から川下まで安全性確保について共通認識を有し、教育・研究を行うことが重要です。

### ●図3 岩手大学農学部附属動物医学食品安全教育研究センターの役割

1. 動物性食品に関する学際的・横断的な教育研究拠点
2. 動物・食品分野横断的な動物性食品に関する卒業教育・学部教育の提供
3. 地域密着型・問題解決型の動物性食品に関する研究推進



岩手大学農学部附属動物医学食品安全教育研究センター

### 微生物食中毒の予防には消費者の役割が重要

食肉に食中毒起因菌が汚染・増殖することにより、食中毒発生の危険性が増大します。これらの汚染には汚染源、汚染経路が必ず存在し、食中毒の予防、食肉による微生物食中毒を防ぐためには、食肉への汚染防止が重要です。また食肉に微生物（細菌）が汚染しても、これらを増殖させないことにより予防することができます。

豚の腸管内および体表にはサルモネラが保菌されており、と畜・解体処理時に本菌を枝肉に全く汚染させないことは不可能であり、その汚染頻度・汚染菌数をいかに少なくするかが重要です。また、食肉に食中毒菌が汚染し、増殖しても、ヒトは一定菌数（発症菌量）以上摂取しなければ発症はしません。調理時に十分な加熱を行い、菌を死滅させて摂取する

ことにより食中毒を防止できます。

豚と畜場での解体処理において、枝肉へのサルモネラ汚染を防ぐには、と殺から最終枝肉となる処理工程において、重点的に衛生管理を行う工程を明らかにして監視・指導することが重要です。わが国で行われている豚処理方法としては、大きく分けて「湯はぎ方式」、「オーバーヘッド方式」、「対面方式」の3つがあります。これらの各方法について、枝肉への細菌汚染状況（と体の体表、腸管破損した時の汚染菌数など）を処理工程別に調べ、さらに処理を行う時、枝肉に汚染させない重要なポイント（工程）を決定し、そこを集中的に衛生管理を行うHACCP方式について検討を行いました。

枝肉への微生物汚染は、まず第1に豚の体表からの汚染、第2に腸管など内臓摘出時、腸管破損によるものが多い。と

畜処理で使用する機械・器具は1頭処理するごとに熱湯消毒を行うこと、このほか金属片、骨片などの混入防止、さらに作業員のと畜処理技術向上を図ることなども衛生管理を行う上で重要です。

また、食肉流通ではコールドチェーン・システム—微生物の増殖防止—が必要であり、食肉店では病原菌の汚染拡大・増殖防止が大切で、作業員・従業員の手洗いは、二次感染の防止策として重要です。消費者は常に安全で安心な食肉を要望していますが、微生物食中毒については、取り扱い不適、不十分な加熱調理により喫食するなどによって発生します。食肉製造・流通段階で十分な衛生管理を行っても、微生物汚染のリスクは決してゼロではなく、またリスクゼロの食肉を生産することもできないことを十分に認識して、衛生的に取り扱うことが必要です。

# パンデミックインフルエンザの出現に果たす豚の役割



北海道大学大学院獣医学  
研究科教授／人獣共通感  
染症リサーチセンター長

喜田 宏

## SUMMARY

感染症の病原体は、微生物に感染した宿主動物がすべて死んだら消えてしまいます。高病原性鳥インフルエンザウイルスも、ニワトリを100%殺しますから、いつの間にか消えてしまう単純な病気でした。しかし1997年に発生したH5N1高病原性鳥インフルエンザウイルスは、13年間も居ついてしまった。なぜでしょうか。人間が、家禽のインフルエンザをワクチンだけでコントロールしようとしたところに問題があります。ワクチンは、感染を防ぐのではなくて重症になるのを防ぐだけです。ワクチンをむやみに使うと、かえって見えない流行が広がってしまいます。

今回は、これまで世界中で大流行する(パンデミック)インフルエンザの出現に豚がどのように関わっているのかを説明し、新型インフルエンザウイルス対策をどうするかについてお話しします。

## KEY WORDS

- 高病原性鳥インフルエンザウイルス
- 抗原変異と新亜型ウイルスの出現
- 伝播性と病原性
- ライブバードマーケット
- ワクチン

## インフルエンザは病名で、インフルエンザ感染症のこと

先に要点を簡単に整理し、その答えをご一緒に考えてみたいと思います(表1)。

インフルエンザは病名で、インフルエンザウイルス感染症のことです。インフルエンザウイルスは病気の原因ウイルスで、亜型というのは、A型と呼ばれる属

の中のさらに細かな分類です。株名ではない。A型インフルエンザウイルスはヘマグルチニンとノイラミニダーゼの抗原性によって亜型に分けられます。ですから、H5N2は病原性が弱い、H5N1は病原性が強いなどと言うのは大間違いで、これは抗原性であって病原性とは全く関係

## ●表1 要点

## 鳥インフルエンザ：パンデミックインフルエンザ；季節性インフルエンザ

- ・ H5N1 高病原性鳥インフルエンザウイルスの定着と抗原変異はなぜ起こったのか？
- ・ H5N1 ウイルスはヒトに伝播してパンデミックを起こすか？
- ・ 家禽から野鳥に伝播した高病原性鳥インフルエンザウイルスは自然界に存続するか？
- ・ 鳥インフルエンザを家禽に止める方策は？
- ・ 家禽のインフルエンザはワクチンによって制圧できる？
- ・ ブタ由来 H1N1 ウイルスが出現したら、H5N1 ウイルスは忘れて良いのか？
- ・ 水際でウイルスの侵入防止は可能か？ 発熱外来の意義は？
- ・ 毎冬の季節性ヒトインフルエンザ対策（ワクチン、抗原変異予測、治療）は万全か？

## インフルエンザウイルスの生態：起源と進化、病原性、伝播、パンデミック

自然界におけるインフルエンザAウイルスの存続；新型インフルエンザウイルスの出現；高病原性鳥インフルエンザウイルス；インフルエンザウイルスの変異と遺伝子再集合；インフルエンザウイルスの病原性；ブタインフルエンザとパンデミックー過去から学ぶ。

ありません。「新型インフルエンザ」という呼び方は、インフルエンザとは違う新しい病気ですごく恐ろしい、という錯覚を一般の人に与えてしまった。その罪は大きいと思います。

ヒトに感染するインフルエンザウイルスにはA、BとCの型があります。動物にも感染するのはインフルエンザAウイルスです。A型ウイルスには16のHA（ヘマグルチニン）、9のNA（ノイラミニダーゼ）の亜型があって、新型ウイルスと言

うのは、亜型の違うウイルスが出てきた時に、その時だけ新型ウイルスと呼びます。抗原変異と新型ウイルスの出現は全く違うメカニズムで起こることです。遺伝子の塩基配列が変わることを変異と言います。新型ウイルスの出現は、遺伝子分節全部入れ替わるわけですから、変異ではありません。

これらはほんの1例ですが、世間で使われている用語の乱れについて表2で指摘しておきます。

## ●表2 用語の間違い

- ・ インフルエンザ：病名；インフルエンザウイルス感染症。
- ・ インフルエンザAウイルス：A型、分類上の属名、H1-16、N1-9 亜型。H5N1、H5N2、H3N2、H1N1、H9N2などは亜型であって、株名ではない。
- ・ 新型インフルエンザウイルス：ヒトに新亜型のウイルスがインフルエンザの流行を起こした時の呼称；H1N1、H2N2とH3N2以外の亜型ウイルス。  
新型インフルエンザは間違い（パンデミックインフルエンザの誤訳）。
- ・ 鳥インフルエンザ：家禽のインフルエンザAウイルス感染症；トリと表記しない。ヒトの病名でもウイルス名でもない。ブタインフルエンザも同じ。
- ・ 高病原性鳥インフルエンザウイルス：8羽のニワトリの静脈内に接種、6羽以上を死亡させるウイルスを“ニワトリに対して”高病原性鳥インフルエンザウイルスと呼ぶ（OIE）。  
高病原性ウイルスはこの世にない。
- ・ 毒性の強い鳥インフルエンザ（H5N1ウイルス）でなく、毒性の低い季節性インフルエンザ（ウイルス）なみでよかった；インフルエンザウイルス粒子は毒素ではない。インフルエンザウイルスの“病原性”とは？

## 遺伝子再集合で遺伝子分節の組み合わせ256通りのウイルスが生まれる

インフルエンザウイルス粒子は、表面にヘマグルチニンとノイラミニダーゼがあります。

ヘマグルチニンは細胞のレセプターに結合する部位と、細胞の中に侵入する時に、膜融合を起こす部位があり、ウイルスの感染開始に大事な糖たんぱく質です。その抗原性に基づいて16の亜型に分けられます。

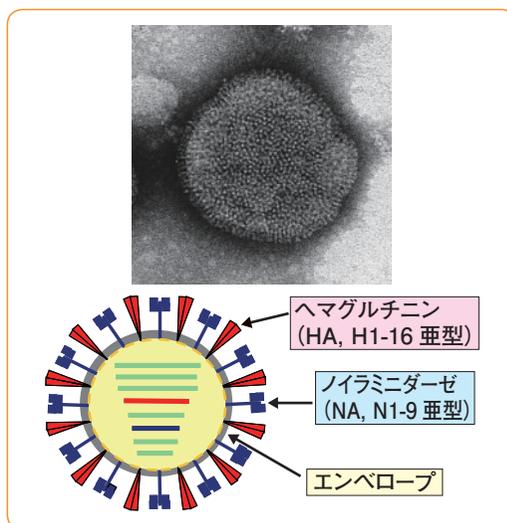
一方、ノイラミニダーゼは増殖した子孫のウイルスが細胞から離れる時に、HAとNAに結合しているシアル酸糖鎖を切ってフリーのウイルスを増やす時に働きます。タミフルがここにつくと、それが起こらないから、細胞の周りに出てきたウイルスがたまって、フリーのウイルスが増えない。だから、感染価は10分の1くらいに減って、その結果、熱が下がります。ウイルスの感染性がなくなるのではありません。

このように、遺伝子が8つに分かれて

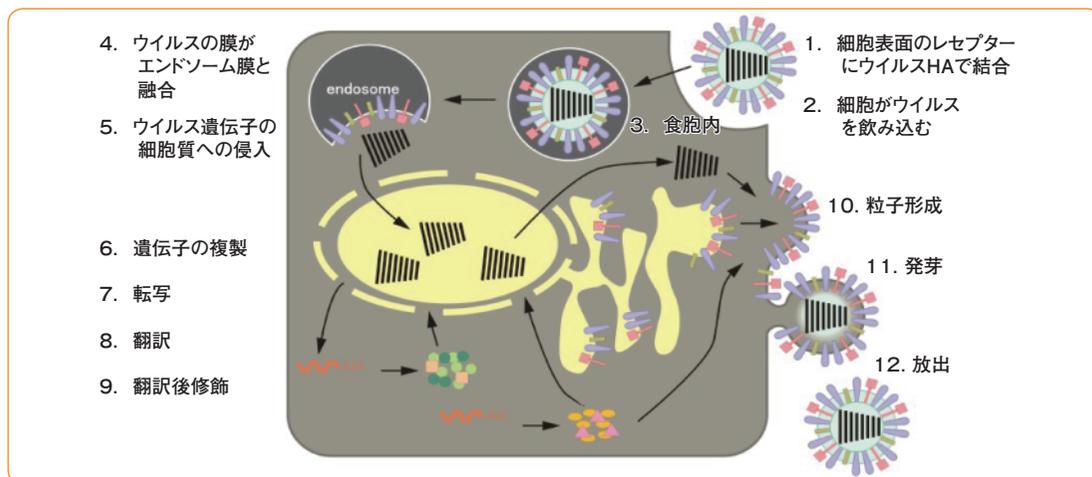
いるところが、インフルエンザウイルスの特徴です(図1)。

図2はインフルエンザウイルスの細胞への感染、増殖、放出の仕組みです。もし、2つの異なるインフルエンザAウイルスが、1つの細胞に感染したと仮定しますと、合計16本の遺伝子分節が勝手に増え

●図1 インフルエンザウイルス粒子



●図2 インフルエンザウイルスの細胞への感染、増殖、放出



て8本セットで出てくる時に、ランダムに8本セットになるとすると、順列組み合わせで、256通りのウイルスができてきます。これが遺伝子再集合です。

新型ウイルスの出現のメカニズムを、長年かけて証明したのが図3です。A/Hong Kong/1/68 (H3N2) 新型ウイルス遺伝子の2つは、もともとはカモの中で受け継がれていたウイルスの遺伝子です。

カモが南中国まで飛んできて農家の小さな池でウンチをして、ウンチ中にいた

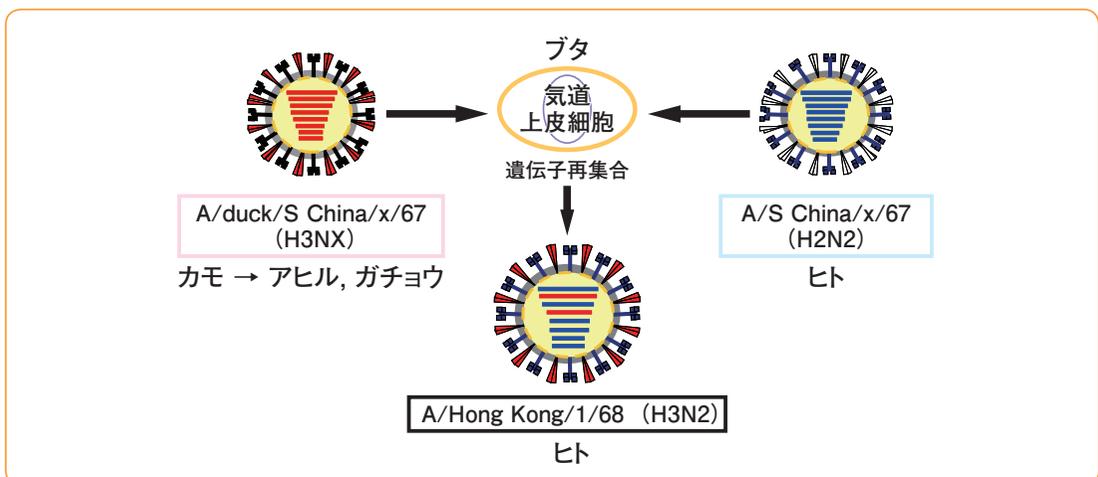
このウイルスがその水を汚染する。そこにいたアヒルやガチョウが池の水を飲んで、お腹でウイルスを増やしてウンチをする。池の水はたくさんのウイルスで汚染される。その水をブタが飲んだら、気道の上皮細胞にウイルスが感染する。ヒトとブタは非常に近いところで生活していますから、ブタはヒトの間で流行していたアジア風邪のウイルスにも同時感染し、できたウイルスがA/Hong Kong/68です。

●表3 ヒトの新型インフルエンザAウイルス遺伝子の由来

亜型 (分離年)	遺伝子分節番号							
	1	2	3	4	5	6	7	8
H1N1 (1947)	↓				↓		↓	↓
H2N2 (1957)		*	*	*		*		
H3N2 (1968)	↓	*	↓	*	↓	↓	↓	↓
	PB2	PB1	PA	HA	NP	NA	M	NS
	発現蛋白							

\* ヒト以外の動物インフルエンザウイルスから導入されたと考えられる遺伝子分節

●図3 新型ウイルス出現のメカニズム



新型ウイルスは、これまで1918年スペイン風邪、1957年アジア風邪、1968年ホンコン風邪、そしてこのたび新型がメキシコで出現して世界に広がりましたが、全部、ブタから来ていると考えられます。1968年のホンコン風邪ウイルスの遺伝子の由来を調べると、驚くべきことに8つの遺伝子のうちの半分はスペイン風邪ウイルス由来なのです(表3)。

また感染実験から、カモはすべての亜型のインフルエンザAウイルスを持っていて、ウイルスは結腸で増殖し、糞便と一緒に大量に排泄される。自然界に受け継がれているウイルスに感染してもカモは症状が出ない。渡りによってウイルスを運ぶから、カモはインフルエンザウイルス遺伝子の供給源であるという結論を1980年に導き出しました。

### 自然界でインフルエンザウイルスは凍結保存され、生鳥市場で培養される

ところで、カモはウイルスをいったいどこから持ってくるのか。北海道で疫学調査をすると、シベリアから秋に飛んでくるカモからは、インフルエンザウイルスが分離されますが、春先に帰っていくカモは全然持っていない。従って、カモはインフルエンザウイルスを北から持ってくるに違いないと私は確信して、1990年代に文部省の学術助成を受け、夏にシベリアやアラスカの湖で調査を行いました。8月初めにはウンチからウイルスがたくさん分離されました。水からもウイルスが分離されて、淡水の中でもインフルエンザウイルスは活性を保つことがわかりました。

HA遺伝子の系統図をつくると、ユーラシアのウイルスとアメリカ大陸のウイルスは完璧に分かれます。これは、香港で子供を死亡させたA/Hong Kong/156/97(H5N1)ウイルスです。つまりユーラシア大陸で問題を起こしているウイルスの起源は、シベリアから飛んでくるカモが持っているウイルスにあります。

インフルエンザウイルスは急性感染し

か起こさないのに、16のHA、9のNA亜型のウイルスが、なぜ自然界で消えることなくずっと続いているのかという謎が解けました。凍結保存という純粋に物理学的なメカニズムがその答えだったので

す。カモのウイルスはカモに対して病原性がないばかりでなくて、ニワトリにも感染しないのです。しかし、陸生や水生の家禽と一緒に飼われているようなところで受け継がれると、ニワトリに感染するようなウイルスが生まれるチャンスが出てきます。そのニワトリが養鶏場に持ち込まれると、そこで流行を繰り返して、6カ月以上というものすごい複製回数の後、突然、100%のニワトリが死んで高病原性鳥インフルエンザの発生——これが今までの高病原性鳥インフルエンザの発生パターンです。陸生と水生の家禽と一緒に飼われているところは、生きた鳥を売っている市場です。世界中にあるlive bird market、そこが新型ウイルスや高病原性鳥インフルエンザウイルス出現の鍵となる場所です。

今問題なのは、高病原性鳥インフルエンザウイルスが渡り鳥に逆感染して、毎年春先に北へ帰っていく途中で力尽きて死ぬ渡り鳥が数多く見つかることです。家禽で流行しているウイルスが水を介して渡り鳥に逆感染し、ニワトリに対する病原性を獲得したウイルスが渡り鳥に戻っているのです。その結果、62カ国にこのウイルスが広がり、そのうち15カ国でヒトへの感染が認められます。この人たちはH5N1鳥インフルエンザウイルスの感染に高い感受性を持った特殊な人々です。

15カ国のうち、感染者数が全体の87%を占めているのが、中国、ベトナム、インドネシア、エジプトです。これらの国々では、鳥インフルエンザはなかなか収ま

らないし、ヒトへの感染も増えています。なぜでしょうか。ニワトリにワクチンを打っている国だからです。

不活化ワクチンの使用は、重症化あるいは発症を抑える免疫を与えるだけで、感染防御能は誘導しません。摘発・淘汰を鳥インフルエンザのコントロールの基本としている国際獣疫事務局 (OIE) は、ワクチンを原則的に認めていませんが、摘発・淘汰による征圧が困難な時には、OIEの基準を満たすワクチンの使用をオプションの1つとして認めているのです。ワクチンの濫用は、目に見えないウイルスの拡散を導きます。近い将来OIEのマニュアルは訂正されます。ワクチンを使用禁止にはできないのですが、効果はあると思います。

### ウイルス遺伝子の起源はカモの間で循環している非病原性ウイルス

毎年秋、9月初めから11月終わりまで、モンゴルと北海道で鳥インフルエンザの疫学調査をやっています。高病原性鳥インフルエンザウイルスは、今までのところ、全く分離されていません。

2009年のH1N1パンデミックウイルスも、遺伝子の起源を辿れば、鳥のウイルスにあります。パンデミックの第一波を起こすウイルスの病原性は大したことはありません。第二波、すなわち季節性インフルエンザになったら、ヒトの体で増えるのに慣れたウイルスが選ばれるから、病原性を獲得します。H1N1パンデミックウイルスは瞬く間に214カ国に広がってしまいましたが、16カ月たった今でも死亡者は2万人に満たない。これは季

節性インフルエンザの100分の1以下です。だから新型インフルエンザウイルスは怖くない。季節性インフルエンザ対策をほったらかしにして、新型、新型と騒ぐのではなく、季節性インフルエンザ対策をきちんとすることが大事です。

鳥インフルエンザウイルス、新型ウイルス、ブタのウイルス——どのウイルスも全部、遺伝子の起源はカモのウイルスで、自然界で循環している病原性の全くないウイルスにあります (図4)。出てすぐのウイルスは、カモのウイルスと同じです。カモの中では抗原性も遺伝子も非常に安定して受け継がれているから、新型ウイルスのワクチン株はカモのウイルスが最適です。H1から16、N1から

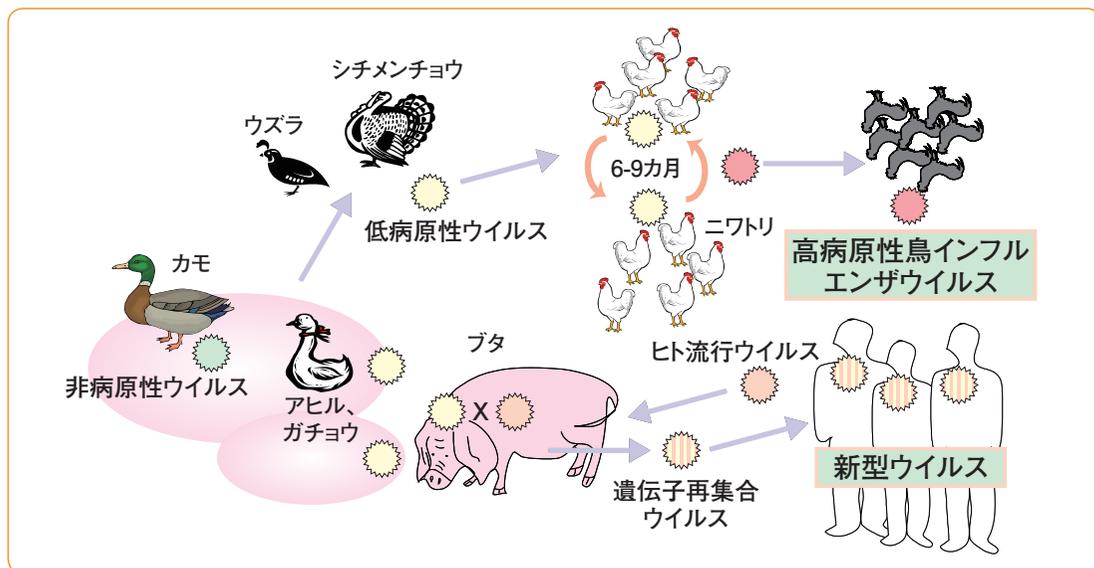
9まで、144通りのウイルスを30年かけて集めた1200株以上のウイルスがライブラリーにあります。この中のH5N1、H7N7、H9N2、H2N2ウイルスについてはワクチンを試製して、マウスとブタとニワトリとサルまで実験をやって、いい成績を取っています。ワクチン株として提供できる態勢はできています。

インフルエンザウイルスの生態、起源と進化、病原性、伝播についてまとめました(表4)。高病原性鳥インフルエンザ

ウイルスの定着と抗原変異は、ワクチン濫用の結果です。鳥インフルエンザは、鳥の中だけで収めてしまうことが大事です。鳥インフルエンザを家禽にとどめるためには、早期に見つけて摘発・淘汰と移動制限、今は、それしかありません。家禽のインフルエンザにはワクチンは使わないほうがいいし、使うとしても最後の手段だということです。

以上、お話しした内容の結論を表5に示します。

●図4 高病原性鳥インフルエンザおよびヒトの新型インフルエンザウイルスの出現機序



## ●表4 要点

## インフルエンザウイルスの生態：起源と進化、病原性、伝播

自然界におけるインフルエンザAウイルスの存続：湖沼に凍結保存。  
 新型インフルエンザウイルスの出現：過去の新型ウイルス出現にブタが介在。  
 高病原性鳥インフルエンザウイルス：ニワトリに感染を繰り返して選択。  
 インフルエンザウイルスの変異と遺伝子再集合：全く異なるメカニズム。  
 インフルエンザウイルスの病原性：宿主体内における増殖能。  
 ブタ、パンデミックと季節性インフルエンザ：歴史に学ぶ。

## ●表5 要点

## 鳥、パンデミック、季節性インフルエンザ

H5N1 高病原性鳥インフルエンザウイルスの定着と抗原変異は ワクチンの濫用の結果。  
 H5N1 ウイルスはヒトにパンデミックを起こす？ 特に4カ国でブタへの伝播を警戒。  
 家禽から野鳥に伝播した高病原性鳥インフルエンザウイルスは自然界に存続するか？  
 未定着だが、継続警戒、調査を続行。  
 鳥インフルエンザを家禽に止める方策は？ 迅速診断、摘発淘汰が基準。  
 家禽のインフルエンザはワクチンによって制圧できる？ 個体の発症予防、非感染防御。  
 ブタ由来 H1N1 ウイルス如果出现したら、H5N1 ウイルスは忘れていいのか？  
 水際でウイルスの侵入防止は可能か？ 発熱外来の意義は？  
 毎冬の（季節性）インフルエンザ対策（ワクチン、抗原変異予測、治療）は万全か？  
 否：例；HA ワクチン 40 年放置。

# 口蹄疫発生と国産食肉を考える



東京大学大学院農学生命  
科学研究科特任教授/  
北里大学獣医学部教授

吉川 泰弘

## SUMMARY

2010年4月、宮崎県で発生した口蹄疫は、またたく間に広がりを見せ、29万頭もの牛、豚を殺処分するという措置が取られました。BSE(牛海綿状脳症)とは異なり、感染した家畜の症状も軽く、人が食べても問題がないにもかかわらず、なぜワクチン投与した大量の牛、豚や、貴重な遺伝資源である種牛を殺さなければならなかったのか、という疑問の声も少なくありませんでした。そもそも口蹄疫とはどのような感染症なのか、なぜ大量に殺処分しなければならぬのか、今回の宮崎県の経過と、その対策は十分だったのか、などについて説明します。

## KEY WORDS

- 口蹄疫
- 清浄国
- 食の安全
- 食の安定供給
- 伝播経路
- 封じ込め
- 対応策

### 口蹄疫は国際的に最も重要な家畜の感染症の1つ

口蹄疫は、「牛疫」と並んで国際的に最も重要な家畜の感染症の1つです。自然界の中でも偶蹄類、つまり牛や豚のように割れた蹄ひづめを持つ動物群が、このウイルスへの感受性を持っています。

歴史的には非常に古くから知られていて、アリストテレスの著書「動物誌」に、牛疫と口蹄疫と思われるものが記載されていました。16世紀には、フラカストロ

が「伝染病とその治療」という項目の中に、口蹄疫を入れています。それほど古い歴史を持つウイルス病ですが、統御できず、現在でも国際的に、かなりの広がりを持っています。

国際獣疫事務局(OIE:Office International des Epizooties)に加盟している176カ国のうち、清浄国は約50カ国。それ以外の120カ国以上は汚染国という状況

です。

同じ牛の感染症でも、牛疫の場合は牛が次々に死んでいくので、農家にとっては目に見える危機となります。しかし、口蹄疫はそれほど重い病気ではなく、また、通常はヒトに感染・発症しないので、食の安全にかかわる問題とはなりません。「肉を食べたらヒトにうつりますか?」と問われれば「通常、感染・発病はしません」で終わり。「あとは風評被害の問題ですね」という話になってしまうわけです。

一方、家畜自身の健康問題としても、それほど重篤ではありません。これは一見、いいように見えて、実はタチが悪いのです。ニワトリの高病原性鳥インフル

エンザのように、目の前でバタバタ死んでいけば、素人でも「これは大変だ!」とわかるのですが、口蹄疫の場合、発見が遅れてその間に広がってしまう危険性を持っています。

つまり、感染力が強くて家畜が死ぬわけではなく、感染した家畜の商品価値がなくなるために、生産者の経営が成り立たなくなってしまう。よって他の健康な家畜にうつる前に、殺処分してしまわなければなりません。大規模な流行になると、結果的に、世界全体の畜産品の安定供給が難しくなってしまうのです。すなわち、これは、食の安全の問題ではなく、食の安定供給（食の安全保障）の問題なのです。

### 動物種によって振る舞い方の異なる口蹄疫ウイルス

口蹄疫の特徴を見てみましょう（図1）。まず、この病気は経過が非常に早く、

感染して1日目に口唇・鼻の周辺、乳房、蹄の上部など軟らかな上皮に水疱のよう

● 図1 口蹄疫の病変

病変（経過時間）	特徴的な病変
1日	少量の液体を含む水疱と上皮に初期の壊死性変化
1～2日	液体が満ち破れていない水疱と、それを覆う上皮の壊死
1～3日	水疱破綻、糜爛。上皮の不定形の破片が病変部辺縁に付着 病変部の露出中心部は明るい赤色から繊維素沈着により変色
4日～1週間	糜爛、病変部の辺縁における上皮の再生を伴う初期の治癒変化
7～10日	線維組織形成を伴う治癒

\* 羊と山羊の病状は比較的軽いので、牛と豚において診断価値が高い

口唇部の病変



破綻前の水疱

鼻部の水疱



水疱の破綻と糜爛



蹄の糜爛

なものができ、3日目くらいで破裂し、糜爛<sup>びらん</sup>、潰瘍が起きます。しかし、実際には1週間から10日前後で治ります。

後には、小さなかさぶたが残る程度。感染動物は発熱、通常より多めの流涎、泌乳量の低下、食欲不振、跛行を示すことがあります。飼い主が見過ごしている気がつかないケースもあるようです。同じ偶蹄類でも羊と山羊は症状が軽いので、実際に診断価値があるのは牛と豚になります。

では、口蹄疫ウイルスは、どんなウイルスなのでしょう？ BSEの場合は、原因がプリオンという特殊なもので、不明点も多いのですが、口蹄疫ウイルスは、ポリオウイルスと同じグループの「ピコルナウイルス」という小型のRNAのウイルスだとはっきりわかっています。

口蹄疫は気道感染なので、酸にもアルカリにも強くありません。pH6.5以下、もしくはpH11以上で容易に不活化されま

す。感染を防ぐには、「木酢がいい」とか「酢に漬けなさい」とも言われています。消石灰（アルカリ性）でも不活化されません。温度は、61℃で30秒、55℃で大体2分で不活化されるので、基本的にそんなに強いウイルスではありません。

口蹄疫ウイルスは、動物種によってかなり振る舞い方が違います。牛は感受性が極めて高く、10個のウイルス粒子の暴露で感染が成立すると言われています。従って牛は、ウイルスの「検出動物 (detector)」という役割を持っています。豚は、約1000個のウイルスで感染しますが、長期間に渡って高濃度のウイルスを出すので、「増幅動物 (amplifier)」と呼ばれています。羊や野生の水牛は、ウイルスを長期間保持する「維持動物 (carrier)」、あるいはウイルス・キャリアー（保有者）になって、感染後、抗体が上がってもウイルスをずっと体の中に持っている厄介者です。

## 対応を間違えた時の大流行の規模は強烈

口蹄疫は、なぜヒトへ感染がないのに家畜を淘汰しなければならいのでしょうか？ それは、対応が遅れた時の大流行（アウトブレイク）の規模が強烈だからです。20世紀以降、10万頭以上処分したケースは、アメリカで17万頭（1914年）、イギリスで30万頭（1922、23年）、再びアメリカで12万頭（1924年）、メキシコで50万頭（1946～52年）、イギリスで43万頭（1967年）、台湾では豚が385万頭（1997年）処分されました。その後、台湾はウイルスと共存する道を選んでワクチンを打ち

続け、非清浄国のまま現状維持しています。

BSEの後、2001年にイギリスで600万頭。その直後オランダに侵入して26万頭、今回の宮崎県のケースは29万頭。とにかく対応が遅れば即、大規模な流行に入ることが、第1の問題点です。第2点は、口蹄疫に罹患した動物から、極めて大量のウイルスが出るので、感染経路は単純ではありません。多くは汚染した畜産品、あるいは汚染した人、車や器物でも運ばれてしまうのです。

さらに、頻度は多くありませんが、条件が揃えば風でもウイルスが飛んでしまいます。有名な例として、フランスのブルターニュで、口蹄疫が流行した時、ドーバー海峡のジャージー島、ワイト島を通してイギリス本土に到達したという記録があります。特に湿度が高くて比較的气温が低ければ、通常10kmくらいは飛ぶことを覚悟しておかなければなりません。

もう1つの大きな問題は、回復後やワクチン接種した後で感染し、ウイルスキャリアーとなる動物が出ることです(表1)。口蹄疫のワクチンは感染阻止ではなくて、発病を防ぐワクチンです。牛の場合、症状はそんなに重くはないのですが、15~50%がキャリアーになって半年間か

ら3年半の間、ウイルスを持っていた実例があります。

豚はさいわい3~4週間でウイルスが消失するので、キャリアーにはなりにくいのですが、羊はキャリアーの率が高く、咽喉頭の分泌液には、1年以上ウイルスが含まれることがあります。アフリカの水牛に至っては、5~7割がキャリアーでウイルスは5年以上も持続します。これをコントロールするのは事実上不可能なのです。

口蹄疫のウイルスは、そんなに強くはありませんが、条件的には、空の牛舎で2週間、尿でほぼ40日、土に落ちたものは秋で1カ月、夏は3日くらい。乾草に入った場合は、20週ウイルスが生存しています。

●表1 口蹄疫ウイルスの生存

動物	体内での生存期間(キャリアー)	条件	外界での生存期間
牛 ウイルスキャリアー 咽喉頭分泌液	15~50%がキャリアー 通常6カ月、3.5年の例もある 530日以上例もある	空の牛舎(汚染後)	約2週間
豚	3~4週 (キャリアーにならない)	尿	39日
羊 キャリアー 咽喉頭分泌液 山羊	15~50%がキャリアー 9カ月 1年以上 4カ月	土壌 秋 夏	28日 3日
その他の偶蹄類 鹿 アフリカの水牛	11週間 5年以上(50~70%がキャリアー)	乾草(22℃)	20週(140日)

\*回復後 or ワクチン接種・感染後  
ウイルスキャリアーとなる個体が多い

## 宮崎県における今回の口蹄疫流行の経過

日本の口蹄疫の流行、侵入の歴史を見ると、1899年から始まって、かなりの規

模の流行を起こしてきましたが、当時の飼育方式が今のような高密度・大規模飼

育ではなかったためか、大流行に至ることなく収まっています。その後、1920年前後から戦前にかけては、すべて侵入直前に動物検疫所で食い止めていました。戦後は、動物検疫所でも感染動物が検知されない安定期が続き、2000年に92年ぶりに宮崎で発生して騒ぎとなり、それから10年後に今回の流行を迎えたわけです(表2)。

今回の宮崎での流行を振り返ってみましょう(表3)。公的には第1症例は4月19日、都農町の肉牛農家で、発熱、食欲不振、流涎、口腔部および舌の糜爛を疑った牛から始まります。動物衛生研究所に材料が送られて、陽性反応が出て、これは口蹄疫であるということで、4月20日から封じ込めが始まりました。

次いで川南町で2例目が出ました。4月

27日には口蹄疫がえびの市に拡大したのと同時に、川南町で牛ではなく豚での感染が判明しました。これが拡大の1つの原因になった可能性があります。5月に入り、13日に種牛の避難があって、22日から緊急ワクチンの接種が始まり、26日で一応終了します。

ここで大部分は収まるわけですが、6月に入って都城市、1日遅れて西都市、日向市、宮崎市でポツポツと陽性例が出ました。しかし、大きな流行を起こさずに終息して、7月18日にワクチン接種地域の移動制限を解除。7月27日にすべての移動制限が解除されました。結果としては、4月20日の1例目が確認されてから7月4日の最後の宮崎のケースまで、292例、発生は11市町で、殺処分頭数が28万8643頭という流行でした。

●表2 日本の口蹄疫侵入・流行

### 日本の口蹄疫流行・侵入の歴史

年	淘汰数	場所
1899	3頭	茨城(未確定)
1900	2322頭	東京、神奈川、埼玉、千葉、石川、岐阜
1901	628頭	東京、神奈川、兵庫、福島
1902	522頭	東京、神奈川、兵庫、新潟
1908	579頭	東京、神奈川、滋賀、京都、鳥取、島根、岡山、広島、北海道(未確定)
1919	424頭	動物検疫所(横浜、神戸、長崎で合計9回)
1920	20頭	動物検疫所(横浜、長崎で合計3回)
1921	538頭	動物検疫所(横浜、大阪、神戸、門司で合計20回)
1922	193頭	動物検疫所(横浜、大阪で合計12回)
1924	13頭	動物検疫所(敦賀)
1933	243頭	動物検疫所(門司)
2000	760頭	宮崎、北海道
2010	約29万頭	宮崎

●表3 宮崎県における口蹄疫の経過(2010年)

平成 22 年 4 月 19 日	宮崎県児湯郡都農町の肉牛飼養農家で発熱、食欲不振、流涎、口腔部および舌の糜爛発症牛 3 頭から採材、20 日 PCR 陽性（動衛研）
平成 22 年 4 月 20 日	宮崎県児湯郡川南町で 2 例目発生
平成 22 年 4 月 27 日	宮崎県えびの市で発生、川南町で豚に発生
平成 22 年 5 月 13 日	種雄牛 6 頭を避難
平成 22 年 5 月 22 日	緊急ワクチン接種開始
平成 22 年 5 月 26 日	緊急ワクチン接種完了
平成 22 年 6 月 9 日	都城市で肉牛に発生
平成 22 年 6 月 10 日	西都市、日向市で肉牛に、宮崎市で豚に発生
平成 22 年 7 月 18 日	ワクチン接種地域の移動制限解除
平成 22 年 7 月 27 日	すべての移動制限解除

4 月 20 日、都農町で 1 例目が確認されて以降、7 月 4 日の宮崎市まで 292 例発生。発生は 11 市町、殺処分された家畜は 28 万 8643 頭に及んだ。

### 今回の口蹄疫流行を教訓に策定した今後の事前対応策

今回の日本の対応を考えてみると、食の安全か食の安定供給かという問題を、明確に理解できなかったように思います。「人にうつらないから大丈夫だ」、「風評被害があるから情報を流すな」と、あまり正確な情報が伝わりませんでした。結果的に「食べても大丈夫」という以外のメッセージはほとんどなくて、気がついたら猛烈な勢いで拡大していたのです。

今後は、種牛のような貴重な資源に対してシェルターをどう確保するか、埋却、補償などを含め、流行規模に応じた対応プランを考えて用意しておく必要があると思います。国際感染症のリスク回避策、危機管理策、突破された時の対応を考えて作成したのがフェーズの1~6です(表4)。

口蹄疫の常在国で、家畜でのアウトブ

レイクが起こったら情報収集をする。少し離れた非常在国で流行が起り出したら、当該国から来る飛行便の乗客の足踏み消毒くらいはやっても損はないでしょう。もう少し近づいてきた時は、消毒薬の確保など、ウイルスが侵入した時の対応を始めなければいけないし、農家への立ち入り制限くらいは必要です。ごく近隣の国まで来た時は、もう明日来るかもしれないので、ワクチン株の確保、シェルターの確保など、臨時の演習、早期通報診断体制などをもう一度確かめる。あるいは小規模から大規模までの複数のリスクシナリオを考えておく必要があります。

ついに飛び込まれたという「フェーズ5」まで来たら、規模に応じて緊急ワクチンも今回のように接種しなければいけないし、サーベイランスも疫学調査も、場

合によっては自衛隊に協力を要請する必要があると思います。この辺は今度の法律でどこまで行けるか、検討の必要なところです。

もし3県以上で起こった場合は、畜産県の宮崎1県であるレベルですから、国内全体としての危機管理発動をして、生物学的なバリア（障壁）をつくるか、交通規制、人的移動規制、この辺もルールとして決めておきます。

重要なのは、喉元を過ぎて忘れてしまわないこと。リスクに応じてフェーズ

を、それぞれ上げ下げをすることが必要です。責任を持ったリスク評価機関の新設が必要かもしれません。今回の例を取れば、川南町で起こった時点でフェーズ1。えびの市や他の地域の場合は、フェーズ4から5のレベルまで対応ができています。同じウイルスの侵入であっても、フェーズの対応ができていれば、ウイルスに飛び込まれても、ある程度の流行で終わるし、準備不足のうちに飛び込まれると今回のようなことになるという気がします。

●表4 口蹄疫に学ぶ

**家畜感染症**

- ① 食の安全か？食の安定供給（安全保障）か？
  - ・口蹄疫は食の供給問題であったが、食の安全の観点からしか問題にならなかった。
  - ・風評被害を恐れるあまり、正確な情報が伝わらなかった。
  - ・食べて大丈夫という以外のメッセージがなかった。
- ② 家畜感染症にはヒトの感染症のような疾病分類がない
  - ・口蹄疫は人の感染症分類で言うなら1類に入る
  - 1類感染症への対応：隔離施設の確保（ハード、ソフト）  
貴重な資源の緊急避難用シェルター施設が必要？
- ③ 国際感染症のリスク管理
  - リスク回避策……予防対策
  - 危機管理策………突破された時の対応
  - ・WHOのインフルエンザパンデミックのように、国内で口蹄疫に関するフェーズの設定と行動規範が必要？

フェーズ1	FMD常在国でのアウトブレイク	情報収集
フェーズ2	欧州、米国等、非常在国でFMDがアウトブレイク	情報収集、当該国便の乗客の足踏み消毒
フェーズ3	中近東、東南アジアでFMDがアウトブレイク	情報収集、空港での消毒、消毒薬の備蓄
フェーズ4	近隣国（韓国、中国、台湾、フィリピン、ロシア）でアウトブレイク	情報収集、空港での消毒、消毒薬の備蓄、流行株ワクチン確保、隔離・シェルターの確保、早期通報、診断体制確認 リスクシナリオ（複数のケースを準備）
フェーズ5	国内1県で流行	移動禁止、搬出制限、交通制限、確定診断、淘汰、埋却、緊急ワクチン投与、サーベイランス、疫学調査、自衛隊への支援依頼、家畜経営保障体制、情報開示
フェーズ6	国内3県以上で流行	国内危機管理発動、生物学的障壁確保、交通規制、人的移動制限など

## 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1987年に主催して以来23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「食肉学術情報収集会議」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22年度は、21年度の牛肉の続編として、豚肉を取り上げ、品種改良による食味の向上、安定した価格など日々の食材として魅力的な豚肉にまつわる諸問題をさまざまな角度から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、「豚肉」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、本会議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 食肉学術情報収集会議（平成22年7月27日（火）於：乃木會館）



第2回 食肉学術情報収集会議（平成22年8月30日（月）於：青学会館）



第3回 食肉学術情報収集会議（平成22年9月24日（金）於：乃木會館）

# 2010年「食肉学術情報収集会議」出席者

---

五十嵐 脩	神奈川工科大学栄養生命科学科教授／お茶の水女子大学名誉教授
板倉 弘重*	茨城キリスト教大学名誉教授／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
小川 佳宏	東京医科歯科大学教授
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
川島 知之	(独) 農業・食品産業技術総合研究機構 畜産草地研究所 機能性飼料研究チーム長
喜田 宏*	北海道大学大学院獣医学研究科教授／人獣共通感染症リサーチセンター長
品川 邦汎	岩手大学農学部特任教授
柴田 博*	人間総合科学大学大学院教授／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
西邑 隆徳	北海道大学大学院農学研究院 食肉科学研究室教授
西村 敏英	日本獣医生命科学大学応用生命科学部教授
福岡 秀興	早稲田大学胎生期エピジェネティ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) 畜産技術協会 参与
三上 仁志	(社) 農林水産先端技術産業振興センター 顧問
宮崎 昭	二本松学院学院長／京都大学名誉教授
吉川 泰弘*	東京大学大学院農学生命科学研究科特任教授／北里大学獣医学部教授

(50音順／敬称略 太字は委員 \*：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

## (財) 日本食肉消費総合センター

田家 邦明	理事長
松本 隆志	総務部長
益森 信治	企画調整部長
中村 民夫	事務局長
古賀南加子	調査研究部長
藤本 賢治	会計課長
鹿内 留理	調査研究部

# Health & Meat '10

「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  
ホームページ: <http://www.jmi.or.jp>

### ご相談・お問い合わせ

e-mail: [consumer@jmi.or.jp](mailto:consumer@jmi.or.jp)  
FAX: 03-3584-6865

資料請求: [info@jmi.or.jp](mailto:info@jmi.or.jp)

畜産情報ネットワーク: <http://www.lin.gr.jp>



平成22年度 国産食肉情報提供体制・知識普及事業

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

食肉学術情報収集会議