

食肉の栄養・機能と健康 2017

「豚肉」礼讚!

おいしくて栄養・機能たっぷり、
健康・長寿に役立っています

食肉情報等普及・啓発事業企画委員会

座長

- ・ 上野川修一 東京大学名誉教授

委員

- ・ 板倉弘重 茨城キリスト教大学名誉教授
- ・ 喜田 宏 日本学士院会員／
北海道大学 人獣共通感染症リサーチセンター招聘教授
- ・ 清水 誠 東京農業大学教授／東京大学名誉教授
- ・ 柴田 博 桜美林大学名誉教授・招聘教授
- ・ 西村敏英 女子栄養大学教授／広島大学名誉教授
- ・ 松川 正 元農林水産省畜産試験場長
- ・ 宮崎 昭 京都大学名誉教授
- ・ 吉川泰弘 千葉科学大学教授／東京大学名誉教授

(五十音順／敬称略)

はじめに

公益財団法人日本食肉消費総合センターは、食肉に関する総合的な情報センターとして、消費者の皆様へ、「食肉の栄養・機能と健康に関する情報」を提供しています。

食肉の魅力はそのおいしさと栄養・機能ですが、近年では食肉の有用性について、新たな知見が発見されつつあります。今回は特に豚肉に関する研究成果を中心にとり上げてみました。

豚肉に多く含まれている各種の栄養・機能成分が、人の免疫作用の増強や、認知症の予防への効果が期待されています。

また、豚の飼料の研究と育種改良によって脂肪交雑の多い豚肉が作出できるようになり、霜降り豚肉の生産が実用化されました。

これはわが国独自の技術であり、農産物輸入自由化の趨勢の中で、霜降りが国産豚肉を守る、との期待がかかります。

欧米では脂肪の少ない赤身肉を指向した改良の結果、食味が低下してかえって豚肉の消費が低下したといわれています。

食肉の加工品といえば豚肉を原料とする伝統的なハム、ソーセージ、ベーコンを思い浮かべますが、今日では、牛肉を原料として、生肉に脂肪などを注入した脂肪注入加工肉や、肉片などを結着させて形を整えた成型肉がつけられるまでに加工技術も進歩しています。

読者の皆様へ、日々の食事で食肉を口にする時に、その味や栄養・機能には、本誌でご紹介したさまざまな研究成果が反映されていることを思い出していただければ幸いに存じます。

最後になりましたが、「食肉情報等普及・啓発事業企画委員会」にご参画いただいた諸先生方、ご指導ご後援いただいた農林水産省生産局、および本誌の編集・出版に助成いただいた公益社団法人日本食肉協議会の関係各位に厚く御礼申し上げます。

2018年3月

公益財団法人 日本食肉消費総合センター
理事長 田家邦明

はじめに 公益財団法人 日本食肉消費総合センター理事長 田家邦明 1
Prologue プロローグ 4

Section. **1** おいしさの追求

1 霜降り豚肉の開発について
家畜改良センター理事長 入江正和 6
霜降り豚肉は餌の違いでつくり出せることがわかり
エコフィードの普及・拡大につながりました

2 食肉加工品(加工肉) — 食肉製品・成型肉(牛脂注入肉) —
元日本食肉研究会会長/北海道大学名誉教授 服部昭仁 16
わが国独自の食肉製品製造技術を発展させた
付加価値の高い優れた製品です



Section.

2

栄養・機能の科学

1 ビタミンB₁による生体防御メカニズムと健康科学への展開

国立研究開発法人 医薬基盤・健康・栄養研究所 プロジェクトリーダー 國澤 純 …… 26

ビタミンB₁の欠乏は腸管の免疫システムに影響を与え生体防御機能が低下します

2 イミダゾールジペプチドの認知機能低下回避作用について

東京大学大学院新領域創成科学研究科准教授 久恒辰博 …… 37

摂取により血液中の炎症反応が改善されその結果脳血流の低下が回避されたことで効果

Section.

3

栄養・機能と健康寿命

1 日本人の世界トップレベルの長寿は陰っていく

桜美林大学名誉教授・招聘教授／日本応用老年学会理事長 柴田 博 …… 46

食の欧米化などではない！カロリー摂取量の低下による栄養不足が日本人の寿命上昇にブレーキをかけるでしょう

2 BMIと寿命・健康寿命

東北大学大学院医学系研究科教授 辻 一郎 …… 55

大規模コホート研究でわかった「肥満」の害より「痩せ」の害特にBMI 20以下の高齢者は低栄養に陥りやすい

Prologue.

プロローグ

いくつになっても健康で、介護など無縁でありたいと誰もが願っています。良質なたんぱく源である食肉は、長らく日本人の健康長寿に貢献してきました。中でもビタミンB1の宝庫である豚肉にスポットを当て、新しい知見をご紹介します。

牛肉ではなく豚肉の霜降り!? そうなのです。霜降りの銘柄豚肉が次々と誕生しているのです。しかも「軟らかさ、香り、ジューシーさが際立っている」と改良に携わった入江正和先生。脂肪含量もそれほど高くなく、ヘルシーさも兼ね備えているといいます。食品として使われなかったエコフィードを餌とするため環境にも優しいのです。

主に豚肉でつくられるハム、ソーセージや、生肉に脂肪などを注入した肉、肉片を結着させた成型肉を含めて加工肉と総称します。「牛脂注入肉、成型肉は日本の食肉製品製造技術に独自の工夫を加えた優れた製品です」と服部昭仁先生。利用頻度の低い食肉に付加価値をつける意味もあり、消費者の積極的な評価を期待したいと話されました。

最近、腸内環境と健康とのかかわりが注目されていますが、國澤純先生のプロジェクト研究で、ビタミンB1が欠乏すると腸管の免疫システムに影響し、生体防御機能が低下するとわかってきました。脚気にならないまでも、B1が不足すると風邪を引きやすく、感染症にかかりやすくなります。せっせと豚肉を食べて免疫力を高めたいものです。

豚肉の健康への貢献はまだあります。久恒辰博先生のグループが高齢者について行った試験結果から、豚肉に豊富なカルノシンや、鶏むね肉に含まれるアンセリンという成分を摂取すると、記憶や脳血流の低下を改善し、認知症を予防する可能性が高いことが明らかになったのです。

若い女性のダイエット志向もあり、日本人のエネルギー摂取量が終戦直後より少ないという驚きのデータがあります。このまま推移すると「北朝鮮より低くなる。栄養不足から日本人の平均寿命のランクは大きく後退するでしょう」と、柴田博先生は警鐘を鳴らします。大規模コホート研究でも「痩せ」の弊害が如実に表れています。「特にBMI20以下の高齢者は低栄養に陥りやすい」と研究にかかわった辻一郎先生。低体重の人ほど要介護リスクが高く、認知症になりやすいという結果が出ているのです。

言わずもなかもかもしれません。豚肉をはじめ食肉の持つ優れた栄養と機能が、健やかな体づくりにこんなにも貢献してくれていることを。改めて、豚肉礼讃!!



section

1

おいしさの
追求



1

霜降り豚肉の開発について

霜降り豚肉は餌の違いでつくり出せることがわかり エコフィードの普及・拡大につながりました



家畜改良センター理事長 入江正和

●「霜降り」というと和牛肉を思い浮かべますが、最近では霜降りの銘柄豚肉が増えつつあります。豚肉は霜降り化することで、軟らかさ、香り、ジューシーさなど食味は向上しますが、脂肪含量はそれほど多くなりません。霜降り豚肉は、品種改良だけでなく餌の違いでつくり出せることがわかり、エコフィードの普及・拡大を促し、結果的に国産豚肉の競争力の向上につながります。

1990年代の「EPA・DHA 豚肉」は機能性豚肉の走りでした

霜降り豚肉——専門的には霜降りのことを脂肪交雑と呼んでいて、一般的にはサシともいわれていますが、まず「霜降り豚肉の特徴」についてお話しします。そして次にわが国における「霜降り豚肉の歴史」をお話しして、以下「飼料による霜降り豚肉の生産」、「欧米における霜降り豚肉の動向」、「育種改良と新技術」について順に紹介したいと思います。

実は1990年代に、豚肉の品質を研究して

いる過程で、「EPA・DHA 豚肉」という脂肪酸を含んだ豚肉をつくり国際誌に投稿しました。機能性豚肉の走りだったと思います。そのころは、国内ではEPAやDHAなどの脂肪酸は魚を食べれば摂取できると、全く流行りませんでした。しかし20年たった今でも論文は参考にされていて、魚をあまり食べない海外の方々に、加工品などとして広く利用されているそうです。

霜降りにすると軟らかさ、香り、ジューシーさが向上します

右上の写真は、イベリコ豚の霜降り豚肉です(図表1)。右下の写真はわれわれが飼料によってつくった豚肉です。おいしさという個人的に差異があるので「食味」という言い

方をしますが、豚肉の食味を3つの要因から官能検査で評価します。

要因の1つはテクスチャー、これは軟らかさなどで、霜降りにすると機械評価的にも官

能評価的にも軟らかさがアップします。そして第2要因の風味では、香りが特に向上します。呈味成分についてはあまり変わりませんが、脂肪の質にも関係していて豚肉が「甘い」と感じます。そして第3要因の多汁性、つまりジューシーさが高まります。ジューシーさは肉汁の量に関係しているのですが、和牛と同様、脂肪も多汁性を感じさせる要因になっています。この3つの要因が高まり食味が向上するのが、霜降り豚肉の特徴です。

霜降りというとはやはり和牛ですが、最近改良された和牛は脂肪含量が多くなり過ぎていて、改良の方向性としては脂肪交雑を高めない方向に動いています。霜降り豚肉の場合はどうかというと、実は結構ヘルシーなのです。

牛肉の脂肪含有量を見ると、外国産牛肉の赤身の脂肪含量は大体10%未満、日本短角種でも10%くらいです。和牛のA3クラスで30%くらい、霜降りの多いA5クラスになると40%台、多いものでは50%を超えています。これらはロース芯の部分の脂肪含量です。

一方、霜降り豚肉はどうか。図表2はアメリカの豚肉の霜降りの基準ですが、数字1~6は実際のロース中の脂肪含量を%で示しています。豚肉の場合、脂肪含量が4%以上になると霜降りになりますが、10%以上のものは滅多にありません。欧米の赤身の豚肉は大体1~2%くらい、国産豚肉だと大体2~3%くらいで、脂肪交雑で有名なTOKYO-Xでも5%くらいです。

その他の食品中の脂肪含量を見ても、マグロのトロは30%、脂の乗ったサンマは25%

図表1 霜降り豚肉の特徴1 おいしくなる

食味に関する3要因がすべて高まる

- ① テクチャー：軟らかさと食感アップ
- ② 風味：香りが向上。
脂肪の質にも関係するが「甘い」
- ③ 多汁性：ジューシーさが高まる



図表2 霜降り豚肉の特徴2 実は結構ヘルシー

食品中の脂肪含量%	1.0	2.0
魚 トロ30、サンマ25		
大豆製品 豆腐4~5、納豆10		
牛乳 低1~2、普通3.5、高4		
チーズ プロセス 26	3.0	4.0
鶏肉(皮なし) むね1.5、もも4		
牛肉 外国産赤身肉 10未満 和牛A3クラス 30台 A5クラス 40以上		
	5.0	6.0
		

豚肉ロース中の
筋肉内脂肪含量%と
霜降りの見え方

くらいになります。そして大豆食品、豆腐でも4~5%、納豆でも10%くらいの脂肪が含まれています。牛乳でも低脂肪乳で1~2%、普通で3.5%、高脂肪乳で4%。つまり、高脂肪乳を100cc飲むのと、霜降り豚肉100グラム食べるのと同じ脂肪摂取量となります。チーズは26%。鶏肉の場合むねは1.5%くらい、ももが4%くらいですから、霜降り豚肉が結構ヘルシーということがわかっていただけたと思います。

品種の改良に留まらず餌の違いによる霜降り豚肉が次々と登場

次に、わが国の霜降り豚肉の歴史ですが、実際に TOKYO-X という銘柄の霜降り豚肉が出てきて、豚肉のおいしさを変えたといわれています。それまでは霜降りの豚肉はなくて、黒豚の肉が、それも赤身の肉がおいしい豚肉と考えられていました。

もともと日本で飼育されていた豚については、戦前は大型種に比べると体が一回り小さい中型種タイプの中ヨークシャーが飼われていましたが、近年は、特に発育のいい大型種のランドレースや大ヨークシャー、ハンブシャー、デュロックという品種が増えてきました。世界的にも3品種、ランドレース、ヨークシャー、デュロックが多く、かつ雑種が利用されるようになってきました(図表3)。

雑種は発育が早く、かつ丈夫という雑種強勢の現象が見られるために、今日、日本はもちろん世界的にも、雌系はランドレースと大ヨークシャーを掛け合わせたもの(LW)が多く使われています。これは多産系で、肉にしてもロースやバラがたくさんとれます。さらに雄系としては、以前はハンブシャーという白黒の帯がある豚が赤身系でももの張りがいいとして使われていたのですが、今はほとんど見かけなくなりました。代わってデュロック、茶色い豚が使われるようになりました。デュロックは肉質が良く、特に霜降り、脂肪交雑になりやすい品種として有名です。世界的にもこの3元交雑種(LWD)が主流になっています。

図表3 わが国における霜降り豚肉の歴史1

● 霜降り豚肉が、豚肉のおいしさを変えた！

- **戦前** 中型種(中ヨークシャー)の利用
- **近年** 発育の早い大型種・雑種の利用
 - ♀は多産で、胴伸びが良い大ヨークシャー(W)やランドレース(L)
 - ♂はハンブシャー(H)(赤身系)から肉質の良いデュロック(D)(霜降り系)へ以後、主流は3元交雑種(LW・D)
- **黒豚**(パークシャー。一時絶滅の危機時期) **拡大**
黒豚は **赤身系**(筋肉内脂肪含量が低い)
1994-1996年 筆者が霜降り豚肉提唱
- **1997年** 遺伝的な **TOKYO-X** が登場
その後、しもふりレッド(宮城)など
- **2000年** 飼料による霜降りブランドが登場
蔵尾ポーク(滋賀)をはじめとして、
犬鳴ポーク(大阪)、京都ポーク(京都)、
雪姫ポーク(兵庫)、観音池ポーク(宮崎)など 多数


中ヨークシャー


♀: ランドレース


♀: 大ヨークシャー

×


♂: ハンプシャー


♂: デュロック

→


♂: パークシャー


TOKYO-X

● 実は国際的に有名なイベリコ豚も金華豚も霜降り

北京黒豚 × パークシャー × デュロック

そしてパークシャー、これは黒豚のことです。一時期絶滅の危機に瀕していましたが、経済発展に伴うグルメブームとともに消費も拡大して、パークシャーは全品種の2割を占めるまでになりました。おいしい豚なのですが、デュロックやLWDに比べると赤身系で、脂肪交雑は2%くらいしかありません。1990年代半ば、このころは、国内には霜降りの豚肉はほとんどありませんでした。私は1994～1996年の3年間、つくばの会議などで霜降り豚肉をつくろうと提唱しましたが、研究者の半分くらいが異議を唱え、半分くらいが賛成であったことを記憶しています。

1997年、東京都の畜産試験場がTOKYO-Xをつくりました。北京黒豚と肉質のいいパークシャー、そしてサシの入るデュロックを掛け合わせてつくりました。遺伝的に脂肪交雑が入りやすいものを系統としてつくり上げたものです。このころは黒豚がブームになっていて、黒豚の大家が「脂肪交雑なんか——」というような話をされていたのですが、実際に食べてみると、食味が良くて、これは増えるかと予想されていました。その後、宮城県でつくったデュロックの系統の「しもふりレッド」が出てきました。この時には私も肉質の評価

で参画しています。

2000年になると、品種改良に留まらず、餌による霜降りブランドが登場してきました。例えば滋賀県の「蔵尾ポーク」は全国の食肉展の銘柄豚の食べ比べ大会で2度チャンピオンを獲得しています。予選から出てきた10銘柄の豚肉を消費者が食べて投票するもので、実は今年もチャンピオンになっています。

そして「犬鳴ポーク」。これは、もともと非常に品質が悪かったものを、エコフィードを使いながら改良していった良くなったものをブランド化したもので、特に大阪の近隣地域で食味のいい豚肉として流通しています。「京都ポーク」も、生産者は少ないですが、京都の一流料亭に行くと豚肉は大体京都ポークだと聞いています。やはり霜降りでおいしいと定評があります。

また、兵庫県の「雪姫ポーク」。兵庫県は神戸ビーフが有名ですが、豚肉でも県とともに霜降りの「雪姫ポーク」をつくり上げました。そして宮崎の「観音池ポーク」、これらすべて私も何らかの形で関係していますが、実際にできた豚肉は、それぞれ好評を博しています。ただし、生産量が少ないので、認知度をさらに上げるにはまだまだこれからです。

エコフィードの普及・拡大は結果的に国産豚肉の市場競争力をアップ

次に、餌によって霜降り豚肉ができることがわかるまでの経緯についてお話しします。

霜降り豚肉は、飼料の栄養成分を変化させることによって作り出せることがわかり、

それがエコフィードの普及・拡大につながりました。エコフィードとは日本語の造語で、食品由来飼料、食品として利用されなかったものを餌化したものです。エコフィードの普

図表 4 わが国における霜降り豚肉の歴史 2

● 飼料により霜降りにできることがわかった！ ● 霜降り豚肉がエコフィードの普及・拡大に大きく寄与した！

● 残飯養豚の衰退原因

①肉質の悪さ、②飼料の扱いにくさ、③環境問題 など

1995	ブレ研究会の発足 安かろう、悪かろうの肉 → 出荷禁止!? 3軒の農家、肉屋で解体、肉の観察。
1996	第1回肉質研究会(以後年2回) 共進会やめ、お祭りでなく、実践重視。日ごろの豚を出荷。肉質調査。飼料調査。
1997-1998	軟脂(低品質)改善に成功 ← (学会賞受賞技術を応用) 酸化油脂を含む飼料、動物性飼料を避ける、廃棄パンなどでんぷん質を含むエコフィードを多給。 →脂肪の質(香り、テクスチャー)、脂肪交雑の向上 安価な飼料を利用して肥育期間の延長 →肉の多汁性、脂肪交雑の向上 1軒1軒農家の実態に応じて細かな技術指導。技術はオープン。
1999-2000	配合飼料並みの価格に どの農家が大坂市場のトップになるか、競争期。
2000-2002 (年)	ついに配合飼料を超える! エコフィードによる霜降り豚肉の革新的技術。 →見栄え、軟らかさ、風味、多汁性の向上

(2003 参考 新聞 山崎パンが年10万トンを超える廃棄パン処理対策として東大と組みメタン発酵研究へ→現在はほとんどがエコフィードとして販売)(Food Action Nippon アワード、全国イノベーションネットアワード、環境賞などを受賞!)

及・拡大は、結果として、安価な輸入豚肉が大量に入ってくる現状で、飼料費を下げ、飼料自給率を上げ、さらに霜降り化することによって、国産豚肉を守る1つの有効な手段になることを実証しています(図表4)。

もともと、戦後から始まった残飯養豚がわが国の養豚拡大の始まりといえると思います。これも一種のエコフィードですが、残飯は水分が多くて扱いにくく、それを与えた豚は肉質が悪い、つまり主に軟脂の発生があり、そして加熱調理すると臭いが出るケースがあるという問題点がありました。それでも肉質が悪くても安価なため経営が成り立っていました。

ところが、1995年に全国2大市場の1つ大阪食肉市場が、「安い豚肉なら輸入肉もある。安い・悪い豚肉はいらない」と出荷抑制を命じました。危機感を抱いた3軒の畜産農家が集まり、肉質改善のための研究会を立ち上げます。私が呼び出されて、以後、肉質調

査や餌の成分調査を行い、肉質と餌の関係を実践重視で研究・改善を行ってきました。

その間、私自身が学会賞を受賞した軟脂豚改善技術もあって、2年くらいで成果が出てきました。餌によって脂肪質が大きく変わり、軟らかい脂肪=軟脂(低品質)の改善に成功しました。

それだけではなく、飼料と肉質についても実践で確かめていきました。まず酸化油脂を含む飼料をやめました。そして動物性の餌、これは魚粉のほかにもいろいろなものが入っていたのですが、これもできるだけ避けました。当時は、魚粉は配合飼料に普通に入っていたので、これを避けることは、たんぱく質のアミノ酸バランスからいとなかなか勇気のいる決断でした。

そして、注目したのが廃棄パンです。当時、パンが非常に余っていて、大手パン会社は年間10万トンを超えるパンを廃棄しており、2003年のある新聞報道によると、大学

と共同で廃棄パンを使ったメタン発酵について研究を始めていました。われわれはそのころ、廃棄パンを使って霜降り豚肉の生産に成功しており、これが全国に普及し、現在では廃棄パンのほとんどがエコフィードとして利用されるようになっていきます。

これら試行錯誤を繰り返しながら研究を進めて脂肪交雑、いわゆる霜降り豚肉ができるようになり、この結果、肉質も大きく向上しました。エコフィードで生産された豚肉は1999年から2000年には配合飼料給与豚肉並みの価格になって、2000年から2002年にはエコフィード給与豚肉が配合飼料給与豚

肉の価格を超えました。そのうち「蔵尾ポーク」は15年以上大阪市場に出荷されていますが、枝肉の値段は高く、単価が1000円/kgを超えることもあり、牛肉並みの単価で現在も取引されています。

エコフィードの話をもう少ししますと、養豚の生産費の大体6割は餌代です。飼料の大半8割くらいは輸入穀類ですから、餌代が非常に高くかかります。新たなエコフィード養豚では、個々に残飯を処理するのではなくて、飼料化工場などで集中処理をして、取り扱いやすくしており、衛生的で臭いの発生も抑えています。

図表5 わが国における霜降り豚肉の歴史3

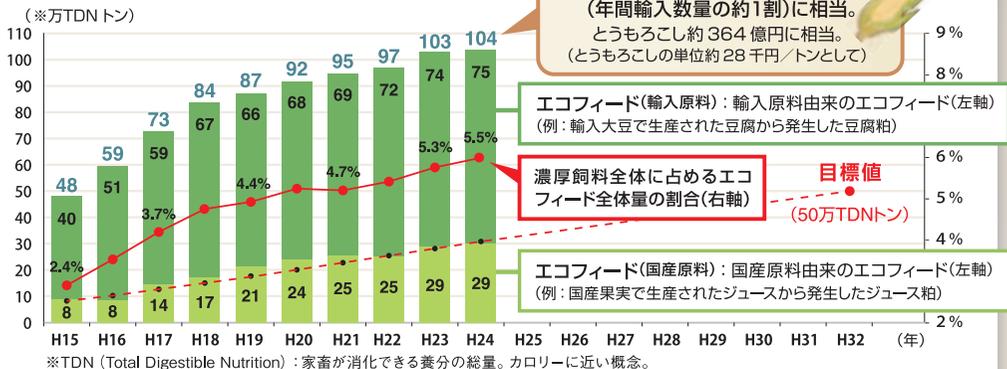
● 霜降り豚肉がエコフィードの普及・拡大に大きく寄与！

- ・生産費の6割は飼料費、しかもそのほとんどが輸入穀類→食糧自給率を下げる原因。
- ・エコフィード(食品残渣)利用の問題は肉質にあった。

養豚農家の食品残渣飼料利用への不安(2006年淡路)

食品残渣を利用した場合の問題	軟脂	風味悪化	肥育期間延長	疾病など衛生問題	生ゴミ給与の負のイメージ	豚舎の臭いの悪化	糞の性状変化による諸問題	計 (%)
積極派	69 (76.7)	42 (46.7)	32 (35.6)	44 (48.9)	26 (28.9)	22 (24.4)	15 (16.7)	90 (100)
消極派	34 (68.0)	24 (48.0)	19 (38.0)	20 (40.0)	3 (6.0)	16 (32.0)	6 (12.0)	50 (100)

エコフィードの利用の経時的変化



飼料メーカーの動き 主に反対だったが、飼料高もあり、積極的活用へ

エコフィードの使用は現在順調に伸びていて、その量をトウモロコシに換算すると130万トン(年間の穀類輸入量の約10%)くらいになり

ます。われわれは、食料として食べる4分の1を廃棄しているといわれていますので、まだまだ伸びる余地はあると思います(図表5)。

「アミノ酸バランス法」で余分な脂肪をつけずに筋肉内脂肪を高める

餌によって霜降り豚肉をつくる方法は3つあります。1つは「低たんぱく質法」、2つ目が「低リジン法」、そして、3つ目が「アミノ酸バランス法」です(図表6)。

低たんぱく質法は、1994年から1995年にかけて提唱された方法で、低たんぱく質飼料で豚を飼うと筋肉内脂肪ができるという報告がされています。人でもたんぱく質が不足すると脂肪肝になりますが、それと同じ理屈ではないかといわれています。しかし、この方法では発育と肉量が著しく低下してしまっ、実用化は困難でした。

次に、低リジン法。これは1996年に海外で発表されたのですが、2005年には国内で論文が発表され注目を集めました。研究が進

められた結果、実際には発育と肉量の低下の問題が解決できず、こちらも実用化には至りませんでした。

そして、アミノ酸バランス法です。パンを与えることによってサシが高まる、霜降りになることはわかっていたのですが、それは低たんぱく質だからでも、低リジンだからでもありませんでした。その理由は何か、まだはっきりしたメカニズムがわかっていないのですが、アミノ酸の比率が関係することがわかり、アミノ酸バランス法と名付けました。

どういうことかという、魚粉や動物性たんぱく質の餌は与えないと言いましたが、穀類自体はリジン、メチオニンが主に不足していますから、通常配合飼料には、合成のもの

図表6 飼料による霜降り豚肉の生産3つの方法

<p>1. 低たんぱく質法</p>	<p>1994,1995年 低たんぱく質飼料で豚肉内の筋肉内脂肪ができるという報告。ヒトなどにおいてたんぱく質が不足すると、脂肪肝が発生するのと同じ? しかし、この方法では、発育と肉量の低下が著しく、実用化は困難。</p>	<p>同じきょうだい豚でも2カ月間の飼料の違いだけでこのように差ができる</p>
<p>2. 低リジン法</p>	<p>1996年 低リジン飼料たんぱく質で豚肉内の筋肉内脂肪ができるという報告。2005年 国内で論文発表。以降、注目され、研究が進められ、多くの機関も追試したが、発育と肉量の低下の問題が解決できず、実用化に至らず。</p>	
<p>3. アミノ酸バランス法</p>	<p>筆者らはパン多給で霜降り豚肉になることを報告していたが、その過程で①、②の方法と混同された。しかし、アミノ酸のバランスが重要であることを示し、推奨法として、中リジン/高たんぱくを提唱した。発育、肉量問題が解決し、普及中(背脂肪はわずかしが増加しない)。メカニズムはこれから(NMR-MSなどを用いてメタボロミクス解析)。</p>	



を添加しています。しかしそれも添加しなかったことが、かえって良い結果を生んだのではないか。しかもエコフィード自体は人の食べる物で、基本的には高たんぱく質です。試行錯誤を繰り返し、リジンの量を豚の適切な量にして高たんぱく質にしました。これがアミノ酸バランス法です。

図表6の写真はきょうだいの豚ですが、2カ月間でこれだけの差ができました。われわれは明らかに他の現象とは異なっているために、この方法をアミノ酸バランス法と呼び、普及もさせていますが、現在でもいろいろな角度から解析し検証を重ねています。

具体的な試験の一例を示します。その餌は肉豚にとって栄養要求量を少し上回る16%程度の高たんぱく質にします。通常は13%くらいですから、わずかな増量で、16%というレベルは子豚の発育に必要なたんぱく含量くらいです。リジン量は普通の要求量にしています。高たんぱく質と中程度のリジンの試験グループと、高たんぱく質・高リジンの対照グループに分けてその発育状況を見ました。もちろんその他の栄養バランスはきちんととっています。豚は肥育期では1日に1kg

くらい太るのですが、アミノ酸バランス法を適用している中リジンのグループと、対照の高リジンのグループに発育差はなく、ともに順調に発育しています。

そして脂肪厚に関しても、背脂肪の厚さを測ってみるとほとんど変わりません。背脂肪の厚さを測るのは、豚の脂肪量を見る代表的な計測法で、背脂肪が厚くなると余分な脂肪が増えたことになります。また、カロリー調整はせず総カロリーが同じになるようにしています。飼料の素脂肪含量を高めると豚の背脂肪が少し厚くなるという結果になっていますが、筋肉内脂肪含量のほうはあまり変化がありません。

次に、実際の筋肉内の脂肪を見ます。アミノ酸バランス法のグループは、明らかに増えているのがわかりました。筋間脂肪（筋肉と筋肉の間の脂肪）は変わらず、余分な脂肪がつかずにロース内に入る脂肪だけが高まっているのがわかります。そして、脂肪の質についても、オレイン酸が若干高まる傾向もありました。このように、アミノ酸バランス法では余分な脂肪をあまりつけずに筋肉内脂肪を高められることがわかりました。

霜降りはおいしさの評価だけでなく赤肉の品質でも輸入肉に差をつけます

最後に、霜降りが国産豚肉を守るというお話を、もう少し付け加えます。

1990年以前におけるアメリカの脂肪交雑の基準で示されていたのは、サシが入るとだめで赤身が良いとされて、健康志向から霜降

りは排除されていました。その結果どうなったかというと、食味が低下してかえって消費が減ってしまったのです。そこでアメリカは、2001年に脂肪交雑の基準をつくり変えて、1%はだめで、霜降りが入る2~4%あ

たりが良いと方向転換しました。ヨーロッパも同じような状況でした。

ところが、実際には売れなかったのです。少しでもサシが入っていると買わないのが欧米の消費者で、ブラインドテスト（目隠し試験）で焼いて食べてもらおうと、確かにサシが入っているほうがおいしいと評価されるのですが、売り出すと売れない。その結果、現在も赤身が売られていて、研究者はジレンマを感じている状態です。実は、赤身で发育の良いものは、遺伝的に低品質肉が発生しやすく、赤肉の品質でも差がつきます。霜降りと赤身肉の品質の良いことが、国産豚肉を守る重要なポイントではないかと考えています。

家畜改良センターでは、平成27年度の農林水産省の家畜改良増殖目標に従って、特徴ある肉質の豚肉をつくることを掲げていて、特にデュロック種については筋肉内脂肪、つまり霜降りを上げようと目指しています。実際に家畜改良センターでつくられているデュ

ロックについては、脂肪交雑を中心に育種改良し、現在、筋肉内脂肪含量は6.3%くらいのものでできていて、結構人気が出ています。現在はゲノム解析も入れて、超音波法なども併用しながら改良を進めているところです。

まとめとして、いくつかを個条書きにしました（図表7）。

豚肉の霜降り化は食味を向上させます。ただし食味の向上に必須ではありません。黒豚のように赤身の良さもあるし、一方霜降りの良さもあります。霜降り化しても、脂肪量はそれほど多くなりません。大体4～5%で十分だと思います。霜降り豚肉ブランドは、東京ではまだTOKYO-Xくらいしかありませんが、関西では増えつつあります。そして、エコフィードの普及・拡大にも貢献しています。

飼料による脂肪交雑形成メカニズムの詳細はこれからの研究課題で、ヒトの肥満研究に通じる可能性もありますので、非常に興味を持っています。

図表7 まとめ

- 豚肉の霜降り化は食味を向上させる。(ただし、食味の向上に必須ではない)
- 霜降り化しても脂肪量はそれほど多くなりません。
- 霜降り豚肉ブランドが増えつつある。
- 飼料による霜降り豚肉の生産がエコフィード普及に大きく貢献。(アミノ酸バランス法推奨)
- 欧米では霜降り豚肉の普及に失敗しており、わが国では国産品の差別化対策として利用できる。
- 飼料による脂肪交雑形成メカニズムの詳細はこれから。(ヒトの肥満研究にも通じる可能性も)
- 豚肉の脂肪交雑基準や、流通で筋肉内脂肪含量を迅速に測定できる光学的測定法など、応用に向けた研究が着実に進みつつある。

■ 討議の抜粋

(敬称略)

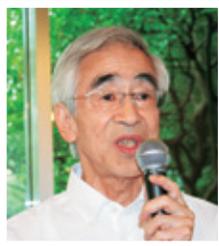
- 西村** 霜降り豚肉の特徴として、脂肪が甘いことを示されました。どのような物質が甘みに寄与しているのか教えてください。
- 入江** はっきりとはわかっていません。さまざまな香り成分がたくさんあると思うのですが、牛肉の世界でも、オレイン酸が高いほうが甘い香りがします。牛肉ではラクトンよりも、むしろオレイン酸のほうが、甘い香りと相関関係が高かったので、豚肉でも多分オレイン酸が遊離した状態で変化してって、さらにほかの物質も含めて甘い香りになるのかと思います。
- 松川** 記憶が不確かなのですが、豚肉がおいしくなったのは、ちょうど牛肉の輸入が自由化された時期と一致しているような気がします。豚の生産技術に詳しい方に聞いたら、豚肉がおいしくなったのは脂がひとつより増えたからと言われました。その理由は、と畜時の体重が増えたせいなのか、あるいは、日本人は伝統的に牛肉でも魚でも脂の乗った食品のほうがおいしいと感じるわけで、意図的に改良しようとする動きがあったのかどうか、その辺はいかがでしょうか。
- 入江** 答えとしては、後者です。もともと日本人は脂が乗っているものが好きだと思います。日本と欧米の格付には違うところがあって、日本では背脂肪の厚さなど脂肪の乗りが低すぎると格付が下げられますから、それが豚肉の脂の乗りを守ってきたのではないかと思います。欧米の場合は完全に赤身志向で、どちらかというと脂が薄いほうがいいという話になります。
- 松川** ヨーロッパの場合は、成長曲線が鈍らないうちにと畜するので、脂が極めて少ないと考えていいのでしょうか。
- 入江** 体重、月齢が増すにつれて脂は乗ってきますから、それも当然あります。われわれがよく食べている加工品はデンマークの豚肉が多いのですが、デンマークは大体5カ月齢くらいでと畜していますので、見た感じは色が淡くて、脂の量も少ないです。でも欧米でも、特にイギリスは、日本と同じように115～120kgと大きくするケースもあるので、そういう豚は脂の乗りがあるのかもしれない。
- 上野川** 皮下脂肪という厚い脂肪層と、筋間、繊維の間のできる脂肪では、でき方が違うのでしょうか。
- 入江** 違います。筋間脂肪、皮下脂肪、そして筋肉内脂肪あるいは内臓脂肪、それぞれ栄養の与え方によってその付き方が変わってきます。
- 上野川** 霜降り肉は、例えばしゃぶしゃぶなどに使われることが多いのですか。
- 入江** しゃぶしゃぶでもとんかつでも非常においしいです。食べ比べてみると、豚肉の場合は、筋肉内脂肪含量が2%違えば大体どなたでも味の違いがわかると思います。牛肉の場合は2%の違いだと全くわかりません。

● いりえ・まさかず

昭和29年兵庫県生まれ。京都大学農学部畜産学科卒業、同大学大学院を経て大阪府農林大学技術センター研究員として奉職。その後宮崎大学農学部教授。平成26年近畿大学生物理工学部教授。今年4月から独立行政法人 家畜改良センター理事長。専門は家畜、家禽の栄養、繁殖、生理、肉質と幅広い。さまざまな学会で役員を務める。

2 食肉加工品（加工肉）—— 食肉製品・成型肉（牛脂注入肉）——

わが国独自の食肉製品製造技術を 発展させた付加価値の高い 優れた製品です



元日本食肉研究会会長／北海道大学名誉教授 **服部 昭仁**

●一般的に「加工肉」というとハム、ソーセージ、ベーコンを思い浮かべますが、生肉に脂肪などを注入した脂肪注入加工肉や、肉片などを結着させた成型肉という、外見からは生鮮食品の肉類と区別しにくいものも含めて加工肉といっています。加工肉には、特に保存方法の表示や、必ず加熱して食べるようにという表示が義務付けられています。

「食品衛生法」の目的は食品の安全性を確保し健康を保護すること

今日は、加工肉、成型肉についてお話しします。成型肉に関しては外食産業を中心にした優良誤認の問題などが話題となりましたが、社会的にはまだよく知られていないようです。今日は、加工肉にはどのようなものがあるのか、それらはどのように扱われているのか、安全性はどのように担保されるのかについて具体的にお話しいたします。

まず、「加工肉」をインターネットの日本大百科全書（ニッポニカ）で調べると、要は、加工処理されていない「生鮮食品」の「肉類」とは区別されるということです（図表1）。

食肉加工品、加工肉に関する法規には、大きく分けて食肉加工品そのものに関連する法規と原料肉に関連する法規があり、それぞれ

図表 1 加工肉の定義（日本大百科全書（ニッポニカ）の解説）

- 加工処理された肉製品。国の品質表示基準では、「加工食品」の「食肉製品」に分類され、加工処理されていない「生鮮食品」の「肉類」とは区別される。ハム、ソーセージ、ベーコンなどのほか、生肉に脂肪などを注入した脂肪注入加工肉や、肉片などを結着させて形を整えた成型肉など、外見からは生鮮食品の肉類と区別しにくいものも含まれる。
- 名称、原材料名、保存方法などの表示が、製造業者に義務づけられており、脂肪注入加工肉や成型肉などについても、卸売りや小売りの際には、加工肉、脂肪注入加工肉、成型肉などの表示が必要である。

いろいろな法律が定められています。前者の代表的なものは「JAS法」と「食品衛生法」で、中でも最も基本となる食品衛生法は、昭和22年に制定されました。

その目的は「食品の安全性の確保のために公衆衛生の見地から必要な規制その他の措置を講ずることにより、飲食に起因する衛生上の危害の発生を防止し、もって国民の健康の保護を図ること」です。腐敗・変敗、有毒・有害、不衛生な食品の販売を禁止し、さらに、このような食品が販売されることのないように、さまざまな基準が設けられています。

食肉および食肉加工品の分類は、平成5年に厚生省からの見解として出されたもので、食品衛生法上、図表2のように区分されています。生鮮食肉と食肉加工品(半製品)は、食肉含有率が50%以上のもので加熱調理した後に食するものです。それに対して、食肉製品は4つに分類されていますが、ハム・ソーセージ・ベーコンなど、既に加熱調理あるいは乾燥が施されていてそのまま食べるものと位置づけられています。

さらに食品衛生法では、食肉製品の製造業

図表2 食肉加工品の分類

食肉および食肉加工品は、食品衛生法上、次のとおり区分されている

- 食肉(生鮮食肉)、食肉加工品(半製品)
煮る、焼くなどの調理をした後に食するもの
- 食肉製品(ハム・ソーセージ・ベーコンおよびこれらに類するもの)
そのまま食することができるように製造されたもの
- その他食肉を含む加工品
そのまま食することができるように製造されたものと、煮る、焼くなどの調理をした後に食するもの

者は、食品衛生法に基づき営業許可・資格が必要な業種で、営業許可基準は都道府県の条例で定められています。また病畜などの販売を禁止し、「と畜場法」によって厳格な規制が行われ、食用できるかどうか検査をしています。

表示については、平成27年4月に「食品表示法」および「食品表示基準」が施行され、「食品衛生法」「JAS法」「健康増進法」に基づいて、表示に関する基準が定められています。

食肉製品は、法的な基準・規格に守られて安全性が確保されています

食肉製品についてもう少し詳しく説明します。ハム・ソーセージなどの食肉加工品を「食肉製品」と呼んでいます。製造方法の違いによって4つに分類されています。1つは加熱食肉製品、2つ目は特定加熱食肉製品、さらに非加熱食肉製品と乾燥食肉製品に分かれています。

食肉製品の規格・基準の考え方は、微生物の増殖、変色、脂質の酸化などによる劣化を

防ぎ、栄養学的な価値、品質、安全性を保持することです。そのため「食品衛生法」では、微生物の増殖を抑制するという観点から、それぞれについて原料肉の状態、あるいは食品添加物の使用量などの成分規格から、製造工程での温度条件、保存条件など、細かく基準が定められています。実際、食肉加工品はほとんどの場合、冷蔵または冷凍で保存されています。

加熱食肉製品は最も一般的な食肉製品で、加熱することで微生物の増殖を抑えます。中心部を63℃で30分以上加熱します。ロースハム、ソーセージなどがこれに含まれます。

特定加熱食肉製品は、代表的なものはローストビーフで、加熱食肉製品より加熱条件がやや穏やかで微生物の増殖を抑制する製品のことです。中心部の温度を63℃、30分加熱する方法、またはこれと同等以上の効力を有する方法以外の方法による加熱殺菌を行った食肉製品と定義されています。

非加熱食肉製品は、加熱によるたんぱく質の熱変性を避け、水分活性あるいはpHを下げて微生物の増殖を抑制する製品で、生ハム、ラックスハムあるいはセミドライソーセージなどがこれに分類されます。乾燥食肉製品は、乾燥によって水分活性を下げ、微生物の増殖を抑制する製品です。

これら4つに分類された製品には、成分規格、製造基準、保存基準が定められていて、それぞれの規格（基準）に対して一般規格（基準）と個別規格（基準）に分かれています。

例えば、成分規格の一般規格では、食肉製品は1kgにつき0.07gを超える量の亜硝酸根を含有してはならないとあります。個別規格ではさらにそれぞれの製品について、例えば大腸菌群などの残存する微生物の量がいくら以下でなくてはならないという規格が定められています（図表3および図表4）。さらに、食肉製品の保存基準も一般基準と個別基準に分かれています。

いずれにせよ、食肉製品に関しては、ある意味、法的にがんじがらめになっていて、事業者が勝手につくることは許されない。こういう基準、規格に基づいて製造する限り、安全性は確保されています。

図表3 食肉製品の成分規格

(1) 一般規格 亜硝酸根:0.07g/kg以下

(2) 個別規格		E.coli	大腸菌群	黄色ブドウ球菌	サルモネラ属菌	クロストリジウム属菌	リステリア・モノサイトゲネス	水分活性
乾燥食肉製品	陰性							0.87未満
非加熱食肉製品	100/g以下			1,000/g以下	陰性		100/g以下	
特定加熱食肉製品	100/g以下			1,000/g以下	陰性	1,000/g以下		
加熱食肉製品 (包装後加熱)			陰性			1,000/g以下		
加熱食肉製品 (加熱後包装)	陰性			1,000/g以下	陰性			

※食肉には特段の菌数規格が設定されていない。

図表 4 食肉製品の製造基準・個別基準

乾燥食肉製品

- a. 燻煙または乾燥は、製品の温度を 20℃以下もしくは 50℃以上に保持しながら、またはこれと同等以上の微生物の増殖を阻止する(E.coli 陰性)ことが可能な条件を保持しながら水分活性が 0.87 未満になるまで行わなければならない。
なお、製品の温度を 50℃以上に保持しながら燻煙または乾燥を行う場合にあっては、製品の温度が 20℃を超え 50℃未満の状態の時間をできるだけ短縮して行わなければならない。
- b. 燻煙または乾燥後の製品の取り扱い、衛生的に行わなければならない。

生肉と勘違いしやすい「成型肉」は警告表示が必要となっています

次に加工肉の中でも、成型肉・脂肪注入加工肉についてお話ししたいと思います。日本大百科全書では、次のように説明しています。

「数百の細かい噴射針で牛の脂肪や食品添加物を注射するインジェクション加工が施されている。飼育方法により霜降り状態とした食肉に似ていることから霜降り加工肉とも呼ばれる。また成型肉は、生肉、脂身、横隔膜などに添加物などを加えて結着処理をしてつくられる。このほか、針状の刃によって筋や繊維を切断するテンダライズ処理された肉、調味液を浸透させるタンブリング処理された肉などもあり、外見から加工肉であると判断することは難しい。この種の加工肉の多くは外食産業向けであるが、一般消費者向けに販売されているものもある。加工処理により表面に付着していた菌が内部に入り込んだり、添加物にアレルギーが含まれていたりすることもあるため、表示を確認し、十分に加熱してから食べる必要がある」。

一方、国の規制はどうなっているかというと、法的にきちんとした規制は見つかりません。食品表示法に関連して消費者庁で出している Q&A (抜粋) によると、成型肉あるいは牛脂等注入加工肉は、こう定義しています。

「成型肉とは、牛の生肉、脂身、横隔膜などに酵素添加物や植物たんぱくなどを加えるなどして人工的に結着し、形状を整えたもの。成型肉、結着肉、圧着肉ともいわれる。牛脂など注入加工肉は、インジェクションという注射針が針山のような機械によって牛肉や豚肉に注入し、人工的に霜降り状の肉質に変化させ、形状を整えたもの。『インジェクション加工肉』『牛脂(馬肉)注入加工肉』などとも呼ばれている」。

これに対して食肉業界では、成型肉・脂肪注入加工肉について社会通念上は、「形を整えた肉」の意味で用いています。狭義では、「肉片などを寄せ集め、結着成型し、1枚のフィレ肉のように加工した肉」で、結着した肉という意味で使うことが多いようです。さら

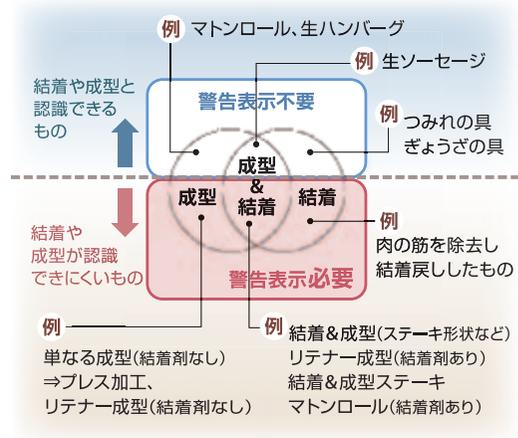
に転じて「インジェクション」「タンブリング」「テンダライズ」「マリネード」などの加工処理した肉も含めて「成型肉」と、現在は呼んでいるようです。

では、「成型肉」という名前はいつごろから使われているのかというと、1991年の牛肉の輸入自由化よりさらに10年前の1981年（昭和56年）、当時の公正取引委員会が「『成型肉』に関する表示の徹底」と題する要望書に関連業界5団体に通知しています。ここで「成型肉」という名前が出てきました。

この要望書は「優良誤認」抑制のために出されました。成型肉の場合はその旨明記して、使用部位については種類名を表示すること、成型年月日を表示すること、輸入肉である場合はその旨を記入することなどと書かれています。

現在、成型肉は4つに区分されて流通しています。まず、結着剤などを使用せず、単にリテナーに入れて形状を整えたもの。次に、部分的に結着剤を使用したもの。それから、小片肉やスライスした肉を寄せ集めて結着剤

図表5 成型肉の区分概念図



を使用して形にしたもの。さらには調味液（ピクル）を浸透させたものがあります。マリネード（液漬け）したのものには、自然浸透させたものと、タンブリング（機械的な浸透）によって調味液を製品の内部まで浸透させたもの、さらにはインジェクション（機械式注入）するものに分けられます（図表5）。結着や成型が認識できにくいもの、すなわち生肉と勘違いしやすいものは警告表示が必要となっています。優良誤認の表示の問題は、後でもう少し説明します。

インジェクション加工するメリットは、第一に風味・食感の改善

まず、単に形状を整えたもの、結着剤未使用の代表的なものは、羊肉をカットしたものをロールにして、それをスライスしたマトンロールです。特に北海道のジンギスカンは夏の風物詩ですが、一般的にはマトンロールを使っています。加熱するとバラバラになるという特徴があります。ケーシングに詰めて、

ケーシングチューブのまま冷凍流通します。

硬いスジを除いて、その部分を結着剤でつないで、あたかも1枚のサーロインステーキのように見せる成型肉、さらには、小片になったスライス肉を寄せ集めて結着材を使用して成型するのは、部分的に薄い肉、あるいは硬いスジが多い場合の製造法です。表面

のスジ引きをして、結着剤で何層も積み重ねて、それをスライスして商品化します。

その1つの例が、スライスしてスジを除き、その上で結着剤を使ってあたかも1つの肉塊のようにケーシングに詰めた結着成型ポーションです。肩肉のスジを除去して、赤身肉だけで結着成型した、スジなしステーキポーションになります。

さらには、調味液を浸透させたものがあります。浸透させるために用いるタンブリングというのは、ドラムのようなタンクに入れて内部で回転させると、肉片は上に持ち上がって下へ落ちるので、その時の強い力が調味液を内部まで浸透させます。タンブリングは、成型肉だけでなく、加熱食肉製品をつくるうえでもロースハムなどで一般的に使用されている方法です。

さらに、調味液を浸透させるにはインジェクション、つまり機械的に針で調味液を注入する方法があります。まず、ホットインジェクション、これは特に牛肉で人工霜降り肉を製造する際に用いられる方法で、インJECTターによって調味液と牛脂などを注入します。その場合、高温で液状の牛脂を注入することが大事です。タンブリングせずすぐに急速冷却するときれいに脂肪が、あたかも和牛の高級肉のサシのような形で全体に入ります。これらの場合には、製品表示法上は、人工の霜降りと表示する必要があります。

一方、温度の低い調味液を入れる通常のインジェクションでは、10℃以下の調味液を注入し、インジェクション後、タンブリングを

して肉質を軟らかくします。冷めても硬くならない特徴があり、一般的に用いられているのがこの方法です。見た目ではなく、食感を重視しています。

インジェクション加工するメリットは、風味・食感が改善できること、インジェクションする調味料の性質によって獣臭をマスキングできること、冷めても軟らかく風味を維持できて、日持ちを長くできることなどです。さらに、食感をソフトにして、外から添加しますから、旨み成分を増やしておいしくすることもできます。また、注入する成分によってはカロリーを低下させることも可能です。品質の安定化、見た目の改善、原料コストを下げることもできるのです。

1つ大事なことは、O157の全量相当の検査が可能になって、O157食中毒を防止できます。製造の過程でドリップの全量回収が可能なので、そこからサンプリングして、全体が微生物によって汚染されていないかどうか判断できるようになります。

一方、デメリットはというと、風味・食感のナチュラル感が薄れる場合があります。また、食中毒性の細菌が表面に存在していた場合には、内部に入り込んでいく可能性もありますので、もし加熱が不十分な場合には、食中毒のリスクが高まります。さらに、調味料の中にアレルギーがあると、アレルギーを引き起こすなどのデメリットが挙げられます。

使用されている調味液については、保水性を向上させる成分として一般的に食塩、糖類、アルカリ性塩類、リン酸塩類、酵素、セ

ルコース製剤などが使われています。マスクング成分としては香辛料、香辛料抽出物、トレハロースなどが使用されています。

風味向上成分としては、エキス調味料、アミノ酸・核酸・有機酸・無機塩類、油脂類などが、日持ち向上成分としては、加熱調理後の日持ちを良くするために、添加物製剤など

が用いられています。

結着剤としては焼成カルシウムを使っていますが、結着面の染色が暗くなる傾向があり、最近ではトランスグルタミナーゼなどの酵素製剤を利用する場合があります。この場合には、牛肉の発色が若干弱まるという傾向があるようです。

成型肉の取扱業者・製造業者にも厳格なガイドラインが必要

テンダライズとモールディングについて説明します。テンダライズ、軟らかくするには、機械的に軟らかくする方法と薬剤を使って軟らかくする方法があります。モールディング、形を整えるには、リテナーに詰める方法と、さらにプレスして形を整える方法があります。

まずは軟らかくする、テンダライズですが、針を刺すニードル式と、ナイフ、刃で局所的に繊維を切る方法が用いられています。薬剤では、酵素による軟化処理を施します。さまざまなたんぱく質分解酵素が使われますし、もちろん重曹、発酵調味料などの食肉軟化製剤、リン酸塩や無機塩も使われています。

モールディングの場合は、単に金属の枠に入れて形を整えるリテナー成型と、圧力を加えて成型する方法が使われています。また調味液をインジェクションしたもの、タンブリングしたもの、結着剤を使用したものなど、さまざまな方法を組み合わせて、より自然に近い形の食肉加工品にしようと、事業者は日々努力しています。

そうすると、成型肉と生鮮食品の生肉の区別がつきにくくなって、優良誤認表示が大きな問題になってきます。平成25年にかなりの数の外食産業が成型肉を「ステーキ」としてメニューに表示する「誤表示」、事実誤認の優良誤認表示（商品を実際よりも優良にみせかける表示）を行っていて、これは消費者をだますと、消費者庁によって措置命令を受けました。

成型肉の表示は、食品表示基準（未加熱販売の場合）には、あらかじめ処理をしていること、十分な加熱を要することを必ず表示するのが基準になっています。一方、景品表示法では、優良誤認とならないような説明表示が求められていますから、両方をクリアするためには、例えば「あらかじめ味付け加工していますので、中まで十分に加熱してお召し上がりください」というような表示が必要になります。

また、景品表示法上の「成型肉」の表示としては、より細かく表示することが義務付けられていて、例えばプレスリテナーで結着剤を使用している場合には、「結着成型をしてい

ます」、「結着し、形を整える加工をしています」というような表示をしなければならないということです。

ですから、成型肉を取り扱う業者にはあらかじめ知っていなければならないことがたくさんあります。第一に、食品安全に関する力量を持っていないければなりません。動物由来の菌が付着していて、中には病原性を有するものが不均一に存在していること、そして、それが流通・保管条件でどう変化するかを知っておかなければなりません。

それから、処理場から搬出されて、流通上の取り扱いの違いや保管期間によって当然菌の状態は変わってきます。対象とする家畜・家禽の畜種によっても大きく違って、鶏肉の場合は熟成が非常に早い、変化が速いので、そういう点も考慮しなければなりません。また、鮮度が良いことでリスクが高まる菌があるということも注意が必要です。このように取扱業者には、一定のハードルがありま

す。しかし、成型肉の表示に関する規制ほどの厳しい法的な規制がありません。

現在厚労省では、取扱業者になるために必要なガイドラインなどの重要性を認め、また製造業者の側でも自主的なガイドラインを設ける動きがあります(図表6)。

成型肉、牛脂注入肉は、長年にわたって蓄積されてきた、わが国の食肉製品製造技術を使い、さらに独自の工夫を加えた非常に優れた製品です。取り扱いに間違いがない限り、衛生上の観点からは安全な食品といえると思います。だからこそ、取り扱いには十分な注意が必要です。

食料のかなりの部分を輸入に依存せざるを得ないわが国では、未利用部分や利用頻度の低い食肉に付加価値をつけて、消費者に喜んで食べてもらうには、成型肉は大きな意義のあるものではないかと考えています。否定的に扱うのではなく、積極的に評価していくべきではないかと考えています。

図表6 今後の課題：成型肉などに関するガイドラインの作成

1. 食肉の表面付着細菌が内部に封入されるような加工処理。例えば、テンダライズ、インジェクション、タンプリング、結着成型、ミンチ成型、その他の加工処理を説明する。
2. ①あらかじめ処理してある旨、②飲食に際しては中心部まで十分な加熱を要する旨、の表示が要件。(食品表示法)
3. 生ぎょうざ、ビーマン肉詰め、生ハンバーグなども同様リスクあり、啓発が必要。
4. 具体的な加熱調理の火加減と時間を明示する。
5. 火通りの程度を判別できる方法を明示する。
6. 体調によって、あるいは高齢者や幼少者には、リスクが高まる調理方法があることへの理解啓発。⇒ 焼き加減メディアムレアなど。
7. 「成型肉」の意味することを、商品ごとに具体的に説明することが望ましい。(優良誤認を防止する観点からも重要)

(日本ビュアフード(株)相馬氏試案)

■ 討議の抜粋

（敬称略）

- 西村** 成型肉で脂肪を注入する場合はホットインジェクションで行うのでしょうか。脂肪は高温でないと溶けないので、通常インジェクションでは難しいかと思いますが。
- 服部** 一般的には、脂肪をエマルジョンのような形で注入する通常インジェクションです。ただホットインジェクションのほうが、いかにも脂肪のサシのような形が入って最終的に見てくれがいいので、それを重視する業者はホットインジェクションを活用しています。
- 品川** ローストビーフは肉の塊ですが、インジェクションやタンプリングは施されているのでしょうか。そうすると肉表面の汚染菌を肉の中に押し込んでいる可能性もありますが……。
- 服部** ローストビーフのような特定加熱製品の場合はインジェクションは1本針のみ低温での使用が認められています。その場合も、微生物が入っていく可能性は当然ありますが、特定加熱食肉製品ですから加熱処理によって、有害な微生物は増殖しないし、死滅しているはずです。加熱食肉製品よりは緩い規制ですが、安全は確保されています。
- 大槲** 加工肉ということで、消費者に対して加工の内容、中身、成分や、調理での注意点などをきちんと明示する義務があるのではないかと思うのですが、その辺はいかがですか。
- 服部** おっしゃるとおりです。メーカーは、消費者の調理方法、加熱方法を大いに心配しています。特に昨今、テレビなどで揚げ物でも少量の油で揚げることを推奨しています。表面はいかにも油で揚げたのと同じよう見えるので、それで安全と思ってしまいますが、中心まで十分加熱されているのかどうかかわからず、はなはだ心もとないです。
- 宮崎** 近くのスーパーマーケットに行くと、私を含めて高齢の方が数多く買い物にきています。ところが年寄りには、肉に限らず商品の説明表示が小さすぎて読めないのです。もう少し大きな文字で、裏全面に表示できないのでしょうか。
- 服部** 食肉製品の製造業者や関連団体は、消費者が求めている安全性には何が必要か、それを少しでも大きく表示すべく取り組んではいますが、消費者団体の声のほうが尊重されて、それをすべて表示しなければならない。そうすると、狭いスペースに小さな文字で何が書いてあるのかかわからないような表示にならざるを得ない。この表示の方法には、私も非常に不満を持っています。
- 松川** 牛肉の場合、生の状態で流通する牛肉のうちどのくらいの量が加工肉に加工されるのでしょうか。
- 服部** 詳しくは掌握していませんが、量としてはかなりまだ少ないと聞いています。

● はっとり・あきひと

昭和44年3月北海道大学農学部卒業、昭和51年3月同大学大学院農学研究科博士課程修了。昭和55年4月慈恵会医科大学講師、平成2年4月北海道大学農学部助教授に就任する。平成7年2月米国カリフォルニア大学デイビス校研究員などを経て、平成11年4月北海道大学農学部教授、平成19年4月同大学大学院農学研究科研究院長・農学部部長を務める。退官後、一般社団法人食肉科学技術研究所理事長など要職を歴任。

section

2

栄養・機能
の科学



ビタミンB₁の欠乏は腸管の免疫システムに影響を与え生体防御機能が低下します



国立研究開発法人 医薬基盤・健康・栄養研究所 プロジェクトリーダー 國澤 純

●最新の研究で、豚肉に豊富に含まれるビタミンB₁が、免疫学的に見て非常に重要な栄養素であることがわかってきました。食べ物や腸内細菌が共存するユニークな腸内環境におけるビタミンB₁のかかわり、ワクチン開発におけるビタミンB₁の役割などについて國澤純先生にうかがい、さらにはそのコホートデータを活用した健康科学の未来を展望していただきました。

食事成分や腸内細菌などが相互作用するユニークな免疫システム

現在、私は2つのプロジェクトに従事しています。1つは「ワクチンマテリアルプロジェクト」で、その名のとおりワクチンに関する研究です。もう1つは「腸内環境システムプロジェクト」で、コホートや基礎研究から、食事や腸内細菌などと健康とのかかわりを調査研究するプロジェクトです。最近、食事内容と腸内フローラの関連など腸内環境と健康との関連が注目されています。ヒトがどういうものを食べるとどんな腸内細菌叢が形成され、それが健康状態にどう影響するかを調査研究しています。

私はワクチンに関する研究を行っていますが、もともとの専門は免疫学で、特に腸管の免疫を専門に研究してまいりました。私たちのお腹の中を見ますと腸管がチューブのよう

な形で存在しています。腸管の内部にはひだといわれるいわゆる絨毛組織があります。絨毛組織は食べ物の栄養素の消化吸収効率を高めるために表面積を広くする目的でこのような形をしており、絨毛を広げるとテニスコート1.5面分の面積になるといわれています。図表1は絨毛組織の免疫染色像ですが、食べ物の消化や吸収は絨毛の一番外側の壁をつくっている上皮細胞層によって担われています。一方、壁の内側を見ると緑色や赤色の細胞がたくさん存在しています。

緑色はIgA（免疫グロブリンA）という抗体を産生する細胞で、赤色はT細胞という免疫系の細胞です。このように免疫を担当する細胞がお腹の中にびっしりと詰まっていることが観察できます。実際、私たちの体の半分以

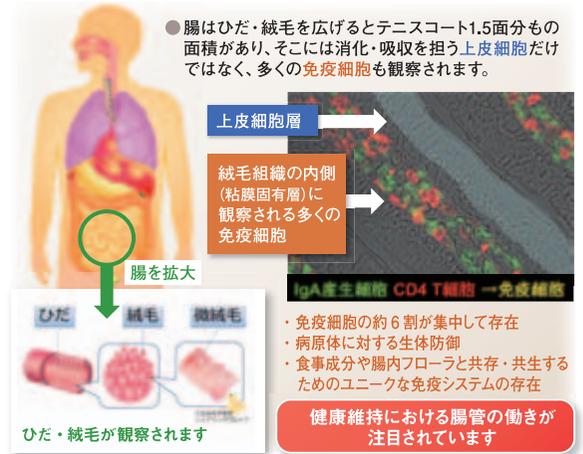
上の免疫細胞は、お腹の中に存在しているといわれています。「免疫」が疫を排除し免れることを意味する言葉であるように、いわゆる病原体を排除するのが免疫の標準的な機能です。腸管に存在する免疫システムも、例えば食中毒を引き起こす病原体に対する生体防御にもなっているといわれています。

一方で、腸管組織を見るとそこには食事として摂取した食べ物や腸内細菌なども共存しています。腸内細菌は病原体と同様、微生物であり、生体にとっては異物です。しかし驚くべきことに、私たちにとって都合のいいものについては免疫学的にも寛容で、異物であっても共存や共生ができるようなユニークなシステムを私たちの腸は持っています。

食事成分や腸内細菌が異物として認識されず排除されないだけではありません。最近では、そこから私たちが刺激を受け取ることで、そこでの免疫バランスや、さらには肥満やうつといった免疫とは全く関係のない健康バランスも、影響を受けているのではないかと考えられるようになってきました。こうした機能は「腸活」という言葉でマスコミなどでも取り上げられ、注目されています。

そういった社会的・学術的背景をもとに、現在私たちは、食事や栄養成分と各種微生物

図表 1 腸は体内における最大の免疫臓器です



がそこに存在する免疫システムとどのように相互作用し協調しながら体の恒常性を維持しているのかを解き明かしていきたいと考え、研究を行っています。

基礎的な観点で言えば、今日の主題であるビタミンや核酸、脂肪といった栄養成分が私たちの体にどのような影響を与えているのか。さらには、例えばアルカリゲネスといったちょっと変わった共生細菌や、食中毒を引き起こすカンピロバクターやウエルシュ菌のような病原性微生物に目をつけ、免疫学的な解析やワクチンの開発につながるような研究をしています。また、栄養成分や食品成分に関しては、アレルギーや炎症、代謝といった生体機能との関連に着目し、薬や機能性食品の開発研究を行っています。

次世代型粘膜ワクチンは予防の観点からも非常に効果的

まず最初に本日の主要テーマであるビタミンB1による生体防御メカニズムについてお話ししましょう。ビタミンは私たちの体ではつ

くることができない必須栄養素で、外から摂取しなければなりません。現在では、腸内細菌もビタミンの代謝にかかわっていることが

わかってきています。

ビタミンはさまざまな生体応答にかかわっているのです、その欠乏によりさまざまな欠乏症が起こってきます。ビタミンは免疫学的に見ても非常に重要な栄養素であることがわかってきています。とはいえ、すべてのビタミンがあらゆる免疫応答に重要かというとは必ずしもそうではなく、特定のビタミンが特定の免疫応答にかかわっているということもわかってきています。

例えば、ビタミンAはレチノイン酸と呼ばれるものに代謝されるのですが、これは腸管においては免疫の抑制に働き、細胞の動きを制御する働きを持つビタミンです。一方で、ビタミンAの過剰摂取が皮膚炎を引き起こすことがわかっており、私たちはそのメカニズムとして肥満細胞もしくはマスト細胞と呼ばれる細胞が核酸を認識することによって引き起こされることを見いだしています。

ビタミンBファミリーに着目した研究でも、ビタミンは免疫に非常に重要であるということを見いだしています。特に今日の主題であるビタミンB₁に関しては、私のメインテーマであるワクチンとも密接にかかわっています。

ここでワクチンについての社会的背景について説明させていただきます。これまでのワクチンといえば、いやがる乳幼児を押さえつ

けて注射で投与するといったイメージでしたが、今後は飲むワクチンもしくは鼻に噴霧するタイプの吸うワクチンのような「粘膜ワクチン」に変わりつつあります。実際、すでに欧米における季節性インフルエンザワクチンは、鼻に噴霧するスプレー型のワクチンとして実用化されています。

日本でも乳幼児に下痢を引き起こす病原体のロタウイルスに対するワクチンが、チューブで飲ませるタイプのワクチンとして実用化されています。注射針を使わないので受ける側は痛くないですし、針やシリンジなどの医療廃棄物も減るし、子どもを押さえつける必要もないので医療従事者の負担も大幅に軽減され、ヒトと環境にやさしいワクチンとして粘膜ワクチンは期待されており、今後も実用化が進められていくと考えられます。

また免疫学的観点で見ても、粘膜ワクチンは粘膜面と体内の両方に免疫応答を誘導できるという利点があります。注射によるワクチンは血液の中に抗体を誘導するので外から病原体が入り感染を成立させる、もしくは重篤することの阻止を主目的とするワクチンです。一方、粘膜ワクチンは粘膜組織に免疫応答を誘導することで病原体が入ってくる最初の段階を抑えることを目的としており、予防の観点からも非常に効果的だと考えられています。

体内に入る前に病原体と結合し毒性を抑えるIgA抗体

その時に非常に重要な役割を果たすと考えられているのが、図表1で緑色に光る細胞と

して示したIgA抗体産生細胞です。腸管にはパイエル板というリンパ組織があり、そこ

は免疫誘導の教育をする場所になっています。病原体である細菌やウイルス、もしくは投与されたワクチンが入ってくると、このパイエル板の中に入ります。パイエル板の上皮細胞を潜り抜けるとその下には樹状細胞と呼ばれる免疫の司令塔のような細胞が存在しています。樹状細胞がワクチンなどを捕捉し、周りの免疫細胞にその情報を伝えることによって抗原特異的、もしくはワクチン特異的な免疫応答を誘導します(図表2)。

こうした教育を受けた細胞はその後パイエル板から外に出て、血流を回った後に絨毛、すなわちひだの部分に戻ってきます。そこで教育を受けた細胞の一部はIgA抗体を産生するようになります。そのため、腸管の絨毛組織を見ると図表1で示したようにIgAを産生する細胞が非常にたくさん集積している姿が観察されるようになるわけです。

IgA抗体の非常に特徴的なところは、腸管の組織でのみ産生されるのではなく、産生された抗体が今度は上皮細胞の壁を潜り抜けて管腔の中にまで分泌されるということです。管腔の中には、病原体である細菌やウイルスが私たちの体に侵入しようと待ち構えています。しかしIgA抗体がそれらの病原体と結合することにより、私たちの体の中に侵入する最初のステップである上皮細胞との結合を抑制してくれるわけです。

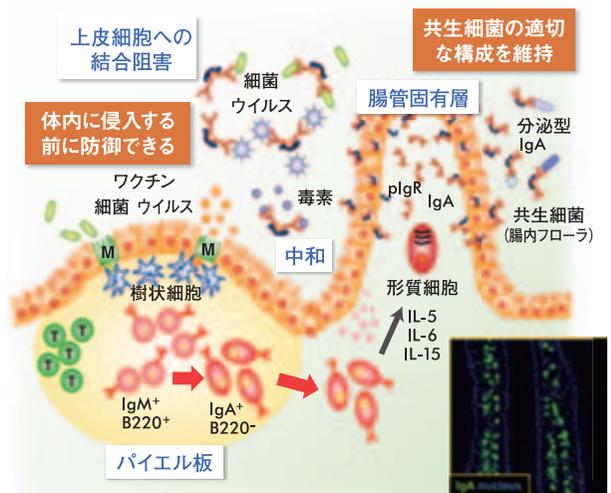
この場合の管腔とは、口腔から肛門に至る消化管のことです。一見すると体の中のようにですが、物理的には上皮細胞を越えて体の外側に当たります。従って体の外側に分泌され

て、そこで病原体に結合することにより私たちの体の中に入る前に防御できる。そのことから、予防の観点から非常に有効であると考えられています。

また、コレラやウエルシュ菌といったある種の食中毒菌は腸管の中で毒素を出すことにより病原性を発揮します。ところがIgA抗体はこの毒素と結合し活性をなくす、すなわち中和することで病原性を抑制することができます。さらに、最近では腸内細菌にIgA抗体が結合することにより、腸内細菌の適切な構成を維持することに非常に重要な役割を果たしていることがわかってきました。

以上のように、ワクチン、生体防御、腸内細菌を介した恒常性維持などのさまざまな観点から、IgA抗体をきちんと産生していくことが非常に重要であると考えられているわけです。その中で、私たちはIgA産生の過程においてビタミンB₁が非常に重要であるということも明らかにしました。

図表2 パイエル板を介した腸管分泌型IgAの産生



ビタミンB₁が関連するエネルギー代謝のメカニズム

ビタミンB₁は、一般にはエネルギー代謝にかかわる重要な栄養素として知られています。私たちは解糖系とクエン酸回路、もしくは酸化的リン酸化経路によってATP（アデノシン三リン酸）を産生することによりエネルギーを獲得しています。

具体的には、ビタミンB₁はピルビン酸がアセチルCoAになるところの脱水素酵素とクエン酸回路の中の2-オキソグルタル酸がコハク酸になる2つの脱水素酵素の補酵素として非常に重要であるということがわかっています。

ビタミンB₁は、鈴木梅太郎先生によって世界で初めて同定されたビタミンです。従って古くからさまざまな生体機能が研究されてきましたが、その詳細が最近になってさらにわかってきました。理由の1つに、分析技術の発達があります。これまで、エネルギー代謝が大事だということはわかっていますが、エネルギー代謝の実際のメカニズムについては不明でした。

しかし現在では、例えばフラックスアナライザーで解糖系やミトコンドリアの活性を測定することができます。また、一番大きなことは質量分析を用いたメタボローム解析という技術により、どういう代謝物がどういうタイミングできているのか、さらには安定同位体を用いた解析によって基質がどのように取り込まれ、その後どのように代謝されていくのか、といったフローが解析できるようになってきたことがあります。

また質量イメージングという、質量分析とイメージング技術をドッキングさせた最新の技術で、代謝物がどこに分布しているか解析できるようなシステムもあります。これは腸管の組織を金太郎飴のように切り、組織をスポットで取り、各スポットを質量分析に流し、そこから得られたピークをイメージングに戻したものです。こうした分析技術の発展による1つの成果として、例えば解糖系やクエン酸回路がどのような形で働いているのか正確なマッピングができるようになってきました。

その中で、実は免疫系の細胞もすべてが同じようにエネルギーを使っているのではなく、その機能もしくは分化や活性化状態によってエネルギー代謝が変わってきていることがわかってきました。

一般的なものとしては、例えばナイーブ細胞と呼ばれる活性化を受けていない細胞は、ATPを一生懸命つくりエネルギーをため込んでいく形になっています。一方で、ひとたび免疫系の細胞が活性化すると、今度はATPを使いながら同化反応、すなわちものをつくりだしていくようになります。

その際にはATPの産生経路がクエン酸回路から解糖系にシフトしていくという、エネルギー代謝のシフトが起こっていることもわかってきています。これは今、免疫メタボリズムと呼ばれ、新しい免疫学の分野として注目されています。

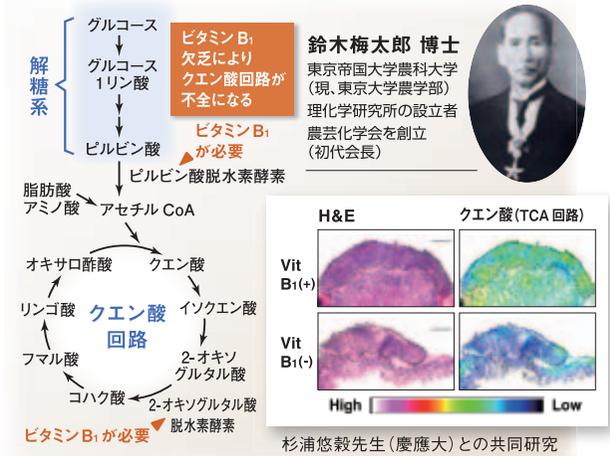
腸管の免疫システムに影響を与えるビタミンB₁

私たちがビタミンB₁に着目した研究から、腸管の免疫システムとエネルギー代謝並びにビタミンB₁がどう関連しているかを見てきました。図表3は、先ほどの質量イメージングという技術を使い、腸管の切片のクエン酸の量を視覚的に解析したものです。通常の餌でマウスを飼育するとクエン酸回路がしっかりと機能し、腸管組織を見るとクエン酸の緑色が非常に強く出ており、クエン酸がきちんとできていることがわかります。しかし、ビタミンB₁が欠乏した餌で飼育するとクエン酸のシグナルが非常に弱くなり、クエン酸回路に異変をきたしていることが視覚的にわかります。

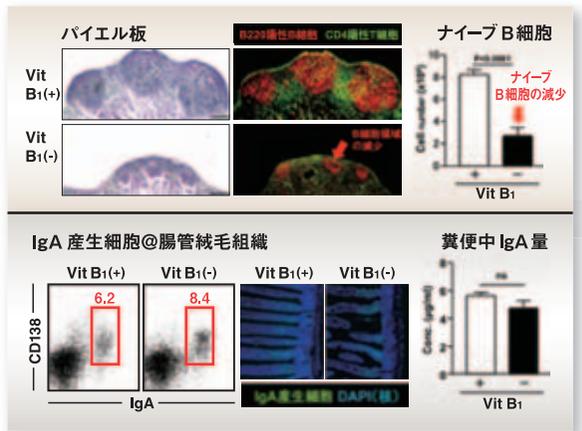
ビタミンB₁が欠乏した状態で飼育したマウスの腸管を見てみましょう。先ほどIgAの産生経路の中でパイエル板と絨毛についてお話ししました。パイエル板は通常米粒の半分くらいの大きさのリンパ組織として観察されるのですが、ビタミンB₁が欠乏した状態で飼育したマウスのパイエル板は非常に小さくなり、中には肉眼で全く観察できないほど小さくなってしまっていることがわかってきました。そこには今から教育を受けるべき細胞がたくさん存在していますが、パイエル板が小さくなるに従い、これらの細胞の数も減ってくるということも明らかになったのです(図表4)。

一方、絨毛組織に存在しIgAを産生する細胞を見てみると、この細胞はビタミンB₁が欠乏しても全く変化しません。さらには便中のIgAの量を測定しても変わらないことがわか

図表3 エネルギー代謝とビタミンB₁との関係



図表4 ビタミンB₁の欠乏によるパイエル板の変化



りました。このことは同じ腸管の免疫細胞であってもパイエル板の細胞はビタミンB₁に対する依存性が非常に高く、絨毛組織の細胞はビタミンB₁に対する依存性が低いことを示しています。

なぜそういうことが起こるかといえば、先ほどもお話ししたようにビタミンB₁はクエン酸回路に必要な補酵素の栄養素です。パイ

エル板に存在するB細胞、これは免疫学的にはナイーブB細胞といいますが、この細胞は実はアミノ酸や脂肪をエネルギー源としてクエン酸回路からエネルギーを獲得していることがわかってきました。

一方、これらの細胞がひとたび活性化されてIgA産生細胞となり絨毛組織に存在すると、この細胞が今度はアミノ酸や脂肪酸ではなく、解糖系すなわちグルコースを使ってそこからエネルギーをつくることもわかってきました。さらに、この細胞は抗体をつくり出す必要があるので、今度はエネルギーを使いながら、すなわちATPをためるのではなくATPを使いながらたんぱく質である抗体を産生していくこともわかったのです。

実際、例えば解糖系の代謝産物であるFBPの量を測定すると、パイエル板に存在するナ

ーブB細胞に比べ、絨毛に存在するIgAの産生細胞は非常にたくさんの解糖系の代謝産物を持っており、それで解糖系へのシフトが起こっていることがここからもわかります。

また、ビタミンB₁が欠乏すると、クエン酸回路からのATPの供給が不全になり、そこからATPの供給がなくなります。その結果、ナイーブB細胞はどこからもATPを獲得することができなくなり、細胞が死んだり増殖できなくなることに繋がります。

一方で絨毛組織に存在するIgA産生細胞は解糖系からATPを獲得でき、さらに細胞の性質としてエネルギーをためるのではなく今までためていたものを使う方向にシフトしていくので、ビタミンB₁の結合の影響が少なく、生存できるだろうということがここからわかります。

ビタミンB₁の欠乏で生体防御機能が低下する

ワクチンの観点で見えていくとどういうことが起きるでしょう。本来ならワクチンや病原体が入ってくるとパイエル板の組織で教育を受けた免疫細胞が活性化され、その教育どおりワクチンに対する抗体を産生していきます。しかしビタミンB₁が欠乏するとワクチンの教育の場であるパイエル板が非常に小さくなり教育される場がなくなってしまうので、結果としてIgA産生も下がってくるのがわかります。

ビタミンB₁の欠乏症としては「脚気」が代表的ですが、今回の結果を考えていくと、恐らく

「脚気」のような症状が出てくる前に生体防御機能が下がってきて風邪をひきやすくなるとか感染症にかかりやすくなるといったことが起こってくるのではないかと考えられます。

またワクチンの観点から考えられるのは、発展途上国のようなところには単にワクチンを送るだけでなく、栄養欠乏状態になっている場合は栄養の観点からもケアを行い、栄養状態を改善させて免疫機能が回復してからのワクチン投与が重要だということです。免疫学的にも、ビタミンB₁は大事だということですね。

αリノレン酸を豊富に含む油がEPAを増やす

現在、市場ではいろいろな油が売られています。オリーブオイルは健康にいいという評判と地中海料理などのおしゃれなイメージで注目されています。また認知症に効くというのでココナッツオイルが一時期スーパーの在庫がなくなるほど売れましたし、現在は亜麻仁オイルとえごまオイルが健康面で注目されています。これらの油は何が違うのでしょうか。

油というのは脂肪酸、すなわち炭素Cがつながったものがいろいろ混ざってできています。Cが何個つながっているか、CとCの間に二重結合があるのかないのか、二重結合がある場合、どこに二重結合があるのか、などにより、油の性質が変わってくるのです。

図表5は、日本国内で流通している油の脂肪酸組成を示したものです。油は一見すると同じように見えますが、脂肪酸の組成という

観点で見ると全く違うことがわかります。油というと「食べ過ぎがよくない」と量で議論されることがほとんどです。

しかし私たちは、これだけ組成が違うなら、恐らく脂肪酸の組成の影響も大きいだろうと、組成と免疫の関連についての研究を行いました。その中でわかってきたのが、亜麻仁油が食物アレルギーを抑えることができるということです。私たちはこれまでに、卵を食べると下痢をするマウスモデルにおいて、餌の油を大豆油から亜麻仁油にしたら、それだけで卵アレルギーが起こらなくなったことを報告しました。

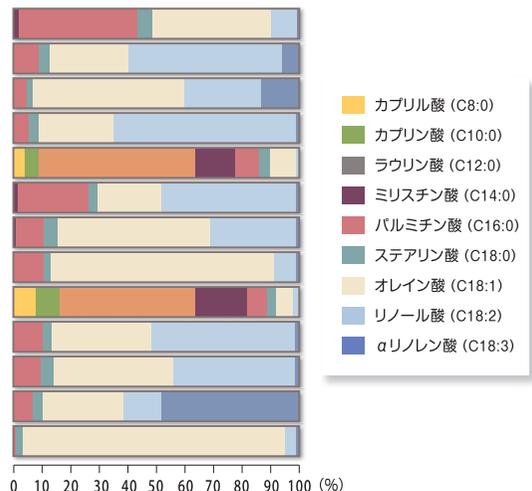
亜麻仁油の特徴は、オメガ3脂肪酸として知られるαリノレン酸を非常にたくさん含んでいることです。亜麻仁油で飼育したマウスの腸管組織を見てみると、実際にαリノレン

図表5 主要食用油における脂肪酸組成

	世界生産	%	国内供給	%
・ パーム	46,110	32	569	24
・ 大豆	38,839	27	486	20
・ 菜種	23,629	16	1002	41
・ ひまわり	12,501	9	19	1
・ パーム核	5,279	4	84	3
・ 綿実油	4,502	3	8	0
・ 落花生	4,001	3	1	0
・ オリーブ	3,300	2	42	2
・ やし	3,649	2	47	2
・ とうもろこし	2,346	2	84	3
・ ごま	873	1	48	2
・ 亜麻仁	633	0	8	0
・ ひまし	601	0	21	1
	146,263		2,419	

(農林水産省、財務省のデータ)

(千トン)



酸がたくさん増えていました。先ほど紹介した質量イメージングで調べてみても、免疫系の細胞がたくさんいる粘膜組織に α リノレン酸が蓄積していることがわかりました。

オメガ3脂肪酸の α リノレン酸は、私たちの体の中でEPA（エイコサペンタエン酸）に変換されることはよく知られており、 α リノレン酸が増えるとEPAも増えることがわかりま

す。よく、EPAをとるために青魚を食べましょうといわれますが、青魚を食べなくてもその前駆体となるような α リノレン酸をたくさん含む油を摂取すれば、EPAも増えることがわかったのです。この研究は、私たちが食べている油の脂肪酸組成が私たちの体の脂肪酸組成を直接決めているということ、如実に示す結果になったわけです。

コホート研究を活用し全国規模で病気のリスクを回避

現在、私たちはコホート研究を活用し、運動や食事と腸内細菌が健康にどのようにリンクしているのかを解き明かす研究を行っています。

東京にお住いの約1000人の方を対象に、それぞれがどんな遺伝子を持っており、どんな食事、睡眠、運動、服薬をして、健康診断のデータがどうなっているかを、10年近くにわたりコホートしています。さらに、私たちの研究所は体力測定ができる施設なので、長い方ですと9年間、毎年来ていただいて体力を測定し、データを提供していただいております。今回その方々から血液・糞便・唾液を提供していただき、そこに含まれる腸内細菌や代謝物、食生活や運動などの生活習慣が、健康にどうかかわっているのかを解析しているのです。運動機能については身体活動量計を付けていただいて、歩いた歩数や強度などを計測しています。

私たちは、これらのデータをデータベースに入れ込み、バイオインフォマティクスなど

を使い、それぞれのデータが健康とどのような相関があるかを解析しています。例えばこのデータベースでは、IDと年齢と性別で整理し、IDをクリックすると腸内細菌や食生活のパターン、サイトカインの量などさまざまなデータが導き出せるようになっています。そこに健康状態や代謝物のデータが紐づいている状態です。このデータの特徴は、相関解析が非常に簡単にできるようになっていることです。ここで例えば「BMIと相関のある腸内細菌を探しなさい」と指定すると、それらに相関のあるものがリストとして出てきます。

その結果、非常に驚いたのはたかだか20人のデータでもBMIと逆相関する菌が出たことです。すなわち、痩せている人ほどたくさん持っている菌が同定できたのです。

また、このデータベースを使うと、今度はこの菌と相関のある生活習慣や食生活を探すことができるので、こういう生活習慣、こういう食生活、こういう菌を持っている人は痩せている人が多いといった相関関係が導き出

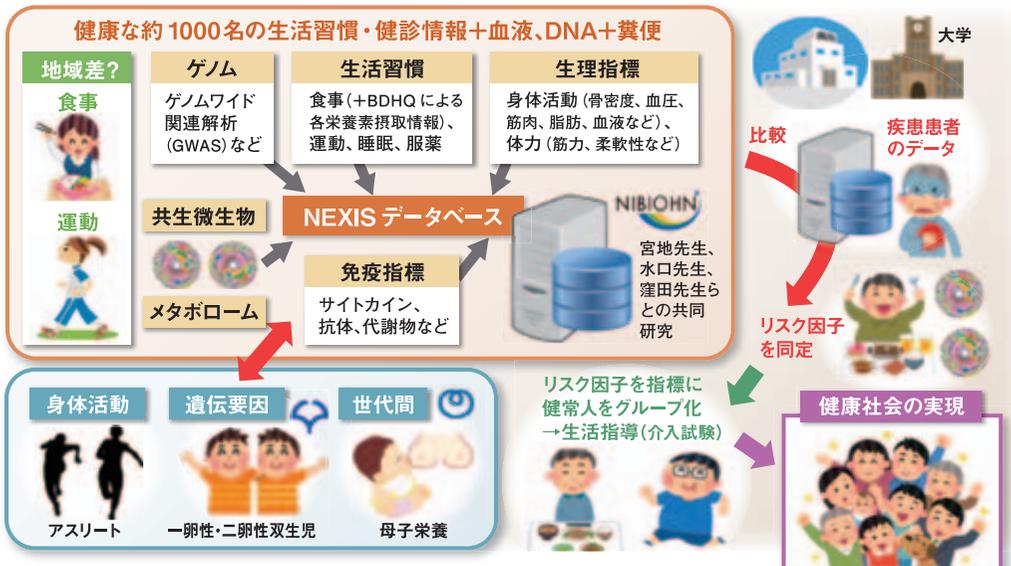
されます。BMIと逆相関する菌、すなわちこれは痩せ菌候補ですが、現在これらの菌を単離・培養し、本当に痩せさせることができるのかというような解析も行っています。

また多群間比較もできるように設計を試みており、例えば健康な人と疾患の人とでどんな違いがあるか、東京の人とその他の地域の人にはどんな違いがあるか、なども導き出せるようになっていきます。地域差という観点でいえば、例えばマンションに住み、毎日満員電車で揺られ、頻繁に回転ずしを食べるといった暮らしをしている「都市生活者」と、18歳になったらみんな車の免許を取り、飲みに行っても代行運転で帰るという生活をしている人たちや、あるいは海の近くや山の中に住んで地元のものを食べている人たちなど、恐らく同じ健康な日本人といってもできてくる腸内細菌や健康状態は全然違うだろうと想像し、北は北海道から南は沖縄まで、いろいろ

なところと連携しながらさまざまな地域で暮らす人たちの食生活、腸内細菌、健康状態の解析をするような研究も行っています。

また、さまざまな先生が研究された病気の方のデータと比較をすることによって、こんな腸内細菌を持ち、こんな食生活をしていると、こんな病気のリスクが出てくるということを見いだしていこうとしています。リスクがわかれば、健康な人でもそのリスクと関連のある生活習慣をしている人に対して適切な生活指導を行い、病気になるリスクを下げるができるのではないかと考えられます。こうしたことは、介護施設や薬局、かかりつけ医などを巻き込んだ地域包括ケアシステムとの連携で行えればより理想的だし、畜産産業を含め新しい製品の開発につなげることができれば、より望ましいのではないかと考えられます。現在、地場産業を含めさまざまな産業の方と連携をしようとしているところです(図表6)。

図表6 NEXIS コホートを活用した今後の展開



■ 討議の抜粋

(敬称略)

- 柴田** 日本人のビタミンB₁摂取量は、長年の間所要量のおよそ20%不足しているとのデータがありますが、改善する必要があるのでしょうか。
- 國澤** 昔に比べてさまざまな栄養素の摂取量が低下していることは事実だと思います。特に20代の女性は脂肪を敬遠しますので、当然脂溶性のビタミンも下がってきます。野菜についても摂取量が減ってきたうえ、皆さんきれい好きでやたら洗った野菜を食べる。水溶性のビタミンは流れ出てしまうので、変な話、スカスカになった野菜を食べているのが1つ原因ではないかと考えています。さらに、ある種の腸内細菌はビタミンB₁を活用したり産生していますので、いい腸内細菌を持っていれば野菜を食べなくてもある種のビタミンは腸内細菌が提供するので大丈夫ですが、悪い腸内細菌だとたくさん摂取しなければいけない、ということがわかってきています。
- 品川** 腸管内には、さまざまな細菌が棲息し、食中毒起因菌のウエルシュ菌やカンピロバクターなども存在していますが、これらを排除するワクチンの開発はいかがでしょうか。
- 國澤** 現在、ウエルシュ菌、カンピロバクター、病原性大腸菌が細菌性食中毒のトップスリーだと思いますが、私たちはたんぱく工学の技術を応用し、この3種類すべてに対処できる1つのたんぱく質ワクチンをデザインしました。今ワクチン会社とともに開発を進めているところですので、恐らく実現可能と考えています。
- 上野川** 肥満と腸内細菌叢の相関は、米ワシントン大学のジェフリー・ゴードン博士がこの分野の重要性を提起しましたが、先ほどのお話にありましたBMIと腸内細菌の相関につきまして、何か最新のデータをお持ちですか。
- 國澤** 私がデータベースを紹介する時に、スナップショットをつくってほしいと専門家グループにお願いし作成してもらったところ、いきなり逆相関する菌が出てきたというのが実情です。実はここで出てきた菌はほとんど論文にも出てこない菌でして、もしかすると日本人がかなり特有に持っている菌かもしれません。
- 上野川** 大変興味深いですね。
- 國澤** そうですね。それで本当に痩せることができるのであれば、なぜ日本人はそんなに太らないのかを説明できるような菌になるかもしれないということです。
- 上野川** それはおもしろいですよね。例えば、腸内細菌叢のパターンと生理的な現象は相関だけ見られていても、その因果関係は十分にわかっていないというのが一般的な認識になっていると思いますが、ある特定の菌との因果関係の有無が解明されれば、ほかの病気や事象でも考えられる、ということでしょうか。
- 國澤** ええ、まさにそのとおりです。われわれのデータベースだと、先生おっしゃるように相関関係しか見えてきませんので、そこはやはり動物実験などの基礎研究できちんと因果関係とそのメカニズムを明らかにすることが大切です。

● くになさわ・じゅん

平成8年大阪大学薬学部薬学科卒業。平成13年博士後期課程修了。薬学博士。日本学術振興会、カリフォルニア大学バークレー校訪問研究員、東京大学医科学研究所講師、准教授を歴任。海外の一流誌に研究成果を発表。受賞多数。新進研究者として現在活躍中。東京大学医科学研究所客員教授、大阪大学招聘教授、神戸大学医学研究所客員教授などを兼任。

2

イミダゾールジペプチドの認知機能低下回避作用について

摂取により血液中の炎症反応が改善され、その結果脳血流の低下が回避されたことで効果



東京大学大学院新領域創成科学研究科准教授 久恒辰博

●イミダゾールジペプチドとは、鶏肉に含まれるアンセリンと、豚肉に豊富なカルノシンのこと。これらを摂取することで、認知機能の低下が回避されることがわかりました。そのメカニズムと認知症予防の可能性について、久恒辰博先生にお話をうかがいました。

認知症の予防は可能かどうか栄養面から考える

ご承知のように、わが国では高齢化社会の進展とともに、認知症の患者数が著しく増えています。加えて、認知症患者の予備軍である軽度認知機能障害者（＝MCI）の数も増加しています。この勢いでいくと、今から8年後の2025年には認知症の患者数が約700万人、MCIが約600万人になるのではと予測され、非常に大きな社会問題となっています。

そこで、認知症予防にはどのような手段が効果的かつ可能なのか、さまざまな機関で長期にわたり議論・研究されてきました。現在では、大きく分けて3種類の方法が考えられています。1つは運動によるもの、2つ目は脳をさまざまな方法で駆使する脳トレのようなもの、3つ目は食品や栄養を介したもので、これら3つが各地で試されています。中でも、私は食品の分野で認知症予防ができないかど

うか、栄養面から研究を進めています。

栄養については米国を中心に、栄養習慣のDASH DietやMIND Dietという考え方が進んできました。DASH Dietとは、もとは高血圧を予防するために推奨された食生活習慣で、野菜や果物の1日当たりの摂取量を増やし、欧米諸国ではどちらかという消費量の格段に多かった畜肉（牛肉・豚肉）と乳製品については制限する食品群になっています。

しかし、わが国では逆に、高齢者の畜肉消費量が減っています。研究によれば、認知機能の低下を回避するにはむしろ畜肉を食べたほうがいいとの結果が出ています。乳製品も、九州大学のグループから「わが国では少し多めにとったほうがいいのではないか」という研究結果が出ており、米国で推奨されている食生活がわが国の食生活に合うかという、

図表 1 米国で推奨されている DASH Diet

●DASH Diet
(Dietary Approaches to Stop Hypertension)
米国で推奨されている健康寿命を高める食生活習慣



<http://www.gbhealthwatch.com/Diet-DASH.php>

食材	量/日
果物	2.5 cups
野菜	2.1 cups
穀物	207g
鶏肉	48g
魚介類	40g
畜肉	40g
乳製品	1-2 cups
油分	≤25g
糖分	≤12g

※一日当たり 2000 kcalとして換算

一概にそうではない面があります(図表1)。

一方の MIND Diet とは DASH Diet から少し進んだ考え方です。MIND とは「心」という意味で、こちらは心にも良いのではないかと意味合いを含めてこの名称がつけられているのではないかと思います。図表2の表には上から順に、野菜類、果物や木の実、油

図表 2 米国で推奨されている MIND Diet

食品	0点	0.5点	1.0点
緑黄色野菜	週に2回以下	週に3~5回	週に6回以上
その他の野菜	週に4回以下	週に5~6回	週に7回以上
ベリー	週に1回未満	週に1回	週に2回以上
ナッツ	月に1回未満	月に1回~週に4回	週に5回以上
オリーブオイル	not primary		primary
バター・マーガリン	毎日大さじ2杯以上	毎日大さじ1~2杯	毎日大さじ1杯未満
チーズ	週に7回以上	週に1~6回	週に1回未満
全粒穀物	週に1回未満	週に1~2回	週に3回以上
豆類	週に1回未満	週に1~3回	週に4回以上
魚類(揚げ物は除く)	月に1回未満	月に1~3回	週に1回以上
鶏肉(揚げ物は除く)	週に1回未満	週に1回	週に2回以上
畜肉(牛肉・豚肉)	週に7回以上	週に4~6回	週に3回以下
ファストフード(揚げ物)	週に4回以上	週に1~3回	週に1回未満
ケーキ(sweets)	週に7回以上	週に5~6回	週に4回以下
ワイン	毎日グラス1杯超	毎日グラス1杯未満	毎日グラス1杯程度
満点(Total)	15点		

総点数によって3群にグループ分け: #1 (≤6.5)、#2 (7-8)、#3 (≥8.5)

脂類や乳製品、全粒の穀物や豆類、魚類や肉類などの食品が並んでおり、本日のテーマに最も関係のある鶏肉も挙がっています。リストの上位に挙げられている食品は、多めにとったほうがいいと米国でいわれているもので、ここでも畜肉に関しては、「摂取は少なめのほうがいい」と提案されています。

イミダゾールジペプチドにはアンセリンとカルノシンがあります

このような疫学的研究結果を受け、私たちの研究室では鶏肉や魚介類に含まれるイミダゾールジペプチド、お茶類に含まれるカテキン類、野菜に含まれるキサントフィル類、米ぬかなどに多く含まれるフェルラ酸、魚介類に多く含まれるDHAなどに関係する研究を行っています。具体的にはアルツハイマーモデルのマウスを使い、そのマウスの認知機能

低下を予防できるかどうか、改善できるかどうかという研究を行っているのです。中でも、本日のテーマであるイミダゾールジペプチドがかなり効果的であるという感触から、高齢者ボランティアの方々に協力していただきランダム化試験を行い、記憶・認知機能検査に加えてMRI計測や血液検査を実施しました。

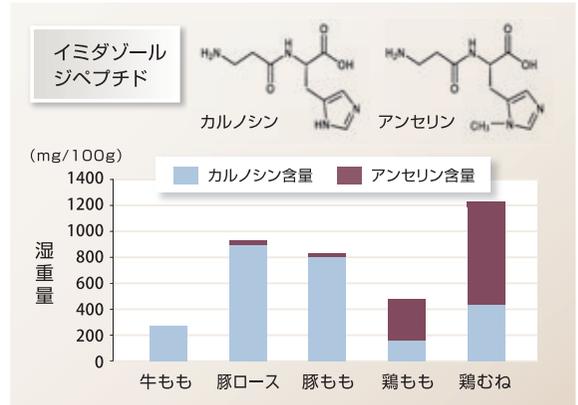
平成23年に行われた国民栄養調査の「鶏

肉摂取量」のグラフを見ると、高齢者の方、特に女性の鶏肉摂取量は年齢が上がるに従って低下する傾向にあります。女性は高齢になればなるほど鶏肉の消費量が落ち込む傾向がありました。

図表3のとおり、鶏肉からイミダゾールジペプチドを抽出した場合、アンセリンとカルノシンの割合はおよそ3対1になります。従ってイミダゾールジペプチドを1日当たり1g摂取すると、アンセリン750mg、カルノシン250mgを摂取することになります。試験では、高齢者ボランティアの方々にこの配合で作った試験食品を摂取していただきました。

イミダゾールジペプチドの、カルノシンはヒトの筋肉中にもたくさん含まれているジペプチドで、β-アラニンとヒスチジンの結合したジペプチドです。これに対して、アンセリ

図表3 イミダゾールジペプチドと主な食肉のその含量



ンはイミダゾール環の部分にメチル基が付いているカルノシンの類似物質で、鶏肉中、あるいは魚の筋肉中に多く含まれるイミダゾールジペプチドになります。鶏肉の場合はアンセリンとカルノシンが3対1の割合で含まれているのに対して、豚、牛の場合はほぼカルノシンがイミダゾールジペプチドのほとんどの成分になります。

イミダゾールジペプチドで認知機能は有意に改善

合計2回のランダム化試験を実施しました。1回目は今からおよそ5年前にスタートしたパイロット試験です。参加者は69名で、この時は40～80歳と少し年齢の幅を持たせて研究を行いました。パイロット試験の段階でも、いろいろな結果を得ることができました。認知機能に関する試験では、プラセボ(偽薬)食をとられた方に対して試験食、すなわちイミダゾールジペプチドを1日1g摂取された方は、記憶あるいは認知機能が有意に改善され維持されていたことがわかりました。

MRI検査でも、脳の萎縮に関してそれを改

善するような作用が認められました。また、血液検査では、イミダゾールジペプチドの作用を反映していると考えられる大変多くの種類の遺伝子の候補が見つかりました。その数は100種類以上になります。

このような結果により、2014年には農林水産研究成果10大トピックスに選出されるという栄誉を賜り、私たちの励みになったことは言うまでもありません(図表4)。2回目の試験は100名以上の方にご協力をいただき、1年がかりで行いました。同じような結果を得ることができました。

図表 4 イミダゾールジペプチド食品の脳老化予防作用（第1回目 RCT 試験の結果）



食生活調査アンケートの結果から見てきたこと

今日は、少し本題から外れてしまいますが、ランダム化試験の時に同時に行った食生活調査アンケートの結果についても触れさせていただきたいと思います。まとめてみたところ、興味深い可能性も見えてきました。

さまざまな食品、実際には49項目についてアンケートを行いました。毎日2回以上摂取している方を最も多い摂取とし、以降は毎日1回、週4～6回、週2～3回、週1回、月2～3回、月1回、最も少ない方は月1回

未満としてアンケートしました。

鶏肉は、鶏もも肉と鶏むね肉の2つのグループに分けてアンケートを取りました。その結果、鶏むね肉についてはたくさん食べているほうが、認知機能が維持される傾向にありそうだとわかってきました。魚介類については、白身魚(サケを含む)、赤身魚、青魚の3つに分けて調査をしました。白身魚をたくさん食べている方は、認知機能が維持されている傾向がありました。

言語性のエピソード記憶の低下防止に最も効果あり

私たちが認知機能の低下を評価する心理機能検査では、神経心理機能検査として次のような項目を検査バッテリーとして実施しま

した。

健康な方の調査には、言語記憶に関するウェクスラー記憶(WMS)検査や認知機能の低

下を評価する ADAScog 検査を主に使用しました。認知症の予防に対する評価には、認知症診断用の心理検査である MMSE 検査、臨床的な認知症評価法の CDR 検査を用いました。

認知機能低下検査についてはいろいろな項目があり、全項目併せて満点になった場合を 100 点満点とし、それぞれ点数が悪い場合に順次減点していく方法で見えてきました。その結果、鶏むね肉を週 4～6 回、または週 2～3 回召し上がる方に比べ、ほとんど召し上がらない方は統計的にも有意に点数が低い傾向が見られました。

イミダゾールジペプチドの試験食品の効果

を最も認めることができたのは、言語性のエピソード記憶です。これは、検査員が被験者の方に 25 個の単語からなる物語のようなものを話し、30 分後に思い出していただくというテストです。25 個の単語が含まれた物語です。それを覚えていただき、30 分後にいくつかの単語を覚えていたかを話していただく記憶検査です。

このような記憶機能のランダム化検査を 2 回ずつ行ったところ、2 回とも試験食品を摂取されている方に、両方の試験において統計学的に、記憶機能や認知機能の低下を抑える効果が見られたのです。

脳の血管を改善することで最終的に記憶機能の低下を回避

問題は、イミダゾールジペプチドがなぜ、どうやって効いているかということです。血液検査を行うと、炎症性のサイトカインの IL-8 や CCL-2 などの量が、試験食群において有意に低下していることがわかってきます。恐らく、血液中の炎症性の反応を抑えることにより、1 つは血液の状態をよくすることで脳の血管を改善し、最終的には記憶機能の低下を回避するのではないかと考えられます。そういう流れが見えてきています。

第 2 回目の試験の最終検査の結果、その際に撮った脳の MRI の結果についても記憶機能は改善していました。図表 5 の MRI の画像を見るとわかっていたかと思えます。上の 2 つの画像は脳を前から見たものです。前頭葉と呼ばれ、認知機能を司っている場所

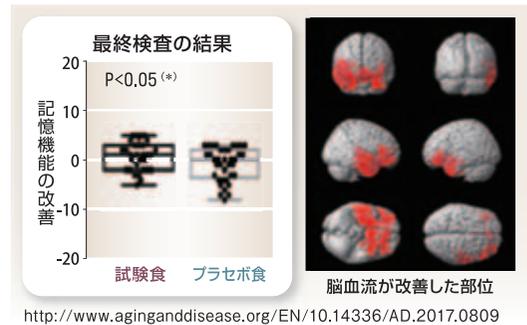
です。その下の画像が、海馬などが入っている側頭葉です。前頭葉の下の部分と側頭葉の脳血流が、イミダゾールジペプチドを 12 カ月間摂取したことにより改善したことが見てとれると思います。この試験では、前頭葉でも主に判断や高次機能にかかわる眼窩前頭葉という目の上のあたりの脳血流が改善していることがわかってきました。

最近では、MRI の検査で脳血流の状態を簡単に調べることができるようになりました。首のあたりの脳血流に対してラジオ波を照射し、血液をラベルします。そのラベルされた血液が、例えば 2、3 秒後にどこまで到達したか MRI を使って調べるのです。

これは、脳の血流でも動脈を流れる勢いの良い血流というより、毛細血管やその周野に

行き渡る脳血流を調べる方法です。MRI 検査の結果から、脳の血管の、中でも毛細血管のような細かい部分の血管の状態を調べることができるようになりました。現在では、そうした細かいところの血管までイミダゾールジペプチドの摂取により改善できるのではないかとということがわかりつつあります。

図表 5 イミダゾールジペプチド摂取による高齢者の脳血流と記憶機能の改善



アルツハイマー病の危険因子ApoE4 遺伝子にも有効に作用

ここからは少し医学的な話になります。認知症のリスク遺伝子に ApoE4 という遺伝子があります。この遺伝子を 1 つ持っている人は持たない人の約 4 倍、2 つ持っている人は持たない人の約 20 倍もアルツハイマー病になりやすいというすごく恐ろしい遺伝子です。それがこの MRI 検査の結果から、危険因子を持っていてもイミダゾールジペプチドを摂取している人の脳血流は改善しており、さらに神経の軸索の状態も良くなっていることがわかってきました。

ApoE4 遺伝子は脂質代謝に関係する非常に一般的な遺伝子で、普通の人を持っている ApoE3 というたんぱく質と比べてもその違いはわずかで、「どこが違っているのか」と私でもときどきわからなくなるくらいです。ApoE4 タイプの持つアルギニン112が、健康タイプの ApoE3 の場合はシステイン112となっており、わずかアミノ酸が 1 つ変わっただけでアルツハイマー病のリスクが上昇する非常に不思議な遺伝子です。

しかし、この遺伝子がどうしてそんな悪い

働きをするのか、いまだにわかっていません。イミダゾールジペプチドは、そのような遺伝子に対してリスクを回避する作用が認められたわけで、今後調べていく中で回避する作用の強いことが証明されれば、非常に良い結果をもたらすのではないかと考えています。

ApoE4 遺伝子については 20 年ほど前に日本の研究者が調べた結果、日本人の約 2 割がこの遺伝子を持っており、遺伝子を 1 つ持っている人で持たない人の 5.6 倍、2 つ持っている人では持たない人の 33 倍、アルツハイマー病のリスクが増加するという疫学結果も出ています。

また今から約 25 年前、最初に『サイエンス』にレポートされ、関係する研究者の方々が非常に驚いた研究結果がありました。それは ApoE4 遺伝子を 2 つ持っている人のうち、70 歳でアルツハイマー病になっていない人は約 3 割で、残りの約 7 割の人がアルツハイマー病になっているという疫学研究です。1 つ持っている人でも、80 歳になると 6 割の方がアルツハイマー病になってしまうという疫学

研究結果は驚愕でした。

認知機能の低下の回避についてこれまでにわかったことは以下のとおりです。

- ・ イミダゾールジペプチドの摂取により、記憶機能の点数が有意に改善されたこと。
- ・ イミダゾールジペプチドの摂取により、血液中の炎症反応が改善され、それを通じて脳血流の低下が回避されたこと。
- ・ イミダゾールジペプチドの脳血流改善作用は、リスク因子を持っている人に特に効果的な可能性があること。

一方、健康な人に対する効果としてはイミダゾールジペプチドが腸管に取り込まれて血中に移行し、その後、恐らく血液中の炎症反応を抑える作用を通じて脳の毛細血管に働きかけ、血流低下を改善することもわかってきました。最近の研究結果によれば、ApoE4は毛細血管における血流の低下を悪くすることが次第にわかりつつあり、イミダゾールジペプチドはそのようなところにも効いているのではないかと考えられます。すなわち、健康な人においても認知機能の低下を回避していることが明らかになってきたわけです。

イミダゾールジペプチドが MCI を改善する可能性が見えてきた

高齢者の方に CDR という心理機能検査を行うと、認知機能が正常な場合の点数は 0 点になり、「認知機能は健康」という検査結果が出ます。これに対して、記憶機能のみ軽度低下している場合の点数は 0.5 点になり、MCI (軽度認知機能障害) と判断されます。

私たちは、健康な脳の老化から MCI の時期を経てアルツハイマー病になるというやや病的な脳の変化を、イミダゾールジペプチドに食い止める効果があるかどうかについて研究を行ってまいりました。ごく最近の研究結果を基に、かいつまんでお話しいたします。

これはメモリークリニックという病院と連携し、CDR が 0.5 点に相当する MCI と判断された 50 名の被験者に行ったパイロット試験です。イミダゾールジペプチドを、先ほどと同じ配合 (アンセリン 750mg、カルノシン 250

mg) で 1 日 1g、今回の場合は 12 週間摂取する試験です。認知機能の低下を評価する CDR や MMSE という検査も加え、血液検査で ApoE を調べ、かつ病院ですから医師の方にきちんと診断していただく方法で行いました。

その結果、最終的には 25 名ずつ計 50 名の研究データを得ることができました。最も驚いたことは、試験食品を摂取された方のうち摂取後に認知症と診断された方が 0 名であったのに対して、プラセボ群を摂取された方は 25 名のうち 4 名が認知症と診察されたことです。この数値を統計的に計算すると、試験食にある種の予防効果があるという可能性が出てきます。ただし、50 名という少人数に行った試験なので、今後はもう少し大規模な試験を行い、きちんと確認していかなければなりません。

■ 討議の抜粋

(敬称略)

- 板倉** 調査中の食事では、プラセボ群も鶏肉など肉類を普通に食べていたわけですね。肉類およそ100gとればイミダゾールジペプチドは1g近くになります。とするとプラセボ群も、1日約1gはとっていたことになりませんか。
- 久恒** 私たちの概算ですと、1日の食事からとる量は併せて0.5gくらいが平均値になっていて、ですから試験食品群の方はその量がプラセボ群の3倍になるようデザインしました。
- 板倉** イミダゾールジペプチドが、脳のバリアを通して脳内へ入るかどうかはもうわかっておられるのでしょうか。
- 久恒** それは非常に重要なところでして、ヒトでは簡単にはできないので、マウスに摂取させ脳だけを取り出して調べたことがあります。その結果、量については厳密に測定できませんでしたが、移行していることはわかりました。
- 板倉** イミダゾールジペプチドは、脳の神経細胞に作用しているのではなく、むしろ血管壁あるいは血管内の、いわゆる血流改善に主として作用していると考えられないでしょうか。
- 久恒** 血液中の炎症反応が改善され、それを通じて脳血流の低下が回避されたことは、1つの知見ですが、例えば直接脳の血管に作用する、あるいは直接脳内に入って神経細胞に何らかの作用をするかについては今後の研究課題です。いろいろな可能性はあるかなと思います。
- 清水** 最初に行った認知機能の検査では、アルツハイマー病とそれ以外の脳血管系の認知症をどのように扱っているのでしょうか。
- 久恒** アルツハイマー病の影響も併せて調べる検査をしました。海外では認知症の約8割がアルツハイマー病とのことで、血管性の認知症、あるいはピック病やレビー小体病が、残り3種類の主な認知症ですが、同じ検査によって研究あるいは診断などされているようです。
- 福岡** 被験者の中に、アルツハイマー病を発症した方がおられたのでしょうか。それともその方は除かれているのでしょうか。
- 久恒** 健康な方で研究した場合、12カ月後でアルツハイマー病になられた方は1人もいませんでした。ApoE4 遺伝子を持っている方の中で、プラセボ群で MCI に移行してしまわれた方が数名いらっしゃいました。MCI 試験の場合は、MCI の次の段階がもうアルツハイマー病でして、プラセボ群ですと25名中4名の方は、医師の診断でその期間中にアルツハイマー病に移行されたということがありました。

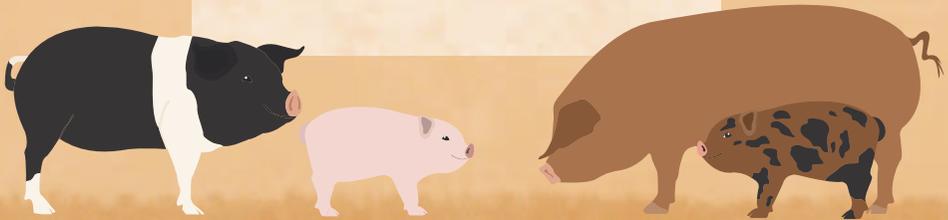
● ひさつね・たつひろ

1987年東京大学農学部農芸化学科を卒業後、東京大学大学院農学系研究科農芸化学専攻修士課程を修了。同博士課程を経て、1991年東京大学農学部助手。その後、1993年東京大学より博士(農学)を取得。1994年より日本学術会議海外特別研究員として米国 NIH・脳疾患研究所に2年間留学。帰国後、1999年東京大学大学院新領域創成科学研究科 先端生命科学専攻助教授。2007年同准教授。

section

3

栄養・機能と
健康寿命



食の欧米化などではない！ カロリー摂取量の低下による栄養不足が 日本人の寿命上昇にブレーキをかけるでしょう



桜美林大学名誉教授・招聘教授／日本応用老年学会理事長 **柴田 博**

● 20年ほど前から“日本人の平均寿命はいずれ延びなくなる”と指摘してきた柴田博先生。その理由は「栄養不足」です。栄養不足は寿命に直結する重大疾患ですが、認知度が低いのが現状といえます。いまや終戦直後より少ない日本人のカロリー摂取量。このまま放っておいていいのかと、改めて問題提起されました。

医療費の増大と低栄養化に警鐘を鳴らしたい

私は日本人の低栄養化を大変危惧していますが、多くの方は「それは初耳だ」「欧米化した食事で飽食しているからむしろ過食だと思っていた」という反応です。低栄養化の原因についてはなかなか複雑で、現在あるいろいろな説をすべて集めても解明が困難な状況ですが、ここで1つの問題提起をしたいと考えました。

私がなぜこれほど性急に日本の低栄養化に警鐘を鳴らそうとしているかですが、2年前に産業医という労働者の健康管理を行う医師の資格を取ったことが1つの契機です。産業医というのは、会社や事業所の従業員や健康保険組合の組合員が健康診査を受けますが、その検査結果に基づいて助言することも含まれます。そこで驚いたのは、受診者の半分が

引っかかるという実態です。日本人の腹囲、特に男性の腹囲 85cm というのは、BMI (体格指数)^{※1} でいうと 23.5 です。これは厚生労働省「国民健康・栄養調査」のデータではちょうど中央値なのです。ですから半分引っかかるに決まっているわけです。

それで産業医として対応するのですが、その引っかった従業員の方たちは健康保険証を持って精密検査を受けに行くか、あるいは企業がお金を出して仕事を休ませる。産業労働力の点からも問題がありますが、この特定健診(特定健康診査)、いわゆるメタボ健診を始めてから医療費が膨大に上がっています。「医療費を抑制するために」を謳い文句に、2008年(平成20年)にメタボ健診を義務化したのにこの有り様です。

後期高齢者医療制度（平成20年4月施行）は、一部はいろいろな健保組合の拠出金で成り立っていますが、メタボ健診の受診率が50%を割った場合には、拠出金を増やすというペナルティを課しています。それ以前は毎年6000億円くらいずつ医療費が増えていましたが、厚労省は日本人の高齢化をその理由に挙げていました。ところが、メタボ健診を義務化して以降の増加率は、毎年その倍、1兆数千億円まで上がっています。1兆円というのは、すべての国立大学の年間予算とちょうど同じです。医療費の値上がり分が、人件費から設備費まで含めた国立大の年間予算の1.5倍にもなるというのはとんでもない話です。

このように医療費が膨れ上がることは非常に大きな問題ですが、日本の国民の栄養状態がどんどん悪くなっていることにも目を向ける必要があります。私は20年前から“日本人の平均寿命はいずれ延びなくなる”と指摘してきました。その理由は「栄養不足」とい

うごくシンプルなものです。栄養不足は寿命に直結する重大疾患です。いまや日本人のエネルギー摂取量は終戦直後よりも低いのが現実です。つい最近、2017年3月に、老年医学の専門誌『Journal of Gerontology & Geriatric Medicine』に「日本の低栄養が将来、日本人の長寿を脅かす」と題する論文を掲載しました。

驚いたことに、全く同時期に、イギリスの医学誌『ランセット』にも衝撃的な論文が掲載されたのです。英公立研究大学インペリアル・カレッジ・ロンドンとWHO（世界保健機関）が、世界35カ国の将来の寿命を予測したもので、2030年には韓国が世界一の長寿国に、日本の平均寿命のランクは下がり、日本の長寿の時代は終わるだろうと報告されています。なぜ日本人の長寿が陰っていくのかという説明に関しては、私と違うところがあり、後ほどお話ししますが、やはり感じている人たちは出てきているのだと思っています。

日本人のエネルギー摂取量は2000年に底をつきました

ここで提示するデータは比較的簡単なものです。日本人のエネルギー摂取量は、戦前は推定で2200kcalくらいでした。戦後のほうが少ないのです。たんぱく質のとり方は必ずしも戦前より低くはありません。総たんぱく質量は60gくらいとっていますが、何しろ95%は植物性のたんぱく質で、ほとんどが米と大豆でした。WHOの勧告によって国民栄養調査が始まったのが1946年（昭和21年）です

が、終戦直後の飢餓状態という特殊な時期があるので、1949年（昭和24年）までは割愛し、1950年（昭和25年）から見ています。

日本人のエネルギー摂取量がピークに達したのが1970年（昭和45年）で2210kcalです。そこからどんどん、どんどん下がって、底を突いたのが2000年（平成12年）で、1948kcalまで落ちてしまいました（図表1）。

国際比較をする時、フードバランスシート

図表 1 日本人の栄養素摂取のトレンド (1人1日当たり)

● 栄養素	1950	1960	1970	1980	1990	2000	2010	2014 (年)
総エネルギー (kcal)	2098	2104	2210	2084	2026	1948	1849	1863
たんぱく質 (g)	68.0	69.7	77.6	78.7	787	77.7	67.3	67.7
うち動物性 (g)	17.0	22.3	34.2	39.2	41.4	41.7	36.0	36.3
脂肪 (g)	18.0	20.3	46.5	55.6	56.9	57.4	53.7	55.0
うち動物性 (g)	—	—	—	26.9	27.5	28.8	27.1	27.7
炭水化物 (g)	418	411.2	368	309	287	266	257.6	256.8

資料：厚生労働省 国民栄養調査 出典：Shibata H & Shibata N : J Gerontol Geriatr Med 2017. 3:012

(食料需給表)^{※2}を元に行いますが、栄養素摂取量のデータを毎年とっている国は日本だけです。韓国は4、5年に1回です。この2000年の1948 kcalが何を意味するのかというと、1946年の日本人のエネルギー摂取量が、あの飢餓状態で、糖尿病死亡率が限りなくゼロになったという記録が残っていますが、その時でさえ1903 kcalあったのです。

もちろん、たんぱく質のとり方、動物性食品のとり方、脂肪のとり方は、現在のほうが多少

ベターではありますが、低栄養——マルニュートリションという定義は“プロテイン・エナジー・マルニュートリション”なので、エナジーが低いということは絶対的な低栄養です。一般的にいて先進国型の低栄養というのは、マグネシウムの摂取量が少ない、食物繊維が少ないといったものです。絶対的な低栄養というのは、アフリカの飢餓地域などで見られるクワシオルコル^{※3}やマラスムス^{※4}に代表的されるように、絶対的な飢餓状態を意味します。

※2 フードバランスシート(食料需給表)：各国の食料と基本的な栄養素などの供給状態を示す統計表。FAO(国連食糧農業機関)の手引きに準拠して各国が毎月データをとり、年間の需給表としてFAOとOECD(経済協力開発機構)に報告する。

※3 クワシオルコル：アフリカの飢餓地域で見いだされた栄養失調症状。クワシオコアとも表記する。極度のたんぱく質の欠乏と不十分なエネルギー摂取で起こる栄養障害のこと。手足がガリガリに痩せているのに、お腹がポッコリと膨れてくる。

※4 マラスムス：エネルギーの欠乏が主体となっておくる栄養障害。同時に、たんぱく質摂取量も減少している。顕著な体重減少が見られる。

このままでは北朝鮮より低くなると予想される日本人のエネルギー摂取量

非常に問題なのは、こうしたトレンドを日本の栄養学者がほとんど知らないことです。データがあるにもかかわらず、現在のエネルギー摂取量が、戦前・戦後すぐの時期より低いなどとは、誰も気がついていないのです。

日本人のエネルギー摂取量は後で出てきますが、アメリカに比べると約30%、1000 kcalくらい低いです。発展途上国の平均にちょうど一致しているわけです。しかし、発展途上国のエネルギー摂取量はだんだん増えているのに、日本はどんどん減っています。発展途

上国の平均値は、東アジアでいうと北朝鮮以外はすべて日本よりカロリーが多い。いま、北朝鮮は増えていますから、日本を追い越すのは時間の問題ではないでしょうか。

それでも2000年の1948 kcalで下げ止まったのではないかという微かな期待も一方ではあります。その後、少しずつ上がってはいます。一番新しい2015年(平成27年)のデータでは、これより20 kcalくらい上がっています。しかし、2200 kcalを回復するにはまだ相当の時間がかかると見えています。

「70歳以上」だけがエネルギー摂取のレベルが高いのは……

国民栄養調査で世代別のデータが示されるようになったのは1995年（平成7年）からです。それ以前はすべて成人、20歳以上の全体の平均値でした。

図表2は、年代別のエネルギー摂取量です。1995年のデータを100として、括弧内に充足率が表示されています。非常に悪いのが1歳から6歳児です。少し上の年代になると、学校給食で底上げされます。しかし、学校給食を卒業した年代になると、20代、30代とだんだん悪くなります。現在、女性の結婚年齢は平均30歳です。そうすると、20歳後半から30歳前半くらいまでが子育て期で、自分の栄養状態が悪くなるのですから、自分が育てている子どもの栄養状態がよくなるわけがないのです。1歳から6歳児も母親のダイエットの巻き添えと考えられます。

2008年はメタボ検診で腹囲の基準値を男性85cmと義務付けた年ですが、この年を中

心に、中年期のデータが悪くなっているのかと思ったのですが、必ずしも明確にできません。注目すべきは、70歳以上は悪くなっていないということです。これが大変重要な点なのです。70歳以上は年齢を青天井にしてあります。ですから、後期高齢者が増えるため、70歳以上のカテゴリーの平均年齢は年々上がっているわけです。

日本人の摂取エネルギーが減り始めた20年ほど前から、私は危ない現象だと言っているのですが、ある栄養学者の方に「日本は後期高齢者がどんどん増えているのだから、平均の摂取カロリーが減るのは当たり前じゃないですか」と言われて、そんな見方もあるのだと妙に納得していました。しかし、年代別で調べたらそうではないのです。70歳以上は減っていない。この群だけは平均年齢が上がっています。2015年も1995年に匹敵する数値でした。

図表2 性・年齢群総エネルギー摂取量のトレンド（1人1日当たり）

年	男性			女性		
	1995	2008	2014	1995	2008	2014
年齢（歳） 全	2,270 (100)	2,077 (91.5)	2,094 (92.2)	1,835 (100)	1,682 (91.7)	1,658 (90.4)
1 - 6	1,530 (100)	1,346 (88.0)	1,308 (85.5)	1,363 (100)	1,176 (86.3)	1,184 (86.9)
7 - 14	2,165 (100)	2,065 (95.4)	2,107 (97.3)	1,931 (100)	1,794 (92.9)	1,811 (93.8)
15 - 19	2,589 (100)	2,380 (91.9)	2,367 (91.4)	1,943 (100)	1,781 (91.7)	1,776 (91.4)
20 - 29	2,333 (100)	2,134 (91.5)	2,137 (91.6)	1,866 (100)	1,652 (88.5)	1,662 (89.1)
30 - 39	2,422 (100)	2,109 (87.1)	2,122 (87.6)	1,895 (100)	1,657 (87.4)	1,651 (87.1)
40 - 49	2,370 (100)	2,082 (87.8)	2,156 (91.0)	1,929 (100)	1,721 (89.2)	1,642 (85.1)
50 - 59	2,440 (100)	2,201 (90.2)	2,183 (89.5)	1,943 (100)	1,771 (91.1)	1,710 (88.0)
60 - 69	2,265 (100)	2,182 (96.3)	2,213 (97.7)	1,809 (100)	1,759 (97.2)	1,719 (95.0)
70 +	1,975 (100)	1,962 (99.3)	1,988 (106.6)	1,625 (100)	1,612 (99.0)	1,602 (98.6)

※単位はkcal、（ ）内は%

資料：厚生労働省 国民栄養調査

出典：Shibata H & Shibata N : J Gerontol Geriatr Med 2017. 3:012

70歳以上の死亡率が日本人の平均寿命の高さに寄与しています

日本人は毎年、約130万人が亡くなっています。その83%は70歳以上です。平均寿命というのは、死亡率を逆から見たものです。ですから、70歳以上の死亡率が国際的にまあまあのレベルにあるので、平均寿命のランクは何とか世界に誇れるということなのです。

若い人は栄養状態が悪くなくてもすぐ死ぬわけではありません。例えば30歳代なら不慮の事故と自殺。アメリカのデータなら人に殺されるなどが死亡の主な原因です。栄養と無関係ではないですが、栄養が悪くなくても

すぐに死亡率が変わるわけではありません。日本人の平均寿命は、70歳以上の死亡者数によってほとんど決定されているといえます。

2013年(平成25年)に和食がユネスコの無形文化遺産に登録されて浮かれています。これには平均寿命が世界の上位だから和食はヘルシーだという変な思い込みがあるようです。平均寿命は、70歳以上の人たちが世界の中で高い位置を占めていることを意味しているだけで、若い人たちの栄養摂取の状況は非常に危険な水域にきています。

増加する出生時の低体重児は将来の生活習慣病のリスクを抱えています

もうひとつ、注目しなければいけないのは、2500g以下の低体重で生まれてくる赤ちゃんが非常な勢いで増えている状況です。私たちの仲間である福岡秀興先生がこの問題の第一人者で、エピジェネティクス^{※5}という概念から解明を急いでおられます。

どういうことかといいますと、子どもが生まれるまでに遺伝子によらない遺伝的な条件、つまり出生時の体重が小さいと、成人以降に生活習慣病になりやすいという強い関連性が明らかになってきているのです。心臓病、糖尿病、肥満すべてそうです。低出生体重児の問題は、すでに幼少期から将来の健康の阻害要因になっているわけですから、対策を打つ必要があります。

日本は、アメリカも含めてですが、小児肥

満は将来、生活習慣病になるから早いうちに手を打たなければだめだという考え方ですが、そうではなくて、低出生体重児の小児期、あるいは成長期の健康そのものに目を向けなければいけないのです。

図表3でおわかりのように、日本人の摂取カロリーがピークになった1970年から80年にかけては、出生時体重は平均で3200gくらいありました。2500g未満を低出生体重児というのですが、それは5%くらいでした。

つまり、国民の摂取総カロリーが減ってくるに従って、一番新しい2015年のデータでは、低出生体重児は9.47%、10%近くもあります。出生時体重は200gほど低くなっています。

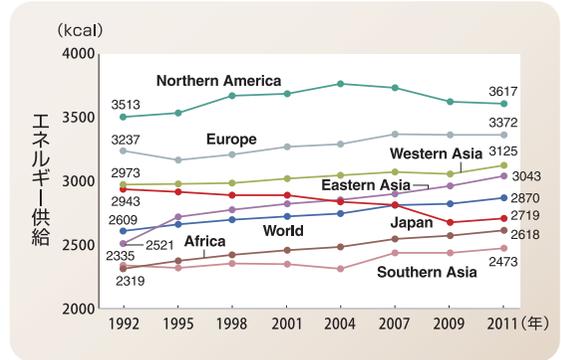
産科の先生方は、どういうわけか一様に妊

図表 3 平均出生時体重と低体重児の頻度のトレンド



資料：厚生労働省 人口動態統計 (1975-2014)
出典：Shibata H & Shibata N : J Gerontol Geriatr Med 2017. 3:012

図表 4 世界の栄養供給量 (エネルギー)



資料：Food and Agriculture Organization of The United Nations 2013
出典：Shibata H & Shibata N : J Gerontol Geriatr Med 2017. 3:012

婦さんの体重が10kg以上増えると良くないという指導を何十年もやってきているのです。10カ月近くになると胎児の体重は3kgくらいあり、羊水の量は大体7kgくらいです。ですから平均10kgくらい増えるというのは、妊婦さんの普通の姿だとわれわれは医者として当然のように考えます。平均で10kg増えるという認識は、±10%から15%は正常と考えるのが常識ですが、10kgを上限にしてしまったら、妊婦さんは皆ダイエットして体重減少に努めるという由々しきことになってしまいます。

世界のエネルギー摂取量のトレンドを示したのが図表4です。20年ほど前から追っていますが、驚いたことに日本だけ摂取カロリーが減っているのです。最近になって、思春期の子どもたちの栄養に関する共同研究が日本の

学者を含めてあちらこちらで行われていますが、どこの国でもダイエット志向はありますが、しかし、本当にカロリーを減らすことをやっているのは日本の若い女性だけです。なぜ日本の若い女性にこのような痩せ願望があるのかについて、今、論議されているところです。

日本のもともとのカロリーは2943kcalです。これはフードバランスシートに基づいていますから、数字は高く出ています。2011年はここから200kcalくらい下がっています。ほかの国を見ると、先進国は上がり方が鈍い、途上国は上がり方がシャープという違いはありますが、減っている国は日本しかありません。日本人にはどうも非常に特殊なメンタリティがあるのではないだろうか。これが何から来ているのかについて、現在執筆中の本で述べるつもりです。

日本の BMI 基準では病気のレッテルを貼られる人が増えるだけです

国際的な肥満の基準は BMI が 30 以上ですが、アメリカは BMI 30 以上が 34.3% います。

日本は発展途上国の平均と同じくらいの 3.3% で、ちょうどアメリカの 10 分の 1 です。日

本という国は、あまり根拠なく、勝手に基準をつくってしまうきらいがあります。日本肥満学会が2000年に肥満の基準をつくり、BMI 25以上を肥満にしてしまったわけです。

オーバーウエートという概念は欧米にあるのですが、外国の研究者と話していると、肥満、英語で obesity (オベシティ) は病気であるという認識です。一種のシンドロームと考えられています。日本では簡単にオベシティと言いますが、病気だと思われていないのです。アメリカと実態が違うからと、日本では勝手に肥満の基準をつくって、病気にしてしまっているのが実情です。

日本人のBMIの平均は23.5ですが、さまざまな研究の結果から、一番長生きしているのは大体BMI 24~27です。平均値より少し上のところに最も長生きするゾーンがあるのに、それを肥満と言ってしまう、病気にしてしまう。2000年の肥満学会の基準に、どういうわけか、これも何の根拠もなくBMI 22が標準であると書いてあるのです。最も病気が少ないのはこの値だとわざわざ注釈まであります。ですからBMIが23で平均であっても医者にダメだとされるため、皆BMI 22に向かうわけです。

最近、サプリメントや健康機器をつくっている健康関連の企業には、社員がBMI 22を達成しないと降格、賃金カットなどのペナルティを科すところが結構出てきています。500kcalの昼食などという本が大変売れているのも、そうしたことの反映だと思われます。日本はとんでもないことをやっているのです。

今、私は、日本人のメタボ基準を男性の腹囲85cm以上、女性90cm以上という奇妙な数値にした論拠が内臓脂肪を測っているからとした論文を自分の本の中で批判しています。この基準値については、世界糖尿病協会から再三勧告を受けています。この世界組織の協会は、北米用、アジア用など国、地域別に基準を設けており、日本人のための基準は男性90cm、女性80cmにするというものです。ところがそれをすべて拒否してここまで来てしまったわけです。

この2004年の英語の論文は、図表、データとも、とんでもない代物です。対象の年齢が21歳から83歳と60歳以上も幅がある集団を、年齢調整なしに分析しています。そのためBMIの低い人は内臓脂肪も低いし、肥満関連疾患も、これまた勝手に基準をつくって、その数が少ないとしているのです。しかも、男女を分けていません。男女を分けないと、例えば中性脂肪は男女で全国平均では30mg/dlの差がありますから、女性のほうが引っかかる人が少なくなるに決まっています。肥満関連疾患としては血圧、中性脂肪、コレステロールの異常などがありますが、血圧と中性脂肪に関しては全国平均より低い値を異常値にしてしまっています。

問題は、これが1個の論文にとどまらず、全国の健康保険組合のメタボ健診の基準に使われてしまったことです。その結果、正常な人が病気のレッテルを貼られ、とんでもない数の人が余計な時間と余計なお金をかけて治療を受けることになるのです。

2030年の寿命予測で日本のランクは大きく後退

平均寿命世界トップ10の推移によれば、1990年には世界のトップは男性も女性も日本でした。2010年になると少し落ちてきて、女性は1位のままですが、男性は6位です。初めのほうでお話ししましたが、図表5はWHOの予測で、女性については、日本は韓国とフランスに抜かれます。男性はもっと下がって11位というものです。

この理由について、『ランセット』の著者の1人は、「日本人の食生活のバランスが悪くなっており、高血圧が増えるなど、成人病の発生リスクが上昇するから」としています。

私はこの意見には賛成しません。高血圧は減っていますし、日本の食生活が欧米化してしまい、その害が出ているという先入観があるのです。かつて長寿日本一だった沖縄の男性の平均寿命のランキングが落ちた時も、食の欧米化のつけが回ってきたという見方をされました。しかし、そうではなくて、沖縄の脂肪摂取量が減るに従って、寿命の順位が下がってしまったのです。現在は全国平均を3gくらい下回っています。つまり、低栄養化したために沖縄の平均寿命が下がったということです。しかも、肥満や高コレステロール血症が増えているわけではありません。肝炎、自殺、アルコール中毒など、低栄養の害が出ているわけです。

私は日本人の低栄養化が進み、摂取カロリーも下回っているために寿命のランキングが下がるとコメントをしていますが、おそらく日

図表5 世界の平均寿命 2030年予測

男 性			女 性		
順位	国名	平均寿命(歳)	順位	国名	平均寿命(歳)
1	韓国	84.07	1	韓国	90.82
2	オーストラリア	84.00	2	フランス	88.55
3	スイス	83.95	3	日本	88.41
4	カナダ	83.89	4	スペイン	88.07
5	オランダ	83.69	5	スイス	87.70
6	ニュージーランド	83.59	6	オーストラリア	87.57
7	スペイン	83.47	7	ポルトガル	87.52
8	アイルランド	83.22	8	スロベニア	87.42
9	ノルウェー	83.16	9	イタリア	87.28
10	イタリア	82.82	10	カナダ	87.09
11	日本	82.75			

出典：Kontis V et al : Lancet 2017; 389:1323-35

本の多くの研究者は逆のこと、つまり食の欧米化が原因だと言うだろうと考えています。

もう一度言います。日本人の摂取カロリーが2210kcalと最高だった1970年から半世紀近くたった今日では、200kcal以上落ちて1800kcal台になってしまいました。1980年（昭和55年）には2084kcalをとっていましたから、このレベルを維持していれば、日本の平均寿命はもっと延びていたはずですが。どんなに頑張っても、これが回復するのにおそらく半世紀かかると思います。ですから、『ランセット』の2030年の予測に近い順位になるでしょう。人のビヘイビアは簡単に変わることができるかもしれませんが、国のトレンドというのはそう簡単には変えられません。でも何も言わないともっと悪くなるので、あえてこうした指摘をさせていただきました。

■ 討議の抜粋

(敬称略)

- 清水** 日本人の総エネルギー摂取量は、今まで下がってきていたのに、ここ数年は横ばいになっています。それはどういう理由でしょうか。先生の警鐘が少しは社会に伝わったと考えていいのでしょうか。それとも何かほかの要因があるのでしょうか。
- 柴田** 残念ながら私の発言に世の中を変えるほどの影響力はありません。あえて言うならばフロアエフェクト(床効果)でしょう。生命現象、社会現象には、もうこれ以上は上がらないというシーリングエフェクト(天井効果)がありますが、1849kcalは、もうこれ以下には下がらないフロアエフェクトかと思います、極端なことを言うと、今の20代の女性の栄養状態は、北朝鮮を下回っていると見ています。低栄養をテーマに新たに本を書いています、みんながもっと低栄養に気がついてもらいたいと期待しています。
- 清水** これに気がついてもらうには、さまざまなジェネレーションに対してそれぞれ違う働きかけをしないとイケないと思います。小・中学校では給食というツールを利用できそうですが、ほかはどういうところにどのように働きかけるのが一番効率的でしょうか。
- 柴田** かつて日本の学校給食は、1日の必要カロリーの半分を提供していましたが、ある時期からもう飽食の時代になったからと3分の1にしたのです。今、朝食の欠食児がものすごく多いわけです。アメリカの小学校ではベンダーマシンで朝食を食べられるようにしていますが、一部の私立校を除き日本ではまだ設置されていません。コインで手軽に朝食がとれるよう学校にベンダーマシンを置くのも1つの方法かと思います。また、高齢者が地域で子どもたちに食育を提供する担い手となっていただきたい。すぐにどういう効果が出るかわかりませんが、そういうボランティア活動をしている高齢者ほど認知症にもならず長生きしますよと、高齢者のプロダクティビティという側面から皆さんに勧めています。
- 上野川** 女性の場合、低栄養の大きな要因の1つに痩せ願望があるとのことですが、男性の場合はいかがでしょうか。
- 柴田** 男性の場合、メタボ健診の影響が大きいと思います。肥満学会はBMI 25、腹囲 85cm以上を肥満としました。あの辺から成人男子はジリジリと追い詰められて、栄養状態が悪くなってきているという感じがします。
- 上野川** 長期的に見て、全体的な死亡率の低下につながるのお話でしたが……。
- 柴田** それまではインフルエンザ死亡者の5、6割が65歳以上の人でしたが、今はインフルエンザ死亡者の9割近くが65歳未満です。すでに若い世代の低栄養の影響は死亡率に反映しているといえます。若年性結核もまた増えています。肺炎などの感染性の疾患による死亡率が、今後さらに増えていく可能性があります。
- 上野川** 免疫系の機能低下が一番響くとお考えですか。
- 柴田** そうですね。免疫系の問題として考えていけないとイケない。ただ状況は若干でも回復してきたので、好転することを期待したいと思います。

● しばた・ひろし

1965年北海道大学医学部卒。医学博士。東京大学医学部第四内科を経て、東京都老人総合研究所副所長。現在名誉所員。桜美林大学大学院老年学教授、人間総合科学大学大学院教授などを歴任。日本応用老年学会理事長をはじめ5学会の理事などを務める。日本老年学会認定老年病専門医、日本内科学会認定内科医、老化の学際的な横断研究のリーダーを務めて現在に至る。著書多数。

2 BMI と寿命・健康寿命

大規模コホート研究でわかった 「肥満」の害より「痩せ」の害 特にBMI20以下の高齢者は低栄養に陥りやすい



東北大学大学院医学系研究科教授 辻 一郎

● 平均寿命が延びた今日、いかに健康で長生きするか、健康寿命を延ばすかが大きな関心事です。そのキーワードの1つが「BMI」。どうやら中高年では少し太めが健康長寿につながりそうです。自らもかかわった大規模コホート研究の成果を辻一郎先生におうかがいしました。

日本人に肥満は少ないためBMI 25.0以上を肥満とすることも

まずBMI（Body Mass Index＝体格指数）とは何かですが、体重を身長²で割ったもので、18.5、25、30といった基準があり、適正体重は教科書的には18.5～25.0未満となっています。25.0～30.0は過体重、30.0以上が肥満ですが、日本人は肥満が少ないので、25.0以上を肥満とする場合が多いようです。

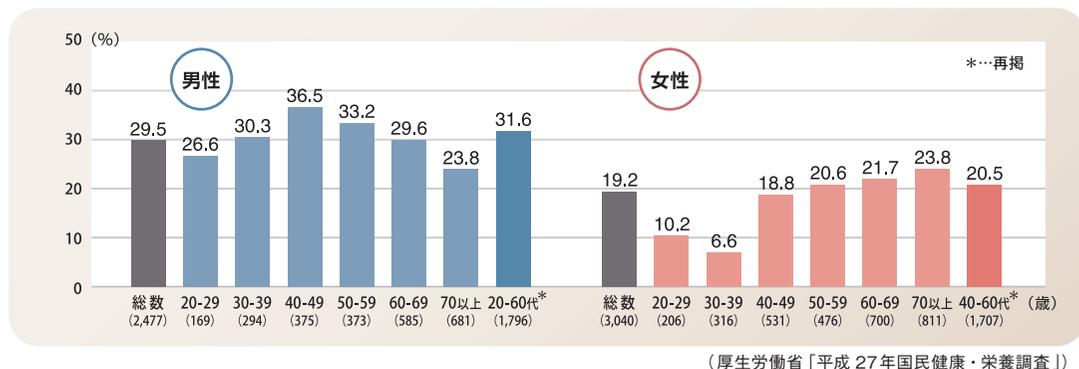
厚生労働省は、『食事摂取基準』の中でBMIの範囲を決めています。年齢によって違っており、2015年度版では、上限値は24.9のままですが、18歳～49歳までは18.5～24.9、50歳～69歳は20.0以上、そして70歳を超すと21.5～24.9となって、高齢になると低栄養に注意を促す内容になっています。

1975年からの約40年間にわたって国民健

康・栄養調査のデータがありますが、BMIが25以上の成人肥満者の割合の年次推移を見ると、女性は大体20%台前半で、この40年間ほとんど増えていません。男性は増えていましたが、2005年ごろに30%で頭打ちになりましたが、最近では30%前後を行ったり来たりのほぼ横ばいです。日本は肥満者の割合が上げ止まりというところに、欧米の人からは驚きと羨望のまなざしが注がれています。

肥満者の割合を性別・年齢階級別に見ていくと、図表1のように、男性では40代でぐっと増えますが、そこから先はむしろ減少していくという状況です。女性も40代から増えてきますが、女性の場合は年齢とともに肥満者の割合が増えていくということで、男女の違いがあります。

図表 1 肥満者の割合（20歳以上、性・年齢階級別）



痩せの人の割合ですが、特に 20 代の痩せの割合が非常に問題になっていましたが、この数年間、20 代で痩せている人の割合が減少しつつあり、非常にいい傾向が見られます。65 歳以上の低栄養の人の割合も、この 10 年あまり、ほぼ 16%、17% という状況です。痩せの人の割合は 20 代が男女とも一番多いのですが、30 歳を超すと男性は 2～3% 台で、女性もかなり少なくなっています。

高齢者では BMI が 20 以下は低栄養傾向にあるとされますが、BMI 20 以下の人の割合を 65 歳以上の高齢者で見ると、全体の平均が 16.7% と 6 人に 1 人になります。75 歳以上の後期高齢者では増加傾向にあり、75 歳～79 歳では 16%、80 歳～84 歳では 20%、そして 85 歳以上になると 29% と、高齢になればなるほど食事の摂取量が減って、低栄養の人が増えてくるところに大きな問題があります。

BMI と死亡リスクの関係はきれいな U 字型を描いています

BMI は死亡リスクと「U 字型」の関係にあるとされています。肥満の人でも死亡リスクが上がりますし、逆に痩せている人でも死亡リスクが上がるという U 字型を描きます。「大崎国保加入者コホート研究^{*1}」という私たちのデータをご紹介します。

宮城県の大崎保健所は、東北新幹線で仙台から 1 つ北にある、米どころで有名な大崎平野の古川^{*2}を中心とした 1 市 13 町を管轄していました。そこで 40 歳～79 歳の国民健康保険の加入者、約 5 万 5000 人にアンケート調査をお願いしたところ、実に 95%、5 万

2000 人から有効回答をいただきました。平成 6 年ですからかなり前ですが、その後も国保の医療費情報もいただいて、生活習慣と医療費の関連などを調べています。

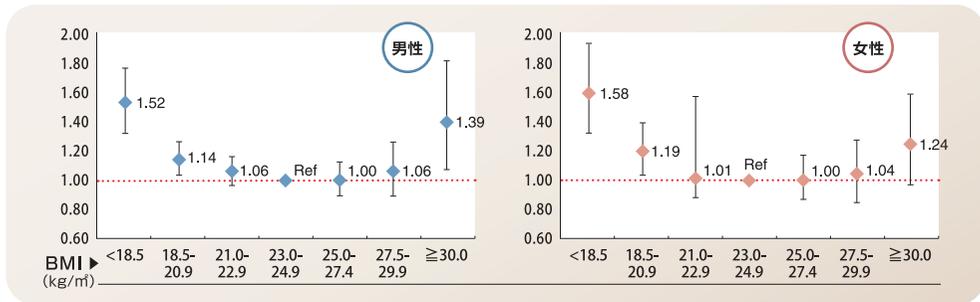
BMI と死亡リスクの関係は、BMI 18.5～20.9、21.0～22.9 と 2 または 3 刻みで調べています。23.0～24.9 を基準にして他の BMI レベルとの間で比めたのですが、25.0～27.4 でも死亡リスクは全く変わりません。ただし、23 を下回ると徐々に死亡リスクが上がってきて、男性では 18.5 未満になると、理想的な体重に比べて死亡リスクが 1.52 倍に。また

BMIが30を超すと1.39倍と増えています。
女性もBMI18.5未満では死亡リスクが1.58倍、そしてBMIが30以上になると1.24

倍で、非常にきれいなU字型です。ただ、どちらかというと低体重の人のリスクが上がっています(図表2)。

- ※1 コホート研究：特定の地域や集団に属する人々を対象に、長期間にわたってその人々の健康状態や生活習慣、環境の状態などさまざまな要因との関係を調査する研究のこと。
- ※2 2006年3月31日に新設合併があり、当時の古川市は大崎市になっている。

図表2 BMIと死亡リスクとの関連(全年齢)



(M Nagai et al. J Epidemiol 2010;20 (5):398-407)

高齢になればなるほど痩せている人の死亡リスクは高くなる

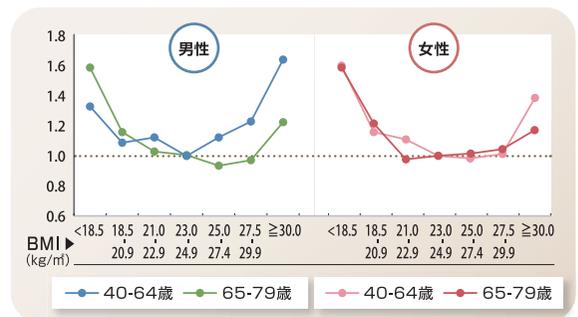
これを年齢階級別に、お答えいただいた時に40～64歳の人と65～79歳の人で見ると、同じU字型ですが、最も死亡リスクが低いところのラインが変わってきます(図表3)。追跡開始時点で40～64歳だった人では、死亡リスクが最も低いところがBMI23.0～24.9です。すでに高齢者、65～79歳という人では、これは12年間追跡していますが、その後の死亡リスクが最も低いところは25.0～27.0で、高齢になればなるほど、痩せている人の死亡リスクは、若年の人よりも高いことがわかります。

太っている人の死亡リスクは、高齢の人よりも若年の人のほうが高く、高齢になるほど死亡リスクが最も低くなるBMIレベルがだん

だん高くなっています。そして肥満の害よりも痩せの害のほうが強くなってくる。そういう傾向が見えるということです。

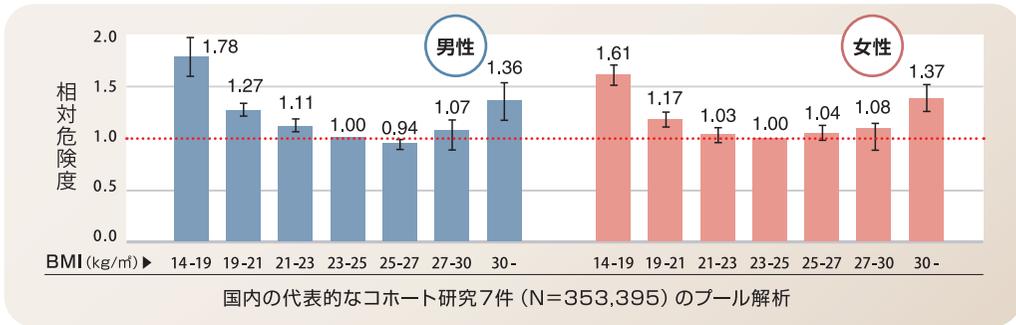
国内の代表的なコホート研究は私たちのものを含めて7つあります。私たちのものは5万人規模ですが、国立がんセンターが10万人規模のコホートを行っていますし、ほかの

図表3 BMIと死亡リスクとの関連(年齢階級別)



(M Nagai et al. J Epidemiol 2010;20(5):398-407)

図表4 BMIレベルと死亡リスク



(Sasazuki S, et al. J Epidemiol. 2011;21:417-30)

研究をすべて集めるとおよそ35万人になります。それらをすべて合計して死亡リスクを見るプール解析※3の結果が図表4です。

従来良いとされていたBMI18.5～25というレベルでは、むしろ死亡リスクが上がってきて、男性では最も死亡リスクが低いのは

BMI 25～27あたりです。女性は21～27くらいまでは死亡リスクが低いという状況です。

当初は、BMI18.5～25の死亡リスクが低いと考えられていましたが、もう少し高めに設定してもいいのではないかと、これら疫学調査の結果から見えてきました。

BMIと死亡リスクの関係が異なる東アジアとインド亜大陸

アジア全体でコホート研究を集めようという動きもあります。ACC (アジア・コホート・コンソーシアム) という組織があり、私たちもそこに参加していますが、すべて併せると100万人を超えるアジア人のコホート研究データが集積され、BMIと死亡リスクの関係を考察しています。

それによると、東アジアの日本、韓国、中国の人たちと、インドやバングラデシュの人たちでは、BMIと死亡リスクとの関係がかなり違うことがわかってきました。脳血管疾患、虚血性心疾患、心筋梗塞までを含む循環器系の疾患については、東アジアではこの死亡リスクはやはりU字型になっています。ところがインド、バングラデシュではほとんど

BMIとの関係はありません。BMIとがんの死亡リスクも東アジアはU字型ですが、インドやバングラデシュでは、むしろ痩せている人ほどがんのリスクが高く、太っている人ではがんのリスクが下がっています。

一方、がん、循環器疾患以外の死亡リスクは、日本でも痩せている人ほど高くなりますが、その傾向が非常に強いのが、インド、バングラデシュです。詳しく見ていくと、肺炎死亡者のリスクが痩せている人で非常に強まっていることがわかりました。

東アジアの人たちは総じてU字型ですが、インド、バングラデシュでは肥満の人ほど死亡リスクが低くなっています。これは生物学的な面ではなく、むしろ社会的な側面の

反映だと思われます。インドやバングラデシュで肥満の人は、社会経済的な地位が非常に高い人です。ですから栄養も医療も行き届

いていると考えられています。ただ、今後、東アジアのような飽食の国になっていけば、変化が起きるかもしれません。

若い時には適正体重、40歳過ぎたら多少太目が長生きの条件

先述した「大崎国保加入者コホート研究」では、アンケート調査に答えていただいた40歳～79歳の方の体重と、その方たちが20歳の時の体重を比較して、その後の死亡リスクを見えています。

20歳のころはBMIが低いほう、18.5～25あたりの人の死亡リスクが最も低く、25～29の過体重では死亡リスクがやや上がってきて、30以上になるともっと上がってきます。ところが40歳の時点で見ると、オーバーウエートとされているところの死亡リスクのほうかむしろ低くなっています。年齢と体重との関係はかなりあるようです。

つまり、若い20代、30代のころはBMIが18.5～24.9の適正レベルにあるほうがよく、中高年になってくると、若いころより体重が増えているほうが死亡リスクは低いということになります。

さらに、20歳のころのBMIレベル別に、

BMIが適正レベル、過体重レベル、あるいは肥満レベルの人で、その人が40歳～79歳、中高年になってどれくらいのレベルだったか、それごとにその後の死亡リスクを見えています。20歳のころ適正体重で、中高年になってアンケートに答えた時にも適正体重だったという人たちの死亡リスクを標準と考え、20歳のころ適正体重で、40歳～79歳までに若干太目になった人のほうが0.87、つまり13%くらい死亡リスクは下がっています。

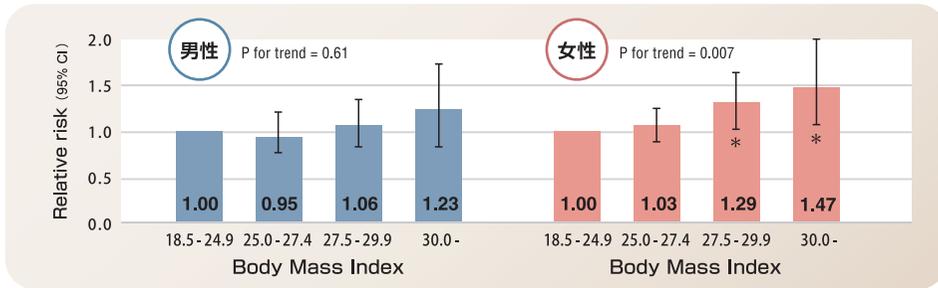
20歳のころは適正体重だったけれども、中高年になったらBMIが30を超える、中年太りを通り越して相当な体重増加をしてしまった人では、死亡リスクが相当有意に上がっています。結論として、若いころ適正体重で、そのまま体重を増やさず維持している人より、中高年になって多少ぼっちゃりしたほうが死亡リスクは下がる、つまり長生きするということになります。

女性では肥満度が高くなるほどがんのリスクが高まります

BMIとがんの関係について、私たちが行った別のコホート研究をご紹介します。宮城県内の3つの地域の40歳以上の人を対象に、1984年にアンケート調査を行い、その後92年

まで9年間追跡したものです。約2万7000人の追跡調査で1627人ががんと診断されました。宮城県はがん罹患登録の精度の高さが日本でも有数で、私たちが主だった病院の

図表 5 肥満と全がん罹患リスク



(S Kuriyama et al. Int. J. Cancer113,148-157(2005))

カルテをすべて見させていただいた結果の数字です。

BMI レベル別にがんの状況を見たところ、男性は肥満度、BMI とがんとの関係はあまり明確ではなかったのですが、女性はBMI が高くなればなるほどがんの罹患リスクが増すことがわかりました。特に大腸がん、胆のうがん、閉経後の乳がん、子宮内膜がんです。

子宮がんには2種類あって、子宮の入り口の子宮頸がん、そして子宮の内側、赤ちゃんが入る子宮内膜のがんです。子宮頸がんは基本的にはウイルスによるものですが、子宮内膜がんはホルモン環境を相当反映するため、肥満の人で増える傾向があります。

がん全体で見ると、男性と女性でBMI レベルが、適正レベル、過体重、30以上の肥満という3つのグループに分けると、男性はBMI レベルが上がるにつれて多少はがんの罹患率が増えますが、有意な関係ではありません。

一方、女性はBMI のレベルが上がるほどがんの罹患リスクが直線状に上がっていくという、非常にきれいな関係が見えます(図表5)。

大腸がんでは、男性も肥満の人で増えますが、統計学的に有意ではありません。女性だけは、特にBMI が30を超えている人で、大腸がんの罹患リスクが有意に増えています。

胆のうがんでは、女性が非常に顕著に、肥満レベルが高くなるほど胆のうがんの罹患率が高くなっています。胆のうがんは自覚症状がほとんどなく、現在の診断レベルでは、胆のうがんと診断された場合はほぼすべてが進行がんです。しかも胆のうがんの原因、リスクはほとんどわかっておらず、唯一、明確なのは肥満ということです。

閉経後の乳がんもBMI が高い人ほど増えています。また、BMI30以上の人では子宮内膜がんのリスクがかなり大きいことがわかっています。

糖尿病の人は肥満関連がんである結腸がんなどのリスクが高い

現在、世界がん研究基金とアメリカのがん研究機関が、定期的に疫学研究の論文をすべて国際的にレビューして、食事や運動とがん

との関係をシステマティックに考察しています。2007年に発表したものは、7000本以上の論文をもとにしています。

肥満と発がんリスクとの関係も見ていますが、肥満によって食道がん、膵臓がん、大腸がん、閉経後の乳がん、子宮内膜がん、腎臓がん、この6種類はまず間違いなく増えると推測されています。内臓脂肪性の肥満、いわゆるメタボで確実に増えるのは大腸がんで、まだ確実性はそれほど高くはないものの、おそらくリスクを上げると考えられているものに胆のうがんがあります。

なぜ肥満は発がんに関係するのかですが、最も考えられるのは、肥満することによってインスリンの分泌が増し、IGF-1（インスリン様成長因子）とともに腫瘍細胞の増殖を刺激することです。さらに、肥満により女性ホルモンの1つ、エストロゲンが脂肪組織から出てきて、子宮内膜がんや乳がんを増殖させる

と考えられています。

また、肥満によって脂肪細胞から分泌されるレプチンというホルモンが出てくるため、これが炎症性のサイトカイン※4を刺激して、大腸がんや前立腺がんが増えるのではないかとされています。実際にインスリンと発がんリスクの関係を見ると、II型糖尿病患者では、結腸がん、子宮内膜がん、腎臓がん、膵臓がんという肥満関連がんのリスクが高まるというデータが現在出ています。

先ほどご紹介したアジアのコホート研究でも、77万人のデータをまとめると、糖尿病がある人で有意にリスクが上がっているのが大腸がん、肝臓がん、胆のうがん、膵臓がん、腎臓がんで、糖尿病とがんとのリンケージは、今かなり大きな問題になっています。

※4 炎症性サイトカイン：生体内におけるさまざまな炎症症状を引き起こす原因因子として関与するIL-1やIL-6、TNF-αなどのサイトカインを炎症性サイトカインと称する。サイトカインは細胞同士が連絡をとりあう信号のようなもの。

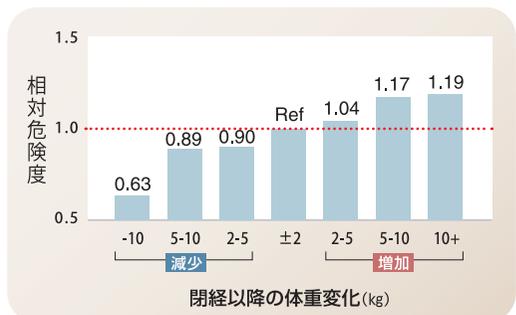
体重を落とせば閉経後乳がん、結腸がんは罹患率を下げられる

肥満によってがんが増えるのはほぼ常識になりつつありますが、では、体重を減らせばがんのリスクは減るのかです。これについては、アメリカのいくつかのコホート研究で解明されています。

アメリカの看護師12万人による「Nurses Health Study」は、閉経後の乳がんや肥満の関係を、18歳から閉経までの間にどのくらい体重が増えたか、減ったかで見えています。これによると、体重が増えた人では当然、閉経後の乳がんリスクが上がっていますが、大人

になってから体重が減った人では、乳がんの罹患率が下がっていることが明らかになっています(図表6)。

図表6 体重変化と閉経後乳がんリスク



(A. Heather Eliassen et al. JAMA 2006;296:193-201)

別のコホート研究では体重変化と結腸がんリスクも調べていますが、体重が増えている人では結腸がんのリスクが上がりますが、体重が減っている人ではリスクが減っています。

す。このように、若いころに比べて体重を減らすことができた人は、乳がんや結腸がんという肥満関連がんのリスクが下がっていることが明白になっています。

低体重の人ほど要介護認定のリスクが高く認知症の発生率も上昇

私たちの「大崎国保加入者コホート研究」は、喫煙や肥満と医療費との関係を見るというユニークな分析も行っています。1995年から2007年まで13年間の追跡調査ですが、79歳の方をスタートラインで13年間ですから、90歳まで追いかけることができました。

1月当たりの医療費について肥満度との関係を見ると、BMIレベル21～22.9が最も医療費がかからない群で、痩せている人の医療費は16%増しですが、BMI30以上の人は22%増しと、かなり高くなっています。

生活習慣別の平均余命を見ますと、喫煙習慣では、たばこを吸わない人の40歳の平均余命は44.7年。たばこを吸う人の平均余命が41.0年で、たばこを吸う人は吸わない人に比べて、40歳時点での平均余命が3.7年短いことがわかりました。

ところが、BMIレベルで見ると、男性の40歳の平均余命は、BMI25～30が一番長生きです。そして30を超えるとかなり短命になります。ただし、生涯の医療費はほとんど変わりません。女性に至っては、BMI25～30が最も長生き、18.5～25もほとんど同じくらい長生きです。それに比べるとBMIが30以上の人は3年以上短命ですが、生涯医

療費は余計にかかっています。

その理由は、たばこを吸っている人たちは、がんや心筋梗塞になって、比較的パタッと亡くなる。一方、肥満の人たちは糖尿病になりやすく、透析などいろいろしたうえで亡くなるわけです。その違いだろうと思われる。いずれにしても、QOLの低下は著しいものがあるということです。

喫煙、肥満、運動不足の組み合わせでも行っています。たばこを吸うか吸わないか、肥満はBMIが25以上か25未満か。運動不足についても1日1時間以上歩いているか歩いていないかで比べました。

「たばこを吸わない」「適正体重」「1日1時間以上歩いている」という全くリスクのない人では、10年間の追跡で1月当たりの平均医療費が2万円でした。それに対してリスクが1つある人は、医療費が大体10%弱増えます。リスクが2つ重なると10%～30%増えます。そして、「たばこを吸う」「BMI25以上」「歩かない」という、リスクがすべて重なっている人では、医療費が2万9000円で4割増しでした。かなり大きな影響があります。



BMIと要介護のリスクについても私たちの

調査で明らかになっています。宮城県の大崎市で、2006年に65歳以上だった1万2000人にアンケート調査をしました。要介護とは介護保険の認定（要支援・要介護）を受けていることですが、この方たちは認定を受けていない、「自立」の人たちです。身長、体重をはじめ、生活習慣について答えていただき、その後、介護保険の認定状況を6年近く追跡し続けました。その結果とBMIとの関係を見たのが図表7です。

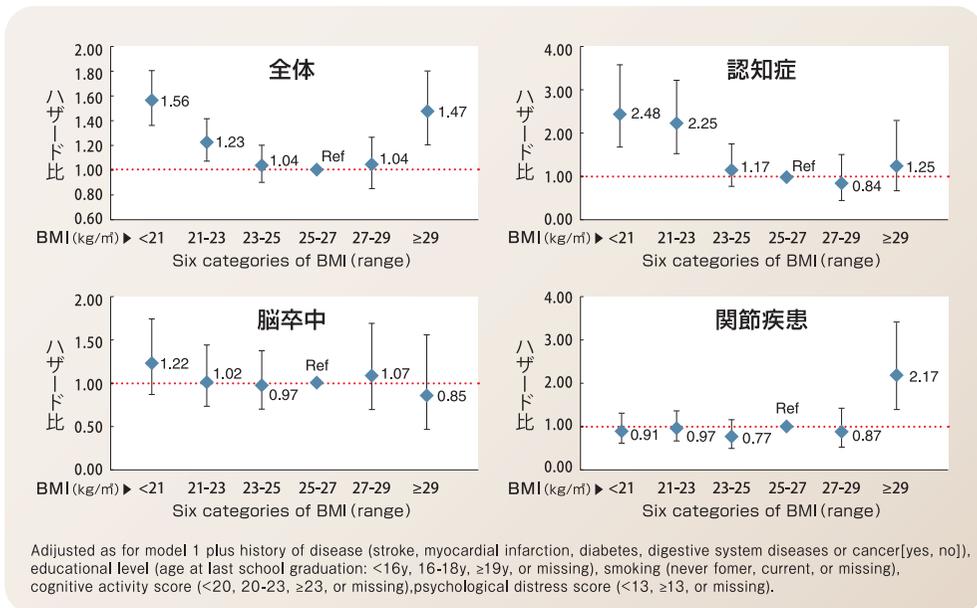
全体で見ると、非常にきれいなU字型です。BMIは2つ刻みですが、要介護の発生リスクが最も低いのが25～27というレベルです。かなり高めになっています。そして、それよりもBMIレベルが低くなればなるほど、要介護の認定を受けるリスクが増えてきます。21未満では1.5倍以上で、肥満の人よ

りもリスクは高いことになります。

要介護の3大原因とされる認知症、脳卒中、関節疾患との関連についても調べています。脳卒中に関してはほとんどBMIと要介護の発生リスクは変わりません。関節疾患は肥満の人が多い。肥満の人ほど関節症が起りやすくなるので、それだけ増えています。

驚きだったのは認知症です。低体重の人ほど認知症の発生率が上がっています。これは原因なのか結果なのかわかりませんが、年を取って、だんだん認知機能が落ちてくると、料理をつくれな、栄養管理ができないなどの事情により、結果として痩せてくる人がいます。そういう人が認知症になりやすいようです。単純に痩せが認知症の原因とはまだ言えませんが、このような傾向があることは知っておいていただきたいと思います。

図表7 BMIと要介護リスクとの関連



(Zhang S, et al. Medicine (2016) 95:31 (e4452))

■ 討議の抜粋

(敬称略)

- 柴田** 非常に納得できるデータとして全部拝見しました。医療費の問題ですが、2008年にメタボ健診が義務化されて以降、毎年上がっていて平成27年度(2015)の医療費は約41.5兆円、前年度に比べて1.5兆円の増加です。不適切な基準を設定すると医療費が上がっていくのです。私もこれは大変深刻な問題ではないかと思っています。
- 辻** 先生のおっしゃるとおりで、今、高血圧にしても糖尿病にしても脂質異常にしても、病気の基準値が下がってきていますね。ですからみんな病気になってしまう。
- 大櫛** 判定基準が厳しくなっています。その基準で要医療と判定されて治療されてしまうので、2008年から医療費が大幅に上がった。ですから医療費から日本人の健康状況について言及する時は判定基準の変化による影響を補正するなり、何らかの考慮をしたほうがいいかと思います。
- 福岡** BMIが18.5以下の痩せが10代、20代の若年層で増えています。この人たちの予後は、先ほど示していただいたものとは少し違う結果が出てくるのではないかと危惧しているのですが、その点いかがでしょうか。
- 辻** 大変重要なお指摘だと思います。疫学の分野では、中高年の生活習慣とその予後との関係は調べていますが、それではもう手遅れで、もっと若い時期から調査すべきではないかとの考え方が最近はかなり広がっています。胎生期、あるいは生まれてすぐの問題と、さまざまな病気、長期的な死亡リスクとの関係を調べる研究が今かなり進んでいます。日本には母子手帳という世界に冠たるデータや、あるいは小、中、高校の健診や体力測定などのデータがありますので、それを研究目的に使えるれば相当なことがわかるのではないかと思うのですが、残念ながら個人情報保護の壁が立ちふさがり、まだ全くできていないのが現実です。ただ、本当の意味での国民の健康づくりに貢献するために、個人情報の枠を取り払う特例措置を国のほうでも今検討中ですので、おそらく5年、10年の単位で先生のご質問にお答えできる時代が来るといいなど考えております。
- 上野川** この会議では、BMIが頻繁に登場します。身長は長さで一次元、体重は縦、横、厚みで三次元、とすると素人考えだと身長²ではなく3乗で割るほうが普通な気がするのですが……。
- 大櫛** 私は日本人のデータを100万人規模で、体重と「身長²」、「身長³」、それに昔の「身長^{-0.9}」などの相関分析と回帰分析を行いました。そうしましたら、やはり「身長²」が体重との関係が強いことがわかりました。体重(kg)を身長(m)の2乗で割り算したBMIは男女、年齢を問わず、どの国民でも正常人の平均値が22.0と、国際的に使える優れた指数だと思います。
- 福岡** 私は産婦人科ですので紹介したいのですが、出生後、BMIを継続的に見ていけると、1回上がって、それから下がり、再び上がっていきます。このリバウンドの時期は普通では6歳以降ですが、それが若年化しますと、肥満傾向が生じて、初経年齢が早期化し、将来的な糖尿病のリスクが高まることがわかってきました。日本は初経年齢の若年化傾向があり、疾病リスクの高い女性の増加が危惧されています。そういう意味ではBMIは、生物学的に生体反応を示す優れたマーカーであると私自身は思っています。
- 上野川** 生理的な意味合いも反映するわけですね。BMIを設定した人はノーベル賞をもらわなければいけないですね。

● つじ・いちろう

昭和32年5月、北海道函館市生まれ。昭和58年東北大学医学部卒業。リハビリテーション専門医を経て、平成元年東北大学医学部公衆衛生学講座助手。米国ジョーンズ・ホプキンス大学公衆衛生学部疫学科留学の後、平成14年から東北大学大学院医学系研究科公衆衛生学分野教授。専門は生活習慣病・老化の疫学と介護予防。東日本大震災以後は、地域保健支援センターを設置して、被災者の健康管理に尽力。厚生労働省・厚生科学審議会地域保健健康増進栄養部会会長を務めるほか、厚生労働省「健康日本21(第二次)」の計画策定委員長を務めた。現在、経済産業省「次世代ヘルスケア産業協議会」の委員を務める。

公益財団法人 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

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29年度 食肉情報等普及・啓発事業

後援／公益社団法人 日本食肉協議会

制作／株式会社 エディターハウス