



2 栄養学への誘い

お茶の水女子大学生活科学部食物栄養学科

鈴木恵美子 准教授

抗酸化物質の代表 「ビタミンC」の 作用を追求する

このコーナーでは、私たちの社会や生活に身近な研究テーマを分かりやすく紹介する。第一線で活躍なさっている研究者の研究内容を中心に、学問の仕組みや今後の可能性などについて、インタビューする。

生物は外界からエネルギーを獲得することで生命活動を維持している。人間の場合、そのエネルギーのほぼすべてを口から取り込む食物に頼っている。その食物中の栄養素を中心とするいろいろな成分が人間の体を作り、また数々の疾病から体を守るのに役立っている。栄養学は、そうした食物中のさまざまな成分が体にどんな影響を与え、健康にどのように関わっているのかを解明しようとする学問で、毎日の食生活と密接に結びつきながら私たちの健康の維持・増進に役立っている。

病気になる栄養学から 健康増進のための栄養学へ

「栄養」という言葉はごく日常的に使われていますが、栄養と栄養素が混同して使われているようです。「栄養」とは、生物が自らの活動を維持していくために必要な物質を外界から取り入れて利用し、それによって生命活動を営んでいく現象のことをいいます。「栄養素」は、その生命活動に必要な物質のことです。したがって「この食品には豊富な栄養が含まれている」といった言い方は、厳密には正しくありません。

さて栄養学は、さまざまな栄養素や、非栄養素（食物繊維などのように、栄養素以外で健康に役立つ物質）を含む食品、さらには、それらを摂取するための食事といった視点から、主に「人間の栄養」について考える学問です。「主に」と断ったのは、栄養学は幅広いからです。例えば農学部で栄養学を学ぶときには、作物や植物の栄

養を扱うこともありますし、獣医系では家畜の栄養についても学びます。医学系や家政・生活科学系では、人間の栄養が対象ですが、医学系は病気との関連が色濃くなるでしょうし、家政・生活科学系は、日常生活を送っている人間の栄養についての関心が高くなっています。

人間に関わる栄養学にも多くの領域があります。栄養指導のスペシャリストである管理栄養士の国家試験の科目をみると、「基礎栄養学」「臨床栄養学」「公衆栄養学」などが並んでいます。説明は省きますが、これらは栄養をどんな視点から捉えるかという切り口の違いと考えていいでしょう。

栄養学の研究は、最初は各栄養素の化学的な分析（化学構造の解明、定量法の確立）の進展に応じて発達してきました。ある食べ物を摂ると調子がいい、病気の治りが早いといった経験則は人類の歴史のごく初期の段階からあったでしょうが、栄養学として急速に発展したのは、特定の化学物質が栄養素として認識され始めた頃からで、特に、19世紀に入ってから20世紀にかけては、有機化学や生化学などの飛躍的な展開に支えられ著しい進歩がみられました。最近では、体内に取り込まれた栄養素が細胞レベル、分子レベルでどんな作用を及ぼしているかを解明する「分子栄養学」の研究が盛んに行われるようになっていきます。

栄養学が進化したことによって、栄養そのものに対する考え方も変わりつつあります。例えば厚生労働省は、日本人が1日活動するのに必要なエネルギーや栄養素の基準を公表しています。以前は、栄養素が欠乏して起こる病気にかからないことに主眼をおいて「日本人の栄養所要量」が策定されてきました。しかし2005年からは、健康な人を対象として、その健康を維持・増進や生活習

慣病の予防などを目的として「日本人の食事摂取基準」が策定されました。つまり、病気になるということよりも、生活習慣病や過剰摂取による健康障害の予防なども含めて、未病^(*)予防とか、健康増進といった方向にシフトしてきているのです。

ビタミンCが持つ抗酸化力は エンジオール基に由来

栄養学ではいろいろな栄養素を対象とした研究が行われていますが、私の場合は、ビタミンCに関する研究が中心です。一般に「炭水化物」「脂質」「タンパク質」「ミネラル」「ビタミン」が5大栄養素と呼ばれていますが、ビタミンは体内の代謝に重要な役割を果たす栄養素で、人間が体の中で作り出すことができない、すなわち必ず食品から摂取しなければならないものです。一般に13種類の化合物がビタミンと呼ばれています【表1】。

なかでもビタミンCは、老化やガン、糖尿病などの生活習慣病の発症に関わるとされている体内の酸化ストレス^(*)を防ぐ抗酸化物質として、近年は特に大きな注目を集めるようになってきました。

ビタミンCは、化学的な慣用名を「アスコルビン酸」といいます。1920年に壊血病^(*)の予防に必要な成分として、ビタミンCと呼ぶことが提唱されたのです。Cと命名されたのは、それまでにビタミンA、Bが発見されていたため、単に順番に名付けられたものです。その後1933年には化学構造式が決定され、酸性を示す物質であることからアスコルビン酸(Ascorbic Acid)と命名されました。最初の「A」は「anti(抗)」、「scorvic」は「scurvy(壊血病)」を意味しており、文字通り“抗壊血病に役立つ酸”という意味でした。

一般に、栄養素として体の中での作用を話題にするときにはビタミンC、構造などを話題にするときにはアス

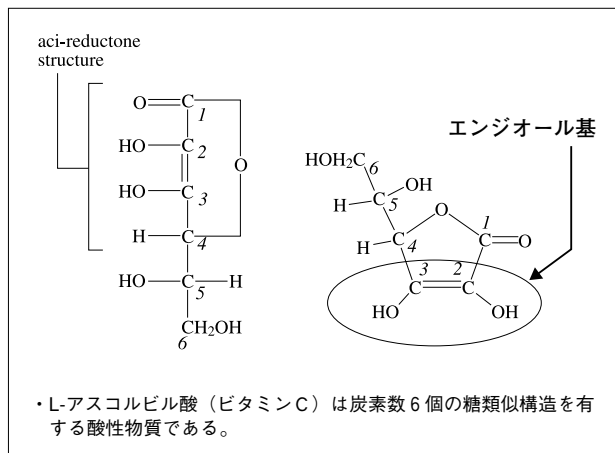
コルビン酸という使い分け方をしています。ここでも同様な使い分けをしていきます。

アスコルビン酸は分子構造中にエンジオール基と呼ばれる部分を持ち、それは強い還元性を備えています【図2】。酸化した物質を元の状

【表1】 ビタミンの種類

水溶性ビタミン	ビタミンB ₁
	ビタミンB ₂
	ナイアシン
	ビタミンB ₆
	葉酸
	ビタミンB ₁₂
	ビオチン
脂溶性ビタミン	パントテン酸
	ビタミンC
	ビタミンA
	ビタミンE
	ビタミンD
	ビタミンK

【図2】 アスコルビン酸の構造



図提供：鈴木恵美子先生

態に戻す還元性を示すので、抗酸化物質というわけです。ですからビタミンCは食品の酸化防止剤としてもよく利用されます。ペットボトルの緑茶などにも使われているほど、一般的な酸化防止剤であり、体内の酸化に対しても効果があると考えられています。

ビタミンCと似た物質を使って ビタミンCの抗酸化効力を実証

ところで、アスコルビン酸には、分子式はまったく同じで、立体的な構造が異なる異性体、エリソルビン酸が存在します【図3】。ちょうど右手と左手のように、あるOH基だけが鏡像のように立体的に対称になっている物質です。

エリソルビン酸も同じエンジオール基を備えていて、実際、試験管などの中で化学反応を起こさせると、アスコルビン酸もエリソルビン酸も還元力はほとんど変わりません。工業的に生産する場合には、ビタミンCよりもコストが安いので、これまでビタミンCの代わりにエリソルビン酸を酸化防止剤として使用するケースがありました。現在でもハムやソーセージには使われているようです。ところが、生体中での効力は、エリソルビン酸はアスコルビン酸の20分の1程度になってしまうのです。そこで、生体内での生理活性の違いを比較研究することにしま

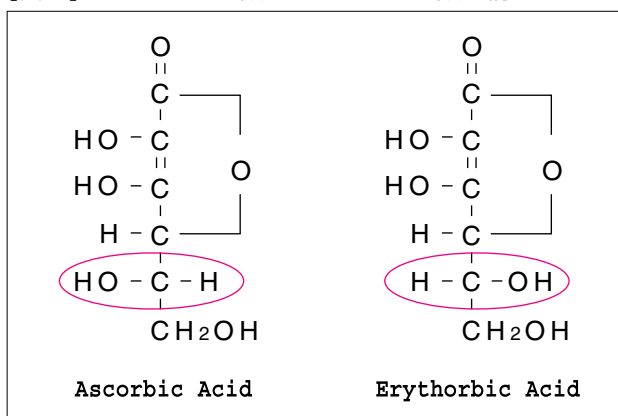
PROFILE



鈴木恵美子(すずきえみこ)
お茶の水女子大学生活科学部食物栄養学科准教授
1951年東京都生まれ。1974年お茶の水女子大学家政学部卒、1976年同大学大学院家政学研究科食物学専攻修了。同大学家政学部助手、講師を経て1992年より助教授、2007年より准教授。農学博士(東京大学、1989年)。専門分野は、栄養学、生化学で、生活環境由来の各種ストレスが生体に及ぼす影響や、アスコルビン酸の構造とその生化学的作用との相関などが主な研究テーマ。98~99年度「第6次改訂日本人の栄養所要量」(厚生労働省)策定ワーキンググループメンバー。



【図3】アスコルビン酸とエリソルビン酸の構造



図提供：鈴木恵美子先生

した。比較研究を行うことで、ビタミンCの構造と生理機能の関係がより明確にあぶり出されてくるからです。モルモットに、アスコルビン酸とエリソルビン酸を投与し、一定時間後に体内にどれだけ吸収されているかを調べた結果、細胞への取り込みは、エリソルビン酸の方がアスコルビン酸に比べて少ないことがわかりました。

また1999年にはアスコルビン酸のトランスポーター^{(*)4}が見つかり、そのトランスポーターに対する親和性がアスコルビン酸とエリソルビン酸で大きく違うとの実験結果が明らかになりました。

受動喫煙、糖尿病… ビタミンCとの関係を探る

このほかにも、ビタミンCに関するさまざまな研究に取り組んでいます。例えばビタミンCが受動喫煙の悪影響を軽減するのにどの程度貢献しているかといったような研究もその1つです。

喫煙をすると、血しょう中の過酸化脂質濃度が上昇し、体内が酸化状態になり、酸化ストレスが増加します。一般に喫煙者の血しょう中のビタミンC濃度は非喫煙者に比較して低いことが知られています。そこで、例えば、遺伝的にアスコルビン酸の体内合成ができないラット（ODSラット）を用い、一定量のアスコルビン酸を投与しながら、受動喫煙をさせた場合とさせない場合とで、血しょう中のアスコルビン酸の濃度やアスコルビン酸の体内代謝がどのように異なるのかについて比較研究しています。いずれは受動喫煙によるビタミンCの代謝変動を分子レベルから明らかにしたいと思っています。

さらに、糖尿病などの疾患がビタミンCの代謝にどんな影響を及ぼすのかという研究も進めています。アスコルビン酸は抗酸化物質として糖尿病の合併症などの阻止や進行遅延に期待が寄せられています。

研究テーマを見てもわかるように、栄養学の研究は医学と強い関わりを持っていますが、根本的に栄養学は治療を目指しているのではないという点で医学とは異なります。治療以前の、病気にならずに健康を維持していくにはどうするかといった、未病予防の領域に高い関心があるのです。

分子レベルでの効果も調べる 実験では生物の知識も必要

ビタミンCの体内動態を調べる研究では、本来は人間の体の体内動態を知りたいわけですが、実験でそれができない以上、動物実験の割合が高くなります。栄養学では哺乳類動物の中でアスコルビン酸を合成する代謝経路を持っていないモルモットやミュータントラット（前述のODSラット）を使うことが多いです。実は、モルモットが実験に使えるとわかったことで、ビタミンCに関する栄養学の研究が進んだという歴史的経緯もあります。ビタミンCの抗酸化追求では、代謝、活性酸素の変化などを細胞レベル、分子レベルで調べなければならないのはもちろんですが、最終的には、そうした反応が個体としての生体にどんな変化をもたらすか、すなわち栄養素としてのビタミンCにどんな効果があるのかを知りたいわけですから、動物を飼育し、経過を見ながら行う実験も多くなります。ビタミンCを投与して一定時間経過した動物を解剖したり、それらの臓器から細胞を取ったり、遺伝子を調べたりすることも必要です。

栄養学と解剖が結びつかない人も多いでしょうが、栄養学を本気で勉強したいと考えている人は、必要に応じて動物実験も行う学問だということは覚えておいて下さい。化学の知識は必須ですが、生物に関する知識も同様に不可欠なのです。

(*)1 未病…健康と病気は連続した状態だと考えたとき、病気とはいえないが、健康でもない状態のことをいう。病気ではないが、病気に向かっている状態ともいえ、医学においても、病気の治療よりは病気にならないこと、すなわち未病を防ぐことに関心を抱いた予防医学が目されるようになっている。

(*)2 酸化ストレス…様々な要因で体内に生じる活性酸素種（酸化活性の非常に強い酸素種）が、体内の抗酸化機能を上回って発生している状態で、生体にとって好ましくない状態といえる。

(*)3 壊血病…歯茎や鼻、関節などから出血して貧血となり、ひどい場合は死に至る病気で、歴史的には十字軍遠征や大航海時代など、新鮮な野菜や果物を長期間摂れない状態におかれた兵士や船乗りによく見られた。長い間、原因不明だったが、やがてビタミンC不足が原因であることが判明した。

(*)4 トランスポーター…生体を構成する細胞の膜に存在するタンパク質の1種で、特定の物質と結びついて、その物質を細胞内に積極的に取り込む働きをする。