

茶カテキンの特性とその有効利用

誌名	農業および園芸 = Agriculture and horticulture
ISSN	03695247
著者名	斎藤,貴江子
発行元	養賢堂
巻/号	93巻2号
巻号補足	
掲載ページ	p. 108-115
発行年月	2018年2月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



茶カテキンの特性とその有効利用

斎藤貴江子*

【キーワード】: 茶, カテキン, EGCG, 生体機能性,
機能性食品

はじめに

茶の歴史を紐解くと、中国の「神農（しんのう、農業・漢方の祖）」の逸話から始まっている。神農は、野草の毒消しにお茶の葉を食べていたと伝えられ、この伝説から、お茶の発見は紀元前 2700 年頃と考えられる。漢の時代（紀元前 1 世紀）の医学書「神農本草経（しんのうほんぞうきょう）」には、「茶味苦，飲之使人益思，少臥，輕身，明目」の記述があることから、すでにこの頃、お茶はよく知られていたようであり、1～2 世紀頃から薬として用いられていたと文献に記されている。また、鎌倉時代に日本に茶を普及させた栄西禅師の著書「喫茶養生記」に、「茶は養生の仙薬なり」と茶のすぐれた効能が述べられている。

今では、茶の効能が科学的に証明され、世界中に広く知られるようになったが、その中心的な役割を担ってきたのが、カテキンである。カテキンはカフェイン、テアニンとともに、茶の主要な成分であるが、その中で最も多く茶葉に含まれている。また、緑茶の渋みの主成分で、乾燥茶葉 100g 中に 10-18% 存在する。カテキンの研究の歴史は古く、およそ 200 年も前にインドなどに生えているアカシア・カテキュー（マメ科アカシア属）の樹木からとれた暗褐色の“catechu”（カテキュー）にはじまる。日本でも昔から茶のタンニンとして知られていたが、このタンニンの本体として茶葉からカテキンが純粋な形で分離されたのは、1929 年から 1935 年にかけてのことである。その後、カテキンの効能についての論議もあったが、この 30 年の間に茶の機能成分としてカテキンの研究が活発に行われ、ヒトに対する効能と数多くの生理活性作用が明らかになった。

本稿では、茶の主要な機能成分であるカテキンの性質とその生理活性による生体機能性、有効利用について述べる。

1. カテキンの種類と特性

植物の渋味の成分として知られているタンニン（tannin）は、18 世紀末頃に皮をなめす（tan）ために用いられたことに由来している。タンニン含有植物は、整腸作用、消化器疾患、皮膚病、創薬治療に有効であると伝承され利用されてきた。現在、茶のタンニンと言われているのはカテキンが重合したものや他の物質と結合した化合物である。タンニンは化学構造が多様な化合物群であるが、分子中に多数のフェノール性水酸基を持っている。従ってタンニンは現在ではポリフェノールの名称で用いられることが多い¹⁾。

茶に含まれるカテキンも、ポリフェノールの中のフラボノイド、その中でもフラバノールという種類に分類され、単一の分子ではなくいくつかの分子の混合物である。茶に含まれる主要なカテキンは、(-) エピカテキン (EC), (-) エピガロカテキン (EGC), (-) エピカテキンガレート (ECG), (-) エピガロカテキンガレート (EGCG) の 4 種であり、その他微量の (+) カテキン (C), (+) ガロカテキン (GC) などが含まれている（図 1）。その中でも EGCG が最も多く、含まれるカテキンの 50～60% を占めている²⁾（表 1）。EGC, ECG, EGCG の 3 種類は、茶に特有のカテキンであるが、EC は茶の他にリンゴ、ブラックベリー、ソラマメ、サクランボ、ブドウ、ナシなどに含まれている。また、ソラマメ、ブドウ、アンズ、イチゴなどには、C が含まれている。

茶の種類におけるカテキンの含有量は煎茶に多く、一杯で 60mg 程度含まれているが、製造工程が異なる紅茶やウーロン茶では、これらカテキンは酸化重合するので含有量は少なくなる。また、カテキンは一番茶に多く、二番茶、三番茶になると減少し、成熟した葉（3～4 葉目）よりも若い芽（1～2 葉目）に多く含まれている。また、茶葉中のカテキンの生成は栽培条件に影響され、日光の照射時間の増加と気温の上昇により促進される。生成されたカテキン

*静岡県立大学食品栄養科学部，茶学総合研究センター（Kieko Saito）

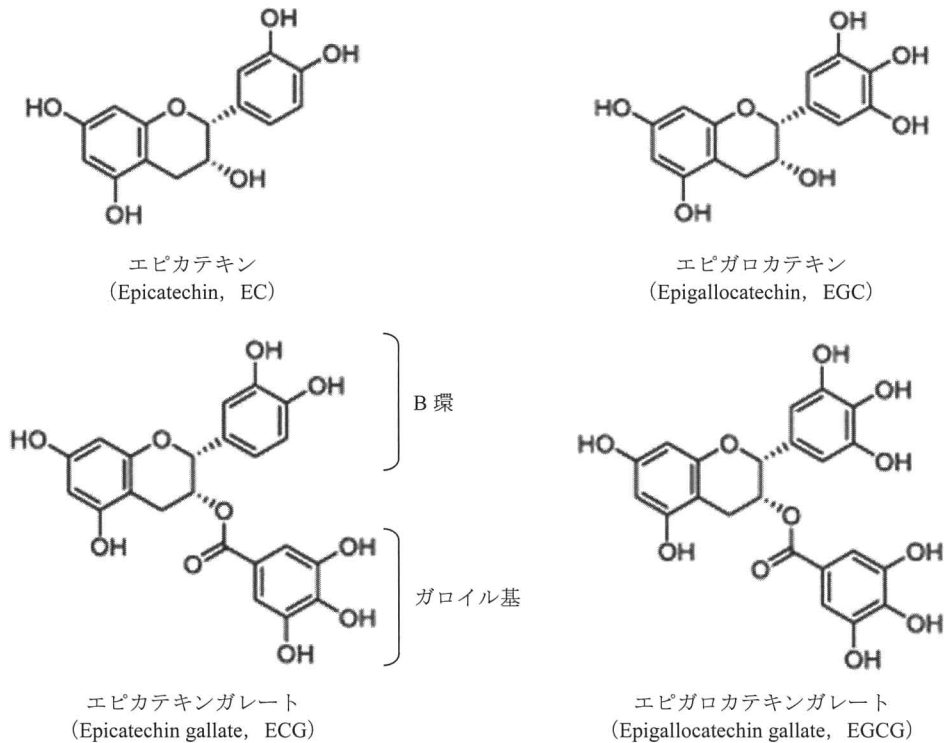


図 1 茶葉に含まれる主要カテキンの構造

 表 1 茶葉中の主要カテキンの含有量²⁾

カテキンの種類	含有量 (g/100g 乾燥茶葉)
Epicatechin (EC)	1.5
Epigallocatechin (EGC)	4.0
Epicatechin gallate (ECG)	2.8
Epigallocatechin gallate (EGCG)	8.8

は細胞内の液胞に貯蔵され代謝分解はほとんどされない¹⁾。

2. カテキンの生体機能性

カテキンのこれまでに報告された効能を表2に示した。これらの効能は主に動物（マウスやラット）や培養細胞による実験で証明されたものが多く、ヒトでの実証（臨床例や介入試験）による例は少ないが、カテキンの主な作用について以下に述べる。

(1) 抗酸化作用

生体内で発生した活性酸素は、体内に侵入してき

 表 2 茶・カテキンの健康効果として報告がある主な作用²⁾

抗酸化作用	血糖上昇抑制作用
抗変異原性	抗血小板凝集抑制作用
遺伝子保護作用	肝機能保護作用
抗がん作用	抗菌・抗ウイルス作用
抗肥満作用	抗う蝕作用
コレステロール上昇抑制作用	腸内フローラ改善作用
脳卒中とその進展抑制作用	抗炎症・抗アレルギー作用
血管内皮機能保護作用	免疫機能改善作用
抗動脈硬化作用	脳・自律神経調節作用
血圧上昇抑制作用	認知障害予防作用
高脂血症抑制作用	リラックス作用

た細菌やウイルスを殺し、生体防御の有用な役目も果たす一方で、ストレス・紫外線・喫煙・過度の運動などで過剰に発生し組織に障害を及ぼす。この過剰な活性酸素を消去し酸化障害から生体を守る働きをするのが抗酸化物質であり、茶のカテキンにその効果があることが明らかにされている。特に、茶

の成分のエピガロカテキンガレート (EGCG) の抗酸化力は強く、試験管内の実験では、抗酸化物質として知られているビタミン C やビタミン E の数倍から数十倍といわれている³⁾。また、DNA に重篤な障害を与え、最も危険な活性酸素であるヒドロキシル (OH) ラジカルを消去する効果も、EGCG が大きい。ラジカル消去活性試験などによる各カテキンの抗酸化活性は、EGCG>EGC>ECG>EC という結果が多い。これらの結果とカテキンの構造式とを併せて考えると、5' の位置に水酸基が着いている EGC および EGCG、(ピロガロール型) は、EC および ECG (カテコール型) に比べて抗酸化力が高いことなどから、水酸基の存在が抗酸化活性に影響していると推察される⁴⁾。また、別の試験では、ガロイル基を持つ ECG が高い抗酸化活性をもつことも報告されている。これは、カテキンの化学構造の違いによる疎水性やリン脂質膜に対する親和性の強弱が、抗酸化活性に影響することを示している。

活性酸素が生体に与える影響は、半世紀以上も前に Harman⁵⁾ がマウスの寿命に対する影響を研究したことに始まるが、現在でも活性酸素などによる酸化ストレスが様々な病態や疾患の要因となることが示唆されていることから、高い抗酸化活性を有するカテキンの健康維持効果は極めて大きいと思われる。

(2) 抗変異原性

寒天培地による抗変異原性実験で、カテキンに抗突然変異作用があることわかり、カテキンの生理活性作用が注目されるようになったのは、今から 30 年以上前のことである^{6,7)}。

その後の研究で茶カテキンには、細胞外で変異原が細胞の DNA と反応するまでの過程で変異原性に直接作用してその活性を失わせる、消変異原 (Desmutagen) としての作用と、細胞内で変異原が DNA に障害を与え、修復的に働く生物学的抗変異原 (Bioantimutagen) としての作用があることが示された。さらに、抗発がんプロモーション作用も持ち合わせていることが報告された⁸⁻¹⁰⁾。正常細胞の DNA に起こる突然変異はがん化を誘導し、DNA の障害は、数多くの疾病にかかわることから、カテキンの占める役割に大きな注目が集まった。

(3) 抗がん作用

抗変異原性の発見から発展した茶の抗がん作用に関する研究は、1989 年の Oguni らの報告により飛躍的に進んだ。Oguni らは、静岡県緑茶生産地の胃がん死亡率が低いことに着目し、統計データを解析した結果、緑茶摂取ががんのリスクを低減させる可能性を示唆した¹¹⁾。さらに、Oguni らは、緑茶の抗腫瘍効果について調べるために、実験腫瘍としてサルコーマ 180 を用いた動物 (マウス) での実験をした結果、緑茶の熱水抽出物の経口投与で、腫瘍重量が減少した¹²⁾。また、マウスやラットによる腫瘍移植実験では、EGCG 50mg/kg 投与で抗腫瘍効果が認められた^{13,14)}。その後の多くの動物実験で、胃がん、皮膚がん、肺がん、乳がん、腸がん、口腔がんなど、多くの発がん抑制作用が明らかになり、EGCG が抗がん作用を示す主成分であることがわかっている¹⁵⁾。また、これらのがんの抑制は、発がん開始段階 (突然変異) の抑制、発がん促進・進展段階の抑制、がん細胞のアポトーシス (自己死滅) 促進^{16,17)}、がん組織での血管新生抑制¹⁸⁾、がん細胞の転移抑制¹⁹⁻²¹⁾ など多岐に渡る作用であることが明らかにされている^{22, 23)}。培養細胞や動物を使った多くの研究では、緑茶カテキンに抗がん作用があることがほぼ確立されている。

ヒトに対する有効性に関する前向きコホート研究 (疫学調査) では、週 3 回以上緑茶を飲用した大腸がんの研究や 1 日 1~5 杯の緑茶の摂取による肝がんの研究で発症率の低下が認められた²⁴⁾。さらに、臨床介入試験に関しては、前立腺がんの前がん病変を持つ患者が 1 日 600mg の緑茶カテキンを摂取した結果、1 年後の前立腺がん発症率は 3.3%、抑制率は約 90% であり、この傾向は 2 年後も維持されていたことが報告されている²⁵⁾。

今までに行われた疫学調査や臨床介入試験の研究の結果は、必ずしも一致したものではないが、緑茶やカテキンがヒトに対して抗がん作用を示す研究結果は、確実に蓄積されてきている。

最近、EGCG のがん細胞増殖抑制作用を仲介する、細胞表面受容体として 67-kDa ラミニン受容体 (67LR) が同定され²⁶⁾、EGCG が癌予防効果に重要な役割を果たしていることがわかった。EGCG は、67LR 依存的に細胞内 cGMP 産生を促進することなどがわかり、抗腫瘍作用のメカニズムも解明されて

きた²⁷⁾。カテキンの中で EGCG だけが、特異的に 67LR に結合する性質を利用してがん細胞だけを攻撃する抗がん剤の開発も進められており、今後の研究の発展に期待したい²⁸⁾。

(4) 生活習慣病予防効果

近年、ライフスタイルの変化とともに増加している生活習慣病は、内蔵脂肪の蓄積に起因することが多いことが示唆されている。

緑茶カテキンは、デンプンなど糖質の分解を妨げ、ブドウ糖の吸収を抑制することによって、体脂肪の蓄積を抑制する働きをすることがヒトや動物による研究で確認されている。これは肝臓における脂肪の代謝が促進されたためであると考えられているが、EGCG が脂肪酸の合成を阻害する作用があることも報告されている。ヒトの場合、カテキンを毎日 588mg、12 週間飲用した結果、男女共に体脂肪が有意に低下したことが報告されている²⁹⁾。

動脈硬化や脳梗塞、心筋梗塞を引き起こす原因となる悪玉コレステロールである LDL を酸化する実験では、EGCG や ECG が LDL の酸化を強く抑制した³⁰⁾。また、動脈硬化症モデル動物（マウス）にカテキン水溶液を 14 週間飲ませると大動脈の動脈硬化巣の面積が小さくなり、動脈硬化の進展が抑制された。この時、動脈硬化に関連する大動脈中のコレステロール含量や脂肪含量も低下することが認められ、緑茶カテキン摂取が動脈硬化進展予防に有効であることが示された³¹⁾。また、原らは、茶由来の粗カテキン 0.5% を添加した飼料を高血圧ラット（SHR）に摂取させ、血圧上昇抑制作用を示すことを明らかにした³²⁾。高血圧が引き起こす脳卒中にも効果があると思われる。

糖尿病に関する実験では、ECG は、小腸においてグルコースの吸収を阻害し、ストレプトゾトシン（STZ）誘発糖尿病モデルラットに緑茶 5% 含有食を与えると、血中グルコース濃度が低下した³³⁾。ヒトを対象とした大規模な疫学研究において、緑茶を 1 日 6 杯以上飲用するヒトは、1 杯以下のヒトに比べて 5 年間で 2 型糖尿病の発症数が抑制されたり³⁴⁾、緑茶抽出粉末（カテキン 456mg 含有）の 2 ヶ月の服用で血糖値の低下に有効であるという報告がある³⁵⁾。これらのことから、食後の緑茶の飲用は、高血糖を抑えて生活習慣病の予防効果が期待でき

る。

(5) 抗菌・抗ウイルス作用

カテキンが、コレラ菌、赤痢菌、腸炎ビブリオなどに対して殺菌作用があることが報告されている³⁶⁻³⁹⁾。また、1996 年に大量発生した食中毒の原因菌大腸菌 O-157 の殺菌効果がカテキンにあることがわかった⁴⁰⁾。カテキンは細菌の細胞膜を破壊し菌の増殖を阻害する。さらに、コレラや食中毒による下痢は細菌の出す毒素（外毒素）が原因であるが、カテキンは細菌だけでなく、その毒素に対しても抗毒素作用があるため、O-157 の出すペロ毒素にも同じように働く。茶が古来より解毒剤として使われたのはこのようなカテキンの働きによると思われる。また、1 日、1~5 杯の緑茶の飲用やカテキン溶解水（総カテキン濃度 200 μ g/mL）で 1 日 3 回うがいをするとうインフルエンザの発症率が有意に低かった^{41,42)}。最近では、カテキンを直接吸入する「カテキン吸入療法」も行われており、臨床でもカテキンの効果が期待されている^{43,44)}。また、1988 年に緑茶のカテキンが虫歯（う蝕）の原因となる菌（*Streptococcus mutans*）の増殖を抑えることが発表されて以来、虫歯の予防にも用いられるようになり、キャラメルなどの食品に添加されるようになった。また、茶に含まれるフッ素の効果も加わって、食後にはお茶を飲むという習慣が広まる一因となった。このようなカテキンの作用は、細菌やウイルスに直接障害を与えるが、その活性は EGCG が最も強い^{45,46)}。

(6) 抗アレルギー作用

緑茶のカテキン（EGCG、ECG）のアレルギー予防・軽減作用に関して、細胞実験による報告があるが、近年、メチル化カテキン（図 2）が、注目されている。メチル化カテキンは EGCG、ECG 等のガレート基の一部がメチルエーテル化されたカテキン（エピガロカテキン-3-O-（3-O-メチル）ガレート（EGCG3"Me）、エピカテキン-3-O-（4-O-メチル）ガレート（EGCG4"Me）で、「べにふうき」などの紅茶系の品種に含まれていることがわかった⁴⁷⁾。一般に広く飲用されている緑茶「やぶきた」種には含まれていない。メチル化カテキンは、アレルギーに関与している肥満細胞の情報伝達系を抑制してヒ

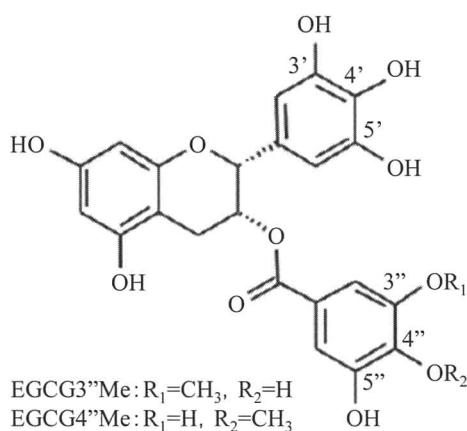


図2 メチル化カテキンの構造

スタミンの遊離を阻害して抗アレルギー作用を発揮する^{48,49)}。動物実験では、1%および2%の粉末ベにふうき茶含有飼料を摂取したアレルギーモデルラットは、鼻汁、流涙、浮腫等において改善が認められている⁵⁰⁾。ベにふうき茶のヒト介入試験では、1日あたりメチル化カテキン量が34mg以上になるように「べにふうき」緑茶を飲用したスギ花粉症の症状を持つ被験者は、メチル化カテキンを含んでいない「やぶきた」緑茶を飲んだ人と比べると、花粉飛散後の鼻かみ回数や目のかゆみの項目において、症状の軽減が認められた⁵¹⁾。さらに、花粉飛散1.5ヶ月前から「べにふうき」緑茶を飲んでいた人は、花粉飛散後から飲み始めた人と比べると、鼻かみ回数、

涙量、鼻、咽頭痛などの項目で症状の軽減が見られた⁵²⁾。このようにヒトにおける効果が証明されたことから、多くのべにふうき茶が抗アレルギー対策の機能性食品として市場に出回っている。

(7) 免疫賦活作用

緑茶や茶成分の免疫調節作用については以前から報告があるが、その多くは抗炎症作用や抗アレルギー作用に関するもので、詳細は明らかではなかった。近年、緑茶抽出物に含まれる免疫系の活性化を培養細胞などで調べた結果、カテキンのうち、エピガロカテキン(EGC)が有効であることが確認され、エピガロカテキンガラート(EGCG)がこの作用を弱めてしまうことがわかった⁵³⁾。しかし、熱水で淹れた緑茶にはEGCGの浸出量が多いが、冷水で淹れることによりEGCGの量は減少しEGCの浸出量が高まることわかった^{53,54)}(図3)。このEGC含有量の高い「水出し緑茶」を用いて、ヒト介入試験を行った結果、2週間の飲用で、免疫細胞が産生するIgAの分泌量が有意に上昇した⁵⁵⁾。「水出し緑茶」の摂取による免疫系の活性化を証明するために、さらにヒト介入試験が行われている。今まで、緑茶の効能はEGCGなどのガラート型による報告が多かったが、この結果は非ガラート型のEGCの有効性を示すものである。このようなエビデンスから、緑茶の効果的な飲用方法として「水出し緑茶」に注目が集まった。今後、緑茶の淹れ方の違いによって

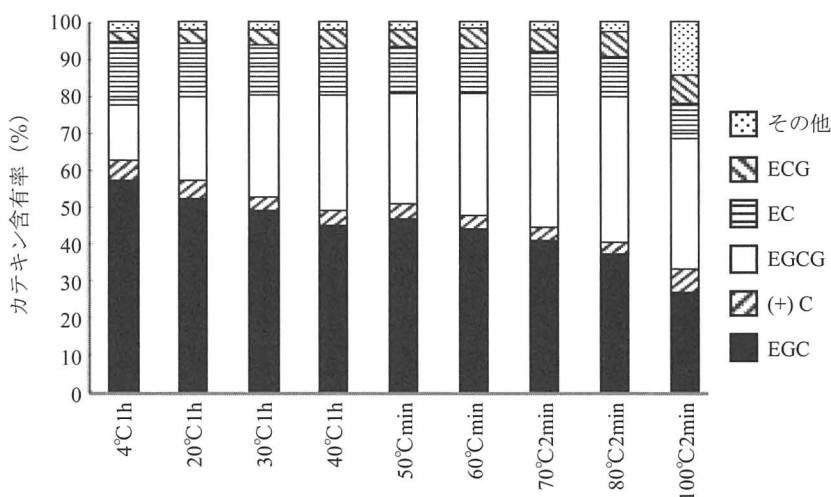


図3 茶を抽出する時の水温の違いによるカテキン成分の含有比率の違い⁵³⁾
 茶葉 2.5g に対して D.W. 100mL で抽出。

新たな生体機能性が見つかるかもしれない。

(8) 老化と死亡率に与える効果

高齢化社会において様々な疾患が問題になっており、認知症対策は重要な課題である。アルツハイマー型認知症は β アミロイド ($A\beta$) というタンパク質の蓄積で脳神経細胞に障害が起こることが知られている。アルツハイマー病モデルマウスに EGCG を投与することによって $A\beta$ の蓄積を減少したという報告がある⁵⁶⁾。また、高齢のマウスに茶カテキンを摂取させると、老化に伴って起こる、学習障害・記憶能の低下が抑制されることも報告されている^{57,58)}。これらの結果は、EGCG が脳障害の保護作用と機能低下の抑制作用があることを示唆している。

また近年、日本人 9 万人を対象として緑茶摂取と 5 大主要死因（がん、心疾患、脳血管疾患、呼吸器疾患、外因死）の関連性を調べる大規模な多目的コホート研究が行われた⁵⁹⁾。その結果、男女ともに、緑茶の摂取量が増えるに従い、死亡リスクが低下する傾向が見られた（図 4）。死因別では、がん死亡の危険度に有意な関連は見られなかったが、心疾患死亡、脳血管疾患死亡、呼吸器疾患死亡については、緑茶の摂取で有意な低下が見られた。

緑茶の習慣的な摂取が死亡率を低下させる重要な研究結果であり、主要成分であるカテキンが作用している可能性が高い。さらなる研究が期待される。

3. カテキンの生体内動態

カテキンの多くの生理活性作用は主に動物（マウスやラット）や培養細胞によって証明されたものが多

く、ヒトでの実証による報告は少ない。カテキンの摂取がヒトで有効に働くためには、生体内での吸収、代謝、排泄といった生体内動態を解明することが非常に重要であり、この作用が生体内で発揮されるには、消化管内壁に直接作用する場合を除いて、消化管から吸収され血液中に移行する必要がある。ラットの実験では、体重 1kg あたり 100mg の EGCG を経口投与すると 1 時間で血漿中の濃度は最大になるが、濃度は数%とわずかである⁶⁰⁾。また、カテキンやエピカテキンは速やかに吸収された後、グルクロン酸抱合体や、硫酸抱合体、メチル化体、またはこれらの複合体として存在していることが明らかになった。また、ヒトでも同様な結果が確認されていることから、吸収されたカテキンが抱合化、メチル化といった代謝をうけている点ではラットとヒトが共通していることを示している。しかし、血液中の代謝物はラットでは、主要代謝物がグルクロン酸抱合体やメチル化体であるのに比べ、ヒトではそれらに加えて硫酸抱合体も相当量含まれており、ラットとヒトとの相違が認められた。また、排泄物は、これらの代謝物を含んでいることが報告されているが、カテキンの種類によって摂取量に対する排泄量の割合が異なっているのは構造の違いに起因していると思われる^{61,62)}。

メチル化カテキン (EGCG3"Me)、の吸収、体内動態に関しては、マウスへ経口投与した試験では、60 分後の血漿中濃度は遊離体で EGCG より約 9 倍高いことが示され⁶³⁾ 血液中からの消失も穏やかであった。ラットを用いた実験でもメチル化カテキン (EGCG3"Me および EGCG4"Me) は EGCG よりも

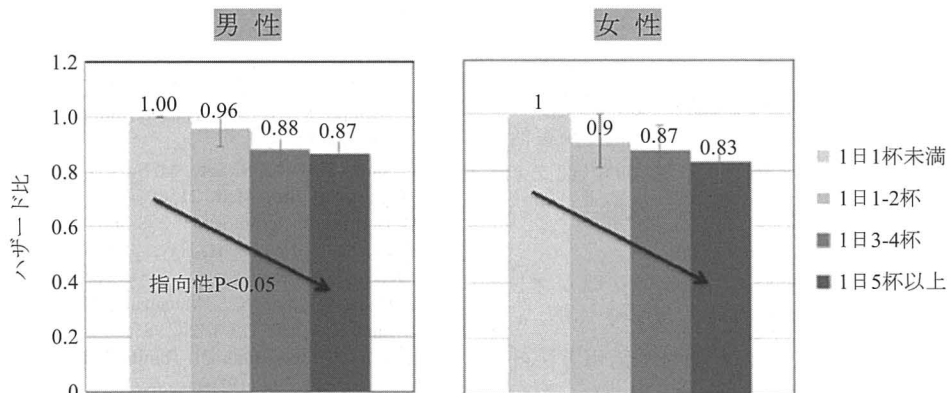


図 4 緑茶摂取と全死亡リスク⁵⁹⁾

数倍の生体内での有効性が示唆されている⁶⁴⁾。これらの結果からメチル化体の生体内での動態や機能は興味深く、グルクロン酸抱合体や硫酸抱合体などの代謝物の生理機能の解明がカテキンの有効性を高めるための今後の課題である。

カテキンの生体内での代謝については、未だ不明なところがあるが、詳細な代謝経路や代謝物を明らかにすることは、ヒトが緑茶やカテキンを有効に安全に摂取する上で非常に重要である。

生体内の新規のカテキン代謝物の存在や、その機能が明らかにされることが今後期待される。

4. カテキンの有効利用

茶に最も多く含まれているカテキンの生体機能が明らかにされているとともに、その利用は食用だけでなく様々な分野に広がっている⁶⁵⁾。

カテキンの抗菌・消臭効果を利用した生活用品として、口臭予防の錠剤や冷蔵庫などの消臭剤、空気清浄器などの家電製品のカテキンフィルターや靴下、タオルなどの衣料品、石けんや洗剤、除菌消臭剤、化粧品などに用いられている。カテキンは抗菌性・消臭効果を発揮するだけでなく、住宅建材などからでるホルムアルデヒドの吸着性能に優れていることから、カテキンを含有した壁紙、畳などの建材にも利用され、シックハウス症候群の改善が期待されている。また水産製品の鮮度保持剤として加工時に添加されている。カテキンは、優れた抗酸化作用と細菌の増殖や魚臭を防ぐことにより、水産物の鮮度を保つ効果がある。病院などでは、カテキンガーゼやカテキンマスクが使用され、抗菌作用と消臭効果を発揮している。

カテキンの工業製品への応用として、ポリウレタンフォームが開発されている。このポリウレタンフォームは抗菌性と消臭性を備えており、活性が低下すると水か希釈した酸で洗浄すると活性が復活する。商品寿命も10～15年で、空調機の内部フィルターや家具、寝具などの生活用品に使用されている。

カテキンの機能を低下させずにマイクロカプセル化等の安定化技術も開発されているため、カテキンの機能や効能を利用した商品開発や活用方法は益々増加すると思われる。最近では、医薬品への広がりも見せている。

また、鶏や豚などの家畜の飼料にも用いられ、カテキンの抗酸化、抗菌、消臭作用によって効果を発揮している。抗生物質の使用を減らすことができ、人にも家畜にも有効な利用法である。

これからも、カテキンは機能性素材としての活躍の場を広げ、私たちの健康をサポートするだろう。そして私たちが気がつかない様々な製品に含まれているかもしれない。

おわりに

カテキンは、新たな健康維持に有効な働きや詳細な作用機序が解明されることによって、今後さらに茶の主要成分として重要な役割を担うことが予想される。

茶はこれまでも食用に用いられていたが、最近では、そのバリエーションも豊富になり積極的に料理に使用されるようになってきた。茶を淹れた後の葉には70～80%が不溶性成分として残るため、“食べる”ことは栄養の面から有効なことである。新たな茶の加工品の生産も活発になり、茶の有効性がこれからも注目されるだろう。

茶は、短期的ではなく、長期的に適量を摂取することによってその効果が期待できる。その役割の中心を担うカテキンの効果を生かし予防力、免疫力、治癒力を高めるための食品として茶を今後も活用したい。お茶を愉しみながら身体的、精神的なストレスを軽減し、健康長寿社会が構築されることを期待する。

参考文献

- 1) 小西, 西岡, 茶の栽培「茶の科学」, 村松敬一郎 編, 朝倉書店 (1991)。
- 2) 茶の機能, 衛藤英男, 富田勲, 榛村純一, 伊勢村護, 原征彦, 横越英彦, 山本 (前田) 万里 編, 農山漁村文化協会 (2013)。
- 3) K. Yoshino, Y. Hara, M. Sano, I. Tomita. *Biol. Pharma Bull.* 17 146-049 (1996)。
- 4) F. Nanjo, K. Goto, R. Seto, M. Suzuki, M. Sakai & Y. Hara, *Free Radic. Biol. Med.*, 21, 895-902 (1996)。
- 5) D. Harman, *J. Gerontol.*, 11, 298-300 (1956)。
- 6) T. Okuda, T. Hatano, H. Hayatsu, *Chem. Pharm. Bull.* 32, 3755-3758 (1984)。
- 7) T. Kada, K. Kaneko, S. Matsuzaki, T. Matsuzaki, Y. Hara. *Mutat. Res.* 150, 127-132 (1985)。
- 8) K. Shimoi, Y. Nakamura, I. Tomita, Y. Hara, T. Kada, *Mutat. Res.* 17, 239-244 (1986)。
- 9) 富田勲, 遺伝, 43, 10-16 (1989)。
- 10) 中村好志・富田勲, 環境変異原研究, 17, 107-114 (1995)。

- 11) I. Oguni, K. Nasu, S. Kanaya, Y. Ota, S. Yamamoto, T. Komura. *Jpn. J. Nutr.* 47, 9-102 (1989).
- 12) 小國伊太郎, 那須恵子, 金谷節子, 太田裕一, 山本茂博, 野村武男, 栄養学雑誌 47, 93-102 (1989).
- 13) F. L. Chung, J. Schwartz, C. R. Herzog, Y. M. Yag. *J. Nutr.* 133, 3268S-3274S (2003).
- 14) C.S. Yang, H. Wang, G.X. Li., Z. Yang, F. Guan., H. Jin. *Pharmacol. Res.* 64, 113-122 (2011).
- 15) Health Benefits of green Tea. An evidence-based approach. ed. by Y. Hara, C.S. Yang, M. Isemura, I. Tomita, CPI Group (UK) Ltd., Graydon, UK (2017).
- 16) Hibasami, T. Komiya, Y. Achiwa, K. Ohnishi, T. Kojima, K. Nakanishi, K. Akashi, Y. Hara, *Oncol. Rep.* 5, 527-536 (1998).
- 17) K. Saeki, S. Hayakawa, M. Isemura, T. Miyase. *Phytochemistry*, 53, 391-394 (2000).
- 18) S. Kobayashi, S. Iwai, K. Tsujiyama, et al., *Showa Univ. J. Med. Sciences*, 19, 59-72 (2007).
- 19) S. Egawa, S. Iwai, T. Hayashi, et al. *J. Pharmacol. Sci.* 121 (Suppl. I), 172 (2013).
- 20) S. Taniguchi, H. Fujiki, H. Kobayashi, et al., *Cancer Lett.* 65, 51-54 (1992).
- 21) K. Shimizu, N. K. Shimizu, W. Hakamata., et al., *Biol. Pharm. Bull.*, 33, 117-121 (2010).
- 22) Y. Nakamura, *Genes Environ.*, 32, 67-74 (2010).
- 23) C. S. Yang, J.D. Lambert, S. Sang, *Arch. Toxicol.* 83, 11-21 (2009).
- 24) G. Yang, W. Zheng, Y.B. Xiang, et al., *Carcinogenesis*, 32, 1684-1688 (2011).
- 25) P. Davalli, F. Rizzi, A. Caporali, et al., *Oxid. Med. Cell Longev.*, 2012, 984219 (2012).
- 26) H. Tachibana, K. Koga, Y. Fujimura, K. Yamada, *Nat. Struct. & Mol. Biol.*, 11, 380-381 (2004).
- 27) 熊添基文, 立花宏文, 化学と生物 Vol. 54, No. 10 (2016).
- 28) R. Shukla, N. Chanda, A. Zambre, et al. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 109, 12426-12431 (2012).
- 29) T. Hase, Y. Komine, S. Meguro, et al., *J. Oleo Sci.* 50, 599-605 (2001).
- 30) S. Miura, J. Watanabe, T. Tomita, et al., *Biol. Pharm. Bull.* 17, 1567-1572 (1994).
- 31) S. Miura, J. Watanabe, M. Sano, et al., *Biol. Pharm. Bull.* 18, 1-4 (1995).
- 31) Y. Miura, T. Chiba, I. Tomita, et al., *J. Nutr.* 131, 27-32 (2001).
- 32) 原征彦, 外岡史子, 栄食雑誌 1990 43, 5.
- 33) Y. Kamiya, S. Iwai, K. Nara, et al. *J. Clin. Biochem. Nutr.* 37, 77-85 (2005).
- 34) H. Iso, C. Date, K. Wakai, et al. *Ann. Intern. Med.* 144, 554-562 (2006).
- 35) Y. Fukino, A. Ikeda, K. Maruyama, et al., *Eur. J. Clin. Nutr.* 62, 953-960 (2008).
- 36) Y. Yoda, Z.Q. Hu, W.H. Zhao, T. Shimamura. *J. Infect. Chemother.* 10, 55-58 (2004).
- 37) M. Toda, S. Okubo, H. Ikigai, T. Suzuki, Y. Suzuki, Y. Hara, T. Shimamura, *Microbiol. Immunol.* 36, 999-1001 (1992).
- 38) N. Nakayama K. Suzuki, M. Toda, S. Okubo, Y. Hara, T. Shimamura, *Antiviral Res.* 21, 289-299 (1993).
- 39) Y. Yanagawa, Y. Yamamoto, Y. Hara, T. Shimamura, *Curr. Microbiol.* 47, 244-249 (2003).
- 40) Y. Hara, T. Okubo, S. Tanaka, D.C. Chu, L. Juneja, N. Saito, Y. Sugita, 6, 57-61 (2001).
- 41) H. Yamada, N. Takuma, T. Daimon, Y. Hara. *J. Altern. Complem. Med.* 12, 669-672 (2006).
- 42) M. Park, H. Yamada, K. Matsushita, S. Kaji, T. Goto, Y. Okada, K. Kosuge, T. Kitagawa. *J. Nutr.* 141, 1863-1870 (2011).
- 43) 岡部浩典, 西尾信一郎, 山田浩ら, *MRSA 除菌のためのカテキン吸入療法の検討, 臨床薬理* 32, 293S-294 (2001).
- 44) 山口晃史, 島村忠勝, 難治性呼吸器感染症とカテキン吸入療法, 呼吸と循環 49, 173-178 (2001).
- 45) M. Hattori, I.T. Kusumoto, T. Namba, T. Ishigami, Y. Hara, *Chem. Pharm. Bull.* 38, 717-720 (1990).
- 46) S. Sakanaka, M. Kim, M. Taniguchi, T. Yamamoto, *Agri. Biol. Chem.* 53, 2307-2311 (1989).
- 47) 山本 (前田) 万里, 佐野満昭, 松田奈帆ら, *日本食品科学工学会誌* 48, 64-68 (2001).
- 48) Maeda-Yamamoto, M., Inagaki, N., Kitaura, J., et al., *J. Immunol.* 172, 4486-4492 (2004).
- 49) Fujimura, Y., Umeda, D., Yano, S., et al. *Res. Commun.* 364, 79-85 (2007).
- 50) Katsuno, M., Iwai, S., Tsuboi, A., et al. *Jpn. Pharmacol. Ther.* 41, 577-585 (2013).
- 51) Maeda-Yamamoto, M., Ema, K., Shibuichi, I. *Cytotechnology* 55, 135-142 (2007).
- 52) Maeda-Yamamoto, M., Ema, K., Monobe, M., et al. *Allergol. Int.*, 58, 437-444 (2009).
- 53) M. Monobe, K. Ema, Y. Tokuda and M. Maeda-Yamamoto. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 74, 2501-2503 (2010).
- 54) 坂本彬, 中川致之, 杉山弘成, 堀江秀樹, 茶研報 94, 45 (2003).
- 55) 物部真奈美, 江間かおり, 徳田桂子, 山本 (前田) 万里, 茶研報 113, 71 (2012).
- 56) K. Rezaei-Zadeh, D. Shytle, N. Sun, T. Mori, et al., *J. Neurosci.* 25 8807-8814 (2005).
- 57) K. Unno, F. Takabayashi, T. Kishido, N. Oku, *Experimental Gerontology* 39, 1027-1034 (2004).
- 58) K. Unno, F. Taka Takabayashi, H. Yoshida, D. Choba, R. Fukutomi, N. Kikunaga, T. Kishido N. Oku, M. Hoshino, *Biogerontol.* 8, 89-95 (2007).
- 59) E. Saito, M. Inoue, N. Sawada, T. Shimazu, T. Yamaji, M. Iwasaki, S. Sasazuki, M. Noda, H. Iso, S. Tsugane, *Ann Epidemiol.* 25, 512-518 (2015).
- 60) I. Tomita, M. Sano, K. Sasaki, T. Miyase, et al., *Functional Foods for Disease Prevention I. Chap. 21*, 209-216 (1998).
- 61) J.L. Donovan, J.R. Bell, S. Kasim-Karakas, J.B. German, R. L. Walzem, R.J. Hansen, A.L. Waterhouse, *J. Nutr.* 129, 1662-1668 (1999).
- 62) J.R. Bell, J.L. Donovan, R. Wong, A.L. Waterhouse, J.B. German, R.L. Walzem & S.E. Kasim-Karakas, *Am. J. Clin. Nutr.*, 71, 103-8 (2000).
- 63) M. Sano, T. Miyase, H. Tachibana, M. Maeda-Yamamoto, *Fragrance J.* 4, 46-52 (2000).
- 64) Y. Oritani, Y. Setoguchi, R. Ito, H. Maruki-Uchida, T. Ichyanagi, T. Ito. *Biol. Pharm. Bull.* 36, 1577-1582 (2013).
- 65) 原征彦, 日本食品保存学会 26, 47-54 (2000).