

## 茶カテキン類

阪中 専二

愛知学泉大学 家政学部

### Tea Catechins

Senji Sakanaka

栄西禅師が「喫茶養生記」に「茶は養生の仙薬なり，延齡の妙術なり」と記したのが鎌倉時代のことである。その後，茶は人々の食生活に深く根ざした飲み物として親しまれてきた。20 世紀後半には，測定機器の発達や生物活性検定法の開発に伴い茶の化学成分，生理機能に関する研究が活発に行なわれ，茶の有用性について多くの知見が明らかになった。特に緑茶に最も多く含まれるカテキン類（茶ポリフェノール類ともいわれる）は，多くの生理機能を持つことが報告され，マスコミなどにも取り上げられ「緑茶は健康に良い」との認識を多くの人が持つようになってきている。本稿では，緑茶に含まれる機能性成分として食品，非食品に利用が増えているカテキン類について概略を説明する。

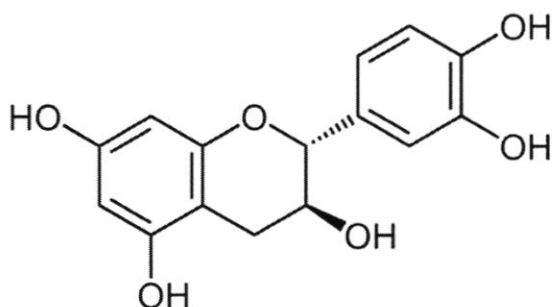


図1 (+)-カテキン

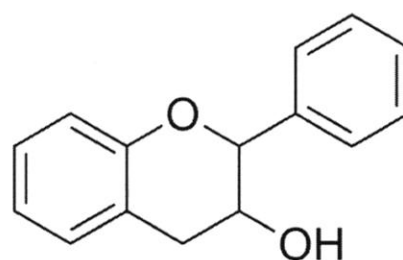


図2 フラバン-3-オール骨格

“カテキン”とは，分子式  $C_{15}H_{14}O_6$  で表される分子量 290.27 の化合物であり，フラボノイドの一種である（図1）。樹木の皮など種々の植物に含まれる成分でもある。

本稿の茶カテキン類とは，カテキンの誘導体である一連のポリフェノール化合物を含む茶に含まれるフラバン-3-オール骨格（図2）をもつ物質の総称として用いている。カテキン類は，緑茶においてはタンニンとも呼ばれ，いくつかのポリフェノール化合物の総称で，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種が主に含まれる（図3）。他に緑茶中に少量含まれる主要カテキン類のエピマーがある。カテキン（C），ガロカテキン（GC），カテキンガレート（Cg），ガロカテキンガレート（GCg）の4種のカテキン類である。カテキン類の含有量は茶種，品質等により差があるが，一般的な緑茶葉では EGCg が約半分を占め，続いて EGC，ECg，EC の順に多く，総計で茶葉乾燥重量の 10～15% 程度である<sup>1), 2)</sup>。（表1）

EC, EGC は苦味を呈し, ガレート型カテキンである ECg, EGCg は強い渋みをもち, 茶の風味に関与している成分でもある。なお, 茶葉中のカテキン類の発見については詳細な報告<sup>3), 4)</sup>があるので参照頂きたい。

## 1) 製法

現在利用されている“カテキン”には, 粗カテキン (茶ポリフェノール類) と EGCg などの分離精製ポリフェノール化合物がある。食品に緑茶抽出物として添加されているものは粗カテキンに相当する場合が多く, 茶ポリフェノール類と称する場合もある。商業的に利用されている食品添加物の「チャ抽出物 (別名: 緑茶抽出物, ウーロン茶抽出物) (チャの葉から得られた, カテキン類を主成分とするものをいう。)」は, 既存添加物名簿 (平成 8 年 4 月 16 日厚生省告示第 120 号) に製法は, 「ツバキ科チャ (*Camellia sinensis* O. KZE. ) の葉より製した茶より, 室温時, 温時又は熱時, 水, 酸性水溶液, 含水エタノール, エタノール, 含水メタノール, メタノール, アセトン, 酢酸エチル又はグリセリン水溶液で抽出したものより得られたものである。成分としてカテキン類を含む。なお, チャの葉の処理方法によりウーロンチャ抽出物と呼ばれるものがある。」と定められている。

茶抽出物の製造は, 通常茶葉を熱水で抽出し, 残渣の茶殻を除去した後, 遠心分離, 汙過処理により清澄な抽出液を得る。得られた抽出液を減圧濃縮や膜処理後, 凍結乾燥や噴霧乾燥することによりカテキン類を 30%前後含有する茶抽出物が得られる。凍結乾燥や噴霧乾燥前の抽出液をクロロホルム処理することによりカフェインを除去することができる<sup>5), 6)</sup>。工業的に処理する場合は吸着剤やカラム操作によりカフェイン除去を行った後, 酢酸エチルなどの有機溶媒による分配によりカテキン類を抽出し有機溶媒を完全に留去し乾燥することによりカテキン類を高含量 (70%以上) に含む茶抽出物を得ることができる<sup>7)</sup>。茶葉あるいは茶抽出液中のカフェイン除去の方法は古くから検討され, 活性炭処理<sup>8)</sup>, シクロデキストリンポリマーカラム処理<sup>9)</sup>, リグノセルロースカラム処理<sup>10)</sup>, 超臨界 CO<sub>2</sub>

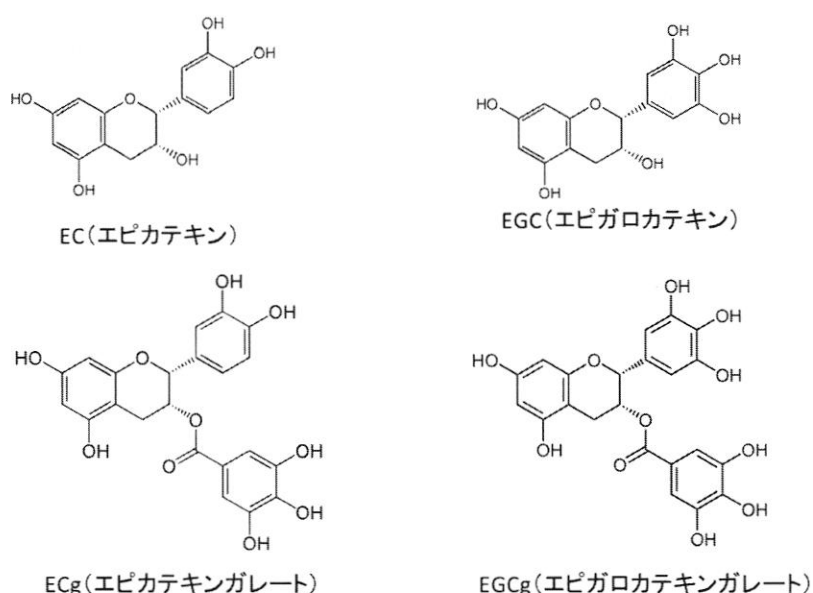


図3 主なカテキン類の構造式

表1 緑茶葉のカテキン類の含量<sup>2)</sup>

カテキン類	茶葉中の含量(g/100g乾燥茶葉)
(+)-カテキン	tr*
(+)-ガロカテキン	tr*
(-)-エピカテキン	1.50
(-)-エピガロカテキン	4.00
(-)-エピカテキンガレート	2.80
(-)-エピガロカテキンガレート	8.80

\*tr: trace

抽出処理<sup>11)</sup>、茶葉の熱水処理<sup>12)</sup>など幾つかの報告がある。食品に添加しやすく風味の改善した茶抽出物も開発されている。

茶抽出物を構成するポリフェノール化合物を個別に分離精製する方法は、実験的にセロースカラムを用いる方法<sup>13)</sup>が報告されているが、最近では合成吸着樹脂<sup>14)</sup>や分取用の高速液体クロマトグラフ<sup>15)</sup>により各ポリフェノール化合物を分離・精製・結晶化することにより高純度の各化合物を得る方法が行われており試薬としても販売されている。

## 2) 分析法

茶に含まれるカテキン類の分析は、総ポリフェノール含量を定量する方法と構成ポリフェノール化合物含量を個別定量する方法が行われている。

### 2-1) 総ポリフェノール含量測定法

酒石酸－鉄法とフォーリン－チオカルト (Folin-Ciocalteu) 法が用いられる。フォーリン－デニス (Folin-Dennis) 法は日本食品標準成分表の発酵茶、コーヒーのタンニンの含量分析に用いられている。

#### A) 酒石酸－鉄法<sup>16)</sup>

本法は簡易で比較的再現性が高いので、緑茶のタンニン定量法として国内で広く採用され、茶の公定分析法として公表されたものである。原理は茶カテキン類と酒石酸鉄との反応により生じた濃紺色の鉄塩の吸光度を測定し、没食子酸エチルに換算し、これを1.5倍して緑茶カテキンの近似値を求める方法である。酒石酸鉄と反応するものには、カテキンのほかに没食子酸及びテオガリン等があるが、緑茶中の没食子酸やテオガリン含量は僅かであり無視している。しかし、発酵茶や変質茶等には鉄と反応する没食子酸やカテキンの酸化重合物が多いので適用できない。

日本食品標準成分表における緑茶中のタンニンの定量分析に採用されているほか、日本健康・栄養食品協会の「緑茶エキスを加工食品」自主規格における緑茶ポリフェノール（主としてカテキン）定量にも採用されている。

#### <測定方法>

##### (1) 試薬

(i) 酒石酸鉄試薬：硫酸第一鉄(七水塩)100 mgと酒石酸カリウム・ナトリウム500 mgを水に溶かして100 mlとする。

(ii) 緩衝液：pH7.5セーレンゼンの緩衝液：0.066 M リン酸水素二ナトリウム溶液(11.867 g  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}/\text{l}$ )と0.066 M リン酸二水素カリウム溶液(9.073 g  $\text{KH}_2\text{PO}_4/\text{l}$ )を混合してpH7.5に調整する。

(iii) 標準溶液:100 ml中に没食子酸エチルを5, 10, 15, 20, 25 mg含む水溶液を調製する。

##### (2) 測定用試料溶液調製法

茶粉末(1.0 mm目を通させたもの)100 mgを100 mlのメスフラスコにとり、70～80 mlの熱水を加え、80℃以上の恒温水槽中で30分間加温抽出する。冷却後100 mlに定容しろ過する。このとき最初のろ液約20 mlを捨て、それ以後のろ液を測定用試料溶液とする。

##### (3) 操作

試料溶液5 mlと酒石酸鉄試薬5 mlを25 mlのメスフラスコにとり、セーレンゼンのリ

ン酸緩衝液で25 mlに定容し、良く混合して発色させる。この発色液を対照液(試料を水に置き換え同様に処理したもの)に対して波長540 nmの吸光度を測定する。

#### (4) 計算

(3)の方法により、各標準溶液5 mlをとり、発色させ吸光度を求め検量線を作成する。この検量線をもとに、測定した試料の吸光度から先ず没食子酸エチル相当量(G mg/100 ml)を求め、次の計算式で%を求める。

$$\text{タンニン}(\%) = G \times 1.5 \times 100/W$$

W : 100 ml中の試料乾物重 (mg)

### B) フォーリン-チオカルト (Folin-Ciocalteu) 法<sup>17), 18)</sup>

本方法は、フォーリン試薬(フェノール試薬)がフェノール性水酸基により還元されて呈色するのを利用する方法である。茶葉や茶飲料のポリフェノール総量の分析法としてISOの公定法(ISO14502-1:2005)に採用されている。茶関連の報告では、研究者により試薬濃度を一部改変した方法も使用されている。次に一般例を示す。

#### <測定方法>

##### (1) 試薬

(i) フォーリン・チオカルト試薬：市販品を用いる。

(ii) 7.5%炭酸ナトリウム溶液：炭酸ナトリウム(無水物)37.5 gを水に溶かして500 mlとする。

(iii) 標準溶液：没食子酸を0, 10, 20, 30, 40, 50 µg/ml含む水溶液を調製する。

##### (2) 測定用試料溶液調製法

茶葉 2.00±0.005 g (W) に約 200 ml の沸騰水を加え、4 分間ときどき攪拌しながら抽出する。抽出液をろ紙(5A)でろ過し、ろ液をメスフラスコ(250 ml 容)に集める。ろ紙上の残渣を水 10 ml ずつで3回洗浄し、洗液をメスフラスコ中のろ液に合わせ、放冷後、水を加えて定容(250 ml)(V)したものを試験液とする。

##### (3) 操作

希釈した試料溶液 1.0 ml にフォーリン・チオカルト試薬 5 ml を加え、3~8 分後に 7.5%炭酸ナトリウム溶液 4.0 ml を加えよく攪拌する。室温に 60 分静置し 765 nm の吸光度を測定する。没食子酸を用いて同様に操作し作成した検量線よりポリフェノール総量を算出する。

### 2-2) 構成ポリフェノール含量の定量

市販緑茶の個別カテキン類とカフェインの分析には紫外可視(UV)検出器を装着した高速液体クロマトグラフィー(HPLC)法を用いる分析が行われている<sup>19) - 21)</sup>。その他に電気化学検出器や化学発光検出器を装着した HPLC 法<sup>22), 23)</sup>が報告されている。

#### A) 高速液体クロマトグラフィー(HPLC)による分析

##### (試料調製例)

粉碎した茶葉約 500 mg を 100 ml 容のメスフラスコに計りとり、アセトニトリルと水の等量混合液約 80 ml を加え、室温下で穏やかに振とう抽出する。40 分間振とう後、同じ液で 100 ml に定容し、良く混合する。上清 2 ml をフィルター(0.45 µm)でろ過

したものを抽出液とする。HPLC 分析直前に適宜希釈し分析用試料とする。

(高速クロマトグラフの操作条件例)

カラム：内径 4.6 mm，長さ 150 mm，逆相型カラム（例えば，Develosil ODS-HG 野村化学）

移動相：A 液 水-アセトニトリル-85%リン酸（95.45+4.5+0.05，v/v/v）

B 液 水-アセトニトリル-85%リン酸（49.95+50.0+0.05，v/v/v）

グラジエント：5 分まで B 液 10%，5～8 分で B 液 30%までリニアグラジエント溶出，8～10 分間 B 液 30%を保持した後，10～15 分で B 液 80%までリニアグラジエント溶出，20 分まで保持した後，初期状態に戻し 10 分おいてから次の分析を行う。

流速：1.0 ml/min

カラム温度：40℃

測定波長：280 nm

定量方法：各ポリフェノール化合物の標準溶液を用いた検量線より算出する。

緑茶の抽出液の HPLC 分析例を図 4 に示す。

### 3) 生物活性

カテキン類はベンゼン環を基本骨格としていることから強い紫外線吸収作用をもち，その構造の特性から抗酸化物質でもある。また，たんぱく質との相互作用も有することから酵素やレセプター等の機能に影響を及ぼし，多くの生理機能に関与していることが明らかになりつつある<sup>24)</sup>。カテキン類の機能性については現在，広範囲に研究が進められている。その代表的な機能を表 2 に示す。ヒトに対する生理機能は，成書の疾病予防機能に詳述されているため，食品への添加時やヒト体外で非吸収時に作用する主な機能について紹介する。

#### a) 抗酸化作用

カテキン類の油脂に対する抗酸化作用は 1960 年前後から報告<sup>25)</sup>があり，茶カテキンの機能性研究の先駆けといえる。ラードやサラダ油に対する AOM 試験で過酸化価(POV)を測定した結果では茶カテキンは *dl*- $\alpha$ -トコフェロールや BHA よりも高い酸化防止効果が報告されている<sup>26)</sup>。茶カテキン類の構造と抗酸化作用から考察すると EGC，EGCg の方が EC，ECg よりも抗酸化力が強く，また 3 位に没食子酸のついたガレート型カテキンの方が付いていないものよりわずかに抗酸化力が強い。このことから抗酸化力は水酸基の数が多いほうが強いという傾向があり，それ以上に 5'位の水酸基が抗酸化作用発現に関与して

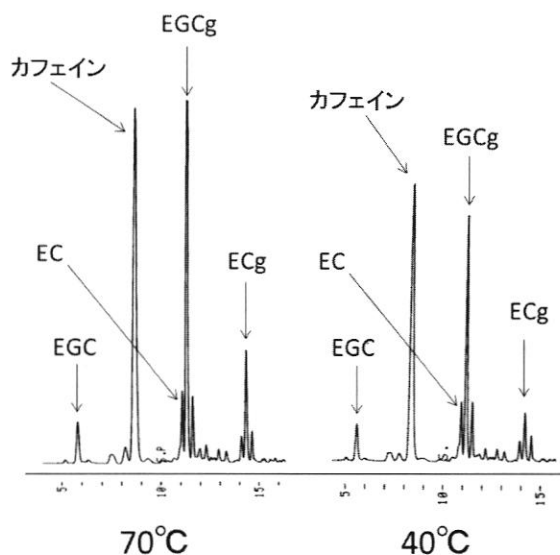


図4 上煎茶の抽出液の高速液体クロマトグラム  
茶葉2 gを70℃、40℃の蒸留水100 mlで5分間抽出した

いると推測されている<sup>26)</sup>。茶ポリフェノールが食品に含まれるβ-カロテンの退色防止に有効であるとの報告もある<sup>27)</sup>。これらの食品における茶カテキン類の抗酸化作用がその後の多数の生体内抗酸化・ラジカル消去活性に関する試験に繋がったものといえる。

#### b) 抗菌作用

細菌性の下痢には茶の飲用が有効であることが古くから知られており、既に1960年代初めに茶抽出液の抗菌活性についての報告がある<sup>28), 29)</sup>。カテキン類の抗菌活性については多種類の細菌で調べられ、*Staphylococcus* 属、*Salmonella* 属、*Shigella* 属、*Vibrio* 属、*Streptococcus* 属、*Clostridium* 属などに有効であるがすべての微生物に有効というわけではないとされている<sup>30)</sup>。原らは食中毒細菌に対する効果を調べ、ボツリヌス菌胞子およびその栄養細胞に対し茶ポリフェノール類が強い抗菌性をもつと報告している<sup>31)</sup>。病原性細菌に対しては、MRSA (Methicillin resistant *S. aureus*) に対しEGCgは250 ppmで十分な殺菌効果を示したとの報告がある<sup>32)</sup>。

#### c) う蝕抑制作用

お茶とむし歯予防の関係はOnisiらが茶葉中のフッ素に注目し調査した報告がある<sup>33), 34)</sup>。その後、緑茶ポリフェノール類(カテキン類)がう蝕原性菌である*Streptococcus mutans*, *S. sobrinus*に対して増殖抑制効果を示すこと<sup>35)</sup>、グルカン合成酵素活性の阻害作用を示すこと<sup>36)</sup>、平滑面への付着阻害を示すこと<sup>36)</sup>、酸産生を抑制すること<sup>37)</sup>が報告されている。ラットを用いたう蝕抑制試験は複数の機関で緑茶ポリフェノール類の有効性が確認されている<sup>38), 39)</sup>。ヒトの歯垢形成に対する緑茶ポリフェノールの抑制効果を調べた試験では、成人男性26名に3日間、1日3回、食後に15 mlの0.05%の緑茶ポリフェノール類配合の洗口液で洗口することにより対照区と比較し約40%の歯垢形成が抑制されたとの報告がある<sup>40)</sup>。また、緑茶ポリフェノール類は、歯周病と関連が深い*Porphyromonas gingivalis*のヒト頬粘膜上皮細胞への付着阻害などの作用<sup>41) - 43)</sup>が報告されており、う蝕抑制を含めた口腔内の健全性の維持に有用であると考えられる。

#### d) 消臭作用

茶カテキン類は口臭の原因であるニンニク臭やメチルメルカプタンなどのチオール化合物や魚臭の原因物質であるトリメチルアミンなどのアミン系化合物に対して消臭効果を示すことが知られている<sup>44)</sup>。アミン系化合物の消臭は茶カテキン類のフェノール性水酸基の弱酸としての性質による中和作用が主な作用機序であると考えられている。シックハウス症候群の原因物質の一つとして知られる刺激臭をもつホルムアルデヒドの低減にも優れた効果を示すことが報告されている<sup>45)</sup>。ポリフェノール類はホルムアルデヒドとの化学的な

表2 緑茶カテキン類の生物活性

発がん抑制作用
抗腫瘍作用
突然変異抑制作用
活性酸素消去作用
抗酸化作用
血中コレステロール低下
抗肥満・体脂肪低下作用
血圧上昇抑制作用
動脈硬化抑制作用
血小板凝集抑制作用
血糖上昇抑制作用
抗アレルギー作用
腸内細菌叢改善作用
抗菌作用
抗インフルエンザ作用
う蝕抑制作用
消臭作用(口臭予防)



反応性が高いため、残存ホルムアルデヒド量が減少すると考えられている<sup>46)</sup>。

以上のように、カテキン類はヒト体内に吸収されて作用する機能性だけでなく体外でも有効性を示す幅広い機能を有する素材である。生体調節作用を含むこれらの機能を活用した新たな商品開発が食品分野だけでなく、医薬品分野への応用など様々な分野で進展するものと期待できる。

#### 4) 用途

食品用途では、緑茶抽出物は食品添加物として製造用剤や酸化防止剤として加工食品に使用されている。水産加工品、畜産加工品、菓子類等の酸化防止に用いる際は、酸化防止剤（チャ抽出物）、また日持向上剤としてはチャ抽出物として表示されている。カテキン類の油溶性製剤も開発され、魚油や油脂の酸化防止剤としても使用されている。

カテキン類（茶ポリフェノール類）は菓子類や飲料などの一般食品やサプリメントにも利用されているが、ヒトの体調調節機能を目的として消費者庁から認められている特定保健用食品では、申請3社、許可48品目（再許可等特包含む）があり、食品の種類はチョコレート、チューインガム、茶系飲料、清涼飲料水、炭酸飲料、緑茶清涼飲料である（平成28年2月現在、消費者庁の特定保健用食品許可品目一覧による）。これら特定保健用食品は大別すると申請3社別に3分類できる。

① むし歯の原因に成りにくい食品：保健の用途（許可を受けた表示内容）は、例えばチューインガムでは「〇〇〇は、虫歯の原因とならないマルチトール、還元パラチノース、エリスリトールと茶ポリフェノールを原料素材に使用していますので、虫歯の原因になりにくいガムです。」と表示できる。

② 体脂肪が気になる方の食品：保健の用途は、例えば茶系飲料や清涼飲料水では「本品は茶カテキンを含みますので、体脂肪が気になる方に適しています。」「本品は茶カテキンを含みますので、食事の脂肪の吸収を抑えて排出を増加させ、体に脂肪がつきにくいのが特長です。体脂肪が気になる方に適しています。」や「本品は茶カテキンを豊富に含んでおり、エネルギーとして脂肪を消費しやすくするので、体脂肪が気になる方に適しています。」との表示が可能である。

③ 体脂肪が気になる方、コレステロールが高めの方の食品：保健の用途は、例えば茶系飲料では「本品は茶カテキンを含みますので、体脂肪が気になる方に適しています。また、本品は、コレステロールの吸収を抑制する茶カテキンの働きにより、血清コレステロール、特にLDL（悪玉）コレステロールを低下させるのが特長です。コレステロールが高めの方の食生活の改善に役立ちます。」や「本品は茶カテキンを含みますので、食事の脂肪の吸収を抑えて排出を増加させ、体に脂肪がつきにくいのが特長です。さらに、本品はコレステロールの吸収を抑制する茶カテキンの働きにより、血清コレステロール、特にLDL（悪玉）コレステロールを減らすのが特長です。体脂肪が気になる方やコレステロールが高めの方に適しています。」との表示が可能である。現時点では3種類の保健の用途が許可されているが、今後更に多くの申請・許可が進むものと期待できる。

特定保健用食品に許可されている高濃度茶カテキンを含む飲料のHPLC分析結果を図5に示す。

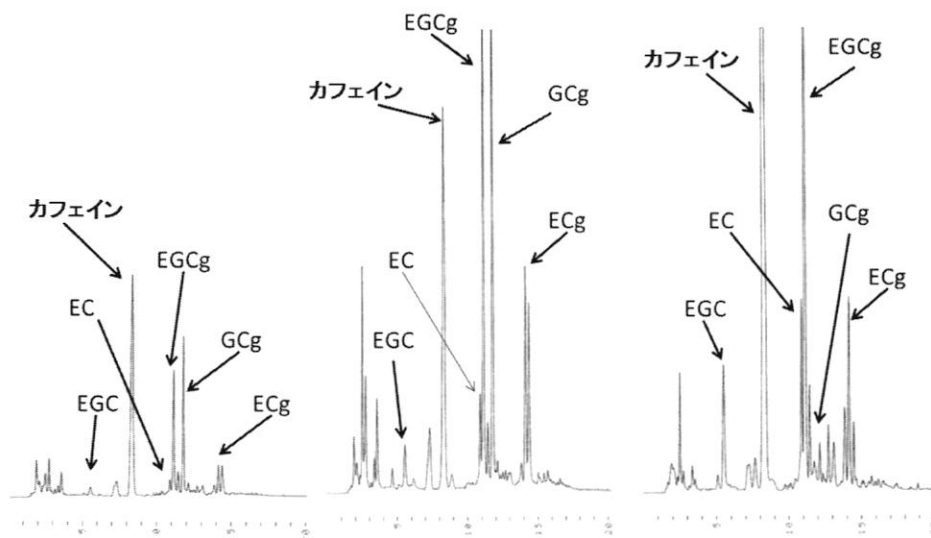


図5 市販飲料と煎茶抽出液の高速液体クロマトグラム

左図:通常のペットボトルの茶飲料, 中図:特定保健用食品の茶系飲料,  
右図:煎茶抽出液(6g/200ml, 70°C, 2分間抽出)

通常のペットボトルの緑茶飲料と比べ、ポリフェノール化合物のピークが大きく、比較的にカフェイン含量が少なく、特にガレート型カテキンである GCg のピークが煎茶抽出液よりも大きいことがわかる。この茶系飲料では茶抽出物を添加していることからカテキン類の含有量は増加しているが、加熱によるカテキン類のエピ化がみられ、通常飲んでいる急須で入れた煎茶とは含まれるポリフェノール化合物の構成割合が異なることにも注目する必要がある。

非食品分野でもカテキン類のもつ抗酸化、抗菌・抗ウイルス、消臭性は化粧品や消臭剤、衛生剤等、生体外用途に利用されている。エアコンや空気清浄機のフィルターに茶カテキンを使用することにより、インフルエンザや夏風邪の原因となるウイルスに対するウイルス不活化作用や室内の消臭に有効な製品が開発されている。カテキン類を添着したエアー・フィルターを装着したマスクもインフルエンザウイルス予防や花粉捕捉による花粉症予防に役立つと考えられている<sup>47)</sup>。

カテキン類を食品および非食品分野で利用する上でその特性を知ること重要である。カテキン類は、水溶液中では徐々に酸化され褐色となる。酸性溶液中では比較的安定であるが、アルカリ溶液中では不安定で褐変が急激に起こるため使用上注意が必要である。また、鉄イオンと反応して黒紫色になるので鉄製の容器や器具の使用は避けた方が良い。

#### 参考文献

- 1) 池ヶ谷賢次郎, “茶の科学”, 村松敬一郎 (編), 朝倉書店 (1991), p.86.
- 2) D. C. Chu and L. R. Juneja, “Chemistry and Application of Green Tea”, T. Yamamoto et al. (eds.), CRC Press (1997), p.13.



- 3) 中川致之, “茶の健康成分発見の歴史”, 光琳 (2009), p.45.
- 4) 西條了康, 加藤みゆき, 茶業研究報告, 107, 1 (2009).
- 5) 松崎妙子, 原征彦, 日本農芸化学会誌, 59, 129 (1985).
- 6) Y. Hara, “Green Tea – Health Benefits and Application”, Marcel Dekker (2001), p.22.
- 7) 南条文雄, “植物ポリフェノール含有素材の開発ーその機能性と安全性ー”, 吉田隆志, 有井雅幸 (監修), シーエムシー出版 (2007), p.161.
- 8) J. H. Ye, Y. R. Liang, J. Jin, H. L. Liang, Y. Y. Du, J. L. Lu, Q. Ye, and C. Lin, *J. Agric. Food Chem.*, 55, 3498 (2007).
- 9) E. K. C. Yu, *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 28, 546 (1988).
- 10) S. Sakanaka, *J. Agric. Food Chem.*, 51, 3140 (2003).
- 11) C. J. Chan, K. L. Chiu, Y. L. Chen, and P. W. Yang, *J. Food Comps. Anal.*, 14, 75 (2001).
- 12) H. Liang, Y. Liang, J. Dong, J. Lu, H. Xu, and H. Wang, *Food Chem.*, 101, 1451 (2007).
- 13) L. Vuataz, H. Brandenberger, and R. H. Egli, *J. Chromatogr.* 2, 173 (1959).
- 14) 良辺文久, 衣笠仁, 竹尾忠一, 日本農芸化学会誌, 63, 845 (1989).
- 15) M. Ninomiya, L. Unten, and M. Kim, “Chemistry and Application of Green Tea”, T. Yamamoto et al. (eds.), CRC Press (1997), p.23.
- 16) 池ヶ谷賢次郎, 高柳博次, 阿南豊正, 茶業研究報告, 71, 43 (1990).
- 17) 日本食品科学工学会・日本分析研究会共同編纂, “新・食品分析法[Ⅱ]”, 光琳(2006), p.68.
- 18) T. J. Bond, J. R. Lewis, A. Davis, and A. P. Davies, “Methods in polyphenol analysis”, C. Santos-Buelga and G. Williamson (eds.), The Royal Society of Chemistry, (2003), p.229.
- 19) 広瀬真一, 玉田重吉, 茶業研究報告, 50, 51 (1979).
- 20) T. Goto, Y. Yoshida, M. Kiso, and H. Nagashima, *J. Chromatogr. A*, 749, 295 (1996).
- 21) 西條了康, 武田善行, 日本食品科学工学会誌, 46, 138 (1999).
- 22) 稲垣敬三, 江指隆年, 手塚雅勝, 小野明子, 佐野満昭, 富田勲, 食品衛生学雑誌, 37, 77 (1996).
- 23) K. Nakagawa and T. Miyazawa, *Anal. Biochem.*, 248, 41 (1997).
- 24) 津志田藤二郎, “植物ポリフェノール含有素材の開発ーその機能性と安全性ー”, 吉田隆志, 有井雅幸 (監修), シーエムシー出版 (2007), p.25.
- 25) 梶本五郎, 日本食品工業学会誌, 10, 365 (1963).
- 26) 原征彦, “茶の科学”, 村松敬一郎 (編), 朝倉書店 (1991), p.124.
- 27) L. Unten, M. Koketsu, and M. Kim, *J. Agric. Food Chem.*, 45, 2009 (1997).
- 28) D. N. Das, *J. Indian Chem. Soc.*, 39, 349 (1962).
- 29) 梶本五郎, 日本食品工業学会誌, 10, 1 (1963).
- 30) J. M. T. Hamilton-Miller, *Antimicrobial. Agent Chemother.*, 39, 2375 (1995).
- 31) 原征彦, 渡辺真由美, 坂口玄二, 日本食品工業学会誌, 36, 375 (1989).
- 32) 戸田真佐子, 大久保幸枝, 原征彦, 島村忠勝, 日本細菌学会誌, 46, 839 (1991).

- 33) M. Onisi, N. Shimura, C. Nakamura, and M. Sato, *J. Dent. Hlth.*, 31, 13 (1981).
- 34) M. Onisi, F. Ozaki, F. Yoshino, and Y. Murakami, *J. Dent. Hlth.*, 31, 158 (1981).
- 35) S. Sakanaka, M. Kim, M. Taniguchi, and T. Yamamoto, *Agric. Biol. Chem.*, 53, 2307 (1989).
- 36) S. Sakanaka, T. Sato, M. Kim, and T. Yamamoto, *Agric. Biol. Chem.*, 54, 2925 (1990).
- 37) M. Hirasawa, K. Takada, and S. Otake, *Caries Res.*, 40, 265 (2006).
- 38) S. Otake, M. Makimura, T. Kuroki, Y. Nishihara, and M. Hirasawa, *Caries Res.*, 25, 438 (1991).
- 39) S. Sakanaka, N. Shimura, M. Aizawa, M. Kim, and T. Yamamoto, *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, 56, 592 (1992).
- 40) 寺嶋利子, 寺嶋浩義, 富樫久美, 長谷川泰啓, 高橋睦雄, 尾崎哲則, 阪中專二, 金武祚, 吉田茂, 日大歯学, 71, 654 (1997).
- 41) S. Sakanaka, M. Aizawa, M. Kim, and T. Yamamoto, *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, 60, 745 (1996).
- 42) M. Makimura, M. Hirasawa, K. Kobayashi, J. Indo, S. Sakanaka, T. Taguchi, and S. Otake, *J. Periodontol.*, 64, 630 (1993).
- 43) S. Sakanaka and Y. Okada, *J. Agric. Food Chem.*, 52, 1688 (2004).
- 44) M. Hibino and S. Sakanaka, "Chemistry and Application of Green Tea", T. Yamamoto et al. (eds.), CRC Press (1997), p.123.
- 45) 原征彦, "茶の化学成分と機能" 伊奈和夫, 坂田完三, 富田勲, 伊勢村護 (編), 弘学出版 (2002), p.142.
- 46) 山口智佳, 南条文雄, "茶の効能と応用開発", 伊勢村護 (監修), シーエムシー出版 (2006), p.304.
- 47) 小國伊太郎, "茶の機能・生体機能の新たな可能性", 村松敬一郎 (代表) (編), 学会出版センター (2002), p.403.