

知ればきっと飲みたくなる

美味しいデカフェコーヒーができるまで

コンビニやカフェでもよく見かけるようになった「デカフェ」や「カフェインレス」と表示されたコーヒー。妊娠中の女性だけでなく、カフェインの摂りすぎを気にするコーヒー愛好家たちにも親しまれ始めている。「デカフェって美味しいの？安全なの？」といった疑問に答えるべく、本稿ではカフェイン除去の方法や美味しさの工夫を紹介し、未来のデカフェまで探っていく。

デカフェコーヒーの輸入量は近年2倍に

コーヒーや紅茶、緑茶など、カフェインを含む嗜好飲料からカフェインを除去したデカフェ^{*1}の市場は、近年、急拡大している。デカフェコーヒーの輸入量は、2013年に1347tだったのが、2019年には2727tと2倍に増加し^{*2}、商品ラインナップも豊富になっている（写真1）。

こうした背景には、カフェインの過剰摂取を気にする人が増えたことが1つにある。カフェインには覚醒作用や疲労軽減などの効果がある一方で、過剰摂取した場合には、不眠やめまい、吐き気などの健康被害をもたらすことが知られており^{*3}、急性カフェイン中毒による死亡例も増えている。2017年には厚生労働省などからカフェインの過剰摂取についての注意喚起がなされた。

妊娠中・授乳中の女性や、寝る前もコーヒーを飲みたい人はもちろん、カフェイン摂取量をコントロールしたいという人にもデカフェの需要が広がっているのだ。

ただし、世界的にはコーヒー全体のうちデカフェが占める割合は10%といわれている一方で、日本ではわずか1%程度である。「デカフェは美味しくない」という先入観や「安全性が気になる」といった理由からデカフェを飲んだことがない人も多いのではないだろうか。デカフェを正しく知るために、まずはどうやってコーヒーからカフェインを除去するかをみていこう。



写真1 コンビニやインターネットなどで購入できるデカフェコーヒー。スティックタイプや希釈するタイプ、チルドカップ、ドリップパックなど商品の形態も豊富。パッケージにカフェイン抽出方法が記載されている商品もある。

コーヒーのカフェイン除去方法は4つ

コーヒーのデカフェ処理は、焙煎前の生豆の状態で行うのが一般的で、「有機溶媒抽出法」、水を用いる「ウォータープロセス」、「液体二酸化炭素抽出法」、「超臨界二酸化炭素抽出法」の4つに大別される。

有機溶媒抽出法は最も古く、1900年頃にドイツのコーヒー商である Ludwig Roselius 氏の偶然の発見から考案された。伝えられているところによると、Roselius 氏は、運搬中に事故で海水に浸かってしまったコーヒー豆をそのまま捨てずに変化を確かめたところ、カフェインが抜けていることに気づいた。当時ヨーロッパではカフェイン中毒が社会問題になっていたため、海水でカフェインを抽出できることを学んだ Roselius 氏は、より効率的にカフェインを抽出できるベンゼンを溶媒として使用し、1912年に商業ベースで初のデカフェコーヒーを発売した。その後、ベンゼンの残留毒性が問題視されたため、現在はジクロロメタンなどの低沸点の有機溶媒でカフェインを抽出

*1 decaffeinated の略。日本ではデカフェに対する明確な基準はなく、公正取引規約により90%以上カフェインを除去したコーヒーは「カフェインレス」と表示することになっている。

*2 全日本コーヒー協会「デカフェコーヒーの輸入推移」より。輸入量は生豆ベース。

*3 内閣府 食品安全委員会 ファクトシート「食品中のカフェイン」を参照。

し、残ったコーヒー生豆を加熱して溶媒を蒸発させる方法が用いられている。低コストのため国外では普及しているが、日本では食品衛生法に基づき、有機溶媒抽出によるデカフェ商品の輸入・販売は禁止されている。

より安全なデカフェ技術として、1930年代に水で処理する「ウォータープロセス」がスイスで開発された。この方法は、まずコーヒー生豆を水に浸し、カフェインを含むすべての水溶性成分を浸出させる。この段階では生豆から香味の成分まで抜けているが、浸出液から活性炭などの吸着剤でカフェインのみを除去した後に、この液を生豆に戻すことで、コーヒーの風味

を保ったデカフェ生豆ができる。現在ではさらに、カフェイン以外の成分が飽和した水溶液にコーヒー生豆を浸して、カフェインを抽出する方法が実用化され、主流となっている。

最も新しいのが、二酸化炭素と水でカフェインを抽出する方法で、「液体二酸化炭素抽出法」と「超臨界二酸化炭素抽出法」がある。高温・高圧により液体または超臨界流体になった二酸化炭素^{*4}は溶媒としての性質を持ち、選択的にカフェインを溶かすことができる（詳細は後述）。超臨界二酸化炭素抽出法では高圧装置を用いるためコストは高いが、安全面や風味の良さ、環

***4** 液体二酸化炭素は60気圧/25℃程度、超臨界二酸化炭素は70気圧/31℃以上で、カフェインの抽出に用いられる。抽出の原理は同じだが、超臨界二酸化炭素の方が短時間（半日程度）で処理できる。

● カフェインレスコーヒーノキによる未来のデカフェ

もともとカフェインをもたないコーヒーノキ（コーヒーの木）が作れないかとバイオ研究によるアプローチも行われてきた。県立広島大学の荻田信二郎教授は2003年（当時は奈良先端科学技術大学院大学 研究員）、RNA干渉という遺伝子発現抑制技術を用いて、カフェインの生合成（図の経路(3)）に関わる酵素の働きを抑制することによって、遺伝子組換えのカフェインレスコーヒーノキを作出し、Natureに発表した（Ogita et al., 2003）。当時は世界中でカフェインを含まない遺伝子組換えコーヒーを作ろうと研究が盛んに行われたが、それは実現せず、荻田教授が作出したカフェインレスコーヒーノキも花を咲かせたものの、結実まではいかなかった。

「今なら技術的に十分実現できると思います。ただ、当時はヨーロッパを中心に遺伝子組換えに対する風当たりがかなり強く、また、デカフェコーヒーという限られた市場で本格的に事業化しようという動きになりませんでした。今はゲノム編集の技術もありますし、社会的に受け入れられる素地はできていると思います」と荻田教授は言う。近年の動向を見ると、2017年に世界のコーヒー生産量の多くを占めるアラビカ種のゲノム配列をサントリーの研究助成を受けたカリフォルニア大学デーヴィス校の研究チームが解読した。また、2020年には論文ではな

いが英国の企業がゲノム編集によるデカフェのコーヒー豆を作ったらしいという情報が出ており、風向きは変わりつつある。

「今後はデカフェコーヒーだけにフォーカスせず、応用の仕方を広く考えていく必要があります」と荻田教授は話す。緑茶や紅茶、花茶など、葉や花弁を原料とするデカフェであれば、コーヒーのように結実の必要がないためハードルは低い。また、健康志向やクオリティを求めている人に向けて、コーヒーの風味に関わる成分や機能性成分の含量をコントロールするという展開も可能だ。例えば、カフェインの直接の前駆体であるテオプロミンは、チョコレートの原料であるカカオ豆に多く含まれる成分で、覚醒作用がカフェインより弱く、脂肪蓄積の抑制やリラックス効果があることが知られている。テオプロミン→カフェインの生合成経路（図の経路(4)）を阻害すれば、テオプロミンが蓄積され、“カフェインレスかつテオプロミンリッチなコーヒー”になる。

「カフェインレスだけでなく、それに付加価値となるアイデアを加え、従来にない豆をデザインすることで、より現代のニーズに近づくのではないかと思います」と荻田教授は言う。未来のデカフェへの期待を膨らませながら、この研究分野の実用化に向けた盛り返しを期待したい。

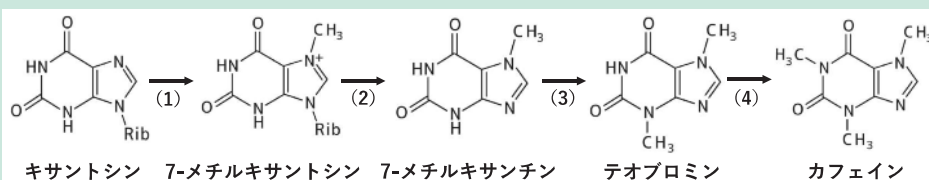


図 カフェイン生合成の主経路。荻田教授は経路(3)で働くメチル化酵素を抑制し、カフェインの含量が通常より70%少ない遺伝子組換えコーヒーノキを作出した。



写真 作出した遺伝子組換えコーヒーノキの葉の切片から不定胚を形成し増殖させ温室で栽培したところ、開花し花粉が作られた。

（荻田教授提供、写真A、BはOgita et al., Plant Biotechnology 2005, 22, 461. より転載）

境負荷が低いことから大手コーヒー会社などで採用されている。

国内初、超臨界抽出法によるデカフェ

これまで日本にはデカフェコーヒーを製造する設備がなく、輸入品が100%を占めていたが、2020年1月に日本初の大規模なデカフェ工場が誕生し、超臨界二酸化炭素抽出法によるデカフェコーヒーの製造販売が始まった。開発したのは、三重県桑名市にある超臨界技術センター株式会社^{*5}である。

「海外でデカフェ処理されたコーヒー豆を輸入すると、日本に届くまでに豆の劣化や風味の低下が起こるといわれています。商社等から“デカフェコーヒーを作ってほしい”と問い合わせが増え、2016年から本格的にデカフェ事業をスタートしました」と同センター・研究員の根路銘葉月氏は話す。

そもそもどうやって超臨界二酸化炭素と水でコーヒー生豆からカフェインを抽出するのだろうか。「超臨界二酸化炭素は気体の拡散性と液体の溶解性をあわせもつため、細胞の中まで入って物質を溶かすことができます。温度や圧力を変えることで物質の溶解度などをコントロールできるので、この特性を利用して生豆からカフェインを抽出します」と根路銘氏。

工程は図1のようになる。超臨界二酸化炭素はヘキサンと類似の溶解特性（極性、溶解度パラメーター、誘電率等）をもち、コーヒー生豆に含まれる糖分やアミノ酸、タンパク質、クロロゲン酸^{*6}は溶けず、カフェインや油脂成分を溶かす。そこでまず前処理として生豆に水を湿潤させて、油脂成分の溶出を防ぐ。次に、生豆に超臨界二酸化炭素を接触させてカフェインを溶出除去し、大気圧に戻すことで、生豆に溶解していた二酸化炭素が気体となり分離される（写真2）。最後に生豆を乾燥させればデカフェ生豆の完成だ。

しかし、美味しいデカフェコーヒーがで

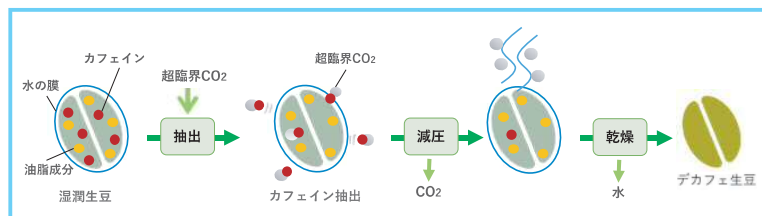


図1(上) 超臨界二酸化炭素を用いたデカフェ処理工程。湿潤生豆から抜けたカフェインは、超臨界二酸化炭素の流れに乗って少量の水とともに除去される。

写真2(中) 超臨界二酸化炭素抽出パイロット装置。二酸化炭素は石油化学プラントなどで発生したものを精製して有効活用しており、さらに工場内では使った二酸化炭素を回収して再利用する循環型システムを構築している。

写真3(下) デカフェコーヒー「DECACO」。オンラインショップ (<http://www.decaco.jp>) や Amazon で購入できる。



(図1・写真2, 3は超臨界技術センター提供)

きるまでの道のりは長かったという。「最初はカフェイン以外の成分も抜けてしまって色も香りも薄いコーヒーでした。千回以上、試験・試作を繰り返して全工程を最適化し、ようやく風味を維持したデカフェ処理ができるようになりました」(根路銘氏)。

カフェイン自体に苦味があるため、デカフェにすると多少マイルドな味になるが、そこは焙煎でカバーできるという。バリスタ日本チャンピオンの焙煎士も開発に加わり、美味しさにもこだわったデカフェコーヒー「DECACO」が完成した（写真3）。

「コーヒーをよく飲む方にも飲んでいただきたいです。朝や工作中スッキリしたいときは普通のコーヒーを、夜リラックスしたいときはデカフェをとった使い方をしていたら嬉しい」と根路銘氏は話す。

個人の感想だが、実際に DECACO を飲んだら「本当にデカフェなのか」と驚いた。デカフェ未経験の方にもぜひ一度味わっていただきたい。

(サイテック・コミュニケーションズ 秦 千里)

OVERVIEW は化工誌編集幹事会の企画・監修により制作されています。

*5 名古屋大学発ベンチャーとして2013年に設立。化粧品、医薬品、食品などのメーカーから、超臨界技術を用いた研究開発や試作品の製造、受託生産を請け負う。現在、デカフェ事業は親会社の株式会社ケー・イー・シーに移管されている。

*6 ポリフェノールの一種で、焙煎することでコーヒーの苦みや香りを作り出す主役となる成分。