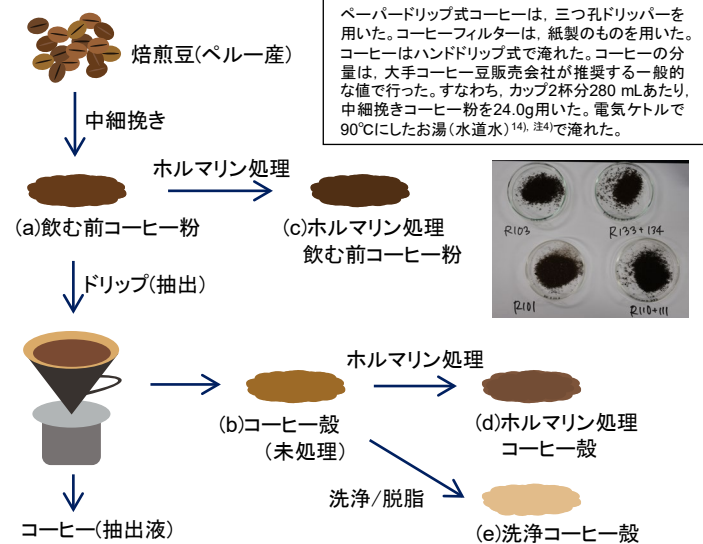


国際コーヒー機関の統計によると、日本におけるコーヒーの消費量は47万トン(2018年)であり、家庭だけではなく飲料メーカーなどから抽出残渣である大量のコーヒー殻が生じる¹²⁾。コーヒー殻の一部は農業用資材、堆肥、肥料などに再利用されているが、ほとんどが焼却処分されているのが現状である¹³⁾。2001年より「食品循環資源の再利用等の促進に関する法律」(食品リサイクル法)^{注3)}が施行され、食品廃棄物の軽減化が求められていることから、コーヒー殻においても再利用することが望まれている。

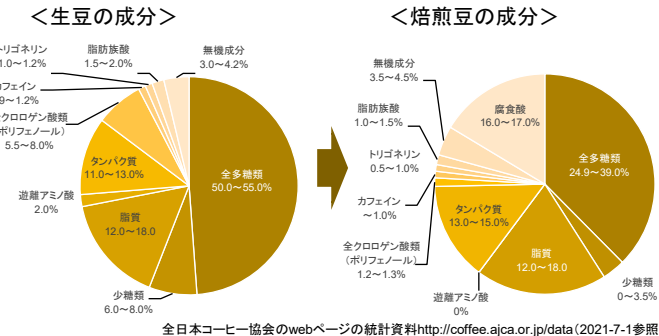
環境水中に重金属イオンが含まれると水質汚染や生態系への悪影響が懸念される。そこで、SDGs(持続可能な開発目標)の視点から、植物質素材であるコーヒー殻を重金属イオンの除去剤として用いることにした。コーヒーは世界中で飲用されており、抽出後の殻は大量に廃棄されているため、これを再利用することで持続可能な社会の実現をめざすことができる。

- 6 安全な水とトイレを世界中に 6.3 2030年までに、汚染の減少、投棄の廃絶と有害な化学物質の放出の最小化、未処理の排水の割合半減及び再生利用と安全な再利用を世界的規模で大幅に増加させることにより、水質を改善する。
- 12 つくばるものをつくりだす 12.4 2020年までに、合意された国際的な枠組みに従い、製品ライフサイクルを通じ、環境上適正な化学物質や全ての廃棄物の管理を実現し、人の健康や環境への悪影響を最小化するため、化学物質や廃棄物の大気、水、土壌への放出を大幅に削減する。
- 14 海の豊かさを守ろう 14.1 2025年までに、海洋ごみや富栄養化を含む、特に陸上活動による汚染など、あらゆる種類の海洋汚染を防止し、大幅に削減する。

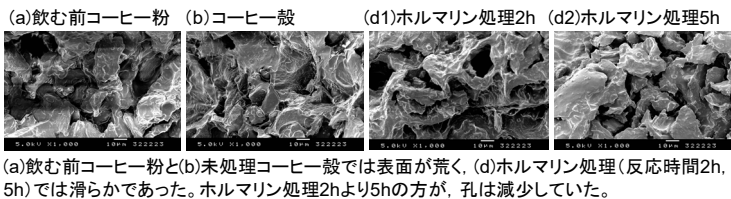
実験で用いたコーヒー殻



コーヒー中に含まれる成分



走査型電子顕微鏡(SEM)測定



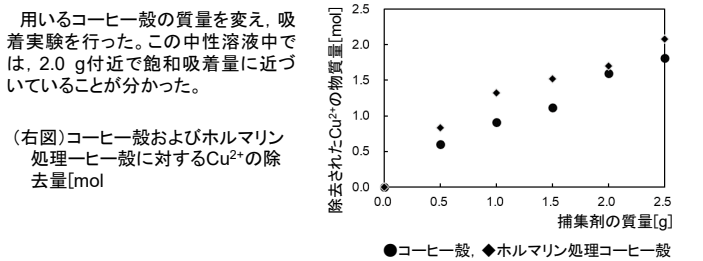
SEM測定：東京工業大学附属科学技術高等学校 (走査型電子顕微鏡JEOL JSM-5300LV, スッパタリング装置JEOL JFE-1500) 直径10mmの円筒形の試料台に7mm角の導電性の両面テープを貼り付け、接着面を試料の中に入れて試料を試料台に採取。試料台に振動を与えて大きな粉体を除去し、Auスッパタリングした。

コーヒー クロロゲン酸類
 コーヒー中に多く含まれる(分子量354.31)。コーヒー酸(カフェ酸、カフェイン)とキナ酸がエステル結合した化合物。
OC(=O)C1=CC=C(C=C1)OC(=O)C2=CC=C(C=C2)O
 コーヒー酸
OC(=O)C1=CC=C(C=C1)O
 キナ酸

緑茶 カテキン類
 フラバノール類。茶の苦渋味成分。緑茶中には主にエピガロカテキンガレート(分子量458.37)、エピガロカテキン、エピカテキンガレート、エピカテキンの4種が含まれる。これらはカテキンあるいはカテキン二量体に没食子酸がエステル結合した化合物。酸化重合し、タンニンとなる。

紅茶 テアフラビン
 紅茶に多く含まれる縮合型タンニン(分子量564.49)。紅茶の製造過程で酵素によりカテキンが酸化重合した化合物。

コーヒー殻のCu²⁺飽和吸着量



化学成分の分析法

◇ヨウ素滴定¹⁵⁾、^{注5)}
 ヨウ化カリウム(ヨウ化物イオン)の還元作用を利用して、遊離したヨウ素I₂をチオ硫酸ナトリウム標準溶液で滴定し、間接的に定量する方法。

$$I_2 + 2Na_2S_2O_3 \rightarrow 2NaI + Na_2S_4O_6$$

$$2S_2O_3^{2-} \rightarrow S_4O_6^{2-} + 2e^-$$

◇フォーリン・デニス法¹⁶⁾、^{注6)}
 リンモリブデン酸とリンタングステン酸の混合物がタンニンによって還元されて生成するリンモリブデン・ブルーを比色定量することで、タンニンを定量する方法。

◇重金属イオンの分離
 溶媒抽出法、共沈分離法、イオン交換分離法、固相吸着分離法など

【注釈】

- 注1) クロロゲン酸(3-カフェオイルキナ酸)は、コーヒー酸のカルボキシ基がキナ酸3位のヒドロキシ基と脱水縮合した構造を持つ化合物。コーヒー豆から初めて単離され、多くの双子葉植物の種子や葉に含まれる。
- 注2) 多くのポリフェノールはカテコールやピロガロール構造を有することから、強い抗酸化作用を有することが知られている。しかし、Cu²⁺/Cu⁺の酸化還元電位より、ポリフェノールが共存する銅(II)イオンを銅(I)イオン(銅(I)を含む化学種)に還元するとは考えにくい。
- 注3) 食品リサイクル法は、食品循環資源の再生利用等の促進に関する法律の略称である(平成12年法律第116号。平成13年5月施行)。食品の売れ残りや食べ残しにより、または食品の製造過程において大量に発生している食品廃棄物について、発生抑制と減量化により最終的に処分される量を減少させるとともに、飼料や肥料等の原材料として再生利用するため、食品関連事業者による食品循環資源の再生利用等を促進することを趣旨としている。
- 注4) 使用した水道水(奈良市水道局)の硬度は、32.0 mg/Lであった。水の全硬度(Ca²⁺とMg²⁺の合計量)は、EDTAキレート滴定法により測定した。
- 注5) 0.100 mol/Lチオ硫酸ナトリウム標準溶液：チオ硫酸ナトリウム五水和物Na₂S₂O₃・5H₂O 24.8gを純水に溶かし、1.0 Lとした。標定は塩素酸カリウムにより行い、標準溶液の力価を求めた。
- 注6) フォーリン試薬：100 mLのナス型フラスコにタングステン酸ナトリウム5.0 g、リンモリブデン酸1.0 g、リン酸2.5 mLに水36 mLを加えて湯浴上で2時間還流させると、黄色溶液となった。室温まで冷却後、メスフラスコで200 mLとした。10%炭酸ナトリウム水溶液：20.0 gの炭酸ナトリウムを純水180 mLに溶かした。タンニン酸標準液：タンニン酸20.0 mgを純水に溶かしてメスフラスコで100 mLとした。このうち10.0 mLをホールビペットで測り取り、メスフラスコに移し100 mLとした。

【参考文献】

- 1) 渡邊泉, 重金属のななし 鉄, 水銀, レア金属, 中央公論新社, 2012. 2) 木村優, 山下博美, 駒田順子, 分析化学, 1985, 35, 400. 3) 安田みどり, 藤田民喜, 長谷川のみみ, 熊川景子, 日本家政学会誌, 2003, 54, 827. 4) Y. Orhan, H. Buyukgungor, Wat. Sci. Tech., 1993, 28, 247. 5) 大森正司, 茶の科学「色・香り・味」を生み出す茶葉のひみつ, 講談社ブルーバックス, 2017. 6) 緒方文彦, 富永壽人, 数田仁志, 川崎直人, 表面科学, 2011, 32, 461. 7) 旦部幸博, コーヒーの科学「おしき」はどこで生まれるのか, 講談社ブルーバックス, 2016. 8) 日本コーヒー化学会編, コーヒーの事典, 柴田書店, 2001. 9) 村松敬一郎, 茶の科学, 朝倉書店, 1991, pp.115-123. 10) 高分子学会編, 基礎高分子科学, 東京化学同人, 2006. 11) 木村優, 化学と教育, 1992, 40, 296. 12) 全日本コーヒー協会統計資料http://coffee.ajca.or.jp/data(2021-7-1参照) 13) 若澤秀幸, 高橋和彦, 望月一男, 日本土壌肥料学雑誌, 1998, 69, 7. 14) 日本分析化学会北海道支部, 水の分析第5版, 化学同人, 2005, pp.211-216. 15) 松岡雅忠, 化学と教育 2014, 62, 594. 16) 藤田修三, 山田和彦, 食品学実験書第3版, 医歯薬出版, 2017, pp.115-116.