

コーヒー豆焙煎の化学と家庭用焙煎器の試作

神戸市立工業高等専門学校応用化学科
珈琲を科学しようチーム

細野佳苗、渡辺昭敬、根津豊彦

1. はじめに

「焙煎」とは、コーヒーの生豆(収穫後洗浄したコーヒー果実の種)を加熱することにより独特の芳香と妙味を引き出し、嗜好品としての性質を生み出す操作である。その歴史は古く、焙煎を行うといった見地から見ても、10世紀に医薬品の一種として紹介されている事が判明している。従って、コーヒーの焙煎操作は主に経験的な判断基準に委ねられる事になり、現にコーヒーの味の鑑定を職としている人も多数おり、またその資格を国家が保証しているケースもある。今日では焙煎過程におけるキャラクタリゼーションの科学的な報告も、少しずつではあるが行われている。その中で、焙煎中の生豆には数多くの変化が起こっていることが発見・指摘されている。含有化合物の化学変化、細胞構造の破壊、また含有水分の蒸散などが実験的に分かりやすい部分である。

そこで本研究では、コーヒー中のクロロゲン酸、カフェイン、カフェイン酸の成分含有量に着目した。コーヒーには多くの成分が含まれるが、クロロゲン酸は酸味・渋みを呈し、熱に不安定、カフェインは苦味を呈す、覚醒作用がある、カフェイン酸は焙煎によって、コーヒーの香り成分の主成分になることが知られている。そこで、同一条件で焙煎、抽出を行い、コーヒー中のこれら三成分の測定を行うことにより、味覚に関連する成分抽出含量測定に再現性があるかを検証することから本研究をスタートした。

2010年度までは市販の焙煎豆を使用した実験であったが、コーヒーの焙煎豆の成分含有量に着目し、市販品ではなく自ら焙煎した豆を用いて時間経過による含有量変化について調べた。比較標準器として明興産業株式会社製MPR-3000型焙煎器を用いている。

これに加え、より手軽に焙煎できる焙煎器を試作することを目的とした。

2. 実験の流れ

(1) 理想的な焙煎条件の模索

まず、理想的な焙煎条件の模索から実験を始めた。

焙煎した豆について味覚、嗅覚のような感覚的なもののほかに、化学的分析手法としてHPLCによる分析で評価することにした。

今回の実験では、明興産業株式会社製MPR-3000型焙煎器(図1、図2)を比較標準器としている。焙煎の様子を図3、図4、動画1に示した。



図1. MPR-3000型焙煎器



図2. MPR-3000型焙煎器を上から

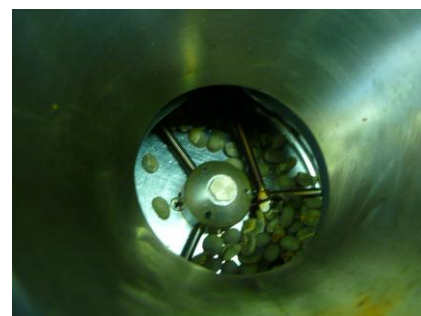


図3. 豆入れた様子

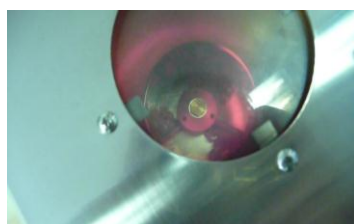


図4. 焙煎の様子

しばらくすると赤くなる。
ハゼが聞こえてくる。



動画1. 焙煎の様子

代表的なアラビカ種の一つである、マンデリン生豆を使用してメーカー推薦の条件で焙煎し、試飲したところ、酸味が強く期待したほどおいしくなかった。しかし、焙煎してから1日ぐらい経った豆をもう一度抽出し飲んでみると味に深みが増し、よりおいしくなっていることに気がついたことから、焙煎してからの時間経過とカフェイン、カフェイン酸、クロロゲン酸濃度の変化に注目し、2種の豆(図5マンデリン生豆、図6トラジャ生豆)について種々の条件下でHPLCにより成分の分析を行った。

成分の特徴を以下に示す。

- クロロゲン酸：熱に不安定で焙煎すると、分解されやすく酸味を呈す。
- カフェイン：苦味を呈す。覚醒作用がある。
- カフェイン酸：焙煎によって、コーヒーの香り成分の主成分になる。



図5. マンデリン生豆



図6. トラジャ生豆

(2) 焙煎後の経過時間と成分濃度の変化

MPR-3000型焙煎器を用いて焙煎した豆(マンデリン、トラジャ)について、焙煎後の経過時間と成分濃度の変化は図7、8のようになった。同じ操作を3回繰り返したが大きなばらつきは見られなかった。カフェインについてマンデリンは時間経過により減少する、トラジャは逆に増加するという特徴的な変化が起こっていることが読み取れる。この変化が2種の味の違いを表している1つの要因と考えられる。どちらもアラビカ種であるが大きな傾向の違いが出ており、これについてはわかっていないことが多い。今後、他の豆についても同様に調べることで原因を探っていききたい。

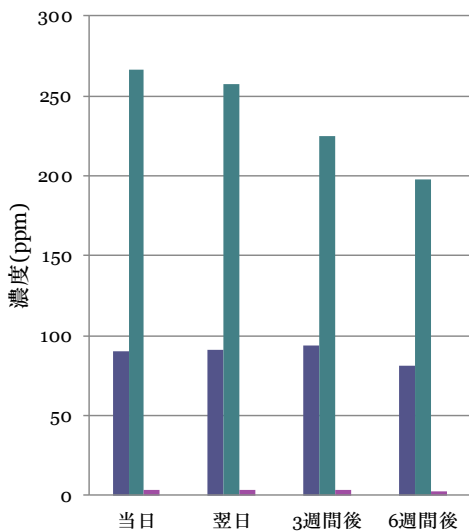


図7. マンデリンの成分濃度変化

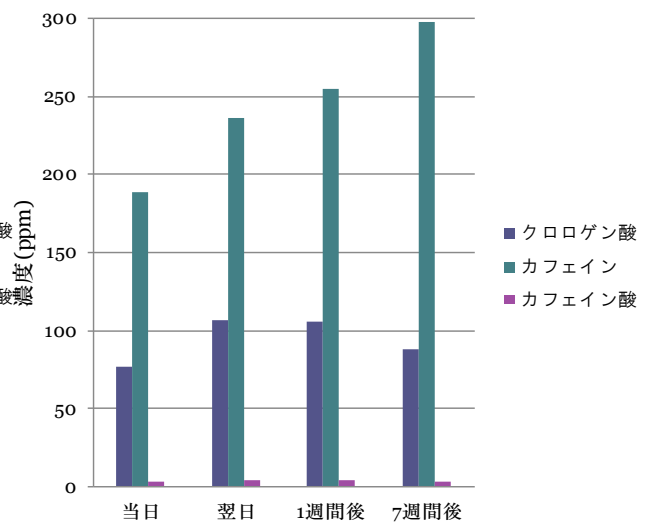


図8. トラジャの成分濃度変化

(3) 円筒ガラス管を使用した試作器

昨年度より円筒ガラス管で自作した焙煎器(図9)を用いて実験しているが、標準器としたMPR-3000での焙煎と比べると酸味が強調され風味に欠けるものとなった。焙煎の様子を図10、動画2に示した。

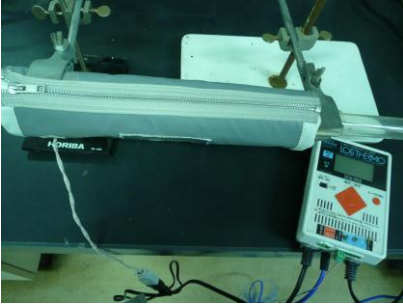


図9. 円筒ガラス管使用焙煎器



図10. 焙煎の様子



動画2. 焙煎の様子

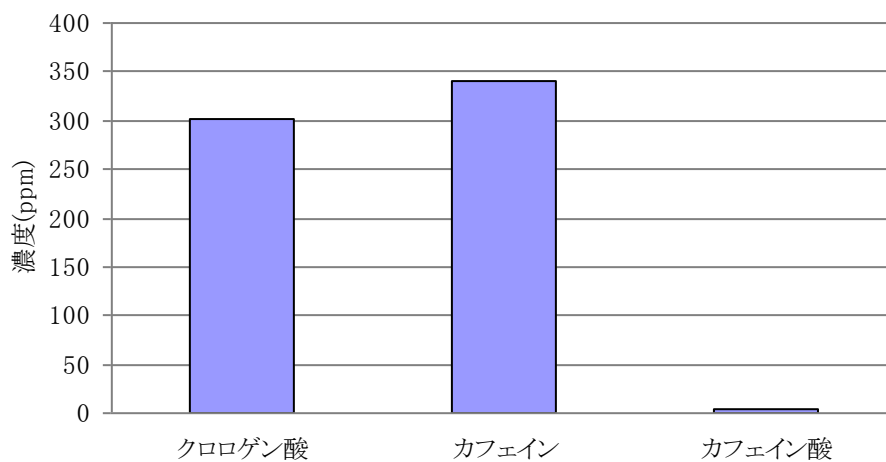


図11. 円筒ガラス管を使用した焙煎豆の成分濃度

HPLC測定による結果(図11)を見ると、クロロゲン酸がMPR-3000による焙煎より多く含まれており、水分の除去がうまくできてないことが原因ではないかと考えている

おいしいコーヒーを作ることができなかつたので焙煎器の形式を変えることにした。

自作器に求める条件

- ・発生する水、煙、匂いの処理
- ・温度コントロール、時間
- ・熱の伝わり方を均一にする
- ・安価である
- ・手軽である

(4)試作機について

円筒ガラス管を用いた自作器(図12)は焙煎時に豆に対する加熱むらが生じること、攪拌がうまくいかないこと、発生する水分の除去が難しいことからナス型フラスコを使用し、モーターを用いた攪拌装置を組み立てた試作器を作った(図13)

。モーターと攪拌棒を同軸上にするのではなく、モーターの周りに攪拌棒を巻きつけることにより、歳差運動を利用し、効率よく焙煎できるようにした(動画3)。攪拌棒の先端は攪拌しやすい形に加工している。

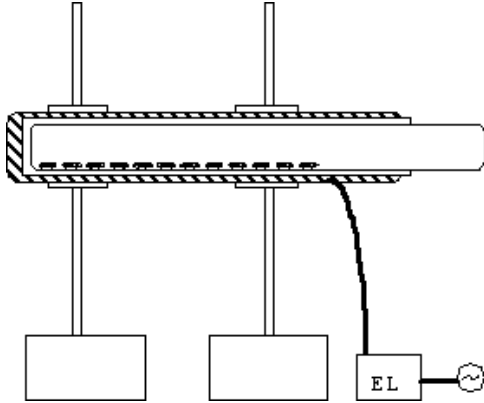


図12.ガラス管を用いた自作器



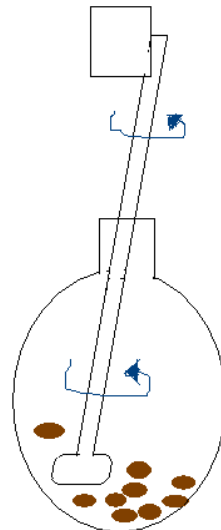
動画3. 試作器の焙煎の様子



図13. ナス型フラスコ、攪拌装置等を組み立てた試作

試作器作成に使用したもの

- ・ナス型フラスコ
- ・モーター
- ・攪拌棒
- ・電池
- ・マントルヒーター
- ・ログサーモ



(5)試作器の焙煎条件の模索

まず、円筒ガラス管を用いていたときと同じように、フラスコを温めてから豆を投入し、180～200℃の間で焙煎を行った。円筒ガラス管を使用したときは20分ほどかけて焙煎していたがナス型フラスコの場合、設定温度を同じにするとじっくり焙煎することができず5分程度で焦げてしまった(図14)。ガラス管のときは、ガラスが2層になっていたため、間に空気の層があったが、ナス型フラスコの場合、直接ヒーターであたためているからだと考えられる。また、熱くなったフラスコなどを移動させないといけないため簡易ではない。

次に、「操作が少なく簡易に焙煎できる」ということを考え、常温でフラスコに豆を入れた状態から加熱を始め焙煎を行った。しかし、焼きむらが目立ちこちらも良好な焙煎ができなかった(図15)。



図14. 焙煎条件の模索①



図15. 焙煎条件の模索②

そのためMPR-3000と同じように設定温度を変化させながら焙煎を行うことにした。温度設定変化は90℃、140℃、170℃の3段階。170℃到達時にヒーターを切り、予熱でも焙煎を続けしばらく攪拌した。このとき結果的に200℃くらいまで昇温した。

しかしこの条件で焙煎したとき、目視的に均一で良好な焙煎豆になった(図16)。図17はMPR-3000による焙煎豆である。



図16. 焙煎条件の模索③



図17. MPR-3000による焙煎豆

その時の温度変化の様子を図18に示した。設定温度を変化させることにより、急激な温度上昇を防ぐことができた。MPR-3000は遠赤外線を利用し、温度コントロールしているのに対し、試作器はヒーターで直接加熱しているため、同じ温

度変化にはならないが、香りもよく、飲んでみると市販品を上回る味だった。

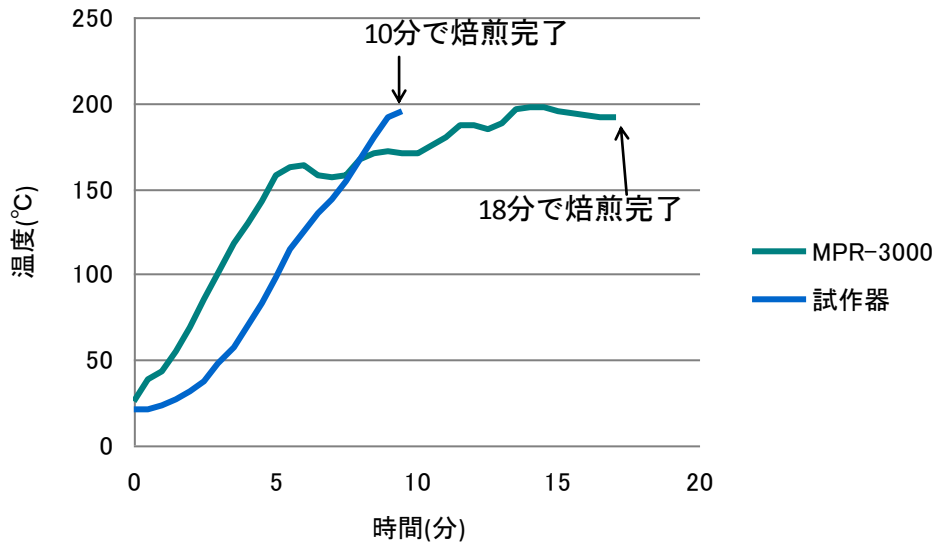


図18. MPR-3000使用時と試作器使用時の温度変化

途中で設定温度を変更する手間がかかるが本試作器は少量を短時間で焙煎できるので今のところ1番手軽に焙煎が行える方法である。

(6) 確定した焙煎条件について

焙煎時間が10分程度で、コップ2杯分のコーヒーを作ることができる。また、MPR-3000型による焙煎では2、3日経ったものがおいしかったが試作器での焙煎豆は焙煎したてでもおいしく、日にちが経ったものより抽出時の香りが良かった。

(7) 焙煎器の比較

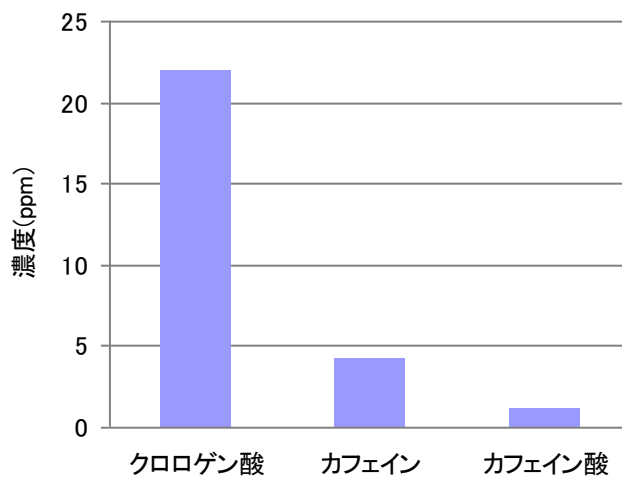


図19. ナス型フラスコを使用した焙煎豆の成分濃度

ナス型使用の場合(図19)はクロロゲン酸、カフェインともに少なく検出されている。水分除去がうまくいったこと、焙煎度が高かったことによりクロロゲン酸が減少し、焙煎温度が高かったことにより、カフェインが昇華されたのではないかと考えている。3成分の割合を見るとナス型フラスコ使用時のカフェイン酸の割合が高いのでこれが香りのよかった理由かもしれない。

MPR-3000と円筒ガラス管使用試作器、ナス型フラスコ使用試作器の結果を同グラフ上に表す図20のようになる。クロロゲン酸、カフェインの含有量が大きくことになっていることがよくわかる。

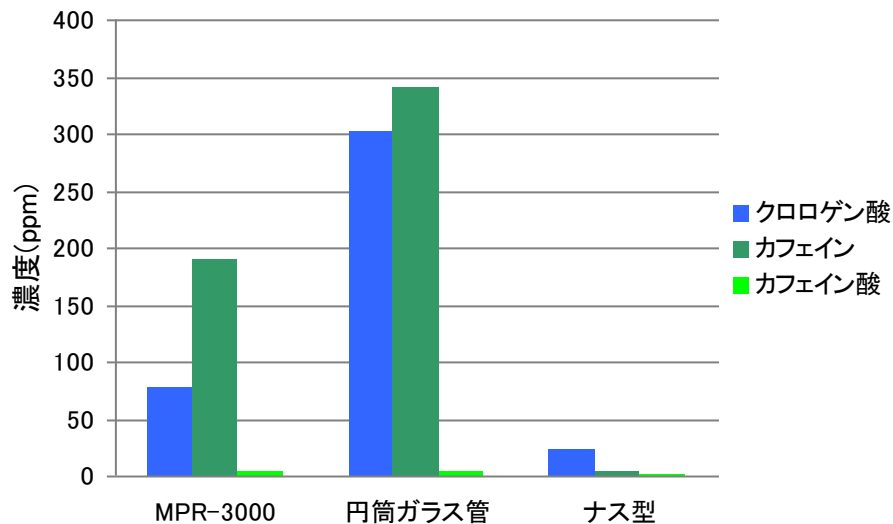


図20. 焙煎器の比較

ナス型フラスコ使用の試作器は酸味が少なく飲みやすく、カフェインが少ないというメリットがある。

3. まとめ

コーヒーが好きで自分の好みの味を作りたいという人は多いはずだが、市販の焙煎器は非常に高価である。今回の試作器は材料費1万円程度で、コーヒー生豆は焙煎豆に比べて、1/5程度の値段なのでとにかく安く自分の好みの味のコーヒーを楽しむことができる。

ログサーモを使用することで良好な焙煎を行う温度コントロールがわかったので、さらにマントルヒーターの適切な温度設定条件(電圧調整)を見つければ、焙煎時間だけで最良に焙煎をコントロールできることを示唆している。これにより誰でも手軽に焙煎できる様になると期待できる。