

氏 名	堀 口 俊 英
学位（専攻分野の名称）	博 士（環境共生学）
学 位 記 番 号	甲 第 775 号
学位授与の日付	平成 31 年 3 月 20 日
学 位 論 文 題 目	スペシャルティーコーヒーの品質基準を構築するための理化学的評価と官能評価の相関性に関する研究
論 文 審 査 委 員	主査 教 授 ・ 博 士（農芸化学） 古 庄 律 准 教 授 ・ 博 士（農芸化学） 武 田 晃 治 准 教 授 ・ 博 士（応用生命科学） 谷 岡 由 梨 教 授 ・ 博 士（農芸化学） 山 内 淳

論文内容の要旨

研究背景および目的

コーヒーの風味は、生豆の品質によるところが大きく、それらは生産地域、品種、精製、乾燥、選別、梱包材質、輸送方法、保管方法など様々な影響を受ける。多様な生豆の生産と流通の中で、従来の生産国の輸出規格（欠点数、豆のサイズ、標高等）のみでは、品質を測ることが難しくなり、2000 年代中盤より汎用品（Commercial coffee 以下 CO）と区分された高品質のコーヒー（Specialty coffee 以下 SP）が流通するようになり、SCAA（Specialty Coffee Association of America）の官能評価方法で評価されている。SP は、従来の先物取引による市場価格とは異なり、品質に見合う価格形成がされるため、生産国の生産意欲の向上に寄与している。日本においては約 8%程度の市場を形成するようになった。

しかし、高品質豆として流通していながら、梱包材質、保管方法などにより品質劣化したものも市場に流通し、業界および消費者の品質についての認識は曖昧である。そのため、SP の品質基準を構築するにあたり、官能評価以外に理化学的評価も必要と考えた。コーヒー生豆の品質に基づく香り、5 味、コクなどの風味は、有機酸の総量及び脂質の含有量や酸価の程度によると考えられ、今回それらの違いについて測定し、分析型官能評価との相関性を明らかにすることにより、新たな理化学的な品質指標を作成することを目的とした。また、官能評価および理化学的実験を簡素化する方法としての味覚センサーの効果的な使用方法についても検討した。本研究は、コーヒーの風味が正しく理解されることにより、品質に見合う適切な価格の市場が形成され、生産国の生産意欲が向上し、消費国のコーヒー飲用の楽しみは広がり、コーヒー産業のサステナブルに寄与すると考える。

第 1 章 試料の選定と作成方法および実験方法

これまで多くの論文や化学書籍などの理化学的数値は、試料の生産履歴が曖昧なものが多

くみられ、本研究では、できるだけ生産地域、品種、精製、梱包材質、輸送方法、保管方法、入港及び実験時期を明記した。

3年間で、コロンビア産、グアテマラ産、ケニア産、タンザニア産、エチオピア産、ブラジル産の6カ国から2016年、2017年、2018年収穫のSP及びCOを合わせ50種の生豆を入手した。

2016年4月から2018年8月まで、生豆および焙煎豆を使用し、実験1から4のテーマで理化学的分析および官能評価を行った。

(1) 理化学的分析方法

- 1) pH：中煎り焙煎豆を粉砕し、93℃の熱湯で攪拌・抽出し、pHメーターで測定した。
- 2) 滴定酸度：pH測定と同時にpH7になるまで0.1M水酸化ナトリウムで中和滴定した。
- 3) 脂質：粉砕した生豆を使用し、クロロホルム・メタノール混液法で総脂質量を求めた。
- 4) 酸価：粉砕した生豆脂質中の遊離脂肪酸を水酸化カリウムで中和滴定した。
- 5) 粉砕した焙煎豆から固相抽出した有機酸画分の組成をHPLCで測定した。
- 6) 粉砕した生豆のショ糖含有量をHPLCで測定した。
- 7) 味覚センサー（インテリジェントセンサテクノロジー社）を使用し測定した。

(2) 分析型官能評価方法

SCAAのカッピング規約に準じ2016年7月、2016年12月、2017年5月、2018年10月にブラインドで実施した。SCAAではAcidity, Body, Aroma, Flavor, Aftertaste, Balance, Uniformity, Clean Cup, Sweetness, Overallの10項目を各10点とし、100点満点で80点以上をSPとして評価している。なお、パネルは、コーヒーの基礎知識を有し、かつ5味の味覚テスト合格者の中から選んだ。

第2章 スペシャルティコーヒーとコマーシャルコーヒーの品質差異

実験1として、ケニア産、コロンビア産、グアテマラ産の3か国のSPとCO(2016年収穫)の理化学的分析を行い、その品質差を官能評価とともに検証した。

その結果、1) pHについては、SPはCOより有意に値が低く($p<0.01$)、中煎りコーヒーの酸はpH4.75~5.20の幅があり、4.75は強い酸であることが判明した。2) コーヒーの有機酸は、クエン酸、酢酸が多いこと判明し、湿式(果肉を除去した後乾燥し脱穀する)のグアテマラ産SP、COはクエン酸比率が高く、柑橘果実の酸と推測された。また、ケニア産は、SP、CO共に酢酸の量が多いことから、柑橘以外の強い酸を感じさせる要因の一つと考えられた。3) SPの脂質量は17.2~18.4g/100gと多く、ケニア産以外はCOに対し有意差がみられた。4) SPはCOより酸価(脂質の劣化)の数値は低く、各豆に有意差($p<0.01$)があった。5) SPのすべての豆のスコアは80点以上でスペシャルティグレードであることが証明され、COは80点未満であった。また、SPの得点はCOより有意に高か

った ($p<0.01$)。6) 各豆ともに官能評価の総合点と酸価の間には $r=-0.75$ 以上の高い負の相関性がみられた。また、官能評価 Acidity の点数と pH の間には高い負の相関性がみられ、官能評価 Body の点数と脂質量の間にも高い正の相関がみられ、理化学的分析値は、官能評価の点数を反映していることが判明した。

これらの結果から、焙煎豆熱水抽出液の pH、適定酸度、生豆の総脂質量と酸価が生豆の品質基準として使用できる可能性が示唆された。

第3章 精製方法の違いによる品質の差異

生豆の品質指標を作成するにあたり、精製方法の違いが理化学的分析値に及ぼす影響について検討する必要があると考えられたため、実験2を行った。世界の生産量の35%程度を占めるブラジル産のナチュラル(乾式:N)、パルプドナチュラル(果肉除去後のパーチメントにぬめりのついたまま乾燥する:PN)、セミウオッシュト(果肉除去後パーチメントに付着したぬめりを機械で取り除く:SW)の3つの精製方法の異なるSPおよびCO各2種、計12種(2017~2018年収穫)を試料とし分析した。

その結果、1) 官能評価は、SPがすべて80点以上、COは80点未満であることが確認された。各精製方法群どうしのSP間、またはCO間には有意差はみられなかったものの、SPとCO間ではNおよびSWで有意差がみられた ($p<0.01$)。2) 酸価は、各精製群のSP間では有意差はないものの、SPは1.50~2.10と低く、CO間に有意差が見られた ($p<0.05$)。官能評価の総合点との間には、 $r=-0.63$ の負の相関がみられた。3) 脂質量は、各精製群で有意差はみられず、脂質量は精製方法に影響を受けないと考えられた。4) SWのSPは、NおよびPNに比べ有意にpHが低く ($p<0.05$)、SWのCOもNおよびPNに比べpHが低い傾向がみられることから、SWの精製方法は酸味に影響を与えられた。pHは、官能評価 Acidity の点数との間に $r=-0.73$ の負の相関がみられた。

5) ブラジル産は、ウオッシュト(湿式)精製のコロンビア産、グアテマラ産、タンザニア産などに比べると、脂質量に違いはないもののSPの酸価は低い傾向が見られた。またpHは、5.0を超えるものが多くみられ、酸は弱めであることが明らかとなった。

第4章 流通過程における梱包材質、輸送および保管方法による品質差異

実験3として、コロンビア産生豆(2016年収穫)の梱包材質を麻袋(Gunny Sack:GS)、真空パック(Vacuum Packing:VP)に区分し、常温のドライコンテナ(Dry container:DC)、定温15℃のリーファーコンテナ(Reefer container:RC)別に輸入した。それぞれを常温倉庫(Normal temperature Warehouse:NTW)と15℃の定温倉庫(Constant temperature warehouse:CTW)に保管し、流通過程における生豆の品質変化を検証した。

その結果、1) pHは、半年間は大きな変化はみられなかったが、1年後には有意に上昇

した ($p<0.01$)。pH と官能評価の Acidity には負の相関 ($r=-0.87$) がみられ、酸の強さは風味にいい影響を与えていると考えられた。2) 脂質は入港時より徐々に減少し、半年後には有意に減少した ($p<0.05$)。ただし、1 年後、RC/VP/CTW が 14.45g/100g, DC/VP/NTW が 14.32g/100g と GS より減少が少なく、コンテナにかかわらず VP は脂質の保持に有効な梱包材質であることが判明した。また、1 年後の脂質量と官能評価の Body には正の相関 ($r=0.76$) がみられ、テクスチャーへの影響が示唆された。3) RC/VP/CTW の酸価は、入港時 2.46, 1 年後 2.58 ともっとも上昇が少なく、生豆の品質劣化が最も抑制される保蔵条件であることが明らかとなった。これ以外の梱包と保蔵条件では、1 年後には酸価が有意に上昇した ($p<0.01$)。酸価と官能評価の総合点には強い負の相関 ($r=-0.86$) がみられ、酸価は生豆品質の有効な品質指標となることが確認された。4) GS は、コンテナに関わらず VP に比べ入港時、半年後、1 年後共に pH が高く、脂質量は少なく、酸価が高くなったことから、GS は強度としてはすぐれているが、品質維持するための梱包材質としては見直すべきであると考えられた。5) 理化学的分析により得られた 1 年後の値は官能評価の点数に反映していることが判明した。

これらの結果から、コーヒー生豆の品質保持には、生産地で真空梱包して 15 °C の定温で輸送し、荷揚げ後も 15 °C の定温倉庫に保管することが最適な方法であることが明らかとなった。

第 5 章 味覚センサーの有効利用方法について

実験 1 から 3 において、理化学的分析値は官能評価の点数を反映していることが明らかとなったことから、実験 4 として味覚センサーの適切な使用方法を検討した。

(1) SP と輸出規格上位の CO と下位の CO の品質差異について

味覚センサーの応答値と理化学的分析値および官能評価との相関性を調べるために、タンザニア産、グアテマラ産、ブラジル産、エチオピア産の SP を 1 種と CO を 2 種、計 12 種 (2017 年収穫) を試料とし分析した。1) pH は、湿式のタンザニア産、グアテマラ産が低く、エチオピア産、ブラジル産の乾式が高い傾向を示した。2) 滴定酸度は、グアテマラ産、ブラジル産の SP が CO より有意に高かった ($p<0.05$) が、タンザニア産、エチオピア産には有意差はみられなかった。3) 脂質量は、SP が CO より有意に高く ($p<0.05$)、官能評価の Body の点数と脂質量には強い正の相関 ($r=0.82$) がみられ、脂質量の多さはコクや滑らかさに影響を与えていることが示された。4) エチオピア産、グアテマラ産、ブラジル産の SP は、CO に比べ有意に酸価が低く ($p<0.01$)、タンザニア産 SP は低い傾向が見られた。官能評価総合点との間には負の相関 ($r=-0.63$) がみられた。4) ショ糖量は、6g/100g~8g/100g の幅が見られたが、SP と CO に有意差はみられなかった。5) タンザニア産、ブラジル産 CO の輸出等級上位の豆より下位の豆の方が官能評価は高い結果が見られたが、上位

等級の豆の方が脂質量は少なく、かつ酸価の値が高いことによると考えられた。

これらの結果からも官能評価とともに理化学的指標の重要性が再確認された。

(2) 理化学的数値および官能評価と味覚センサー応答値との相関について

味覚センサーは、「酸味」「苦味」「塩味」「旨味」「渋味」の5つのセンサーで「苦味雑味」「旨味コク」「渋味刺激」を加えた8つの味を人間の舌に代わりに数値化し、グラフで可視化できる装置であり、多くの食品で近年は使用されている。しかし、食品の中でも複雑な成分から構成されるコーヒーについて、8つの指標名は判りにくく、味覚センサー応答数値と官能評価および理化学的数値との相関性から、新たにわかりやすい指標名で簡便に使用方法を検討した。

味覚センサーの応答値と理化学的数値および官能評価点数との相関を検証した結果、苦味、酸味、旨味、塩味センサーに相関性がみられたが、渋味センサーには相関性が認められなかった。1)「酸味センサー」の酸味とpHには、 $r=-0.79$ の負の相関があり、「Acidity」という指標に置き換えた。2)「苦味センサー」の先味である「苦味雑味」と脂質量には $r=-0.68$ の負の相関がみられたため「Body」という指標に置き換えた。3)後味の「苦味」については、酸価との間に $r=0.73$ の相関が見られたため、センサーの応答値が小さい場合は脂質の劣化が少ないと考え「Clean」という指標に置き換えた。4)「旨味センサー」は、先味の「旨味」を「Umami」とし、後味の「旨味コク」を「After taste」という言葉に置き換えた。5)「塩味センサー」は、塩化ナトリウム、一部の有機酸に応答し、さらに欠点豆にも応答することが判明したが、今回は指標から外して今後の検討課題とした。最終的には、「Acidity」、「Body」、「Clean」、「Umami」、「After taste」の5つの指標を用いることで、生豆の品質および焙煎豆の風味指標として使用できると考えられた。

第6章 理化学数値による品質指標の作成

実験1から4までの実験に使用した50サンプルの、pH、滴定酸度、脂質量、酸価、ショ糖の数値および官能評価値点数の最も上位のものを10点とし、1~10段階に区分し、生豆の「品質指標」を作成した。10点については、pHは $4.7 \leq$ 、滴定酸度は $8.0 \text{ ml/g} \geq$ 、脂質は $18.5 \text{ g/100 g} \geq$ 、酸価は $1.5 \leq$ 、ショ糖は $8.25 \text{ g/100 g} \geq$ 、官能評価総合点は90点 \geq で設定した。また、5~6点を中間域として、pHは $4.96 \sim 5.05$ 、滴定酸度 $6.75 \text{ ml/g} \sim 7.24 \text{ ml/g}$ 、脂質量 $16.0 \text{ g/100 g} \sim 16.9 \text{ g/100 g}$ 、酸価 $3.01 \sim 4.00$ 、ショ糖 $7.0 \text{ g/100 g} \sim 7.49 \text{ g/100 g}$ 、官能評価の総合点 $80.0 \sim 82.9$ で設定した。

ただし、これらの指標は生豆入港後2か月以内に分析した結果から作成したものであることから、実験3でpHの上昇、総脂質量の減少、酸価の上昇などの経時変化が明らかであり、数値の比較は入港からの経過月数にも留意する必要がある。

第7章 総括と今後の展望

理化学的な視点に基づいた指標はグラフとして可視化でき、生産国の輸出会社、農園主及び消費国の生豆輸入会社、焙煎会社が情報を共有することができる。本研究の結果は、生産国においては、優れた品質のコーヒー生産に寄与し、消費国においては品質維持や風味の指標ともなる。また、一般消費者には、焙煎豆の酸やコクの風味をわかりやすく伝えることができ、コーヒー産業全体の発展に寄与すると考える。

今後さらに有機酸およびアミノ酸の組成と風味の相関性が明らかになれば、コーヒーの品質指標はより明確になると考えられる。

審査報告概要

本研究は、高品質コーヒーとして2000年から流通するようになったスペシャルティコーヒーの品質基準を構築するために、従来の米国スペシャルティコーヒー協会が作成した官能評価による評点だけで評価するのではなく、新たに理化学数値を品質指標として作成することに成功し、分析型官能評価との間に高い相関性があることを見出した論文である。本研究成果は、コーヒーの品質に見合った適切な市場が形成され、生産国の生産意欲が向上すると共に消費国のコーヒー飲用の楽しみが広がることで、コーヒー産業のサステナブルに寄与するものである。よって、審査委員一同は博士（環境共生学）の学位を授与する価値があると判断した。