

スペシャルティ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

Study on correlativity of physicochemical evaluation and sensory
evaluation to construct criterion of specialty coffee

東京農業大学大学院 農学研究科

環境共生学専攻 堀口 俊英

指導教授 古庄 律



目次

序論

第 1 節 研究背景

第 1 項 コーヒー生産国における生産阻害要因

第 2 項 消費国における品質に対する関心と問題点

第 2 節 研究目的

第 1 項 理化学的な数値による品質基準

第 2 項 本研究の新しい視点

第 1 章 試料の選定と作成方法および実験方法

第 1 節 試料の選定と作成方法

第 1 項 SP および CO の生豆試料

第 2 項 生豆 50 試料の生産履歴データ

第 3 項 焙煎方法

第 4 項 粉碎および保管方法

第 2 節 実験方法

第 1 項 従来の生豆品質評価方法

(1) 欠点豆評価

(2) SCAA 官能評価法

(3) SCAA の規約

(4) SCAA の評価基準

(5) パネルの選定

第 2 項 新しい生豆評価方法

(1) 一般成分分析

(2) 理化学的実験の種類と方法

1) pH と滴定酸度の測定

2) 総脂質量の測定

3) 酸価の測定

4) 有機酸の測定

5) ショ糖の測定

第3項 統計解析方法

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

第1節 試料の選定

第2節 SCAA基準に準じた生豆評価の結果と考察

第1項 生豆の欠点数

第2項 官能評価の結果と考察

第3節 理化学的実験の結果と考察

第1項 pH、滴定酸度

第2項 総脂質量

第3項 酸価

第4項 有機酸

第5項 理化学的数値と官能評価の相関

第4節 小括

第3章 精製方法の違いによる品質の差異

第1節 試料の選定

第2節 理化学的数値と官能評価の結果と考察

第1項 生豆の欠点数

第2項 pH

第3項 滴定酸度

第4項 総脂質量

第5項 酸価

第 6 項 官能評価

第 3 節 小括

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

第 1 節 試料の選定

第 2 節 輸送および保管中の温度と湿度

第 3 節 理化学的数値と官能評価の変化

第 1 項 入港時から保管期間中の pH の変化

第 2 項 入港時から保管期間中の総脂質量の変化

第 3 項 入港時から保管期間中の酸価の変化

第 4 項 入港時から保管期間中の官能評価の変化

第 5 項 官能評価と理科学的分析値の相関関係

第 4 節 小括

第 5 章 味覚センサーの有効利用方法について

第 1 節 味覚センサーの効果的な使用

第 1 項 味覚センサーとは

第 2 項 味覚センサーの長所と短所

第 3 項 試料の調整方法

第 4 項 味覚センサーでの測定結果

第 5 項 味覚センサーの新しい効果的な使用方法について

第 2 節 味覚センサーによる生産地および等級別のコーヒーの比較

第1項 実験試料

第2項 実験試料の欠点豆評価、理化学的評価及び官能評価

第3項 味覚センサーの応答値と官能評価および理化学数値との相関

第4項 実験試料の分析結果

第 3 節 小括

第 6 章 理化学数値による品質指標の作成

第 1 節 理化学的数値の振れ幅と平均値

第1項 pH

第2項 滴定酸度

第3項 総脂質量

第4項 酸価

第 2 節 官能評価と理科学的数値の相関

第 3 節 品質スコア表の作成

第 4 節 品質指標のグラフ

第1項 品質スコア表を用いた SP と CO の品質差異

第2項 品質スコア表を用いた精製方法の違いによる品質差異

第3項 品質スコア表を用いた流通過程による品質差異

第4項 品質スコア表を用いた味覚センサーで測定した生豆の品質差異

第 7 章 総括と今後の展望

第 1 節 総括

第 2 節 今後の展望

研究業績

査読論文の Abstract

謝辞

論文要旨

(注)SCAA(米国スペシャルティコーヒー協会)は、2017 年 SCAE(ヨーロッパスペシャルティコーヒー協会)と合併し、現在は SCA(スペシャルティコーヒー協会)として運営されているが、本論文では SCAA として表記した。

序論

第 1 節 研究背景

コーヒーノキ(*coffea* 属)は、アカネ科の被子植物で商業的な栽培種はエチオピア原産の *Coffea arabica*(アラビカ種)と中央アフリカ原産の *Coffea canephora*(別名ロブスタ種: Robusta)に区分される(Table1)。

Table1 アラビカ種とカネフォーラ種の差異

項目	アラビカ種	カネフォーラ種
種	<i>Coffea arabica</i>	<i>Coffea canephora</i>
原産地	エチオピア	中央アフリカ
標高	800～2,000m	500～1,000m
気象条件	雨季と乾季による適度の湿潤と乾燥	高温、多湿下でも生育
収穫量	ティピカ種など在来系品種は少ない	粗放栽培に耐え、多い
耐病性	さび病に弱い	耐さび病
稔性	自家稔性	自家不燃性
生産比率	1990 年 70% 2015 年 57%程度	1990 年 30% 2015 年 43%
生産国	中南米、東アフリカ他	ベトナム、インドネシア他
pH	5.0 前後、強いものは 4.7 程度	5.5 程度で酸は弱い(中煎り)
風味	良いものは酸が華やかでコクがある	酸がなく、苦く泥臭い
生豆価格	SP は独自の価格 CO はニューヨーク市場に連動	ロンドン市場に連動

それらがアフリカ、中南米、東南アジアなどの熱帯地方に伝播することで、現在赤道を中心に北回帰線から南回帰線までの地帯に多くの産地が形成された。現在、アラビカ種 60%、カネフォーラ種 40%程度で生産比率は推移している(Fig.1)。

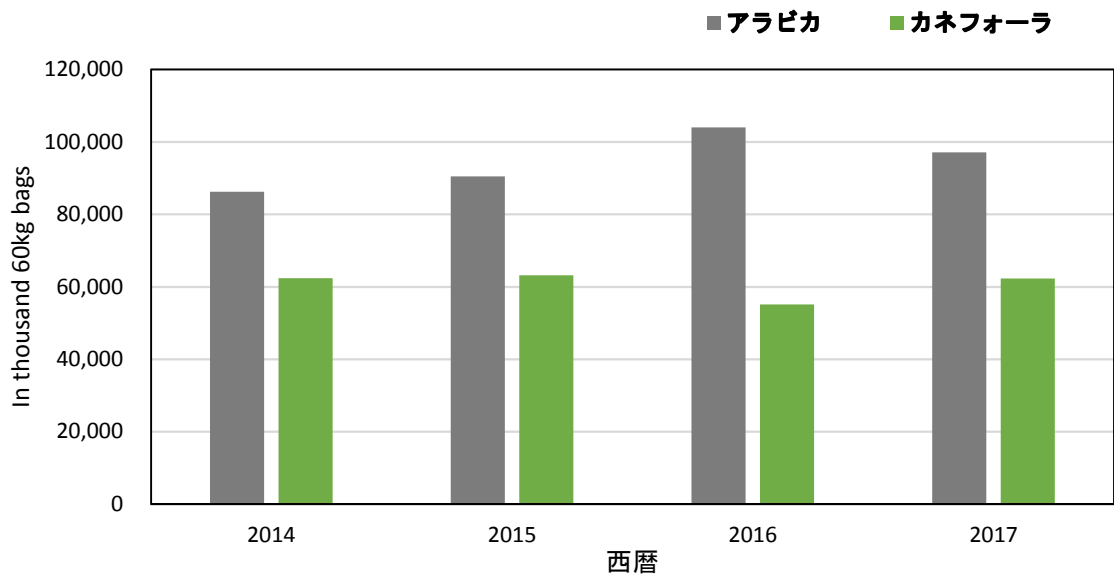


Fig.1 アラビカ種とカネフォーラ種の生産比率(ICO)

現在、コーヒーの消費量は世界的に拡大の方向にあり、世界第1位の生産国であるブラジルは、消費量でも世界第2位となった。フィリピン、インドネシア、タイ、中国などのアジア圏においても消費は拡大している(Fig.2)。

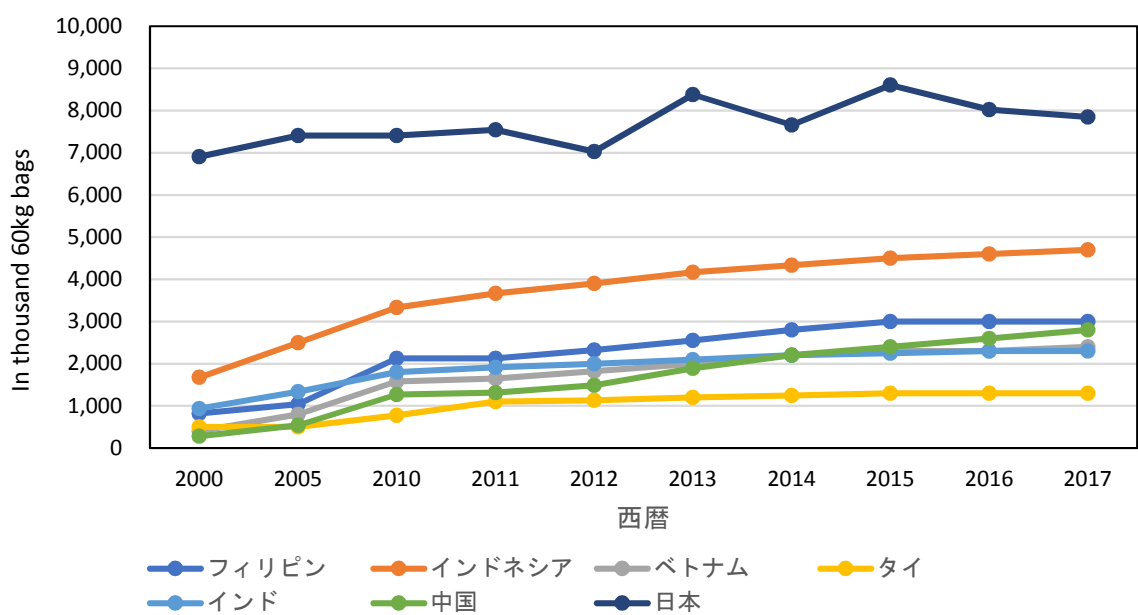


Fig.2 アジア生産国の消費と日本の国内消費量推移(ICO)

日本においても2017年の生豆輸入量は406,330トン(全日本日本コーヒー協会調べ)と増加傾向にある¹⁾。世界77カ国(生産国及び消費国)が加盟する

ICO(International Coffee Organization)²⁾調査では、2017 年には消費量が 156,133 千袋(1 袋 60kg 換算)に達し、生産量の 159,375 千袋(1 袋 60kg)に近づいている(Fig.3)。しかしながら、コーヒー生産国には、さまざまなコーヒー生産阻害要因があり、長期的視点に立てば消費が生産を上回る可能性もあり、構造的な問題を抱えている。

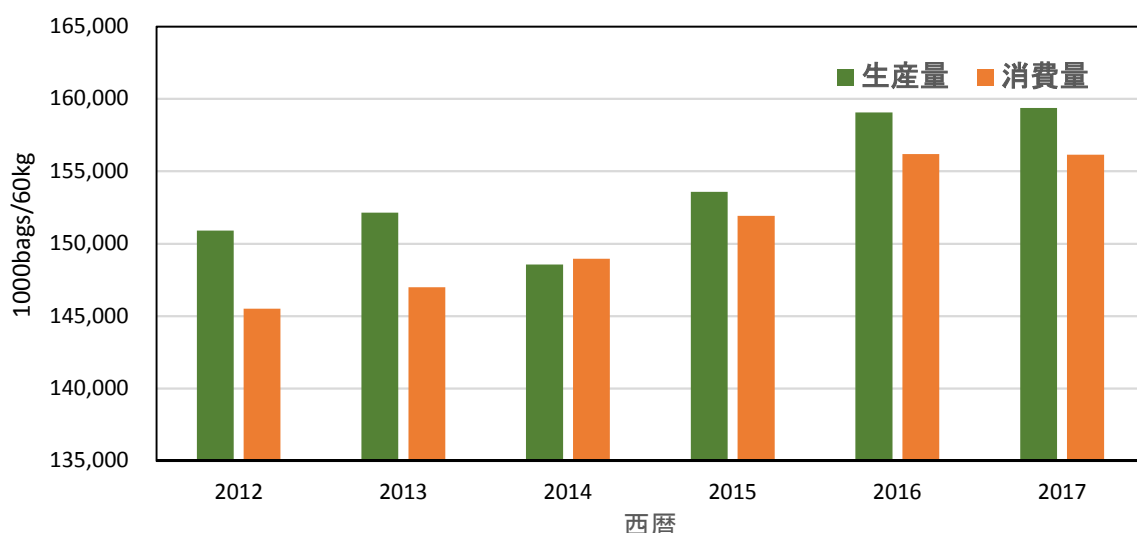


Fig.3 世界のコーヒー生産量と消費量(ICO)

第 1 項 コーヒー生産国における生産阻害要件

(1) さび病

さび病は、さび病菌(*Hemileia Vastatrix*)によるコーヒーの病気で感染力が強い(Fig.4)。1868 年にはセイロン(現スリランカ)のコーヒー栽培を壊滅させ、紅茶の栽培に切り替えさせた。近年では、2008 年から 2011 年に起きたコロンビアのさび病では、12,000 袋(千袋/1 袋 60kg)から 8,000 袋まで減産し、コーヒー価格に影響を与えた(Fig.5)。また、2013 年から 2014 年に中米諸国にも減産が見られ、エルサルバドルにおいては、2013 年の収穫量 1,240 千袋(1 袋 60kg 換算)から翌年は 515 千袋に減少した。また、インドネシアにも大きな被害をもたらし、ジャワ島など多くの地域でアラビカ種からさび病に耐性のある

カネフォーラ種に植え替えられている。現在では、耐さび病の品種(カチモール種など)が誕生しているが、香味に対する評価は低い傾向がある。



Fig.4 さび病に罹ったコーヒーの葉

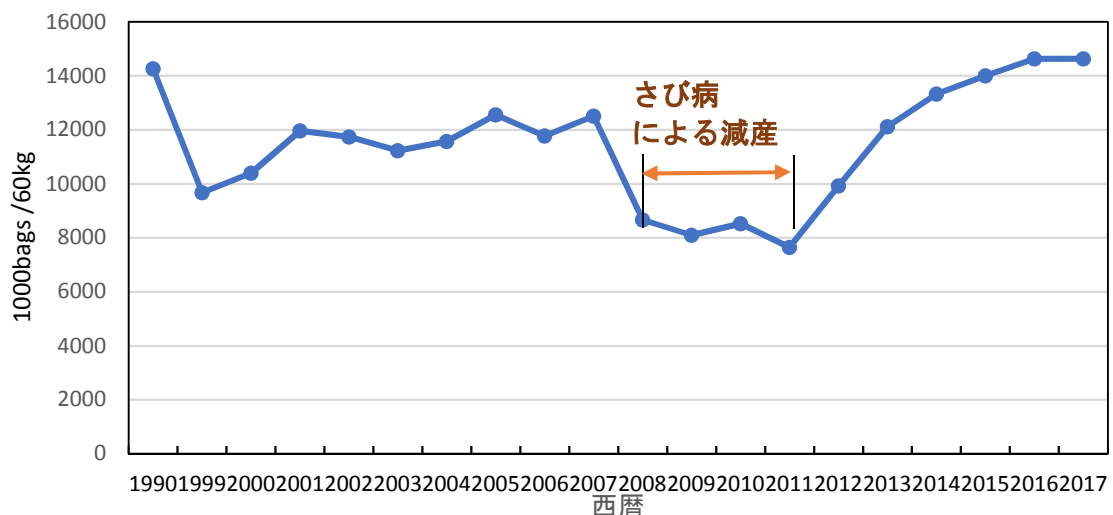


Fig.5 コロンビアの生産量推移(ICO)

(2) 気候変動

干ばつ、降雨時期の変化など気候変動が顕著になり、収穫時期の変化とともに、生産量の不安定さが増している。WCR(World Coffee Research)は、研究開発を加速させないと 2050 年にはブラジル、インド、ニカラグアなどの生産適地の 60%が失われ、また 30℃以上の平均気温にさらされる産地が現在の 25%から 79%になるとし、大幅な減産となると予測している³⁾。そのため

耐病性があり、かつ風味の良いハイブリッド種の開発が行われている。

(3) 相場の変動

アラビカ種は、最大の生産量を誇るブラジルの気候変動による生産量の増減により、先物取引価格が変動する農作物であり、生産過剰の低価格と生産不足の高価格を繰り返してきた。生産者の収入が不安定であり、2001年の大增産時は価格が暴落して小農家の離農を招き、逆に2011年はコロンビアの減産、消費拡大などに反応したファンドマネーの流入で高騰した。Fig.6にICO複合価格とコロンビア、ブラジル、カネフォーラの価格推移を示した。

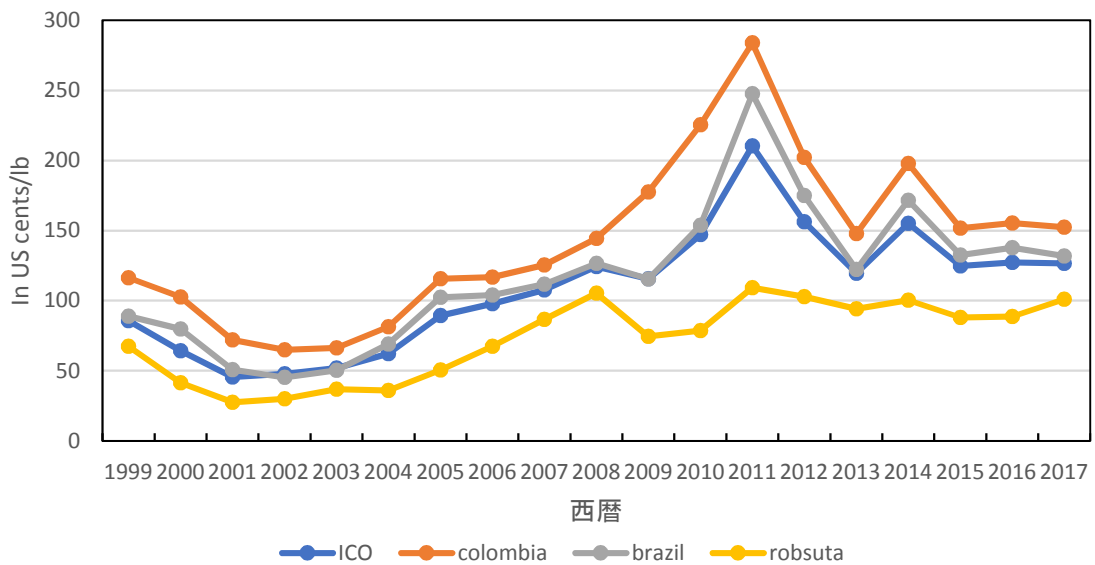


Fig.6 ICO Composite indicator & Columbia milds, Brazil naturals, Robustas(*canephora*)

(4) 生産コストの高騰

コーヒー生産国の経済発展に伴い、人件費、肥料代などの高騰がみられ、小農家の収入の不安定さを助長している。例えば、コロンビアの小農家の場合、60万人の生産者の平均農地は1.58haで、平均生産量が23袋(60kg換算)程度と少なく、2016年平均年収がUSD 4,700程度である(Fig.7)。(FNC : Federación Nacional de Cafeteros de Colombia : コロンビア生産者連合調べ)

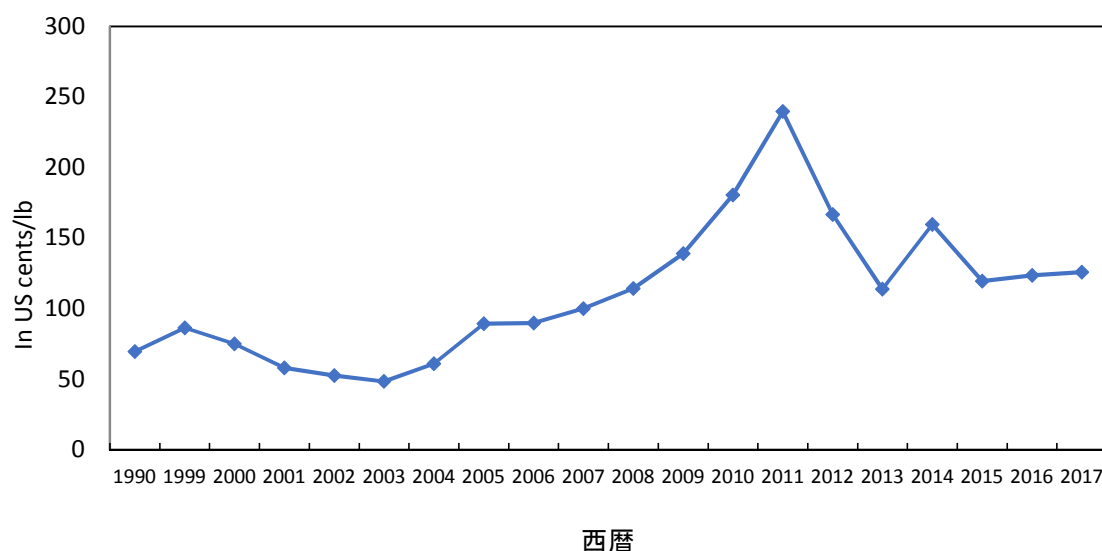


Fig.7 コロンビア生産者へのポンドあたりの支払額(ICO)

(5) カネフォーラ種の増産

ベトナム(カネフォーラ種の主要生産国)、ブラジルにおける低価格のカネフォーラ種の増産(コニロンと呼ばれ国内用として全体の収穫量の 30%程度)がみられ、アラビカ種の価格にも影響を与えるようになり、消費国においてディスカウント市場の拡大を助長していると考えられている。日本では、家庭用、業務用コーヒー以外に、安価な工業用製品(缶コーヒー、リキッドコーヒーなど)の流通も多く、Fig.8 にその消費構造を示した。また、コンビニエンスストアやファーストフードなどで低価格のコーヒーが販売されている。

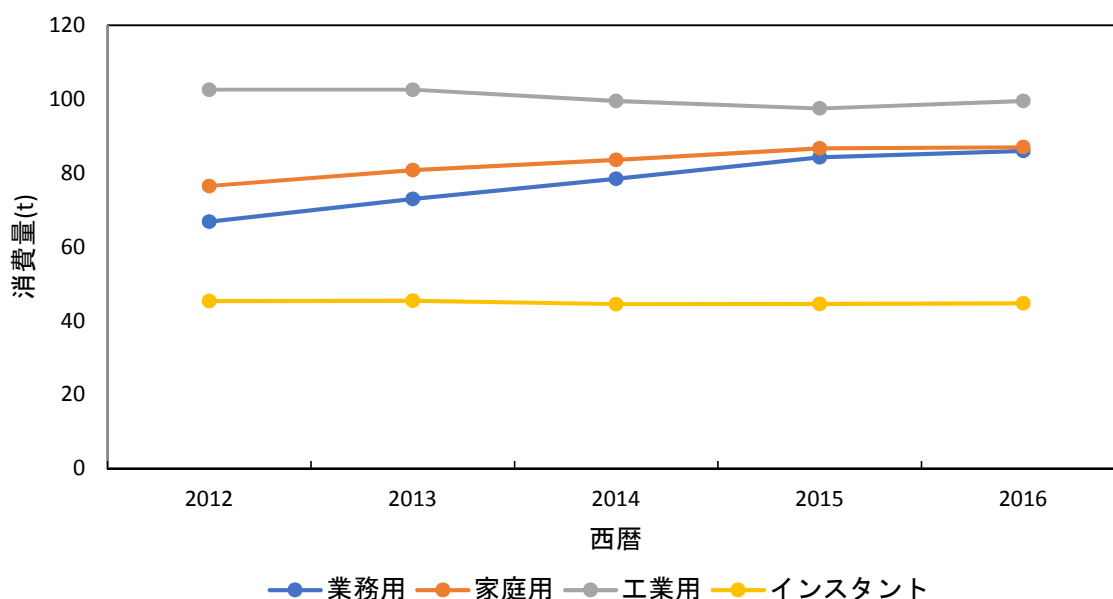


Fig.8 日本のコーヒーの消費構造(日刊経済通信社調)

第2項 消費国における品質に対する関心と問題点

このような状況変化の中で、コーヒーは生産地域、品種、精製、乾燥、選別、輸出時の梱包材質、輸送方法、保管方法など様々なプロセスにおいて品質、風味が変わることが業界に認知されはじめ、2000年以降、生豆の品質に目を向けたスペシャルティコーヒー(Specialty Coffee : SP)のニーズが高まった。SPは、2016年には日本の生豆輸入量の8.0%(推定値)⁴⁾に増加し、多くを占める汎用品(Commercial Coffee : CO)と区分され流通するようになった(Table2)。

しかし、SPの生産は増えてつつあるものの歴史が浅く、品質、風味に対する業界および消費者の認識は曖昧な部分も多い。

Table2 スペシャルティコーヒーとコマーシャルコーヒーの違い

項目	SP	CO
栽培地	土壌、標高など栽培環境がよい	標高が低い
規格	SCAA 規格、生産国の輸出規格	各生産国の輸出規格
生産履歴	生産履歴が把握できる	生産履歴が曖昧
精製	各工程で丁寧な作業	量産
品質	欠点豆少ない	欠点豆が含まれる
ロット	水洗加工場、農園単位 他	広域、混ぜられたコーヒー
風味	生産地域の風味の個性がある	平均的な風味である
生豆価格	独自の価格形成	NY 先物市場と連動
SCAA 評価	80 点以上	79 点以下
流通名事例	エチオピア・イルガチェフェ	エチオピア

筆者作成

第2節 研究目的

第1項 理化学的な数値による品質基準

コーヒーの風味は、生豆の品質に影響を受ける。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った。2000年代中盤より CO と区分された高品質のコーヒーである SP が流通するようになり、SCAA(Specialty Coffee Association of America)は新たに官能評価法を 2004 年に導入し、運用している⁵⁾。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。生豆商社のグアテマラの FOB 価格(輸出業者が生豆を積み地の港で本船に積み込むまでの生豆価格)の一例を Fig.9 に挙げたが、SP は CO の 2 倍まで価格が上昇している。

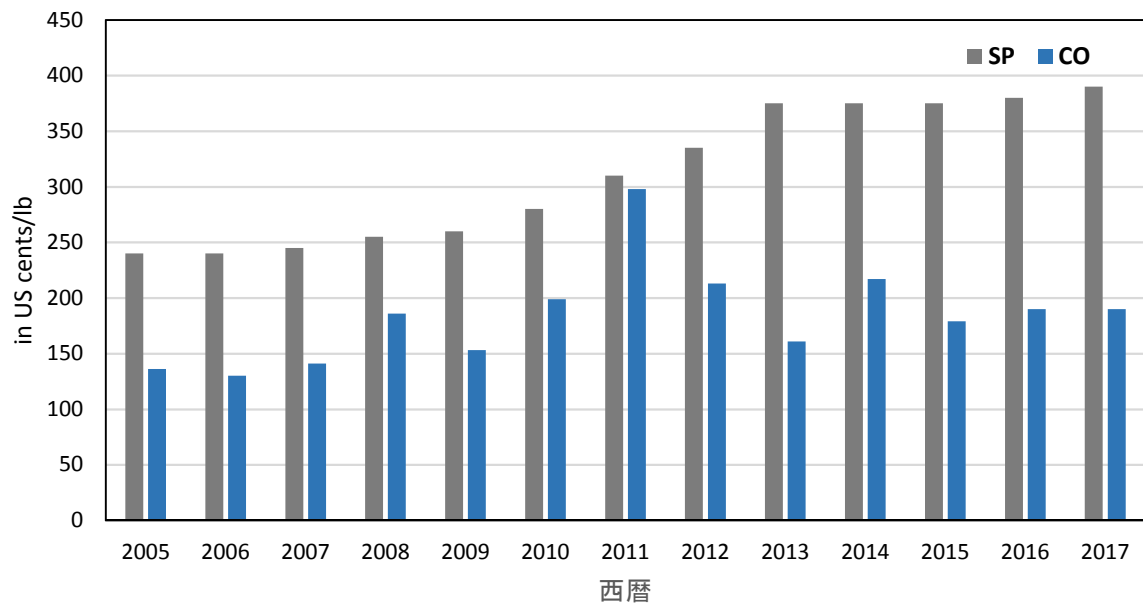


Fig.9 グアテマラの SP、CO 生豆の FOB 価格の変化

しかし、高品質豆として輸入されながらも、その後の梱包材質、輸送方法および保管方法などの原因で品質劣化したものも市場に流通している。そのため、SP の品質基準を構築するにあたり生豆の欠点数評価および官能評価以外に理化学的評価も必要と考えた。コーヒーの品質に基づく香り、五味、コクなどの風味は、有機酸の総量および脂質の含有量や酸価の程度によると考えられる。そこで今回は、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、新たに理化学的数値による品質指標を作成することを目的とした。その目的を達成するために、

- ① SP と CO 品質差
- ② 精製方法の違いが品質に及ぼす影響
- ③ 梱包材質、輸送方法および保管条件が生豆の品質の経時変化に及ぼす影響、
- ④ 官能評価および理化学的実験の簡便化の可能性を探るため、味覚センサーの応答値と理化学的数値および官能評価との相関性から効果的な使用方法についての検討を行うこととした。

本研究により、消費国においてコーヒーの風味が正しく理解され、品質に見合

う適切な価格の商品が流通し、健全な市場が形成されることを期待したい。このことにより、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イナブルに寄与すると考える。

第2項 本研究の新しい視点

従来のコーヒー研究は、遺伝特性の異なるアラビカ種とカネフォーラ種という二つの品種の比較に主眼が置かれてきた。また、2000年以前に流通していたコーヒーは、生産国名のみで生産履歴が曖昧なものが大部分を占めていた。そのため、多くの論文や化学書籍などの理化学的な成分値には分析結果の異なるものが多くみられ再現性に乏しい。2000年以降に SP が流通するようになったものの、コーヒーの成分研究は健康・生理(Physiological)分野での機能性研究に移行し、アラビカ種の SP と CO 間の品質および風味の違いについての理化学的分析と官能評価を合わせた研究事例は極めて少ない。

理化学的数値は、生産国の生産地域、精製方法、乾燥方法、その後の流通過程で変動すると考えられ、本研究では SP と CO を区分し、SP については生産国、生産地域、品種、精製方法、梱包材質、輸送方法、保管方法、入港および実験時期を明記した。このことにより試料および結果の信頼性が増し、その後の実験結果の比較も容易になると考えられた。

参考文献

- 1) (一社)全日本コーヒー協会：日本の生豆輸入量 coffee.ajca.or.jp/
- 2) [www.ico.org/trade_statistics.asp /](http://www.ico.org/trade_statistics.asp/)
- 3) WCR (WORLD COFFEE RESEARCH)
<https://worldcoffeeresearch.org/>
- 4) (一社)日本スペシャルティコーヒー協会：スペシャルティコーヒー市場調査
2016 要約(SCAJ,東京),5(2017)
- 5) SCAA: Cupping Specialty Coffee (version2015)
<http://scaa.org/index.php?goto=&page=resources&d=coffee-standards>

第 1 章 試料の選定と作成方法および実験方法

第 1 節 試料の選定と作成方法

第 1 項 SP および CO の生豆試料

本研究では、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 および CO を合わせ 50 種の生豆を入手した。

SP の場合は、品質に公的な認定機関は存在せず、過去の生産履歴の中で優れた風味を生み出すと認知されてきた生産地域(Columbia : Santander、Guatemala : Antigua、Kenya : Kirinyaga、Tanzania : Karatu、Brazil : Cerrado、Ethiopia : Yirgacheffe)などから、栽培から精製まで丁寧な作業プロセスを経たものを選んだ。また、CO は、各生産国の輸出等級上位および下位の生豆から選んだ。

第 2 項 生豆 50 試料の生産履歴データ

4 つの実験に使用した生豆 50 種については、品種、生産地域、精製方法、梱包材質、輸送方法、保存倉庫、入港時期、焙煎による歩留まり率などのデータを Table3 にまとめた。また、SP については生産地域、CO については各生産国の輸出等級¹⁾を明記した。輸出等級は、各生産国で異なるため Table4 にまとめた。50 試料の品質区分は、SP26 種、CO24 種で、精製方法の区分は、果肉を除去したのちパーチメント(Parchment : 内果皮)のミューシレージ(Mucilage : 糖質化した粘液質の物質で吸湿性がある)を除去したのち乾燥工程に入るウォッシュト(W : 湿式 Fig.10)30 種、果肉のまま乾燥するナチュラル(N : 乾式 Fig.11)12 種、ブラジル特有の精製方法として果肉除去後ミューシレージのついたパーチメントを乾燥するパルプド・ナチュラル(PN)4 種、パーチメントに付着したミューシレージを機械(desmucilador)で取り除くセミ・ウォッシュト(SW)4 種と

幅広く選定した。その具体的方法については、Table5 にまとめた。

輸出に適した生豆にするまでには、乾燥豆もしくはパーチメントの脱穀、比重選別、サイズ選別、電子選別、ハンドピックなどを経て袋詰めされる(Fig.12)。

日本までの一般的な流通過程は、麻袋(GS : Gunny sack)で梱包し、ドライコンテナ(DC : Dry Container)を使用し、常温倉庫(NTW : Normal Temperature Warehouse)保管であるが、SP の場合は、真空パック(VP : Vacuum Pack)、グレインプロ(GP : Grain Pro)などの梱包材質の使用、リーファーコンテナ(RC : Reefer Container)の使用、また定温倉庫 15℃(CTW : Constant Temperature Warehouse)での保管が増加している。

梱包材質、輸送コンテナ、保管倉庫の概要については、Table6、Table7、Table8 にまとめた。

Table3 実験使用した 50 種類の生豆試料のデータ

	生産国	品質	SP は生産地 CO は輸出等級	精製 方法	梱包 材質	コン テナ	保管 温度	入港 時期	品種	焙煎の 歩留り
1	KEN	SP	Kirinyaga	W	VP	R	15℃	2016.6	SL	87.7
2	KEN	CO	AA	W	GS	D	25℃	2016.6	—	87.6
3	ETH	SP	Yirgacheffe	N	GP	D	15℃	2016.8	在来	88.8
4	ETH	CO	G4	N	GS	D	25℃	2016.8	在来	87.9
5	GTM	SP	Antigua	W	GP	R	15℃	2016.6	Bu	88.2
6	GTM	CO	SHB	W	GS	D	25℃	2016.6	—	86.7
7	COL	SP	Satander	W	VP	R	15℃	2016.6	Ti+C	85.5
8	COL	CO	SUPREMO	W	GS	D	25℃	2016.6	—	86.2
9	KEN	SP	Kirinyaga	W	VP	R	15℃	2016.5	SL	88.0
10	KEN	SP	Kirinyaga	W	GP	R	15℃	2016.5	SL	87.3

11	KEN	SP	Kirinyaga	W	GS	R	15°C	2016.5	SL	88.0
12	KEN	SP	Kirinyaga	W	VP	D	25°C	2016.5	SL	88.0
13	KEN	SP	Kirinyaga	W	GP	D	25°C	2016.5	SL	88.7
14	KEN	SP	Kirinyaga	W	GS	D	25°C	2016.5	SL	89.3
15	KEN	CO	AA	W	VP	D	25°C	2016.5	—	88.7
16	KEN	CO	AA	W	GP	D	25°C	2016.5	—	89.3
17	KEN	CO	AA	W	GS	D	25°C	2016.5	—	90.7
18	COL	SP	Satander	W	VP	R	15°C	2016.6	Ti+C	85.0
19	COL	SP	Satander	W	GP	R	15°C	2016.6	Ti+C	84.5
20	COL	SP	Satander	W	GS	R	15°C	2016.6	Ti+C	87.0
21	COL	SP	Satander	W	VP	D	25°C	2016.6	Ti+C	86.0
22	COL	SP	Satander	W	GP	D	25°C	2016.6	Ti+C	85.5
23	COL	SP	Satander	W	GS	D	25°C	2016.6	Ti+C	88.5
24	COL	CO	SUPREMO	W	VP	D	25°C	2016.6	—	85.5
25	COL	CO	SUPREMO	W	GP	D	25°C	2016.6	—	86.0
26	COL	CO	SUPREMO	W	GS	D	25°C	2016.6	—	88.5
27	TZA	SP	Karatu	W	VP	R	15°C	2017.4	Bu	88.0
28	TZA	CO	AA	W	GP	D	25°C	2017.4	Bu	87.3
29	TZA	CO	AB	W	GS	D	25°C	2017.4	Bu	87.6
30	GTM	SP	Antigua	W	GP	R	15°C	2017.5	Bu	
31	GTM	CO	SHB	W	GS	D	25°C	2017.5	—	87.0
32	GTM	CO	EPW	W	GS	D	25°C	2017.5	—	87.5
33	BRA	SP	Cerrado	N	GP	R	15°C	2017.3	Bu	89.7
34	BRA	CO	No2	N	GS	D	25°C	2017.3	—	87.7

35	BRA	CO	4/5	N	GS	D	25℃	2017.3	—	90.8
36	ETH	SP	Yirgacheffe	N	GP	R	15℃	2017.6	在来	88.7
37	ETH	CO	G4	N	GS	D	25℃	2017.6	在来	90.7
38	ETH	CO	G4	N	GS	D	25℃	2017.6	在来	88.5
39	BRA	SP	Sul de Minas	N	GP	D	15℃	2018.1	Bu	89.0
40	BRA	SP	Cerrado	N	Me	R	15℃	2018.2	Bu	88.5
41	BRA	CO	No2	N	GS	D	15℃	2018.1	—	86.5
42	BRA	CO	No2	N	GS	D	25℃	2018.1	—	88.0
43	BRA	SP	Sul de Minas	PN	GP	D	15℃	2018.1	Bu	88.0
44	BRA	SP	Cerrado	PN	GP	D	15℃	2018.1	Bu	89.0
45	BRA	CO	No2	PN	GS	D	15℃	2018.1	Bu	85.5
46	BRA	CO	No2	PN	GS	D	15℃	2018.1	Bu	89.0
47	BRA	SP	Cerrado	SW	Me	R	25℃	2018.1	Bu	88.5
48	BRA	SP	Matas de Minas	SW	Me	R	15℃	2018.2	Bu	87.0
49	BRA	CO	No2	SW	GS	D	25℃	2018.4	—	87.5
50	BRA	CO	No2	SW	GS	D	25℃	2018.4	—	87.5

KEN : Kenya、ETH : Ethiopia、COL : Columbia 、GTM : Guatemala、BRA : Brazil

TZA : Tanzania 15℃ : 定温倉庫 25℃ : 常温倉庫 — : unknown

Table3 の品種の補足説明

品種略	品種	アラビカの品種概略
SL	Bourbon	ブルボン種の選抜種、SL28、SL32 などがケニアに植えられている。
Bu	Bourbon	イエメン経由レユニオン島(旧ブルボン島)から伝播した品種。 ブラジル、中米諸国、タンザニアなどで栽培。
Ti	Typica	マルチニーク島からカリブ海諸国、中南米に伝播した品種。さび病に弱く収穫量は少ない。ジャマイカ、ハワイコナ等が主要産地。
C	Caturra	ブルボン種の突然変異種で矮小種。 ブルボン種より収穫量は多い。中米諸国、コロンビアなどに多い。
在来	在来種	エチオピアはアラビカ種の起源であり、在来種と表記した。

Table4 各生産国の等級基準と等級名

生産国	主な基準	上位等級名	下位等級名
Columbia	豆のサイズ	Supremo	Excelso
Brazil	欠点豆の数と豆のサイズ	No2	4/5
Guatemala	標高	SHB	SH、EPW
Ethiopia	欠点豆の混入数	G-1	G-4、G-5
Kenya/Tanzania	欠点数と豆のサイズ	AA	AB



1.果実を収穫



2.果肉除去機にかける



3.パーチメント(表面にぬめりが付着)



4.水槽で自然発酵して水洗



5.天日で乾燥



6.脱穀し生豆にする

Fig.10 ウォッシュト(W)の精製方法



1.果実の収穫(N)



2.天日乾燥(N)



1.異物除去・比重選別(PN・SW)



2.果肉除去機(PN・SW)



3.ぬめり除去機(SW)



4.天日乾燥(PN・SW)

Fig.11 ナチュラル、パルプド・ナチュラル、セミ・ウォッシュトの精製方法

Table5 精製方法

精製名	精製方法
ウォッシュト Washed(W) 湿式	<p>① 果肉除去機で完熟豆と未熟豆を選別し果肉除去する。</p> <p>② パーチメントの表面に付着しているミューシレージを水槽で自然発酵させる。主に乳酸、酪酸、酪酸による発酵作用による加水分解反応が促進されミューシレージが分解する。発酵時間は、量、気温、水温による。中米の標高の高い場所では 30 時間前後かかるが、水を用いない場合は早くなる。③その後水洗いし天日乾燥(または機械乾燥)する。④輸出時にパーチメントを脱穀する。コロンビア、中米諸国、ケニアなどで行われている方法。</p>
ナチュラル Natural(N) 乾式	<p>果肉のついたまま天日乾燥し、パーチメントごと脱穀し生豆にする。収穫時期の気温、湿度、降雨など気候の影響を受けやすいが、量産しやすくブラジルでは 90%はこの方法がとられている。エチオピア、イエメンなどで主に行われている。</p>
パルプド・ナチュラル Pulped natural(PN)	<p>水槽(洗浄装置)にチェリーを入れ、葉、枝などの異物を除き、比重で①過完熟で乾燥したもの(浮く)、②完熟+③未熟(沈む)のものに区分し、①はナチュラルに、②③は果肉除去機にかけ選別し、果肉の取れない③はナチュラルに回し、②はパーチメントのぬめりが付いた状態で天日乾燥する。ナチュラルは未熟豆が混入するためこの方法が開発された。主にブラジルで行われている。</p>
セミ・ウォッシュト Semi-washed (SW)	<p>パルプド・ナチュラルの工程と同じであるが、パーチメントに付着しているミューシレージを少量の水を流しながら desmucilador(ミューシレージ除去機)で取り除く。パーチメントがべたつかず乾燥工程が容易になる。ブラジル特有のものであったが、水洗工程が簡略化できるため、他の生産地でも見られるようになった。</p>



1.天日、機械乾燥



2.仕上がったパーチメント



3.パーチメントの脱穀



4.比重、サイズ選別



5.ハンドピック



6.袋詰め

Fig.12 パーチメントの脱穀から袋詰めまでの工程

Table6 梱包材質

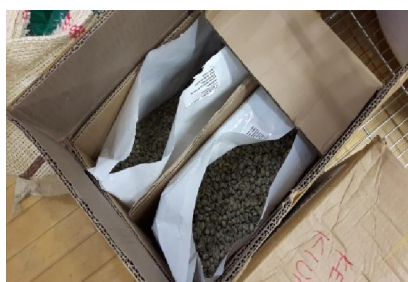
梱包材質	概要
真空パック VP : Vacuum Pack	2000 年中盤以降、SP について 10kg から 35kg 程度の量で真空パックが使用されている。段ボールに入れ補強される。
グレインプロ GP : Grain Pro	麻袋の内側にいれ、空気を抜きながら上部を縛って使用する。 GRAIN PRO 社によれば、大豆、トウモロコシ、キャッサバ等の乾燥した農作物を保存するために開発されたもので、強硬度ポリエチレンなどで作られている。輸送中の温度、湿度、虫害に対するバリア性がある。真空に比べコストが安く、2010 年頃から使用頻度は増加傾向にある。 また、ブラジルでは、メタル系などの梱包材質も使用されている。
麻袋 GS: Gunny sack	通気性および耐久性があり、一般的にもっとも多く使用されている梱包材質である。しかし、保管中に温度、湿度の変化に影響されると考えられている。 各生産国で生豆容量は異なり、ブラジル、東アフリカ 60kg、中米 69kg、コロンビア 70kg 入りとなる。

Table7 20 フィートコンテナ(外寸・長さ 6.058m 幅 2.438m 高さ 2.591m)

輸送方法	積載事例	特徴
リーファーコンテナ RC : Reefer Container	60 k g ×250 袋	コンテナ内を 15℃などに温度設定できる。輸送コストが高く、使用は S P の一部に限定される。
ドライコンテナ DC : Dry Container	60 k g ×300 袋	大部分の生豆輸送で使用されているが、温度、湿度の影響を受ける可能性がある。

Table8 保管倉庫

倉庫種類	状態
常温倉庫 NTW	NTW : Normal Temperature Warehouse 船舶入港後、横浜、神戸の倉庫で保管され、出荷される。常温であり、外気の温度、湿度の影響を受けやすく、夏場は 30℃を超えることもある。
定温倉庫 CTW15℃	CTW : Constant Temperature Warehouse 5月から10月までの6か月間 15℃の定温保管にする。大部分の SP および CO の一部が定温倉庫に保管される。



VP



GP



GS



DC ・ RC



NTW



CTW

Fig.13 梱包資材、コンテナ、保管倉庫

第3項 焙煎方法

すべての試料は、1kg 直火焙煎機(R-101,富士珈機(株))で焙煎した(Fig.14)。生豆 200g の場合は、投入温度を 135℃、ガス圧 0.6、排気弁 2.5 とし、焙煎時間を 8 分±15 秒で統一した。生豆 400g の場合は、165℃で投入後、ガス圧を調整し、排気弁を全開にして焙煎時間を 11 分～11 分 30 秒以内とした。ともに炒り上がり温度は 175～177℃(焙煎温度は目安)でミディアムロースト(SCAA のカップリング基準内)とした。



Fig.14 1kg 焙煎機

SP の成分含有量は CO とは異なると考えられ、糖質の多い生豆は、表面の焙煎色が濃くなる傾向があるといわれ、色のみで焙煎を終了すると焙煎度合いの誤差が生じる可能性もある。また、水分量、嵩密度により焙煎時間は異なるため、焙煎の規格設定は難しい。本実験の前に、1kg 焙煎機と焙煎プロファイルをプログラムした全自動焙煎機(NOVO：ダイイシデンシ(株))の比較をしたが、L 値のぶれは全自動焙煎機の方が大きい結果となった(Table9)。

Table9 焙煎機による重量減と L 値と風味の違い(250 g を焙煎)

全自動焙煎機	焙煎時間	重量減	L 値	官能評価
ケニア	5 分	14.5	23.4	華やか、乾燥プラム
ペルー	5 分	15.0	24.5	明るい柑橘の酸
グアテマラ	5 分	13.0	22.2	特長弱い
ホンジュラス	5 分	15.0	22.6	やや草の香味
コロンビア	5 分	13.5	24.6	プラム、黒砂糖
1kg 焙煎機	焙煎時間	重量減	L 値	官能評価
ケニア	7 分 46 秒	11.6	20.6	アンズジャム
ペルー	7 分 57 秒	12.6	21.2	明るい柑橘の酸
グアテマラ	8 分	12.8	21.0	オレンジ、夏みかん
ホンジュラス	8 分	14.0	21.1	やや草の香味
コロンビア	8 分	12.8	21.4	プラム、ライム、みかん

全自動焙煎機は、焙煎士の技能を必要とせず簡便である。しかし、水分値の異なる様々な生産国の生豆の実験試料作りの場合は、熟練した焙煎士が、豆の量を一定にし、投入温度、焙煎過程における温度、排気弁をコントロールし、ハゼ音(炭酸ガスが豆の殻を破って出てくるときの音)、焙煎時間、色などを総合的に勘案しながら焙煎したほうが焙煎度合のぶれが少ないと判断した。

本論文では焙煎による歩留りを参考にすることで焙煎状態を把握できると考えた。また、一部は色彩色差計(CR-410,コニカミノルタオプティクス(株))で L* 値(黒を 0、白を 100 としてその間の明度 L 値に置き換える)を測定した。

第4項 粉碎および保管方法

生豆、焙煎豆ともに粉碎機(PM-2005m,Osaka Chemical Co.,LTD)で粉碎した後に 40mesh の篩にかけ、アルミ包材に入れシールをし、さらに冷凍用保存パックに入れて-30℃の冷凍庫で保管した。

参考文献

1) 東京穀物商品取引所：世界の主なコーヒー生産国(東京穀物商品取引所,東京),50～84(2001)

第2節 実験方法

第1項 従来の生豆品質評価方法

(1) 欠点豆評価

SCAA では、2004 年から生豆の評価方式を導入した。欠点数が 5 欠点以下(欠け豆 5 粒で 1 欠点などとしてカウントする)のもので、「SCAA カッピングフォーム」に基づく官能評価が 80 点以上のものをスペシャルティコーヒーとしている。実験に使用した試料については、生豆 350g に含まれる欠点豆の数を厳格にカウントした(Fig.15)。主な欠点豆については Table10 にまとめた。



Fig.15 欠点豆の計測

Table10 主な欠点豆

欠点豆の種類	欠点の状態・原因	欠点の味
黒豆	不適切な乾燥、過発酵などにより黒く変色	不快な香味
醗酵豆	赤みがある過剰な発酵、精製時の水の汚染	不快な発酵
未成熟豆	未成熟、生豆の状態では見分けにくい	収斂性
虫食い	虫食いのピンホールがある	味の濁り
欠け豆	果肉除去、脱穀の際の過剰な圧迫や摩擦	等が感じられる
フローター	水に浮くような軽い豆	
しわ	豆の表面にしわが生じた豆	
シェル	外観が貝殻のような豆 遺伝的要因など	
カビ	収穫から保管の過程で発生する	

(2) SCAA 官能評価法

SCAA 方式は、従来の輸出等級とは異なり風味の官能評価を伴うものであり、「SCAA カッピングプロトコル」¹⁾に基づく (Table11)。この評価方法の普及のため SCAA の外郭団体である CQI(coffee quality institute)²⁾は、生産国、消費国の両方で Q グレーダー(1 週間程度のトレーニングによる資格者)の養成を継続している。消費国のみならず、生産国の農園、輸出会社などがこの基準により生豆の評価をするようになった。生産国は S P と汎用品である CO を区別し生産するようになり、消費国も SP を扱う焙煎会社が増加し、消費者がそれらを選択できる機会は増加している。

Table11 SCAA のカップping評価項目

評価項目	内容	香味表現の事例	評価方法
Aroma	粉の香りと液体の香り	花のような	定量評価で 10 点満点
Flavor	飲み込んだ後に鼻から抜ける香味	特徴的な香味	
After taste	舌に残る味の長さなど	甘い、長い余韻	
Acidity	酸味の強さと質	柑橘や果実の酸	
Body	粘性、舌触り、味の厚み	コクがある、複雑	
Balance	酸とコクのバランス	バランスがよい	
Overall	調整および評価者の好み		
Clean cup	抽出液のきれいさ	濁りがない	欠点の味が なければ 10 点とする
Uniformity	抽出液の味の統一性	風味にブレがない	
Sweetness	甘味の強さ	甘味がある	

作成は筆者

(3) SCAA の規約

官能評価(Cupping：カップpingと呼ばれる)は、SCAA の規約に準じて以下の方法で行った。

- ① 1 アイテムにつき 2 つのグラスを準備し、それぞれに粉 8.5 g を計量して香りを嗅ぐ。
- ② 93℃熱湯 150cc を注ぎ、香りを嗅ぐ。
- ③ 4 分間静置後、表面に浮上した粉層を崩し、さらに香りを嗅ぐ。この時、抽出されグラス下に沈んだ粉をかき回さない。
- ④ 上部に浮かんが泡を除き、70℃程度に温度が下がったら、抽出液を少量スプーンにとり強く吸い込み味をみる(Fig.16)。抽出液は飲んでも吐き出してもよい。

⑤ カッピングフォームに記入する。



Fig.16 カッピングの方法

(4) SCAA 評価基準

SCAA の官能評価では、Aroma、Flavor、Aftertaste、Acidity、Body、Balance、Overall、Clean cup、Uniformity、Sweetness の 10 項目の評価項目を各 10 点満点で評価し、合計 80 点以上を SP、80 点未満は CO としている。ただし、カップに異常な味(発酵、塩素臭など)がある場合は欠点とし³⁾、軽度の場合は 2 点、強度の場合は 4 点減点する。欠点の味がなければ、Clean cup、Uniformity、Sweetness は 10 点満点とする。今回は、この 3 項目はすべて 10 点満点として評価した。

(5) パネルの選定

本研究では、官能評価を行うにあたり、以下の 4 つの基準全てを満たしていることを条件にパネルを選定した。

- ① コーヒーの基礎的な知識(生産国、生産地域、品種、栽培、精製、焙煎、抽出など)を有している者。
- ② SP の飲用歴が 5 年以上ある者。
- ③ 5 味(酸味、塩味、甘味、苦味、旨味)の識別テスト⁴⁾の合格者。
- ④ SCAA のカッピングフォームの使用方法を熟知し、Q グレーダー(SCAA またはその関連団体である CQI の研修を受けた有資格者)もしくはそれに準ずるスキルを持つ者。

第2項 新しい生豆評価方法

(1) 一般成分分析

一般的にコーヒーの風味は、酸味、苦味、甘味などといわれることが多いが、コーヒーの風味は複雑で成分も多様である。新しい理化学的な品質基準を作成するにあたり、5 生産国の試料を用い(Table12)、基礎実験として一般成分分析を行った。水分、タンパク質、総脂質量、灰分の分析を行い、炭水化物は差し引き法で算出し、さらに pH の測定も行い、結果を Table13 に示した。コーヒーの風味に強い影響を与えると考えられる成分の中で官能評価との相関性を検討した。

Table12 試料

生産国・SP	地域	精製	標高 m	生産国・CO	等級	精製	標高
Columbia	Cauca	W	1.600	Columbia	SP	W	不明
Ethiopia	Yirgacheffe	N	2.000	Ethiopia	G-4	N	不明
Brazil	Cerrado	N	900	Brazil	No2	N	不明
Sumatra	Lintong	S	1.600	Sumatra	G-1	S	不明
Guatemala	Antigua	W	1.900	Guatemala	SHB	W	不明

S：スマトラ式精製(果肉除去後パーチメントを半日程度乾燥し、脱穀し生豆を天日乾燥する)

1) 水分量

アルミ缶に 3 g の生豆試料を入れ秤量し、105℃で 2 時間乾燥したあと秤量し、その差分から水分量を算出した。生豆の水分量は、生産国、精製方法により輸出時の数値は微妙に異なる。13%を超えると黴の発生リスクが増加するため、生産国では 10～12g/100g で輸出する。水分は、生豆の梱包材質、輸送方法、保管倉庫、入港からの経過日数など外気の影響を受けて変動するため、入港時に水分

量を計測することは重要である。試料の入港時水分量は、10.8～12.1g/100g の範囲であり、適切な水分量と考えられた。また、焙煎豆の水分量は、2.5～3g/100g であり有意差はみられなかった。

2) たんぱく質

ケルダール法で粗たんぱく質量として算出した。ブラジルの SP が 12.3g/100g、CO が 12.1g/100g と他の生産国より多い傾向がみられたが、各生産国間に有意差はみられなかった。

3) 総脂質量

クロロホルム・メタノール混液法で行った。総脂質量は、SP が 17.5～18.2 g/100g、CO が 16.1～17.5 g/100g であり、SP と CO 間には有意差が見られ($p<0.05$)、風味に対する影響は大きいと推測された。脂質は日本食品標準成分表では「食品中の有機溶媒にとける有機化合物の総称であり、中性脂肪の他にリン脂質、ステロイド、ろう、脂溶性ビタミンなども含んでいる」と定義される。そのため、抽出したコーヒーの表面をよく見ると油脂が浮かぶこともある。「栄養学的にエネルギー必須脂肪酸の供給源として重要で、食品学的には食品の触感や物性に寄与する⁵⁾」といわれ、滑らかさなどのテクスチャーに影響すると考えられた。脂質(Lipid)の重要性から、脂質の劣化を意味する酸価(Acid value: 油脂 1g 中に存在する遊離脂肪酸(free fatty acid)を中和するのに必要な水酸化カリウムの mg 数)も分析する必要があると考えられた。

4) 灰分

ルツボに粉碎した生豆試料 2 g を秤量し、電気炉 200℃で 2 時間、550℃で 4 時間灼熱して白色になるまで灰化し、秤量の差分から算出した。生豆および焙煎豆ともに 3.3～3.9g/100g 以内で有意差は見られなかった。コーヒー抽出液では、カリウムが 65mg/100g とリン、マグネシウムの 10 倍近く多い(日本食品標準成分表 2017 年版)が、その成分量および組成は土壌からのみではなく肥料などの影響もある

と考えられた。

5) ショ糖、アミノ酸

甘味の強い低分子のショ糖(Sucrose)は、コーヒーの実で作られ成熟すと蓄積し、種子にあたる生豆の部分でショ糖含有量が高くなる傾向があると考えられている。これが焙煎した時に生じる有機酸、褐色色素、香気成分の前駆体となる。焙煎後は、ほぼ消滅するが官能的には甘味を感じる。この甘味は、生豆に含まれる糖の一部が主体となり、これにアミノ酸やペプチドおよびカラメル化糖などが微妙に絡み合い形成されていると考えられている。近赤外線分析装置⁶⁾の数値から7%程度と推測し、分析対象とした。ただし、旨味に影響を及ぼす可能性があると考えられるアミノ酸については今後の課題とした。

6) 有機酸

pHは生産国間に差異があると同時に、SPとCO間には4.80~5.15の幅があり、有意差($p<0.05$)が見られたために酸は風味に影響を及ぼすと考えられた。pH以外にも酸の総量である滴定酸度(Titratable acidity)および有機酸(Organic acid)の組成についても分析する必要があると考えられた。

7) その他の成分

苦味成分の一つであるカフェイン(Caffeine)は、アラビカ種よりカネフォアラ種が多いが、アラビカ種のカフェイン含有量はSP、CO共に1.3%前後で、生産地による差異は小さい⁷⁾。また、苦味は、焙煎度による影響が著しく大きく、またSCAAの官能評価票にBitterの項目は無いため苦味成分は分析項目から除外した。

8) 香り成分

コーヒーの香りは、生豆、焙煎豆併せて1,000種以上ある⁽⁸⁾。香りは、コーヒーの風味にとって重要であるが、世界中の多くの研究室で研究されているため、それらの研究機関に委ねた方がよいと判断した。

一般成分分析の結果、本研究は風味の中で官能的に感知しやすい酸味(有機酸)およびコク(脂質)が重要な指標になると推測し、pH、滴定酸度、有機酸組成、総脂質量、酸価およびショ糖を分析することとした。

(2) 理化学的実験の種類と方法

新しい生豆品質の評価方法として、理化学的成分と風味への影響および SCAA 評価項目との関連から、具体的な実験の種類と方法を決めた(Table14)。

1) pH と滴定酸度の測定

焙煎・粉碎した試料 5g を 200ml 容ビーカーに入れ、93℃の熱水を 100ml 注ぎ、スターラーで 3 分間攪拌・抽出し、ガラス繊維ろ紙(GC-50 φ 47mm、ADVANTEC)を装着した吸引ろ過器でろ過した。ろ液をメスフラスコで 100ml に純水で定容し、200ml 容ビーカーに移し、pH メーター(D52,HORIBA)で pH を 25~27℃の範囲で測定した。その後、スターラーで攪拌しながら 0.1M NaOH で pH7.00 を終点として滴定し、滴定酸度を算出した⁹⁾。

$$\text{滴定酸度} = a \times F \times 5/X$$

a : 0.1 M 水酸化ナトリウム滴定量 (ml) F : 0.1 M 水酸化ナトリウムのファクター

X : 試料重量 (g)

2) 総脂質量の測定

コーヒー生豆中に含まれる総脂質量は、クロロホルム・メタノール混液法に準じて行った¹⁰⁾。200ml 容摺り合わせ三角フラスコに粉碎した生豆試料 2g を精秤し、クロロホルム・メタノール混液(2:1)を 40ml 加え、冷却管と連結し、65℃の恒温水槽で 10 分毎に攪拌しながら脂質を 60 分間抽出した。その後、冷水で室温まで冷却し、無水硫酸ナトリウム 15 g を加え 10 分静置して脱水した。ナス型フラスコに抽出液をろ過し、エバポレーターで溶媒を完全に留去した後、ナス型フラスコを 105℃の乾燥機中で 30 分乾燥させ、デシケーター内で 45 分放

冷した後に精秤し、総脂質量を算出した。

$$\text{脂質(\%)} = (W_1 - W_0) / S \times 100$$

S : 試料採取量 (g) W₀ : ナス型フラスコの重量 (g)

W₁ : 抽出された脂質重量 + ナス型フラスコの重量 (g)

3) 酸価の測定

200ml 容共栓付三角フラスコに粉碎した生豆試料 8g を精秤し、油脂試験用ジエチルエーテル 40ml を加え、10 分毎に攪拌しながら暗所で 60 分抽出した。ローットにろ紙(5A)を装着し、無水硫酸ナトリウム 10 g を入れ、抽出液を脱水しながらナス型フラスコにろ過した。ろ液はエバポレーターで溶媒を減圧留去し、さらに窒素ガスを 1 分吹きかけて残留するジエチルエーテルを完全に留去した。残渣をエタノール・エーテル混液(1 : 1)10ml で溶解し、1%フェノールフタレイン溶液を 3 滴加え、0.1M KOH で滴定し、淡紅色が 30 秒間持続したところを終点として酸価を算出した¹¹⁾。

$$\text{酸価} = \{5.611 \times (V_2 - V_1) \times F\} / S$$

V₁ : 空試験の 0.1N 水酸化カリウム溶液の滴定量 (ml)

V₂ : 本試験の 0.1N 水酸化カリウム溶液の滴定量 (ml)

F : 0.1N 水酸化カリウム溶液のファクター

S : 試料採取量 (g) S = W₁ - W₀

5.611 : 0.1N 水酸化カリウム溶液 1 ml 中の水酸化カリウムの mg 数

4) 有機酸の測定

① 試料の調製方法

焙煎・粉碎した試料 1g に 93℃の熱水 8ml を加え、試験管ミキサーで 3 分間攪拌・抽出した後、3,000rpm で 5 分間遠心分離した。上清 3ml に 50mM リン酸カリウム緩衝液(pH7.0)を 6ml 加えて固相抽出用の調製試料とした。陰イオン交換樹脂(SAX 500 mg/3ml : Phenomenex)をメタノール 3ml、つづいて純水 3ml

で初期化し、調製試料 3ml を添加し、純水 2ml で洗浄した。次いで 1M HCl 2.5ml で溶出させた溶液を有機酸測定用試料とした。

② HPLC による有機酸の分析方法

HPLC は、ポンプ：PU-2089Plus, オートサンプラー：AS-2057Plus, カラムオーブン：Co-2067Plus、検出器：UV-970、データソリューション：LC-NET II /ADC、解析ソフト：Chrom NAV（日本分光）で構成される装置を用い、カラムは TSKgel ODS-100V 5 μ m ϕ 4.6mm \times 250mm(東ソー)を使用した。移動相は 25mM リン酸緩衝液(pH2.4)/1%メタノール、流速 0.7ml/min、カラム温度 20 $^{\circ}$ C、検出波長 210nm の測定条件で試料 50 μ l を注入して酢酸およびクエン酸量を測定した¹²⁾。

5) ショ糖の測定

① 試料の調製方法

マイクロテストチューブに生豆粉末 50mg を秤量し、60 \sim 70 $^{\circ}$ C に加温した 70%メタノール(特級、関東化学)を 1.0ml 加え、60 $^{\circ}$ C に保温されたミキサー(Micro Incubator M-36、タイテック)で 5 分間攪拌・抽出した。その後、10,000rpm で 5 分間遠心分離し、上清をパスツールピペットで採取し、15ml テストチューブに入れた。残渣に抽出操作をさらに 2 回行い、合一した抽出液から 2.0ml を 50ml 容ナス型フラスコに採り、メタノール 4.0ml を加えて、エバポレーターで濃縮した後、50%アセトニトリル(HPLC 用、関東化学)1.0ml で再溶解したものを試料とした。

② HPLC によるショ糖の分析方法

HPLC は、システムコントローラー：SCL-10A(島津)、ポンプ：LC-10AD(島津)、デガッサー：DGU-12A(島津)、オートサンプラー：SIL-20A(島津)、カラムオーブン：CTO-10A(島津)、カラム：Asahipak NH2P-504E (4.6mmID \times 250mmL、Shodex) \times 2、検出器；示差屈折計 RI-8020(東ソー)、クロマトグラム解析ソフト：

Chromato-PRO ver5.0(株式会社ランタイムインスツルメンツ) で構成される装置を用い、カラムオーブンと検出器の温度を 30℃に設定した。溶媒：アセトニトリル：水＝75：25、流速：0.8mL/min の条件で試料を 50μl 注入してショ糖を分離定量した。また、測定した定量値(X μg)から以下の計算式により、コーヒー豆 100 g 中に含まれるショ糖量を算出した。

$$\text{ショ糖量/コーヒー豆 100g} = X \times 50 \times 1.5 \times \frac{1}{Y} \times 10^{-6} \times 100$$

* Y＝コーヒー試料分量(g)

Table13 生豆の一般成分分析結果

生産国	水分		タンパク質		脂質		灰分		炭水化物		pH/焙煎豆	
	SP	CO	SP	CO	SP	CO	SP	CO	SP	CO	SP	CO
COL	10.8	11.0	11.0	10.9	18.5	17.4	3.4	3.5	56.3	57.2	4.80	4.95
ETH	10.9	11.1	10.9	11.0	18.1	17.1	3.3	3.4	56.6	57.6	4.90	5.15
BRA	12.1	12.3	12.1	11.5	18.2	17.5	3.8	3.9	53.6	55.0	5.00	5.03
INS	10.8	11.3	11.4	10.5	17.5	16.1	3.5	3.5	56.9	58.5	4.85	4.90
GTM	11.2	11.6	11.4	11.0	18.5	16.7	3.3	3.3	55.4	57.6	4.95	5.00

COL(Columbia)、ETH(Ethiopia)、BRA(Brazil)、 INS(Indonesia)、 GTM(Guatemala)

数値は g/100g(pH を除く)

Table14 実験の種類と風味、官能評価との関係

実験	内容	風味への影響	SCAA 評価項目
pH	水素イオン濃度	酸の強さ、味のメリハリ	Acidity
滴定酸度	有機酸の総量 ml/g	酸の量、味の深み	Acidity
有機酸	有機酸の組成 mg/100g	酸の質、柑橘果実の酸	Acidity
総脂質量	生豆の脂質含有量 g/100g	コク、なめらかさ、複雑さ	Body
酸価	遊離脂肪酸量	きれいさ、味全体	Total score
シヨ糖	シヨ糖量 g/100g	甘い、後味があまい	Sweetness

第3項 計解析方法

実験結果は、平均値±標準偏差で表し、統計解析ソフト Statcel 4 を使用して Tukey-Kramer 法にて多重比較検定した。解析結果については $p<0.01$ 、 $p<0.05$ を有意差とした。また、理化学的分析値と官能評価での得られたスコア間の相関性について同じく Statcel 4 を使用して単回帰および重回帰分析を行い、得られた相関係数についてピアソンの相関係数の検定を行った。

参考文献

- 1) SCAA: Cupping Specialty Coffee (version2015)
<http://scaa.org/?page=resources&d=cupping-protocols>)
- 2) CQI : www.coffeeinstitute.org/about-us/q-instructors
- 3) Ted R. Lingle : Coffee Cuppers handbook (SCAA)
- 4) 日本官能評価学会編：官能評価テキスト(建泉社,東京),50～58(2012)
- 5) 食品の脂質劣化および風味変化に関する研究 日本食品科学工学会誌 **53** 巻
(2006)
- 6) 石光商事(株)研究室に依頼したデータ(2015)
- 7) R.J. Clarke : Coffee chemistry vol.1(Elsevier Applied science,
London),116～126 (1985)
- 8) Ivon Flament : COFEE FLAVOR CHEMISTRY(WILEY),77(2012)
- 9) 宇田靖,大石祐一編著：食品の基礎と機能性分析法(アイ・ケイコーポレーション,東京),98～102(2015)
- 10) 片岡栄子・古庄律・安原義・飯島健志・古旗賢二・桑守正範・渡辺達夫：栄養学・食品学を学ぶヒトのための食品化学実験(地人書館,東京),89～91(2003)
- 11) (独法)農林水産消費安全技術センター：食用植物油脂の酸価測定手順書(農林水産消費安全技術センター),1～5 (2014)
- 12) Carla Isabel et.al : Application of solid-phase extraction to brewed coffee caffeine and organic acid by UV/HPLC,journal of food composition and analysis,440～448 (2007)

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

SP および CO を試料とし、官能評価および風味に影響を及ぼすと考えられる有機酸、脂質の分析を行い、それらの品質差異を検証し、数値の相関から理化学的数値が新たな品質指標になるかを検証した(実験 1)。

第 1 節 試料の選定

2016 年に収穫され、2016 年 5～6 月に入港したケニア産、グアテマラ産、コロンビア産の 3 か国の W(湿式)の SP および CO を試料として使用した。梱包材質、輸送方法、保管方法は Table15 に示した。それぞれの写真を Fig.17 に示した。

Table15 使用した生産国の SP と CO 試料の条件

生産国	等級	品種	精製方法	輸送方法	梱包材質	保管方法
Kenya	SP	SL	Washed	Reefer	VP	CTW(15℃)
Kenya	CO	unknown	Washed	Dry	GS	NTW
Guatemala	SP	Bourbon	Washed	Reefer	GP	CTW(15℃)
Guatemala	CO	unknown	Washed	Dry	GS	NTW
Columbia	SP	Cattura	Washed	Reefer	VP	CTW(15℃)
Columbia	CO	unknown	Washed	Dry	GS	NTW

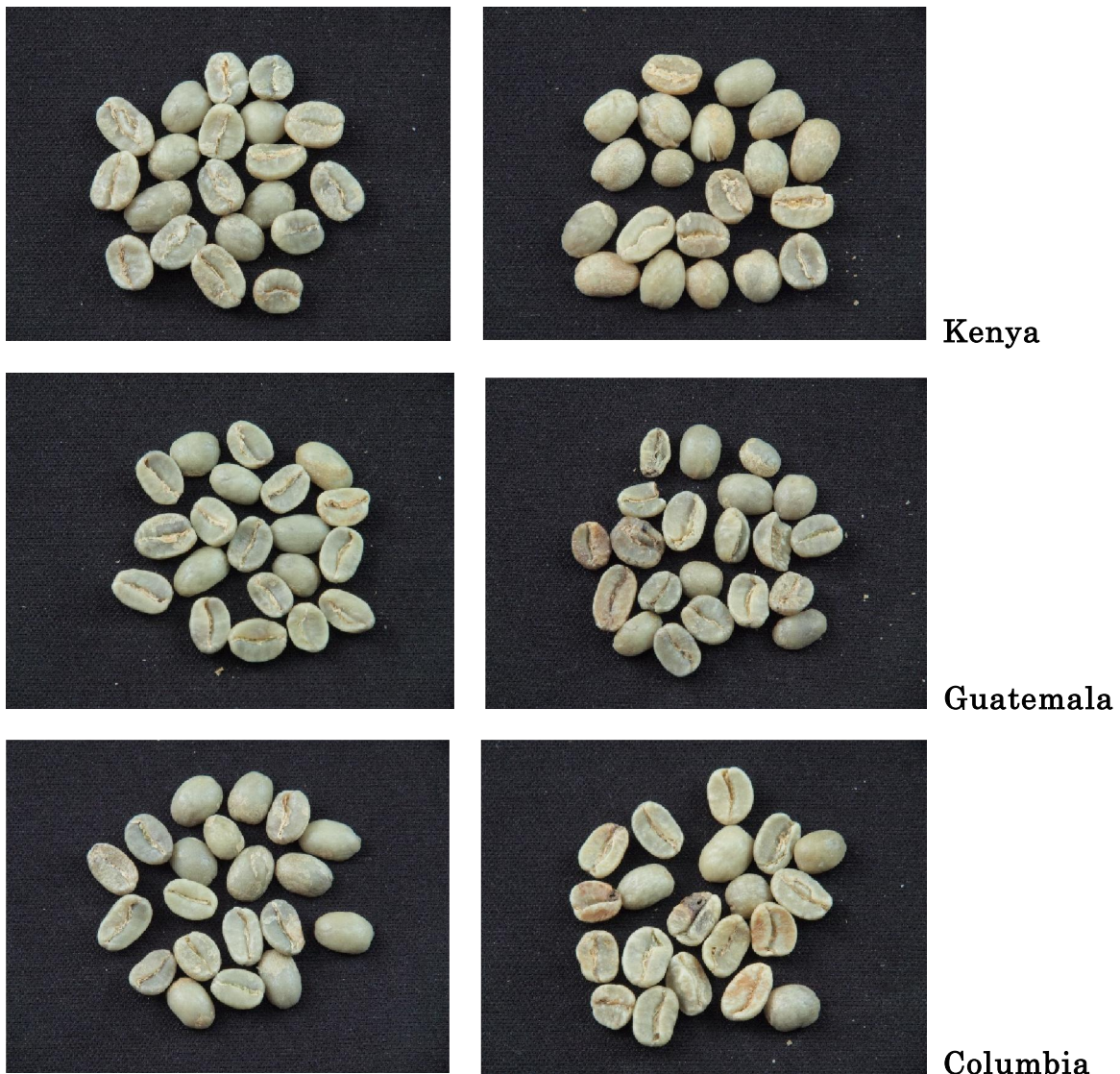


Fig.17 生豆試料の比較(左：SP、右：CO)

第2節 SCAA基準に準じた生豆評価の結果と考察

第1項 生豆の欠点数

各生産地の生豆 350g の中の欠点数を数えた結果、各生産地の SP は 5～13 と少なく SCAA の SP 基準に合致した。一方、CO は各生産地とも未熟豆、欠け豆、発酵豆などが 33 粒～63 粒あり SP 基準に到達しなかった(Table16)。SP はいずれの生産地においても完熟豆のみを収穫し、最終選別段階で生豆の手選別まで行う事例も多く、CO との間に大きな差が生じたものと考えられた。その結果、生豆の状態で未熟、虫食いなどの欠点豆が少ないことで高評価が得られ、外観も

重要な品質基準であることが改めて明らかとなった。

Table16 実験 1 の欠点豆数

	KEN/SP	KEN/CO	GTM/SP	GTM/CO	COL/SP	COL/CO
黒豆						1
発酵豆				1		2
虫食い	1	10	3	11	2	14
未熟豆			1	12		6
欠け豆	4	20	9	33	2	15
フローター					1	1
しわ				5		3
シェル	2	3		1		1
カビ						
計	7	33	13	63	5	44
クエーカー	0	0	0	3	0	1

KEN(kenya) 、GTM(Guatemala) 、COL(Columbia)

クエーカー(未成熟豆)は、焙煎豆 100g 中の色づかない豆の数

第 2 項 官能評価の結果と考察

官能評価の結果を Table17 に示した。総合評価点は、高い順にケニア産 85.5 ± 1.4 点、コロンビア産 85.1 ± 0.9 点、グアテマラ産 82.6 ± 3.7 点で 3 種類の SP はいずれも 80 点以上を獲得し、SP としての基準に合致した。一方、CO を SP の評価基準に準じて官能評価を実施すると、高い順にケニア産 78.7 ± 1.3 点、コロンビア産 78.0 ± 2.8 点、グアテマラ産 77.7 ± 2.4 点となり、CO はいず

れも平均点が 80 点以下で SP の基準値に達しておらず、SP との間に有意差 ($p<0.01$)が認められた。Acidity(酸味)および Body(コク)の評価は、SP の生産地別では、ケニア産=コロンビア産>グアテマラ産の順であった。CO はケニア産>コロンビア産>グアテマラ産の順位であった。いずれも SP が有意に ($p<0.01$)高得点であった。パネルのコメントの一部を Table18 に示した。

Table17 SP と CO の官能評価の比較

Origin	Total score	Acidity	Body	Balance	After taste	Flavor	Aroma	Overall
K(SP)	85.5±1.4**	8.0±0.3**	7.8±0.2**	8.0±0.2**	7.9±0.2**	7.9±0.2**	8.0±0.3**	8.1±0.3**
K(CO)	78.7±1.3	7.1±0.2	7.0±0.3	6.9±0.4	6.9±0.2	7.0±0.3	6.9±0.3	6.9±0.3
G(SP)	82.6±3.7**	7.5±0.4**	7.5±0.4**	7.5±0.2**	7.5±0.5**	7.5±0.3**	7.4±0.3*	7.7±0.2**
G(CO)	77.7±2.4	6.8±0.5	6.8±0.5	6.7±0.4	6.7±0.4	6.9±0.2	7.0±0.2	6.8±0.4
C(SP)	85.1±0.9**	8.0±0.2**	7.8±0.2**	7.9±0.2**	7.9±0.2**	7.8±0.3**	7.8±0.3**	8.0±0.2**
C(CO)	78.0±2.8	7.0±0.4	6.9±0.4	6.7±0.3	6.7±0.4	6.9±0.2	7.0±0.3	6.7±0.4

K (Kenya)、G (Guatemala)、C (Columbia)

パネルは 13 名で実施。標準誤差は±で表示。有意差は* $p<0.05$ 、** $p<0.01$ 。

各評価項目は定量評価で、uniformity、Clean cup および Sweetness は 10 点で評価した。

Table18 官能評価におけるパネルのコメント

生産国	等級	パネルの評価コメント
Columbia	SP	さわやかな酸、オレンジ、みかんの甘味、クリーン
Columbia	CO	全体的に濁り感、枯れた草の香味
Guatemala	SP	柑橘果実の酸、しっかりしたコク、バランスがよい
Guatemala	CO	全体的に濁り感、枯れた草の香味
kenya	SP	華やかな強い酸、レモン、プラム、
kenya	CO	強い酸、やや濁り感

第3節 理化学的実験結果と考察

pH、滴定酸度、総総脂質量、酸価を測定した結果は Table19 に示した。

第1項 pH、滴定酸度

ミディアムローストのコーヒーは、pH5 程度の弱酸性といわれ、pH5 以下であれば酸味を強く感じる可能性が高いと考えられる。一般にケニア産は、酸の強いコーヒーとして世界的に認識されているが、pH は SP : 4.75 ± 0.01 、CO : 4.79 ± 0.02 と低く、また滴定酸度も SP : $8.11 \pm 0.10 \text{ ml/g}$ 、CO : $7.86 \pm 0.15 \text{ ml/g}$ と高いことから、ケニア産が酸の強いコーヒーであることを裏付けた。また、コロンビア産の pH は、SP : 4.88 ± 0.01 、CO : 5.00 ± 0.01 、滴定酸度は、SP : $6.89 \pm 0.08 \text{ ml/g}$ 、CO : $6.32 \pm 0.09 \text{ ml/g}$ であり、やや酸が強いコーヒーであると考えられた。グアテマラ産の pH は、SP : 5.00 ± 0.02 、CO : 5.05 ± 0.01 、滴定酸度は、SP : $6.46 \pm 0.09 \text{ ml/g}$ 、CO : $6.29 \pm 0.10 \text{ ml/g}$ であった。グアテマラ産 SP はケニア産 SP と比較すると pH が 0.25 程度高く、滴定酸度は 1.65 ml/g 程度低かった。また、各生産地の SP の pH は CO よりも有意に ($p < 0.01$) 低値であり、滴定酸度は高い傾向にあった。

第 2 項 総脂質量

総脂質量については、ケニア産 SP : 17.2 ± 0.2 g/100g、CO : 17.6 ± 0.4 g/100g、グアテマラ産 SP : 18.4 ± 0.3 g/100g、CO : 17.2 ± 0.3 g/100g、コロンビア産 SP : 18.2 ± 0.4 g/100g、CO : 17.6 ± 0.4 g/100g であった。グアテマラ産 SP は CO に比べて有意に ($p < 0.01$) 高値を示した。

SCAA の官能評価における Body(コク)は、味というより、口腔内で感じる広がりやテクスチャー¹⁾ であり、硬さ、柔らかさ、水っぽさ、油っぽさなどの感覚であるとされている。これらは総脂質量の多寡が大きく影響していると考えられ、口触りにクリーミーなどの質感を与えている。伏木は、特定の物質でコクを捉えることは困難としながらも、コクの原型として脂肪、アミノ酸、糖質を上げている²⁾。アラビカ種の場合、生豆の総脂質量は 12~18g/100g 程度であり、同緯度であれば生産地の標高が高い程、総脂質量が高い傾向にあるといわれている。本研究で用いた CO は、SP の生産地である標高 1,600~2,000m と同じ地域の豆を選定したため、SP、CO 共に総脂質量は 17%以上と高い結果となった。一般的には CO の生産は、標高 1,600m 以下の地域が多く、中米の多くの生産国では標高を品質の基準とし、標高の高い産地の豆は価格も高く取引されている。しかし、今回の SP と CO の官能評価の結果からは、標高のみでは品質を判断できないことが明らかとなった。

第 3 項 酸価

酸価は、ケニア産 SP : 3.5 ± 0.3 、CO : 7.1 ± 0.2 、グアテマラ産 SP : 4.4 ± 0.3 、CO : 6.7 ± 0.3 、コロンビア産 SP : 2.7 ± 0.1 、CO : 3.6 ± 0.2 であり、いずれの試料においても CO は SP に比べて酸価が有意に ($p < 0.01$) 高値 であった。

コーヒー生豆の油脂は、75%前後がトリアシグルセロールで、その脂肪酸組成の多くはリノール酸(40~48%)、パルミチン酸(31~34%)、オレイン酸(8~12%)

である³⁾。リノール酸などの不飽和脂肪酸は、食品の調理加工や保存過程で酵素や光・熱により劣化が促進されることがよく知られている⁴⁾。M.Y.Rendon らは、麻袋によるコーヒー生豆保存過程でリパーゼ活性の上昇に伴い、脂質の酸化により遊離脂肪酸、ヒドロペルオキシドが増加し、フレーバーが朽ちた木のウッディ(woody)になると示唆している⁵⁾。官能評価では、有機物を喪失した状態の味をウッディ、その前に生じる干し草の味をストロー(straw)としている。この風味は市場では生豆の鮮度劣化とみなされ、マイナス評価とされている。本研究においても官能評価の結果、酸価の高いケニア産およびグアテマラ産 CO に対して、濁り感や干し草の味(straw)を感じるパネルが 6 名いた。本研究では、SP は全て RC(リーファーコンテナ：定温 15℃)を使用し、ケニア産およびコロンビア産は VP(真空パック)、グアテマラ産は GS(麻袋)としたのに対して、CO は、通常通り DC(ドライコンテナ)と GS で輸入した。脂質の劣化の原因となるリパーゼの反応最適温度は、24～40℃である⁶⁾ことから RC を使用した。SP はリパーゼの影響を受けにくく、酸価が抑制されたものと考えられた。すなわち、生産国での保管環境や輸送環境、梱包材質も生豆の品質に大きな影響を与える可能性が高いことを示唆している。

清水らは、米における脂肪酸度(遊離脂肪酸の割合)が高くなるにつれて食味が低下するとしている⁷⁾。脂肪酸度が高くなることは古米臭の原因ともされ、米の品質判定の重要な指標とされている。コーヒーにおいても生豆の酸価の数値は、品質における重要な指標の一つとなることが示唆された。

生豆の酸価の分析データは極めて少なく、現地保管で 1 年未満であれば、コロンビアは酸価 3.1 以下、ブラジルは 4.5 以下という分析値⁶⁾もあるが、今後は日本など消費国における酸価データの蓄積が大いに必要であると考えられる。

Table19 SP と CO の pH、滴定酸度、総脂質量、酸価の比較

Origin	pH	滴定酸度 (ml/g)	総脂質量 (g/100g)	酸価
Kenya(SP)	4.75 ± 0.01**	8.11 ± 0.10**	17.2 ± 0.2	3.5 ± 0.3**
Kenya(CO)	4.79 ± 0.02	7.86 ± 0.15	17.6 ± 0.4	7.1 ± 0.2
Guatemala(SP)	5.00 ± 0.02**	6.46 ± 0.09	18.4 ± 0.3**	4.4 ± 0.3**
Guatemala(CO)	5.05 ± 0.01	6.29 ± 0.10	17.2 ± 0.3	6.7 ± 0.3
Columbia(SP)	4.88 ± 0.01**	6.89 ± 0.08**	18.2 ± 0.4	2.7 ± 0.1**
Columbia(CO)	5.00 ± 0.01	6.32 ± 0.09	17.6 ± 0.4	3.6 ± 0.2

n=5 標準誤差は±で表示。有意差は* $p<0.05$ 、** $p<0.01$

第 4 項 有機酸

有機酸を測定した結果を Table20 に示した。コーヒーの有機酸の組成および含有量は、焙煎度合いや試料調製方法などの実験条件によっても分析値に差異が生じると考えられる。そこで本研究では、各生産国のコーヒーの有機酸の中で比較的含有量の多いクエン酸と酢酸に着目し⁸⁾分析した。

SP のクエン酸と酢酸の総量は、ケニア産 SP が $729.5 \pm 36.0 \text{ mg/100g}$ ともっとも多く、次にコロンビア産の $642.2 \pm 62.5 \text{ mg/100g}$ 、もっとも少なかったのはグアテマラ産 SP の $568.3 \pm 52.8 \text{ mg/100g}$ であった。

クエン酸量については、SP は多い順にケニア産、コロンビア産、グアテマラ産の順であったが、CO ではグアテマラ産、コロンビア産、ケニア産であった。酢酸量については、SP はクエン酸量と同じく、多い順にケニア産、コロンビア産、グアテマラ産となった。また、CO についても同じ順位であった。

クエン酸と酢酸の量的比較では、全ての生産国でクエン酸量が酢酸量より多く、比率はグアテマラ産 SP : 3.5 倍、CO : 3.28 倍はケニア産およびコロンビア産の SP、CO に対して有意に($p<0.05$)高値であった。

これらの有機酸量に関する順位は、pH の値や滴定酸度の量と概ね同じ傾向がみられ、有機酸量の多寡がコーヒーの酸味の強弱に強く影響を与えるものと考えられた。クエン酸は、レモン、オレンジなど柑橘類に多く含まれている有機酸であり⁹⁾、コーヒーの官能評価においてクエン酸は、「オレンジのような」などと表現され、好ましい酸味として評価されることが多い。一方の酢酸は刺激的臭気の酸味として評価される。この 2 つの有機酸の量とバランスは、湿式コーヒーの酸味の質に影響を与えると考えられた。例えば、ケニア産コーヒーの特徴は、一般的に酸味が強いと評価される。本研究においてもケニア産 SP の pH は 4.75 ともっとも低く、滴定酸度がもっとも高いことが示され、有機酸についてはクエン酸量と酢酸量をもっとも多く、個性的な酸味の強いコーヒーであることを裏付けている。一方、グアテマラ産コーヒーの酸味は、「柑橘系の明るい酸」と評価されることが多く、本研究ではグアテマラ産 SP の pH は 5.0 と高めで滴定酸度は低い。有機酸については、SP ではクエン酸量と酢酸量の合計がもっとも少ないものの、クエン酸の比率が 3.5 ともっとも高く、「柑橘系の明るい酸」という官能評価の印象は有機酸の量とバランスが反映されているものと考えられる。しかし、CO については有機酸の量が多く、クエン酸と酢酸の比率が SP と近似であっても官能評価得点は低い。その理由としては、湿式の精製過程における乾燥工程や欠点豆の選別度の低さの要因と併せて、酸価が高くなったことによる風味の低下が品質の低下に関与していることが示唆された。

Table20 SP と CO の有機酸(クエン酸、酢酸)量と比率の比較

Origin	CA + AA (mg/100g)	CA (mg/100g)	AA (mg/100g)	Ratio (CA/AA)
K (SP)	729.5 ± 36.0*	507.5 ± 32.1	222.0 ± 9.9	2.29 ± 0.16
K (CO)	618.7 ± 39.3	416.6 ± 37.0	202.1 ± 6.3	2.01 ± 0.12
G (SP)	568.3 ± 52.8	442.1 ± 45.8	126.2 ± 8.3	3.50 ± 0.23
G (CO)	712.3 ± 33.6**	546.0 ± 29.8	166.3 ± 4.8	3.28 ± 0.13
C (SP)	642.2 ± 62.5	478.4 ± 48.0	163.3 ± 15.2	2.92 ± 0.09**
C (CO)	623.8 ± 81.8	442.6 ± 66.9	181.2 ± 15.7	2.44 ± 0.18

K (Kenya)、G (Guatemala)、C (Columbia)

CA (Citric acid)、AA (Acetic acid)、

標準誤差は±で表示。有意差は* $p<0.05$ 、** $p<0.01$ n=5

第 5 項 理化学数値と官能評価の相関

官能評価総合点と酸価、Acidity(酸味)と pH、Body(コク)と総脂質量の相関性を Fig.18 に示した。官能評価総合点と酸価には、ケニア産、グアテマラ産、コロンビア産の SP と CO 間にいずれも強い負の相関性が認められた。Acidity と pH についても、いずれも生産国 SP と CO 間で比較的強い負の相関性がみられた。Body(コク)と総脂質量では、グアテマラ産とコロンビア産の SP と CO 間の比較的強い正の相関性がみられ、総脂質量が多く、酸価が低いことが Body(コク)の高評価につながっていることが考えられた。しかしながら、ケニア産については Body と総脂質量で SP と CO 間に強い負の相関性が見られた。この原因は、ケニア産の CO の酸価が 7.1 で SP の 3.5 に対して 2 倍近く高いことから、総脂質量が高い場合でも酸価が高いことが影響していると考えられた。

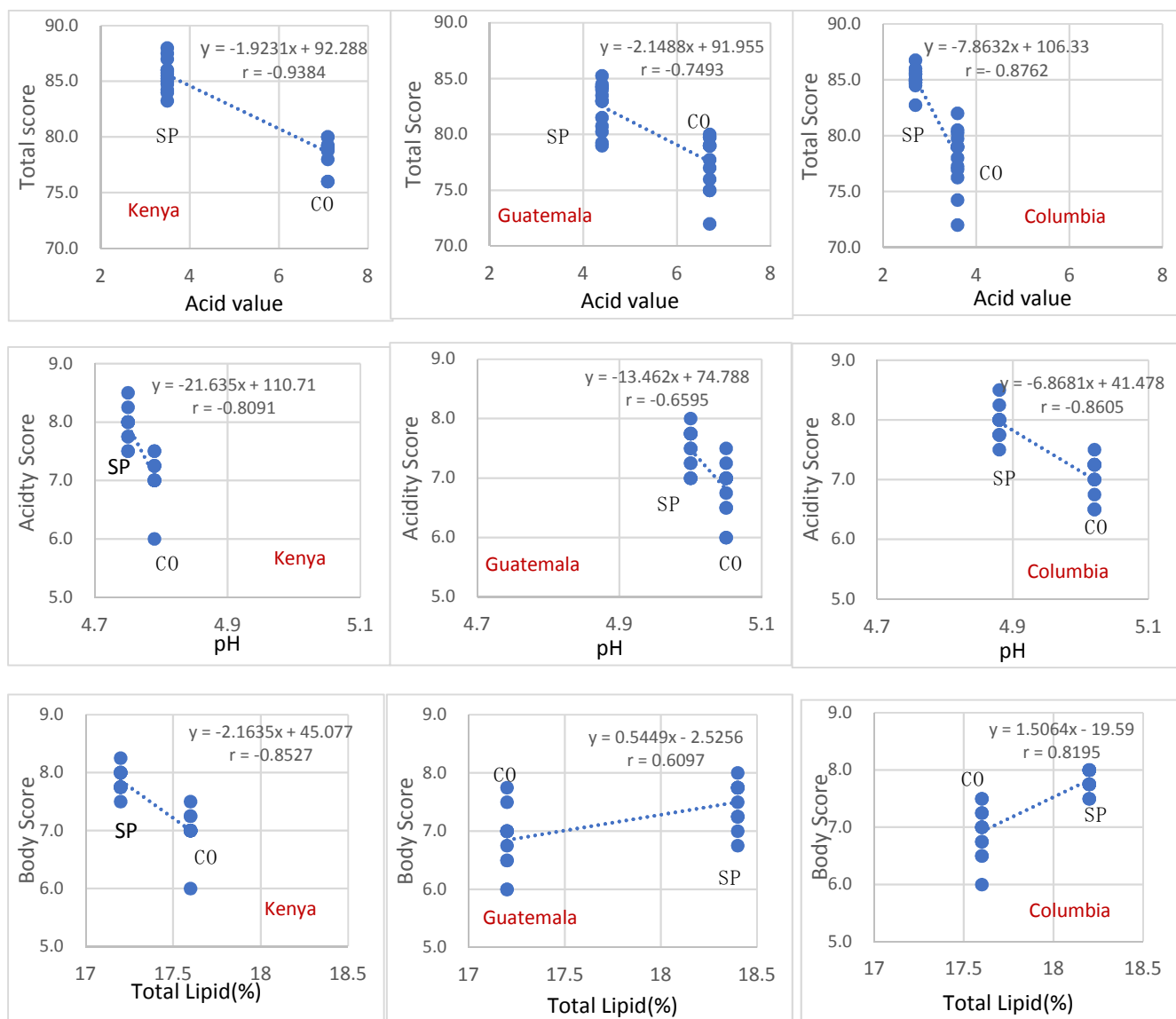


Fig.18 官能評価と理科学的数値の相関

これらの結果から、理化学的な分析数値の内、総脂質量と酸価が生豆の新たな品質指標になりうる可能性が示唆された。また、コーヒー抽出液の **pH** と滴定酸度、有機酸の量とバランスが各生産国のコーヒーの個性を位置づける要因になる可能性が示された。

第 4 節 小括

- (1) 各生産地の SP は 4.75～5.00、CO は 4.79～5.05 と SP の pH が有意に低く、また滴定酸度は高い傾向がみられ、それらが酸味に影響を与えていると考えられた。
- (2) 各生産地のコーヒーは、クエン酸の含有量が多く柑橘果実のような酸味を与えていると考えられた。
- (3) 各生産地の SP の総脂質量は、17.2～18.4g/100g であり、CO の 17.2～17.6 g/100g に比べ多い傾向があり、風味における Body(コク、滑らかさ、質感など)に影響を与えていると考えられた。
- (4) 各生産地の酸価は 2.7～7.1 の幅があり、SP は 2.7～4.4 と CO より有意に数値が低く、生豆の品質指標の 1 つになることが明らかとなった。
- (5) 理化学的な分析により得られた数値の有意性は官能評価の点数に反映されていることが判明し、今後の実験に応用できることが明らかとなった。

参考文献

- 1) 都甲 潔：感性バイオセンサー(朝倉書店,東京),4～6(2001)
- 2) 伏木 亨：味覚と嗜好のサイエンス(丸善出版,東京),77～84(2007)
- 3) 中林敏郎・箴島豊・本間清一・中林義晴・和田浩二：コーヒー焙煎の化学と技術(弘学出版東,東京),32～33 (1995)
- 4) 高村仁和：食品の脂質劣化および風味変化に関する研究,日本食品化学工学会誌,53,401～407(2006)
- 5) M.Y.Rendon：Oxidation of Lipids and Proteins Green Arabica Coffee During the Storage Period,ASIC,24,(Costa Rica 2012)
- 6) 石橋貞人,田中俊一郎：米の品質と乾燥および貯蔵の原理,農業機械学会誌,33,312～322(1971-1972)
- 7) 清水亘,小林明晴,小林紀男：貯蔵中の食味劣化と米の脂肪酸度の関係に関する研究,北陸作物学会報,33, 37～39(1998)
- 8) R. J. Clarke and O. G. Vitzthum：coffee recent developments (Blackwell Science Ltd, London),21～22(2001)
- 9) 食品分析表 7 訂：果実の可食部 100 g あたりの有機酸成分(女子栄養大学出版部,東京),p.363 (2016)

第3章 精製方法の違いによる品質の差異

コーヒー果実から生豆(種)にするまでの工程を精製といい、生産国では様々な方法が行われている。N(ナチュラル)は、主にブラジル、エチオピア、イエメンなど水源の乏しい生産地で行われていたが、ブラジルでは PN(パルプド・ナチュラル)、SW(セミ・ウォッシュト)の精製もみられる。乾燥工程後は、乾燥果実もしくはパーチメントを脱穀し、生豆を比重選別、サイズ選別、電子選別、手選別などが行われる。ブラジルの収穫は、栽培量が多いため大農園では機械収穫が行われ、中規模の農園ではストリッピング(熟度に関係なく、枝から葉ごと引っ張り果実を落とす方法)で行われ、いずれも夾雑物、未熟豆、完熟豆、乾燥した豆などの混入が見られる。このため、N では果実の状態は不均一で乾燥にばらつきが生じる可能性が高くなる。そのため、精製の 90%を占める N 以外に、PN、SW が開発され、それらの生豆も流通するようになった。N の乾燥豆の水分量は 65g/100g で、W の果肉除去した後のパーチメントの水分値は 55g/100g¹⁾ であり (Table21)、PN および SW の乾燥時間は N に比べ短縮できる。生豆の品質指標を作成するにあたり、世界の生産量の 35%を占めるブラジルの試料を分析することは重要と考え、ブラジルの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も検討した。(実験 2)

Table21 精製過程におけるコーヒーの重量と水分値

	Natural : 乾式 水分量 %	Natural : 乾式 重量 Kg	Washed : 湿式 水分量 %	Washed : 湿式 重量 Kg
Fresh cherries		100.00		100.00
Dry cherries	65	37.20		
Wet parchment			55	45.00
Dry parchment			12	23.30
Green coffee	12	19.00	12	19.00

第 1 節 試料の選定

ブラジル産の N、PN、SW の 3 つの異なる精製方法の SP および CO 各 2 種、計 12 種(2018 年収穫)を試料とした(Table22)。

ブラジルは、生産地域は広く多くの生産地があり、試料を Cerrado、Sul de Minas、Mojiana、Espirito Santo など広域から選んだが、標高は 800～1,000m 程度の産地が多く、SP および CO 間に標高差は小さい。

Table22 精製方法の異なる豆の試料

精製	等級	生産地	品種	梱包	コンテナ	保管
N	SP1	Sle de Minas	Bourbon	GP	D	CTW
N	SP2	Cerrado	Bourbon	Me	R	CTW
N	CO1	Cerrado	Unknown	GS	D	NTW
N	CO2	Mogiana	Bourbon	GS	D	NTW
PN	SP1	Sul de Minas	Bourbon	GP	D	CTW
PN	SP2	Cerrado	Bourbon	GP	D	CTW
PN	CO1	Cerrado	Bourbon	GS	D	NTW
PN	CO2	Cerrado	Bourbon	GS	D	NTW
SW	SP1	Cerrado	Bourbon	Me	R	CTW
SW	SP2	Cerrado	Bourbon	Me	R	CTW
SW	CO1	Espirito santo	Unknown	GS	D	NTW
SW	CO2	Espirito santo	Unknown	GS	D	NTW

Me= Metal 系の素材

第 2 節 理化学的数値と官能評価の結果と考察

官能評価において、12 試料の 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ため(Fig.19)、各精製群 2 種の分析結果をまとめて 6 種の区分とし考察した。

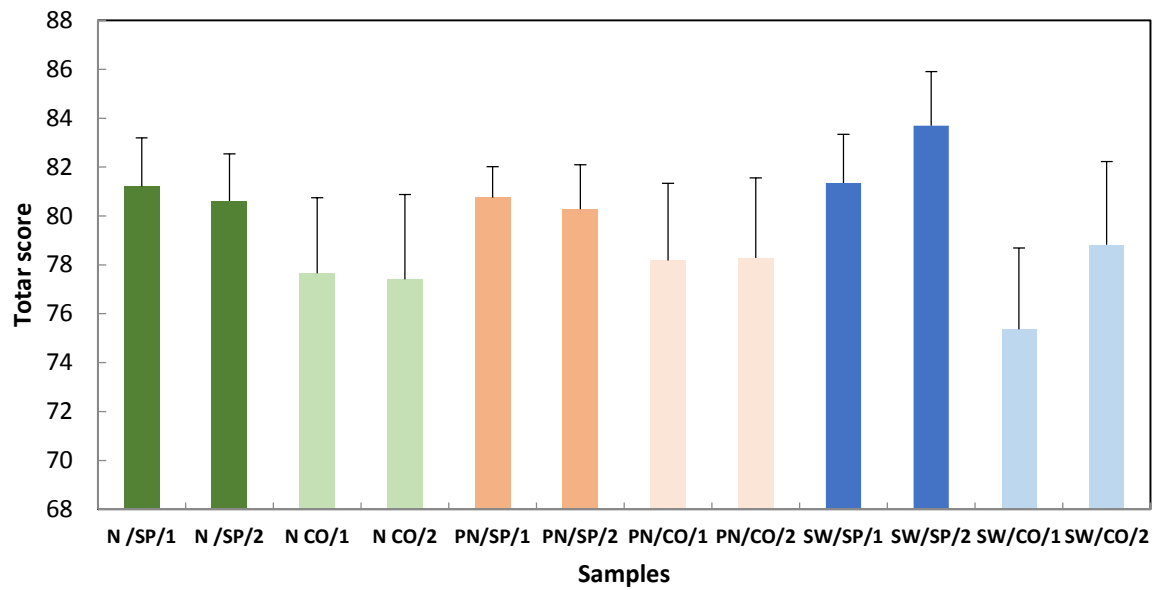


Fig.19 精製方法の違いが官能評価総合点に及ぼす影響

第1項 生豆の欠点数

欠点豆は、SP、COに関わらず実験1のWの試料に比べると多い傾向がみられた。SP各2種のNは68から82粒、PNは23から61粒と多く、SWのみ15から18粒と極めて少なかった。

官能評価総合点は、SWの 82.5 ± 2.39 が、Nの 80.9 ± 1.95 、PNの 80.5 ± 1.55 より高く、欠点豆の数が少ないことが好評価の影響を与えたと考えられた。ブラジルは、世界最大の生産国であり、大量生産されるため、欠点豆の除去が重要な課題になることが明らかとなった。欠点豆の一覧をTable23に示した。

Table23 ブラジルの欠点豆

欠点豆	N	N	N	N	PN	PN	PN	PN	SW	SW	SW	SW
	SP1	SP2	CO1	CO2	SP1	SP2	CO1	CO2	SP1	SP2	CO1	CO2
黒豆												
発酵豆			1									
虫食い	64	63	17	18	22	1	10	5	10		48	2
未熟豆	11		10	26	20	12	5	27		15	15	8
欠け豆	7	5	24	21	13	6	8	13	5	3	8	5
フローター						4		18				
しわ											1	
シエル			2	1	6							
カビ												
他			11									
計	82	68	65	66	61	23	23	63	15	18	72	15
クエーカー	27	20	20	66	28	30	18	35	23	29	43	17

第2項 pH

pH は、SP 間では SW が 4.97 ± 0.03 ともっとも低く、N の 5.05 ± 0.03 および PN の 5.04 ± 0.03 に有意差が見られた ($p < 0.01$)。CO の SW も N および PN に対し pH は低い傾向がみられることから、SW の精製方法は酸味により影響を与えたと考えられた。また、各精製の SP と CO 間には有意差が見られ、SP は CO に比べ酸が強い傾向があると考えられた。しかし、SP の SW 以外は pH5.00 を超え、ブラジルコーヒーが全体として酸味が弱いコーヒーであることも明らかとなった (Fig.20)。

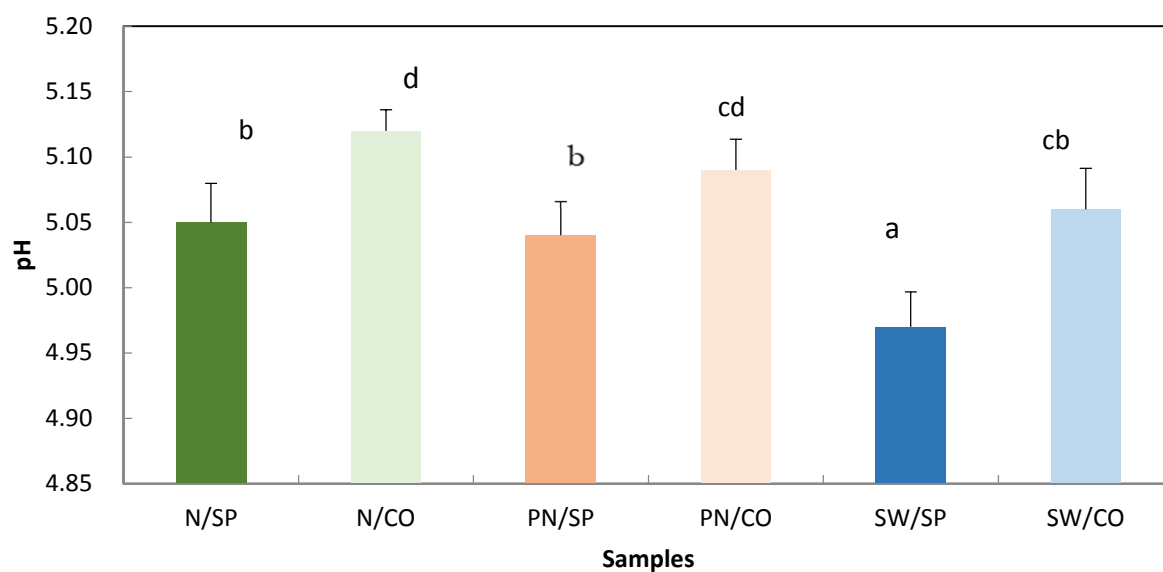


Fig.20 精製方法の違いが抽出液の pH に及ぼす影響

第 3 項 滴定酸度

滴定酸度の比較グラフを Fig.21 に示した。滴定酸度は、SW の SP が $7.08 \pm 0.20 \text{ ml/g}$ ともっとも高く、PN の CO が $5.98 \pm 0.30 \text{ ml/g}$ ともっとも低かった。SP 間では、各精製に有意差はないものの、SW は、N の $6.8 \pm 0.28 \text{ ml/g}$ および PN の $6.77 \pm 0.24 \text{ ml/g}$ に比べ高い傾向があり、酸味が強めであることが示唆された。SP と CO 間においては、各精製間で SP は CO より滴定酸度が有意に高かった ($p < 0.05$)。

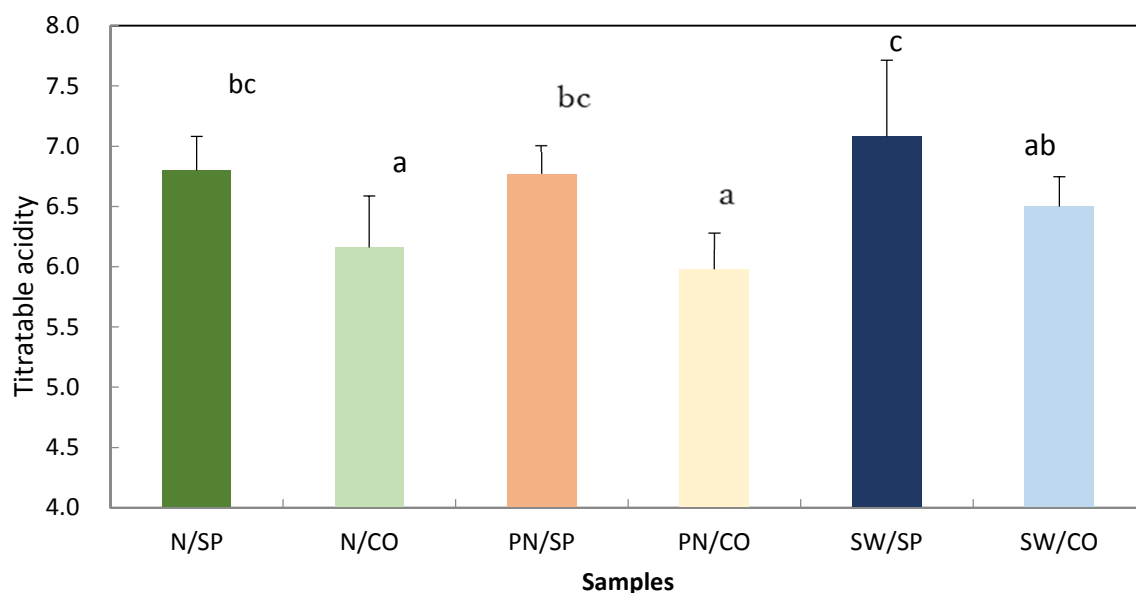


Fig.21 精製方法の違いが滴定酸度に及ぼす影響

第4項 総脂質量

一般的な総脂質量は 12~18g/100g であり²⁾、SP、COに関わらず、ブラジルの総脂質量は 16g/100g 以上と高い傾向が見られた。しかし、SP、CO 共に各精製間で有意差はみられず、SP、CO における総脂質量の幅も $16.0 \pm 1.1 \sim 17.1 \pm 1.2 \text{g/100g}$ と小さいことが示された。ブラジルの場合、前述のように産地は広範囲にわたるものの標高差が小さく、栽培地による総脂質量の差異が生じなかったと推測された。また、3つの精製方法の違いによる総脂質量の差異が少ないことから、精製方法の違いは総脂質量に影響を及ぼさないと考えられた (Fig.22)。総脂質量は、流通過程における温度、湿度の影響を受ける可能性があるのではないかと推測された。

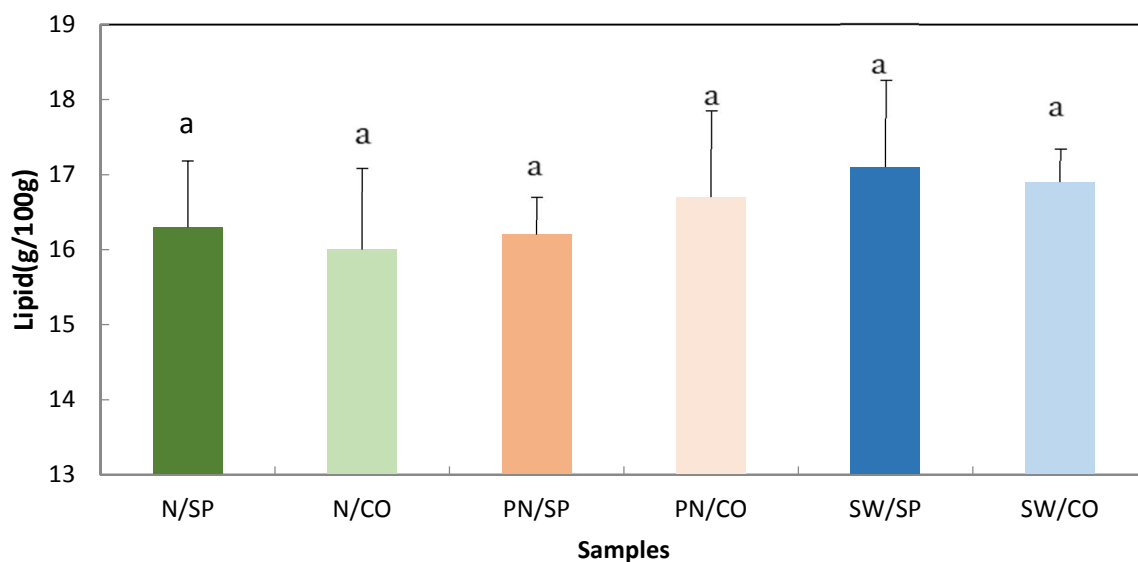


Fig.22 精製方法の違いが総脂質量に及ぼす影響

第 5 項 酸価

各精製間の SP の酸価は、N が 1.75 ± 0.34 、PN が 1.75 ± 0.30 、SW が 1.99 ± 0.32 と有意差はなく、共に低い数値であり SP は脂質の劣化が少ないと考えられた。CO は、N が 3.25 ± 0.34 、PN が 2.52 ± 0.45 、SW が 2.71 ± 0.28 と SP より高く、各精製方法間で SP は CO に比べて酸価が有意に ($p < 0.05$) 低値であった (Fig.23)。また、実験 1 の W と比べた場合、ブラジルの各精製は、SP、CO 共に脂質の劣化は少ないと考えられた。

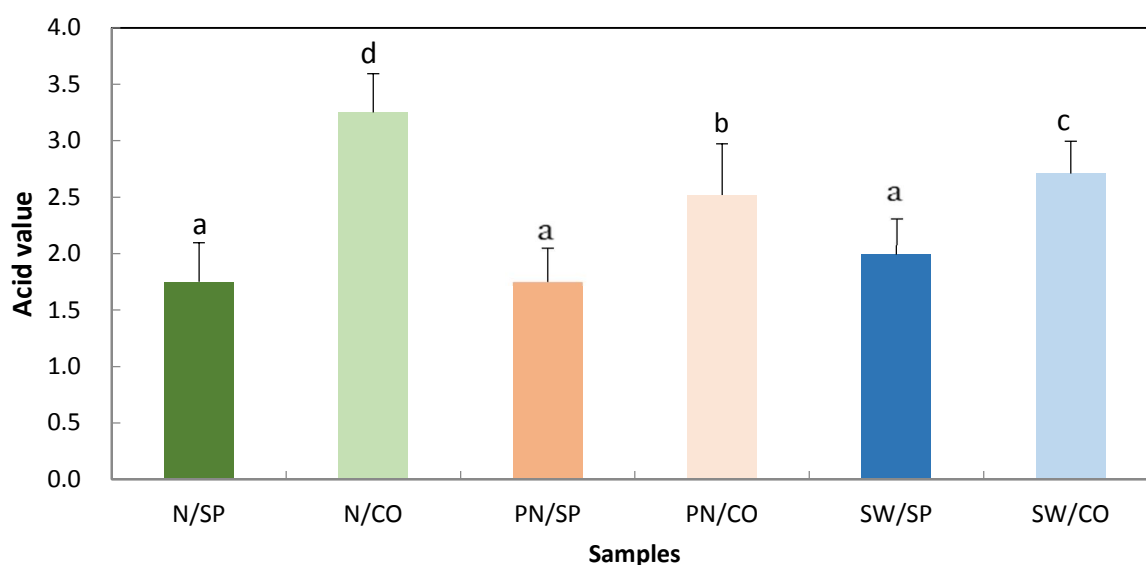


Fig.23 精製方法の違いが酸価に及ぼす影響

第 6 項 官能評価

12 名のパネルで官能評価を行った結果、各精製方法の SP 間において、SW は 82.5 ± 2.4 と比較的高い評価を得た。N の 80.9 ± 2.0 および PN の 80.6 ± 1.6 は、かろうじて SP 基準をクリアしたものの、SW に比べ pH が高く、滴定酸度が低く、総脂質量も少ないことが影響したと推測された。さらに、SW は輸入に際して RC を使用したことも成分変化が抑制された要因と推測された。SP と CO の精製間では有意差($p < 0.05$)がみられた (Fig.24)。

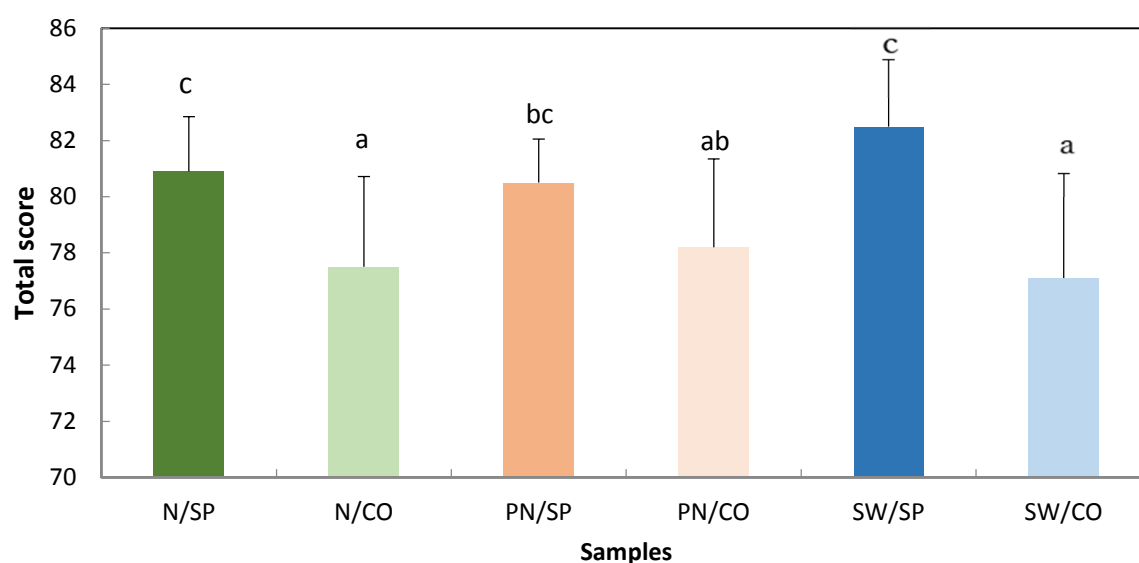


Fig.24 精製方法の違いが官能評価総合点に及ぼす影響

官能評価総合点と酸価に $r = -0.628$ の負の相関が、官能評価 Acidity の点数と pH との間に $r = -0.733$ の負の相関がみられた。また、総脂質量と官能評価 Body の点数との間は $r = 0.431$ と相関性は低かった (Fig.25)。

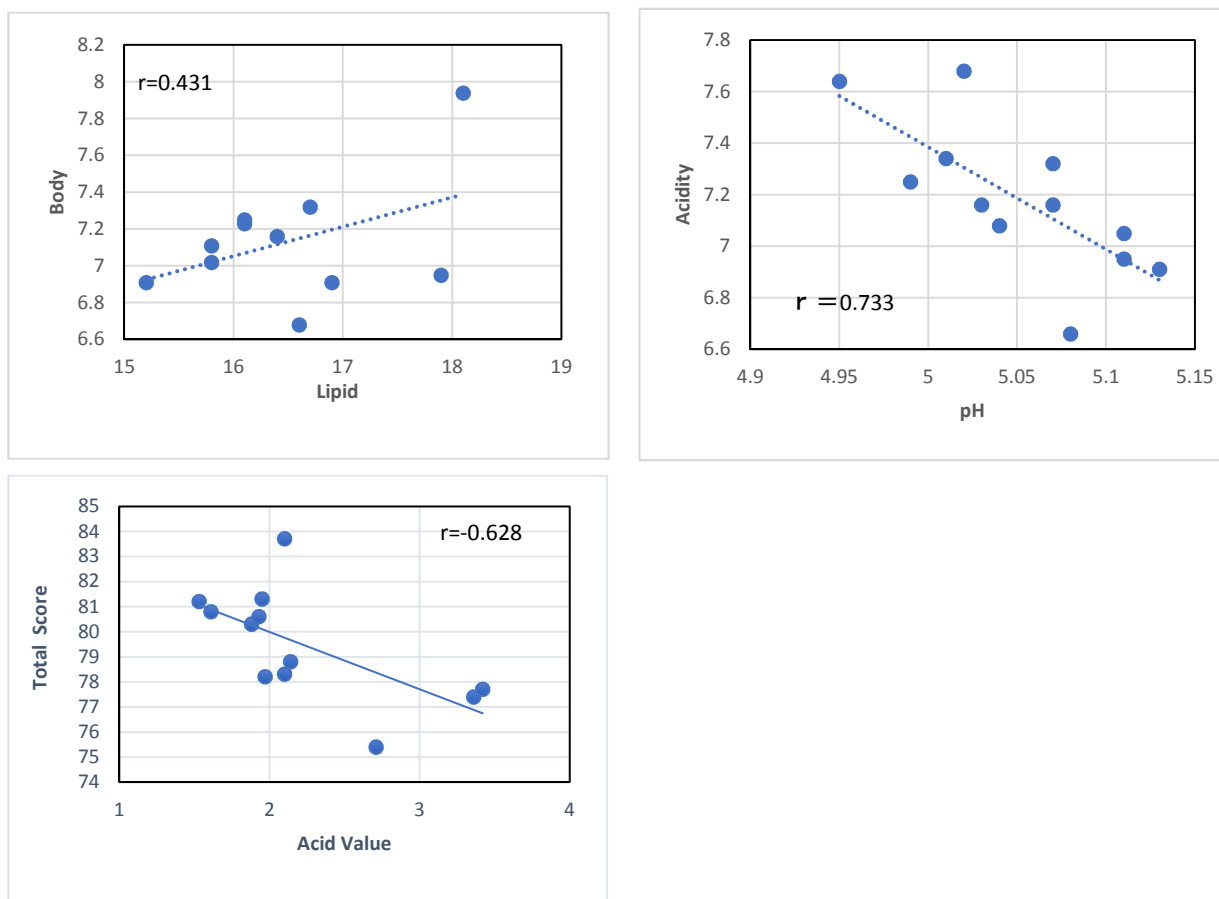


Fig.25 理化学的数値と官能評価の相関

第3節 小括

- (1) SW の SP 以外は pH が 5.0 以上であり、ブラジルのコーヒーは酸味が比較的弱いことが明らかとなった。
- (2) 総脂質量は各精製間で差異は少なく、精製の影響は受けにくいと考えられた。
- (3) 各精製の SP の酸価は、2.0 以下と低く、生豆の新鮮さを維持していると考えられた。また、精製による影響を受けていないと推測された。
- (4) 酸価と官能評価総合点、pH と官能評価 Acidity に相関性が見られたが、総脂質量と官能評価 Body の相関性は低いと考えられた。

参考文献

- 1) Jean Nicolas Wintgens : Coffee growing, processing, sustainable production,(WILEY-VCH,USA), 613 (2012)
- 2) R.J. Clarke : Coffee chemistry vol.1(Elsevier Applied science, London),33(1985)

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

コーヒーの収穫時期は生産地により異なるが、原材料である生豆は、ほぼ1年を通し日本に輸入されている。多くの生豆は、GSに梱包されてDCに積載され船舶で輸入される。日本到着後は主に横浜、神戸の港湾倉庫に保管される。しかし、GSは強度があるものの、温度、湿度の影響を受けやすく、DCは航海上赤道付近を通過するため30℃～35℃前後の外気(コンテナの積載場所により異なる)の影響を受けると考えられている。また、日本の港湾におけるNTW保管は、梅雨および夏期の高温多湿の影響を受けるため(Fig.26)、入港時点からその後の保管中に風味変化がみられる事例も多い。

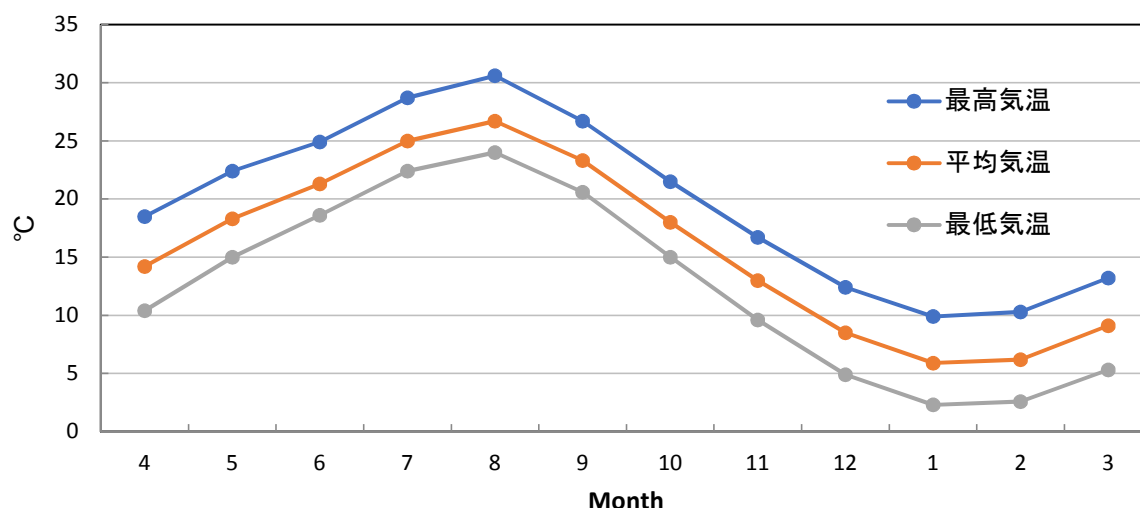


Fig.26 横浜市中区の常温倉庫の1年間の温度推移

官能的には、濁り、枯れた草の味などの劣化した風味が感じ取れる。そのため、高品質で価格の高いSPについては、GSに代わるVP、GSの内側に入れるGPなどの梱包資材の利用が2010年頃より試行されるようになった。また、コンテナ庫内を15℃に温度設定したRCの使用(Table24)、CTWで5月から10月まで15℃で温度管理をするなどの対策も取られている(Fig.27)。しかし、すべての国でRCやVPの手配が可能ではない。このため入港時およびその後の生豆の品

質維持に関するコーヒー研究は少なく、特に理化学的な成分分析は見当たらないのが現状である。

Table24 航海中のリーファーコンテナ内の温度と湿度

データロガー	温度℃	湿度%
積み込み直後・出航	23～24	55～65
輸送中	14～15	65～70
入港・デバン	20～26	55～60

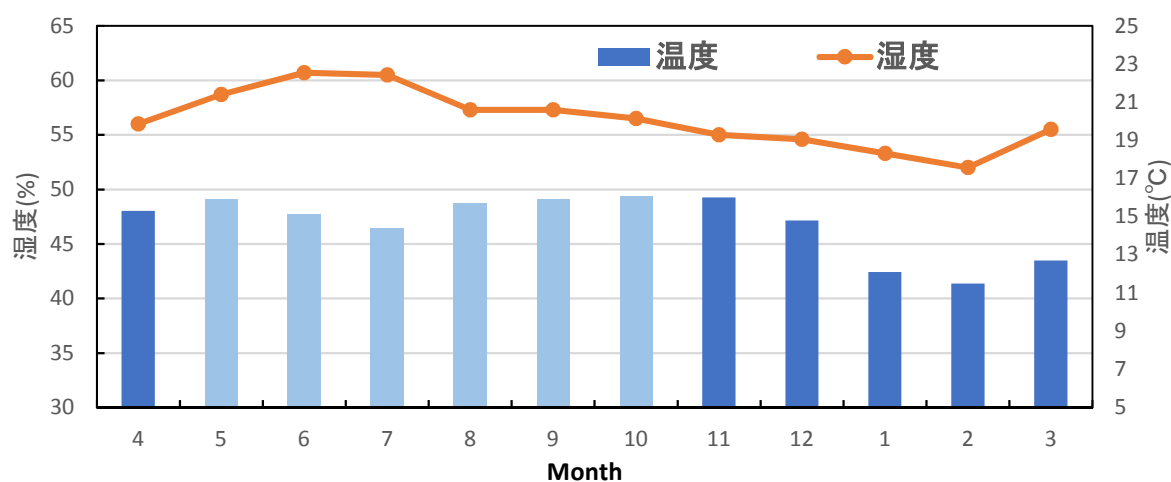


Fig.27 定温倉庫の1年間の温度と湿度推移

そこで本研究では、梱包資材、輸送コンテナ、保管倉庫の違いによるコーヒー豆の入港時から1年後までの成分変化の分析と併せて官能評価を行い、生豆の流通過程における梱包材質、輸送方法、保管倉庫の違いにより品質が経時変化することを検証し、同時に生豆の賞味期限を検討した。(実験3)

第1節 試料の選定

2016年産のコロンビア・サントandel県産(標高1,600m、W、品種はティピカおよびカツーラ)のSPを試料とした。選定した試料生豆を35kgのVPと従来の70kgのGSの2種の梱包に区分した。それぞれをRCとDCに分けて2016

年 5 月 1 日に船積みし、6 月 7 日入港で輸入した(Table25)。輸送中は RC および DC 内の右舷中央部床にデータロガーを設置してコンテナ内の温度と湿度を測定した。入港後、RC に積載した試料生豆 2 種は CTW で保管し、庫内の温度と湿度を 1 年間測定した。また DC に積載した試料生豆 2 種は入港後、NTW で保管した。これらの試料は、生豆については総脂質量と酸価、焙煎豆については熱水抽出した抽出液の pH を入港時(2016 年 6~7 月)、入港半年後(2016 年 11~12 月)、入港 1 年後(2017 年 5~6 月)の 3 回分析し、同時期に官能評価を行った。

Table25 試料

	梱包材質	コンテナ	保管倉庫	重量
RC/VP	Vacuum pack	Reefer	NTW15℃	35kg
RC/GB	Gunny bag	Reefer	NTW15℃	70kg
DC/VP	Vacuum pack	Dry	CTW	35kg
DC/GB	Gunny bag	Dry	CTW	70kg

第 2 節 輸送および保管中の温度と湿度

約 1 か月間の航海中の RC の庫内温度は 14~15℃、湿度は 65%前後で推移した。その後の CTW 庫内の温度は、4 月~12 月までは 1~16℃、1 月~3 月は 11~12℃であった。湿度は、4 月~11 月までは 55~60%、12 月~3 月までは 53~55%であった。一方、DC 庫内に設置したデータロガーは故障して作動しなかったため以下の資料を参考とした¹⁾。コンテナ内温度は、航海上の外気温の影響を受け、比較的外気の影響を受けにくいアンダーデッキでも赤道付近では 30℃以上、湿度 70%程度となる。また、港湾倉庫(横浜市中区)も外気の影響を受け、6 月から 9 月までは 25~30℃前後に上昇し、逆に 12 月から 2 月までは 10℃以下になり温度変化が大きかった。生豆の保管は、湿度(相対湿度)が重要な影響を及ぼすと

考えられ、湿度の上昇に伴い水分値が増加し、呼吸量、酵素活性が上昇する。生豆の水分量が 14.5g/100g(一般的なアラビカ種は 11~12g/100g 程度)を超えると呼吸量の増加で熱、CO₂を放出し、成分が大きく変化すると考えられている。湿度が 60%程度であれば生豆は 12g/100g の水分量を維持でき、また低温は呼吸と代謝を抑制すると考えられている²⁾。従来は、コストの面から DC で輸送して NTW で保管されてきたが、生豆の品質を考慮すれば RC で輸送して CTW で保管することが望ましいと考えられる。

第 3 節 理化学的数値および官能評価の変化

第 1 項 入港時から保管期間中の pH の変化

各焙煎試料豆熱水抽出液の入港時から保管期間中の pH の変化を Fig.28 に示した。一般的なミディアムローストのコーヒー抽出液の pH は 4.75~5.20 程度である。焙煎試料豆熱水抽出液の pH はいずれの抽出液も入港時は 4.90~4.94 であり、酸味に特徴があるコーヒーと推測された。入港時、各焙煎試料豆抽出液の pH は、RC の方が DC より低い傾向が見られた。RC の場合、梱包資材による有意差は認められず、DC の場合も VP と GS 間に大差は見られず、1 か月程度の航海中における DC 内の温度と湿度の変化は、抽出液の pH に影響を及ぼさないことが示唆された。入港半年後も RC、DC に関わらず梱包資材、保管倉庫の違いによる抽出液の pH は入港時と有意な差がなかった。しかし、1 年後は各焙煎試料豆抽出液の pH は、RC/VP: 4.90→4.96、RC/GS: 4.90→5.00、DC/VP: 4.91→4.96、DC/GS は 4.94→5.05 に上昇した。各焙煎試料豆抽出液の pH は、入港時および半年後に比べ 1 年後は 0.04~0.11 程度で有意($p<0.05$)に上昇し、酸味が低下したと考えられた。以上の結果から、1 年後の RC/VP および DC/VP の pH は低い値を維持したが、RC/GS と DC/GS の pH が 5.00 以上に上昇したことから、VP は酸の維持にも有効な梱包資材であると考えられた。一方 GS、

は酸の保持には適さない梱包資材であることが強く示唆された。

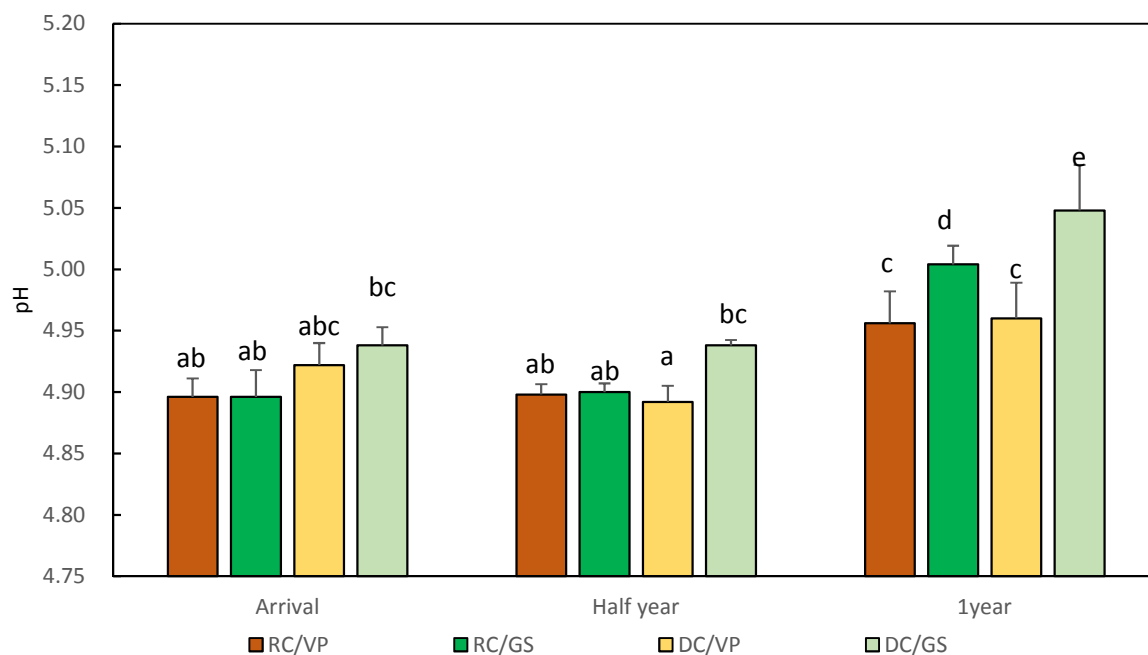


Fig.28 入港時、半年後、1年後の pH の変化 (n=5)

第 2 項 入港時から保管期間中の総脂質量の変化

各試料生豆の入港時から保管期間中の総脂質量の変化を Fig.29 に示した。

一般的な生豆の総脂質量は、12~18g/100g とされている。入港時においては、RC と DC の違いによる総脂質量に有意差は認められなかった。また、梱包資材による総脂質量は、VP が GS に比べて高く、RC/VP が 15.9g/100g で RC/GS、DC/GS に対して有意に ($p<0.05$) 高値であった。

半年後のすべての試料生豆の総脂質量は、入港時に比べ 1.13~1.32g/100g と有意 ($p<0.05$) に減少し、総脂質量は経時的に変化することが明らかとなった。また、入港時と同様に、RC と DC 間の総脂質量には有意差はなく、梱包資材別では VP が GS に比べて有意に ($p<0.05$) 高かったことから、この段階で風味への影響が懸念された。

しかし、半年後から 1 年後までの変化についてみると、VP は RC、DC のい

ずれも総脂質量が減少する傾向が見られたのに対して、GS では RC、DC ともに半年前と有意差はなかった。

このことから、梱包資材として VP は総脂質量の維持について一定の効果があると考えられた。一方、GS は VP と比べ総脂質量の減少が大きく、半年後と 1 年後の差が無いことから、GS での梱包は半年でもダメージが大きいと考えられた。

以上のことから、GS は CTW 保管であっても保管中に容易に酸素、温度、湿度の影響を受ける梱包資材であり、SP のグレードを維持するには適さない梱包資材であると考えられた。

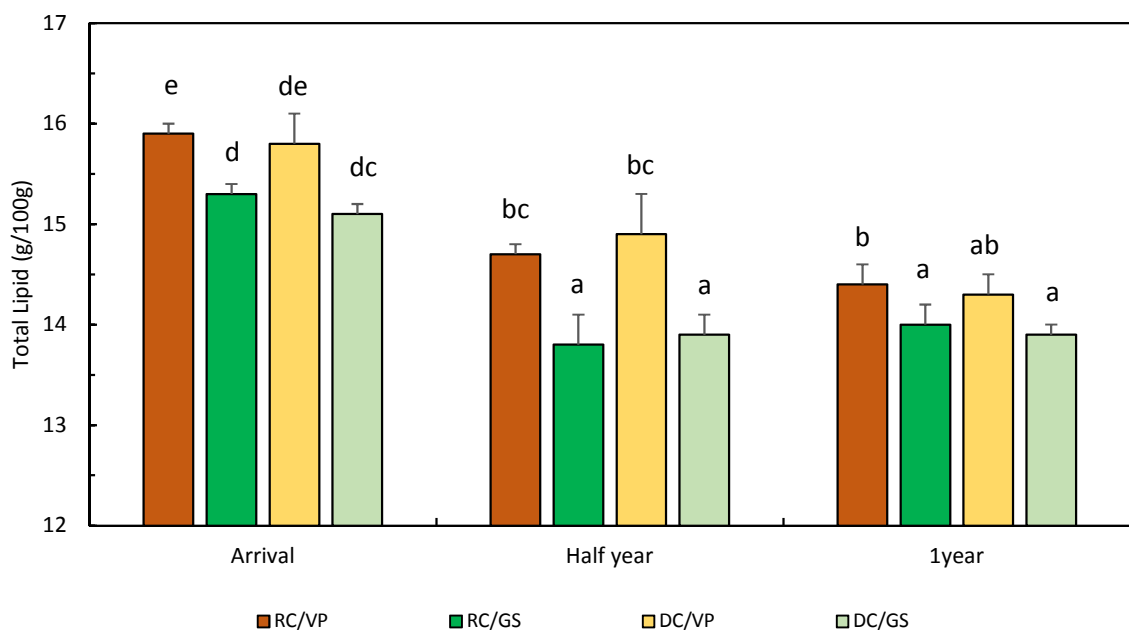


Fig.29 入港時、半年後、1 年後の総脂質量の変化 (n=5)

第 3 項 入港時から保管期間中の酸価の変化

各試料生豆の入港時から保管期間中の酸価の変化を示した Fig.30 に示した。

コーヒーの脂質には、不飽和脂肪酸の一つであるリノール酸が 36～43%程度含まれており、保管過程で外気の影響を受け酸化が促進され、生豆の劣化臭であ

る枯れた草の匂いや濁った味を生じさせる原因であると考えられる。

入港時、各試料生豆の酸価は RC/VP : 2.46、RC/GS : 2.56、DC/VP : 2.60、DC/GS : 2.66 であり、いずれのコンテナ、梱包資材間において有意な差は認められなかった。

入港半年後では、RC/VP : 2.54、RC/GS : 2.80、DC/VP : 2.88、DC/GS : 3.18 であり、入港時に比べて上昇傾向にあるのと併せて、 $RC/VP < RC/GS < DC/VP < DC/GS$ の順に酸価が上昇した。特に DC/GS は RC/VP に対して有意な ($p < 0.05$) 酸価の上昇が認められた。

1 年後の試料生豆の酸価は、RC/VP : 2.58、RC/GS : 3.26、DC/VP : 3.52、DC/GS は 3.66 であり、入港時、半年後に比べて酸価はさらに上昇する傾向が見られ、RC/GS、DC/VP、DC/GS が入港時の値に対して、いずれも有意に ($p < 0.05$) 上昇した。

これらの結果から、約 1 か月程度の航海中には生豆中の脂質の酸価は、コンテナや梱包資材の差異の影響が少なく、劣化の進行は緩やかであることが示された。ただし、梱包資材が GS の場合は酸価が高くなる傾向が認められた。入港半年後においては、CTW で保管した場合でも梱包資材が GS になると酸価が上昇する傾向がみられ、また NTW で保管すると VP を用いて梱包した場合でも酸価が上昇した。1 年後では保管条件と梱包資材の違いが酸価に大きく影響を及ぼし、RC/VP 以外は酸価が 3.0 を上回り脂質の劣化が進行していることが明らかとなった。すなわち、入港から 1 年あまり保管温度が一定しない NTW で保管した場合は、梱包資材の良、不良に関わらず生豆の品質が著しく低下することが示唆された。その中でも GS という梱包資材は劣化が早期から進むものと考えられた。

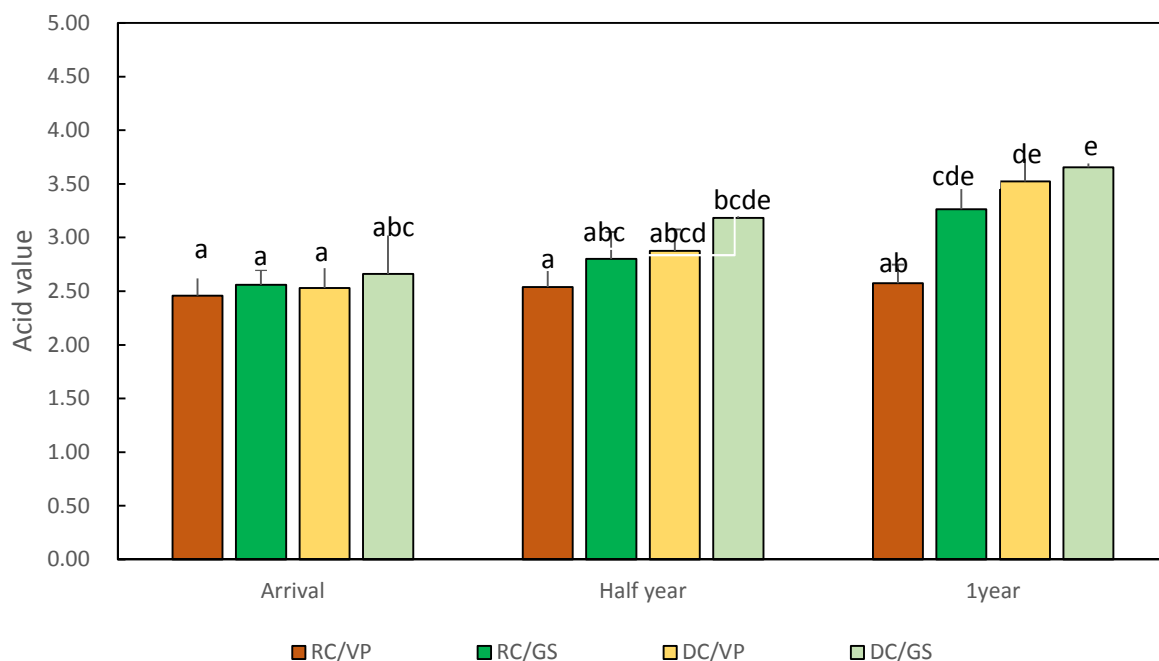


Fig.30 入港時、半年後、1年後の酸価の変化 (n=5)

第4項 入港時から保管期間中の官能評価の変化

入港時から保管期間中の官能評価総合点の変化を Table26 に示した。入港時は、RC/VP が総合評価でスコア 85.4 ともっとも評価が高く、それ以外の試料もスコア 83.9 以上と高い評価となり、各試料豆の評価に有意差は認められず、いずれの試料豆も SP の条件を満たしていることが確認された。半年後も比較的高評価を維持したが、1年後は低下する傾向が強く見られた。

RC/VP のスコアは、半年後が 84.7、1年後に 83.5 ともっとも高い評価を維持し、VP および CTW 保管が生豆の鮮度維持にもっとも効果が高いと考えられた。さらに、RC/GS のスコアが 81.6、DC/VP のスコアが 81.2 とスコア 81 台で、SP 基準を維持したことから、RC の手配が困難な生産地の場合は、VP の使用が望ましく、VP の手配ができない場合は、RC の使用が望ましいと示唆された。しかし、DC/GS で NTW 保管の場合は、スコア 79.6 と 80 を下回り、SP 基準を維持することが困難であることが明らかとなった。

本研究において用いたコロンビア産 SP 生豆の場合、入港時からスコア 83 程度の風味を維持できる賞味期限を考えると、RC/VP/CTW では 1 年間、RC/GS/CTW、DC/VP/NTW は半年強程度、DC/GS/NTW は半年以内が望ましいと示唆された。

Table26 入港時、半年後、1 年後の官能評価得点

	経過	総合点	Acidity 点	Body 点
RC/VP	Arrival	85.4±0.60*	7.91±0.30	7.91±0.19
	Harf year	84.7±1.85	7.90±0.19	7.87±0.31
	1year	83.5±1.50	7.66±0.19	7.69±0.22
RC/GS	Arrival	84.6±0.77**	7.84±0.35	7.81±0.2 2
	Harf year	83.8±1.08	7.72±0.16	7.66±0.23
	1year	81.6±1.81	7.56±0.29	7.41±0.19
DC/VP	Arrival	83.9±0.90**	7.78±0.25	7.78±0.30
	Harf year	83.5±1.01	7.78±0.34	7.59±0.19
	1year	81.2±1.13	7.34±0.19	7.42±0.19
DC/GS	Arrival	83.9±1.55 **	7.81±0.51	7.78±0.31
	Harf year	82.5±2.17	7.59±0.35	7.53±0.31
	1year	79.6±4.00	7.19±0.5	7.09±0.48

標準偏差は±で表示。有意差は* $p<0.05$ 、** $p<0.01$ n=8

第 5 項 官能評価と理化学的分析値との相関関係

各焙煎試料豆熱水抽出液の官能評価と理化学的分析値の相関関係を Fig.31 に示した。入港時、半年後、1 年後の各試料の官能評価項目の Body(コク、舌触り)と総脂質量との間には有意差は認められないものの $r=0.7644$ と比較的高い正の相関関係が見られ、総脂質量は官能評価の Body (コク)の評価基準であ

る舌触り、滑らかさなどに影響を与えると考えられた。

官能評価総合スコアと酸価の間には、 $r=-0.9283$ と有意な($p<0.01$)負の相関関係が認められ、酸価はコーヒーの総合的な評価に与える影響が大きいと考えられ、生豆の重要な品質を維持する指標になることが示唆された。官能評価項目の Acidity(酸味)と pH との間には $r=-0.8735$ の有意な($p<0.01$)負の相関関係が認められた。

以上の相関関係から、理化学的分析値の有意性は官能評価のスコアをよく反映していることが明らかとなった。

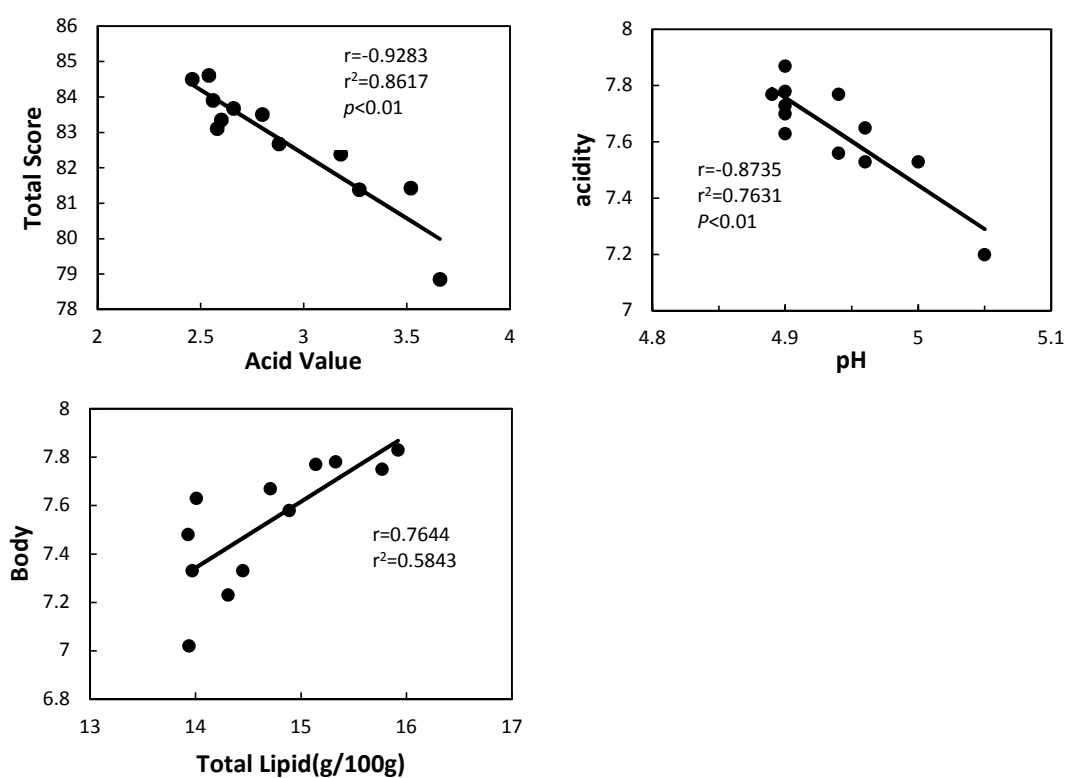


Fig.31 官能評価のスコアと理化学的数値との相関

第4節 小括

- (1) 試料生豆は入港時に比べ1年後は、有意に総脂質量の低下が見られ、酸価と pH が上昇した。
- (2) 官能評価の結果は、入港時はいずれの試料もスコア 80 以上で SP の基準値を上回った。1 年後は RC/VP/CTW 保管が高いスコアを維持していたものの、DC/GS/NTW 保管の評価は SP の基準値を下回った。官能評価と理化学的分析値間の相関関係について解析した結果、理化学的な分析により得られた数値の有意性は官能評価の点数をよく反映していることが明らかとなった。
- (3) これらの結果から、生豆品質は1か月程度の輸送ではコンテナや梱包資材の影響は少ないと判断された。しかし、保管する倉庫の温度、湿度の影響を受け、理化学的分析値である総脂質量、酸価および焙煎試料豆抽出液の pH は経時に変化することが明らかとなった。この中で RC/VP/CTW 保管は、もっとも成分の変化が少なく、1 年間程度は SP として使用可能な官能評価のスコアを維持した。一方、DC/GS/NTW 保管の場合は風味の低下が大きく、SP としての基準スコア 80 を下回ったことから、半年以内の消費が望ましいと考えられた。

参考文献

- 1)(株)MTI 技術戦略グループ：海上コンテナ内温度と簡易防熱の検討，5~9 (2011.11.29)
- 2)Jean Nicolas Wintgens: coffee: growing processing sustainable production, (WILEY-VCH, USA), 743~745(2012)

第 5 章 味覚センサーの有効利用方法について

第 1 節 味覚センサーの効果的な使用

理化学的な分析は、実験器具、有機溶媒、実験場所が必要であり、また時間がかかるため、簡便な方法として「味覚センサー」で代用できるかについて検討すると同時に、その効果的な使用方法も検証した。また、コーヒーは、成分が複雑であるため、味覚センサー数値と官能評価および理化学的数値の相関から新たにその効果的な使用方法を検討した。(実験 4)

第 1 項 味覚センサーとは

(株)インテリジェントセンサーテクノロジー (以下 IST)製¹⁾で現在日本を中心に 500 台程度販売され、使用されている。味覚センサーは、主には食品の呈味を計測するため、多くの企業で使用されているが、呈味物質は種類が多く、個々の物質のみに応答するものではなく類似した味に応答するように設計されている。酸味、苦味、旨味、塩味、渋味の 5 つのセンサーで味の強度を数値化し、苦味、旨味、渋味については先味と後味に区分され数値は 8 つの指標で表示される(Table27)。

Table27 味覚センサーの 8 つの指標

	先味	後味
酸味	酸味(リン酸・酒石酸・クエン酸)	
苦味	苦味雑味(苦味物質由来で低濃度ではコクや隠し味に相当)	苦味(一般食品に見られる後味の苦味)
旨味	旨味(アミノ酸などの出汁味)	旨味コク(持続性のあるコク)
塩味	塩味(塩化ナトリウムなど)	
渋味	渋味刺激(渋味物質による刺激味)	渋味(カテキン・タンニン)

第 2 項 味覚センサーの長所と短所

測定時間はコーヒーであれば 1 試料 40 分程度で完了し、基準となるスタンダード試料を除き 9 試料を装置にかけることができる。装置の扱いは比較的簡単であり、数値化も簡易にできる利点がある。さらに、数値は、グラフ化することができ試料の比較が容易で、それらをもとに呈味の改善や安定が可能となり、商品開発に寄与すると考えられる。また、マーケティング上の視覚効果が期待できる。その反面、コーヒーの風味に重要な香りは感知できず、また主にセンサーは強度を計測するだけで成分組成などの質的評価はできない。さらには、食品によりセンサーの応答が異なり、分析結果の考察が難しいと考えられる。また、8 つの指標の言葉はすべての食品に共通するものではなく、味の全体像がつかみにくい。

第 3 項 試料の調製方法

本研究では、各焙煎豆はデロンギミル(KG364J)の coarse で挽いた。200ml 容ビーカーに試料 7g を入れ、93℃の熱湯 130ml を加え、スターラーで 3 分間攪拌した。円錐ドリッパーでペーパーを使用してろ過後、冷水中で常温になるまで静置したものを測定に使用した。実験に際しては、同じ豆 9 種を同時にかけて、6 時間後の結果を検証したが結果に差異はなく、センサーにかける試料の温度および抽出後の時間経過は応答値に影響がないことを確認した。

コントロールとしてインスタントコーヒー(COFFEE ORIGINAL BLEND、UCC 上島珈琲株式会社)を使用した。粉 2g に対し 93℃熱湯 140ml を注ぎ、スターラーで 3 分間攪拌し、冷水中で常温になるまで静置したものを使用した

第4項 味覚センサーでの測定結果

中米10カ国の味覚センサー応答値の平均値とA(Columbia)、B(Brazil)の応答値をレーダーチャートにしてFig.32に示した(ISTから提供された応答値から作成した)。Aは、全体の風味バランスが良いコーヒーで、Bは酸味が弱く、苦味雑味が多いということが読み取れる。

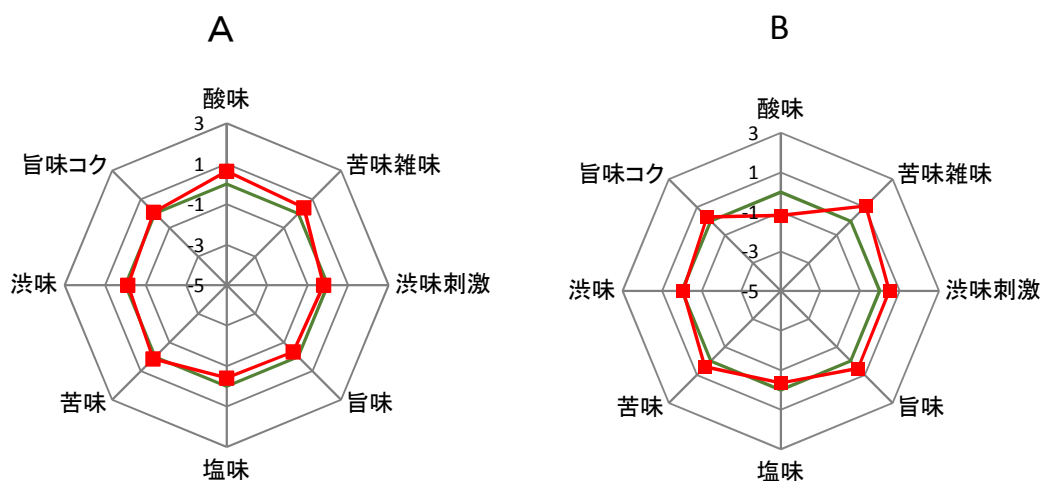


Fig.32 平均値との比較

ブラジルおよびコロンビアの中煎り(M)と深煎り(F)の焙煎豆の比較をしたグラフをFig.33に示した。ブラジルは、MよりFが酸味は減少し、苦味雑味、苦味が強くなっていることがわかる。コロンビアは、酸味に変化はないが、苦味雑味、苦味が強くなっている。官能的には、焙煎が深くなれば苦味を強く感じるため、焙煎の苦味を強く表していると考えられる。しかし、これらはMとFを同じ豆の分量で抽出してセンサーにかけたもので、苦味の強さはわかるものの、苦味の質までは判断できない。

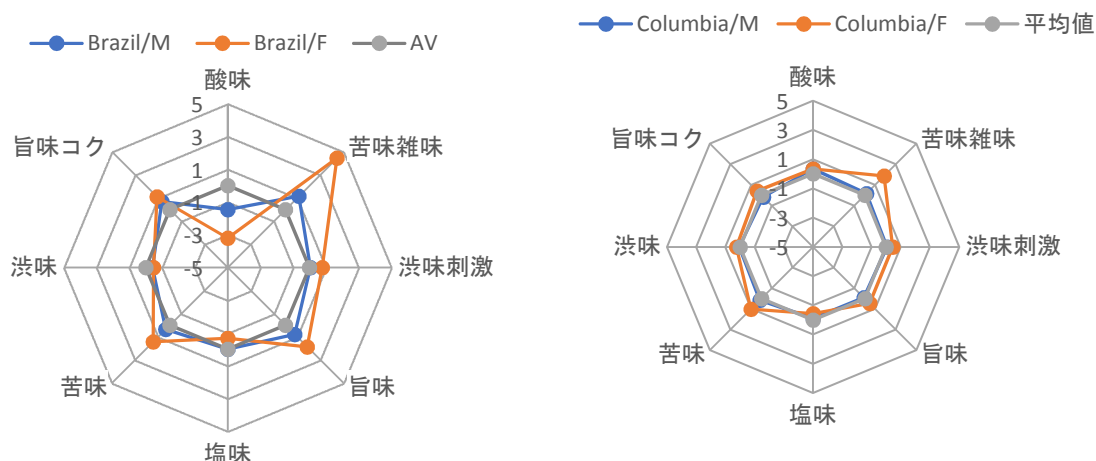


Fig.33 中煎り(M)深煎り(F)応答値の比較

第5項 味覚センサーの新しい効果的な使用方法について

コーヒーの場合、試料の生産履歴全般が曖昧なまま分析される事例が多く見られ、また試料作製方法などが統一されていないため粉の量、粉の粒度、熱湯の温度、抽出方法と時間等について共通の取り扱い規約の作成が必要と考えた。すでに実験1で、SPとCO間には成分差があり、実験3で生豆成分は経時変化することが明らかとなった。そのため、分析試料のデータをできるだけ明らかにしておけば、コーヒーの味以外にも生豆の品質評価も可能になると考えられる。

(1) 生産履歴などデータの整理

- 1) 生産国の生産地域、品種、生産方法、等級、価格、入港時期、梱包材質、輸送コンテナ、保管倉庫などについてわかる範囲で記録する。
- 2) 焙煎度合い、焙煎日、分析日を記録しておく。

第 2 節 味覚センサーによる生産地および等級別のコーヒーの比較

第 1 項 実験試料

2017 年収穫のタンザニア産、グアテマラ産の W(ウォッシュト)を各 3 種、ブラジル産、エチオピア産の N(ナチュラル)を各 3 種の計 12 種とした(Table28)。各生産国の等級は SP1 種、CO は輸出規格上位と下位の豆 2 種計 3 種とした。

Table28 味覚センサーで使用する試料

生産国	SP は農園、水洗加工場 CO は輸出規格	品 種	精製 方法	コン テナ	梱包 材質	保管 倉庫
TZA/SP	タンザニア北部カラツ地方の農園	Bu	W	R	GP	CTW
TZA/CO1	AA：スクリーンサイズ 18 が 90%以上	Bu	W	D	GS	NTW
TZA/CO2	AB：スクリーンサイズ 15-16 が 90%以上	Bu	W	D	GS	NTW
GTM/SP	セラード地域の農園	Bu	N	R	GP	CTW
GTM/CO1	No2：欠点豆の混入が 4 欠点以内	不明	N	D	GS	NTW
GTM/CO2	4/5：スクリーンサイズ 14-15 で 36 欠点以内	不明	N	D	GS	NTW
BRA/SP	アンティグア地方の農園	Bu	W	R	GP	CTW
BRA/CO1	SHB：標高 1.400m以上	不明	W	D	GS	NTW
BRA/CO2	EPW： d 900~1.100m	不明	W	D	GS	NTW
ETH /SP	イルガチェフェ地方の水洗加工場	在来	N	D	GP	CTW
ETH/CO1	G-4：欠点豆が 26~46	在来	N	D	GS	NTW
ETH/CO2	G-4：欠点豆が 26~46	在来	N	D	GS	NTW

TZA(Tanzania)、GTM(Guatemala)、BRA(Brazil)、ETH(Ethiopia)

生豆の大きさは、スクリーン(篩)で 13~20 で区分される。

穴の大きさの単位は 64 分の 1 インチで、スクリーン 18 は 64 分の 18 インチ。

第2項 実験試料の欠点豆評価、理化学的評価および官能評価

試料として用いた12種のコーヒー豆について欠点豆評価と第1章で設定した理化学的評価を行った。

欠点豆評価の結果をTable29に示した。SPは欠点数が26以下と少なく、SP基準に合致したが、COはエチオピアCO1以外69から105と多く、SO基準には達していなかった。

Table29 実験試料の欠点豆の数

欠点豆 の種類	TZA SP	TZA CO1	TZA CO2	GTM SP	GTM CO1	GTM CO2	BRA SP	BRA CO1	BRA CO2	ETH SP	ETH CO1	ETH CO2
黒豆			5									
発酵豆		1						4	1			
虫食い			22	7	19	11	19	24	20	3		3
未熟豆		23	57	4	19	30	3	21	29	11	7	55
欠け豆	10	70	8	12	38	63	2	21	45	11	7	32
フローター			1		3	1				1		
しわ												
シエル			10		8			3			1	
カビ												
他		1										
計	10	95	103	23	87	105	24	69	94	26	15	90
クエーカー	2	5	16	6	10	23	12	17	33	13	28	46

TZA(Tanzania)、GTM(Guatemala)、BRA(Brazil)、ETH(Ethiopia)

pH、滴定酸度、総脂質量、酸価、ショ糖量および官能評価の結果を Table30 および 31 に示した。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。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($p<0.05$)高かったが、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。総脂質量は、SP が CO より有意に($p<0.05$)高く、官能評価の Body の点数と総脂質量には $r=0.82$ と強い正の相関が見られ、総脂質量の多さは官能評価に影響を与えていることが示された。各生産地の SP は、CO に比べ有意に($p<0.01$)酸価が低く、中でもグアテマラ産 SP は 1.91 ともっとも低い数値であった。官能評価総合点との間には $r=-0.63$ と負の相関が見られた。ショ糖量は、グアテマラ産、ブラジル産、エチオピア産は 7.26~7.90g/100g の範囲内であったが、タンザニア産は 6.26~6.83 g /100g とやや低い傾向が見られた。各生産地共に SP と CO 間に有意差はみられなかった。

Table30 味覚センサーで測定した試料の理化学的評価

生産国	pH	滴定酸度 (ml/g)	総脂質 (g/100g)	酸価	シヨ糖
TZA/SP	4.90±0.08	7.71±0.43	14.88±1.00*	3.60±1.22**	6.83±0.64
TZA/CO1	4.93±0.09	7.65±0.49	13.65±0.77	4.55±1.28	6.53±0.74
TZA/CO2	4.94±0.11	7.69±0.67	14.57±1.20	3.95±1.02	6.26±1.17
GTM/SP	4.96±0.03**	6.83±1.00**	17.16±0.52**	1.91±0.72**	7.62±0.47
GTM/CO1	4.94±0.07	6.29±0.33	14.42±0.54	3.43±1.11	7.90±0.38
GTM/CO2	5.00±0.03	6.24±0.37	12.92±0.37	5.55±1.59	7.85±0.50
BRA/SP	5.01±0.03**	7.41±0.32**	15.21±0.69**	3.10±0.92**	7.26±0.46
BRA/CO1	5.14±0.07	6.51±0.38	13.65±0.51	4.38±0.98	7.61±0.56
BRA/CO2	5.15±0.11	6.49±0.34	14.57±0.84	3.36±0.30	7.38±0.47
ETH /SP	4.97±0.03**	6.42±0.38	17.60±0.76**	2.31±0.69**	7.77±0.32
ETH/CO1	5.05±0.06	6.43±0.47	16.30±0.74	6.82±1.08	7.44±0.66
ETH/CO2	5.02±0.07	6.36±0.34	15.85±1.53	5.48±0.90	7.23±0.67

SP の CO1 に対する有意差 * $p<0.05$ ** $p<0.01$ n=5

TZA(Tanzania)、GTM(Guatemala)、BRA(Brazil)、ETH(Ethiopia)

Table31 味覚センサーで測定した試料の官能評価

生産国	Total score	Acidity	Body
TZA/SP	82.27±1.31**	7.61±0.23*	7.41±0.22
TZA/CO1	77.11±3.02	6.98±0.31	7.00±0.36
TZA/CO2	79.16±3.45	7.09±0.57	7.18±0.41
GTM/SP	83.63±1.31**	7.70±0.22**	7.52±0.25*
GTM/CO1	77.39±3.11	7.00±0.47	6.96±0.47
GTM/CO2	74.00±2.80	6.50±0.50	6.55±0.51
BRA/SP	81.32±1.26**	7.50±0.25**	7.34±0.16*
BRA/CO1	75.91±2.96	6.70±0.47	6.75±0.45
BRA/CO2	76.14±3.79	6.70±0.51	6.73±0.54
ETH /SP	85.16±2.05**	7.84±0.30*	7.7±0.26**
ETH/CO1	78.52±3.21	7.18±0.54	7.14±0.48
ETH/CO2	78.41±3.25	7.09±0.41	7.02±0.43

SP の CO1 に対する有意差 * $p<0.05$ ** $p<0.01$ n=13

TZA(Tanzania)、GTM(Guatemala)、BRA(Brazil)、ETH(Ethiopia)

各生産国の官能評価総合点は、SP が有意に CO より点数が高かった。タンザニア産、ブラジル産 CO は、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総脂質量は少なく、かつ酸価の値が高いことによると考えられた。このことから、官能評価のみでは品質を十分に判断できない事例も生じ、理化学的指標の重要性が確認された。

第3項 味覚センサーの応答値と官能評価および理化学数値との相関

各味のセンサーの応答値と官能評価および理化学的分析数値との相関性を明らかにし Table32 に示した。

Table32 味覚センサーの応答値と官能評価および理化学数値との相関

センサー	官能評価 総合点	官能評価 Acidity	官能評価 Body	総脂質量	酸価	pH	酸度
酸味	0.92	0.91	0.83	-0.02	-0.93	-0.79	0.43
苦味雑味	-0.79	-0.78	-0.75	-0.68	0.57	-0.04	-0.35
苦味	-0.5	-0.43	-0.43	-0.24	0.73	-0.04	-0.27
旨味	-0.47	-0.5	-0.48	0.01	0.54	0.6	-0.61
旨味コク	-0.07	-0.01	-0.03	0.31	0.43	-0.27	-0.53
塩味	-0.08	-0.06	-0.06	0.42	0.46	0.11	-0.55
渋味刺激	0.11	0.14	0.12	0.13	-0.03	—	-0.13
渋味	0.19	0.24	0.22	0.38	0.16	—	-0.24

(1) 酸味センサー

「酸味センサー」は、pH が低い酸性(2.3~3.5)の場合に相関性が高く、また、リン酸、フマル酸、酒石酸、クエン酸、リンゴ酸などの有機酸に反応することがわかっている。(IST 調べ)本実験でも、味覚センサーの応答値と pH は $r=-0.79$ の負の相関がみられ、官能評価 Acidity の得点と $r=0.91$ の正の相関があることから、「酸味センサー」が酸の強さを反映していることが明らかとなった。

(2) 苦味センサー

マグネシウム、カルシウムなどの無機イオンおよびキニーネなどの苦味物質に応答するが、コーヒーの苦味であるカフェインには応答しない(IST 調べ)。苦味センサーは、深い焙煎のコーヒーに高い数値を示すことから、コーヒーの褐色色素にも反応していると推測されるが、脂質にも応答していると考えられた。

「苦味雑味」は、官能評価総合点と $r=-0.79$ 、官能評価 Body と $r=-0.75$ と負の相関があり、理化学数値の脂質と $r=-0.68$ の負の相関がみられた。このことから、苦味雑味は、脂質の粘性などから「Body」という指標に置き換えることも可能と考えられた。また、「苦味」は、官能評価 Body との相関は $r=-0.43$ とやや低かったが、コーヒーの雑味、濁りなどの味につながる酸価とは $r=0.73$ と相関が高かった。味覚センサーの応答値が高いほど、酸価が高いと考えられた。したがって、応答値が低ければクリーンな味と考えられ、指標を「Clean」という言葉に置き換えた。「苦味雑味」と「総脂質量」の相関図を Fig.34 に、「苦味」と「酸価」の相関図を Fig.35 に示した。Fig.34 は、苦味雑味の応答値が少ない SP は総脂質量が高いという傾向を示している。Fig.35 は、苦味の応答値が少ない SP は、酸価が低いという傾向を示している。

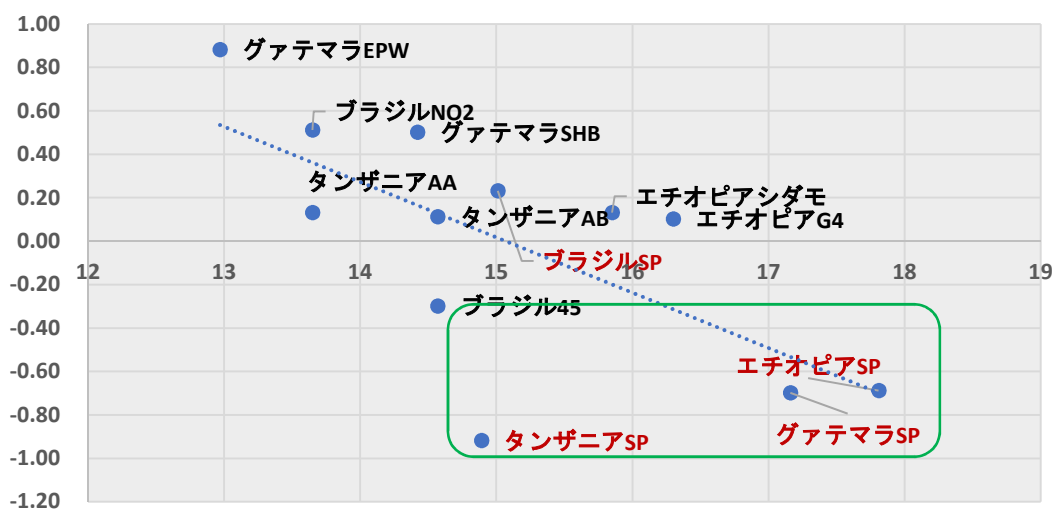


Fig.34 苦味雑味(Y)センサー応答値と脂質(X)

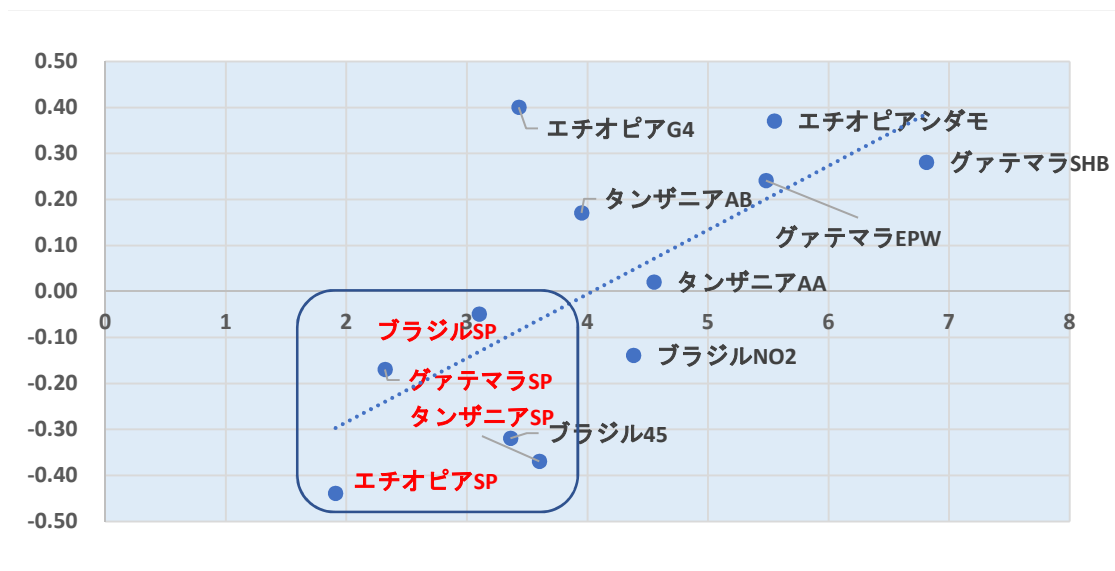


Fig.35 苦味センサー応答値(Y)と酸価(X)

(3) 旨味センサー

「旨味センサー」は、先味の「旨味」と後味の「旨味コク」に区分されるが、共にアミノ酸であるグルタミン酸、イノシン酸に応答する。コーヒーのアミノ酸はグルタミン酸がもっとも多いが、微量でどの程度応答しているのかは不明であり、今回はそのまま「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。

(4) 塩味センサー

「塩味センサー」をは、主には塩化ナトリウムに応答するが、クエン酸、リンゴ酸などの有機酸に応答することがわかっている(IST 調べ)。塩味センサーと理化学数値の滴定酸度とは $r=-0.55$ と負の相関があり、塩化ナトリウム以外に酸の総量に応答している可能性が示唆された。そのため、コーヒーの酸味については、酸味センサーと塩味センサーを合わせて解析する必要があると考えられる。また、コーヒーの欠点豆である未熟豆、欠け豆、虫食い豆のみを味覚センサーにかけた結果、「塩味」に反応する傾向がみられることから、塩味センサーは雑味

などの負の味を感知していることが示唆された。このことは、ロブスタ種とアラビカ種を比較した場合にも、雑味の多いロブスタ種が「塩味センサー」に強く応答することからも明らかといえる。そのため、今回の実験では、塩味センサーをそのまま使用せず、今後の課題とした。

(5) 渋味センサー

「渋味センサー」は、カテキンなどの渋味物質に応答する。コーヒーの場合は、渋味は負の味として評価されることが多く、また官能評価および理化学評価との相関性はなく、測定から外してもよいと考えられた。ただし、コーヒーの場合、官能的に渋味を感じることの多いロブスタ種が渋味刺激に応答し、未熟豆などの欠点の味にも応答しているため、「渋味センサー」を使用する場合は、負の味として評価すべきと考えられる。

本研究では、酸味を「Acidity」、苦味雑味を「Body」、苦味を「Clean」旨味を「Umami」、旨味コクを「After taste」という言葉に置き換え使用することを提案するものである。

第 4 項 実験試料の分析結果

(1) 基本の応答値による解析

試料を味覚センサーで分析し、その応答数値から基本のレーダーチャートを作成した(Fig.36)。タンザニア産、グアテマラ産、ブラジル産、エチオピア産の各豆の SP は CO より酸が強く、「苦味雑味」および「苦味」が弱い傾向が見られた。「苦味雑味」は「脂質」との負の相関があり、「苦味」は「酸価」との相関があることから、SP は脂質が高く、脂質の劣化が少ないと解釈できた。

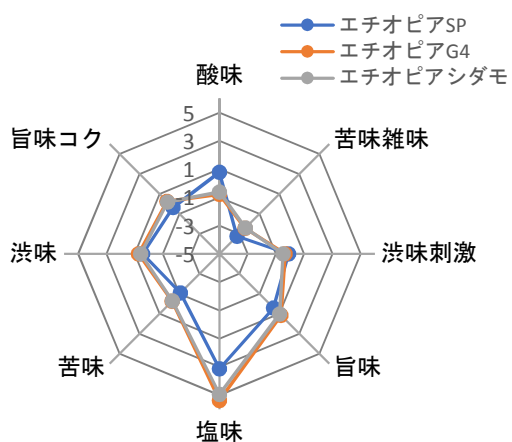
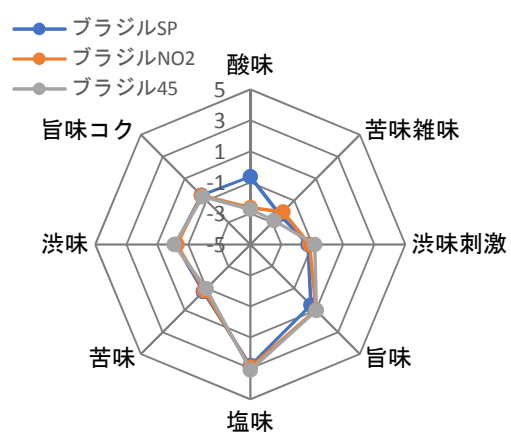
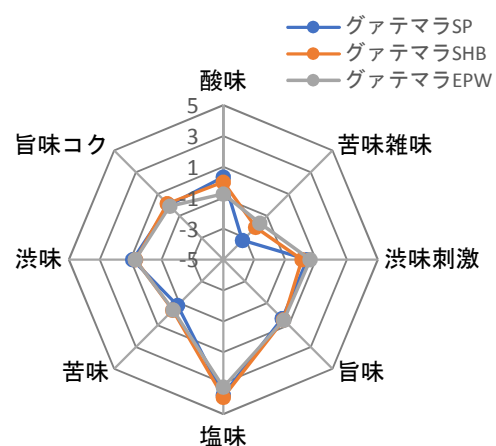
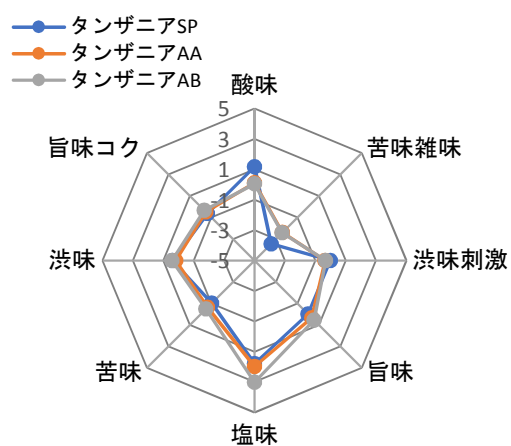


Fig.36 味覚センサーで測定した実験試料の基本レーダーチャート

基本の 8 項目から「塩味」、「渋味」、「渋味刺激」の 3 項目を除外し、5 角形のレーダーチャートを作成すると Fig.37 のようになった。

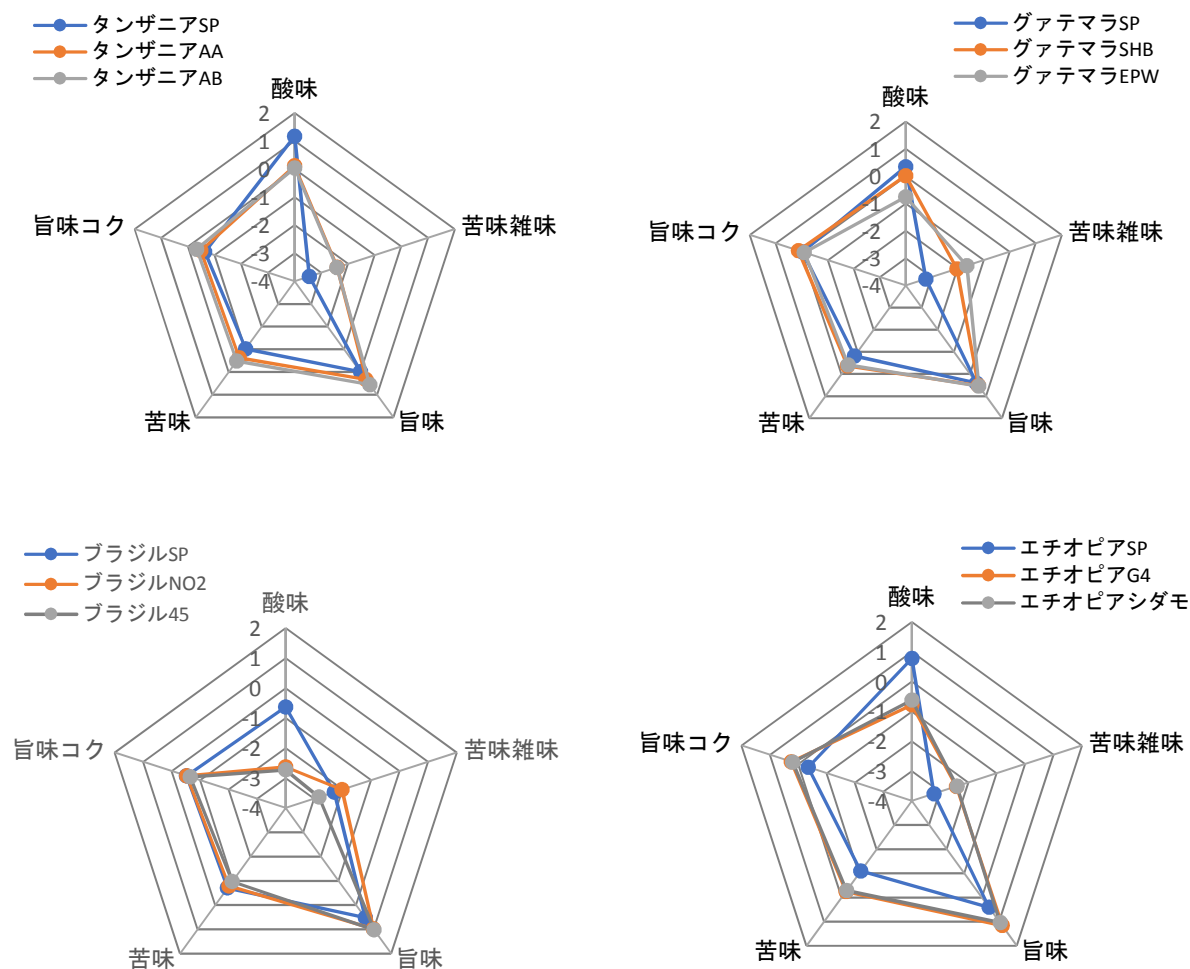


Fig.37 味覚センサーで測定した項目からの塩味、渋味、渋味後味を除いた結果

(2) 味覚センサーにおける「苦味」と「苦味雑味」値の補正

味覚センサーの「苦味雑味」は「Body」、「苦味」は「Clean」という指標でグラフを表すため、数値の補正をした方が、コーヒーの味を判断しやすいと考え、「苦味雑味」応答値に $r=-0.68$ の相関係数を、「苦味」応答値に $r=0.73$ の相関係数を乗じた。その結果を Fig.38 に示し、IST 社に提案した。ただし、応答値の補正については、今後さらに実験回数を増やし IST 社と協議しながら、より精度高めたい。

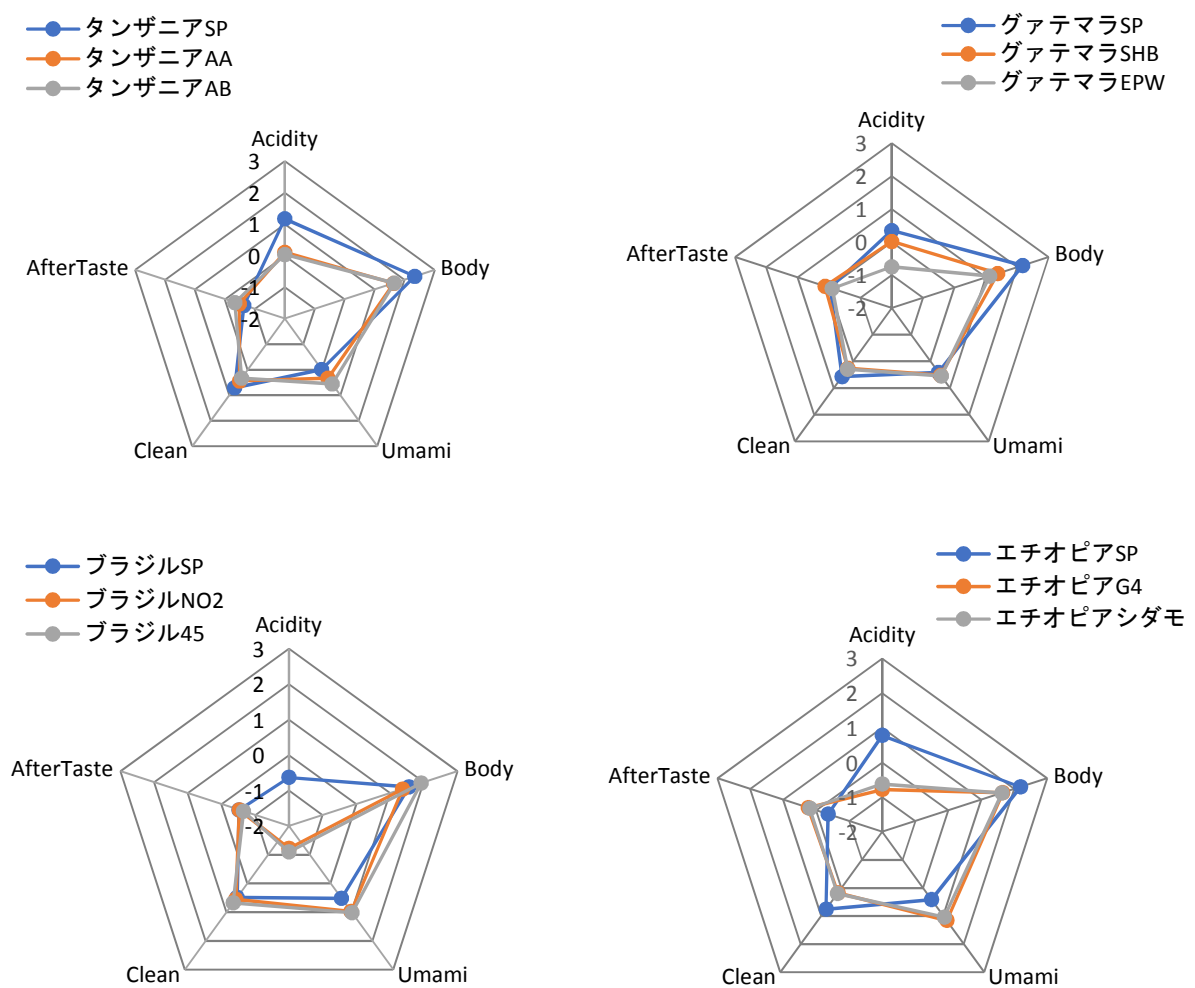


Fig.38 相関係数を補正係数として使用した結果

味覚センサーの応答値を補正したレーダーチャートにおいて、タンザニアの SP は CO より Acidity、Body のあるコーヒーであることがわかる。理化学的評価においても SP は CO より pH が低く、総脂質量が高いことをよく反映している。グアテマラの SP は、Body があるコーヒーとしての特徴がみられるが、脂質が 17.16g/100 と CO に比べ有意に($p<0.01$)高いことによるものと考えられる。ブラジルの SP は、他の産地に比べると酸は弱い、ブラジル SP の pH が 5.01 であり、CO の 5.14 より酸が強めのコーヒーであることを示している。官能評価 Acidity の評価が高いことも相関している。エチオピア SP の $\text{pH}4.97\pm0.03$ は、CO の 5.05 ± 0.06 、 5.02 ± 0.07 に比べ有意に($p<0.01$)酸が強い。また、SP の総脂質量は、 17.60 ± 0.76 と CO より 1g 以上高く、コクがあり、酸価も 2.31 ± 0.69 と有意に($p<0.01$)低く、濁り感の少ない高品質のコーヒーであることを示している。味覚センサーの応答値から作成したレーダーチャートは、理化学的な分析値を反映していると考えられ、味覚センサーを簡便な方法として使用できる可能性が示された。

第 3 節 小括

- (1) 味覚センサーは、試料の応答値のままグラフを作成してもよいが、品質、風味をよりわかりやすくするためには、センサーの応答値と理化学的数値および官能評価の相関性を見る必要があると考えられた。その結果、3つのセンサーの5つの指標を使用することで品質と風味を評価できると考えられ、酸味を「Acidity」、苦味雑味を「Body」、苦味を「Clean」、旨味を「Umami」、旨味コクを「After taste」という言葉に置き換え使用した。
- (2) コーヒーの場合、味覚センサーの指標をよりわかりやすくするためには、試料の生産履歴をできるだけ明らかにし、試料の焙煎度、使用量、粒度、抽出方法などの規約を定める必要があると考えられた。

- (3) 効果的な利用方法としては、初めに、各産地の優れた SP の基準グラフを作成しておく必要がある。その後センサーにかける SP および CO 試料の結果と簡単に比較することができ、品質、風味の程度が判断できると考えられた。
- (4) 理化学的数値および官能評価の簡便な方法として代用できる可能性が示唆された。

参考文献

- 1) www.insent.co.jp

第 6 章 理化学数値による品質指標の作成

品質指標を作成するために分析した 50 試料の内訳は以下の通りであった。

- ・生産国別：ケニア産 11 種、エチオピア産 5 種、グアテマラ産 5 種
タンザニア産 3 種、コロンビア産 11 種、ブラジル産 15 種
- ・等級別：SP 26 種、CO 24 種であった
- ・精製方法別：W 30 種、N 12 種、PN 4 種、SW 4 種
- ・梱包材質別：VP 9 種、GP 18 種、GS 23 種
- ・コンテナ別：RC 16 種、DC 34 種。
- ・保管倉庫別：NTW 29、CTW15℃21 であった。

これまで実験に使用した SP と CO の 50 試料の理化学的数値および官能評価の結果を Table33 にまとめた。

Table33 50 サンプルの理化学的数値と官能評価総合点

	生産国	等級	精製 方法	pH	滴定酸度 (mL/100g)	脂質 (g/100g)	酸価	官能評価 総合点	官能評価 Acidity	官能評価 Body
1	KEN	SP	W	4.75±0.01	8.11±0.10	17.2±0.2	3.49±0.30	85.54±1.37	8.0±0.3	7.8±0.3
2	KEN	CO	W	4.79±0.02	7.86±0.15	17.6±0.4	7.14±0.17	78.69±1.31	7.1±0.2	7.0±0.2
3	ETH	SP	N	5.05±0.02	5.99±0.16	17.8±0.4	3.66±0.17	86.98±1.01	8.1±0.2	8.1±0.2
4	ETH	CO	N	5.20±0.02	4.71±0.12	15.8±0.2	8.15±0.43	75.71±3.02	6.6±0.4	6.7±0.4
5	GTM	SP	W	5.00±0.02	6.46±0.09	18.4±0.3	4.42±0.27	81.60±3.71	7.5±0.4	7.5±0.4
6	GTM	CO	W	5.05±0.01	6.29±0.10	17.2±0.3	6.71±0.31	77.77±2.40	6.8±0.5	6.8±0.5
7	COL	SP	W	4.88±0.01	6.89±0.08	18.2±0.4	2.70±0.13	85.10±0.93	8.0±0.2	7.8±0.2
8	COL	CO	W	5.00±0.01	6.32±0.09	17.6±0.4	3.58±0.17	78.02±1.31	7.0±0.4	6.9±0.4
9	KEN	SP	W	4.76±0.04	7.97±0.37	15.5±0.4	2.71±0.24	85.08±2.33	8.17±0.46	8.02±0.68

10	KEN	SP	W	4.75 ± 0.02	8.22 ± 0.18	15.3 ± 0.4	2.78 ± 0.34	85.46 ± 2.37	8.20 ± 0.55	8.15 ± 0.53
11	KEN	SP	W	4.79 ± 0.04	8.47 ± 0.20	15.4 ± 0.3	2.71 ± 0.13	85.38 ± 1.63	8.09 ± 0.34	7.98 ± 0.44
12	KEN	SP	W	4.73 ± 0.02	8.46 ± 0.42	15.5 ± 0.3	2.47 ± 0.44	84.00 ± 1.64	7.90 ± 0.25	7.77 ± 0.38
13	KEN	SP	W	4.75 ± 0.02	8.33 ± 0.18	15.4 ± 0.2	2.34 ± 0.32	83.88 ± 3.08	8.09 ± 0.55	7.92 ± 0.53
14	KEN	SP	W	4.81 ± 0.02	7.93 ± 0.28	15.4 ± 0.1	2.66 ± 0.44	83.90 ± 2.72	8.03 ± 0.50	8.01 ± 0.49
15	KEN	CO	W	4.78 ± 0.02	8.05 ± 0.28	16.5 ± 0.2	4.77 ± 0.52	79.43 ± 2.54	6.64 ± 1.91	6.71 ± 1.92
16	KEN	CO	W	4.77 ± 0.03	8.37 ± 0.30	16.4 ± 0.4	4.72 ± 0.71	78.97 ± 1.88	7.24 ± 0.48	7.24 ± 0.42
17	KEN	CO	W	4.77 ± 0.02	8.30 ± 0.22	15.8 ± 0.5	4.70 ± 0.36	79.76 ± 2.49	7.30 ± 0.51	7.23 ± 0.50
18	COL	SP	W	4.91 ± 0.03	7.36 ± 0.16	15.9 ± 0.1	2.46 ± 0.30	85.41 ± 0.60	7.91 ± 0.30	7.91 ± 0.19
19	COL	SP	W	4.89 ± 0.01	7.29 ± 0.28	15.5 ± 0.5	2.54 ± 0.14	84.22 ± 0.77	7.84 ± 0.35	7.81 ± 0.22
20	COL	SP	W	4.90 ± 0.02	7.26 ± 0.12	15.3 ± 0.1	2.56 ± 0.14	84.63 ± 1.52	7.73 ± 0.32	7.78 ± 0.19
21	COL	SP	W	4.92 ± 0.02	7.19 ± 0.22	15.7 ± 0.4	2.53 ± 0.26	83.94 ± 0.90	7.78 ± 0.25	7.78 ± 0.30
22	COL	SP	W	4.92 ± 0.02	7.19 ± 0.10	15.4 ± 0.4	2.45 ± 0.39	84.05 ± 1.53	7.78 ± 0.42	7.80 ± 0.42
23	COL	SP	W	4.94 ± 0.01	6.97 ± 0.23	15.1 ± 0.1	2.66 ± 0.41	83.94 ± 1.77	7.81 ± 0.51	7.78 ± 0.31
24	COL	CO	W	5.01 ± 0.02	6.50 ± 0.10	15.9 ± 0.4	2.98 ± 0.30	74.97 ± 4.04	6.88 ± 0.63	6.78 ± 0.63
25	COL	CO	W	5.00 ± 0.01	6.52 ± 0.16	15.9 ± 0.4	2.66 ± 0.43	75.42 ± 4.24	6.83 ± 0.44	6.68 ± 0.52
26	COL	CO	W	5.02 ± 0.02	6.41 ± 0.05	15.9 ± 0.3	3.27 ± 0.34	74.92 ± 4.55	6.75 ± 0.52	6.58 ± 0.51
27	TZA	SP	W	4.90 ± 0.08	7.71 ± 0.43	14.9 ± 1.0	3.60 ± 1.22	82.27 ± 1.31	7.61 ± 0.2	7.41 ± 0.2
28	TZA	CO	W	4.93 ± 0.09	7.65 ± 0.49	13.6 ± 0.8	4.55 ± 1.28	77.11 ± 3.02	6.98 ± 0.3	7.00 ± 0.4
29	TZA	CO	W	4.94 ± 0.11	7.69 ± 0.44	14.6 ± 1.2	3.95 ± 1.02	79.16 ± 3.45	7.09 ± 0.6	7.18 ± 0.4
30	GTM	SP	W	4.96 ± 0.03	6.83 ± 1.00	17.2 ± 0.5	1.91 ± 0.72	83.64 ± 1.31	7.70 ± 0.2	7.52 ± 0.3
31	GTM	CO	W	4.94 ± 0.07	6.29 ± 0.33	14.4 ± 0.5	3.43 ± 1.11	77.39 ± 3.11	7.00 ± 0.5	6.96 ± 0.5
32	GTM	CO	W	5.00 ± 0.03	6.24 ± 0.37	12.9 ± 0.9	5.55 ± 1.59	74.00 ± 2.80	6.50 ± 0.5	6.55 ± 0.5
33	BRA	SP	N	5.01 ± 0.03	7.41 ± 0.32	15.2 ± 0.7	3.10 ± 0.92	81.32 ± 1.26	7.50 ± 0.3	7.34 ± 0.2

34	BAR	CO	N	5.14 ± 0.07	6.51 ± 0.38	13.7 ± 0.5	4.38 ± 0.96	75.50 ± 2.95	6.70 ± 0.5	6.75 ± 0.5
35	BRA	CO	N	5.15 ± 0.11	6.49 ± 0.34	14.6 ± 0.8	3.36 ± 0.30	76.14 ± 3.79	6.70 ± 0.5	6.73 ± 0.5
36	ETH	SP	N	4.97 ± 0.03	6.42 ± 0.38	17.6 ± 0.8	2.31 ± 0.69	85.16 ± 2.05	7.84 ± 0.3	7.76 ± 2.3
37	ETH	CO	N	5.05 ± 0.06	6.43 ± 0.47	16.3 ± 0.7	6.82 ± 1.08	78.52 ± 3.21	7.18 ± 0.5	7.14 ± 0.5
38	ETH	CO	N	5.02 ± 0.07	6.36 ± 0.34	15.9 ± 1.5	5.48 ± 0.90	78.41 ± 3.25	7.09 ± 0.4	7.02 ± 0.4
39	BRA	SP	N	5.07 ± 0.03	6.79 ± 0.26	16.7 ± 1.0	1.53 ± 0.32	81.20 ± 2.00	7.33 ± 0.3	7.40 ± 0.3
40	BRA	SP	N	5.03 ± 0.01	6.80 ± 0.33	15.8 ± 0.5	1.93 ± 0.27	80.61 ± 1.93	7.21 ± 0.4	7.17 ± 0.4
41	BRA	CO	N	5.11 ± 0.01	5.89 ± 0.45	15.2 ± 0.6	3.42 ± 0.35	77.66 ± 3.09	6.93 ± 0.5	6.90 ± 0.4
42	BRA	CO	N	5.13 ± 0.02	6.43 ± 0.14	16.9 ± 0.7	3.07 ± 0.25	77.41 ± 3.47	7.00 ± 0.3	6.90 ± 0.4
43	BRA	SP	PN	5.07 ± 0.02	6.65 ± 0.26	16.1 ± 0.4	1.61 ± 0.14	80.75 ± 1.26	7.33 ± 0.2	7.29 ± 0.2
44	BRA	SP	PN	5.02 ± 0.01	6.90 ± 0.13	16.4 ± 0.5	1.88 ± 0.37	80.28 ± 1.82	7.10 ± 0.4	7.19 ± 0.4
45	BRA	CO	PN	5.07 ± 0.01	5.74 ± 0.23	15.9 ± 0.2	1.96 ± 0.35	78.18 ± 3.16	7.08 ± 0.5	7.00 ± 0.5
46	BRA	CO	PN	5.11 ± 0.01	6.23 ± 0.05	17.9 ± 0.6	2.54 ± 0.36	78.29 ± 3.26	7.00 ± 0.5	6.90 ± 0.4
47	BRA	SP	SW	4.99 ± 0.02	6.50 ± 0.25	16.1 ± 0.4	1.94 ± 0.41	81.34 ± 2.00	7.29 ± 0.4	7.29 ± 0.3
48	BRA	SP	SW	4.95 ± 0.01	7.65 ± 0.10	18.1 ± 0.5	2.03 ± 0.23	83.70 ± 2.21	7.67 ± 0.4	7.67 ± 0.3
49	BRA	CO	SW	5.08 ± 0.02	6.34 ± 0.14	16.6 ± 0.4	2.75 ± 0.28	75.36 ± 3.31	6.58 ± 0.5	6.62 ± 0.4
50	BRA	CO	SW	5.04 ± 0.03	6.70 ± 0.21	17.1 ± 0.4	2.67 ± 0.36	78.83 ± 3.40	6.97 ± 0.6	7.02 ± 0.4

KEN : Kenya, ETH : Ethiopia, GTM : Guatemala, COL : Columbia, TZA : Tanzania,

BRA : Brazil

第 1 節 理化学的数値の振れ幅と平均値

第 1 項 pH

中煎りコーヒーの pH は 5 の弱酸性といわれるが、試料には pH4.73～5.20 の幅が見られた。pH4.73 は強い酸であることが明らかとなり、ケニア産のコーヒーが酸の強いコーヒーであること、また pH5.0 以上が多いブラジル産は酸が弱いコーヒーであることも証明された。

第 2 項 滴定酸度

滴定酸度は 4.71～8.47ml/g の幅が見られ、7ml/g 以上は総酸量が多いと考えられた。

第 3 項 総脂質量

総脂質量は、12.9～18.4 g/100g の幅が見られ、16%以上であれば総脂質量は多いと考えられた。

第 4 項 酸価

酸価は、1.53～8.15 までの幅が見られたが、3.0 以下であれば脂質の劣化が少ないと考えられた。官能評価では、酸価数値の高いものは濁りを感じやすく、5 を超えると枯れた草の味を感じるパネルが多くみられた。各理化学的数値および官能評価の範囲および平均値を一覧にした (Table34)。

Table34 理化学的数値の振れ幅と平均

実験項目	SP の幅	SP 平均	CO の幅	CO 平均	SP+CO 平均
pH	4.73~5.07	4.91	4.77~5.15	5.00	4.96±0.12
滴定酸度(ml/g)	5.99~8.47	7.30	4.71~8.37	6.68	7.00±0.83
総脂質量 (g/100g)	14.9~18.4	16.2	12.9~17.9	15.8	16.0±1.20
酸価	1.61~4.42	2.58	1.96~8.15	4.28	3.39±1.49
官能評価総合点	80.3~87.0	83.5	74.0~79.8	74.0	80.6±3.60

第 2 節 官能評価と理科学的数値との相関

実験 1~4 の理化学的数値と官能評価の間には、官能評価総合点と酸価、官能評価の Body と総脂質量、官能評価の Acidity と pH の間に相関性が見られ、Table35 に結果をまとめた。これらの結果から新たな「品質点数表」が作成できると考えられた。また、50 試料の pH、滴定酸度、総脂質量、酸価を説明変数とし、官能評価総合点を目的変数として重回帰分析を行った。その結果、理化学的数値による官能評価点の推定の可能性が示され、それらの数値の有効性が明らかとなった(Fig.39)。

Table35 官能評価と理科学的数値との相関のまとめ

	試料	n	総合点と酸価	Body と脂質	Acidity と pH
実験 1	Kenya	26	-0.938	0.853	-0.809
	Columbia	26	-0.876	0.820	-0.861
	Guatemala	26	-0.749	0.610	-0.660
実験 2	Brazil	12	-0.628	0.431	-0.733
実験 3	Columbia	12	-0.928	0.764	-0.873
実験 4	4 カ国 *	12	-0.632	0.820	-0.502

*4 カ国は、Tanzania、Brazil、Guatemala、Ethiopia

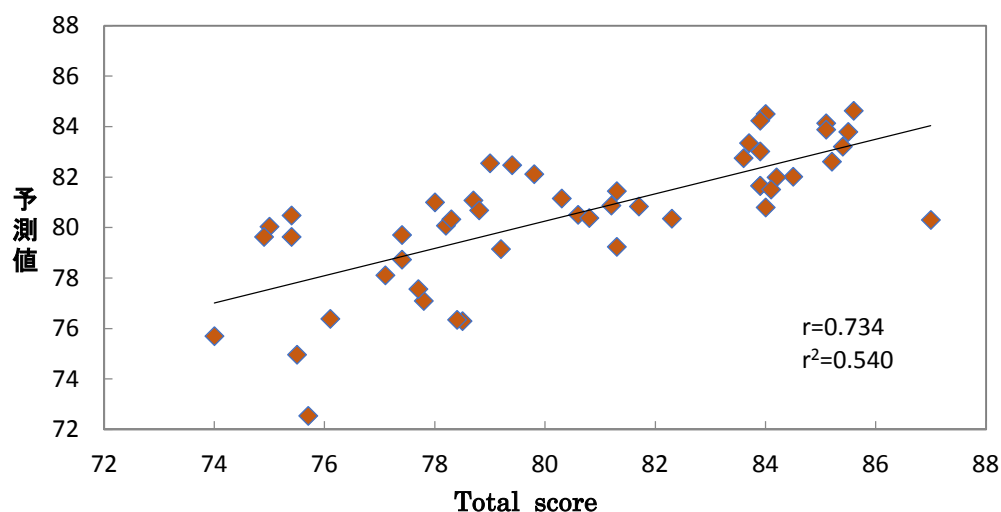


Fig.39 官能評価総合点と理化学的数値の相関性

第 3 節 品質スコア表の作成

実験 1～4 までの実験に使用した 50 試料の pH、滴定酸度、総脂質量、酸価の数値および官能評価点数の平均値および度数分布を参考にし、もっとも上位のものを 10 点とし、1～10 段階に区分し、生豆の「品質スコア表」を作成した (Table36)。

Table36 品質スコア表

	10 点	9 点	8 点	7 点	6 点	5 点	4 点	3 点	2 点	1 点
pH	≤ 4.75	4.76 ~4.85	4.86 ~4.90	4.91 ~4.95	4.96 ~5.00	5.01 ~5.05	5.06 ~5.10	5.11 ~5.15	5.16 ~5.19	$5.21 \geq$
滴定酸度	≥ 8.00	7.75 ~7.99	7.50 ~7.74	7.25 ~7.49	7.00 ~7.24	6.50 ~6.99	6.00 ~6.49	5.50 ~5.99	5.00 ~5.49	≤ 4.99
総脂質量	≥ 18.5	18.0 ~18.4	17.5 ~17.9	17.0 ~17.4	16.5 ~16.9	16.0 ~16.4	15.5 ~15.9	15.0 ~15.4	14.5 ~14.9	≤ 14.4
酸価	≤ 1.50	1.51 ~2.00	2.01 ~2.50	2.51 ~3.00	3.01 ~3.50	3.51 ~4.00	4.01 ~5.00	5.01 ~6.00	6.01 ~7.00	≥ 7.01
官能評価	≥ 90.0	87.0 ~88.9	85.0 ~86.9	83.0 ~84.9	81.0~ 82.9	80.0 ~80.9	76.0 ~79.9	73.0 ~75.9	70.0 ~72.9	≤ 69.9

10 点については、pH は $4.75 \leq$ 、滴定酸度は $8.0\text{ml/g} \geq$ 、脂質は $18.5\text{ g/100 g} \geq$ 、酸価は $1.50 \leq$ 、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 $6.50\text{g/g} \sim 7.24\text{ml/g}$ 、総脂質量 $16.0 \sim 16.9\text{g/100g}$ 、酸価 $3.01 \sim 4.00$ 、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。実験 3 で入港時から半年後以降には pH の上昇、入港時点から総脂質量の減少、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。

この品質スコア表は、理化学的数値に裏付けられたもので、生豆の品質および焙煎豆の風味の基準値として活用できる。

第 4 節 品質指標のグラフ

実験 1 から実験 4 までの理化学的数値を品質点数表により用いて点数化し、生豆の品質評価をグラフ化した。pH はそのまま「pH」とし、滴定酸度は「Acidity」に、総脂質量は「Lipid」、酸価は「Clean」という言葉に置き換えた。「Balance」は、 $(\text{「pH」} + \text{「Acidity」} + \text{「Lipid」})/3$ として算出した。グラフの指標は、5 角形もしくは「Total score」を入れた 6 角形でも作成できるが、「pH」+「Lipid」+「Clean」の 3 角形でも生豆もしくは焙煎豆の品質および風味を判断できる。

第 1 項 品質スコア表を用いた SP と CO の品質差異

ケニア産 SP はバランスの取れたしっかりした風味のコーヒーで、CO は酸価が風味を崩してしまい総合点が低くなっていると解釈できる。グアテマラ産は、SP、CO 共に酸味が弱い反面、総脂質量はある。SP は酸が弱いもののしっかりした風味と解釈できるが、CO は風味に特徴はなく、濁った味であることがわかる。コロンビアの SP は、バランスの取れた複雑な風味のコーヒーである反面、CO は凡庸な風味のコーヒーと判断でき (Fig.40)。

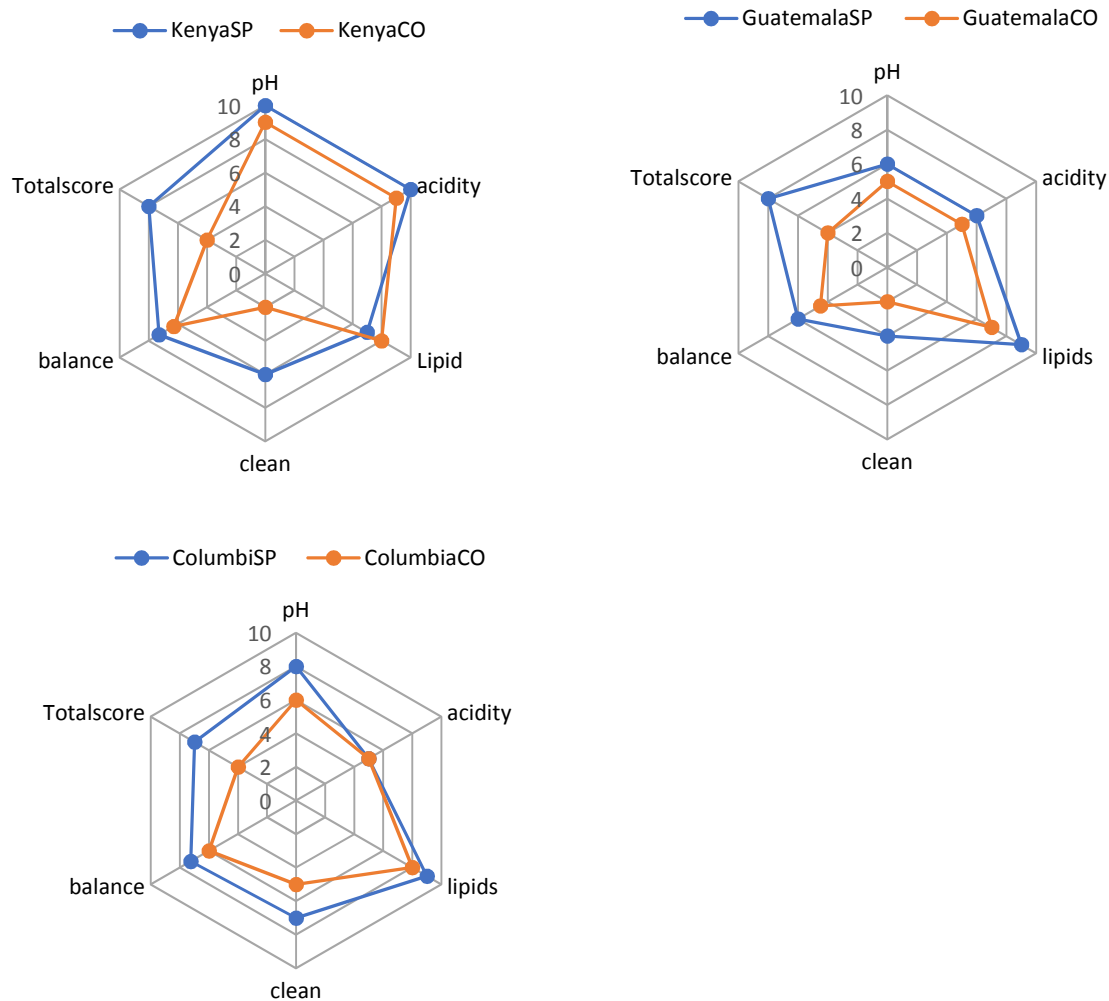


Fig.40 品質スコア表を用いた SP と CO の差異

第 2 項 品質スコア表を用いた精製方法の違いによる品質差異

N の SP はきれいな味わいで酸味もあるが深みのある味ではない。PN の SP、CO も風味の傾向は同じと判断できるが、N の CO はやや個性に乏しいと読み取れる。SW の SP は酸とコクのバランスがよく、明確な風味があるよいコーヒーと判断でき、CO は酸味が弱い分 SP ほどの個性がないと推測できる(Fig.41)。

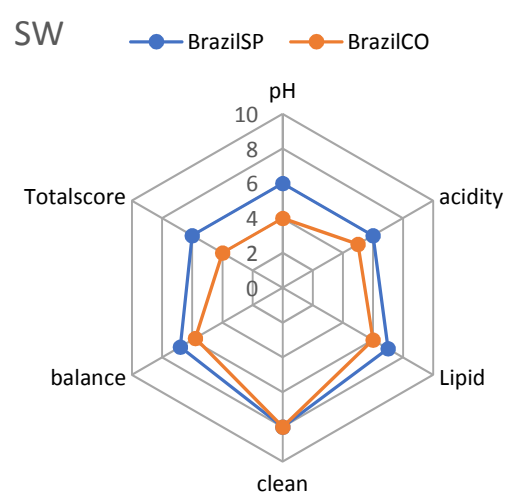
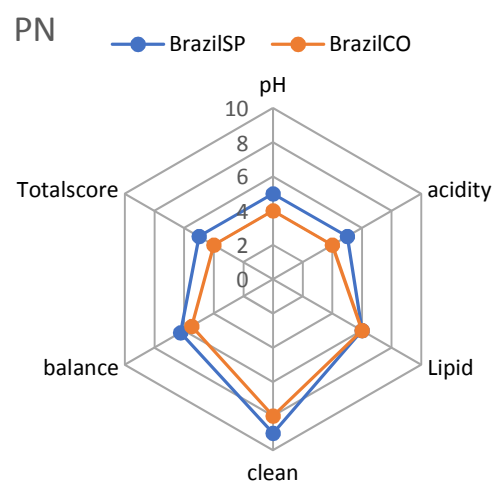
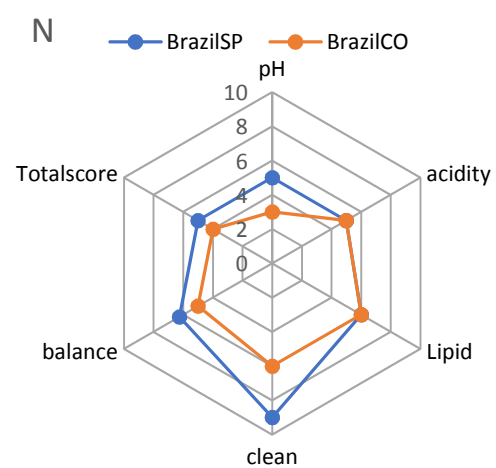


Fig.41 品質スコア表を用いた精製方法の違いによる品質差異

第3項 品質スコア表を用いた流通過程による品質差異

入港時においては4種の風味の差は少ない。半年後は、RC/VP以外は総脂質量の減少にともなうBodyの低下がみられ、1年後はさらに酸味の低下が読み取れる。1年後のDC/GSは入港時と比べ、グラフの5角形がもっとも小さくなり、著しく風味が低下していると判断できる(Fig.42)。

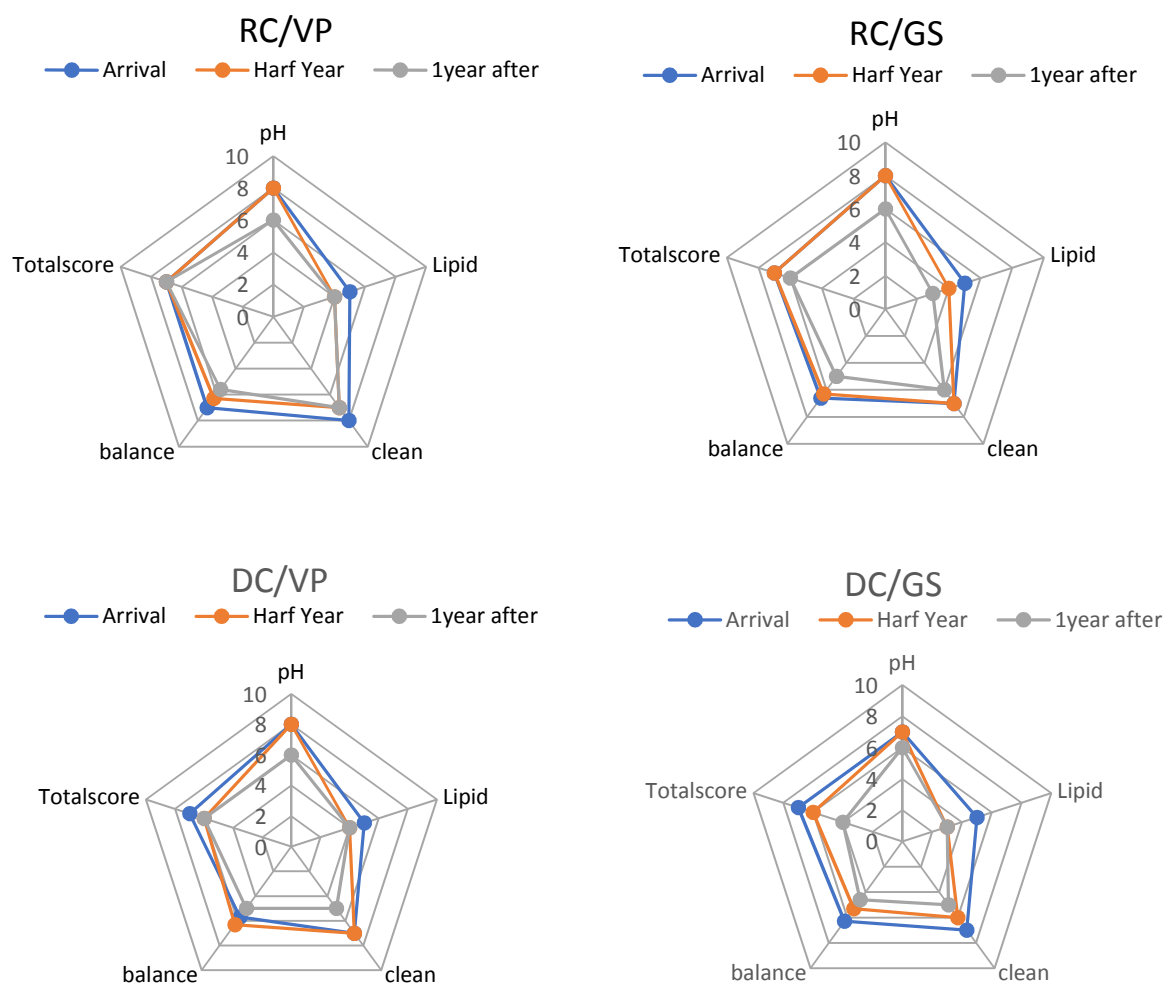


Fig.42 品質スコア表を用いた流通過程による品質差異

第4項 品質スコア表を用いた味覚センサーで測定した生豆の品質差異

グラフは、**acidity** を加え 6 角形とした。タンザニアの SP は CO より酸味が強く全体の評価を高めていると考えられる。グアテマラ SP は、酸味、コク、鮮度もよくバランスの取れた味のコーヒーであることがわかるが、CO の 2 種は酸味、コク共に弱く風味のないコーヒーと判断できる。ブラジルは、SP、CO 共に酸味が弱めであるが、SP は酸味のあるコーヒーでよいコーヒーと判断できるが、CO2 種は品質が良いといえない。エチオピア SP は、コクがあり、鮮度がよく、酸もほどほどであり、高品質のコーヒーと解釈できる。反面 CO は濁り感が強く、風味は弱いと推測される (Fig.43)。

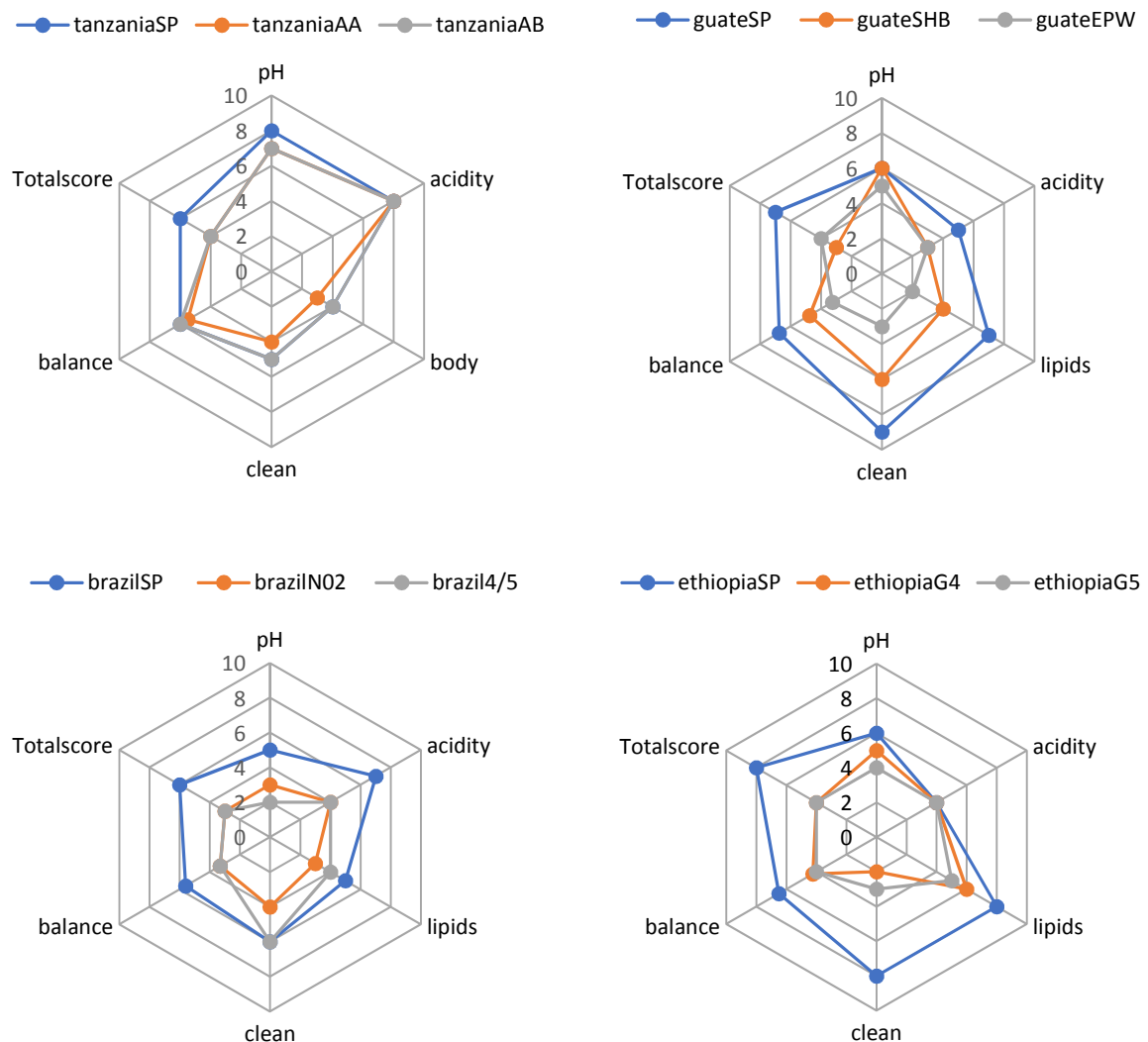


Fig.43 品質スコア表を用いた味覚センサーで測定した生豆の品質差異

第 7 章 総括と今後の展望

第 1 節 総括

コーヒーは嗜好飲料として世界中で愛飲されている。その生産に従事するのは発展途上国の小農家が多い。コーヒー産業の維持には、低品質の増産のみでは、消費者のコーヒー離れを引き起こすこと共に収入不足から小農家の離農を招くことも危惧され、高品質である SP の生産も重要である。様々なコーヒーが、市場で品質や風味により適切な価格で流通することにより、多様な消費者のニーズが生まれコーヒー産業の維持につながると考えられる。そのためには新たな品質基準の構築が必要であると考えた。コーヒーの風味に影響を与えると考えられる成分は多種であるが、品質、風味を表す理化学的指標は構築されていない。そこで本研究では、官能的に感知できると考えられた理化学的数値である pH、滴定酸度、有機酸量、総脂質量、酸価を分析した。その結果、これまでの欠点評価および SCAA の官能評価を以外に、これらの理化学的数値が新しい品質評価基準になることが明らかとなった。

さらに、理化学的数値から作成した「品質スコア表」は、コーヒーの品質および風味を客観的に提示することができ、それらを組み合わせることで、グラフとして可視化できる。グラフはレーダーチャートとして作成し、1. pH(水素イオン濃度)、2. Acidity(滴定酸度)、3. Body(総脂質量)、4. Clean(酸価)、5. Balance($(1+2+3+4) \div 4$)、6. Total Score(官能評価)のうち 3 から 6 項目を使用すればよい。見本として 3 角形および 5 角形のレーダーチャートを作成した (Fig.44)。

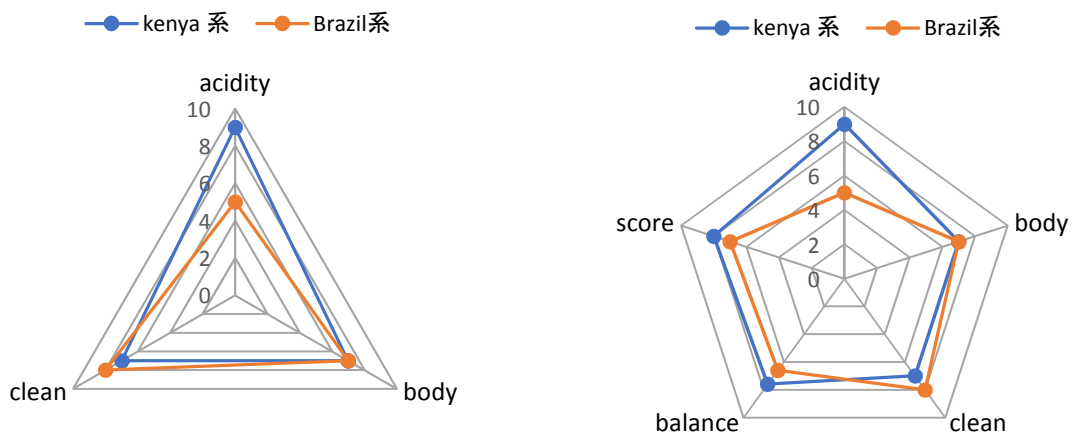


Fig.44 品質スコア表を利用した理化学的数値による生豆品質評価の例

グラフ作成により、生豆を取り扱う生産国の生産者、輸出会社、研究機関および消費国の輸入商社は、生豆品質およびコーヒーの風味を客観的に把握できる。これにより、焙煎豆を取り扱う焙煎会社、自家焙煎店は、消費者に風味を伝えるための有効な指標となる。また、「品質スコア表」を使用せず、「理化学的数値」である pH、滴定酸度、総脂質量、酸価の数値を単独もしくは組み合わせてコーヒーの品質、風味指標として活用することもできる。

コーヒーの風味のポイントは、「酸味」と「コク」およびそのバランスや欠点豆のない「濁りのない味わい」であることが官能評価との相関性の中で検証された。pH は酸の強さ、滴定酸度は総酸量として「酸味」の重要な指標となり、総脂質量は「コク」、酸価は「劣化の程度」として重要である。特に、生豆にとって全体の風味に影響を与える酸価は、もっとも重要な指標であると考えられ、新しい品質基準として認識されることを期待したい。

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、風味指標はより明確になると考えられる。

第 2 節 今後の展望

これらの理化学的数値による指標を、食品関連学会および日本のコーヒー業界内で発表して行く予定である。さらに、書籍の出版などにより新しい品質への理解を広めていきたい。また、海外においては農園主、輸出会社、研究機関関係者との協議を通し、より有効な品質基準の構築を目指したいと考える。

現在の SCAA 官能評価表は、主にはウォッシュトの評価のために作成されたもので 15 年が経過している(作成時高品質のナチュラルは少なかった)。しかし、精製方法は多様化し、ナチュラルの優れた品質のコーヒーが生産される現況にあって、ナチュラルも含めた新しい官能評価法が求められている。SCAA の官能評価表およびその他の評価表は、理化学的数値に基づき作成されたものとはいがたく、新たに客観的に評価できる官能評価表を作成していく必要があると考える。本研究が、理化学的な数値を反映した新たに簡便な評価表の作成につながることを期待したい。

最後に、理化学的実験はスキルが必要であると同時に有機溶媒などを使用するため分析が簡単にできるわけではない。また、味覚センサーでの新しい解析方法の開発も必要と考えているものの、味覚センサーは高価格のため誰でも使用できるわけではない。そのため、今後の課題として簡易キッドなど、簡便な分析方法の開発も必要と考えられる。

研究業績

学会発表

2016 年 9 月 : ASIC(国際コーヒー科学学会) 「The difference in the quality of specialty coffee and commercial coffee」

ポスター発表(中国・昆明)

2017 年 6 月 : 日本食品保蔵科学会「SP と CO の品質差に関する研究」

口頭発表(高知県立大学)

2018 年 6 月 : 日本食品保蔵科学会「生豆の流通過程における品質変化研究」

口頭発表(山梨大学)

2018 年 8 月 : 日本食品科学工学会「生豆の品質指標の作成に関する研究」

口頭発表(東北大学)

2018 年 9 月 : ASIC「New Physicochemical Quality Indicator for Specialty Coffee 」

口頭発表(米国・ポートランド)

2018 年 11 月 : 食香粧研究会「コーヒーに影響を及ぼす理化学成分と官能評価から新しい品質指標を作成する」

ポスター発表(東京農業大学)

基礎論文

論文 1 「有機酸と脂質の含有量および脂質の酸価はスペシャルティコーヒーの品質に影響を及ぼす」、日本食品保蔵科学会誌第 45 巻 2 号

論文 2 「コーヒー生豆の流通過程における梱包,輸送,保管方法の違いによる品質変化に関する研究」、日本食品保蔵科学会誌第 45 巻 3 号

Quality and quantity of organic acid, lipids and acid value influence the quality of specialty coffee

The quality of specialty coffee (SP) is evaluated based on the grading system (number of defects of green beans and sensory evaluation of roasted beans) of the Specialty Coffee Association of America, while the quality of commercial coffee (CO), which is a product with a wide variety of uses, is evaluated based on the export standards (number of defects and altitude) of its country of origin. Nevertheless, a physicochemical quality-based evaluation method has not yet been established.

In this study, the pH, titratable acidity, organic acid content, total lipid content, and acid values of Kenyan, Guatemalan, and Columbian SP and CO samples were analyzed and evaluated to correlation with sensory scores to find new indicators for quality evaluation of coffee.

Significant differences were shown to the pH and acid values of all SP samples, and in the titratable acidity and total lipid contents of some SP samples. In addition, the sensory evaluation scores for all the SP samples were more than 80, and were significantly higher than those for the CO samples. The significance of values obtained from the physicochemical analysis is reflected in the sensory evaluation scores, and it was suggested that they affect the coffee quality.

Study on quality difference due to packing medium, transportation, storage in coffee green bean distribution process

The quality of green coffee beans is affected by various steps in the manufacturing process, including cultivation, refinement, packaging, shipping, and storage.

This study focused on the changes in parameters, including packaging material, shipping method, and storage during the distribution process of green coffee beans from the country of origin to Japan. Standard commercial coffee (CO) beans are packaged in gunny sack (GS), shipped in a dry container (DC), and stored in a normal temperature warehouse (NTW).

However, the flavor of CO coffee beans often deteriorates. Thus, measures must be undertaken to ensure the high quality of specialty coffee (SP) beans. In the present study, Columbian SP coffee beans were divided into vacuum packaging (VP) and gunny sack (GS), shipped either in a reefer container (RC) or dry container (DC), and stored in a constant temperature warehouse (15°C) or normal temperature warehouse.

The sensory evaluation results obtained by analyzing the changes in parameters such as total lipid content, acid value and pH on arrival after 6 and 12 months helped in determining appropriate methods for the quality maintenance of green coffee beans.

These results suggest that green coffee beans enclosed in VP, imported in a RC, and stored at CTW showed minimal decrease in lipid content, and minimal increases in acid values and lower pH values as compared to those

packaged in gunny sack, shipped in a DC, and stored at NTW. Significant changes in parameters and their positive correlation with sensory evaluation results were achieved.

Thus, this study demonstrated the importance of packaging, shipping, and storage in an environment unaffected by oxygen, temperature and humidity for proper quality maintenance of green coffee beans.

謝辞

本研究に関しましては、様々な方々の協力を賜りました。東京農業大学 大学院 農学研究科 博士後期課程 環境共生学専攻の先生方には、2016年から2018年まで5回にわたるスクーリングで多くの助言を賜り、深く感謝申し上げます。理化学的実験および論文作成にあつては、古庄 律教授には食品科学研究室で日々多大なご指導を賜り、厚く御礼申し上げます。また、山内 淳教授、武田 晃治准教授、谷岡 由梨准教授にもご指導いただき感謝申し上げます。大学院生の小暮更紗さんにも資料作成でご支援を頂きお礼申し上げます。

味覚センサーの貸与、操作方法からデータ提供に至るまでご支援を頂きましたインテリジェントセンサーテクノロジー(株)の池崎秀和社長、ならびに研究活動を見守って頂きました石光商事(株)の石脇智広社長に感謝申し上げます。

また、本研究の生豆試料手配を快諾して頂きました、株式会社堀口珈琲、ワタル株式会社、アタカ通称株式会社、兼松株式会社、株式会社セラードコーヒー、石光商事株式会社、日本珈琲貿易株式会社、ボルカフェ株式会社の担当各位、資料提供をお願いした Bero Coffee Japan、FNC(コロンビア生産者連合会)にお礼申し上げます。

論文の要旨

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、保管方法などさまざまな影響を受ける。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、有機酸の総量およ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イナブルに寄与すると考える。

第 1 章 試料の選定と作成および実験方法

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、入港およ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 および 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ーテクノロジー社)を使用し測定した。

(2) 分析型官能評価方法

SCAA のカップping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 SP と CO の品質差異 (実験 1)

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 pH4.73~5.20 の幅があり、4.73 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 の総脂質量は 17.2~18.4g/100 g 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 ($p<0.01$)高かった。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、官能評価 Body の点数と総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 精製方法の異なるブラジル産の豆の品質差異 (実験 2)

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、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・ウォッシュト

(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($p<0.01$)がみられた。2)酸価は、各精製群の SP 間では有意差はないものの、SP は 1.75~1.99 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、 $r=-0.628$ の負の相関がみられた。3)総脂質量は、各精製群で有意差はみられず、総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($p<0.05$)pH が低く、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、ウォッシュト(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、総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 生豆の流通過程における品質変化について (実験 3)

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($p<0.01$)上昇した。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($p<0.05$)減少した。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 年後の総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、生豆の品質劣化がもっと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($p<0.01$)上昇した。酸価と官能評価の総合点には強い負の相関($r=-0.92$)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、総脂質量は少なく、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 4)

実験 1~3 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($p<0.05$)高かったが、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)総脂質量は、SP が CO より有意に($p<0.05$)高く、官能評価の Body の点数と総脂質量には強い正の相関($r=0.82$)が見られ、総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。3)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($p<0.01$)酸価が低く、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($r=-0.63$)が見られた。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総脂質量は少なく、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」と総脂質量には $r=-0.68$ 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 理化学的数値による品質指標の作成

実験 1～4 までの実験に使用した 50 サンプルの、pH、滴定酸度、総脂質量、酸価、ショ糖の数値および官能評価値点数のもっとも上位のものを 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 $4.75 \leq$ 、滴定酸度は $8.00 \text{ ml/g} \geq$ 、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 $6.50 \sim 7.24 \text{ ml/g}$ 、総脂質量 $16.4 \sim 16.9 \text{ g/100 g}$ 、酸価 $3.01 \sim 4.00$ 、(ショ糖 $7.0 \sim 7.49 \text{ g/100 g}$)、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 2 で pH の上昇、総総脂質量の

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。

これら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、農園主およ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。