

連携記事

鉄製フライパンの加熱特性と調理性

Heating Characteristics and Cookability of Iron Frying Pans

富永 暁子 大妻女子大学短期大学部
調理科学研究室
Akiko Tominaga 准教授

1 はじめに

フライパンは、家庭で所有している鍋のなかで所有率が8～9割と高く^{1,2)}、利用頻度も高くなっている。主に焼く・炒めるなどの乾式加熱調理法で用いる鍋の一種で、ソテーパン、またはスキレットと呼ばれることもある。揚げ物をしたり、ゆでものや蒸し物調理をすることもある。近年利用されているフライパンの大きさや材質は多種に渡っている。利用範囲が広いマルチな鍋として用いられる事が多いが、鍋の中では、深さが浅く径が大きいことが特徴である。一般的なフライパンは深さ5cm程度であるが、深型フライパンの場合は、8cm～15cm程度の深さになる。直径は12cmくらいものから30cmくらいまであり、多種類のサイズが販売されている。素材は、鉄、ステンレス、アルミニウム、銅、チタン、耐熱ガラス製など多様である。そのなかで鉄製のフライパンは、油なじみが良いうえ、熱容量が大きく、かつ耐摩耗性と強度も高いため、古くから多用されてきた。プロの調理人が使用する業務用フライパンは鉄製のものが多く、料理が好きな人も作る料理によって材質の使い分けをしており、鉄製フライパンを愛用している人は多い。しかし鉄製は酸化(錆の発生)が起こることから、使用後の手入れが必要である。アルミニウム製のフライパンは、軽いですが油のなじみが悪く、酸によって腐食し、熱容量が小さく、摩擦に弱いなど耐久性で劣っていることから焦げ付きやすい特性をもっている。そのためアルミニウム製フライパンの表面をフッ素樹脂でコーティング加工をし、熱容量の小ささと焦げ付きやすさを補った製品が、家庭用に広く普及している。またこれらのフライパンの商品テストをし、消費者に使いやすさや料理の仕上がりに関する情報提供も多くみられるようになった^{3,4)}。

著者は、栄養士課程で調理科学や調理実習、食文化など調理学分野の教育に関わっているが、使用するテキストでは、

鍋の材質別の特性について取り上げられているものの、実際の調理でどの鍋を選択すると良いかについての説明はほとんど書かれていない状況で、学生に鍋選びを指導するための資料が不足していた。

家庭での調理において、鉄製フライパンの利用が減り、フッ素樹脂加工製品が増えている現象を取り上げ、省エネの観点、料理の仕上がりの観点から基礎実験をし、フライパンの材質が異なることにより加熱効率や調理性能が異なることを学生実験に取り入れた際に、使い分けに関する意識に変化が見られたので、それらについて紹介したい。

2 鉄製フライパンの昇降温度特性^{6,7)}

鉄製フライパン(以下Fe製)の特徴は、点火してから一定温度に上がるまでの昇温時間がフッ素樹脂加工アルミ製フライパン(以下Al-F製)よりも短く、加熱むらが大きいことである⁵⁾。肥後らによって材質の異なる12種類の鍋底の昇降温度特性の分類がされ、Fe製は熱伝導率が小さく、ステンレスやチタンと同じ分類であり、Al-F製は熱伝導率が大きく、アルミニウムや銅と同じ分類になっている。

図1はガス火における鍋底表面の温度分布を加熱時間ごとに赤外線放射温度計で撮影したものである。この時使用したガスの吹き出し部が中心に3ヵ所、周囲に6ヵ所あるため、鍋底は炎の熱を不均一に受けるが、熱伝導率の小さなFe製の鍋底は不均一に加熱され、熱伝導率の大きなAl-F製の鍋底は加熱時間に関わらず均一に加熱され、材質の違いが明らかに示されている。鉄製のフライパンには、鍋底の厚みは薄手のものから鋳物の厚手のものまでであるが、昇温時間の関係性を比べると、鉄の厚みに比例して昇温時間が長くなり、降温時間も長くなり、その後消火をしてからの加熱むらが少なくなることがわかっている。

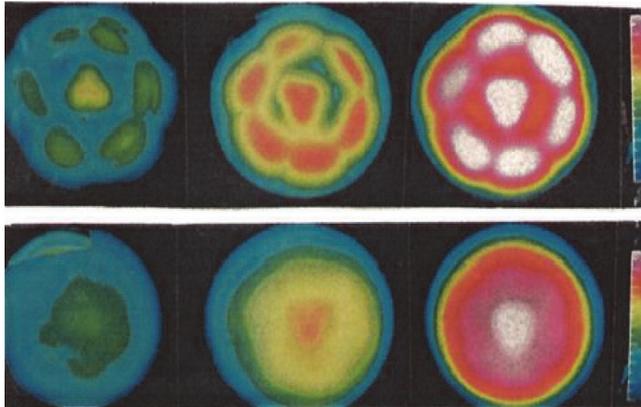


図1 ガス炎上における鍋底表面の温度分布
40-120秒間加熱後、鍋底の表面温度を赤外線放射温度計で撮影
上段：鉄製フライパン（底厚1.6mm）加熱時間【左から40、50、70秒】
下段：フッ素樹脂加工製フライパン（底厚2.9mm）加熱時間【左から50、70、120秒】

鉄の昇温速度が速く、熱伝導率が小さいという特性が、調理をする上で、どのような影響を与えるのか、各種食品の焦げ速度の実験を行った。

3 鉄製フライパンの焦げ速度の試験⁸⁾

市販されているフライパンのなかから、Fe製とAl-F製を試験用フライパンとし、焼き加熱と炒め加熱における焦げ色の変化を調べた。この実験では、熱源は一定の火力が得られるハロゲンヒーターを用い、図2のようにフライパンにテープ状温度センサーをハロゲンヒーターの上とハロゲンヒーターの外側の2点に添付した。なお実験に用いたのは、含水率の異なる試験用食品とモデル食品で、食パンや豆腐など未加熱時に色が白系で、表面が平らになるものを選んで行った。試験用食品の炒め用は粉状、粒状のものはそのまま、玉ねぎなどはみじん切りとした。含水率の異なるモデル食品は焼き用は食パンを霧吹きで加水または電子レンジで脱水して水分調整したものを使用し、炒め用はパン粉を同様に水分調整したものを使用した。焦げ色の比較は、色差計で測定した色差 ΔE 値の経時変化を示す速度式を求め、一定時間（100秒、150秒）後の焦げ色および $\Delta E40$ 到達時間を比較した。 ΔE は色の違いを表す指標であり、加熱に伴い、値が大きくなり、白系食品は白色から薄茶色、茶色、濃茶色に変化していった。

3.1 ハロゲンヒーター上・外側における焦げ色の比較

市販食パン（含水率44%）をヒーター上のA面とヒーターより約5cm外側のB面のフライパン上に並べて焼き、経時的に取り出して鍋肌面の焦げ色 ΔE 値を求めた。図3にその結

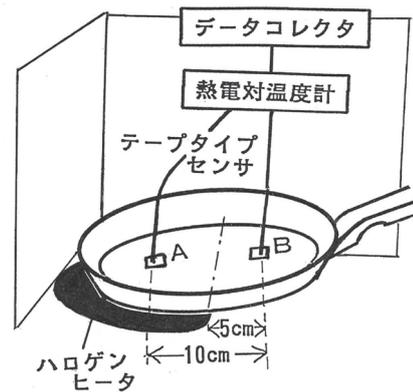


図2 ハロゲンヒーター上・外における焦げ色の測定

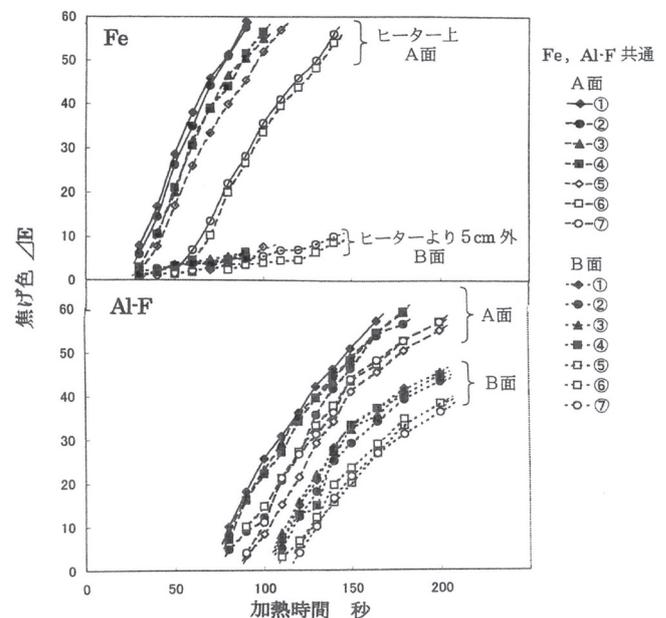


図3 ヒーター上・外における焦げ速度
使用フライパン：Fe①～⑦（底厚①1.2mm～⑦4.0mm）、Al-F①～⑦（底厚①2.2mm～⑦4.6mm）
加熱試料：食パンA.B面の測定位置は図2参照

果を示した。

7種類のFe製フライパンはA面のパンの焦げ速度が大きく、ヒーターより約5cm外側のB面のフライパン上の焦げ速度がきわめて小さくなっていった。一方Al-F製7種はヒーター上・外側におけるパンの焦げ速度が比較的類似しており、加熱むらが少ない傾向であった。なお両素材ともに鍋底が薄いフライパン①～③は焦げ速度、温度差ともに大きい傾向にあり、鍋底が厚いFe製物⑥⑦の焦げ速度は他のFe製よりかなり小さくなっている。

3.2 各種試験食品の焦げ色の比較

図4は焼き加熱と炒め加熱の ΔE 約20から $\Delta E60$ に達するまでの加熱時間と焦げ状態の一部を示したものである。どの

食品も焦げるにつれて色差ΔEは直線的に増加し、Fe製の方がAl-F製よりも早く焦げつくという傾向がみられた。焦げ速度の実験から得られた結果は以下の通りである。

- ① 焦げ時間を測定すると、加熱初期から中期は直線的に速度が増加した。Fe製よりもAl-F製フライパンの焦げ時間の方が焼き加熱の場合には、約2倍、炒め加熱の場合には約1.5倍長かった。
- ② Fe製はAl-F製に比べて加熱むらが大きく、加熱初期に出現する焦げ色の黄色域が少なかった。
- ③ 高含水率食品(豆腐、玉ねぎ)は、低含水率食品(白ごま、生パン粉、ピザ台)に比べて、焦げ速度が約1/2倍小さく、焦げ時間が約2倍長かった。
- ④ 炒め加熱は焼き加熱に比べて焦げ速度が約1/2倍小さく、低含水率食品では焦げ時間が約2倍長かった。

以上をまとめると、Fe製とAl-F製フライパンで焼き加熱および炒め加熱の焦げ速度を比較すると約2倍の差があると言える。

4 鉄製フライパンを用いた実調理試験⁹⁾

高火力化した熱源を使う乾式調理が増えるなかで、熱伝達率の高いFe製フライパンの使用が減り、Al-F製が増えている。省エネの観点からもフライパンを使い分ける必要があると考え、ここでは学生実験を一部取り入れて、実調理試験を中心に行った。

Fe製かAl-F製かの鍋材質の違いが、出来上がった料理のテクスチャーに及ぼす影響を調べたところ、以下のような差が

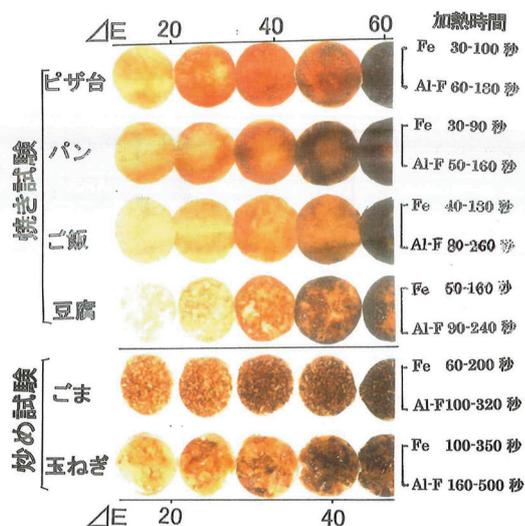


図4 試験食品の焦げ状態
使用フライパン：Fe④(底厚2.0mm)、Al-F⑤(底厚4.0mm)
Fe、Al-Fの加熱時間*：焼き加熱、炒め加熱ともΔE約20から約60に到達するまでの加熱時間

認められ、差異が生まれる要因をほぼ特定することができた。

4.1 実調理時間の比較

2種類のフライパンによる実調理時間を表1に示す。フライパンに油を小さじ1入れて40秒空焼きした後、もやし(またはキャベツ)を入れて炒め、外観より仕上がり状態を判断させた。肉せん切り炒めも同様の方法で行った。焼肉は牛も肉(厚さ1.0~1.3cm)を使い、炒めものと同様空焼きをした後、肉を入れ、外観をみて裏返しにし、内部温度60℃を終了とした。

例えば「もやし炒め」で比べるとFe製は平均71.0秒、Al-F製は平均102.0秒であり、Fe製による乾式調理時間はAl-F製の約7割と短く、その原因として仕上がり状態の判定に焦げ色やしんなり感などの外観が使われることが挙げられた。

これらは数年にわたり学生実験に組み込み、2種類のフライパンで「もやし炒め」「キャベツせん切り炒め」「牛肉せん切り炒め」「牛もも焼肉」をそれぞれ調理し、そのデータを蓄積した結果である。

4.2 おいしさの比較(官能評価)

Fe製はAl-F製に比べて焦げ色が濃く、外部の加熱が進んだことを示す官能評価がある一方で、未加熱時の食味や食感を残している評価が目立った。この結果は、表2に示す通りで、先にあげた学生の実調理実験や官能評価のデータから得られた。調理時間の長いAl-F製のもやし炒めは「しんなりしている」が有意に高く、調理時間の短いFe製は「シャキシャキしている」「青臭さを感じる」が有意に高い結果となった。牛肉せん切り炒めで、Fe製は「焦げ色が濃い」「焦げ色が好ましい」「総合的に好ましい」が有意に高くなっている。

4.3 軟らかさの比較(テクスチャー測定)

表面温度や焦げ色などの外部要因をそろえて対比すると、Fe製とAl-F製によるテクスチャーの差異が明確になり、その理由としてFe製の試料の内部昇温、水分蒸発の遅れが挙げられた。

そこで「牛もも焼肉」、「もやし炒め」を先にあげた学生実

表1 2種類のフライパンによる実調理時間(学生実験)

メニュー	調理時間(秒)	
	Fe製	Al-F製
もやし炒め	71.0±24.5	102.0±43.0
キャベツせん切り炒め	48.9±19.5	79.4±30.2
牛肉せん切り炒め	58.2±18.3	78.9±26.2
牛もも焼肉	190.0±56.0	221.4±43.1

班数(n=35~62)

表2 2種類のフライパンによる実調理試験後の官能評価 (学生実験)

	評価項目	Fe	Al-F	無回答	学生数 (n)
もやし炒め	しんなりしている	116	239 **	2	357
	シャキシャキしている	246 **	99	12	357
	青臭さを感じる	70 **	31	11	112
	総合的に好ましい	169	188	0	357
キャベツせん切り炒め	シャキシャキしている	30 *	16	0	46
	甘みがある	28	20	0	46
	総合的に好ましい	52 *	33	2	87
牛肉せん切り炒め	外側：焦げ色が濃い	194	133	30	357
	内部：よく焼けている	150	188	19	357
	ジューシーである	182	158	17	357
	軟らかい	186	151	20	357
	外側：焦げ色が好ましい	61	34	0	95
	総合的に好ましい	195	145	0	357
牛もも焼肉	外側：焦げ色が濃い	118 **	64	3	185
	内部：よく焼けている	70	114 **	1	185
	ジューシーである	87	95	3	185
	軟らかい	84	98	3	185
	外側：焦げ色が好ましい	66 **	29	0	95
	総合的に好ましい	104	80	1	185

*危険率5%で有意差あり **危険率1%で有意差あり

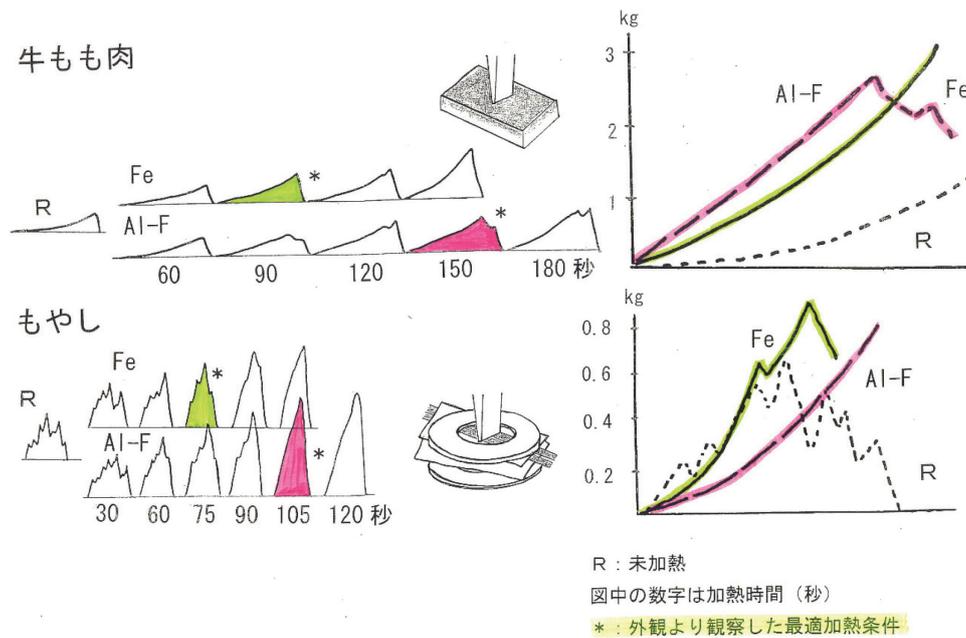


図5 調理食材 (牛もも肉、もやし) の圧縮破断曲線

験と同様に再現し、テクスチャー測定を行った。図5に典型的な圧縮破断曲線を示した。未加熱の「牛もも肉」は軟らかいが、加熱が進行すると歪が減り、応力が増大した。「牛もも焼肉」では、Fe製で平均93.4秒、Al-F製127.7秒で学生は裏返しているの、それに近い加熱条件を再現して両者を比較すると、加熱時間の短いFe製は初期弾性率が小さく軟らかいことがわかった。

一方未加熱の「もやし」はシャキシャキ感を示す凹凸の多い破断面がみられた。加熱するにつれて破断面が減り、表面

は軟らかいが破断しにくくなった。学生はFe製で平均71.0秒、Al-F製102.0秒で「もやし炒め」を終了しているの、その加熱条件を再現すると、加熱時間の短いFe製はシャキシャキ感を示す破断面がみられ、Al-F製はしんなり感を示す初期勾配の小さい曲線がみられた。

4.4 食感の差異の裏付け (バターテスト)

バターテストとはアルミ容器にバター生地 (ホットケーキを焼く前のような流動性のあるもの) を入れて加熱し、

一定時間ごとに取り出し、生地凝固部の重量を図るものである。Fe製で加熱したバター生地は、Al-F製と外観が同じ焦げ色に達した時点で比較すると、バター凝固率がFe製はAl-F製の約7割と低く、未加熱部が残りやすいことが確認できた。

5 学生実験後のフライパンの材質別利用状況と実験後の意識¹⁰⁾

実験前のアンケート調査では、学生の家庭のフライパンの所持率は100%であり、1人平均2個のフライパンを持ち、Fe製の所持率は44.7%、Al-F製は84.6%であった。フライパンの材質別使用頻度をみると卵料理や野菜炒め、焼肉などの料理においても所持率の高いAl-F製の利用頻度が高くなっていった。

学生実験に取り入れたフライパンの比較実験は、①基本性能をみるための焦げ実験、②「もやし炒め」「肉せん切り炒め」「焼肉」等の実調理試験の2つを基本としている。図6は①の焦げ実験の食パンの採取例であるが、この実験では、薄力粉、生パン粉、丸く抜いた食パンのいずれかをを用い、こちらが指定した目安時間ごとに採取した。

実験後のアンケート調査で、鍋素材の使い分けに関する意識についての回答結果をみると、鍋素材の調理性能の差を認識していなかったが、実験後は、「省エネ目的に鉄製フライパンを使いたい」が約6割、「Fe製とAl-F製の使い分けをした方がよい」と感じたものが9割を超えた。以上の結果より、実験の不慣れな学生にも簡単に鍋材質別の加熱性能の違いを理解させるための比較実験として妥当であったといえる。

6 おわりに

今回紹介したフライパンの材質別の比較実験により、鉄製フライパンの加熱特性と調理性を明らかにすることができた。また加熱特性を理解させるために行った学生実験により、実験後フライパンの使い分けに関する意識の変化が見られた。

ステーキ、肉野菜炒め、餃子など高温加熱でうま味を食材に閉じ込めるような料理を作る場合には鉄製フライパンの利用が時間短縮とおいしさから適していると思われる。鉄製のフライパンは、プロの料理人等に愛用する人が多くみられる。従来の鉄製フライパンのデメリットを補うような窒化鉄を使った錆にくいフライパンや薄くて軽い鋳鉄のフライパンも生産されている。今後は、料理の仕上がりがだけでなく、調理時間の短縮による省エネを目的に¹¹⁾、あるいは鉄鍋を調理に使用すると鉄分を溶出する¹²⁾ことから、健康の目的で鉄製のフライパンを選ぶこともあるのではないかと考えられる。今後さらに技術が進み、より使いやすい鉄製フライパンが開



図6 焦げ実験の食パンの採取例

発されることを期待したい。

本記事で紹介した内容のうち、著者らの研究の部分は、前職である戸板女子短期大学調理学研究室にて行われたものである。元文教大学健康栄養学部肥後温子教授をはじめ、戸板女子短期大学の井部奈生子准教授、研究に関わって頂きました戸板女子短期大学の元助手の方に感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 川井孝子, 堀京子: 信愛紀要, 31 (1991), 19.
- 2) 鍋・フライパン類に関するアンケート調査, マイボイスコム, https://myel.myvoice.jp/products/detail.php?product_id=17205, (参照2019-10-25)
- 3) 普遊舎: Living Dining Kitchen 最強フライパン決定戦 5 (2019), 8.
- 4) フライパン専用ページ ピントル, <https://life.pintoru.com/frypan/>, (参照2019-10-25)
- 5) 肥後温子, 平野美那世: 調理機器総覧, (1997), 289.
- 6) 肥後温子, 平野美那世: 日本調理科学会誌, 34 (2001), 276.
- 7) 肥後温子, 平野美那世: 日本調理科学会誌, 33 (2000), 426.
- 8) 肥後温子, 水上和美, 富永暁子: 日本調理科学会誌, 37 (2004), 170.
- 9) 肥後温子, 富永暁子, 井部奈生子: 日本調理科学会誌, 41 (2008), 248.
- 10) 富永暁子: 戸板女子短期大学研究年報, 51 (2008), 41.
- 11) 三神彩子, 喜多記子, 佐藤久美, 長尾慶子: 日本調理科学会誌, 43 (2010), 98.
- 12) 今野暁子, 及川桂子: 日本調理科学会誌, 36 (2003), 39.

(2019年11月12日受付)