

ライデンフロスト現象の探究

奈良教育大学附属中学校 科学部探究班 3年 梅 雅美

はじめに

私は、料理をするときにフライパンの上で水滴がパチパチと鳴っているのを見た。その時、私は、熱する温度によって、パチパチと鳴る音の大きさ、時間は変わるのか、それとも、変わらないのかについて疑問に思い、研究することにした。そのパチパチと鳴る現象について詳しく調べたところ、ライデンフロスト現象、ライデンフロスト効果という言葉に行き着いた。

研究方法

100℃～300℃では、フライパンの表面温度とパチパチと鳴る音の大きさや時間の長さとはどのように関係しているのか、また、パチパチと音が鳴っている時だけの温度を計測し、どの温度でパチパチと鳴るかを調べた。

<実験手順>

- ①室温と湿度を電子温度計で測る。
- ②カセットガスコンロで熱し、100℃～300℃の間で10℃ごとに温度を変化させる。
- ③放射温度計でフライパンの表面温度を測る。
- ④測定する温度よりも少し高めの温度になったら火を消す（フライパン表面の温度変化をサーモグラフィーで測定すると、少し時間がたった頃に、表面の温度が均等になったため）。
- ⑤放射温度計でフライパンの表面温度を測り、測定温度まで冷えるのを待つ。
- ⑥測定温度に近づいてきたら、ビデオカメラとiPadの録音・録画を開始する。
- ⑦水を1滴落とす。水はスロートで富士フィルムのシーロンフィルムに1滴落とし、高さ20cmから水滴を落とした（図1、図2）。
- ⑧音が鳴る時間と大きさは、ビデオカメラで録音した音声 Audacity（アプリケーション）に入れ、波形を表示して計測した。また、iPadで録画したスロー動画を見て、水滴の形状の変化を観察した（図3）。



図1



図2

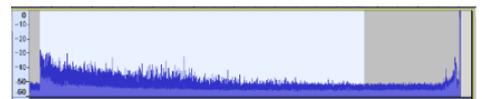


図3

結果と考察①（音が鳴っている時間）

図4は、温度とパチパチと音が鳴っていた時間（以下、音が鳴る時間）の関係のグラフである。表1は、フライパン上での水滴の形状パターンである。表2は、温度と水滴の形状をまとめたものである。

<100℃～130℃まではパチパチと鳴る時間が徐々に長くなる理由>

音が鳴る時間は100℃で短く、110℃～130℃までは徐々に長くなった。これは、100℃では水滴の形が維持できず、フライパンの表面に広がって蒸発したのに対し、110℃以上では水滴の形が維持されていた。そのため、音が鳴る時間は100℃で短く、110℃～130℃までは徐々に長くなったと考える。

<130℃～180℃は時間が徐々に短くなる理由>

この温度帯は水滴の形状が③から④へと変化する。形状④は、1つの大きい粒と複数の小さい粒が広がる。また、形状③は均等に散らばったが、粒の数が少なく、粒の大きさが大きかった。そのため、形状④の方が水滴一滴あたりの大きさが小さく、水の蒸発にかかる時間が短くなり、音が鳴る時間の長さも短くなったと考える。

<180℃～200℃でパチパチと鳴る時間が徐々に長くなる理由>

190℃から水滴の形状⑥が見られはじめる。水滴の形状⑥は、一旦水滴が散らばっても、最終的に1つの大きい粒になる。つまり、粒が大きいため、水滴の形状⑥が増えると蒸発する時間が長くなり、音が鳴る時間も長くなったと考える。（無音の時間も含む）

<210℃～300℃でパチパチと鳴る時間が徐々に長くなる理由>

210℃～300℃の水滴の形状は、ほぼ全部の温度が、水滴の形状⑥になる。しかし、水滴の形状⑥が増えると蒸発する時間が長くなるにつれて、早い段階で小さい粒が集まり、大きい粒になっていた。その分水滴の蒸発にかかる時間も長くなったと考える。（無音の時間も含む）

	水滴の形状	水滴の形状の説明
水滴ができなかった	①	落ちた瞬間、つぶれた。
	②	落ちた瞬間、つぶれたものと、粒になったものがあつた。
	③	均等な大きさの小さな粒に散らばった。
水滴ができた	④	1つの大きい粒と小さい粒が広がった。
	⑤	一粒だけ（散らばらなかった）。
	⑥	いったん④になった後、一番大きい粒に小さい粒たちが集まって一つになる。

表1

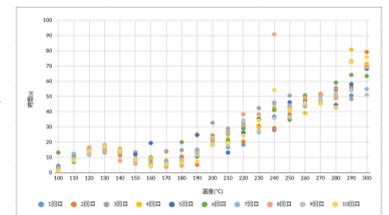


図4

温度(℃)	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	6回目	7回目	8回目	9回目	10回目
100	①	①	①	①	①	①	①	①	①	①
110	②	②	②	②	②	②	②	②	②	②
120	③	③	③	③	③	③	③	③	③	③
130	③	③	③	③	③	③	③	③	③	③
140	③	③	③	③	③	③	③	③	③	③
150	③	③	③	③	③	③	③	③	③	③
160	④	④	④	④	④	④	④	④	④	④
170	④	④	④	④	④	④	④	④	④	④
180	④	④	④	④	④	④	④	④	④	④
190	④	④	④	④	④	④	④	④	④	④
200	⑤	⑤	⑤	⑤	⑤	⑤	⑤	⑤	⑤	⑤
210	⑤	⑤	⑤	⑤	⑤	⑤	⑤	⑤	⑤	⑤
220	⑤	⑤	⑤	⑤	⑤	⑤	⑤	⑤	⑤	⑤
230	⑥	⑥	⑥	⑥	⑥	⑥	⑥	⑥	⑥	⑥
240	⑥	⑥	⑥	⑥	⑥	⑥	⑥	⑥	⑥	⑥
250	⑥	⑥	⑥	⑥	⑥	⑥	⑥	⑥	⑥	⑥
260	⑥	⑥	⑥	⑥	⑥	⑥	⑥	⑥	⑥	⑥
270	⑥	⑥	⑥	⑥	⑥	⑥	⑥	⑥	⑥	⑥
280	⑥	⑥	⑥	⑥	⑥	⑥	⑥	⑥	⑥	⑥
290	⑥	⑥	⑥	⑥	⑥	⑥	⑥	⑥	⑥	⑥
300	⑥	⑥	⑥	⑥	⑥	⑥	⑥	⑥	⑥	⑥

表2

結果と考察②（音の大きさ）

図5は、音の大きさと温度の関係を表したグラフである。100℃では音の大きさにばらつきがある。110℃～200℃は、ほぼ一定で変化がなく、210℃で一旦大きくなった後、音の大きさはやや減少していった。

<100℃でばらついている理由>

音の鳴り方の違いが原因だと考える。100℃以外の温度では、水が水滴状の形状を維持し、蒸発する際にパチパチと音が鳴っていた。それに対して100℃では、水が水滴状の形状を維持できず、落ちた瞬間にジュッと広がって短時間で蒸発してしまう。そのため、あまり大きな音がしなかった。音の大きさに差が出たのは、水滴がフライパンに当たった際に生じた音を拾ってしまった可能性がある。

<210℃～300℃では、音の大きさが減少傾向にある理由>

210℃～230℃では、水滴が蒸発し終わる直前に音が激しく鳴った。しかし、230℃以上では、温度が高くなるにつれて、水滴が蒸発し終わる直前の音が小さくなった。そのため、音の大きさが減少したと考える。

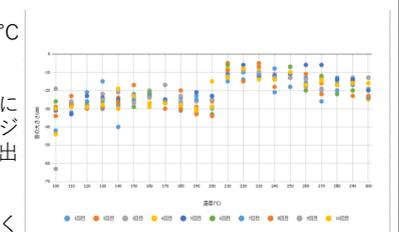


図5

結果と考察③（音が鳴っていた時の温度）

図6は、時間とフライパンの温度（230℃以下）のグラフに、音が鳴る温度帯を□で入れたグラフである。230℃以上は、音が鳴る区間が無く、水滴を落とす直後と160℃～230℃前後で、音が鳴っている。つまり、水滴がフライパンに落ちた音以降、温度が230℃まで下がるまで、音が鳴らないのである。

<230℃以上で音が鳴る区間が無い理由>

230℃～300℃では、水滴のほとんどが形状⑥の形状であり、水滴が動いて一つに集まる際に音が鳴っていない。そのことから、音が鳴っていないとき、ライデンフロスト効果が起きていると考えた。つまり、フライパンの表面温度が高いほどライデンフロスト効果は長く続くと考えた。

<160℃前後～230℃前後でパチパチと鳴る理由>

230℃より高い温度では、ライデンフロスト効果が続いているが、低い温度からはライデンフロスト効果が起こらなくなり、フライパンに水滴が接触することで、パチパチと鳴ったと考える。そして、160℃付近で水滴がすべて蒸発して音が鳴らなくなると考える。

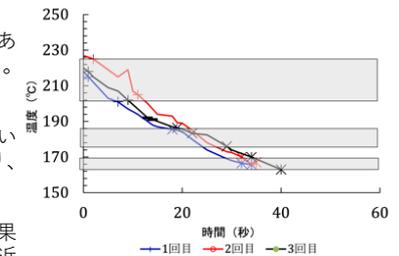


図6

まとめと今後の課題

- ・音が鳴る時間の長さは、水滴の形状と関係する。
- ・音が鳴る時間と音の大きさは関係しない。
- ・160℃前後～230℃前後で、最も音が鳴る。
- ・今後は水以外の液体を使って、液体の表面張力や粘性を変えてみる実験をしたいと思う。

参考・引用文献

- 1) 甲藤好部, 2006年, 「沸騰の科学」(6), pp29-34
- 2) 著者: 西尾茂文、平田 賢、昭和52年-昭和10年、「ライデンフロスト温度に関する研究」(第一報、ライデンフロスト温度の基本的性格に関する実験的検討)、日本機械学会論文集(第2部)、pp3856-3867