

1. 動機

母がかぼちゃのそぼろあんかけを作った際に、あんかけに片栗粉を入れすぎて失敗してしまった。そこで僕は、本来どのくらいのとろみにしたかったのか確認したが、「もうちょっとサラサラにしたかった」と言われた。しかし、具体的にイメージすることができなかつた。そのため僕は、“サラサラ”という表現が曖昧で長さのような単位がないため伝え合うのが難しいと感じた。そこで、片栗粉の割合によって何がどのくらい変化するかを色々な方向から調べ、指標を考えたと思った。

II. 予想

広がり方や流れ方、抵抗力、光の通り方、温度の下がり方、染み込み方に違いがある。

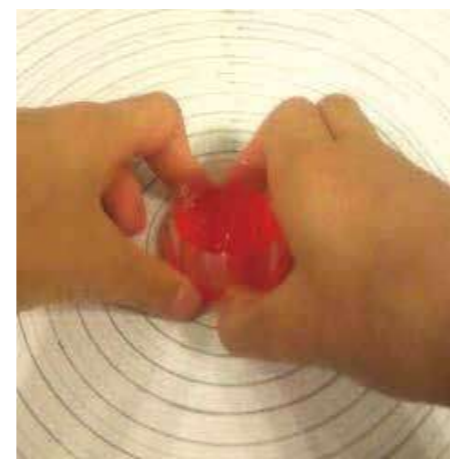
III. 実験

濃度が0,1,2,3,5,10%の水溶性片栗粉（ばれいしょデンプン）を約75°Cにかき混ぜながら熱し、初めの乳白色から完全に半透明になった液体において、次のような実験を行う。また、抵抗力と光の通り方以外は見やすいように食紅で色を付けた。

①広がり方（デンプン溶液の濃度と広がり方の関係）

(1)方法

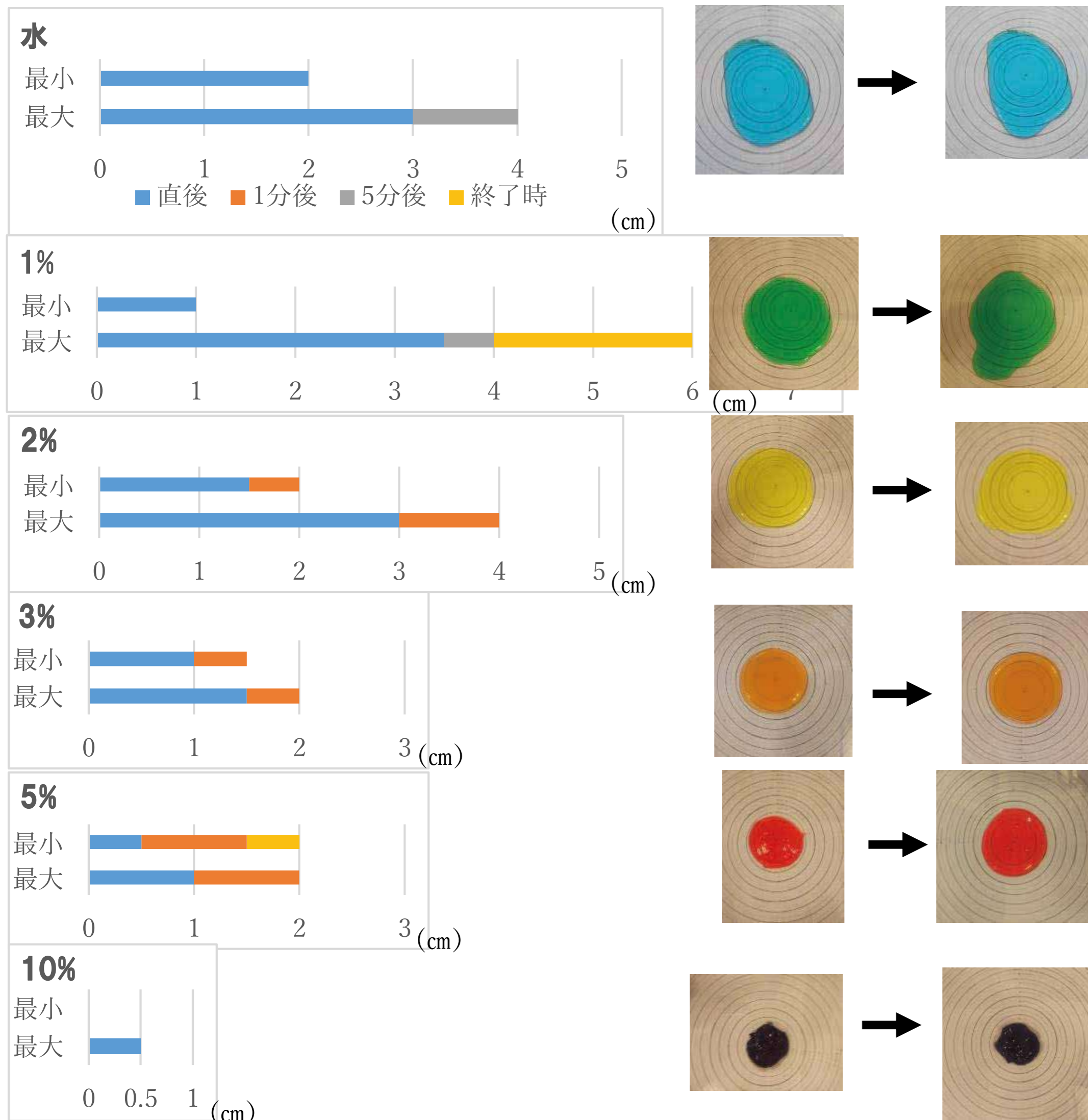
- ①プラコップの底を切り取り、リング状にする。
- ②A3 サイズにカットした画用紙に①のプラコップの内径と同じ大きさの円をかき、そこから半径を5mmずつ大きくした円を書く。
- ③②の画用紙をA3サイズの硬質カードケースに入れる。
- ④右の写真のように③にプラコップを置き、その中に注射器で20mlの溶液を入れる。この際、プラコップから溶液がもれないようにしっかりとプラコップをプラスチック板に押し付ける。
- ⑤プラコップをすぐに③から離し、写真を撮る。
- ⑥その後、1分、5分、変化終了後の広がった長さの最大値、最小値を記録し、写真を撮る。
- ⑦写真を参考にし、1分、5分、変化後の最小、最大、その平均を記録する。



(2)予想

溶液の濃度が大きくなるほど広がりにくくなる。

(3)結果



②流れ方（デンプン溶液の濃度と斜面を流れる速さの関係）

(1)方法

- ①100 cmのレール（配線用）に上から7 cmのところにスタートラインを引く。
- ②レールと床の角度を30度、45度、60度にして、レールの先端から10mlの溶液を注射器で流し、①のスタートラインから下に着くまでの時間を計測する。
- ③5分以内に着いた場合は3回計測して平均を求める。



(2)予想

溶液の濃度が大きくなるほど下に着くまでの時間が長くなる。

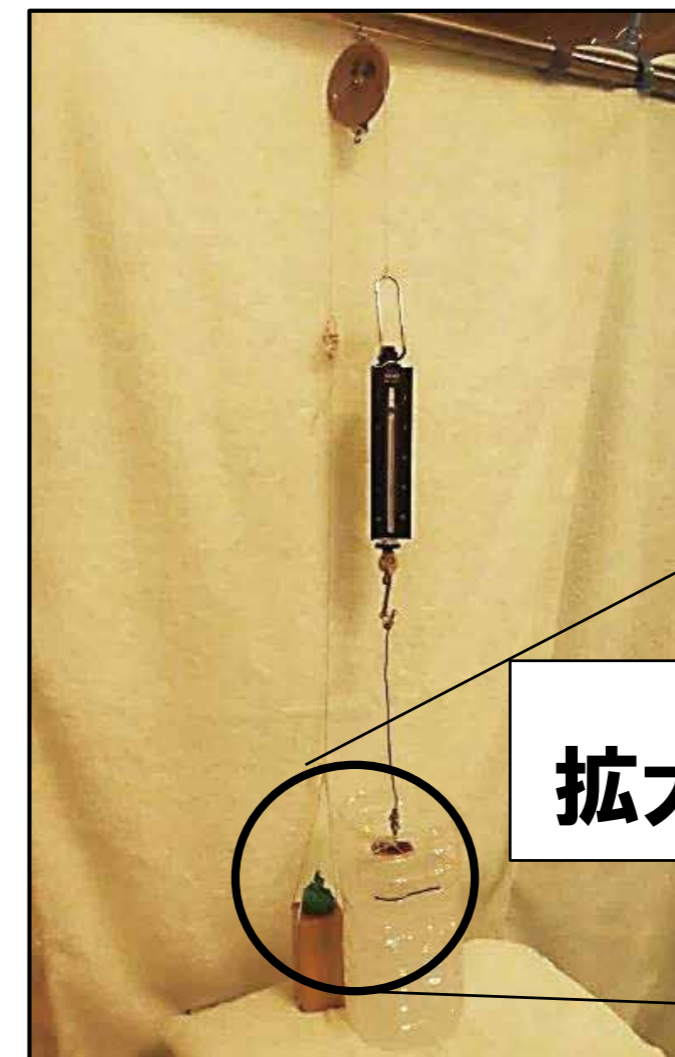
(3)結果

角度	濃度	0% (水)	1%	2%	3%	5%	10%
30度		1.08 秒	2.44 秒	9.60 秒	26.33 秒	2時間 15分	全く動かない
45度		0.91 秒	1.27 秒	5.56 秒	12.26 秒	45分	2mmで停止
60度		0.61 秒	1.18 秒	4.81 秒	8.24 秒	18分	8mmで停止

③抵抗力（デンプン溶液の濃度と抵抗力の関係）

(1)方法

- ①缶コーヒーのふたを円盤状にして、針金で固定して抵抗板を作る。
- ②上部をカットしたペットボトルに溶液を1500ml入れる。
- ③滑車とばねばかりと①②を用いて写真のような装置をつくる。この際、重りに乗せていないときは滑車の両側が釣り合うようにする。
- ④50gの重りを写真のように置き、それを手で支えながら抵抗板をペットボトルの中央の底に沈める。
- ⑤手を放し、抵抗板を浮上させる。
- ⑥⑤の時のばねばかりの目盛りの映像を撮り、最大値と浮上時間を記録する。



拡大

(2)予想

溶液の濃度が大きくなるほど抵抗力が大きくなり、時間も長くなる。

(3)結果

下の表のようになった。

項目	濃度	0% (水)	1%	2%	3%	5%	10%
力 (g)		20	28	30	30	42	50
時間 (秒)		0.45	0.52	0.56	0.71	1.31	2cm浮上後停止

④光の通り方（デンプン溶液の濃度と光の通る量の関係）

(1)方法

- ①厚さ4.7cmの透明な容器に溶液を高さ6cmになるように入れる。
- ②明るさセンサーのついた機械をパソコンとつながるようにする。
- ③暗い部屋に下の写真のように機械と溶液の入った容器、懐中電灯を置く。
- ④明るさセンサーの値を記録する。



(2)予想

溶液の濃度が大きくなるほど光が通りづらくなる。

(3)結果

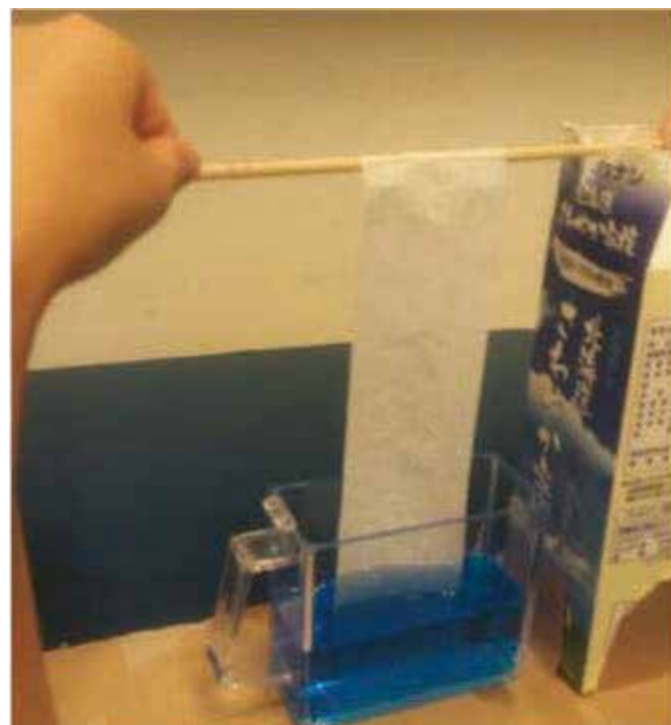
下の表のようになった。(明るさは明るいほど値が小さく、真っ暗で約4000)

濃度	0% (水)	1%	2%	3%	5%	10%
明るさ	16	20	24	28	32	39

5 染み込み方 (デンプン溶液の濃度と染み込む量の関係)

(1)方法

- ①トイレットペーパーを約 30 cm に切り、縦に半分 (約 5.8 cm) にしたものを割りばしにつける。
- ②右の写真のようにトイレットペーパーの下端から 3 cm のところに水面が来るように紙を入れ、容器の端につかないように 5 分間保持する。
- ③5 分後、染み込んだ長さを測る。



(2)予想

溶液の濃度が大きくなるほど染み込みにくくなる。

(3)結果

濃度	0% (水)	1%	2%	3%	5%	10%
高さ (cm)	5.5	5	3.8	3	0.8	0.5

6 温度の下がり方 (デンプン溶液の濃度と温度の下がる速さの関係)

(1)方法

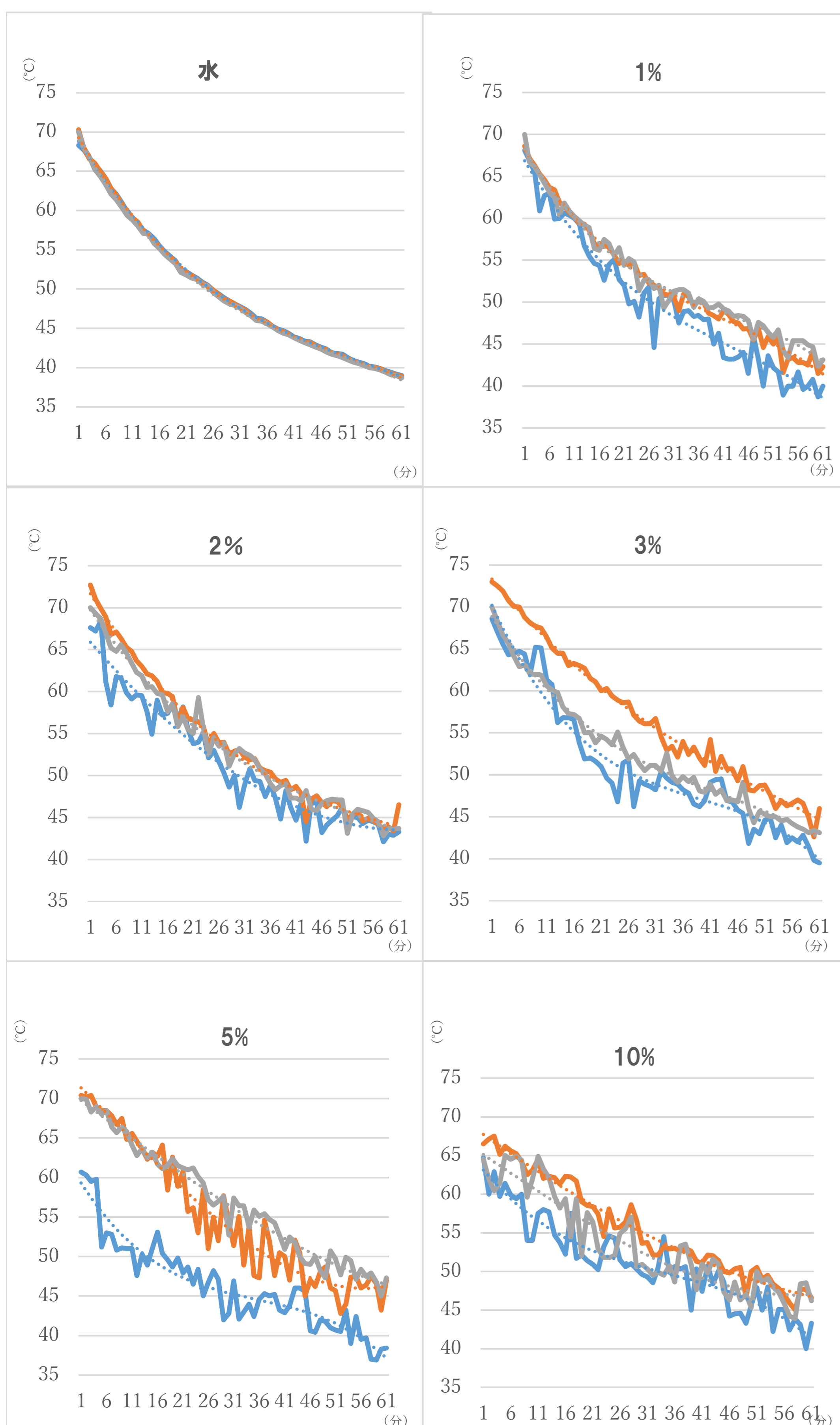
- ①約 1.0L のペットボトルの上半分を切る。(1 辺約 7 cm の正方形に近似の容器)
- ②75°C 前後の溶液を①のペットボトルに 300ml (高さ 7.5 cm) 入れる。
- ③中央で温度を測り、下方 (底) の温度が 70°C になった時点でタイマーを押し、1 分ごとに上方 (水面付近)、中心付近、下方の温度を 60 分後まで測る。

(2)予想

溶液の濃度が大きくなるほど冷めにくい。

(3)結果 ; 下のグラフのようになった。

{縦軸は温度 (°C)、横軸は時間 (分) 実線の青・赤・灰順に上中下、点線はそれぞれの近似曲線}



IV. 考察

1 まとまる力は表面張力と粘り気のかか!

実験 5 から、染み込む現象 (毛細管現象) は、表面張力によっておこる現象なので、片栗粉を加えることで、表面張力が弱くなるのがわかる。また、実験 1 から、水よりも 1% の方が広がりやすくなっているが、これも表面張力が弱くなったためだと考えられる。

実験 3 より、デンプン水溶液の濃度が大きくなるほど抵抗力も大きくなっている。つまり、粘り気の方が大きくなっていると考えられる。また、実験 1 より、粘り気が増すことで広がらず、まとまっていると読み取れる。

さらに、実験 1 と実験 2 で 3% 以上になると広がりにくく、流れにくくなるのが分かった。最も驚いたことは、流れ方については、30 度の場合で 1% と 3% は約 10.8 倍だが、3% と 5% では約 307.6 倍と同じ 2% の差でもかかる時間が大幅に違うことである。

結論としては、デンプン溶液のまとまる力は表面張力と粘り気のかかっている。濃度が高いほど粘り気のかかっていると考えられる。

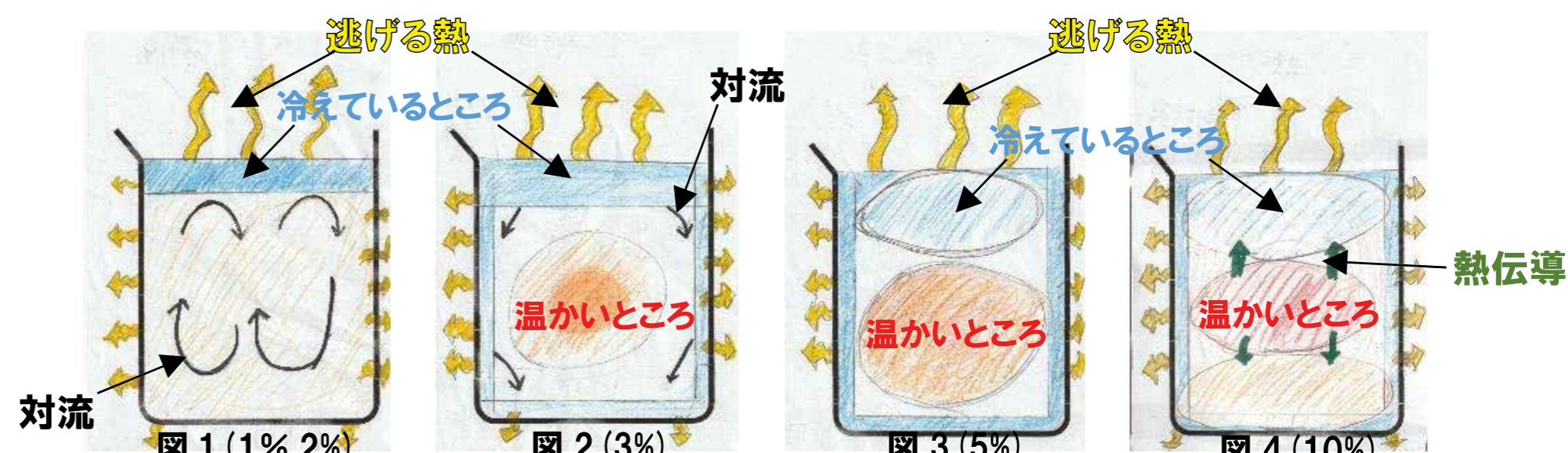
2 温度の下がり方は水派か固体派で決まる !?

1% と 2% は、上方の温度差が中・下と比べて低くなっている。しかし、その差はほかの溶液よりも小さい。これは、水よりも対流は少ないが、ほかの溶液よりも対流が起こるためだと考えられる。(図 1) つまり、水の温度の下がり方に似ている。

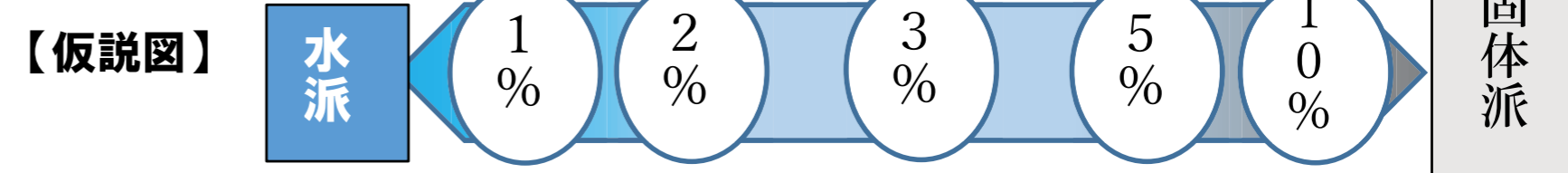
10% は、ほとんど対流がなく、始めは上中下の差はあるが、じょじょに差がなくなっている。これは、ほとんど対流はないが、上と中、中と下の熱のやり取り (熱伝導) が起こっていると考えられる。(図 4) つまり、固体のような熱のやり取りで温度差がなくなっていると考えられる。

5% は、中下方の温度差は小さいが、中下方と上方の温度差は大きい。これは、対流がほとんどないため、上方だけが冷えていて、中下方はゆっくりと同じように熱が移動し、冷えていると考えられる。(図 3)

3% は中心付近の温度が高く中央付近と上下方との温度の差がある。これは、対流が少しだけあるため、上方と容器の周囲部が冷えることで、少しだけ対流が起こり中心付近だけ混ざらないため温度が高くなると考えられる。(図 2)



上記のことから、溶液の濃度が低いほど水のように対流が冷え方に関係し、濃度が高いほど固体のように熱伝導が起こりやすい傾向があるのではないかと仮説を立てた。



3 濃度の増加にともなう光の通し方について

濃度が高いほど、光を通さなくなっているが、0~3% の間は 1% あたり 4 ずつ増えていたが、3% と 5% の間から 1% あたりの増え方が少なくなっている。つまり、濃度が濃くなっても同じように少なくなっているわけではない。原因は不明である。

V. まとめ

今回いろいろな実験装置を試行錯誤しながら作成し、実験することができた。その結果、デンプン溶液の濃度の変化と同じ割合でそれぞれの変化が起こるわけではないことが分かった。そして、広がり方、流れ方、染み込み方、温度の下がり方は指標として使える可能性があることも分かった。さらに、デンプン溶液は液体と固体の両方の性質を持つ物質だと考え、さらに、仮説を立てることができた。今後、その仮説の検証をしていきたい。

VI. 参考文献

社団法人 全国調理師養成施設協会. 改訂 調理用語辞典. 株式会社調理栄養教育公社, 2008.
受験研究社. SUPER 理科辞典. 受験研究社, 2013.