

単元：小学校 4 年生 金属, 水, 空気と温度

目標：水は熱せられた部分が移動して全体が温まることを理解できる。

### ①手法1：サーモ寒天

概要：示温材の一つであるサーモインクは温度により色が変わる顔料を閉じ込めたマイクロカプセルを混ぜた液体である。一般に液体の流れを目に見えるようにするために、専門のプロの現場では、液体の比重と近く、乱れた流れにも追従しやすい小さな粒(トレーサー)をマーカーとして使って流れを調べる。本インクの特徴は、カプセルの動きによる流れの可視化と温度の変化を同時に確認できる点にある。一方でカプセルが極めて小さいため、学校ではよく観察しないとインクを加えた水の温度変化ではなく、インクが温度によって変化しているだけという誤解を与える恐れがある。そこで、今回サーモインクの粒子を簡易的に大きくして、流れをより可視化しやすくする 2 つの方法を紹介する。

<実験にあたって> 1 班で 1 実験とする。

<実験材料>

サーモインク、水、寒天、Φ100mmシャーレ、穴が 2 mm 角程度の網  
ピーカー、ラップ、電子レンジ

<参考分量：サーモインク 4 倍希釈、1.5%寒天を 10 班分作成する場合>

サーモインク 50mL、水 150mL、寒天 3g、300mL ピーカー×1 個、Φ100mmシャーレ×10 枚、  
穴が 2 mm 角程度の網(100 均の「カス揚げ」や「ザル」「味噌こし」など)×適宜

### 作成手順

① サーモインクを水で 2~5 倍に希釈する※。

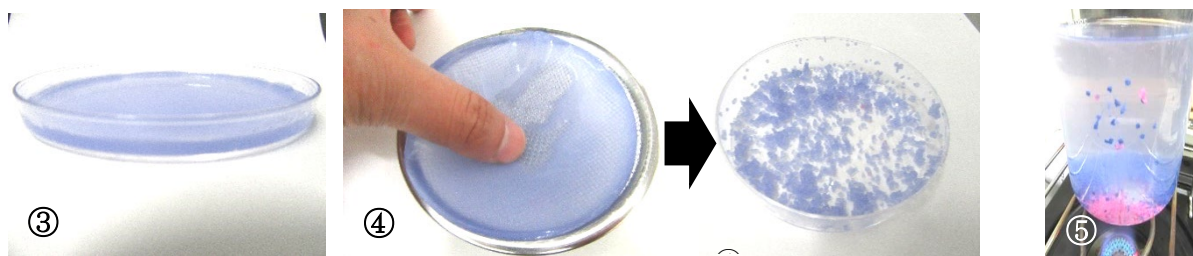
※ 通常の 25 倍希釈では寒天化した際に色が薄く、温度による色変化が大変見づらくなる。

② 希釈した溶液に寒天を濃度約 1.5%になるように加え、電子レンジ等を用いて加熱して溶かす。

※ 加熱が不十分だと寒天の密度にバラツキが生まれ、水中での寒天の動きが分かりづらくなる。

吹きこぼれないように注意しながら 1 分以上は沸騰させたい。

- ③ 水平な場所で厚みが 2 mm程度になるようシャーレに流し、冷蔵後で 30 分程度冷まして固める。
- ④ 寒天をシャーレからつまようじ等で慎重に取り出す。  
網目のサイズ 2 mm程度の網の上へのせ、指でおしつぶして網目をくぐらせる。  
なお寒天が網につきやすいので、水を入れたビーカーの上で適宜ふるい落としながらつぶす。
- ⑤ ビーカーにサーモ寒天を入れ、ビーカーの片側を弱火（ケニスの理科実験ガスコンロの目盛り：1 か 1.5）で加熱する。  
直ぐに寒天がピンクとなり上昇し、また青色に戻りながら沈降する様子が見られる。



#### コツ:

- ・ 加熱はゆっくり弱火で行う。200mL 程度の水の場合最初の数分が観察ポイント。それ以降の時間は全体的に 40 度以上に温まっており青くなって下降する様子は観察が難しい。
- ・ サーモ寒天の希釈は薄いとやや色の変化が見えづらい。ただし雪のようにきれい。
- ・ サーモ寒天のサイズは、加熱の強さ(サーモンインクを浮かせる力)とサーモ寒天の放熱のトレードオフ。寒天が大きすぎると重くなり、加熱が強くないと浮き上がらず、底に沈んだ寒天が先に全てあたたまってしまふ。さらに浮かんだあとも寒天が冷やされて青くならずピンクのまま落ちてしまう。  
結果、児童には暖かい水が上昇し、冷えたのち下降するのとは違う結果にみえ、誤概念につながらないように注意が必要。

#### 豆知識:

- ・ サーモ寒天は水に入れて保管しておくと再利用可能(1-2 年はもちました。)
- ・ サーモインクは、外部のエネルギーにより物性が変化することで色が変わる 機能性色素の一種。本実験で使用するインクは約 40°Cを境に青色からピンク色に可逆的に変化するものである。
- ・ 温度により色が変わる材料には、他にインクを印刷したサーモテープがある。主に電気分野で発熱管理として用いられている。その他、加熱による液晶の転移を活用した温度ラベルも用いられている。
- ・ 近年熱分布を連続的に可視化できるフィルム素材(サーモスケール(富士フィルム))も電子機械メーカーの工場加工時の熱量の判定方法として使われ始めた。

## ② 手法2:サーモイクラの作り方

### <実験材料>

アルギン酸ナトリウム、塩化カリウム、サーモインク水溶液、  
10mL シリンジ、チップ、ピーカー

### 作成手順

- ① サーモインクを水で2~5倍に希釈する
- ② 希釈した溶液にアルギン酸ナトリウムを少量ずつ加え、ゆっくり混ぜ濃度4%の溶液をつくる。  
なお粘度が高かつ、だまになりやすいが時間が経つと溶ける
- ③ シリンジやスポイトに吸い出す。10mLのシリンジや数mLのスポイトではマーカとなるサーモイクラの粒径は4~5mm程度となる。より細かい数mmの粒径を作成するためには、たとえばマイクロピペッターのチップをシリンジに取り付けると良い。
- ④ 濃度10%の塩化カルシウム水溶液に滴下する。



図 シリンジからポタポタ落とす

## ③ 手法3:「エマール」を活用した流れの可視化

概要:洗濯用合成洗剤を少量水に入れて加熱すると温度の高いところが白濁し、その動きで流れを確認できる。そのため小学4年の水の温まりの教材として以前から活用されている1)2)。これは洗濯用洗剤に含まれるポリオキシエチレン系の非イオン界面活性剤が、ある温度になると、活性剤に水和していた水素結合が切れ析出するため当初透明であった洗剤が白濁して見える現象である。析出する温度を曇点(どんてん)といい活性剤によって異なる。

洗濯用合成洗剤「エマール」の曇点は約75度1)2)である。なお本実験の花王「エマール」(ほのかなりフレッシュグリーンの香り)の成分は、「界面活性剤(21%、ポリオキシエチレンアルキルエーテル)、安定化剤」である。

分量は例えば久保2)は水300mLに対して10mLであるように少量が良い。

- 1) 佐伯、木村:洗濯用合成材を使って水の温まり方を調べる実験、理科教育学研究 Vol.58 No.3 p231-237(2018) [https://www.jstage.jst.go.jp/article/sjst/58/3/58\\_17033/pdf](https://www.jstage.jst.go.jp/article/sjst/58/3/58_17033/pdf)
- 2) 久保文人(和歌山大学附属)、「理科の教育」2018年5月号
- 3) 花王の界面活性剤、花王株式会社ケミカル部門  
[https://chemical.kao.com/content/dam/sites/kao/chemical-kao-com/jpja/pdf/catalog/surfactants\\_1907.pdf](https://chemical.kao.com/content/dam/sites/kao/chemical-kao-com/jpja/pdf/catalog/surfactants_1907.pdf)

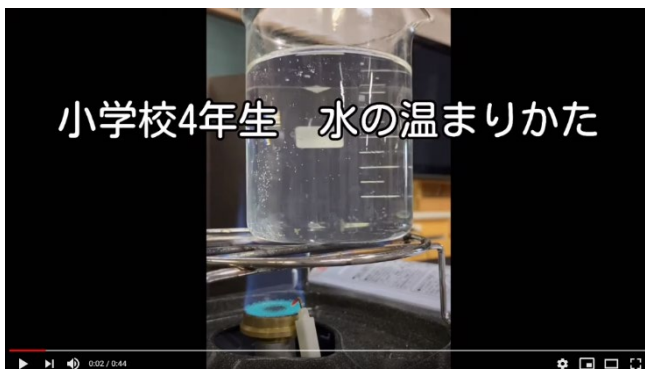


図. SECで実験したときの様子  
(動画はエマール3%)

<https://www.youtube.com/watch?v=itX3e4ibxBw>

