

水はなぜ水面からこおるのか

松山市立石井小学校 第4学年 辻井美羽
指導教諭 加藤眞由美

1 研究のきっかけ

今年の2月、寒い日の朝にバケツに入っていた水を見てみると、水面に氷ができていた。でも、その日の夜、家族の中で最後に風呂に入ってみると、湯船の底の方の湯が冷たくなっていた。そのまま風呂の湯が冷たくなっていくと、氷は水の底の方からできていくはずである。でも、池にできている氷は水面にできていて、池の中の魚も凍っていない。なぜ水は水面から凍るのか不思議に思い、この研究を始めてみることにした。

2 研究の目的

水はなぜ水面から凍るのだろうか。その理由を知る。

3 予想

レストランで出てくる水に入っている氷は、いつも水に浮いている。氷は水よりも軽いのだと思う。だから、水面から凍るのだと思う。

4 実験1

(1) 実験計画

この疑問を家族に聞いてみると、氷は冷蔵庫の中でできていて凍るところが見えないから、ろうそくを溶かして固まるところを見てみたらと言われた。そこで、ろうそくを溶かして、固まるところを見てみることにした。

(2) 実験道具

なべ・水・ろうそく・コップ・ダンボールの下敷き（溶かしたろうそくを入れたコップの下に敷くため）

(3) 実験方法

- ① ろうそくを削り、ろうをコップの中に入れる。
- ② コップを水の入ったなべの中に入れて、なべをあたためる。
- ③ ろうが溶けたら、ダンボールの下敷きの上に乗せる。
- ④ どこから固まっていくか観察する。

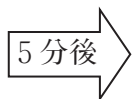


【削ったろうを、湯で溶かしている様子】

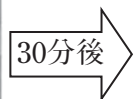
(4) 実験結果



【溶かしたろう】



【下から固まってきた。】



【全て固まった。真ん中が少しへこんでいる。】

(5) 実験結果から分かったこと、分からなかったこと

- 5分後の結果より、ろうは下の方から冷えて固まることが分かった。この結果は風呂の湯が下の方から冷えてくるのと同じだと思った。
- 30分後には、ろうが固まった。なぜか真ん中がくぼんでいるが、理由はよく分からない。
- ろうは下から冷えて固まっていくので、水面から凍っていく氷とは違うと思う。やっぱり冷蔵庫で水を作ってみることにした。

5 実験2

(1) 実験計画

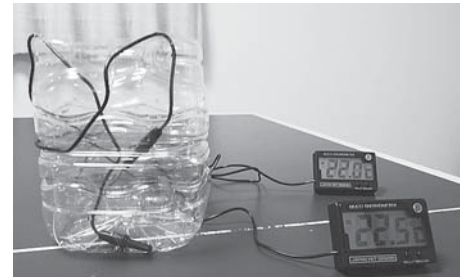
実験1より、冷蔵庫で氷を作ることにした。氷は水が0℃になったときにできると聞いたことがあるので、温度計を入れることにした。温度計を店に買いに行ったら、「水槽に入れる水温計があるよ。」と言ってくれたので、それを使ってみることにした。

(2) 実験道具

ペットボトル (2 Lのものを半分に切ったもの) ・水・水温計 (2つ) ・冷蔵庫

(3) 実験方法

① 右の写真のように、ペットボトルに水温計をセットした。



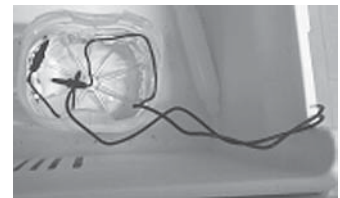
② 水温を測る部分を、水面近くと水の底近くになるようにセットした。こうすると、水面と水の底近くで、どちらが早く0℃になり氷ができるかが分かると思った。

③ 水を入れて、冷蔵庫の中に入れた。水温計の文字の部分は、冷蔵庫の外に出した。

【水温計をセットしたペットボトル】

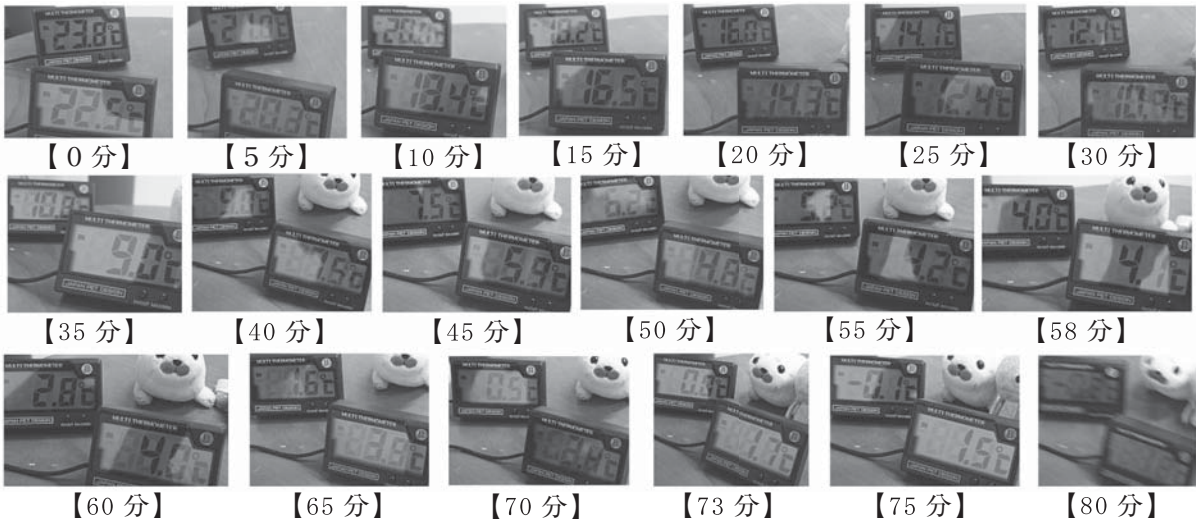
(4) 実験結果

右の写真は、水温計をつけたペットボトルに水を入れて、それを冷蔵庫に入れたときの様子である。水温計の文字の部分は、冷蔵庫の外に出している。5分ごとの水温を測った。



80分後に冷蔵庫を開けてみると、氷ができていた。

【冷蔵庫に入れた様子】

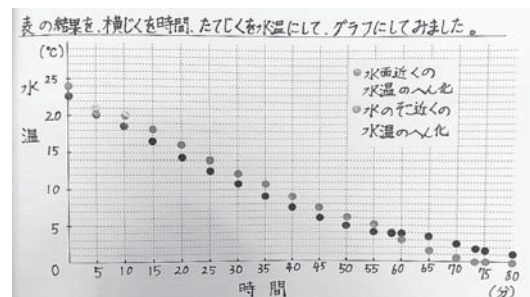


水面近くと水の底近くの水温のへん化を表にまとめました。

時間 (分)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
水面近くの水温(℃)	23.8	21.0	20.0	18.2	16.0	14.1	12.4	10.8	9.0	7.5
水の底近くの水温(℃)	22.5	20.3	18.4	16.5	14.3	12.4	10.7	9.0	7.6	5.9
時間 (分)	50	55	58	60	65	70	73	75	80	
水面近くの水温(℃)	6.2	5.2	4.0	2.8	1.6	0.5	0.0	-0.1	-0.2	
水の底近くの水温(℃)	4.8	4.2	4.1	4.0	3.5	2.4	1.7	1.5	1.3	

10 (水面近くの水温がその近くの水温より低くなっている)

【水面近くと水の底近くの水温の変化をまとめた表】



【左の表をまとめたグラフ】

(5) 実験結果から分かったこと、分からなかったこと

- 結果より、水の底近くの水温が4℃までは、水面近くと水の底近くの水温を比べると、水の底近くの水温の方が低い。
- 水の底近くの水温が4℃くらいになると、水温の下がり方が遅くなり、水面近くの水温が追いついて、低くなる。その理由は分からない。

- そのまま水面近くの水温が水の底近くの水温よりも低くなり、0℃になったところで水面に氷ができた。
- でも、氷ができる瞬間が見えなかったのが残念だった。去年の夏、氷と塩でアイスクリーム作りをしたので、同じ方法で氷を作ってみようと思う。

6 実験3

(1) 実験計画

氷ができる瞬間を見てみたいので、アイスクリームを作る方法で氷を作ってみることにした。(アイスクリームを作る方法：アイスクリームの原料をふた付きのアルミのコーヒー缶に入れて振り、塩をかけた氷にそのアルミ缶を付ける方法)

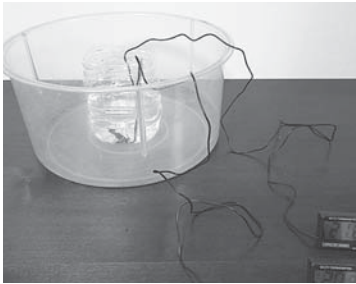
(2) 実験道具

ペットボトル・水温計(2つ)・水・水槽・氷・塩

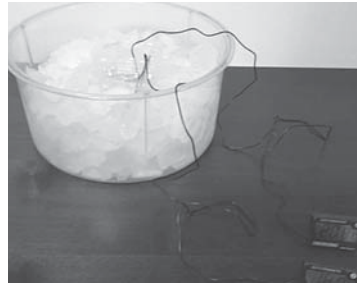
(3) 実験方法

- ① 実験2と同じように、半分に切ったペットボトルに水温計をセット(水面近くと水の底近く)し、水を入れる。
- ② ①の水の入ったペットボトルを水槽に入れ、周りに氷を入れる。
- ③ 氷に塩をかけて、ペットボトルの中の水を冷やす。室内のエアコンは18℃に合わせた。

(4) 実験結果



【氷を入れる前】
水面近く：21.2℃
底 近 く：20.9℃



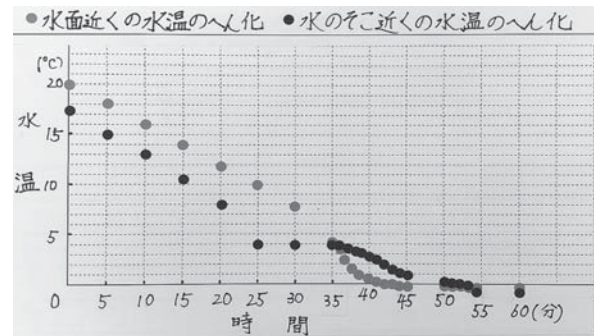
【氷を入れた後】
水面近く：20.8℃
底 近 く：18.9℃



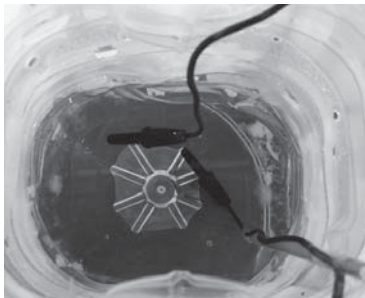
【まわりの温度】
すぐに、-5℃以下になった。

時間(分)	まわりの温度-5℃						まわりの温度-5℃以下						水面近くの水溫がそこ 近くの水溫より低くなっている											
	0	5	10	15	20	25	30	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	50	51	52	53	54	60
水面近くの水溫(℃)	19.9	18.1	16.0	13.9	11.8	9.9	7.2	5.3	3.4	2.3	1.4	0.9	0.6	0.3	0.1	0.0	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.2	-0.2	
そ近くの水溫(℃)	17.3	14.8	13.0	10.4	7.8	3.9	3.9	3.8	3.8	3.6	3.4	3.2	2.8	2.2	1.8	1.4	1.1	0.9	0.2	0.1	0.0	-0.2	-0.4	-0.5
時間(分)	水なし ↑ 氷あり																							
	分がらない																							

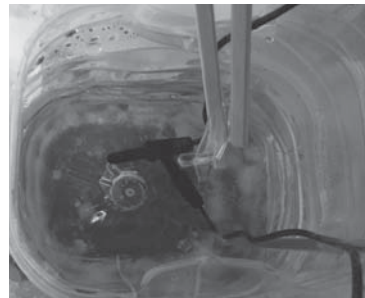
【水面近くと水の底近くの水溫の変化をまとめた表】



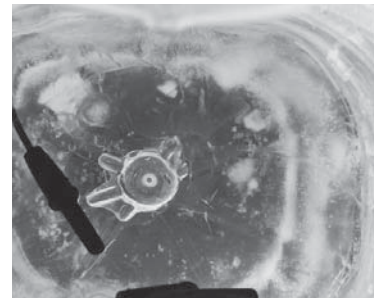
【左の表をまとめたグラフ】



【43分の写真】
水面近く：0.0℃
底 近 く：1.4℃
・氷はできていない。



【54分の写真】
水面近く：-0.2℃
底 近 く：-0.4℃
・水面に氷ができています。
・底の部分にも氷ができて
いるかもしれない。



【60分の写真】
水面近く：-0.2℃
底 近 く：-0.5℃
・底の部分にも氷ができて
いることが分かる。
(まわりが冷たすぎる。)

ストップウォッチを押した時を0分として、水温の変化を記録した。そして、結果を表にまとめた。また、横軸を時間、縦軸を水温にして、表の結果をグラフにした。

(5) 実験結果から分かったこと、分からなかったこと

- 冷蔵庫では、水が氷になる瞬間が分からなかったが、アイスクリーム作りの方法では、氷のできる瞬間を見ることができた。でも、水面に氷はできず、水面近くの壁にできた。理由は、部屋の温度が高く（エアコンで18℃）、周りの氷が冷たすぎたから（-5℃以下）だと思う。
 - アイスクリーム作りの方法でも、水の底近くの水温が4℃くらいで下がらなくなり、それから水面近くの温度が4℃以下まで下がっていった。つまり、4℃くらいで水面近くの水温と水の底近くの水温が逆になることが分かった。
 - 水面近くに氷ができる時は、水温が0℃くらいのままで変わらないようだ。また、氷ができると、温度が下がり始めるようだ。このことは、水の底近くの水温が、底に氷ができたらすぐに-0.5℃まで下がったことから分かる。
 - これらのことから、どのようにして水面から氷ができるのか考えてみた。
 - ① 20℃の水があって、その水を冷やし始めたとする。
 - ② 始めは、水の底近くの温度が低く、水面近くの温度が高い。
 - ③ どんどん冷えていき、水の底近くが4℃くらいになる。水面近くも4℃くらいになっていく。
 - ④ さらに水が冷えていき、3℃や2℃の水ができる。それらの水は水面近くに上がっていき、水の底近くには4℃くらいの水が残る。
 - ⑤ 水面近くはさらに冷えていき、0℃になると氷ができる。
- ※ アイスクリーム作りの方法では、部屋が暖かく（約18℃）、ペットボトルの周りが冷たかったので、壁の所にしか氷ができなかった。
- 上の①～⑤の説明が本当に合っているのか、確かめることにした。

7 実験4

(1) 実験計画

温度の違う赤色と青色の水を用意し、水温によってその水が水面近くにあるのか底近くにあるのかを調べる。

(2) 実験道具

水温計（2つ）、冷蔵庫、氷（水温を調節するため）、赤色・青色の水（水性マジックのインクを溶かした水）、試験管、試験管立て、色水を入れるためのスポイト

※ ビーカーでも実験したけれど、試験管の方が結果が見やすかった。ビーカー、試験管、スポイトは店に買いに行った。

(3) 実験方法

- ① 赤色と青色の水を用意する。
- ② 冷蔵庫や氷で色水を冷やす。温度は右の表のようにした。4℃の水が底の方にたまると考えて、4℃の水と4℃より温度が高い水、4℃より温度が低い水を用意した。
- ③ まず、ほぼ同じ温度の色水（たとえば赤色）を試験管に入れ、スポイトで別の色水（青色）を入れる。
（同じくらいの温度だから混ざるはず。）
- ④ 次に、4℃の色水（たとえば赤色）を試験管に入れ、スポイトで別の色水（青色）を入れる。〈10℃以上の色水は上にいき、0～1℃の水も上にいくはず。〉
- ⑤ 色水によって重さが違うかもしれないので、④の実験を、色水の色を入れ替えてやってみる。〈④の実験と同じように、10℃以上の色水は上にいき、0～1℃の水も上にいくはず。〉

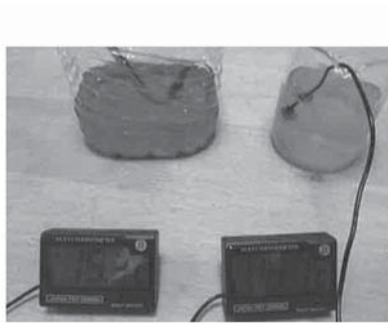
	赤色の水	青色の水
	同じ 温度くさい	
水	4℃くさい	10℃以上
	4℃くさい	0~1℃くさい
温	10℃以上	4℃くさい
	0~1℃くさい	4℃くさい

【色水を冷やす温度】

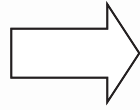
※ 〈 〉の中のようになれば、実験3の「(5)実験結果から分かったこと、分からなかったこと」で書いた①～⑤の考え方が正しいことになると思う。

(4) 実験結果

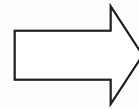
- ① ほぼ同じ温度の青色の水 (15.3℃) と赤色の水 (15.1℃) を用意し、赤色の水を試験管の中に入れた。その試験管に、青色の水をスポイトで入れた。結果は、底の方に少し赤色の水が残っているが、試験管全体が紫色になり、2色の水が混じった。



【赤色と青色の水】



【赤色の水に青色の水を入れる】

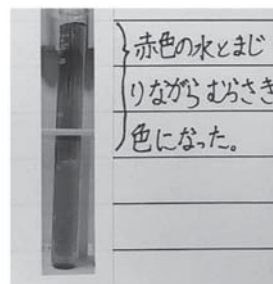


【紫色になった。少し下が赤い?】

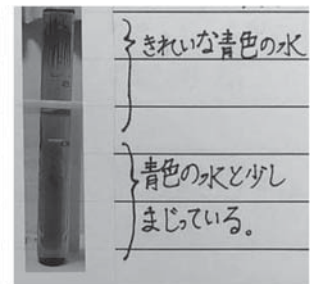
- ② 4℃の赤色の水に、10℃以上の青色の水 (写真左) と、0～1℃の青色の水 (写真右) をスポイトで入れた。

10℃以上の青色の水は、赤色の水と混じりながら上の方にたまっていった。

0～1℃の青色の水は、赤色の水の方に少し下がって混じったが、上の方には、きれいな青色の水がたまった。



【10℃以上の青色の水】

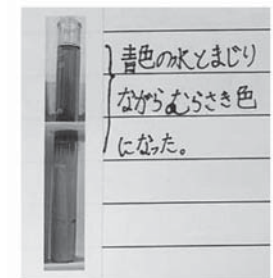


【0～1℃の青色の水】

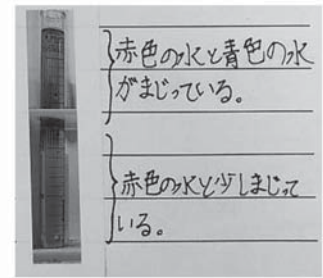
- ③ 4℃の青色の水に、10℃以上の赤色の水 (写真左) と、0～1℃の赤色の水 (写真右) をスポイトで入れた。

10℃以上の赤色の水は、青色の水と混じりながら上の方にたまっていった。

0～1℃の赤色の水は、青色の水の方に少し下がって混じりながら上の方にたまっていった。



【10℃以上の赤色の水】



【0～1℃の赤色の水】

(5) 実験結果から分かったこと、分からなかったこと

- 実験4より、赤色と青色の水は、同じ温度くらいだったらきれいに混ざることが分かった。
- 水の色に関係なく、10℃以上の水は4℃の水よりも上にたまることが分かった。
- 水の色に関係なく、0～1℃の水は4℃の水よりも上にたまることが分かった。
- ただし、2つの色水の温度の差が大きい方が、きれいに色水が分かれることが分かった。(温度の差が小さいと色が混じる。)
- これらのことから、実験3の「(5)実験結果から分かったこと、分からなかったこと」で書いた①～⑤の考え方が正しいということになる。
- 4℃の水が底の方にたまる理由は分からない。水は温度によって重さが違うのではないかと思う。そこで、水を1L量り取り、電子はかりで重さを量ってみたが、うまくできなかった。水を冷やすことは簡単だったが、水を1L量り取ることが難しかった。

た。もちろん、電子はかりで量り取ってもうまく量れなかった。1 L量れているかは分からないが、水の温度別に量った重さは次の表のようになった。

水の温度(°C)	25.8	20.9	15.4	10.7	4.3	3.5	2.0	1.5	0.5
水の重さ(g)	994.2	995.5	995.8	997.4	998.3	997.2	996.7	994.8	996.5

この表では、3～4℃の水が一番重そうな感じがするが、水1 Lをうまくはかりとることができていないので、調べることにした。父が、理科年表という本を持っていたので、調べてみた。

○ 調べたこと(理科年表P.391より)

水1 km³ (1 ml…1 Lの1/1000)の質量(重さと考えてよいらしい)を密度という。水の場合は温度によって変わる。

水の温度(°C)	0	1	2	3	4	5	6	7	8
水の比重(g)	0.99984	0.99990	0.99994	0.99996	0.99997	0.99996	0.99994	0.99990	0.99984

○ なお、調べてみると、水は氷になると体積が増えて、ロウは固まると体積が減るということも分かった。つまり、実験1でロウを冷やした時に、真ん中が少しへこんでいたのは、体積が減ったからだということが分かった。

以上のことより、水はなぜ水面から凍るのか、その理由をまとめてみた。

8 まとめ

今までの実験や調べたことをもとに、水はなぜ水面から凍るのか、まとめてみた。

水はなぜ水面から凍るのか。その理由は、「水の温度が4℃になるまでは、水の底が冷たく、水面近くが温かい状態で冷えていく。でも、4℃になった水は重たいので、どんどん水の底の方にたまっていく。逆に4℃より冷たくなった水は、4℃より軽いので、水面近くにどんどんたまっていく。水面近くの水の温度が0℃になると、水面から氷ができていく。」ということになる。

9 感想

最初、研究を始めた時は、こんなに長く大変な実験になるとは思っていなかった。夏でとても暑かったので、涼しい所でできると思っていたけれど、冷蔵庫の中で実験した時は氷ができる所は見えないし、アイスクリームの方法で氷を作ろうとした時は、部屋の温度が高すぎて、(18℃…本当は風邪をひきそうだった。)うまく氷ができないし、失敗ばかりだった。でも、底の水の温度の下がり方が約4℃で止まり、水面の方が冷たくなって氷ができた時は本当にびっくりした。実験4からは本当に難しく、スポイトを強く押すとすぐに色水が混じってしまい、何回もやり直しをした。結局、水の重さを量ることができず、調べないといけなかったけれど、水温により水の重さが変わることも知らなかったし、それが理由で水面から氷ができることも全く予想していなかった。でも、分からないことでも、丁寧に実験をすれば分かるということが分かった。

最後に、今回の実験中に思ったことだけれど、バケツの水が凍るのを見たことはあるけれど、海の水が凍るのは見たことがない。今度は、海水も凍らせてみたいと思った。氷に塩をかけると-5℃以下になったので、すごく冷やさないで凍らないだろう。実験してみたい。

10 参考にした本

「理科年表(平成30年) P.391」 国立天文台 丸善出版