

水に溶かす溶質と水溶液の保温性の関係

5年A組 奥野詩桜

5年A組 寺谷 諒

指導教員 櫻井 昭

1. 要約

どのような水溶液が湯たんぽに最も適しているのかを調べた。さらに一度目実験の結果から粘り気のある水溶液のほうが湯たんぽに適しているという仮説を立てることができ、二度目の実験では澱粉の糊化作用の影響で吸熱反応が起こっていたことが分かり、粘り気があり吸熱反応も起こらない水溶液が最も湯たんぽに適していることが分かった。

2. 研究背景

この世の中にはたくさん水溶液があるが、どういった水溶液が湯たんぽに適しているのか気になったので、それぞれの水溶液の保温性から調べてみようと思った。

ここでいう「湯たんぽに適している」の定義は冷めにくいこと、つまり温度変化しにくいことである。

電解質の水溶液のみを使った理由は、電解質の水溶液だと電流を流すと電気分解が起こってしまうからだ。

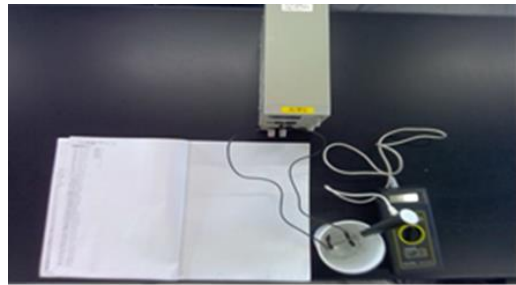


図1. 実験 3-1 の様子

3. 実験方法

3-1 初期の実験方法

初めに試した手法は、水溶液の比熱から調べる手法である。比熱とは、物質の温度変化のしにくさを表す値である。

まず物質の溶解度を調べて、その中で水に溶かしたときに非電解質となる物質として代表的な糖類とアルコール類からスクロース、エタノールを選んだ。

次にそれぞれ水 1 L 当りに 1 mol ずつ溶かした水溶液を用意した。この時は 50 mL で実験を行ったため、スクロースが 17.1 g、エタノールが 2.3 g であった。

そして、50 Ω の抵抗器と電源装置を用意し、抵抗器に 10 V の電圧をかけて抵抗器から発生する熱で加熱した。ちなみに、非

その後、20 秒ごとに温度を測り、20 分が経過した後に、時間を横軸、温度変化を縦軸にとり、グラフを作成し、そのデータから比熱を計算した。つまり、比熱が最も高い水溶液が最も温度変化しにくいため湯たんぽに適していることになる。この手法を考えた理由としては、加えた熱量を常に一定に保てるからである。しかし、この手法には不適切な点がいくつかあった。

一つ目は、気温の影響を受けやすいことである。一種類ごとに別日に行うため、気温差が実験結果に大きく影響を与えることになる。

二つ目は、比熱というのは温度ごとに代

わるものであり、決して一定ではないため、特定の温度で測定してもあまり意味がないことである。

三つ目は、湯たんぽは暖かい状態から温度が下がっていくものであるため、加熱実験とは少し状況が違ふことである。

四つ目は、電流をながす手法だと電気分解が起こらないようにするために非電解質の水溶液を使う必要があり、そうなる使える水溶液が限られてくることである。

このような理由から手法の再構築が必要となった。

3-2 実験方法の改善

まず、加熱する際に時間と温度変化を測定することをやめた。これは、三つ目の問題点として挙げた所を改善したものである。数分間加熱してから、加熱を止め、時間変化と温度変化を測定するのである。これで、より湯たんぽを実際に使う時の状況に近づけることができた。そして、これ以降『比熱』という一定でない値を扱う必要がなくなった。また、加熱方法は抵抗器の熱を使うなどして温める必要がなくなったため、色々な水溶液で試すことができるようになった。これで、二つ目と四つ目の問題点は解決した。

残る一つ目の問題点については、すべての水溶液を同じタイミングで測定することと、ゴム栓をして蒸発を防ぐことで、気温の差の影響や、蒸発による体積変化の影響による誤差を極力なくすようにした。

こうして出来上がったのが次の実験方法である。

3-3 確定した実験方法

使う水溶液は実際に湯たんぽに使えるもの、つまり日常的によく使うものを溶質

にした。今回選んだのは、食塩水、スクロース水、エタノール水、重曹水、クエン酸水である。以前は蒸留水を溶媒にしていたが、日常的に使えるものに重きをおいたため、今回は水道水を溶媒に使用した。

また比較対象として、水道水、純水、蒸留水も用意した。

まず、食塩、スクロース、エタノール、重曹、クエン酸をそれぞれ水道水 1 L あたり 1 mol の割合になるように 50 mL の水道水に適量溶かし、それらと水道水、純水、蒸留水の三つを駒込ピペットで試験管にそれぞれ 20 mL ずつ入れた。

次に、それらをすべてガスバーナーで 70°C まで加熱し、ゴム栓を閉めて温度計を穴からさし、恒温浴槽に入れて全ての温度が一定になるようにした。

最後に、それらを同時に恒温浴槽から出して 20 秒ごとに温度を測定し、すべての水溶液の温度が 30°C を下回ったところで測定を止め、時間を横軸、温度変化を縦軸にとってグラフを作成し、そこからどれが一番冷めにくいかを判断した。

ちなみに、一回の実験ではそれが本当に正しいかわからないので、二回同じ実験をやるようにした。

3-4 3-3 の実験結果

図 2 と図 3 からわかる通り、水道水とスクロース水はかなり僅差だが、スクロース水のほうが若干冷めにくそうだった。つまり、スクロース水が最も冷めにくいことがわかる。

ここで、どうしてスクロース水が冷めにくいのかを考えた。スクロース水の特徴といえば、ほかの水溶液と比べて、べとべととしていることである。つまり、粘り気、

粘性が高いということだ。おそらく、粘性が高いと液体の温度の差によって起こる熱対流が、サラサラの水に比べると遅くなり、その分ゆっくり熱が伝わるのだろうと予想した。

3-5 新たな実験へ

3-4 で粘性が高い水溶液ほどゆっくり熱が伝わりと予想した。

そこで、次は粘性が高い水溶液に絞って実験した。

まず、水に溶かして粘り気が出そうなものとして真っ先に思いついたのは片栗粉である。片栗粉を水に溶かして加熱すると、葛餅のようになる。よく考えると、保冷材の中に入っているジェルのようなものに材質は似ている。片栗粉といえば、もう一つ思い浮かぶのが小麦粉である。小麦粉も水に溶かすと、パン生地のようになって、粘り気のあるイメージだ。そこで、次の実験として片栗粉と小麦粉を溶質として使ってみた。スクロースは、ほぼ水道水と僅差であったため、今回は使わなかった。

3-6 粘性の高い溶質を用いた実験

手法としては3-5とほとんど変わらない。まず、片栗粉や小麦粉のモル質量というところから分からないので、普段一般の家庭でよく使われている小さじ一杯（およそ3g）を基準にし、小麦粉と片栗粉をそれぞれ50mLの水道水に溶かした。

そして、それらと水道水を駒込ピペットで試験管にそれぞれ20mLずつ入れた。次に、それらをすべてガスバーナーで70℃まで加熱し、ゴム栓を閉めて温度計を穴からさし、恒温浴槽に入れて全ての温度が一定になるようにした。最後に、それらを同時に恒温浴槽から出して20秒ごとに温度

を測定し、すべての水溶液の温度が30℃を下回ったところで測定をやめ、時間を横軸、温度変化を縦軸にとってグラフを作成し、そこからどれが一番冷めにくいかを判断した。今回も、二回同じ実験をやっている。

3-7 3-6の実験結果

図4を見ると、片栗粉水が序盤に急激に温度低下したため、40℃くらいまでは水動水の温度が高いが、そこからは片栗粉水のほうが高くなっている。

そして、図5を見ると、ずっと片栗粉水のほうが水道水よりも少し温度が高いことがわかる。

データが少ないので信頼性は低いですが、この二つのデータを見るかぎり、片栗粉水と水道水の間においては、粘り気がある片栗粉水のほうが温度は下がりにくいと言える。ただし、明確な差がないため、これだと水道水でもあまり変わらないのではないかと考えられる。

しかし小麦粉水は、片栗粉水や水道水と比べ、早く温度が下がることが鮮明に見られた。これは予想の全く逆をいく結果となった。

4. 結果と考察

今回は主に、二つの実験を行った。一つ目の実験は、いろいろな水溶液を用意して、その中で見つけた温度が下がりにくい水溶液の特徴から二つ目の実験を行った。しかし、二つ目の実験では、用意した2つの水溶液から思わぬ結果が出た。ただ、熱対流はゆっくりになっているはずなので、何かほかの要因が働いたと考えられる。

考えられるのは、実験の過程のどこかで

吸熱反応のようなものが起こったことだった。これは、どのようにして起こったのか気になったため、片栗粉と小麦粉の主成分から考えることにした。

片栗粉の主成分はデンプン、小麦粉の主成分はデンプンとタンパク質である。つまり、この二つには共通の成分としてデンプンが入っている。そこで、デンプンによって起こる吸熱反応に着目すると、「デンプンの糊化によって起こる吸熱」が知られている。デンプンは過熱すると 51~57°C で糊化が開始し、60~66°C で最大糊化吸熱温度に達する。ということは、片栗粉水と小麦粉水をガスバーナーで 70°C まで熱したときに、すでに糊化による吸熱反応が起っていた可能性が高い。これにより、実験 3-6 の一回目の序盤における片栗粉水の急激な温度変化や、実験 3-6 全体における小麦粉水の急激な温度低下に説明がつく。片栗粉水と小麦粉水で差が出たのは、片栗粉水のほうがより固まっていた対流する余地がなく、吸熱反応のみによる温度低下が起こっていたのに対して、小麦粉水のほうはまだ流動性があったため、吸熱反応に加えて熱対流による温度変化まで起こっていたからだと考えられる。

5. まとめと今後の展望

今回の実験で分かったことは、粘り気のある水溶液の温度が下がりにくい、吸熱反応が起こるような物質が入っていると逆に早く冷めることもあることだ。ただ、今回の実験では広範囲の下がり具合を見るために、70°C まで加熱してから下がり具合を見ているが、実際に湯たんぽとして使うときは、おそらく 50°C 以下で使うことが

多いように思う。デンプンによる糊化反応は 51~57°C で開始するためようなので、50°C まで熱してから下がり具合を見る場合はまた違う結果が出る可能性が高い。

今回の実験の反省点としては、今の手法に変更するまでに時間をかけすぎたため、時間がなく、少ししか実験できなかったことや、20 mL を試験官に入れてとすぐに温度変化実験するとすぐに温度が下がるため温度変化を正確に見るには適していなかったことだ。

今後の展望として、ほかの粘り気がある水溶液で実験してみたい。今回の水溶液は両方糊化反応の影響で、粘り気があるほうが温度は下がりにくいかどうかは明確にはわからなかった。そこで、確実な証拠を見つけるために、もう一度同じやり方で、違う水溶液でも調べてみたいと思う。片栗粉水や小麦粉水の 50°C からの温度変化を見ることはやってみたくため、次回はより正確な結果を出したいと考えている。

6. 参考文献

- [1] 塩坪聰子「澱粉と水野相互作用における熱力学的性質」Netsu Aokutei 18(1), 1991
- [2] 瀬口正晴, 「製パンに於けるコムギ (14)」, Pain 1, Vol, 55, 2008
- [3] 小柱 フミ子, 「澱粉の糊化過程における吸熱温度」, Bull. Kagoshima Pref. Jr. College, 38, 21-34, 1987