

冷却パックの研究

43期生

I テーマ設定の理由

夏になると、何気なく使用している“冷却パック”。しかし、よく考えてみると、不思議なもので、袋をたたきただけで急に温度低下をおこす。この仕組みに疑問を感じ、構造を調べたいと思い、このテーマを設定した。

II 研究方法

- (1) 冷却パックの構造
- (2) 液体成分の検討
- (3) 固体成分の検討
- (4) 冷却パックの作成

III 研究内容

(1) 冷却パックの構造

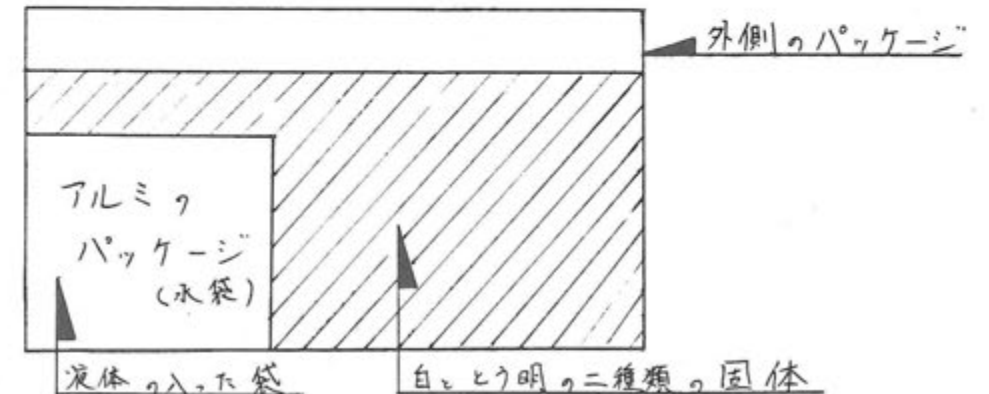
今回のこの研究ではすべて、桐灰化学工業株式会社製造の瞬間冷却パック「レイカミニ」を使用した。

〈観察〉

冷却パックを切り開き、中の様子を観察する。

—結果—

下図のように、液体の入った水袋のまわりに、白ととう明の二種類の固体の混合物が入っていた。つまり、外側のパッケージの上から中の水袋をたたき破ると中の液体が2種類の固体と反応し、吸熱反応をおこす仕組みである。



▲図1 冷却パックの構造

—質量測定—

液体の質量 → 47.0g

混合物の質量 → 82.27g

〈実験〉 冷却パックによる温度低下
 フォームポリエチレンカップに、冷却パック内の混合物を入れ、ふたをし、デジタル温度計をさす、最初の温度を測ったあと、水袋内の液体を注入し、30秒ごとに温度を測定する。(右図)

—結果—

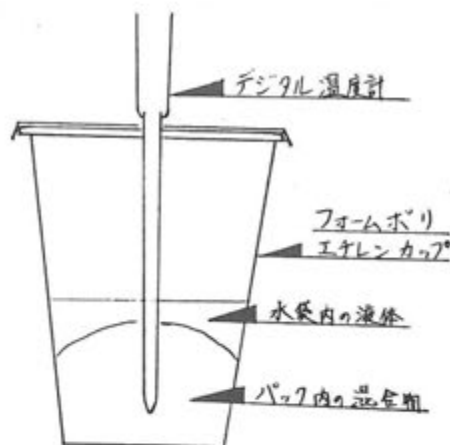
最初の温度…… 30.8℃

— 最低温度…… -8.6℃

下がった温度…… 39.4℃

(室温32.5℃)

図6のグラフのA線 参照



▲図2 実験装置図①

(2) 液体成分の検討

〈実験1〉 液体成分は水か？

液体成分を水と仮定し、次の各実験をした。

1. 水の検出薬を使って、反応するかどうかを見る。

ア. 塩化コバルト紙 (※①)

イ. 無水硫酸銅 (※②)

を使用

2. 液体の性質が何かを調べる。

万能PH試験紙 (※③)

を使用

3. 液体の凝固点と沸点の測定

※① 塩化コバルト紙とは？

水と反応すると、青から赤に変色する紙で、水を検出するのに使われる。

※② 無水硫酸銅とは？

水と反応すると、青く変色する指示薬で、水の検出に使われる。

※③ 万能PH試験紙とは？

水溶液の酸・アルカリ性およびその濃度を調べる指示紙で、その色と濃さで、1~12の段階があり、1~6は赤・黄系の色で酸性、7は緑で中性、8~12は青系の色でアルカリ性を示す。

—結果—

1. ア→ 赤色に変色 イ→ 青色に変色

2. 7 (緑色) を示す → 中性

3. 凝固点 → 0℃ 沸点 → 103.0℃

上の3つの実験の結果から、この液体は、水である可能性が強くなった。また、この実験1-3の加熱中は無臭だったので、これには特に気体が溶け込んでいないということが考えられ、加熱後、容器に残った物質に黄血塩 (※④) を加えてみたところすい黄色に変色した。ということから、少しの鉄分が含まれている可能性が強くなった。

※④ 黄血塩とは？

無色の液体で鉄に対して反応する指示薬である。

〈実験2〉 液体成分の検証実験

これまでの実験の結果より、液体成分は水である確率が強くなった。この予想を証明するための実験を行う。

〈方法〉

1. フォームポリエチレンカップに、冷却パック内の混合固体を入れ、ふたをしてデジタル温度計をさす。

—このときの温度を、0分0秒のときの温度として記録する

2. 液体と同じだけの質量、47gの水を測りとり、1に注入し、時間をはかる。

3. 冷却パックによる温度低下の実験のときと同じように、30秒ごとの温度を測定する。

—測定するときは、よくかきまぜて、固体成分をよくとくす。

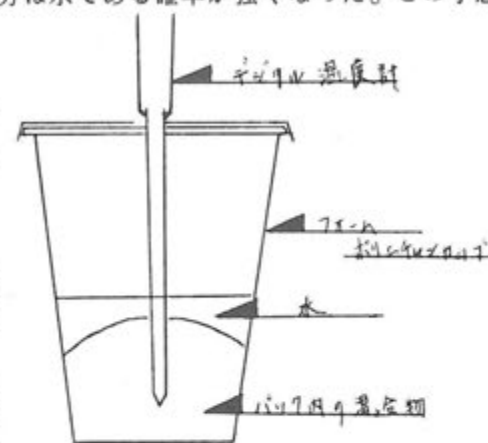
—結果—

最初の温度 32.5℃

最低温度 -5.8℃

下がった温度 38.3℃ (室温33.1℃)

図6のグラフのB線 参照



▲図3 実験装置図②

~考察 図6のグラフのA線、B線を比べてみて

よく似た形のグラフになっているということがいえる。

最初の温度がちがうのは、室温のちがいがらきているということが考えられる。

また、次のような点においてもほぼ同じような結果がでたといえる。

① 最初の30秒で、30℃前後、温度が下がっている。

② 最初の温度と最低温度との差が共に、40℃前後である。

③ 後半の2つのグラフの上がり方で、この2つのグラフはほぼ平行に上がっている。

以上の3つから、多少の違いはあるが、冷却パックの中身の液体成分と水とは、同じものといえることができる。

液体成分は - 水 - である。

(3) 固体成分の検討

〈実験3〉 固体成分の特徴

固体成分の特徴を調べ、成分の検討をもととする。

次の各実験を行ってみた。

1. アンモニウム塩を含んでいるか、いないかを見る。

ネスラー試薬 (※④)

を使用

2. 炭酸塩を含んでいるか、いないかをみる。

ア. 酸性水溶液 - 塩酸 - を使用

イ. アルカリ性水溶液 - 水酸化ナトリウム水溶液 - を使用

3. 水との反応をみる

※④ ネスラー試薬とは?

アンモニウム塩と反応すると、アンモニウム塩の量によって黄、黄褐色沈澱～赤褐色沈澱を示す液で、アンモニウム塩の検出に使われる。

-結果-

1. → 赤褐色沈澱

2. ア・イ → 共に変化なし

〈方法〉

1. フォームポリエチレンカップに試験管を入れ、質量をはかる。

2. その試験管に冷却パック内の固体を2g入れて、はかりとる……①

同じようにして、水を別の試験管に2gはかりとる……②

3. ①に②の水を注ぎ、反応を見る。

-結果-

3. 白くにごり、吸熱反応をおこす。

上の3つの実験の結果から、この2種類の固体の混合物は、水に溶けると、吸熱反応をおこし、無臭の水溶液となることがわかった。

また、アンモニウム塩を含む可能性があるが、炭酸塩は含まれていないということがわかった。

ここからは、この混合物を2種類の別の物質として、考えてみることにした。

〈実験4〉 2種類の固体の特徴

2つの固体の特徴を調べ、成分の検討をもととする。

次の各実験を行ってみた。

1. アンモニウム塩を含んでいるか、いないをみる。

ネスラー試薬 使用

2. PHを調べる

万能PH試験紙 使用

3. 水との反応をみる

4. 空気との反応をみる

〈方法〉

1. 混合物の固体を白ととう明という色で見分けて、2種類の固体に分類する。

2. 白ととう明の2種類の固体を少量ずつ別々にとり、それぞれに、ネスラー試薬を加え反応を見る。(1の実験)

2種類の固体を別々に水にとかして、万能PH試験紙の上に数滴おとして反応を見る。(2の実験)

2種類の固体を少量ずつ別々にとり、それぞれに同じ量の水を注入して反応をみる。(3の実験)

2種類の固体を別々にとり、空気中に放置しておく。(4の実験)

-結果-

1. 白色固体 → 変化なし アンモニウム塩を含まない。

とう明固体 → 赤褐色沈澱 アンモニウム塩を含む。

2. 白色固体 → 約7.8 アルカリ性に近い中性

とう明固体 → 約6.7 酸性に近い中性

3. 白色固体 → 水にとけると吸熱反応をおこす。

とう明固体 → 水にとけると吸熱反応をおこす。

4. 白色固体 → 変化なし

とう明固体 → べとべとしたゼリー状になった → 潮解性(※⑤)がある。

※⑤ 潮解性とは?

吸湿性(空気中の水分を吸収する性質)の中の1つで、吸収した成分に溶けてしまう性質のこと。空気中に放出しておくべとついてくる。

~考察~

今までの結果より次のような性質がわかった。

白色固体

◦ アンモニウム塩を含まない。

◦ 水溶液は中性にかなり近いアルカリ性。(約PH7.8)

◦ 水に溶けると吸熱反応をおこす。

◦ 炭酸塩を含まない。

とう明固体

◦ アンモニウム塩を含む。

◦ 水溶液は中性に限りなく近い酸性。(約PH6.7)

◦ 水に溶けると吸熱反応をおこす。

◦ 炭酸塩を含まない

◦ 潮解性がある。

白色固体の方は、決め手になる性質がなく検討しにくそうな為、先にとう明固体の方を文献によって求明することにした。

☆ 冷却パックに使用されている物質は、身近にあるものと考え、常備薬品一覧表によって固体の検討を行った。(化学実験プロセス図説に記載)

〈文献による調査 その1〉

とう明固体の成分を文献により検討する

特徴—水に溶けると吸熱反応をおこす。

潮解性がある。

使用した文献—化学実験プロセス図説(黎明書房)

-結果-

塩化亜鉛

硝酸アンモニウム

—以上より、とう明固体は、塩化亜鉛か硝酸アンモニウムのどちらかである。

〈実験5〉 とう明固体の成分

とう明固体の正体が、塩化亜鉛と硝酸アンモニウムのどちらなのかを調べる。

〈方法〉

とう明固体に含まれていたアンモニウム塩を含んでいないかを調べる。
ネスラー試薬 使用する

—結果—

塩化亜鉛——無変化

硝酸アンモニウム——赤褐色沈澱

—この実験結果に加え、硝酸アンモニウムは、外見も似ている以外に、その他の性質もとう明固体と一致している。

とう明固体は — 硝酸アンモニウム — である。

〈実験6〉 白色固体の特徴

白色固体の特徴をまとめる。

〈方法〉

1. 白色固体を小さい試験管に入れて温度計をさし、それをグリセリンを入れた大きい試験管に入れて固定し、弱火で加熱する。

2. 白色固体がとける温度（融点）を測定する。

—結果—

融点 144℃

—誤差を考えると、融点は144℃前後

～考察～

白色固体の性質

- アンモニウム塩を含まない。
- 炭酸塩を含まない。
- 水に溶けると吸熱反応をおこす。
- 水溶液は約PH7.8
- 融点は、144℃前後

〈文献による調査 その2〉

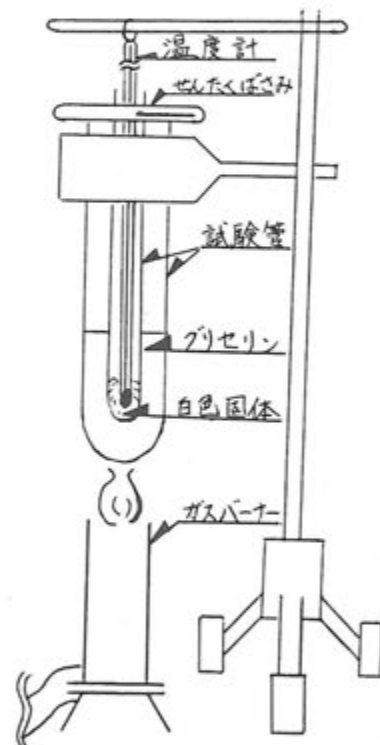
白色固体の成分を文献により調査する。

この白色固体は、大量に使用され、また1パック90円で売られている事から、毒物、劇毒物ではない
高価ではない

という2つの事がいえる。白色固体はとう明固体と違って決め手となる特徴がない為、今までにわかっている5つの性質と、上の2つをあわせた7つをもとに、消去法で考えることにした。

消去する基準

- 水に溶けない、又は溶けにくい物質
- 潮解性のある物質
- 炭酸塩を含む物質



- アンモニウム塩を含む物質
- 常温で固体でない物質。また、融点の違いすぎる物質
- 劇毒物、毒物
- 高価な物質

など

使用した文献——化学実験プロセス図説（黎明書房）

—結果—

過酸化バリウム、硫化第二鉄、ショ糖、乳糖、酒石酸、クエン酸、尿素

〈実験7〉

上の7つの物質のうち、どれが白色固体なのかを調べる。

〈方法〉

1. 7つの物質それぞれを試験管にとり、同量の水を加え、溶かす。

—結果—

尿素だけが、吸熱反応をおこす。

—尿素は、外見や、他の性質も白色固体と一致する。

白色固体は — 尿素 — である。

(4) 冷却パックの作成

〈実験1〉 固体成分の割合

硝酸アンモニウムと尿素の割合がいくらのとき、一番よく温度が下がるかを調べる。

〈方法〉

硝酸アンモニウムと尿素を合わせて5g試験管にとり、2.5gの水を注入して、最初の温度と最低温度との差を求める。

—結果—

硝酸アンモニウム : 尿素	5:0 (g)	4:1	3:2	2.8:2.2	2.5:2.5	2:3	1:4	0:5
下がった温度	29.2 (°C)	33.3	35.1	37.2	37.9	36.8	36.8	25.0

—上の結果より、硝酸アンモニウムと尿素の割合が1:1のとき、一番よく温度が下がるといえる。

〈実験2〉 冷却パックの作成

自分の手で実際に、もとの冷却パックと同じ量の冷却パックを作り、比較する。

〈方法〉

フォームポリエチレンカップに、硝酸アンモニウムと尿素を41gずつ混合して入れ、ふたをし、デジタル温度計をさす。最初の温度を測定後、水を47g注入して30秒ごとに温度を測定する。（図2参照）

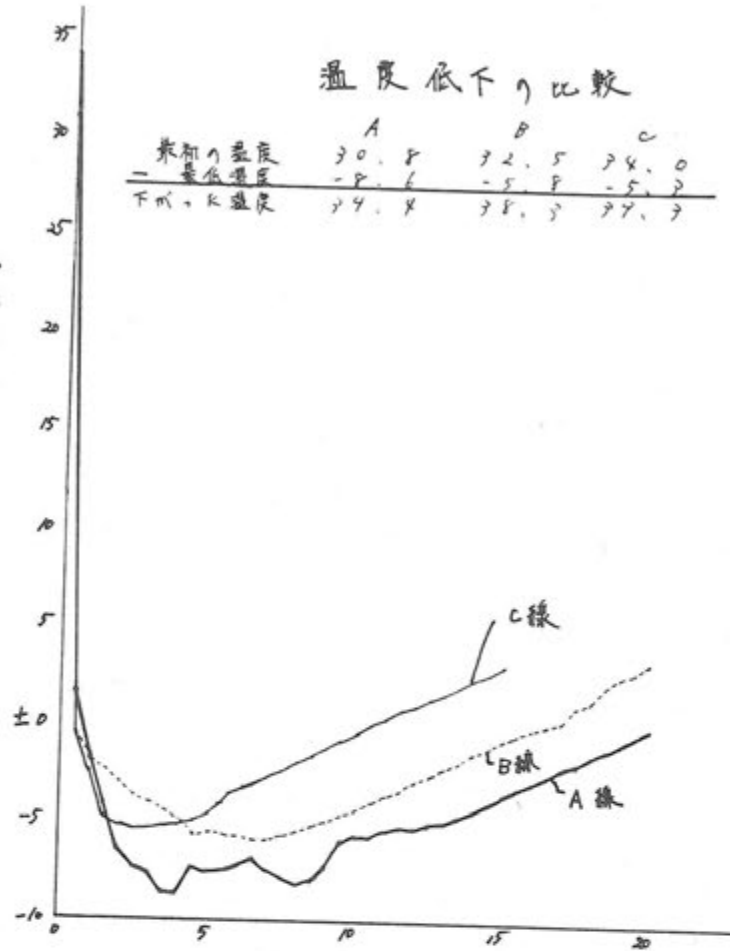
—結果—

今回は15分しか測定しなかった。→図6のグラフのC線

最初の温度…34.0℃
 最低温度… -5.3℃
 下がった温度
 ……39.3℃
 (室温35℃)

～考察～

右のグラフの、A線、C線を比較すると、ほぼ同様の動きをしている。また、下がった温度も、冷却パックのA線の方では39.4℃、自作のC線の方では、39.3℃と、ほぼ同じである。よって、今回の実験で作成したものは、市販されている冷却パックとほぼ同じものだといえる。



IV 結論

冷却パックは、約1:1の割合の硝酸アンモニウムと尿素の混合物と、水からできており、混合物が水に溶けるときに起こす吸熱反応を利用した商品である。水袋をたたき割ることにより、水袋内の水に硝酸アンモニウムと尿素が溶け、40℃近くの温度低下をおこす仕組みである。

V 総括

夏休み中、何度も学校や図書館に通い大変だったが、一通りの結果が出てうれしい。何度も行きづまったり、細かい求明ができなかったりしたが、化学研究室の先生方の色々なアドバイスのおかげで、よい研究になったと思う。

VI 参考文献

化学実験プロセス図説—黎明書房（井上友治、渡辺義一、後藤 章）

1960年9月1日初版

化学大辞典（1～10）—共立出版（化学大辞典編集委員会）1960年3月30日初版

化学大辞典—東京化学同人（大木道則、大沢利昭、田中元治、千原秀昭）

1960年10月20日初版