

手作り瞬間冷却材の製作

難波真大* 伊藤 健* 木村優友** 福原一平† 渡邊大生‡ 正戸麻樹葉* 馬場雅也**
布浦博之§ 吉本隆光! 八木善彦⊥ 大多喜重明⊥ 福本晃造#

Formation of a Disposable Coolant

Mao NAMBA,* Takeshi ITO,* Yuu KIMURA,** Ippei FUKUHARA,† Taisei WATANABE,‡
Makiha SHOTO,* Masaya BABA,** Hiroyuki NUNOURA,§ Takamitsu YOSHIMOTO,!
Yoshihiko YAGI,⊥ Shigeaki OHTAKI⊥ and Kozo FUKUMOTO#

ABSTRACT

As some mineral salts show an endothermic reaction when it is dissolved in water, we examined the effect of several salts on the endothermic temperature. Among ammonium nitrate, potassium nitrate, urea and the mixed salts of barium hydroxide and ammonium chloride, it was found that ammonium nitrate showed the best performance. The best ratio of ammonium nitrate and water was found to be 20 : 15 in terms of how cool the system is achieved and how long the system keeps the cooling temperature. The best solvent among water, methanol, ethanol and acetone was found to be water.

Keywords: disposable coolant, heat of dissolution

1. はじめに

身近な化学反応を用いた日用品の一つとして、瞬間冷却材が挙げられる。特に、2011年の夏は、猛暑であったのに加え、東日本大震災の影響で原子力発電所が停止し、大規模な電力不足が懸念されたため、瞬間冷却材が注目を集めた⁽¹⁾。一方で、一般的な瞬間冷却材は使い捨てであり、環境に大きな負荷を与えていることが懸念される。本研究では環境負荷の小さい瞬間冷却材の開発を目指し、まずは使用する試薬や素材について検討を行った。

瞬間冷却材の内容物を観察してみると、製品のほとんどに硝酸アンモニウム (NH_4NO_3) の白い粉と、水が入った袋が入っていた。最初に我々が検討を行ったのは、瞬間冷却材として必要な硝酸アンモニウムと水の分量を求め、最適な硝酸アンモニウムと水の比率を導くことにした。また、瞬間冷却材に利用できる反応について調査したところ、水酸化バリウムと塩化アンモニウム、水を混合させる反応も、検討に値することが分かったため、これらの最適な比率も求めることにした。さらに、用いる溶媒として、水のみならず、アルコールなどの有機溶媒についても検討を行っ

た。

2. 結果と考察

硝酸アンモニウム 20 g を量りとり、200 mL ビーカーに入れ、イオン交換水（以下、水と表記）を加え、ガラス棒を用いて攪拌し、温度計にて温度変化を測定した（図1）。加えた水の量はそれぞれ、5 mL, 10 mL, 15 mL, 20 mL である。混合した後の温度変化を図2に示す。加える水の量を 5 mL, 10 mL, 15 mL, 20 mL へと増やすことで、最も低くなる温度は、13.0 °C, 5.0 °C, 3.0 °C, 2.0 °C と、低下していることがわかる。一方、加える水の量を 25 mL にすると、最も低くなる温度は 16 °C と、他の実験と比較して最低温度が高くなっていることが分かった。これらの実験の上で、注意すべきなのが、溶け残りが発生する場合があることである。水を 5 mL, 10 mL, 15 mL, 20 mL 用いた実験

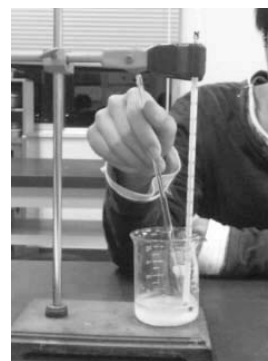


図 1. 実験装置と温度測定中の様子

* 電気工学科
** 機械工学科
† 応用化学科
‡ 電子工学科
§ 都市工学科
! 機械工学科 教授
⊥ 一般科 教授
一般科 講師

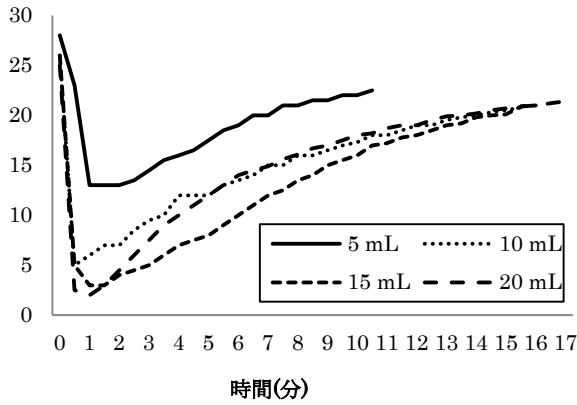


図 2. (NH₄)NO₃ 20 g に水を加えた時の温度変化

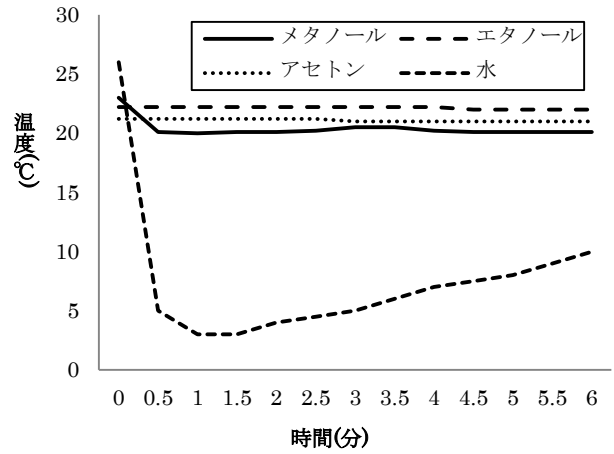


図 4. (NH₄)NO₃ 20 g を各種溶媒に混ぜた時の温度変化

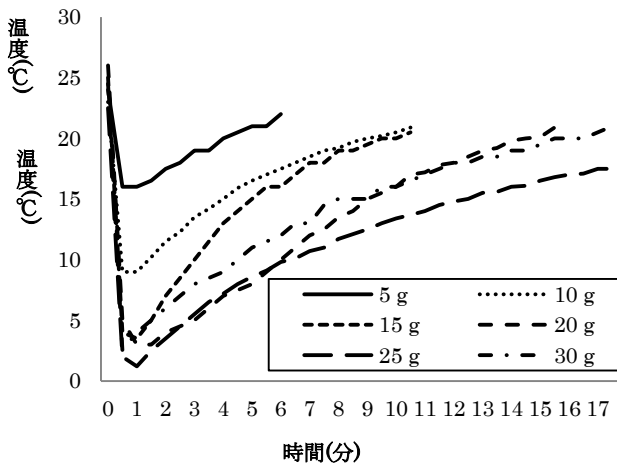


図 3. (NH₄)NO₃ に水 15 mL を加えた時の温度変化

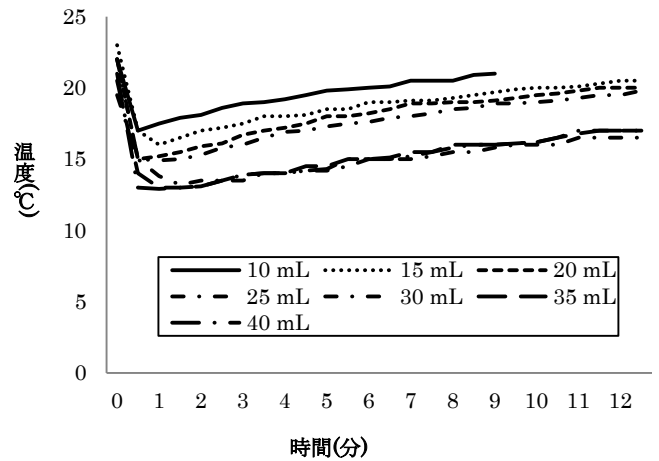


図 5. KNO₃ 20 g に水を加えた時の温度変化

では、溶解残りが発生している。5 mL, 10 mL を用いた実験では、最後まで溶解残りが発生し、15 mL, 20 mL 用いた実験では、それぞれ 9 分 30 秒後、3 分後に全て溶解切った。以上の結果より、これらの実験結果を次の様に考察する。5 mL, 10 mL, 15 mL の水を用いた実験より、最低温度を低くするためには、硝酸アンモニウムに対し、ある程度の水が必要であることが分かる。しかし、15 mL の水を用いた実験と、20 mL の水を用いた実験とを比較すると、最低温度に大きな違いは見られない。一方で、低温状態の保持時間には大きな違いが見られる。15 mL の水を用いた実験では 9 分 30 秒後に溶解きっているが、20 mL の水を用いた実験では 3 分後に溶解きっており、溶解残った試薬が徐々に溶解することで、低温状態が保持される。25 mL の水を用いた実験では溶解残りが見られず、これまでとは異なり、多量の水を加えたことにより、冷却に必要な熱量が増加するという、低温化の阻害が起こったと思われる。これらの実験により、瞬間冷却材に用いる硝酸アンモニウムと水の比率は硝酸アンモニウム：水=20：15 であることが分かった。

硝酸アンモニウムと水との比率の再現性を確認するため、今度は、水 15 mL に対し、様々な量の硝酸アンモニウムを加え、温度変化を観察した。結果を図 3 に示す。この結果からも、硝酸 20 g に対し、水 15 mL を加えた条件が、最低温度、低温状態の保持の両面で、最もよいことが分かった。次に水以外の各種溶媒についても検討を行った(図 4)。硝酸アンモニウム 20 g を、メタノール、エタノール、アセトン 15 mL に加え、攪拌しながら、温度変化を測定した。エタノール、アセトンを溶媒として用いた検討では、ほとんど温度変化が観測されなかったが、メタノールを用いた場合のみ、わずかな冷却効果が観測された。しかし、水溶媒の検討と比較すると、冷却温度、冷却時間共に能力が劣ることが明らかになった。溶解残りが、冷却保持時間に大きな影響を与えるが、これらの溶媒では溶解度が低かったため、十分な冷却効果が得られなかったと思われる。

低温化させる方法として、硝酸アンモニウムと水とを混合する方法以外の手法についても検討を行った。

硝酸カリウムの溶解熱は $-34.9 \text{ kcal/mol}^{(2)}$ と、硝酸アンモニウムの溶解熱($-25.7 \text{ kcal/mol}^{(2)}$)よりも低い値が報告されている。そこで、まず硝酸カリウムと水とを混合させたときの冷却について調べることにした。硝酸カリウム 20 g に対し、10 mL, 15 mL, 20 mL, 25 mL, 30 mL, 35 mL, 40 mL の水を加えた時の温度変化を測定した(図 5)。加える水の量を 10 mL から 30 mL へと増加させたところ、最低温度は 17°C から 14°C へと降下した。しかし、加える水の量が 30 mL, 35 mL, 40 mL と変化させても、最低温度、冷却保持時間に大きな変化は観測されなかった。

低温化させる方法として、混合塩と水による方法についても検討を行ったところ、水酸化バリウムと塩化アンモニウムとを混ぜた粉末に、水を加えることによる低温化が良い条件であることを見出したので、条件の最適化を検討した。水酸化バリウム 15 g、塩化アンモニウム 5 g に水を 3 mL, 5 mL, 10 mL, 15 mL, 20 mL, 25 mL 加え、温度変化を観察した。結果を図 6 に示す。最も低い、最低温度を示したのは水を 3 mL 加えた実験であり、開始 1 分後に 3.0°C を示した。低温状態の保持が長時間に渡って観測されたのは、水を 15 mL 加えた時であった。水酸化バリウム、塩化アンモニウムの混合粉末を用いた方法では、硝酸アンモニウムを用いた時と同程度の最低温度を実現することは可能であったが、低温状態の保持時間は短く、瞬間冷却材としては、硝酸アンモニウムの方が優れていることが明らかとなった。

一般生活の中で、入手容易で環境負荷が小さく、かつ安価な試薬⁽³⁾として尿素が挙げられる。尿素の溶解熱は $-15.4 \text{ kcal/mol}^{(2)}$ であり、吸熱的であるため、これを用いた冷却効果確認についても行った。尿素 20 g に水 15 mL を加え、温度変化を測定した(図 7)。最低温度として 8.2°C を観測した。尿素のみでは、冷却能力が小さいと考え、尿素と硝酸アンモニウムを混ぜた塩を用いた検討も行った。尿素 10 g に硝酸アンモニウ

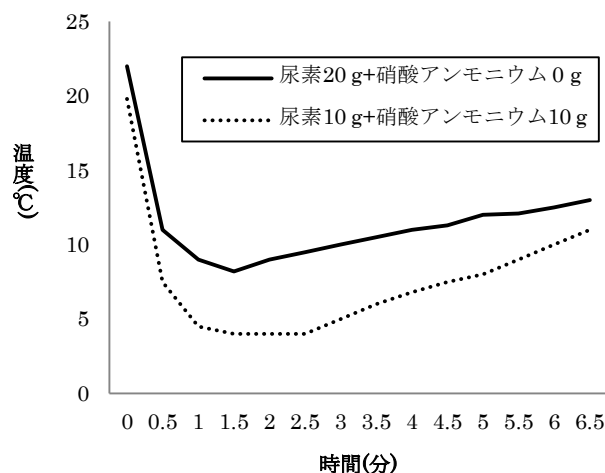


図 7. $(\text{H}_2\text{N})_2\text{CO}$ と $(\text{NH}_4)\text{NO}_3$ に水 15 mL を加えた時の温度変化

ム 10 g を混ぜ、水を 15 mL 加えたところ、 4.0°C の最低温度を記録し、硝酸アンモニウム 20 g と水 15 mL との実験による、最低温度 3°C に近い値を示している。これは、硝酸アンモニウムの一部を尿素に代用できる可能性を示している。以上の検討結果から、硝酸アンモニウム 20 g と水 15 mL とを混ぜる比率が、瞬間冷却材として最もよい条件であることを明らかにした。そこで、この結果を基に、瞬間冷却材の試作を行った(図 8 左)。瞬間冷却材は、①水をためる部分、②試薬を入れる部分の 2 か所から構成されている。水をためる部分については、持ち運び時の衝撃に耐えるだけの強度を必要とする一方、必要に応じて水を取り出す機能が必要である。各種検討を行ったところ、密閉したビニール袋に水のみを入れた袋を用意し、使用時に破裂させる方法が最適であることが分かった。この袋の中には、一切の空気を入れないことが重要である。空気が封入されると、使用時に、衝撃を与えても、空気がクッションの役割をしてしまい、水が外に出ない。このような袋を作るため、家庭用シーラー⁽⁴⁾を多用することで、空気を封入しない水を入れた袋を作ることになった(図 8 右)。

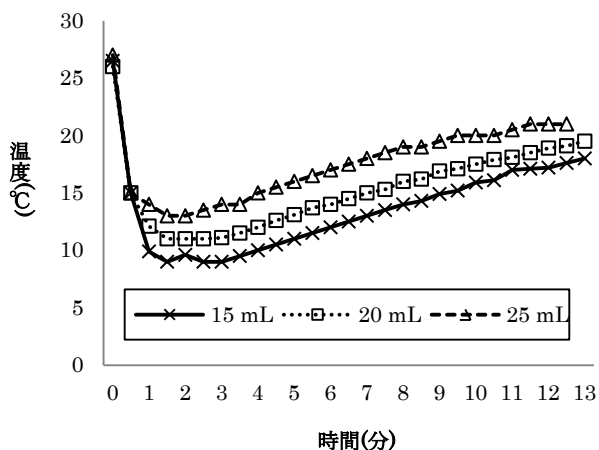


図 6. $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 15 g と NH_4Cl 5 g に水を加えた時の温度変化



図 8. 水、試薬を入れた袋(左)と水を入れた袋の拡大図(右)

3. まとめ

本研究では、瞬間冷却材の内容物として使用する試薬や水の配分の検討を行った。冷却温度、冷却時間について検討を行ったところ、硝酸アンモニウム 20 g に水 15mL を加える比率が最も良いことが分かった。この結果を基に瞬間冷却材の試作品製作も行った。メタノールを溶媒として用いることで、わずかな冷却が見られたが、最もよい溶媒は水であることがわかった。この試作品は、水を入れる部分と試薬を入れる部分から構成されており、水を入れる部分については、空気を入れない密閉した袋に水だけを入れる必要があることが分かった。家庭用シーラーを用いることで、要求した密閉袋を製作することに成功した。

謝辞

本研究は、財団法人 理工学振興会の教育研究助成を受けたものである。関係の皆様へ感謝申し上げます。

参考文献

- (1) (a)日本経済新聞, 2011年5月20日夕刊, 「涼感商品、節電を応援、衣類・日用品各社、一斉に増産、吸湿速乾性肌着、冷却シート」; (b) 朝日新聞, 2011年7月7日朝刊, 「冷感へ激戦 ひんやり商品が続々 冷たい寝具やブラウス・汗ふきシート」.
- (2) 改訂5版化学便覧基礎編II, 日本化学会編, 丸善出版株式会社, 2004.
- (3) キンダ化学株式会社 1,800 円/kg (製品コード: 000-83223, 2011年10月25日時点).
- (4) 株式会社テクノインパルス, Clip Sealer Z-1.