

地球温暖化対策の家の開発

～1年中 快適温度の家を目指して～

福島県立福島西高等学校 科学部

佐藤 颯人、舟山 海斗、瀬川 悠太
大久保 旭、松川 隼士、後藤 健太

(2020年9月1日 発表)

地球温暖化が進行する中、猛暑の福島盆地でも快適に住むことができる家の開発を目的として、状態変化の際に物質が熱を吸収することに注目し、融点が $24^{\circ}\text{C}\sim 34^{\circ}\text{C}$ のラード（豚脂）で周囲を覆い、中心部の温度変化を測定した。

その結果、紙粘土で覆った実験体よりも、ラードで覆った実験体の方が、高温（ 60°C ）の環境下でも低温（ $-5^{\circ}\text{C}\sim 0^{\circ}\text{C}$ ）の環境下でも温度変化が少なく、快適温度（ $25^{\circ}\text{C}\sim 28^{\circ}\text{C}$ ）を保持することがわかった。

1 緒 言

近年、毎年のように最高気温が更新され、50年の一度の大雨が降り続き、各地で観測史上最高気温が記録されており、地球温暖化が進行していることが実感としてある。熱中症で病院に搬送される人数も大多数おり、非常に危惧する状況である。

気候変動に関する政府間パネル（IPCC）の報告書によると、世界平均気温は、1880年から2012年の期間に 0.85°C 上昇した（図1）。

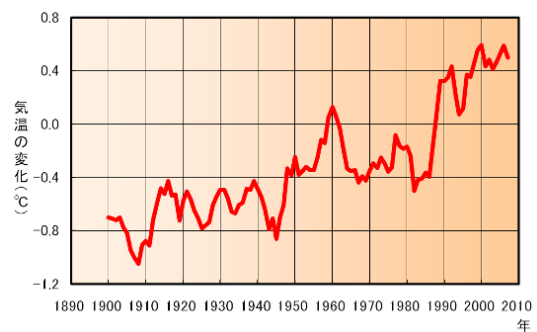


図1 世界の平均気温の変化

化学の授業で、「状態変化とエネルギー」を学習した。融解熱の学習内容は以下のとおりである。

固体を加熱すると、粒子の熱運動が激し

くなっていく。そして融点に達すると、粒子の一部が粒子間の引力を振り切って自由に動き出し、液体になり始める（融解）。このとき、温度は融点のまま一定に保たれる。これは、与えられた熱が、規則正しく並んだ粒子の配列を崩して、液体にするのにつかわれるためである（図2）。

融解している間は、温度が一定であることを利用して、家の壁の中に融点約25°Cの物質を入れておけば、外気温が上昇しても一定の温度を保つことができるのではないかと仮定した。

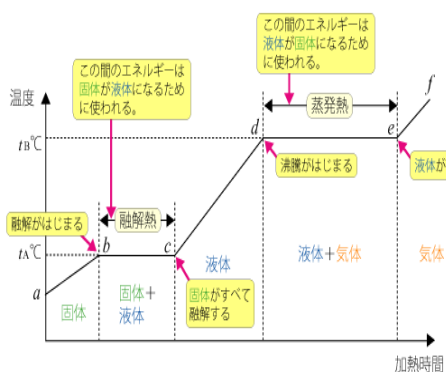


図2 加熱による状態変化

室内の温度が一定に保たれることにより、光熱費ひいては二酸化炭素排出の削減につながり、地球温暖化防止に寄与できるものと考えた。

2 実験

2・1 試薬

快適温度とは、自律神経が体温を調節する必要が無い範囲と言われており、冬期で20~24°C、夏期で25~27°Cが大半の人が満足を得られる環境となる。

融点が25°C前後の物質を調査したところ、無機物質ではフランシウム(27°C)、ガリウム(29.8°C)、セシウム(28.4°C)、有機化合物では、オクタデカン(融点27.8°C)、2-アミノベンゼンチオール(融点23°C)、イソチオシアン酸p-トリル(融点25~26°C)などがあるが、科学部の生徒会予算の範囲内であること、毒性が低いこと、身近な物質であることなど総合的に判断して、ラード(ミヨシ油脂株式会社 LOT No.2002190OMG)を実験材料として採用した。

2・2 装置

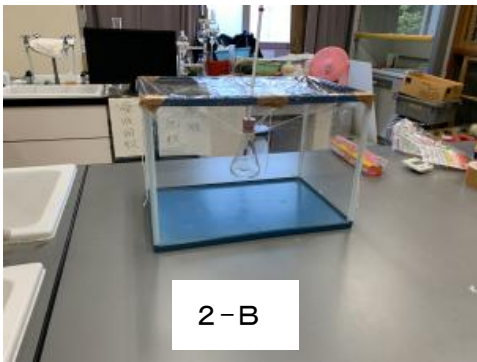
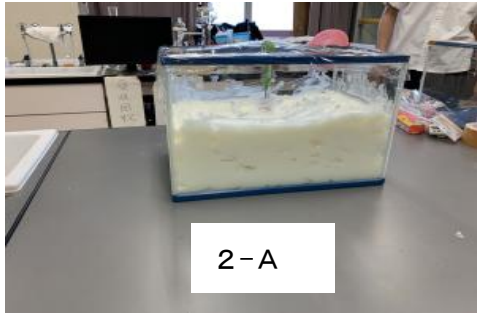
2・2・1 湯煎

ラードは可燃性であるため、湯煎を用いて融解させる。



2・2・2 水槽

観賞用水槽(400mm×260mm×275mm)の中央に三角フラスコ(100mL)を設置し、周囲にラードを高さ150mmまで入れる(下図2-A)。対照実験用として、三角フラスコを同位置に設置し、周囲を空気にした水槽を用意する(下図2-B)。異物混入を防ぐためにラップで上面を覆った。



2・2・3 加熱装置

被覆した建築材料による内部温度変化を測定するため、連続的に加熱する実験装置を作製した。

電球(36W)を福島市の夏至の南中高度 75.7° から距離 40cm で照射した。

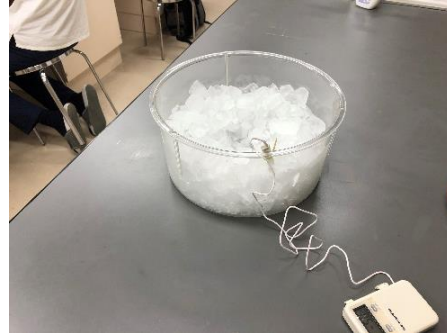
また、ドライヤー (600W) を斜め上方角度 45° 、距離 $20\sqrt{2}$ cm の距離で温風を照射した。

照射する材料はビーカー (300mL) に入れた



2・2・4 冷却装置

冷却による内部温度変化を測定するため、冷却装置を作製した。



プラスチック製水槽に氷を敷き詰め、材料を冷却した。

氷が融解しても連続的に冷却を可能にするため、周囲をスポンジやガラス器具で押さえ、冷却できる氷の形状を保った。

3 実験と結果

3・1 ラードの融点

市販のラードの融点を測定した。結果のグラフを図 3-1 に示す。

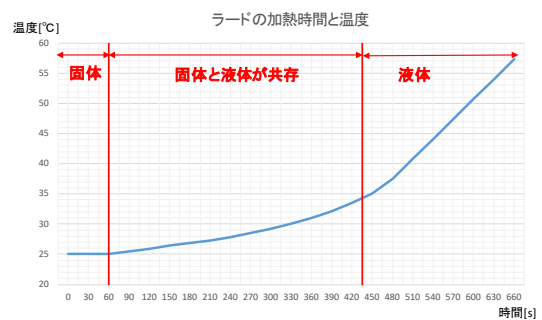


図 3-1 ラードの加熱時間と温度

24°Cで融け始め、34°Cで融け終わった。その間に連続的な温度上昇が見られることからラードは混合物であることが分かる。

また、一度融解させ、液体にしたラードを空

空中で自然に冷却すると、液体と固体に分離した。

液体部分は融点の低い不飽和脂肪酸（リノール酸（融点 -5°C ）、 α -リノレン酸（融点 -11°C ）、パルミトレイン酸（融点 -0.1°C ）、オレイン酸（融点 13.4°C ）および酸化防止剤のトコフェノール（融点 3°C ）であり、固体部分は融点の高い飽和脂肪酸（ミリスチン酸（融点 54.4°C ）、パルミチン酸（融点 62.9°C ）、ステアリン酸（融点 69.6°C ）が含まれると考えられる。

また、一度融解させた液体ラードを冷凍庫で急冷させた場合、均質の固体ラード（以下：均質ラード）になった。

3・2 空気とラードの比較実験

大量のラードに囲まれている水槽（実験装置 2-A）と光が通過する水槽（実験装置 2-B）を直射日光のあたる校舎 3 階の渡り廊下に設置した。

天候は晴れ。気温は 31°C であった。温度変化の結果を図 3-2 に示す。

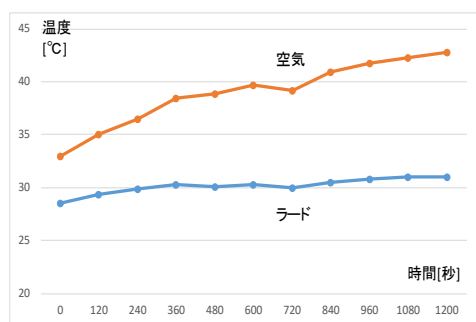


図 3-2 空気とラードの比較実験結果

空気層を通過して、直射日光が当たる実験装置（2-B）は、1200 秒で 43°C まで連続的に上昇した。

一方、多量のラードに囲まれている実験装置（2-A）は、1200 秒で上昇温度がわず

か 2°C であった。加えられた熱が、状態変化に使用されているからだと考えられる。

ラードの溶解は確認できなかった。

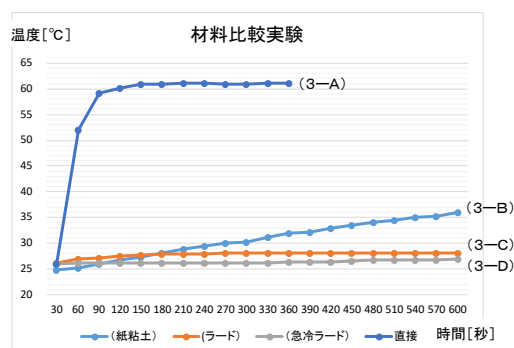
3・3 被覆材量の加熱比較実験

<材料>

被覆しない温度計（3-A）

紙粘土（3-B） ラード（3-C）

均質ラード（3-D）



直接、ドライヤーの熱風を吹き付けた温度計（3-A）は、実験開始 90 秒で 61°C に達した。

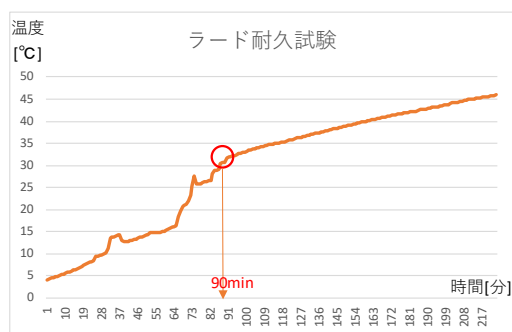
紙粘土で周囲が覆われている温度計（3-B）は、ある程度熱を防ぐことはできるが、10 分間で 36.1°C まで連続的に上昇した。真夏の住居には適さないことがわかる。

ラードで覆われた温度計（3-C）は、開始 4 分後から 10 分後まで、正確に 29.0°C を保った。表面 5mm が融解した。状態変化している間は、温度が一定になることが証明された。

一度融解して急冷したラードで覆われた温度計（3-D）は、10 分間で 26°C 台をキープすることができた。表面 5mm が融解した。融解・急冷を経て均質になったラードは、通常のラードよりも温度上昇を抑えるはたらきがあることがわかった。

3・4 耐久実験

実験 3.3 の均質ラードは、10 分間温度上昇を抑えることができた。同様な実験環境の下、どのくらいの時間、融解しないかを確認する実験を行った。



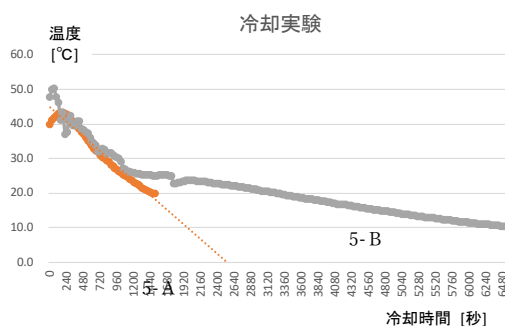
90 分間、30°C未滿に抑え、融解しなかった。餅のような物質が最後まで残っていた。200cm³のラードで、60°Cの熱風中においても 90 分間 30°C以下を保持することを考慮すると、家の壁の体積の大きさを考慮すると、福島市が猛暑日 (35.0°C以上) を連日記録したとしても、夏季の数か月の間、快適温度を保つことを期待できる結果となった。

3・5 被覆材量の冷却比較実験

<材料>

紙粘土 (5-A)

一度融解させ急冷したラード (5-B)



紙粘土で被覆した温度計は直線的に冷却し、40 分後に 0°Cまで冷却されることが予

想されるのに対し、ラードで被覆した温度計のグラフは、上がったりがったりを繰り返しながら、ゆるやかに冷却されていく。50 分間後でも 20°C以上であった。ラード中の成分の凝固により凝固熱が放出されるため、温度が時々上昇するものと考えられる。

4 結言

ラード、特に一度融解させ、急冷して固化した均質ラードには、真夏の太陽熱を融解熱として吸収することにより、内部を快適温度に維持することができる。

また、均質ラードは、夜間に外気温度が下がる時に凝固熱を放出することにより、空間内の温度効果を大幅に遅らせる効果がある。

建築材料に使用することにより、冷暖房の使用が抑えられ、結果的にCO₂の排出を削減され、地球温暖化防止に寄与するものと考えられる。

将来、砂漠や月面・火星など昼夜の温度差が激しい場所に住居を建設する際には、たいへん効果的な建築材料になると考えられる。