

# 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年間を通して快適温度で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（ $60^{\circ}\text{C}$ ）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。

さらに、実験結果を用いて大手住宅メーカーへプレゼンテーションを実施し、実用化の可能性や更なる発展実験へのヒントを得た。

## 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くなど、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。

私たちの住んでいる福島市は周囲を山に囲まれた盆地であり、真夏には高温の空気が地表に滞留し、授業や部活動に集中できないほどの熱気に包まれる。

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 $0.85^{\circ}\text{C}$ 上昇した（図1）。

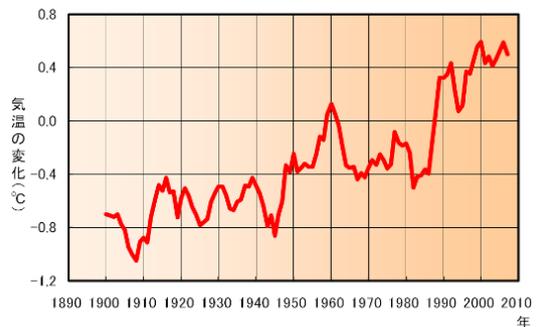


図1 世界の平均気温の変化

このような状況の中、スウェーデンの環境活動家グレタ・トゥーンベリさん（当時16歳）は2019年ニューヨークで開かれた「温暖化対策サミット」で気候変動が緊急事態にあると訴えた。グレタさんは毎週金曜日に学校を休んで、持続可能な世界へ向けて、温暖化対策を要求し続けた。



私達も同じ高校生であり、科学部の部員として、何か地球温暖化対策になることはないかと思案していた。

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。

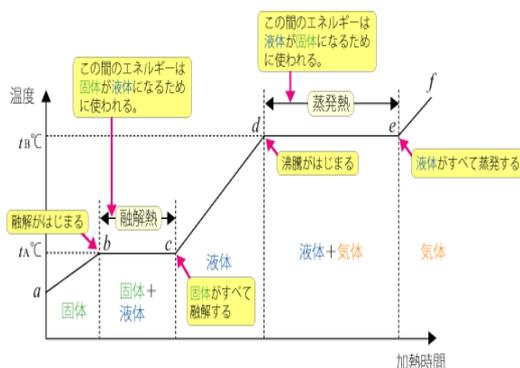


図2 加熱による状態変化

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

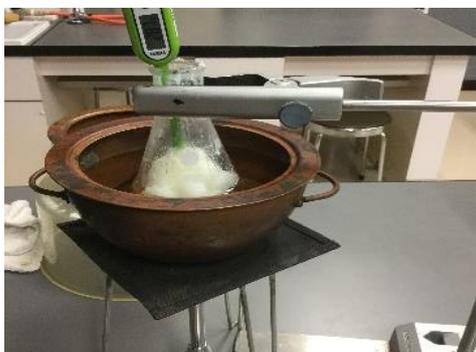
快適温度とは、自律神経が体温を調節する必要が無い範囲と言われており、冬期で20~24°C、夏期で25~27°Cが大半の人が満足を得られる環境となる。

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

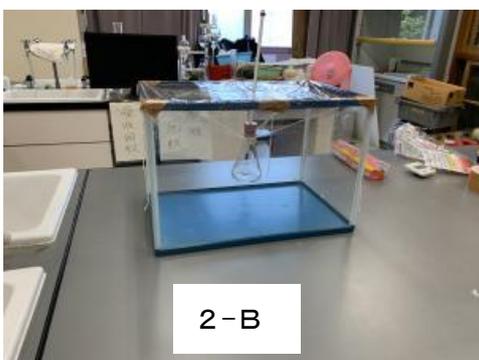
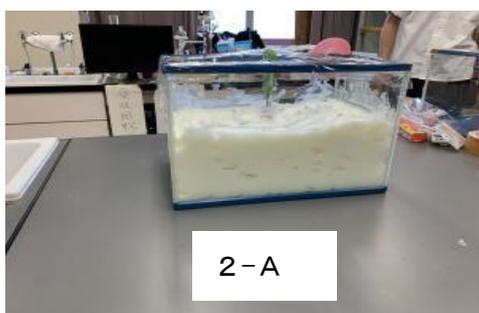
### 2・2・1 湯煎

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  $75.7^\circ$  から距離 40cm で照射した。

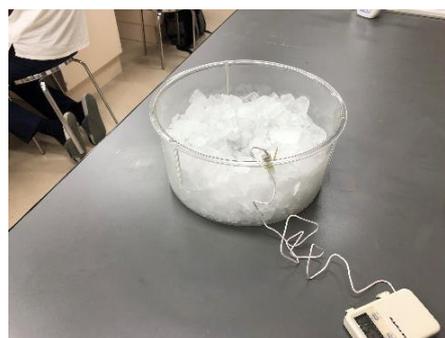
また、ドライヤー (600W) を斜め上方角度  $45^\circ$ 、距離  $20\sqrt{2}$ cm の距離で温風を照射した。

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。

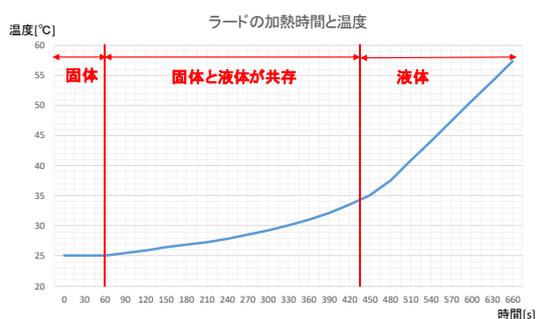


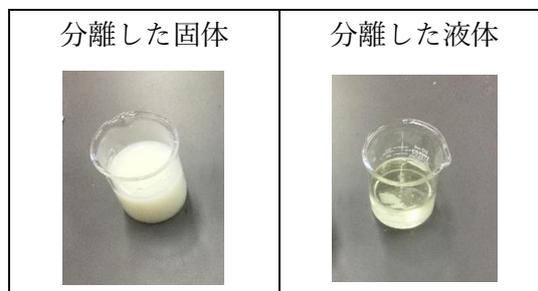
図 3-1 ラードの加熱時間と温度

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气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）、 $\alpha$ -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蔵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。

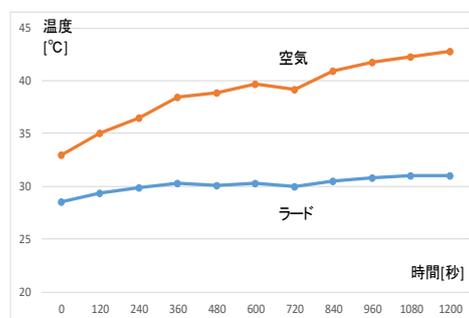


図 3-2 空気とラードの比較実験結果

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4.3℃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℃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 被覆材料の加熱比較実験

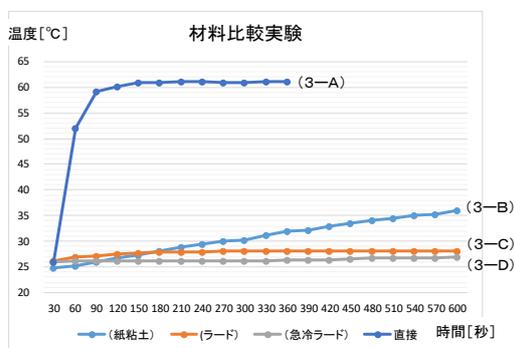
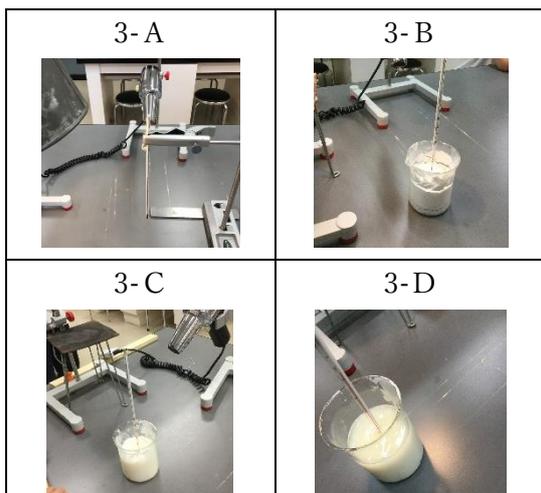
<材料>

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℃

に達した。

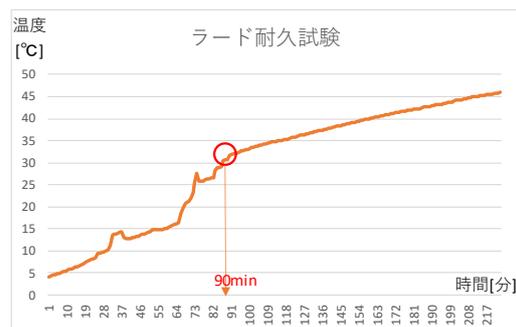
紙粘土で周囲が覆われている温度計（3-B）は、ある程度熱を防ぐことはできるが、10分間で36.1℃まで連続的に上昇した。真夏の住居には適さないことがわかる。

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℃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℃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℃未満に抑え、融解しなかった。餅のような物質が最後まで残っていた。200cm<sup>3</sup>のラードで、60℃の熱風中においても90分間30℃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℃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。

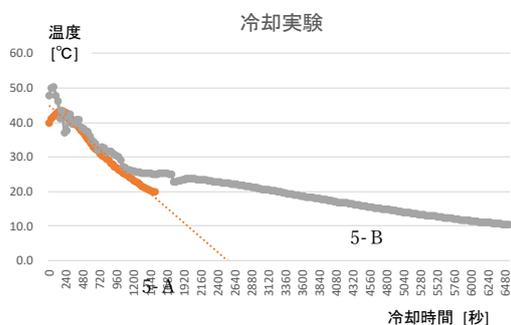


### 3・5 被覆材量の冷却比較実験

<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、上がったたり下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 実用化の可能性

### 4・1 プレゼンテーション

2020年8月2日、CSR・環境活動で脱炭素社会に取り組んでいる大手住宅メーカーである積水ハウス福島支店において、プレゼンテーションを実施した。

清水支店長をはじめ設計課のスタッフ4名の合計5名に聞いていただいた。また、大阪本社のエンジニアからの意見もいただいた。

食品であるラードを建築材料として使用するアイデアを新鮮で全く新しい視点であると評価を受ける一方、実用化するための課題を建築基準法に照らして様々なアドバイスをいただいた。

新たな課題に気づき、今後の展望を考えることができる貴重な機会となった。



## 4・2 新たな課題と今後の展望

### 4・2・1 耐震性

ゲル状物質は、振動吸収、衝撃吸収、緩衝材として幅広く利用されているため、ラードも耐震性はあると思われる。

壁材として使用する場合、重量が非常に大きくなり、コストが大きくなってしまう。

垂直方向ではなく、重力による負荷が少ない水平面での使用するために床材や天井に導入することが考えられる。

### 4・2・2 耐火性

木材の引火点が 250°C に対して、ラードの引火点が 394°C であることから火が着きづらいという長所があると思われる。

ただし、今回の実験では温度上昇が緩やかであったため、実際の火災現場を想定した実験が必要である。

大きな火災では 1,000°C 以上になるため、高温環境下での実験も実施したい。

### 4・2・3 その他

住宅として、30～40 年以上安定できるやめに以下についても追実験する必要がある。

- (a)耐衝撃性
- (b)加水分解と溶解の程度
- (c)断熱材として均一に分布できるか
- (d)採光の基準を満たす
- (e)漏出の防止

## 5 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 CO<sub>2</sub> 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。

### 参考文献

数研出版、『改訂版 化学』、2018、463p、978-4-410-81138-8

日刊工業新聞社、『異常気象の本』、2017、157p、978-4-526-07654-1

星の環会、『このままでは地球はどうなる？』、2011、第2巻 46p、978-4-89294-505-2

ジノ・シグレ、『温度から見た宇宙・物質・生命』、2004、330p、4-06-257442-X

## 謝辞

本論文の作成にあたり、お忙しい中私たちの発表を聞いて、丁寧に指導していただいた積水ハウス株式会社福島支店の清水太郎支店長、進藤健一設計長、常盤博之一級建築士、富澤雄司氏、野口学氏にはたいへんお世話になりました。

また、実験の準備を手伝っていただいた菅野貴史実習教諭と参考文献の検索を手伝っていただいた田中希望司書に感謝の意を表します。

