



レッスンの焦点

このレッスンでは、表面積と、粒の粗さが異なる砂糖から成長する砂糖結晶の形がどのように異なるかに焦点を置きます。生徒は、表面積やナノ構造について探究し、チームに分かれて実習に参加します。

レッスンの概要

「砂糖結晶の課題」では、ナノ構造が表面積にどのような影響を与えることができるか、またどうすれば分子構造に影響を与えずに砂糖の粗さをさまざまなレベルに変更できるかを探究します。生徒はチームに分かれて、さまざまな状態の砂糖について、それを表面積と分子構造に関連付けながら学びます。



年齢

8-14 才。

目的

- ◆ ナノ構造について学びます。
- ◆ 結晶について学びます。
- ◆ 表面積について学びます。
- ◆ チームワークとグループ作業について学びます。

習得内容

この学習で生徒は以下についての理解を深めます。

- ◆ ナノ構造
- ◆ 表面積
- ◆ 問題解決
- ◆ チームワーク

レッスン内容

生徒は、表面積をナノスケールでどのように変更できるかについて学びます。生徒はチームに分かれて、粗さの異なるさまざまな形状の砂糖について探究します。次に、さまざまな砂糖水から成長する砂糖結晶が、元の砂糖の粗さに応じて分子レベルでどのように異なっているかを予想します。生徒は、予想し、調査し、提案をクラスで発表します。

リソース / 教材

- ◆ 教師用リソース文書(添付)
- ◆ 生徒用ワークシート(添付)
- ◆ 生徒用リソースシート(添付)

教科課程枠組みとの調整

添付されている教科課程の調整用シートをご覧ください。

インターネットでの参照資料(英語)

- ◆ TryEngineering (www.tryengineering.org)
- ◆ TryNano (www.trynano.org)
- ◆ National Nanotechnology Initiative (www.nano.gov)

推奨文献(英語)

- ◆ 『The Science of Sugar Confectionery』(ISBN: 0854045937)
- ◆ 『Understanding Nanotechnology』(ISBN: 0446679569)

任意の作文

- ◆ さまざまな粗さの砂糖の表面積が、ドーナツを砂糖でコーティングしようとする菓子職人にとっていかに重要であるかについて簡単な作文を書きます。職人が必要とするのは、粉糖よりグラニュー糖でしょうか? その理由は何ですか?

**教師用:****教科課程枠組みとの調整**

注意:このシリーズにおけるすべてのレッスン プランは、全米教育評議会により設定された全米科学教育基準に準じ、科学教育者協会により推奨され、また該当する場合には国際技術教育学会による技術能力基準または国立数学教師評議会による学校数学の目標と規準に準じるものです。

◆全米科学教育基準 学年 K-4 (年齢 4-9 才)**教材基準 A: 疑問としての科学**

この学習により、生徒全員は以下を習得します。

- ◆ 科学的な質問をするために必要な能力
- ◆ 科学的な質問の理解

教材基準 B: 物理学

この学習により、生徒全員は以下についての理解を習得します。

- ◆ 物体と物質の特性

教材基準 E: 科学技術

この学習により、生徒全員は以下を習得します。

- ◆ 技術設計能力

教材基準 G: 科学の歴史と本質

この学習により、生徒全員は以下を理解します。

- ◆ 人間の試みとしての科学

◆全米科学教育基準 学年 5-8 (年齢 10-14 才)**教材基準 A: 疑問としての科学**

この学習により、生徒全員は以下を習得します。

- ◆ 科学的な質問をするために必要な能力
- ◆ 科学的な質問の理解

教材基準 B: 物理学

この学習により、生徒全員は以下についての理解を習得します。

- ◆ 物質の特性とその変化

教材基準 E: 科学技術

5-8 学年における学習の結果、生徒全員は以下を習得します。

- ◆ 技術設計能力
- ◆ 科学技術についての理解

教師用:**教科課程枠組みとの調整(続き)****◆学校数学の目標と基準(年齢 6-18 才)****測定**

- ◆ 物体と単位、システム、測定手順の測定可能な特性を理解します。
- ◆ 適切な技術、ツール、式を使って測定値を決定します。

関連付け

- ◆ 数学の範囲外の状況を認識して数学を適用します。

◆技術能力の基準 - 全年齢層**技術の本質**

- ◆ 基準 1: 生徒は技術の特性と範囲についての理解を養います。

技術と社会

- ◆ 基準 6: 生徒は技術開発と使用における社会の役割についての理解を深めます。



教師用:

教師用リソース

◆ レッソンの目標

このレッスンでは、表面積と、粒の粗さが異なる砂糖から成長する砂糖結晶の形がどのように異なるかに焦点を置きます。生徒は、表面積やナノ構造の概念について探究し、チームに分かれて、さまざまな砂糖のサンプルから砂糖結晶を作るなどの実習に参加します。

◆ レッソンの目的

ナノ構造について学びます。

- ◆ 結晶について学びます。
- ◆ 表面積について学びます。
- ◆ チームワークとグループ作業について学びます。

◆ 教材

生徒用リソース シート

- ◆ 生徒用ワークシート
- ◆ 教室で使用するための顕微鏡またはカメラ スコープ
- ◆ 溶解の課題: チームあたり教材 1 セット
 - 容量 4 カップ以上の清潔な耐熱ガラス コップまたは計量カップ 2 個(結晶の課題でも使用できます)、すぐ使える湯、グラニュー糖小さじ 1、粉糖小さじ 1
- ◆ 結晶の課題: チームあたり教材 1 セット
 - 容量 4 カップ以上の清潔な耐熱ガラス コップまたは計量カップ 2 個、細い綿のひも(コップの高さの 1.5 倍の長さ) 2 本、鉛筆または棒 2 本、ひもでつるす重り(ワッシャー、ネジ)、グラニュー糖 3 カップ、粉糖 3 カップ、高温の湯 2 カップ(大人が注ぎます)

◆ 手順

1. 生徒に生徒用参照シートを数枚配ります。これらはクラスで読むか、または宿題として読むように事前に渡します。
2. 溶解の課題:
 - a. 生徒は湯 1 カップをガラス コップ 2 つにそれぞれ注ぎます。
 - b. 粉糖小さじ 1 を一方のコップに、グラニュー糖小さじ 1 をもう一方のコップに入れます。
 - c. どちらが早く溶けるかを観察し、表面積が結果にどのように影響するかについての質問に答えます。





教師用:

教師用リソース(続き)

◆ 手順(続き)

3. 結晶の課題:

- a. 教師か大人が最初に 2 つのコップそれぞれに熱湯 1 カップを注ぎます。
- b. 生徒は、各種類の砂糖 3 カップを別々のコップに入れ、かき混ぜて溶かします。砂糖が溶けると、湯が完全に透明になります。注意 - 水を沸騰させて砂糖を溶かす方法もあります。この場合は、大人が沸騰した砂糖水を準備してください。
- c. ひもを砂糖水に浸し、一方の端を鉛筆に結んで、もう一方の端を砂糖水に垂直に垂らします。ひもがまっすぐになるように重り(ワッシャー、ネジ)を付けることもできます。また、ひもを事前に準備して、砂糖水に浸し、乾かしておくこともできます。この方法では、砂糖水に入れる前にひもに種結晶ができます。この種結晶が新しく結晶が形成される場所を提供するので、これによって結晶の過程をスピードアップできます。
- d. 4 日間から 7 日間、毎日コップを観察します。
- e. 結晶の成長の観察記録を付けます。
- f. できた結晶を 1 つずつ顕微鏡で観察し、用意された表に観察結果を記録します。

4. 評価 - 生徒は評価/感想シートに記入します。

◆ 所要時間

7 日間で 45 分のセッション 2 回または 3 回。

◆ ヒント

- 「熱い」湯よりも沸騰した湯の方が好ましいので、大人の監視の下で沸騰した湯を安全に使用できる環境であれば、そちらを使用することをお勧めします。
- 顕微鏡を利用できない場合は、新型のビデオ スコープを使用してモニターまたはコンピュータの画面に接続して表示できます。たとえば、「アイ クロップス」(希望小売価格 7,980 円)または Carson zPix Digital Microscope (カーソン Z ピックス デジタル顕微鏡) (79 ドル)などがあります。



生徒用:

ナノテクノロジーとは?

想像してください。自分の血管を移動する赤血球の動きを観察できたとしたら、どうでしょう? ナトリウムと塩素の原子が実際に電子を移動できるほど近づいて塩の結晶(けっしょう)を形成するところや、なべの水温が上がって分子が振動(しんどう)するところを観察できたら、どんなふうなのでしょう? 過去数十年の間に開発され改良されたツールである「スコープ」によって、ここで挙げた例のような多くの状況(じょうきょう)を観察できるようになりました。分子または原子単位での観察や測定、さらに素材の操作までできるこの能力は、ナノテクノロジーまたはナノサイエンスと呼ばれます。何かに「ナノ」が付く場合、それはその何かの 10 億分の 1 を意味します。科学者と技師は、メートル(長さ)、秒(時間)、リットル(容積)、グラム(質量)など多くの「何か」に「ナノ」という接頭語を付けます。これは当然ながら非常に小さい量のものを示しています。ナノが最も多く使用されるのが、長さの単位です。私たちは測定を行うときや会話の中でナノメートル(nm)を使います。個々の原子は、直径が 1 nm より小さく、長さ 1 nm の線を作るには、約 10 個の水素原子を並べる必要があります。水素より大きい原子もありますが、それでも直径はナノメートルより小さくなります。典型的なウイルスは直径が約 100 nm、バクテリアは頭からしっぽまでの長さが約 1,000 nm です。以前は見えなかったナノ単位の世界の観察を可能にしたツールである新しい「スコープ」が、原子間力顕微鏡(けんびきょう)と走査電子顕微鏡です。

◆ 走査電子顕微鏡

走査電子顕微鏡は、特殊(とくしゅ)なタイプの電子顕微鏡で、高エネルギーの電子ビームでサンプルの表面をラスタ走査パターンで走査して画像を作成します。ラスタ走査では、画像が「走査線」と呼ばれる一連の(通常は水平)帯に切り分けられます。電子は、サンプルを構成する原子と相互に作用して、表面の形状、組成、さらに導電性などのデータを提供する信号を生成します。右の画像は、一般(いっぱん)的な各種植物の花粉を 500 倍に拡大したものです。





生徒用:

ナノテクノロジーの応用例

ナノスケールで変化させた結果としてさまざまな物理的特性を持つ素材は、すでに多くの新しい応用例への扉(とびら)を開いています。これらの応用例の多くは、まださまざまな研究段階にありますが、一部はすでに商品化されています。

たとえば、服地にナノ粒子(りゅうし)を組み込(こ)むことで、汚(よご)れに強い布が製造されています。自動車メーカーは、ナノ結晶でバンパーを改良して、強度を高めています。カラー フィルターやカラー ランプは、サスペンションの光学特性を(溶液(ようえき)内)のコロイド粒子のサイズや形を変える方法で)変更(へんこう)することによって、製造されています。カーボン ナノチューブは、自転車のフレームやテニス ラケットなどの製品の強度を高め、軽量化するために設計されました。

◆ 生物医学の応用例

ナノテクノロジーは、病気の初期診断(しんだん)や診断の信頼(しんらい)性の向上、効果の高い薬、ターゲットドラッグ デリバリー、移植の改善、その他の用途(ようと)を通じて、医療(いりょう)の質の向上に大きな影響(えいきょう)を与えることが期待されています。命にかかわる複数の病気を早期発見するために、ナノ材料、新しいデバイス製造技術、信号処理の進歩が組み合わさったバイオセンサーが開発されています。これらのセンサーは、特定の状態または病気の徴候(ちょうこう)を識別しようとするプローブ分子を受け入れることができるカーボン ナノチューブまたはシリコン ナノワイヤを使用します。このアプローチを使用するナノバイオセンサーを、半導体産業が開発した技術を使用して大量生産することが期待されています。ナノテクノロジーは、治療(ちりょう)法においても今後重要な役割を果たすと思われます。ナノテクノロジーによる影響を期待されている領域は、ナノテクノロジーの概念(がいねん)を使用して改善した薬物の合成と、ターゲットドラッグ デリバリーの2つです。特に、 dendritic と呼ばれる特定の分子群(これらはくり返し分岐(ぶんぎ)する分子です)は、薬物を効果的に送達する候補と見なされています。これらの大きい重合体は、中心に小さいふくろのような構造を持っているので、それを使用して分子内部に薬物を受け入れ、目的地まで運ぶことができます。

◆ 輸送の応用例

ナノテクノロジーは、輸送部門においては、飛行機や自動車の組み立てに使用される軽量で強度が高い複合素材(「複合材料」)で大きく貢献(こうけん)しています。複合材料は、物理的特性または化学的特性が大きく異なる2つ以上の材料から作られます。これらの特性は、最終的な構造内でも維持(いじ)されます。ナノ複合材料に期待されるのは、幅(はば)広く使用されている他の複合材料よりも軽量で強いことです。



生徒用リソース:

表面積とは何ですか？

表面積とは、物体にどれくらいの露出(ろしゅつ)領域があるかの度合いです。これは、平方単位で表現されます。物体の面が平らである場合、その表面積は、それらの面の合計して算出できます。球のように滑(なめ)らかな表面を持つ物体にも表面積はあります。

◆ 立方体の表面積の公式

立方体の表面積は、次の式で示すことができます。

$$x = 6Y^2 \text{ (または } 6 \times Y \times Y \text{)}$$



左の図は立方体です。Y は各辺の長さと同じになっています。これは正方形なので、すべての辺の長さは同じです。立方体の表面積を特定するには、まず、1つの側面の面積を調べる必要があります。1つの側面の面積は、 $Y \times Y$ 、または Y^2 です。立方体の表面積を調べるには、1つの側面の面積に6を掛(か)ける必要があります。たとえば、Yの長さが10 mmの場合、1つの側面の面積は 100 mm^2 になり、立方体の表面積は 600 mm^2 になります。

◆ 直方体の表面積の公式

直方体の表面積は、次の式で示すことができます。

$$x = 4AB + 2AC$$



直方体では、すべての辺が同じというわけではありません。3種類の長さを測定する必要があります。それらは、上の図ではA、B、Cで表されています。直方体の前面の面積を調べるには、 $A \times B$ を計算する必要があります。直方体にはサイズが同じ面が4つあるので、直方体の表面積を出す公式の一部として $4 \times A \times B$ を計算します。また、2つの小さい面の面積を算出する必要があります。この場合は $A \times C$ を計算する必要があります。また、これらは直方体で向かい合っている2面なので、全体の表面積の公式では $2 \times A \times C$ を計算する必要があります。たとえば、長さが $A = 10 \text{ mm}$ 、 $B = 30 \text{ mm}$ 、 $C = 15 \text{ mm}$ の場合を考えます。

$$A \times B = 300 \text{ mm}^2 \text{ なので } 4AB = 1,200 \text{ mm}^2$$

$$A \times C = 150 \text{ mm}^2 \text{ なので } 2AC = 300 \text{ mm}^2$$

直方体の表面積は、 $1,500 \text{ mm}^2$ です。

◆ なぜ表面積が重要なのか

ナノスケールでは、粒子の基本特性は、大きい粒子よりも多様です。これには、粒子が電気を通すかどうか、温度が変化するとどう反応するか、また化学反応がどのように起こるかなどの機械的特性が含(ふ)まれることがあります。表面積は、粒子が小さいほど変化する要素の1つです。化学反応は、通常粒子の表面で発生するので、反応に利用できる表面積が増加した場合、反応が大きく異なる可能性があります。





生徒用学習:

溶解(ようかい)の課題

あなたは、技師チームの一員であり、砂糖の表面積がその状態によって変化するかを調べる課題を与えられています。さまざまな結晶サイズの砂糖を使用できます。結晶サイズによって、砂糖の用途が異なります。

◆砂糖のタイプ

クリスタル シュガー: クリスタル シュガーのような粒の大きい砂糖は、たいていの場合、クッキーやキャンディーなどの焼き菓子(がし)をデコレーションするときにキラキラさせるために使用されます。「キラキラする」のは、光が砂糖の大きい結晶に反射した結果です。



グラニュー糖: 通常のグラニュー糖は、粒(つぶ)の大きさが約 0.5 mm で、コーヒーや紅茶で使用するテーブルシュガーとして最も一般的に使用されます。

上白糖: 上白糖は、約 0.35 mm になるまでグラニュー糖を個別にふるいに掛けてさらに粒子を細かくしたものです。これは、料理で最も一般的に使用されます。

粉糖: 粉糖は、コンフェクショナリー シュガーまたはアイシング シュガーとも呼ばれ、非常に細かくひいた形状の砂糖です。粉糖の粒は約 0.060 mm で、アイシング シュガーの粒は約 0.024 mm です。これらは、主に砂糖が水にすぐに溶けることが好まれる料理で使用されます。アイシングやフロスティングなどのケーキのデコレーションを作るときに使用されます。

砂糖の粒子の粗(あら)さに関係なく、基本の砂糖の分子は同じです。

◆ 表面積に対する影響:

1 グラムの砂糖の表面積を比べると、上白糖に比べてかなり大きい表面積を持つのが粉糖で、上白糖より表面積が小さいのがグラニュー糖です。

◆ 溶解の課題:

2 つの透明(とうめい)なコップに湯を 1 カップずつ入れます。同時に、粉糖小さじ 1 を一方のコップに、グラニュー糖小さじ 1 をもう一方のコップに入れます。以下の質問に教えてください。

どちらの砂糖が速く溶けましたか?

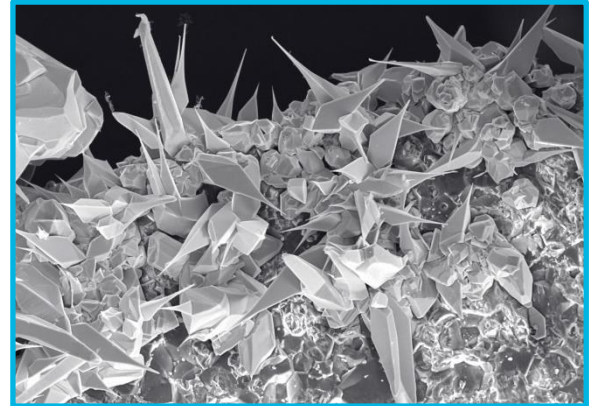
その理由は何だと思えますか? 表面積は、溶ける速さにどのように影響しましたか?



生徒用学習: 結晶の課題

◆ 結晶とは何ですか？

結晶は、原子、分子、またはイオンが、3つの空間次元に広がる規則的なくり返しパターンで配列された固体です。液体、または液体に溶けている物質から結晶構造を形成する過程は、結晶化と呼ばれます。液体から形成される結晶構造は、液体の化学作用と、空気圧などの周囲の物理的状況によって決まります。雪、ダイヤモンド、食卓(しょくたく)塩は結晶の例です。結晶と結晶の形成を科学的に研究するのが、結晶学です。



◆ 飽和とは何ですか？

砂糖などの固体は、ある程度まで水に溶かすことができます。これが飽和(ほうわ)と呼ばれます。それ以上の砂糖を加えると、固体の形で残ります。このレッスンでは、2種類の砂糖を湯に溶かします。その後、時間が経って水が蒸発すると、溶液が飽和状態になります。それで砂糖がひもにくっついて砂糖の固体分子を形成し、さらにひもにくっつきます。これらの分子は、結晶が形成されるまで、より多くの砂糖分子を引き寄せます。時間が経つと、水がさらに自然蒸発します。砂糖水はさらに飽和状態になるので、ひもに付く砂糖結晶の厚みが増します。最終的にひもには、およそ1クワドリリオン(1,000,000,000,000,000)個の分子で構成された砂糖結晶ができます。

◆ 課題

以下の質問について、チームで話し合っ、仮説を立てます。粗さの異なる砂糖(グラニュー糖、粉糖、角砂糖)を水に溶かして、砂糖結晶を成長させた場合、できる結晶は、顕微鏡で見たときに同じに見えるでしょうか？ または最初の砂糖の粗さによる外観の違(ちが)いが残っているでしょうか？ 質問の答えを以下の空欄(くうらん)に書いてください。

答えについて、その仮説を支える根拠(こんきよ)を少なくとも2つ挙げて説明ください。

その理由は何ですか？

1.

2.

生徒用学習: 結晶の課題(続き)

◆テスト段階

先生から、以下を含む教材 1 セットが配布されています。

- ◆ 容量 4 カップ以上の清潔な耐熱(たいねつ)ガラス コップまたは計量カップ 2 個
- ◆ カップの高さの 1.5 倍の長さの細い綿のひも 2 本
- ◆ 鉛(えん)筆または棒 2 本
- ◆ ひもでつるす重り(ワッシャー、ネジ)
- ◆ グラニュー糖 3 カップ
- ◆ 粉糖 3 カップ
- ◆ 熱湯 2 カップ(先生に注いでもらいます)

◆観察

チームに分かれて、2 種類の砂糖(グラニュー糖と粉糖)から砂糖結晶を成長させます。グラニュー糖は粒の大きさが約 0.5 mm で、粉糖は約 0.060 mm であることに注意してください。グラニュー糖と粉糖を、顕微鏡またはデジタル TV またはモニター スコープを使用して観察します。観察結果を以下の表に記録します。表への記入は、結晶が成長した後で行います。

	グラニュー糖	粉糖	グラニュー糖溶液から成長した結晶	粉糖溶液から成長した結晶
見えるものを言葉で説明				
見えるもののスケッチ				



生徒用学習: 結晶の課題(続き)

◆精査/研究

1. 一方のガラスのコップに「グラニュー」、もう一方に「コンフェクショナリー」などの印を付けて精査中に区別できるようにします。
2. コップに付けた印に従って、その種類の砂糖を 3 カップ入れます。
3. 大人に 2 つのコップそれぞれに熱湯 1 カップを注いでもらいます。
4. 水が完全に透明になるまでかき混ぜます。これは砂糖が溶けていることを意味します。注意 - 水を沸点(ふっつん)まで加熱して砂糖を溶かす方法もあります。この場合は、先生が沸騰(ふっとう)した砂糖水を全チーム分準備します。
5. 綿のひも 1 本をそれぞれの砂糖水に浸(ひた)し、皿に載(の)せて 10 分以上乾(かわ)かします。乾かす時間は長いほどよいです。この方法では、砂糖水に入れる前にひもに種結晶ができます。この種結晶が新しく結晶が形成される場所を提供するので、これによって結晶の過程をスピードアップできます。
6. それぞれのコップで、同じ砂糖水のひもの端(はし)を鉛筆に結び、もう一方の端を砂糖水に垂直に垂らします。ひもの垂れている部分にネジまたはワッシャーを結んで、砂糖水にひもがまっすぐ垂れるようにしてもいいでしょう。
7. 時間の経過に伴(ともな)う結晶の成長を確認し、観察結果を記録します。
8. グラニュー糖と粉糖から成長した結晶のサンプルを、最初のサンプルの砂糖で行ったように、顕微鏡で調べます。観察結果を前のページの表に記録します。



生徒用学習:
結晶の課題(続き)

◆ 評価段階

以下の質問にグループで答えてください。

1. グラニュー糖からできた結晶と粉糖からできた結晶を比べてください。どのように違いますか? 具体的に書き、必要であればイラストを含めてください。

2. 結晶についての仮説は、実際の結果と比べてどうでしたか? 観察結果に驚(おどろ)きましたか?

3. 砂糖の用途として、粒子の粗い砂糖よりも表面積の大きい砂糖の方が適している場合を2つ挙げてください。その理由は何だと思えますか?

4. ナノテクノロジーの概念の新たな用途を提案してください。たとえば、技師はナノ構造を使用してソーラーパネルの表面積を増やして効率性を高めるテストを行っています。これによって、より多くの太陽光が表面に届くことが期待できるからです。同じようなアイデアを思いつきますか?

5. このレッスンで学習したナノテクノロジーまたはナノ構造で最も興味深いことは何ですか?