

# REACH FOR THE SKY

## ファミリー・アクティビティ

### ガラスの力

#### 学習成果

- ・ ガラスの素材特性を**識別する**。
- ・ これらの知識をガラス構造物の設計に**応用する**。
- ・ シュガーガラスを**デザインし、創造する**。
- ・ 自分たちがデザインしたガラスを、さまざまな条件でテストして**評価する**。

思い浮かべてみてください。 . . .

あなたは天に向かって軽々と上昇するエレベーターに乗っています。まるで空を飛んでいるような感覚を味わえますが、エレベーターは密閉されており、マンハッタンのビル群の上をどれだけ高く飛んでいるのか見ることはできません。爽快な1分間が過ぎると、エレベーターは停止します。ドアが開くと、その景色に目を奪われます。Edgeスカイデッキの壁はすべてガラスでできており、ニューヨークの360度スカイラインがあなたを待っています。展望デッキに出ると、フロアの中央にある透明なガラスパネルに足を踏み出します。まるで無重力状態で、眼下の雑踏の上に浮かんでいるような感覚です。最後に、スカイデッキの端まで歩いていきます。重力を置き去りにしたようなイメージです。三角形のデッキは、寄りかかることのできる傾斜したガラスの壁に囲まれており、都会の上空に浮かびながら、ガラス越しに広大な景色を眺めることができます。これがEdgeを訪ねる醍醐味です。

#### 質問による誘導

Edgeを設計した建築家やエンジニアは、どのようにガラスを使い、強く、美しく、持続可能な超高層ビルを実現したのでしょうか。

#### アクティビティの概要

このアクティビティでは、人類が知る限り最も驚くべき素材のひとつであるガラスについて、ファミリーで学びます。ガラスがどのように自然界に存在するのかを探り、Edgeに使用される特殊なガラスについて学び、砂糖から自分だけのガラスパネル・プロトタイプを作ります。そして、そのガラスパネルがガラスの物理的特性である「透明性」「耐熱性」「耐薬品性」「耐破損性」をどれだけ発揮できるかについて、ファミリーでテストします。

# REACH FOR THE SKY

## 準備する物<sup>1</sup>

- グラフ用紙
- 鉛筆
- クレヨン
- ろう紙または硫酸紙
- はさみ
- 水 1カップ
- 白砂糖（グラニュー糖） 3.5カップ
- ライトコーンシロップ 1/2カップ
- クリームタータ 小さじ 1/4
- 縁のある天板
- お菓子用温度計
- へら
- クッキングスプレー
- アルミホイル
- ストローまたは木串
- **テスト**キャプチャシート
- 水入りスプレーボトル
- ろうそくとマッチまたはライター

<sup>1</sup> レシピは<https://www.wikihow.com/Make-Sugar-Glass> から引用しています。

## 手順

### 第1段階：リサーチとデザイン

#### 1. ガラスの定義<sup>2, 3, 4</sup>

- a. どこでも目にするガラスですが、ガラスについて深く考えたことはありますか。ガラスは奇跡の素材なのです。家の中を見渡せば、必ずと言っていいほど、どの部屋にもガラスが使われています。ガラスは、窓ガラスや写真立て、飲料のボトルなどだけではなく、思いもよらないところで目にすることもあります。（ガラスは、私たちがインターネットにアクセスするための光ファイバーケーブルにも使われていますし、ガラス繊維やガラスで強化されたプラスチック生地は、今、あなたの家の断熱材として使われているかもしれません。）
- b. ガラスは意外と定義が難しいのです。現在知られているガラスの種類は35万種以上あり、それぞれ作り方が異なります。最も基本的なガラスのレシピは、砂（二酸化ケイ素）、石灰、ソーダ（炭酸ナトリウム）です。これらの材料は加熱された後、急速に冷却されるため、規則的なパターンを形成しません。それが、ガラスの透明感につながっているのです。<sup>5</sup>
- c. ガラスはただの人工物だと思っていましたか。そうではありません。ガラスは自然に発生するものです。シリカを多く含む岩石が加熱され、その後急速に冷却されることで発生します。火山ガラスは、火山からしみ出た高温のマグマが急激に冷えてできるものです。黒曜石（火山ガラス）は、初期の人類が道具や武器を作るために使用したものです。
- d. 人類は早くからガラスの価値を認識し、数千年にわたりガラスを作り続けてきました。約4000年前、メソポタミアで人類は初めてガラスを作ったと言われています。<sup>6</sup> ガラスは実用的かつ宗教的な目的のために作られました。

#### 2. ガラスの特性

- a. ガラスには、他にはない4つの特性があります。
  - i. 透明性：透けて見えること
  - ii. 耐熱性：高温に耐えられること
  - iii. 耐圧性・耐破損性：焼き戻しという工程を経て、驚異的な強度が得られること
  - iv. 耐薬品性：腐食や溶解が起こりにくいため、多くの製品に使用されていること

#### 3. Edgeが、ニューヨークの他の展望台と異なる点は何ですか。

- a. ガラスです。Edgeは、他に類を見ない体験と360度の眺望を可能にします。**なぜなら**、ガラスに囲まれているからです。
  - i. ガラスのおかげで、Edgeから身を乗り出すことができます。

<sup>2</sup> <https://cen.acs.org/articles/95/i47/s-glass-modern-day-researchers.html>

<sup>3</sup> <https://www.glassallianceurope.eu/en/what-is-glass#:~:text=Glass%20is%20made%20from%20natural,temperature%20it%20be-haves%20like%20solids>

<sup>4</sup> <https://www.theatlantic.com/technology/archive/2018/04/humankinds-most-important-material/557315/>

<sup>5</sup> <https://www.theatlantic.com/technology/archive/2018/04/humankinds-most-important-material/557315/>

<sup>6</sup> <https://www.cmog.org/article/origins-glassmaking>

# REACH FOR THE SKY

- ii. ガラス張りの床は、ニューヨークの賑やかな街並みから100階分の高さに立つことを可能にし、訪れる人をワクワクさせます。
        - iii. ガラスパネルが一体となったイースタンポイントでは、全くの無重力を感じることができます。
      - b. Edgeのベース部分には15個の個別セクションがあり、建物の東側と南側の外壁に固定されています。プラットフォーム全体の中で最も強い部分は、ガラスの床が置かれているところです。
  4. 自宅のキッチンでガラスを作ることはできますか。
    - a. もちろんできます。家庭にある一般的な材料を使って、シュガーガラスを自宅で作ることができます。シュガーガラスは安価でリアルなため、映画のスタントにも使われているそうです。
  5. どのように作るのでしょうか。
    - a. 以下のレシピに従って、ガラスパネルを作成します。そして、そのパネルの物理的な特性を明らかにするために、4つのテストを実施します。ガラスパネルを作り、テストする際には、エンジニアリング・デザイン・サイクルと呼ばれるプロセスに従います。これは、エンジニアや科学者が新製品を開発する際に用いる一連の手順です。エンジニアリング・デザイン・サイクルは、以下のようなものです。
      - i. リサーチとデザイン
      - ii. プロトタイプ
      - iii. テスト
      - iv. 熟考
      - v. 改良
  6. エンジニアリングデザインのプロセスの最初のステップであるリサーチとデザインに取りかかる準備が整いました。どうしたらいいのでしょうか。
    - a. リサーチ
      - i. これがすべての始まりです。リサーチとは、製品がどうあるべきなのか、なぜそうなるのかわかり、デザインプロセスを始めるために、背景となる情報を得ることです。どこから手をつければいいのか、その際に明らかにしなければならないのは、「基準」と「制約」の2つです。基準とは、製品が満たさなければならない仕様のことです。制約とは、作り上げる際に守らなければならない制限のことです。ここでは、ガラスパネルの基準と制約について説明します。
        1. 基準：パネルには、以下の4つのテストに耐えられる強度が必要です。
          - a. 光にかざすと透けて見えること。
          - b. 軽く叩いても割れたり、壊れたりしないこと。
          - c. 水をかけても完全に溶けないこと。
          - d. 小さな火にかざしたときに完全に溶けないこと。

## 2. 制約：

- a. ガラスは提供されたレシピで作る必要があります。
- b. ガラス板は天板に収まらなければなりません。
- c. ストローや木串など、身近にあるものでガラスを強化することができます。
- d. ガラスパネルの形状は自由です。
- e. ガラスパネルは、金属製の補強材を使用したり、接着剤などの化学物質で補強したりすることはできません。

## b. デザイン

- i. 方眼紙にガラスパネルのデザインをスケッチします。
- ii. ろう紙または硫酸紙を用い、クレヨンでデザインをなぞります。デザインをなぞった紙を切り抜き、天板に置きます。
- iii. ホイルを使って、ガラスが冷却する間形を維持するための壁を作ります。
- iv. 出来上がった形に満足したら、ガラス溶液を作る準備をしましょう。

## 第2段階：プロトタイプ

### 1. 形状をリサーチし、デザインしたところで、次は試作にとりかかりましょう。

#### a. いよいよガラスミックスを作成します。その方法を紹介します。

- i. まず、天板/ホイル型にクッキングスプレーを吹き付けて、砂糖の混合物がくっつかないようにします。
- ii. 鍋に砂糖、水、コーンシロップ、クリームタータを入れ、火にかけます。材料を中火でゆっくり沸騰させて、よくかき混ぜます。熱しすぎるとカラメル化、つまり焦げてしまうので注意します。
- iii. 混合液が温まると、白濁から透明になります。泡が立ってきたら、沸騰してきたと判断してください。
- iv. 鍋にお菓子用温度計を入れる。300度になるまで弱火で沸騰させ続けます。(1時間以上かかることもあるので、辛抱強く待ちましょう)。
- v. 300度になったら、天板にゆっくりと流し込みます。熱いので気をつけてください。
- vi. 天板を硬いところに置いて、1時間くらい冷まします。冷め始めたら、木串やストローなど、強化材料を入れるとデザイン性が高まります。
- vii. 冷めた後、混合液と天板との間に湯をくぐらせた包丁を軽く滑らせます。これで新しいガラス板を天板から分離することができます。分離されたら、天板をそっとひっくり返して、ガラス板を手のひらに乗せます。

#### b. 見てください、ガラスパネルが出来ています。次のステップでは、一連のテストでその性能を確認します。

# REACH FOR THE SKY

## 第3段階：テスト

1. あなたのガラスが一連のテストにどのように耐えられるか、あなたの仮説をテストキャプチャーシートに書いてください。
2. テストキャプチャーシートを使って、ガラス構造が一連の課題にどの程度対応できるかを評価します。
3. 4つのテストをそれぞれ行い、観察結果をキャプチャーシートに書き込みます。
4. 各テストを実施した後、結果を確認します。どの仮説が当たりましたか。驚いたことは何ですか。それをテストキャプチャーシートの表に書き込んでください。

## 第4段階：熟考

1. ガラスはテストにどのように耐えましたか。
2. プロトタイプにどのような改良を加えますか。

## 第5段階：改良

1. 複数のガラスパネルの組み合わせを想像してみてください。それはデザインにどのような影響を与えるのでしょうか。
2. 私たちが日常生活でガラスをどのように使っているか考えてみましょう。料理を作るため、光ファイバーケーブルを作るため、車や飛行機での安全を確保するため、都市を建設するために使っているのです。なぜ、ガラスの特性は、このように全く異なる用途でも有用なのでしょうか。
3. 家族で、「[The Future is Now](#) Virtual Field Trip (未来はいまここに、バーチャル遠足)」を視聴し、Edge at Hudson Yardsを実際に訪れてみてください。鑑賞や見学の際に、ガラスのさまざまな使い方を見てみましょう。古代の素材が、世界で最も近代的で持続可能な建築物のデザインにどのように使われているのか、様々なガラスの構造物をじっくりと観察してください。科学と工学は、私たちがより美しく、より持続可能な未来を思い描くのに役立ちます。科学の力を利用して、どのように身の回りの世界を革新していくのでしょうか。

# REACH FOR THE SKY

## 国家基準

次世代科学基準 (NGSS)

### MS-ETS1-3.

テストから得たデータを分析し、複数のデザイン・ソリューションの類似点と相違点を判断したうえで、組み合わせて新しいソリューションとした場合に、成功基準をよりよく満たすことのできるそれぞれのソリューションの最適特性を明らかにする。

### MS-PS1-3.

**合成物質が天然資源から生まれ、社会に影響を与えることを説明するために、情報を集め、意味を理解する。** [明確化  
ステートメント：化学的なプロセスを経て合成材料となる天然資源に重点を置く。新素材の例としては、新薬、食品、  
代替燃料などが考えられる。][評価の限界：評価は定性的な情報に限定される。]

手順

1. ガラスが完成したら、以下の4つのテストに対して、それぞれどのような性能を発揮するか、仮説を立ててみてください。表中の適切な欄に、あなたの仮説を書き込んでください。
2. 仮説を書いたら、4つのテストをそれぞれ完了させます。テストを行いながら、観察結果を表に記録してください。
3. 4つのテストをすべて終えたら、仮説と実際のテスト結果の類似点と相違点を確認します。驚いた結果があれば、メモしておいてください。

	仮説	テストの観察	仮説とテスト結果の類似点・相違点
<p><b>透明性</b></p> <p><b>テスト1:</b> ガラス板を光にかざします。透けて見えますか。</p>			
<p><b>耐圧性</b></p> <p><b>テスト2:</b> 片方の手でガラス板を持ち、もう片方の手でガラス板の前面を軽く叩きます。割れたり壊れたりしませんか。</p>			
<p><b>耐薬品性</b></p> <p><b>テスト3:</b> 水筒の水をガラス板に大きく5回ほど吹き付けます。溶けましたか。</p>			
<p><b>耐熱性</b></p> <p><b>テスト4:</b> ガラス板をろうそくやライターの炎から25~30センチほどの距離に保ちます。そのまま30秒間待ちます。溶けましたか。</p>			