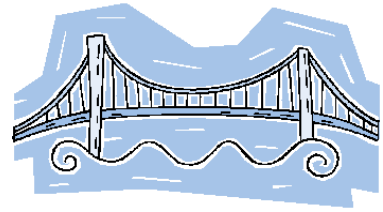




## アイスの棒の橋



TryEngineering - [www.tryengineering.org](http://www.tryengineering.org) 提供

### レッスンの焦点

このレッスンでは、重さに耐えるだけでなく耐久性もある橋、また場合によっては見た目にも美しい橋をどのようにして設計するか焦点を置きます。生徒はチームに分かれて、200本までのアイスの棒と接着剤を使って、独自の橋を設計し製作します。橋は、径間が14インチ(35.6 cm)以上で、低学年の生徒の場合は2 kg、高学年の生徒の場合は9 kgを支えることができなければなりません。生徒を、目標を達成する一方で、アイスの棒を節約して、使用本数を最も少なくするように促します。その後、生徒は、自分のチームと他のチームの橋の設計の能力を評価し、わかったことをクラスで発表します。

### レッスンの概要

「アイスの棒の橋」では、歴史的に工学が橋の設計にどのような影響を与えてきたかについてを、革新的な設計や都市のランドマークとなるような橋を造る課題も含めて探究します。生徒は「技師」のチームに分かれて、接着剤とアイスの棒を使って独自の橋を設計および製作します。次に、製作した橋を重りを使ってテストしてその結果を評価し、わかったことをクラスで発表します。

### 年齢

8-18才。

### 目的

- ✦ 土木工学について学びます。
- ✦ 工学設計について学びます。
- ✦ 計画と製作について学びます。
- ✦ 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。

- ✦ 構造工学と構造設計
- ✦ 問題解決
- ✦ チームワーク

### レッスン内容

生徒は、荷重、応力、および外観の課題に対処する橋の設計方法を学びます。生徒はチームに分かれて、200本までのアイスの棒と接着剤を使って、生徒の年齢に応じた標準的な重さを支えることができる橋を設計し製作します。各チームは、橋をテストし、自分のチームと他のチームの結果を評価し、わかったことをクラスで発表します。

### アイスの棒の橋

---

## 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](http://www.tryengineering.org))
- ✦ Sydney Harbor Bridge History (シドニー ハーバー ブリッジの歴史) ([www.cultureandrecreation.gov.au/articles/harbourbridge/](http://www.cultureandrecreation.gov.au/articles/harbourbridge/))
- ✦ Building Big - Bridges (テレビ番組『ビルディング ビッグ - 橋』) ([www.pbs.org/wgbh/buildingbig/bridge](http://www.pbs.org/wgbh/buildingbig/bridge))
- ✦ ITEA Standards for Technological Literacy: Content for the Study of Technology (国際技術教育学会による技術能力の基準: 技術研究の教材) ([www.iteaconnect.org/TAA](http://www.iteaconnect.org/TAA))
- ✦ 全米科学教育基準([www.nsta.org/standards](http://www.nsta.org/standards))

---

## 補足文献(英語)

- ✦ 『Bridges of the World: Their Design and Construction』(ISBN: 0486429954)
- ✦ 『Bridges: Amazing Structures to Design, Build & Test』(ISBN: 1885593309)

---

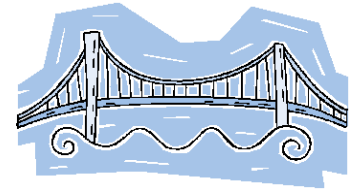
## 任意の作文

- ✦ 新しい設計材料が過去 1 世紀の橋の設計に与えた影響について簡単な作文を書きます。

---

## 追加の課題

- ✦ レベルの高い生徒には、3 人の生徒の体重を支えることができる橋をアイスの棒と接着剤で設計し製作するように促します。



## 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

##### 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
- ✦ 科学技術についての理解

##### 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

##### 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。

- ✦ 運動と力

##### 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

##### 教材基準 F: 個人的および社会的な観点から見た科学

この学習により、生徒全員は以下を理解します。

- ✦ 危険要因と有益性
- ✦ 社会における科学技術

##### 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。

- ✦ 科学の歴史

教師用:

## 教科課程枠組みとの調整(続き)

### ◆全米科学教育基準 学年 9-12 (年齢 14-18 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

#### 教材基準 B: 物理学

この学習により、生徒全員は以下を理解します。

- ✦ 運動と力

#### 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
- ✦ 科学技術についての理解

#### 教材基準 F: 個人的および社会的な観点から見た科学

この学習により、生徒全員は以下を理解します。

- ✦ 地域、国、世界レベルの課題に対する科学技術

#### 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。

- ✦ 歴史的な観点

### ◆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 4: 生徒は技術の文化的、社会的、経済的、政治的な効果についての理解を深めます。
- ✦ 基準 5: 生徒は技術の環境に対する影響についての理解を養います。
- ✦ 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。
- ✦ 基準 7: 生徒は歴史に対する技術の影響についての理解を養います。

#### 設計

- ✦ 基準 8: 生徒は設計の特質についての理解を養います。
- ✦ 基準 9: 生徒は技術設計についての理解を養います。
- ✦ 基準 10: 生徒はトラブルシューティング、研究開発、発明と革新、および問題解決における実験の役割についての理解を養います。

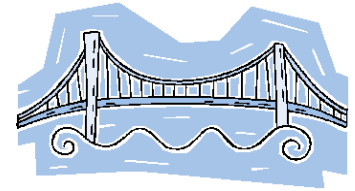
#### 技術社会に対応する能力

- ✦ 基準 11: 生徒は設計手順を応用するための能力を養います。

#### 技術社会

- ✦ 基準 20: 生徒は建築技術についての理解を深め、これらを選び使う能力を養います。

# アイスの棒の橋



## 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、重さに耐えるだけでなく耐久性もある橋、また場合によっては見た目にも美しい橋をどのようにして設計するかに焦点を置きます。生徒はチームに分かれて、200 本までのアイスの棒と接着剤を使って、独自の橋を設計し製作します。橋は、径間が 14 インチ(35.6 cm)以上で、低学年の生徒の場合は 2 kg、高学年の生徒の場合は 9 kg を支えることができなければなりません。生徒を、目標を達成する一方で、アイスの棒を節約して、使用本数を最も少なくするように促します。その後、生徒は、自分のチームと他のチームの橋の設計の能力を評価し、わかったことをクラスで発表します。

### ◆ レッソンの目的

- ✦ 土木工学について学びます。
- ✦ 工学設計について学びます。
- ✦ 計画と製作について学びます。
- ✦ チームワークとグループ作業について学びます。



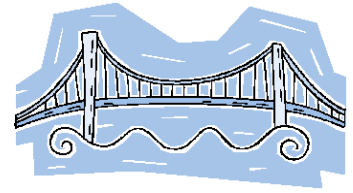
### ◆ 教材

- ✦ 生徒用リソース シート
- ✦ 生徒用ワークシート
- ✦ 生徒のグループあたり教材 1 セット:
  - アイスの棒 200 本、加熱式グルー ガン(または低学年の生徒の場合は工作用のり)
  - 標準的な 2 kg と 10 kg の重り(箱入りの砂糖、ダンベル、またはその他の一定にできる重り)

### ◆ 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. 生徒を 2-3 人のグループに分け、1 グループに 1 セットの教材を渡します。
3. 200 本までのアイスの棒と接着剤で独自の橋を開発する必要があることを生徒に説明します。橋は、低学年の生徒の場合は 2 kg、高学年の生徒の場合は 9 kg の重さを支えることができなければなりません。橋の径間は最低でも 14 インチ(35.6 cm)にする必要があります(したがって、橋は 14 インチより長くなければなりません)。橋を組み立てたら、(たとえば 2 つのいすの間に置いて)床上少なくとも 1 フィート(30.5 cm)に配置し、荷重負荷テストを行います。構造および荷重負荷の要件を満たすことに加えて、橋は、その外観でも評価されるので、生徒に創造性を発揮するように促します。また、目標を達成するために使用するアイスの棒の数をできるだけ少なくするように生徒に促します。
4. 生徒がチームごとに集まり、橋の計画を立てます。各チームで計画を文書化し、その計画をクラスで発表します。
5. 各チームが計画に基づいて製作を行います。設計の再考、または最初からのやり直しが必要になるかもしれません。
6. 次に、チームは橋を床上少なくとも 1 フィート(30.5 cm)に置いて、橋の荷重をテストします。橋は、(生徒の年齢に応じて)指定された重さに 1 分間耐えることができなければなりません。

# アイスの棒の橋



## 教師用: 教師用リソース(続き)

- それぞれの橋の外観の価値をクラスで 5 点満点で評価する必要があります(1: まったく魅力がない、2: 魅力がない、3: 普通/平均的、4: 少し魅力的、5: 非常に魅力的)。これはもちろん主観的です。
- テスト終了後、各チームが評価/感想ワークシートに記入し、わかったことをクラスで発表します。

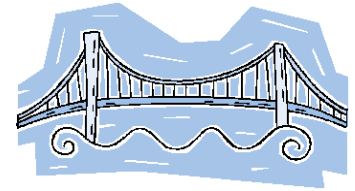
### ◆ 所要時間

45 分のセッション 2 回または 3 回。

### ◆ ヒント

- 高学年の生徒の場合は、橋の荷重を増やします。加熱式グルーガンで作られたこのタイプの橋は、しっかりと製作されていれば複数人の生徒の重さに耐えることができます。
- グルーガンは、このプロジェクトには最適ですが、安全上の理由から低学年の生徒の場合は工作用のリを使用することをお勧めします。

# アイスの棒の橋

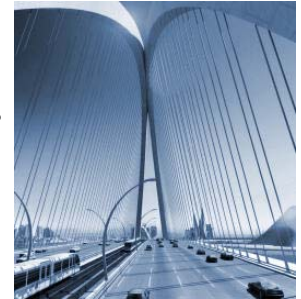


## 生徒用リソース: 橋のタイプ

橋には、主にアーチ橋、桁(けた)橋、斜張(しゃちょう)橋、片持ち梁(はり)橋、吊(つ)り橋、トラス橋の 6 つのタイプがあります。

### ◆アーチ橋

アーチ橋は、アーチの形をしており、両端(りょうはし)に橋台(きょうだい)があります。最古のアーチ橋としてはギリシャ人が作ったものが知られており、アルカディオ橋などがあります。橋の重量は、両側の橋台に推力としてかかります。世界最大のアーチ橋は、アラブ首長国連邦(れんぽう)ドバイのドバイ クリークにかかるシックス クロッシングで、2012 年に完成予定です。



### ◆桁橋

桁橋は、両端を橋台で支えられた水平の桁です。最古の桁橋は、小川にかけられた簡素な丸太やそれに類似した単純な構造物でした。現代の桁橋は、大きい箱型の鋼けた橋です。桁の上部にかかる重さは、橋の両端の橋台をまっすぐ下に押(お)します。



### ◆斜張橋

斜張橋は、吊り橋のようにケーブルによって支えられています。ただし、斜張橋では必要なケーブルが少なく、ケーブルを支える塔(とう)もそれに比例して短くなります。最長の斜張橋は、日本の瀬戸内海(せとないかい)にかかる多々羅(たたら)大橋です。



### ◆片持ち梁橋

片持ち梁橋は、片持ち梁(一方の端だけで支えられる水平桁)を使用して建造されます。ほとんどの片持ち梁橋は、橋をかける障害物の両側から伸(の)びて中央で合う 2 つの片持ち梁のアームを使用します。最大の片持ち梁橋は、カナダのケベックにある径間長 549 m のケベック橋です。



### ◆吊り橋

吊り橋は、ケーブルから吊り下げられています。最古の吊り橋は、竹で覆(おお)われたロープやつるで作られました。現代の橋は、湖または川底深くに埋(う)め込(こ)まれているケーソンまたは仮締切(かりしめきり)に取り付けられた塔から、ケーブルによって吊り下げられています。世界最長の吊り橋は、3,911 m (12,831 フィート)の日本の明石海峡(あかしかいきょう)大橋です。

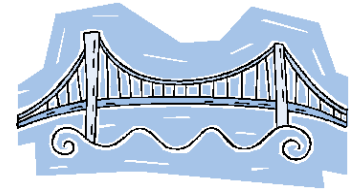


### ◆トラス橋

トラス橋は、部材を接合することで構成されています。橋には、頑丈(がんじょう)なデッキと、両側にピンで結合された桁のラティスがあります。初期のトラス橋は木製ですが、現在のトラス橋は、鍛鉄(たんてつ)や鋼鉄などの金属製です。片持ち梁橋として挙げたケベック橋は、世界最長のトラス橋でもあります。



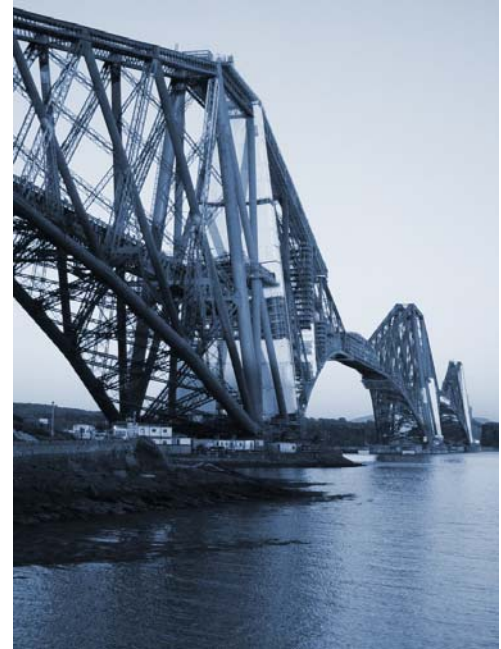
# アイスの棒の橋



## 生徒用リソース: 有名な橋

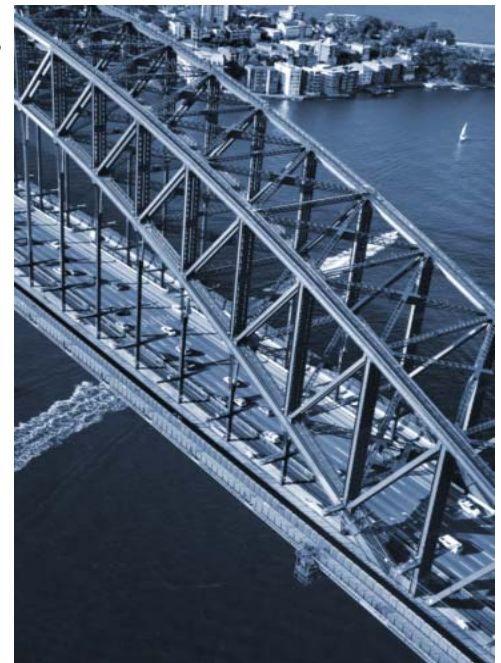
### ◆フォース鉄道橋(スコットランド)

フォース鉄道橋は、スコットランド東部のフォース湾(わん)にかかる片持ち梁型の鉄道橋です。この橋は、現代でも工学技術の驚異(きょうい)と見なされています。長さは 2.5 km (1.5 マイル)、ダブルデッキの高さは満潮時の海面から 46 m (約 150 フィート)です。この構成は、1,710 フィート(520 m)の主径間が 2、675 フィート(205 m)の側径間が 2、168 フィート(51 m)のアプローチ径間が 15、25 フィート(7.6 m)が 5 となっています。各主径間は、中央の 350 フィート(110 m)の単径間桁橋を支える 680 フィート(210 m)の片持ち梁 2 つで構成されています。4 つの塔を持つ巨大(きょだい)な 3 つの片持ち梁構造は高さ 340 フィート(104 m)で、直径 70 フィート(21 m)の橋脚(きょうきゃく)が個別の基礎(きそ)の上に設置されています。南側の基礎は、圧縮空気の下で深さ 90 フィート(27 m)に達するケーソンとして建造する必要がありました。ピーク時には、その建造に約 4,600 人の作業員が雇用(こよう)されていました。

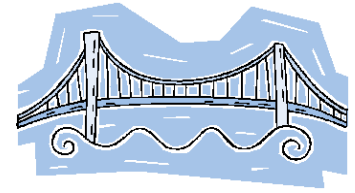


### ◆シドニー ハーバー ブリッジ(オーストラリア)

シドニー ハーバー ブリッジは、シドニー港にかかる鋼アーチ橋です。この橋を利用して、電車、自動車、歩行者がシドニー中央部のビジネス地区と北岸エリア間を行き来しています。橋、港、近接するシドニー オペラハウスのドラマティックな眺(なが)めは、シドニーとオーストラリアの両方を代表する風景となっています。橋は、英国ミドルズブラのティーズサイドにあるドーマン ロング アンド カンパニーによって設計、施工(せこう)され、1967 年までシドニーで最も高い建造物でした。ギネスブックによると、これは世界で最も幅(はば)の広い長径間橋であり、また最も高い鋼アーチ橋で、水面から最上部まで 134 m (429.6 フィート)あります。また、世界第 4 位の長径間アーチ橋でもあります。アーチは、28 パネルのアーチトラス 2 つで構成されています。高さは、アーチ中央は 18 m (55.8 フィート)、パイロンの側(そば)は 57 m (176.7 フィート)とさまざまです。



# アイスの棒の橋



## 生徒用ワークシート: 橋を設計する

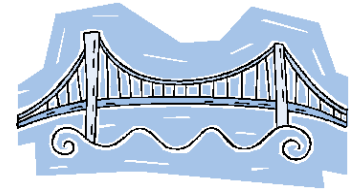
あなたは、技師チームの一員です。200 本までのアイスの棒と接着剤(ざい)を使って、橋を設計する課題を与えられています。橋は、特定の重量を支えることができなければなりません(クラスでの重量の目標値は先生が決めます)。橋の径間は最低でも 14 インチ(35.6 cm)にする必要があります。ただし、橋は、製作後に、荷重負荷テストのため床(ゆか)上 1 フィート(30.5 cm)以上になるように 2 つのいすの間に渡(わた)されるので、14 インチ(35.6 cm)より長くなるはずでず。橋は、構造および荷重負荷の要件を満たすことだけでなく、外観でも評価されるので、創造性を発揮してください。また、目標を達成するために使用するアイスの棒の数をできるだけ少なくしてください。

### ◆ 計画段階

チーム内で、解決すべき問題について話し合います。次に、意見をまとめて橋を設計します。使用する棒の数(200 本まで)と、製造プロセスのステップ数を決める必要があります。どんなパターンにすれば最も強度が大きくなるかを考えてください。ただし、橋は外観でも評価されます。以下の空欄(くうらん)に設計図を書いてください。使う予定の棒の本数を必ず記入してください。その後、クラスでチームの設計を発表します。クラスで意見を聞いた後、チームの計画を見直すこともできます。

使用予定のアイスの棒の数:

# アイスの棒の橋



## 生徒用ワークシート(続き):

### ◆ 製作段階

橋を製作します。製作中、棒がさらに必要かどうか(200本まで)、また設計を見直す必要があるかどうかを判断します。材料の追加や設計の見直しは可能です。その場合は、新しい略図を作成し、材料表を修正します。

### ◆ 外観の投票

それぞれの橋の外観について、各生徒が投票します。5点満点です(1: まったく魅力(みりょく)がない、2: 魅力がない、3: 普通(ふつう)/平均的、4: 少し魅力的、5: 非常に魅力的)。この点数の平均がそれぞれの橋のスコアになります。このスコアは、橋が重量を支える能力には関係なく、外観だけを対象とします。



### ◆ テスト段階

各チームは、橋をテストして、要求された重さに1分以上耐(た)えることができるかどうかを確かめます。また、他のチームのテストを見学し、設計の異なる橋の性能はどうなるかを観察します。

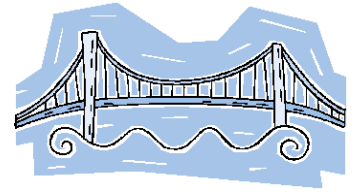
### ◆ 評価段階

チームの結果を評価し、評価ワークシートに記入し、わかったことをクラスで発表します。

このワークシートを使用して、チームの結果を評価します。

1. 指示された重さを1分間支えられる橋の製作に成功しましたか? そうでない場合、その理由は何ですか?
2. 製作段階で、元の設計を見直しましたか? その理由は何ですか?
3. 最終的にアイスの棒を何本使用しましたか? この数字は、計画と異なっていましたか? 異なっていた場合は、どう変わりましたか?

# アイスの棒の橋



## 生徒用ワークシート(続き):

4. あなたの橋の平均外観スコアは何点でしたか? クラスの他のチームと比べてこの点数はどうでしたか? 他の橋の中で、あなたが一番気に入った設計要素は何ですか?
  
5. 技師は製作段階で元の設計を修正する必要があると思いますか? 修正する必要があると思う場合、その理由は何ですか?
  
6. もう一度最初からやり直すとしたら、設計をどのように変更(へんこう)しますか? その理由は何ですか?
  
7. 他のチームが試した設計や手法のうち、成功したと思うものは何ですか?
  
8. 仮に自分 1 人で作業したとしたら、この課題をもっと簡単に完了できたと思いますか? そう思う場合は、具体的に説明してください。
  
9. 技師が実際の橋を建造する場合、機能、安全性、外観の間でどのようにバランスを取ると思いますか?