



骨は生きている、強い骨を作ろう (LIVING BONES, STRONG BONES)

教師版

イントロダクション

探検家には、宇宙にいるときに出現する体によくはない変化にも対応できるよう、強い骨が必要となります。宇宙飛行士が宇宙の環境に長くいればいるほど、身体への荷重（重力による負荷）が失われるので骨がどんどん弱くなっていきます。腰より下の骨は低重力という環境に最も影響を受けやすく、これらの位置にある骨は宇宙飛行中に最も骨量が低下しやすい傾向にあります。宇宙飛行士にとって、生涯骨を強く維持するには宇宙での飛行前、飛行中、飛行後に体を鍛えることが重要です。カルシウムやビタミンDを含む食事でも宇宙飛行士が強い骨を維持する助けとなります。

レッスンの目的

- ・生徒は骨のある生物に対し骨の大きさを比較しながら、骨を観察します。
- ・生徒は骨の模型を作成し、骨の構造、体重を支える骨、そして異なる環境がそれらの骨にどう影響を与えるかについて推測しながら、骨の模型が体重を支える能力を比較対比してみます。

問題

強くて重りを支えられる骨の模型は、どうしたら作れるでしょう？

学習の目的

生徒は：

- ・骨の二つの部分を調査します。
- ・重りを支える骨の模型を作ります。

材料

クラスごとに：

- ・定規
- ・天秤
- ・重り

工学的設計

学年: 3年から5年

カリキュラムとの関連性:

科学、技術、数学、保健体育

科学処理技術:

データの予測、観察、比較、収集、記録（アメリカ科学振興協会）

教師の準備時間: 30分

レッスン期間: 45分授業を2回

必要条件: 科学方式、科学実験室の安全基準、新フードガイドピラミッド、そして基本的な身体活動の知識

全国教育基準:

科学、技術、工学、数学、保健体育

全国健康戦略:

この活動は、連邦政府が義務化した地域の健康戦略の必要性を満たすものであり、あなたの地域の健康計画のニーズを満たす助けとなるかもしれない。

必要な材料:

メートル定規

天秤

積み重ねができる重り

スナックの袋大のジッパー付きバッグ

加熱され清潔な乾燥させた鳥の骨

センチの定規

索引カード

透明なセロファンテープ

四角いカードボード

教科書もしくは紙の束

水槽用の砂利

安全メガネ

赤ペン

虫眼鏡

グループごとに:

- ・スナックの袋大のジッパー付きバッグ2枚
- ・加熱された清潔な乾燥させた鳥の膝下もしくは太ももの骨
- ・センチの定規
- ・5枚の索引カード (7.6 cm x 12.7 cm または 3 x 5インチ)
- ・透明なセロファンテープ
- ・四角いカードボード (だいたい 24 cm x 24 cm または 9.4 x 9.4 インチ)
- ・教科書もしくは紙の束
- ・水槽用の砂利が 1/3 程入ったスナックの袋大のジッパー付きバッグ

生徒ごとに:

- ・「骨は生きている、強い骨を作ろう」生徒用ハンドアウト
- ・安全メガネまたはゴーグル
- ・赤ペン
- ・虫眼鏡

安全のために

生徒に教室と研究室の教室や実験室の安全管理ルールを見直してください。活動の間は目を保護するためのゴーグルを生徒は着用してください。鳥の骨はジッパー付きバッグから出さないでください。

レッスン前の準備 (活動の前日に行う)

- ・加熱された清潔な乾燥させた鳥の骨を準備するには:
 - グループに一つ、鳥の膝下または太ももの骨を集めます。
 - 大きな深鍋に入れ、水をかぶせます。
 - 完全に加熱されるように、40 - 50分間鳥の骨を弱火で煮ます。
 - 深鍋から鳥の骨を取り出し、少なくとも 30分はさめます。
 - 鳥の骨を完全に洗うことにより余分な肉や軟骨を取り除きます。
 - 鳥の骨を消毒するのに、消毒洗浄剤を使用します。水で洗い流します。
 - 鳥の骨を一晩空気乾燥します。
 - 鳥の骨はこの調査に使用するために、清潔に乾かさなければなりません。
- ・鳥の骨を少し割り、骨の中が見えるようにします。
- ・加熱して清潔な、乾燥させた鳥の骨を一つずつ、スナックの袋大のジッパー付きバッグに入れます。
- ・別のスナック用サイズのジッパー付きバッグ内に水槽用の砂利を3分の1程入れ、形を変えられるようにします。必要ならば、ジッパー付きバッグの中にある水槽用の砂利の量を加減して、下記の指示に従い索引カードの円筒内にぴったり合うように調節します。
 - 索引カードを使い、カードの短いほうの辺をつかんで巻き、円筒を作ってテープで留めます。水槽用の砂利が入っているジッパー付きバッグを円筒の中に入れます。必要ならば水槽用の砂利を取り除いたり加えたりします。
- ・クラスを3-4人の生徒のグループに分けます。
- ・グループの材料を届きやすい場所に置きます。
- ・教科書を軽いものから重いものへと積み重ねます。一番重い教科書を最初に使います。
- ・全グループへ指示をするときに使うために、天秤を中央の位置に置きます。
 - 紙クリップをグラム重の代わりにもできます。別の重りが使用されるのなら、精度のため事前に計っておいてください。
 - ・観察の章のためにデータチャートを準備し、全グループへ指示をするときに使うために、中央の位置で見せます。
 - ・全グループへ指示をするときに使うために、「骨は生きている強い骨を作ろう」の用語集を中央の位置で

見せます。（添付B）

- ・全グループへ指示をするときに使うために、中央部に骨の比較図を見せます。（添付C）

レッスンの進行

この活動を準備するには、下記の指導者用の情報を推奨します：

- Read about the skeletal system and spaceflight in the National Space Biomedical Institutes' textbook, "Human Physiology in Space", found at <http://www.nsbri.org/HumanPhysSpace/focus6/index.html>.
- Read about bone remodeling or bone turnover here <http://teachhealthk-12.uthscsa.edu/curriculum/bones/pa12pdf/1203D-cycle.pdf>.
- Exercise countermeasures to spaceflight can be found at <http://hacd.jsc.nasa.gov/projects/ecp.cfm>
- Watch animations about the bone remodeling process that show how bone is degraded and rebuilt at <http://courses.washington.edu/bonephys/physremod.html>.
- Read the following text taken from the Observation Section of the Living Bones, Strong Bones Student Section.

注目

宇宙飛行士は月や火星の探査のために長い距離を歩く力が必要になります。特にローバーが壊れてしまったときにはなおさらです。ここでいう長い距離とは10 km（6.2 マイル）ウオークバックと呼ばれています。宇宙飛行士は、骨を強く、健康に保ち、つねにベストコンディションでいることが求められ、それはウオークバックのような宇宙での活動を行うために必要です。

骨は人の体の中で生きている器官です。骨は骨の中にある特別な細胞によって壊されたり、作られたりしています。全身の骨が新しい骨と入れ替わるまでには10年かかります。

骨を健康に保つためには、適切な食事と抵抗運動という2つの方法があります。片方だけでは効果は少なく、この2つの方法を一緒に実践することが大切です。

はじめに、適切な食事は骨を確実に健康にします。健康な骨を作るためにはカルシウムとビタミンDが必要です。カルシウムとビタミンDはどこから手にはいるのでしょうか？カルシウムは牛乳やチーズやヨーグルトといった普段食べている乳製品や緑黄野菜に多く含まれています。一方でビタミンDは日光が私たちの身体に当たることによって作られるため、「太陽のビタミン」とも呼ばれています。ビタミンDは牛乳やオレンジジュースにも加えられています。宇宙飛行士は適度な量のカルシウムとビタミンDを、骨を強く健康に保つために摂取しなければなりません。

次に、普段私たちの身体にかかっている重力、つまり「負荷」は骨の健康にとってはなくてはならないものです。骨に「負荷」をかける種類のエクササイズは抵抗運動と呼ばれます。腕立て伏せ、縄跳びなど地面を押すような運動をするとき、これは抵抗運動をしていることになり、このことで強い骨が作られるのです！宇宙飛行士が骨を強く健康に保つためには、この抵抗運動が必要なのです。

カルシウムとビタミンDが豊富な食事を食べることで、適度な運動を続けることは骨を強くします。もし晴れた日に外でケンケンをして遊んだら、太陽からビタミンDを取り入れ、同時に抵抗運動もできるので、骨を健康にする2つが両方できるのです。これらのことは私たちの骨を強くしますが、宇宙飛行士も同じように骨を健康に保っています。知っていたでしょうか？身体を良いコンディションに保っておけば、いつの日か次の宇宙飛行士の一人として、月や火星、そしてさらにもっと遠くまで行くことができるかもしれません！

- ・必要ならば、下記のテーマで追加の調査が行えます：

- カルシウム
- ビタミンD
- 宇宙旅行と骨量の減少
- 骨再形成あるいは骨代謝回転

- 抵抗運動
- 改良型エクササイズ装置 (ARED)
- 骨量減少の宇宙飛行対策

・エネルギーを使い、生徒を宇宙飛行士のように鍛える身体活動は、<http://www.nasa.gov/fitexplorer/>にある NASA Fit Explorer Challenge または http://www.nasa.gov/audience/foreducators/STS-118_index.htmlにある STS118 指導者用ウェブサイトにあります。

指導手順

このレッスンを通して、科学的方法に関連したステップに重点をおきます。これらの手順は、指導手順の章を通して**太字斜字体**でわかるようにしてあります。

1. クラスと科学的調査の説明書を見直してください。この実施説明書は、「骨は生きている、強い骨をつくろう」生徒用ハンドアウトにあります。実施に基づいた評価の見本は、この教師版の章の終わりにあります。
2. 私たちを地球に留めている力 – 重力を使って、どのように強い骨をつくり保持するのかについて生徒に確認します。
3. レッソンの目的と学習の目的を生徒に紹介します。クラスで模型の定義を見直します。
4. 生徒と「強くて、重さを支えてくれる骨の模型をどうしたら作れるか？」という**問題**を見直します。
5. クラスで「骨は生きている、強い骨をつくろう」の用語集を見直します。(添付B)
6. 生徒版の「骨は生きている、強い骨をつくろう」の観察の章を読ませ、グループで読んだことを話し合かせます。
7. クラス全体で、以下の方法を使って骨についての**観察**をしながら、骨はどのように見えるかを話し合います。指導をするときには、骨の比較図(添付C)を参照してください。
生徒用の質問と事実は斜体となっています。

- 1) 1メートルの定規を見せます
- 2) 生徒に鳥の身長を予想させます。
- 3) データチャートに予想を記録します。
- 4) 生徒に鳥がどれくらいの身長かを見せます(およそ0.5 m または1.64フィート)
- 5) すべての生徒が見えるようにこの長さをデータチャートに記録します。
これは、メートルからいつもの単位へ変換するスキルを適用する良い機会です。

データチャート

特性	鳥		鳥の骨
	予想	実際	
長さ			
重さ			

- 6) 生徒に眼の保護をさせます。
- 7) 各グループに、ジッパー付きバッグに加熱して清潔な、乾燥させた砕いた鳥の骨を入れて配ります。
- 8) 生徒一人一人に虫眼鏡を渡します。

- 9) 虫眼鏡を使って、ジッパー付きバッグから骨を取り出さずに骨の大きさや形を生徒に観察させます。グループで観察したことを話し合い、観察したことを共有します。
- 10) グループで、出来るだけ多くの骨の特性の意見を出し合うようにさせます。
- 11) 鳥の骨についてグループで、生徒からのすべてのコメントを取りながら自由回答形式の質問をします。生徒が質問に答えているときに、教室の中央の位置ですべての結果を記録します。
- 骨の形はどのような形ですか？骨は円筒形です。
 - 骨にどのような別の形が見えますか？
 - 骨は何色ですか？
 - 骨はどのような感じですか？
 - あなたの手と比べて骨の大きさはどのような感じですか？
- 12) センチ定規を使って、グループで生徒に骨を計らせます。
- 13) 教室で見せたデータチャートに各グループの骨の長さを記録します。
- 14) グループに自由回答形式で鳥の骨について集めたデータを分析させます。
- 鳥の大きさと比較した骨の大きさ（前に記録したもの）は、どのような感じですか？骨は鳥よりも数段小さい。
- 15) 生徒に虫眼鏡を使用して、ジッパー付きバッグから骨を取り出さずに骨の外側についての観察をさせます。グループでこれらの観察を話し合わせ、観察を共有する準備をします。教室の中央の位置でこれらの特性を記録します。
- 16) 生徒にグループで出来るだけ多くの骨の外側の面の特性についての意見を出し合わせます。
- 17) 骨の外側の面について、生徒からのコメントを聞きながら、自由回答形式の質問をグループにさせます。生徒が質問に答えているときに、すべての結果を教室の中央の位置で記録します。
- なぜこの層はこんなに厚いのでしょうか？引力によって逆らって鳥の重さを支えて、歩いたり、走ったり、ジャンプしたり、着地したりを行うためです。
- 18) 生徒に虫眼鏡を使用して、ジッパー付きバッグから骨を取り出さずに、骨の内側についての観察をさせます。グループでこれらの観察について話し合わせ、観察を共有する準備をします。教室の中央の位置でこれらの特性を記録します。
- 19) 生徒にグループで出来るだけ多くの骨の内側の面の特性についての意見を出し合わせます。
- 20) 骨の外側の面について、生徒からのコメントを聞きながら、フリーアンサー式の質問をグループにさせます。生徒が質問に答えているときに、すべての結果を教室の中央の位置で記録します。
- 骨の内側は何でしょうか？
 - どのように見えますか？外側を覆っている硬い被膜の中にある骨のこの部分には骨組みの間に空間があり、カルシウムを抽出できるように骨の表面積をより多く提供しています。この組み合わせられた物質が骨に強さを与えます。
 - この骨であなたは何を思い出しますか？
 - この内側の骨は、骨がどれだけ強いかにていてどのような役割を果たしていますか？それは、重くならず強さを保つような、軽量の架橋組織です。
 - 鳥の内側の骨の機能は何ですか？鳥がその形を保ち、重力に逆らって体を立てるように鳥は保っています。
- 21) すべての生徒にデータチャートの鳥の重さがわかるように見せます（ほぼ2.6キロ または5.7ポンド）
- 22) 生徒にグラム重を使って、天秤でどのように鳥の骨の重さを計るかの手本を見せます。
- 23) 生徒に天秤とグラム重を使ってグループの鳥の骨を計らせます。
- 24) 教室で見せたデータチャートの各グループの骨の重さを記録します。

- 25) 生徒に鳥の骨の重さと鳥の重さを比較してもらいます。収集されたデータを利用して、どのように鳥の重さを保つのかという結論を導きさせます。

骨は強いので鳥の重さを支えることができます。それぞれの骨は、それを強くする外側の層と内側の層があります。

- 鳥は人間と比べるとどうですか？両方とも骨があります。人間は鳥よりかなり大きいです。
- 人間の骨は鳥の骨と似ていますか？はい、両方とも重力にさからって体を支持する骨があります。
- 人間の骨と鳥の骨の違いは何ですか？鳥の骨の方が小さく軽いです。
- 生徒にそれぞれに対応する大きさと重さを利用して、鳥と鳥の骨を人間と人間の骨との比較をさせます。
- もし私たちが身体から重力を取り除くとどうなるでしょうか？重力がなくなると骨は弱くなります。

8. 観察の章においてグループで使った材料を材料ルールにより集めます。すべての材料を適切に戻してください。

その他の授業時間で活動を停止したり続けたりするのに推奨される場所

9. グループで「骨は生きている、強い骨を作ろう」のKWL（知っていること・知りたいこと・学んだこと）チャートの最初の2つの欄を埋め、骨についてグループで話し合い、観察します。KWLチャートを使って、事前の知識をまとめさせ、興味を特定し、実世界との関係付けを行います。生徒が「知っていること」の欄の情報を提案したときには、どのようにこの情報を知ったのかを話させます。

10. すべての生徒が見えるように索引カードを一枚見せます。

11. 下記の質問を利用して索引カードは何なのかを探ります

・索引カードとは何ですか？それはどのように使用されますか？他にどのように索引カードは使用できますか？以前どこでそれを見たことがありますか？

12. 生徒にこの活動に関する予想や、問題の質問があるかどうかを尋ねます。予想を練り直して、問題の質問に答えるような**仮説**、または知識に基づいた推測にします。生徒版では、観察、材料、そして予想に基づいた文章として問題の質問をもう一度述べます。生徒が仮説を作るときに、「レッスンの目的」に書いてある動詞を含めさせます。生徒にグループ内で仮定を共有させます。

13. 生徒はこの手順に沿って仮説を**テスト**します。

（これらのステップは「骨は生きている、強い骨を作ろう」の生徒用ハンドアウトから引用したものです。斜体は教師向けのコメントです。図は教師が模型を作成するためのものです。）

生徒は仮説を試験しているときはグループで行います。通常のグループ材料の配布手順に従いますが、試験手順で求められるまで水槽用の砂利が入ったジッパー付きバッグを生徒に配ったり、見せたりしないでください。言われるまで索引カードを配布しないでください。生徒は予想のみに赤ペンを使います。

- 1) 索引カードを調べます。

- ・骨の形、大きさ、厚さを話合います。
- ・索引カードからあなたのグループの骨の模型をどのように作成したいかを決めます。
 - 骨の模型を作成には、骨の模型は下記のようなであることを確認します：
 - ・鳥の骨に似たようなものを作り、
 - ・重さを保持できるくらい頑丈にする。

- 2) 模型のデザインをグラフ用紙に書いて完成させてください。

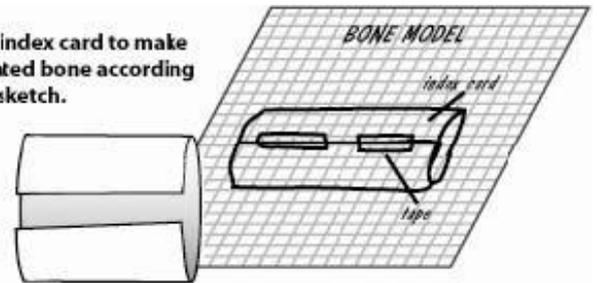
これは骨の絵ではありませんが、索引カードで作った骨の模型です。生徒が異なるタイプの模型を作るように準備します。巻いた索引カードを使用し、円柱を作ってテープで留めてどのように骨の模型を作るかを生徒に実演します。骨の模型は索引カードの短いほうの辺をつ

かんで巻き始めます。これは骨の外側部分を示しており、中を空洞のままにすることを理解してもらいます。各グループ一つ作ります。生徒すべてが同じ設計のものをもちます。

- 3) グラフ用紙にデザインしたものについて、材料の名前を書き込んでください。
- 4) グループで模型の名前を決めて、グラフペーパーに書き込んでください。
各グループで索引カード1枚を配り、残りのカードは後で使えるように残しておいてください。
- 5) 索引カードを使い、スケッチに従って骨の模型を作ってください。固定にはテープを使います。

各グループが骨の模型を作っているのを観察し、設計に沿って作成しているのを確認します。生徒に骨のスケッチと骨の模型とを比較させ、設計に戻って参照するようにうながします。索引カードを巻くときには、折らないように注意するように伝えます。索引カードを巻くのを、もう一度クラスに見せたほうが良いかもしれません。

Use the index card to make a simulated bone according to your sketch.



- 6) あなたが立っているときの足の骨の向きと同じになるように、テーブルの上に骨の模型を置きます。

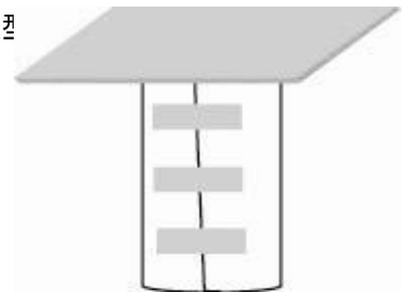
- 7) 「骨は生きている、強い骨を作ろう」のデータシートに、模型料を記入します。

- 8) 骨のモデルの上に四角いカードボードを置きます。

- 9) 何冊の教科書を骨の模型の上に重ねることができると予想してください。

教科書は体の重さの代わりになるものです。

クラスでどのように予想をするかを見直してください。



Place the cardboard square on top of the bone model.

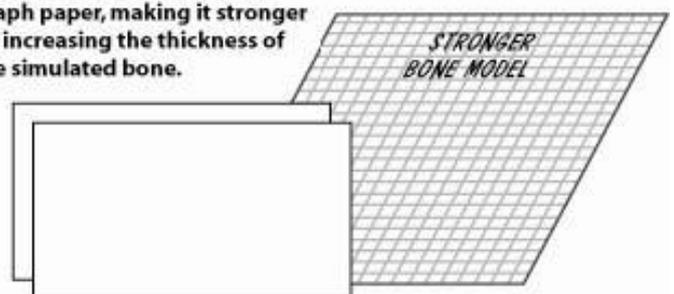
- 10) 「骨は生きている、強い骨を作ろう」のデータシートに赤ペンを使って予想した冊数を記入してください。

- 11) 教科書を置いていきます。一冊ずつを四角いカードボードの上に置いていき、教科書がなくなるまで、あるいは骨の模型が壊れるまで続けます。

骨の模型は教科書の重さで簡単に壊れます。生徒にこの骨は十分な量のカルシウム、ビタミンD、抵抗運動が足りないか、低重力の環境にあったものであると説明します。この骨の模型をあとで参照するために残しておいてください。

- 12) 骨の模型に乗せることができた教科書の数を数え、「骨は生きている、強い骨を作ろう」のデータシートに数を記入してデータをまとめて記録してください。

Redesign the bone model on graph paper, making it stronger by increasing the thickness of the simulated bone.



テストを行った骨のモデルは、カルシウムとビタミンD、あるいは抵抗運動が足りなかった、または重力が働かなかつたために弱くなってしまった骨を模して作ったものです。あなたの骨が強くあるためには、抵抗運動とカルシウムとビタミンDなどの健康な食事が必要です。

低重力の環境では、骨への引力がないために骨密度が失われやすくなります。

各グループに骨の模型を支えて何冊の教科書を支えたかを述べて骨の模型を比較します。クラスで、各骨の模型の形と大きさを分析して、形と大きさがどのように支えた重さに影響したかを比較します。この分析により、次の骨の模型を再設計する手順が促進されます。

- 13) グラフ用紙に骨の模型をもう一度作り、シミュレートした骨の模型の内側に材料を置いて強くします。この骨の強化は、抵抗運動の増加や、カルシウムやビタミンDの豊富な食事によるものです。新しい材料などを図に書き込んでください。

- 14) 「骨は生きている、強い骨を作ろう」のデータシートに、新しい骨の模型を作るのに使う材料を記入します。

グループごとに二枚の索引カードを配ります。1層以上の索引カードから作られた骨の模型は、外側の骨の強さが増したことを実証します。生徒に、強さを増すためにカードをどのように重ねるかを実演します。巻き始めるときには、索引カードの短い辺をつかんで巻きます。

- 15) 二枚の索引カードを使って、骨のモデルをもう一度作ります。

生徒が新しい骨の模型を作るのを観察します。やり方を変えるために、図に戻るように伝えます。

- 16) 何冊の教科書を新しい骨の模型の上に重ねることができるかを予想してください。

- 17) 「骨は生きている、強い骨を作ろう」のデータシートに赤ペンを使って予想した冊数を記入してください。

- 18) 教科書を一冊ずつ四角いカードボードの上に置いていき、教科書がなくなるまで、あるいは骨の模型が壊れるまで続けます。

この改良された骨の模型は骨の厚さにより、もっと重いものを支えます。後で参照するときのためにこの骨模型を残しておきます。

- 19) 新しい骨の模型が乗せることができた教科書の数をかぞえ、「骨は生きている、強い骨を作ろう」データシートに数を記入してデータを収集して記録してください。

テストを行った骨の模型はカルシウムとビタミンDの摂取が十分でなかった、あるいは抵抗運動が足りなかったためにいくらか弱くなってしまった骨を模して作ったものです。また、重力が小さくなっていたことも想定しています。抵抗運動とカルシウムとビタミンDなどの健康的な食事が骨を強くするには必要です。

各グループに骨の模型を支えて何冊の教科書を支えたかを述べて、新しい骨の模型を比較します。クラスで、各骨の模型の形と大きさを分析して、どのように形と大きさが支えた重さに影響したかを比較します。この分析により、次の骨の模型を再設計する手順が促進されます。

- 20) グラフ用紙に骨の模型を再設計して、骨の模型の内側に材料を置いて強くします。この骨の強化は、カルシウムやビタミンDの豊富な食事による適切な栄養摂取や、抵抗運動によるものです。新しい材料などを図に書き込んでください。

- 21) 「骨は生きている、強い骨を作ろう」のデータシートに、新しい骨の模型を作るのに使う材料を記入します。

二枚の索引カードと水槽用の砂利を1/3ほど入れたジッパー付きバッグを配ります。バッグ内の砂利は骨の中身を表していることを説明します。図で円筒形内に水槽の砂利があることを示します。これは強く、健康な骨を表しています。

- 22) 二枚の索引カードを使って、骨のモデルをもう一度作ります。
 生徒が新しい骨の模型を作るのを観察します。やり方を変えるために、図に戻るように伝えます。生徒に前回作った骨の模型と同じように骨の模型を作らせますが、索引カードの短い辺をつかんで始める前に二枚の索引カードを重ねさせます。
- 23) 骨の模型内に水槽用の砂利が入ったジッパー付きバッグを入れます。
- 24) 何冊の教科書を新しい骨の模型の上に重ねることができるかを予想してください。
- 25) 「骨は生きている、強い骨を作ろう」のデータシートに赤ペンを使って予想した冊数を記入してください。
- 26) 教科書を一冊ずつカードボードの上に置いていき、教科書がなくなるまで、あるいは骨の模型が壊れるまで続けます。
 この骨の模型は健康で強い骨を表しています。後で参照するときのためにこの骨の模型を残しておきます。
- 27) 新しい骨の模型が乗せることができた教科書の数をかぞえ、「骨は生きている、強い骨を作ろう」データシートに数を記入してデータを収集して記録してください。

14. すべての測定の後、「骨は生きている、強い骨を作ろう」データシートにそっている質問に答えてデータを調べます。

この情報を使い、生徒にデータが仮定を支持しているか否定しているかを決めるようにさせます。

結論

- ・「骨は生きている、強い骨を作ろう」の生徒版の研究データ質問への答えを話し合います。
- ・生徒にKWLチャートの「LEARNED：学んだこと」の欄を更新させます。
- ・生徒にもう一度仮説を述べさせ、実験で何が起こったか、結果を含めて説明させてください。
- ・生徒に、自分のグループのデータをクラスのデータと比較するように伝えます。どんなパターンが見つかりましたか？
- ・生徒に今、何を疑問に思っているかを尋ねます。生徒に自分で独自に実験を設計してみるようにうながします。

評価

- ・質問をして、生徒の知識を審査します。
- ・生徒に「骨は生きている、強い骨を作ろう」のクイズを行い、理解度を審査します。（添付A）
- ・「骨は生きている、強い骨を作ろう」の生徒版にある科学的調査の説明書を使い、活動を通して生徒の行動を観察し、評価します。

<参考>※米国国内向け

全国体育規格との活動連携

全国科学教育規格（NSES）：

規定 Aの内容： 質問としての科学

- ・科学的な質問をするのに必要な能力（K-8）
 - ・科学的な質問についての理解（K-8）
- 規定Eの内容： 質問としての科学
- ・技術設計の能力（K-8）
 - ・科学と技術についての理解（K-8）

規定 Fの内容： 個人や社会的視点における科学

- 個人の健康（K-8）

- 人口における特性と変化 (K-4)
- 環境での変化 (K-4)
- 地域での課題における科学と技術 (K-4)
- 社会での科学と技術 (5-8)

全国技術教育基準 (ITEA) :

設計 :

規定8 : 生徒は設計の属性を理解する。

規定9 : 生徒は工学設計を理解する。

全国数学教育基準 (NCTM)

- ・ データ分析と確率基準 :
 - データに基づいた予想を行う
- ・ 測定基準 :
 - 測定項目を決めるのに適切な技術、ツール、そして数式を適用する

全国保健教育規格 (NHES) 第2版 (2006)

- ・ 規格 1 : 生徒は健康増進のための健康促進と病気予防に関連する概念を理解する。3年生から5年生においての健康の指導の結果として、生徒は :
 - 1.5.1 健康的な行動と、個人の健康との間の関係を述べる。
- ・ 規格 5 : 生徒は健康を増進するための意思決定技能を使う能力を実演する。3年生から5年生に対する健康の指導の結果として、生徒は :
 - 5.5.1 思慮深い決定を必要とするような、健康に関連する状況を認識する。
- ・ 規格 7 : 生徒は健康を増進する行動を実施し、健康リスクを避ける、または減らす能力を実演する。3年生から5年生においての健康の指導の結果として、生徒は :
 - 7.5.1 責任ある個人としての健康行動を認識する。
 - 7.5.2 個人の健康を保持、または改善するさまざまな健康手法や行動を実演する。

カリキュラムの応用

本活動の概念を広げるために、下記の応用が行われることがあります :

数学的調査

生徒に、データを自分が選択した方法でグラフにまとめるように問いかける。なぜデータをその形式で表示することを選んだのかを説明させる。

全国数学教育基準(NCTM):

代数の基準

- パターン、関係、関数を理解する
 - ・ 言葉、表、グラフを使用してパターンや関数を表し分析する
- データの分析と確率の基準

- ・ データに基づいた推論と予測を行い、評価する
 - データに基づいた結論や予測を提案して正当化し、結論あるいは予測をさらに調査するための研究を設計する。

言語科目的調査

生徒に調査を説明させる。生徒はこの調査をどのように改善できるか？どこで間違いをした多可能性があるか？これらの間違いはどのように結果に影響したか？

それぞれの骨のモデルで見つけられた結果が示した骨の健康について、その人々の生活スタイルや環境について

架空の話を書かせる。

英語教師基準の全国審査会（NCTE）：

- ・生徒は考えや質問を出し、問題を提起することにより、課題や興味に関する調査を行う。彼らは様々な資料（たとえば印刷物や非印刷物、人工物、人々など）からデータを集め、評価し、合成して、発見したことを彼らの目的や聴衆に沿った方法で伝達する。

美術的調査

生徒に、それぞれの試験で何が起こったかを示しながら、独創的な方法で骨の模型を表示させる。生徒は、健康な骨と不健康な骨という結果を、経過として示すこともできる。

全国視覚芸術基準

- ・基準5の内容：彼らの作品の特性やメリットを反映と評価
 - a) 視覚芸術の作品を制作するには、さまざまな目的があることを理解する。

Sources and Career Links

Thanks to subject matter experts Dr. Jean Sibonga, Dr. Scott Smith, Dr. Don Hagan, Dorothy Metcalf-Lindenburger, and Sara Zwart for their contributions to this NASA Fit Explorer activity.

Dr. Jean D. Sibonga is a senior scientist and is the Scientific Lead for the Bone Mineral Laboratory (<http://hacd.jsc.nasa.gov/labs/index.cfm>) at the NASA Johnson Space Center in Houston, TX. You can find out more about Dr. Sibonga here: <http://www.dsls.usra.edu/sibonga.html>.

Dr. Scott M. Smith is the Scientific Lead for the Nutritional Biochemistry Lab at the NASA Johnson Space Center in Houston, TX. You can find out more about Dr. Smith and his work here: http://hacd.jsc.nasa.gov/labs/nutritional_biochem.cfm.

Dr. R. Donald Hagan is the Exercise Lead for the Human Adaptations and Countermeasures Office at the NASA Johnson Space Center. You can read more about his laboratory here: http://hacd.jsc.nasa.gov/labs/exercise_physiology.cfm.

Dorothy Metcalf-Lindenburger is an Astronaut, Educator Mission Specialist, at NASA Johnson Space Center in Houston, TX. You can read more about Metcalf-Lindenburger at <http://www.jsc.nasa.gov/Bios/htmlbios/metcalf-lindenburger-dm.html>.

Sara R. Zwart is a Research Scientist at the Nutritional Biochemistry Laboratory at the NASA Johnson Space Center in Houston, TX. You can read more about Ms. Zwart here: <http://www.dsls.usra.edu/zwart.html>.

Educator and Student Resources

Web resources:

The Healthy Kids website teaches your students good health practices with correct food choices and exercise. http://www.kidshealth.org/parent/nutrition_fit/index.html

The Action for Healthy Kids website can help your school design a wellness plan. Investigate new ways to engage students in physical activity and how to provide nutritious meals during school. <http://www.actionforhealthykids.org>

The Learn to Be Healthy website offers activities and lesson plans on nutrition and physical activity. <http://www.learntobehealthy.org>

This Centers for Disease Control and Prevention website highlights bone health for women and girls. <http://www.cdc.gov/powerfulbones>

This NASA resource from the Nutritional Biochemistry Lab at the NASA Johnson Space Center in Houston, TX provides Space Nutrition Newsletters for kids. http://hacd.isc.nasa.gov/resources/kid_zone_newsletters.cfm

The National Space Biomedical Research Institute has a variety of space-related educational materials ready for download. http://www.nsbri.org/Education/Elem_Act.html

Books and articles:

The Skeleton Inside You, by Phillip Balestrino, True Kelley (Illustrator), ISBN: 0064450872, ISBN-13: 9780064450874 Publisher: HarperCollins Children's Books Age Range: 5 to 9, **Annotation:** An introduction to the human skeletal system, explaining how the 206 bones of the skeleton join together, how they grow, how they help make blood, what happens when they break, and how they mend.

Bones: Our Skeletal System by Seymour Simon, Grade 3-5, Publisher SCHOLASTIC INC. ©1999, ISBN 0439078083 (EAN 9780439078085). **Annotation:** In his instantly recognizable style, Simon addresses the anatomy and function of bones. Describing bones as being like "the framework of a building," he emphasizes that they are living parts of the body.

Skeleton (Eyewitness Book Series).by Steve Parker, ISBN: 0756607272 Pub. Date: August 2004 Series: Eyewitness Books Series. Age Range: 9 to 12. **Annotation:** Along with the 206 human bones, readers can browse through over sixty pages of animal skeletons. Organized in twenty-five chapters, the text is tiny, packed with information. Large shots entice tracing, drawing, and scrutiny.

この実践活動の出典は、NASA共同契約NCC9-58の下でベイラー医科大学により国立宇宙生医学研究所のために作成された「宇宙空間から精神世界へ・筋肉と骨：教師への活動ガイド」です。

レッスンの開発は、NASAジョンソン宇宙センターヒト調査プログラムの教育、および奉仕活動チームによって行われました。

「骨は生きている、強い骨を作ろう」のクイズ

骨は生きている、強い骨を作ろうについての下記の質問に教えてください。

1. 強い骨の内側と外側の絵を描いてください。どのように見えますか？骨に名前を入れてください。
健康でない骨の内側と外側の絵を描いてください。どのように見えますか？骨に名前を入れてください。
2. 骨を強くしてくれる要因を二つ記入してください。
 - a.
 - b.
3. 宇宙飛行士の骨は地球から離れる時どうなりますか？
4. 宇宙飛行士は飛行前、ミッション中、そして地球に帰還するとき、どのように骨を健康に保ちますか？

「骨は生きている、強い骨を作ろう」の用語集

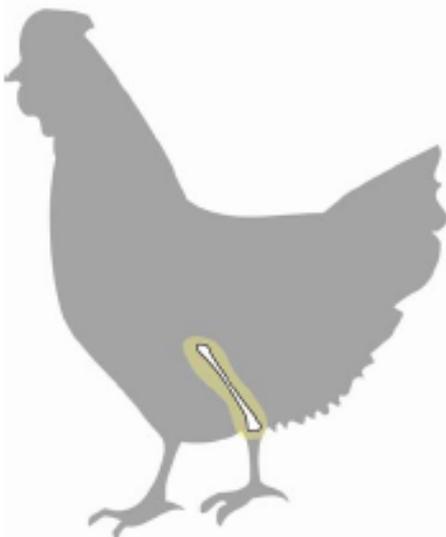
ウォークバック	10 km (6.2マイル) までの距離を歩く任務であり、それは宇宙飛行士がベースステーションに戻るために完了しなければならない距離に相当する。
荷重	体にかかる重力の影響による負荷。抵抗を加えることで荷重はさらに増大する。
模型	物体の身体を模写したもの。
抵抗運動	体の筋肉が力または重さにさからって動く（動こうとする）運動の種類；あるタイプの器具を使って作られる。
骨髄	ほとんどの骨の空洞を埋め、赤血球とたくさんの白血球の源である海綿状組織。
皮質骨	骨髄の周りの殻を作る、骨が密集した外側の層
海綿骨	皮質骨の殻の内側にある、骨髄の海綿状の組織を作る小さい骨。

骨の比較図

人間は鳥より大きい。
鳥も人間も骨がある

人間の脚は鳥の脚に似ている；
どちらも重力に逆らって体を支える骨である。

人間の脚の骨を比べると、
鳥の脚の骨の方が小さく軽い。



科学的調査項目

実験: 骨は生きている、強い骨を作ろう

Performance Indicator					
評価指標	4	3	2	1	0
生徒は明確で筋の通った仮説を立てた。	明確で筋の通った仮説を立てた。	明確だが完全に筋の通った仮説は立てなかった。	部分的に仮説を立てた。	明確で筋の通った仮説を立てようとほんの少しは試みた。	明確で筋の通った仮説を立てようという試みは全くしなかった。
生徒は研究室の安全な利用方法を守り、指示に従っていた。	研究室の安全な利用方法を守った。	研究室の安全な利用方法をほとんど守った。	研究室の安全な利用方法を2つ以上は守った。	研究室の安全な利用方法を一つ守った。	研究室の安全な利用方法を一つも守らなかった。
生徒は科学的考え方に沿った方法を実施することができた。	科学的考え方にそったすべての方法を実施することができた。	科学的考え方にそったほとんどの方法を実施することができた。	科学的考え方にそった2つ以上の方法を実施することができた。	科学的考え方にそった一つの方法を実施することができた。	科学的考え方にそった方法を実施することができなかった。
生徒はすべてのデータをデータシートに記入し、データに基づいて結論をひき出した。	記録されたすべてのデータを示し、結論を出した。	記録されたほとんどのデータを示し、結論はほぼ出した。	データ収集の記録を二つ以上は示し、部分的に結論をだした。	データ収集の記録を一つ示し、結論には至らなかった。	データの記録がなく、明確な結論もない。
生徒は研究にかかわる興味深い質問をすることができた。	研究にかかわる興味深い質問を4つ以上することができた。	研究にかかわる興味深い質問を3つすることができた。	研究にかかわる興味深い質問を二つすることができた。	研究にかかわる興味深い質問を一つすることができた。	研究にかかわる興味深い質問をすることはできなかった。
生徒は強くて重さに耐えられる骨の模型をデザインすることができた。	強くて重さに耐えられる骨の模型をデザインすることができた。	重さに耐えられなかったデザインを完全にした。	重さに耐えられなかった一部のデザインをした。	一部のデザインだが、模型をテストしなかった。	骨の模型をデザインしなかった。
合計得点					

評価基準:

A = 22 - 24点 B = 19 - 21点 C = 16 - 18点 D = 13 - 15点 F = 0 - 12点