

6月の科学あそび分科会

ししおどしから学ぶこと ～ミニししおどしをつくろう～



2025年6月23日(月)

担当・報告：野村祐子



1 はじめに

「覆水盆に返らず」という言葉が示すように、水の流れは、さまざまな現象を時間的な視点から説明するときのモデルとしてよく使われます。災害科学コミュニケーションで使われる「ししおどし」と災害の仕組みの共通点を考えてから、「ミニししおどし」を作って実験しました。

2 日本庭園のししおどしを映像で観察しよう

最初に、日本庭園に設置されている本物のししおどしを見たことがあるかどうかを参加者に尋ねてみました。見たことがある人は7名全員で、内6名は実物を直に見た経験がありました。子どもたちと科学あそびを行う場面では、ししおどしを全く知らない子どもや、知っていても見たことがない子どもがいると思うので、まず日本庭園(①)で撮影した映像を見て、ししおどしが動く様子を観察しながら、ししおどしが動く仕組みを自由に想像して、プリントの1枚目(図1)を使って絵で表現してみました。

「ししおどし」から学ぶこと
～「ミニししおどし」をつくろう～

みなさんは、「ししおどし」を 知っていますか？

「ししおどし」は、どのようなしくみで 動いていると おもいますか？

えをかいて、「ししおどし」が 動くしくみを 表現してみましょう。



【撮影協力】 駒ヶ谷戸庭園

↓

①

②

図1 当日使ったプリントの1枚目

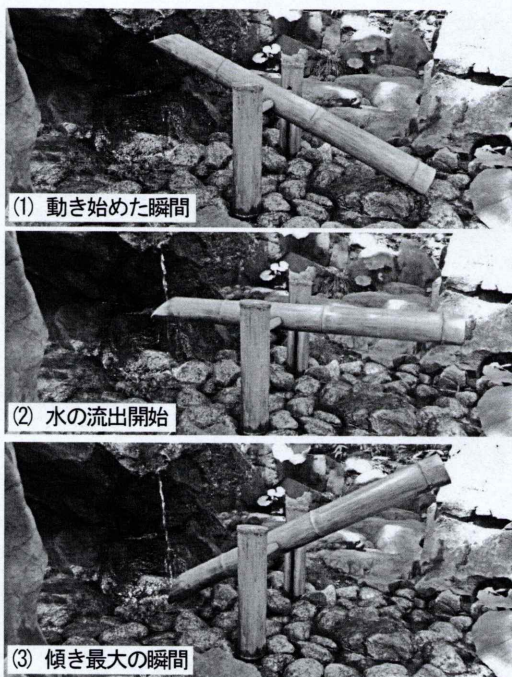


図2 映像で観察したししおどしの動き

次に、本(②)に載っている「ししおどしのしくみと動き」の説明(「竹筒に水がいっぱいになると、水があふれて竹筒がかたむく」)を、ゆっくりと繰り返し読みました。この説明に異議がある人に手を挙げてもらったところ、全員が手を挙げてくれました。昨年の11月の科学あそび分科会「重心で遊ぼう」で、重心に関わる実験を沢山経験したことが生きているかも知れません。ちなみに観察した映像では、竹筒の水はいっぱいにはならず、動き出した竹筒がほぼ水平になったときに、ようやく竹筒から水が流れ出していました(図2)。

3 エネルギーってなんだろう？

2枚目のプリント(図3)を使って、ししおどしの構造と用途、動く仕組みと音が出る仕組みを、簡単に説明しました。ししおどしの仕組みと災害の仕組みとの共通点を考える足がかりとして、さまざまなエネルギーの存在を捉えるため、本(③)を読みました。16頁から19頁までの「丘の上にある大きな岩」の話は、特に注意深く、ゆっくりと読みました(図4)。

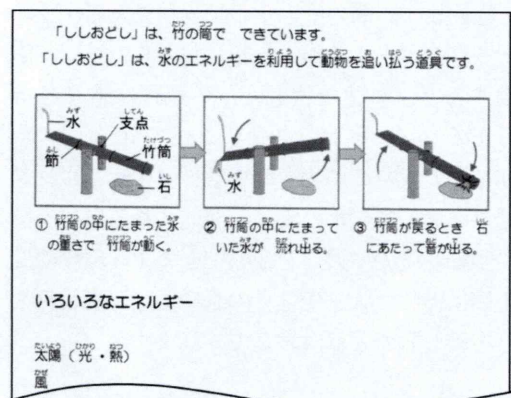


図3 当日使ったプリントの2枚目

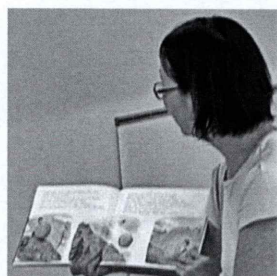


図4
丘の上の大きな岩 (③)

続けて、ししおどしを使ってさまざまな現象の仕組みを説明している事例を紹介しました。災害科学に関わる現象では、私が最初に「ししおどしモデル」の科学コミュニケーションへの活用を知った土砂崩れの事例 (④) と、火山噴火 (⑤) について紹介しました。災害を引き起こす現象だけでなく、睡眠 (⑥) や嚥下 (⑦) など、日常生活で私たちが経験している身近な現象を分かりやすく説明するためのモデルとしても、ししおどしは活躍しています。これらの説明全体を一言でまとめると、「ししおどしモデル」は、火山が噴火に至る前の状態と噴火している状態、覚醒状態と睡眠状態、燃えだす前と燃えている状態 (⑧・⑨) など、2つの状態間の「相転移」を表現していることが分かりました。

4 ミニししおどしを組み立てて実験しよう

畑や庭の植物の支柱用に販売されている長さ105 cm、外径およそ20 mmの白竹 (天然竹) を、あらかじめノコギリでカットし、錐で竹串を通

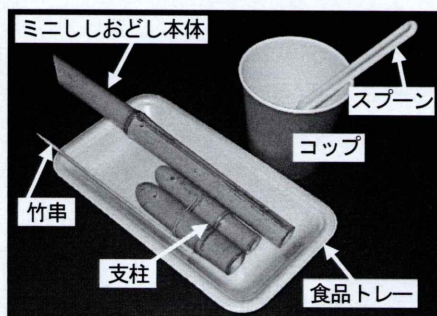


図5 ミニししおどしの実験材料



図6 組み立てたミニししおどしを動かしている様子

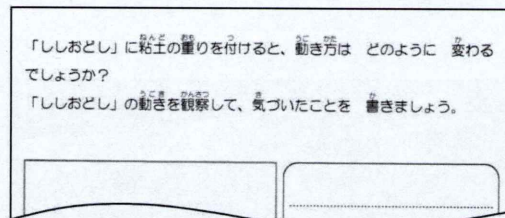


図7 当日使ったプリントの3枚目

すための穴を開けて、ミニししおどしの部品を準備しました (図5)。当日は準備しておいた部品を一人1セットずつ配り、各自がミニししおどしを組み立てて、コップの水をスプーンで注ぎ、ミニししおどしを動かして、持参してもらった石を置いて音を出してみました (図6)。

次に、粘土を使って3枚目のプリント (図7) の実験をしました。ししおどしの動き方は注水速度によって変化するので、重りを付けたこと

による動き方の変化を正確に捉えるため、燃えやすさの説明 (⑧) で使われている観賞魚用の水中モーターで流量を制御する予定でしたが、準備不足で装置を上手く設置できませんでした。泥沼にハマった私は、とりあえず、こむぎ粘土の塊を参加者に回しました。すると一番前に座っていた原田さんが、プリントだけを頼りに、流量を制御しなくてもスプーンだけで重りの効果を調べることができる実験を、器用に実践してみせてくれました。写真を撮り忘れてしまったので、後日私が原田さんの方法をベースに試行錯誤の末撮影した写真を紹介します (図8)。水が入る部分とは支点をはさんで反対側 (後方) の竹筒に、こむぎ粘土の重り (図8では3グラム) を付け、目盛り付きのピペットで水を「静かに」滴下すると、竹筒はほぼ満水になるまで動き出さず、動き出しても水が少し流れ出るとすぐに戻ってしまいます (図8 (a))。同じ重りを、前方 (注水口側) の竹筒に付けると、竹筒の中に水で満たされていない空間が残っている状態でししおどしが動き始め、たまった水が竹筒の先端に向かって流動することで、ししおどしの動きが加速されます (図8 (b))。このように初期の変化によって引き起こされる結果が変化を促進する仕組みを、「正のフィードバック」

と言います。筒の中の水の動きが見えるプラスチックのボトルで作ったししおどし (⑧) で実験すると、急速な状態変化の過程に含まれる「正のフィードバック」 (ししおどしの場合：初期の変化＝筒が動き始める；引き起こされる結果＝筒の中の水の流動；促進される変化＝筒の回転速度の増大) を観察できます。環境の変化によって「状態変化」のしやすさが変わること、ししおどしは教えてくれます。

5 折り紙ししおどしを作ってみよう

水の重さを利用するししおどしとは別の方法で「状態変化」の観察実験を行うことで、さまざまなエネルギーの存在を捉えるため、折り紙ししおどし (⑩) を作ってみました (図9)。厚めの折り紙 (「トーヨー オーロラおりがみシルキー 15 cm」を使用、重さ約 1.9 g) で作ると、横向きに置いた折り紙ししおどし (図10) の内側の折り込まれた部分 (図11) が、(腕立て伏せで腕を伸ばすときのように) 開くことで、図12の連続写真のように、お尻 (?) が少しずつ持ち上がり、ある瞬間、急に跳び上がるように状態が変化します。普通の折り紙 (「トーヨー教育おりがみ 15 cm」を使用、重さ約 1.3 g) で作ると、折り込まれた部分が開かず、状

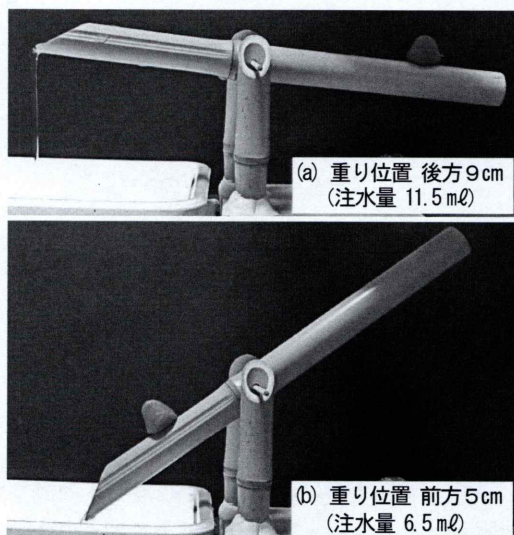


図8 粘土の重りの位置と竹筒の最大回転位置の関係

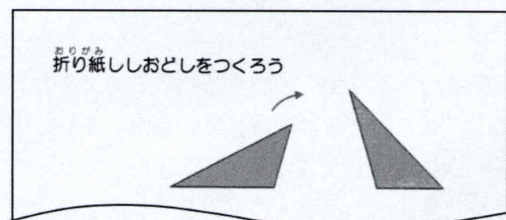


図9 当日使ったプリントの4枚目



図10 横向きに置いたところ (↑)



図11 内側の折り込まれた部分 (→)

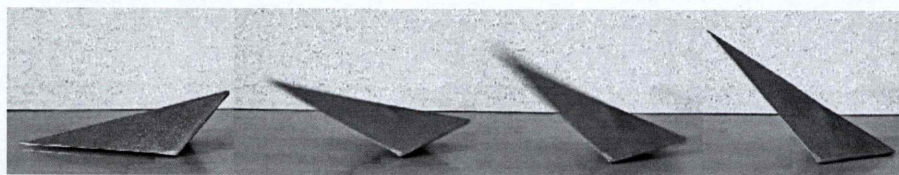


図12 折り紙ししおどしの状態変化の連続写真（オーロラおりがみ）

態変化は観察されませんでした。

■折り紙ししおどし～その後の展開～

後日、厚めの折り紙よりさらに重いピザのチラシを15 cm角にカットしたもの（重さ約2.4 g）で折り紙ししおどしを作ってみたところ、状態変化は起こりませんでした。チラシのししおどしと普通の折り紙のししおどしを図10の状態です。翌朝、チラシのししおどしはそのままでしたが、普通の折り紙のししおどしは折り込まれた部分が少し開いた中途半端な状態で発見されました（図13）。まるで微小発熱による自然発火の実験のようです。折り紙ししおどしには、「正のフィードバック」の仕組みはあるのでしょうか。みなさん、考えてみて下さい。

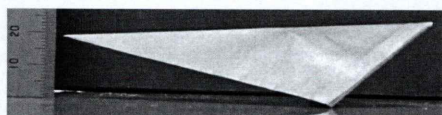


図13 一晩放置後の普通の折り紙のししおどし

小川真理子さんから、折り紙ししおどしの追加実験のご報告メールをいただきました。

「今朝、昨日作った折り紙でいろいろ遊んでみました。もう皆さんはお気づきだったかもしれませんが、折り紙が回転（？）するのは、重心だけでは説明できないのですね。折った状態で置くと、内側に折り込められた三角形部分がだんだん開いてくるのです。それが気になってセロテープで、少し開き加減で、だけど動かないように止めてみました。すると、全く回転しません。つまり、三角形部分が開いていく力（バネ？反動力？）があって、あるスレッシュホールドを越えるところから側に回転するという感じでしょうか。普通の折り紙ではうまく行かない理由

もそれでわかりました。しっかり折ってしまうと、戻ろうとしないからですね。楽しい朝になりました。」

メールを受けて、紙の復元力を簡単な実験で比較してみました。3種類の紙を、山折りと谷折り交互に1 cm幅で14回折り曲げ、2枚の板の間に挟み、板の間隔を少しずつ広げていくと、図14のような結果になりました。

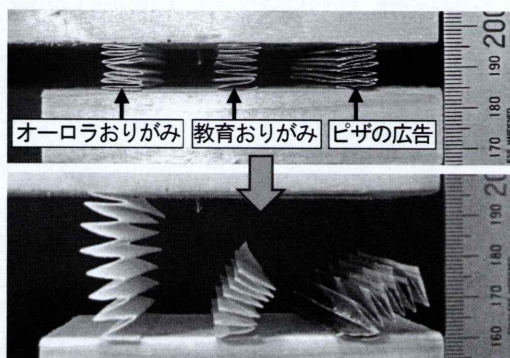


図14 折りたたんだ紙の復元力の比較実験

6 おわりに

科学あそび分科会を初めて担当してみて、多くの気づきと反省点が見つかりました。2枚目のプリント（図3）の説明では参加者から、「水のエネルギー」という表現が分かりにくいというご意見をいただきました。普通は「水の重さ」という平易な表現で説明される仕組みを、敢えて「エネルギー」という言葉を持ち出して説明した理由は、災害科学コミュニケーションにつなげたかったからです。改善策として実験を先に体験した後でエネルギーの説明をしてはどうかとのご提案もいただきました。

ミニししおどしを使った実験の方法は、大幅に改善する余地があります。水をスプーンで入

れるのは難しく、目盛りの付いたピペットを使った方が、ストレスなくミニししおどしを動かすことができます。音の響きを楽しむには、机に石を直接置くより、石の下に振動を吸収するもの（布など）を敷いた方が、良い音が出ます。支点の竹串は、実験を繰り返すと水を吸って膨潤し、ししおどしが動かなくなっていました。ヤスリで穴を広げたら、滑らかに動くようになりました。粘土の重りは、塊を回して各自がちぎって使うより、あらかじめ2グラム〜5グラム程度の量を秤で定量して小分けした方が便利です。重りの位置決め用の目印や、支点の位置変え用の穴などもあれば、実験条件を変えて学びを深めることができると思います。

後日、原田さんから、ミニししおどしの素敵なアレンジメントをご紹介いただきました（図15）。支点の竹串に網戸押さえのゴムを5mmくらいの長さに切ったストッパーを付け、下には「巻きす」を参考にして竹串で作ったミニすだれを敷き、支柱はすだれに接着してあります。支柱の竹は、戸外で雨水が溜まらないように節を抜いたところ、後日割れてしまったそうです。

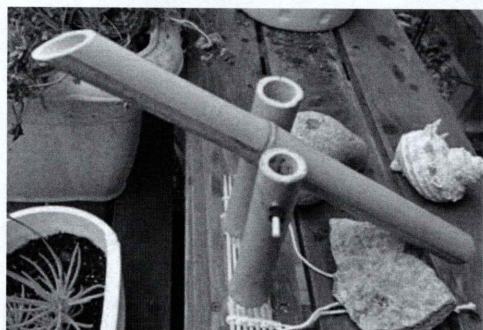


図15 ミニすだれを敷いたししおどしのアレンジメント

今回、竹の構造については詳しく紹介しませんが、竹の「節」は力学的に重要な役割を果たしているそうです（⑪）。工作でししおどしを作る場合、ペットボトル（⑫）や化粧品ボトル（⑬）を使うと簡単に作れますが、唯一無二の天然竹で作るししおどしには、ものづくり、災害、環境など多様な側面から学びを深める魅力が秘められているように思います。

紹介した本・参考文献など

- ① 殿ヶ谷戸庭園
<https://www.tokyo-park.or.jp/park/tonogayato/>
- ② 『和の文化を発見する 水とくらす日本のわざ 3 伝統 打ち水・風呂・ししおどしなど』中庭光彦/監修 汐文社
- ③ 『エネルギーって なんだろう』 キンバリー・ブルベイカー・ブラッドリー/さく ポール・マイゼル/え やまじ けんじ/やく 福音館書店
- ④ 斜面土層の発達と崩壊を「ししおどし」から考える ―山地災害科学の最前線―
<https://www.kyoto-u.ac.jp/ja/research-news/2016-11-02>
- ⑤ 『富士山はいつ噴火するのか？ 火山のしくみとその不思議』 萬年一剛/著 筑摩書房
- ⑥ 『ニュートン超図解新書 最強に面白い睡眠』 柳沢正史/監修 ニュートンプレス
- ⑦ 『ニュートン科学の学校シリーズ 人体の学校』 坂井建雄/監修 ニュートンプレス
- ⑧ 虫めがねで日光を集めて紙に当てると？
https://nrifd.fdma.go.jp/public_info/kids/p3_science_light/review/index.html
- ⑨ ろうそくの火にビーカーをかぶせると？
https://nrifd.fdma.go.jp/public_info/kids/p6_combustion/review/index.html
- ⑩ 「折り紙ししおどし」のモデル化について
<https://aue.repo.nii.ac.jp/record/6974/files/epsilon40113118.pdf>
- ⑪ 『竹取工学物語―土木工学者、植物にものづくりを学ぶ』 佐藤太裕/著 岩波書店
- ⑫ 『びっくり！ たのしい！ おもしろい！ 造形かがく遊び』 築地制作所/著 小学館
- ⑬ 『親子でつくる自然エネルギー工作 3 小水力発電』 川村康文/編 大月書店
- ⑭ 『入門ビジュアルサイエンス 気象のしくみ』 饒村曜/著 日本実業出版社
- ⑮ 『農家が教える鳥獣害対策 あの手 この手』 農文協/編 農山漁村文化協会