

# 花蓮縣第 65 屆國民中小學科學展覽會

## 作品說明書

科別：生活應用科學(一)

組別：國小 C 組

作品名稱：罐子裡的動物園-發聲玩具探究

關鍵詞：聲音、Audacity、頻譜分析

編號：

製作說明：

- 1.說明書封面僅寫科別、組別、作品名稱及關鍵詞。
- 2.編號由教育處統一編列。
- 3.封面編排由參展作者自行設計。

# 罐子裡的動物園

## 摘要

我們這次做的研究叫做「罐子裡的動物園」，是想了解一些會發出聲音的玩具是怎麼發聲的。我們研究了兩種玩具，一種叫「牛叫罐頭」，會發出像牛、羊、貓、鳥的聲音；另一種叫「魔音棒」，搖一搖會發出「嗚——」的聲音。一開始我們以為這些玩具有裝電池，但打開來看才發現裡面完全沒有電線，也沒有開關。我們很好奇，聲音是怎麼來的？所以我們把玩具拆開來看裡面結構，還用 Audacity 這個電腦軟體，把聲音錄下來、分析聲音的高低、大小和音色。我們發現：牛叫罐是利用裡面會震動的簧片和共鳴管道發出不同動物的聲音，跟它的構造有關；魔音棒則是長度決定聲音高低，滑動方向也會影響聲音大小，這些聲音變化都和聲音的物理原理有關。這個研究讓我們學到原來生活中的聲音有這麼多秘密，只要用心觀察，就可以從玩具中發現很多科學的道理，真的好有趣！

## 前言

### 1、研究動機

當我們第一次接觸「牛叫罐頭」和「魔音棒」是在去年，當時有善心人士送給學校一大箱玩具。打開後，我們發現裡面有許多從沒見過的有趣東西，其中「牛叫罐頭」會發出像牛、羊、貓、鳥等動物的聲音，「魔音棒」則會發出奇妙的嗚嗚聲，讓我們感到又驚奇又好奇。一開始我們還以為這些玩具有內建播放機，才會發出聲音，但仔細觀察後卻發現罐子上完全沒有電源開關，也沒有裝電池的地方，這讓我們更加疑惑：聲音到底是怎麼來的？為什麼每個罐子或棒子的聲音都不一樣？這些疑問激發了我們的研究動機。我們希望透過觀察、拆解和聲音分析，了解這些玩具的構造與聲音原理，並學習用科學的方法探索生活中的有趣現象。

### 2、研究目的

研究一：牛叫罐頭是怎麼發出聲音的？

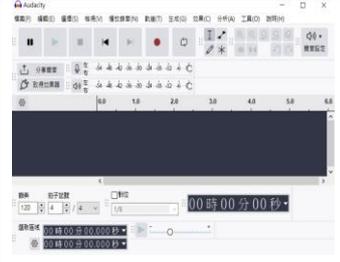
研究二：比較不同動物叫聲玩具的聲音差別

研究三：為什麼有不同的動物叫聲？和它的構造有關嗎？

研究四：魔音棒是怎麼發出聲音的？

研究五：不同長短粗細的魔音棒發出的聲音有甚麼不一樣？

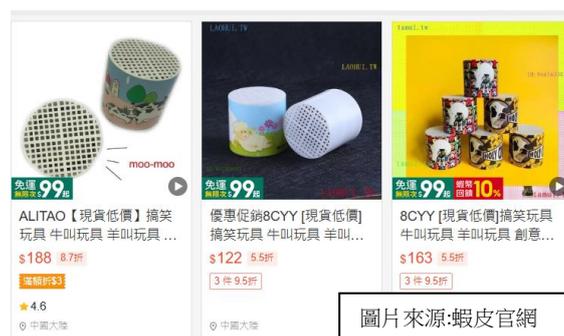
## 壹、 研究設備及器材

			
不同叫聲的怪叫罐	不同長短造型的魔音棒	錄音設備	Audacity 軟體

## 貳、 研究過程或方法

### 一、怪叫罐(牛叫罐頭)介紹

是一種會模仿動物叫聲的趣味聲音玩具。它的外觀看起來像一個小罐子或塑膠盒，內部沒有電池、電線或任何電子裝置，卻能在翻轉或晃動時發出類似動物的叫聲，目前市面上販售的怪叫罐有牛、羊、貓、小鳥的聲音。



圖片來源:蝦皮官網

### 二、魔音棒介紹

是一種細長的塑膠管狀玩具，裡面放著一個黑色的小管子，當你快速轉動它或上下搖晃時，它會發出像「嗚——」的聲音。市面上販售的魔音棒有長度和造型的不同，但發出的聲音聽起來都差不多。



圖片來源:蝦皮官網

### 三、Audacity 軟體

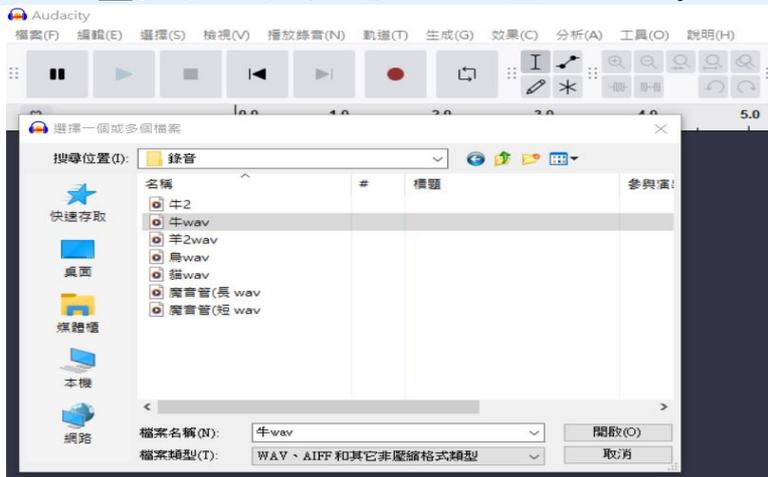
在本研究中，我們使用 Audacity 軟體進行聲音錄製與分析。透過「波形圖」觀察音量變化、「頻譜圖」檢查聲音頻率分布，並利用「描繪頻譜」功能分析音高與音色差異。此工具可幫助我們比較不同怪叫罐與魔音棒的聲音特性，提升研究的準確性。

## Audacity 聲音分析操作流程圖

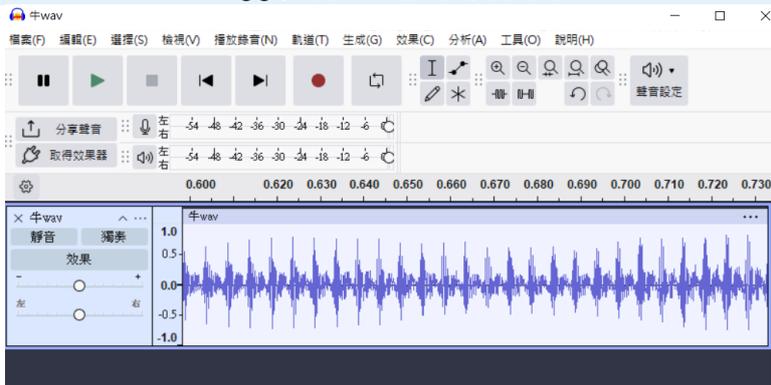
### 步驟 1：用手機錄下怪叫罐 / 魔音棒的聲音



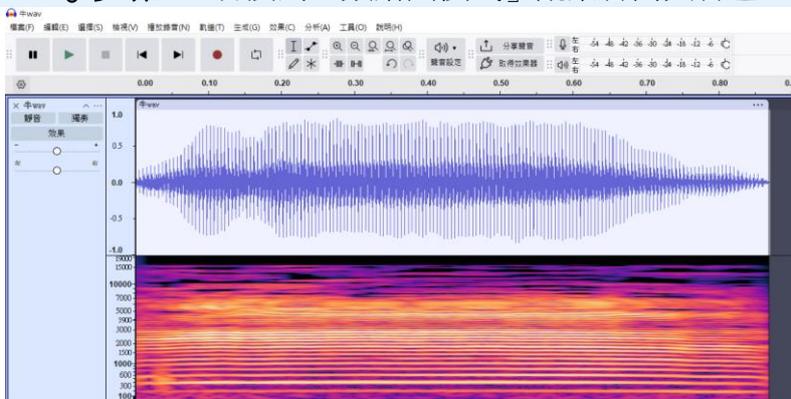
## 步驟 2：將聲音檔 (.wav) 匯入 Audacity



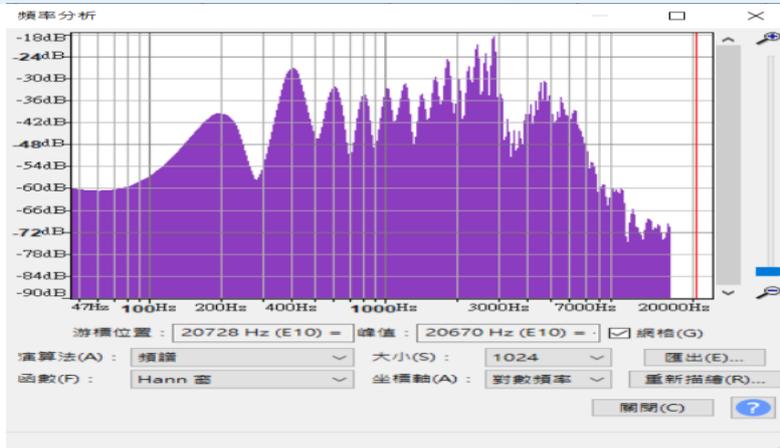
## 步驟 3：觀察波形圖



## 步驟 4：切換到「頻譜圖模式」觀察音高與音色



## 步驟 5：使用「分析 → 描繪頻譜」取得主頻率 (Hz)

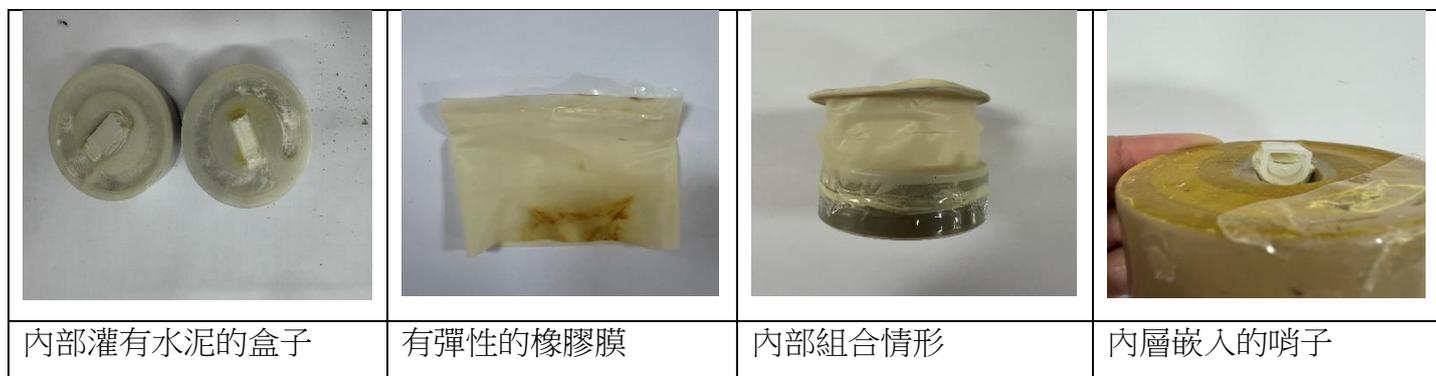


## 步驟 6：比較不同玩具的音高 / 音量 / 音色，完成分析

## 參、 研究結果與討論

### 研究一：牛叫罐頭是怎麼發出聲音的？

為了能了解牛叫罐頭的發聲原理，我們將最外層的罐子拆開，發現內部主要有一個有重量的盒子，和一片有彈性的橡膠膜及一個像口哨的東西。



當空氣通過這個哨子時，原本在口哨裡的小簧片裡面的空氣壓力會變小，外面的空氣就把簧片往裡面推，讓出氣的洞變小。接著，簧片因為有彈性，會自己彈回來。這樣一開一關的動作一直重複，就會讓簧片一直震動，發出聲音。

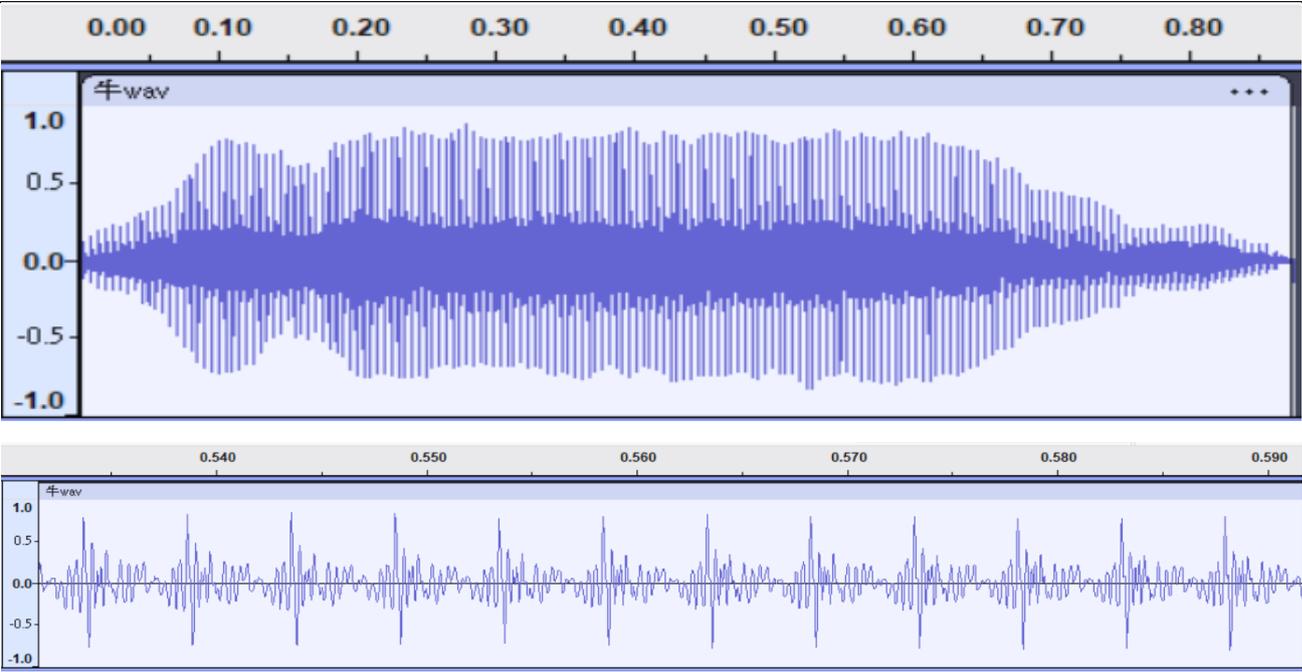
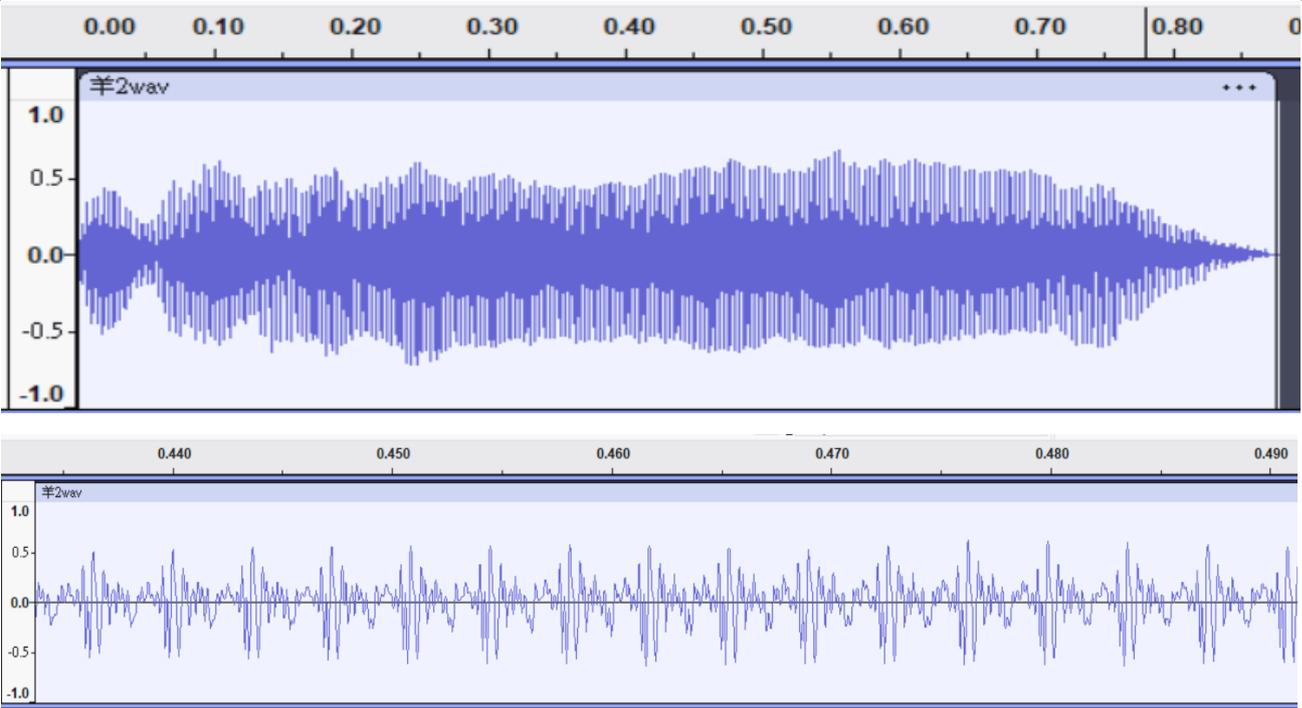
我們也發現怪叫罐的發聲原理與自由簧樂器（如口琴、手風琴）、泰雅族的口簧琴，雖然外型和用途不同，但它們的發聲原理相同，都是利用一片有彈性的「簧片」來發出聲音。當氣流通過或用力撥動簧片時，簧片會因為彈性而快速來回震動，產生聲波。

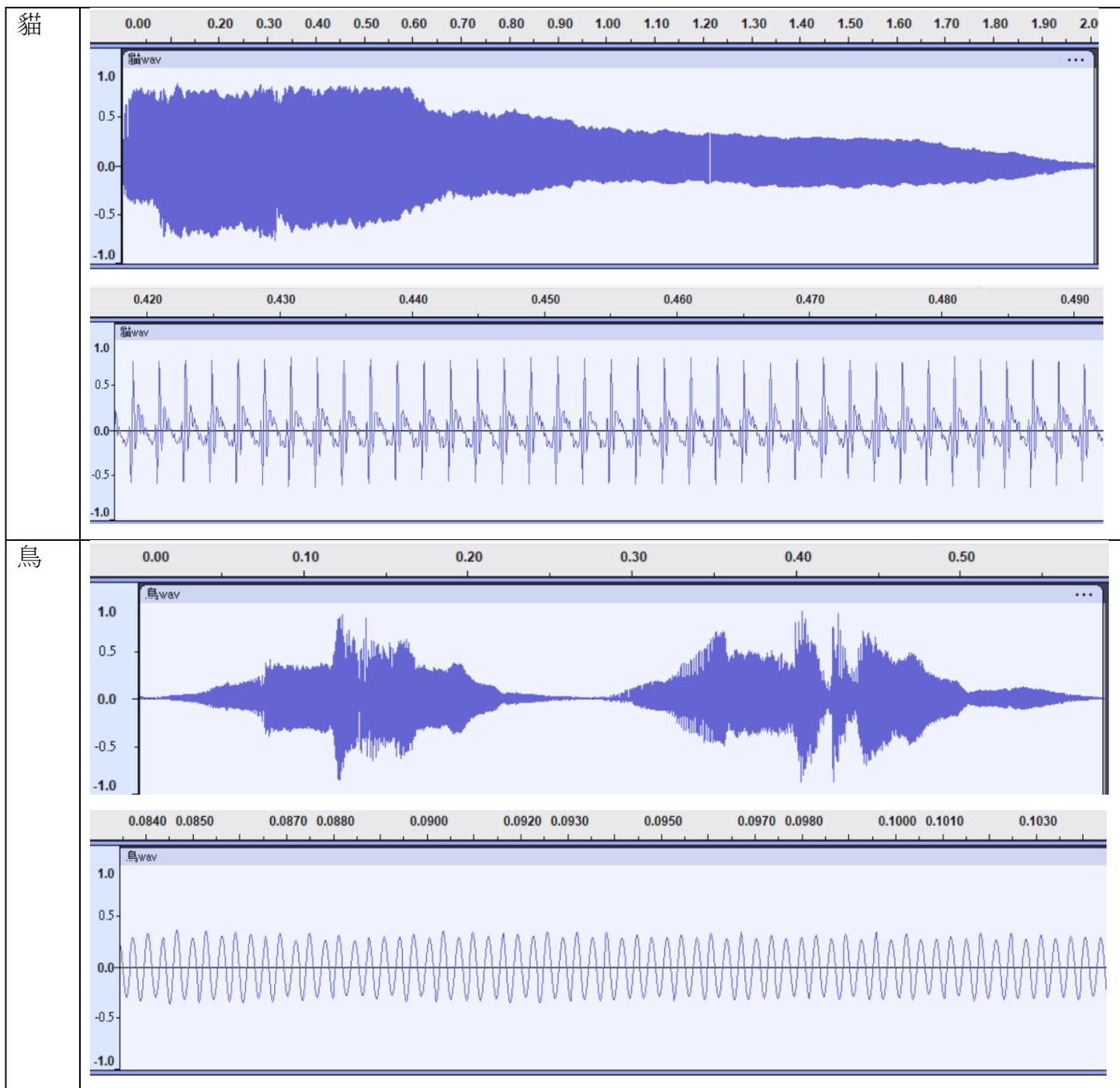


## 研究二：比較不同動物叫聲玩具的聲音差別

此研究的「牛叫罐頭」玩具，會發出像牛、羊、貓、鳥等動物的聲音，這些聲音聽起來各有不同。但這些聲音有甚麼差別呢？本研究使用 Audacity 軟體分析所錄下怪叫罐的聲音，並透過波形圖、頻譜圖與頻率分析進行比較，找出不同動物聲音在音量變化（波形）、音高（主頻率）與音色（頻譜分布）上的差異，了解這些聲音背後的物理特徵。以下是不同聲音的各種分析資料：

### 一、波形圖分析與比較

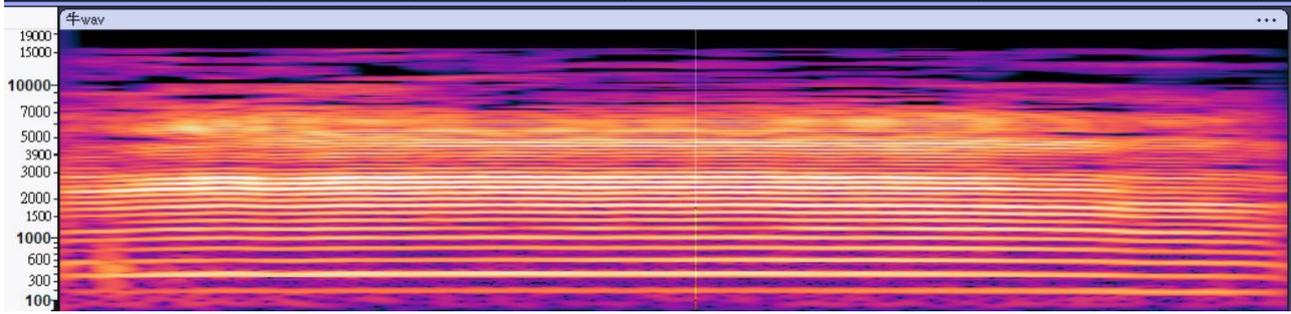
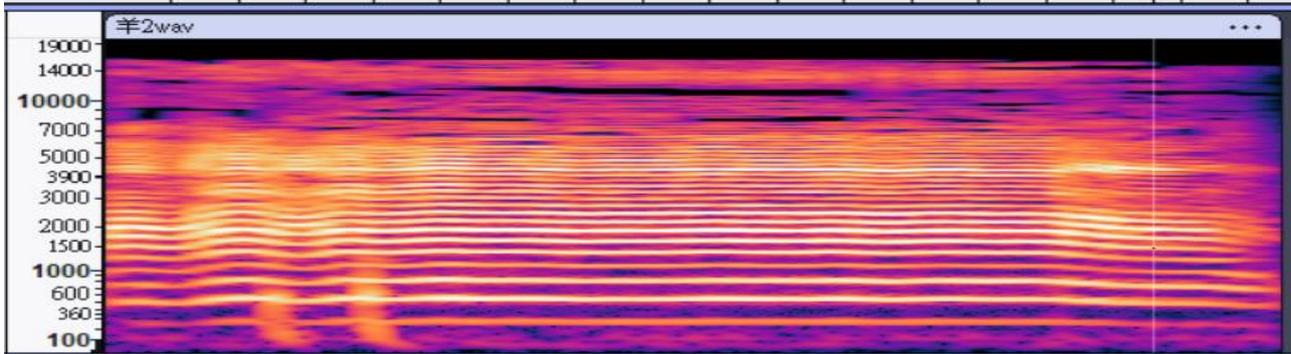
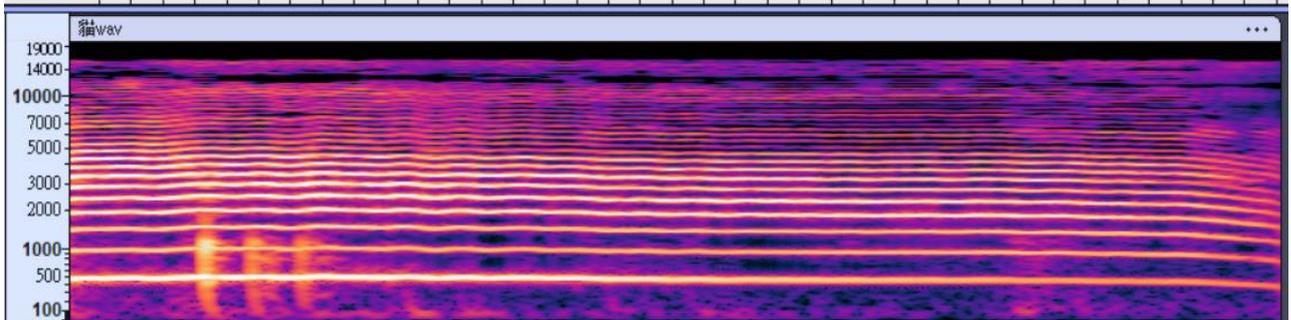
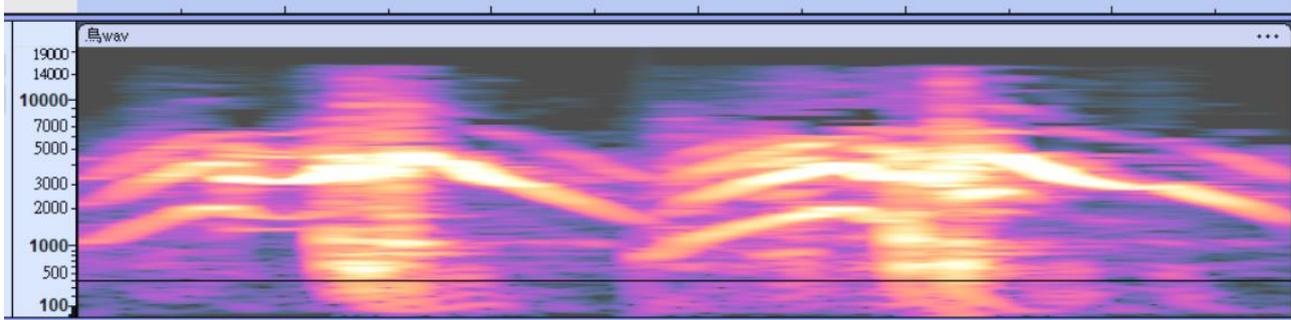
動物聲音	波形圖
牛	
羊	



各聲音波形圖分析整理

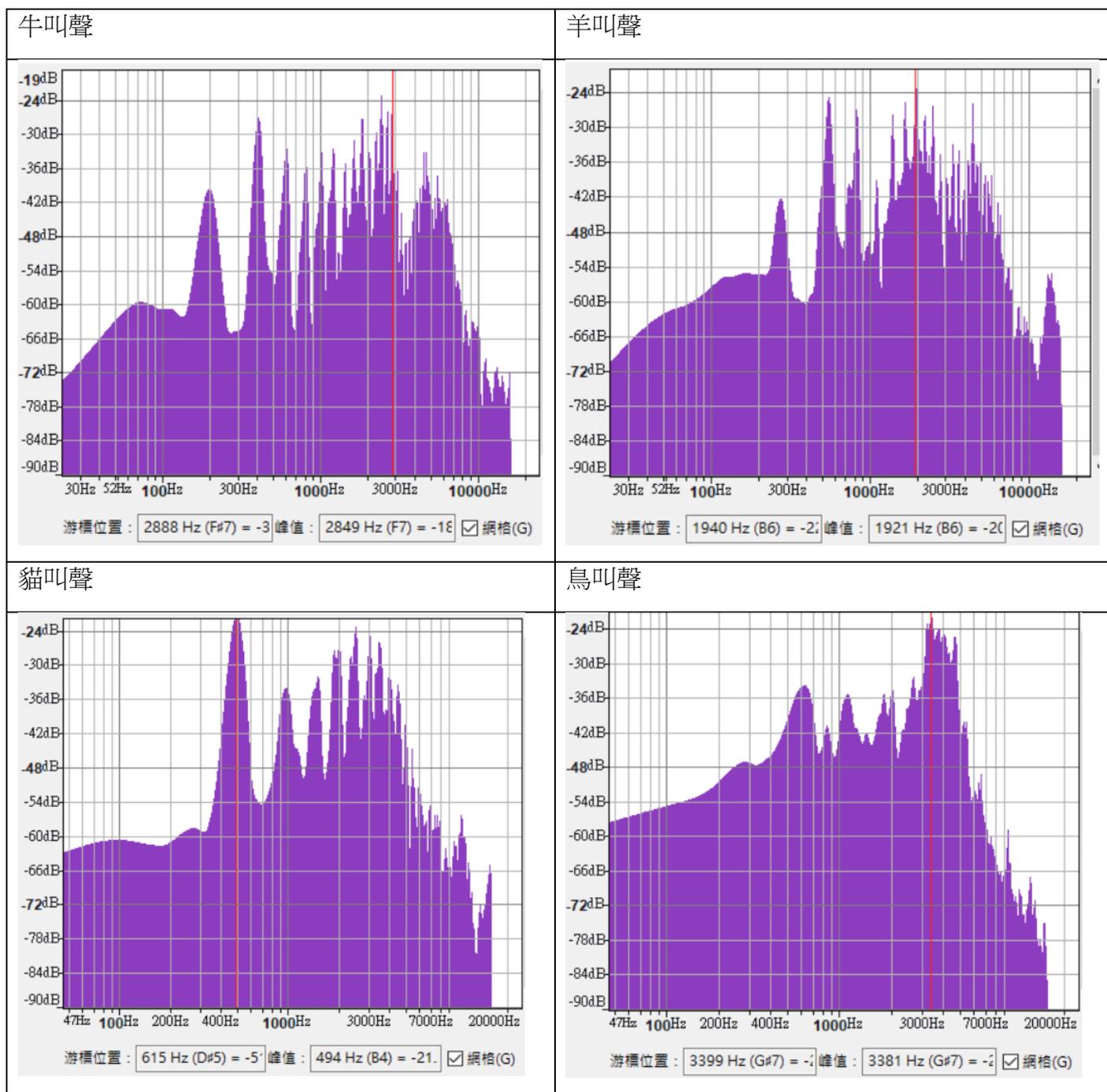
聲音名稱	音量變化	波形特徵	整體感覺
牛叫聲	音量漸強後又漸弱，呈現圓弧形變化。	震動規律，波形對稱整齊，顯示聲音穩定、低沉。	聲音厚實平穩，具有良好的共鳴感。
羊叫聲	音量在中段略為增強後減弱，變化較快。	波形較短促、不對稱，振幅起伏明顯。	聲音稍短促、有節奏感，可能帶有顫抖感。
貓叫聲	開頭立即達最大音量，之後緩慢減弱。	振幅密集且持續時間長，波形略為混亂。	聲音尖銳、有力，且較持久，音色複雜。
鳥叫聲	兩段聲音分開出現，每段都有突然增強的尖峰。	波形不規則，出現尖銳峰值，間隔清楚。	聲音短促、清脆，有跳躍感，像鳥鳴。

## 二、頻譜圖分析與比較

動物聲音	頻譜圖
牛	
羊	
貓	
鳥	

我們把動物的聲音做成「頻譜圖」，就像是聲音的彩色照片，可以看到聲音裡有多少高音和低音。牛的聲音比較低，就像沉沉的嗓音，圖上大多集中在下面。羊的聲音有點高，還有一點顫抖，所以圖上有上下跳動的線條。貓的聲音比較尖，叫得長又清楚，圖上出現很多緊密的線條。鳥的聲音最高，像在唱歌一樣跳來跳去，圖上像彩色波浪，上上下下變化很快。從這些圖，我們可以「看」出每種聲音的特別地方，真的很有趣！

# 描繪頻譜圖



頻譜圖的分析整理

聲音名稱	常出現的音高範圍	頻譜特徵	簡單說明
牛叫聲	100Hz~5000Hz	頻率層層堆疊、整齊排列	聲音比較低沉又穩定，有很多層聲音像「共鳴」一樣，一層層地傳出來。
羊叫聲	200Hz~6000Hz	頻率分布較多變、上下交錯	聲音中等偏高，有點顫抖，聲音變化較快，看起來比較亂。
貓叫聲	200Hz~7000Hz	有明顯的直線條、頻率密集	聲音尖銳又清楚，尾音長，像是很用力地叫，聲音拉得長長的。
鳥叫聲	1000Hz~12000Hz	頻率像波浪一樣上下起伏	聲音很高又跳動，像在唱歌，聲音變化快，會一下高一下低。

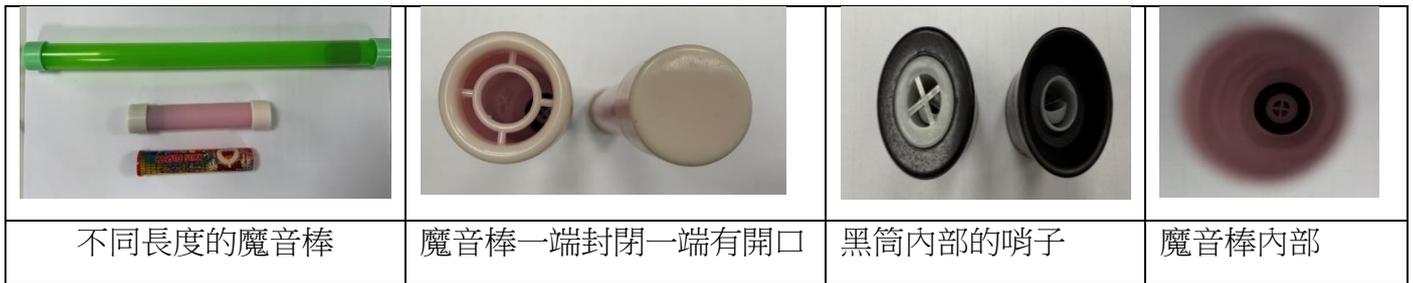
### 研究三：為什麼有不同的動物叫聲?和怪叫罐的構造有關嗎?

動物名稱	主要震動部位正反面	發聲構造差異說明	聲音特徵
牛叫聲	  <p>原有覆蓋石蠟紙</p>	直徑 5.3cm。氣流經過簧片(塑膠製,如下圖)後會在管道(原有一層類似石蠟紙的東西蓋在上方)中形成共振。牛叫聲的玩具在正反兩層皆有管道。 	聲音特徵：低沉、穩定、有共鳴感，波形對稱，音量漸強漸弱。 頻率範圍：以中低頻為主。
羊叫聲	 	直徑 5.3cm。羊叫聲的玩具正面和牛的一樣，但反面僅有水泥，亦即管道長度為牛的一半。	聲音特徵：中等偏高、短促、有些顫抖感。 頻率範圍：約 200~5000Hz，變化較快。
貓叫聲	 	直徑 5.3cm。簧片為銅片，地下的氣流管道為鐵製(如右圖)。貓叫聲的玩具整個都是水泥製，沒有牛或羊的那種管道。 	聲音特徵：尖銳、有力，音尾長，波形規律。 頻率範圍：中高頻為主。
鳥叫聲	 	直徑 4.7cm。鳥叫聲玩具都為水泥製，沒有震動的簧片，中間金屬的部分很像口哨糖(如右圖)的構造。鳥叫聲玩具正反翻轉都會產生聲音。但其他三種動物聲音都只有在倒放時產生聲音。 	聲音特徵：最高音，聲音像在「唱歌」，頻率變化快。 頻率範圍：約 2000~10000Hz，尖銳且跳動。

從上表的整理發現牛叫聲構造複雜、因為有兩圈共鳴管道，讓聲音聽起來厚實又穩定。而羊叫聲構造簡化，讓聲音較尖銳、短促，缺少牛的厚實感。貓叫聲則是使用金屬震動片，讓聲音聽起來尖銳又清晰。鳥叫聲像笛子的結構讓聲音變成高音又跳動，跟其他動物構造差最多。所以聲音的高低和長短，會因為玩具裡的震動材料、管道形狀和共鳴構造不同而改變，構造越複雜，聲音通常越穩定或有層次。

## 研究四：魔音棒的發聲方式和原理？

我們拆開不同長度的魔音棒，發現裡面的構造都是一樣，就是一個黑色的短筒，裡面有像牛叫罐頭上的震動簧片一樣的哨子。



實驗與觀察結果:

1.魔音棒是利用翻轉時，黑筒子產生重力向下滑動，促使下方空氣產生氣流，讓筒內的簧片震動產生聲波，並在管子內形成共鳴。同樣的再翻轉過來就會持續產生聲音。

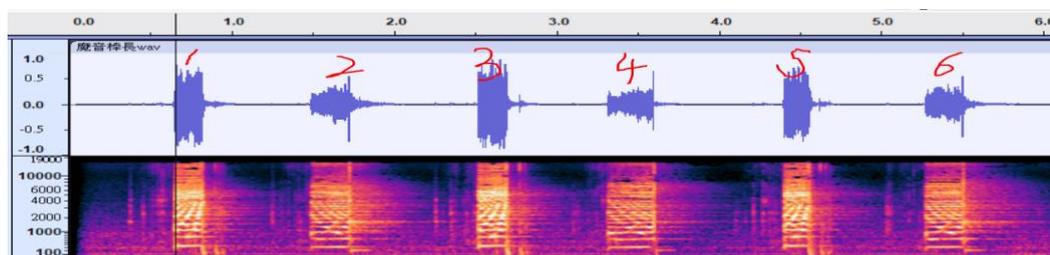
2.為了讓氣流能集中通過簧片，所以魔音棒的直徑要和黑筒直徑差不多，這樣氣流才不會往旁邊散去。另外利用魔音棒和黑筒間的摩擦力，讓黑筒可以緩慢向下滑動，產生持續的音效。

3.如果將魔音棒的兩端變成都封閉，或是兩端都換成有開口的蓋子，魔音棒都不會發出聲音。我們認為魔音棒會發出聲音，是因為裡面的空氣在震動，就像在唱歌一樣。如果魔音棒一邊是開的、一邊是封住的，空氣就能在裡面來回彈跳，產生共鳴，讓我們聽到聲音。但是如果兩邊都是開的，聲音會跑掉；如果兩邊都封住，聲音被困在裡面，出不來。這樣一來，我們就聽不到聲音了。

4.利用 Audacity 分析魔音棒發出的聲音:

(1)聲音波形與頻譜圖

此為魔音棒來回翻轉三次的聲音波形，第 1、3、5 段為黑筒由密閉端滑向開口端，第 2、4、6 段則為開口端滑向密閉端。從波形圖可以清楚地顯示出第 1、3、5 段聲音比較大，而第 2、4、6 段聲音較小。我們認為是當魔音棒裡的黑筒從「關起來的那端」滑向「開口那端」時，聲音會比較大聲，因為空氣可以好好震動，把聲音傳出來。但如果黑筒從「開口」滑回「封住的地方」，聲音就比較小，因為聲音比較不容易跑出來。



## 研究五：長短魔音管發出的聲音有甚麼不一樣？



我們將圖中三種長度的魔音管，分別錄下其發出的聲音，因為三種管子都有開放端和密閉端，為了分析兩種滑動方式的聲音有沒有不同，所以我們特別註記了兩種滑動方式的音訊。並用 audacity 軟體分析聲音的音量大小、頻率及音色等，希望可以發現三種長度的魔音管發出的聲音有甚麼不一樣。

魔音管	整段音訊波形和頻譜圖	密閉端滑向開放端	開放端滑向密閉端
長			
中			
短			

### 分析與發現

1. 長的魔音棒聲音最低沉，中等的聲音適中，短的聲音最尖銳，因為棒子越長，空氣震動越慢，聲音就越低。
2. 三支魔音棒在滑動時，如果是從密閉端滑向開放端，聲音會比較大聲清楚；反過來滑，聲音會小聲悶悶的，這是因為聲波比較容易從開口端跑出來。
3. 長魔音棒的聲音聽起來厚實、有低頻共鳴，中魔音棒的聲音平穩自然，短魔音棒的聲音清脆、明亮，這就是每支棒子的「音色」不同。
4. 每支魔音棒的聲音裡都有一條一條的聲音線條，我們叫它「諧波」，這些諧波讓聲音更有層次，不會只有單一聲音。

## 肆、 結論

- 一、牛叫罐頭與魔音棒的聲音，都是利用「沒有電」的物理方式發出來的，主要依靠震動簧片、氣流通道與共鳴腔體產生聲響。
- 二、不同動物聲音的怪叫罐其構造不同，導致聲音的音高、音量與音色各異。例如牛叫聲穩定厚實、貓叫聲尖銳長音、鳥叫聲高頻跳動。
- 三、動物聲音的主要差異與震動部位、氣流通道長度、材料構成密切相關，例如簧片材質（金屬或塑膠）、管道長短、是否有共鳴空間等。
- 四、魔音棒的長度會影響音高：越長的聲音越低，越短的聲音越高，符合聲音「共鳴管長度與頻率」的物理原理。
- 五、魔音棒的滑動方向會影響音量與清晰度，從密閉端滑向開放端聲音較大；反方向則聲音較小，說明聲波傳出的方向性差異。

## 伍、 參考文獻資料

- Story a.、徐月珠（2022）。科學實驗王 第二部 2：光與聲音的傳播。三采文化股份有限公司。
- 阿諾、尼克（著）、陳俐民（譯）。（2020）。神奇酷科學 9：驚天動地的聲音。小天下出版。
- 倫敦科學博物館（著）、王季蘭（譯）。（2017）。科學家的紙上實驗室。小天下出版。
- 許良榮（主編）。（2016）。玩出創意：120 個創新科學遊戲。五南圖書出版股份有限公司。