

OAC-113-023（研究報告）

海洋動態仿生機構教具設計

（成果報告）

海洋委員會補助研究

中華民國 113 年 8 月

「本研究報告僅供海洋委員會施政參考，並不代表該會政策，該會保留採用與否之權利。」

OAC-113-023（研究報告）

海洋動態仿生機構教具設計

（成果報告）

學校：國立高雄科技大學

指導教授：龔蒂菀

學生：王子轅

研究期程：中華民國 113 年 03 月至 113 年 08 月

研究經費：新臺幣九萬五千元

海洋委員會補助研究

中華民國 113 年 8 月

「本研究報告僅供海洋委員會施政參考，並不代表該會政策，該會保留採用與否之權利。」

「本研究報告絕無侵害他人智慧財產權之情事，如有違背願自負民、刑事責任。」

目次

表次	3
圖次	4
摘要	5
第一章 前言	7
第一節 研究緣起與問題背景	7
第二節 研究目的	8
第三節 現況分析	9
第四節 研究重點	11
第五節 預期目標	12
第二章 研究方法與過程	14
第三章 結果與討論	34
第四章 結論	43
參考資料	44

表 次

表 2-1 現有海洋教具分析與檢討·····	14
表 2-2 現有機構玩具分析與檢討·····	15
表 2-3 鯨魚的動作分析·····	18
表 2-4 白海豚的動作分析·····	19
表 2-5 綠蠵龜的動作分析·····	20
表 2-6 動作分析草圖繪製·····	21
表 2-7 草圖繪製與介紹·····	22
表 2-8 公仔外觀設計·····	24
表 2-9 字卡上的圖片說明·····	25
表 2-10 字卡完成的樣式·····	26
表 2-11 草模成果紀錄·····	29
表 3-1 實際採訪使用之問卷題目·····	34
表 3-2 民眾給予的回饋·····	36
表 3-3 實際採訪過程·····	41

圖 次

圖 2-1 研究步驟流程圖.....	16
圖 2-2 使用 3D 軟體進行初步的機構模擬.....	23
圖 2-3 機構運轉，上方的物件產生變化.....	23
圖 2-4 初版的機構繪製與設計.....	27
圖 2-5 版本 1 的外型繪製.....	28

摘要

關鍵詞：海洋保育、氣候變遷、仿生、教具設計、多元學習、機構教學

一、研究緣起

本研究配合海委會「向海致敬」以及「多元學習課綱」的發展，傳統的海洋教具，都以卡牌、拼圖、積木為主，而本研究將設計一套有別於市面的海洋教具，並經由此教具帶領學童認識台灣海洋生物。

二、目的

希望透過本教具，激發學生認識海洋、親近海洋的主動心，並認識台灣獨特的海洋樣貌與獨一無二的海洋生物，以及在氣候變遷下的影響，提高學童保育意識。

三、研究方法及過程

透過資料收集、參考市售玩具與教具，再經圖表分析，發現市面上的相關教具缺少互動性。此乃現有教具的不足之處，為此本研究欲設計出有別於一般市售的海洋教具。透過 3D 列印、雷射切割等方式進行草模教具的實驗，已檢測其運作方式及合理性，最後製作成完整的精模，經後測檢視是否有達成激發學生認識、親近海洋的主動心等預期目標。

四、重要發現

一般市售的海洋教具，多以卡牌、拼圖、積木等靜態表現居多，操作反饋也十分有限，對於學童間的互動非常少，而在國中階段身心發展極其重要，學童傾向更具有變換化、想像力的教具。

以上述之狀況判斷，現有的海洋教具難以滿足國中階段學生的需求，甚至難以激發其主動心。故本研究欲設計之產品期望能突破現況，成為海洋教具的新選擇。

五、結論與展望

期望透過本項教具的開發與設計，啟發大眾對海洋的好奇心，並提升海洋保育的知識與意識。改變大眾對海洋未知與危險的既定認知，也鼓勵學生自發性地學習更多相關知識並身體力行，讓海洋得以成為我們最要好的朋友。

第一章 前 言

第一節 研究緣起與問題背景

本研究配合海委會於 109 年發布《國家海洋政策白皮書》，並推出「向海致敬」政策，以「開放、透明、服務、教育及責任」為主軸，推動「淨海（清淨海洋）、知海（知道海洋）、近海（親近海洋）及進海（進入海洋）」4 大內涵工作，鼓勵人民親近海洋、向海學習以及於 108 年多元學習課綱鼓勵學生多元探索、跨域學習，並透過素養導向增進知識活用與實踐的能力。本研究將分析市面上的教具，並比較差異，最後選擇海洋生物與機械結構結合，並融入獨特以及氣候變遷影響下首當其衝的海洋生物作為主角，諸如：藍鯨、白海豚、綠蠵龜等等，設計一系列以海洋生物為題的教具，並透過遊玩此教具達到寓教於樂，認識海洋、親近海洋的目標。

配合多元學習課綱，以機械原理的方式，讓學生透過自由探索與組裝機構，了解日常生活中各種器械的運作方式及應用。海洋被認為是萬物的起源，擁有世界上最為豐富的生態，並佔據 71% 的地球表面，是地球上非常重要的資源，然而大眾總認為資源無限，便無限地掠奪海洋資源。

近年，研究指出海洋是影響氣候變遷的最大因素，透過海洋動物與藻類進行的呼吸作用與光合作用，將二氧化碳在大氣與海洋間進行轉換，而台灣是個四面環海的海島國家，擁有世界上獨一無二的海洋生態與生物，但台灣人對於海洋知識卻是一問三不知。綜上所述，本研究欲設計以認識台灣周遭海洋生物為主，機構組裝為輔的教具，以達到吸引大眾主動認識海洋生態的知識，刺激學生的好奇心，讓學生關注海洋議題。

第二節 研究目的

綜合上述，本研究將國中與高中階段的學生訂定為主要設計對象，並將教具拆分為兩大教育層面，分別為淺層教育與深層教育。首先，是針對國中學生的淺層教育階段，透過字卡與老師的引導與認識，將教育的重心放在認識海洋動物、親近海洋、接觸海洋，將海洋的情境轉移到學生面前，讓身處四面環海的台灣學生，認識眾多獨一無二的生物，能夠感受海洋距離自己並不遙遠也不陌生，做到傳遞知識並激發好奇心的作用。其次，深層教育階段則是針對高中學生，將教育的重心深入為，理解本研究選擇的海洋生物面臨的困境與如何幫助海洋動物們，例如：藍鯨能夠儲存大量的碳避免地球暖化、海洋廢棄物與人為開發，導致台灣白海豚成為瀕絕物種，氣候變遷導致綠蠵龜性別逐漸剩下母的。

經由此教具在學程上的輔助，讓學生對海洋有更多的認知，並了解這些海洋生物所面臨的困境，促使學生更加珍惜海洋資源及保育。同時，也鼓勵學生自發性得學習更多相關知識並身體力行，讓海洋得以成為我們最要好的朋友。而透過自組的機械結構，如：齒輪、連桿機構、凸輪、鍊輪等等，能夠組合出多元運轉方式的機構，讓學生了解機構的變化、組合與運作，強化學生跨領域的知識活用、實作能力及實踐能力，讓學生能夠接觸平常只能看到卻不能觸碰的機構。

預期過這項教具的開發與設計，吸引大眾對海洋的好奇心，並提升海洋保育的知識。同時，改變大眾對海洋未知與危險的既定認知，讓海洋不再是最熟悉的陌生人。本教具透過機械結構的運動，以及模組化的零件，實現海洋生物的運動型態，經由自行組裝的方式，得以將整個海洋生態搬上教學場域，讓各方學子能夠對海洋生態有更進一步的認識。運用簡單的機械結構及原理，讓學生透過自行摸索組合產生的結果，藉此刺激學生的好奇心，並啟發將不同的機構組合應用在日常生活中，甚至創造更多天馬行空的組合，讓學生在學習之餘，也能將成果應用在不同的領域。

第三節 現況分析

台灣的海洋教育雖然有顯著成效，但仍存在一些不足之處。首先，教育資源和設備在偏鄉地區較為匱乏，導致教育機會的不均衡。其次，教師對海洋科學的專業知識和教學方法有待提升。此外，課程設計和教學內容需要更加系統化和標準化，以便全面覆蓋海洋教育的各個方面。最後，社會和政府對海洋教育的重視程度還需進一步提高，以確保資源的持續投入和政策的長期支持。

本研究想透過這項教具，以寓教育樂的方式，引導並激發大眾對海洋環境保護以及海洋動物等相關議題的關心。根據本研究分析先前所收集的資料，並整理出所面臨之困難點，總結出以下 4 項：

一、教具的難度

透過收集資料與閱讀文章，發現要自由度較高的教具或是玩具，勢必要學員本身有強烈的學習動機，因主要的受眾為大眾，考量到對於機構的專業程度相對的低，所以機構的零件拼裝的透過造型的簡化以及減少組裝的零件數量來達到，另大眾容易上手的程度。

二、機構運作的誤差

原先透過 3D 軟體計算模型，並將模型透過 3D 列印與雷切的技術製作而成的草模，因技術上本身難以考量到全面(材料變形、強度等等)，實際製作出來的 3D 列印與雷切產生的誤差，令草模的機構在運作時產生了變形、干涉以及破損的現象。接著預期透過現有的草模，整理出原先失策的部分，透過人工方式修正再重新製作一份更為精準的模型。

三、海洋生物的動作的模擬困難

通過分析現實海洋生物的動作來設計教具中的機構。雖然實際上無法完全模仿現實生物的動作，但已經成功地利用簡化的機構原理達到了類似的動作效果。這樣的設計可以讓學生更好地理解海洋生物的運動特性，並激發他們對於海洋生態的興趣和認識。

四、外型改良

先前階段主要針對海洋生物與機構的部分進行設計，而在後續階段則是改良，如何方便組裝、教具外型的優化做了重新的構思。期間本研究思考，如何作為教育又能夠展示，並參考了日常家電，進行外型設計。

第四節 研究重點

本研究的重點在於針對國中和高中學生設計的海洋教育教具。國中階段的淺層教育主要透過字卡和老師引導，讓學生認識海洋動物並激發好奇心。高中階段的深層教育則著重於理解海洋生物面臨的困境及保育方法。教具包含自組的機械結構，讓學生了解機構運作並強化跨領域知識和實作能力。預期這些教具能提升學生對海洋保育的知識，改變對海洋的認知，並激發創造力。

一、淺層教育階段

著重於通過字卡、老師引導等方式，讓學生認識海洋生物、親近海洋，並將海洋生物的情境帶入他們的學習中。這階段旨在激發學生的好奇心，讓他們意識到身處於海洋環境中的重要性，並建立對海洋生物的基本認知。

二、深層教育階段

則進一步深入探討海洋生物所面臨的挑戰，例如氣候變遷、海洋污染等，以及這些問題如何影響海洋生態系統和生物多樣性。此階段的目標是提升學生對海洋保育議題的理解，並鼓勵他們主動學習和實踐保育行動。

三、激發學生好奇心

通過自主學習和組裝機構的方式，激發學生的好奇心和創造力，並鼓勵他們將所學應用於日常生活或創新領域中。這不僅限於理論性的學習，更包括實際的應用和解決問題的能力培養。

第五節 預期目標

本研究的預期目標是通過設計和實施這些教具，改善大眾對海洋的認知，特別是讓偏鄉孩童能夠更深入地了解海洋。此教具預期在以下 5 方面取得顯著成效：

一、提升學生的海洋知識

透過多樣化的教具和互動教學方式，學生將對海洋生態系統和生物多樣性有更深入的了解。他們將學習到海洋生物的基本知識，了解海洋環境的現狀和面臨的挑戰，從而在知識層面上提升對海洋的認識。

二、培養環保意識和責任感

在深入了解海洋生物面臨的困境後，學生將更加重視環境保護，並在日常生活中實踐保護海洋的行動。這種教育方式不僅能夠培養學生的環保意識，還能增強他們的社會責任感，促使他們積極參與到海洋保育的實際行動中。

三、促進創新思維和實踐能力

自組機械結構的設計和操作，將幫助學生培養跨領域的知識活用能力。通過組裝和操作各種機構，學生不僅能夠理解機械原理，還能在實踐中發揮創造力，嘗試不同的組合和應用，從而提升問題解決能力和實踐能力。

四、縮小城鄉教育差距

特別針對偏鄉地區設計的教具，將有助於縮小城鄉教育資源的不均衡。通過這些教具的普及和使用，偏鄉學生將有機會接觸到優質的海洋教育資源，從而提升他們的學習興趣和成效，進一步縮小與城市學生之間的教育差距。

五、改變對海洋的既定認知

這些教具預期將改變大眾對海洋未知與危險的既定認知。透過實際的觀察和操作，學生將認識到海洋的多樣性和重要性，從而改變對海洋的恐懼和疏遠感。這種認知上的改變，將有助於提升大眾對海洋保護的關注和參與度。

總而言之，本研究期望通過這些教具的開發與設計，不僅吸引大眾對海洋的好奇心，提升海洋保育的知識，還能讓各方學子對海洋生態有更進一步的認識，最終實現

海洋教育的全面普及和深入推廣。這些教具將在知識傳遞、環保意識培養、創新思維激發和教育公平等方面發揮重要作用，為台灣的海洋教育事業做出積極貢獻。

第二章 研究方法與過程

本研究針對市面上不同教學性質的產品進行檢討並分析其缺點，透過表 3-1 的比較與分析，發現市面上的海洋主題的教育玩具，都以透過卡牌或是積木的方式進行遊玩居多，相對呆板、乏味，缺乏教育課綱提及的多元探索以及手作的執行能力，而機構玩具擁有較高的想像力與自由度，能夠使孩童自行摸索與拼裝想像或現有的生物、情境等。

本計畫預期將兩種主題的教具玩具，合併成一項海洋教具，經由孩童自行拼裝並且能夠看見海洋動物在的海洋中悠游的情境。

表 2-1 現有海洋教具分析與檢討

名稱	海底世界積木套裝	海洋大堡礁疊疊樂	CAROTINA 益智教具海洋動物	哈福玩具—海洋系列
圖示				
材質	塑膠	木材	塑膠、耐磨紙板	塑膠、珍珠板
教學目的	以積木的方式組裝海洋，認識海洋動物，吸引孩子的學習樂趣、激發學習動機、打造自己的海洋世界。	透過排列、堆疊不同物種的積木，訓練孩子認識海洋生物與手部肌肉及體驗平衡原理。	透過豐富色彩的拼圖，訓練孩童手眼協調，並且在拼接過程中，認識海洋生物。	透過組裝場景組合，以及能夠拆解的海洋動物與有趣的外型配合字卡認識海洋動物。
特性	自由度高、變化性很多、零件多。	簡易遊玩、教育目的明確、玩法單一。	方便收納、簡易遊玩、玩法單一。	能夠做為擺飾、公仔可以獨立把玩、玩法單一。
來源	SHEIN 官網 https://is.gd/yEiSCM	博客來官網 https://shorturl.at/ejzs2	懂寶官網 https://shorturl.at/J08So	LALABABY 官網 https://shorturl.at/EALGQ

資料來源：本研究彙整

表 2-2 現有機構玩具分析與檢討

名稱	GBTimberkits	Ugears	ABONG	Hape
圖示				
教學目的	透過有趣的情境，配上機構的組裝，令孩童訓練手部以及組裝的概念。	選用酷炫的神話生物，配合故事，並透過自行組裝，完成龐大且複雜的機構玩具。	從生物的肌肉與運動方式設計而成，並學習動物的運動方式，運作起來有豐富的視覺效果。	透過鮮豔的色彩區隔零件，高自由度的拼裝情境，且無刻意的目的性，刺激孩童想像力，配上印刷許多可愛的外星生物，令玩具更有生命。
特性	自行組裝、零件簡單、每個零件差異大。	自行組裝、零件較多、零件差異小、相對複雜。	自行組裝、肌肉運動仿生、相對複雜。	自行拼組、高自由度、相對簡單、無指定拼裝的樣式或目的。
來源	GBTimberkits 官網 https://shorturl.at/WUTH7	CUBICO 官網 https://shorturl.at/DU5oa	亞馬遜官網 https://is.gd/MD38m5	親子天下官網 https://is.gd/u1EXIy

資料來源：本研究彙整

本設計以海洋生物為主軸，並結合機械原理。透過字卡與精美的海洋生物模型，不但可以教授學生海洋相關的知識，同時在機械原理的實際運作下，更能生動得表達海洋生態樣貌。在教學時，不但可以促進師生的互動，更能使學生有自主性地吸收相關知識。故本設計旨在設計出具有高自由度、可任意拼裝的海洋生態教具，讓學生能對海洋有更多的認知，且熱衷於課堂的互動。

在資料蒐集方面，先透過觀察海洋生物紀錄片的方式，分析各種海洋生物獨特的運動型態、習性及特徵。其次，從筆記中提取紀錄的素材後，將海洋生物的運動方式及軌跡逐一拆解，再透過現有的機構設計進行參考與結合。最後利用建模軟體模擬作品，將海洋動物與機構合併起來運作，並預先使用手作、雷射切割、光固化列印進行草模的製作與機構運作，因為電腦模擬部分有限，故透過草模的方式，藉此驗證及修改設計的細節，進而描繪出不同海洋獨特的面貌。最後，將以實際量產為目標，故挑選木頭、3D 列印、金屬等複合媒材的方式呈現出本作品的最終樣貌。

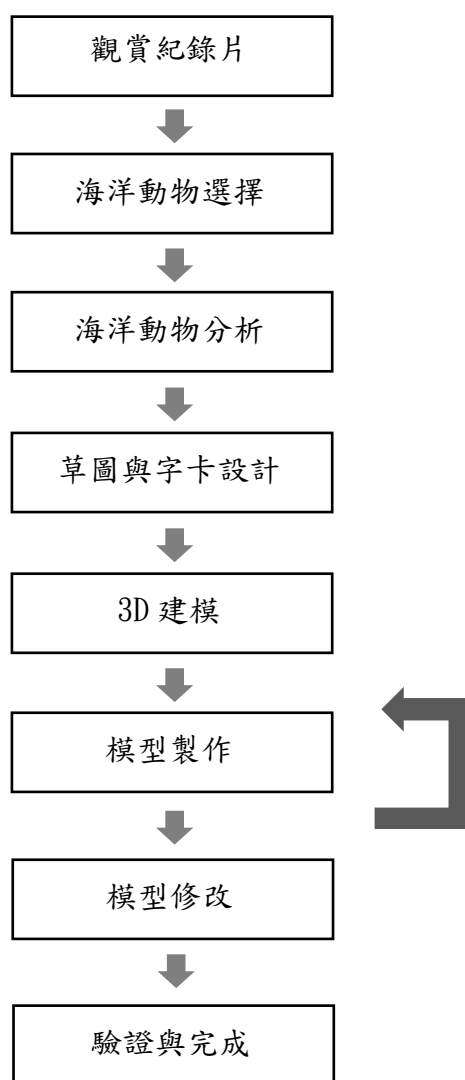


圖 2-1 研究步驟流程圖

資料來源：本研究繪製

一、觀賞紀錄片

根據動物星球頻道、國家地理頻道、瘋狂生物中文頻道、Scenic Relaxation 頻道，上述紀錄片團隊透過富有知識性的解說與田野調查的方式，與海洋生物共同生活許久的時間，期間不斷紀錄、採樣生物排遺的行為再透過研究向觀眾解說這些海洋生物獨特的行為與原因，讓本研究能更深入了解海洋議題。

二、海洋動物選擇

本研究採用在氣候變遷影響下最直接的物種族群，且在台灣獨特的海洋環境中能夠見識、接觸到的物種進行延伸。

(一)藍鯨

近年科學家發現，藍鯨在深海覓食，回到水面呼吸和排便。牠們的糞便富含鐵礦物，為浮游植物創造了非常合適的生長條件。浮游植物對地球大氣有著巨大影響，它們處理了地球上約 40% 的二氧化碳，是亞馬遜雨林處理能力的四倍。而鯨魚死亡後會沉到海底，儲存在鯨魚龐大身體中的碳從表層海水轉移到深海，並在那裏保存幾個世紀，甚至更久。所以，人們將鯨魚趕盡殺絕，將會導致大量的碳無法經由上述的自然生物過程進行處理，導致氣候變遷急遽升溫。

(二)台灣白海豚

已被 IUCN 列為瀕危族群的台灣西海岸中華白海豚，同時也是台灣野生動物保育法保育的一級瀕危海洋生物，因為白海豚所生活的海域與人類漁業活動非常接近，所以多年來，「漁業活動」一直是白海豚的一大威脅。雖然並不是獵殺的直接威脅，但其間接產生的船舶噪音污染、漁具影響。船舶所致的水下噪音污染會造成白海豚的行為異常，而漁具纏繞更是使白海豚活動受傷甚至喪命的潛在殺手。

(三)綠蠵龜

台灣是綠蠵龜重要的棲地之一，但因為人類活動、燈光光害、海岸及沙灘過度開發、海洋廢棄物污染及廢棄漁具纏繞等因素，使全球綠蠵龜族群數量減少，台灣已經把綠蠵龜列入第 1 級瀕臨絕種野生動物。綠蠵龜因氣候變遷造成的海流變化及海水溫度升高，如今需要花費更多的體力，比十年前須多游兩倍遠的距離才能到達覓食區，這不僅造成下個季節的產卵數量減少，也將影響之後的族群數量。海龜在

法屬圭亞那海灘上產卵的數量，已比 1990 年代少了 250 倍，目前每個季節不到 200 個巢，對比 1990 年代的 50,000 個巢，相去甚遠。(綠色和平，2020)

三、海洋動物分析

(一)藍鯨

表 2-3 鯨魚的動作分析

	圖片	說明	圖片來源
動作 1		鯨魚跳躍的姿態	綠色和平官網 https://is.gd/dip4xz
動作 2		鯨魚停止不動的型態	博多學問官網 https://is.gd/QJp90B
動作 3		鯨魚游泳時能夠活動的部位與習慣動作	中時新聞官網 https://is.gd/bDQNvX

資料來源：本研究彙整

根據紀錄片與參考圖片，紀錄藍鯨游泳的方式，外型特徵，鰭、背鰭、尾鰭的活動方式與節奏以及脊椎的彎曲弧度，嘴部開合的方式，進行鯨躍前的預備動作、跳躍起來的動作，諸如此類的一一寫下與繪畫記錄下來。

表 2-4 鯨魚的動作分析

(二)白海豚

根據紀錄片與參考圖片，紀錄白海豚的外型特徵，在群體活動時候、海豚的位置，鰭、背鰭、尾鰭的活動方式與游泳的型態，跳躍的方式。

表 2-4 白海豚的動作分析

	圖片	說明	圖片來源
動作 1		白海豚靜止不動	長隆動植物研創院官網 https://is.gd/mEpgn6
動作 2		白海豚開始游泳	長隆動植物研創院官網 https://is.gd/bDQNvX
動作 3		白海豚跳出水面	明報官網 https://is.gd/Cp2YPD

資料來源：本研究彙整

(三)綠蠐龜

根據紀錄片與參考圖片，紀錄綠蠐龜的外型特徵，花紋的顏色，游泳的鰭是如何運動以及捕食的動作。

表 2-5 綠蠐龜的動作分析

	圖片	說明	圖片來源
動作 1		綠蠐龜的型態與花紋	今周刊 https://is.gd/W0sc47
動作 2		綠蠐龜游泳的動作	大鵬灣觀光資訊網 https://is.gd/L00NxF

資料來源：本研究彙整

四、草圖與字卡設計

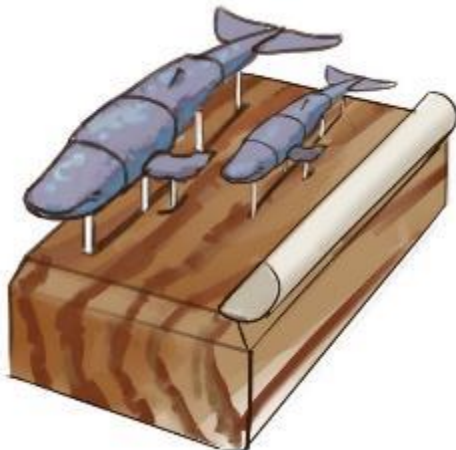
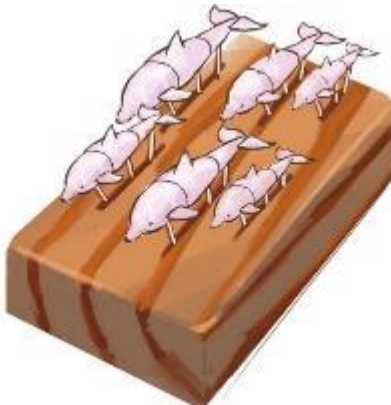
上述所收集的資料，經由本研究使用 Photoshop 進行繪製概念圖，並明確使用箭頭標示、紀錄運動方式。

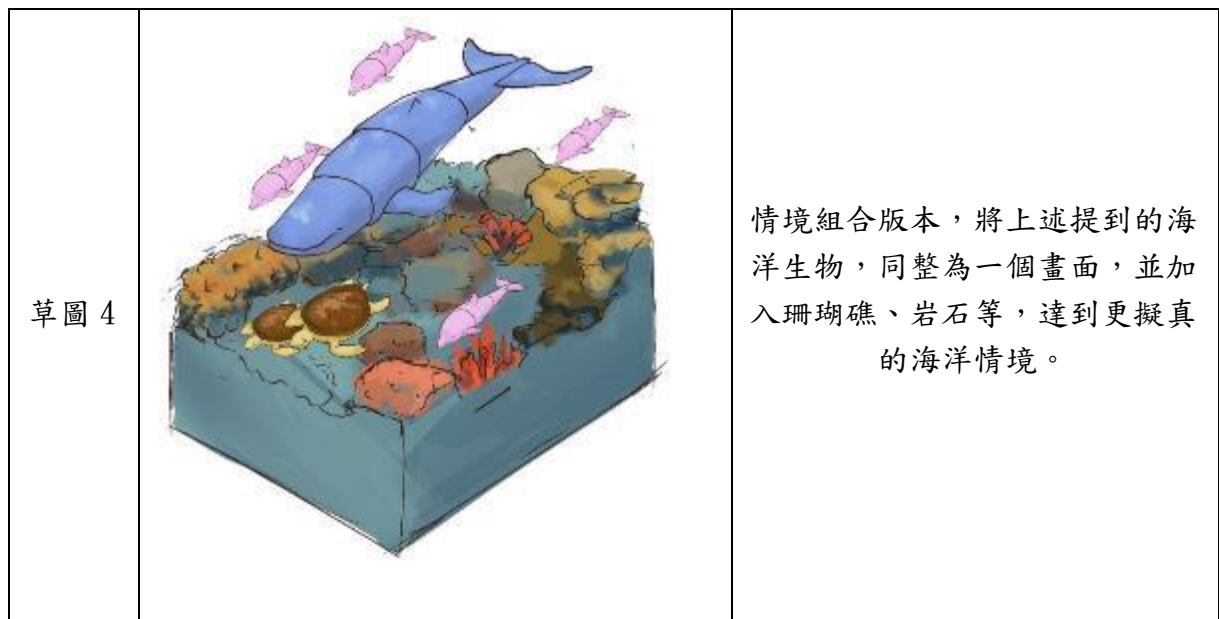
表 2-6 動作分析草圖繪製

	圖片	說明
藍鯨		鯨魚動作分解繪製
白海豚		白海豚動作分解繪製
綠蠵龜		綠蠵龜動作分解繪製

資料來源：本研究彙整

表 2-7 草圖繪製與介紹

	草圖	說明
草圖 1		鯨魚版本，著重於鯨魚本體動作表現以及如何做出鯨魚跳躍的機構
草圖 2		白海豚版本，著重於海豚群體游泳的機構與畫面
草圖 3		綠蠵龜版本，著重於綠蠵龜生活在珊瑚礁以及捕食水母的情境。



資料來源：本研究繪製

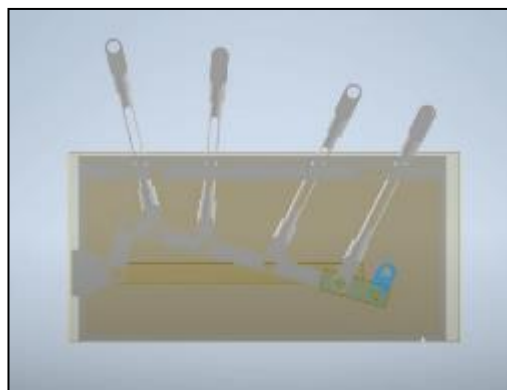


圖 2-2 使用 3D 軟體進行初步的機構模擬
(圖片來源：本研究自行繪製)

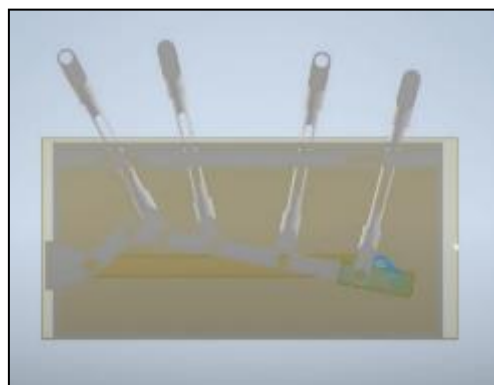
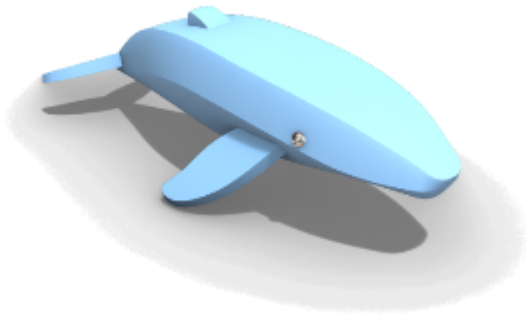
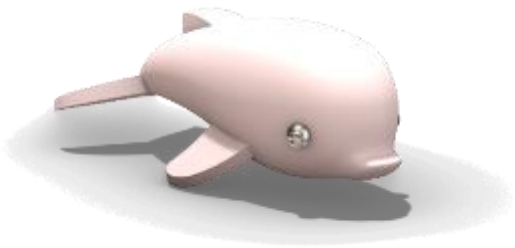
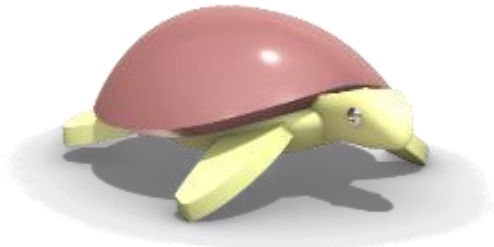


圖 2-3 機構運轉，上方的物件產生變化
(圖片來源：本研究自行繪製)

五、公仔外觀設計

本研究選擇較為可愛的風格進行海洋生物的設計，期盼能夠透過可愛的外型，令學童對海洋更好奇、更親近，同時代表著海洋生物是非常貴重且可愛的存在，人們應該更為之愛護。

表 2-8 公仔外觀設計

	圖片	說明
簡化鯨魚		本研究簡化現實世界的鯨魚，保留其特徵，並以可愛的風格呈現，且製作了可動關節配合機構。
簡化白海豚		本研究簡化現實世界的白海豚，保留其特徵，並以可愛的風格呈現
簡化綠蠵龜		本研究簡化現實世界的綠蠵龜，保留其特徵，並以可愛的風格呈現，且製作了可動關節配合機構。

資料來源：本研究繪製

根據上述設計的草圖，放入合法 AI 進行輔助設計再自行繪製修改，圖卡樣式上，選擇更接近真實並保有許多原有生物的特徵進行設計，保留該生物應有的色澤、花紋、特徵等等。

表 2-9 字卡上的圖片說明

	圖片	說明
鯨魚		簡化鯨魚本身的紋理、疣、藤壺等等，保留藍色的色彩、腹部、鰭的特徵，再來放置於字卡介紹中。
白海豚		簡化綠蠵龜本身的紋理、龜裂等等，保留棕色的色彩、龜殼、表面斑點的特徵，再來放置於字卡介紹中。
綠蠵龜		簡化白海豚本身的紋理等等，保留白色與淡淡的粉色、五官的特徵，再來放置於字卡介紹中。

資料來源：本研究繪製

表 2-10 字卡完成的樣式

	字卡呈現	說明
鯨魚字卡		透過將 Q 版的鯨魚模型與寫實的鯨魚插畫放置一起，讓學生能夠作為連接，並在右下方講解該生物。
綠蠓龜字卡		透過將 Q 版的綠蠓龜模型與寫實的綠蠓龜插畫放置一起，讓學生能夠作為連接，並在右下方講解該生物。
白海豚字卡		透過將 Q 版的白海豚模型與寫實的白海豚插畫放置一起，讓學生能夠作為連接，並在右下方講解該生物。

資料來源：本研究繪製

本研究發現市面上的海洋主題的教育玩具，都以透過卡牌或是積木的方式進行遊玩居多，而機構玩具擁有較高的想像力與自由度，能夠透過孩童自行摸索與拼裝實現已有或是孩童自行想像的生物、情境等。過程中發現，實際執行出來的草模與電腦計算之間有許多誤差，包含材料本身強度造成變形，草模運轉中的干涉。將在以下問題中更為詳細之說明。

首先，使用適合進行造型雕塑的 3D 軟體進行雕塑藍鯨、台灣白海豚、綠蠵龜的造型並進行零件的分割與薄殼。接著，用工程用 3D 建模軟體進行齒輪、連桿機構、凸輪、鍊輪、鍊條、外盒的尺寸、造型設計。再來，用機構計算軟體將上述所設計的所有零件轉為 STL 零件檔案，並匯入建模軟體中進行組合與機構模擬。最後到 3D 渲染軟體中渲染完成的模擬圖。

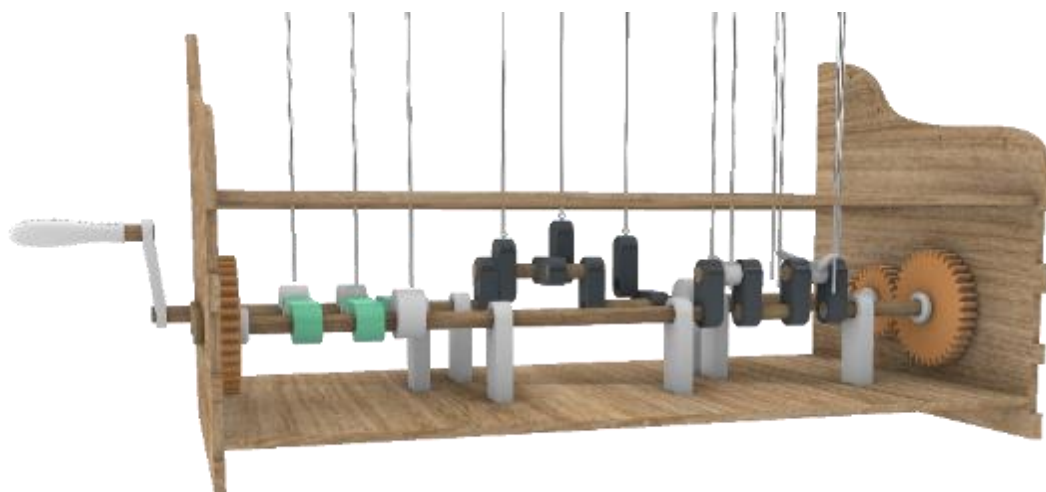


圖 2-4 初版的機構繪製與設計

資料來源：本研究繪製

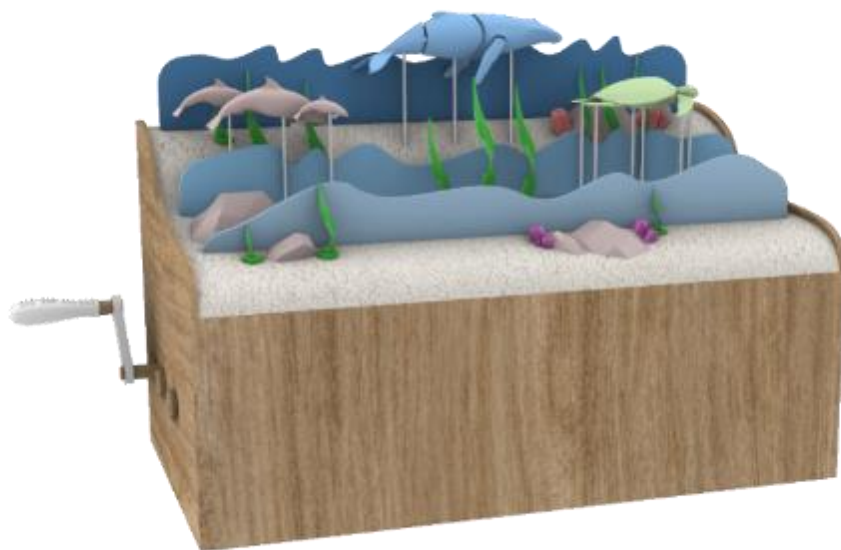


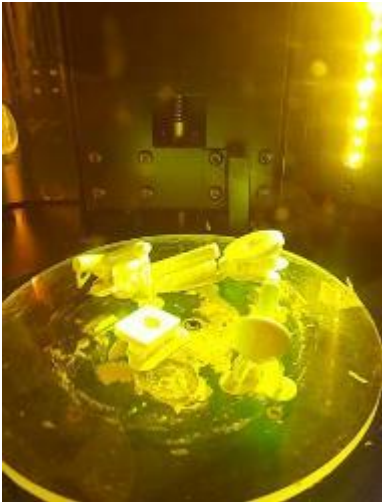
圖 2-5 版本 1 的外型繪製

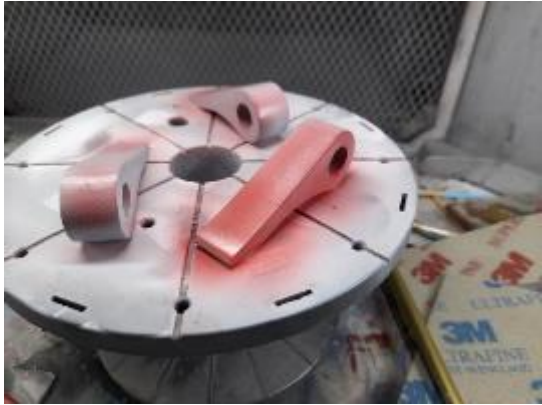
圖片來源：本研究繪製

最後透過雷射切割、3D 列印、手工製作等技術，將零件製作出來，並修整燒教面、列印紋路、毛邊、分模線。接著，進行假組作業確保零件運作正常組合以及沒有干涉或是過鬆的問題。最後，將所有零件依照砂紙#400、#600、#800、#1000 進行修邊。

表 2-11 草模成果紀錄

	過程拍攝	說明
連桿的測試		透過雷切木板測試機構的運作，
齒輪與連桿組裝		齒輪與連桿組裝的測試，並確定能否順利轉動
用來改變組裝角度的積木		透過此積木，改變零組件的高度、角度，提高變化

零件列印		3D 列印的瑕疵都需要透過打磨處理
零件固化中		3D 列印經過二次固化機器進行固化
打磨處理後，準備噴漆		準備進行噴漆的 3D 列印件

噴漆的過程		噴漆中的 3D 列印件
用來組裝零 組件的木棍		使用原木棒進行機 構的組裝，並記錄 每段尺寸
外殼測試		使用珍珠板作為初 版草模的外殼
版本 1 機構 特寫		版本 1 的機構組裝

版本 1 外觀		版本 1 草模的組裝 測試
改良的最終 版本(鯨魚)		透過前面的測試， 改良其缺點的最終 版本。
改良的最終 版本(海豚)		透過前面的測試， 改良其缺點的最終 版本。

改良的最終 版本(綠蠅 龜)		透過前面的測試， 改良其缺點的最終 版本。
-------------------------------	--	--------------------------------------

資料來源：本研究拍攝

第三章 結果與討論

本研究透過實際參與現有的活動，並透過在民眾面前講解，介紹海洋危機與海洋生物等等的知識，再經由讓民眾自行遊玩、摸索本教具，最終在透過問卷記錄每位民眾體驗後給予的反饋。

表 3-1 實際採訪使用之問卷題目

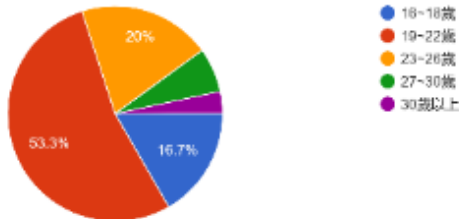
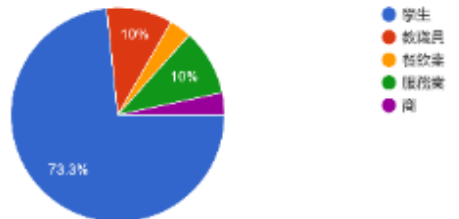
	問題	選項
題目 1	請問您的年齡？	16~18 歲
		19~22 歲
		23~26 歲
		27~30 歲
		30 歲以上
題目 2	請問您的職業？	學生
		教職員
		餐飲業
		服務業
		其他
題目 3	請問您的生理性別？	男
		女
題目 4	請問您平常是否有關注海洋議題？	有
		無
題目 5	請問您知道以下哪些海洋議題？	海廢汙染
		過度開發
		氣候變遷
		海平面上升

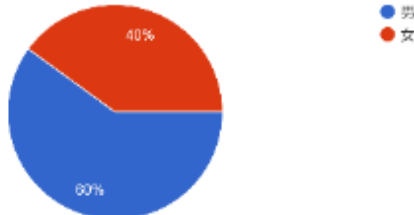
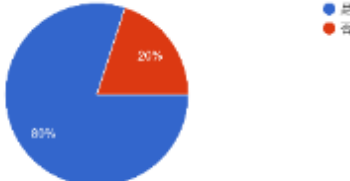
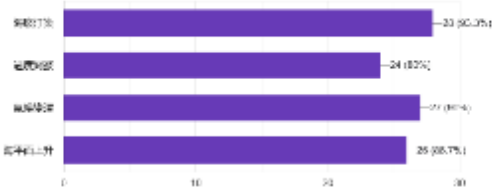
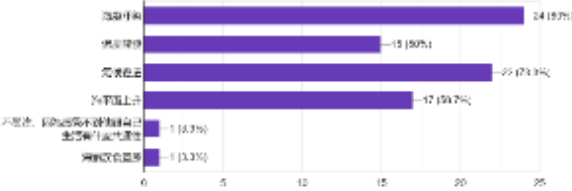
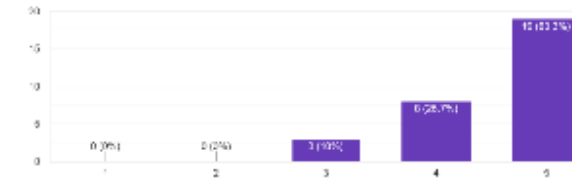
		其他
題目 6	請問您在海洋議題中，最關注哪一項議題？	海廢汙染
		過度開發
		氣候變遷
		海平面上升
		其他
題目 7	請問您對於本作品所傳達之教育內容的理解程度？	1~5 分
題目 8	請問您認同本作品之教育方式嗎？	1~5 分
題目 9	請問您對於這項教具是否能夠增進師生的課堂互動？	1~5 分
題目 10	請問您是否喜歡本作品之海洋動物的外型設計？	1~5 分
題目 11	請問您對於本作品以「台灣獨特海洋動物」的合適度？	1~5 分
題目 12	請問您對於本作品之配色的是否符合其動物的特徵？	1~5 分
題目 13	請問您最喜歡本作品的哪一個部分？	可活動機構
		具深度教育意涵
		海洋生物模型
		具展示性
		其他
題目 14	請問您最喜歡本作品的哪一個海洋生物？	鯨魚
		海豚
		綠蠵龜
		水母

題目 15	請問您對於本作品之整體評分？	1~5 分
題目 16	請問您覺得本作品是否富有教育意涵？	1~5 分
題目 17	請問您覺得本作品是否富有趣味性？	1~5 分
題目 18	在經歷講解後，是否會想將海洋議題分享給身旁親友？	1~5 分
題目 19	是否有建議或心得能提供本作品進行後續的改進？	簡答題

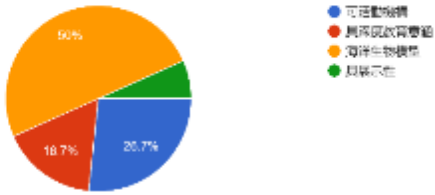
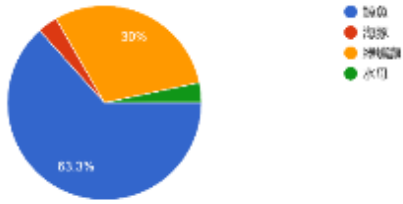
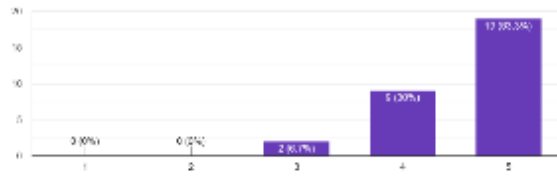
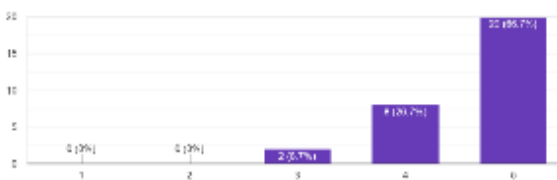
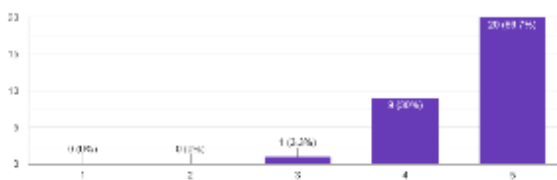
資料來源：本研究繪製

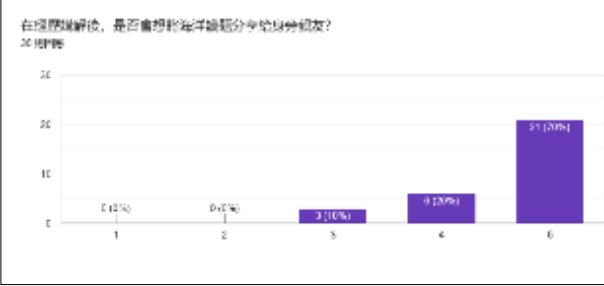
表 3-2 民眾給予的回饋

統計表	說明												
請問您的年齡 30 個回應  <table><thead><tr><th>年齡</th><th>百分比</th></tr></thead><tbody><tr><td>16~18歲</td><td>16.7%</td></tr><tr><td>19~22歲</td><td>53.3%</td></tr><tr><td>23~26歲</td><td>20%</td></tr><tr><td>27~30歲</td><td>7.3%</td></tr><tr><td>30歲以上</td><td>2.0%</td></tr></tbody></table>	年齡	百分比	16~18歲	16.7%	19~22歲	53.3%	23~26歲	20%	27~30歲	7.3%	30歲以上	2.0%	統計活動現場，因為主要是給年輕人的設計展，大多數前來參觀的都是 19~22 歲居多。
年齡	百分比												
16~18歲	16.7%												
19~22歲	53.3%												
23~26歲	20%												
27~30歲	7.3%												
30歲以上	2.0%												
請問您的職業？ 30 個回應  <table><thead><tr><th>職業</th><th>百分比</th></tr></thead><tbody><tr><td>學生</td><td>73.3%</td></tr><tr><td>教職員</td><td>10%</td></tr><tr><td>餐飲業</td><td>10%</td></tr><tr><td>服務業</td><td>5%</td></tr><tr><td>商</td><td>1.2%</td></tr></tbody></table>	職業	百分比	學生	73.3%	教職員	10%	餐飲業	10%	服務業	5%	商	1.2%	且大部分都是學生。
職業	百分比												
學生	73.3%												
教職員	10%												
餐飲業	10%												
服務業	5%												
商	1.2%												

請問您的生理性別? 30 個回應  <table><tr><th>性別</th><th>百分比</th></tr><tr><td>男</td><td>60%</td></tr><tr><td>女</td><td>40%</td></tr></table>	性別	百分比	男	60%	女	40%	其中六成為男性，四成女性。															
性別	百分比																					
男	60%																					
女	40%																					
請問您平常是否有關注海洋議題? 30 個回應  <table><tr><th>是否</th><th>百分比</th></tr><tr><td>是</td><td>80%</td></tr><tr><td>否</td><td>20%</td></tr></table>	是否	百分比	是	80%	否	20%	其中八成民眾對於海洋議題有關注的。															
是否	百分比																					
是	80%																					
否	20%																					
請問您知道以下這些海洋議題? 30 個回應  <table><tr><th>海洋議題</th><th>次數</th><th>百分比</th></tr><tr><td>廢棄物污染</td><td>23</td><td>76.7%</td></tr><tr><td>氣候變遷</td><td>24</td><td>80%</td></tr><tr><td>海洋酸化</td><td>21</td><td>70%</td></tr><tr><td>海平面上升</td><td>25</td><td>83.3%</td></tr></table>	海洋議題	次數	百分比	廢棄物污染	23	76.7%	氣候變遷	24	80%	海洋酸化	21	70%	海平面上升	25	83.3%	海洋廢棄議題是最多人知道的，其次是氣候變遷、第三則是海平面上升，最少的是海洋過度開發產生的問題。						
海洋議題	次數	百分比																				
廢棄物污染	23	76.7%																				
氣候變遷	24	80%																				
海洋酸化	21	70%																				
海平面上升	25	83.3%																				
請問您在海洋議題中，最關注那一項議題? 30 個回應  <table><tr><th>海洋議題</th><th>次數</th><th>百分比</th></tr><tr><td>海廢污染</td><td>24</td><td>80%</td></tr><tr><td>海洋酸化</td><td>15</td><td>50%</td></tr><tr><td>氣候變遷</td><td>22</td><td>73.3%</td></tr><tr><td>海平面上升</td><td>17</td><td>56.7%</td></tr><tr><td>不潔淨、惡劣的海岸線與海洋生態與自然環境</td><td>1</td><td>3.3%</td></tr><tr><td>海洋過度開發</td><td>1</td><td>3.3%</td></tr></table>	海洋議題	次數	百分比	海廢污染	24	80%	海洋酸化	15	50%	氣候變遷	22	73.3%	海平面上升	17	56.7%	不潔淨、惡劣的海岸線與海洋生態與自然環境	1	3.3%	海洋過度開發	1	3.3%	其中海廢污染是最受關注，其次是氣候變遷。
海洋議題	次數	百分比																				
海廢污染	24	80%																				
海洋酸化	15	50%																				
氣候變遷	22	73.3%																				
海平面上升	17	56.7%																				
不潔淨、惡劣的海岸線與海洋生態與自然環境	1	3.3%																				
海洋過度開發	1	3.3%																				
請問您對於本作品所傳達之教育內容的熟悉程度? 30 個回應  <table><tr><th>熟悉程度</th><th>次數</th><th>百分比</th></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0%</td></tr><tr><td>2</td><td>0</td><td>0%</td></tr><tr><td>3</td><td>3</td><td>10%</td></tr><tr><td>4</td><td>6</td><td>20%</td></tr><tr><td>5</td><td>12</td><td>40%</td></tr></table>	熟悉程度	次數	百分比	1	0	0%	2	0	0%	3	3	10%	4	6	20%	5	12	40%	有九成的民眾認為本教具是能夠理解以及好理解的，給予 4~5 點。			
熟悉程度	次數	百分比																				
1	0	0%																				
2	0	0%																				
3	3	10%																				
4	6	20%																				
5	12	40%																				

請問您認同本作品之教育方式嗎? CC BY-NC-SA <table><thead><tr><th>Rating</th><th>Count</th><th>Percentage</th></tr></thead><tbody><tr><td>1</td><td>0</td><td>0.0%</td></tr><tr><td>2</td><td>0</td><td>0.0%</td></tr><tr><td>3</td><td>2</td><td>3.3%</td></tr><tr><td>4</td><td>9</td><td>15.0%</td></tr><tr><td>5</td><td>19</td><td>30.0%</td></tr></tbody></table>	Rating	Count	Percentage	1	0	0.0%	2	0	0.0%	3	2	3.3%	4	9	15.0%	5	19	30.0%	有九成的民眾認同本教具的教育方式，給予 4~5 點。
Rating	Count	Percentage																	
1	0	0.0%																	
2	0	0.0%																	
3	2	3.3%																	
4	9	15.0%																	
5	19	30.0%																	
請問您對於這項教具是否能增進師生的學習互動? CC BY-NC-SA <table><thead><tr><th>Rating</th><th>Count</th><th>Percentage</th></tr></thead><tbody><tr><td>1</td><td>0</td><td>0.0%</td></tr><tr><td>2</td><td>0</td><td>0.0%</td></tr><tr><td>3</td><td>0</td><td>0.0%</td></tr><tr><td>4</td><td>9</td><td>15.0%</td></tr><tr><td>5</td><td>19</td><td>30.0%</td></tr></tbody></table>	Rating	Count	Percentage	1	0	0.0%	2	0	0.0%	3	0	0.0%	4	9	15.0%	5	19	30.0%	普遍認同這項教具增進師生互動。
Rating	Count	Percentage																	
1	0	0.0%																	
2	0	0.0%																	
3	0	0.0%																	
4	9	15.0%																	
5	19	30.0%																	
請問您是否喜歡本作品之海洋動物的外型設計? CC BY-NC-SA <table><thead><tr><th>Rating</th><th>Count</th><th>Percentage</th></tr></thead><tbody><tr><td>1</td><td>0</td><td>0.0%</td></tr><tr><td>2</td><td>0</td><td>0.0%</td></tr><tr><td>3</td><td>1</td><td>1.7%</td></tr><tr><td>4</td><td>5</td><td>8.3%</td></tr><tr><td>5</td><td>14</td><td>21.7%</td></tr></tbody></table>	Rating	Count	Percentage	1	0	0.0%	2	0	0.0%	3	1	1.7%	4	5	8.3%	5	14	21.7%	超過 9 成民眾，給予 4~5 點。
Rating	Count	Percentage																	
1	0	0.0%																	
2	0	0.0%																	
3	1	1.7%																	
4	5	8.3%																	
5	14	21.7%																	
請問您對於本作品以「台灣獨特海洋動物」的合適度? CC BY-NC-SA <table><thead><tr><th>Rating</th><th>Count</th><th>Percentage</th></tr></thead><tbody><tr><td>1</td><td>0</td><td>0.0%</td></tr><tr><td>2</td><td>0</td><td>0.0%</td></tr><tr><td>3</td><td>1</td><td>1.7%</td></tr><tr><td>4</td><td>12</td><td>20.0%</td></tr><tr><td>5</td><td>16</td><td>25.0%</td></tr></tbody></table>	Rating	Count	Percentage	1	0	0.0%	2	0	0.0%	3	1	1.7%	4	12	20.0%	5	16	25.0%	超過 9 成民眾，認同本教具選擇的海洋動物可以代表台灣獨特的海洋生物。
Rating	Count	Percentage																	
1	0	0.0%																	
2	0	0.0%																	
3	1	1.7%																	
4	12	20.0%																	
5	16	25.0%																	
請問您對於本作品之圖色是否適合其動物的特徵? CC BY-NC-SA <table><thead><tr><th>Rating</th><th>Count</th><th>Percentage</th></tr></thead><tbody><tr><td>1</td><td>0</td><td>0.0%</td></tr><tr><td>2</td><td>0</td><td>0.0%</td></tr><tr><td>3</td><td>2</td><td>3.3%</td></tr><tr><td>4</td><td>10</td><td>16.7%</td></tr><tr><td>5</td><td>18</td><td>28.3%</td></tr></tbody></table>	Rating	Count	Percentage	1	0	0.0%	2	0	0.0%	3	2	3.3%	4	10	16.7%	5	18	28.3%	超過 9 成民眾，認同本教具的配色與呼應的海洋動物。
Rating	Count	Percentage																	
1	0	0.0%																	
2	0	0.0%																	
3	2	3.3%																	
4	10	16.7%																	
5	18	28.3%																	

請問您最喜歡本作品的哪一個部分? 30 票回應  ● 海洋動物模型 ● 獨特的機構 ● 海洋生物模型 ● 綠蠓龜	5 成民眾喜歡海洋動物的模型，2.5 成喜歡獨特的機構，其餘則是深度的教育意義與展示性。
請問您最喜歡本作品的哪一個海洋生物? 30 票回應  ● 鯨魚 ● 海豚 ● 章魚 ● 水母	本教具的鯨魚是最受歡迎的，其次則是綠蠓龜。
請問您對於本作品之整體評分? 33 票回應 	超過 9 成給予 4~5 點的好評。
請問您認為本作品是否具有教育意涵? 20 票回應 	超過 9 成民眾，認為本教具具有教育意涵。
請問您認為本作品是否具有趣味性? 20 票回應 	超過 9 成民眾，認為本教具具有足夠趣味性。

 在課程講解後，是否會想將海洋議題分享給身邊親友? 2019年 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Rating</th> <th>Percentage</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>12%</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>6%</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>5%</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>76%</td> </tr> </tbody> </table>	Rating	Percentage	1	12%	2	0%	3	6%	4	5%	5	76%	有 9 成民眾，認為講解後，會想分享相關的海洋議題給民眾。
Rating	Percentage												
1	12%												
2	0%												
3	6%												
4	5%												
5	76%												
是否有建議或心得能提供本作品進行後續的改進？	很有趣，海龜可以動的關節很可愛，鯨魚超酷，水母很漂亮。												
	講述較為累贅，然後材質可以選用環保並且可利用材料												
	可以再加入包裝上的設計！！												
	組裝可以簡化												

資料來源：本研究彙整

表 3-3 實際採訪過程

說明	照片
活動當天布置的畫面	
鯨魚特寫	
其他零組件展示	
透過本研究團隊示範與講解，帶領民眾遊玩	

民眾體驗過程	
給予不同民眾介紹與體驗 1	
給予不同民眾介紹與體驗 2	

資料來源：本研究拍攝

透過實際與民眾互動以及收集的回饋表單，本研究得知普遍民眾對於海洋污染的名詞有基本的認識，但對於具體的原因、細節以及海洋受到破壞後可能產生的連鎖反應缺乏深入了解。只有少數民眾對海洋議題不感興趣。在與民眾的互動過程中，本研究將自身所掌握的海洋知識透過教育工具傳遞給大眾。從收集到的問卷回饋中顯示，民眾對這種教育方式給予了正面的回應，並且認同這種方式有助於更多人了解和重視海洋生態議題。

第四章 結論

在本研究中，我們發現透過實際與民眾的互動以及收集的回饋表單，大多數民眾對於海洋污染名詞有基本的認識，但對於其深層原因、細節及其對海洋生態系統可能造成的連鎖反應仍存在知識上的缺乏。然而，這些互動也揭示出民眾對於接受海洋教育的積極態度，認同這種教育方式對於增進對海洋議題的理解和重視具有積極的影響。

這項研究特別強調了將海洋教育與技術工程教育相結合的重要性。透過引入創新的教學工具和實踐性教學方法，我們不僅能夠提升學生對海洋生態的認知和保育意識，同時也培養了他們解決問題和創造力的能力。這些教學策略不僅僅是知識傳授，更是培養社會責任感和可持續發展觀念的有效途徑。本研究特別強調了教育玩具在這過程中的潛力。這些玩具不僅可以生動地展示海洋生物及其影響，還能夠通過互動讓使用者深入理解其故事性。這種實踐性的學習方法不僅能夠吸引學生的注意力，還能夠使他們在實際操作中體會到多元的教學應用和影響力。不僅提高了學習者的學習效果，還能夠在更廣泛的社會層面上促進對海洋生態保護的重視和行動。

此外，教育玩具的開發和應用也具有長遠的社會影響力。通過激發學生的興趣和好奇心，這些工具有助於塑造未來的環境領袖和倡議者，他們將在保護我們脆弱的海洋生態系統方面發揮重要作用。這不僅是對當前教育的一種革新，更是對未來可持續發展目標的實際貢獻。

因此，本研究認為教育玩具不僅有助於填補公眾對海洋議題認知的空白，還具有開發和應用的潛力，這將對提升全球海洋保育意識和實踐產生深遠而積極的影響。結合海洋教育和多元學習的創新方法，將為未來的教育和社會可持續發展貢獻獨特而重要的教育價值和社會影響力。

而透過問卷的收集，本研究可以得知，大部分的國高中生較關注海廢，氣候變遷過度開發；最少關注的則是海洋生物議題，高中生當中男生比女生更加關注海洋議題，男性大部分都喜愛模型，其次是機構，最後則是教育意涵。

參考資料

中文部分

行政院新聞傳播處(2022)，〈重要政策「向海致敬」2年有成〉。

<https://www.ey.gov.tw/Page/5A8A0CB5B41DA11E/59c44b20-6232-4e5b-8290-32d3a4e9ed4e>

泛科學網頁(2015)，〈逐漸酸化的海洋。海洋大學海洋環境與生態研究所〉。

<https://crossing.cw.com.tw/article/15219> >

泛科學網頁(2020)，〈保育鯨豚，就是保護海洋生態〉。

<https://pansci.asia/archives/202754> >

教育部(2020)，〈108課綱高峰會 聚焦「探索、跨域、素養」深化學生學習〉。

https://www.edu.tw/News_Content.aspx?n=9E7AC85F1954DDA8&s=9D255366A87488F1 >

換日線(2017)，〈四面環海的台灣，有多少人了解、重視我們不輸全球的海洋產業？〉。<https://crossing.cw.com.tw/article/7758> >

換日線(2021)，〈海島國家的「恐海症」——與海朝夕相處的我們，台灣衝浪距離奧運殿堂有多遠〉。<https://crossing.cw.com.tw/article/15219> >

閔志偉(2002)，〈台灣海洋環境的永續管理-以墾丁國家公園建構海洋保護區為例〉。南華大學環境管理研究所，碩士論文。

詹昭賢(2008)，〈台灣海洋教育研究-海洋大眾教育。〉國立成功大學海洋科技與事務研究所，碩士論文。

綠色和平(2020)，〈海龜危機：海洋旅人面臨絕種威脅〉。

<https://www.greenpeace.org/taiwan/update/16897/%E6%B5%B7%E9%BE%9C%E5%8D%B1%E6%A9%9F%E6%BC%9A%E6%B5%B7%E6%B4%8B%E6%97%85%E4%BA%BA%E9%9D%A2%E8%87%A8%E7%B5%95%E7%A8%AE%E5%A8%81%E8%84%85/> >

關鍵評論(2022)，〈小琉球生態韌性超過臨界點？環團珊瑚礁體檢12年結果公布〉。<https://www.thenewslens.com/article/167939>

蘇貴美(2021)，〈發展國小海洋教育教學模組提昇海洋環境素養之研究〉。國立臺灣海洋大學，碩士論文。