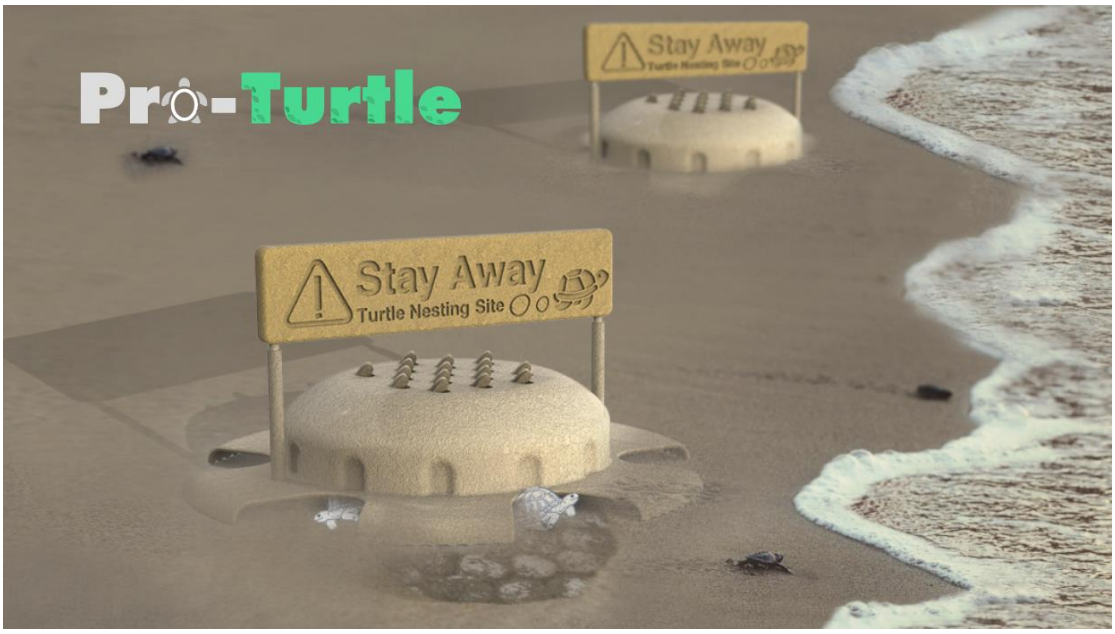
112 年度氣候變遷創意實作競賽

決賽作品說明書



隊伍編號	02
隊伍名稱	龜媽咪
作品中文名稱	海龜防護罩
作品英文名稱	Pro-Turtle
參賽學校	國立臺北教育大學
系所名稱	藝術與造形設計學系
指導老師	李鍇朮
團隊成員	薛凱潔、常勛宇

目錄

摘要.....2

壹、議題背景.....3

貳、問題發現.....3

參、作品內容.....4

肆、蔗渣實驗與樣品.....12

伍、服務模式.....15

陸、商業計畫.....16

柒、3 年計畫時程.....18

捌、財務規劃.....19

玖、社會效益.....20

壹拾、團隊介紹.....21

摘要

海龜防護罩為一可分解式的保護罩，改善氣候變遷造成海龜性別失衡。藉就地取材的甘蔗渣製成具抗噪、隔熱的防護罩，使龜卵可於關鍵溫度孵化，並藉提示牌避免遊客侵犯產卵地。

Pro-Turtle is a decomposable protective cover which provides suitable incubation temperature for turtle eggs, alleviating the problem of large number of turtle hatching failures and gender imbalance caused by climate change. Pro-Turtle is made of local bagasse, agar powder, and red algae, which has the features of anti-noise, heat insulation, and the reduction of direct sunlight. It lets the eggs hatch at the pivotal temperature, thus avoiding extinction caused by single sex.
Pro-Turtle reduces marine pollution and prevents tourists from encroaching on turtle spawning sites by means of warning signs.

壹、 議題背景

近年因為人為破壞，導致上岸產卵的母龜有逐漸減少的趨勢，為了保護綠蠵龜棲息地，使它們能夠繼續繁衍，人類須立即地妥善規劃保育區與相對應策略。

此外，海龜為變溫動物，欠缺調解體溫的系統，牠們必須透過體內的代謝、運動產生的熱、來自外界的熱源來調整體溫。而牠們性別並非由染色體基因決定，而是仰賴環境的「溫度決定系統」。

如今全球暖化日益嚴重，孵化溫度理應越來越高，這會使爬蟲類性別比例逐漸失衡，出現性別單一化的現象。

貳、 問題發現

一、 海龜孵化大不易，保育區須全程待命

海龜的孵化率受雨量、溫度、卵窩深度及人為破壞與否影響，平均孵化率約 70%，因此，保育區的保育員需全程待命，協助海龜孵化，並且須隨時避免螃蟹等動物吃掉小海龜。

二、 保育員為了將龜卵移到陰涼處的過程中，會不小心傷害到龜卵

為了海龜保育，科學家會在海龜媽媽產卵離開後立刻把卵挖出來，挪到有遮蔭的沙灘角落，幫龜卵找一個涼快的窩。此外，在沙灘安裝定時灑水器，或者把龜卵分成一小窩一小窩以避免溫度升高等方法。

大約 50 天之後，小海龜開始破巢而出，科學家也會把牠們都裝進籃子，帶到離海邊較近的距離讓牠們自行爬回海裡。

這一連串的動作每年須持續 5 個月的產卵期，這會使保育員十分耗力費神，且能保護的海龜十分有限，過程中若一不小心，可能會導致龜卵受傷。

三、 環境溫度決定海龜性別，全球暖化會導致海龜性別單一化而瀕臨滅絕

2018 年《當代生物學》（Current Biology）一份研究發現，澳洲大堡礁一帶的綠蠵龜，每孵出一隻雄性海龜就會孵出 116 隻雌海龜。該研究追蹤北部較熱的海灘，發現 99%小海龜都是雌性；而南方較冷的海灘只有 69%。

為了讓寶寶順利爬回海裡，海龜習慣把蛋埋在離海水較近的沙灘上，但這種特性反而讓牠們容易曝曬在陽光下，影響性別比例。

四、 全球至少 10%地區不斷打破高溫紀錄，造成新生海龜 90%以上是雌性

根據聯合國政府間氣候變遷專門委員會 2021 年的報告，全球平均溫度上升 1.5℃，這將會導致全球的海龜性別比例失衡，甚至瀕臨絕種。

過去 5 年來，全球至少 10%地區不斷打破高溫紀錄，維德角的平均溫度也比 1964 年上升了 1.3 度℃。根據聯合國氣候變遷政府間專家委員會（IPCC）預測，在 21 世紀結束之前，全球的新生海龜 9 成以上都會是雌性。

五、 海龜孵化環境需安靜且溫度適宜

海龜產卵的環境需安靜且乾淨，因此產卵時間多數在凌晨、傍晚及夜間，以免受到人類活動所產生的噪音而影響產卵。另一方面，在烏龜寶寶孵化前，如果環境溫度一直都很高，這也會提升烏龜寶寶的死亡率。

六、 沙子的比熱小，產卵窩的溫度不穩定

由於沙子的比熱小，因此海龜產卵窩的溫度容易受環境溫度影響而不穩定，間接影響海龜性別。

參、 作品內容

一、 設計概念

Pro-Turtle 為一可分解式的保護罩，為龜卵提供良好的孵化溫度，改善氣候變遷造成大量海龜孵化失敗與性別失衡問題。

Pro-Turtle 以當地甘蔗渣及洋菜粉、紅褐藻製成，具抗噪、隔熱及減少太陽直射的特性。並透過雙層材料的密度差使膨脹體積不同的設計，使上方透氣孔可因溫度變化而自然翹曲開合來控溫，有效提高龜卵的孵化率。藉不同海龜品種所需孵化溫度來調整 Pro-Turtle 的材料密度，使海龜卵能在中樞溫度孵化，避免性別單一化而導致瀕臨絕種。

Pro-Turtle 可分解的特性，也降低海洋污染，同時藉提示牌來避免遊客侵犯海龜產卵地。

二、 龜類品種與溫度

愈接近「中樞溫度」孵出的雌雄比例相等

赤蠵龜

30℃為中樞溫度

在溫度 26-32℃的沙灘產卵，溫度高於 32℃時會孵出雌性，28℃會孵育出雄性

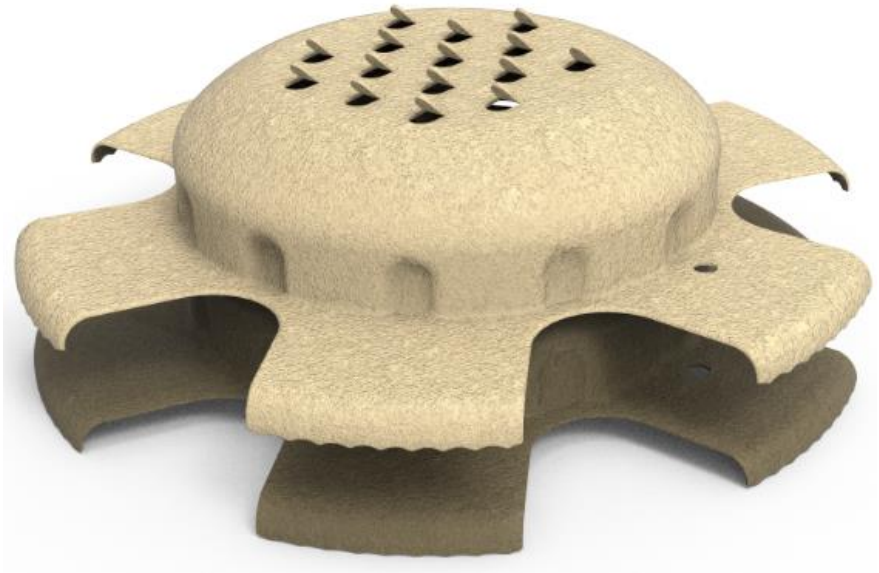
綠蠵龜

28.0～30.3℃為中樞溫度

高於中樞溫度時，孵化出的均為雌龜，當溫度低於中樞溫度時，孵化出的均為雄龜

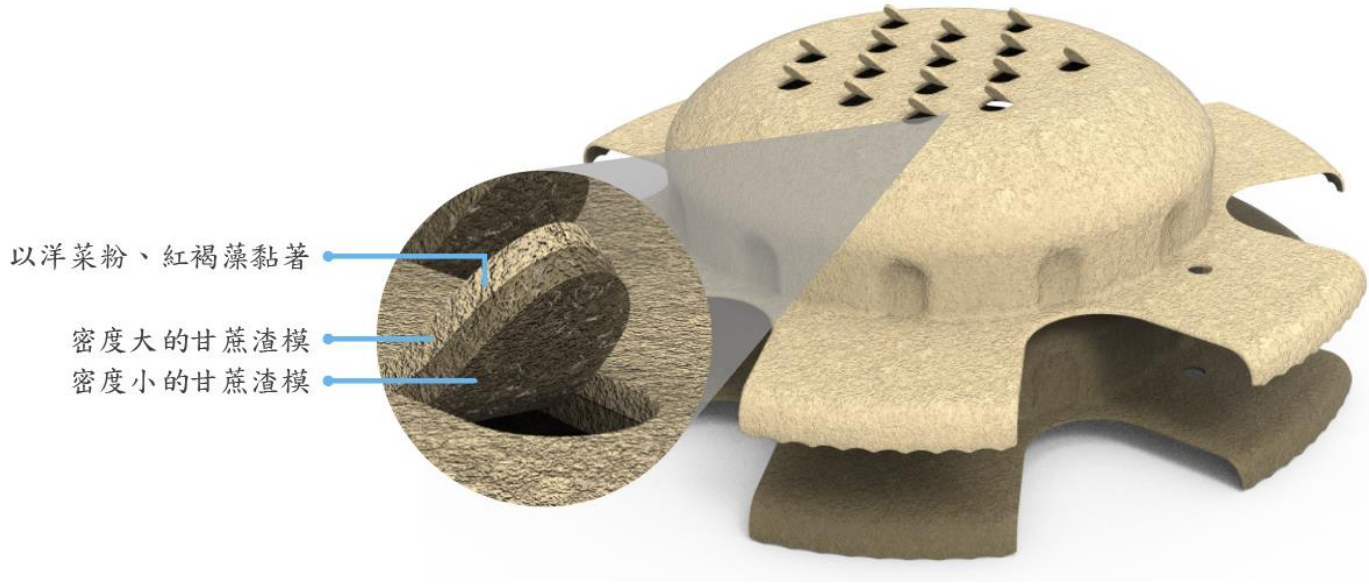
三、 材料準備

在製作 Pro-Turtle 前，可先根據海龜品種所需的中樞溫度，再來根據溫度來製作內外層密度不同的保護罩。



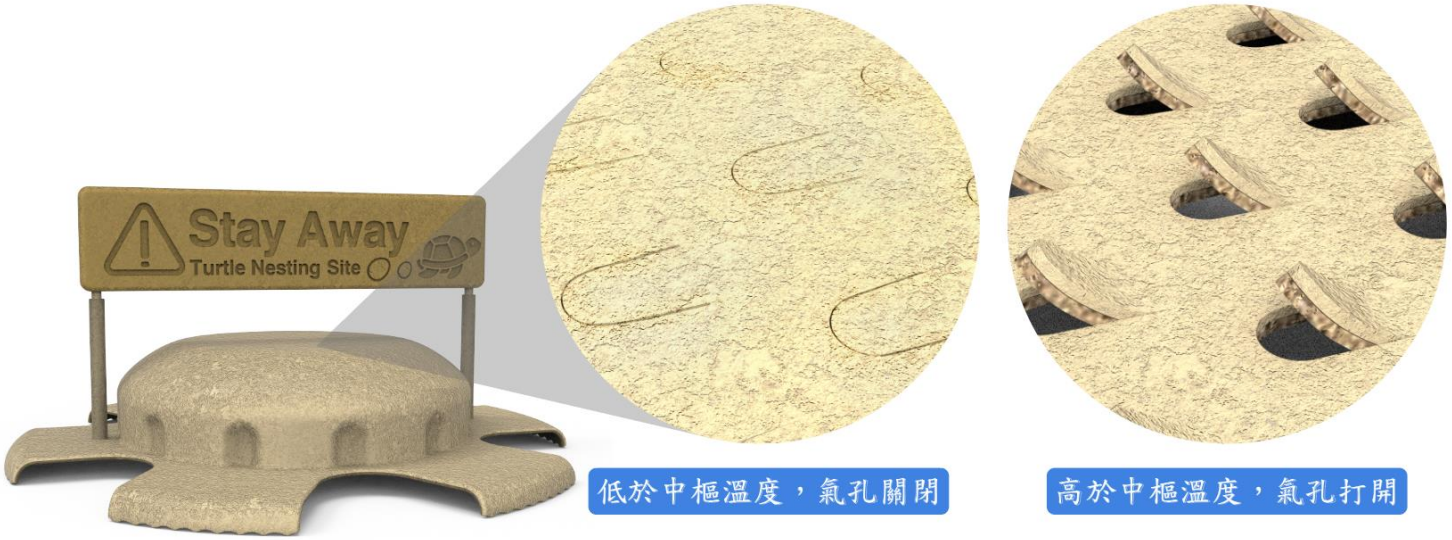
四、 材料製作

Pro-Turtle 為雙層結構，以不同密度的甘蔗渣所製成，再以洋菜粉、紅褐藻將兩層加以黏著。具有抗熱、抗噪的特性，除了可有效的為龜卵巢平衡溫度外，也能使甘蔗渣達成自然分解的目地，而對於海洋環境則不會有汙染的物質存在。



五、 熱膨脹原理

Pro-Turtle 的內層密度較外層小，當溫度升高，體積會變大而使氣孔打開，以達到透氣的效果；反之，溫度過低，氣孔則會關閉，以達到隔熱的效果。

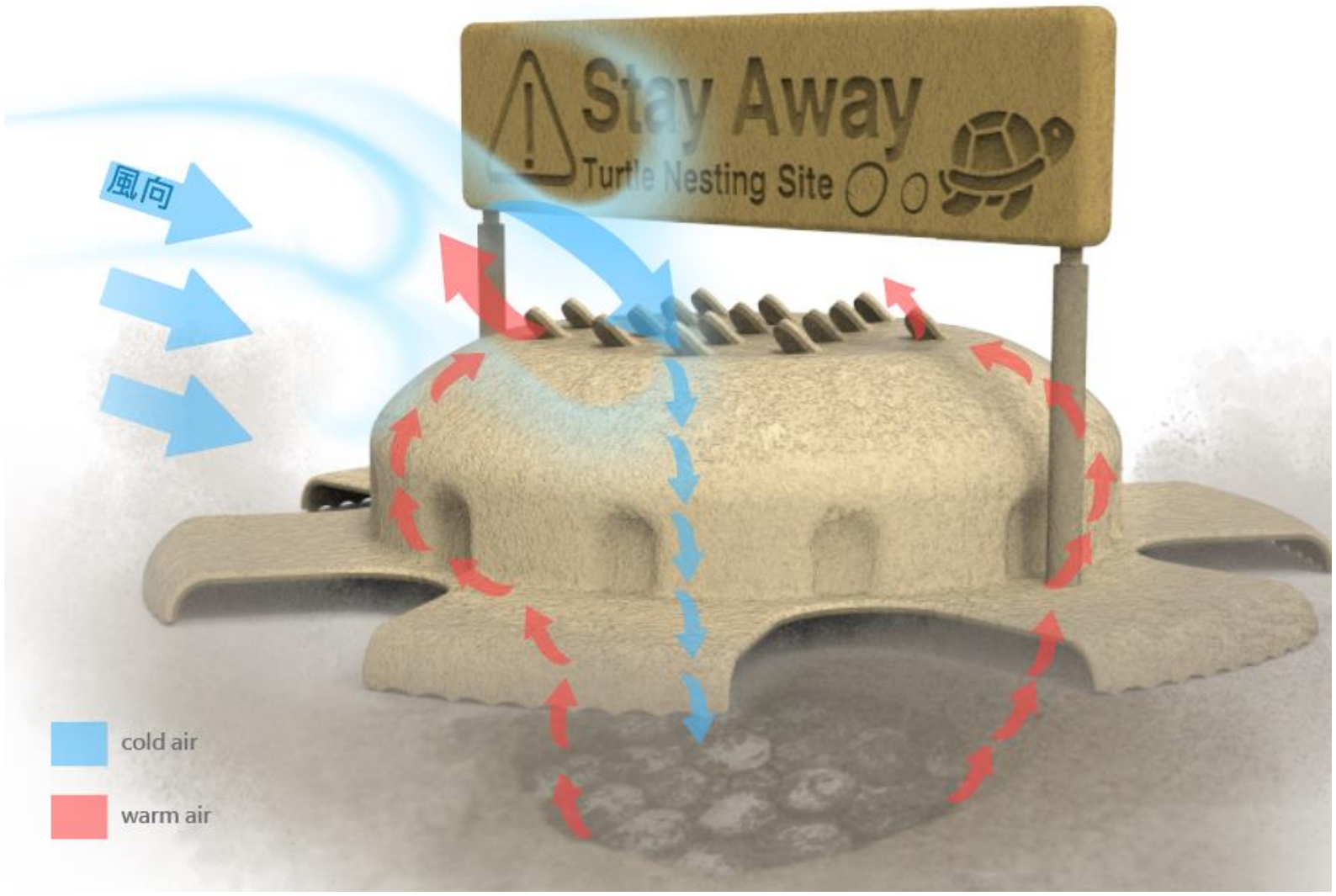


六、 氣孔對流

由於沙子比熱小，可藉由甘蔗渣隔熱的特性，使卵窩較不易吸熱，有效達成自然降溫。

Pro-Turtle 藉由雙層結構不同的密度及熱膨脹的原理，以達成控制風流進入窩內的效果。

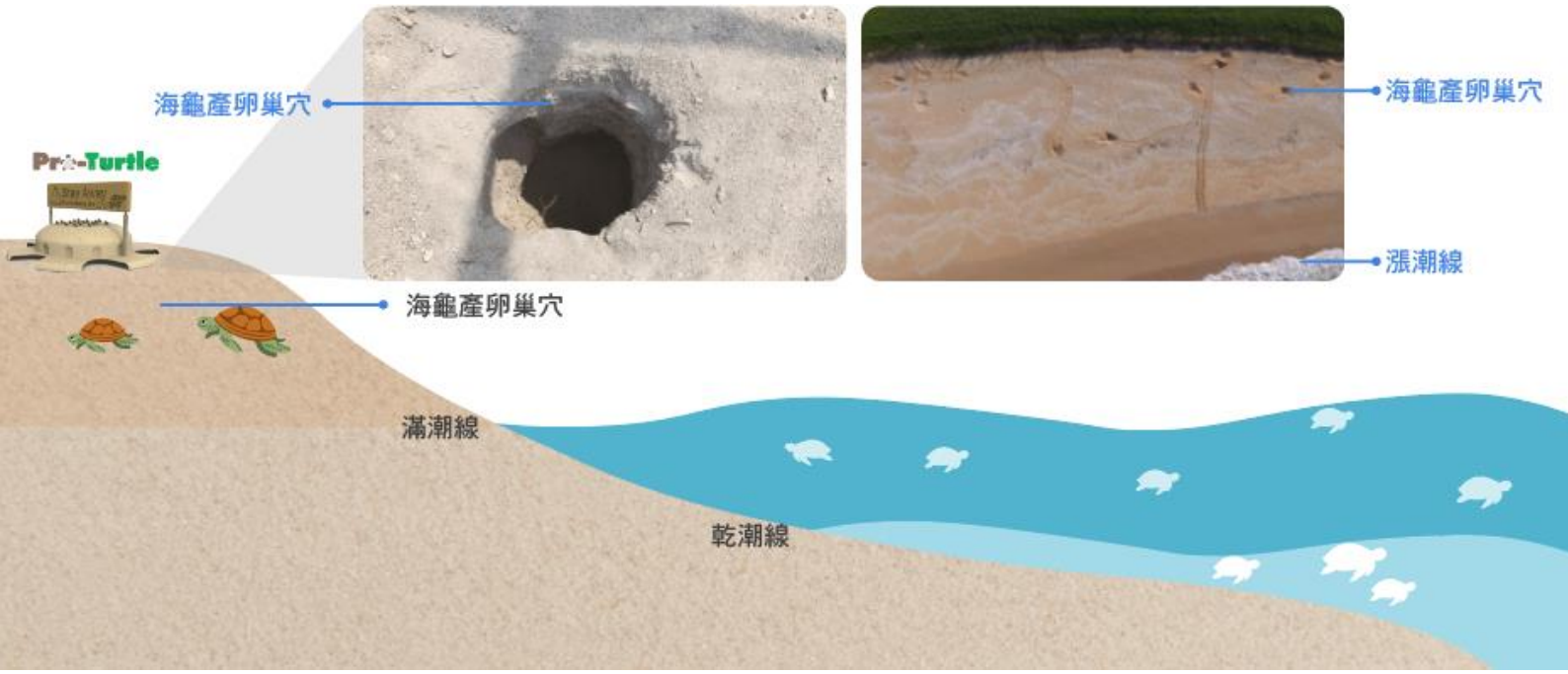
- Step1
  將 Pro-Turtle 依照風向安置後，當窩內溫度上升，會使葉片膨脹而打開氣孔。
- Step2
  迎來的冷空氣會順勢進入窩內
- Step3
  Pro-Turtle 遮罩和地面保有對流的空間，促進對流以帶走熱空氣，使龜卵能夠在合適的溫度孵化。



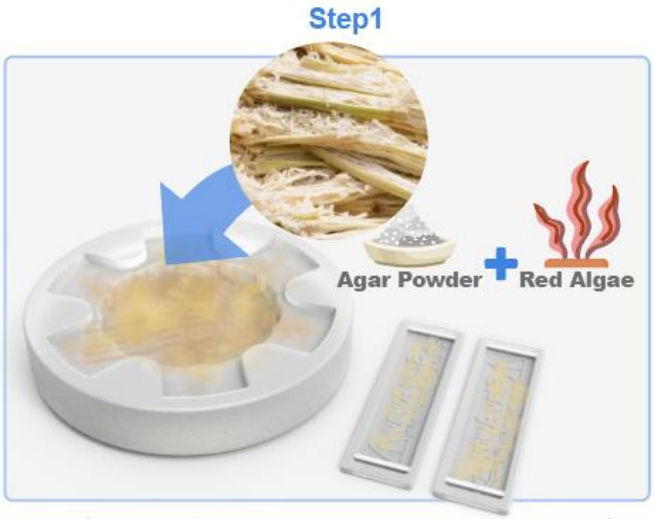
七、 產卵處與潮汐

海龜上岸產卵的時間跟潮汐有著很大的關係，牠們幾乎都是利用漲潮的夜晚爬上海灘。因此，海龜的巢穴會在漲潮線之上，避免被浪沖走。

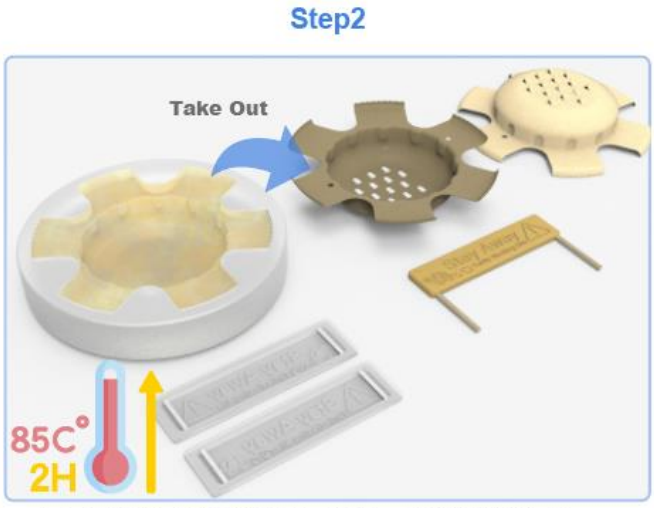
當母龜產卵後離開沙灘，保育員可小心地幫助龜寶寶蓋上 Pro-Turtle，保護牠們的安全之外，也確保性別平衡。



八、 使用流程

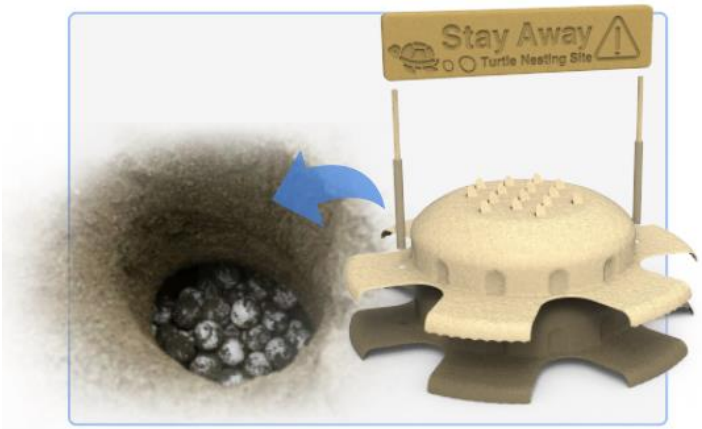


將甘蔗渣烘乾後攪碎，再放入Pro-Turtle的模具中並加入熱水，可另外加入洋菜粉、紅褐藻做為黏著劑



放入85℃的烘箱乾燥2小時後，待冷卻後取出Pro-Turtle即完成

Step3

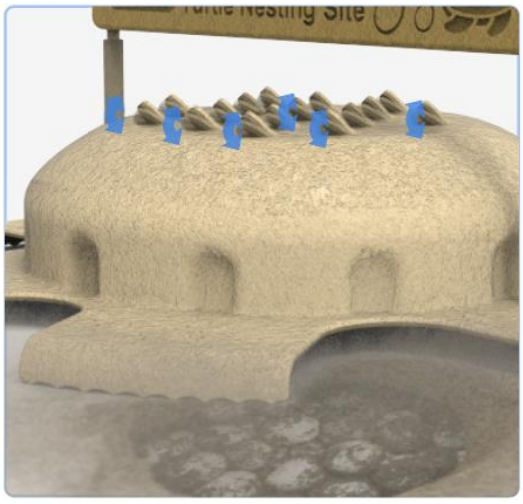


組裝Pro-Turtle後，觀察風向並由保育員蓋在龜卵巢穴上

Step4

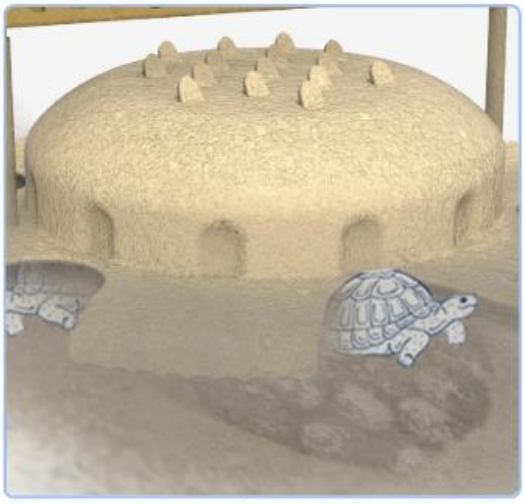
將沙子掩埋固定Pro-Turtle

Step5



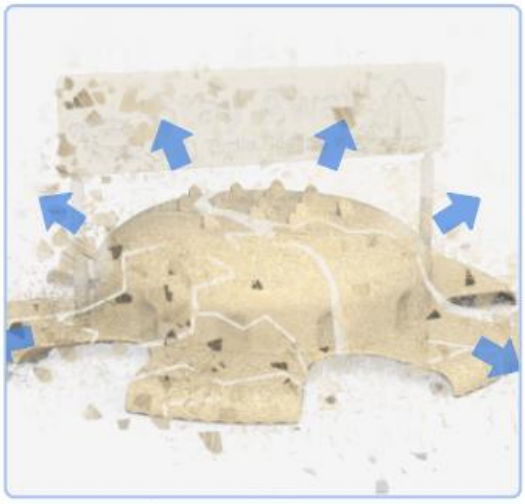
藉Pro-Turtle使巢穴溫度可維持在孵化的中樞溫度

Step6



等待約2個月，幼龜可Pro-Turtle從邊緣順利爬出

Step7



完成孵化期後，Pro-Turtle將會自然分解

九、 材料選擇

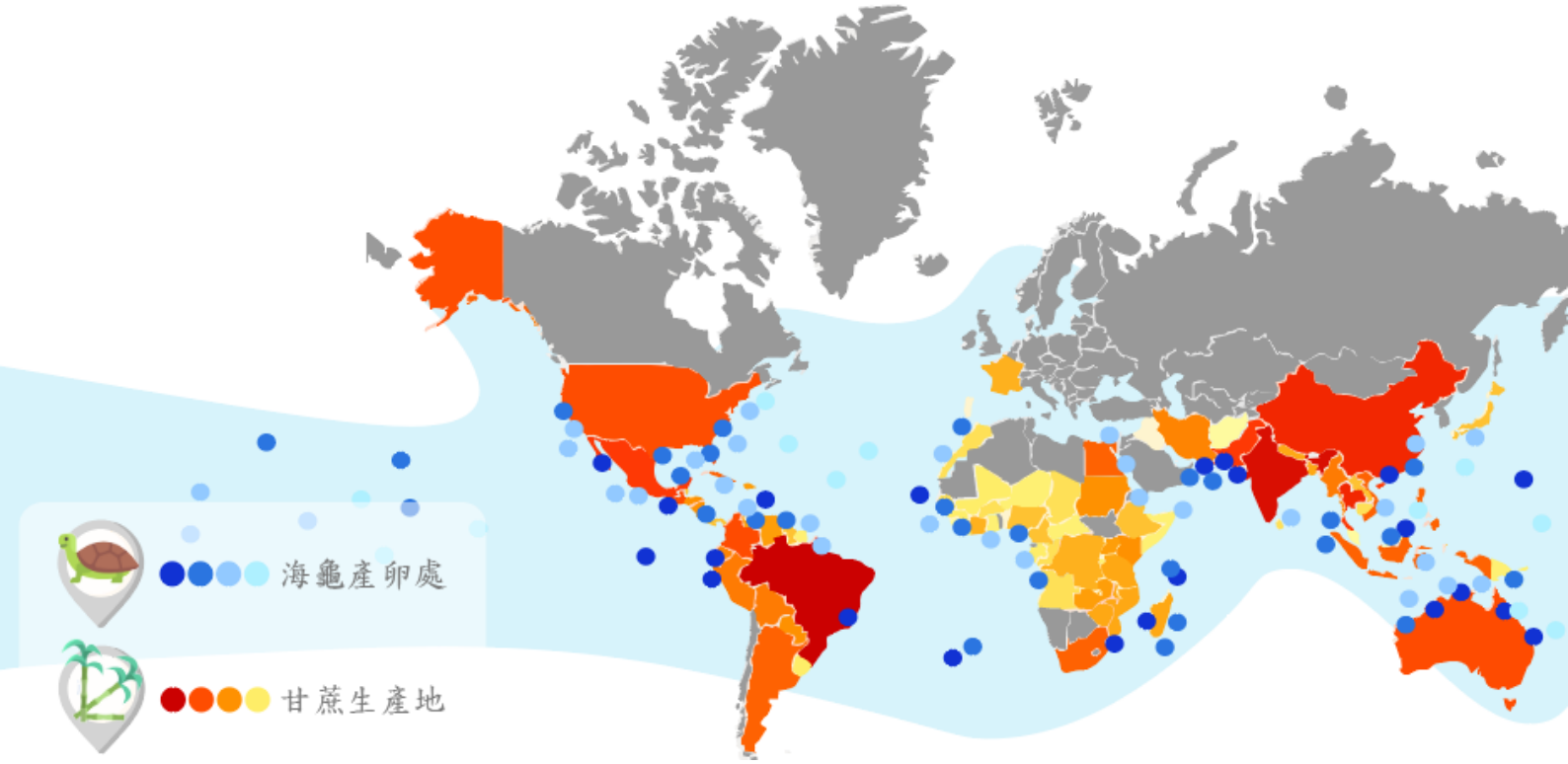
甘蔗在 110 多個熱帶、亞熱帶的國家廣泛種植，生產面積達 2700 萬公頃。在 2020 年，全球甘蔗年產量約為 1.60 億噸，這會產生約 2.79 億公噸的甘蔗渣，而甘蔗渣具有**抗熱、抗噪**的特性，氣味能夠**驅蛇、螃蟹**等，剛好是海龜產卵時所需的優點。

十、 材料在地循環

將甘蔗渣應用於海龜保育，為龜卵巢平衡溫度、提升海龜孵化率，使海龜的性別比達到平衡，進而使生態得以永續發展。Pro-Turtle 的再利用，消耗了大量的甘蔗渣，可減少環境的汙染。

十一、 海龜產卵地與甘蔗種植世界分佈圖

根據 re:wild & AtlasBig 資料顯示，海龜的生產地與甘蔗種植地有大部分的重疊之處，將甘蔗廢棄物在地處理，並且加以利用保護海龜，可以實現在地循環經濟與解決當地保育問題。



十二、 循環設計

首先，先向農民、糖廠、甘蔗食品加工廠等地收購甘蔗渣並進行攪碎，再藉壓模製作成 Pro-Turtle，供海龜產卵保護區使用。最後，Pro-Turtle 將會破損自然分解於沙中或再回收於工廠進行再製。由於 Pro-Turtle 分解後皆為天然物質，不會汙染海洋環境。

肆、 蔗渣實驗與樣品

一、 材料實驗

在蔗渣中加入不同物質實驗，測試黏合、穩固的效果。

蔗渣	蔗渣+再生紙	蔗渣+茶粉
可成形，但易碎	可成形，但回收不易可能會造成汙染	易碎

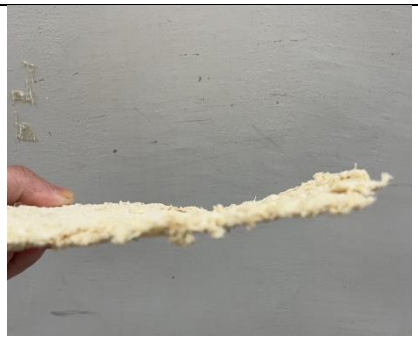
二、 材料細碎程度與密度測試

塊狀	絲狀	絲狀+粉狀	粉狀

三、 材料黏合測試

粉狀+天然阿伯(樹)膠	粉狀+澱粉+樹酯
較穩固，需用烤箱烘	成形快速

四、 材料與溫度

35℃	40℃
	
無改變	微微彎曲

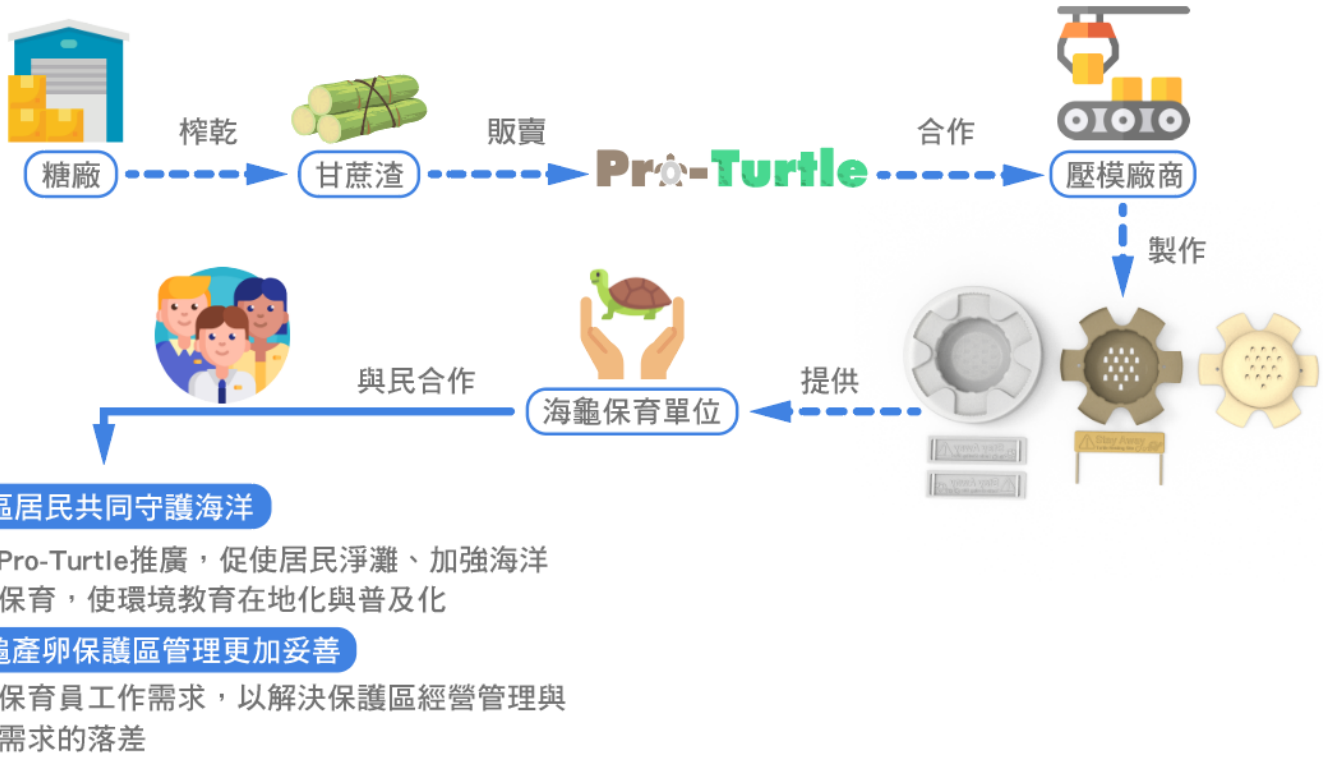
五、 模具製作與翻模

六、 樣品打樣

Stay Away
Turtle Nesting Site
Stay Away
Turtle Nesting Site

伍、 服務模式

性別失衡不僅是海龜一族或生態系的噩耗，也是人類的危機。團隊希望藉由環保的 Pro-Turtle 推廣與製作，使海龜保育不只是政府、保育員的工作，更是每一位居民的責任。



雖然每年上岸產卵的綠蠵龜並不算是台灣的特有種，但是目前海龜相當穩定的產卵地之一。若將製作 Pro-Turtle 的活動與觀光生態旅遊、保育教育等加以結合，定能使海洋教育的推廣更加豐富，使海洋管理與經營得以永續。

前期

參展與募資

藉參與國內農漁業展覽、募資平台的方式，推廣海龜保育與 Pro-Turtle

海龜保育中心

與保育中心進行合作進行海龜保育及Pro-Turtle推廣計畫，並協助測試與紀錄產品的分解速率

中期

海洋教育中心

藉由教育推廣與DIY製作，使孩童從小就能體驗與學習海洋教育

社區環境教育

藉社區環境教育及DIY體驗製作Pro-Turtle，使民眾可共同維護環境

後期

海龜保育區

有助於降低監測瀕臨絕種海龜所需的成本和勞力，並協助保育員執行海龜復育觀察

觀光局

使大眾能夠參與海龜生態旅遊，以及DIY製作Pro-Turtle，共同維護海龜的棲息地

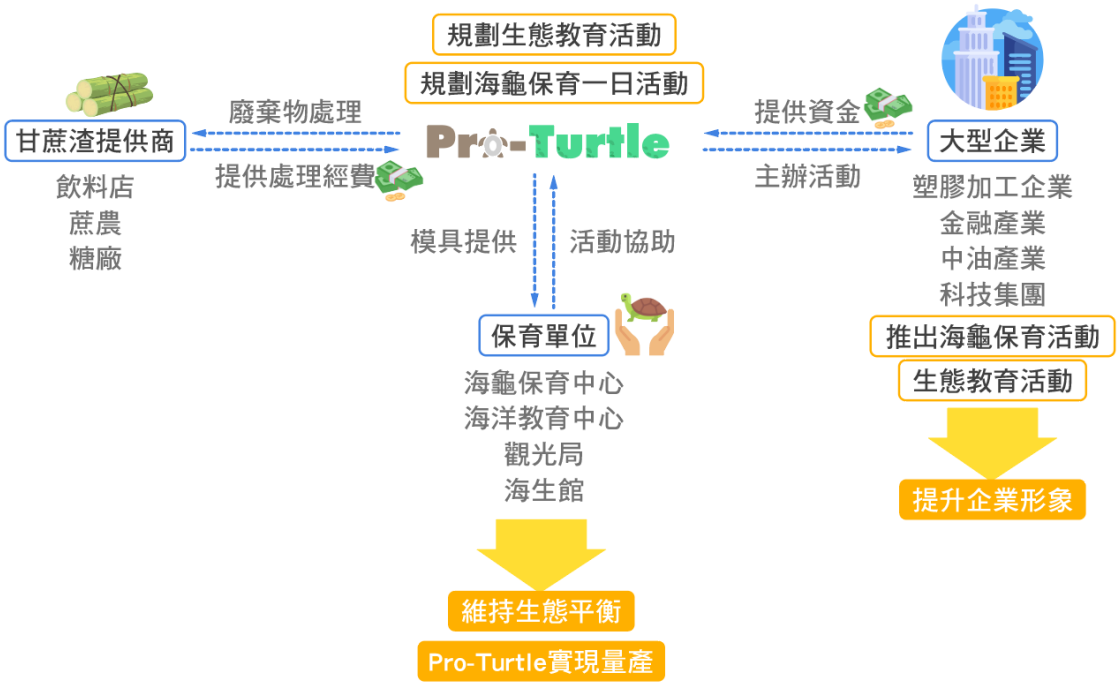
陸、 商業計畫

一、營運模式

海龜保育一直是無止盡的成本支出，為了能節省成本，我們藉由甘蔗渣廢棄物處理製作 Pro-Turtle，有效延長了甘蔗的生命週期，更提升了經濟與社會價值，並實現在地經濟循環。

另外，與大型企業規劃保護海龜日活動，企業可獲得正面形象，Pro-Turtle 可實現量產，而生態也能得以永續。Pro-Turtle 會與觀光生態旅遊、保育教育等加以結合，使海洋教育的推廣更加豐富。藉社區環境教育及 DIY 體驗製作 Pro-Turtle，使民眾可共同維護海龜的棲息地。

海龜的保育及復育也將在未來帶動觀光旅遊及自然科教的產業發展。



二、營收模式

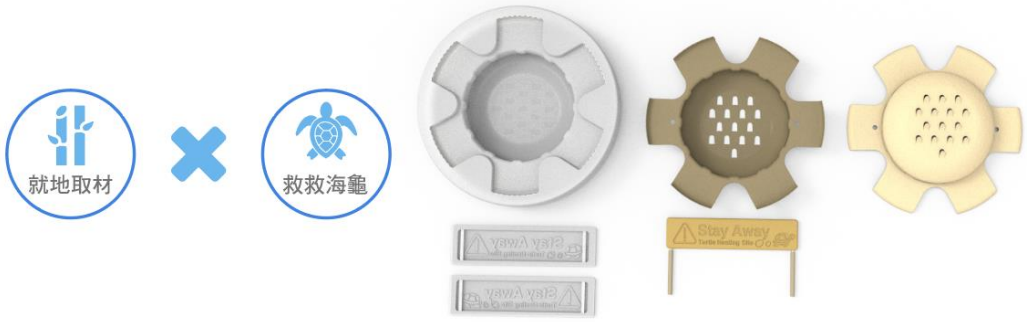
三、在地循環經濟

根據 re:wild & AtlasBig 資料顯示，海龜的生產地與甘蔗種植地有大部分的重疊之處，將甘蔗廢棄物在地處理，並且加以利用保護海龜，可以實現在地循環經濟與解決當地保育問題。

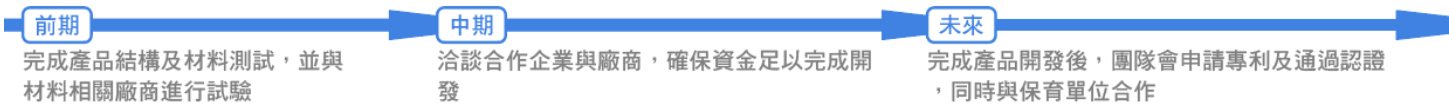
臺灣屬於亞熱帶地區，本身就利於甘蔗生長，利用甘蔗製成的糖亦是臺灣的重要產業之一，擁有過百年的歷史，更曾在 1950 年代為世界第一的外銷地位。因此，Pro-Turtle 的出現也算是物盡其用。

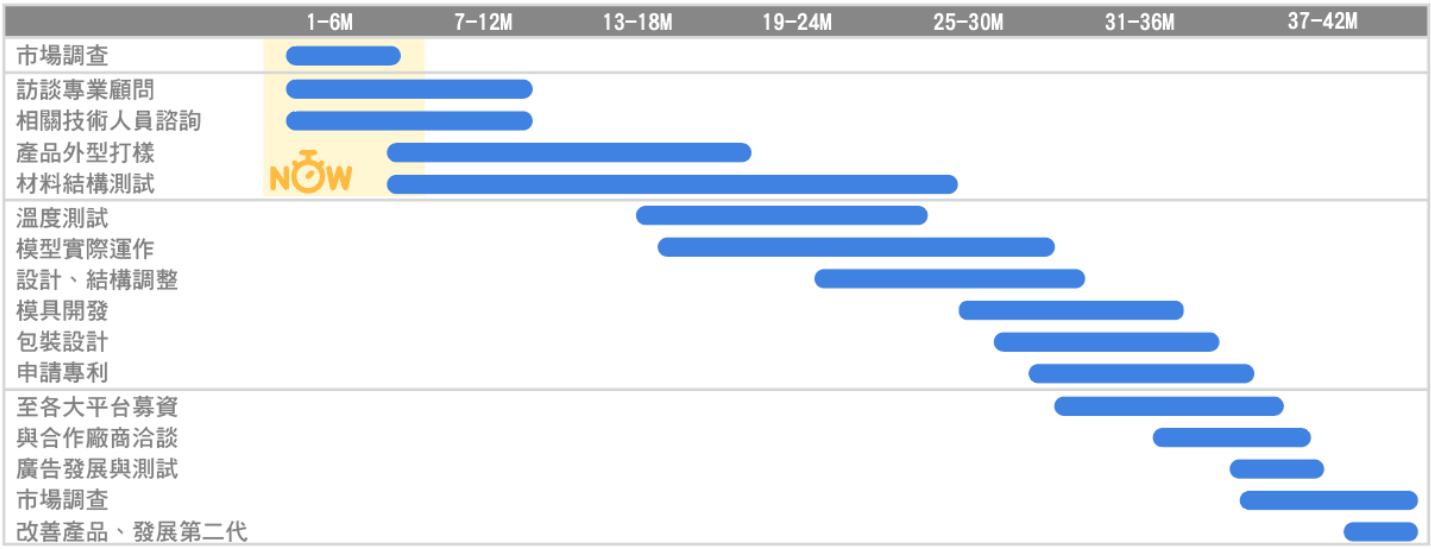
而綠海龜廣泛分布在熱帶及亞熱帶海域中，經常在大西洋及太平洋出沒，並在水溫逾攝氏 25 度的沙灘上產卵。

有效再利用甘蔗渣製作 Pro-Turtle，創造甘蔗更大的經濟規模，並且重新檢視原料和減少廢棄物以行動來拯救環境。



柒、 3 年計畫時程


前期
完成產品結構及材料測試，並與材料相關廠商進行試驗
中期
洽談合作企業與廠商，確保資金足以完成開發
未來
完成產品開發後，團隊會申請專利及通過認證，同時與保育單位合作


1-6M
7-12M
13-18M
19-24M
25-30M
31-36M
37-42M
市場調查
訪談專業顧問
相關技術人員諮詢
產品外型打樣
材料結構測試
NOW
溫度測試
模型實際運作
設計、結構調整
模具開發
包裝設計
申請專利
至各大平台募資
與合作廠商洽談
廣告發展與測試
市場調查
改善產品、發展第二代

捌、 財務規劃

一、開發經費預估

項目	金額	備註
產品研究設計	10萬	材料購買
顧問諮詢	2萬	
產品模型打樣	5萬	專利合作、機電材料
產品測試	30萬	材料耗材、實驗室租借
產品模具開發	50萬	使用者及運作測試
商業規劃	10萬	
臨時預備金	5萬	廣告拍攝、活動宣傳
合計	112萬	

二、產品售價規劃

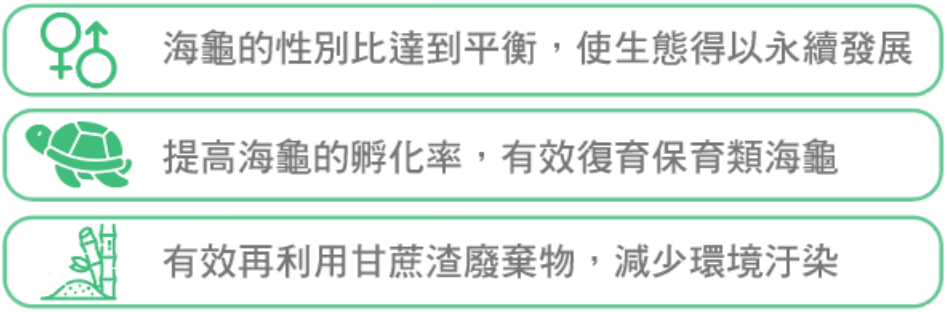
玖、 社會效益

將甘蔗渣應用於海龜保育，為龜卵巢平衡溫度、提升海龜孵化率，使海龜的性別比達到平衡，進而使生態得以永續發展。Pro-Turtle 的再利用，消耗了大量的甘蔗渣，可減少環境的汙染。

預計:

減少 30%甘蔗渣廢棄物

平衡 20%海龜性別



使孩童、居民能獲得高品質的保育教育、製作Pro-Turtle的體驗，為永續發展的貢獻一份心力

永續管理及保護海洋和海岸生態系統，加強海洋恢復力及復育行動，使海洋保持健康、物產豐饒

減少城市的人均負面環境影響，並注重廢棄物管理及減少經濟損失

透過甘蔗渣再利用，大幅減少廢棄物，實現自然資源的永續管理以及高效使用

壹拾、　　團隊介紹

團隊皆為國立臺北教育大學藝術與造形設計學系的大四同學組成，希望可以透過自身小小的力量，改善環境，使生態得以永續。從小於偏鄉成長的我們，了解在地的保育與經濟需求，希望能夠為家鄉服務。

薛凱潔
產品設計
生態研究
模具製作
樣品實驗

常勛宇
行銷計畫
視覺設計
數據分析