

# 115年度氣候變遷創意實作競賽

## 決賽作品說明書

隊伍編號+名稱	水路探險隊
作品中文名稱	以農廢料及淤泥製成的模組化魚梯
作品英文名稱	Modular fish ladder made of agricultural waste and silt

參賽學校：國立雲林科技大學

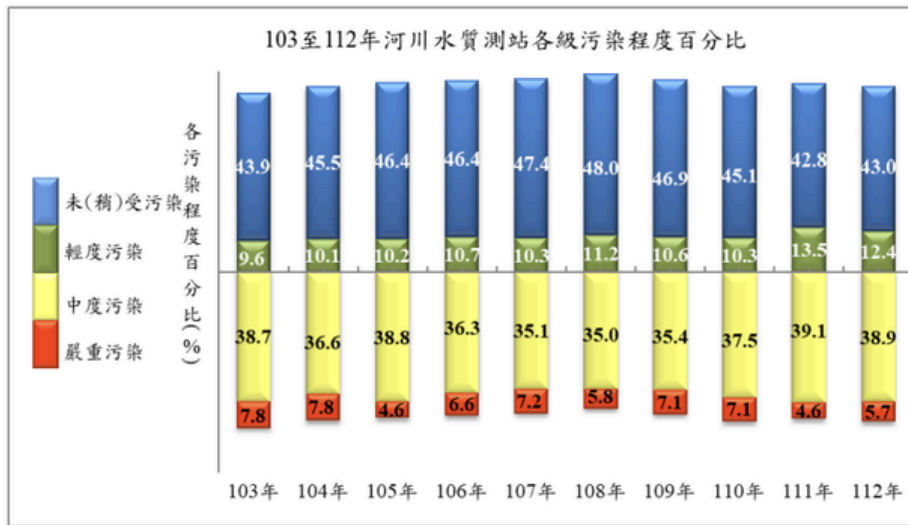
指導老師：尤宏章

團隊成員：陳珮婷、黃以容

# 一、問題界定

## (一) 水質汙染

根據環境部112年河川污染指數(RPI)分析結果，計算河川污染指數係依據溶氧量、生化需氧量、懸浮固體、氨氮等四個監測項目計算河川污染指數(RPI)。於109年及110年河川污染指數(RPI)明顯較108年較高，係受氣候變遷影響降雨量極低，致河川基流量不足，污染涵容能力降低，進而影響測站水質。從圖表中可以看到河川持續受到汙染，並進一步影響生態多樣性。



資料來源：環境部水質監測年報  
環境資訊中心

圖 1-1 河川 RPI 歷年監測結果

## (二) 生物多樣性消失

根據國際自然保護聯盟 (IUCN) 的數據，四分之一的淡水魚類面臨滅絕的威脅，其中洄游魚類受到的威脅尤其嚴重。其中54%受威脅的淡水魚等物種與汙染有關，這表明水汙染是導致淡水魚類多樣性下降的重要威脅來源之一。最新 Living Planet Index 報告提出全球遷徙性淡水魚族群自1970年以來下降了超過80%。資料來源：《衛報》 / Nature 全球研究

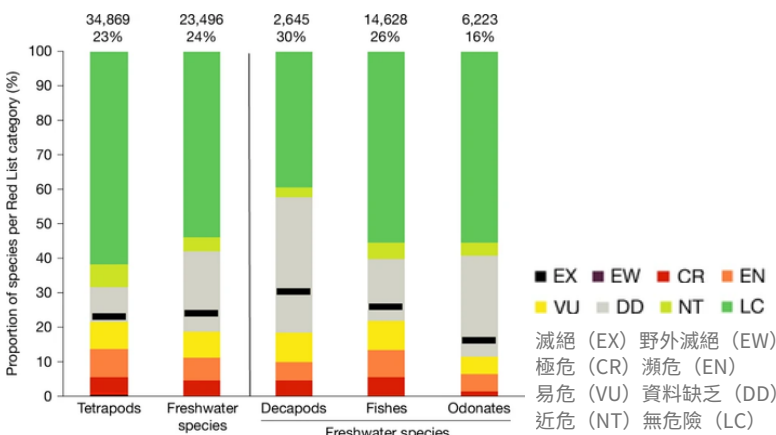


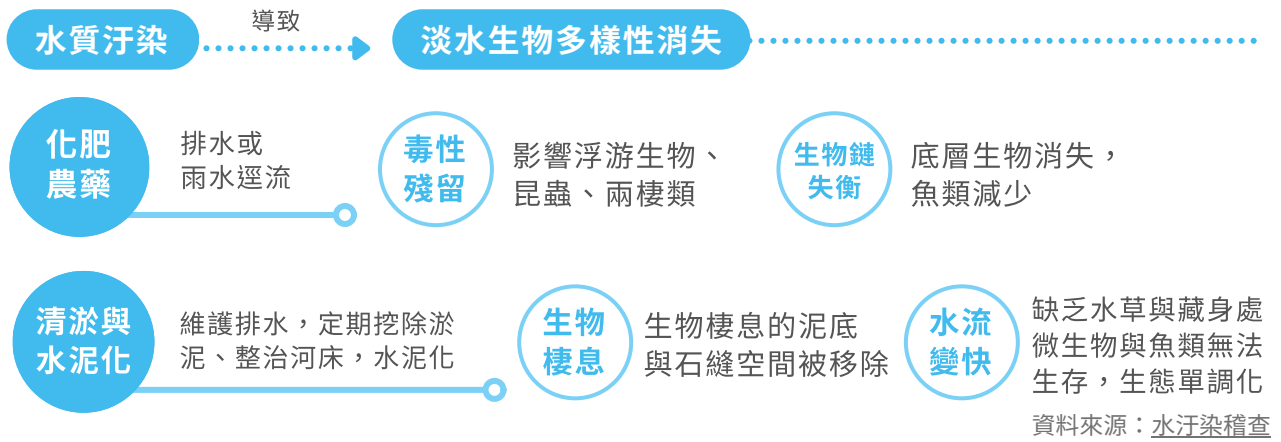
圖 1-2 淡水物種的滅絕風險



圖 1-3 淡水魚類洄游

# 一、問題界定

綜合以上兩個問題點，水污染已成為驅動淡水魚類族群自1970年以來加速洄游魚類與整體生物多樣性走向消失的關鍵人為因素，並進一步影響整個生態鏈。



## (三) 魚類洄游受阻

我們發現許多魚類洄游因為魚梯用**混凝土**與鋼材硬質建材建構，這些材質與結構會**產生不易調整的水流模式**與湍激水力條件且沒有讓魚躲藏的空間，進而影響魚類通過。大型混凝土魚梯經常造成高速湍流、水速過大或剪切強度不均，這些水力變化會**讓魚類更難移動且增加體力消耗**。研究指出流場與湍流形狀對魚的通行效率有明顯影響，而這些則與幾何結構及建材有關。

資料來源：[Journal of Environmental Management](#)

## (四) 魚梯發展現況

目前的魚梯多為**固定設計**，固定結構一旦建成且施工期長，**無法彈性調整**因應氣候變遷導致河川水文與河道的變化，如流量、坡度、水深等，而這些因素隨季節、極端洪水、颱風或暴雨導致河道改變。固定魚梯的入口位置、水流分布與坡度設定可能不再適合原設計魚種的遷徙需求。致使許多淡水魚類仍無法有效上游洄游。

資料來源：[環境資訊中心](#) / [清華大學生物研究](#)



圖 1-4 現有魚梯型式

## 二、動機與目的與創意構想來源

### (一) 水質惡化與生物多樣性消失的調適需求

氣候變遷加劇極端降雨，使污染物快速進入河川，惡化水質並衝擊淡水生態。傳統魚梯僅具通行功能，缺乏水質淨化與生態調節能力。因此我們的目標是透過魚梯整合**再生永續材料**與淨水功能設計，達成改善水質的同時**降低製作成本所產生的碳排量**。

### (二) 氣候變遷下河川變化，提升魚梯的彈性調整性

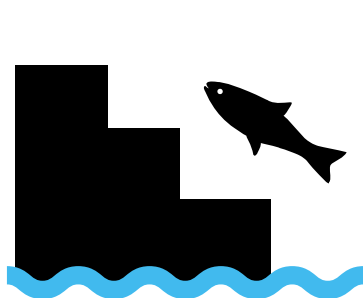
我們希望改善現行魚梯多為一次性固定設計，以及以混凝土與鋼材塑造單一水流路徑，容易產生湍急水流與不連續水力條件，缺乏魚類躲藏適應流速的空間，進而造成洄游受阻。因此我們提出**魚梯模組化概念**，將魚梯視為可重組的系統，能依水量變化、坡度調整與魚種需求快速調整配置，降低過度湍流並創造多樣化水流與棲地結構。

### (三) 創意構想來源

我們的創意構想源自於**樂高LEGO高度模組化、可重組**的設計邏輯。樂高透過標準化的單元模組，能因應不同需求快速拼接、拆解與重構，啟發我們重新思考傳統魚梯固定、不可調整的耗材工程形式，且目前市場上尚未有可隨環境變遷即時調整的魚梯設計。

### (四) 與氣候變遷之關係

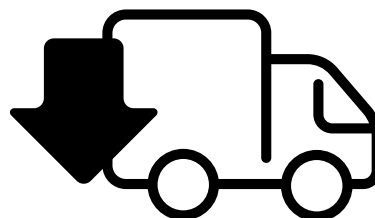
我們發現因為氣候變遷的關係河道容易受極端氣候的影響而改變原本的河道型態，進而導致魚梯也無法適合魚類洄游，需要將魚梯重建或是整修，此時需要花費更多材料與運輸來改善，因此我們希望能透過我們模組化魚梯的設計，可以直接改變拼接排列方式，降低魚梯適應河道改變重建的需求。另外將稻殼農廢料再生製成魚梯，減少農廢料焚燒掩埋對氣候的負面影響。稻殼取代混凝土製作的同時也可以降低生產的碳排放及運輸的碳足跡。



降低魚梯適應河道改變  
重建的需求



減少農廢料焚燒掩埋對  
氣候的負面影響



降低生產與運輸過程中  
的碳排放

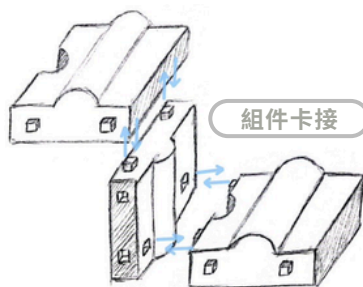
### 三、作品說明圖

#### (一) 設計目標

根據以上的問題與動機，我們的產品目標是將**魚梯模組化並結合具有淨水功能的農廢料再生永續材料進行設計**，讓魚梯不只能讓魚類等生態適居及洄游，同時又可以過濾排入河流的污水，最後達成生態復育及降低農廢料焚燒對氣候的負面影響。

#### (二) 設計發展過程

##### 魚梯單元模組化



將魚梯拆解成單元模組並可以組件卡接做為發想，讓魚梯可以根據不同河道狀況調整。

##### 結合淨水與魚群棲地的造型



設計不同造型且適合魚群棲地的單元模組，並嘗試濾水藻網淨水的方式。

##### 不同造型及材料發想



思考各種造型及淨水材料的可能，發現稻殼為更適合且環保的材料，以農廢料再利用。

##### 農廢料運用及最終設計



最終決定為曲度造型及組合後網狀濾水的稻殼再生永續材料的方式。

#### (三) 再生永續材料運用：以稻殼農廢料及淤泥製成

##### 1. 選擇稻殼的原因

##### (1) 台灣本地稻殼廢料量最大，取得成本遠低於其他材料

全球稻米產量約5.2億噸 → 會產生約1.04億噸稻殼 → 燃燒後全球每年會產生 1,800 萬至 2,100 萬噸稻殼灰

稻米在全球產量大，產生的稻殼量燃燒後每年會產生 1,800 萬至 2,100 萬噸稻殼灰，如果直接焚燒會對氣候產生負面影響，且在台灣每年稻殼產量超過 40-50 萬噸，採用稻殼作為製作材料來源集中且供應穩定，對環境負荷小。

資料來源：[National Center for Biotechnology Information](http://NationalCenterforBiotechnologyInformation)

##### (2) 稻殼生物炭孔隙多，可去除多種污染物

燃燒稻殼會碳化產生稻殼灰，提供多孔結構與較大比表面積，提升吸附效率。其他材料通常只對某一類污染物有高效，但稻殼是全方位效果最平均且實用的材料。

稻殼灰裡的二氧化矽含量高達90% → 表面帶負電 → 大部分重金屬帶正電 → 正負相吸產生自然吸附

碳化稻殼可吸附：

- 重金屬 $Pb^{2+}$ 、 $Cd^{2+}$ 、 $Cu^{2+}$ 、 $Cr^{3+}$ 等：經化學活化、鹼處理、負載氧化物後吸附
- 營養鹽 $PO_4^{3-}$ 、 $NH_4^+$ 、 $NO_3^-$ ：經 Mg、Al、La 等金屬改性後吸附
- 有機物COD、BOD：作為活性炭或高溫生物炭，可吸附有機染料與降低 COD

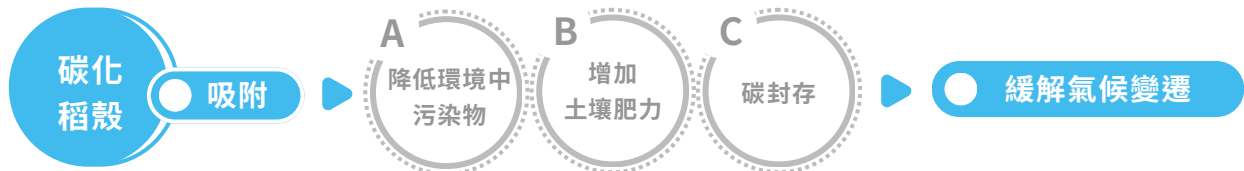
資料來源：[International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology](http://InternationalJournalforResearchinAppliedScienceandEngineeringTechnology)

### 三、作品說明圖

#### (3) 稻殼材料對生態友善，可與水生植物整合

稻殼為天然材質，對魚類及生物無毒，與水生植物根系，如絲草、香蒲結合可形成複合生態濾層。

#### 2. 稻殼的額外益處



- (1) 固定與截留營養鹽：可減少下游藻類暴發，降低優養化風險。
- (2) 促進微生物增加並提升污染物降解：生物炭為微生物提供附著表面與微環境，提升微生物活性與多樣性，加速有機污染降解。
- (3) 利於碳封存與溫室氣體管理：生物炭把碳固定為惰性碳態，某些條件下降低  $N_2O$  等溫室氣體排放。資料來源：[National Center for Biotechnology Information](#)

#### 3. 稻殼灰加淤泥製成的原理與優點

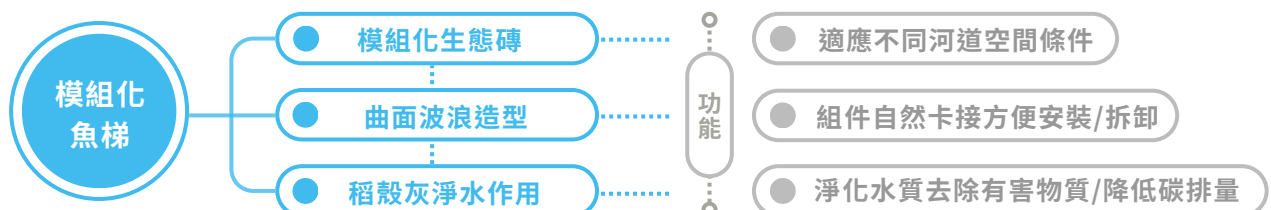


#### 優點

- (1) 技術面：
  - 良好煅燒的 RHA 含大量無定形二氧化矽，可與水泥水化產物反應，填補孔隙並提升強度與耐久性。
  - 某些淤泥含黏土、礦物組成，燒結後可形成穩定的陶瓷相，適合做傳統燒結磚。
- (2) 環境面：
  - 減少填埋、封存、降低水泥使用可以削減  $CO_2$  的排放，並有助解決淤泥處置壓力。
- (3) 經濟面：
  - 取得容易且成本低
  - RHA 與淤泥多為低或負成本原料，雖需運輸與前處理，但整體成本通常低於純天然黏土或全水泥配方。資料來源：[IJESRT Research](#)

#### (四) 設計構想

魚梯以模組化為主要特點，方便組合及拆卸，符合各地區域。並且結合稻殼灰的淨水及吸附作用，去除水中的有害物質以及降低碳排量。

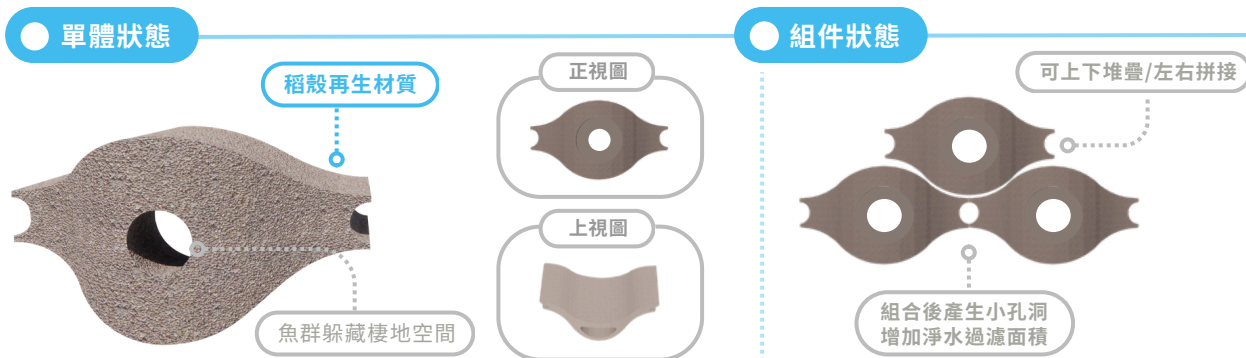


### 三、作品說明圖

#### (五) 作品設計圖

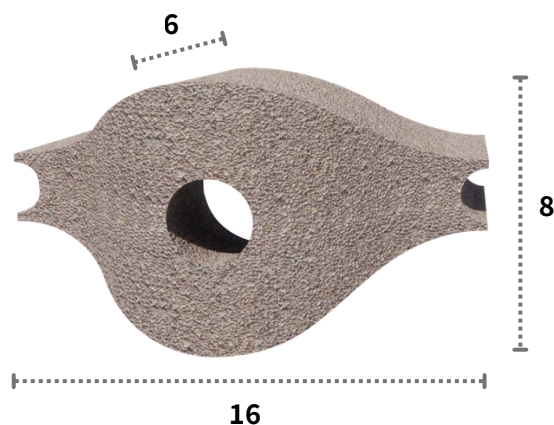
##### 1. 單元體設計

造型採用曲面波浪造型，使其在上下左右不同角度能夠自由卡接，並且無須卡扣零件即可固定，**排列時可自由控制組件的寬度、長度和深度**，可適應不同河道環境進行模組化魚梯的不同排列組合。



##### 2. 單元體尺寸

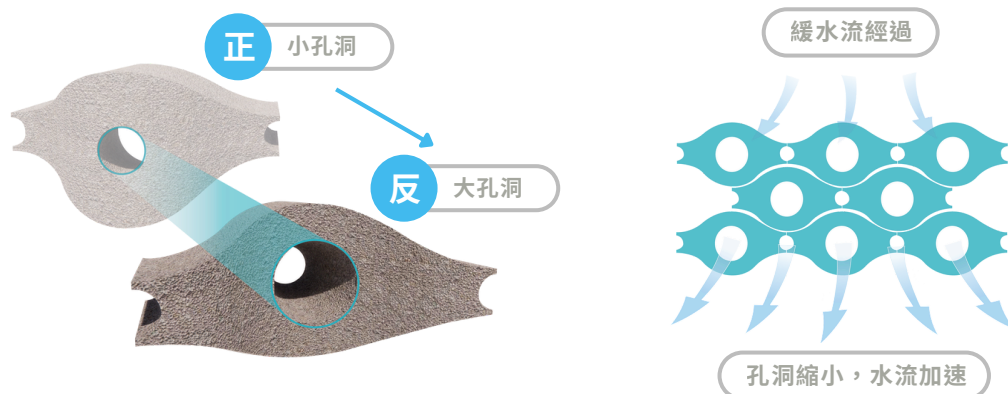
本產品單體尺寸為長16cm、寬6cm、高8cm，採適中比例設計，兼顧水流通過效率與結構穩定性。其尺度可靈活應用於不同河道條件，並透過模組化組合延展整體長度與範圍，以滿足多樣化的魚類洄游需求。



單位:公分

##### 3. 單體孔洞特色

孔洞設計由大至小漸變，形成自然的拔模斜度，避免垂直壁面造成卡模問題，並降低模具與材料間的摩擦與阻力，使製作過程可採用單向抽芯與簡化模具結構，無需複雜分模。同時，水流通過較小孔洞時會產生局部加速，形成明確的流向訊號，利用魚類逆流而上的本能，提供清晰的上游指引，引導魚群順利辨識洄游路徑。

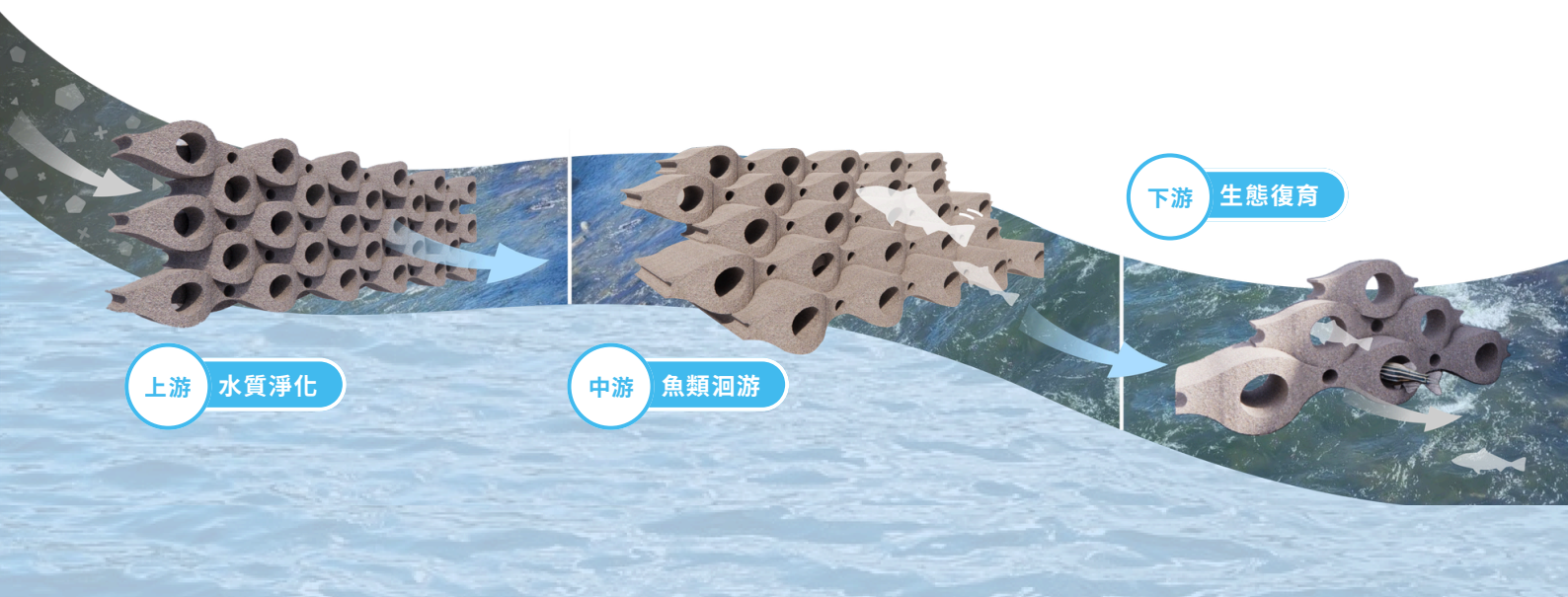
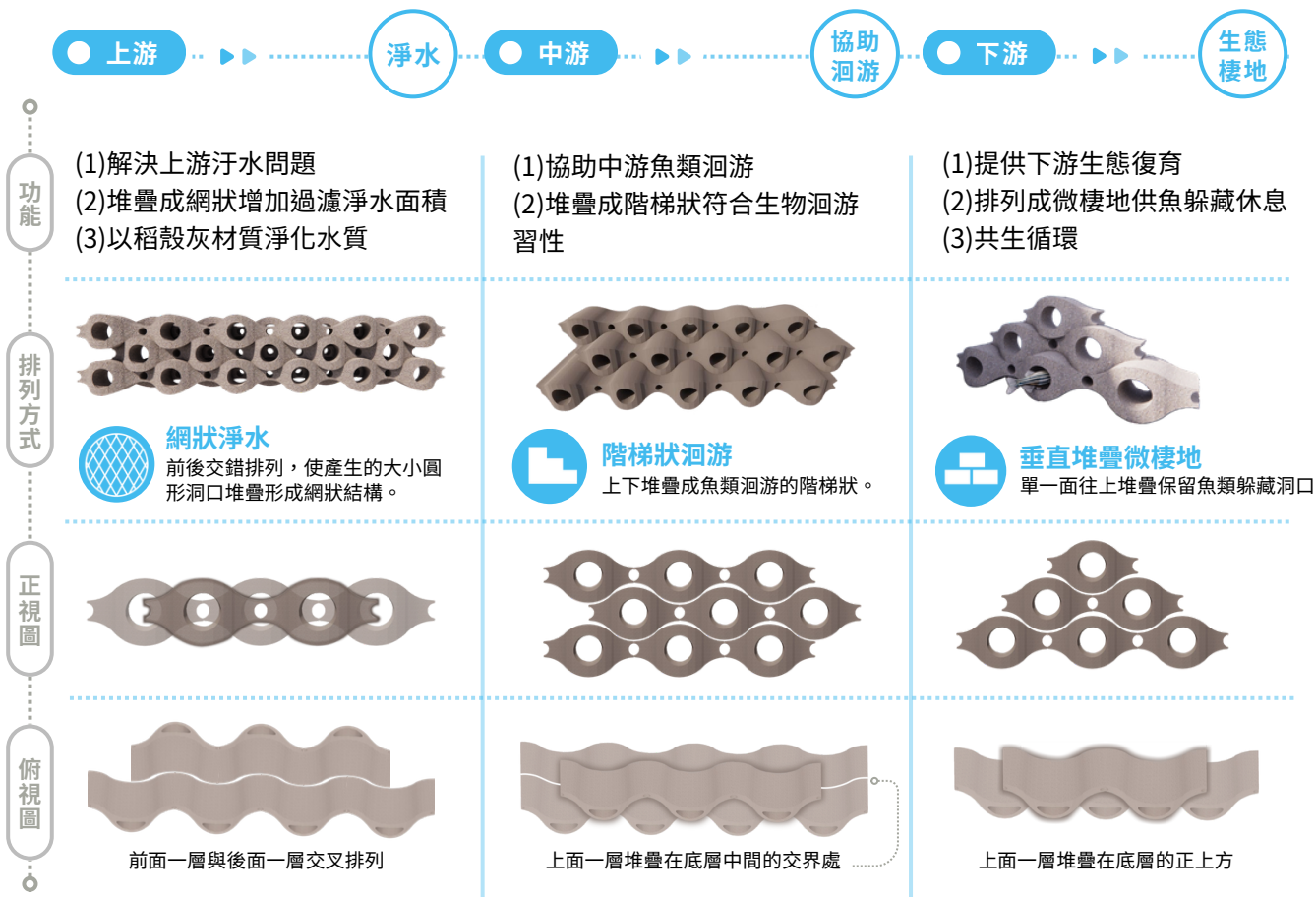


### 三、作品說明圖

#### (五) 作品設計圖

#### 4. 作品的運作說明與使用情境

模組化魚梯針對水圳上游汙染、中游洄游斷鏈、下游棲地貧乏不同河道區域的問題，透過三段式生態修復模組化魚梯的不同排列的設計，並結合稻殼再生永續材質建構，讓淨水、遷徙與共生重新回到這條水中之路，同時減少碳排量的產生。



## 四、作品應用範圍及發展潛能

### (一) 應用場景

本產品可廣泛應用於水壩、運河、水圳、河川及水庫等多種水域環境，特別適用於因水利設施而造成生態阻隔的場域。透過模組化配置，可依不同水文條件與地形彈性調整，協助建立連續的水域通道，恢復魚類洄游路徑，並提升整體水域生態連結性。



● 水壩



● 運河



● 水圳



● 河川



● 水庫

### (二) 便利性

#### 1. 替換週期



本系統具備彈性的替換週期機制，模組可依實際損耗程度進行局部更換，無需整體拆除，提升維護效率。同時可根據沖刷、淤積或淨化效能調整替換時機，有效延長整體系統壽命，並降低長期維護成本與資源消耗。

#### 2. 災後修復



具備良好的災後修復能力，可快速拆除受損模組並即時替換，迅速恢復魚梯功能。模組材料可就地取材（如再利用淤泥），有助於加快補充效率，且無需進行大規模重建，有效降低工程時間、成本與對環境的擾動。

#### 3. 運輸與組裝



本系統在運輸與組裝上具高度效率，單體採預製設計且體積適中，便於分批運輸；透過模組化拼接，可快速完成組裝與拆卸，減少對大型機具與傳統濕作業的依賴。同時結合在地材料應用，降低運輸距離，進一步減少碳排放。

## 五、預期成果及可行性評估

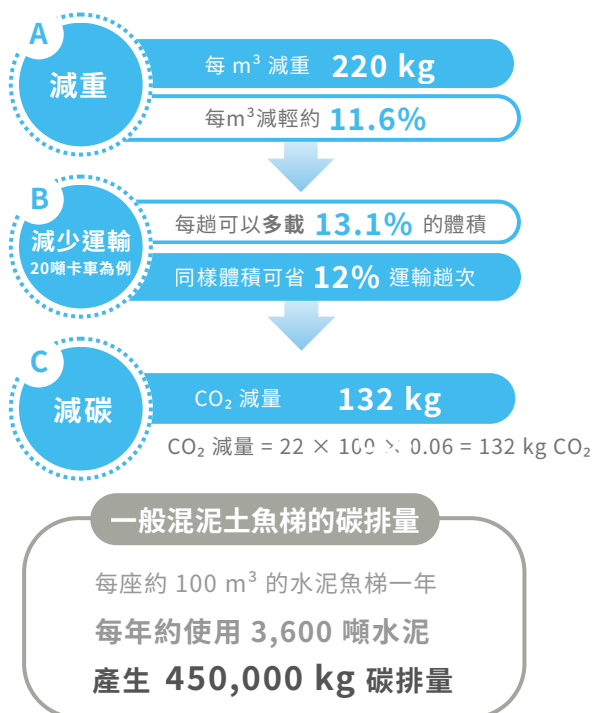
我們希望能透過模組化魚梯的設計以及稻殼再生永續材質的運用，改善水質汙染、生物多樣性消失、魚類洄游受阻以及目前魚梯的固定設計無法適應氣候變遷下河道容易受改變的問題，同時也降低二氧化碳的排放量，達成水質淨化、生態復育及減少農廢料焚燒掩埋對氣候的負面影響。



### (一) 環境面：降低碳排放，農廢料再利用

透過稻殼農廢料製成的魚梯，可以間接減少混凝土製作所產生帶來的碳排量。台灣每年新建和整修的魚梯數量為約10-15座，若用稻殼+淤泥製成的模組化魚梯，可以減少稻殼農廢料直接焚燒及運輸上的碳排量，根據以下估算每年總共可以減少226,980 kg的碳排量。

(1) 稻殼+淤泥製成的模組化魚梯比一般水泥魚梯還要輕、減少運輸及碳排量的數據



(2) 稻殼+淤泥製成的模組化魚梯減少的碳排量



### (二) 生態面：淨化水質，協助魚類洄游

運用稻殼材質可以淨水的特性，解決水質汙染的問題，提供生物有乾淨的棲地環境，並且透過模組化的結構因應極端氣候容易造成河道改變的問題，能夠更快速的調整魚梯排列，協助魚類順利洄游。

## 五、預期成果及可行性評估

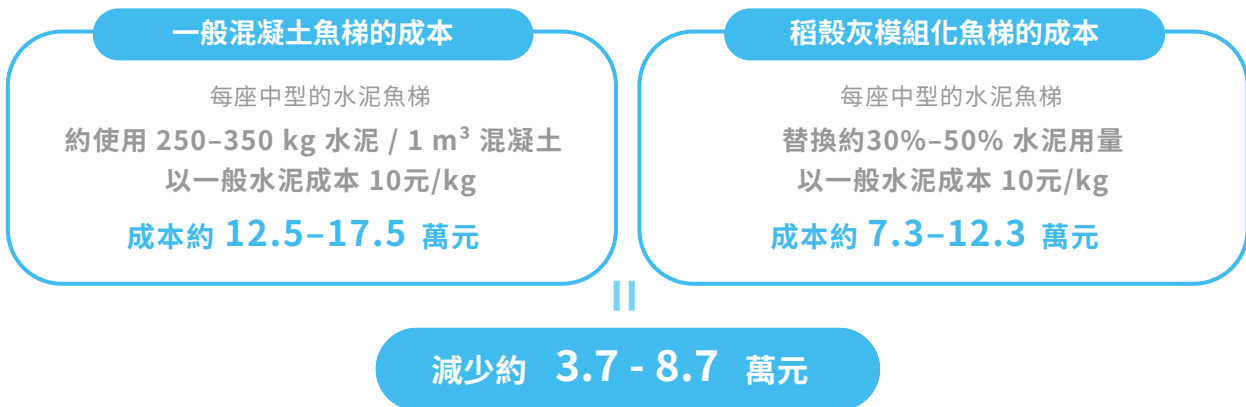
### (三) 生產經濟面：成本降低，生產及運輸更方便

因為稻殼取得容易且成本較低，模組化的設計讓生產者無須直接在河道現場裝修，可以直接在製造廠將魚梯單元體製作完成，在運送到現場直接做拼接排列，提升生產效率以及安全性，整體對生產者能夠減少成本與生產的方便性。

#### 1. 經濟效益

- 碳排放減量 — 水泥製造為高碳排產業，稻殼灰作為替代材料可有效減碳
- 廢棄物再利用 — 減少稻殼焚燒造成的空氣污染，同時降低水庫淤泥棄置問題
- 資源消耗降低 — 降低砂石、水泥等傳統建材的運輸需求

#### 2. 成本換算



### (四) 相關SDGs



- 促進水質淨化機制
- 改善河道水流循環與自淨能力
- 減少傳統工程對水域的污染影響



- 應用於都市水圳、運河等基礎設施
- 提升城市水環境的安全與韌性
- 支持災後快速修復與在地維護



- 降低水泥使用與碳排放
- 在地材料減少運輸碳足跡
- 提升面對極端氣候的修復能力



- 恢復魚類洄游路徑
- 重建水域生態連結
- 提升水域生物多樣性

## 六、工作分配

陳婉婷	模型開發製作、說明書撰寫
黃以容	模型開發製作、海報製作