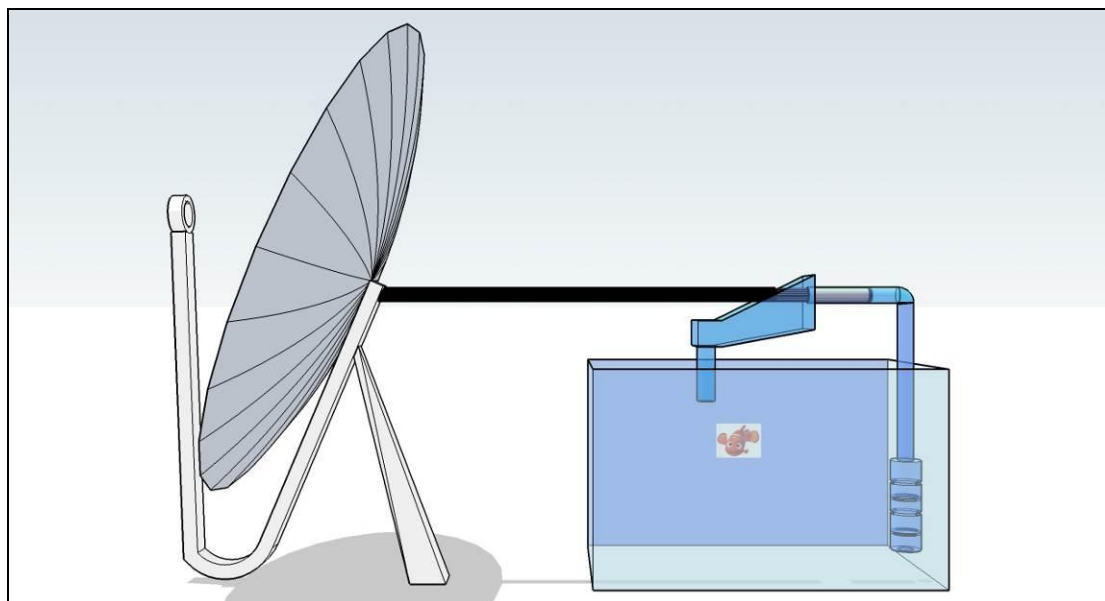


2011 東元科技創意競賽 | Green Tech

作品企劃書 Solar aquacleaner



目錄

目錄	1
一、研究背景與動機	2
二、作品簡介	5
2-1 實驗裝置	5
2-2 太陽能聚光器	5
2-3 光纖反應器	7
三、實驗步驟	9
3-1 聚光器集強度測試	9
3-2 光觸媒製備與覆膜	10
3-3 光觸媒分解酚實驗	11
四、實驗結果與可行性分析	12
五、未來展望與對東元競賽的期望	14
六、參考資料	15



一、研究背景與動機

任何產業發展都想要持續獲利，因為持續獲利的保證往往是經營者考量的第一必要條件，但是在這個重視綠色能源的時代，產業除了思考要如何獲利外也必須加入節能減碳的概念，以求達到永續經營的理念。所謂永續發展即任何發展必須要具備在滿足這一代的需求時，不能減少滿足下一代需求的能力，為了達成這項條件，綠色能源是我們考慮的首要能量來源，而在所有的綠色能源中，太陽光取之不盡、用之不竭。

鑒於近日各項有關氣候變遷造成糧食危機的報導，以及中國、印度崛起增加了肉類性蛋白的需求，使畜牧養殖產業受到全世界的重視。然而由於近年來的濫捕，自然的漁業資源逐漸枯竭，許多稀有的魚類也漸漸在地球上絕跡，故人類在漁業方面必須將重心移向養殖上面。也是因為如此，我們才決定將所學運用在水產養殖業上，希望能夠盡微薄之力讓這產業能夠更加地永續化。

水產養殖業，如同其他農漁業，對水土資源也有密切的需求及依賴。在不合乎永續概念的經營下，水土資源量的供應與質的改變若無法滿足產業的需求，不但限制了產業永續的發展，甚至造成產業本身不易回復的傷害。同時也因水土資源未能有效利用或被誤用而損及水土資源的再生能力，並對環境生態產生負面的衝擊及潛在性的危機，這些都已使得水產養殖蒙上不光彩的公共形象。[1,2] 對於養殖漁業而言，不論是病毒感染、水源汙染、溫度控制等等，都和水產品的質量及產量息息相關。為了追求更好的水產品產「值」及產「質」，完善的水質品質控制是很重要的。我們企圖藉由光觸媒能幫助有機物分解來增加水質潔淨的效果，也希望能引導太陽光做為光觸媒的光源以達到節約能源的功效。

台灣由於土地資源有限，故淡水養殖業多採高密度的養殖方式。但是這種高密度的養殖方式，會使得魚塢中殘餘的飼料與生物排泄物量大增，造成氨氮及亞硝酸氮濃度明顯的提高，導致養殖生物不易存活。為了解決此問題，業者須不斷地將乾淨的地下水注入魚塢以維持養殖環境，然而此做法需要耗費大量能源在抽水機的運作及廢水的處理上，還會導致地層下陷破壞生態環境。

循環水養殖法是另一種養殖方式，可以解決在高密度養殖方法中，需要大量換水的缺點。一般的循環水養殖系統使用沉澱池及物理過濾去除飼料殘餌及魚蝦糞便後，會再使用微生物處理來將水中毒性較強之「氨態氮」及「磷酸鹽」的去除，以達到淨化水質的目的。然而就微生物處理來說，此法無法除去生物不可分解性的有機物質（如酚等），而一般處理有機物質的方式，便是加入對環境影響極大的強氧化物，效果佳，但是對於環境不友善。故我們團隊期望可運用無毒的光觸媒，在陽光的照射下，催化分解這些微生物無法處理的有機物質。[2,3]





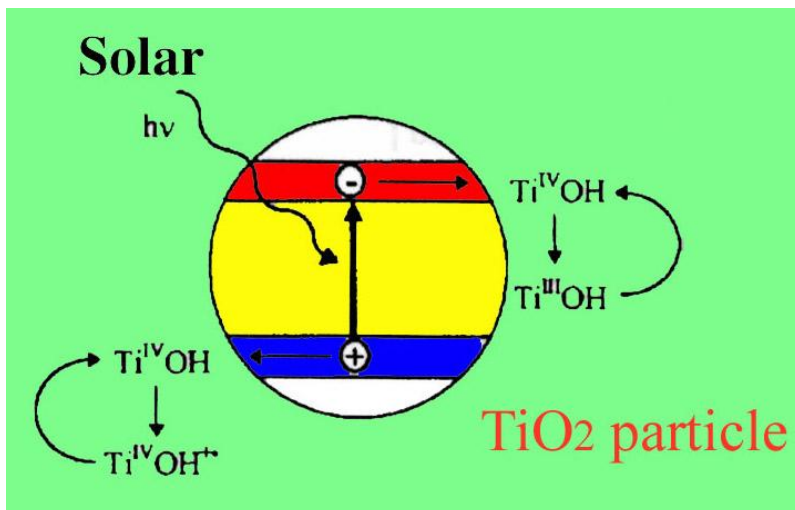
圖一. 農委會水產試驗所之室內超集約循環水養殖系統[4]

在親身訪問過北部幾家養殖漁業者後，從中了解目前養殖漁業的水質淨化流程。對於高密度養殖漁業而言，要如何將有限的水資源重複利用是個十分重要的議題。據我們整理資料後了解，目前其水質淨化流程大抵可分為「物理(固體)過濾」→「有機物分解」→「活性炭吸附過濾」→「曝氣」→「調控 PH 值」→「打氣、增加溶氧量」等等步驟。儘管各個養殖場的水質潔淨步驟順序略有不同，以上幾個項目皆是不可或缺的。過濾大多使用沉澱法或機械過濾法去除懸浮固體物質。有機物分解則有許多各式各樣的選擇：如以生物化學法、凝聚法、物理化學法、泡沫法或微生物分解法處理之。而後，以活性炭吸附農藥與色素。接著再透過曝氣使池中大小顆粒沉澱以及剩餘的有機物分解。在調控 pH 值之前，有時候也會利用螯合劑或離子交換樹脂除去重金屬離子。最後再調控 pH 值及透過打氣增加溶氧量，使水質適合魚蝦們生存繁殖，才回流到養殖池當中。[1,2]

然而，台灣大多數的水產業仍以抽取地下水作為主要水源，將養殖用水重複利用的循環水養殖法尚屬少數。儘管如此，台灣養殖漁業已屬成熟的產業。前述水質潔淨的種種步驟與重點，大部份的技術皆已領先國際。在眾多造成高密度水產養殖難以發展的因素當中，與水質淨化最相關的就是「有機物的分解」。透過水中細菌的培養及生態系的建立，往往能將生物可分解有機物順利分解，但是，氮化物、亞硝酸、酚等生物難以分解的有機物，就成為了高密度水產養殖業的一大阻力。

於是我們團隊希望利用光觸媒，透過太陽光進一步分解，達成永續經營、節約能源的夢想。當二氧化鈦光觸媒受到大於二氧化鈦能隙寬度能量的光線照射後，電子會從價電帶躍遷至導電帶，因而產生電子-電洞對。其中電子具還原性，電洞具氧化性，電洞會和二氧化鈦表面上的 OH^- 反應生成氧化性很高的 $\cdot\text{OH}$ 自由基，電子則會和氧分子結合形成超氧離子 ($\cdot\text{O}_2^-$)，活潑的 $\cdot\text{OH}$ -自由基和超氧離子會把有機物分解，生成二氧化碳和水，因而達到潔淨效果。[1,2,5,6]





圖二. 光觸媒反應示意圖

在高密度水產養殖漁業當中，水質的潔淨與否即是該產業生存與獲利的關鍵，為了兼具質與量，甚至考量到成本及永續經營的觀念，我們希望利用太陽光聚光器做為光觸媒的能源來源，不只是兼具綠色能源、生態保護及零污染等優點，更可以降低操作成本。另外，考量到商用觸媒粉末可能會汙染養殖漁池，因此我們將自製光觸媒凝膠塗佈於蜂巢式載體之中，加溫鍛燒後，於蜂巢式載體中形成光觸媒薄層，不易脫落的光觸媒薄層將不會增加養殖池的固體懸浮物含量。

在本創意研究計畫當中，我們選定酚做為目標有機物，希望能利用光分解反應降低其濃度，在遵循《優良水產養殖場作業基準》下，期望能使酚的濃度由 10ppm 降至 1ppm 以下，符合《地面水體分類及水質標準》達到「一級水產用水」、「二級水產用水」等用水標準。[5,7,8] 在實驗室等級的測試過後，希望能取用室內觀賞魚或養殖漁業用水做為測試，更進一步的將此一技術發揚光大並落實產業運用。未來更進一步的研究計畫希望能具體降低養殖廢水中的 BOD、COD，增進潔淨水質的效率。如此一來，可以縮短曝氣時間、減少化學投藥量及養菌量，利用太陽光驅動光觸媒即可減少養殖漁業用水中的有機物濃度。以上便是我們團隊的短期目標。

為了將這方面的技術有效地與現今養殖產業技術結合，使得台灣高密度養殖產業更進一步領先國際。我們的長期目標便是尋找在台灣的高密度養殖漁業與其合作之，如此一來，就可以更加確認本實驗計畫的可行性及實用性。

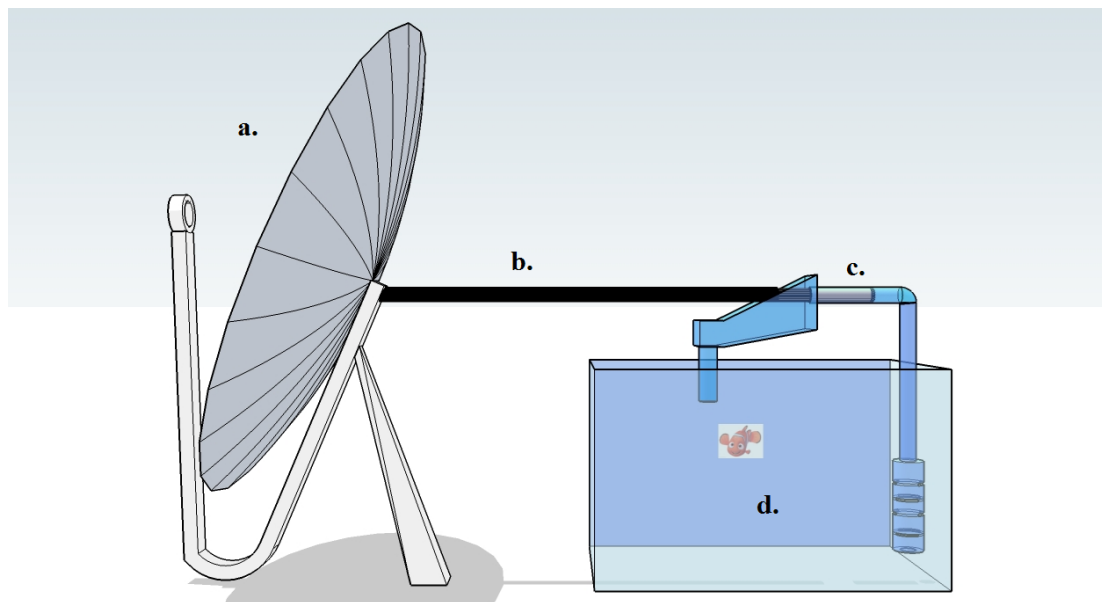


二、作品簡介

本研究團隊的創意作品如下，命名為 Solar aquacleaner，意義為使用太陽能進行水質淨化。綠色節能、節能減碳是作品的核心概念。以下為示範模型各部位詳述：

2-1 實驗裝置

Solar aquacleaner 主要目的為利用太陽光分解養殖漁業廢水中的污染物。為了能將此循環的使用能源降至最低，我們以太陽光源為動力，驅動光觸媒光催化反應。因此我們設計出的實驗示範模型，如圖三所示，主要分為三部分，首先為太陽光能集光器，其次為使用蜂巢式載體覆載光觸媒，並嵌入光纖的光反應器，最後是魚缸(規模放大後可應用於養殖漁業)。

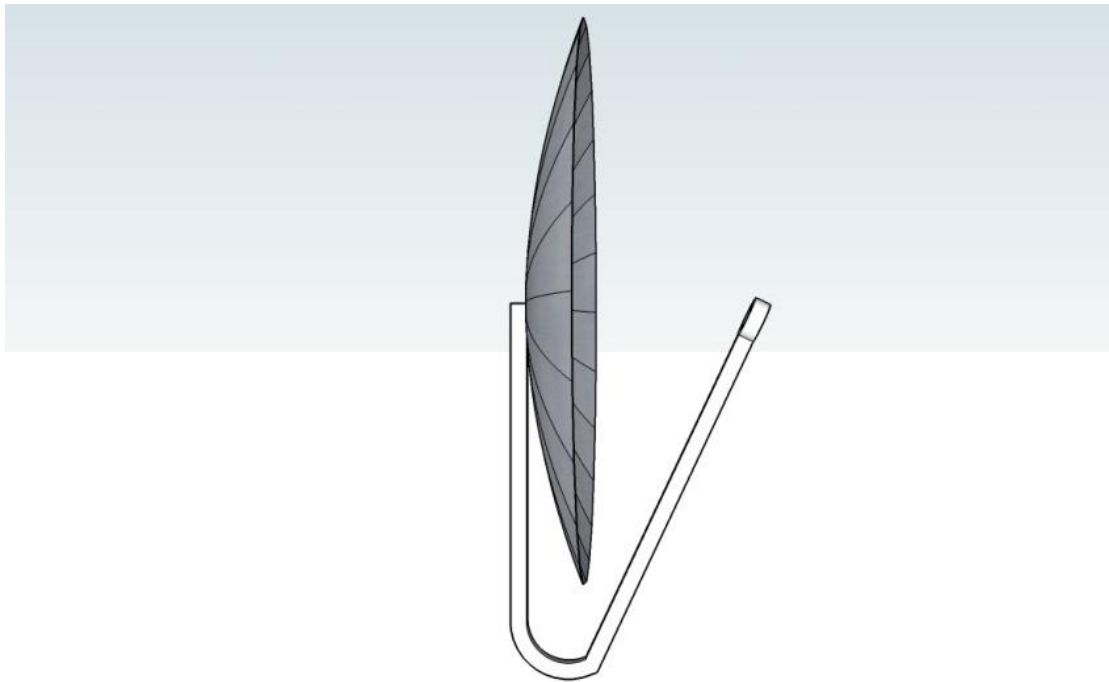


圖三. Solar aquacleaner 示範模型設置圖(a).太陽能聚光器；(b).光纖；(c).光反應器(光觸媒、蜂巢式載體、)；(d).魚缸

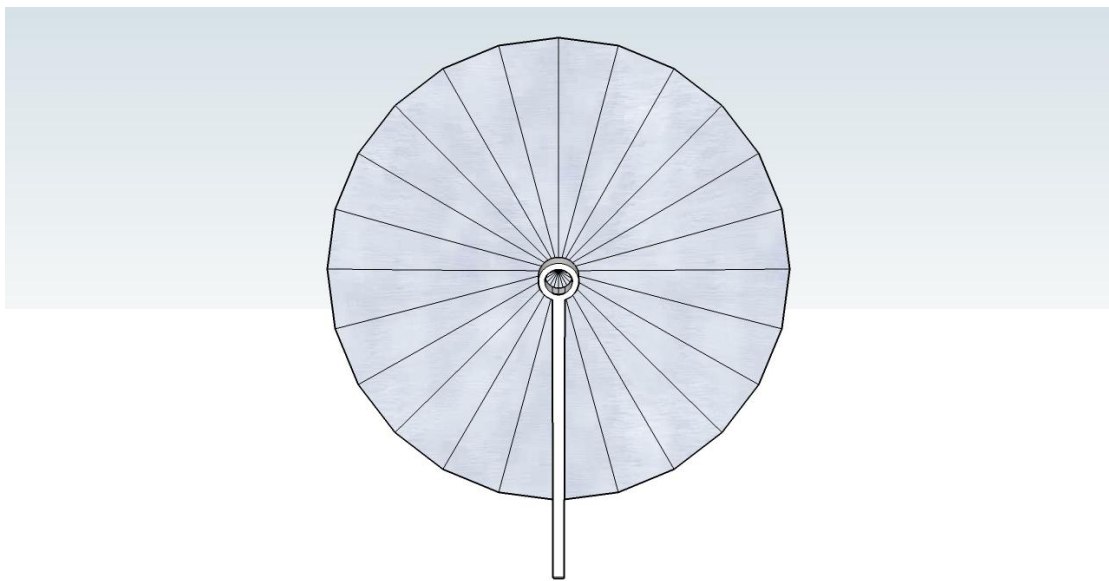
2-2 太陽能聚光器

太陽光能聚光器是利用回收的市售碟型天線改裝而成，如下圖四、圖五。考量原因有以下二點，第一，聚光器材質為鐵質鍍鋅(鐵的熔點： 1538°C ；鋅： 420°C) [9]，在太陽光照的高溫下，化學與熱穩定性佳；第二，碟型天線的焦點固定且精準。如此一來，便可集中光能於準確的焦點，避免光在反射過程中的能量損失。而在碟型天線的表面則是貼上市售 PET 鍍鋁反光膜，作為反射光的材質。此集光器在晴天進行光反射聚焦實驗，可於一分鐘內將置於焦點的普通白紙加熱並燃燒。





圖四. 太陽能聚光器側視圖

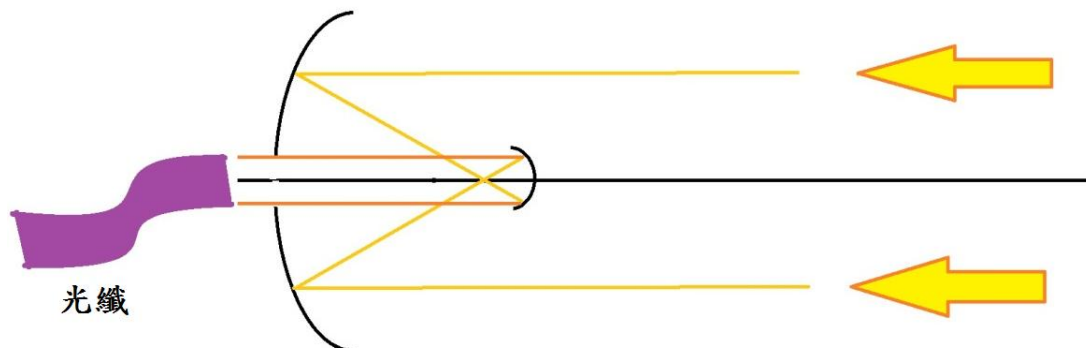


圖五. 太陽能聚光器前視圖

為了節省裝置使用之空間，我們在碟型天線焦點後安裝一個直徑約 5~10 公分之凹面鏡（與天線共焦點），進而將聚焦於焦點的光以平行主軸之方式反射至碟型天線之凹面。並於碟型天線焦點處接上光纖，將二次反射光以光纖傳送至光觸媒反應器，太陽能聚光器運作原理詳見圖六。



太陽能聚光器在這個實驗配置中扮演提供反應所需光源，因其具有拋物面鏡的結構，故可將大面積的光能量聚焦在較小的面積上，使得聚焦處得到很高的能量，以增加反應速率並達到節省能源的效果。

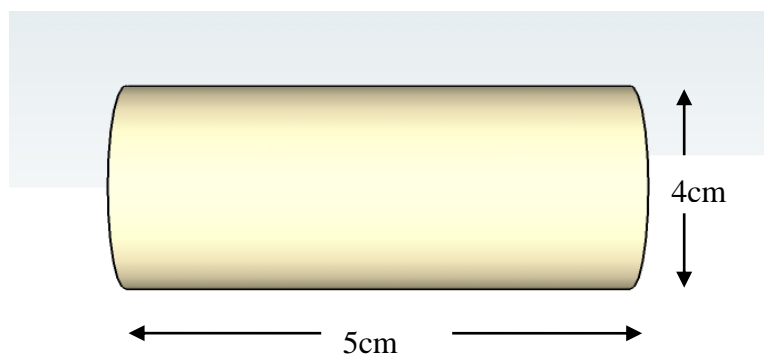


圖六. 太陽能聚光器運作原理

2-3 光纖反應器

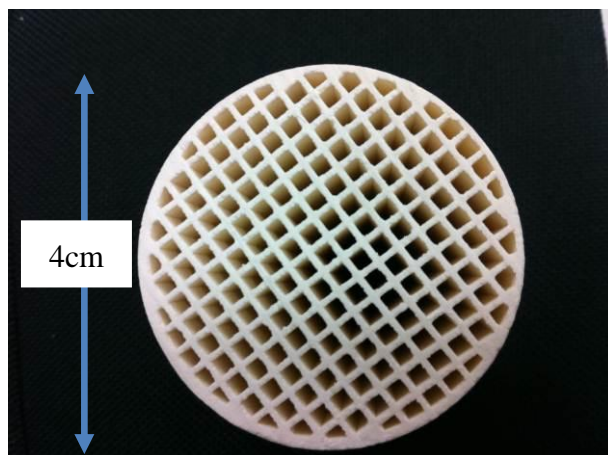
蜂巢式光纖反應器是整個作品的核心要件。蜂巢式載體為陶瓷材質，形狀為圓柱狀，長 5cm，直徑 4cm，孔徑 2mm，用來作為光觸媒的載體，同時也是去除水中污染物的主要反應處，如以下圖七至九。我們將載體浸泡在光觸媒(二氧化鈦)溶液中，再放入高溫鍛燒爐鍛燒製成，之後光觸媒可以在載體表面形成薄層。為了延長光在載體通道中的路徑，本研究使用材質為 PMMA(Polymethylmethacrylate)的光纖，嵌入載體中。若無嵌入光纖，光只能照射到載體通道內的前段，中後段光觸媒會因為無法照到光而不能進行反應。相反地，若是在載體中嵌入光纖，可使光線照亮整個通道，讓中後段的光觸媒也能和欲去除之污染物進行反應。

選擇蜂巢式載體是因為流體流經時，進口端和出口端之壓力差小，表示流體並不會因為此裝置造成太多的摩擦損失，所以馬達不需消耗太多能量來運輸流體，故可節省能源。而且因為蜂巢式載體為多孔性構造，故可增加反應的表面積，以增加分解污染物的速率。

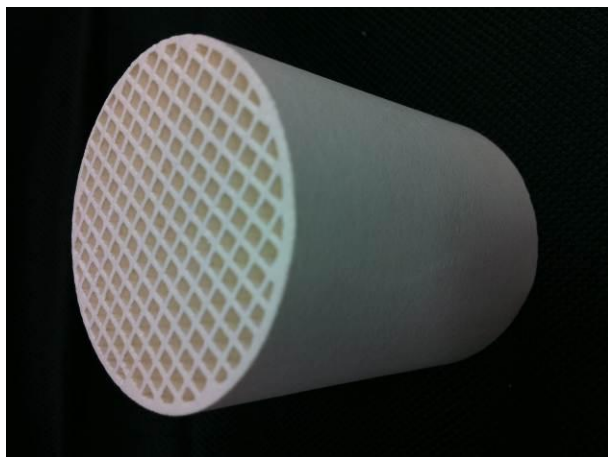


圖七. 蜂巢式載體側視圖





圖八. 蜂巢式載體前視圖



圖九. 蜂巢式載體實照

因為想將此裝置應用於高密度養殖漁業，所以設置魚缸養魚來模擬由魚類生存所需所製造的水污染物質，並架設外部循環裝置潔淨水質。魚缸大小為內層長 43cm,寬 28cm,高 30cm，厚度為 0.8cm，可裝載 25~30 公升的水。我們在循環系統中加入蜂巢式光纖反應器進行有機物光分解反應。初步選定酚(phenol)做為標的物，而後將魚缸內未處理及處理過後的水分別進行檢測，再進一步評估蜂巢式光纖反應器的效能優劣。



三、實驗步驟

作品想法很重要，但是可行性也是很重要的一環，為了分析本作品之可行性，本團隊做了三個部分的實驗：(1). **聚光器集光強度測試**—我們想知道我們自製的太陽能聚光器是否真的可以聚集光線，又光線強度會是多少，是否足夠提供給我們的光反應器使用。(2). **光觸媒製備與覆膜**—我們使用自製的光觸媒溶液，將光觸媒覆膜在蜂巢式載體上，其後使用 X-光粉末繞射儀與掃描式電子顯微鏡觀察光觸媒的晶相與覆膜情形。(3). **光觸媒分解酚實驗**—欲得知光觸媒分解酚的能力，我們使用光觸媒粉末與調配好的固定濃度酚的溶液，進行光反應。以下為詳述三個實驗的實驗參數。

3-1 聚光器集光強度測試

本團隊以碟型天線(盤)做為太陽聚光器(如圖十)，由肉眼判斷，碟型天線的鋅質塗層對可見光的反射不甚理想，所以我們在天線凹面處貼上反光材料，用來將太陽光反射至拋物面的焦點上。而在反光材料的選擇上，考慮用以下二種便宜易取得的材料：市售鋁箔(無黏貼紙)與鋁箔貼紙；我們一開始使用鋁箔時，發現鋁箔對光具有不同的反射方向，較難以直接聚集到特定焦點上。接著使用鋁箔貼紙(如圖十一)做為反光材料，發現其對光具有一定的反射度，且在晴天艷陽下(上午十點到下午兩點期間)，進行光反射聚焦實驗。其後使用光強度偵測器(photometer)偵測焦點處之光強度。



圖十. 碟型天線



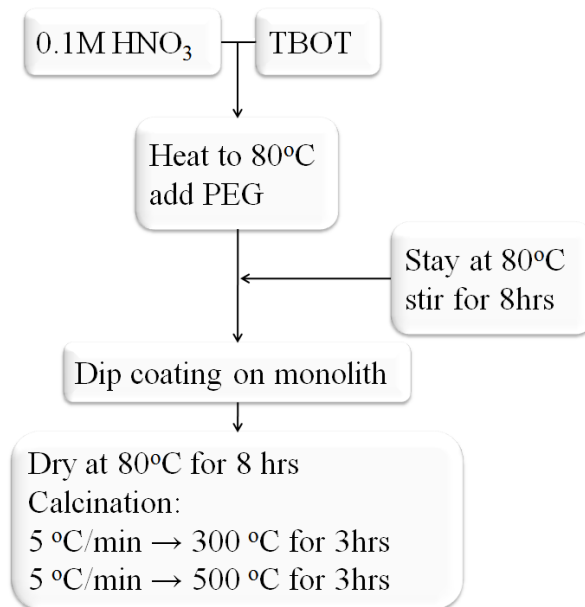


圖十一. 貼有鋁箔貼紙的碟型天線

3-2 光觸媒製備與覆膜

TiO₂ 覆膜溶液的製備方流程如圖十二所示，取莫耳數比 1：6 的鈦酸四丁酯（Titanium tetrabutoxide, TBOT）與硝酸，將鈦酸四丁酯緩緩滴入 0.1M 的硝酸溶液，加熱至 80°C 後添加適量之增黏劑聚乙二醇(Polyethylene glycol, PEG)，持溫於 80°C 並攪拌 8 小時，使 TBOT 緩緩水解。其後便可以得到白色透明之溶液，使用含浸塗佈法（Dip coating）將光觸媒覆載於蜂巢式載體，並使用高純氮將因毛細現象而留在蜂巢式載體孔洞中之溶液吹出後，觸媒溶液便會在載體表面上形成微米等級的觸媒層。含浸後的蜂巢式載體以 80°C 烘乾 8 小時後，用每分鐘 5°C 的升溫速度升溫至 300°C，持溫 3 小時，目的是為了去除所添加的 PEG。接下來以每分鐘 5°C 升溫至 500°C，持溫 3 小時，目的是使觸媒形成銳鈦礦（anatase）的晶相。藉由溶液填滿載體表面孔洞並形成光觸媒薄膜於載體上，重複浸泡與烘乾、鍛燒可以讓載體表面上覆載上大量觸媒。本研究使用 X-光粉末繞射儀(X-ray Diffraction, XRD)檢測光觸媒的晶相。



圖十二. TiO₂ 溶液製備方式

3-3 光觸媒分解酚實驗

由於酚紫外光-可見光(UV-Vis)光譜中，在 270nm 處有明顯吸收波峰，所以本實驗選用紫外光-可見光光譜儀(UV-visible spectrometer, VARIAN Cary100, $\lambda = 200 \sim 800\text{nm}$)作為分析儀器。反應前均使用光譜儀量測溶液的吸收波峰強度，讀取波段 200 至 500nm，觀察 270nm 處的光譜吸收強度，即可得知光觸媒是否能將酚分解。

本實驗調配濃度為 20ppm 的酚溶液 6mL，加入 0.02g 的 Anatase 晶相的 TiO₂，使用波長為 320 至 500nm 之紫外光照射，使用的光強度為 1.25、2.5、10W/cm²，照光時間為 1 小時。

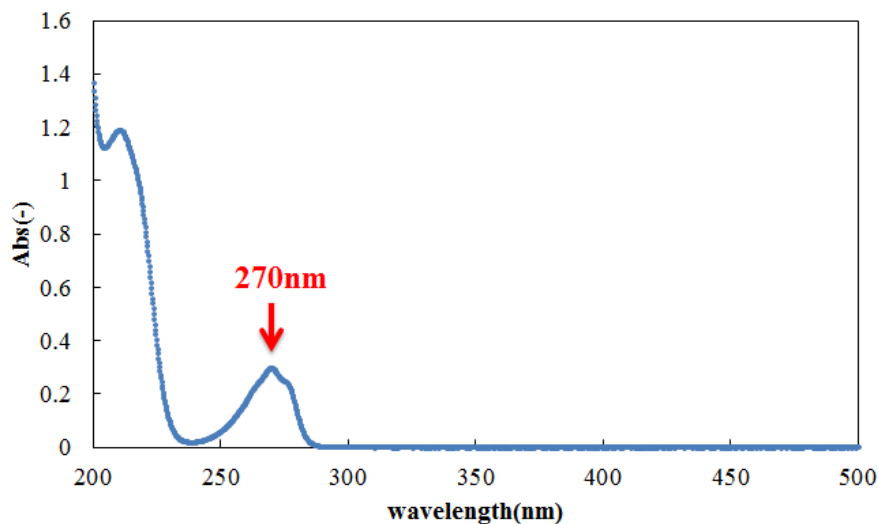


四、實驗結果與可行性分析

實驗結果顯示，單一蜂巢式載體約重 56.2 克，經過覆膜程序之後，重量變為 56.7 克，可得 TiO_2 覆膜重量約為 0.5 克。使用 X-光粉末繞射儀(X-ray Diffraction, XRD)也發現光觸媒均為 Anatase 晶相。

反應前酚濃度為 20ppm，在經過 1 小時光照強度，不管強度是 1.25、2.5 或是 $10\text{W}/\text{cm}^2$ ，反應後濃度使用 UV-Vis 儀器偵測均可發現酚的濃度在偵測極限之下，表光觸媒用於分解酚的能力良好。

又本實驗以自製聚光器發現，在上午十點到下午兩點期間，在焦點處收集到的介於 250nm-600nm 的光強度已大於 $11.51\text{W}/\text{cm}^2$ ，而 UVC 的含量也超過 UVC 偵測器的偵測極限($>20\text{mW}/\text{cm}^2$)。故可得知太陽能聚光器所聚集的光強度是足夠供應光反應器去進行分解反應的。



圖十三. 酚於紫外線-可見光譜儀之吸收波段

根據現有資料，養殖漁業因魚病而造成的損害占總生產額的 8.3%~8.5%。而當魚群染病時，常會投抗生素治療，這方法的花費及殘餘藥物排放對環境所造成的破壞，與改善水循環系統中水質相比其成本高出不少。在蜂巢式光纖反應器中我們使用的光觸媒除了在處理生物可分解或不可分解的有機物都有相當的成效，且具有殺菌之功效，還能夠提高水的品質外，最重要的是其並不會耗費額外的能源亦無操作成本，相當具有市場發展潛力。[10,11]

經過團隊多次討論與修改後，最後決定材料之固定成本如下表一：



表一、 創意作品固定成本分析

品項	材料	價錢
光觸媒	自製 TiO ₂	$---g^*-\text{個}^*-(\text{元}/g)=--\text{元}$
聚光器	碟型天線	$-\text{個}^*---(\text{元}/\text{個})=---\text{元}$
蜂巢式載體	陶瓷製 D40X50mm 孔徑 2mm 四角孔	$---\text{元}/\text{個}^*-(\text{個})=---\text{元}$
導光光纖		$-----(\text{元}/\text{個})^*-(\text{個})=-----\text{元}$
光纖	PMMA	$---(m)^*----(\text{洞})^*--(\text{元}/m)=-----\text{元}$
反光材料	鋁箔貼紙	$---\text{元}/\text{捲}^*(--\text{捲})=----\text{元}$
總計		$-----\text{元}$

由於此反應器不需操作成本，單算其折舊的費用，與投藥花費相比實在便宜許多。而單以目前選定的材料而言，由於是利用光觸媒照光來分解水產養殖污水中污染物(本實驗以酚作為指標)，以技術層面而言，如果系統能提供足夠的光強度，並且找到適當的光觸媒，配合實驗裝置的話，應可達成有效降低水中的酚濃度以達到規定的濃度之下。

在考慮未來量產下，可以將估材料花費較高的碟型天線改成壓克力膜，只要支付一次的開模費用(約-----元)便能降低價格並且將實驗室用的光纖換成較便宜的商業用光纖的話將有機會將成本大幅度壓低。此外，碟型天線在使用時須貼上鋁箔貼紙，以人力成本而言大致需要---小時才可以仔細地貼完全部表面，為減少人力拼貼反光材料於凹面膜上所耗費的時間，可以改用鋁鍍膜的方式以提高產量。



五、未來展望與對東元競賽的期望

我們團隊參與東元競賽，是期望能將所發想的創意成品，結合東元科技的力量，將節能減碳、綠色能源的創意設計發揚光大，並進一步做國際化的交流。在這個能源需求成長快速且環保議題越來越被重視的情況下，我們團隊對於乾淨能源的利用與環境的關懷都十分重視。東元集團的精神「TECO GO ECO」也與我們的願景相同，所以我們在思考競賽題目時，也都以環保為中心去發展。

我們認為，除了期望東元競賽能帶給我們好的影響以外，我們也要思考能為東元做到什麼樣的承諾。因此，我們在準備競賽過程中，所有的資料收集、會議記錄、實驗數據…等各式文件，均上傳至 google 線上的共享系統(只有受邀的隊員可以看見)，有新的想法就可以即時分享，修改文件也直接線上修改即可，表示我們無論在討論或是紀錄上都不會使用真正的紙張。我們對於作品的核心觀念是綠色環保、節能省碳，這不僅是表現在最終的成品設計上，在設計、討論的過程中也都遵循著這樣的觀念。而在設計各項實驗時，每周一次的討論，也增進了隊員間的互動、默契與團隊合作的精神。利用自製的聚光器收集太陽能，搭配光纖反應器，用以淨化養殖漁場的水質，是我們的研究目標。

最後，為了將本團隊的創意確實與現今養殖產業技術結合，使得台灣高密度養殖產業更進一步領先國際，甚至解決未來糧食短缺之問題。我們會積極尋找台灣的高密度養殖漁業與其合作之，如此一來，就可以更加確認本實驗計畫的可行性及實用性。除了用於台灣水殖業，中國大陸的水產養殖業也十分興盛，我們也期望可以透過東元競賽，與中國大陸進行兩岸科技的交流與互動。



六、參考資料

1. 台灣地區水產養殖水回收再利用之探討；工研院能資所/陳仁宗、盧文章、徐宏良
2. 養殖產業之新契機—循環水養殖系統；立德管理學院/林淑真、地層下陷防治服務團/陳建銘
3. 養殖漁業與超集約循環水養殖工程；台大生物產業機電工程學系/方煒
4. 農牧產業自動化, <http://agriauto.bime.ntu.edu.tw/Result/fish.htm>
5. 因應日本實施藥物殘留檢驗新制宣導講習教材—水產品篇；行政院農業委員會漁業署；民國 95 年 4 月
6. 光觸媒(Photocatalyst)；蘇俊鐘；民國 92 年
7. 優良水產養殖場作業基準；民國 93 年 1 月 30 日行政院農業委員會農授漁字第 0931340220 號令，民國 94 年 5 月 26 日行政院農業委員會農授漁字第 0941340555 號令修正名稱及修正規定(原名稱：優良水產養殖場設置基準)
8. 地面水體分類及水質標準；民國七十四年九月二十五日行政院衛生署衛署環字第五四七三二七號令訂定發布，民國八十二年八月二日行政院環境保護署環署水字第三〇一二三號令修正發布。
9. Wikipedia, http://en.wikipedia.org/wiki/Main_Page
10. 行政院農業委員會水產試驗所網頁
11. 養殖漁業與動物藥品之使用
http://www.360doc.com/content/10/0407/21/48454_22007475.shtml

