

113 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	015 藻尋碳跡
作品中文名稱	藍綠雙效聯盟
作品英文名稱	Blue-Green Dual-effect Alliance

參賽學校： 國立高雄科技大學

指導老師： 邱國勛教授

團隊成員： 紀煒詳(組長)、林洺輝、徐紹恆

目錄

摘要

壹、議題背景

貳、設計構想與應用

參、材料說明

肆、商業模式

伍、社會效益

陸、參考資料

摘要

為了應對內陸光電養殖場因地理位置導致水源取得困難的問題，我們提出一個創新的解決方案：利用大型藻類的淨化能力。這種方法不僅可以去除養殖過程中益生菌無法利用的硝酸鹽類，還可以吸收水中的氮、磷等養分，從而減少水中有機廢物的堆積並顯著改善水質。我們的計畫也包括開發利用這些藻類的副產品，如海藻植物肉和海藻鹽，這些產品不僅提供了環境友好的替代食品選擇，還能進一步推廣藻類的商業應用，增加經濟效益。海藻植物肉以其獨特的口感和高營養價值，適合追求健康生活方式的消費者；而海藻鹽則因其低鈉特性和豐富的礦物質成分，成為健康調味的優選。透過這些創新方法，我們的項目旨在促進水質淨化同時開發新的可持續食品來源，為內陸養殖業帶來綜合性的解決策略。

Abstract

To address the challenge of limited access to clean water sources in inland photovoltaic aquaculture facilities, we propose an innovative approach that harnesses the purifying capabilities of macroalgae. This strategy not only involves the removal of nitrate salts, which are unutilizable by beneficial bacteria during aquaculture, but also the absorption of essential nutrients such as nitrogen and phosphorus from the water, significantly reducing the accumulation of organic waste and improving water quality. Furthermore, our plan includes the development of by-products from these algae, such as plant-based meat and algae salt. These products not only offer environmentally friendly alternatives for consumers but also promote the commercial application of algae, enhancing economic benefits. The algae-based meat provides a unique taste and high nutritional value suitable for health-conscious consumers, while algae salt offers a low-sodium alternative enriched with minerals, making it a preferred choice for healthy seasoning. Through these innovative methods, our project aims to facilitate water purification while developing new sustainable food sources, providing a comprehensive solution for inland aquaculture.

一、議題背景

1.全臺水產養殖現況

2025 年，全臺的太陽能發電量目標設為 20GW，其中漁電共生計畫佔 **4.4GW**。全臺陸上養殖魚塢的總面積約為 40,000 公頃，其中 20,905 公頃已被經濟部指定為「漁電共生專區」，占總面積的一半。政府推動的漁電共生政策不僅促進了光電養殖場的快速發展，也吸引了大型企業的關注。這種創新模式結合太陽能板設置與水產養殖，旨在提升能源效率與促進水產業的可持續發展，但在取水源和養殖過程中仍面臨重大挑戰。

2.內陸光電養殖場面臨的狀況

位於台 61 線以西的地區，接近海水的養殖場受到嚴格限制，迫使位於台 61 線以東的養殖場依賴抽取地下海水。這些地下海水通常含有高濃度的氨氮及亞硝酸，對水產養殖極為不利。此外，太陽能板的安裝對養殖過程也有所影響，由於遮蔽作用導致藻類無法有效進行光合作用，影響水體中含氮廢物的淨化能力。

3.國際水產養殖業的氮和磷去除技術探討

在國際上，室內水產養殖普遍採用機械式循環處理水源，以減少廢水排放。然而，長期運作的循環系統容易導致硝酸鹽的高濃度積累，這已成為業界和學術界的一大關注點。因此，尋找高效且低成本的氮、磷去除方法已成為研究的重點，藻類由於其出色的吸收能力和低成本，被視為一種潛在的解決方案。

二、設計構想與應用

1.設計理念

主要目標是降低養殖池中的氨氮和硝酸鹽含量。我們計劃在養殖池旁架設大型 FRP 桶或新建藻池，並在其中種植大型藻類「石蓴」，透過生物處理的方式來降低運營成本並減少對自然水資源的壓力。相較於使用微藻，我們選擇石蓴藻主要基於以下考量：

水源及水質管理創新：透過培育石蓴，有效改善養殖水體的質量，減少因養殖過程中氮廢物累積帶來的負擔。藻類的生長將有助於氮的生物轉化，從而降低硝酸的積累，改善水生生物的生長條件。相比之下，**微藻雖然固碳效能高，但**

其收集過程需要使用高耗能的離心方法，且在相同生物量的情況下，其養殖和收成過程能耗遠大於石蓴藻。

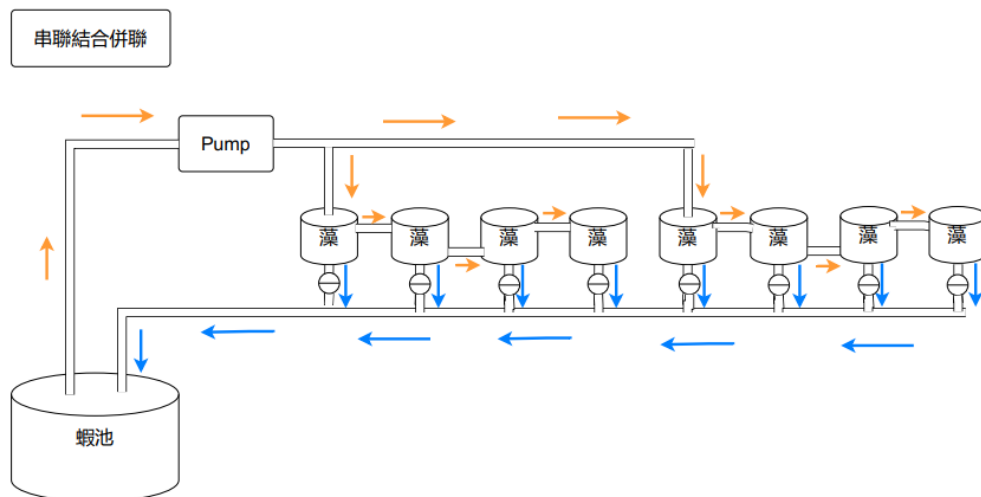
結合綠色能源：利用漁電共生系統產生的太陽能電力，可分為提供給台電作為綠電，或部分自發自用，為養殖過程中提供清潔能源，進一步降低養殖過程的碳足跡。石蓴藻的低能耗養殖過程與此策略相得益彰。

減少換水頻率，提升效率：通過改善水質管理，減少換水需求，從而降低運營成本並減少對自然水資源的壓力。這將有助於提升養殖效率，同時保護環境。石蓴藻因其堅韌的生長特性，對環境的適應性強，進一步降低了養殖過程中的能源和資源消耗。

石蓴藻開發，打造多樣化藻類產品：將石蓴藻的收成與加工技術相結合，研發出包括植物肉和藻鹽等產品。這些產品不僅能夠滿足消費者對素食與美味的需求，還具有營養豐富、健康的特點。此外，石蓴藻的生產過程與微藻相比，需要的能源投入更少，使其更適合於商業化大規模生產。

2. 循環流程圖

以下為我們的光電下蝦池(亦可根據不同養殖物種更改)和藻類進行並聯及串聯的系統操作，驅動流水的 PUMP 可以太陽能發電之綠電驅動，達到藻類完全的負碳生產。



三、材料說明

1. 選用的大型藻---石蓴(*Ulva sp.*)



石蓴屬於泛暖溫帶性海藻，台灣各地均可見其蹤跡。廣泛分布於各潮間帶中間位置以下之礁岩上或潮池內，可以忍受強光照射及每日二次漲退潮乾濕之變化，尤其在冬春時，常在海蝕平台上形成一大片綠色草原景象，全年均見其生長，適溫範圍 0~35°C 和 15~35‰ 的適鹽範圍，使其易于大量繁殖。

2. 參考數據

- 藻體溫度耐受範圍

在 10°C 至 33°C 的溫度梯度下培養，裂片石蓴的鮮重隨著培養天數增加而持續增加，25°C 時增加最多。在 5°C 和 35°C 的極端條件下，其鮮重有下降趨勢。石蓴在 15°C 至 30°C 範圍內表現最佳，而在 5°C 至 15°C 及 30°C 至 35°C 範圍內為耐受條件。

- 藻體成長 & 水質淨化效率

在實驗室與水產試驗所研究中心的大型鮪魚池研究過，總水量約 1,500 公噸，池水經加蓋過濾池、蛋白質除沫機、珊瑚砂池等循環再利用，每日投餵生餌 13~17 公斤，經過一段養殖期，池水的 pH 降低、磷酸鹽及**硝酸鹽累積**。因此在鮪魚池旁設置 FRP 水槽，作為石蓴的養殖槽，槽中置入約 800g 石蓴(起始密度 0.89g/ m²)，測試其對池水的磷酸鹽、硝酸鹽、銨鹽之吸收，同時也比較生物、物理、化學等養殖條件，對營養鹽吸收與藻體生質產率的影響。經過 6 個月的試驗，石蓴每日的對數增重率為 6.6~19.3%，藻體產率為 0.11~0.35 kg m⁻² d⁻¹，最佳的情況是養殖 **3 天藻重約增 1 倍**。養藻槽可移除的氮、磷效率為 306~2299 mgNO₃-N m⁻² d⁻¹、111~572 mg NH₄-N m⁻² d⁻¹、126~385 mgPO₄-P m⁻² d⁻¹ 及 **49~275 mg CO₂m⁻² d⁻¹**。光照較強的下午時段，石蓴吸收硝酸-氮與磷酸-磷的效率最高，但對銨-氮的吸收則不受光照的影響。這證明了石蓴作為生物淨化工具的有效性，且能夠顯著減少碳排放，支持我們的負碳生產目標。

3. 預期效益

1. 水資源保護:

根據資料顯示，水溫在 10 至 33 度之間是石蓴穩定生長的範圍。在一公頃的光

電養殖池中，搭配 35 公斤的石蓴(2.0g/L)作水質淨化，我們預估藻池可降低 $\text{NO}_3\text{-N}$ 2275/mg·h、 $\text{PO}_4\text{-P}$ 2660/mg·h、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 4445/mg·h，在缺乏換水的情況下，經藻池串聯淨化後有 90% 養殖廢水可再利用，減少 90% 的換水量，達到整理節水的環境保護。結合養殖硝化菌的吸收作用，這有助於將 $\text{NH}_4\text{-N}$ 的濃度控制在小於 0.2mg/L。此外藻體的生成率每日都可成長 3.5kg(10%)左右。

2. 碳信用潛力:

藻類在生長過程中維持一個穩定的碳氮比，這使得它們在除氮作業中不僅能吸收水體中的有機碳，還能吸附空氣中的無機碳，從而達到減少碳排放的效果。這個過程不僅提升了我們技術的環保特性，同時也是對全球碳循環的積極貢獻。

場景一: 目前，專門針對海藻碳權的 VCS (Verified Carbon Standard) 方法學仍在開發階段。因此，我們選擇首先專注於利用我們的藻類養殖技術來提升公司的環境、社會及公司治理 (ESG) 表現。這一策略不僅涉及實現環境可持續性的目標，更包括通過減少水體污染和改善生態系統來履行社會責任，為地球和人類社會創造更多價值。

場景二: 當海藻碳權的 VCS 方法學得到完善並正式實施後，我們計畫積極參與碳信用買賣市場。這將開啟新的營收機會，加強我們的市場競爭力，並提升品牌形象。此外，參與碳市場也將使我們能夠進一步展示我們的創新能力和對可持續發展承諾的實際行動，這將有助於推動整個行業向更綠色的生產和經營模式轉型。

從之前鮪魚池的實驗中以 0.89g/m² 的密度進行石蓴的養殖，以測試其對池水中磷酸鹽、硝酸鹽及銨鹽的吸收效率，其碳捕捉效率為 49 to 275 mg CO₂ per m² d⁻¹。根據這些數據，我們進一步提高了藻類的密度到 2.0g/m²，以期增強水質淨化效果並提升 CO₂ 的吸收能力。在新的設置中，我們預計藻類將對 CO₂ 的吸收量顯著增加，預期每年每平方米可以吸收介於 17.9 至 100.4 公克的二氧化碳。這意味著在整個設置面積 (例如 17,500 平方米) 下，年碳吸收量將介於 313 至 1758 公斤之間，這將有助於達到更高效的碳減排效果。此外，提高藻類密度的實驗也旨在探索如何在不增加額外水資源壓力的前提下，最大化水質淨化和碳吸收的雙重效益。

3. 海藻相關產品開發:

石蓴的研發不僅限於水質淨化。我們亦計畫開發與市場推廣多種基於海藻的產品，如海藻植物肉和海藻鹽。這些產品將利用石蓴藻的營養價值和生物活性，滿足市場對健康、可持續食品的需求。海藻植物肉旨在提供低碳、高蛋白的食

品選擇，而海藻鹽則提供了低鈉的健康調味選擇，這些創新產品將擴展我們的商業模式，進一步推動公司的綠色轉型和市場擴展。

四、商業模式

1. 營運模式

我們計劃與光電廠合作，透過找出不同養殖場環境下最佳的光照點，並設計藻桶中的水流控制，換取低價石蓴作為我們團隊植物肉和藻鹽的商品開發材料。

2. 市場分析

- 「石蓴藻鹽」：

《新英格蘭醫學雜誌》刊登英、美的一項研究，全球每年約 165 萬人因為「吃鹽過多」而死亡，主要是鈉攝取過多。日常生活中鹽又是不可或缺的，國內食鹽市場需求每年達 10 萬噸。而國際間也用來越多公司投入海藻鹽的開發，以冰島出的海藻鹽銷售最廣，其 90 克為 12.99 美金，為高級餐廳及健康風味鹽的路線。



SEAWEED SALT

★★★★★

\$12.99

ONE-TIME PURCHASE

SUBSCRIBE AND SAVE 10%

- 1 +

ADD TO CART

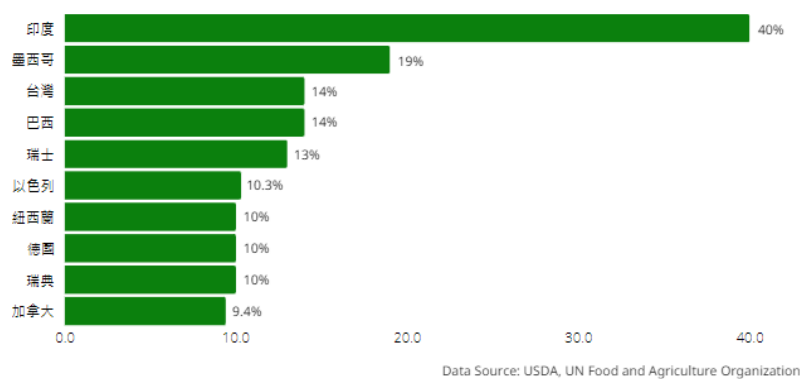
From its earliest beginnings to modern day, life on Iceland has always been connected to the sea. We choose to highlight this heritage by combining native seaweeds, hand-harvested from our local sea shores, with our sea salt to create an umami-rich salt that we absolutely love.

	傳統鹽類	藻鹽
營養價值	較低	豐富的維生素 B2 和 E、DHA、膳食纖維
成分	缺乏獨特成分	含有獨特的藻類多醣體和植物性膠原蛋白
鈉含量	較高	低鈉低鹹度，適合需要限制鈉攝取的人群
礦物質含量	含有少量礦物質	含有多種礦物質

- 「海藻植物肉」：

藉由專注於海藻這一獨特且可持續的資源，我們的創新植物肉產品不僅迎合了越來越多消費者對健康和環保選擇的需求，同時也提供了一個對傳統肉類產品的可持續替代方案。我們可永續生產的海藻，不僅使用少量的陸地或淡水資源，這在全球食品生產面臨嚴峻挑戰和資源短缺的今天，顯得尤為重要。研究顯示，海藻能夠有效減少溫室氣體排放，且其生產過程不涉及對自然棲息地的破壞，有助於維持生態系統的平衡。我們的產品不僅滿足西方消費者的口味，也借鑒了東亞國家幾百年來的飲食傳統，證明了其廣泛的吸引力和市場潛力。隨著海藻植物肉的推廣和接受度提升，它將在未來的食品市場中扮演更重要的角色。2023 年最新統計，全台灣共有 14% 的人口（約 320 萬）人吃素，比例高居全球排名第二，市場規模亦有數據指向 600 億新台幣以上。

全國素食人口比例排行



我們團隊意識到這股強勁的趨勢，因此投入研發，推出了以石蓴與大豆為原料加工製成的植物肉/未來肉產品。這些植物肉塊不僅在口感和風味上與真肉無異，而且具有健康、環保的特點，符合越來越多人追求健康生活和環保意識的需求。我們的產品能夠滿足素食者的口腹之慾，同時也吸引了非素食者的關注和喜愛。目前全球以海藻植物肉已有幾家企業投入如 **Umaro** 的素食培根和 **Akua** 的昆布漢堡，其培根及漢堡定價分別為 100 美金/磅及 149 美金/6 磅。而從本計畫養殖的石蓴，從技術層面上以石蓴海藻植物肉在實驗室與工研院的合作上，已完成打樣，可達到肉品的口感及擁有海藻獨特的風味。

Umamo Plant-Based Vegan Applewood Bacon 1 lb. - 5/Case

★★★★★ Read 5 reviews Item #: 871UMABACON



Note: Due to production delays, product will not be available until 5/1/24



Max & Match Discounts > Quantity Discounts

Regularly	\$104.99/Case	Member Discount	\$83.20/Case
Buy in lots of 2	\$99.84/Case		\$19.97/Pound
Regularly:	\$104.99/Case		\$21.00/Pound

Auto Reorder: Get 25% off on every time this item ships automatically. [Sign in](#)

Notify me when this product is back in stock

Email Address: [Send](#)

You will only be emailed once the product becomes available. We won't add you to our email list or share your data.

[Wish List](#) [Reorder](#)

Other Available Flavors:

- Applewood
- Smokey Black Pepper



Shop all products

THE KELP BURGER BUNDLE

Get three 12-pack boxes of the world's first Kelp Burger - our OG "Original Gangsta" flavor only! Featuring a 100% plant-based, non-GMO, soy-free, gluten-free burger created from ocean farmed kelp, mushrooms, and superfoods. Get ready for an umami tsunami!

PRODUCT

\$149.00

ADD TO CART | \$149.00

- 1 +

	石蓴藻植物肉	傳統肉類產品
營養價值	含豐富維生素、礦物質、蛋白質、不飽和脂肪酸等	營養價值取決於肉品種類，但通常較高脂肪和膽固醇
可持續性	生產成本低、生長周期短、水和土地需求少	生產成本較高、對水和土地需求大
口感與品質	能夠模擬肉類產品的口感和風味，提供美味的飲食選擇	傳統肉類有其獨特的風味和口感，但製程可能影響品質
健康	含低鈉、低鹽度，有助於健康飲食	較高鈉和脂肪含量，食用過多可能對健康有害
市場潛力	廣大素食市場需求，市場潛力巨大	傳統肉類市場穩定，但受環保和健康趨勢影響

行銷模式

Key Partners 關鍵合作夥伴  光電養殖場 養殖現場人員	Key Activities 關鍵活動  產銷履歷申請 產品參展 口味改良	Value Provided 價值主張  水資源再利用 降低循環水成本 減少廢水排放 代替真肉的理想選擇	Customer Relationships 顧客關係  標有碳足跡的藻類產品	Customers 目標客層  素食者 環保意識者 健康飲食者
Key Resources 關鍵資源  石蓴和大豆原料 生產加工廠		Channels 通路  校內網購平台 其他電商平台		
Costs 成本結構  原料成本 生產成本 行銷成本				

成本預估

項目	經費	備註
產品製作	2萬	原料加工、包裝
設備	1萬	大型玻璃纖維桶及抽水馬達
材料	5000	綠藻、加工原物料
行銷規劃	5萬	電商平台合作、參展
總計	8.5萬	

五、社會效益

透過培養大型藻，搭配養殖益生菌吸收、代謝作用去除水體中有機物及氮氣，取代高成本淨水設備。「藍綠雙效聯盟」的生物處理策略，以不增加而外碳足跡為出發點將養殖廢水再淨化，增加養殖收成率的同時實現環境可持續性。

1. 「藍綠雙效聯盟」符合 SDGs:



SDG 2: 養殖石蓴同時可提高水體中的氮移除效率，減少養殖過程中的氮廢物堆

積，有助於維護養殖環境增加產量和食品安全。

SDG 7：通過結合太陽能（綠電）使用，支持提高能源效率和促進可再生能源的使用，進而推動可持續能源的發展。

SDG 13：藻類在養殖廢水脫氮、除磷中也會吸附空氣中的二氧化碳做為成長，有助於減緩氣候變遷，符合氣候行動的目標。

SDG 14：透過提高水質管理降低排放污染源，有助於保護水域生態系統，符合保護海洋和水域生態的目標。

2.未來的設計改動

未來，我們考慮搭配 LED 燈，提供最適合藻類生長所需的光譜，以確保在夜晚也能持續進行光合作用，實現 24 小時的光照覆蓋。此外，我們也計畫將 2 到 3 種不同種類的藻類共同養殖，以進一步提高淨水效率。

六、參考資料

1. Weerakkody, W. S., Ling, K. H., Hsieh, H.-H., Abedneko, V. G., Shyu, J.-F., Lee, T.-M., Shih, Y.-Y., Ranatunga, R. R. M. K. P., Santschi, P. H., & Hung, C.-C. (2023). Carbon capture by macroalgae *Sarcodiasuae* using aquaculture wastewater and solar energy for cooling in subtropical regions. *Science of The Total Environment*, 883, 163735.
2. Stiger-Pouvreau, V., & Zubia, M. (2020, January 23). Macroalgal diversity for sustainable biotechnological development in French tropical overseas territories. *Botanica Marina*.
3. 不容小視的素食潮流: 年輕世代為什麼愛吃素. <https://lndata-taiwan.medium.com>.