

## 二零二二年香港學生科學比賽

延伸摘要範本（研究項目）

（字數上限：1500 字，頁數上限：2 頁）

隊伍號碼：SBBC221

作品名稱：水中富豪的必修投資

參賽類別：研究項目

直至 2023 年 3 月 5 日，經過仔細的文獻搜索，就我們所知，現時有/沒有相類似的作品。如有類似的作品，相關產品或研究的參考的連結如下：

1.藻菌單一及共生系統對海水的淨化作用

<http://www.aquaticjournal.com/fileSCKX/journal/article/zgscckx/2019/6/PDF/20190610.pdf>

2.Bibliometric Analysis of Algal-Bacterial Symbiosis in Wastewater Treatment

<https://www.mdpi.com/1660-4601/16/6/1077>

3.Prospects and development of algal-bacterial biotechnology in environmental management and protection

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0734975020301865>

4.A comprehensive review on the use of algal-bacterial systems for wastewater treatment with emphasis on nutrient and micropollutant removal

<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/21655979.2022.2056823>

5.Algae in wastewater treatment, mechanism, and application of biomass for production of value-added product

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0269749122009022>

我們的作品就現有產品或研究所作出的改良為：

1.使用細胞密度更高的杜氏藻

2.將碳電極換成發電效能更佳的鉑金電極，且增大其直徑

3.在陽光下進行實驗

4.提升內容物的濃度

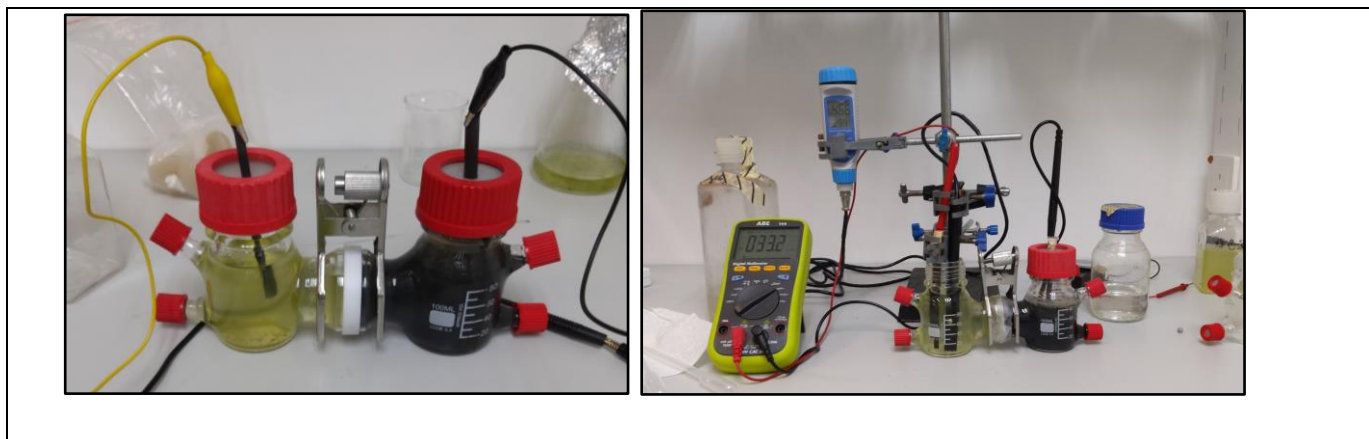
5.在富營養化水瓶中加入有機物

6.在藻類瓶中泵入二氧化碳

\*請刪去不適用。香港學生科學比賽重視作品的原創性，學生須就研究或發明盡力進行文獻搜索，以確保作品具一定獨特性並就研究或發明品列出相關參考資料。

### I. 前言

農田用水和家居用水流入香港流浮山，會使當地水源變得富營養化。富營養化對生蠔養殖及生態環境有長遠的影響，需要採取措施解決。本研究中使用到的藻菌共生發電裝置，利用藻類和富營養化水的配合，可生產儲存電，供養生蠔的食物——藻類的同時，並達至減碳。研究結果指出杜氏藻和富營養化水的配合為最佳，其中富營養化水瓶為負極，杜氏藻瓶為正極，中間設有正離子交換膜，供質子通過，產生電流。本實驗證明藻菌共生發電裝置在高照度的環境下，有較佳的發電效率，而且提高內容物濃度、二氧化碳濃度，加入有機物亦能提升裝置的發電效率。我們希望藉此裝置模擬可在流浮山實施的富營養化水應用設備，使改善富營養化水問題，幫助當地生蠔的培育，使流浮山生蠔特色產業不至掩埋。



## II. 目標

研究的目的是證明杜氏藻與香港流浮山富營養化水中的厭氧菌可以互相反應與配合，從而產生電流。我們設計實驗裝置——藻菌共生發電裝置，並在裝置的發電效率方面作相應研究。我們列舉了有可能影響發電效率的設想與變項，以公平測試等實驗方法證明變項是否影響電流，推論實驗裝置目前電供給的最佳狀態。

## III. 假設

- 一、使用不同藻類會使發電量變動。
- 二、高照度的陽光可以提升發電率。
- 三、更多的有機物加入富營養化水樣本瓶中可以提升發電率。
- 四、在藻類瓶中泵入二氧化碳能提高發電效率。
- 五、提升內容物的濃度可以提升發電率。
- 六、酸性的環境能提高杜氏藻的光合作用效率。

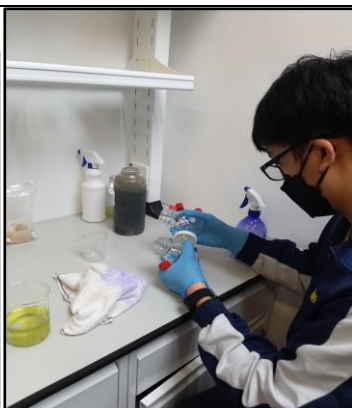
## IV. 研究方法

材料：

- 正離子交換膜
- 鋁紙
- 鉑金電極
- 蠕動泵
- 氣泵
- 酸度計
- 萬用表

作品基礎裝置【圖一】是將藻類和富營養化水樣本分別裝在兩個瓶子裡，兩個瓶子間開通並加上正離子交換膜，只供正離子（即質子）通過。再將碳電極分別放入瓶子並連接外部電路。

研究初期，我們先證明藻類和厭氧菌可以互相反應，從而產生電流的設想。我們亦以純淨水和富營養化水的組合作為對照實驗，為了驗證藻類和富營養化水的組合能發電，但我們做完實驗後發現仍有微弱電流（ $\sim 0.3$  微安）推測是因為純淨水仍含有雜質，有電子在水中游離，使有電流產生。



圖一：作品基礎裝置與同學製作裝置的過程

我們發現攪動碳電極時使電流和電壓不穩定且略有提升，由於攪拌能使反應更均勻，所以我們引用蠕動泵【圖二】進行抽水再入水，來模擬攪拌，使實驗更公平。



圖二：蠕動泵

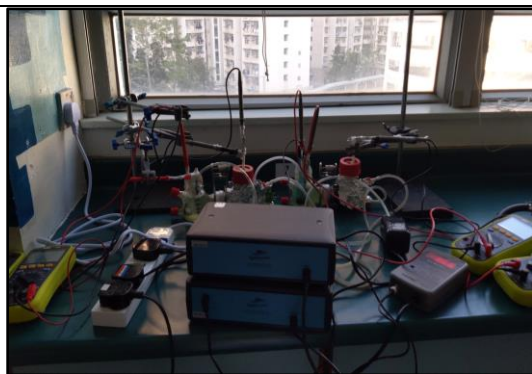
在容量方面，我們將裝置等比放大使效率提升，杜氏藻可以吸收更多二氧化碳，更多質子可以通過更大片的交換膜去到藻類，促使更多電子經外部電路流出，提升電流量。

在富營養化水方面，由於無機鹽，二氧化碳與質子是透過營養物和厭氧菌的無氧呼吸反應產生，所以我們在富營養化水樣本瓶中加入有機物：乙酸钠和葡萄糖，並用蠕動泵模擬攪拌。更多的有機物與無氧菌反應可以增加無機鹽，二氧化碳與質子的產量，從而提升電流量。



加入有機物的實驗過程      測試藻類實驗過程

在正極酸鹼方面，我們想探究杜氏藻是否在酸性的環境有更高的光合作用效率【圖三】，更高的光合作用效率能加快電子的流動，從而提升電流。我們在正極加入檸檬酸來降低陽極的 pH 值，測試裝置電效能的升降。



圖三:高照度下的實驗過程

## V. 研究結果

使用杜氏藻有最好的發電效果。經過和藍綠藻，溫泉藻的比較，發現使用杜氏藻的電流最大（96.5 微安），藍綠藻和溫泉藻分別是 53 微安和 9.6 微安。由此可見，杜氏藻效果最好。

【表 A】

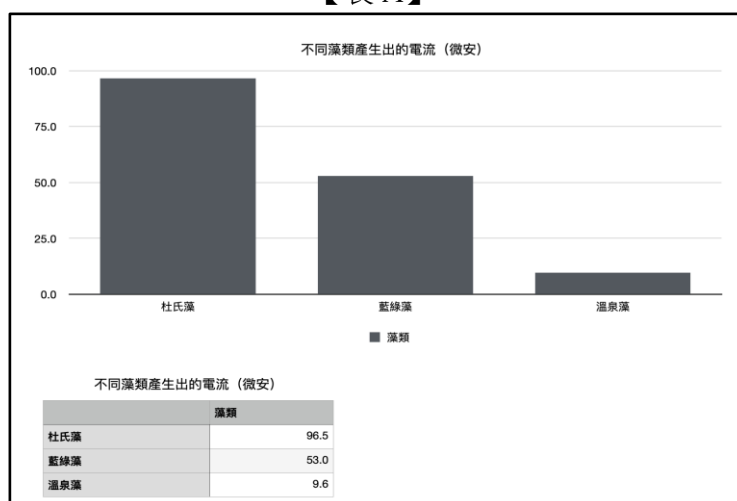


表 A：不同藻類產出的電流

提高照度能加大發電的效率。在未將裝置置於有陽光的環境下時，電流為 100 微安左右；在將此裝置置於陽光之後，電流約為 350 微安左右。由此可見，光照度的提升能提升發電效率。【表 B】

【表 B】

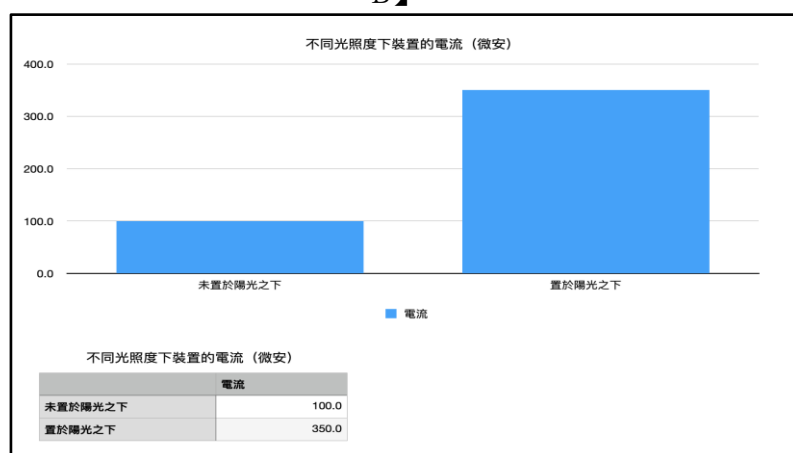


表 B：不同光照度下裝置的電流

在陰極（富營養化水樣本瓶）內加入營養素需在內容物流動的情況下才能提高發電效率。在陰極內加入葡萄糖和乙酸根離子（乙酸鈉）的情況下，電流仍然沒有變化。在使用蠕動泵之後，液體開始流動，增加厭氧菌和有機物的接觸面積，電流才開始上升，能上升至 352 微安左右。

【表 C】

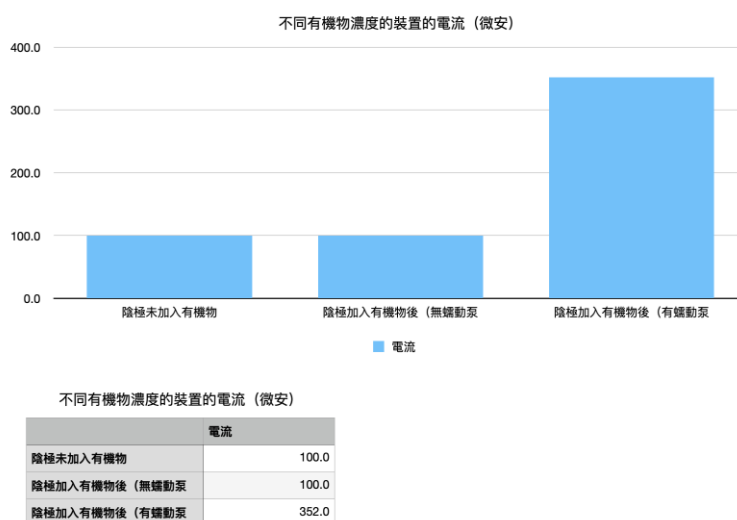


表 C:不同有機物濃度的裝置的電流

在杜氏藻瓶中泵入二氧化碳能提高發電效率。在引入氣泵之後，電流上升至 1200 微安左右，約為 1.2 毫安培。可見提高二氧化碳濃度能提高發電效率。

【表 D】

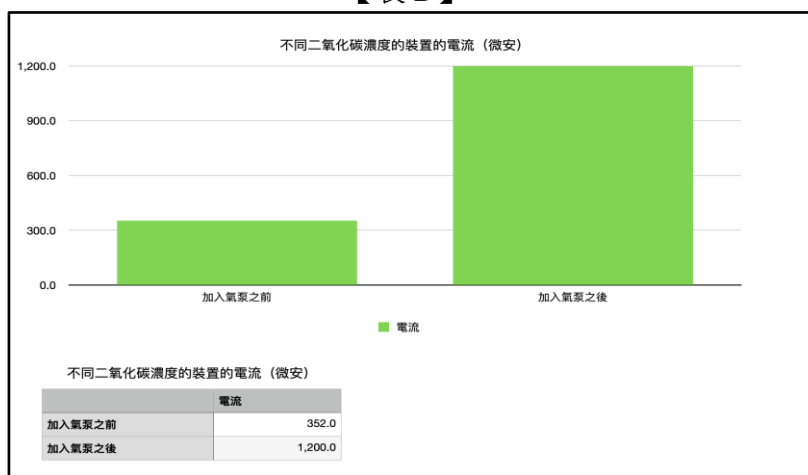


表 D：不同二氧化碳的裝置的電流

內容物濃度的上升可以提升發電率。在公平測試下（兩個裝置同時置於陽光之下，皆引入氣泵和蠕動泵），濃度較高的裝置電流為一千微安左右，濃度較低的裝置的電流為一微安左右。可見微生物濃度越高，發電效率就越高。

【表 E】

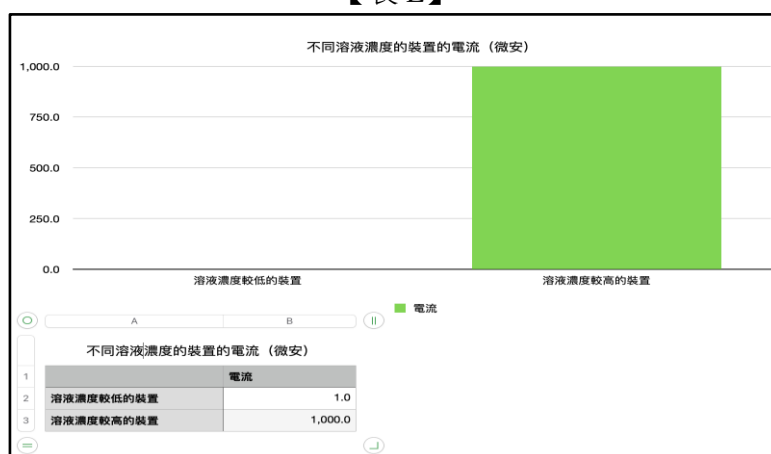


表 E：不同溶液濃度的裝置的電流

酸性的環境對杜氏藻而言是惡劣的。在加入檸檬酸溶液之後，pH 下降至 3-5 左右。當 pH 在這範圍內，電流下降到 1 微安以下甚至變為負數，這是因為杜氏藻無法在酸性環境下生存。由此可見要確保陽極的 pH 值在 7 以上。【表 F】

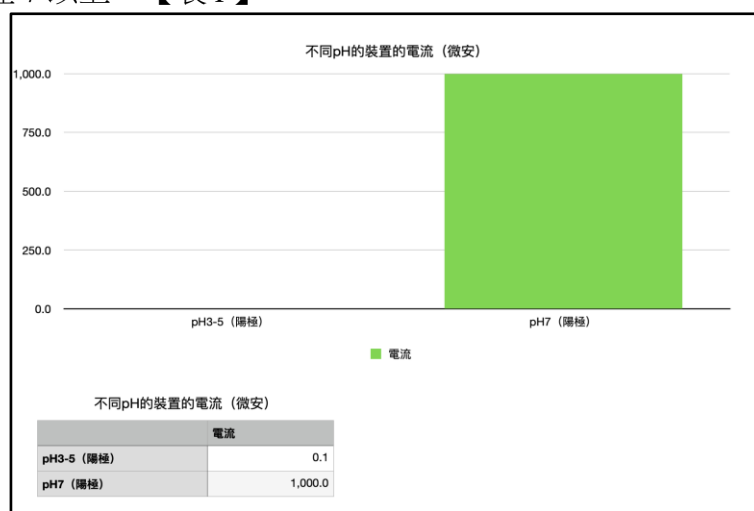


表 F:不同 pH 的裝置的電流

## VI. 結論

藻菌共生發電裝置利用發電效能最佳的杜氏藻和富營養化水中的厭氧菌互相配合，在陽光之下，內容物濃度較高和有流動的情況下發電效能最好。我們之後嘗試創建一個更大的容器來容納藻類和富營養化水，以探究是否藻類的體積越大，發電效率越高，以此估計裝置應用在流浮山時可發的電量。

□ 我們的作品是以我們學校之前的比賽作品為題進行了持續研習，有關改良如下：

不適用