

# 微藻類 固碳工程

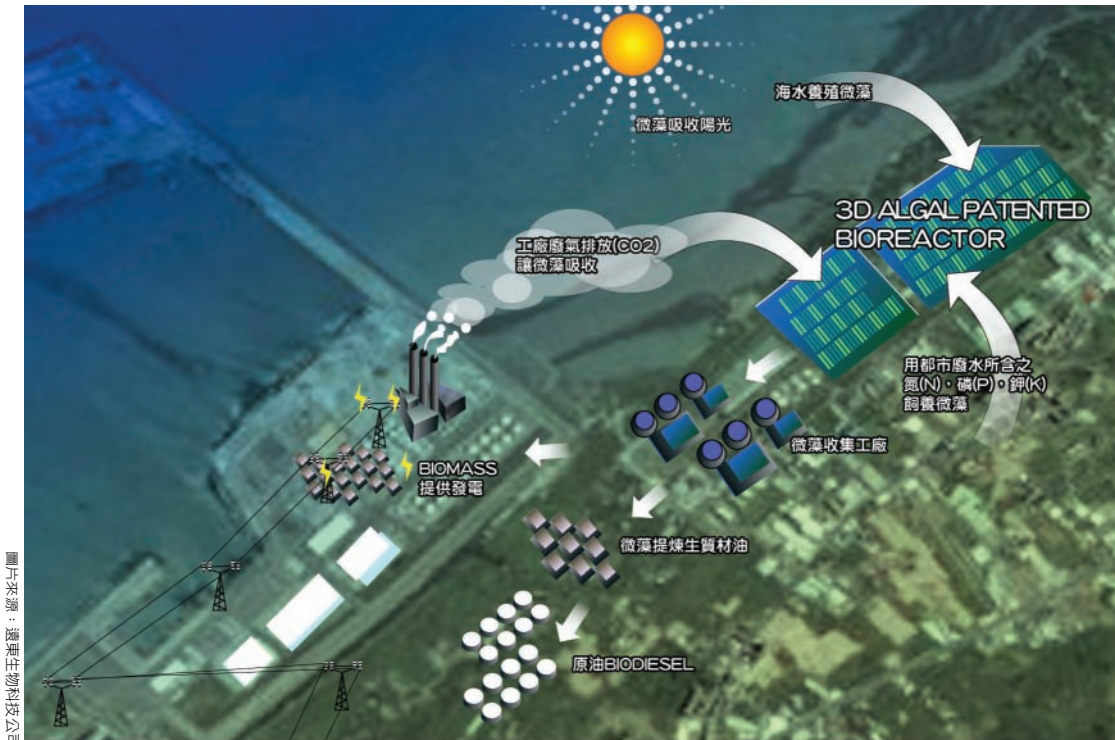
■ 闕壯群

目前開發中的微藻類生物技術，是讓藻類善用土地與水資源，除了能彌補越來越嚴重的能源短缺外，還有助於改善水污染問題。如能善加運用，將使微藻類固碳工程具有二氧化碳減量與能源再生的雙重優點。

## 二氧化碳與氣候變遷

地球擁有其他星球沒有的大氣層，是個適合人類居住的地方。在白天，大氣層會吸收太陽的輻射能，使地面不致太熱；到了晚上，則能阻擋地球散失輻射熱，而不致太冷。大氣層中這些具有吸熱能力的氣體統稱為溫室氣體，包括二氧化碳、水蒸氣、臭氧、甲烷、一氧化二氮、氟氯碳化物等，如同覆蓋溫室屋頂的玻璃一樣，為地球阻擋強光，但是又保存一定的熱能，扮演著調控地球平均溫度和氣候的重要角色。

由於人類的活動日趨頻繁，使得大氣中溫室氣體的濃度增加，促使地球的平均溫度上升，造成全球氣候的異常，引發嚴重的環境問題。在人為產生的溫室氣體中，數量最多的就是二氧化碳，這是人類大量燃燒煤、石油、天然氣等化石燃料，加上開墾森林綠地做為耕地或生活空間，使得二氧化碳經由植物轉化成有機物的機會下降，以及工業發展所造成的廢氣排放所致。近100年來，大氣中的二氧化碳濃度已



這是微藻生質能源工廠預想圖，以八里火力發電廠空照實景規模來設計，利用其他工廠排放的廢水及 CO<sub>2</sub> 廢氣提供微藻生長所需的碳源、氮源及無機鹽分，再利用產出的生物質量做為生質能源。

經上升了約 30%，導致地球的平均溫度上升了攝氏 0.6 度。

若全球溫室效應持續惡化，日本科學家預估到 21 世紀末，因為氣溫升高造成的冰山融化，將使海平面上升並且淹沒 171 萬平方公里的土地，相當於 48 個台灣大。

### 利用微藻回收二氧化碳

為了降低溫室氣體排放量，尤其是二氧化碳，各國專家試圖從幾個方向著手，包括物理處理、化學處理及生物固定 3 類，另外也積極開發可替代化石燃料的再生能源。其中生物固定法是利用具有光合作用能力的生物，把二氧化碳轉換成碳氫化合物，同時產生大量的生質 (biomass)，可以做為飼料、肥料、燃料等再加以利用。因此，生物固碳方式在目前是最節約能源且兼顧環保的方式

之一。

光合作用利用二氧化碳、水和太陽能來合成有機物。二氧化碳是微藻類進行同化作用中最重要的無機碳來源，理論上每公斤二氧化碳約可長出 0.57 公斤的藍綠藻，並放出 0.73 公斤的氧氣，顯示微細藻類有很高的二氧化碳利用能力。

若選用可生產高附加價值產物的藻種，使藻類在固碳時也生產各種特用化學品，如生理活性物質、色素、脂肪酸等，更是另一個生技產品的來源。

### 微藻培養系統

目前利用藻類進行光合生物固碳的型態，不外乎利用廣大的土地面積進行淺水平面式的養殖，但因氣體溶入不易，並不適合於回收廢氣中的二氧化碳等氣體。又

為了降低溫室氣體排放量，各國專家試圖從幾個方向著手，其中生物固定法是利用具有光合作用能力的生物，把二氧化碳轉換成碳氫化合物，同時產生大量可再利用的生物質量。



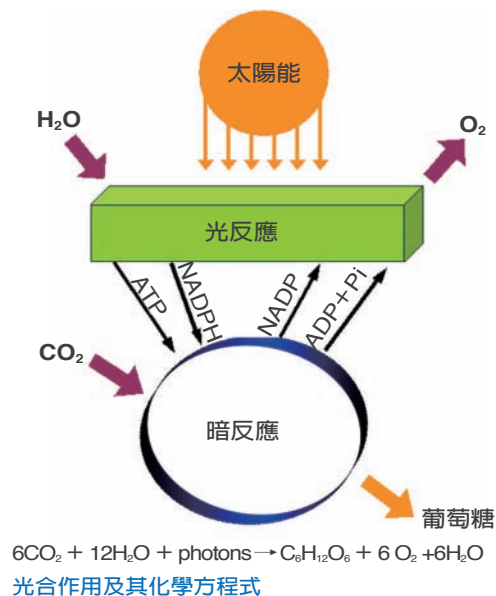
依據色素組成、細胞壁有無及組成、細胞核種類、儲存物種類、鞭毛等可把微藻分為9類。

淺水平面式養殖池的有效光源僅限於接受日光的液面，單位土地面積的光照光合能量有限，無法進行高效率光合生物反應以大量生產生物質量，整體固碳速率也相對低落不具工業化潛力。

立體光反應培養器可以解決上述現有技術中常見的光照面積不足、耐候不佳、培

養液中二氧化碳濃度偏低等問題。基本上，含二氧化碳的氣體由底部打入後經主體從頂部流出，含藻體的液體則從頂部緩慢流下時與二氧化碳接觸反應。立體向上疊架的特殊透明斜板薄層可大幅增加光照面積，大量接受光合能量。這些立體向上疊架的培養器皿，增加培養空間但不增加

圖片來源：[http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Simple\\_photosynthesis\\_overview.svg](http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Simple_photosynthesis_overview.svg)



血球藻經刺激可產生蝦紅素，生長中的血紅藻呈綠色（右方瓶），產生蝦紅素的血球藻呈紅色（左方瓶）。



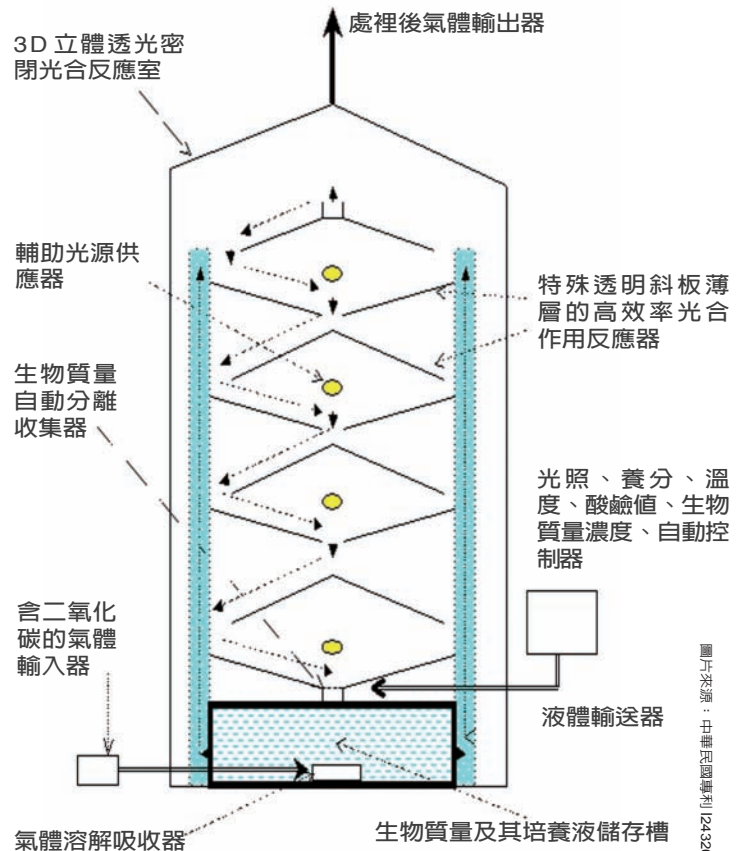
綠藻粉及綠藻錠

若選用可生產高附加價值產物的藻種，使藻類在固碳時也生產各種特用化學品，如生理活性物質、色素、脂肪酸等，更是另一個生技產品的來源。

所需土地，有效地在有限的土地上增加固碳光合反應產出的生物質量。

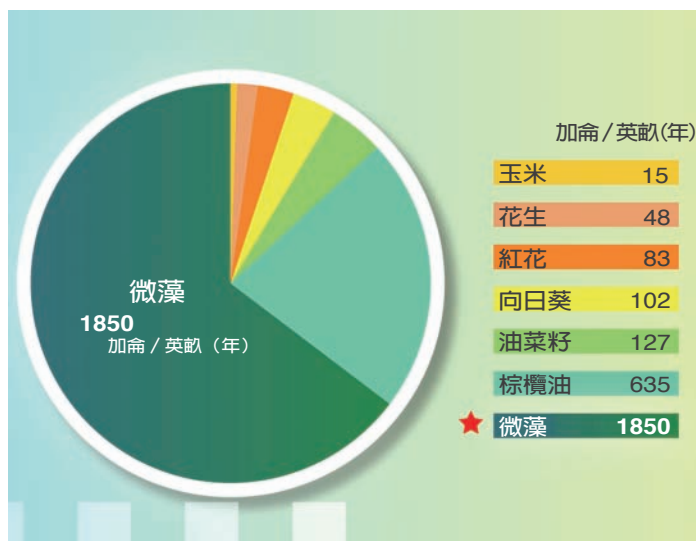
自動調控裝置可調節密閉光合反應室內部的各項條件，使光照、養分、溫度、酸鹼值、生物質量濃度等生長因子都得到良好的掌控，避免傳統開放培養難以調控生長因子所遭遇的種種問題。

液體輸送器把含藻體的液相由池底輸往光合作用反應器中最高層的特殊透明斜板薄層，當液相伴隨著藻體向下流經其他透明斜板薄層時，藻體都直接接收光線進行光合作用。液相流動也可使反應室內氣液兩相的反應界面大幅擴增並充分混合，提高二氧化碳等氣體在培養液中的溶解量，同時加速排出光合反應產生的氧氣，提升液相中的氣體交換效率，進而促進光合反應速率。



立體光反應培養器側視圖。立體透光的超高效率生物光合反應裝置，可藉由內部培養的微生物進行光合作用，回收二氧化碳等氣體以淨化廢氣，並可把二氧化碳轉為生物質量。

圖片來源：中華民國專利 243205



各種來源的生質能源年產量比較，可見微藻產出的生質柴油量最高。

氣體溶解吸收器可以控制水深、壓力、酸鹼度等方式，使引入生物質量及其培養液儲存槽內的氣體，充分溶解於培養液內，大量地回收氣體中的二氧化碳。

藉由生物質量自動收集器、光照、養分、溫度、酸鹼值與生物質量濃度的自動控制器及輔助光源，可使反應器24小時日夜不停、自動高效率地回收二氧化碳，並生產出光合生物質量。

綜合上述的創新特點，立體光反

生質能源是一種把太陽能以化學能形式儲存於生物質量中，以生物質量做為載體的能源，直接或間接地來自於綠色植物、藻類或微生物的光合作用。



圖片來源：遠東藍藻工業股份有限公司

淺水平面式的微藻養殖池，土體面積需求大，且氣體溶入不易，並不適合回收廢氣中的二氧化碳等氣體。

應培養器可以有效提高單位土地面積上的光合作用效率，對於當前的環境保護及微藻產業的發展都具創新性。兩個主要用途是：第一，可以大幅降低燃燒化石燃料或大量生物體呼吸產生的二氧化碳。第二，可以做為高效率的光合生物反應裝置，減少傳統開放式所需的土地面積，並把大量的二氧化碳轉為生物質量。

### 微藻生質能源的利用

生質能源是一種把太陽能以化學能形式儲存於生物質量中，以生物質量做為載體的能源，直接或間接地來自於綠色植物、藻類或微生物的光合作用。地球上每年由植物經光合作用固定的碳達  $2 \times 10^{11}$  公噸，儲存的能量達  $3 \times 10^{21}$  焦耳。也就是說每年通過光

合作用貯存在植物枝、莖、葉中的太陽能，相當於全世界每年耗能量的10倍。

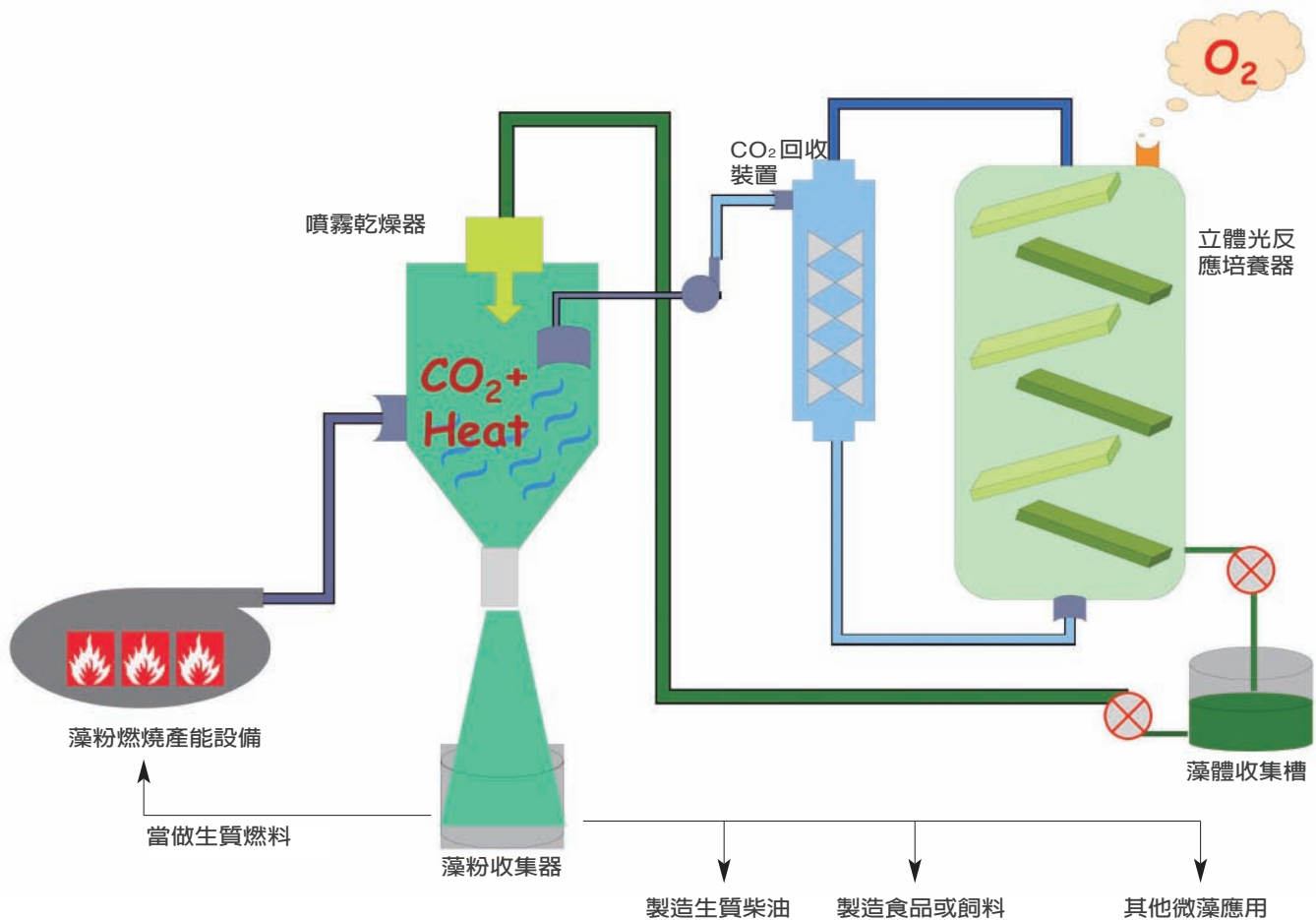
生質能源可轉化為常規的固態、液態或氣態的燃料，是取之不盡用之不竭的一種再生資源。微藻類的生物質量經過乾燥後，可以像高等植物木材般用來燃燒產能。也有研究指出，特殊品系微藻類的產油能力可達油脂作物的數倍，萃取藻體中的油脂並轉酯化後，就可產出生質柴油。在相同的栽培面積下，養殖藻類所產製的生質柴油約可達黃豆產製的30倍。

生質能源釋放的方式，包括生物質量直接燃燒產生熱能，或先轉型成燃料，再轉換成電能。目前對



圖片來源：Huang, Yuhling

綠藻生質油（圓底瓶中）的純化



利用立體光反應培養器可回收二氧化碳，且能生產藻體以製備成藻粉做為生質燃料。藻粉經過燃燒產熱，可用於乾燥製備新一批的藻粉燃料。

於生質能源的利用，多著眼於以化學方法（氣化及熱裂解）或生物方法處理生物質量，先轉型成燃料，再轉換成電能。然而因為轉型成燃料的程序複雜，並且需要部分純化提煉，導致產率過低，反而喪失生產與使用的經濟效益。

若是採用燃燒產熱的方式利用生質能源，微藻類的生物質量經過乾燥後，可以像高等植物木材般用來燃燒產能，配合燃燒熱發電的方式，小規模廠房所需的電力可以自給自足。燃燒產出的二氧化碳又可由微藻進行光合作用再利用。這樣的再生能源應用系統簡單又具經濟和環保效益，極具推廣價值。

目前開發中的微藻類生物技術是讓藻類善用土地與水資源，除不致與糧食作物競爭耕作資源外，更可利用廢水做為營養來源，有助於改善污水問題。產出的生物質量中蘊含的生質能源，則提供了環保的再生能源，彌補越來越嚴重的能源短缺。如能善加運用，將使微藻類固碳工程具有二氧化碳減量與能源再生的雙重優點。 □

闕壯群  
遠東生物科技公司