

微藻生物科技



陳逸民

成大生科產業系微藻工程實驗室

大綱

1. 什麼是微藻？
2. 微藻在養殖及應用方面的優點？
3. 微藻生物科技的範疇
 - (1) 水產養殖
 - (2) 食品
 - (3) 醫藥
 - (4) 環保
4. 微藻生物科技的瓶頸

什麼是微藻 (microalga) ?

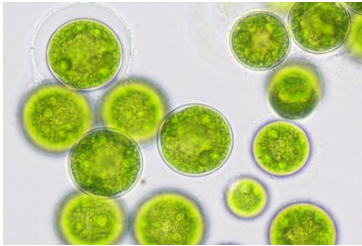
1. 一種能行產氧光合作用的單細胞生物。

- 能利用太陽能，將來自周遭環境的水及二氧化碳轉換成氧氣及醣類 (或油脂)。
- 相當於微型 (奈米) 植物

2. 植物的祖先；生活在水裡。

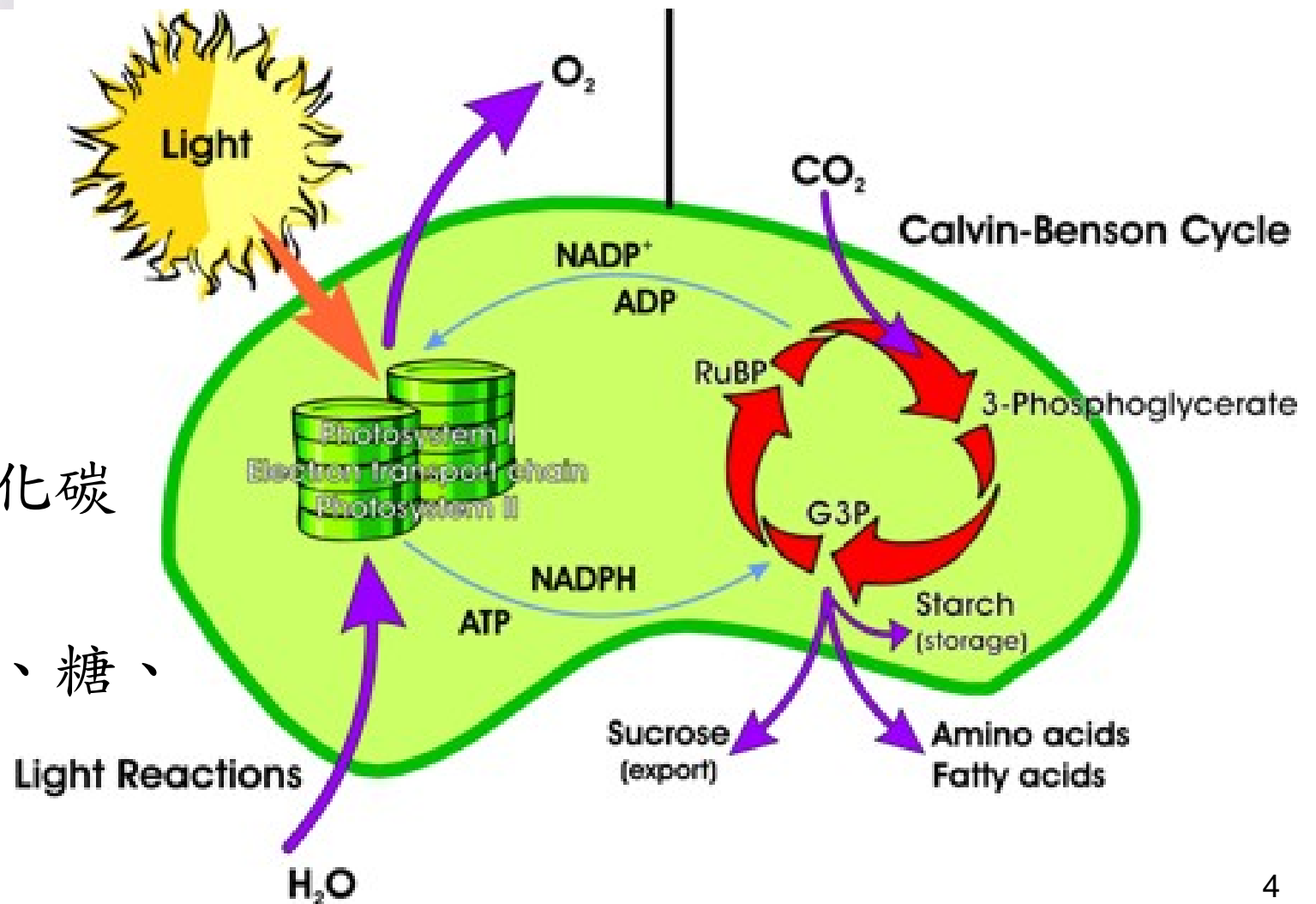
- 植物則多半陸生

微藻如何進行產氧光合作用？



Microalga

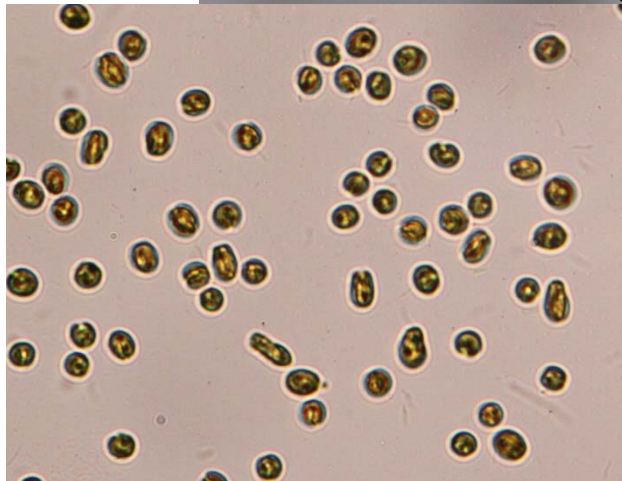
1. 消耗二氧化碳及水
2. 產生氧氣、糖、胺基酸及脂肪酸



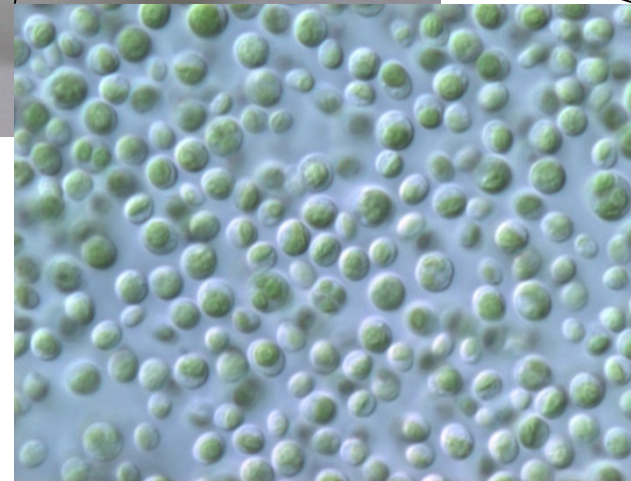
微藻有多小？(1)



x 400



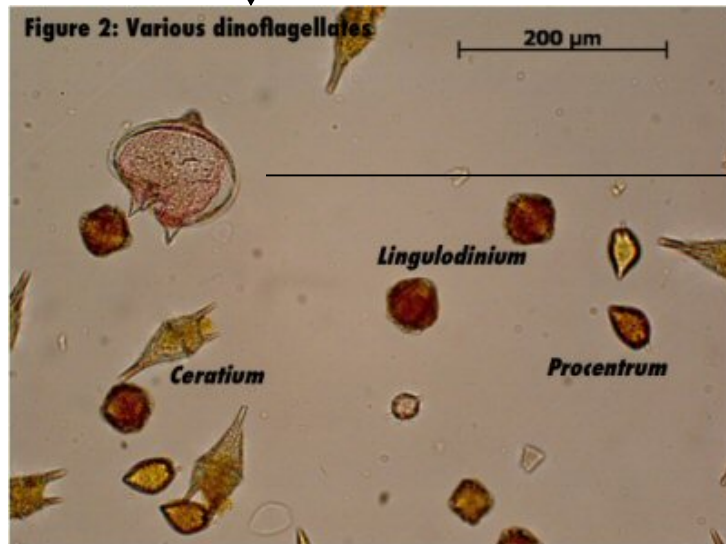
x 400



微藻有多小？(2)



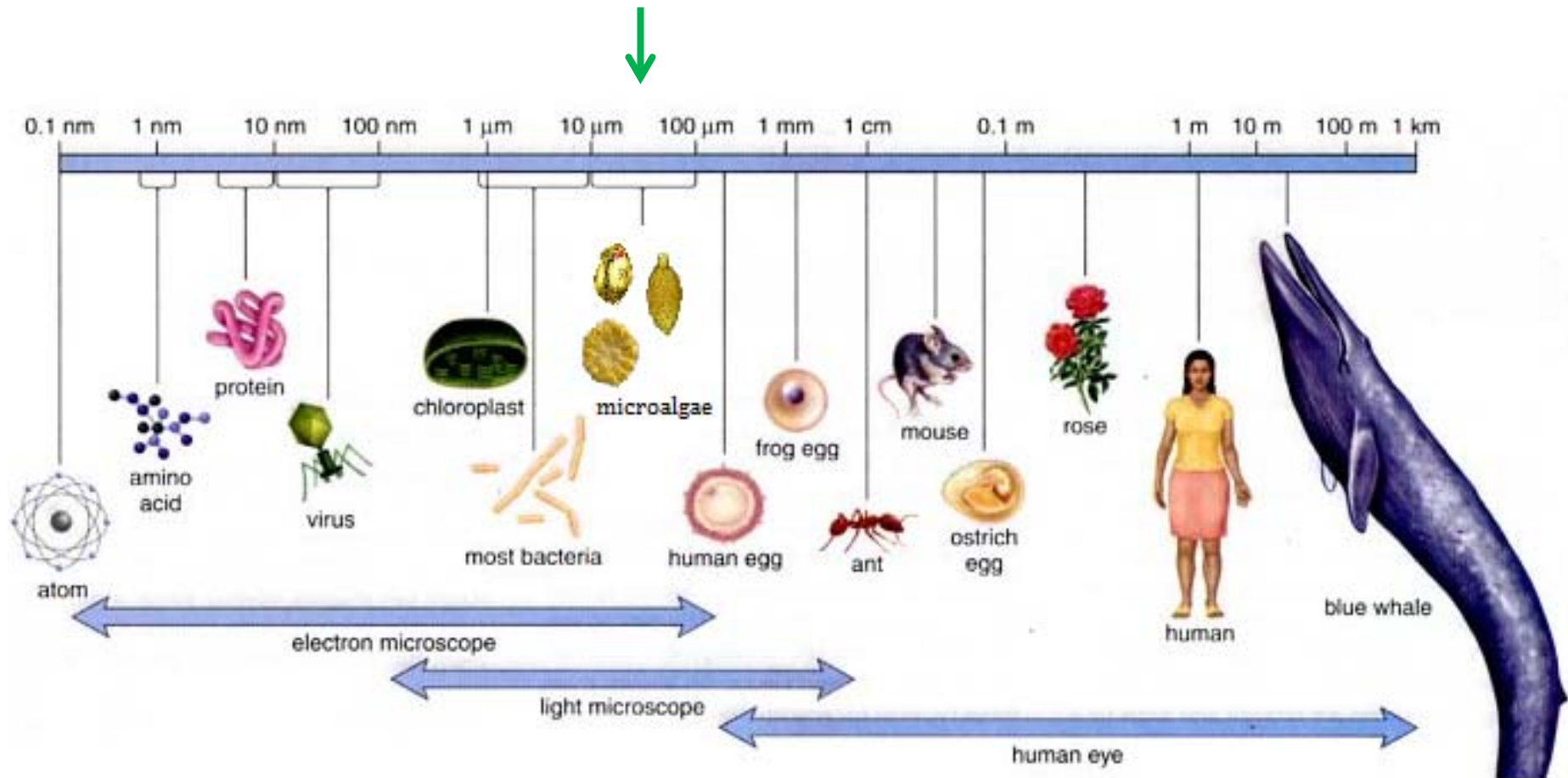
x 100



x 10



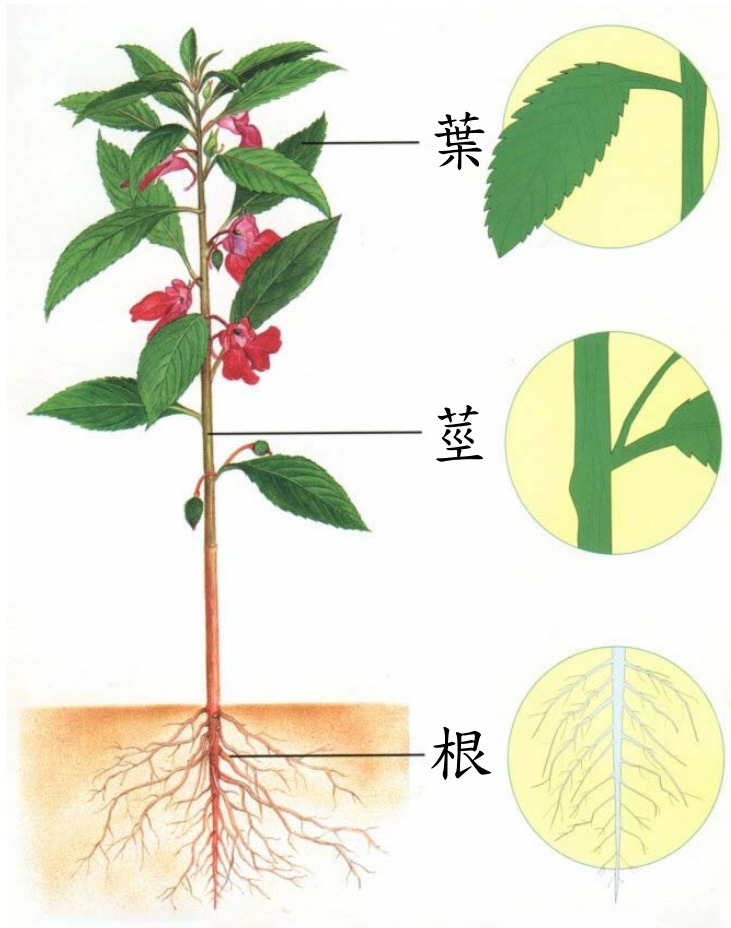
微藻有多小？(3)



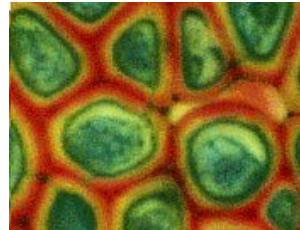
- 比螞蟻小100至1,000倍！

微藻相當於植物的一顆葉肉細胞

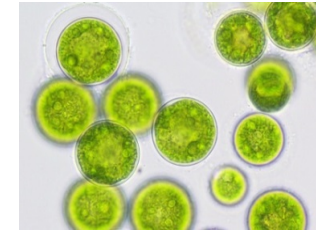
植物 (作物)



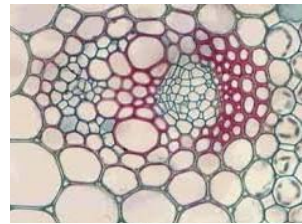
葉肉細胞 (光合作用)



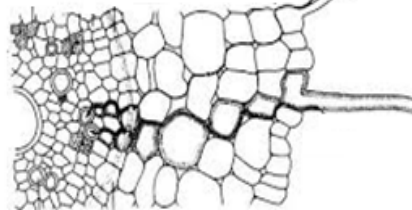
微藻



微管束細胞 (導水、支撐)



根毛細胞 (吸水)



- * 成千上萬細胞的組合體，結構複雜
- * 體型較大，需要木質纖維支撐。
- * 只有少數細胞能行光合作用

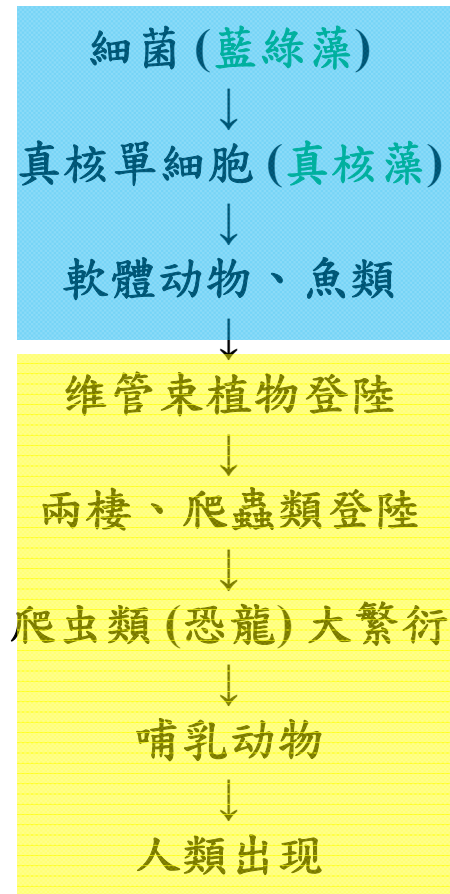
- * 一顆微藻的個體相當於一個葉肉細胞。
- * 每個個體均能行光合作用...光合作用效率遠高於相同重量的植物！
- * 浮在水上，可直接從周遭獲得水份、不需根莖，也不需要木質纖維支撐。

微藻為何活在水裡？



地球形成后一段时
间里没有生命存在

原始



水生

陸生



- 留在水裡的原始生命。

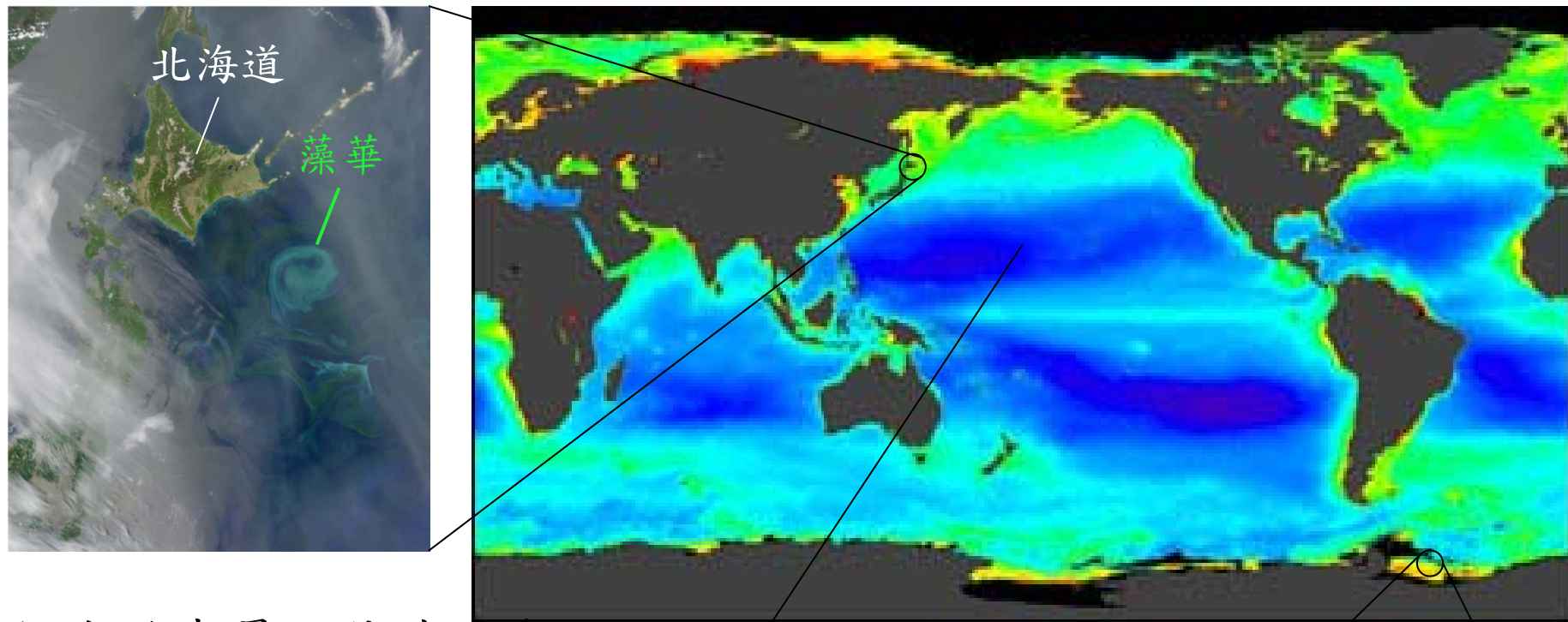
- 六億年出現。

微藻存活於有光的水域



加分題：為何深海魚的嘴巴偏大？

微藻廣泛分布於全球水域的表層



1. 水的表層；佔地球表面積七成。
2. 沿岸居多
3. 熱帶大洋偏少 (缺鐵)
4. 和漁場有關...

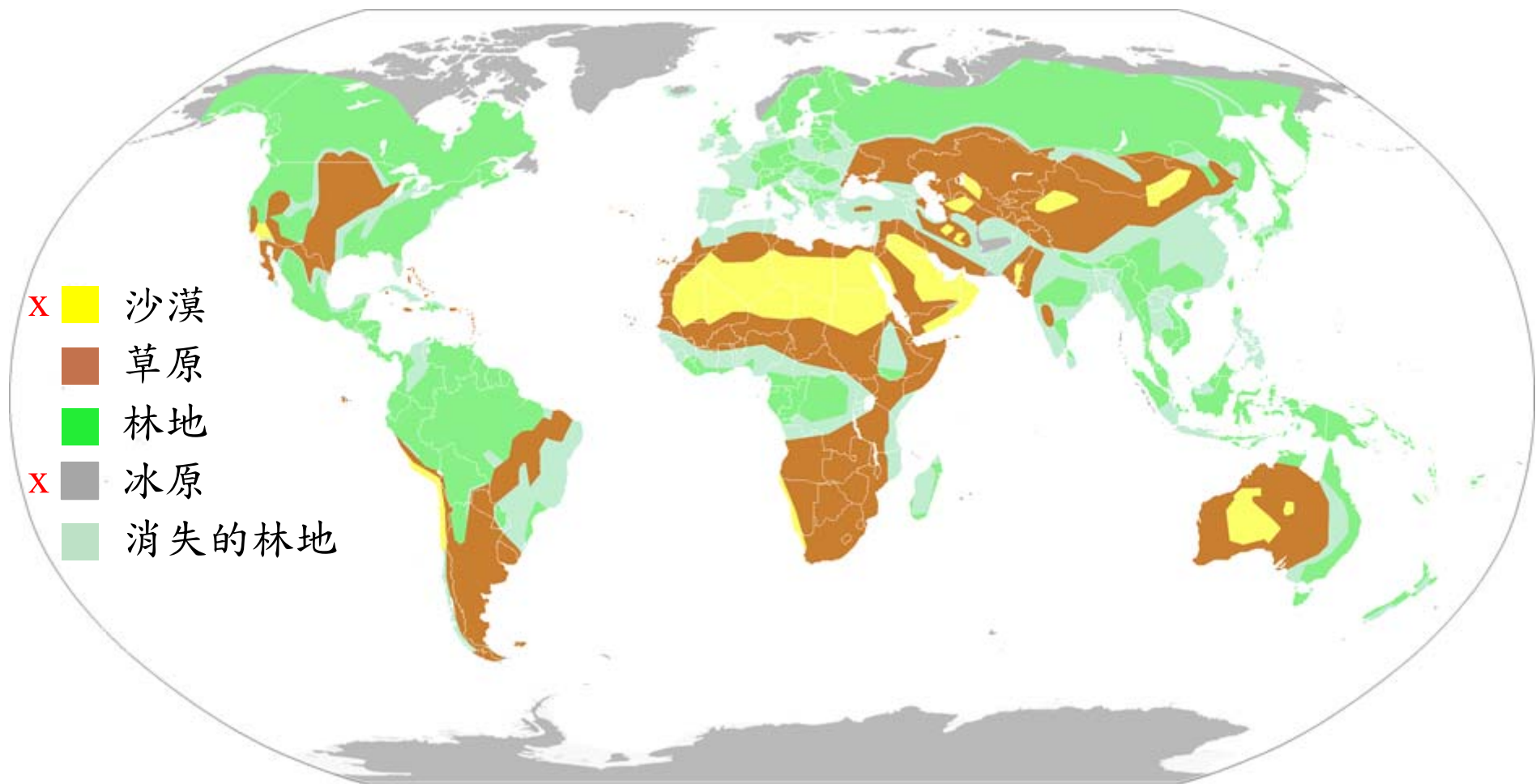


植物的分佈受限於陽光、淡水及陸地



加分題：為何南極和沙漠沒有植被？

因此，有植物分布 (能長植物) 的地方其實不多...



- 佔地表面積的兩成
- 逐年遞減中...

什麼是微藻 (microalga) – 回顧

1. 一種能行產氧光合作用的單細胞生物。

- 像植物一樣，能利用陽光能，將水及二氧化碳轉換成氧氣及醣類 (或油脂)。
- 相當於微型 (奈米) 植物

2. 植物的祖先；廣泛分布在地球的水表。

- 植物則以陸生為主 - 分布範圍狹隘。

大綱

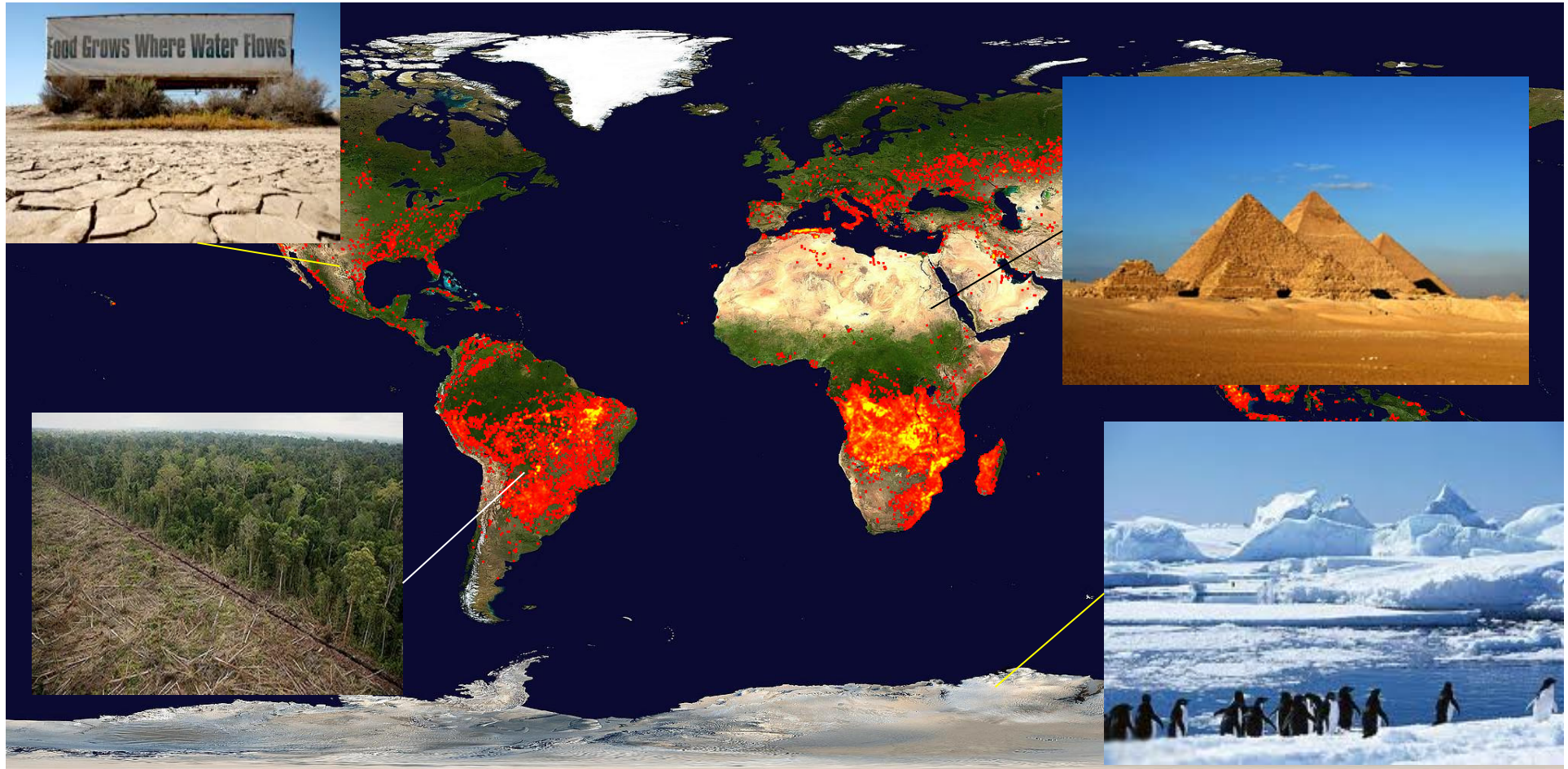
1. 什麼是微藻？
2. 微藻在養殖及應用方面的優點 (是否可取代農作物)？
3. 微藻生物科技的範疇
 - (1) 水產養殖
 - (2) 食品
 - (3) 醫藥
 - (4) 環保
4. 微藻生物科技的瓶頸

何謂農作物 (field crops) ?

1. 田間進行大面積栽培的植物，包括糧、棉、油、麻、絲、茶、糖、煙。
2. 滿足人類食、衣、住、行的重要物資。
3. 以糧食及能源作物為大宗。



農耕需要龐大的土地資源...



然而：

1. 陸地僅佔地表面積三成，其中只有2/3適合耕作。
2. 適合耕作的土地很多是茂密的森林...**濫墾濫伐！**
3. 全球變遷(乾旱)造成可耕地縮減(美國加州)。

能源作物對於糧食作物的排擠造成糧食的減產...

1. 例如在美國，有超過三成的飼料玉米被拿去製造生質酒精 (汽油的代用品)
2. 影響：糧食減產及價格高漲！



(能源) 作物的大量耕種引發生態浩劫

1. 例如，在巴西及印尼，過去十年有超過800,000平方公里的熱帶雨林，因為種植油棕遭到濫墾濫伐。
3. 影響：全球暖化、物種絕滅！



農作物的栽培時間很長



* 水稻栽培曆

農曆	一期作	1月	2月	3月	4月	5月	6月				
	二期作	7月	8月	9月	10月	11月	12月				
生育日數	一期作	插秧	14天	34天	45天	53天	64天	78天	120天		
	二期作	插秧	10天	22天	30天	40天	51天	71天	100天		
生育時期	插秧		分蘗開始	分蘗中期	每叢25-30支	分蘗停滯	幼穗形成開始	孕穗期	抽穗開花期	結穗期	收穫

- 一年1~2期

糧食作物的生產伴隨製造大量的廢棄物 (不環保!)



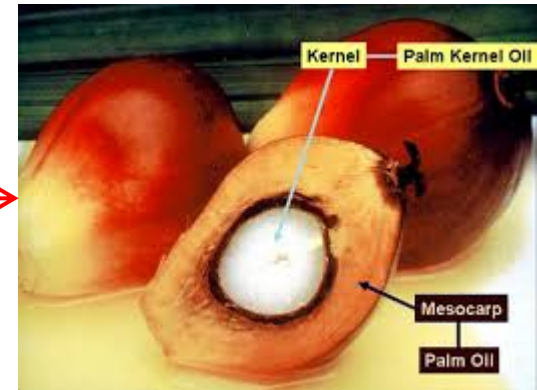
- 農業廢棄物：
根莖葉梗... >95%



產物：玉米粒 (<5%)

油脂作物亦然

棕櫚樹



-廢棄物 (>99%)



棕櫚油 (<1%)

微藻沒有前述農作物的缺點...

1. 微藻的個體小，因此生長較為迅速，
2. 微藻的構造簡單且可利用比例高，沒有「農業廢棄物」的問題。
3. 微藻為水生，因此不佔用現有耕地 (不影響現有農作物的生產)，對環境友善。

微藻的栽培以天為計！



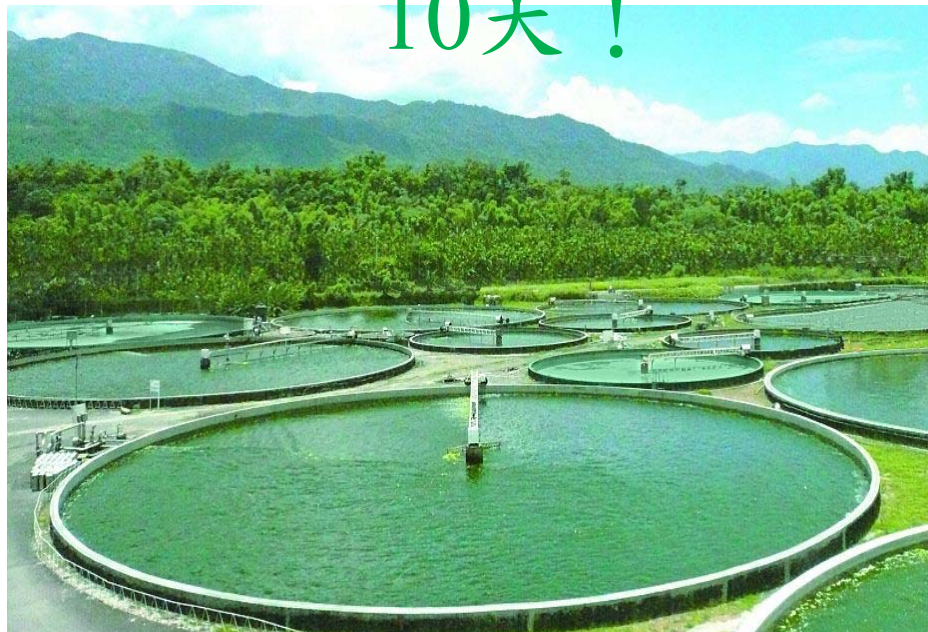
0.2 L



1 L



20L



10天！

100,000L



1,000L

微藻的生產力遠高於糧食作物



生產力比較

1	稻米	60
2	甘蔗	80
3	狼尾草	250
4	布袋蓮	300
5	微藻	>1000

單位：噸/年/公頃



- 因為生長迅速、可用部位比例較高



微藻的油脂產量遠高於油脂能源作物



- 油脂作物的10 ~ 500倍！
- 和微藻的高生長速率及高含油率有關。

微藻的量產沒有農業廢棄物的問題

在澳洲...



離心



乾燥



乾藻粉

藻渣
(低纖維、高蛋白)

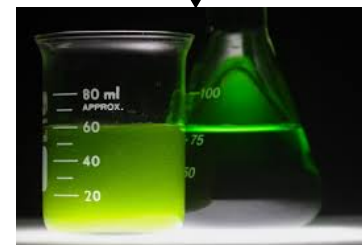


2. 牛飼料



100%

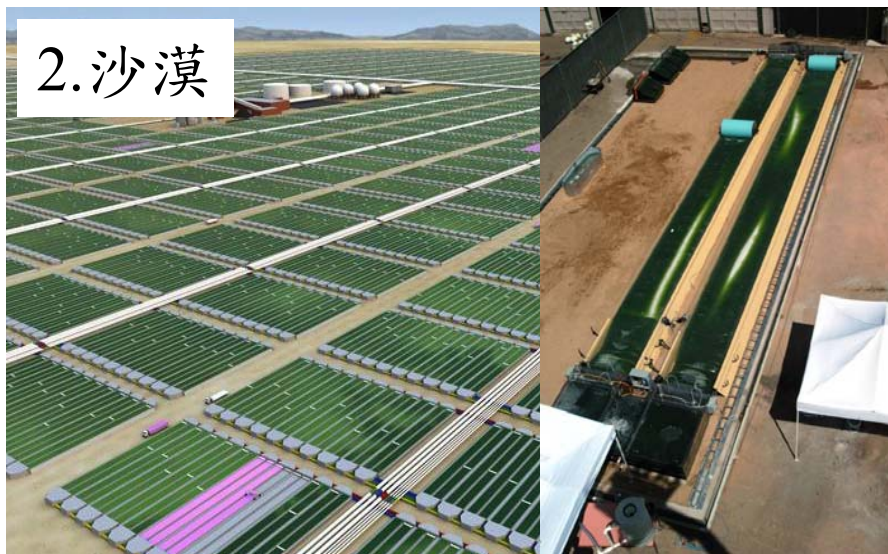
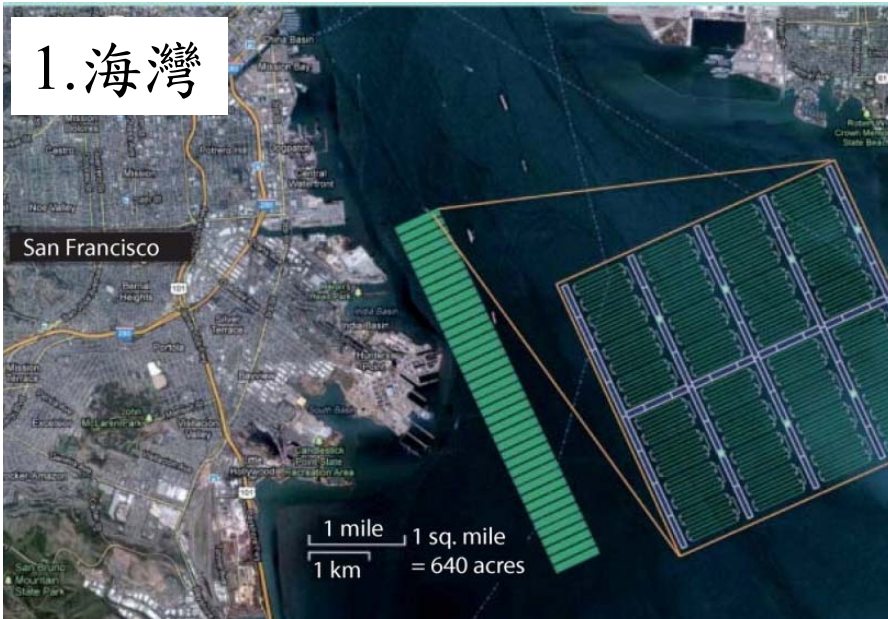
20-80%



20-80%

1. 藻油

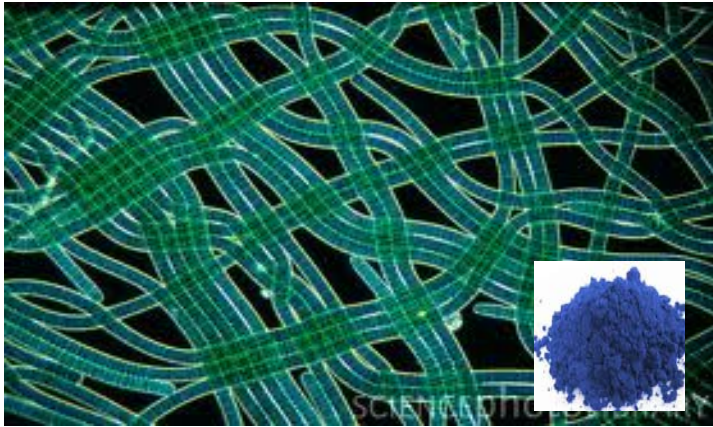
微藻的養殖不會佔用現有的耕地



<http://geekslop.com/2012/biq-house-uses-micro-algae-facade-to-power-building>

- 不會排擠糧食作物的生產、不會破壞生態

微藻富含獨特的天然色素



藍綠藻: 藻藍素



紅藻: 藻紅素



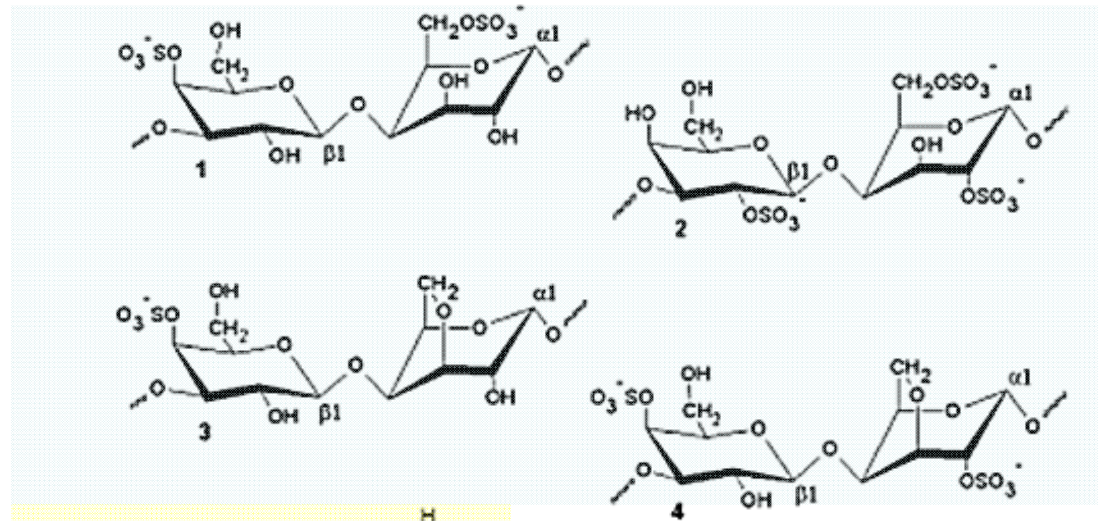
金黃藻: 岩藻黃素



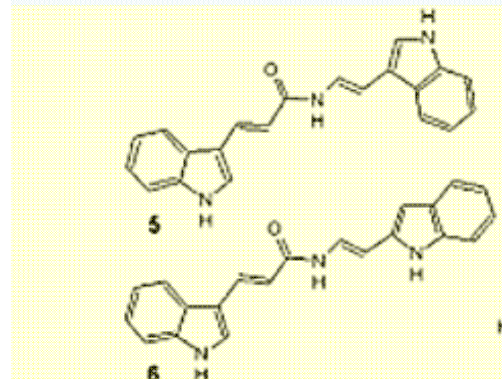
綠藻: 蝦紅素

- 和光合作用、光保護及抗氧化有關
- 可作為食用色素、增艷劑及保健食品

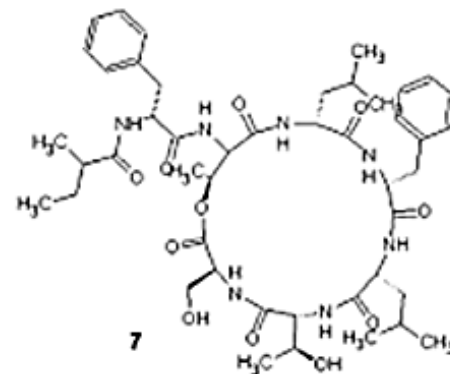
微藻含有獨特的活性分子



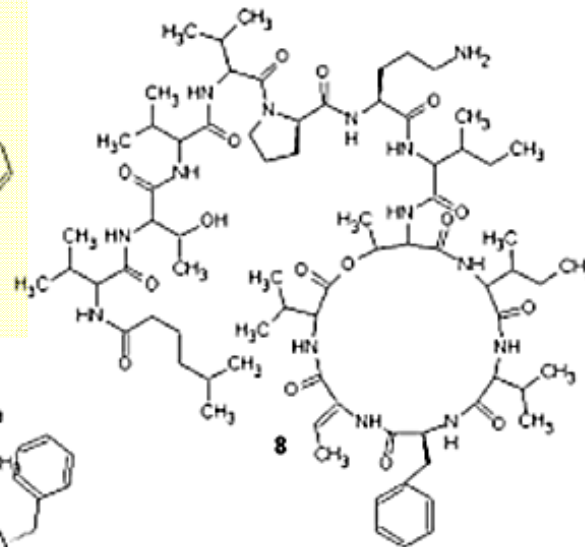
Carrageenan:
抗病毒、免疫
調節



Chondriamide:
抗病毒



Kahalalide: 抗菌、抗病毒
、抗癌



微藻可以取代部分農作物，而且可以更好...

回顧

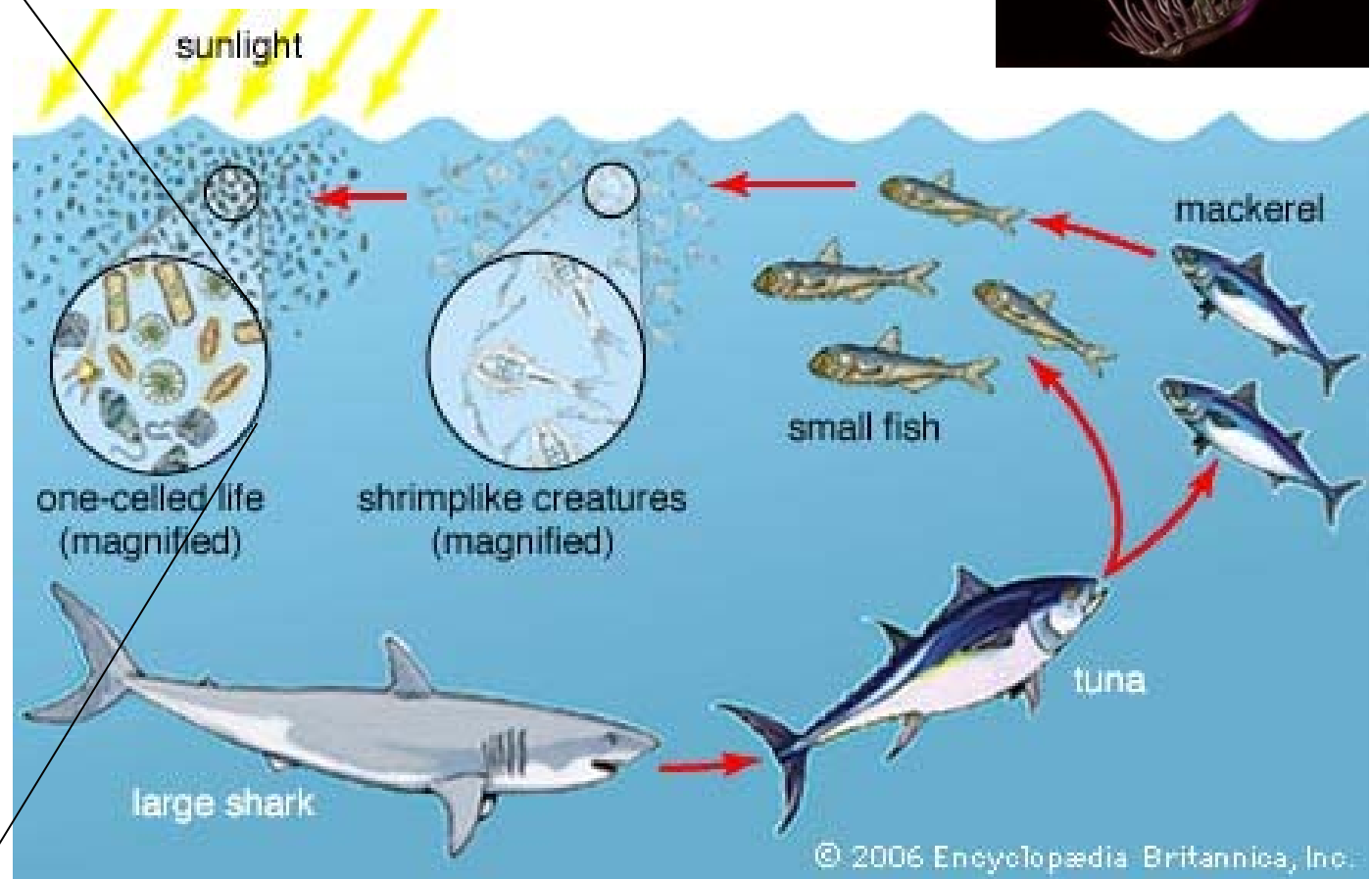
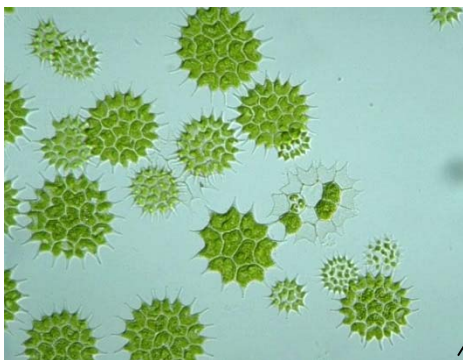
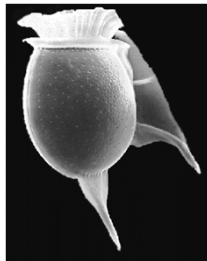
1. 微藻富含澱粉、油脂、蛋白質，可取代糧食(食)及能源作物。
2. 微藻的個體小、構造簡單，因此生長較為迅速，且可利用比例高，沒有「農業廢棄物」的問題。
3. 微藻為水生，因此不佔用現有耕地(不影響現有農作物的生產)，對環境友善。

大綱

1. 什麼是微藻？
2. 微藻在養殖及應用方面的優點？
3. 微藻生物科技的範疇
 - (1) 水產養殖
 - (2) 食品
 - (3) 醫藥
 - (4) 環保
4. 微藻生物科技的瓶頸

在水中，大魚吃小魚，小魚吃小蝦，小蝦吃？

微藻！



- 微藻為海洋及湖泊食物鏈的基礎。
- 沒有微藻，水裡就沒魚(和沙漠一樣荒蕪)！

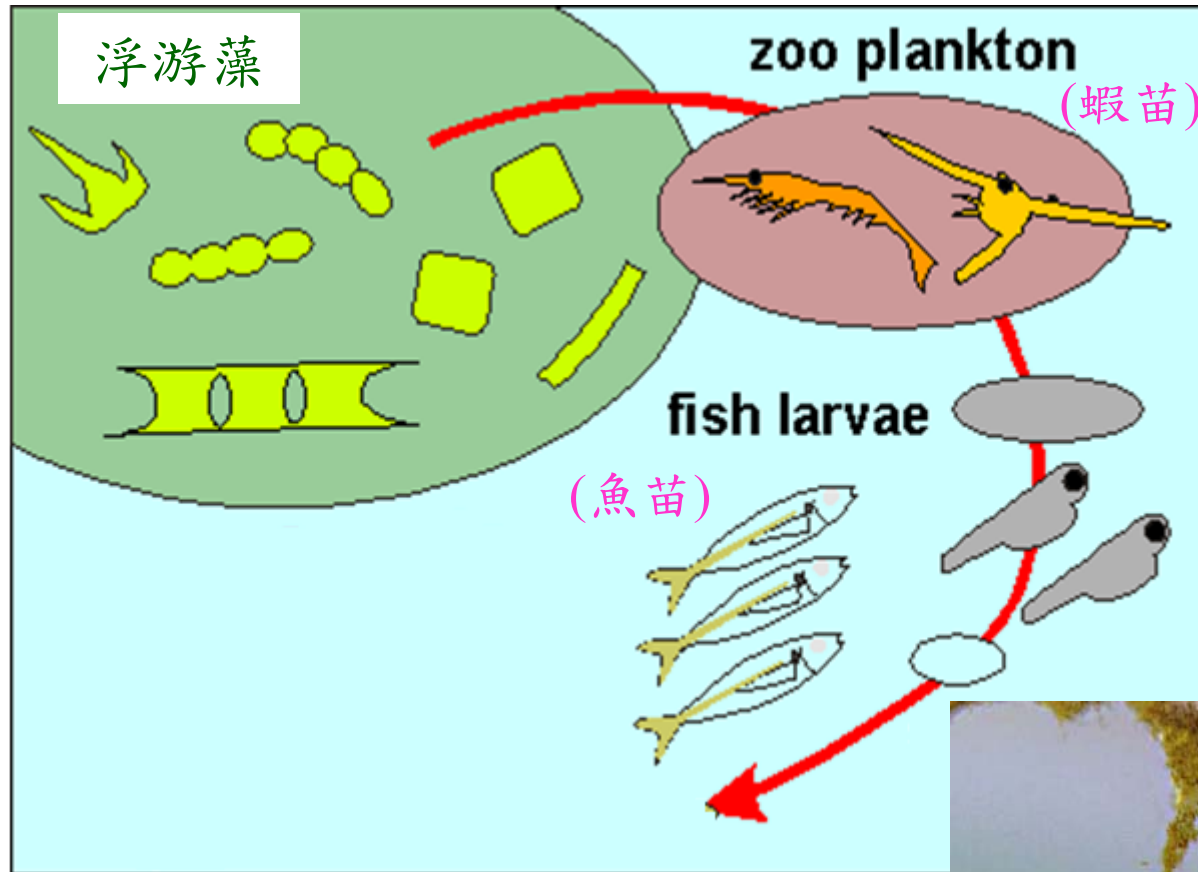
養殖池內也一樣...

微藻可作為養殖池內的魚、蝦、貝類的食物，從而：

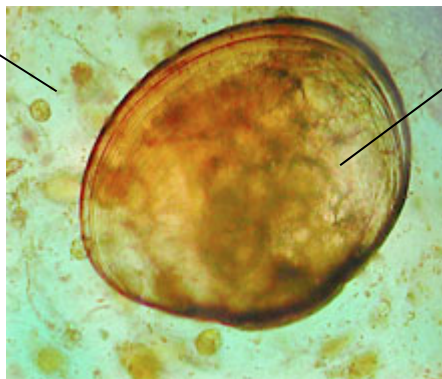
1. 提供足夠的營養
2. 促進魚隻健康
3. 改善養殖環境
4. 提高色澤



微藻是魚、蝦、貝苗的主食

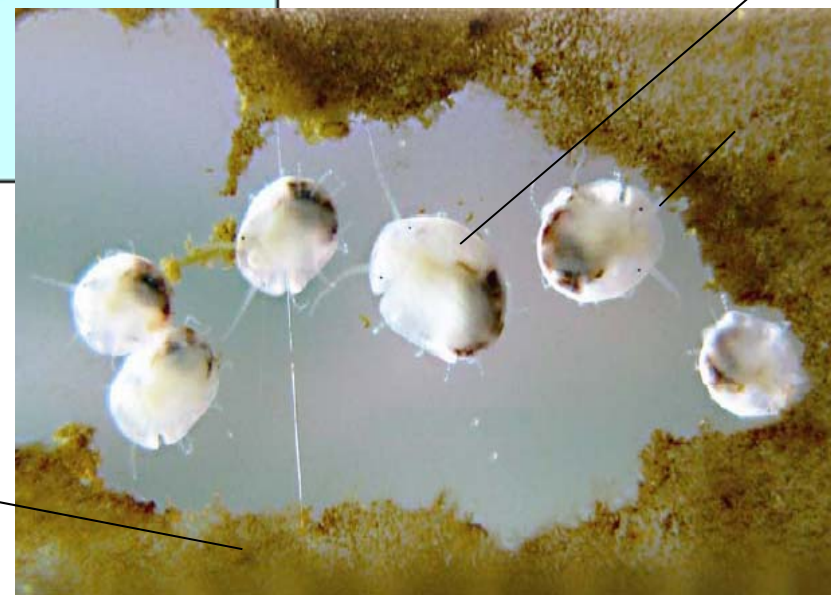


浮游藻



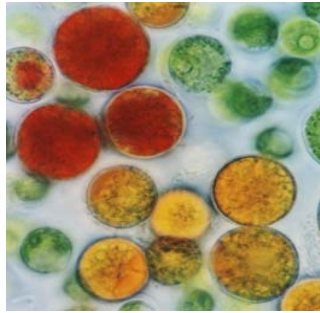
文蛤苗

底棲藻



鮑魚苗

微藻的餵食有助於改善魚隻的健康



Haematococcus
(紅球藻)



富含「蝦虹素」

降低

氧化壓力



Spirulina
(螺旋藻)



富含「多醣體」

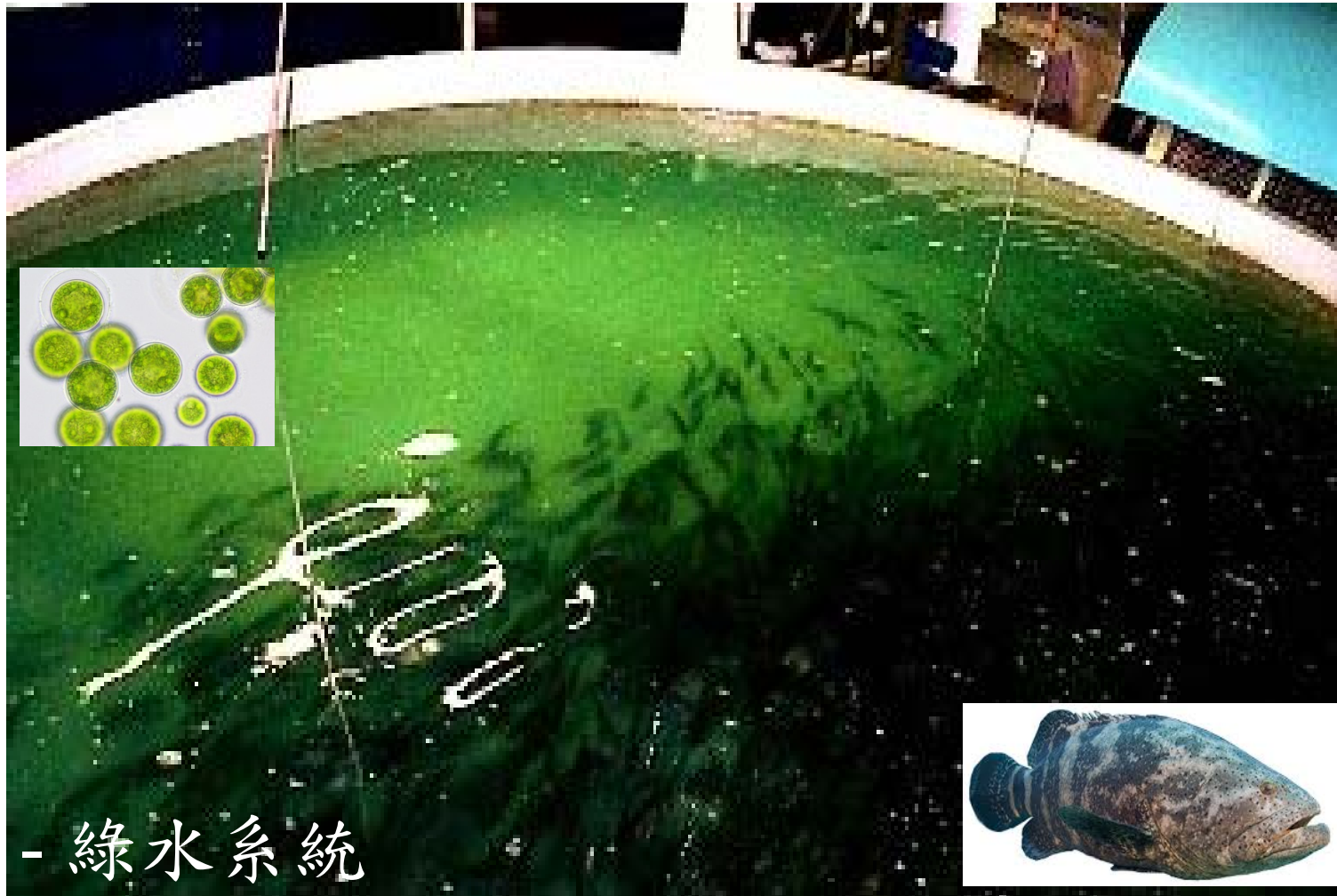
免疫力

提昇



為何養魚必先「養水」？

- 養藻！



- 可穩定水質、提供遮蔽、改善微生物組成，讓魚更健康。
- 另類的「魚菜共生」系統！

藍色微藻的餵食可改善牡蠣的色澤



普通牡蠣

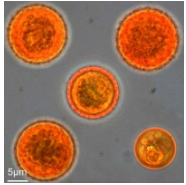


Haslea ostrearia
(一種藍色的矽藻)

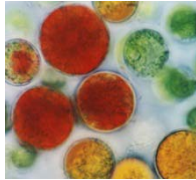


「綠牡蠣」
單價提高四成！

紅色微藻的餵食可改善觀賞魚、蝦的色澤



Dunaliella
(杜氏藻)



Haematococcus
(紅球藻)



觀賞魚 (血鸚鵡)



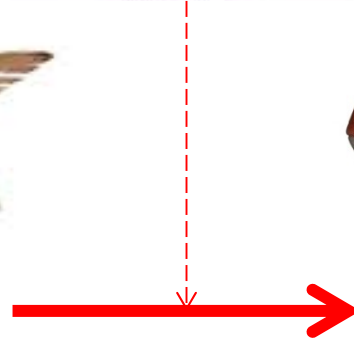
觀賞魚 (錦鯉)



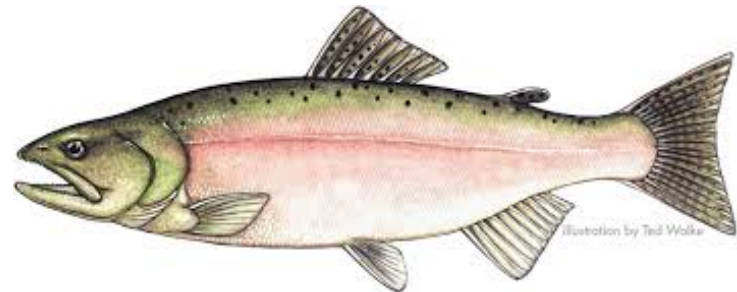
觀賞蝦 (極火蝦)

紅色微藻可改善食用魚的色澤

1. 嘉鱾 (真鯛)



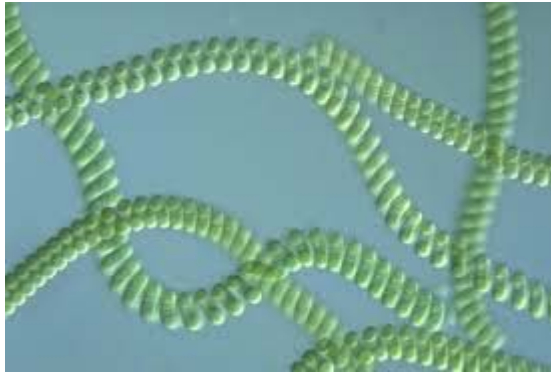
2. 鮭魚



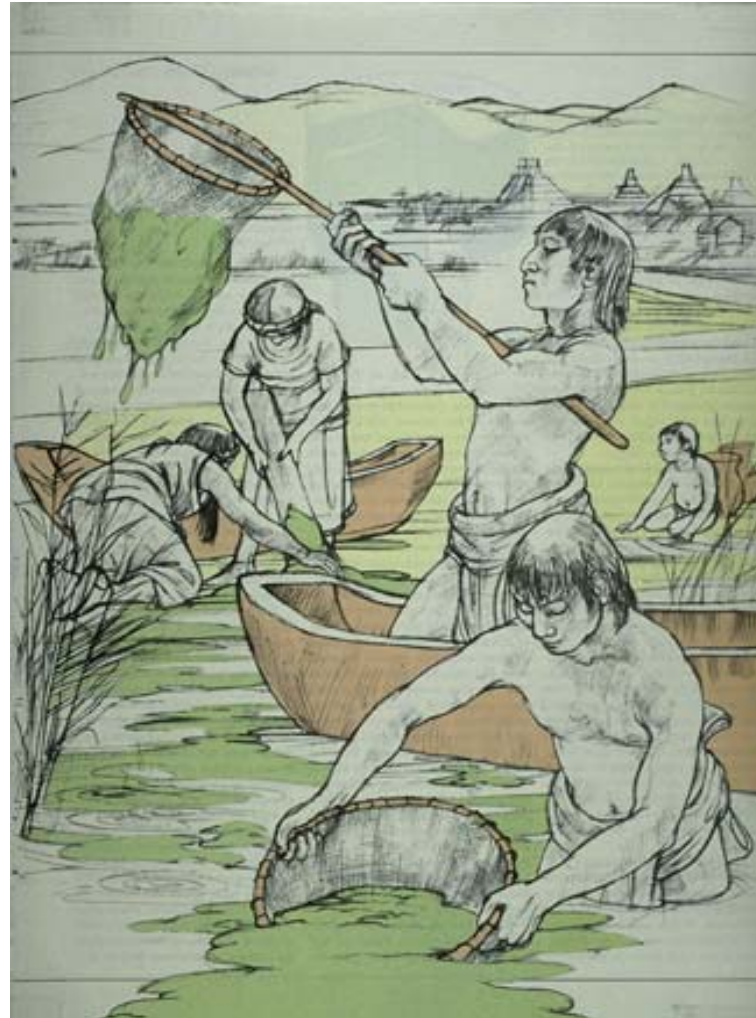
大綱

1. 什麼是微藻？
2. 微藻在養殖及應用方面的優點？
3. 微藻生物科技的範疇
 - (1) 水產養殖
 - (2) 食品
 - (3) 醫藥
 - (4) 環保
4. 微藻生物科技的瓶頸

人類食用微藻的歷史十分悠久...



螺旋藻 (*Spirulina*)



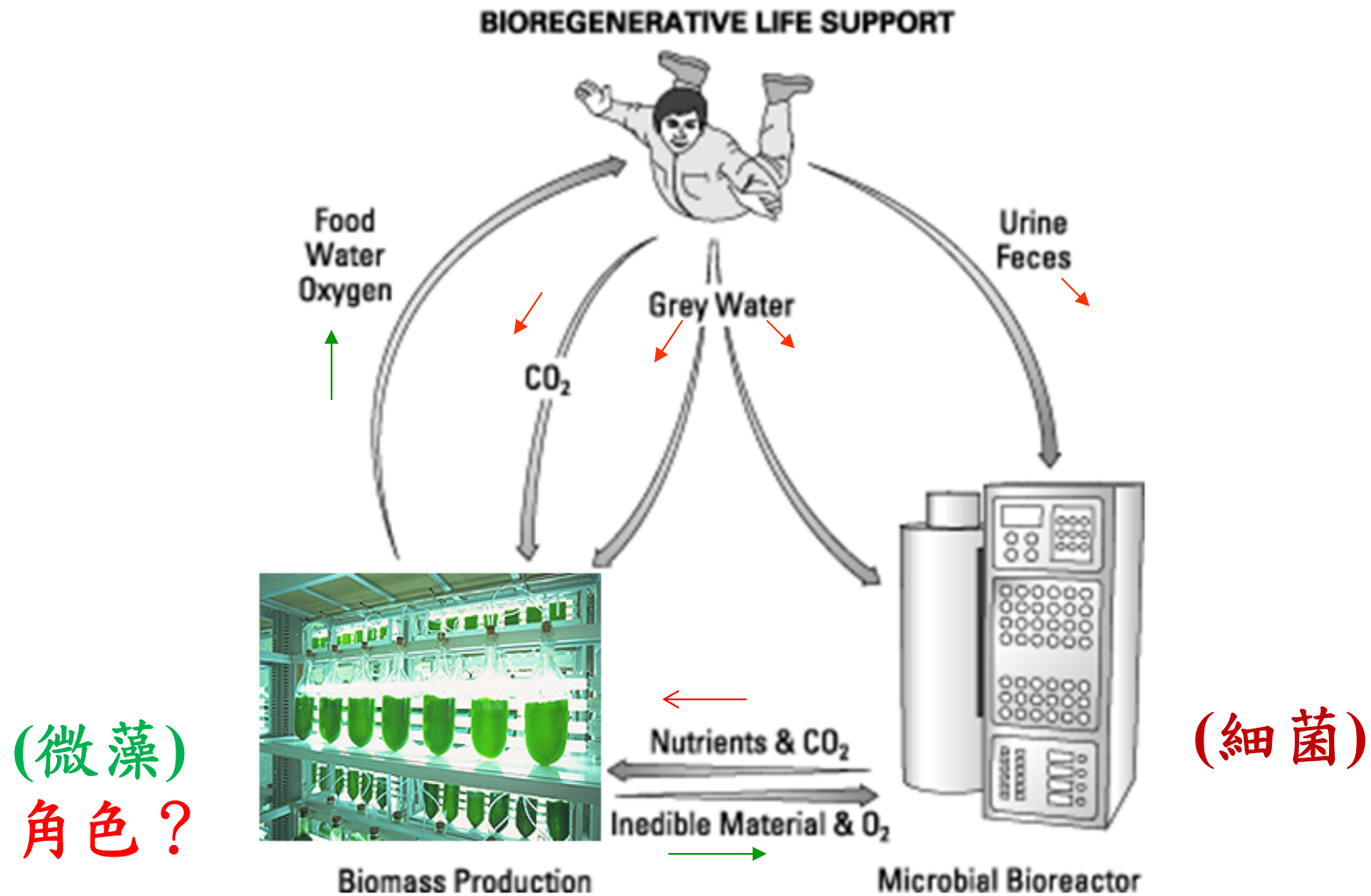
- 12世紀，阿茲特克人 (Aztecs) 撈取Lake Texcoco內的螺旋藻食用，用以補充蛋白質。

微藻 (螺旋藻) 是非洲土著重要的蛋白質來源



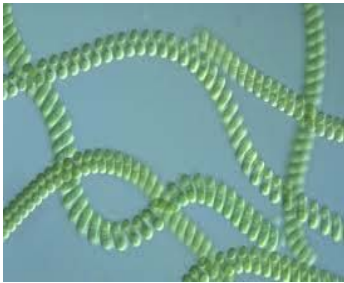
微藻可讓太空旅行成真...

(太空人)



<http://www.projectrho.com/rocket/lifesupport.php>

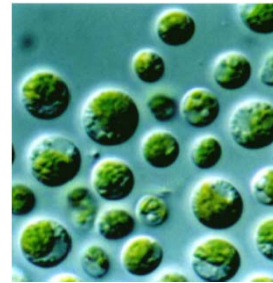
微藻是現代人優質的蛋白質來源



螺旋藻
(60-70%)



束絲藻
(60-65%)

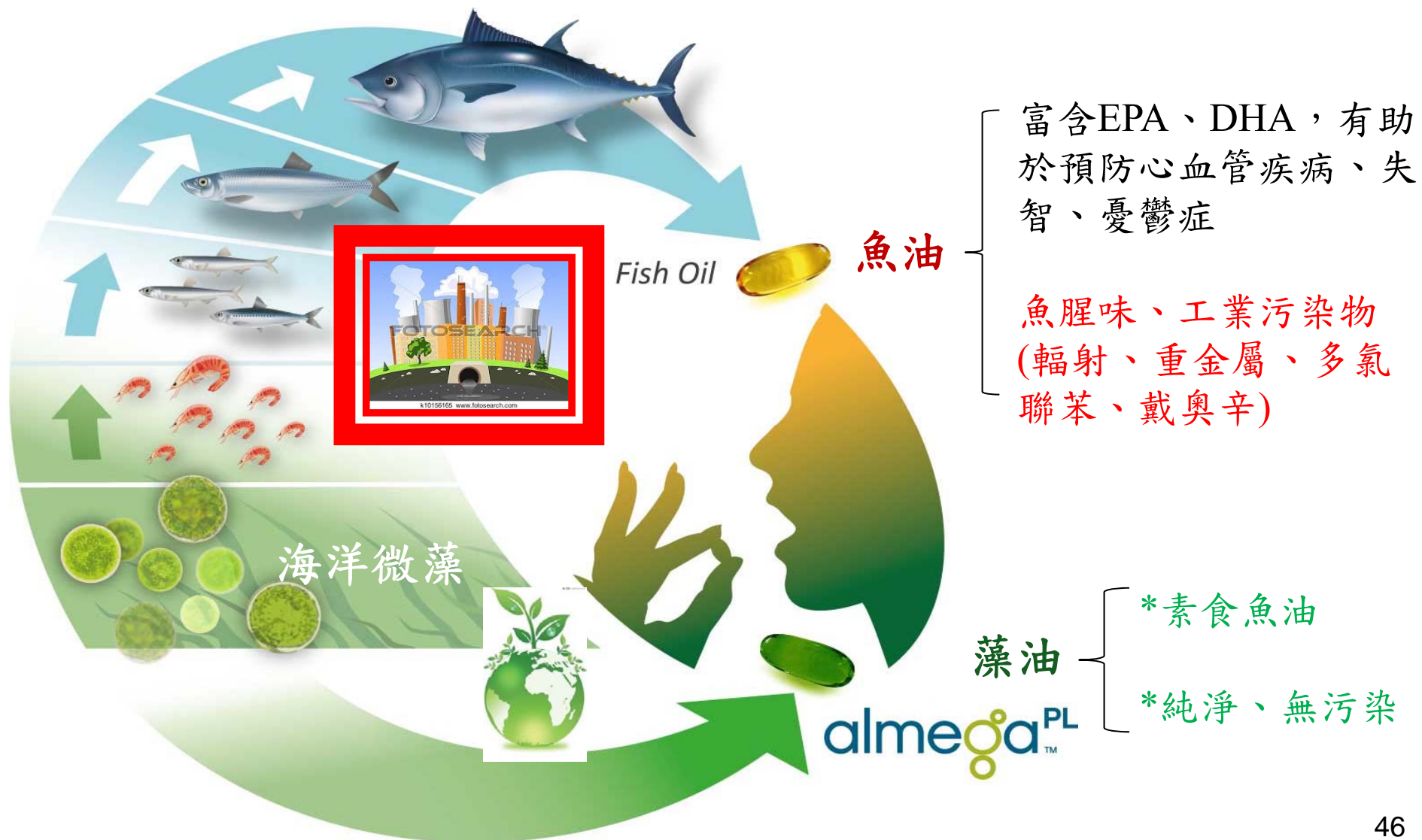


小球藻
(55-60%)

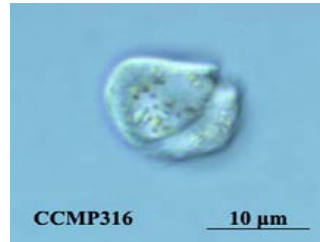


- 低卡、高蛋白食品
- 有助於苗條、健身

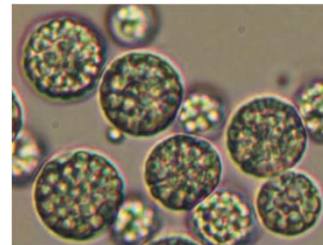
海洋微藻富含純淨的 ω -3不飽和脂肪酸 (EPA, DHA)



「素食魚油」的應用



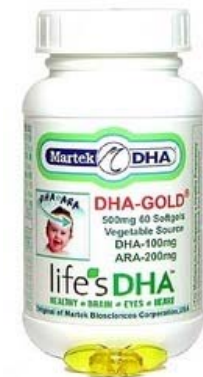
Crypthecodinium
(隱甲藻)



Schizochytrium
(裂殖藻)



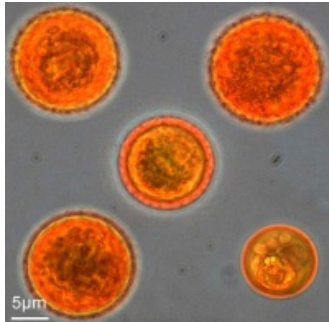
DHA



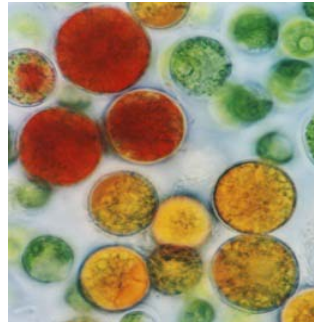
中醫頻道
zhongyi.ifeng.com

微藻是食用色素的良好來源

(1) 類胡蘿蔔素



杜氏藻
(1-2% β -carotene)



紅球藻
(1-2% astaxanthin)



微藻是食用色素的良好來源

(2) 藻紅素



Porphyridium
紫球藻

微藻是食用色素的良好來源

(3) 藻藍素

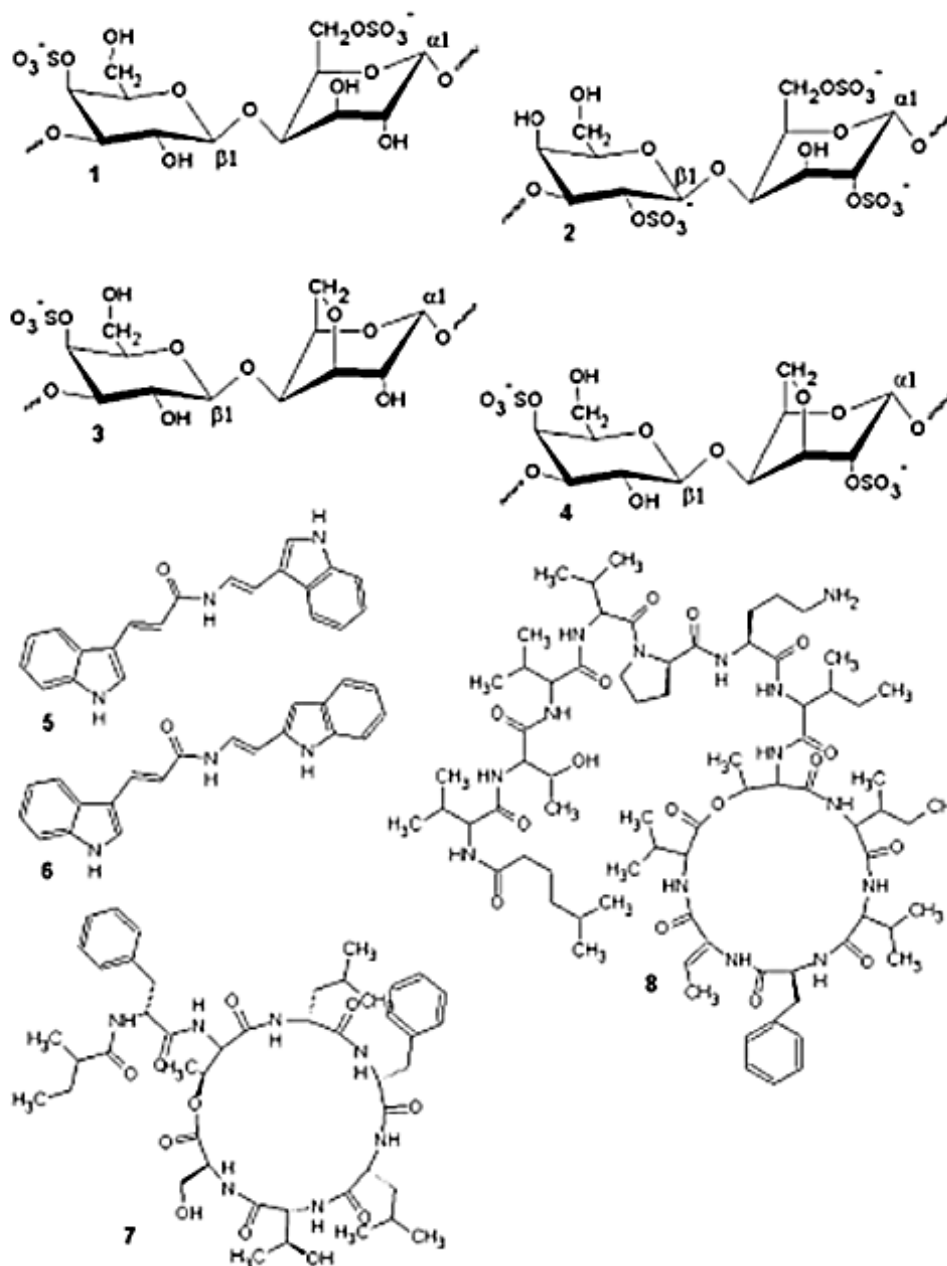


Spirulina
螺旋藻

大綱

1. 什麼是微藻？
2. 微藻在養殖及應用方面的優點？
3. 微藻生物科技的範疇
 - (1) 水產養殖
 - (2) 食品
 - (3) 醫藥
 - (4) 環保
4. 微藻生物科技的瓶頸

一些藻類的活性成分具有開發成藥物的潛力



1~4: Carrageenan

- 「塗抹」的保險套
- 第三期臨床測試

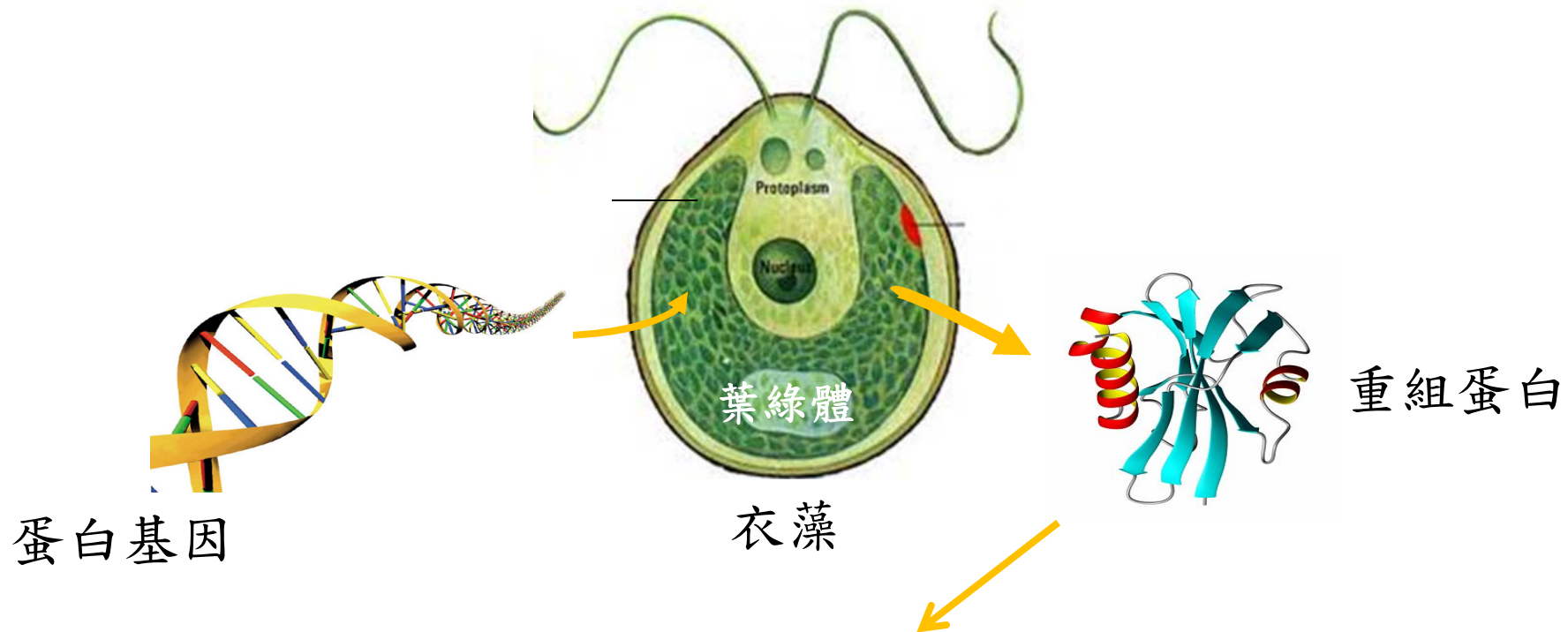
5~6: Chondriamide

- 抗病毒 (愛滋、皰疹)

7~8: kahalalide

- 抗結核菌
- 抗癌 (肺癌)
- 抗病毒 (愛滋)

如何利用微藻生產蛋白藥物？



Ig: 免疫球蛋白

Interleukin: 介白素

蛋白藥物

IgA

IgE Fc binding protein

IgG1

IgG1

IgG1d

Ig

Interleukin 3, 5, 10, 13

Anti-HSV (抗病毒)

Anti-inflammation (抗過敏)

Anti-TNF (抗發炎)

Anti-bacterium (抗菌)

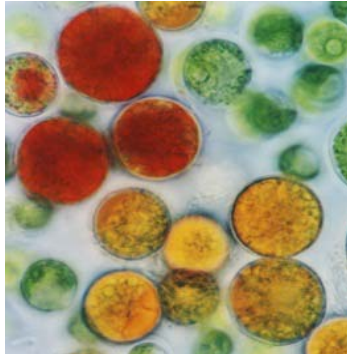
Anti-cancer (抗癌)

Anti-cancer (抗癌)

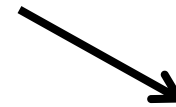
Immuno-stimulation (增強免疫力)

來自微藻的機能性 (保健) 食品

1. 蝦紅素



紅球藻 (2% 蝦紅素)



蝦紅素膠囊

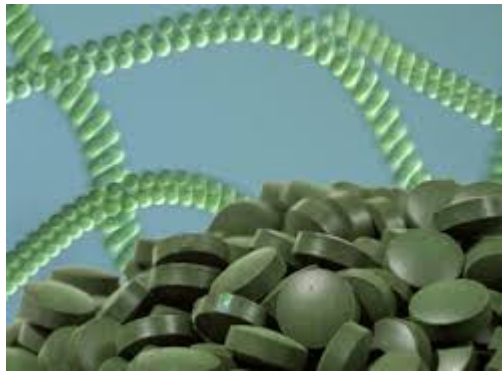


抗老化

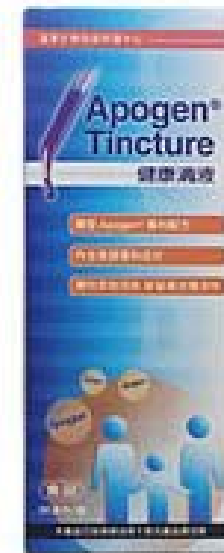
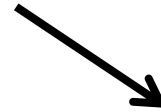


來自微藻的機能性 (保健) 食品

2. 藻藍素

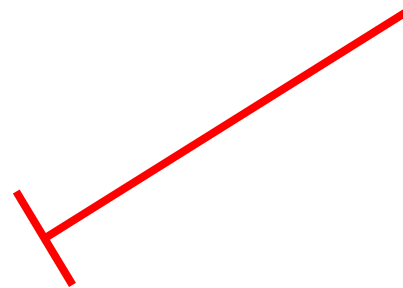


螺旋藻 (20% 藻藍素)



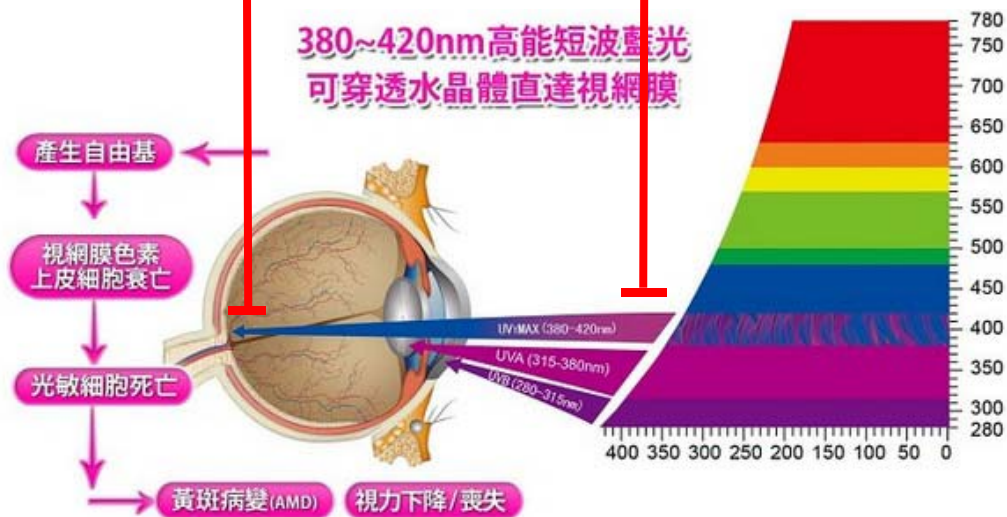
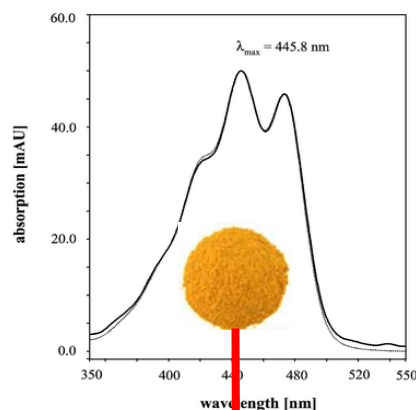
Apogen®

藻藍素滴劑



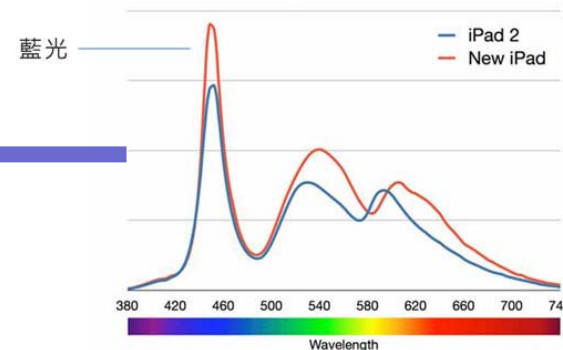
來自微藻的機能性 (保健) 食品

3. 葉黃素



長期使用 3 C 產品容易產生眼睛疲勞

現代3C產品如平板/智慧手機/電腦等螢幕解析度隨著科技的進步解析度也跟著提升增加，顏色越加鮮艷飽和，發出的藍光比例高達95%，如果長時間接觸藍光的環境，眼睛會很容易感到疲勞。

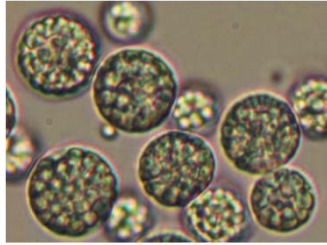


- 可食用的太陽 (藍光) 眼鏡
- 可補充室網膜內的葉黃素，改善黃斑病變

Green Onions Crystal Screen Protector

來自微藻的機能性 (保健) 食品

4. DHA



Schizochytrium
(裂殖藻)



大綱

1. 什麼是微藻？
2. 微藻在養殖及應用方面的優點？
3. 微藻生物科技的範疇
 - (1) 水產養殖
 - (2) 食品
 - (3) 醫藥
 - (4) 環保
4. 微藻生物科技的瓶頸

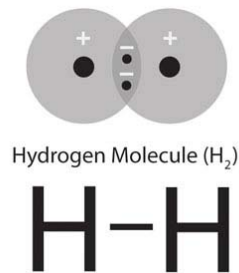
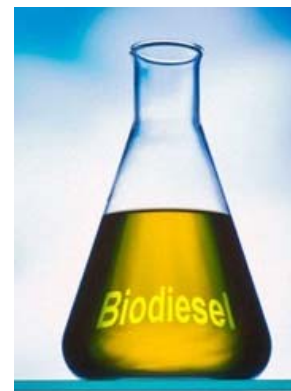
微藻於環保工業的應用－總覽



1. 廢氣處理



微藻 + 陽光



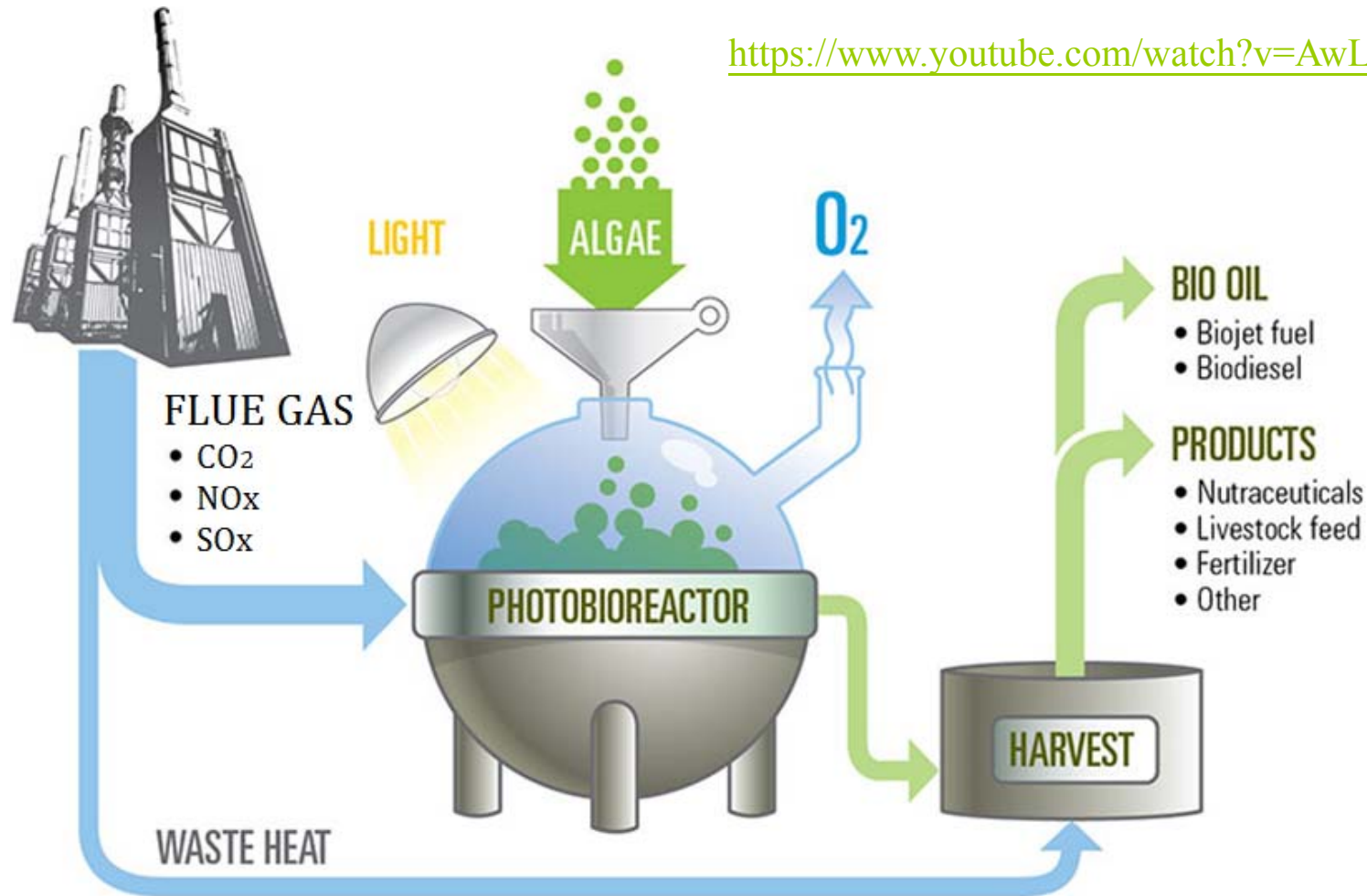
3. 再生能源
生質柴油、氫

2. 污水處理



如何利用微藻降低來自工廠的空氣污染？

<https://www.youtube.com/watch?v=AwLCiUZi4Bg>

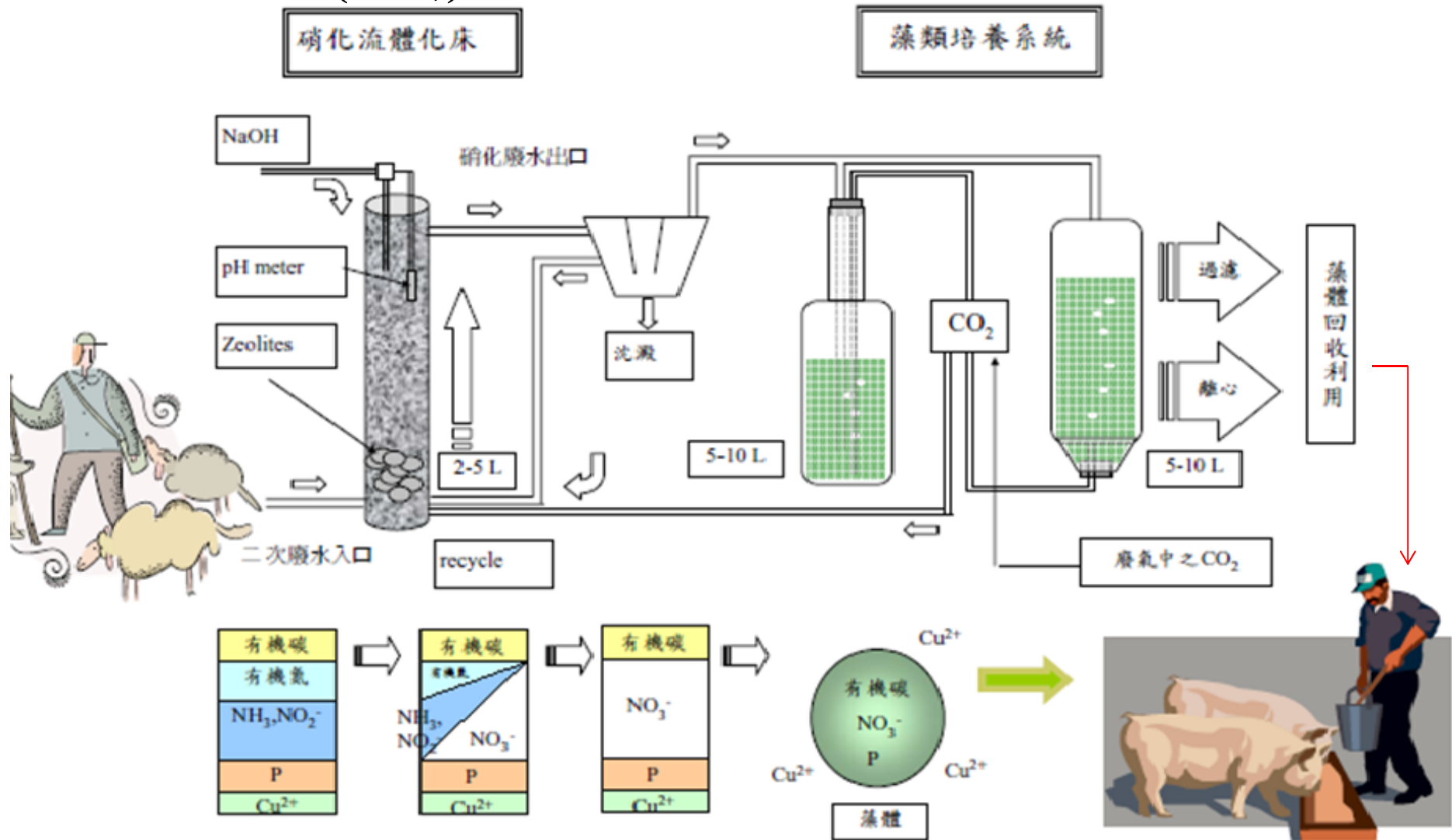


- 將煙道氣導引到養藻容器 (光反應器)
- 微藻能將其中的 CO_2 、 NO_x 及 SO_x 轉換成藻體
- 進一步的利用藻體 (例如萃油、做成飼料)

如何利用微藻處理畜牧廢水？

(細菌)

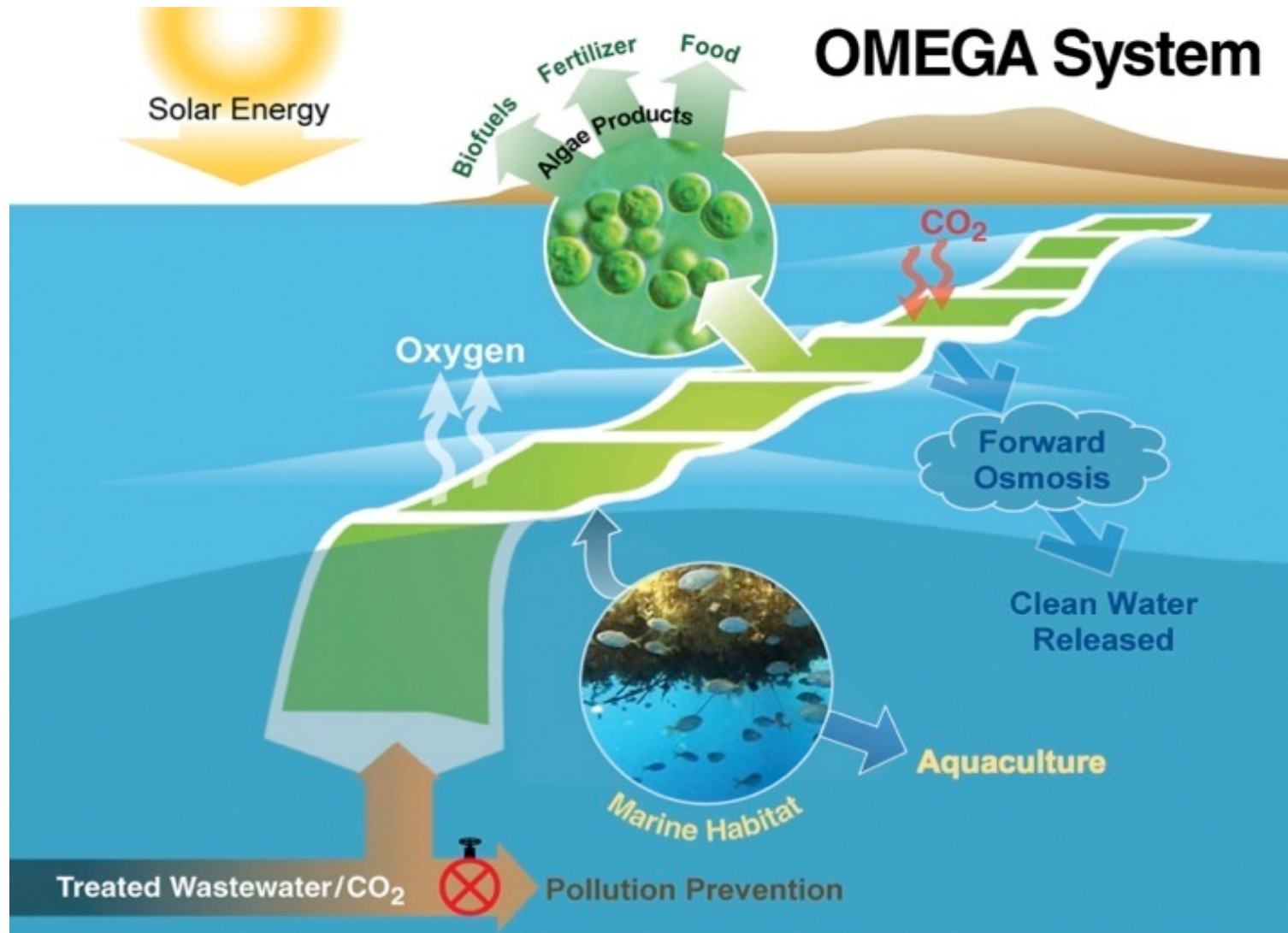
(微藻)



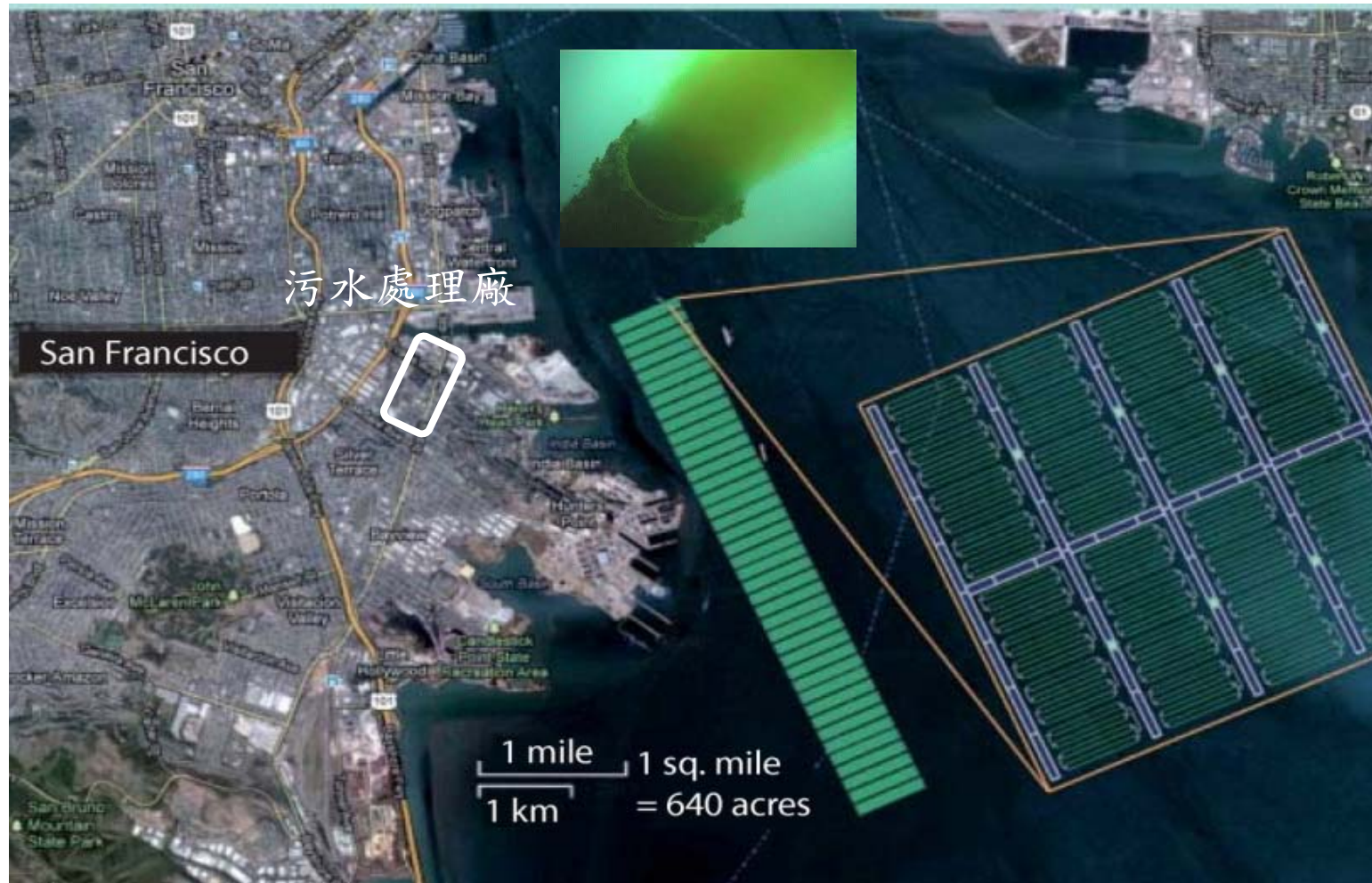
- 對環境友善的畜牧業！

如何利用微藻處理家庭廢水？

利用 OMEGA System



OMEGA System的實驗場地：舊金山灣



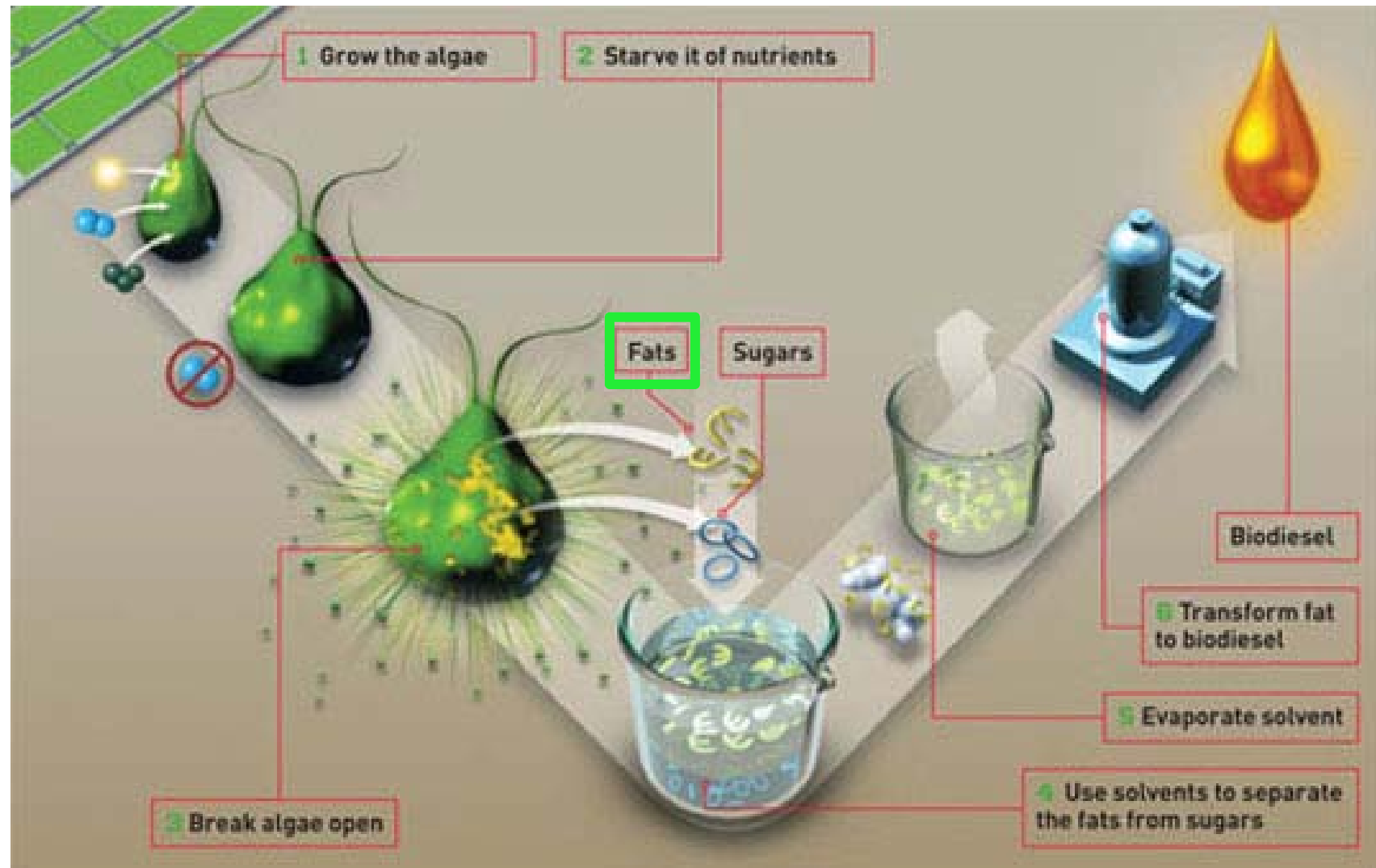
<http://making-biodiesel-books.com/2061/nasa-in-favor-of-sea-based-floating-algae-bioreactors> <http://www.youtube.com/watch?v=zx9HKSI mobU>

- 將鄰近的家庭污水導引至OMEGA System內
- 年產4千萬加崙的生質柴油！

利用海面培養微藻的優點

1. 不佔用現有耕地、不會影響糧食的生產。
2. 不會造成濫墾濫伐。
3. 不會耗用寶貴的淡水資源。
4. 能源的消耗較低。
 - 不需要刻意控制溫度
 - 不需要攪拌

如何利用微藻量產生質柴油？

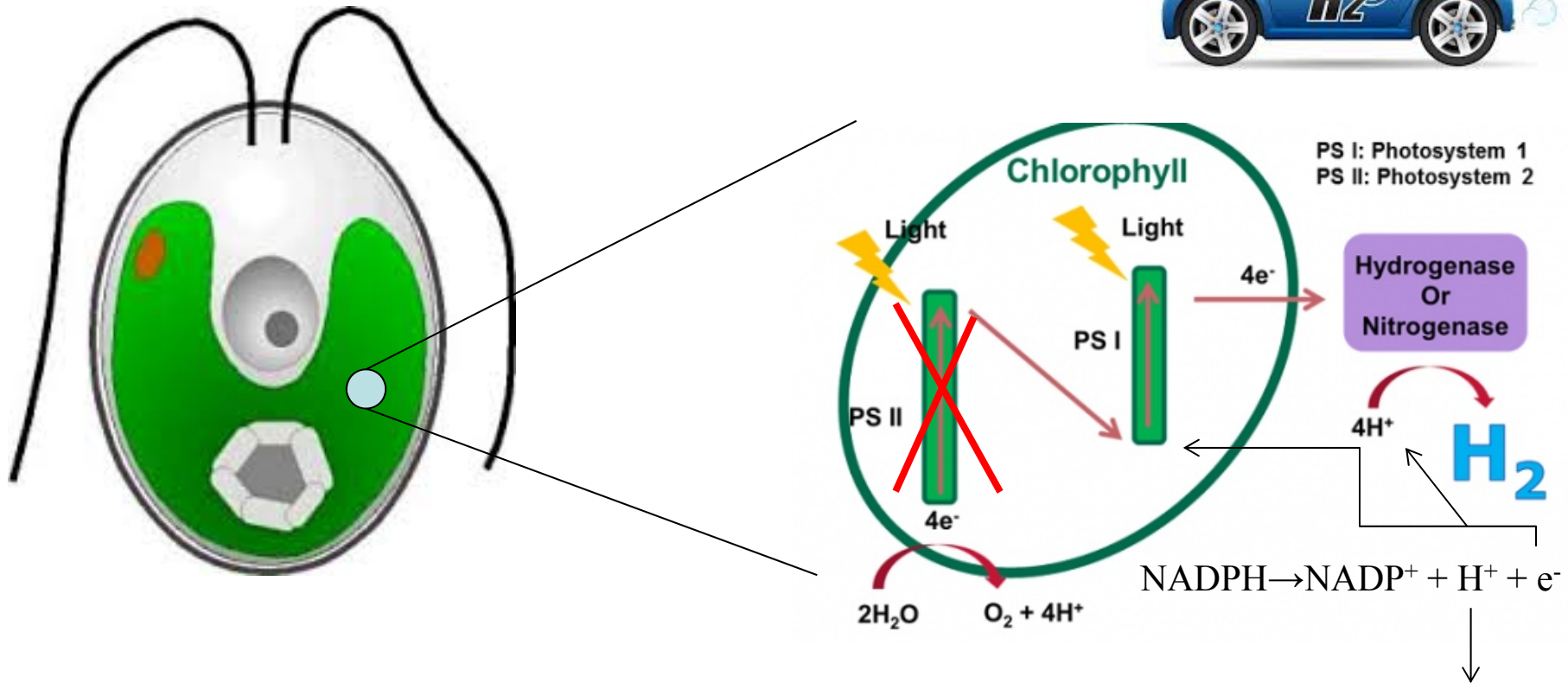


1. 養藻; 2. 缺氮; 3. 破藻; 4. 萃取; 5. 濃縮; 6. 煉製

微藻是量產生質柴油的絕佳原料

- 現今石油的來源
- 再生能源
- 量產油脂的能力優於植物
- 消耗二氧化碳
- 不會造成 food-fuel debate 及 environmental controversy

如何利用微藻製造氫氣？



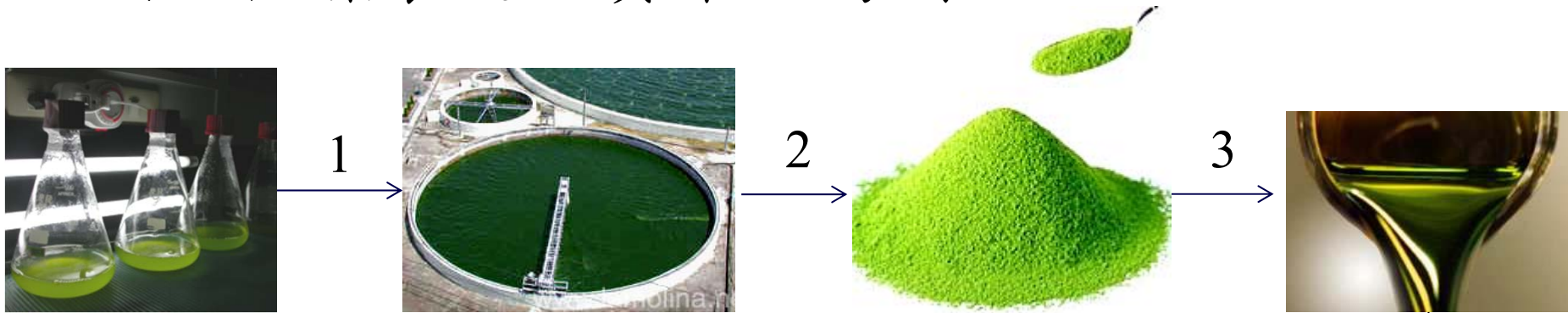
- 在缺硫時，會使PSII無法運作，致使光合作用停止進行。 **ATP**
- 微藻開始利用呼吸作用取得能量，直到燃料(脂肪、醣類及氧氣)用完。
- 微藻開始分解葉綠體內的NADPH用以量產ATP，此時開始產氫。
- 由於葉綠體內的NADPH的量很有限，因此微藻產氫能力不佳。

大綱

1. 什麼是微藻？
2. 微藻在養殖及應用方面的優點？
3. 微藻生物科技的範疇
 - (1) 水產養殖
 - (2) 食品
 - (3) 醫藥
 - (4) 環保
4. 微藻生物科技的瓶頸

微藻的應用仍有許多瓶頸...

以利用微藻製造生質柴油為例...



1. 戶外培養

2. 採收及乾燥

3. 萃油

4. 精鍊

(紅字代表瓶頸)

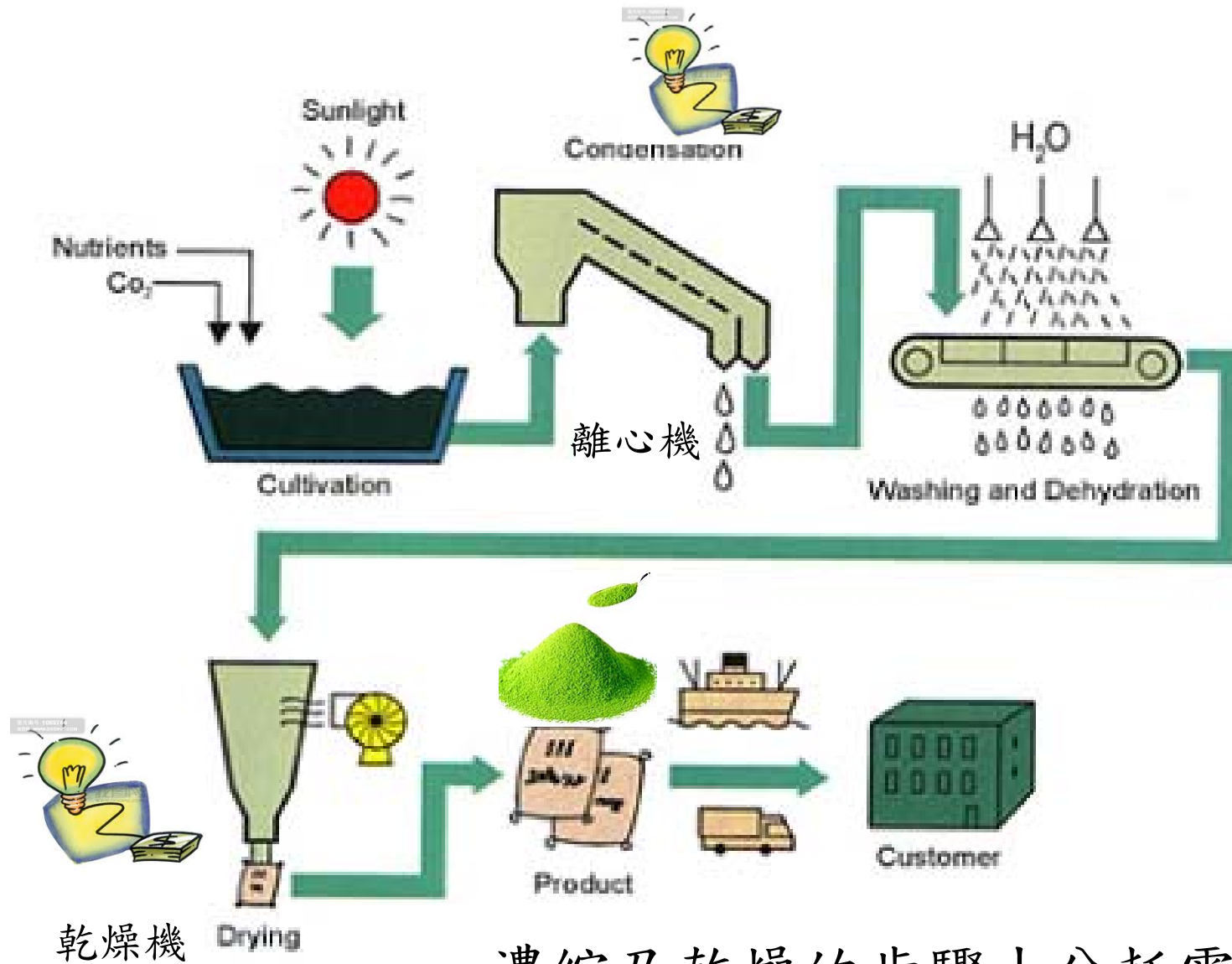


“蟲害”



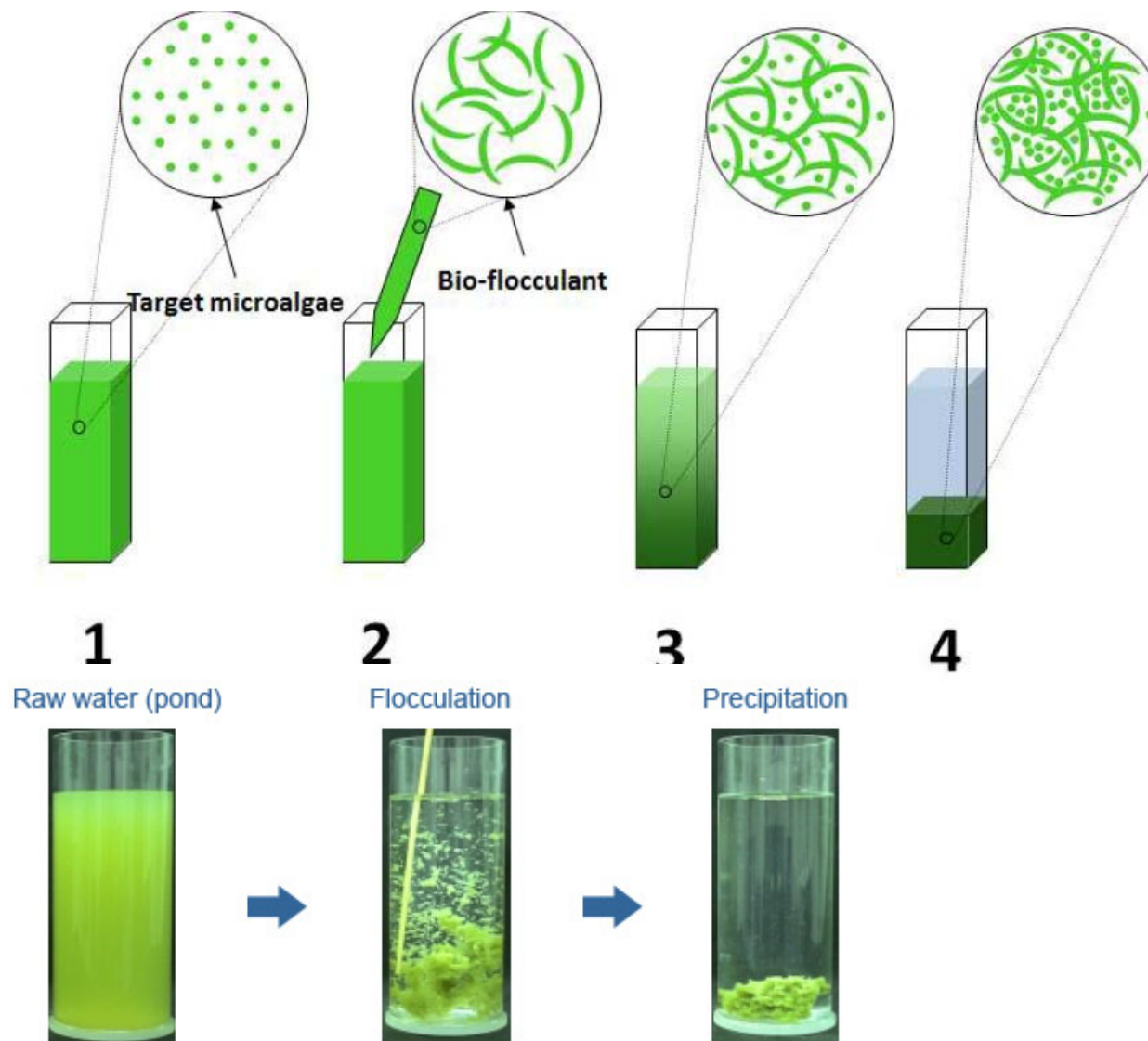
“電費”

微藻的採收十分耗電...



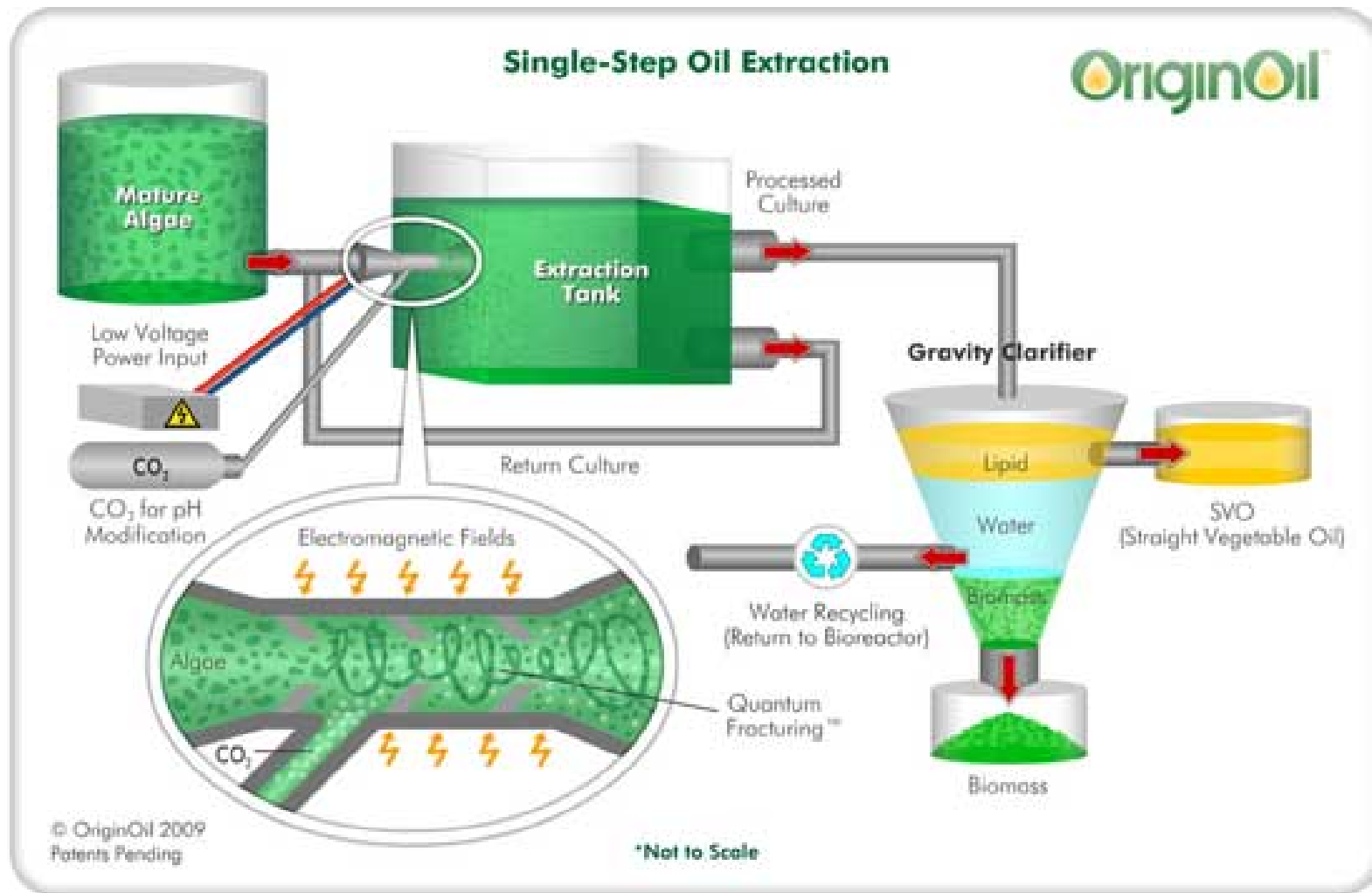
- 濃縮及乾燥的步驟十分耗電！
- 機器很昂貴！

化學工程的解決法：以絮凝劑代替離心機



- 加入絮凝劑來沈澱藻細胞，規避離心的步驟

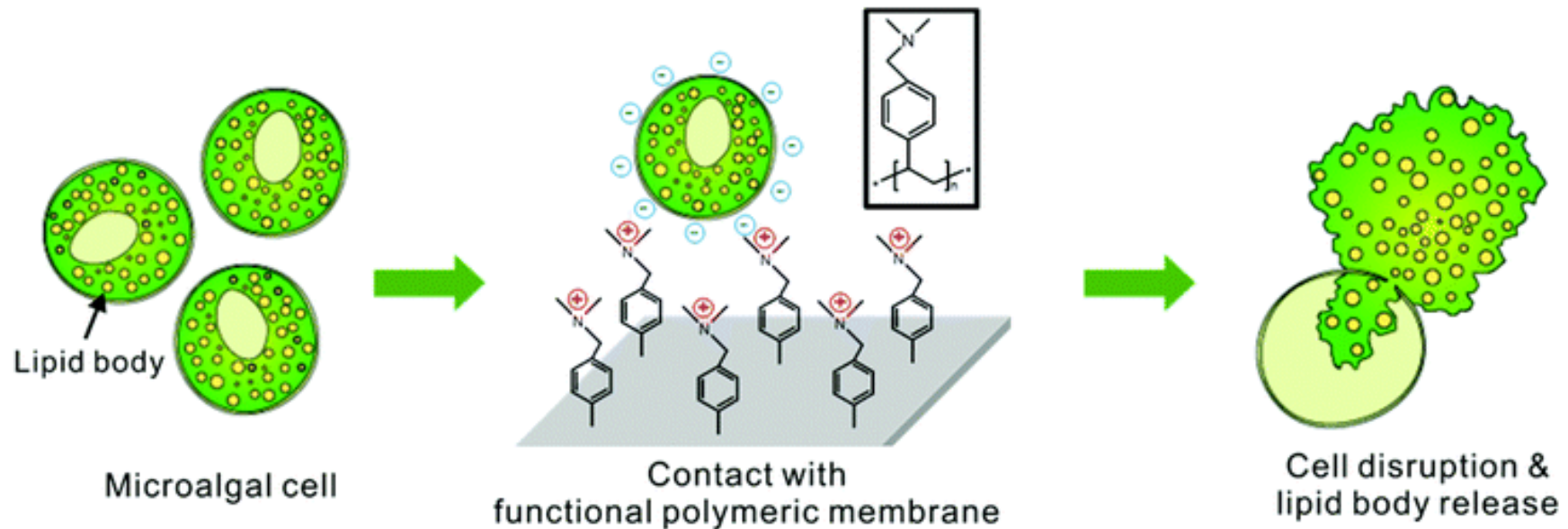
化學工程的解決法: single-step oil extraction



<http://www.oilgae.com/algae/oil/extract/extract.html>

- 利用電磁場破藻後直接萃油，規避離心及乾燥的步驟

材料工程的解決法: functional polymeric membrane



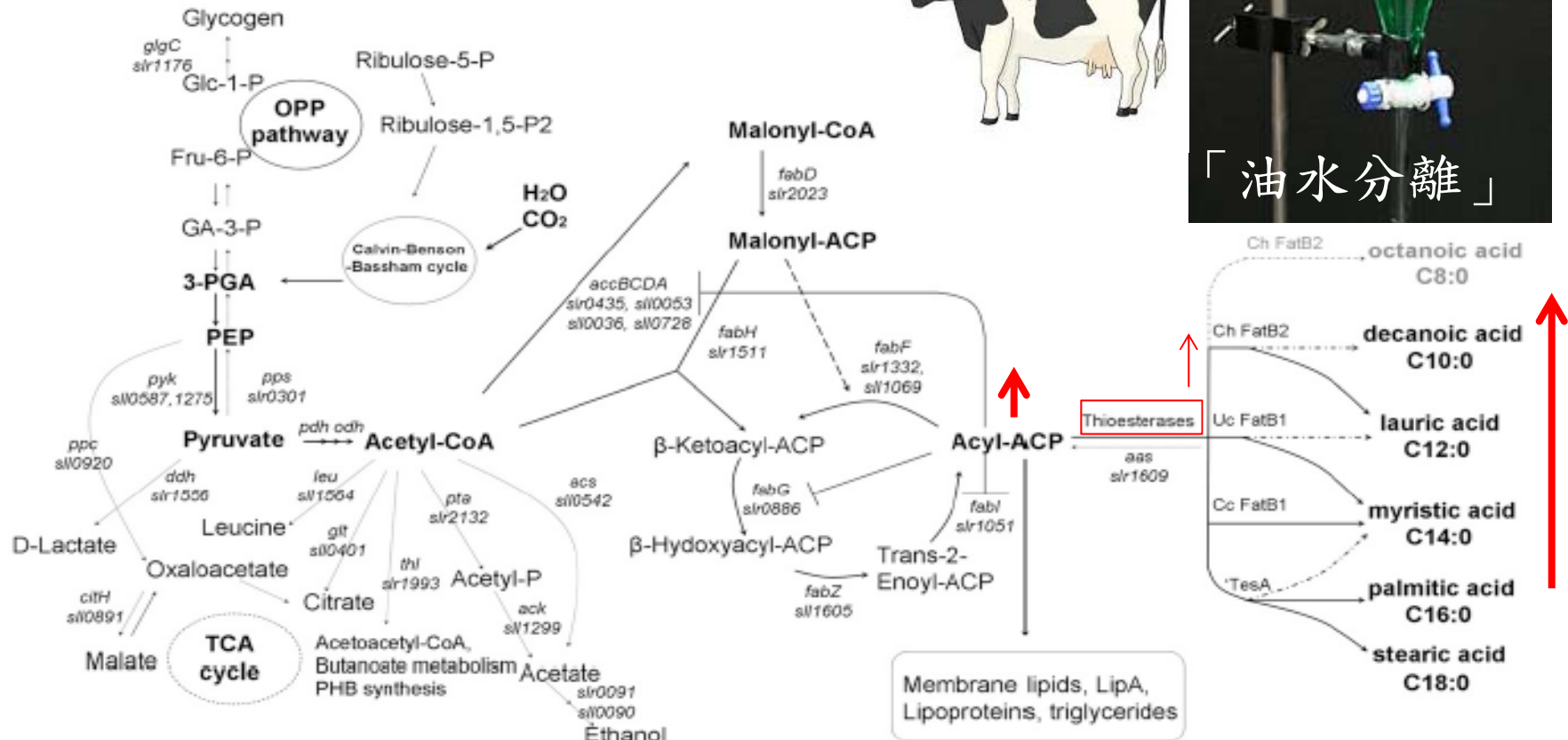
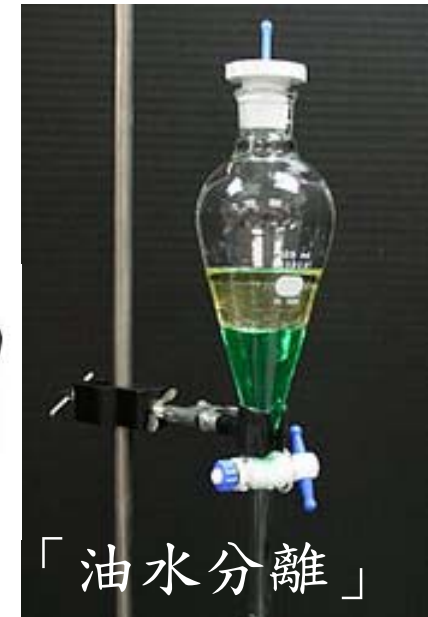
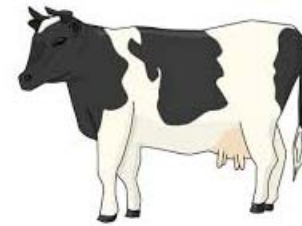
<http://pubs.rsc.org/en/content/articlehtml/2014/gc/c3gc41695j>

- 利用表面帶正電基團的膜破藻後直接萃油，規避離心及乾燥的步驟

生物學家的解決方法：代謝工程

Fatty acid production in genetically modified cyanobacteria (藍綠藻)

Xinvao Liu^a, Jie Shen^b, and Roy Curtiss III^{a,1}



- 提高acetyl-CoA的含量，使Acyl-ACP的產量增加。
- 植入thioesterase基因，使脂肪酸能釋放至水中...不需濃縮及乾燥。

總結

1. 微藻相當於小型植物工廠，相對於農作物的構造簡單且生長迅速。
2. 具有高經濟價值。
3. 微藻可以培養在水中，不會佔用現有的耕地及水資源。
4. 微藻應用的瓶頸在於如何大規模的培養及採收。
期待能透過一些生物及工程的方法來解決。

感謝聆聽

