

經濟部暨所屬機關因公出國人員報告書
(出國類別：開會)

參加第五屆藻類生質研討會

服務機關：台灣中油公司煉製研究所

姓名職稱：涂茂園 化學工程師

派赴國家：美國

出國期間：民國100年10月23日至10月29日

報告日期：民國100年12月29日

摘要

近年來利用光合作用培育微藻將CO₂轉化成含油脂藻類生質，因具有CO₂削減及獲得生質原料雙重正面意義，因此成為熱門研究生產議題。美國藻類生質機構(Algal Biomass Organization, ABO) 2011年10月24日至10月27日在明尼蘇達州舉辦第五屆Algal Biomass Summit研討會，各行業與會者計約五百餘人，10月24日參觀明尼蘇達大學Saint Anthony Falls Laboratory(SAFL)，目前為Earth-surface Dynamics中心及Eolos Wind Energy Research Consortium中心，進行有關能源、環保及健康相關研究。10月25日至10月27日大會分類成Biology Track、Engineering & Analysis Track及Commercial Track進行研討會，本報告將會議內容分為微藻光合作用、微藻油脂蓄積代謝路徑、自營異營二階段培養技術、微藻培養生長模式預估、微藻培養污染問題、微藻收成及藻油萃取技術、微藻生產燃料(Green Diesel)成本模式估計、美國指標性微藻能源公司近況、藻類生產DHA及藻類水產養殖飼料等項目，進行資料整理並收集相關資訊，做為公司在藻類生質能源發展與研究所擬定策略參考。

目 次

壹、緣由及目的-----	04
貳、行程及工作摘要-----	05
參、參觀內容摘要-----	06
肆、研討會內容摘要-----	09
一、微藻光合作用-----	09
二、微藻油脂蓄積代謝路徑-----	12
三、自營異營二階段培養技術-----	14
四、微藻培養生長模式預估-----	15
五、微藻培養污染問題-----	16
六、微藻收成及藻油萃取技術-----	17
七、微藻生產燃料(Green Diesel)成本模式估計-----	19
八、美國指標性微藻能源公司近況-----	22
九、藻類生產DHA-----	25
十、藻類水產養殖飼料-----	25
伍、心得及建議-----	26

壹、緣由及目的

生質燃料已成為國際能源市場之新興產品及未來車用燃料主流清淨添加物質，國內生質燃料工業正在起步，台灣中油公司為國內最大能源公司宜藉投資或策略聯盟取得穩定便宜之供應來源。

生質能源產業相關環節包括能源政策、料源選種培育、製造技術、生產管理及投資風險管理等，美國藻類生質機構(Algal Biomass Organization, ABO) 2011 年 10 月 24 至 10 月 27 日在明尼蘇達州舉辦第五屆 Algal Biomass Summit 研討會，邀請產官學界的精英代表，對藻類生質能源相關專題發表論述，如美國藻類生質能源研發及產業概況、代謝基因工程在微藻產油應用、藻類大規模培養採收及藻油萃取技術等議題之發展趨勢。參加本研討會瞭解美國藻類生質能源在學術及產業界的技術研發進展，可供本公司藻類生質燃料未來研究發展策略參考依據。

貳、行程及工作摘要

日期	行程	工作摘要
100.10.23	桃園-明尼亞波利(明尼蘇達州)	去程
100.10.24	明尼亞波利	參觀明尼蘇達大學 SAFL實驗室
100.10.25~10.27	明尼亞波利	研討會
100.10.28~10.29	明尼亞波利-桃園	返程

參、參觀內容摘要

參觀明尼蘇達大學雙城校區科學暨工程學院位於密西西比河畔的Saint Anthony Falls Laboratory(SAFL)，目前為美國國科會贊助的Earth-surface Dynamics中心及美國能源部贊助的Eolos Wind Energy Research Consortium中心，進行有關能源、環保及健康相關研究。

一、能源研究

1. 風能

在 Rosemount 設置2.5MW風力發電設施及Atmospheric Boundary Layer wind tunnel，主要專研Wind Farm Siting、Coatings and films for drag reduction及Turbine Wake Vortices。

2. 微藻生質能源

結合基因工程及應用工程，探討不同流態、溫度及營養源對微藻生長動力學及油脂累積的影響，主要包括室內Acoustic Photobioreactor、Plankton Tower 及室外5m³ Open Pond Bioreactor，如圖1所示。



圖 1、UMN SAFL微藻培養池

較特別值得提出說明為生化系教授Lawrence Wackett團隊，利用篩選光合自營細菌Synechococcus產生醣質，分泌出供給來自Pacific northwest national lab.篩選異營性細菌Shewanella產生碳氫化合物，並結合BioCee Inc的Thin Film Platform技術，將兩株菌分層塗覆生長並緊密結合；該計劃稱為UMN- BioCee-ARPA-E Project，ARPA-E為DOE subagency，所得高碳數碳氫化合物經裂解成油品，整體概念如圖 2所示。

UMN-BioCee ARPA-E Project

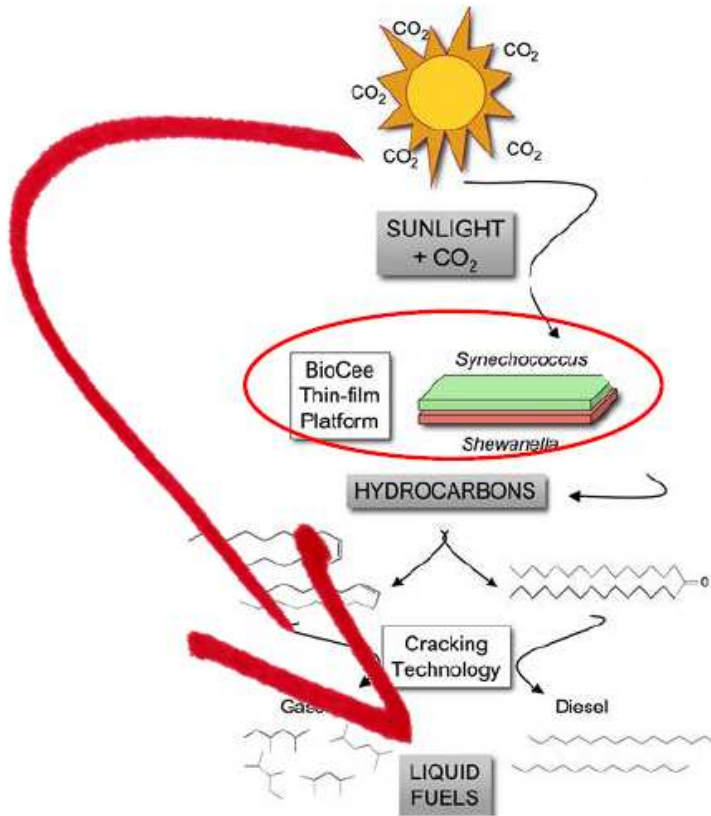


圖2、 UMN-BioCee-ARPA-E 合作生產碳氫化合物

二、環保研究

主要發展統計計算模式，應用在涉及生物及化學程序所衍生流體與沈積物在水體表面之動態平衡，涵蓋下列主題：

Watersheds – Modeling the ecosystem, landscape, and land-use dynamics at the watershed scale

Lakes, Rivers, Streams – Studying interactions between physical, biological, and chemical processes within fluvial systems

Urban Environments – Understanding change in land use; runoff generation; and transport of particles, contaminants and microbiota in sewers, subsurface, ponds, wetlands, lakes, and rivers

Deltas – Developing predictive understandings of how deltas grow and respond to stress from various changes

三、健康研究

發展人體血液流體動力學模式，模擬監測血流與血管疾病相關係及所需醫療套件，涵蓋下列主題：

Left ventricle hemodynamics

Native and prosthetic heart valves

Intracranial aneurysms

Fontan surgeries

肆、研討會內容摘要

一、微藻光合作用

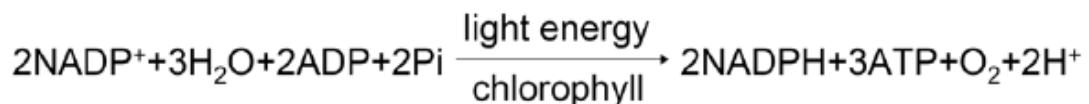
真核藻類，如紅藻、綠藻、褐藻等，和植物一樣具有葉綠體，也能夠進行產氧光合作用。不同微藻所含3種葉綠素a、b及c相對量有所差異，葉綠素行光合作用所吸收有效光波波長範圍在450-475nm藍綠光區及630-675紅光區，對於自營性藻類需適當光照強度才能行光合作用，但太強反而會抑制生長，因此室外培養夏季需遮光。

1. 基本原理

光反應：

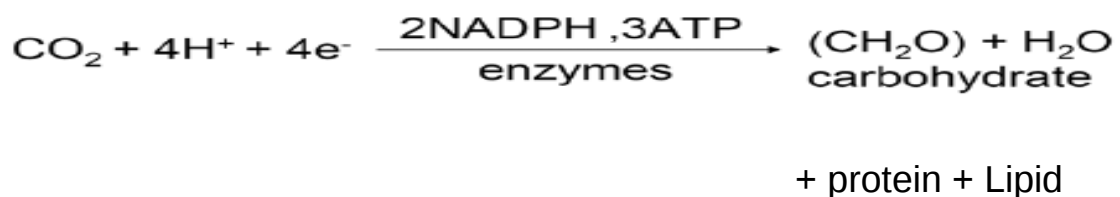
發生在類囊體膜上，葉綠素吸收光將能量傳遞至光合系統(photosynthesis, PS)反應中心，又分成PS I 及PS II，PS I係指將NADP還原成NADPH，PS II 係指水藉由氧化成氧氣，PS I 及PS II偶合反應將ADP經光磷酸化成 ATP。

光照強度對光反應有顯著影響，光照強度不足時光合作用效率與光照強度成正比稱為光限制區；光照強度繼續增加光合作用效率不再增加稱為光飽和區；光照強度再繼續增加光合作用效率反而降低稱為光抑制區。



暗反應：

發生在基質中利用光反應所產生能量ATP及還原力NADPH，將CO₂固定經藻體內代謝路徑calvin cycle轉化成碳水化合物、蛋白質或油脂。綜合光反應、暗反應及calvin cycle如圖 3所示。



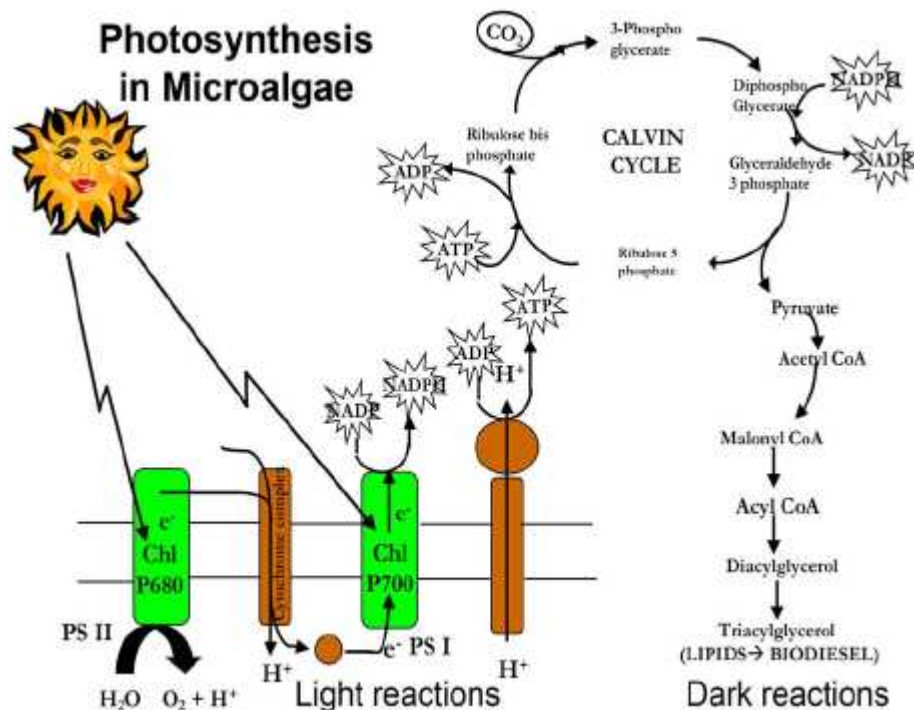


圖3 光合作用：光反應、暗反應及calvin cycle

2. 光合作用效率提昇

Zhu XG, Long SP, Ort DR (Annual Review of Plant Biology, 2010)提出植物生長情形，以利用太陽能1000 KJ為例，Biocapture過程損失562 KJ接著Bioconversion過程又損失378-392 KJ，實際能夠收穫作物所含能量 46-60 KJ，總效率僅有4.6-6.0%。微藻產油量依據(Biomass) X (Oil content) = Oil yield，由提高微藻生長速率增加 Biomass或提高油脂蓄積含量，皆能增加產油能力。

Dr. Richard Sayre (Los Alamos National Labs)提出改造微藻觀點如下列，特別著重在優化 light utilization efficiency 促進藻體生長。

- Optimizing light utilization efficiency
- Buffering bottlenecks in electron transfer
- Reducing photorespiration
- Addressing metabolic constraints in carbon reduction and oil accumulation

葉綠素a (Chl a)藉由Chla Oxygenase轉化成葉綠素b(Chl b)，兩者之化學結構大同小異。Chl a 及Chl b 分佈於所有的色素蛋白複合體，大部份的Chlb 分佈於葉綠餅(grana)的色素蛋白複合體LHCII，亦即Chl b 是與第二光系統(photosystem II, PSII)

一起輔演化。色素蛋白複合體的Chl a+b 數量及Chl a/b 比都不同。Chl a 同時擔任捕光與價分離(charge separation)兩種功能，而Chl b 則只擔任捕光功能。Chl b 是輔助色素，基本上擔任三種重要功能：1)捕光，但未介入首次光化學反應(Michel *et al.*, 1983)；2)做為類胡蘿蔔素及Chl a 間能量傳遞的中介者，以增加兩種分子間能量傳導的速率；及3)保護與其結合之蛋白質，避免蛋白質之崩解。

Los Alamos National Labs Dr. Richard Sayre研究微藻含不同Chl a/b 比的色素蛋白複合體，對微藻光合作用利用效率，如圖4所示對不同程度地抑制Chl b的生成，Chl b量少時Chl a/b比值增加，具有較小的antennae size，適合在強光照射及較深的培養池條件下生長，可獲得較多藻體濃度(以OD 750nm表示)；而Chl b量多時Chl a/b比值低，具有較大的antennae size，適合在弱光照射及較淺的培養池生長。

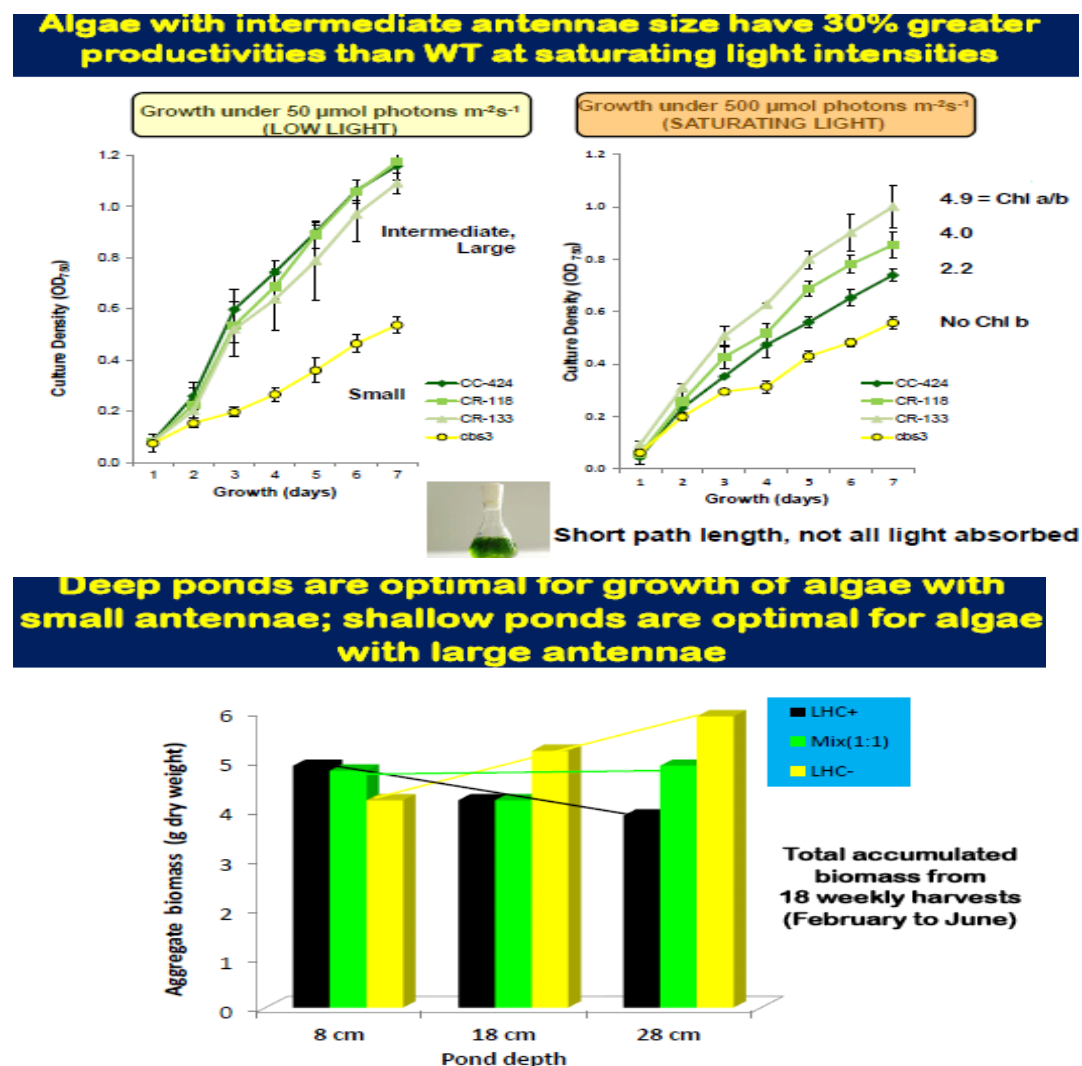


圖4 微藻Chl a/b比值對培養條件優化及生長之影響

二、微藻油脂蓄積代謝路徑

微藻在葉綠體進行光合作用，如圖5所示經Acetyl CoA Carboxylase 轉化成Malonyl CoA，產生Fatty acids後排至基質Cytosol中，繼續生化轉化最後生成三酸甘油酯 (TAG)。NREL Dr. Philip T. Pienkos利用Proteomics 分析 Lipid Pathway中各種轉化酵素相對重要性，其中排序以代謝後階段DGAT(Diacylglycerol AcylTransferase)、PAP (Phosphatidate Phosphatase)及LPAT(LysoPhosphatidate AcylTransferase)較為重要。

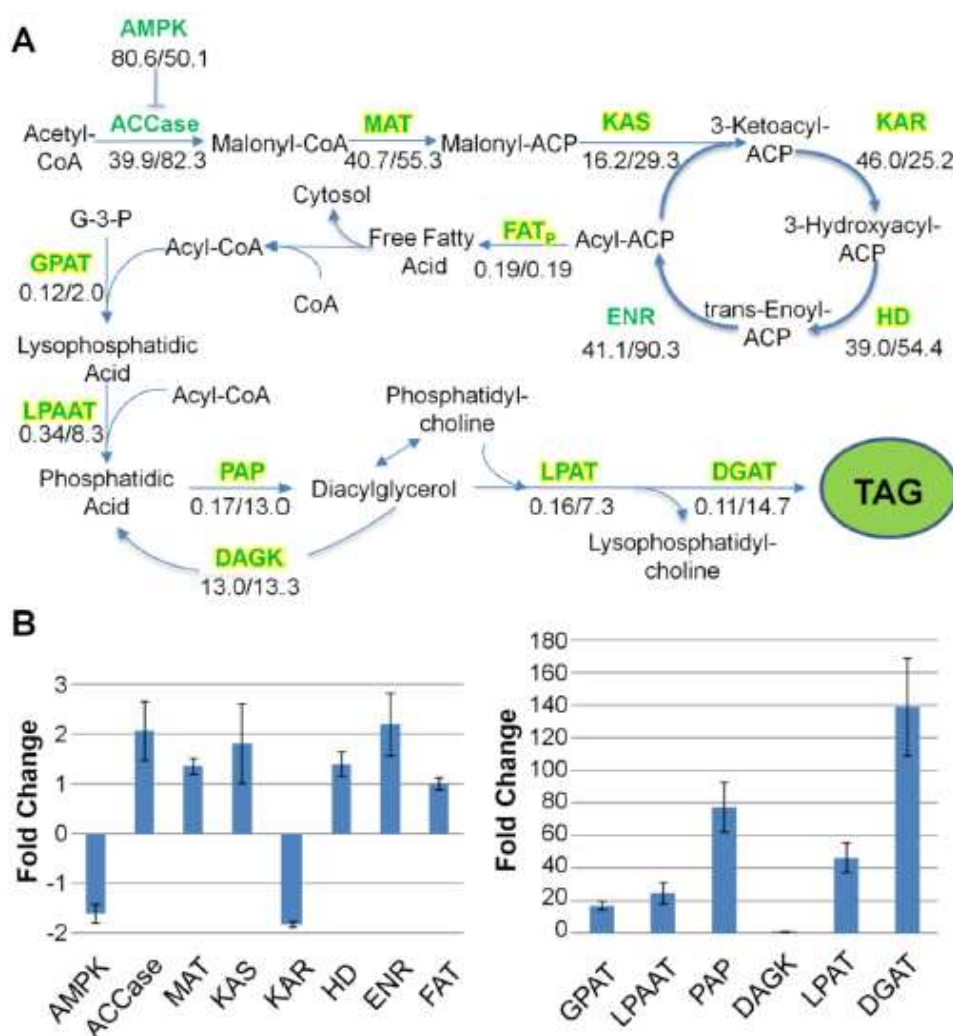


圖5 Proteomics of Lipid Pathway

Dr. Keith E. Cooksey(Montana State University)探討微藻*Chlorella*有利累積油脂條件，如圖6所示氮源缺乏時無法進行蛋白質合成，亦即不能繼續生長，固碳作用產物轉向脂肪合成造成油脂累積，另一條件為pH大於10時細胞膜上的磷脂不穩定，生成量較少也有利於TAG生成；而且缺氮與否也會影響脂肪酸種類及含量。

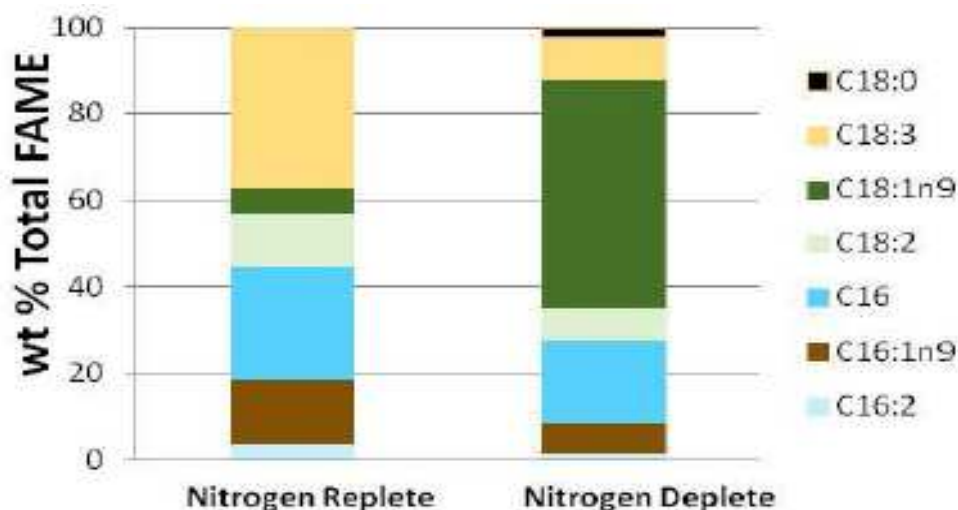
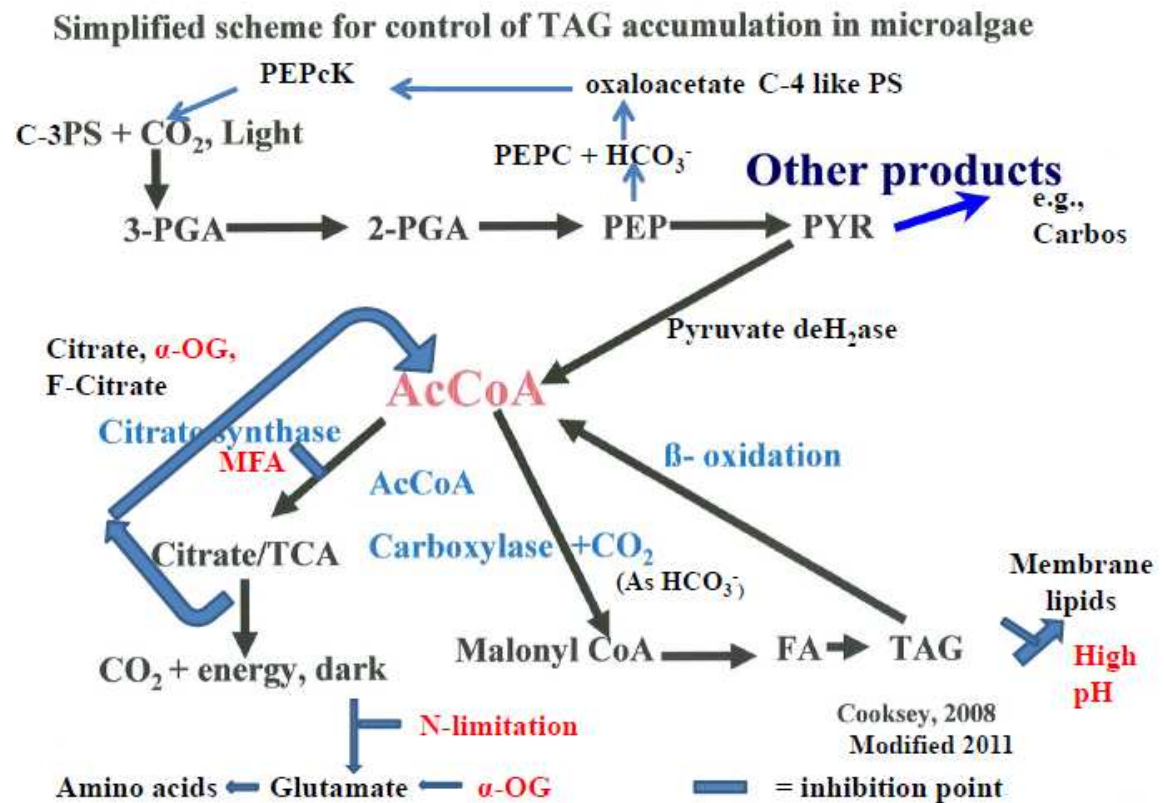


圖6 微藻*Chlorella*油脂蓄積條件及脂肪酸比較

三、自營異營二階段培養技術

藻類利用CO₂當無機碳源進行光合自營生長，部分藻類也能利用有機碳源如醣類或有機酸進行異營生長，Phycal公司開發自營串聯異營生長模式HeteroBoost技術如圖7所示，自營階段油脂含量10%，異營階段油脂含量提高至60%其中TAG佔75%。

Heteroboost™: Increases Inoculum

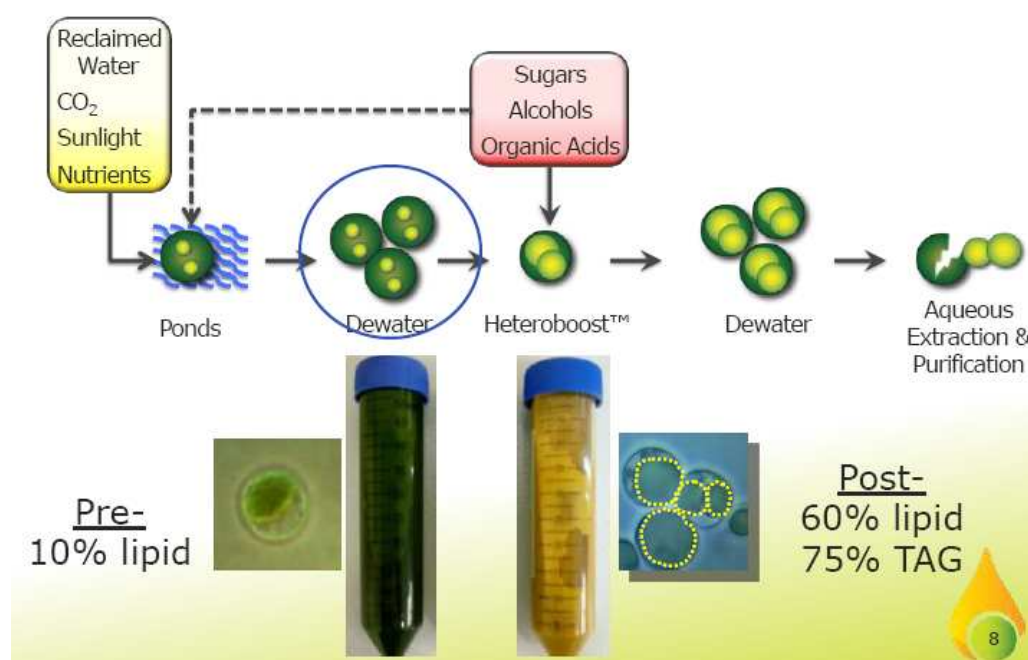


圖7 Phycal Inc 自營異營二階段培養HeteroBoost技術

明尼蘇達大學Biorefining Center 利用處理生物污泥(生活廢水處理所產生生物污泥)所得含有機物及氮磷濃縮水(COD 2500ppm N, P <100ppm)，進行異營串聯自營生長模式，研究利用微藻去除氮磷並獲得藻類生物質，第一階段藻體濃度約 1 g/L，第二階段藻體濃度約 0.6 g/L，研究目標在生產Biomass，後續利用Hydrothermal製造液體生質燃料。

巴西Algae Biotechnologia Ltda(屬於EcoGeo Group)，將發展利用糖廠酒精蒸餾產生Vinnasse當基質異營發酵培養微藻，同時利用廢棄物厭氧處理排放水Digestate(含COD、氮磷)及酒精廠CO₂混營培養微藻，所得Biomass約能增加3.5%液體燃料。

四、微藻培養生長模式

2010年荷蘭Wageningen University(WU) 取得農業部援助2.25百萬歐元，籌設Algae PARC (Production And Research Centre)，如圖8所示設置4種模廠進行試驗，希望能取得擴大實廠設計所需經驗參數。該中心Dr. Ir. P.M. Slegers以藻種*P. Trioornutum* 進行培養生長估算模式，估計荷蘭北緯52度產能約41.5 Ton/ha-yr，而阿爾及利亞北緯22.8度產能約63.7 Ton/ha-yr。



Production with dynamic temperature

<i>P. trioornutum</i>	Source	Average prod. (ton ha ⁻¹ year ⁻¹)
<u>Netherlands</u> 52 °N	Slegers et al, 2011 Model	41.5
<u>Algeria</u> 22.8 °N	Slegers et al, 2011 Model	63.7
<u>England</u> 50-54°N	Ansell, 1963 Experiment (40cm deep)	29.0
<u>California</u> 32.5°N	Thomas, 1984 Experiment (temp. controlled)	80.0

圖8 荷蘭WU Algae PARC及生長模式產能估計

五、微藻培養污染問題

Sandia National Lab. Dr. Todd W. Lane 引述 2009年DOE所公佈訊息，針對大規模微藻培養令人最擔心的是，病毒雜菌及原生動物在藻液伴隨生長而業者對它瞭解卻有限，產能將會大打折扣。Arizona State Univ. Dr. Qiang Hu 針對該問題進行詳細顯微鏡觀察，如圖9所示原生動物如Rotifiers、Ciliates及Amoeba以微藻當做食物，如管控不當將使產能下降20-80%。

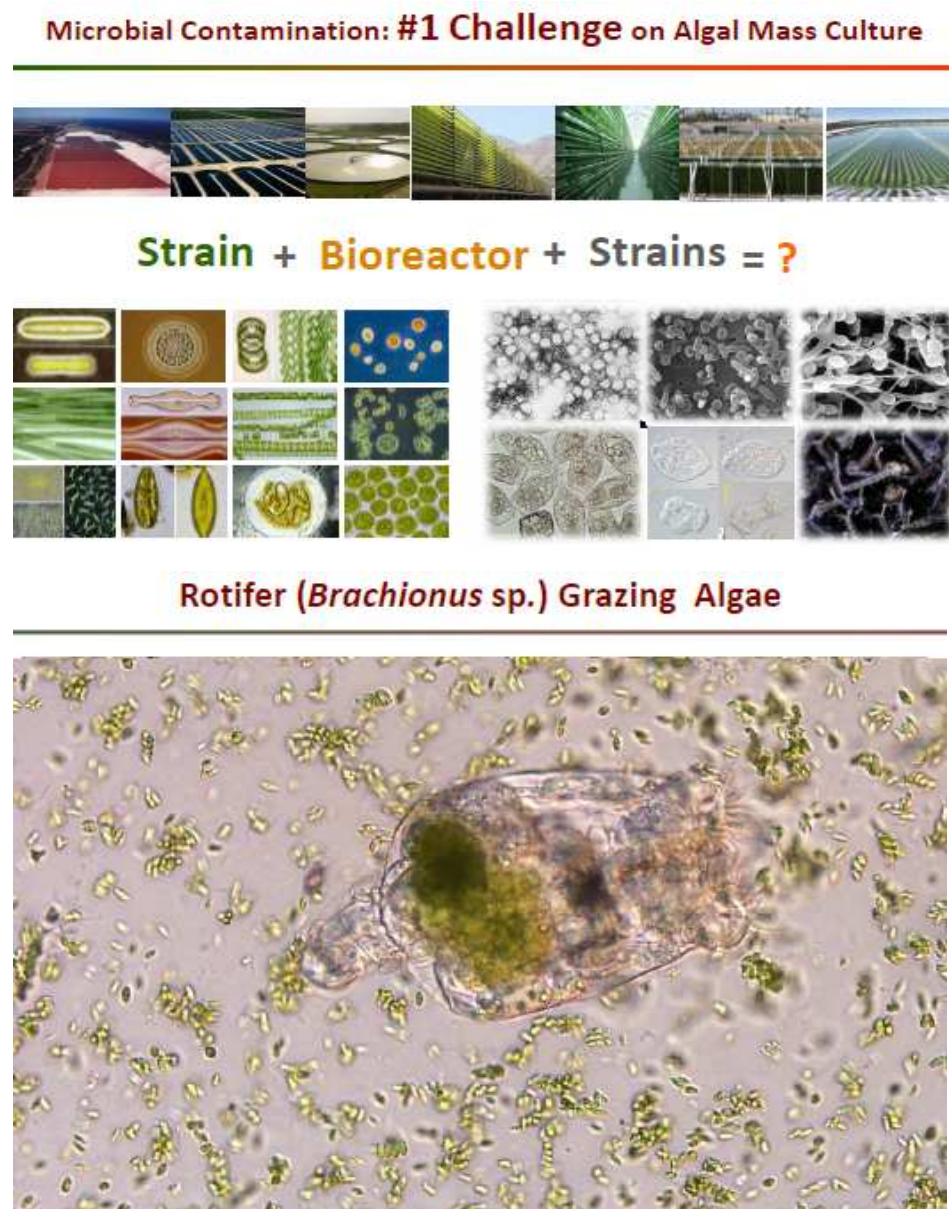


圖9 微藻培養污染問題

六、 微藻收成及藻油萃取

目前微藻培育藻體濃度約1- 2g/L，傳統微藻收成方式為混凝沈澱先濃縮至10-20g/L，Sandia National Lab. Dr. Nicholas B. Wyatt 試驗混凝沈澱綜合條件 pH 4-11、FeCl₃劑量150- 250ppm，效率90%以上；接著利用Decanter濃縮至200g/L。荷蘭Evodos開發spiral plate離心技術如圖10所示，在離心力3000G進料1- 2g/L可直接離心濃縮至200-300g/L，能耗 0.4-0.96 Kwh/m³ feed，設備處理容量 0.75 - 20 m³/h；未來配合澳洲MBD Energy 100公頃擴大試驗計畫，將開發較大型E3/250機種。



圖10 Evodos spiral plate離心技術

傳統油脂萃取採用乾燥進料，2010年DOE公佈藻體乾燥資料如圖11所示，含油微藻(oil 30%)本身能量約 7Wh/g，採用傳統乾燥如圖中紅線完全乾燥狀況需耗能 3.2 Wh/g(45%)，建議採取低耗能如圖中藍線的脫水、初步乾燥及濕進料萃取技術。美國SRS公司專長在從玉米酒精副產品DDGS提煉回收油脂，也進行濕微藻正己烷萃取技術AlgaFrac如圖12所示，進料10%DS、38% extracted oil、年產油量100百萬加侖及萃餘渣當副產品為基準，初估操作成本約0.5美元/加侖油脂。2010年與CEHMM在新墨西哥州進行 pilot test 容量 4- 100kg/d。

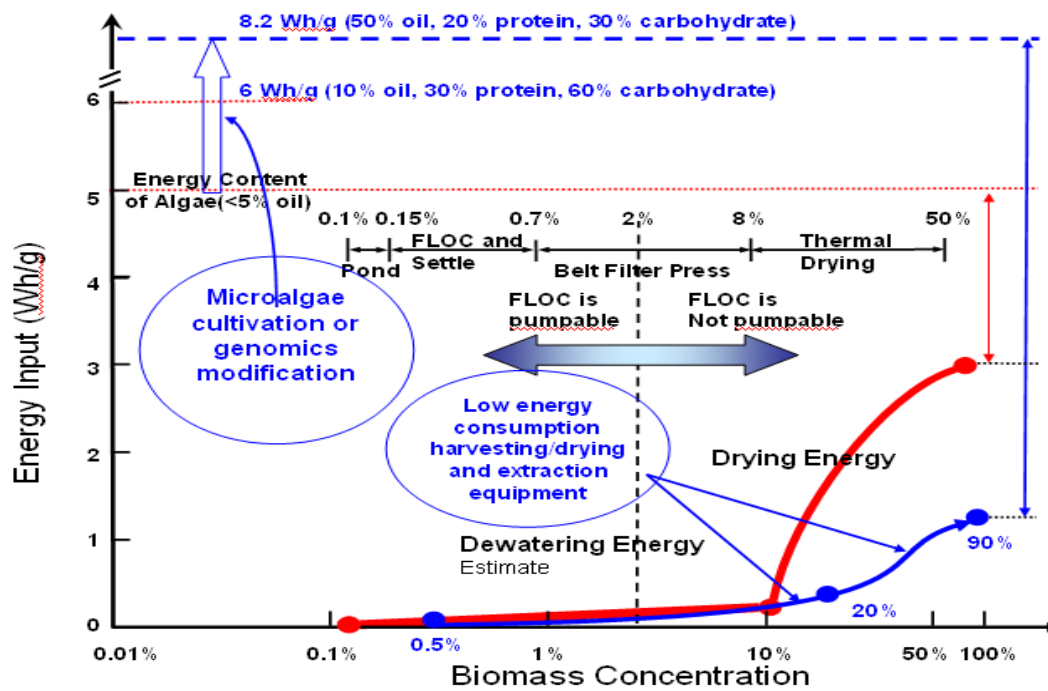


圖11 微藻脫水乾燥技術能源消耗

Extraction Costs

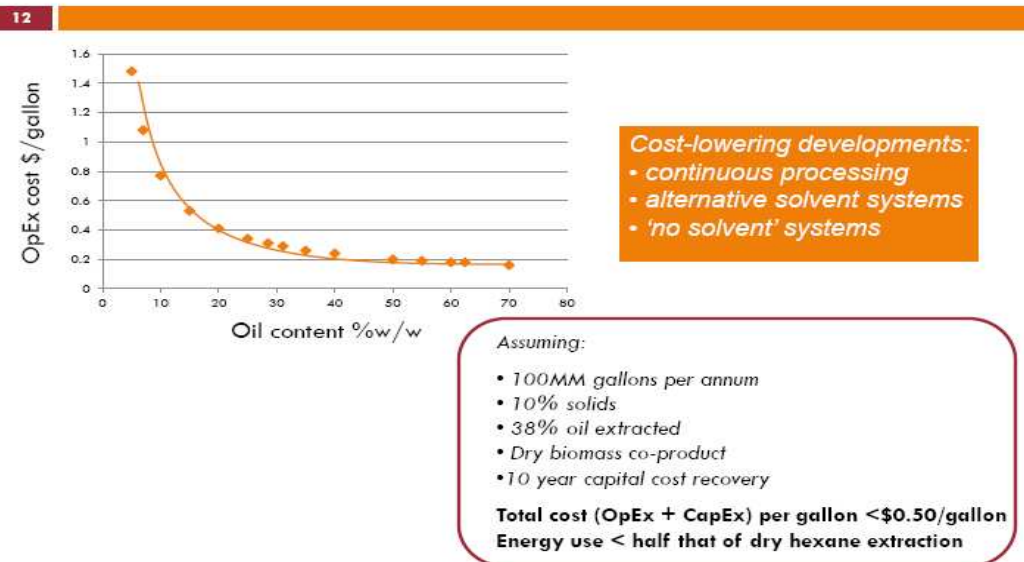


圖12 SRS 濕微藻正己烷萃取技術AlgaFrac成本估計

七、微藻生產燃料(Green Diesel)成本模式估計

NREL Dr. Ryan Davis 及Andy Aden利用模式進行經濟評估比較：

程序流程如圖13所示：

養殖：open pond(OP)及 photobioreactor(PBR)

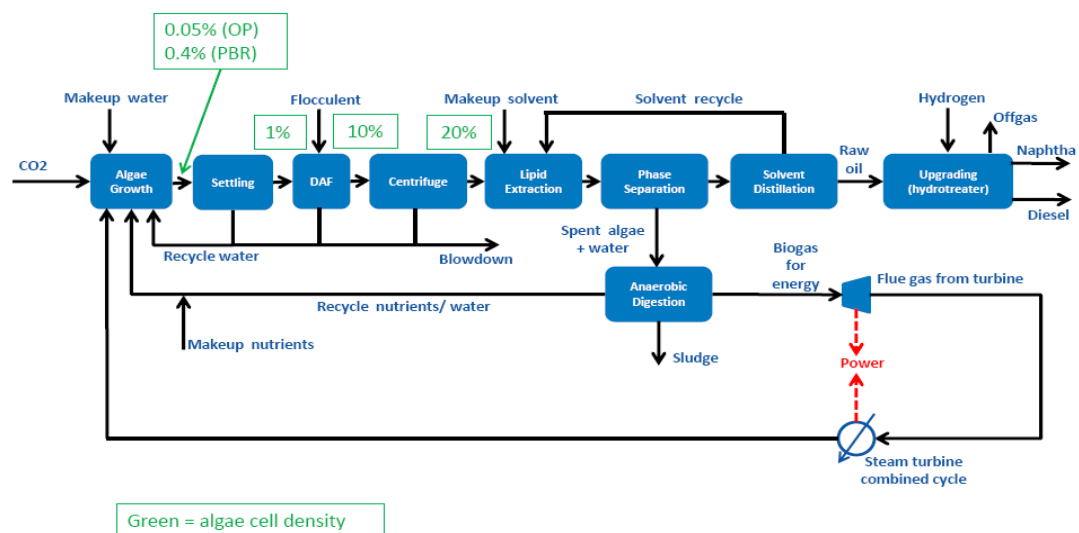
收成：沈澱、DAF、centrifuge

萃取：濕微藻正己烷萃取

粗油加工：氫化產生Naphtha及Green Diesel

廢棄物處理： anaerobic digestion，biogas利用combined cycle 發電供製程使用

Design Configuration



NATIONAL RENEWABLE ENERGY LABORATORY

5

圖13 NREL模式經濟評估程序流程

基本設計及財務假設如圖14所示：

粗藻油產能：10MMGal/yr

藻體產率：25g/m²-d(OP), 1.25kg/m³-d(PBR)

藻體濃度：0.5g/L(OP), 4g/L(PBR)

油脂含量：25%

IRR：10%

Plant life：30years

Power credit : 6.5 cents/kwh

Naphtha credit : 2.76USD/gal

Design & Financial Assumptions

Design Assumptions	Base case	
	Open pond	PBR
Scale of production [MM gal/yr algal oil]	10	10
Algae productivity	25 [g/m ² /day]	1.25 [kg/m ³ /day]
Algal cell density [g/L]	0.5	4
Lipid content [dry wt%]	25%	25%
CO ₂ consumed [lb/lb algae]	1.9	1.9
N demand [algae composition, dry wt%]	8.7%	8.7%
P demand [algae composition, dry wt%]	1.3%	1.3%
Operating days/yr	330	330

Financial Assumptions	
Target internal rate of return (IRR)	10%
Cash flow methodology	Discounted cash flow rate-of-return (DCFROR)
Debt : equity ratio	60% debt / 40% equity
Loan terms	10 year, 8% interest
Tax rate	35%
Depreciation schedule	MACRS: 7 year (general), 20 year (power)
Plant lifetime	30 years
Power credit	6.5 ¢/kWh
Naphtha credit	\$2.76/gal

NATIONAL RENEWABLE ENERGY LABORATORY

7

圖14 基本設計及財務假設

估算結果比較如圖15所示：

設廠費用：\$243MM(OP), \$637 MM(PBR)

粗藻油售價：9.28\$/gal(OP), 17.52\$/gal(PBR)

Green Diesel售價：10.66\$/gal(OP), 19.89\$/gal(PBR)

粗藻油售價降低的基準假設及目標如圖16所示：

Open Pond：

target 1： 5.45\$/gal(油脂含量：40%，harvest費用降低50%)

target 2： 3.99\$/gal(藻體產率：30g/m²-d， 油脂含量：50%，harvest及萃取降低50%)

target 3： 2.27\$/gal(藻體產率：30g/m²-d，油脂含量：50%，harvest及萃取降低50%，
萃取後藻體價值 \$500/Ton)。

Photobioreactor：

target 1： 11.19\$/gal(油脂含量：40%，harvest費用降低50%)

target 2： 7.74\$/gal(藻體產率：1.5g/L-d，油脂含量：50%，harvest及萃取降低50%)

target 3： 6.10\$/gal(藻體產率：1.5g/L-d，油脂含量：50%，harvest及萃取降低50%，
萃取後藻體價值 \$500/Ton)。

Results: Baseline Costs

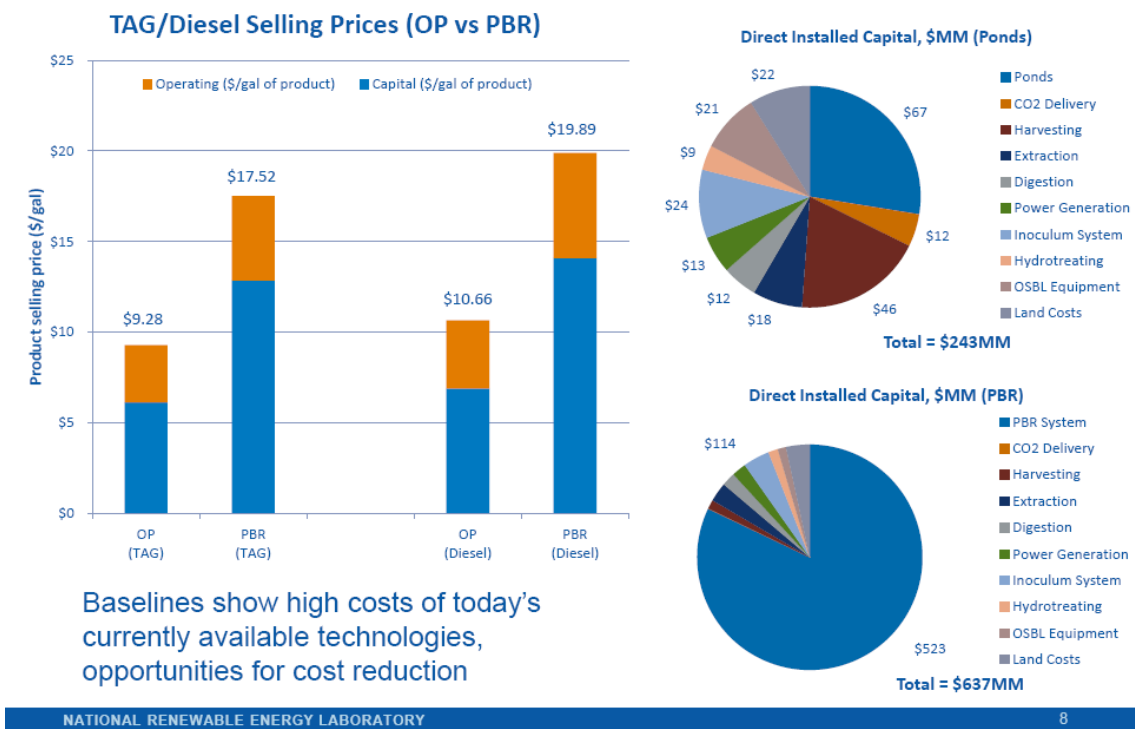


圖15 估算結果比較

Projecting future costs: how can we get there?

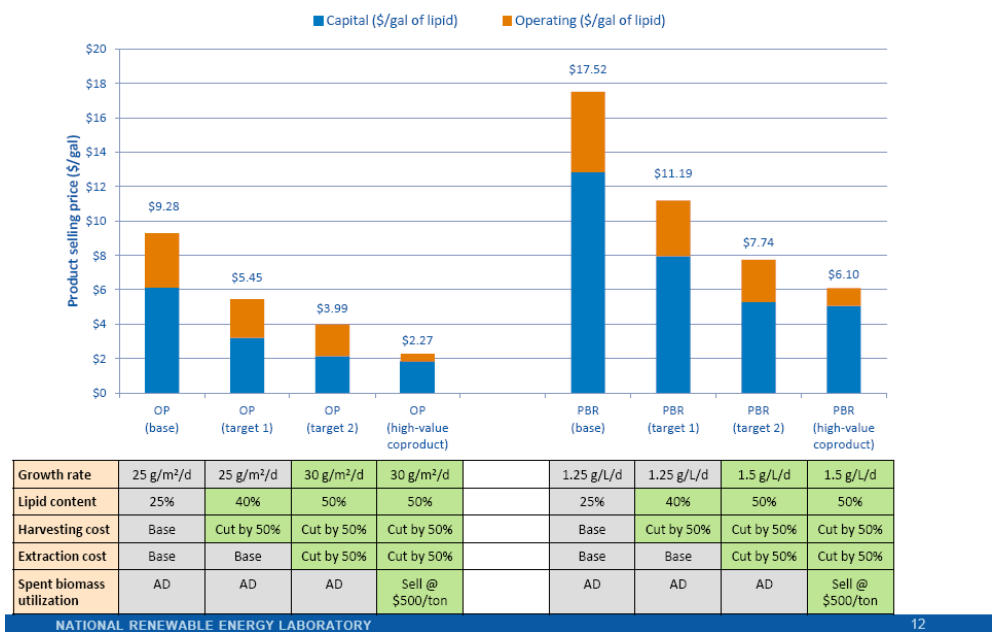


圖16 未來粗藻油售價降低目標及基準假設

八、 美國指標性微藻能源公司近況

1. Sapphire Energy

2007年成立，2011年取得\$50 million federal grant, \$55 million loan, \$30 million matching funds，將在Columbus, N.M.(設施如圖17所示)進行 integrated algal biorefinery計畫，預計產出100 bbl crude algal oil per day, 送到Geismar, LA. 轉化成 biofuels。



圖17 Sapphire 微藻示範設施

2. SolixBiofuel

主要業務在於開發光生物反應器系統，目前產品 Lumian™ AGS™ - 4000(Algae Growth System) 如圖18所示，由 20 x 200 L Lumian panels 所組成 (最多可組裝 6 組AGS™ - 4000)，配件Ozone CIP system 及監控軟體Solix Data Center™，2009年在Colorado西南地區設置Demonstration plant：15 x AGS™-4000。

Solix針對藻油利用後續研發合作對象如下：

Honeywell/UOP - Green Diesel & Biojet

Albemarle-Catlin - Biodiesel

Phasex - Omega 3 concentration

GlycosBio - conversion to industrial chemicals



圖18 Solix 微藻培養系統AGS™ - 4000

3. Solazyme

利用可再生藻類生物技術生產清潔燃料，化學品，食品和健康科學產品。2009年在賓州建設第一套一體化海藻燃料煉油廠，並獲美國能源部資助\$21 million。主要技術平台以碳水化合物(含 municipal green waste)當基質利用發酵法培養藻類如圖 19 所示，相關業務合作對象為：

Health Sciences business: deals with Sephora International

Nutritionals: launch Solazyme-Roquette Nutritionals

Chemicals: markets with Unilever and Dow Chemicals



圖19 Solazyme發酵法培養微藻

4. BioprocessAlgae

2008年由 Green Plains(生產玉米酒精)、BioprocessH2O(廢水處理設計)、Clarcor(空氣過濾清淨設計)及ONTR(綠能創投)所成立，開發介質固定生物膜培養微藻技術

Grower Harvester，特點為自動脫落藻體顆粒大容易沈澱收集，在Shenandoah(Iowa) Ethanol plant 利用發酵產生CO₂，設置400平方英尺培養模廠如圖20所示。



圖20 BioprocessAlgae 固定生物膜培養系統

5. Synthetic Genomics Inc.(SGI)

基於SGI在基因工程的優越能力，2009年ExxonMobil Research and Engineering (EMRE)與SGI簽訂微藻產油計畫，支付SGI金額高達 300 Million美元，各階段主要內容如下：

- Phase One – Algae development and growth
- Phase Two – Algae harvesting
- Phase Three – Recovery of bio-oil produced by the algae
- Phase Four – Transport and storage of bio-oil
- Phase Five – Conversion of bio-oil to biofuel
- Phase Six – Production of commercial products

SGI 工作任務：

- Leadership role in biological research for algae strain development, growth and harvesting
- Key role in determining which type of production systems to use to grow the algae
- Key role in bio-oil recovery research and development

EMRE 工作任務：

- Leadership role in engineering, process development and scale up
- Key role in determining which type of production system to use to grow the algae
- Key role in upgrading bio-oil produced by photosynthetic algae into finished products, and total process integration for development and commercial applications

九、藻類生產DHA

不飽和脂肪酸中的 ω -3系列如DHA，對人體具有保健功效，可做為保健食品及醫藥品用途，例如改善腦部機能、預防老年痴呆症、抗血栓，及改善皮膚炎症等。

DSM目前為利用藻類生產DHA的專業公司，主要技術來自併購Martek。

Martek：

1980's 發展由隱甲藻*Crypthecodinium* 生產DHA，藻油中DHA含量40-60%，發酵培養Cell densities >100 g/L，1992商業化生產用於嬰兒奶粉配方，每年銷售US\$100 Million。

OmegaTech：

1980's 發展由單胞藻*Schizochytrium* 生產DHA，DHA含量約菌體乾重20%，低鹽度發酵培養Cell densities >175 g/L，2002年 OmegaTech併入Martek，每年銷售US\$100 Million。

十、藻類水產養殖飼料

水產養殖業育苗過程需微藻當餌料提高存活率，如等鞭金藻 *Isochrysis*(石斑苗)、周氏扁藻 *Tetraselmis*(蝦貝苗)、牟氏角毛藻 *Chaetoceros* (牡蠣苗蝦苗)、骨藻 *Skeletonema*(蝦苗)、擬球藻 *Nanachloropsis* (海水魚苗及輪蟲食物)。螺旋藻專業公司 Earthrise 研究螺旋藻當飼料，螺旋藻含高蛋白質、不飽和脂肪酸及抗氧化成份，後續養殖成長過程抗病較佳提高育成率；2008 年資料螺旋藻飼料價格約 10 美元/kg 遠高於黃豆飼料 0.23 美元/kg。

伍、心得及建議

一、微藻產製生質能源研發

本公司藉由學術單位密集專業人力支援協助篩選優勢藻種，及基因工程專業機構將藻種性能提昇至商業化菌株水準，為加速產油微藻研究再藉由策略聯盟方式，與目前國內生產保健食品用途的微藻公司共同合作，利用微藻公司現有設備及長期微藻培育經驗，向能源局申請能源基金補助引進或開發新型PBR、Harvest & Extraction設備，進行先導型Pilot Test建立微藻養殖、藻體收成脫水及藻油萃取技術；再搭配本所已有經驗的固態觸媒轉酯化煉製生質柴油或觸媒氫化技術煉成綠色柴油；至於含蛋白質萃餘藻渣研究作為飼料添加物，增加 integrated biorefining 價值鏈。

二、微藻產製不飽和脂肪酸EPA/DHA研發

1990年發現位於人體細胞核內的過氧酶體增生活化接受器(Peroxisome Proliferator Activated Receptors, 簡稱PPARs)後，學者對其功效進行探討發現PPARs 的作用機制屬於配體依賴(ligand dependent)轉錄形式，亦即必須在有配體或活性劑存在的情形下，才能驅動基因表現來調節代謝，調控血糖、三酸甘油脂及體重，改善血管發炎、皮膚炎及免疫發炎疾病如類風濕性關節炎；近來研究顯示藻類中豐富的高度不飽和脂肪酸可作為PPARs的天然外源性配體，表現調節體內PPARs的功能作用；特定藻類含高量DHA目前用於嬰兒奶粉配方，未來隨著魚獲量減產，在食品加工上對EPA/DHA會有需求作為高價值添加物，尤其來自微生物的EPA/DHA皆可被葷食及素食者接受；微生物生產EPA/DHA應可列為未來研發項目。