

出國報告（出國類別：其他）

**參加「先進生物經濟領袖會議 The  
Advanced Bioeconomy Leadership  
Conference」**

服務機關：台灣中油股份有限公司綠能科技研究所

姓名職稱：莊浩宇（化學工程師）

張揚狀（化學工程師）

派赴國家：美國

出國期間：104.11.01 ~ 104.11.06

報告日期：104.11.18

## 摘要

本次出國參加先進生物經濟領袖會議(The Advanced Bioeconomy Leadership Conference)，會議舉辦地點在美國舊金山 Nikko Hotel。會議內容探討項目眾多，包含美國政府未來政策推動方向、新穎技術發展趨勢、從技術層面到商業化發展、技術整併移轉與分公司成立經驗、熱門生質產品技術(燃料、化學品、食品、纖維...)、生質航燃發展現況、生質精煉與航空業整合機會、下一波技術發展與產業化產品討論...等。透過參加會議討論，不但可以了解目前國際間在生質燃料、生質化學品、生質材料，於政策面、技術面、產業面、經濟面上的發展狀況，更能夠獲取相當有用的產業發展經驗，有助於本所再生能源與相關產品之未來產業規劃。

除了11/03(二)~11/04(三)兩天的會議與討論之外，在前一天11/02(一)下午，參訪了 Lawrence Berkeley National Laboratory 國家實驗室、JBEI-ABPDU (the Joint Bio-Energy Institute - the Advanced Biofuels <and Bio-based products> Process Demonstration Unit)研發中心、Amyris 公司於高階生質燃料與生質產品試量產研發基地。透過實地參訪國家實驗室與試量產中心/企業，吸取其從研發開始直至試量產的相關經驗，有效幫助本所再生能源與相關技術之研發進展。

關鍵字：生質燃料、生質化學品、生質材料、生質精煉技術

# 目次

頁次

摘要	2
壹、 簡介-----	4
貳、 目的 -----	5
參、 行程 -----	6
肆、 參訪與會議 -----	7
<b>4.1 參訪 Lawrence Berkeley National Laboratory 國家實驗室之     JBEI-ABPDU 研發中心、Amyris 高階生質燃料與生質產品試量產企     業 -----</b>	<b>11</b>
<b>4.2 先進生物經濟領袖會議-----</b>	<b>19</b>
<b>4.3 生質產品展示 -----</b>	<b>56</b>
伍、 心得與建議 -----	58

## 壹、簡介

「先進生物經濟領袖會議」是一個涵蓋生質燃料、生質化學品與生質材料之全方位生物經濟發展的重要國際會議，會議邀請的專家以美國生質能公司總裁或執行長、美國國家實驗室研究員、及能源部(D.O.E.)、農業部(U.S.D.A.)等美國政府單位人員為主，會議主題包含創新科技、產業發展、政策方向、未來經濟走勢...等綜合面向之研究與討論。

今年會議探討內容如下述：

- 參訪 Lawrence Berkeley National Laboratory 國家實驗室 JBEI- ABPDU 研發中心、Amyris 高階生質燃料與生質產品試量產工廠。
- 美國國家實驗室 (NREL, PNNL, Argonne, Idaho, Los Alamos, Oak, Berkeley) 與 DOE-EERE-BETO 展示宣傳生質能相關創新研發
- 未來政策與技術發展趨勢
- 從革命性技術到商業化發展
- 商業化前階段-技術整併與技術移轉或設立分公司(spinning out of Lab)
- 熱門生質產品技術 (燃料、化學品、食品、纖維...)
- 美國農業部(USDA)政策與計畫
- 生質航燃發展現況-包含技術、未來前景、研發單位、投資者等面向說明
- 發展與佈署生質精煉與航空業整合之機會
- 商業化成功案例說明
- 下一波技術發展與產業化產品

透過本次參加會議與參訪行程之內容，可為公司帶來諸多幫助與實質效益，作為本所未來產品開發之參考依據，發展綠色能源、綠色材料、生物科技、環保科技等核心技術，開創再生能源、高值低碳、環保節能之新興綠能產業，實現公司轉型為國際能源科技公司之目標。

## 貳、目的

本所再生能源組目前投入生質精煉製程技術之研究與開發，研究方向逐漸由生質燃料拓展到高單價之生質化學品與生質材料方面，希望藉由參加美國官方與企業共同舉辦之「先進生物經濟領袖會議(The Advanced Bioeconomy Leadership Conference)」，掌握最新生質產品發展動態、美國生質能政策方向，以及學習美國企業如何將研發成果產業化發展之經驗，作為本所未來產品開發之參考依據。除了幫助了解目前國際發展局勢之外，並可藉由參與討論，獲得相關建議，因應台灣環境所具備的優勢與劣勢，規劃適當的生質能源、生質化學品、生質材料開發方向與策略布局。

透過本次參加會議與參訪行程之內容，可為公司帶來諸多幫助與實質效益，如下列所述：

1. 了解美國生質能源發展政策與美國國家實驗室在生質精煉製程技術創新研發之進展，可提升公司內生質能相關技術之研發能量。
2. 藉由美國生質能公司闡述其創新技術開發、商業化前的技術整併/技術移轉、試量產驗證、及最後大量生產之商業化發展歷程，瞭解生質產品產業發展與應用之實例，可提供公司未來開創新興綠能產業之參考依據。
3. 了解目前熱門生質產品研發技術之進展與產業化現況，以及預測未來下一波之技術發展與產業化產品，可適時修正研發方向與提升研發能量，並與國際發展接軌，方能準確掌握生質產品發展動態，並預作準備，創造商機。
4. 生質航燃為本次會議研討主軸之一，加上近期與生質航燃相關之國際大廠頻頻釋放資訊，預期生質航燃將成為下一波熱門的生質產品。藉由本次會議收集更多產業與政策之進展，並與參加廠商交流研討，強化公司研發能量，尋找最佳切入點，創造產業商機。
5. 與國際間相關產業，建立溝通橋樑與合作管道，為未來相關產業與產品鋪路，增加潛在的國際市場發展潛力。

## 參、行程

如表一所述：

表一、行程與詳細工作內容

日期	詳細工作內容
11/01 (日)	啟程。
11/02 (一)	參訪 Lawrence Berkeley National Laboratory 國家實驗室 JBEI-ABPDU 研發中心、Amyris 試量產工廠。
11/03 (二) ~ 11/04 (三)	參加先進生物經濟領袖會議 The Advanced Bioeconomy Leadership Conference，研討主題如下： <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ What's NEXT in policy and fundamental technology?</li> <li>✓ Making Revolutionary Technologies into Commercial Ventures. What does it take now, and NEXT?</li> <li>✓ What's NEXT at the pre-commercial stage? Technologies emerging and spinning out of labs.</li> <li>✓ What's NEXT? Hot Product Technologies</li> <li>✓ USDA Policy and Programs – What's NEXT?</li> <li>✓ What's NEXT in aviation fuels and aviation?</li> <li>✓ From Jet to Fragrances: Developing and deploying Integrated Biorefineries and the aviation opportunity</li> <li>✓ Moving towards commercial</li> <li>✓ The NEXT Big Thing</li> </ul>
11/05 (六) ~ 11/06 (日)	返程。

## 肆、參訪與會議

本次所參加之「先進生物經濟領袖會議(The Advanced Bioeconomy Leadership Conference)」，係由美國政府與相關企業共同舉辦之盛大會議，參加成員除了主導能源與生質物政策的美國能源部(D.O.E.)與美國農業部(U.S.D.A.)政府官員外，與會專家均來自相關生質能源與產品公司的總裁或執行長，以及諸多從事相關內容的國家實驗室研究精英，從政策、企業、研究之間交互的角度，一同探討生物經濟未來發展的走向。本次會議相當盛大，贊助及參與的廠商也相當眾多，如圖一所示。

**PLATINUM SPONSORS**





**JOINT NATIONAL LABORATORIES PLATINUM SPONSORSHIP**










**GOLD SPONSORS**



**SILVER SPONSORS**






**CORPORATE, ORGANIZATIONAL SUPPORT, AND BREAK SPONSORS**








**會議主辦人：**



**Bill Lundberg**  
Conference Director/Managing Partner,  
Alliance Biofuels Conferences, LLC

**會議主持人：**



**Jim Lane**  
Editor & Publisher, Biofuels Digest

**D.O.E. 官員：**



**Jonathan Male**  
Director, Bioenergy Technologies Office,  
U.S. Department of Energy

**U.S.D.A. 官員：**



**Harry Baumes**  
Director, Office of Energy Policy and New Uses  
(OEPNU), U.S. Department of Agriculture

**O.P.I.C. 官員：**



**Marlena Hurley**  
Senior Advisor, Political and Sovereign Risk,  
Overseas Private Investment Corporation

圖一、贊助廠商與各部門主要官員

本次會議所邀請的主持人為 **Biofuels Digest** 新聞媒體的總編輯與出版人，會議進行方式類似電視媒體的談話節目，分成幾個大方向的主題，邀請相關內容的專家、學者、企業...一同上台作為主要演講與談話者，會議整體議程內容則如表二所述，後面將針對不同的議題相關內容作列點摘要說明。各個場次的會議，先請主要談話者依序演講各自的內容，台下的聆聽者可以寫下問題或意見，以紙條的方式傳遞至主持人，主持人會在適當的時間點向談話者提問相關內容，與電視媒體常用的談話性節目非常相似，利用台上互相對談、台下紙條發問、主持人交互問答的方式，可以充分有效的掌握會議內容並控制時間，現場則如圖二 ~ 圖五所示。這次會議為首次嘗試全程錄影，未來應有機會上網查看重播。

表二、會議議程內容

TUE NOV 3	7:00 am – 8:00 pm	Exhibit Hall Open	Nikko Ballroom I and Foyer
	7:00 am – 6:30 pm	Conference Registration	Nikko Ballroom Foyer
	8:00 am	Welcome and Introduction	Nikko Ballroom II & III
	8:05 am – 10:10 am	General Session	Nikko Ballroom II & III
	10:10 am – 10:30 am	Morning Break	Nikko Ballroom I & Foyer
	10:30 am – 12:45 pm	General Session	Nikko Ballroom II & III
	12:45 pm – 1:45 pm	Luncheon	Carmel & Monterey
	1:45 pm – 3:15 pm	Track One: National Labs	Nikko Ballroom II
	1:45 pm – 3:15 pm	Track Two: Emerging Feedstocks and Systems	Nikko Ballroom III
	3:15 pm – 3:45 pm	Afternoon Break	Nikko Ballroom I & Foyer
	3:45 pm – 5:00 pm	Track One: What's NEXT? Hot Platform Technologies	Nikko Ballroom II
	3:45 pm – 5:00 pm	Track Two: What's NEXT: Hot Product Technologies	Nikko Ballroom III
	5:00 pm – 6:30 pm	Track One: What's NEXT in Funding and Finance	Nikko Ballroom II
	5:00 pm – 6:30 pm	Track Two: USDA Policies and Programs	Nikko Ballroom III
	6:30 pm – 8:00 pm	Hot 40 Awards Reception	Nikko Ballroom I & Foyer
WED NOV 4	7:00 am – 3:45 pm	Exhibit Hall Open	Nikko Ballroom I & Foyer
	8:30 am – 10:25 am	General Session	Nikko Ballroom II & III
	10:25 am – 10:40 am	Morning Break	Nikko Ballroom I & Foyer
	10:40 am – 12:10 pm	General Session	Nikko Ballroom II & III
	12:10 pm – 1:30 pm	Luncheon	Carmel & Monterey
	1:30 pm – 3:00 pm	General Session	Nikko Ballroom II & III
	3:00 pm – 3:45 pm	Afternoon Break	Nikko Ballroom I & Foyer
	3:45 pm – 5:00 pm	General Session	Nikko Ballroom II & III
	5:00 pm	Wrap-up, End of Conference	Nikko Ballroom II & III





圖二、先進生物經濟領袖會議現場投影螢幕



圖三、會議主持人與該場次談話者列席



圖四、該場次談話者上台演講



圖五、台下現場其他聆聽與會參加者

#### **4.1 參訪 Lawrence Berkeley National Laboratory 國家實驗室之 JBEI-ABPDU 研發中心、Amyris 高階生質燃料與生質產品試量產研發基地：**

除了 11/03(二) ~ 11/04(三)兩天的會議與討論之外，在前一天 11/02(一)下午，特別受邀參訪了 Lawrence Berkeley National Laboratory 國家實驗室 JBEI-ABPDU 研發中心、以及 Amyris 高階生質燃料與生質產品試量產研發基地。透過實地參訪，吸取其從研發開始直至試量產的相關經驗，有效幫助本所再生能源與相關技術之研發進展。

JBEI 研發中心屬於 Lawrence Berkeley National Laboratory 國家實驗室的一個小部門，成立於 2007 年，是由美國能源部積極推廣下所產生的單位，初期投入了一億兩千五百萬美元的資金，於 2013 年後再投入五年計畫共 2500 萬美元的資金，目前已有科學家與博士後研究員...等專業學者共超過 160 人。JBEI 研發中心成立至今，五年內就擁有了超過 1100 篇的文獻發表，以及 400 個以上的專利發表，成效相當驚人。

由於投入資源與研究人員眾多，其研究內容相當廣泛，關於生質物各方面的研發均有投入，包括生質物種植、培養技術開發、基因工程改造、生質物醱酵技術、生質原料改質技術、生質能源研究發展、各種分析技術...等，積極的投入第三代非糧食作物之生質能源與相關產品的開發與應用。除了單純的基礎研究之外，透過美國能源部的管道，將相關研發成果與技術推廣至美國當地的企業加以應用，有的從事料源種植與分類收集、有的從事醱酵技術與產品原料之生產、有的從事生質能源與生質產品的處理與合成...，將上中下游產業鏈緊密串連，是美國政府推動生質能源與相關產品的積極目標。

很可惜的，只有短短的幾個小時，能參訪的實驗室範圍相當有限，無法非常深入的了解其各項技術內容與研發現狀，著實有些遺憾，圖六 ~ 圖十七則是在 JBEI 研發中心參訪時，經過對方允許下所實際拍攝的相片，參訪了生質料源培育測試、小部份實驗反應設備、小部份藥品實驗室、小部份分析實驗室...等，雖然參訪有限，但收穫良多。





圖六、生質物料源培育與養殖

TRAYS MOVED			
DATE MOVED	Owner	# of Trays	Location
11/2/15	Lion	3	Rack 2. Level 2. Rows 11-12
	Devon	2	Rack 1. Level 1. Rows 3-4
	Fekadu	3	Rack 2. Level 2. Rows 7, 8
	Solomon	1	Rack 3. Level 2. Row 10
	Lin	1	Rack 1. Level 2. Row 8
	Solomon	2	Rack 3. Level 2. Row 14, Row 11
	Estela	5	Rack 3. Level 2. Rows 11-15

Dry Erase Pen ONLY

圖七、生質物料源培育與養殖使用分配表

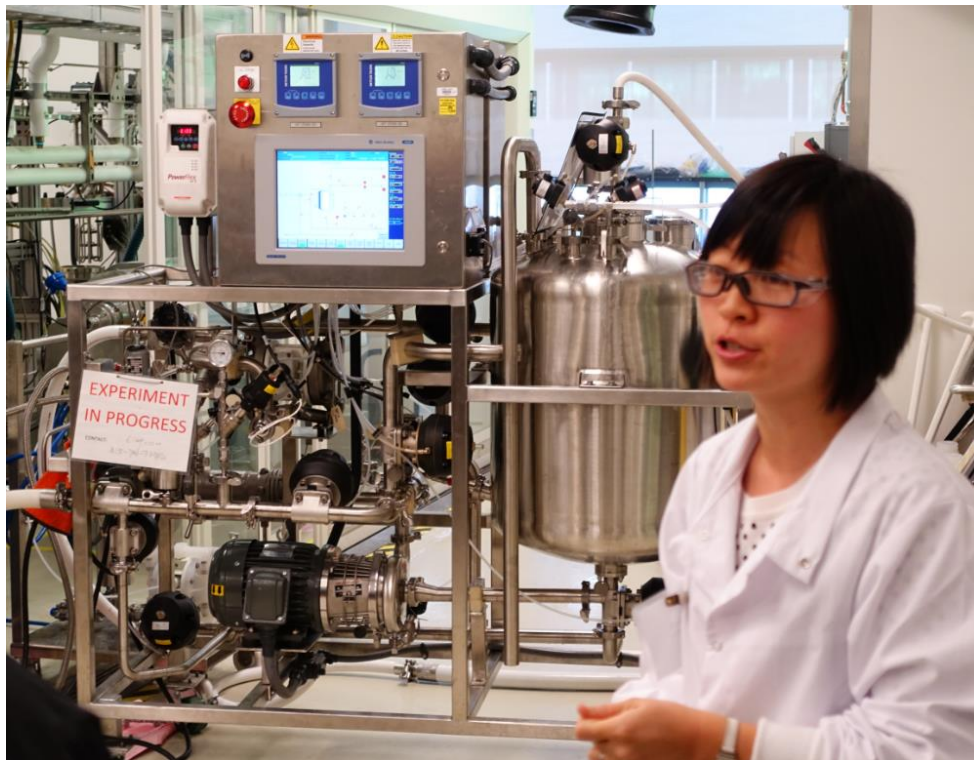


圖八、生質物原料以及管線耗材個別置放管理

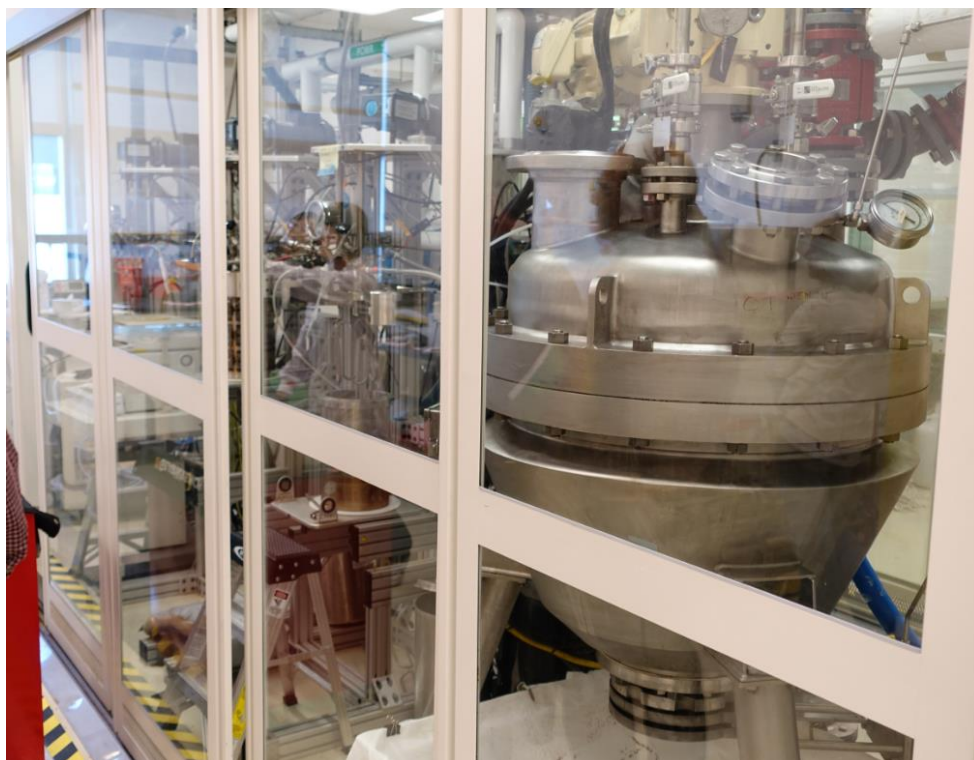


圖九、小型實驗設備





圖十、中型耐壓反應設備附全自動控制系統與研究人員



圖十一、大型耐壓反應設備(安全起見需另外隔離)



圖十二、各種管線與反應設備



圖十三、大型反應設備監控裝置與操作人員





圖十四、藥品實驗室與研究人員



圖十五、分析實驗室與設備





圖十六、生質物料源與生質裂解油粗油



圖十七、生質物料源與生質燃料產品

Amyris 高階生質燃料與生質產品試量產的發展中心就緊鄰著 JBEI-ABPDU 研發中心，位於同一棟建築物的一樓。Amyris 公司成立於 2003 年，主要是聚焦在高性能的再生能源與相關產品，應用在廣泛的民生消費市場上。Amyris 具有創新的微生物工程和篩選技術，透過生物基因改質的方法，提高微生物醱酵產糖以及反應變化結構的能力，並利用生物科學技術，建立了高效率的發酵製程。將生質物料源所獲得的糖份，進一步轉變結構，轉化成生質化學原料單體，應用於多種生質材料與化學品之中。

當 Amyris 初期成立時，即透過專利技術，以植物糖轉化成低成本的原料，穩定的生產青蒿素，降低了相關藥物價格，有效的幫助抗瘧疾。Amyris 亦利用專利技術，藉由微生物在植物糖原料的發酵製程，策略性的生產長鏈支化烴分子。從這些可再生的生質原料作為出發點，Amyris 積極開發一系列特用化學品和生質燃料產品，從化妝品的潤膚劑和香料、燃料和潤滑劑、甚至生物製藥，Amyris 公司的發展策略與布局相當宏遠。

參訪時發現 Amyris 公司發展的產品項目眾多，如圖十八所示，但主要是作為上游的原料及技術供應，並沒有自行大量生產的工廠。很可惜參訪時，Amyris 公司特別要求全程都不能拍照，只有留下歡迎參觀的一張相片，如圖十九所示。

### Cosmetics

We are revolutionizing the cosmetics industry by providing sustainable, plant sugar-derived ingredients with superior performance.

[Learn more](#)

### Renewable Fuels

We are commercializing drop-in renewable diesel and jet fuels with our partner Total.

[Learn more](#)

### Fragrances

We are developing cost-effective and sustainably produced oils and aromas commonly used by the Flavor and Fragrance industry.

[Learn More](#)

### Lubricants

Through our Novvi joint venture, we are producing and marketing high-performance renewable base oils and lubricants.

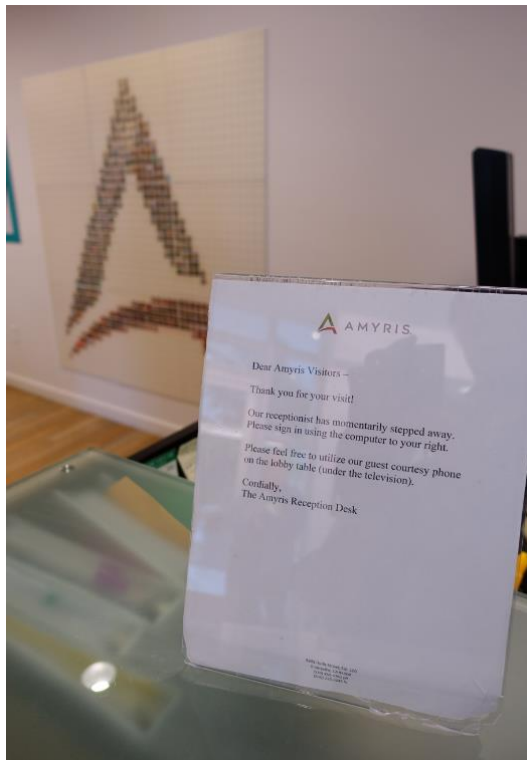
[Learn more](#)

### Performance Materials

Our industrial biotechnology platform offers significant innovation opportunities for polymers, solvents and other high-performance applications.

[Learn More](#)

圖十八、Amyris 公司發展的產品項目



圖十九、Amyris 公司歡迎參訪的告示與商標

#### 4.2 先進生物經濟領袖會議

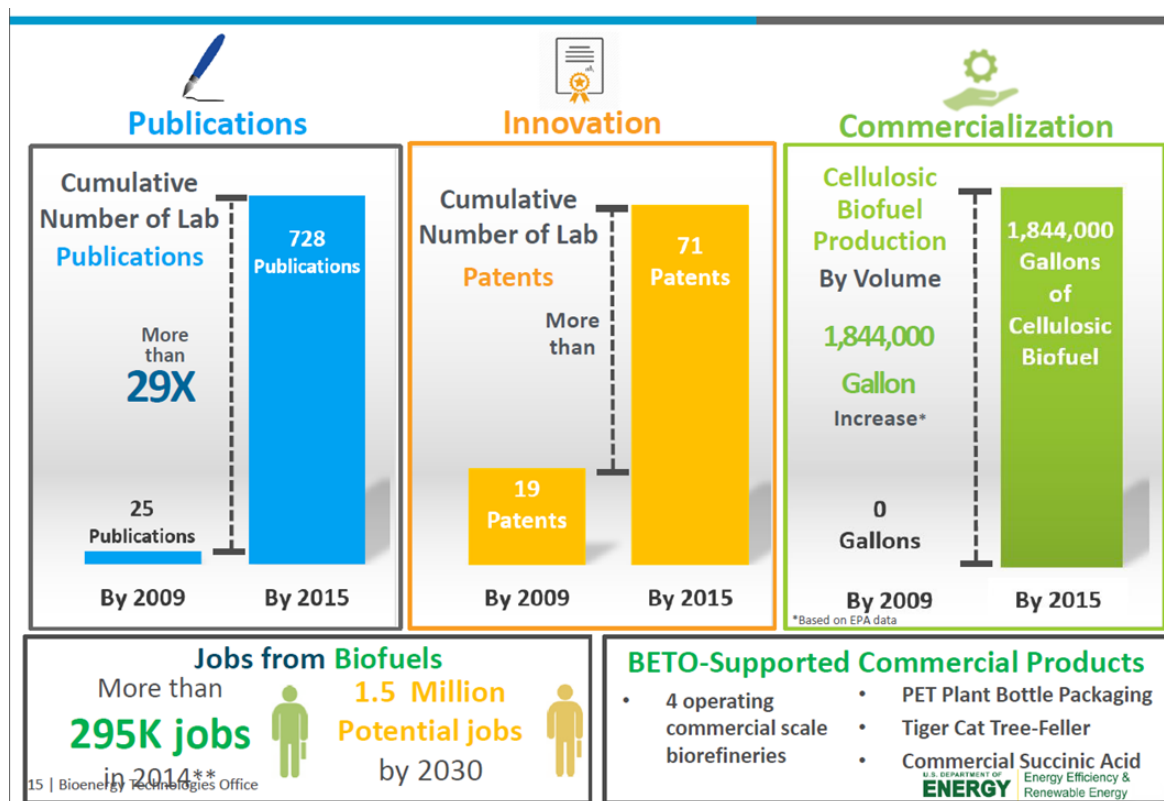
會議過程分成諸多不同的議題一同討論，部份演講者以投影片的方式發表演說，部份演講者則單純以論述的方式作口頭演講，下面將以列點摘要的方式，針對生質能源與產品之相關內容加以彙整敘述之。

##### (1) What's Next in policy and fundamental technology?

- 美國能源政策並非僅為了節能減碳而大肆週章推廣，許多政策都必須先經過技術上與試量產上的驗證，政府才能夠提高使用幅度與補助方案，希望達到環保與經濟都能夠雙贏的局面。
- 政府推動整體經濟發展，其步驟應為：技術開發與試量產 → 政策推廣與相關補助 → 達到需求目標，在這樣的推廣與策略發展下，美國政府希望能在 2017 年時，達成使用減碳效益超過 50% 之生質燃料的目標。目前美國能源部投入生質能源與相關產品開發的成效，從 2009 年至 2015 年，論文發表增加了 29 倍，達到 728 篇，專利申請件數從 19 件提升到 71 件，而由纖維料源產製之生質燃料也正式投入商業量產，累積總產量達 1,844,000 加侖，並增加 295,000 個就業機會，如圖二十所示。



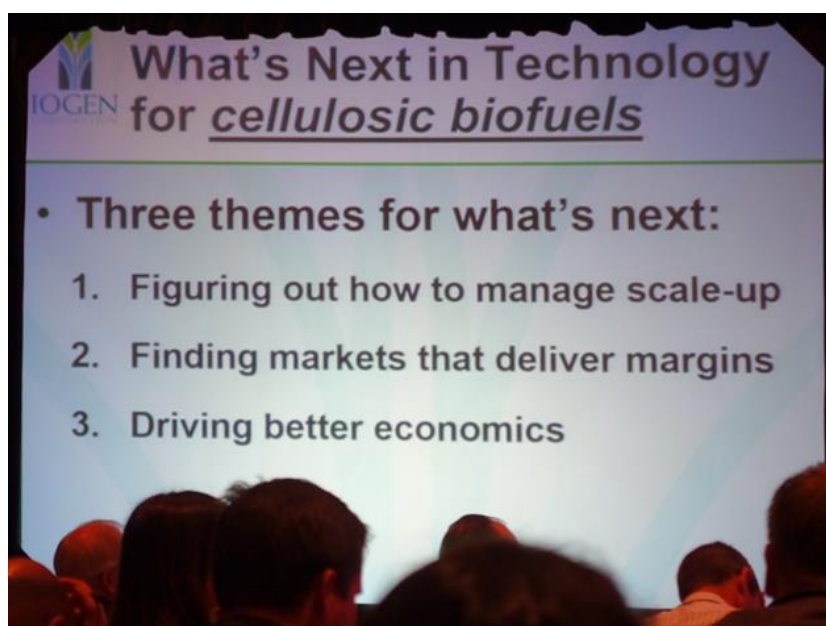
- 雖然生質能源與產品價格暫時無法與石化產品比擬，但未來加上碳稅、碳交易、碳權，碳足跡、環保政策、消費者認同感...等因素，純石化產品絕對會被逐漸捨棄，這是全球國際的發展趨勢。
- 目前美國加州再生能源應用在燃料上的使用狀況為：再生柴油(Renewable Diesel)佔比 14%，生質柴油(Bio Diesel)佔比 12.5%，纖維酒精(Cellulose Ethanol)佔比 61.7%，其他約 11.8%。



圖二十、美國能源部投入生質能源與相關產品開發的成效

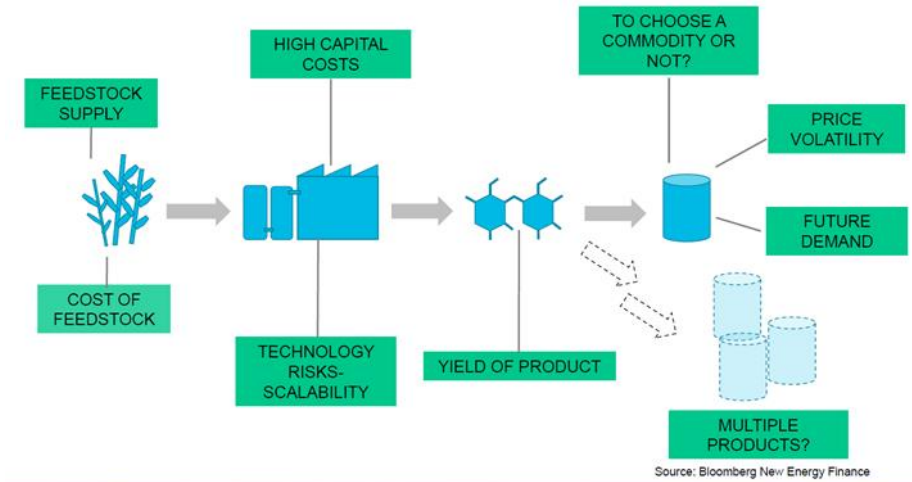
- 演講者：Paul Bryan，現任加州大學講師，曾於 Chevron 服務 15 年，致力於生質燃料技術開發，並擔任過生質燃料技術開發單位之副主席。
- 提出幾項先進生質燃料技術開發之建議事項：(1)需考量目前美國頁岩油量產效應之影響，生質燃料必須達到每桶 20 美元的價格，才具有競爭力。(2)生質料源須能大量且低價供應 (biomass supply curve)。(3)木質素也需高值化應用，而非當燃料使用。(4)纖維素水解成醣類是目前最經濟可行的技術。(5)技術開發須能放大量產，最好能與現有石化製程相結合。(6)產品開發須關注在總產值，而非總產量。(7)大規模的生物經濟發展能需仰賴全球對溫室氣體排放管制政策之推行。

- 演講者：Claire Curry，現任彭博新能源財經資深助理 (Senior Associate, Bloomberg New Energy Finance)
- 演講者：Brain Foody，Iogen 公司 CEO
- 工業生產技術與商業營運上佈局有三大議題須考量、評估：(1)首當其衝的第一要點為生產技術的選擇，需考量料源供應與價格，製程技術能否放大量產...等。(2)尋找具有獲利之市場與商品，例如具有特定之利基市場，具有政策補助之綠色商品，朝多樣化之商品與市場應用開發...等。(3)隨時調整產品線，尋求較佳之經濟獲利模式。生質精煉技術發展初期多鎖定單一產品、具政策補助之特定利基市場(如生質燃料)，之後朝單價高之綠色環保商品開發應用為主，生質燃料為輔，待生產技術與市場逐漸成熟，具廣大市場之生質燃料可能會成為主要的獲利商品。因此，短、中、長期之營運規劃需隨時考量技術面、政策面與市場面之發展隨時動態調整，以能穩定獲利之永續經營為目標，如圖二十一與圖二十二所示。
- 生質能源與相關產品應該考量其整體市場效益，而非僅僅單獨聚焦在燃料應用本身，料源沒有生產到燃料的其他部份(如木質素...)，應往高值化產品開發，達到料源整體利用的經濟效益。
- 藻類依舊是充滿潛力的生質料源，而利用藻類開發相關產品之市場單價為：生醫 > 美容 > 化學品 > 材料 > 糖 > 燃料。



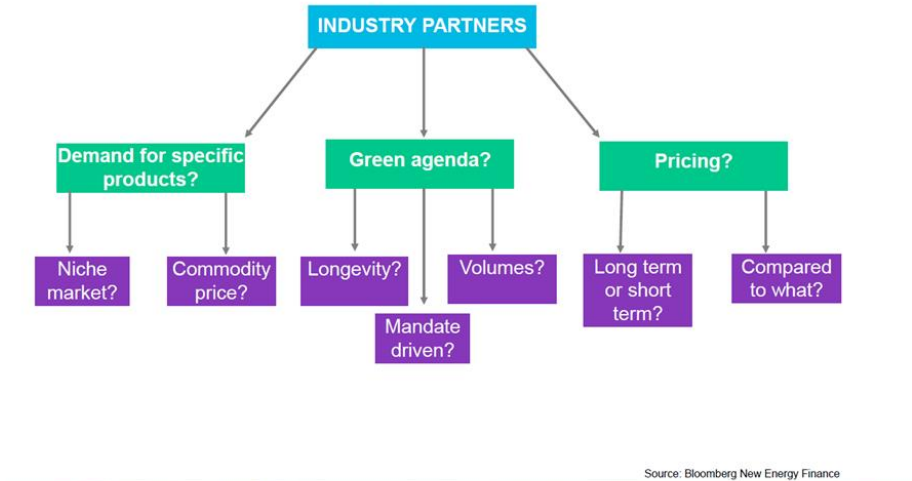
圖二十一、纖維素生質燃料主要三大考量議題

CONSIDERATIONS WHEN CHOOSING TECHNOLOGY **Bloomberg**  
NEW ENERGY FINANCE



4

HOW IS TECHNOLOGY CHASING OFF-TAKERS? **Bloomberg**  
NEW ENERGY FINANCE

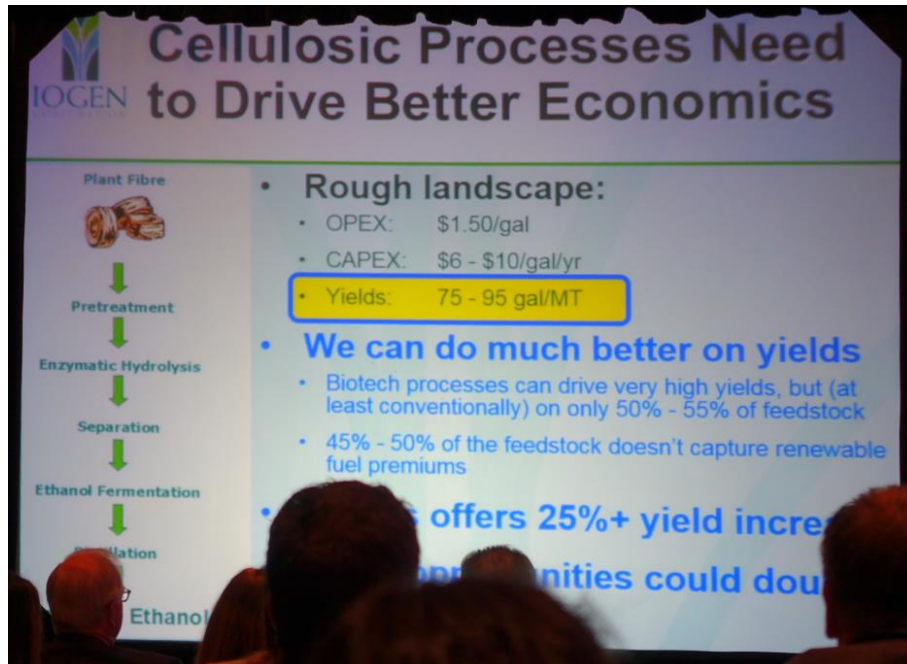


11/4/2015 6

圖二十二、工業生產技術考量分析

- 固態生質物進料在試量產與實際工業發展上，有遇到幾個問題，花了一些精力克服，未來將投入的企業應先注意，以免重蹈覆轍，諸如：固體料源收集與儲存、固體料源進料輸送、管線堵塞與如何持續運轉...等。
- 最近在生質能源與產品應用方面，除了高價格的化學品與材料受到重視外，另外一個發展迅速的則是生質氣體(Biogas)，目前走向以纖維素產氣，再將生質氣體生產生質氫氣，可以轉往更多氫氣相關的應用。
- 一般纖維酒精製程技術轉化率約 50~55%，初估產率達 75~95 gal/MT，固定成本約 6~10

美元/加侖/年，操作成本為 1.5 美元/加侖。而 Iogen 公司目前製程技術已精進至轉化率達 80%，若產物設定為生質氣體(Biogas)，產率可提升 25%，如圖二十三所示。



圖二十三、纖維酒精經濟效益估計

- Jan Koninckx，DuPont Industrial Biosciences 擔任先進生質燃料全球業務總監
- Ian Barnett，Ensyn 公司擔任財務與企業發展部門之執行副總(Executive Vice President, EVP)
- DuPont 最近設立了全球最大的纖維素煉製廠，廠址設置於農業廢棄物相當龐大的 Iowa 州，以農業廢棄物作為料源，主要產品以纖維酒精為主，如圖二十四所示。
- DuPont 的纖維煉製廠，從料源收集、前處理、纖維素轉化、後續產品煉製、其它延伸應用...等，由上而下、上中下游串聯運作，提供了當地相當多的就業機會，並解決了農業廢棄物的諸多問題，廢物再利用提升整體產業價值。
- Ensyn 則結合上游料源產業 (Fibria 公司，全球最大紙漿供應商)，投入快速熱裂解生產製程技術，主要產品為熱裂解生質粗油與生質焦炭，如圖二十五所示。
- Ensyn 目前已有 4 個工廠，總產量可達 2 ~ 10 萬公秉/年，未來希望能夠投入其他國家進行設廠生產，如圖二十六所示。

Ensyn 除了單純販售生質裂解燃料油、生質焦炭之外，也將品質較差的油品再與傳統石





化重油製程一同摻煉，生產較高單價油品，將其作為汽柴油應用之，如圖二十七所示。

## DuPont Cellulosic Ethanol Refinery


- Opening: Nevada, Iowa  
October 30, 2015
- Production Capacity:  
30 MGY of cellulosic ethanol  
from corn stover
- Jobs: 85 permanent jobs  
~1000 for construction

**DOE Support**

- DOE Involvement since 2003
- Pilot plant built in Vonore, TN with 250,000 GY capacity
- To date DOE Investment: ~\$51M

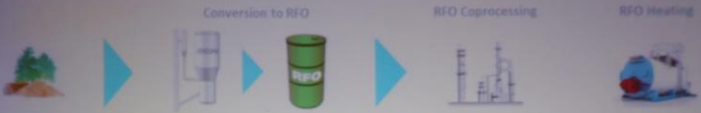
19 | Bioenergy Technologies Office





圖二十四、DuPont 纖維酒精工廠

### Strategic Relationships


Conversion to RFO      RFO Coprocessing      RFO Heating






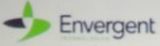



A Honeywell Company

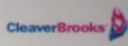



A Honeywell Company

















Joint Shareholders

圖二十五、Ensyn 快速熱裂解生產製程技術





圖二十六、Ensyn 設廠與未來布局

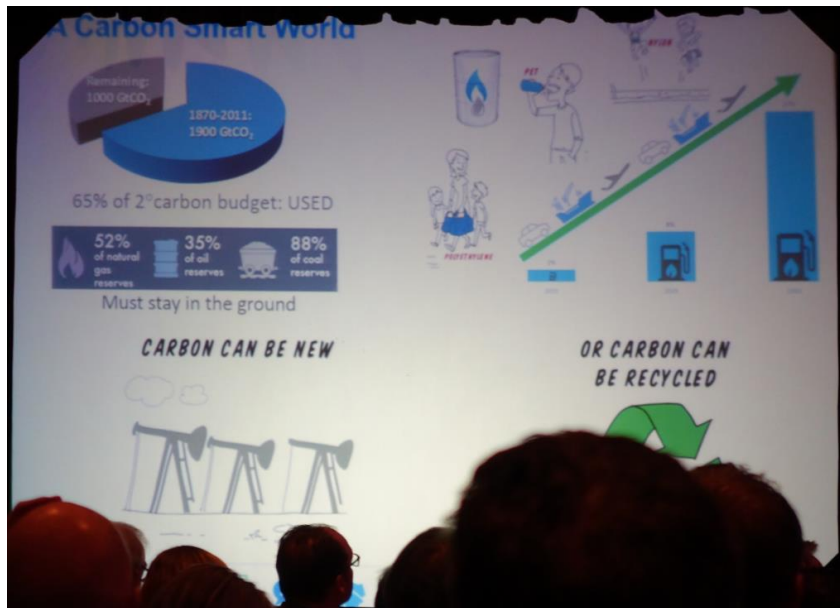
Weight %	100% VGO	95% VGO + 5% RFO	90% VGO + 10% RFO
Dry Gas	3.5	2.8	2.8
LPG (C3-C4)	13.8	13.8	12.5
Gasoline (C5-220°C)	39.9	40.6	38.8
Diesel (220-344°C)	20.3	19.6	19.2
Bottoms (+ 344°C)	16.1	14.4	14.4
Coke	6.4	6.0	6.5
CO	0.0	1.0	1.7
CO <sub>2</sub>	0.0	0.4	0.6
Water	0.0	1.4	3.5

圖二十七、VGO 與 RFO 摻煉產品分布

**(2) Making Revolutionary Technologies into Commercial Ventures.**

- Jennifer Holmgren , LanzaTech 公司擔任執行長(CEO)
- Bob Walsh , Intrexon Energy 公司擔任資深副總裁(Senior Vice President, SVP)

- 目前全球回收再利用作得最好的材料是鋼鐵，廢鐵回收後，重新再作成新的鋼鐵，可達到88%的回收再利用比例，如圖二十八所示。



圖二十八、鋼鐵循環與碳循環

- 碳循環也可以朝這樣的目標努力，可從工廠廢氣著手，將尾氣壓縮收集，經過生物轉化，只要有二氧化碳和氫氣，就可以生產新的碳氫化合物，達到回收再利用的願景，如圖二十九所示。



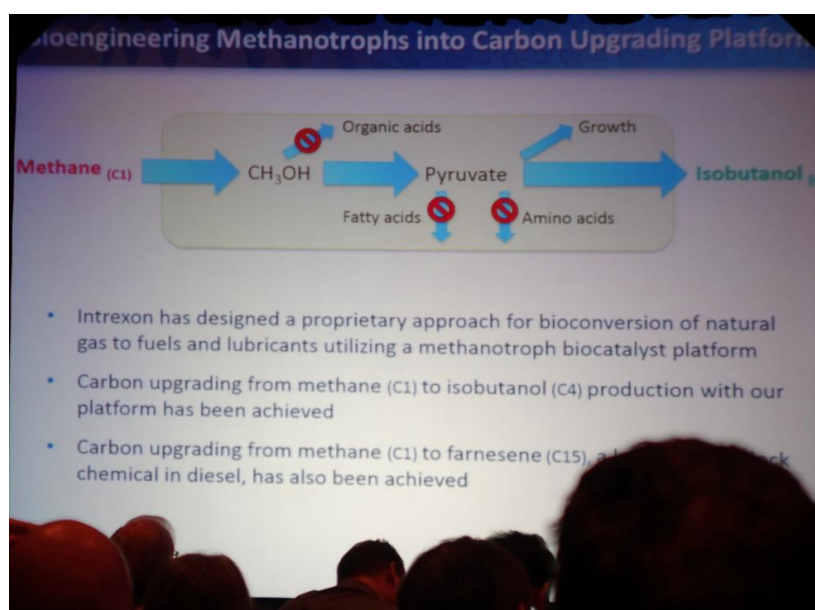
圖二十九、氣體生物轉化製程

- 尾氣排放最大的屬於鋼鐵業，由於工廠產能的關係，中國是一個比美國更適合投入的地點。  
LanzaTech 也與台灣中鋼合作，建立尾氣回收再轉化的應用，如圖三十所示。



圖三十、LanzaTech 氣體生物轉化技術合作對象

- 也可以利用天然氣作進料，經過細菌生物轉化，生產甲烷，進一步轉化為甲醇，再轉化成異丁醇，則後續可以有許多應用，目前上可以獲得 C1~C15，可作燃料或潤滑添加劑，如圖三十一所示。
- 由短鏈的甲醇，串接成長支鏈的產物時，本來會擔心放熱造成的問題，但是實際運轉起來，由於有大量副產物水，可將熱帶走，所以量產不是問題。



圖三十一、Intrexon Energy 公司之甲烷轉化反應流程示意圖



### (3) What's NEXT at the pre-commercial stage? Technologies emerging and spinning out of National Labs.

美國能源部官員作為主持人引言，各個國家實驗室代表主管列席，依序簡報並參與討論，如圖三十二所示。



圖三十二、國家實驗室參與討論會議

- Argonne National Laboratory：以開發新穎觸媒以及相關分析鑑定為主，生質能源與產品方面著墨較少，如圖三十三所示。



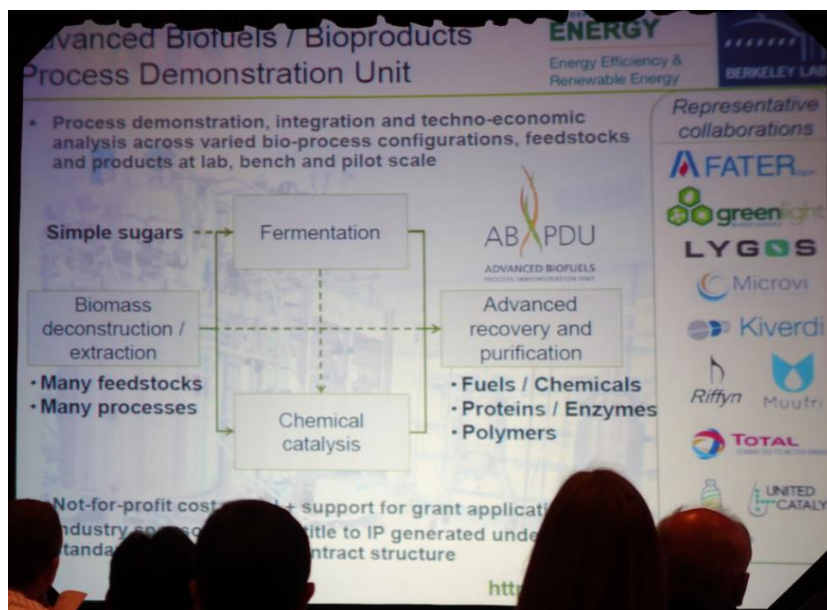
圖三十三、觸媒技術介紹

- Idaho National Laboratory：以進料部分相關的製程放大技術為主，可以協助廠商放大製程與產量，目前商業化的企業實際運轉產能，大多僅使用到他們設計的 50% 而已，經驗相當豐富，如圖三十四所示。



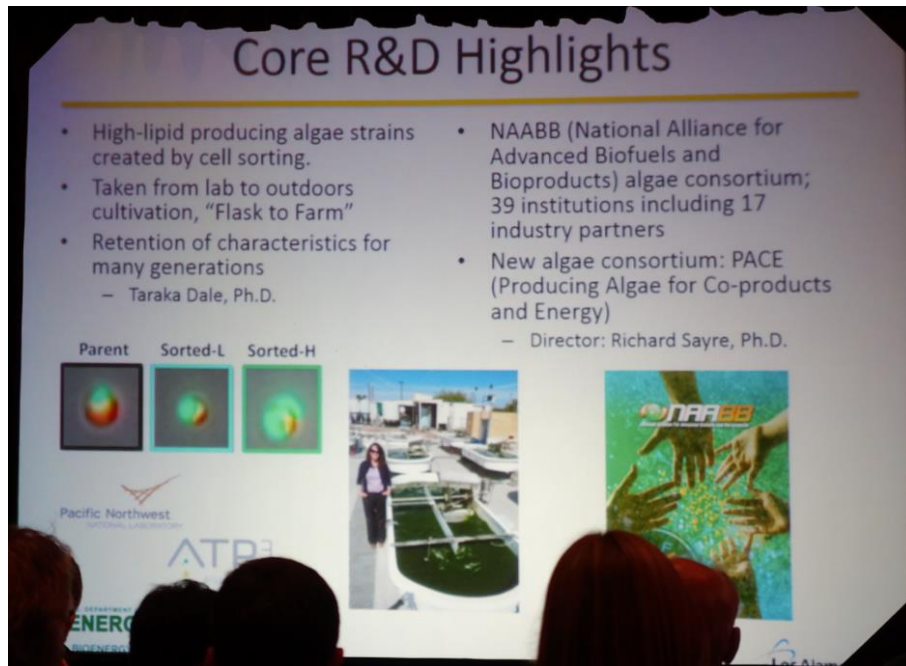
圖三十四、Idaho National Laboratory

- Lawrence Berkeley National Laboratory：關於生質物各方面的研發均有投入，包括生質物種植、培養技術開發、基因工程改造、生質物醱酵技術、生質原料改質技術、生質能源研究發展、各種分析技術...等，積極的投入第三代非糧食作物之生質能源與相關產品的開發與應用，如圖三十五所示。



圖三十五、生質能源與產品的生產技術介紹

- Los Alamos National Laboratory：以藻類料源作為最主要投入研究的目標，包括大量培養藻類、利用二氧化碳養藻達到減碳的相關技術。



圖三十六、養藻核心技術簡介

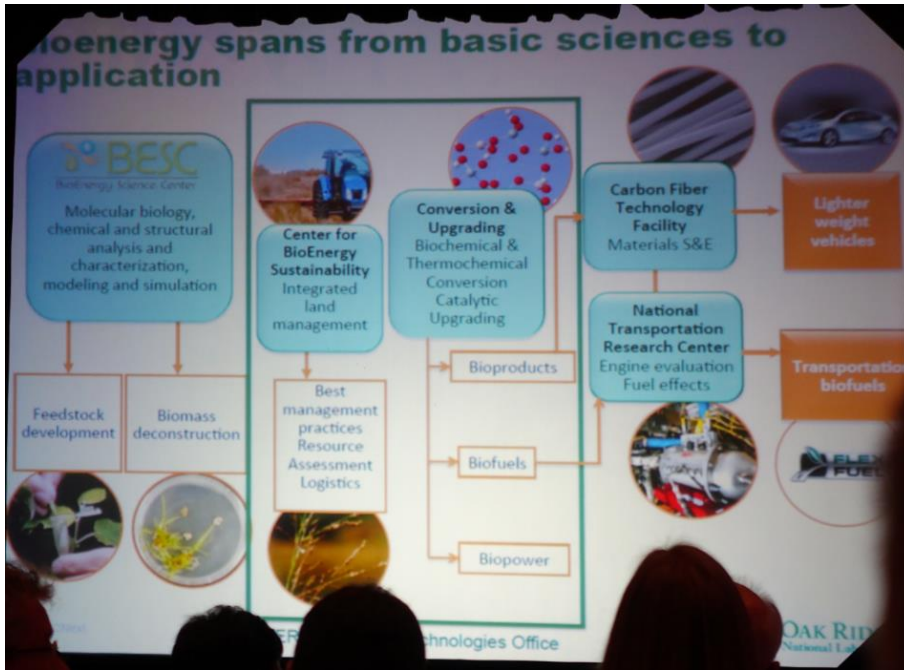
- National Renewable Energy Laboratory：整體再生能源相關的研究，包括了太陽能、風能、地熱...等，不僅有生質能源而已。生質能源則擁有生物製程、熱處理製程、化工化學製程、試量產技術、藻類料源應用研究、減碳捕捉技術、生質能源經濟分析...等技術，投入研發的範圍相當廣泛，如圖三十七所示。



圖三十七、生質能源相關技術發展

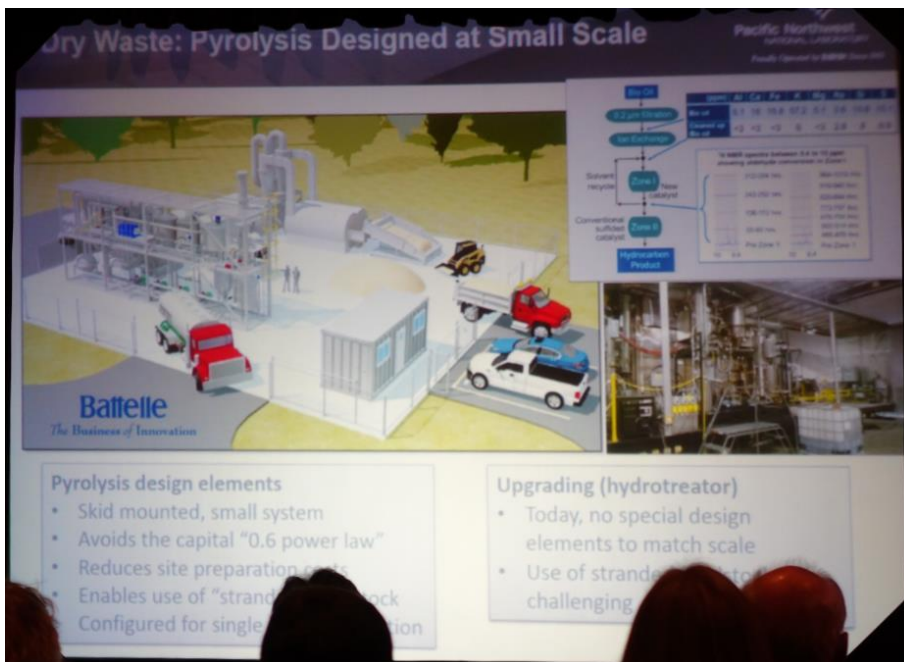


- Oak Ridge National Laboratory：以生質物料源技術為主，包括料源的生產、收集、運輸、集中、應用...等，如圖三十八所示。

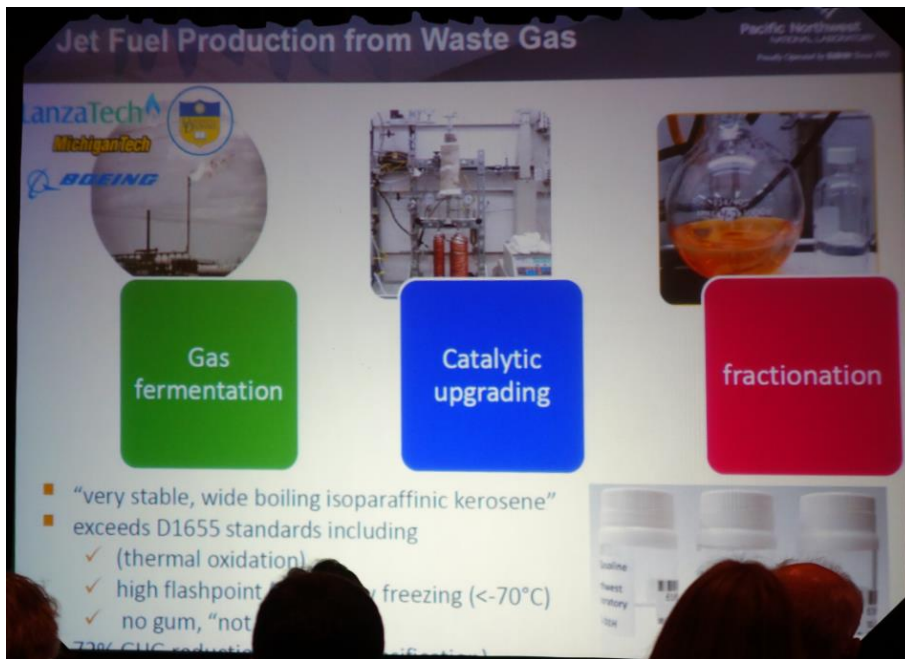


圖三十八、生質物料源相關技術簡介

- Pacific Northwest National Laboratory：最主要的技術能力在分析計算、試量產模擬、產線設計與系統建造上，但由於協助各項不同的研究內容，因此對於熱裂解產油技術、氣體醱酵、觸媒反應...等研究內容均有參與，如圖三十九與圖四十所示。



圖三十九、熱裂解技術介紹



圖四十、其他技術簡介

- Sandia National Laboratory：以國防、核武、核能研究相關為主的國家實驗室，針對國防上所需要的燃料，投入了不少生質能源方面的合作研究，包括生物轉化技術、離子液體轉化技術、藻類相關能源...等，如圖四十一所示。



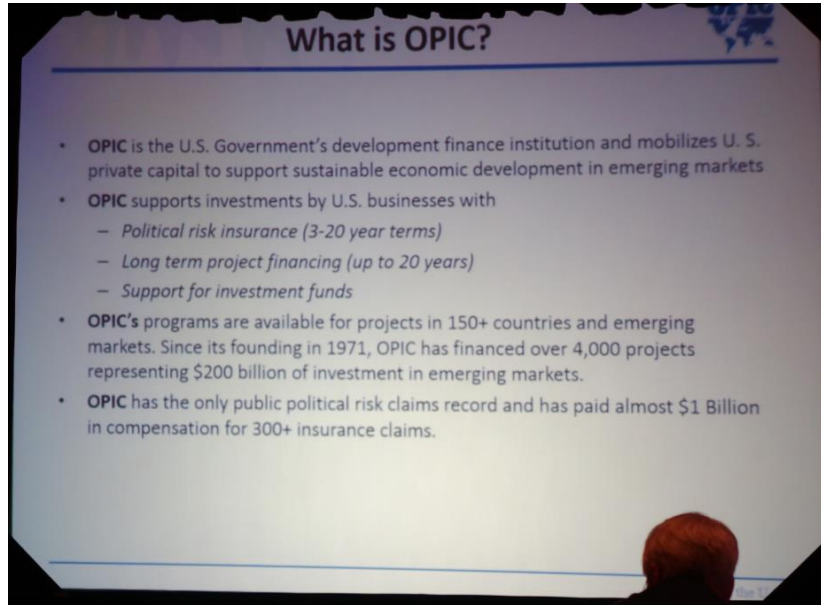
圖四十一、Sandia National Laboratory

- 訪談最後，列席成員紛紛表示，國家實驗室絕對不是美國能源部的員工，國家實驗室是單獨的研究機構，以發展對人類未來有幫助的相關技術為最主要的工作，並非僅聽從美國能源部的指示而做事，希望大眾們能理解。



#### (5) Funding and Finance !

- 美國的海外私人投資法人(Overseas Private Investment Corporation, OPIC)如圖四十二所示，希望能夠投資海外其他相關有潛力的技術，重點是必須能夠產業化，考量的內容很多，從技術本身、料源充足與否、產業發展可能性、未來市場效益、商業化量產後可能風險...等。

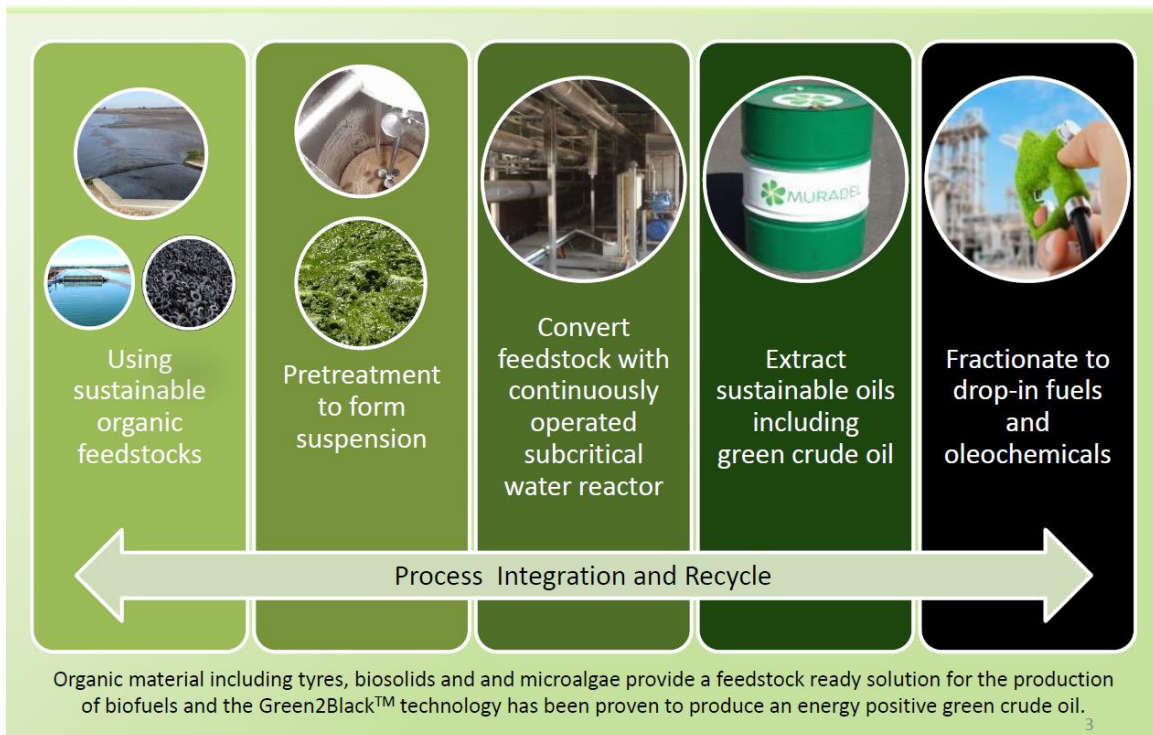


圖四十二、What is OPIC

- 美國海外私人投資法人表示，目前並沒有投入中國、印度、泰國、東南亞方面的投資，但還在考量中，中國主要還是因為政策性因素問題，東南亞雖然棕櫚油、棕櫚樹料源眾多，但認為仍屬於糧食作物，基於政策性考量暫時不予投資，而非技術性的問題。

#### (4) Emerging feedstocks and systems.

- David Lewis，Muradel 公司執行長(CEO)
- Ally Ferguson，PrecisionHawk 公司擔任資料與地理空間應用部門主任
- William Rooney，德州大學教授
- Muradel 發展以微藻為料源生產生質燃料與生質化學品之上中下游整合技術，製程轉化技術為超臨界水反應器，Green Crude 的產率約 20~30%，其製程操作條件與相關資訊如圖四十三所示。



## Subcritical water reactor



- Fully automated continuous SCWR
- Max operating temperature 400°C
- Max operating pressure 282 bar<sub>g</sub>
- Typical operating conditions
  - T = 350oC
  - P = 200 bar<sub>g</sub>
  - tr = 5 minutes
  - Q = 720 kg/d/tube (20%-30% solids w/w)
  - EROI ~4
- Patent Portfolio
  - PCT/NZ2011/000067
  - PCT/NZ2011/000066
  - PCT/NZ2011/000065
  - PCT/NZ2008/000309

B.E. Eboibi, D.M. Lewis, P.J. Ashman, and Chinnasamy S. (2014) Bioresource Technology, 174, 212-221

B.E. Eboibi, D.M. Lewis, P.J. Ashman and Chinnasamy S. (2014) Bioresource Technology, 170, 20-29

CONFIDENTIAL

13

圖四十三、Muradel 整合製程技術與製程操作條件

- PrecisionHawk 發展一套軟體平台，提供生質料源業者農作物產量最大化之可行性分析。
- 糧食作物或生質能源作物，其耕作的環境仍是重要的影響因素，即使生質作物可以耐旱或貧瘠土地耕種，但若有好的環境才能有較高的產率。另需考量季節性作物進行耕作，以獲得最大化之生質作物產能，例如甜高粱(夏季採收)可搭配甘蔗(冬季採收)輪流耕作，圖四十四為 Rooney 教授種植甜高粱之研究成果。

## Conclusions from Production



- ⊙ Environment is Important!
- ⊙ Good Environments:
  - ⊙ Average Yield 12-16 MT/ha
  - ⊙ High Yield, 35-40 MT/ha
- ⊙ High Moisture Content
  - ⊙ Significant source of Sugar
  - ⊙ Co-extracted with Sugar
- ⊙ Seasonal Crop
  - ⊙ Biomass from July – November
- ⊙ Hybrids now available
  - ⊙ Biomass
  - ⊙ Sweet Sorghum

TEXAS A&M  
AGRI LIFE  
RESEARCH

圖四十四、Rooney 教授種植甜高粱之研究成果

### (5) What's NEXT? Hot Product Technologies.

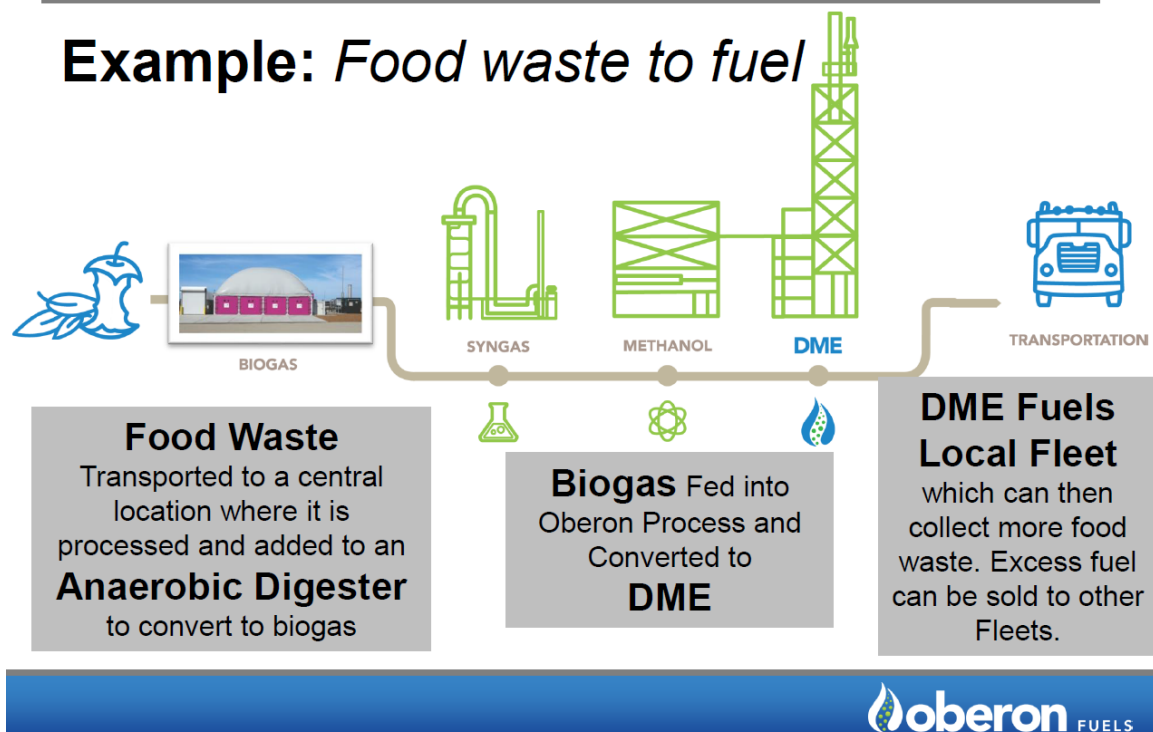
- Rebecca Boudreaux , Oberon Fuels 公司總裁(President)
- Deepak Dugar , Visolis 公司總裁(President)
- Molly Morse , MangoMaterials 公司執行長(CEO)
- Bill Bardosh , TerraVerdae BioWorks 公司執行長(CEO)
- Len Rand , xF Technologies 公司執行長(CEO)



- Oberon Fuels 的技術是利用各個區域的厭氧發酵廠收集之生質氣體，轉化為二甲基醚 (DME)最為柴油的替代燃料使用，如圖四十五所示。
- Visolis 的專利技術著重在高產率的發酵製程，產品則鎖定在不飽和聚酯之生質原料，如圖四十六所示。目前進入試量產驗證，產率可達 60%，產品平均單價為每磅 2 塊美金，預計 2019 年進入商業化量產。
- MangoMaterials 的技術則是以生質氣中的甲烷為原料，利用微生物發酵技術轉化為聚羥基脂肪酸酯 (polyhydroxyalkanoates, PHA)，如圖四十七所示。
- TerraVerdae 的技術是以生質氣中的甲烷先轉化為甲醇，再藉由其公司自有技術將甲醇轉化為高值化產品 (脂類、PHA、生長因子...)，如圖四十八所示。
- xF Technologies 技術是以 6 碳糖 (C6 sugar)為進料，開發環保溶劑與生質可塑劑，如圖四十九所示。

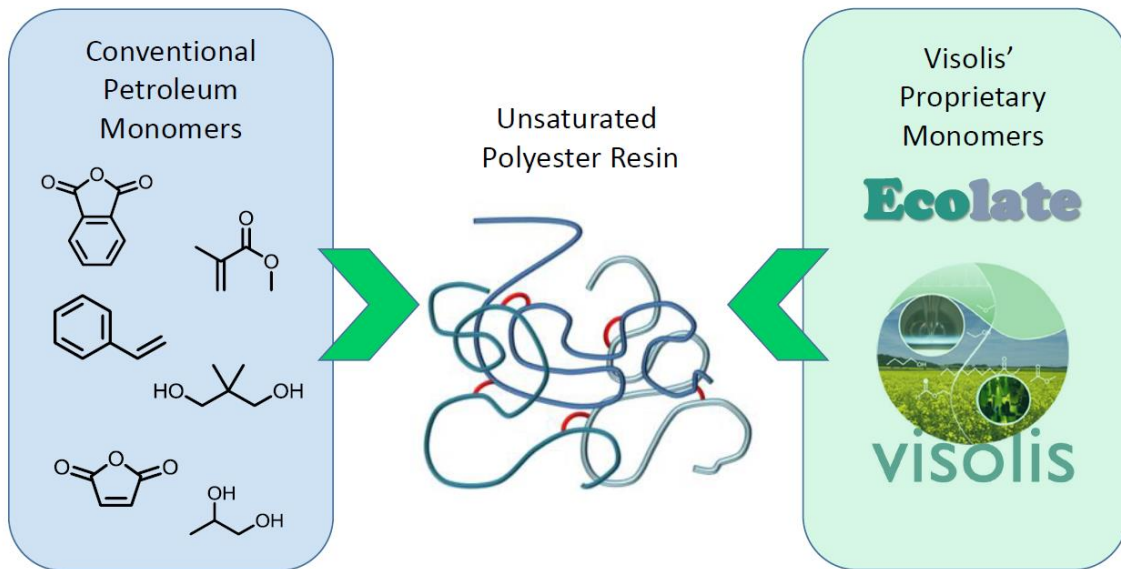
## Oberon Solution: Small-Scale

### Example: *Food waste to fuel*



圖四十五、Oberon Fuels 製程技術

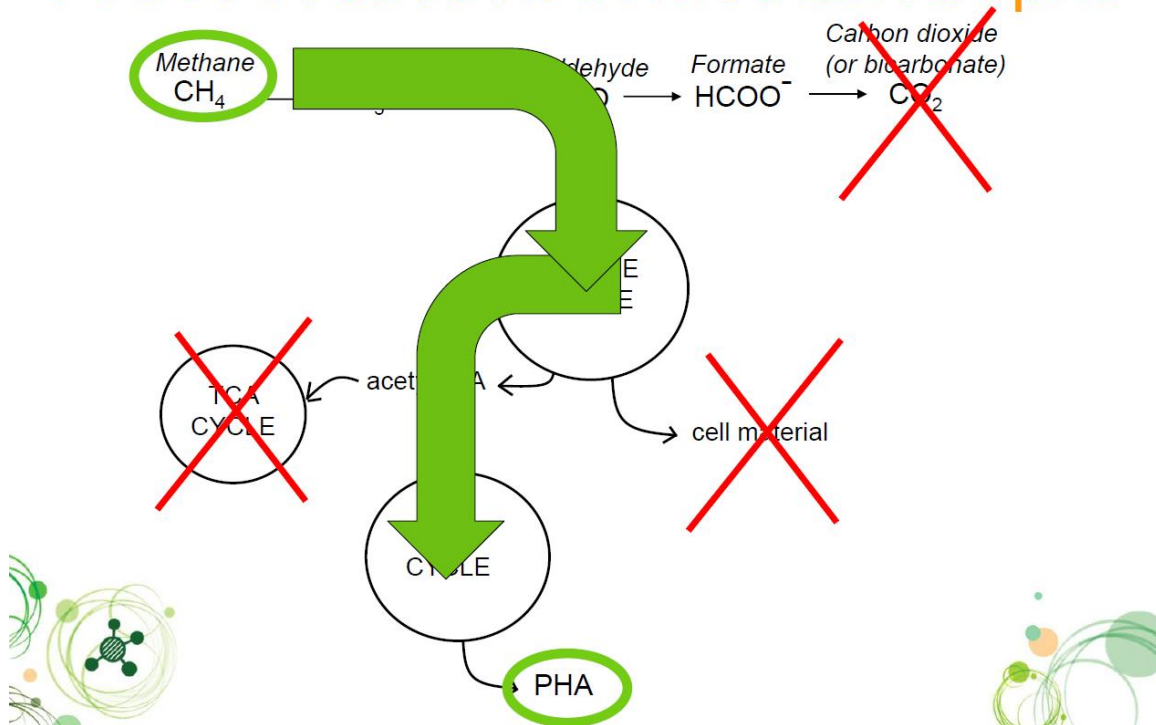
# Visolis' Ecolate: A new range of building blocks for UPRs



圖四十六、Visolis 製程技術以生產不飽和聚酯之生質原料為主



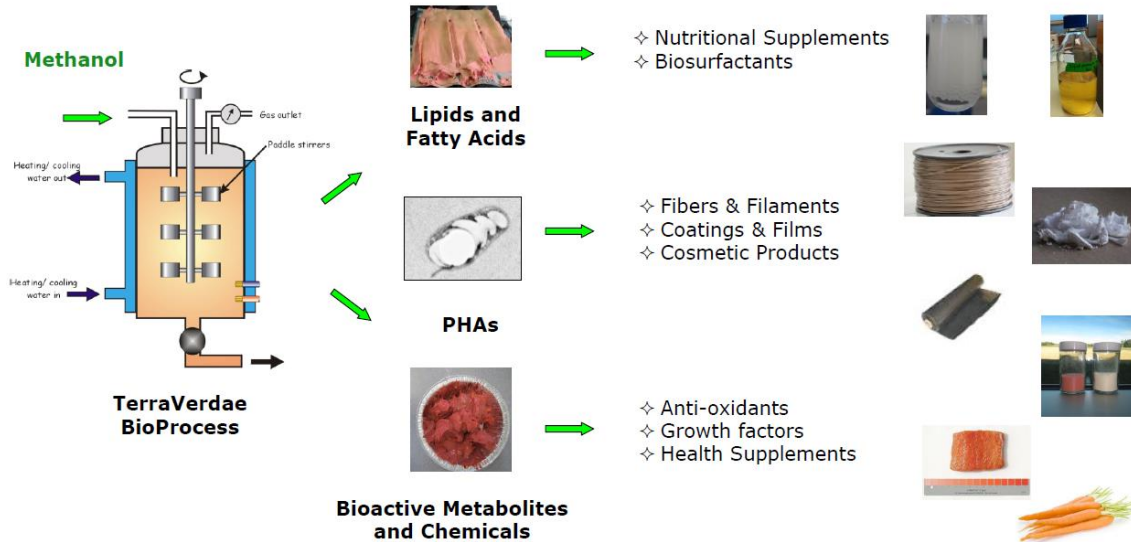
# PHA Production in Methanotrophs



圖四十七、MangoMaterials 製程技術以生產聚羥基脂肪酸酯之生質原料為主

# Bio-methanol to Biobased Products

High Efficiency Bioprocess <-----> High Value Products



TerraVerdae

www.terraverdae.com

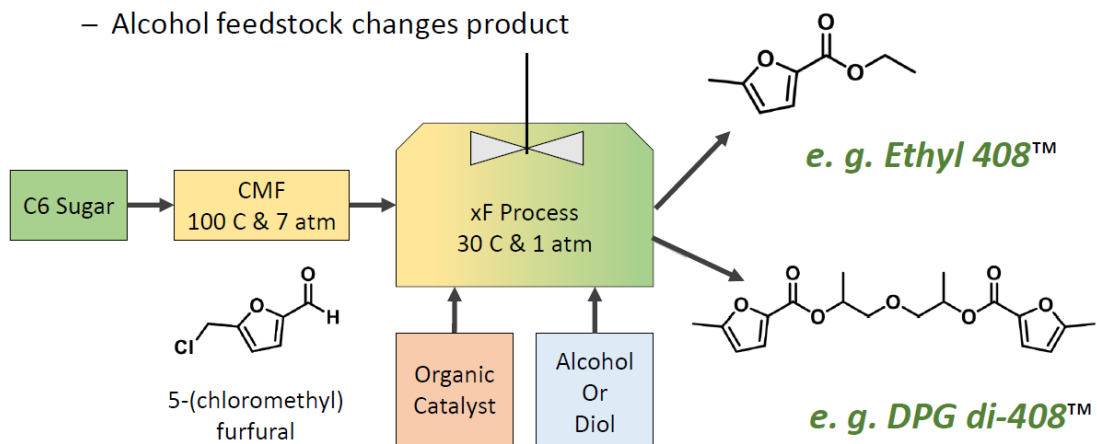
圖四十八、TerraVerdae 製程技術將生質甲醇轉化為高值化產品

## Simplified Process Flow Diagram



### • Cost Advantaged, 2-Step Thermochemical Process

- Biomass feedstock agnostic
- Recycles processing chemicals
- Alcohol feedstock changes product



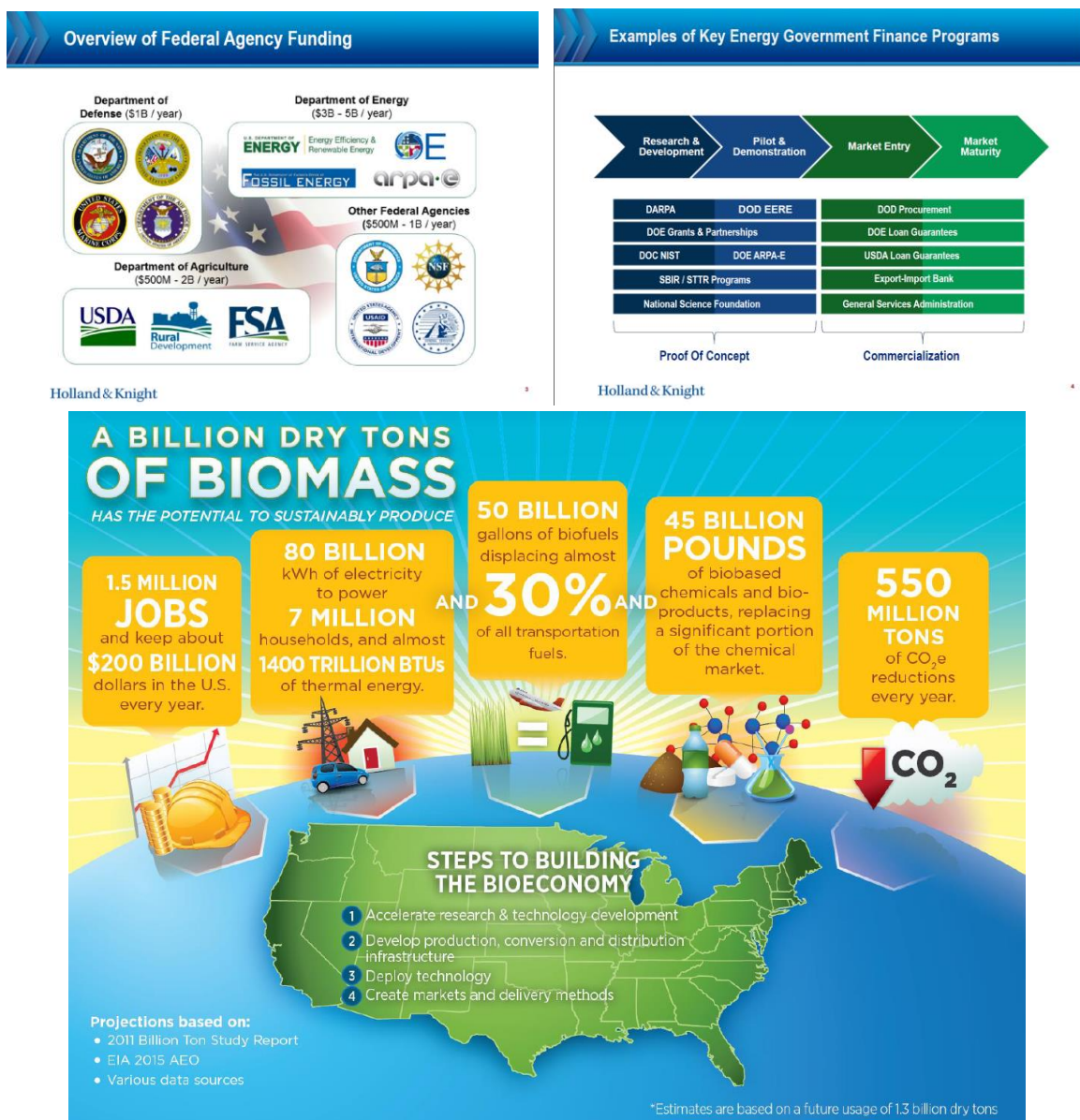
ABLC Next – November 2015

3

圖四十九、xF Technologies 技術是將 6 碳糖轉化為高值化產品

## (6) Funding、Finance、Policy & Programs.

- 美國提供資金的單位有國防部(DOD)、能源部(DOE)、農業部(DOA/USDA)與其他美國聯邦單位，其每年分別約為 10 億、30~50 億、5~20 億與 5~10 億美元之預算編列，資助計畫內容包含基礎研發、試量產驗證測試，到新興商業市場建立等完整商品化開發。
- 2016年DOE重點計畫為(1)具高產率潛力之生質作物大面積試作，(2)微藻量產目標驗證，(3)多樣化之生質化學品，與(4)具高潛力、drop-in 生質燃料之試量產驗證測試。
- 依 USDA 估算，若能充分利用 10 億噸的生質料源，可創造 150 萬個工作機會、2000 億的營業額，產生 800 億度的電力、500 億加侖的生質燃料與 450 億磅的生質化學品，並減少 5.5 億噸的二氧化碳排放。相關資料如圖五十所示。



圖五十、美國提供資金之單位、預算、計畫執行項目與生質能產業之貢獻



## (6) Aviation Fuel and Aviation.

- Sean Newsum，波音公司擔任環境部門主任
  - Greg Kozak，聯合航空公司擔任環境策略部門資深經理
  - Misha Valk，SkyNRG 公司擔任業務開發主任
  - Dean DuVall，阿拉斯加航空公司常務董事
  - Karl Seck，Mercurius Biofuels 公司執行長(CEO)
- 波音(Boeing)雖然是飛機製造公司，但對於生質航空燃油投入相當大的精力，從 2008 年開始已有三個生質航空燃油通過 ASTM 規範，超過兩千次以上的飛行測試，並創造數家公司投入生質航空燃油小量生產。除了生質航空燃油之外，再生柴油也可應用於地面運輸設備上，以達到更多的減碳效益，如圖五十一所示。
  - 雖然歐洲可能即將採取強制添加生質航空燃油的政策，波音公司認為以料源提供角度，以及眾多安全考量來看，BJ1(Bio-Jet-1%)是比較有實際可行性的作法。



圖五十一、波音公司投入生質航空燃油簡介

- 聯合航空(United Airlines，UA)亦投入生質航空燃油之發展，逐年簽署相關合約，推動生質航空燃油之應用，如圖五十二所示。
- 聯合航空採用 UOP 的技術與 AltAir Fuels 合作，以植物油與廢棄動物油脂作為進料，透過加氫處理技術生產生質航空燃油。該廠設在加州，三年內已有超過 1500 萬加侖的產能，



如圖五十三所示。

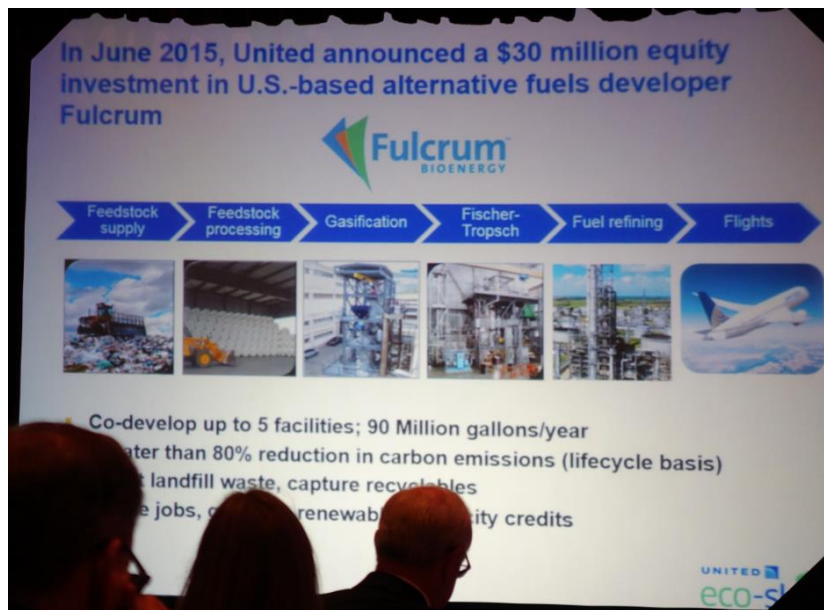
- 聯合航空於 2015 年開始，投資了 3000 萬美元在第三代生質燃料上：生質物進料 → 氣化 → FT 製程 → 煉製與純化 → 生質航空燃油 → 飛行測試，預計未來要達到每年 9000 萬加侖的產能，如圖五十四所示。



圖五十二、聯合航空推動生質航空燃油簡介



圖五十三、聯合航空、UOP、AltAir Fuels 合作設廠



圖五十四、聯合航空對於第三代生質燃料的規劃

- SkyNRG 作為燃油生產提供公司，對於生質燃料也投入相當多的資金，以加氫處理技術為主要生產方法，包含 HEFA(Hydroprocessed Esters and Fatty Acids)與 HRD(Hydroprocessed Renewable Diesel)技術；且與世界各大廠合作，包括 AltAir、Diamond Green Diesel、ENI、Neste Oil、REG(依字母順序排)，如圖五十五所示。



圖五十五、SkyNRG 在生質燃料上的技術合作與全球布局

- SkyNRG 表示，2009 年以前生質航空燃油價格每噸約 1~1.5 萬美元，目前已降至每噸 2000~3000 美元，期望未來可以利用更新更好的技術，達到每噸 500 美元左右的適當價格，如圖五十六所示。



圖五十六、生質航空燃油價格走勢

- 創立於 2009 年的新創公司 Mercurius Biofuels 則是開發串聯了新的製程技術(REnewable Acid-hydrolysis Condensation Hydrotreating, REACH)，在液相的製程中，以生質物作為原料，先透過酸性水解成 5-氯甲基糠醛 (5-(chloromethyl)furfural, CMF)、糠醛(furfural)、戊酮酸 (Levulinic acid, LA)、木質素、生質碳...等，經過分子聚縮合後再利用加氫處理即可獲得生質航空燃油，其組成為直鏈、支鏈與環狀結構之 C8~C15，凝固點達零下 48 度，符合航空燃油規範。其中，加氫處理技術是由 Haldor Topsoe 提供相關觸媒進行測試驗證。此製程技術除了獲得生質航空燃油之外，也可停留在水解後之高單價副產品，如圖五十七所示。
- Mercurius Biofuels 的 REACH 製程技術，聲稱製程設備不需要很大，且採用液相製程，可以大幅度降低建置成本與生產成本，頗具商業性發展潛力，並獲得美國能源部四千六百萬美元的資助。預計 2018 年放大至商業示範廠的規模，屆時進料量會達到 500MTPD，所生產的生質燃料，將會供應美國軍方使用測試，如圖五十八所示。

## REACH Technology

**RE**newable  
**A**cid-hydrolysis

**A**

**Acid-hydrolysis**  
breaks down biomass to non-sugar intermediates.


**C**ondensation  
**H**ydrotreating

**C**

**Condensation**  
puts molecules together to customize carbon chain length.


**H**

**Hydrotreating**  
deoxygenates to drop-in hydrocarbon fuel.



## Optional Chemicals & Byproducts

<p><b>Levulinic Acid (LA)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Plasticizers</li> <li>• Solvents</li> <li>• Polymers</li> </ul>	<p><b>Furfural</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Solvent for extraction processes</li> <li>• Resin manufacturing</li> </ul>
<p><b>Formic Acid</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Food safe fumigant/ animal feed supplement</li> <li>• Environmentally friendly de-icer</li> <li>• Fuel cell feed</li> </ul>	<p><b>Char</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Solid Fuel</li> <li>• Fertilizer / Soil Enhancer</li> <li>• Potential On-site Hydrogen Production</li> </ul>

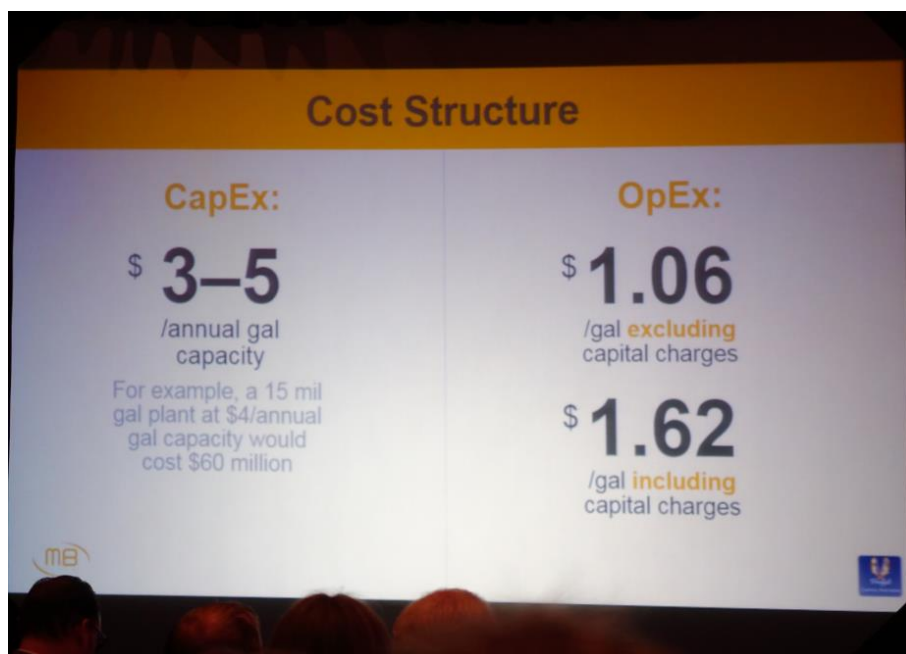


## Potential Products and Technologies

<p><b>Fatty Acids</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Furanic Fatty Acids (FFA) for Nutraceuticals</li> <li>• Specialty chemicals</li> </ul>	<p><b>Lignin Products</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Flavorings and perfume ingredients</li> <li>• Aromatic fuels</li> </ul>
<p><b>Cyclic Ethers</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• High cetane diesel additive</li> <li>• Specialty chemicals</li> </ul>	

圖五十七、REACH 製程簡介與副產物說明





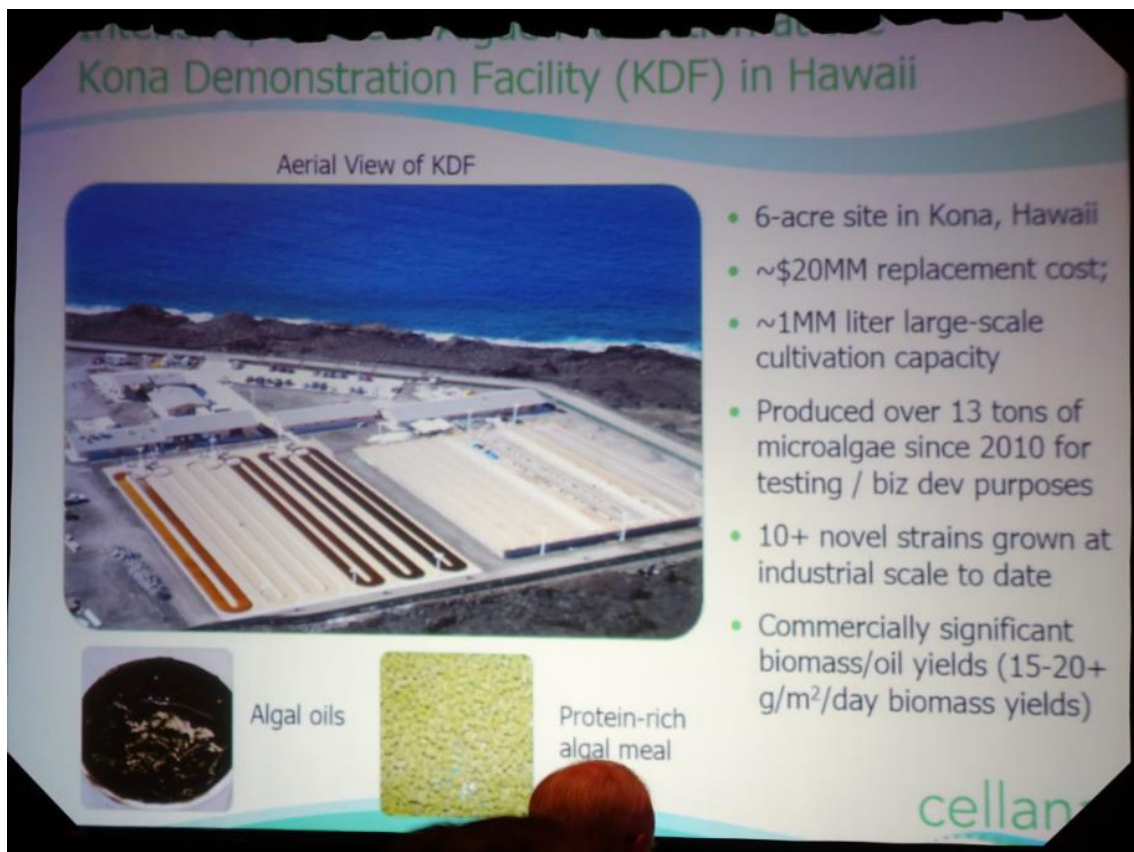
圖五十八、REACH 製程成本估計與放大策略

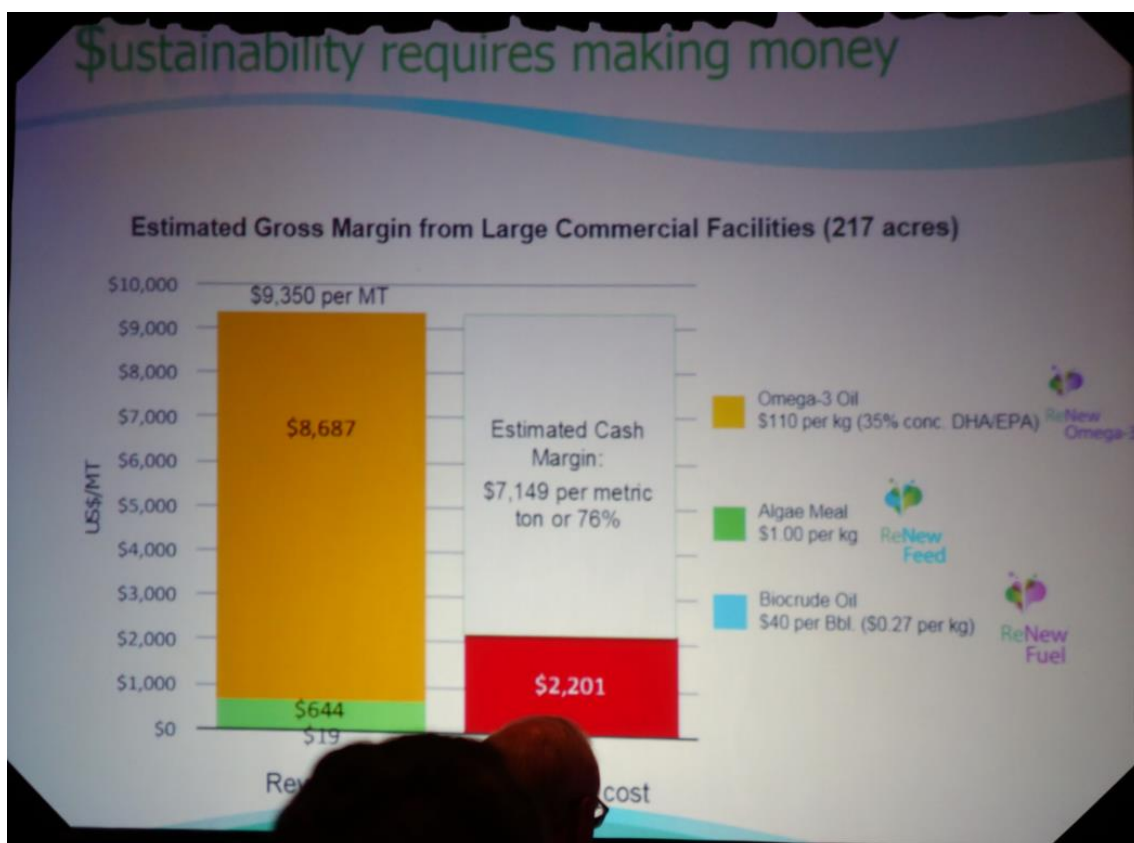
- 生質航空燃油目前發展的瓶頸主要有三：(1)料源問題為首，能否穩定供料、料源性質能否維持、價格是否能再降低? (2)生質航空燃油的標準認證，ASTM 認證程序過長過久、油品本身性質外應當對於耐用性與機械影響作標準規範；(3)直到目前都尚未有明確且強而有力的政策支持。



**(7) From Jet to Fragrances: Developing and deploying Integrated Biorefineries and the aviation opportunity.**

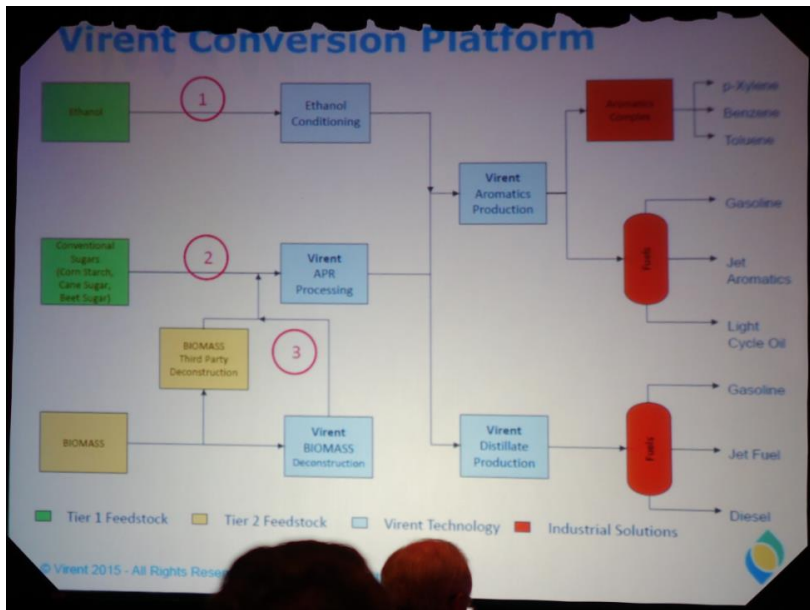
- Martin Sabarsky, Cellana 公司執行長(CEO)
  - Lee Edwards, Virent 公司執行長(CEO)
  - Charles Wyman, Vertimass 公司執行長(CEO)
  - Marc Delcourt, Global Bioenergies 公司執行長(CEO)
- Cellana 是一家養藻廠商，以生產藻油為最主要的目標，與 Shell、Neste Oil、美國軍方有合作，以商業化大量生產生質燃料為主要目標。但 Cellana 也將藻類產品延伸往不同的方向，除了可以作為飼料之外，藻類含有大量的 Omega3，且富含 DHA、EPA，可再分離萃取出來，成為高單價的產品，每公斤可達 110 美元，如圖五十九所示。





圖五十九、Cellana 位於夏威夷的養藻示範廠與藻類產品及價格分析

- **Virent** 擁有許多製程技術，目標是希望取代所有的石油產品，其生質能源與產品種類相當廣泛，包括再生汽油、再生柴油、生質航空燃油、高價值的生質苯環類產品...等，有各自不同的進料選擇與製程技術；其中生質航空燃油以苯環與環狀類的結構為主，經過多次飛行測試，也投入 ASTM 認證中。除了生質燃料以外，也和可口可樂與遠東新世紀合作，以苯環結構開發許多高值化生質高分子(如 bio-PET)，如圖六十所示。
- **Vertimass** 則是以生質乙醇作為進料，利用觸媒轉化技術，合成各種不同的生質能源與產品，包含了再生汽柴油、生質航空燃油、生質材料...等。**Vertimass** 的製程中，單純利用脫水的觸媒反應技術，即可將短鏈的生質乙醇反應成長鏈與環狀的結構，作為各種產品應用，過程中完全不需要加氫處理，預計兩年內要擴展到商業化示範廠，如圖六十所示。



### Virent Aviation Fuels

#### High Performance Drop-Ins

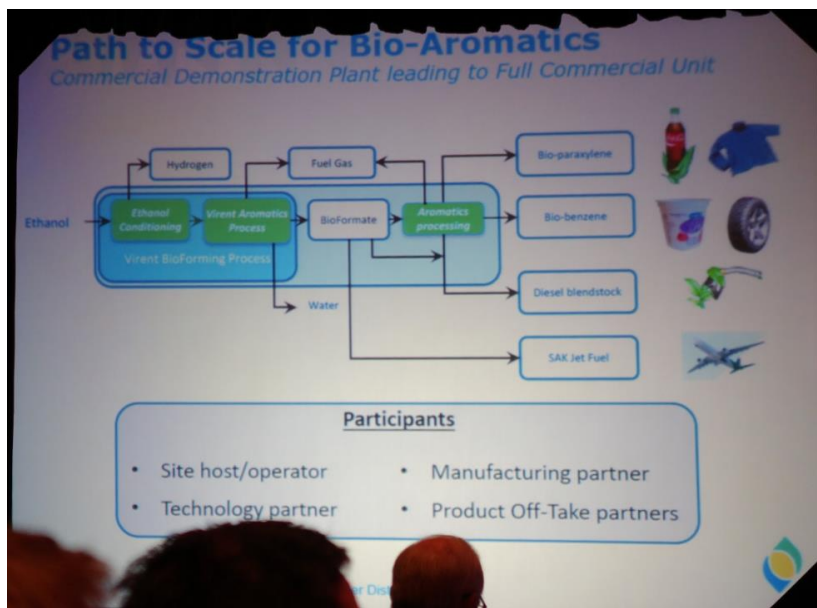
**BioForm<sup>®</sup> SAK Jet Fuel**

- 100% aromatic composition without soot-forming naphthalenes
- Ideal blend component for purely paraffinic alternative jet fuels (SPK's) – FT, HEFA, SIP, ATJ
- Superior freeze point, emissions reduction
- Fully fungible with current fuels and existing infrastructure
- Multiple runs in jet turbines successful
- In Tier 3 of 4 for ASTM Certification

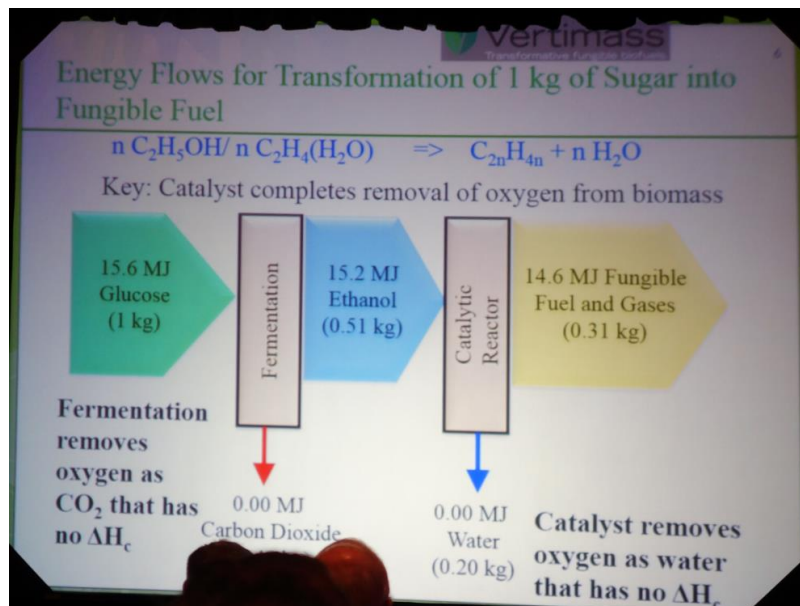
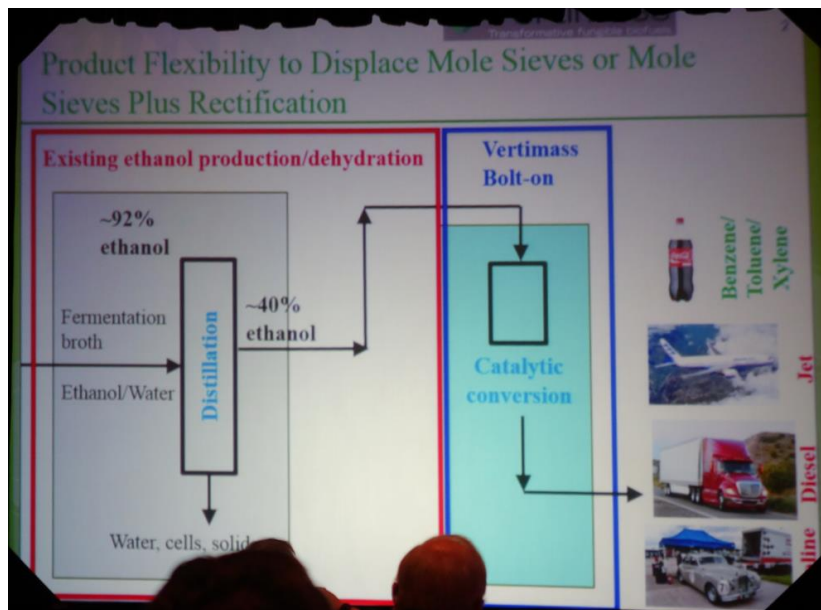
**BioForm<sup>®</sup> SK Jet Fuel**

- 100% paraffinic composition with high cyclo-paraffin content
- Superior freeze point, volumetric energy density, and thermal stability
- Fully fungible with current fuels and existing infrastructure
- In Tier 3 of 4 for ASTM Certification
- SK+SAK creates option for 100% renewable jet

© Virent 2015 - All Rights Reserved



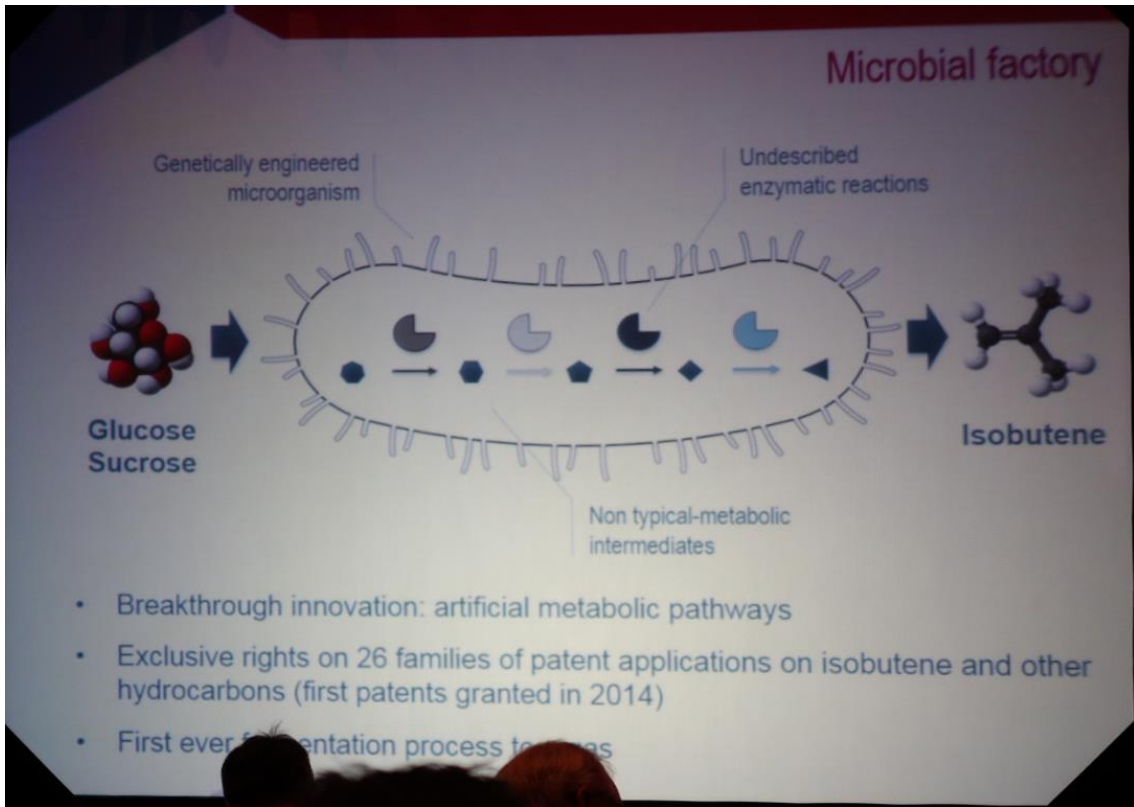
圖六十、Virent 製程與產品



圖六十一、Vertimass 製程與產品

- Global Bioenergies 則是完全以細菌與酵素作為反應媒體，將生質糖類轉化成異丁烯 (Isobutene)，如圖六十二所示。以異丁烯作為主要原料，後續則可以透過聚合反應，應用於各種不同的產品上，包括再生汽油、生質航空燃油、生質潤滑油、生質高分子、生質塗料...等，如圖六十三所示。在 2015 年 10 月已有示範廠開始運作，每年估計達 100 噸的產能，目前以冷藏 LPG 方式儲存，也考慮作為生質瓦斯應用。





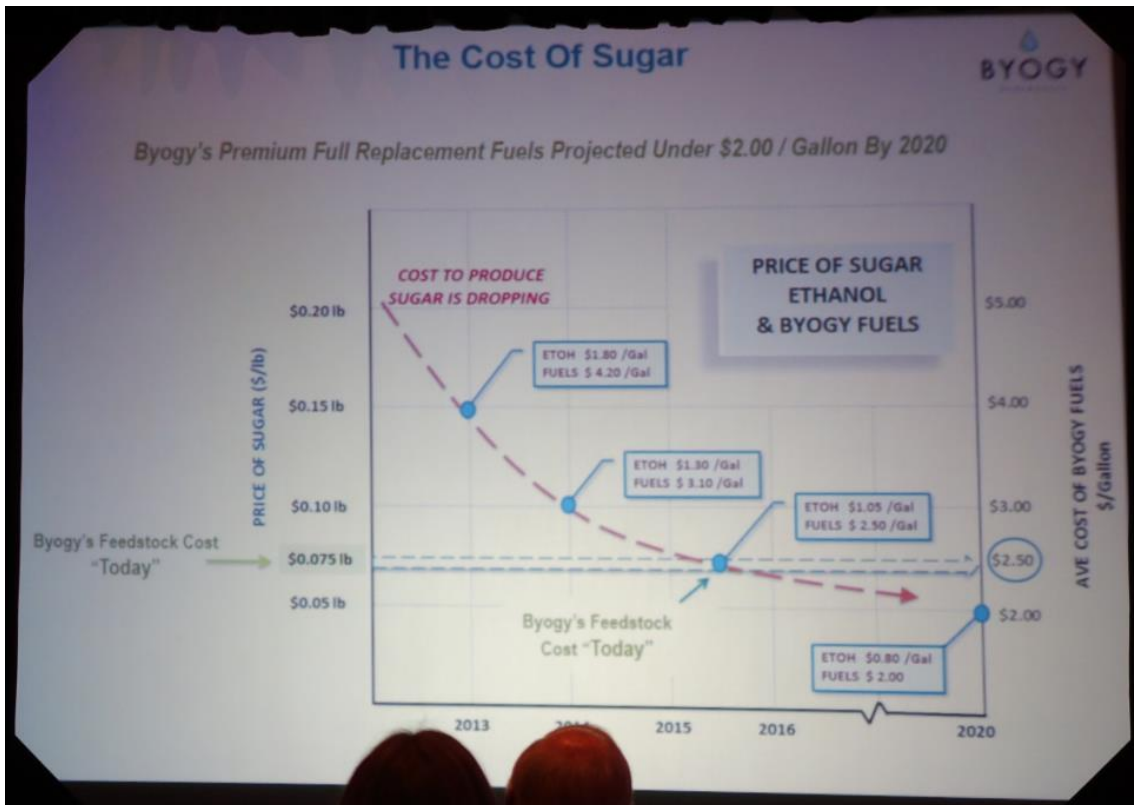
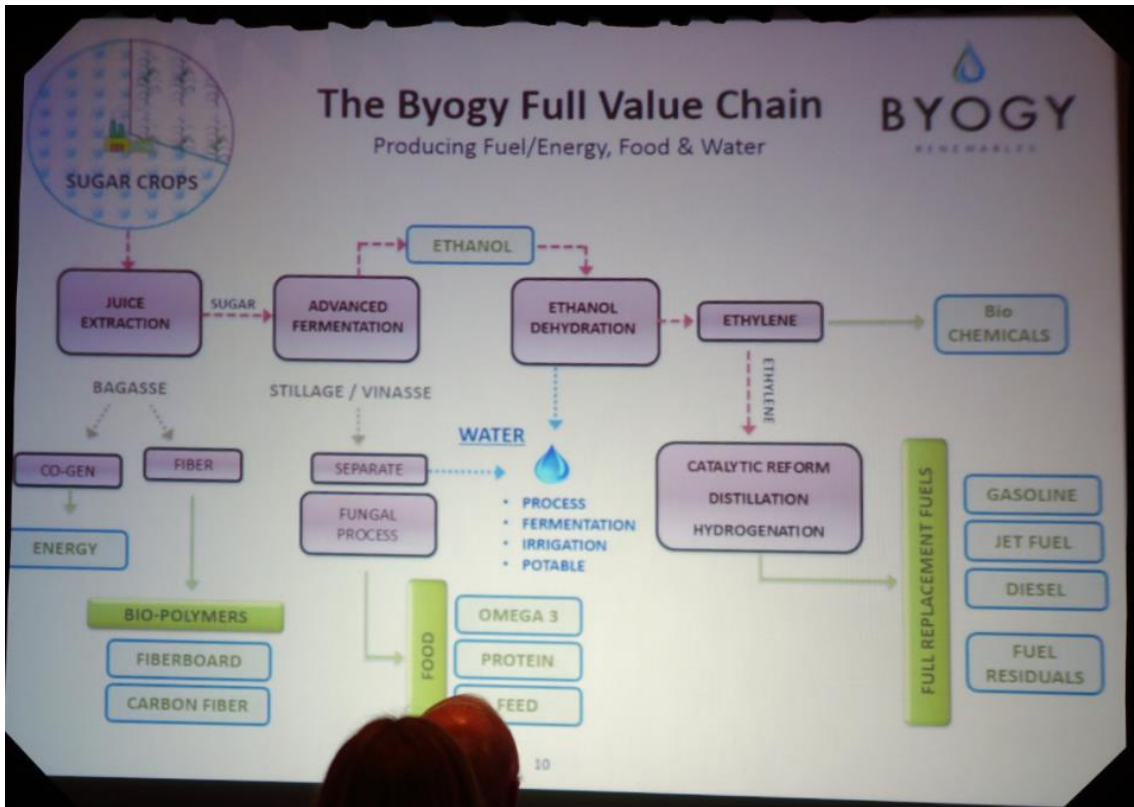
圖六十二、Global Bioenergies 製程說明



圖六十三、生質異丁烯衍伸產物應用

## **(8) Moving towards commercial.**


- Kevin Weiss , Byogy Renewables 公司執行長(CEO)
  - Mike Knauf , Verdezyne 公司執行長(CEO)
  - Martin Mitchell , Clariant 公司擔任業務開發主任
  - Franck Mode , 歐洲 Champagne-Ardenne 生物經濟示範區計畫中擔任生質精煉製程的業務顧問
  - Jeffrey Brown , Novvi 公司執行長(CEO)
- 
- Byogy Renewables 則是目前在生質物料源轉化生質航空燃油上的技術領導者，以生質糖醱酵成酒精，在將酒精反應成乙烯，以乙烯為主原料進行後續各項燃料與產品合成。Byogy Renewables 製程技術中，料源的開銷佔了 65% 的成本，隨著生質料源的價格逐漸降低，估計 2020 年燃料價格可降至每加侖 2 美元，價格上即可與石化燃料競爭，甚至還有碳稅上的優勢，如圖六十四所示。
  - Verdezyne 則是非糧食用之油脂進料，透過醱酵製程轉化為 Adipic Acid、Sebacic Acid、Dodecanedioic Acid，可作為各種高值化生質產品的原料，於 2015 年設置了具 18.5 萬公升體積的商業規模廠，如圖六十五所示。
  - 觸媒大廠 Clariant 採生質物纖維素為進料，經過水解與醱酵反應轉化為纖維酒精之後，再以本身的觸媒技術，將其反應轉化為高值化的非燃料生質產品，如圖六十六所示。
  - 歐洲在 Champagne-Ardenne 地區進行生物經濟示範區計畫，5 年內投入 3.5 億歐元，料源由鄰近農作物供應，每年可供應 200 萬噸的甜菜與 100 萬噸的小麥，目前已有數十家工廠與研發單位設立，如 Futurol 進行纖維酒精試量產工廠驗證，BioAmber 投入琥珀酸商業量產，Global Bioenergies 投入異丁烯商業生產，Bio-on and Cristal Union 共同投入 PHAs 生質高分子商業生產...等，如圖六十七所示。



圖六十四、Byogy Renewables 製程技術說明與成本估算

## Our Platform


### Feedstock Strategy



- Non-food plant oils
- Soap stocks, distillates, and fatty acids
- Other oil co-products (i.e. PKO, PFAD)

*Using fatty acids from any source to produce chemicals*

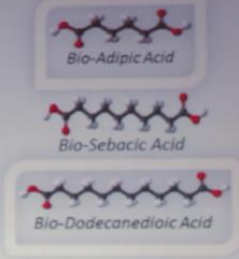
### Proprietary Technology



- Organisms engineered for yield and selectivity
- Fermentation-based production
- Highest quality products

*Robust yeast platform using industrial fermentation methods*


### Chemical Intermediates



- Diacids used in fibers, polymers and coatings
- Diamines and diols from diacids
- Acrylic intermediates


*Total \$70B+ Market*

### End-Products



- Nylon and polyesters
- Fibers
- Polyurethanes
- Engineered plastics
- Resins
- Lubricants
- Coatings
- Adhesives
- Corrosion inhibitors
- Transparent Thermoplastics

*Total \$1.5T+ Market*



圖六十五、Verdezyne 製程與產品介紹

## CLARIANT

### sunliquid® offers the competitive path to cellulosic ethanol

NO CHEMICALS	NO EXTERNAL ENZYMES	CO-FERMENTATION	ENERGY SELF-SUFFICIENT
✓ Steam only	✓ Produced on-site	✓ No purification	✓ Low sulphur lignin
✓ Low material needs	✓ No transport	✓ One-pot	✓ Works in boiler
✓ Simple & stable equipment	✓ Feedstock specific	✓ Quality vinasse	✓ Water recycling

FEEDSTOCK



PRE-TREATMENT



HYDROLYSIS



FERMENTATION



CELLULOSIC ETHANOL

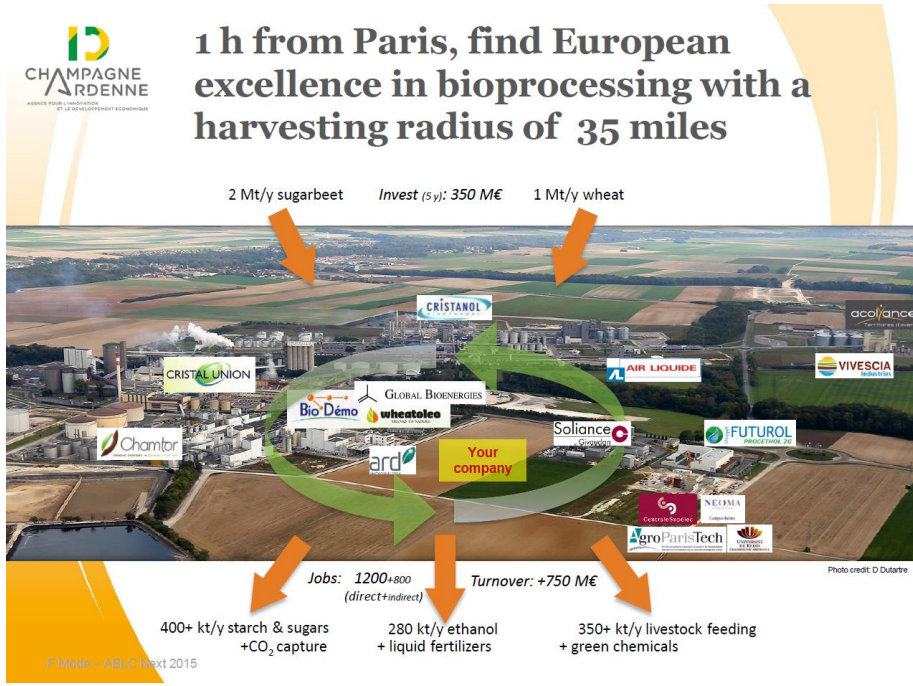




...TED ENZYME  
...ON

圖六十六、Clariant 製程介紹





圖六十七、歐洲 Champagne-Ardenne 生物經濟示範區介紹

- Novvi 的產品主要鎖定在基礎油中 Polyalphaolefin(PAO)之生質替代品，其技術是以醣類為進料並轉化為 Farnesene，即可進到基礎油工廠摻配使用。其製程優勢為產率高(~98%)、建置成本低、產品高值化應用，目前生質基礎油產品也已通過 ILSAC GF-5 認證，未來基礎潤滑油產品應用包含工業用油、車用油與製程用油...等，如圖六十八所示。

## Optimized Supply Chain

Synthetic base oil competitors all have supply chain inefficiencies and CapEx requirements that are significantly larger than Novvi's

Process	Comments for Process
Gas-to-Liquids (GTL)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Capacity volume from natural gas is scalable.</li> <li>- Capex for installed capacity makes the process / technology prohibitive.</li> <li>- Note: all announced GTL projects for base oil from the majors oil &amp; gas companies have been cancelled</li> </ul>
Petroleum Group III+	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Capacity volume is not viable as current reserves lack higher quality waxy crude oil to meet the wax content required for Group III+ base oil specifications.</li> <li>- Capex given the conversion inefficiency of crude to base oil is not economical.</li> </ul>
Polyalphaolefin (PAO)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Supply chain is too inefficient to provide enough volume of LAO as PAO is a byproduct of the ethylene supply.</li> <li>- Upstream capex is too expensive for PAO to drive expansion.</li> </ul>
Novvi	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Supply of Farnesene is scalable; low cost producer of given direct conversion of Farnesene and LAO to synthetic</li> <li>- Capex to for the facility is on par with pricing of synthetic base oil.</li> </ul>

### Capex Comparison to Build Comparable Synthetic Base Oil Capacity

Synthetic Base Oil	Upstream Feedstock	Production		Upstream Yield to Base Oil	Plant Cost (\$ / metric liter)		
		Intermediates Byproducts	Base Oil Feedstock		Upstream Facility	Base Oil Facility	Total Capex
Grp III+ Petroleum [1]	Crude Oil	Distillate	Waxy VGO	15%	\$ 6.2	\$ 1.7	\$ 7.9
Grp III+ GTL [2]	Nat Gas	Syngas	FT Wax	21%	22.2	2.5	24.7
Grp IV (PAO) [3]	Nat Gas or Crude Oil	Ethylene	LAO	2%	8.6	1.5	10.1
Grp III+ / PAO Novvi [4]	Sugar	None	Farnesene	98%	1.2	1.5	2.7



# Novvi Base Oil Production Chain



- Novvi has close to 100% conversion to target product
- Low capex manufacturing plant and high-value product distribution
- Strategic advantage to PAO



## Product Portfolio

Molecule	Market	Product Categories	Performance of NovaSpec
Novvi Synthetic Base Oils	Automotive	<b>Engine Oil</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Top tier synthetic performance</li> <li>■ Meets API SN and other OEM requirements</li> <li>■ Drop-in compatibility</li> </ul>
		<b>Transmission Fluids</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Outperforms petroleum-derived formulas in extreme pressure situations</li> <li>■ Able to make low viscosity/fuel efficient transmission oils</li> <li>■ Outstanding stability for fill-for-life applications</li> </ul>
	Industrial	<b>Gear Lubricants</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Improved extreme pressure and wear properties</li> <li>■ Meets environmental requirements</li> <li>■ Compatible and miscible with mineral oil</li> </ul>
		<b>Compressor Oil</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Use in compressors where gas and oil are in direct contact</li> <li>■ Outperforms competitors</li> <li>■ Currently in service in multiple air compressors</li> </ul>
		<b>Grease</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Only renewable and biodegradable option that drops in within changing the formula</li> </ul>
		<b>Hydraulic Fluids</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ All hydraulic fluid types, viscosities, food grade, and Ecolabel products</li> <li>■ Only product available that meets the high-performance requirements of both European Ecolabel and Denison HF-0</li> </ul>
	Process Oils	<b>Transformer Oil</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Exceeds standards for mineral insulating oil on power loss, dielectric strength &amp; heat transfer capabilities</li> <li>■ Only renewable/biodegradable oil to meet petroleum specifications</li> </ul>
		<b>Heat Transfer Fluid</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ NSF H-1 and HX-1 certified, food-grade heat transfer fluids</li> <li>■ Best cooling performance of all tested fluids</li> </ul>



圖六十八、Novvi 公司製程技術與生質基礎油產品應用介紹

### 4.3 生質產品展示

會議期間於另外一個房間裡，同時展示了本次參加會議廠商或國家實驗室所開發研究的各項生質產品與技術內容，如圖六十九至圖七十三所示，不予贅述。



圖六十九、Elevance 生質產品展示

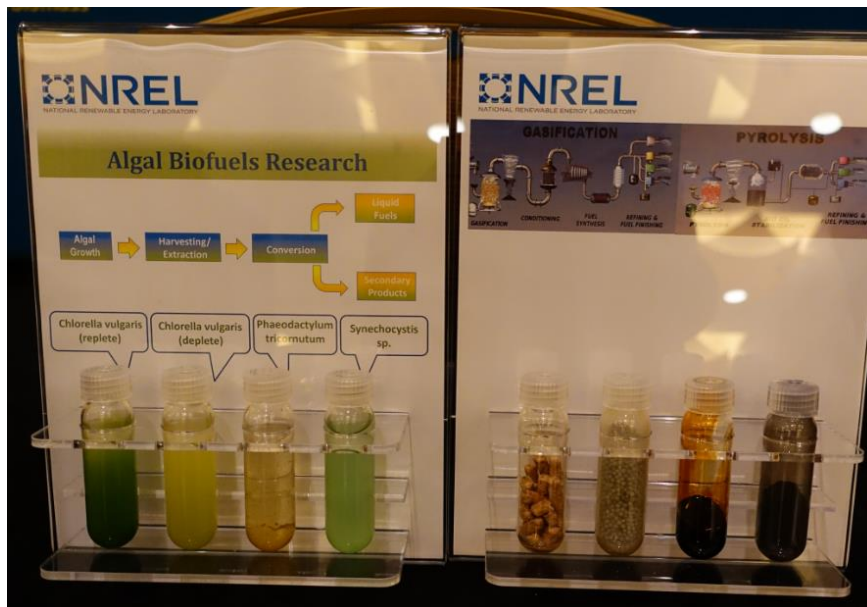


圖七十、DME 生質燃料展示





圖七十一、Lawrence Berkeley National Laboratory 生質塑膠展示



圖七十二、National Renewable Energy Laboratory 藻油與生質熱解油展示



圖七十三、Idaho National Laboratory 生質物固態燃料展示



## 伍、心得與建議

- (一) 本次先進生物經濟領袖會議聚焦在 **Bioeconomy** 議題上，參加者以美國能源局、農業局、國家實驗室、北美企業為主，可以看出美國對於生質能源與相關產品的積極與重視。除了著重於生質替代燃料本身，也將產品延伸到生質化學品、生質材料、生質氣體應用上，並不會只有偏重某一方面，而是往整個 **Bioeconomy** 的方向思考。投入短期內可以獲利的高值化產品，但長期穩定市場還是必須依靠無法忽略的大量生質替代燃料，即使利潤不高，但仍是長期發展穩定獲利與政策推廣下不得不作的產品，而美國大部分的生質產業，都不會放棄生質燃料這一塊大餅。這個部分也與中油綠能所生質能相關的研究相符合，除了原有的生質柴油、綠色柴油、生質航空燃油、生質裂解油以外，綠能所亦轉向高值化的生質化學品原料發展，期望能與美國政府與企業的步伐一致，創造出短中長期穩定獲利的佈局。
- (二) 會議中的討論，發現美國與台灣有幾點顯著不同，相當值得省思。明明都是汽油使用為主的國家，美國推廣酒精汽油成效很好，各個生質能源企業都把酒精汽油作為首要產品，且努力的往纖維素與其他非糖料源方向發展。在台灣完全相反，不但民眾使用酒精汽油意願不高，投入相關發展的企業也非常少，這是很可惜的地方，降低了許多可以幫助經濟發展與就業機會的可能性。另外就是政府對於再生能源的積極性，從參訪國家實驗室的過程來看，**JBEI** 雖然只是國家實驗室諸多大計畫項目下，分項子計畫中再細分出的一個小部門，但其投入資源之多、投入人力之眾、與業界聯繫發展之密、後續市場之大，可以看出美國政府、學界、企業對於生質能源與相關產品的重視，這是台灣必須要好好思考的重點。中油綠能所應當持續投入相關研究，學習美國經驗，創造市場、創造獲利。經濟是靠技術研發開創、初期政策推動、後續企業不斷茁壯才能越滾越大的一種學問，而不只是單純節省成本、砍砍預算、減減薪資就能達到的。投入研發開始的那一步，未來的市場就跟著開闊了起來，美國產官學研都看到了這一點。
- (三) 台灣地小人稠，在生質能源發展上，料源一直是讓人困擾的核心問題，透過這次參加會議，過程中詢問了好幾位政府官員或相關產業的執行長，期望獲得好的建議。美國人就是美國人，講話很直接，大致內容如下所述，提供參考：「台灣一直都沒有自主能源，只能仰賴進口，生質料源一樣可以進口呀！和石油作法並沒有甚麼不同。韓國也是一樣

的狀況，但是韓國有大量進口廢食用油或其他生質料源，台灣應該也有很多廢食用油可以作為料源應用吧(這裡被偷酸了回收油摻在食用油中的事情)，台灣應該趕快跟上韓國的腳步才行，不然國際政策推動下去就太慢了。」，「如果不想進口料源，那就去料源當地設廠，新加坡也和台灣一樣沒有能源，但是新加坡投入許多資金獲得歐美的相關技術，並且在馬來西亞與印尼設立了很多生質能源工廠，目前剛起步，未來一定會更進一步提升新加坡的生物經濟實力。」，「台灣屬於島國，應該很適合發展海藻經濟才對，但是除了天候地理條件以外，更需要投入大量的資金與技術作基因改質、長時間試量產養殖、後續的處理製程開發，台灣不知道是否這些方面有著墨呢？」上述三點都是中油可以好好考量的內容，應以全球經濟發展之宏觀角度，不論是石化本業或新興綠能產業，思考中油公司如何實現成為國際型的能源公司而努力，其中，韓國與新加坡的經驗與做法都是很好的借鏡，值得觀摩學習。

- (四) 本次會議中發現，比較有機會獲利的方式，大多結合了生物製程與觸媒化工化學製程，低成本水解醱酵取得生質乙醇，再利用觸媒透過化工化學製程，轉化為需要的產物。其中，聚縮合脫水與加氫處理脫氧技術則扮演著相當重要的角色。很慶幸中油綠能所有跟上這個趨勢，目前在加氫處理技術上已有相當成果，目前以液態生質燃料為主，可朝高值化之生質化學品原料的改質與生產邁進，若能成熟的技術開發與製程放大測試，未來應可創造新興綠能產業。