

出國報告（出國類別：其他）

參加
「第 25 屆歐洲生物質會議與展覽」

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：張揚狀（化學工程師）

派赴國家：瑞典

出國期間：106.06.10 ~ 106.06.17

報告日期：106.07.05

摘要

本屆歐洲生物質會議與展覽(EUBCE 2017)幾乎全部環繞在第二代非糧食作物作為料源，如木屑、稻稈、棕櫚殼…等農林廢棄物，動物排泄物，工業廢棄物(造紙廠黑液、污泥…)，以及第三代的藻類(微藻、巨藻)。將農、林、漁、牧與工業之廢棄物再利用產製生質燃料與生質化學品，完全符合當今全球追求循環經濟發展之趨勢潮流，也能達到歐美對生質燃料規範要求，其中生質燃料排碳量需比傳統化石燃料減少 50%以上。而針對第二代料源所發展之生質精煉技術包含生物技術、氣化技術、熱裂解技術與水熱液化技術等，其產品可以是氣、液、固等生質燃料，或進一步經反應(如 FT 合成反應)、改質(加氫處理技術)、純化等方式再轉化為高單價之生質化學品與生質材料。

關鍵字：生質精煉、氣化技術、熱裂解、水熱液化、加氫處理技術

目次

摘要	-----	2
目次	-----	3
圖表目錄	-----	4
壹、 目的	-----	5
貳、 過程	-----	6
參、 心得與建議	-----	43
肆、 具體成效	-----	44

圖表目錄

圖 1、	斯德哥爾摩國際會議中心外觀與會場內部	7
圖 2、	研討會會議廳與海報展示區	8
圖 3、	第 25 屆歐洲生物質會議(EUBCE 2017)之議程表總覽	9
圖 4、	德國 Karlsruhe 科技大學 Nicole Weih 的演講資料與網頁資訊	12
圖 5、	德國 Fraunhofer UMSICHT 計畫主持人 Johannes Neumann 的演講資料	13
圖 6、	丹麥科技大學 Martin HØJ 的演講資料	15
圖 7、	美國再生能源國家實驗室(NREL) Joshua Schaidle 的演講資料	16
圖 8、	荷蘭 BTG BioLiquids 公司 Gerhard Muggen 的演講資料與網頁資訊	18
圖 9、	美國再生能源國家實驗室(NREL) Daniel Carpenter 的演講資料	20
圖 10、	丹麥 Aarhus 大學 Patrick Biller 的演講資料	23
圖 11、	德國 Rostock 大學 Christin Anacker 的演講資料	24
圖 12、	荷蘭能源研究中心(ECN) Arjan Smit 的演講資料	26
圖 13、	比利時 KU Leuven 大學 Tom Renders 的演講資料	27
圖 14、	義大利 L'Aquila 大學 Pier Ugo Foscolo 的演講資料	29
圖 15、	西班牙 Rovira i Virgili 大學 Jordi Plana-Pallejà 的演講資料	30
圖 16、	泰國國家科技發展局(NSTDA) Kajornsak Faungnawakij 的演講資料	32
圖 17、	荷蘭能源研究中心(ECN) Wouter Huijgen 的演講資料	34
圖 18、	丹麥 Danish 科技大學 Anne-Belinda Bjerre 的演講資料	35
圖 19、	德國 Erlangen-Nuremberg 大學 Tobias Herrmann 的演講資料	37
圖 20、	美國 Rowan 大學 Joseph Stanzione 的演講資料	38
圖 21、	德國 Fraunhofer UMSICHT 單位 Tim Schulzke 的演講資料	41
圖 22、	義大利米蘭理工大學 Maria Nelly Garcia Gonzalez 的演講資料	42
圖 23、	SCION/VITO 合作計畫，Elias Feghali 的演講資料	43
表 1、	參訪行程與時間	6

壹、目的

「第 25 屆歐洲生物質會議與展覽(The 25th European Biomass Conference and Exhibition , EUBCE)」是一個涵蓋生物質料源，生物質發電技術，生物質轉換技術，生物質政策，產業化應用及市場發展之全方位的重要國際會議與展覽。會議主題包含創新科技、產業發展及政策方向等綜合面向之研討，每年皆會邀請歐盟科技部的官員，英、德、法...等國政府單位及研發中心的人員，全球先進研究室與生質能產業公司之專家、學者共同與會，闡述目前生物質技術發展現況及國家政策方向。而 EUBCE 展覽會場也提供生質能相關單位展示其商品與技術的重要場所，經由收集展場資料，以及跟展覽的廠商直接交流討論，可以更進一步了解目前生物質產業發展現況，技術發展優勢/瓶頸，以及未來產業化發展趨勢。

台灣中油綠能所目前也投入生質精煉製程技術開發，研究方向也由生質燃料拓展到高單價之生質化學品與生質材料，希望藉由參加本次會議與展覽，掌握最新生質物技術發展動態、生質產品創新應用及歐盟生質能源政策方向，汲取新知來提升公司內生質能相關技術之研發能量，同時瞭解未來發展趨勢，尋求研發成果產業化之契機。

貳、過程

參訪行程與時間如表一所述：

表一、參訪行程與時間

日期	主要工作內容
06/10 (六) 06/11 (日)	啟程：高雄→斯德哥爾摩
06/12 (一) ~ 06/15 (四)	參加「第 25 屆歐洲生物質會議與展覽」，規劃關注之主題如下： ➤ 試量產規模之生質液化技術，包含水熱液化、快速熱裂解、觸媒裂解 ➤ 水熱液化與加氫改質技術 ➤ 生物精煉產品與商業化 ➤ 生物質政策與計畫 ➤ 生物質氣化與應用技術
06/15 (四) 06/17 (六)	返程：斯德哥爾摩→高雄

今年歐洲生物質的年度盛會(EUBCE 2017)在瑞典的斯德哥爾摩國際會議中心舉辦，本次共有來自 70 個國家、1500 多位的學者專家與會，每天以 5 場並行的會議(workshops)進行研討，部分以海報方式展現，總共成果發表篇數達 850 篇。本次會議將成果發表分成生物質料源、生物質發電技術、生物質轉換技術(燃料、材料、化學品)、生物質政策與市場、生質能源系統整合等 5 大主題，以及 1 個產業化應用專題。圖 1 為斯德哥爾摩國際會議中心外觀與會場內部。圖 2 為研討會會議廳與海報展示區。圖 3 為本次會議之議程表總覽。



圖 1、斯德哥爾摩國際會議中心外觀與會場內部

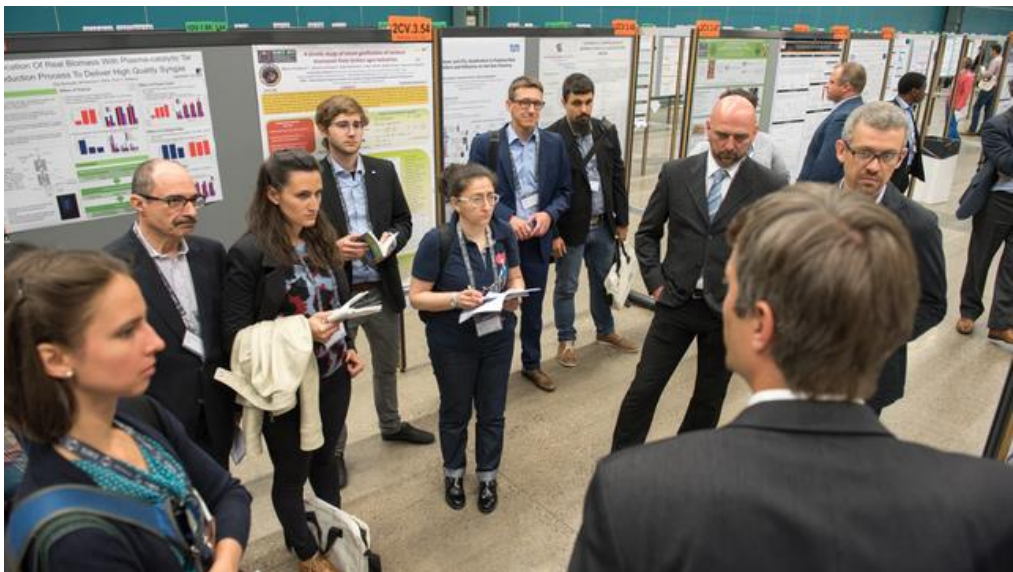


圖 2 為研討會會議廳與海報展示區

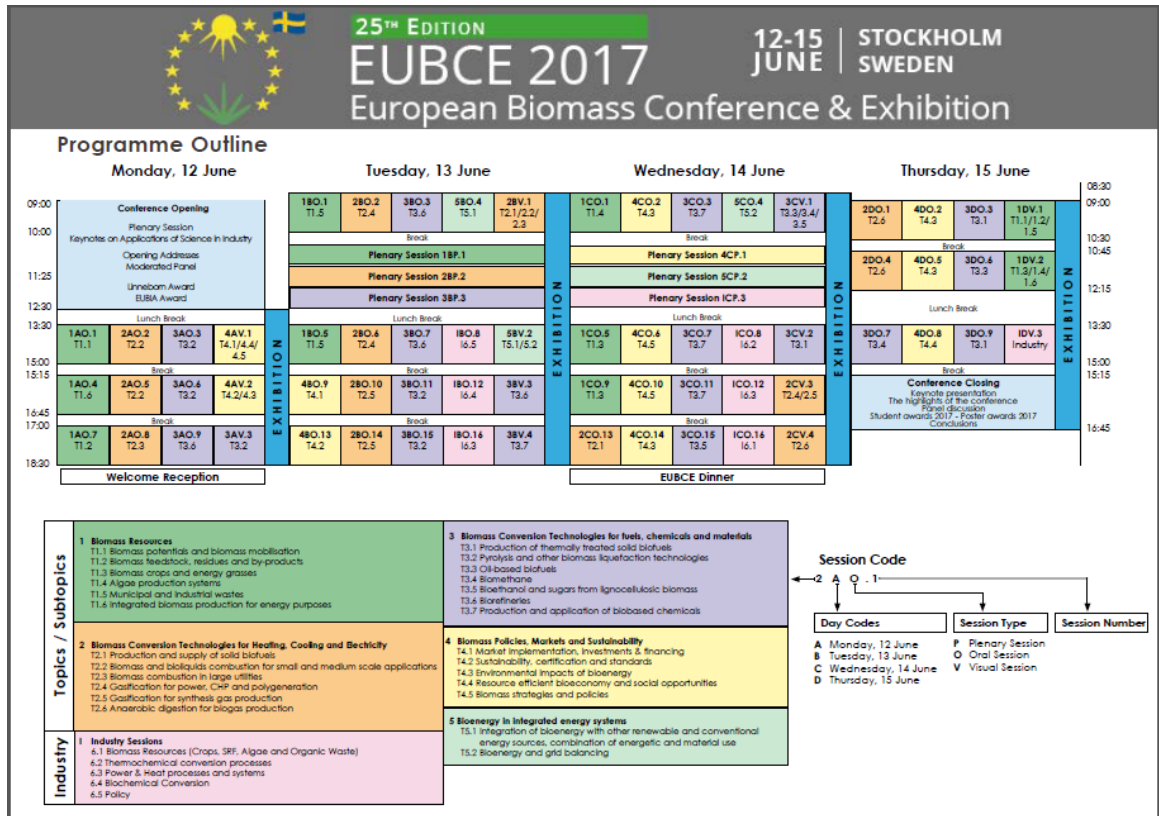


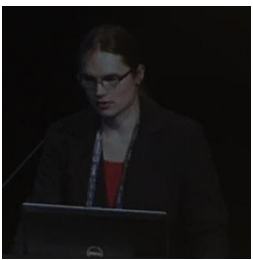
圖 3、第 25 屆歐洲生物質會議(EUBCE 2017)之議程表總覽

EUBCE 展覽會場也提供生質能相關單位展示其商品與技術，不過本次參展的攤位多數是農林廢棄物造粒設備廠商、生質能發電廠商，一部分為研究單位或歐盟區域整合型計畫，以及少數的生質物特性檢測與實驗室研究用設備廠商。例如 Polytechnik 公司總部位於奧地利，自 1970 年代即開始投入生質能源研究，目前則是生質能燃燒發電的系統設備商，從工廠設計、控制系統開發到操作運轉，皆能提供完整、高效率的整合性服務。SteamBio 是歐盟 2020 展望計畫(EC Horizon 2020 Project)與 SPIRE 公司共同合作的科研計畫，目的是將歐洲農村地區分散式的農林廢棄物以超過 300°C 的過熱蒸汽處理，轉化為穩定使用的固態生質料源(生質碳)。BECool 則是歐盟 2020 展望計畫與巴西共同合作的另一項科研計畫，主要是透過優化與整合熱化學工藝技術，將富含木質素的農林廢棄物轉化為生質液態燃料、合成氣和其他燃料產品。其他參展的單位還有美國的 LECO、德國的 C. Gerhardt...等檢測儀器設備廠商。

本屆 EUBCE 2017 研究內容幾乎全部環繞在第二代的非糧食作物作為料源，如木屑、稻稈、棕櫚殼...等農林廢棄物，動物排泄物，工業廢棄物(造紙廠黑液、污泥...)，以及第三代的藻類(微藻、巨藻)。生質精煉技術可粗分為生物技術(bio-technology)與熱化學技術(thermo-chemical technology)，其中後者與本人研究方向較為相關，也是本次參訪所關注的重點項目。而由本次參展的研究內容來看，面對上述料源所開發之熱化學技術不外乎氣化技術(gasification)、熱裂解技術(pyrolysis)與水熱液化/處理技術(hydrothermal liquefaction/treatment)，其產品可以是氣、液、固等生質燃料，或進一步經反應(如 FT 合成反應)、改質(加氫處理技術)、純化等方式再轉化為生質化學品與生質材料。以下將本次會議所獲得之資訊概述如下：

1. 熱裂解技術(pyrolysis)


(1)

	演講者	Nicole Weih
	單位	Karlsruhe Institute of Technology, Institute of Catalysis Research and Technology, Eggenstein-Leopoldshafen, GERMANY
	題目	Online Balancing of a Pilot Scale Fast Pyrolysis Plant

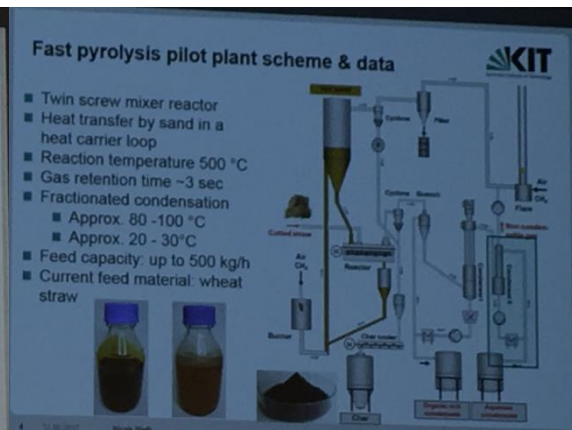
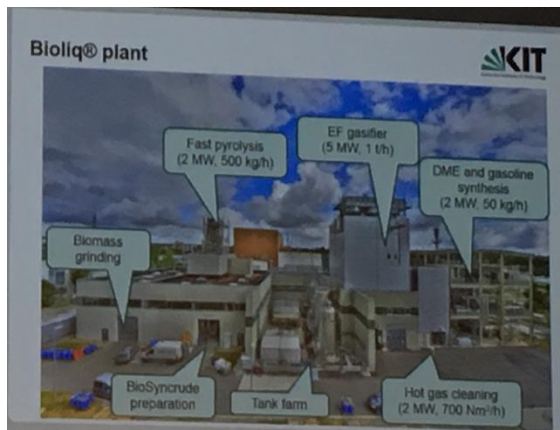
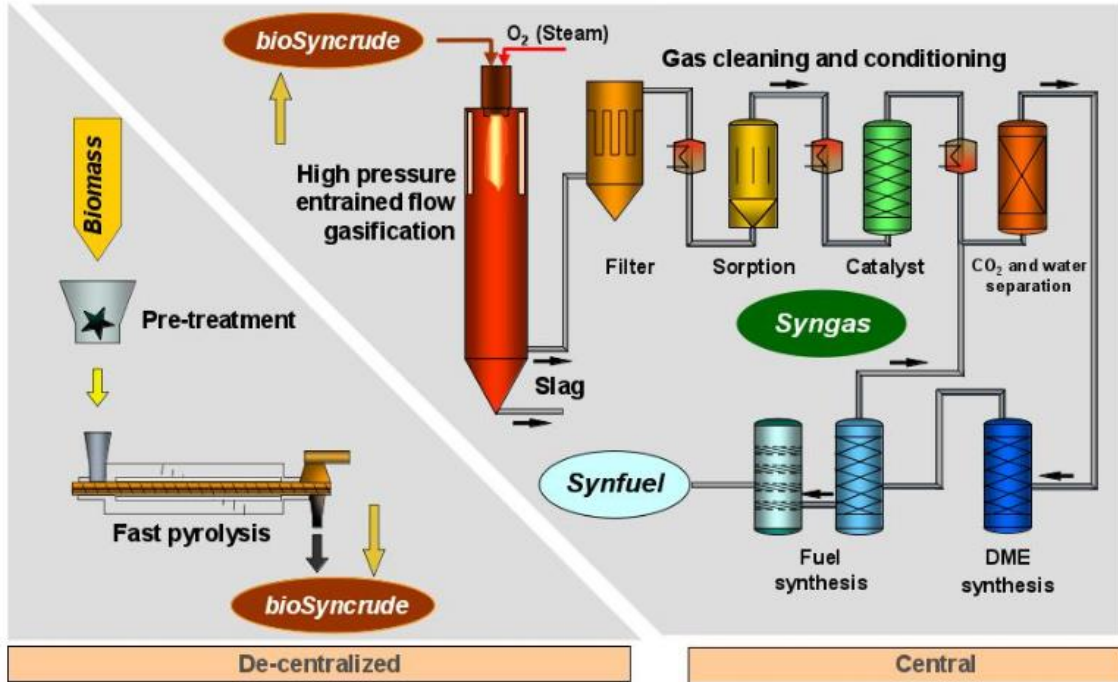
- bioliq® 的工藝技術是尋找可持續性生物質料源生產高品質燃料的其中一個方案，由德國聯邦糧食及農業部(BMEL)、可再生能源機構(FNR)、歐洲區域發展基金(ERDF)...等數個單位共同贊助。其提出的解決方案是對生物質進行非集中式預處理(快速熱裂解)，以獲得高能量密度的生質裂解粗油(bioliqSyncrude)，以較符合經濟運輸方式集中至大型工廠再透過化學合成轉化成生質燃料。在 bioliq® 試驗工廠中，將生質裂解粗油經氣化技術生成合成氣，先轉化為二甲醚後再轉化成汽油。
- 快速熱裂解試驗工廠描述：雙螺桿式混和反應器(Twin screw mixer reactor)，進料量上限為 500 Kg/h，反應溫度 500°C，氣體滯留時間 3 秒鐘，兩段式冷凝(80~100°C 及 20~30°C)。

- 高溫冷凝段可獲得親油相產物，產率約 31.4%；低溫冷凝段可獲得親水相產物，產率約 28.7%；無法冷凝的氣相產物約 22.8%；固態的生質碳產率推估約佔 17.1%。
- 高溫段冷凝溫度會影響親油相的產率，但實際溫度的量測與控制不易。相關資料如圖 4 所示。

(2)

	演講者	Johannes Neumann
	單位	Fraunhofer-Institut UMSICHT, Renewable Energy Dpt., Sulzbach-Rosenberg, GERMANY
	題目	Pyrolysis of Residual Biomass in a Thermo-Catalytic Reforming Plant an Experimental Investigation of Sewage Sludge

- 提出生質物熱裂解技術結合熱催化重組技術(Thermo-Catalytic Reforming, TCR®)，技術驗證自 2013 年 2 Kg/h 的實驗室規模放大至 2017 年 300 Kg/h 的預商業化工廠規模。
- 程序參數描述:進料含水率 <20%，粒徑 >2 mm，滯留時間 5~10 分鐘，熱裂解溫度約 450°C，重組器溫度約 750°C。
- 以污水污泥作進料，產物組成分布為：17% 氣體、12% 生質油、23% 水相、10% 生質碳、38% 灰份(ash)。其中，磷化物可有效被回收，並存在於灰份中。
- TCR® 生質油不含有機酸，可在常壓下蒸餾不會發生聚合反應，200°C 以下的 naphtha 含量佔 48%，柴油段(200°C~350°C)約佔 28%，大於 350°C 的重油約佔 24%。TCR® 生質油適用於雙燃料發動機(dual fuel engine)。
- TCR® 生質油熱值(LHV)為 34.8 MJ/Kg，可經加氫處理後獲得更高品質的生質燃料，其熱值提高為 42.8 MJ/Kg。相關資料如圖 5 所示。



Online mass balances

Online measured product yields

unit	1h time periods							average	standard deviation	overall mass yields
	I	II	III	IV	V	VI	VII			
straw input	320	432	383	376	420	388	355			
temperature sump condenser 1	97.5	93.3	95.8	92.5	94.8	96.8	93.5			
yield ORC	33.7	23.3	29.8	34.9	38.9	28.7	30.9	31.4	5.0	34.2*
yield AC	48.5	22.2	29.4	24.5	24.0	30.4	24.2	28.7	8.4	20.4
yield NCG	27.8	18.2	22.9	24.0	21.5	22.2	22.7	22.8	2.9	23.2
sum	108.0	63.7	82.0	83.5	84.3	81.2	77.8			

ORC: organic rich condensate
AC: aqueous condensate
NCG: non condensable gas

*not measured

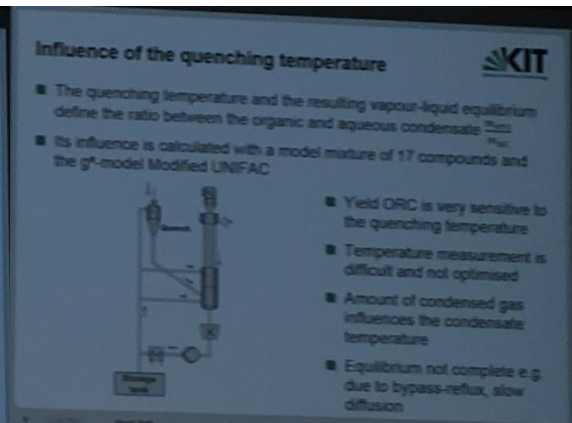


圖 4、德國 Karlsruhe 科技大學 Nicole Weih 的演講資料與網頁資訊

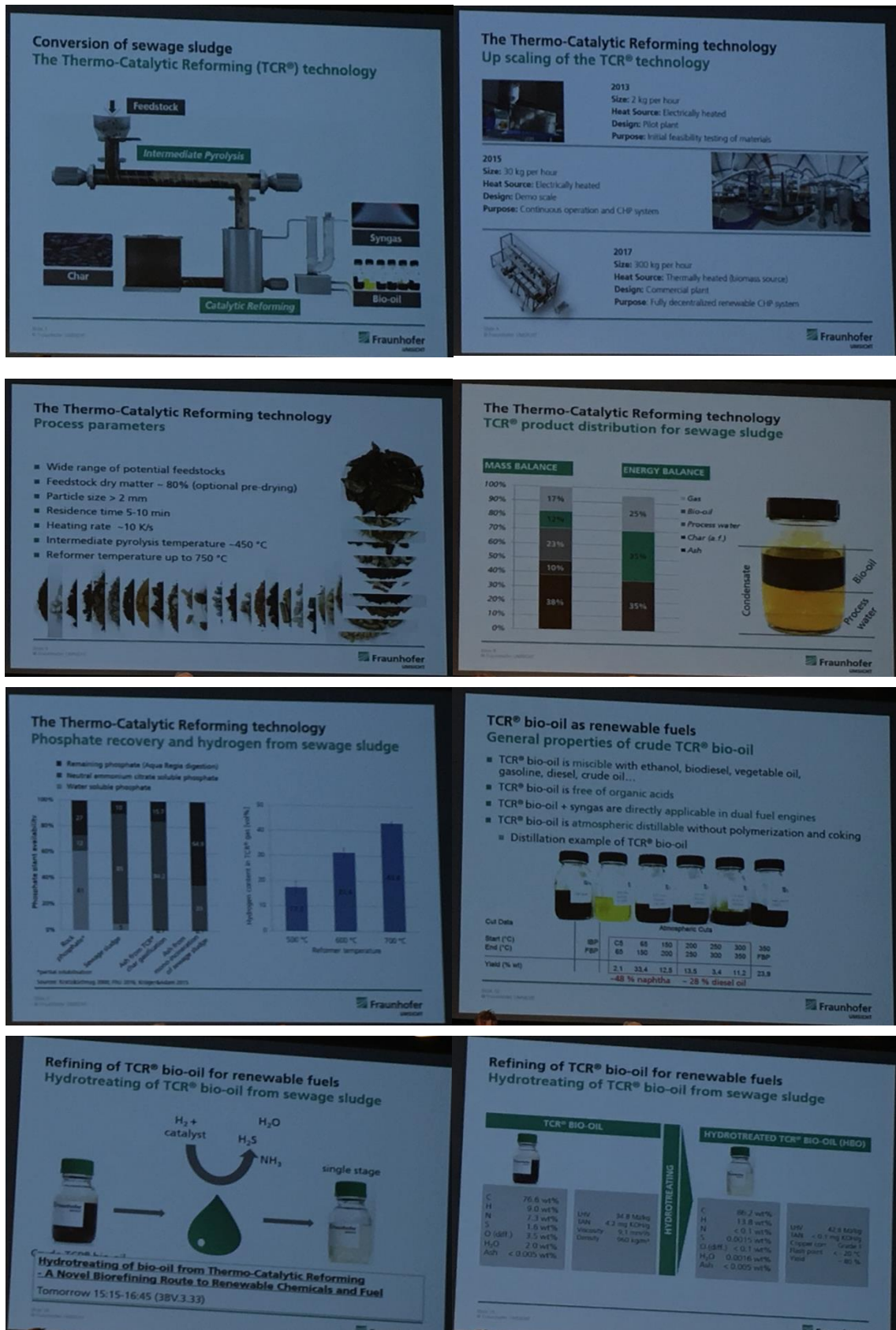

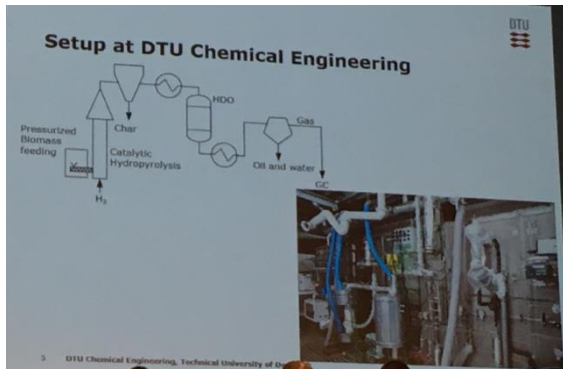
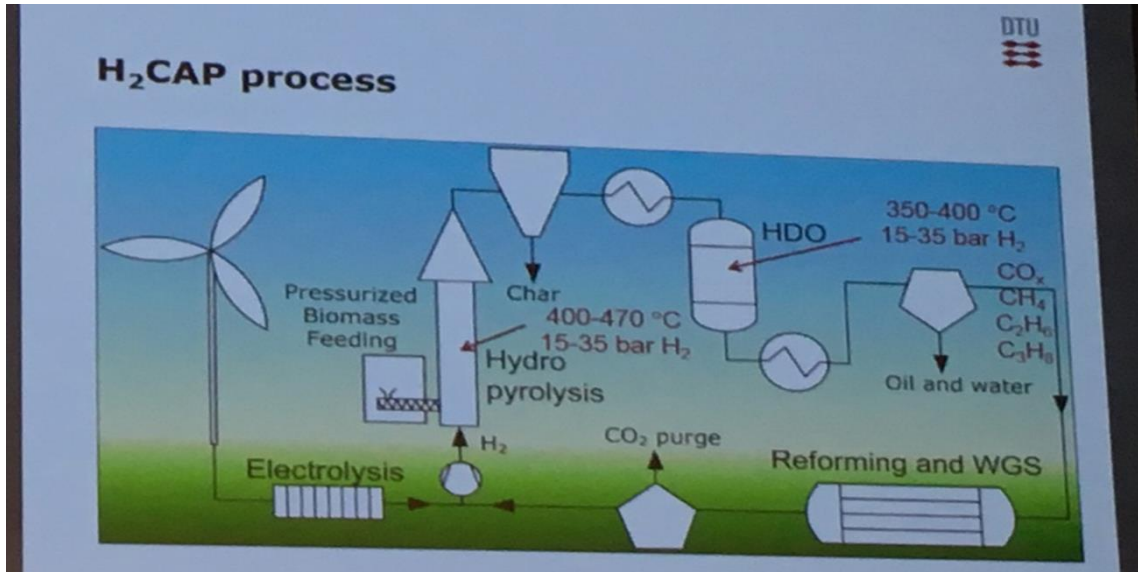


圖 5、德國 Fraunhofer UMSICHT 計畫主持人 Johannes Neumann 的演講資料

(3)

	演講者	Martin Høj
	單位	Technical University of Denmark, Chemical and Biochemical Engineering Dpt., Lyngby, DENMARK
	題目	H2CAP - Hydrogen Assisted Catalytic Biomass Pyrolysis for Green Fuels

- 開發氫氣輔助之觸媒熱裂解反應器 (Hydrogen Assisted Catalytic Pyrolysis)，後段再以加氫脫氧 (Hydrodeoxygenation, HDO) 反應器同時將生質油品改質，最後還利用重組反應器 (reformer) 與水氣轉移反應器 (water-gas shift, WGS) 將裂解氣體再轉化為氫氣作為進料再利用。
- 以 $\text{CoMo/MgAl}_2\text{O}_4$ 作為熱裂解的觸媒與床砂，反應溫度 $400^\circ\text{C} \sim 470^\circ\text{C}$ ；以 $\text{NiMo/Al}_2\text{O}_3$ 作為 HDO 觸媒，反應溫度 $370^\circ\text{C} \sim 400^\circ\text{C}$ ，整個反應器系統壓力為 15~35 bar。
- 液態生質燃料主要組成為芳香烴 (aromatics) 與烷烴類 (paraffins)，且產物中氧含量趨近於零，油品產率雖只佔 ~21%，但能量回收達 51%。
- 改變觸媒裂解溫度可以改變油品中芳香烴與烷烴類的比例 (aromatics/paraffins)，溫度越高、芳香烴含量越高。
- 反應壓力越高，加氫脫氧反應活性會增加，但觸媒熱裂解活性會降低，相關資料如圖 6 所示。



Effect of varying the temperature - Test conditions

Exp. #	Fluid bed temp. (°C)	HDO temp. (°C)	Biomass feeding rate (g/h)	Feed time (min)
Exp. #5	365	395	239	73
Exp. #2	400	345	194	156
Exp. #3	400	400	212	245
Exp. #1	435	370	282	210
Exp. #8	451	371	250	239
Exp. #4	470	390	233	241

Catalyst: 50 g CoMo/MgAl₂O₄ (HT)
 HDO reactor: 173 g NiMo/Al₂O₃ (HT)
 Pressure: 25 barg
 H₂S conc: 460 ppm
 Filter: 335 °C
 Tracing: 350 °C
 Biomass: Beech (0-700 μm)

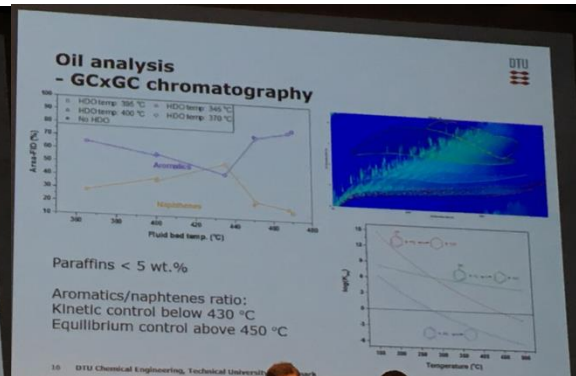
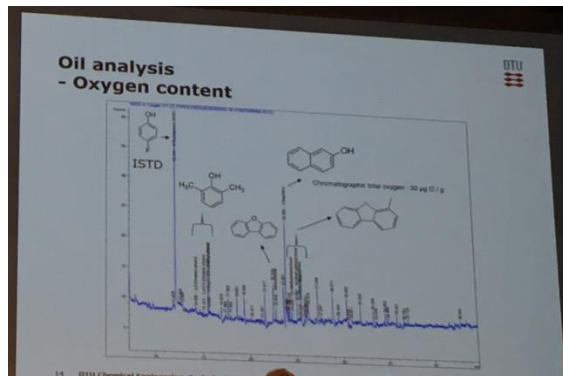
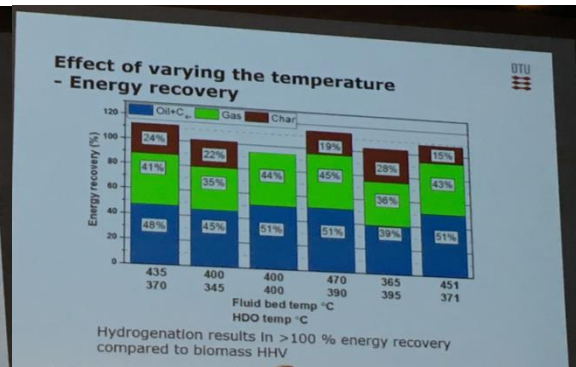
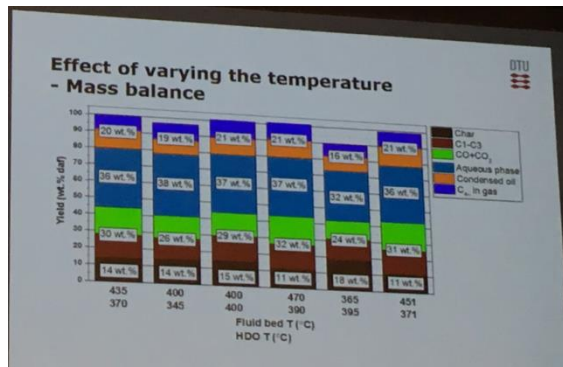
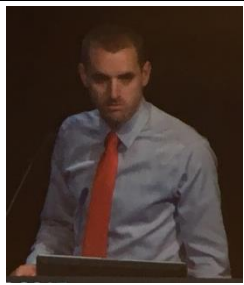


圖 6、丹麥科技大學 Martin HØJ 的演講資料

(4)

	演講者	Joshua Schaidle
	單位	National Renewable Energy Laboratory, National Bioenergy Center, Golden, USA
	題目	Alternatives to Zeolites for Catalytic Fast Pyrolysis of Biomass: Molybdenum Carbide and Pt/TiO₂

- 生物質與氫氣作為進料，採用氣泡床熱裂解反應器，出口的高溫氣體先經過濾器去除固態金屬物質與寡聚合物(oligomers)後，直接進行加氫處理反應，之後再經 3 段的冷凝器收集液態生質燃料。選擇 2 段式加氫處理反應器，同時可允許不同型態觸媒進行反應。
- 這篇研究採用 3 種觸媒進行測試：
 - (1) HZSM-5 (SAR 30)，550°C，產油率僅 15.5%，積碳量高。
 - (2) Mo₂C，400°C，0.1 MPa H₂，產油率約 24.7%，積碳量低，開環碳氫化合物(aliphatic hydrocarbons)與酮類(ketones)含量可稍微提高，但產物仍以芳香環(aromatics)為主。
 - (3) Pt/TiO₂，400°C，0.1 MPa H₂，產油率約 24.7%，其他結果與 Mo₂C 觸媒相似。相關資料如圖 7 所示。

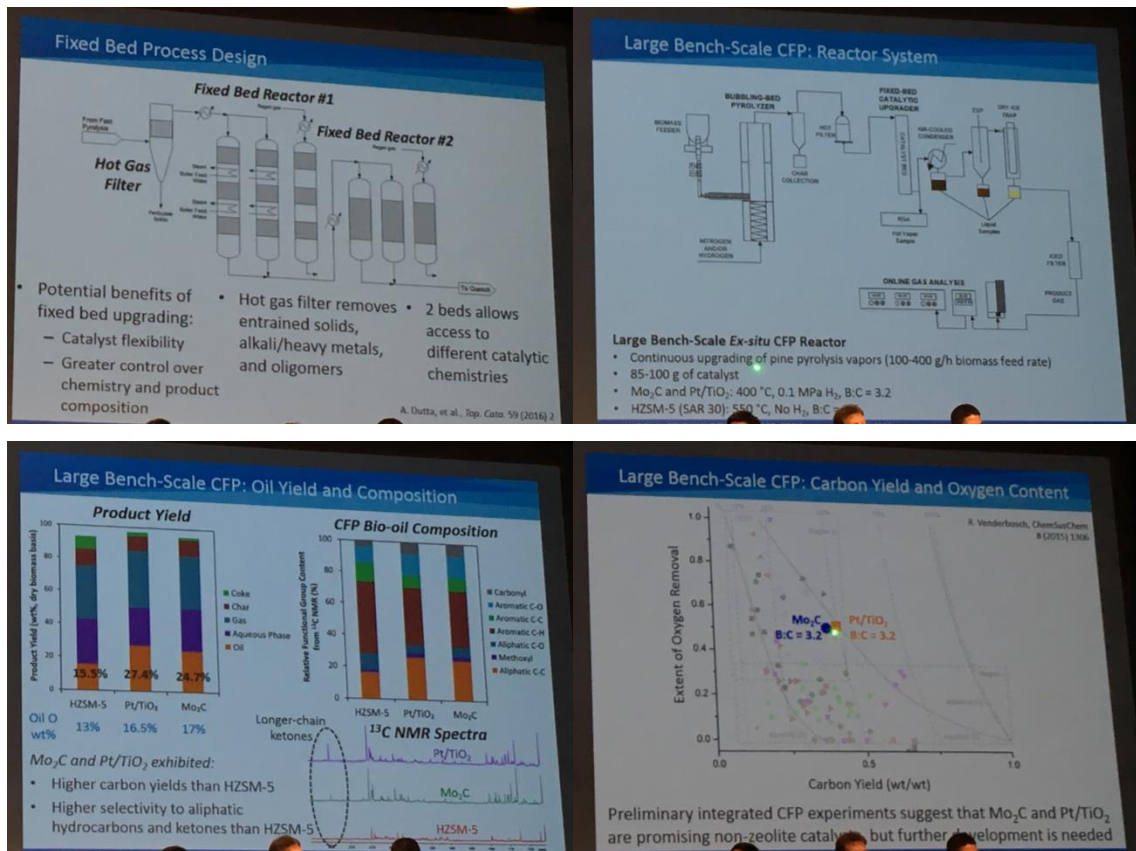



圖 7、美國再生能源國家實驗室(NREL) Joshua Schaidle 的演講資料

(5)

	演講者	Gerhard Muggen
	單位	BTG BioLiquids, the Netherlands
	題目	Fast Pyrolysis Bio-Oil Technology and Production

- 採用改良型旋轉錐體反應器(modified rotating cone reactor)，高溫氣體快速冷凝收集生質粗油，副產物-生質碳直接回收進入燃燒室用來加熱床砂，生質氣體經後燃器(afterburner)產生蒸氣可用來發電或乾燥進料生物質。
- 2015 年在荷蘭 Empyro 建造產能 120 噸/天的驗證工廠，以廢棄木屑作為進料，迄今已測試超過 2 年，共生產超過 1500 萬公升品質穩定的生質粗油。
- 目前生質粗油應用方式如下：(1)利用天然氣鍋爐與生質粗油共燒，提供工廠熱電應用；(2)利用燃氣渦輪發動機(gas turbine)產生熱電應用；(3)利用石化流體化觸媒催化製程(fluid catalytic cracking process)，將真空製汽油(vacumm gas oil, VGO)與生質粗油共進料，再經適當的加氫處理製程，即可生成含部分比例之生質燃料(汽油、柴油、液化石油氣...)。相關資料如圖 8 所示。

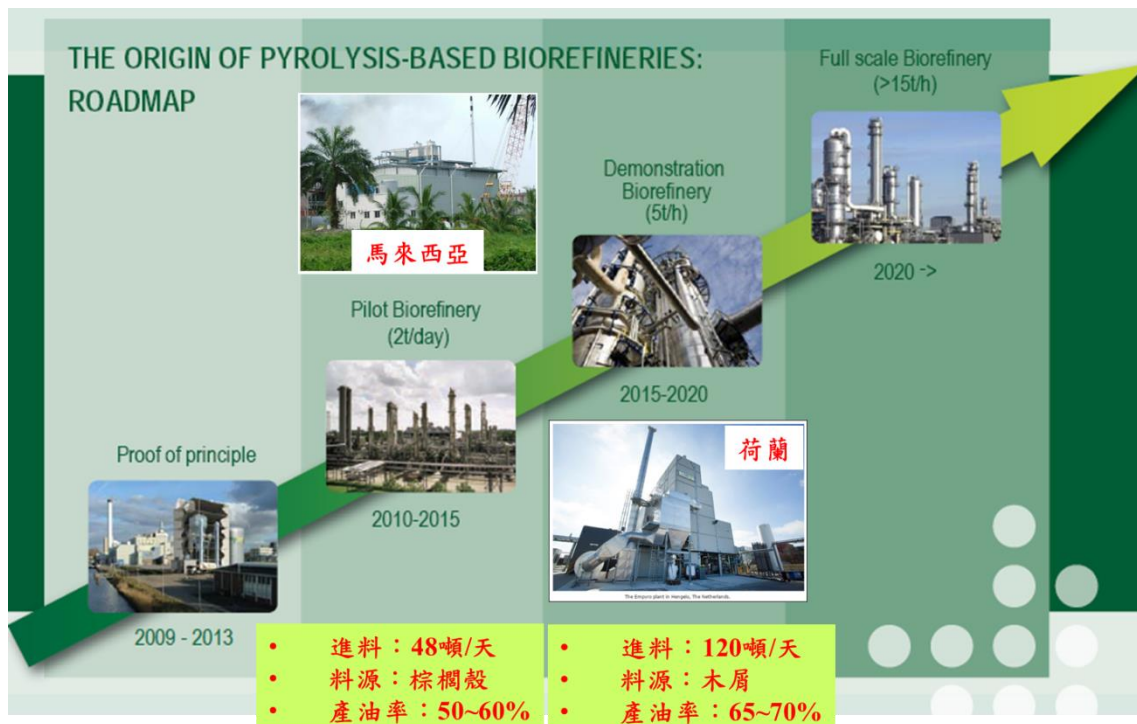
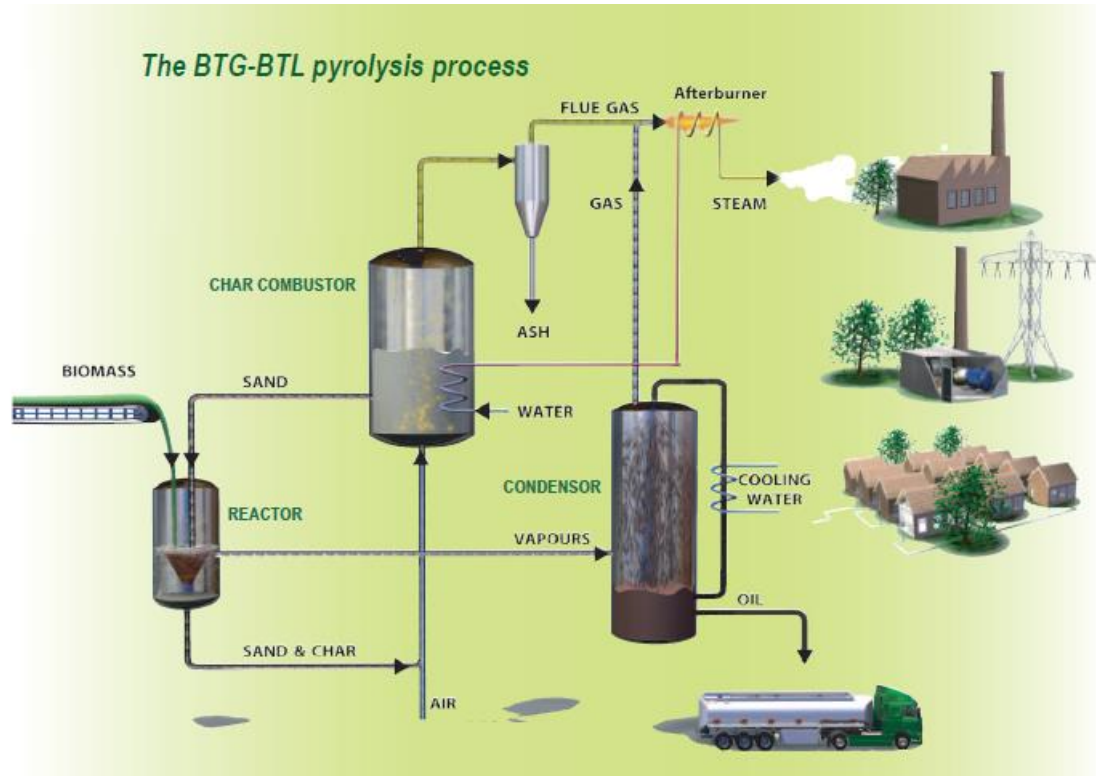


圖 8、荷蘭 BTG BioLiquids 公司 Gerhard Muggen 的演講資料與網頁資訊 (續)

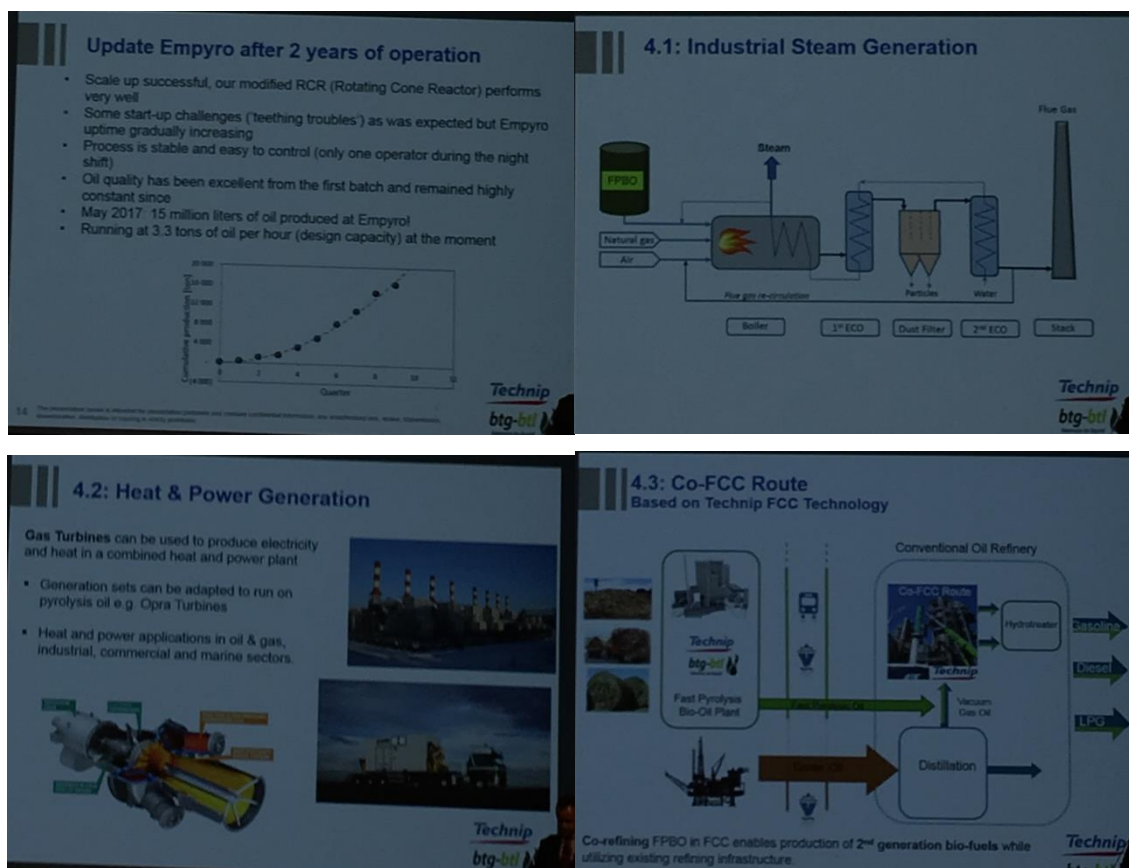



圖 8、荷蘭 BTG BioLiquids 公司 Gerhard Muggen 的演講資料與網頁資訊

(6)

	演講者	Daniel Carpenter
	單位	National Renewable Energy Laboratory, National Bioenergy Center, Golden, USA
	題目	Expanding the Feedstock Base for Thermochemical Biomass Conversion

➤ 由成本分析顯示，影響價格最大因素是在生物質的料源成本。本研究計畫由愛達荷國家實驗室 (Idaho National Laboratory, INL) 負責料源相關研究，再由再生能源國家實驗室(NREL)進行熱裂解產油研究，最後交給西北太平洋國家實驗室 (Pacific Northwest National Laboratory, PNNL) 進行生質粗油改質研究。

➤ NERL 的熱裂解程序同前面第(4)篇所述，採用氣泡床熱裂解反應器，出

口的高溫氣體先經過濾器去除固態金屬物質與寡聚合物(oligomers)後，再經 3 段的冷凝器收集生質粗油。PNNL 加氫處理程序則採用 2 段式反應器，第 1 段觸媒為 Ru/C，溫度 220°C，壓力 1550 psi；第 2 段觸媒為 CoMo/Al₂O₃，溫度 400°C，壓力 1550 psi。

- 油品分析顯示，生物質中的碳轉化成生質粗油約有 48%~67%，油中的水含量佔 21%~37%，熱值(LHV)約 16.6~21.2 MJ/Kg。經加氫處理改質後，生質粗油中的碳轉化成生質燃料約有 54%~77%，氫氣消耗量為 44~70 g/g dry oil，熱值(LHV)約 39.7~41.5 MJ/Kg，其中汽油段產物約佔 36%~51%，航油段約 29%~31%，柴油段約 40%~46%，重油段約 9%~18%。
- 生物質轉化為生質燃料約為 0.16~0.27 g fuel / g biomass。
- 測試多樣化生物質料源，生質粗油產率約 40%~60%。將 2 種不同生物質混摻進料，其產油率呈現線性關係。建立不同生物質混摻進料之產油率預測模式，且已驗證與實際結果相吻合。相關資料如圖 9 所示。

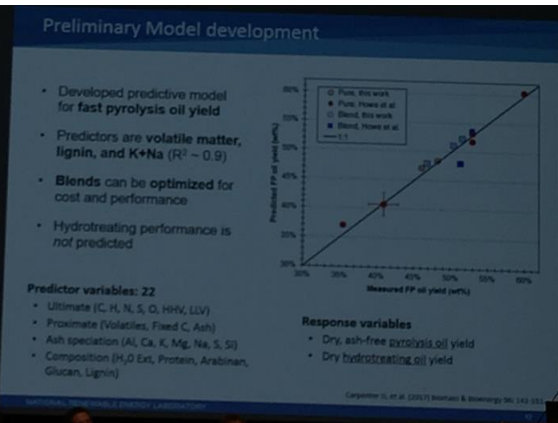
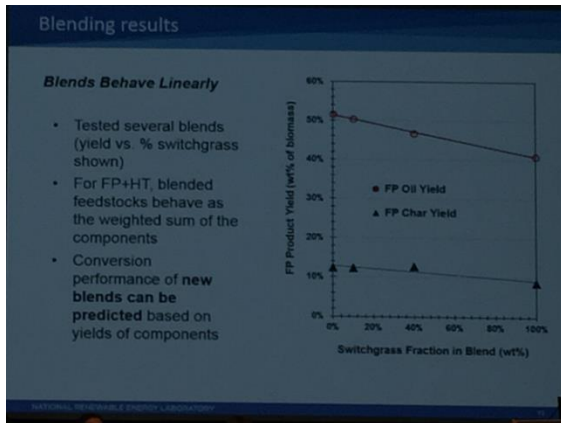
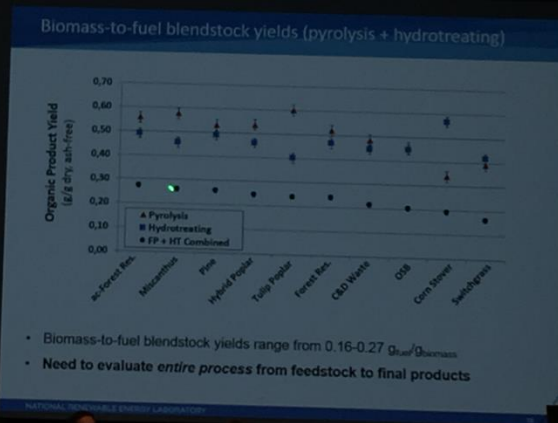
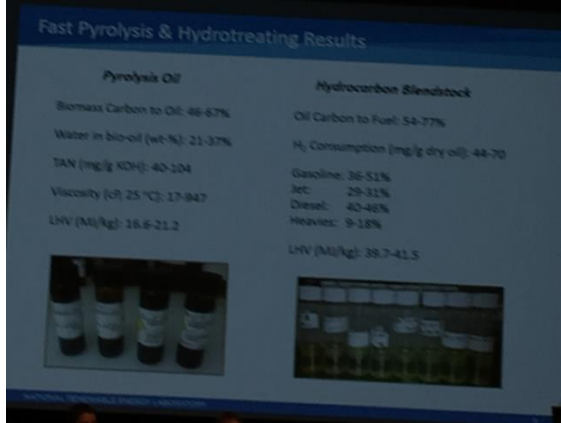
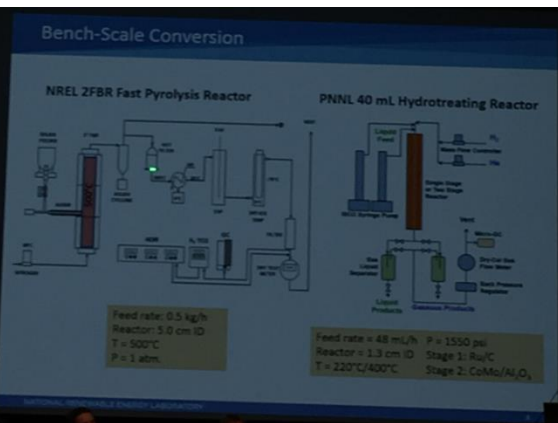
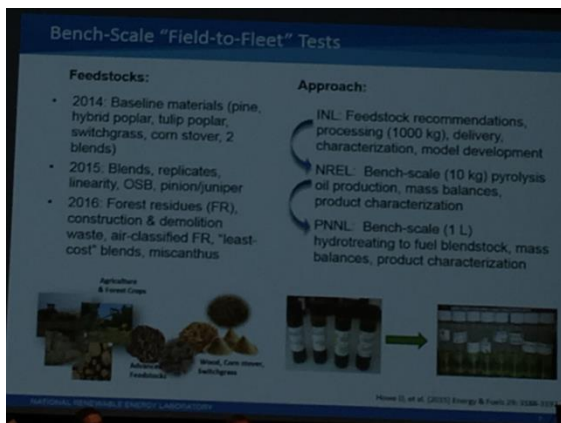
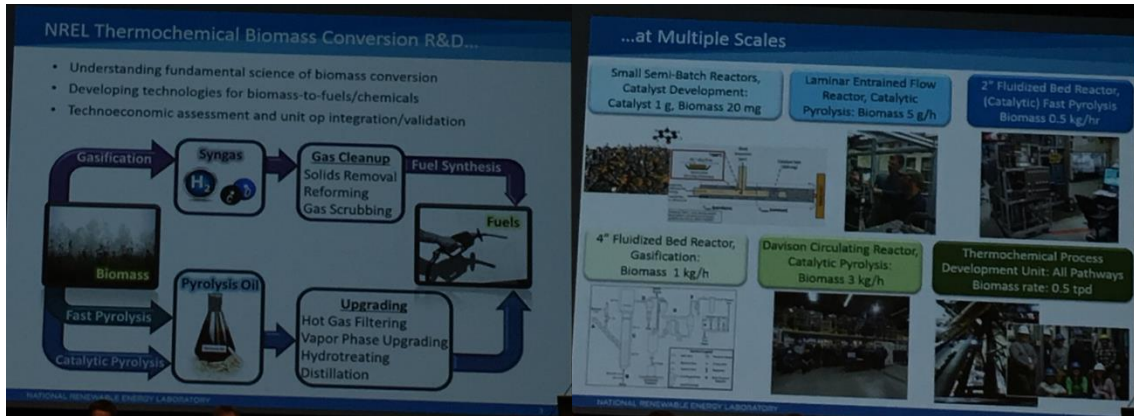



圖 9、美國再生能源國家實驗室(NREL) Daniel Carpenter 的演講資料

2. 水熱液化/處理技術(hydrothermal liquefaction/treatment)

水熱液化技術(hydrothermal liquefaction, HTL)的優點：

- 不需乾燥進料
- 可以將生物質轉換成高能量密度的生質粗油
- 進料與產物具有彈性(flexibility)

(1)

	演講者	Patrick Biller
	單位	Aarhus University, Denmark
	題目	Drop In Potential of Upgraded Fuels Produced at Pilot Scale Via Hydrothermal Liquefaction of Different Biomass Feedstocks

- 全球 HTL 連續式反應器的數量逐年增加，規模從 10 ml/day 到 2400 L/day 都有，研究單位包含：Aalborg/Steeper, PNNL, Genifuel, Licella...
- Aarhus 大學的 HTL 反應器規模為 100 L/h，是目前全球學術界最大的反應器，反應溫度 350°C，滯留時間 25 分鐘。
- 已開發熱交換器，熱能回收 84%。將水回收可使水中的有機物趨近飽和，可讓能源回收效率由 70% 提升至 90~100%，碳回收率由 60% 提高至 80~90%。
- 能源投資報酬率(energy return on investment, EROI) > 5。
- 採用震盪式流動(oscillation flow)可獲得較佳的混合，較佳的控制與穩定性。
- 使用 Haldor Topsoe 加氫處理商業觸媒，反應溫度 350°C，改質後生質燃料較大比例為航油部分。相關資料如圖 10 所示。

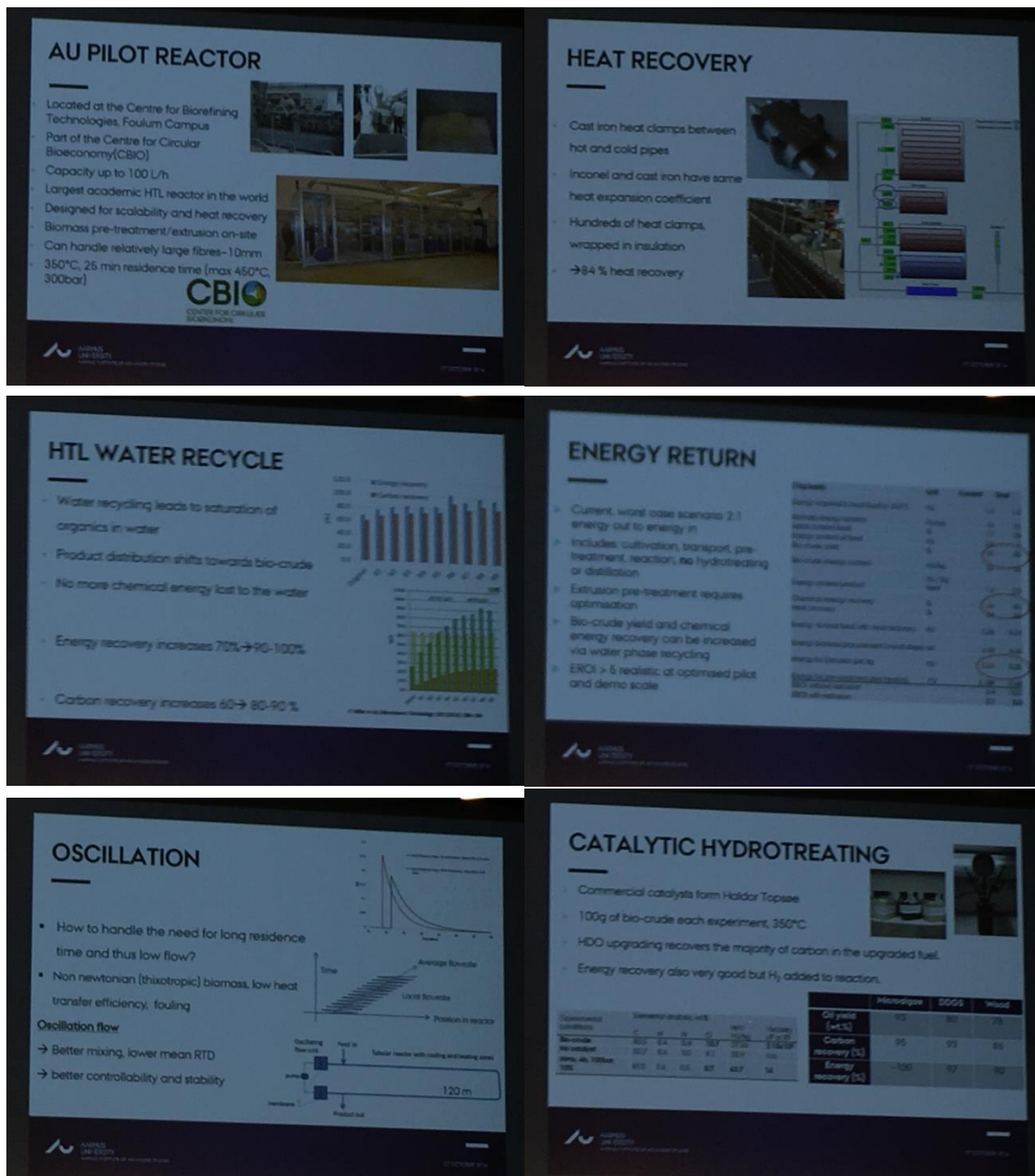



圖 10、丹麥 Aarhus 大學 Patrick Biller 的演講資料

(2)

	演講者	Christin Anacker
	單位	Leibniz Institute for Catalysis at the University of Rostock, Rostock, GERMANY
	題目	Hydrodeoxygenation of Pre-Treated Black Liquor on a Bimetallic Catalyst: Evaluation of Catalyst Performance

- 以造紙業的廢棄物(黑液)作為進料，以水熱液化技術(HTL)同時搭配加氫脫氧(HDO)觸媒一步驟獲得改質之生質油品。觸媒為 NiCo 或 NiFe/H-ZSM-5，反應溫度 250°C，通入氫氣，反應壓力 50 bar。
- 黑液中因含有大量的鈉離子，pH 值較高，容易造成觸媒失活，因此需要將黑液預處理，使其鈉離子含量降低。實驗結果顯示產率為 53%~89%，脫氧率只占 21%~33%。相關資料如圖 11 所示。

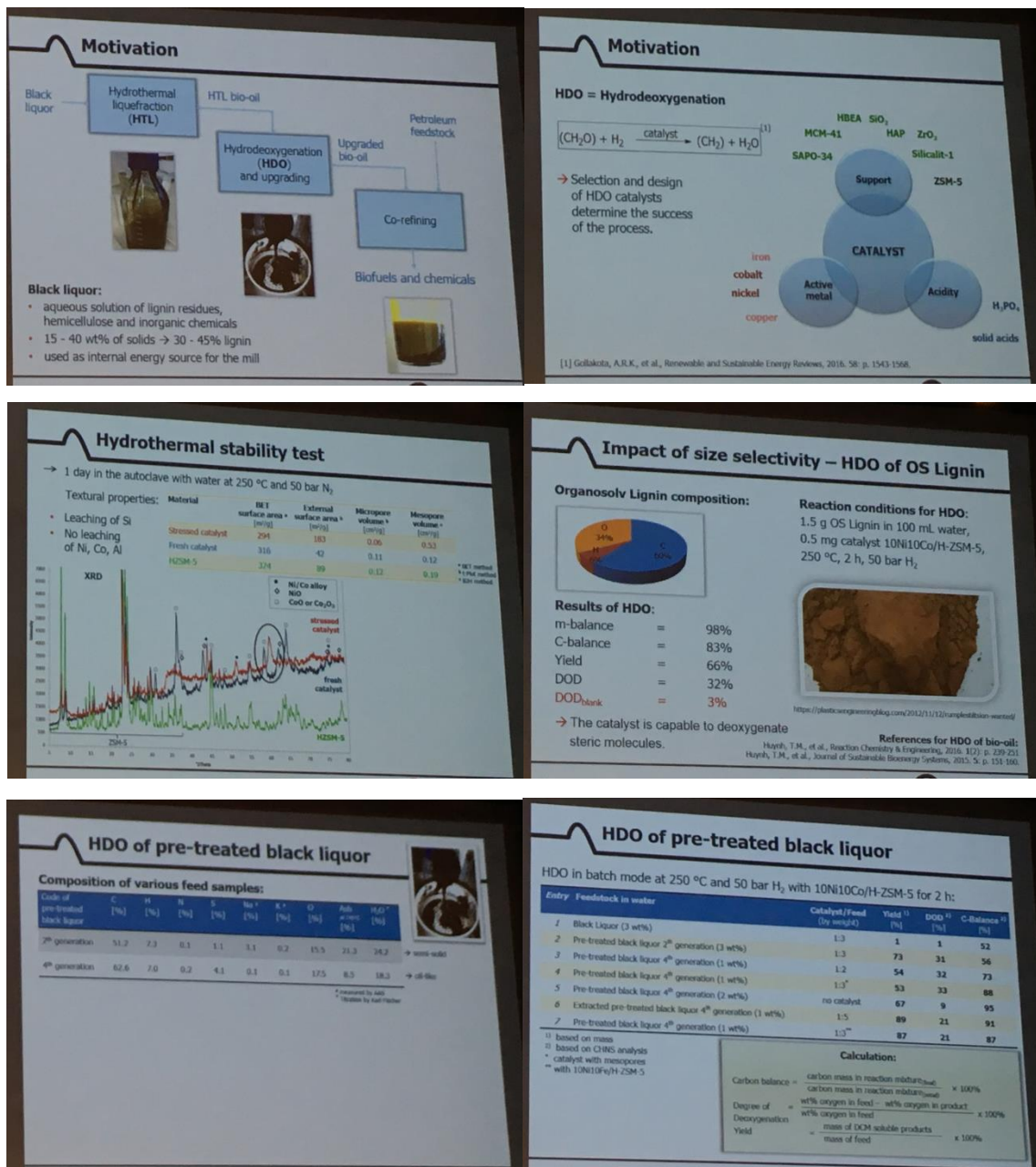




圖 11、德國 Rostock 大學 Christin Anacker 的演講資料

(3)

	演講者	Arjan Smit
	單位	Energy Research Center of the Netherlands, Biomass & Energy Efficiency Dpt., Petten, THE NETHERLANDS
	題目	Mild Organosolv Fractionation of Lignocellulosic Biomass for Feedstock Flexible Biorefineries

- 發展有機溶劑分餾法(Organosolv Fractionation)進行生物質的測試，其中以丙酮作為溶劑最為適當，需添加 60 mM 的硫酸，反應壓力 8 bar，反應溫度僅需 140°C。相較於乙醇溶劑，壓力較低、耗能較少且穩定，並適用於多樣化的生物質，特別是草本植物(herbaceous)與硬木(hardwood)。因丙酮較不易降解 6 碳糖，因此會有固態纖維素生成，可直接作為紙漿或其他化學品的原料。相關資料如圖 12 所示。

(4)

	演講者	Tom Renders
	單位	KU Leuven, Center for Surface Chemistry and Catalysis, Leuven, BELGIUM
	題目	Catalytic Reductive Fractionation: Introducing the Lignin-first Biorefinery

- 有機溶劑分餾法主要是降解木質素並生產纖維素，同時搭配加氫還原反應可避免裂解後的物質再發生聚合反應，以提高生質化學品的產率。
- 溶劑為甲醇，觸媒為 Pd/C，氫氣壓力 20 bar，反應溫度 250°C。可獲得 48% 的單體(monomers)，16% 的二聚物(dimers)，其他則為寡聚物(oligomers)。
- 若將觸媒改用 Ru/C，則降解後產物會有所不同。所以，此製程可藉由不同的溶劑、觸媒與添加劑相副搭配使用，有機會產生不同的生質化學品。
- 以 Pd/C 觸媒為例，若添加 5g/L 的磷酸最為添加劑，反應溫度可由 250°C 降到 200°C，壓力由 110 bar 降到 58 bar，並可獲得相近的結果；若將溶劑由甲醇改為乙醇，則反應結果並無多大改變。相關資料如圖 13 所示。

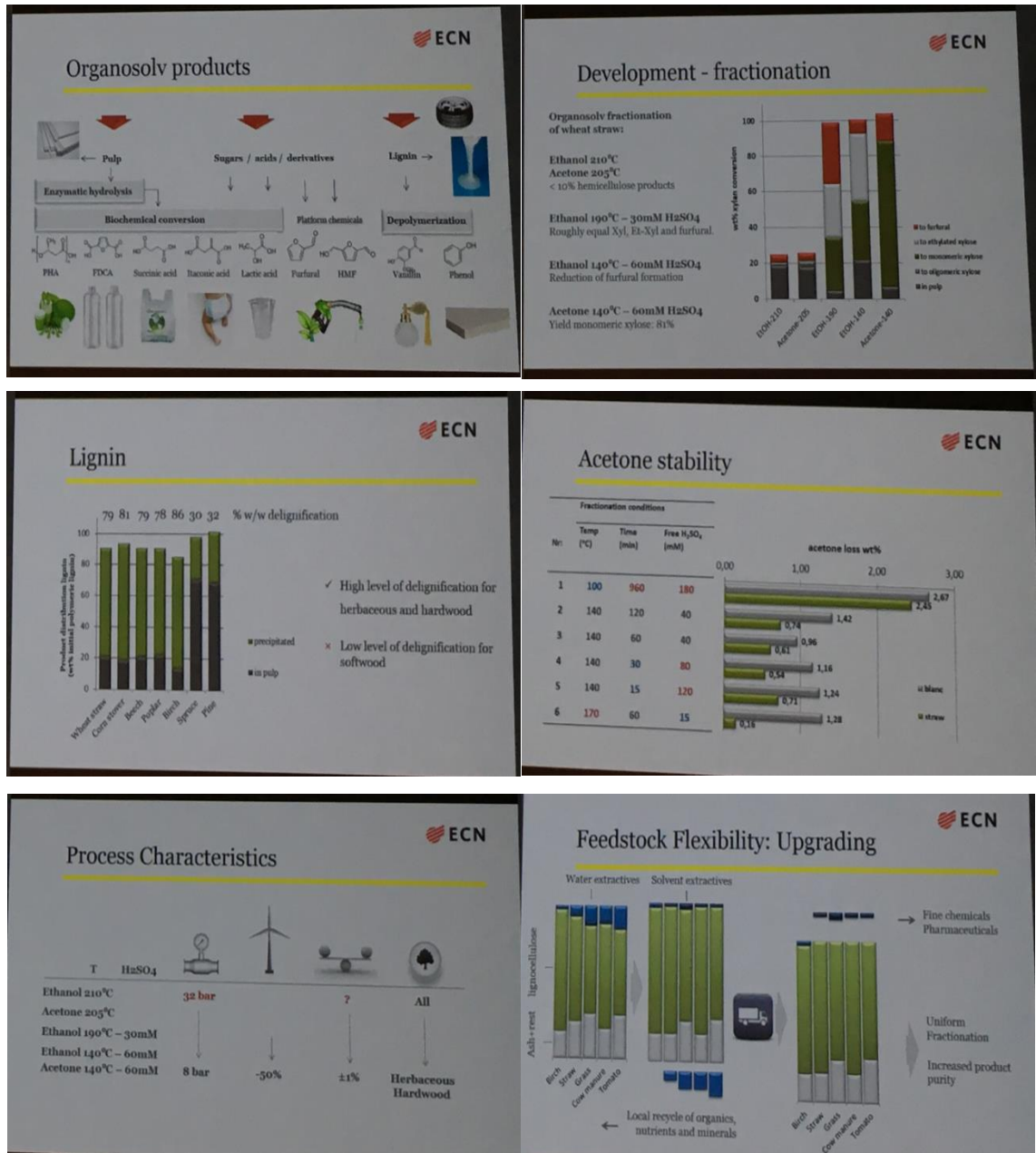


圖 12、荷蘭能源研究中心(ECN) Arjan Smit 的演講資料

Reductive catalytic fractionation (RCF): "lignin-first"

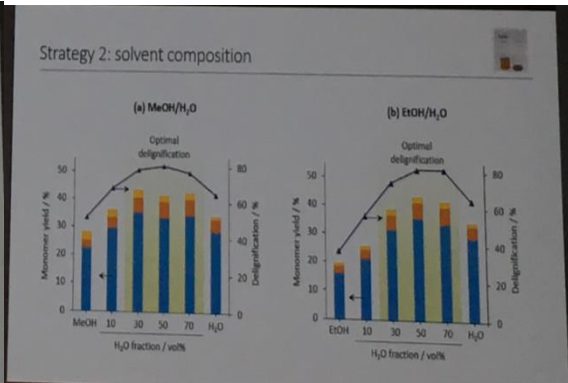
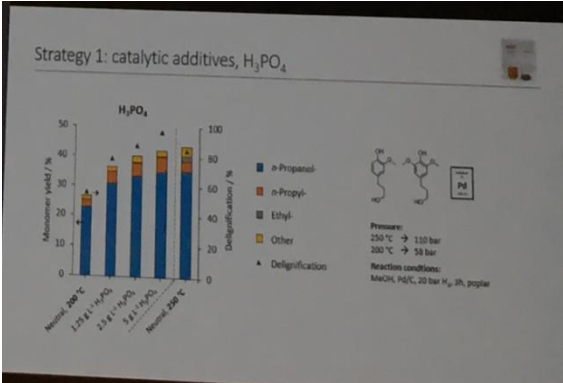
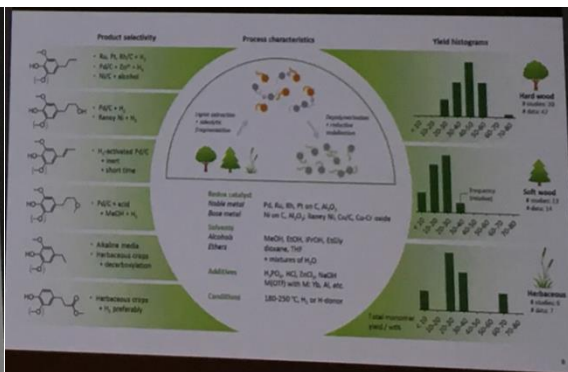
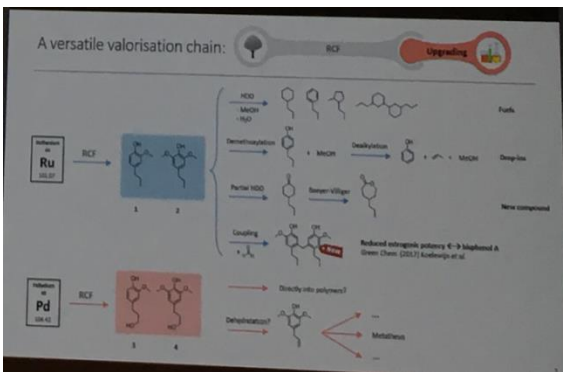
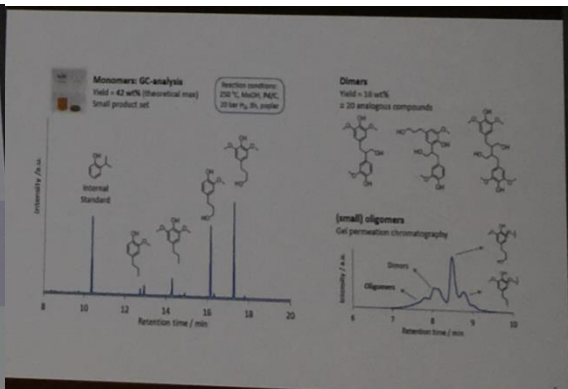
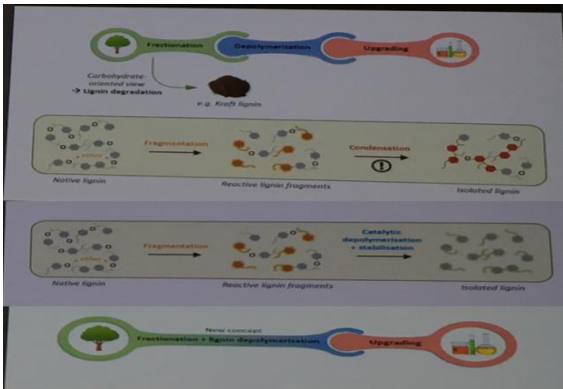
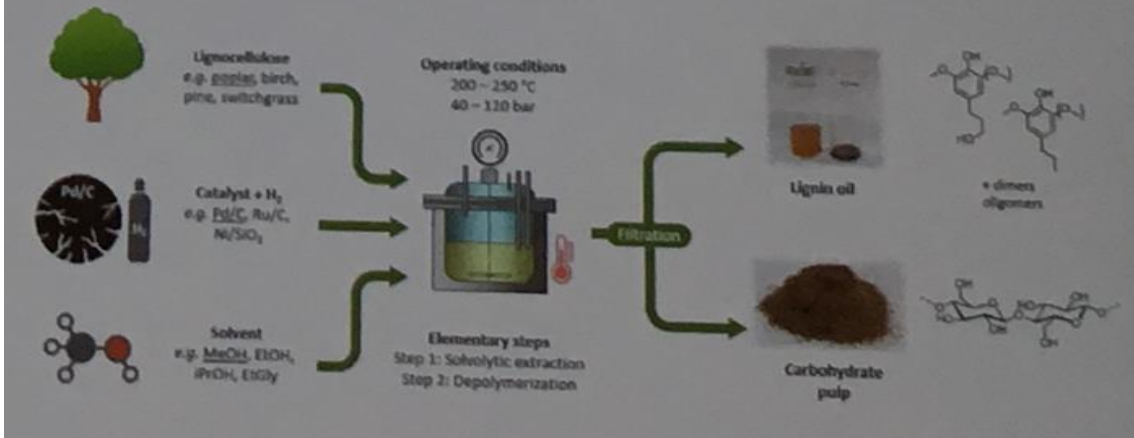



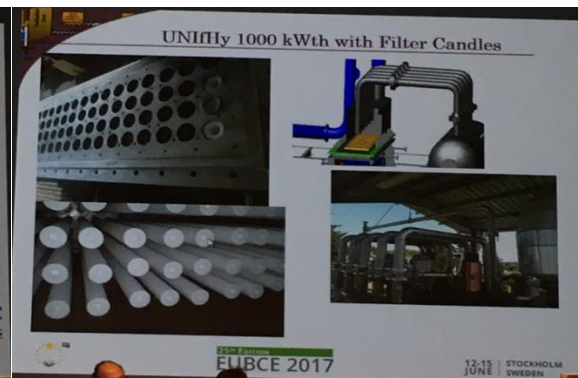
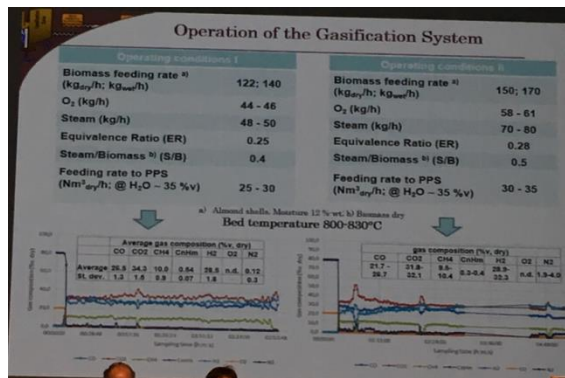
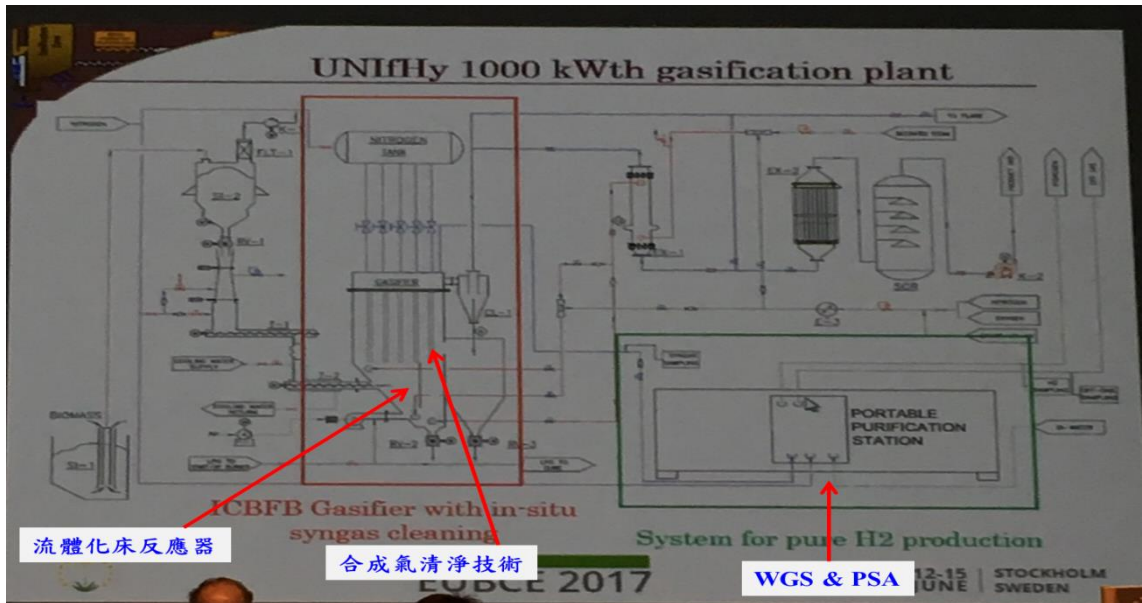
圖 13、比利時 KU Leuven 大學 Tom Renders 的演講資料

3. 氣化技術(gasification)

(1)

	演講者	Pier Ugo Foscolo
	單位	University of L'Aquila, Industrial Engineering Dpt., L'Aquila, ITALY
	題目	Hydrogen Production from Biomass via Gasification Process: The Results of the EU UNifHY Project

- UNifHY 計畫是整合氣化、合成氣清淨、水氣轉移，以及變壓吸附 (Pressure swing adsorption, PSA)等技術來生產生質氫氣及發電。
- 氣化技術採用流體化床反應器，操作溫度 800°C~830°C，主要氣體產物組成為 CO₂ 約 33%、CO 約 26%、H₂ 約 29%、CH₄ 約 10%。
- 合成氣清淨技術則使用氧化鋁過濾器，主要去除粒子(particles)與焦油(tar)，粒子去除率達 99%以上，但無法移除焦油。目前實驗室正在研發具催化作用之氧化鋁過濾器，觸媒為 NiO-MgO/Al₂O₃，初期成果顯示焦油移除率達 90%以上，且主要產物—合成氣的產率略為增加(68%提高至 75%)。
- 水氣轉移技術以 Cu-Ce/Al₂O₃ 觸媒將 CO 與 H₂O 反應轉換成 CO₂ 與 H₂，反應溫度約 300°C；最後利用 PSA 技術將氫氣濃縮提純，氫氣純度 >99%，氫氣回收率約 66.4%。相關資料如圖 14 所示。



Bench scale tests of catalytic filtration

Different filter candles were tested in the gasifier freeboard (0.4 m long segments provided by PALL):

1. Non Catalytic, Al₂O₃-based candles, with a new improved support and with a Al₂O₃ outer microporous membrane;
2. Catalytically activated, Al₂O₃-based candles (improved candle support and outer membrane), impregnated with NiO-MgO;
3. Catalytically activated Al₂O₃-based candles, with an Al₂O₃ outer membrane and with integrated catalytic ceramic foam, in addition to NiO-MgO impregnation.

12-15 JUNE | STOCKHOLM SWEDEN

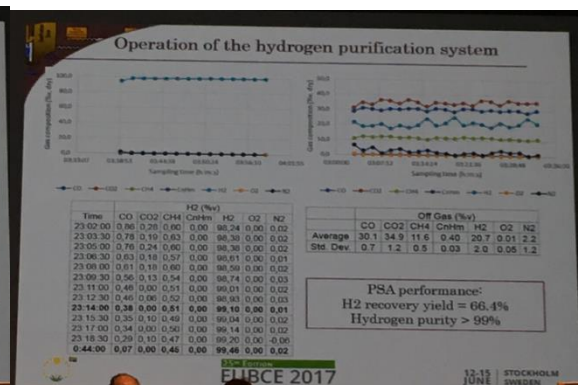
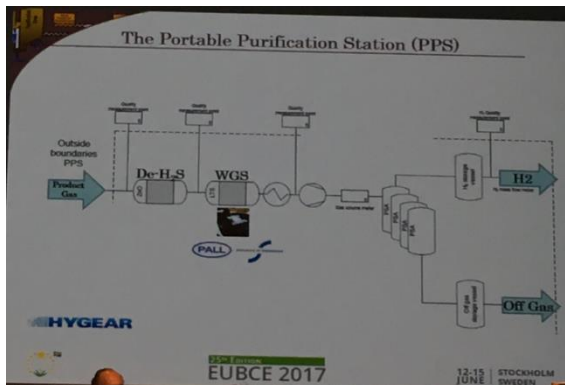
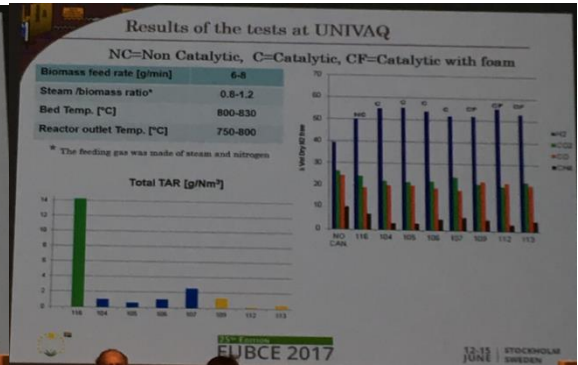



圖 14、義大利 L'Aquila 大學 Pier Ugo Foscolo 的演講資料

(2)

	演講者	Jordi Plana-Pallejà
	單位	Universitat Rovira i Virgili, Chemical Engineering Dpt., Tarragona, SPAIN
	題目	CO Hydrogenation to Alcohols over SBA-15 Supported Fe, Co, and Cu: Binary vs Ternary Catalysts

- 開發 Fe-Co-Cu/SBA-15 三相觸媒將合成氣轉化為醇類，反應條件為：WHSV 為 $0.3 \text{ mol}_{\text{CO}}/(\text{g}_{\text{cat}} \text{ h})$ ，溫度 300°C ，壓力 30 bar，反應時間 24 小時， H_2/CO 比為 2。
- 觸媒中若不含 Fe 元素，則觸媒活性較低；若不含 Co 元素，則呈現較高的轉化率與較佳的 WGS 催化活性；若為 Fe-Co-Cu 三相觸媒，雖然轉化率中等，但合成醇類的選擇率較佳。相關資料如圖 15 所示。

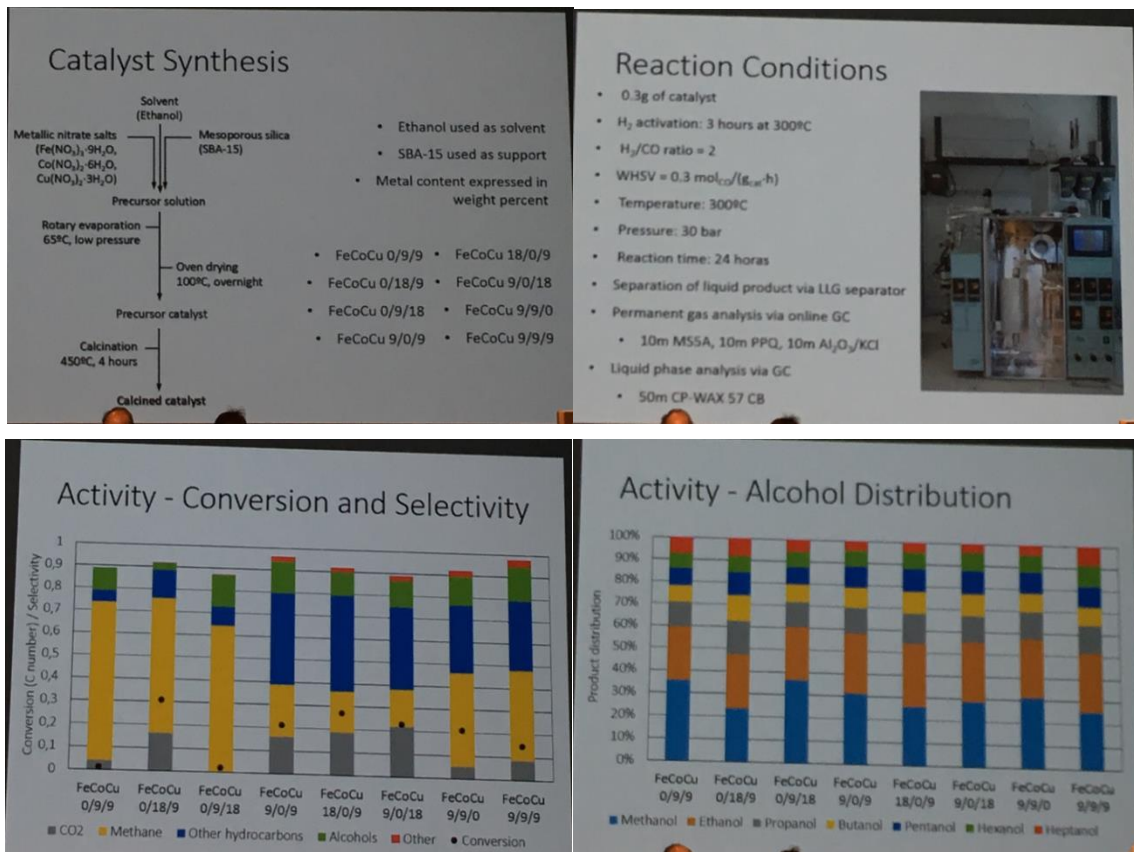


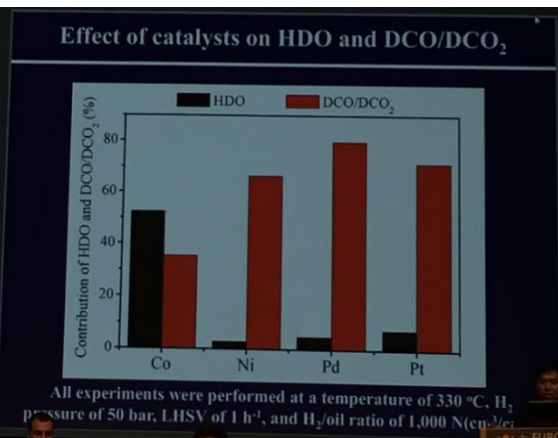
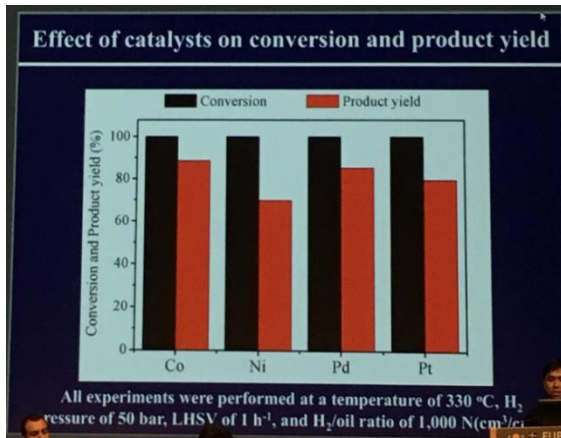
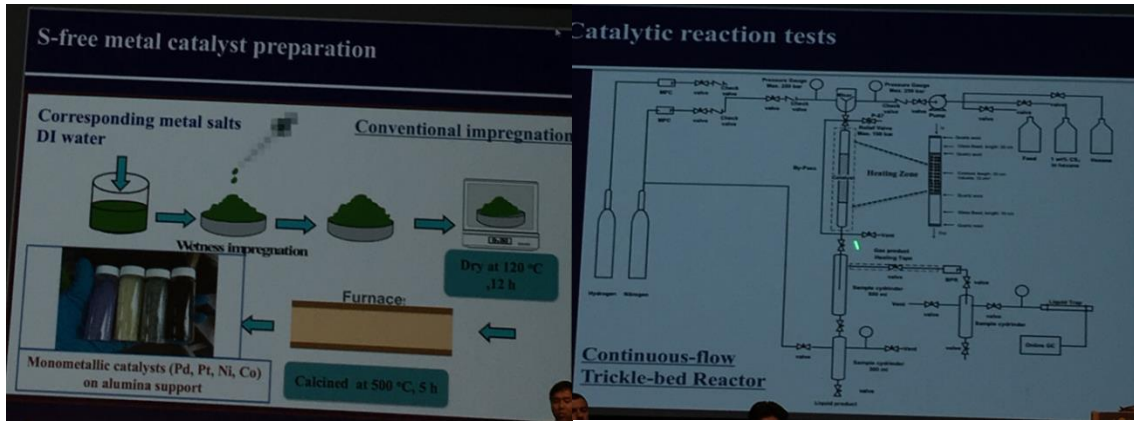
圖 15、西班牙 Rovira i Virgili 大學 Jordi Plana-Pallejà 的演講資料

4. 加氫處理技術(hydrotreating)

(1)

	演講者	Kajornsak Faungnawakij
	單位	National Science and Technology Development Agency, National Nanotechnology Center, Pathumthani, THAILAND
	題目	Green Diesel Production from the Palm Oil Deoxygenation Over Metal-Based Nanocatalysts

- 本篇研究開發不需預硫化之金屬奈米觸媒，利用含浸法將 Co、Ni、Pd、Pt 負載到氧化鋁載體上。反應器為連續式滴流床反應器(trickle-bed reactor)，反應條件為：LHSV 為 1 h^{-1} ，溫度 330°C ，壓力 50 bar， H_2/oil 比為 $1000 \text{ N}(\text{cm}^3/\text{cm}^3)$ 。
- 以棕櫚油進料測試，4 種金屬奈米觸媒轉化率都接近 100%，但綠色柴油產率來排序： $\text{Co} > \text{Pd} > \text{Pt} > \text{Ni}$ 。其中 Co 觸媒脫氧能力(HDO)約占 50%，脫 CO/CO₂ 能力(DCO_x)約占 30%；但其他 3 種觸媒都以脫 CO/CO₂ 能力(DCO_x)為主。
- 以油酸進料測試，實驗結果與棕櫚油進料相似，但可發現 Ni、Pd、Pt 三種觸媒皆會有位反應的游離脂肪酸(FFA)，以及脫水後的脂肪酸酯二聚物。反應 100 小時後，Co、Ni 兩種金屬奈米觸媒活性皆顯著下降，暗示有嚴重的積碳現象，觸媒經活化再生後又可恢復原來活性。相關資料如圖 16 所示。



Deoxygenation of oleic acid over the catalysts

Catalysts	Co	Ni	Pd	Pt
Conversion (%)	100	93	94.6	93.6
Product yield (%)	94.3	26.5	76.1	54
HDO (%)	50	0.4	2.1	4
DCO+DCO ₂ (%)	44.3	26.1	74	49.9
Intermediates (mole %)				
<i>n</i> -C ₁₇ H ₃₃ COOH	0	6.9	5.3	6.5
<i>n</i> -C ₁₇ H ₃₅ COOH	0	57.7	5.3	22
<i>n</i> -C ₁₈ H ₃₇ OH	0	0	2	0
<i>n</i> -C ₁₇ H ₃₅ COOC ₁₈ H ₃₇	0	9	13.5	16.2
9-C ₁₇ H ₃₃ COOC ₁₈ H ₃₇	0	0.5	0	0

Reaction conditions: 330 °C, 50 bar, LHSV of 2 h⁻¹, and H₂/fatty acid ratio of 1,000 N(cm³/cm³).

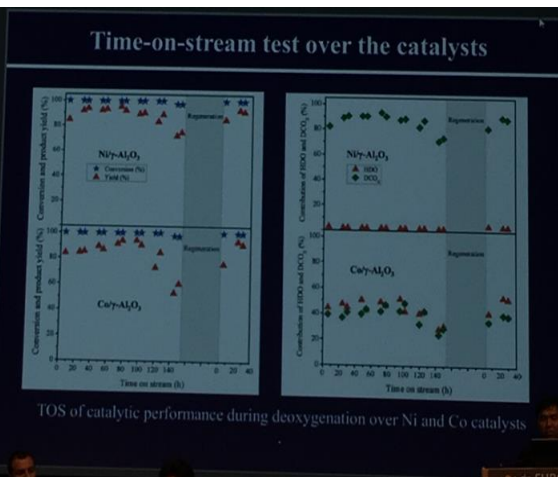
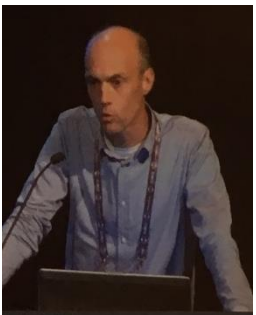


圖 16、泰國國家科技發展局(NSTDA) Kajornsak Faungnawakij 的演講資料

5. 其他

(1) 以巨型藻(macro alages/seaweeds)為料源：

(a)

	演講者	Wouter Huijgen
	單位	Energy Research Centre of the Netherlands, Biomass & Energy Efficiency Dpt., Petten, THE NETHERLANDS
	題目	Carbohydrates and Furans from Seaweeds for Fuels and Chemicals

- 這篇研究以 *Palmaria palmata*(紅藻)與 *Ulva lactuca* (石蓴,綠藻)兩種海藻進行說明。前者主要結構為木聚醣聚合物(xylan polymer)，約占 30%，水解醣化後可獲得木醣(xylose)，可再進一步轉化為糠醛(furfural)；後者則含有特殊的碳水化合物—鼠李糖(rhamnose)，經脫水反應後可生成 5-甲基糠醛(5-methylfurfural)。
- 採取兩步驟操作可獲得最佳產率：先以 HCl 進行水解反應(170°C)形成單醣，於水溶液中直接再添加甲苯進行脫水反應(170°C)生成糠醛。以 *Palmaria palmata* 為料源可獲得 98% 糠醛的產率；若以 *Ulva lactuca* 為料源可獲得 5-甲基糠醛 56% 的產率。相關資料如圖 17 所示。

(b)

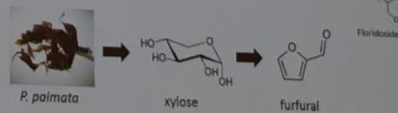
	演講者	Anne-Belinda Bjerre
	單位	Danish Technological Institute, Biomass and Biorefinery Dpt., Taastrup, DENMARK
	題目	Macroalgae Biorefinery in a Nordic Perspective

- 介紹北歐地區在以巨藻為料源之生質精煉計畫。相關資料如圖 18 所示。

Palmaria palmata

ECN

- Carbohydrate composition:
 - Rich in xylose, galactose and glucose.
 - Main structural carbohydrate:
 - Xylan polymer (typically ~30wt%).
 - Floridoside (glycerol-galactose heteroside).
- Research approach:



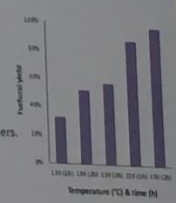
Xylan (1,3 and 1,4 linkage)
Floridoside

EUBCE 2017 9

P. palmata to furfural

ECN

- Single step:
 - Water:
 - Furfural yield 38% (0.2M HCl, 1h, 170 °C).
 - Water-toluene:
 - Furfural yield 75% (0.3M HCl / 0.9M NaCl, 1h, 170 °C, 10wt% P. palmata).
- Two steps:
 - Hydrolysis of seaweed polysaccharides to monomers.
 - Dehydration of xylose to furfural in hydrosylate.
 - Biphasic process hydrosylate/toluene 1:2 v/v.
 - No additional acid used.
 - Overall yield from P. palmata to furfural: 98%.
 - No negative matrix effects observed.

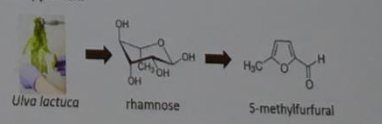


EUBCE 2017 12

Ulva lactuca

ECN

- Why Ulva?
 - Unique carbohydrate composition, incl rhamnose.
 - Ulvan (rhamnose, xylose, glucuronic acid, iduronic acid).
 - Cellulose (glucose).
 - Dehydration of rhamnose yields 5-methylfurfural.
 - Directly applicable as biofuel (additive).
- Research approach:



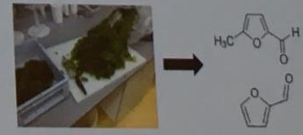
Ulvan

EUBCE 2017 14

U lactuca to 5-methylfurfural

ECN

- Conversion of U lactuca more challenging than P palmata:
 - Poor 5-methylfurfural yield achieved directly in water: 25%.
 - Biphasic system with toluene: 36%.
 - Two-step approach (saccharification & dehydration): 56%.
- Simultaneous conversion of other ulvan building blocks (such as xylose).


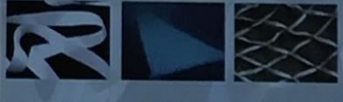


EUBCE 2017 17

圖 17、荷蘭能源研究中心(ECN) Wouter Huijgen 的演講資料

Macroalgae species in Nordic perspective

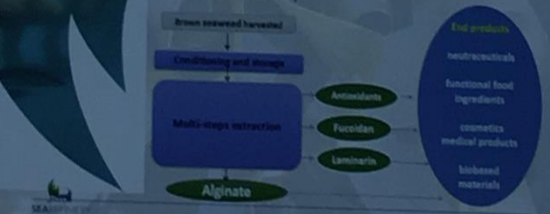
5.6x increased advanced cultivation
Increase biomass yield by a factor of 5
(from 3.6 kg/m² to 15-25 kg/m²)

AlgalRibbon AlgalSheet AlgalNet

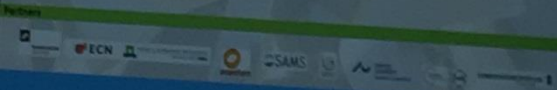
SeaRefinery: The Seaweed Biorefinery – for high value added products

Objectives: To develop eco-friendly chemical and enzymatic processes to extract and purify high value-added components such as antioxidants (phlorotannins), hydrocolloids (alginate), and other bioactives (laminarin, fucoidan and protein) from cultivated seaweed in an integrated biorefinery



MacroFuels – Developing the next generation Macro-Algae based biofuels for transportation via advanced bio-refinery processes

- 1st January 2016 – 31st December 2018 (Duration: 48 months)
- Funded under the Low Carbon Economy sub-topic in European Union's Horizon 2020 (Grant agreement No. 654010)
- Budget: ~8 million Euros
- Project coordinator: Danish Technological Institute, Prof. Anne-Belinda Bjerre
- Consortium: 11 partners from six EU countries, incl. RTD, universities, SMEs, large enterprises and scale producers



Objectives in pictures



MAB 4 - Macroalgae Biorefinery for Value-Added Products

Innovationsfonden

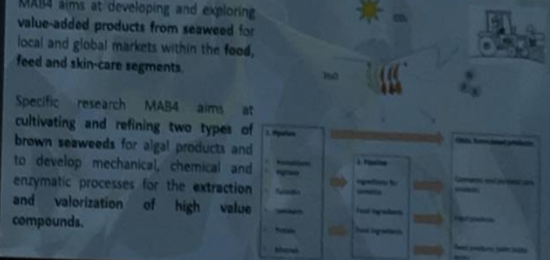




MAB 4 - Objectives


MAB4 aims at developing and exploring value-added products from seaweed for local and global markets within the food, feed and skin-care segments.

Specific research MAB4 aims at cultivating and refining two types of brown seaweeds for algal products and to develop mechanical, chemical and enzymatic processes for the extraction and valorization of high value compounds.



MacroCascade Cascading Marine Macro-algal Biorefinery

Prof. Anne-Belinda Bjerre, Project Coordinator, Danish Technological Institute (DTI)



Objectives

MacroCascade aims to develop a concept of the cascading marine macro-algal biorefinery - i.e. a production platform that covers the whole technological chain for processing sustainable cultivated macro-algae biomass -also known as seaweed- to highly processed value added products.

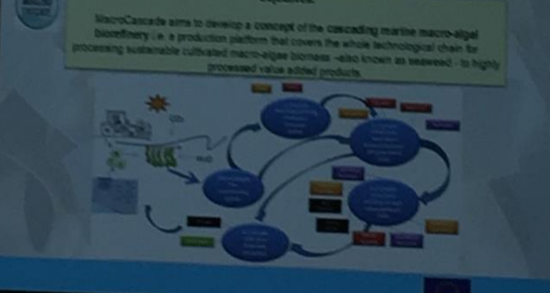


圖 18、丹麥 Danish 科技大學 Anne-Belinda Bjerre 的演講資料

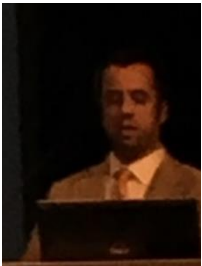
(2) 生質合成氣應用於 SOFC 系統：

	演講者	Tobias Herrmann
	單位	University of Erlangen-Nuremberg, Chair of Energy Process Engineering, Nürnberg, GERMANY
	題目	Conversion of Tars on SOFC Anodes

- 生質物氣化後的合成氣溫度達 600°C 以上，相當適合作為高溫固態燃料電池(solid oxide fuel cell, SOFC)的燃料，但須移除會造成 SOFC 劣化的物質，如硫含量(H₂S, COS...)與氯含量小於 1 ppm，微粒(particles)小於 10 ppm，然而目前並未對焦油(tar)的含量進行規範限制。
- 本研究以甲苯(toluene)與萘(naphthalene)進行測試，結果顯示萘的濃度在 3600 ppm 以內，轉化率高達 97%以上，且甲苯的轉化率是萘的 3 倍。未來將發展以阻抗分析儀來即時監控 SOFC 系統，可判斷燃料氣體的擴散與轉化情形。相關資料如圖 19 所示。

(3) 生質化學品與生質高分子：

(a)

	演講者	Joseph Stanzione
	單位	Rowan University, Chemical Engineering Dpt., Glassboro, USA
	題目	Sustainable Redesign of BPA-based Polymers via Strategic Assemblies of Wood-derived Building Blocks

- 塑化產品造成環境的污染日益嚴重，生質塑膠的合成技術也日益受到重視及推廣。
- 來自生物質的化學品_香草醛(Vanillin)極具應用潛力，可以應用在乙烯基酯樹脂、環氧樹脂、聚碳酸酯、熱彈性塑膠...等高分子合成。相關資料如圖 20 所示。

Possible solutions:

- "tar-free" gasifiers**
 - process temperatures $\gg 1000^\circ\text{C}$
- gas cleaning**
 - scrubbing with water
 - scrubbing with organic solvents
 - catalysts
 - particle filters
- concepts with hot gas cleaning**
 - Systems with gas turbines ...
 - Systems with high temperature fuel cells...

... and allothermal (indirect) gasification

example: tar/coke deposits after "gasification" at 550°C

Possible solutions:

- High temperature fuel cells.
- utilize efficiently most gaseous species (H_2 , CO , CH_4 ...) from biomass gasification
- thermally integrate with gasification (excess heat at 800°C)
- allow less extensive hot gas cleaning.

Contaminant	Concentration in Bitumens	SOFC operation limit	Effect
H_2S	5 - 100 mg/Nm ³	< 100 - 1000 ppb	Catalyst poison
COS (org. S)	2 - 10 mg/Nm ³	< 100 - 1000 ppb	Catalyst poison
NH_3	200 - 400 mg/Nm ³	1-3 Vol%	
Particles	0.1 - 100 g/Nm ³	< 1 μm , 10 - 100 ppm	Chugging
Alkali-chlorides	30 - 200 mg/Nm ³	1 ppm	Deposition
Tars	0.1 - 100 g/Nm ³	?	Coking, Chugging, inhibition

Investigating tar reforming

Results from experiments with naphthalene

- Overall conversion > 97 %
- Voltage increase is proportionate to tar concentration
- Measured voltage increase is less than equilibrium calculations suggest
- Temperature increase
 - Higher voltages increase
 - Smaller difference to equilibrium

Results and Discussion

- Conversion rates for Toluene are 3x greater compared to Naphthalene
- Conversion rates at 900°C are 3x greater compared to 800°C

Application range

Tar laden syngas

Fuel utilization

→ Unknown tar conversion rates may lead to critical fuel utilizations!

New Project: FlexSOFC

- Online SOFC state-of-health monitoring at stack scale

- Development and implementation of novel impedance spectroscopy topology in cooperation with NOVUM Engineering

圖 19、德國 Erlangen-Nuremberg 大學 Tobias Herrmann 的演講資料

Paradigm Change in Polymer Manufacturing Occurring

© John J. La Scala, Ph.D., Army Research Laboratory

SMRL's Biomass Utilization to Date

Vanillin-based resin created¹

Reaction 1

Cc1ccc(O)c(C)c1 + CC(=O)OC(C)C >> Cc1ccc(O)c(C)c1OC(C)C + CC(=O)O

Reaction 2

Cc1ccc(O)c(C)c1OC(C)C + CC(=O)OC(C)C >> Cc1ccc(O)c(C)c1OC(C)COC(C)C + CC(=O)O

Resin viscosity (at 25°C) = 87.25 ± 0.5 cP
 Glass transition temperature = 160°C
 Glassy storage modulus = 3.6 ± 0.3 GPa

¹ Stancione III, J.F., et al. *Green Chemistry* 14 (2012) 2346-2352

Diglycidyl ether of bisphenol-A (DGEBA) alternatives synthesized¹⁻²

¹ Hernandez, E.D., et al. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering* 2018 4 (8) 4328-4330
² U.S. Patent Application Serial # 15/032,563

High bio-based content cured epoxy-amine resins produced¹⁻⁴

> 96.5% bio-derived carbon content

¹ Mauck, J.R., et al. *Macromolecular Chemistry & Physics* 2017 DOI:10.1002/macp.201700013
² U.S. Patent Application Serial # 15/032,563
³ Hu, F.S., et al. *Macromolecules* 2014 47 (10) 3332-3342
⁴ Hu, F.S., et al. *Macromolecular Chemistry & Physics* 2015 216 (13) 1441-1446

Bisguaiacol (BG)-based Polycarbonate Synthesized¹

1a,3a: R₁=H, R₂=CH₃
 1b,3b: R₁=H, R₂=H
 1c,3c: R₁=OCH₃, R₂=H

¹ J. Mauck et al., *J. Biobased Materials & Bioscience* (2017) In Press.

BG-based Polyesters Synthesized¹

¹ S. Curia et al., In preparation (2017)


BG-based Polyesters Synthesized¹

Poly(BG adip) M_n=6.6 kg mol⁻¹ (D=1.82)
 Poly(BG succ) M_n=7.2 kg mol⁻¹ (D=2.16)
 Poly(BG tere) M_n=26.9 kg mol⁻¹ (D=2.29)

¹ S. Curia et al., In preparation (2017)


圖 20、美國 Rowan 大學 Joseph Stancione 的演講資料

(b)

	演講者	Tim Schulzke
	單位	Fraunhofer-Institut UMSICHT, Biorefinery and Biofuels Dpt., Oberhausen, GERMANY
	題目	Polyurethane Foams Produced from Pyrolysis Oil: Production and Possible Application


- 經由不同冷卻溫度可獲得不同特性的生質裂解油，其中第 1 段(300 °C~89°C)收集的生質裂解油可用來替代聚胺酯(Polyurethane, PU)中多元醇的物質(如 PEG400...)。生質裂解油替代率為 0%~80%，其中導熱特性與密度皆與市售商品相近，但壓縮強度只有市售商品的一半，需再改善。相關資料如圖 21 所示。

(c)

	演講者	Maria Nelly Garcia Gonzalez
	單位	Polytechnic of Milan, Chemistry, Materials and Chemical Engineering Dpt., Milan, ITALY
	題目	Polymer Nanocomposites Based on Lignin Nanoparticles: Development, Characterization and Potential Applications

- 利用簡單的超音波處理技術即可獲得穩定分散之奈米級木質素(nanolignin, NL)水溶液。直接將水相 PU 溶液與 NL 容易混合，經乾燥、熱壓後即可成型。20%的 NL 添加量有最佳性能，楊氏模數(Young's modulus, E)可提高一倍，抗拉強度(Tensile Strength, σ_u)維持不變，僅斷裂伸長量(Elongation at Break)稍微下降，可應用在車用內裝或鞋類。相關資料如圖 22 所示。

(d)

	演講者	Elias Feghali
	單位	SCION/VITO, Rotorua/Mol, NEW ZEALAND
	題目	The Synthesis of Bio-Sourced Epoxy Resins using Depolymerised Lignin Streams

- 利用有機溶劑分餾法生產木質素油(lignin oil)，觸媒為 Pd/C，氫氣壓力 500 psi，反應溫度 195°C，可獲得 78%的二聚物(dimers)與寡聚物

(oligomers)。利用二氯甲烷萃取獲得代號 LH 的木質素油，再利用以純粹取可獲得代號 LHO 的木質素油，此兩種木質素油皆是酚的衍生物，酚含量高達 92~97%。

- 先將 LH/LHO 與環氧氯丙烷(Epichlorohydrin)反應形成 LHEP/LHOEP 之環氧前驅物，可跟來自石化的環氧前驅物(BADGE)依比例混和，再與胺化物(如 IPDA、DETA)進行反應合成環氧樹脂。若將 BADGE 換成來自生質物的 GDGE，則可以合成出 100%的環氧樹脂。
- 67%的 LHEP 與 25%的 LHOEP 有最佳的撓曲模數(flexural modulus)，約提高 30%~50%，但玻璃轉移溫度(Tg)與熱穩定性較差，因此較適合低溫環境下之應用。相關資料如圖 23 所示。

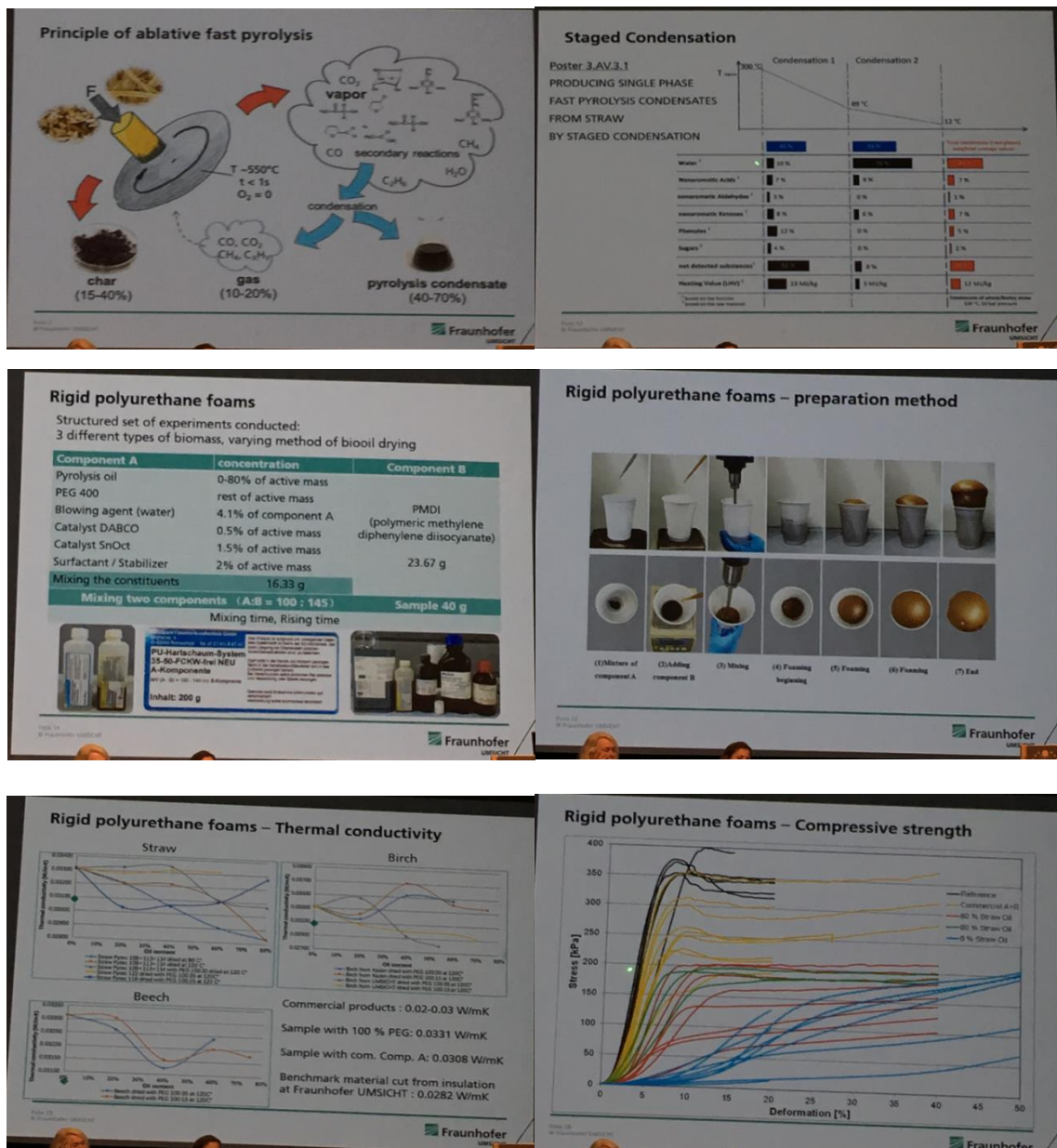


圖 21、德國 Fraunhofer UMSICHT 單位 Tim Schulzke 的演講資料

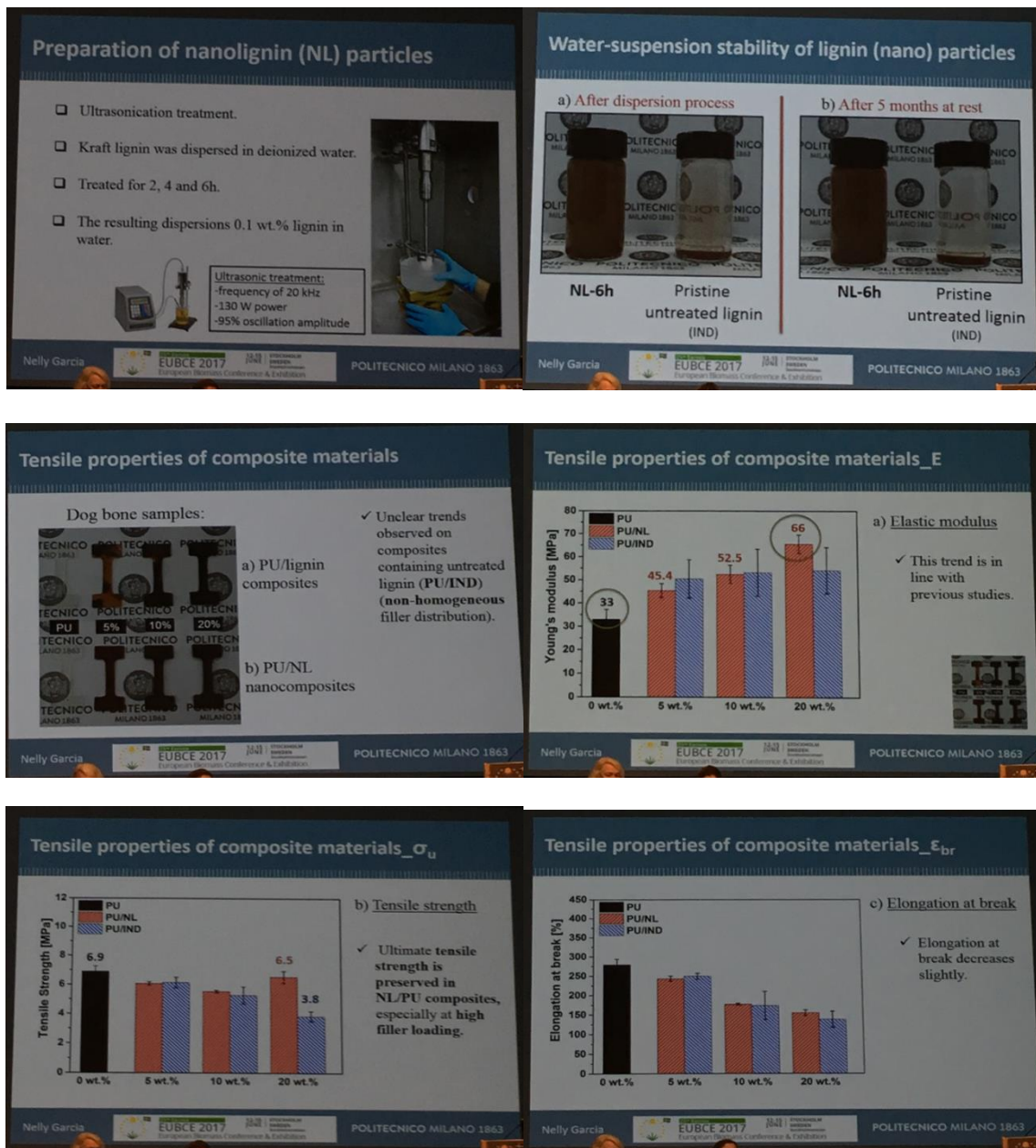
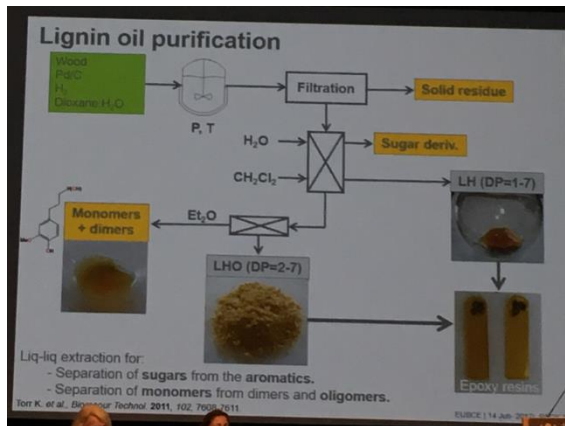


圖 22、義大利米蘭理工大學 Maria Nelly Garcia Gonzalez 的演講資料



Epoxy prepolymers from LH and LHO

R=H or C9 units

- o Glycidylation of LH to LHEP and LHO to LHOEP using epichlorohydrin (ECH).
- o 92 to 97% of the phenolics were derivatised (³¹P NMR).
- o Excess of ECH minimised polymerisation reactions.
- o EEW were between 359 and 452 g/eq (c.f. BADGE 174 g/eq).

Resin	M _n (Da)	M _w (Da)	POI	EEW (g/eq)	Viscosity (cPP)
LHEP	610	704	1.8	368	55
LHOEP	937	1514	1.8	452	132

* 40% solids solution in diethylene glycol monobutyl ether

EURCE | 14 Jun 2011

Epoxy resins from LHEP and LHOEP

- o Ratios of LHEP or LHOEP to BADGE up to 75%.
- o Using commercial aliphatic curing reagents.
- o LHEP as replacement of BADGE. LHOEP as performance enhancing additive.
- o Increase in LHEP or LHOEP ratio => increase in brittleness.
- o Resins analogous to multifunctional epoxy novolac (high cross-linking density).

EURCE | 14 Jun 2011

Epoxy resins cured with DETA

Mechanical properties:

- o Enhanced flexural properties with LHEP and LHOEP
- o Max. flexural stiffness/strength at 67% LHEP/BADGE and 25% LHOEP/BADGE.

Resin	T _g (°C)	T _{5%} (°C)
BADGE	117	328
LHEP/BADGE 1:1	80	289
LHEP/BADGE 2:1	70	279
LHEP/BADGE 3:1	68	258
LHOEP	53	236
LHOEP/BADGE 1:1	111	325
LHOEP/BADGE 1:3	104	311

Thermal properties:

- o T_g - 5-55% lower than BADGE.
- o Thermal stability, T_{5%} - 1-28% lower than BADGE.

EURCE | 14 Jun 2011

GDGE epoxy resins cured with DETA

GDGE vs. BADGE:

- o 100% bio-based resins with glycerol diglycidyl ether (GDGE).
- o Enhanced flexural properties with the amount of LHEP.

GDGE vs. BADGE:

- o T_g lower than BADGE.
- o Similar T_g values when LHEP ratio increase.
- o LHEP/GDGE more suitable to low temperature applications.

EURCE | 14 Jun 2011

Conclusion and Perspectives

LHEP/BADGE resins with better flexural properties

Potential to replace toxic BPA

Reaction up-scaling

100% bio-based resins with GDGE

Effects of the hydrogenolysis conditions

Replacing solvent extraction with membrane technology

EURCE | 14 Jun 2011

圖 23、SCION/VITO 合作計畫，Elias Feghali 的演講資料

參、心得與建議

- (一) 第一次參加歐洲生物質的年度盛會(EUBCE 2017)，規模相當盛大，共有來自 70 個國家、1500 多位的學者專家與會，每天以 5 場並行的會議(workshops)方式進行研討，部分以海報方式展現，總共成果發表篇數達 850 篇。雖然近八成都是來自歐洲的產、官、學、研等單位之學者專家與會，卻也可以看出歐洲對生物質與再生能源之政策、技術與經濟發展相當重視。
- (二) 本屆歐洲生物質會議與展覽(EUBCE 2017)之研究內容幾乎全部環繞在第二代的非糧食作物作為料源，如木屑、稻稈、棕櫚殼…等農林廢棄物，動物排泄物，工業廢棄物(造紙廠黑液、污泥…)，以及第三代的藻類(微藻、巨藻)。將農、林、漁、牧與工業之廢棄物再利用產製生質燃料與生質化學品，完全符合當今全球追求循環經濟發展之趨勢潮流，也能達到歐美對生質燃料規範要求，其中生質燃料排碳量需比傳統化石燃料減少 50%以上，以目前第一代糧食作物生產之生質燃料幾乎都無法達到新版的規範要求。歐盟規範請參考 2009 年的「再生能源指令」(Renewable Energy Directive, RED)，美國規範則參考 2010 年公布的「可再生燃料標準」(Renewable Fuels Standard, RFS2)。
- (三) 生質精煉技術可粗分為生物技術與熱化學技術，而針對第二代非糧食作物之料源所開發之熱化學技術不外乎氣化技術、熱裂解技術與水熱液化/處理技術，其產品可以是氣、液、固等生質燃料，或進一步經反應(如 FT 合成反應)、改質(加氫處理技術)、純化等方式再轉化為生質化學品與生質材料。
- (四) 熱裂解技術與水熱液化技術適合以中小規模之生產設備，將位於偏遠地方之第二代料源轉換為能量密度較高的生質粗油(bio crude oil)。一般而言，熱裂解技術適合乾燥料源(水含量<30%)，如木屑、稻稈、棕櫚殼…等，水熱液化技術則適合濕式料源(水含量>50%)，如動物排泄物、造紙廠黑液、污泥…等。而氣化技術目前須大規模量產才具經濟效益，因此僅適用在豐沛料源之區域，或先轉換成生質粗油再集中運送至氣化工廠進行生產。

肆、具體成效

本次參加歐洲生物質會議與展覽(EUBCE 2017)獲得相當多寶貴的思維與資訊，有利於本所未來在生質精煉技術上更加精進，也更能全面性的評估與規劃未來研究方向。相關建議概述如下：

- 本所已建立熱裂解技術平台與加氫處理技術平台，然生質裂解粗油含氧量高，穩定性差，可評估觸媒裂解技術或後端整合重組器，以提升生質裂解粗油的穩定性，有利於後續再加氫改質或純化分離操作。
- 將生質粗油完全氫化成 drop-in fuel，氫氣耗量較多，目前並不符合經濟效益，但可評估與石化流體化觸媒催化(fluid catalytic cracking process)共製程之可行性。目前已知美國 UOP/加拿大 Ensyn，以及荷蘭的 BTG 已投入相關研究，其中 UOP/Ensyn 的進度已完成試量產(pilot plant)驗證測試，應持續追蹤。
- 本所目前已建立液液萃取技術將生質粗油中的酚化物提煉出來，並進一步合成酚醛樹脂。也許可以嘗試藉由後段冷凝溫度的控制來獲得高純度的酚化物，以減少一段提純步驟，但可能獲得酚化物的分子量會不同，也會間接影響最終酚醛樹脂的特性，需進一步測試評估。另外，也可以評估以此酚化物合成聚胺酯(PU)、環氧樹脂...等其他生質高分子之可行性。
- 國內每年事業汙泥產生量約 300 萬噸，通常含水率約 80%，應該適合水熱液化技術，除可收取處理費用，又能將廢棄物轉化成其他有用資源，極具商業發展前景。然此技術需要高溫高壓設備，可與鄰近的工業金屬中心共同合作發展。另須注意不同事業廢棄物的組成，若含大量重金屬，後續如何處置或再利用。
- 可以評估國內料源種類、數量與分布位置，若以小套熱裂解設備或水熱液化設備先將其轉化成生質粗油，再運回集中式工廠運轉操作，集中式工廠可以是石化的 FCC 共製程生產生質燃料，也可以提煉酚化物去合成生質高分子。
- 本所目前也由從事巨藻(macroalage)相關研究，可以參考歐盟目前推動的計畫，如 The Seaweed Biorefinery (Marine Biotechnology 贊助計畫)； MAB4 (Macroalgae biorefinery for high value products)； MacroFuel； Macro Cascade...等。