

出國報告（出國類別：其他）

## 赴日參加 2014 年日本智慧社區生質能 展與參訪日本生質能源產業機構

服務機關：核能研究所

姓名職稱：顏豐裕 助理研究員

派赴國家：日本

出國期間：103 年 6 月 16 日~103 年 6 月 21 日

報告日期：103 年 7 月 18 日



## 摘要

本次赴日考察參訪，係訪問日本產業技術綜合研究所(AIST)位於筑波(Tsukuba)之總部，該機構係透過集合多方面領域技術者的研發能力，結合創新研究活動，開發新技術，進而應用於新興產業。此外，亦參加於東京國際展示場所舉辦之 Smart Community Japan 2014 的 Biomass expo 生質能展，以了解日本在纖維酒精製程、前處理技術、生物技術、產業化等之最新發展現況，同時尋求技術推廣的管道與機會。目前日本生質燃料或化學品發展策略，係為國內發展生質轉化技術和進行專利布局，並鼓勵廠商至料源充足國家如中國或東南亞各國進行設廠生產，至於日本本土生質能利用則將優先發展產電或熱之相關技術，以區域型發電設施為重心。至於生質精煉議題，AIST 兩大重點發展方向為糖化平台與合成氣平台，值得本所參考。此外，本次參訪亦深入了解日本再生能源推動情形與內容，包括智慧社區之推動與再生能源產電饋入補助(FIT)方案之實施狀況，值得我國繼續持續關注與借鏡。

## 目 次

摘要.....	i
一、目的.....	1
二、過程.....	2
三、心得.....	38
四、建議事項.....	41
五、附錄.....	42

## 圖目錄

圖 1 AIST Tsukuba 參訪留念於 AIST 本部行政大樓 .....	4
圖 2 資源轉換觸媒組實驗室之參訪解說 .....	4
圖 3 Science Square Tsukuba 參訪留念 .....	5
圖 4 日本產業技術綜合研究所之沿革 .....	6
圖 5 日本產業技術綜合研究所轄下主要研發基地 .....	7
圖 6 日本產業技術綜合研究所擁有之六大研究領域 .....	7
圖 7 日本產業技術綜合研究所之海外合作對象 .....	8
圖 8 AIST 對於 woody biomass 技術開發之兩大重點發展方向 .....	9
圖 9 Oji Paper 廠址建造日進料 1 噸之測試工廠 .....	10
圖 10 機械研磨與水熱前處理法之設備構造 .....	10
圖 11 AIST 酵素水解策略 .....	11
圖 12 AIST 替代運輸燃料發展策略 .....	11
圖 13 合成氣產液態燃料之流程 .....	12
圖 14 日本生質能產液態燃料之策略與佈局 .....	12
圖 15 資源轉換觸媒組實驗室之研究主題說明 .....	14
圖 16 資源轉換觸媒組實驗室之解說看板 .....	15
圖 17 智慧社區(Smart Community)之概念與內容說明 .....	16
圖 18 智慧社區(Smart Community)之商業模型應用情境說明 .....	17
圖 19 Smart Community Japan 展出之內容說明 .....	18
圖 20 Biomass EXPO 展出主題與主要參觀者 .....	19
圖 21 Biomass EXPO 展出攤位位置示意圖 .....	20
圖 22 核研所成果展出現場配置圖 .....	20
圖 23 NARO 纖維酒精開發 .....	22
圖 24 NARO 纖維酒精開發之纖維水解酵素和共發酵菌株 .....	23
圖 25 JIRCAS 老棕櫚樹幹產製酒精開發計算 .....	25
圖 26 JIRCAS 老棕櫚樹幹產製酒精開發之壓榨程序和發酵測試 .....	26
圖 27 JIRCAS 棕櫚油產業共構開發 .....	27
圖 28 JIRCAS 與 IHI 進行產官學合作開發 BTL 製程技術 .....	29
圖 29 JIRCAS 開發同時酵素生產和糖化法(BSES) .....	30
圖 30 JIRCAS 開發連續同時酵素生產和糖化法(BSES) .....	30
圖 31 Renagen 生質產氣生電技術簡圖 .....	31
圖 32 AIST 東亞生質能源網 .....	32
圖 33 AIST 東亞區域生質原料發展策略 .....	33
圖 34 AIST 生質能發展藍圖 .....	33
圖 35 再生能源產電饋入補助(FIT)方案施行流程 .....	35
圖 36 再生能源產電饋入補助(FIT)方案針對不同再生能源之具體補貼情形 .....	36

圖 37 尚未利用之主要生質物總量 .....	37
圖 38 生質物可利用之形式 .....	37

## 表目錄

表 1 赴日參訪行程表 .....	2
表 2 AIST Tsukuba 參訪流程.....	3
表 3 Smart Community Japan 2014 之 Biomass EXPO 參展者.....	19

## 一、目的

鑒於核研所纖維酒精量產技術研發計畫已有具體成果，後續亦將以產業化推廣以及加值化生質精煉平台推動為重點工作項目，因此本次赴日考察，安排參訪日本生質能源領頭羊機構之一的日本產業技術綜合研究所(AIST)，本次行程參訪 AIST 位於筑波(Tsukuba)之總部，透過與該所生質能專家互動交流，除可了解日本生質能源技術之發展現況與未來產業化策略外，並可推展本所生質能技術應用，增進雙邊未來合作與技術交流之可行性。目前本所纖維酒精研發團隊已建立多項製程技術及量產技術測試平台，為進一步推動纖維酒精技術朝向產業化發展，本次亦參加 Smart Community Japan 2014 之 Biomass expo 生質能展，該展覽主軸為生質能源產業設備和材料，內容包含生質物發電發熱、生質燃料、生質物利用等，其中更涵蓋木質纖維素酒精產業技術和設備，藉由吸取展覽內容，除了解國際上生質能產業之發展現況外，亦可透過實質交流尋求推廣機會，落實研發成果產業化之應用。藉由此次參訪，可促進了解日本國內再生能源推動情況、生質能利用情形以及纖維酒精、生質精煉產業化之發展現況，有助於了解產業化推動之瓶頸，作為核研所纖維酒精計畫研發及技術推廣之規劃參考。除此之外，藉由與生質能技術專家之實際交流與經驗分享，建立合作資源及資訊交流之管道，有助於後續於亞洲地區進行合作研究或共同行銷推廣之機會。再者，藉由實地參訪，有助於提高核研所於生質能源研究之能見度。



## 二、過程

103 年 06 月 16 至 21 日赴日本參訪位於茨城縣之日本產業技術綜合研究所筑波總部(AIST Tsukuba)，以及參加於東京台場東京國際展示場(Tokyo Big Sight)舉辦之 Smart Community Japan 2014 的生質能展(Biomass EXPO)，詳細參訪行程與工作內容如表 1 所示。

表 1 赴日參訪行程表

日期	行程	工作內容
103 年 06 月 16 日 (星期一)	台北-日本茨城縣	往程
103 年 06 月 17 日 (星期二)	日本茨城縣	參訪日本產業技術綜合研究所筑波總部 (AIST Tsukuba)
103 年 06 月 18 日 (星期三)	日本東京	參觀 Smart Community Japan 2014 的 Biomass expo 生質能展
103 年 06 月 19 日 (星期四)	日本東京	參觀 Smart Community Japan 2014 的 Biomass expo 生質能展
103 年 06 月 20 日 (星期五)	日本東京	參觀 Smart Community Japan 2014 的 Biomass expo 生質能展
103 年 06 月 21 日 (星期六)	日本東京-台北	回程

### (一)日本產業技術綜合研究所筑波總部(AIST Tsukuba)參訪

#### 1.參訪過程說明

本次赴 AIST Tsukuba 參訪，係與 AIST 國際部審議役坂西欣也博士接洽，並由其擔任本次參訪之主持人。坂西欣也博士先前是 AIST 位於廣島之生質技術研究中心(BTRC)之所長，為人和善風趣，亦曾數度前往臺灣進行演說或相關參訪及旅遊行程。在 6 月 17 日的參訪中，AIST Tsukuba 主要與會人員包括國際部審議役坂西欣也博士(Dr. Sakanishi)、國際部總括主幹橋本佳三先生(Mr. Hashimoto)以及國際部總括主幹劉彥勇博士(Dr. Liu)等人，而核研所參與人員則為化學組許登傑先生與顏豐裕先生。

本次參訪流程如表 2 所示，參訪行程首先在位於 AIST Tsukuba 第二中央區之本部行政大樓(main administrative building)進行雙方交流，合影留念請參考圖 1，在這裡由橋本佳三先生負責介紹 AIST 之沿革與現狀，包括目前發展規劃與國際合作現況，值得注意的是橋本佳三先生全程使用中文解說。接著，由坂西欣也博士負責介紹目前 AIST 生質精煉研發之現狀與展望，而後則由核研所負責介紹本所之沿革與研發情形，並特別說明本所生質精煉之現況與未來規劃，核研所簡報檔案請參考附件 1。經過簡報後，AIST 與我方充分討論生質精煉之相關議題，

並交換日本與台灣相關技術發展之心得。

本次參訪的第二階段係參觀位於 AIST Tsukuba 第五中央區之能源科技研究部門(Energy Technology Research Institute)轄下之資源轉換觸媒組實驗室(Resource Conversion Catalyst Group Laboratories)，由該實驗室之劉彥勇博士負責總介紹，相關照片詳見圖 2。參觀過程中主要說明資源轉換觸媒組在製造高品質運輸用燃料之相關觸媒研發情形，並介紹相關研發設施。資源轉換觸媒組實驗室看得出來是有系統的安排與規劃，儀器設備相當多，但實驗室擺設依舊非常整潔，而且動線良好。

參觀實驗室後，坂西欣也博士再額外安排參觀 AIST 之 Science Square Tsukuba，這裡主要是規劃 AIST 之所有相關研發成果展覽，展出內容十分豐富，展區規劃十分有設計感，且力求活潑生動並互動式地表現出研發成果，值得我們參考，相關合影留念請參考圖 3。

**表 2 AIST Tsukuba 參訪流程**

Time	Events	Persons	Place
10:00	Arrival	AIST	Entrance, Main Administrative Bldg.
10:00-10:30	Overview on AIST and Biomass Refinery Research at AIST	Mr. Hashimoto Dr. Sakanishi	Meeting Room A, 8 <sup>th</sup> Floor, Main Administrative Bldg.
10:30-10:45	Overview on INER		
10:45-11:00	Discussion		
<b>Move to Central 5</b>			
11:10-11:50	Lab. Tour: Resource Conversion Catalyst Group, Energy Technology Research Institute	Dr. Liu Dr. Sakanishi	5-1C-131, AIST Central 5
<b>Move to Restaurant</b>			
12:00-12:45	Lunch	Dr. Sakanishi	Cafeteria
12:55	Departure for TX Tsukuba Station by shuttle bus	AIST	Central 1

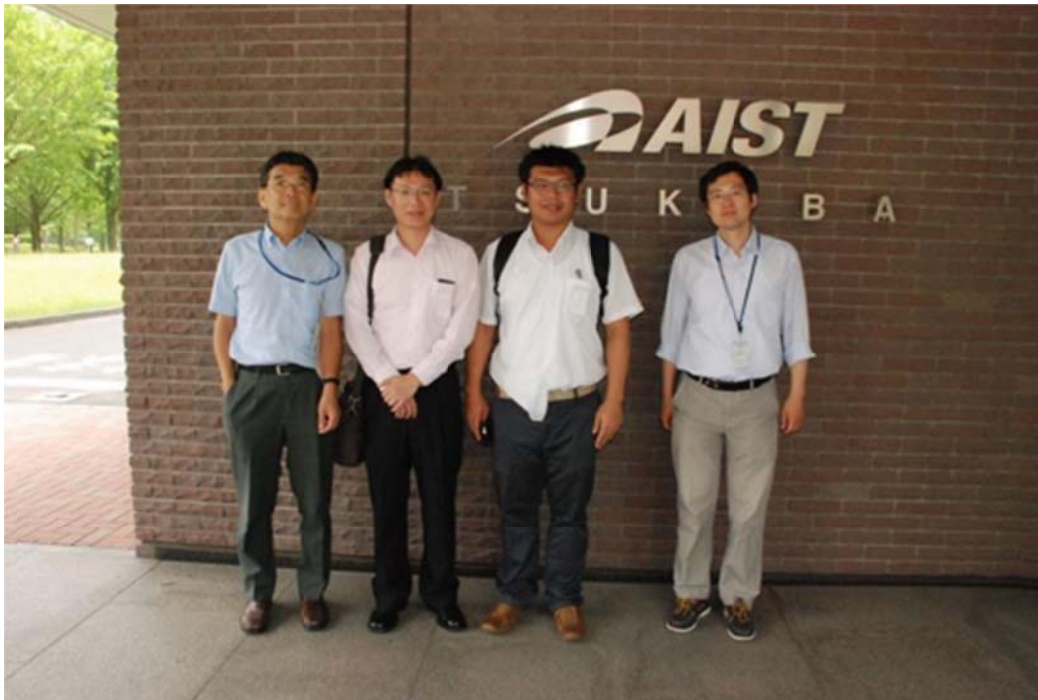


圖 1 AIST Tsukuba 參訪留念於 AIST 本部行政大樓 (左一為坂西欣也博士、右  
一則為劉彥勇博士)

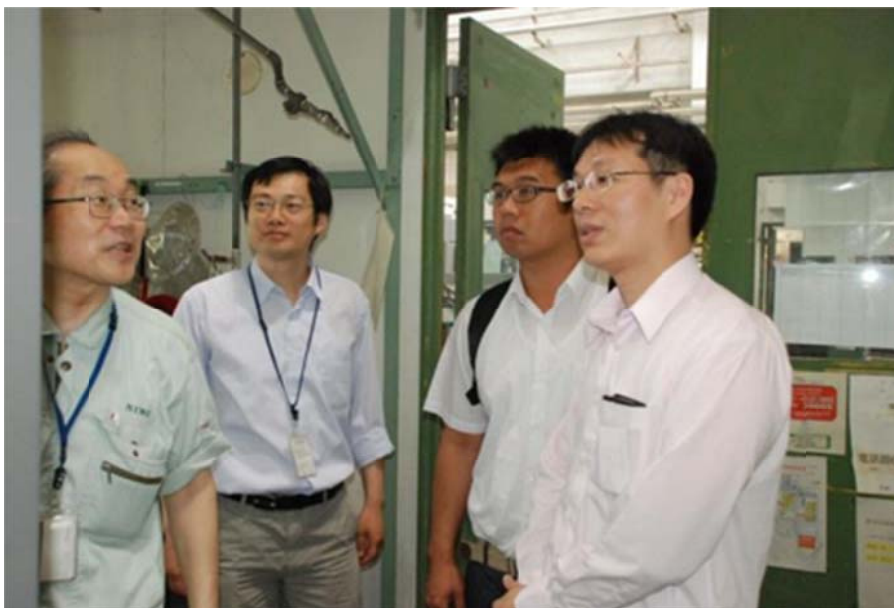


圖 2 資源轉換觸媒組實驗室之參訪解說(左二為劉彥勇博士)



圖 3 Science Square Tsukuba 參訪留念 (左一為坂西欣也博士)

## 2. AIST 沿革與現況說明(Overview on AIST)

AIST 沿革與現況說明係由橋本佳三先生負責說明。日本產業技術綜合研究所(AIST)係主要由日本政府所資助之政府研究機構，目前所長係自 SONY 公司延攬之 Ryoji Chubachi 博士，因此整體研究所之營運方式係採偏向業界模式。AIST 這個組織係在 2001 年所建立且整合之新組織，然而實際上相關轄下之研究機構最早自 1882 年就開始了(相關沿革見圖 4)。AIST 的總部係位於筑波與東京，其轄下有 40 個專注於不同創新研發領域之自主研究單位，而這些研究單位係位於分布在全日本各地之 10 個研究基地或其他數個場址，其中研究基地之分布情形詳見圖 5。目前 AIST 擁有約 2300 個正式研究人力，其中 80 個來自海外，此外約有上千個來自日本或海外之訪問學者、博士後研究員及學生在此從事研究工作。除此之外，亦約有 650 個固定管理職員及許多暫時員工輔助 AIST 之研究工作。

目前 AIST 之研究主要分為六大領域，包括生命科學/生物技術(Life Science/Bio-Technology)、奈米技術/材料/製造(Nanotechnology/Materials/Manufacturing)、地質調查/應用地球科學(Geological Survey & Applied Geo Sciences)、資訊通訊/電子學(Information Technology/Electronics)、環境/能源(Environment/Energy)以及計量/標準(Metrology & Measurement Technology)，細節如圖 6 所示。AIST 筑波總部發展項目較為多元化，而生質精煉和生物技術發展集中於位於日本中國地區生質精煉研究中心和北海道生物技術中心，未來可安排與此兩中心技術進行相關交流活動。

除此之外，為了符合政府政策需求，亦即 2011 年 7 月所發布之日本東北大地震後重建之基礎政策，AIST 決定在福島市(Fukushima)建立福島再生能源研究

部門(Fukushima Renewable energy institute)，因為福島市係為大量引進再生能源之先驅專區。此研究部門已在 2014 年 4 月開始運行，其主要研究方向有再生能源來源進階整合之研究與驗證(Research and Verification of Advanced Integration of Renewable Energy Source)、氫能載具之生產與運用技術(Production and Utilization Technology of Hydrogen Carrier)、風力發電之進階技術(Advanced Technology for Wind Power Generation)、具有薄結晶矽基太陽能電池之高性能模組(High-Performance Modules with Thin-Crystalline Silicon Solar Cells)、有效且永續使用地熱發電之技術(Technologies for the Effective and Sustainable Use of Geothermal Power Generation)以及地熱熱泵系統之潛力評估與系統適化科技(Potential Assessment of Ground-Source Heat Pump System and System Optimization Technology)。

除此之外，AIST 亦積極地開展國際合作，主要合作對象如圖 7 所示，係以簽訂合作協議方式來強化全球的研究網絡。目前 AIST 與台灣相關研究機構之主要合作對象為工研院(ITRI)，於 2005 年簽訂框架協議並於 2011 年更新，約每兩年舉辦一次共同研討會，合作研究主題包括太陽能光電、光觸媒、陽離子壽命測定與熱電。另外，AIST 與台灣大學化工系、成功大學防災研究中心、國家實驗研究院亦有進行研究合作。由於本所已有纖維酒精噸級廠規模之測試平台，可就此平台與 AIST 發展合作關係，進行酵素與發酵菌株之驗證測試，以及利用雙方之前處理設施，測試其對原料處理之效能，透過測試驗證與合作開發，可提升雙方之量產技術能力。未來雙方可進行研究合作協議簽署或聯合研討會舉辦等技術交流合作活動，增加國際合作機會。



圖 4 日本產業技術綜合研究所之沿革

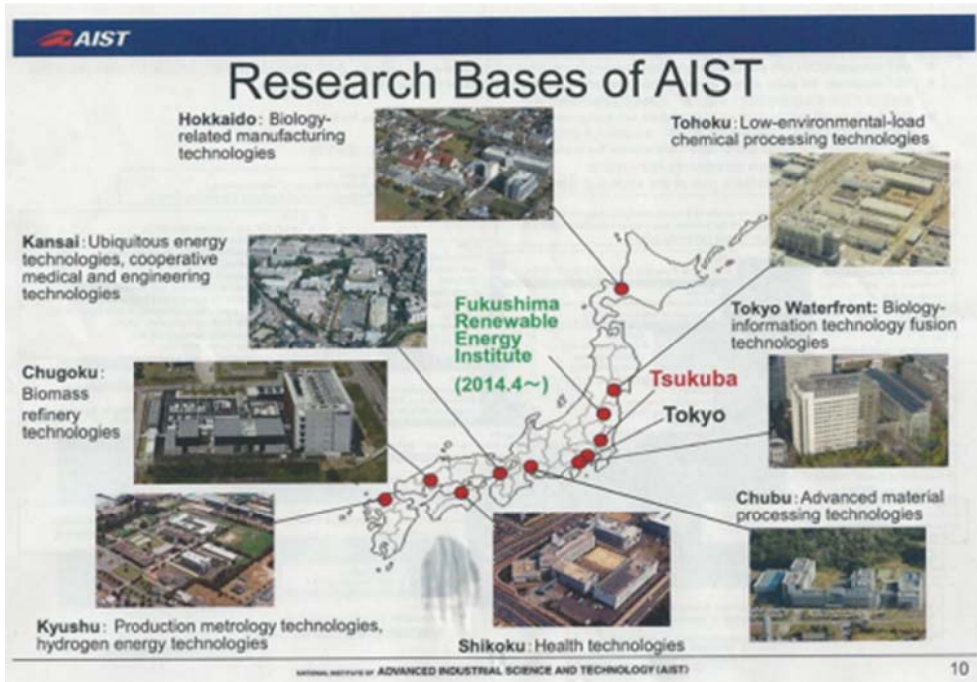


圖 5 日本產業技術綜合研究所轄下主要研發基地



圖 6 日本產業技術綜合研究擁有之六大研究領域



圖 7 日本產業技術綜合研究所之海外合作對象

### 3. AIST 生質精煉研發現況

坂西欣也博士簡報有關可用於生質燃料與生質化學品生產之 AIST 生質精煉研發現況。其提及，與國際趨勢類似，目前日本對於生質物利用之目標技術與產品，係依照不同生質物的種類與來源而有不同之思考。譬如，對於下水道污泥(Sewage Sludge)與食物廢棄物(Food Wastes)而言，目標產物係為甲烷、氫氣、肥料、動物飼料等，而目標科技為水熱前處理法(Hydrothermal Pretreatment)、乾餾(Carbonization)、兩階段發酵法(Two-stage Fermentation)以及廢水處理法(Waste-water treatment)。至於農業廢棄物(如稻殼、稻稈及蔗渣等)、能源作物(樹薯、甘蔗、棕櫚樹等)及水生生質物(Aquatic Biomass)、林業生質物(Forestry Product)等，目標產物則為甲醇、二甲醚(DME)、合成燃料、烯烴(Olefins)、氫氣、生質柴油(BDF)、生質塑膠、生質化學品、生質酒精、生質乙烯、生質丙烯等，而目標技術包括有生質液體燃料(BTL)、閃化裂解(Flash pyrolysis)、氣化(Gasification)、萃取與催化(Extraction & Catalysis)、無酸熱壓水熱前處理法(Non-acidic pretreatment)等技術。

而目前 AIST 針對 woody biomass 技術開發，兩大重點發展方向為糖化平台(Sugar platform)與合成氣平台(syngas platform)，如圖 8 所示，其研發基地分別在 Chugoku (中國地區/廣島) 與 Tsukuba (筑波)：

#### (1) 糖化平台：

係利用機械研磨與水熱法做為前處理方式，然後再經酵素水解與發酵轉化為酒精、乳酸、丁醇或其他高價化學品。AIST 於先前經由 NEDO (New Energy and Industrial Technology Development Organization)之支持，

已將技術技轉 Oji Paper (王子製紙;三井集團)，並在廣島 (Hiroshima)Oji Paper 廠址建造日進料 1 噸之測試工廠(2009~2013 年)，預計 2014 年後開始著手進行規模廠之建置規劃，如圖 9 所示。

關於機械研磨與水熱前處理法，目前 AIST 採用濕盤研磨法(wet disk milling)，可將渣料研磨至 100nm 以下。比較之下，乾式球磨法(dry ball milling)僅可將渣料研磨至 20um 以下，且耗能約前者之 100 倍(估算值)。至於前處理設備則類似紙漿工業所使用之型式，如圖 10 所示，依目前之評估，其可以放大至每日 500 噸之處理量，至於設備設計與建置主要是由專業機械公司主導。至於前處理效果，纖維素酵素水解率約 40%。除此之外，關於酵素水解方面，AIST 亦認為酵素成本係酵素水解中最重要之因子，其亦利用經前處理之渣料進行廠端(on-site)纖維酵素(cellulase)與半纖維酵素(Hemi-cellulase)之生產，如圖 11 所示。

- (2) 合成氣平台: AIST 在 2000-2010 年係以發展觸媒以便自石油中提煉低硫、低芳香族之汽油或柴油，目標是對環境友善之燃料技術。而 2010 年後，AIST 傾向發展可取代傳統石化燃料之燃料技術，即係直接將生質物高溫氣化產生合成氣後，再經觸媒轉化(Fischer-Tropsch process)，生成 bio-DME 或其他中間體，再去合成所需之 Olefins 或 Aromatics，如圖 12 所示，合成氣產液態燃料之流程則如圖 13 所示。目前以 Ru-based F-T 觸媒產製酒精之選擇比較高，所以較有發展潛力。

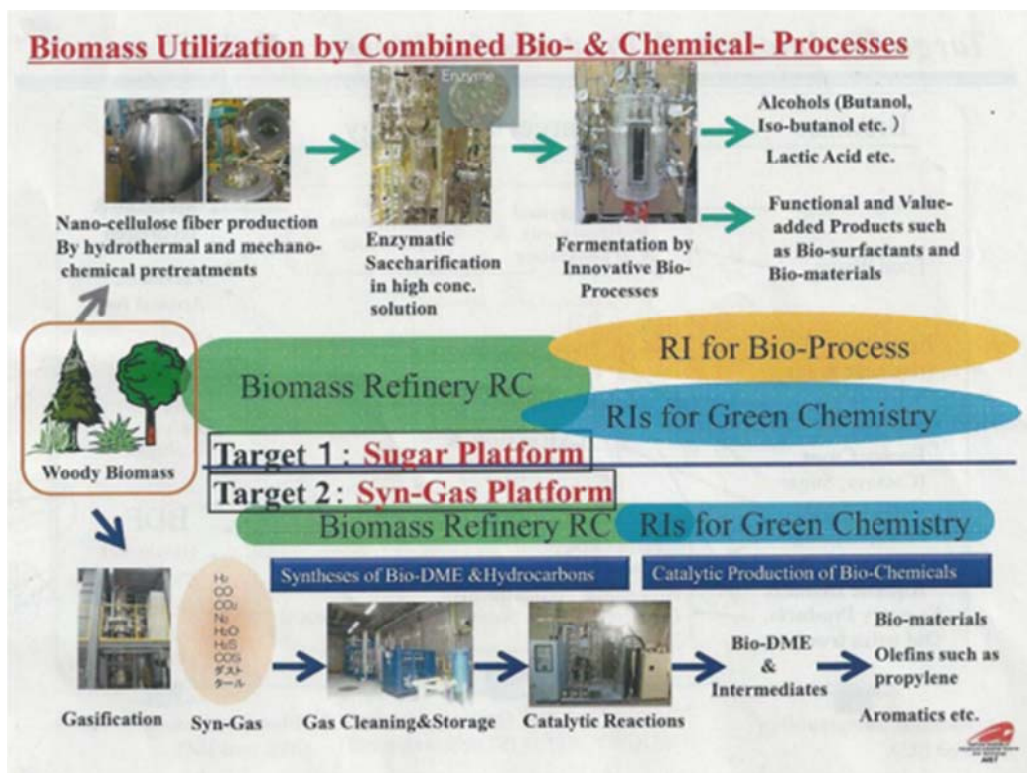


圖 8 AIST 對於 woody biomass 技術開發之兩大重點發展方向



## Total Pilot Plant of Bioethanol Production at Oji Paper Co. in Kure, Hiroshima, Japan

Capacity: 1 ton/d feedstock  
Feedstock: fast-growing  
eucalyptus  
Operated by NEDO, Oji Paper,  
Nippon Steel & Sumikin  
Engineering, and AIST

Supported by NEDO  
from 2009~2013  
⇒ To be demonstrated  
after 2014.



圖 9 Oji Paper 廠址建造日進料 1 噸之測試工廠

## Nanofibrillation Technology for Bioethanol Production

Grinding machine utilization of pulp industry



**Thermo-Mechanical Pulping (TMP)  
machine (500t/day capability)**

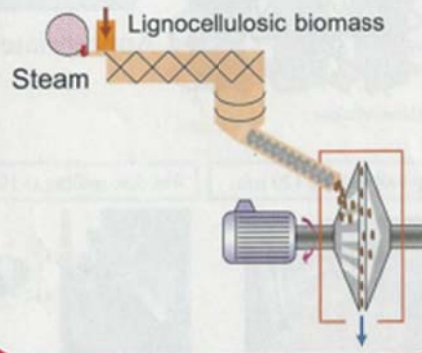


圖 10 機械研磨與水熱前處理法之設備構造

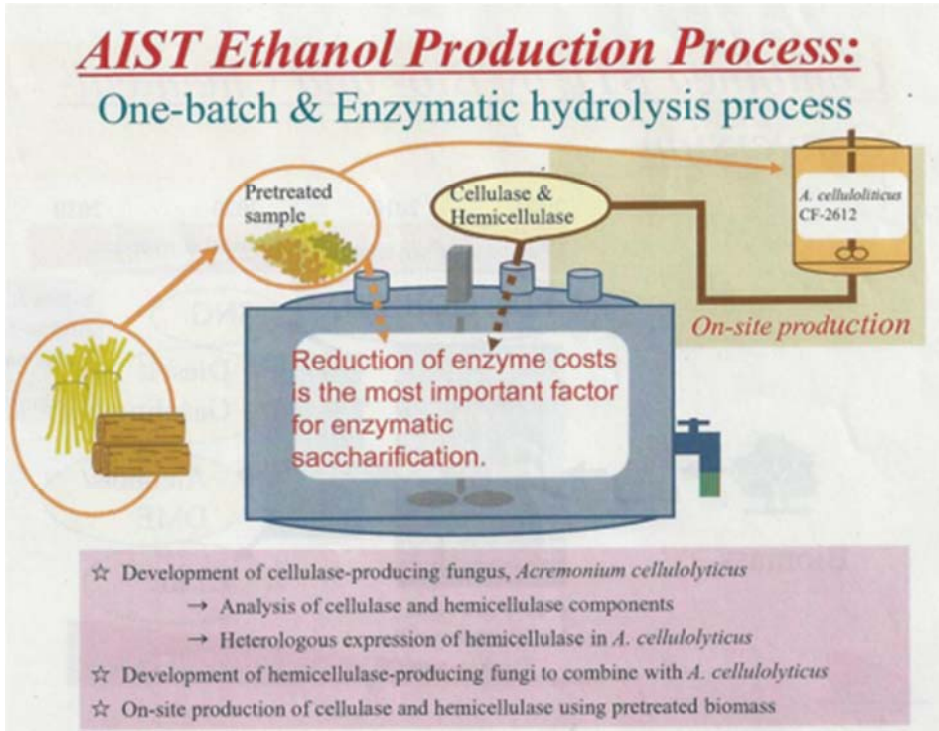


圖 11 AIST 酵素水解策略

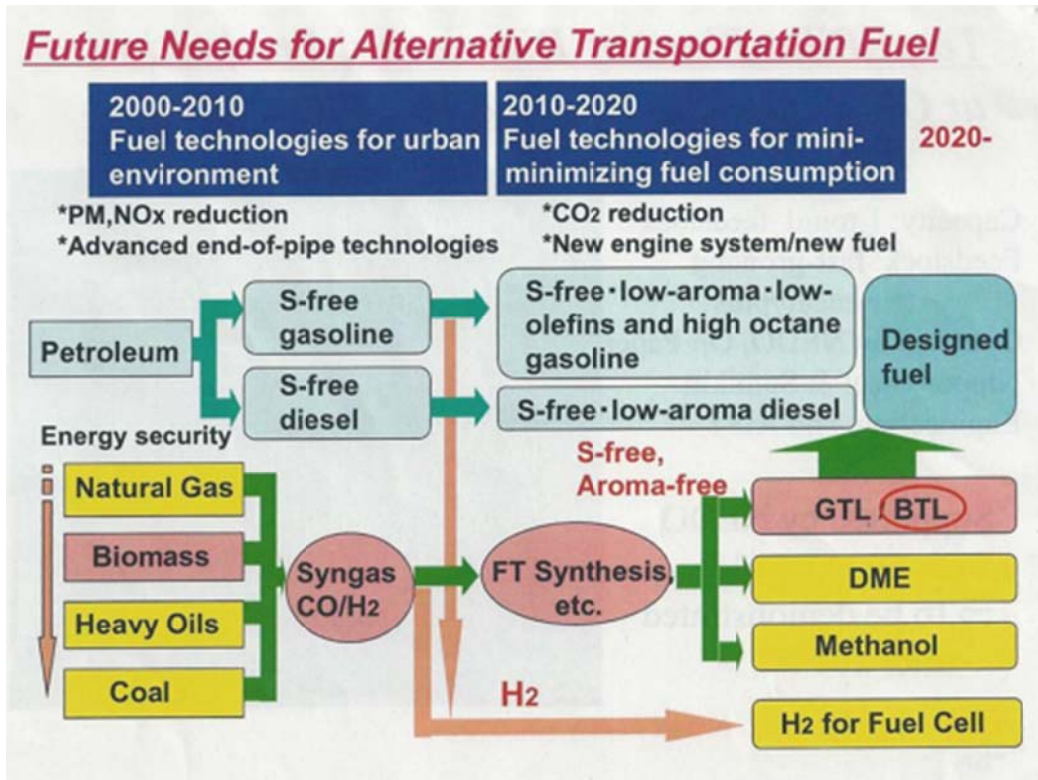


圖 12 AIST 替代運輸燃料發展策略

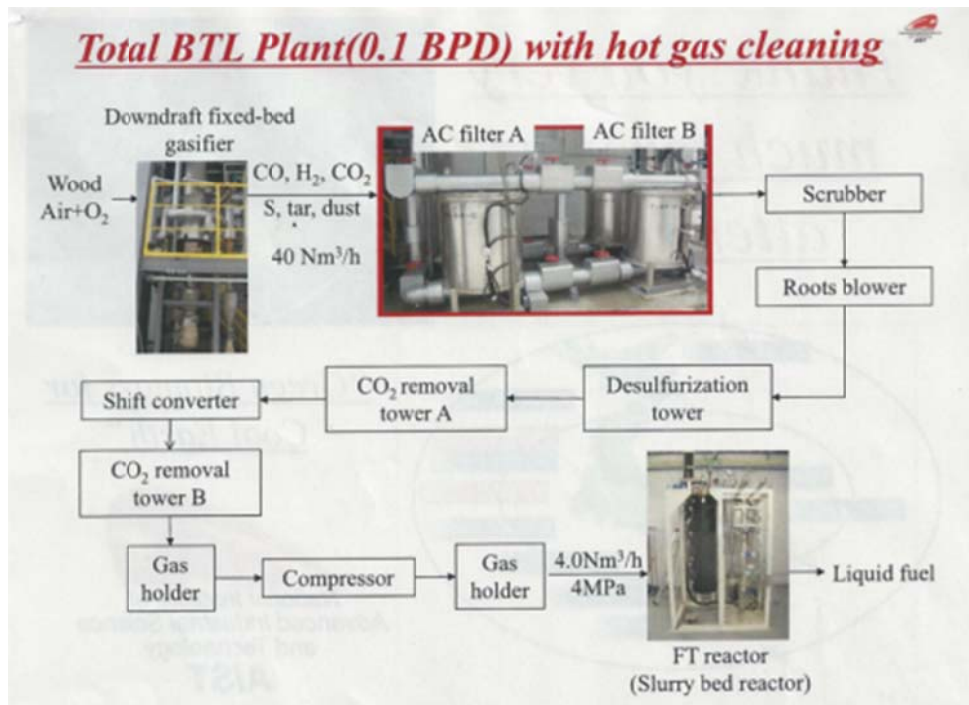


圖 13 合成氣產液態燃料之流程

日本現行生質燃料或化學品發展策略，係為國內發展生質轉化技術，並進行國外專利布局，鼓勵廠商赴料源充足國家如中國、東南亞等各國進行設廠生產，如圖 14 所示。至於日本國內，經地域評估有兩地較適宜生產，分別為北海道和沖繩地區，適用生質原料分別為麥稈和蔗渣。然而，由於日本國內料源較為不足，因此傾向優先發展生質能產電或熱，以區域型發電設施為重心。另一方面，對於技術授權而言，日本的政策採取較開放之態度，對於授權國、內外企業較無嚴格限制。

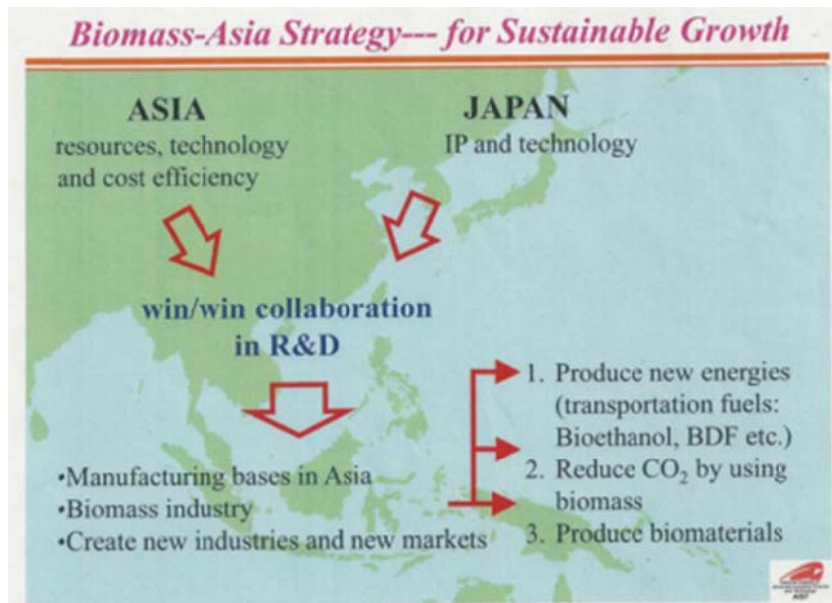


圖 14 日本生質能產液態燃料之策略與佈局

#### 簡報過程中相關提問與答覆整理如下:

**(A) 提問:**在原料價高、量少的情況下，日本國內自主生產生質液態燃料或化學品，如何進行技術推廣與發展？

**答覆:**日本現行生質燃料或化學品發展策略，係為國內發展生質轉化技術和進行專利布局，鼓勵廠商至料源充足國家如中國或東南亞各國進行設廠生產，若仍要在國內生產，經地域評估兩地最適宜生產，分別為北海道和沖繩地區，適用生質原料分別為麥稈和蔗渣。在日本國內料源不足狀況下，優先發展生質能產電或熱，以區域型發電設施為重心。

**(B) 提問:**AIST 對於纖維水解酵素發展之策略為何？

**答覆:**國外商業酵素價格高和具風險性，以自行發酵纖維水解酵素生產技術開發，於廠內生產自己自足為目標。

**(C) 提問:**技術授權於國內外是否有差異或限制？

**答覆:**日本採取較開放之態度，對於授權國內、外企業較無限制。

**(D) 提問:**目前日本生質燃料或化學品發展方向為何？

**答覆:**生質酒精技術仍會持續發展，但傾向不直接與汽油混摻添做為車用燃料，而是先轉換為 ETBE 後再添加至汽油混合使用。至於，生質燃料發展認為丁醇較酒精更適合直接作為車用燃料，且應用性更為廣泛。

#### 4. 參訪能源科技研究部門轄下之資源轉換觸媒組實驗室

本次資源轉換觸媒組實驗室(Resource Conversion Catalyst Group Laboratories)之參訪係在坂西欣也博士的陪同下，由劉彥勇博士與其他實驗室同仁負責解說。此實驗室係位於 AIST Tsukuba Central 5，其主要研發主題係為發展可用來製造高品質運輸用燃料之相關觸媒。主要研發動機之一係從保護大氣環境之觀點，亦即藉由採用潔淨燃料將能有助於車輛廢氣之減量。另一研發動機則是從保護全球環境之觀點，亦即藉由引擎燃燒改善科技與生質燃料之採用將有助於降低運輸部門對石油之依賴程度。

如圖 15 所示，資源轉換觸媒組已經能將 HDS(hydrodesulfurization)觸媒具體商業化以生產無硫(sulfur-free, S<10ppm)柴油。此外，其亦與觸媒公司合作將能耐受硫之貴重金屬觸媒(sulfur tolerant noble metal catalyst)具體工業化以生產低芳香族(low-aromatics)之柴油。目前資源轉換觸媒組正與泰國之國家研究院(NSTDA/MTEC, TISTR)合作研發生產高品質生質柴油燃料(BDF, biodiesel fuel)之技術，採用的觸媒係為能改善 BDF 氧化穩定度之貴重金屬觸媒。除此之外，該組亦發展能生產下一代生質燃料之基礎觸媒技術，包括：

- (1) 生質物之閃化/觸媒熱解(Flash/catalytic pyrolysis)，以及藉由氫化去氧(hydrodeoxygenation)方法將熱解所得之生質油(bio-oil)轉換為高價值之碳氫燃料(hydrocarbon fuel)。
- (2) 生質物氣化(biomass gasification)所得之合成氣(synthesis)之 Fischer-Tropsch 合成觸媒系統。

(3)透過植物油(vegetable oil)之直接異構化/加氫裂解(direct isomerization/hydrocracking)以進行燃料合成，主要研發料源為綠藻所產之油

(4)透過植物油之氫化去氧以進行燃料合成，主要研發料源為廢食用油

在參訪過程中，解說人員特別指出項次(2)目前以 Ru-based F-T 觸媒進行乙醇合成之選擇比較高，較有商業應用發展潛力；至於項次(1)之生質物快速裂解產油目前尚在研發初期，是否能有商業應用發展潛力尚不可得知。資源轉換觸媒組實驗室之解說看板詳見圖 16。

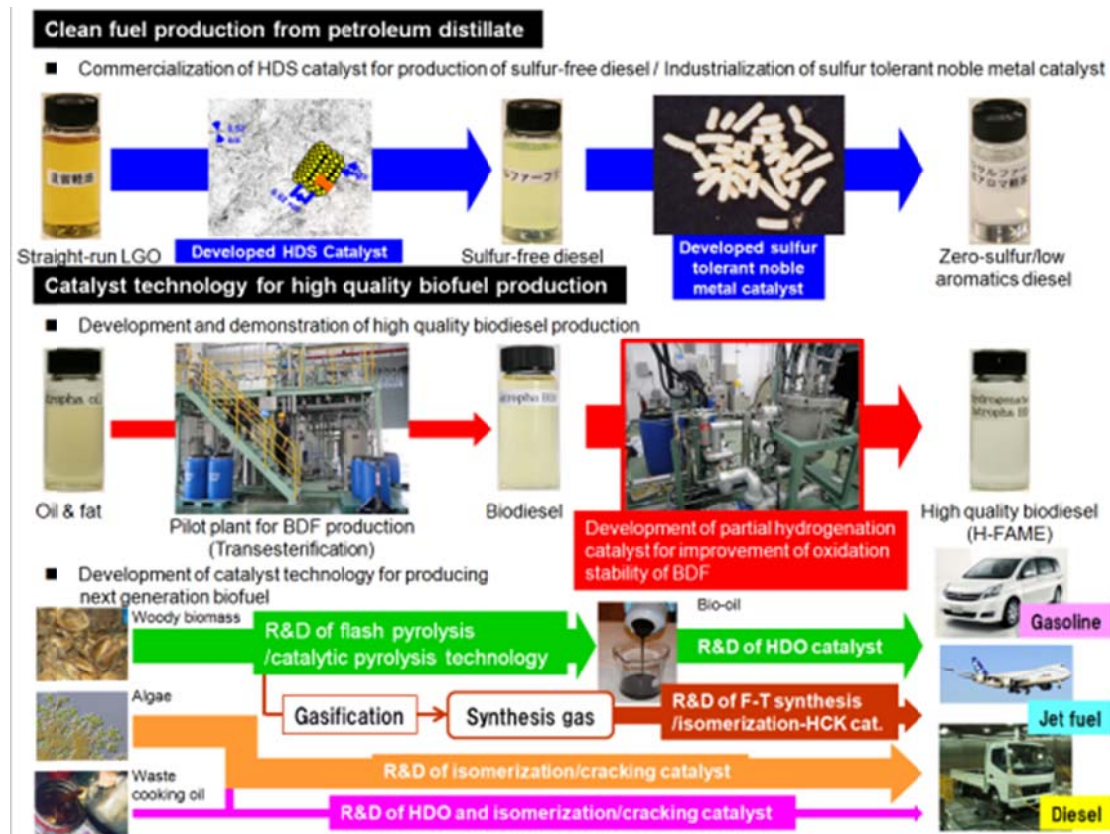


圖 15 資源轉換觸媒組實驗室之研究主題說明



圖 16 資源轉換觸媒組實驗室之解說看板

## (二)參與 Smart Community Japan 2014

本節首先將介紹智慧社區(Smart Community)之概念與具體內容，以便對於 Smart Community Japan 展覽之由來與內容可以有更深刻之了解，接著將介紹本次 Smart Community Japan 2014 展出內容，特別是 Biomass EXPO。然後，將整理 Biomass EXPO 中與核研所發展技術較為相關之重要展覽內容與演講並予以詳細說明，包括日本獨立行政法人農業食品產業技術總合研究機構(NARO)、日本獨立行政法人國際農林水產業中心(JIRCAS)、Renagen 公司、產業技術綜合研究所(AIST)等單位。最後，將詳細說明日本產業經濟省(METI)施行之再生能源產電饋入補助(Feed-In Tariff Scheme for Renewable Energy)方案，以了解目前日本政府對推動再生能源發電之企圖心。

### 1.智慧社區(Smart Community)之概念與具體內容:

日本為了達成改善生活品質，所以希望透過大量再生能源之採用與更高效率之能源使用形塑一個能降低二氧化碳排放之社會系統。為了達成以上目標，所需克服的挑戰包括:(1)必須改善電網之性能，以容納大量再生能源之採用；(2)必須改善電力供應者之間的良好溝通；(3)必須建置服務系統，以回應眾多需求端之要求。因此，最關鍵之解決方案係為智慧電網科技(Smart Grid Technology)，若然，依此所建立之智慧社區(Smart Community)就可以促成電力與熱能之有效利用。

智慧社區的初始目標係為促成有效能源之使用，為了達成此一目標，其廣泛地採用 IT 與儲能(accumulators)科技，適切地整合所有分散之能源來源如汽電共

生系統與再生能源，並以區域整合之方式管理能源。智慧社區通常包括汽電共生系統、產電與可利用再生能源所產生熱能之設備、產生能源之來源(如燃料電池)、能源儲存裝置(如蓄電池或電動汽車)以及能源管理系統(EMSs, energy management systems)。亦即，智慧社區不但包括電力供應系統，同時亦包括氣體供應系統、運輸系統、供水系統、熱水供應系統等等，詳見圖 17 之智慧社區之概念與內容說明。

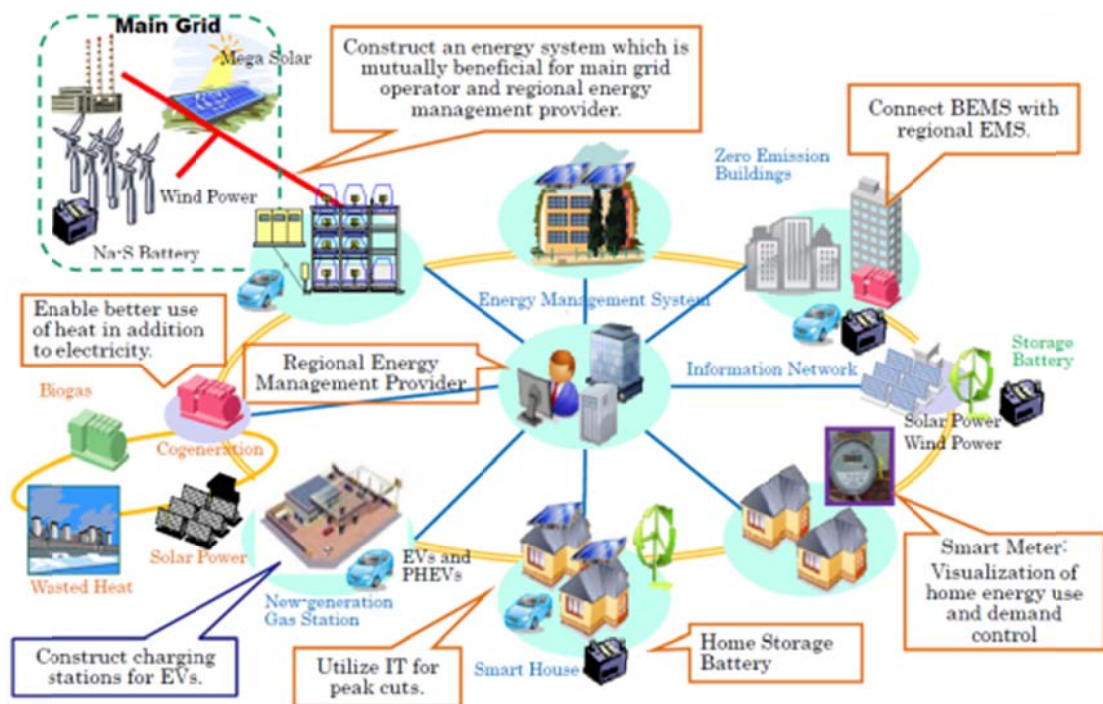


圖 17 智慧社區(Smart Community)之概念與內容說明

智慧社區之建立預期應可獲得以下之好處，包括:(1)可鼓勵大量再生能源之實際採用；(2)更容易促成能源之保存且亦能改善生活之便利性；(3)可建立更值得信賴之資訊網絡；(4)能有效促成電動車之宣導與採用；(5)可創造新的工作機會與服務方式。就中長期而言，藉由智慧社區之引進將能降低對於火力發電之依賴，而且亦能降低用電尖峰時期之低效率能源問題，如此將能建立一有效率之電力系統。

依據日本政府之規劃，按照都市規模大小之不同，應用於智慧社區上之商業模式(business models)可以有兩種類型。第一種模型係使用一氣電共生系統(cogeneration system)以共同實現電力與熱能之整體有效利用，而第二種模型係引進產電饋入補助方案(Feed-in Tariff scheme)以便能產生較不昂貴之電力並且能將電力供應至社區之邊陲位置。舉例來說，對於大都市而言，其優先採用高效率之氣電共生系統，而氣電共生系統之位置將鄰近對熱能有高度需求之所在地，如商業設施或住宅區。相關商業模型之應用情境詳如圖 18 所示，對於大型工業區而言，其將採用燃煤為主之火力發電作為基載電力，再配合再生能源之採用。而對

於小型城市，其將採用生質能發電系統，因為在這樣的規模下，生質能發電應可視為穩定之電力來源，在這樣的模型下，區域電力公司將透過產電饋入補助(FIT)方案購買電力，然後再供應給社區之消費者。除此之外，對於小型工業區而言，其亦將採用高效率之汽電共生系統，而此汽電共生系統將優先興建在對於熱能有高度需求之工廠或其他設施附近，至於電力則供應給周遭區域。

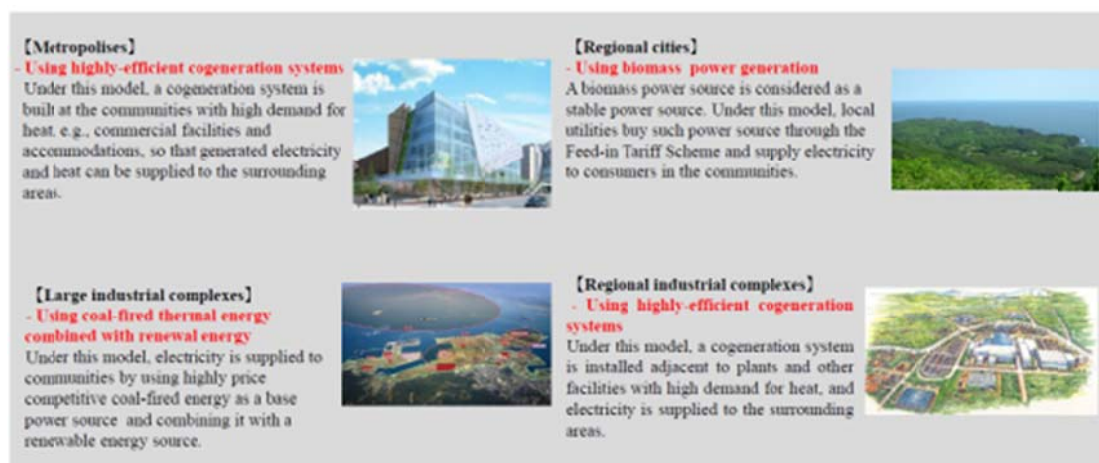


圖 18 智慧社區(Smart Community)之商業模型應用情境說明

由以上說明可知，智慧社區可以稱作下一世代之社區，其藉由基礎建設之管理與控制之最佳化，便可創造出更適合人類與環境之智慧電網系統，並可因地制宜地規劃智慧社區之具體操作模式，這樣的政策思維值得同為海島國家的我們繼續深入瞭解與參考。由於智慧社區仍處於概念階段，藉由綠能科技之不斷發展，未來在發展上仍有許多可能性，建議台灣亦能參酌這樣的概念，並依據目前自身綠能科技之優勢處，因應各區域不同之需求，規劃出更有效率之電能供應網策略。

## 2.Smart Community Japan 2014 展出內容

Smart Community 2014 是在日本相關部會支持下，展覽會已連續舉辦四年，由日刊工業新聞社(Nikkan Kogyo Shimbun)所主辦，6月18日至20日於日本東京國際展示場(Tokyo Big Sight)舉辦，為期三日，其展出內容之主要環繞在「希望能為個別區域居民具體創造出理想居住城市」這樣的主题架構下，期望達成之目的有三：(1)建立低碳社會；(2)強化災後之保護功能；(3)創造新工業區域之工作機會。因此，在建立一智慧社區之動力來源下，此次展出主题區分為四大部分，亦即智慧社區(Smart Community)、生質物(Biomass)、下一世代車輛(Next Generation)以及農藝商業解決方案(Agricultural Business Solution)。至於細部之展出內容則如圖 19 所示。





圖 19 Smart Community Japan 展出之內容說明

本次 Biomass EXPO 所希望召集之參展者可區分為兩大類，其一是能源轉換相關(energy transformation)主題，另一個則為物質轉換(material transformation)相關主題，如圖 20 所示。而在展區實際參觀相關 Biomass EXPO 參展者，如表 3 所示，而相關展出攤位位置示意圖則如圖 21 所示，值得注意的是本次核研所亦有派員參展，所展出內容如圖 22 所示，主要針對本所纖維酒精研發團隊所建立多項製程技術及量產技術測試平台向與會參訪貴賓介紹，並進行推廣。經由實際參觀後，可發現所展出技術主要集中在區域型沼氣設備技術、生質物燃燒產電等能源轉換相關技術，關於生質物產製燃料或化學品之物質轉換相關技術，則主要僅包括：

- (1) 日本獨立行政法人農業與食品產業技術綜合研究機構(NARO)：以稻稈及 Erianthus (蔗茅屬)為原料並以 CaCCO (Calcium Capturing by Carbonation) 法進行前處理，後續以發酵產製酒精。
- (2) 日本獨立行政法人國際農林水產業中心(JIRCAS)：採用東南亞料源棕櫚樹進行榨汁，再以發酵產製酒精，並與 IHI 公司進行產官學合作，發展棕櫚廢水和舊棕櫚樹汁產氣進行 GTL 技術開發。

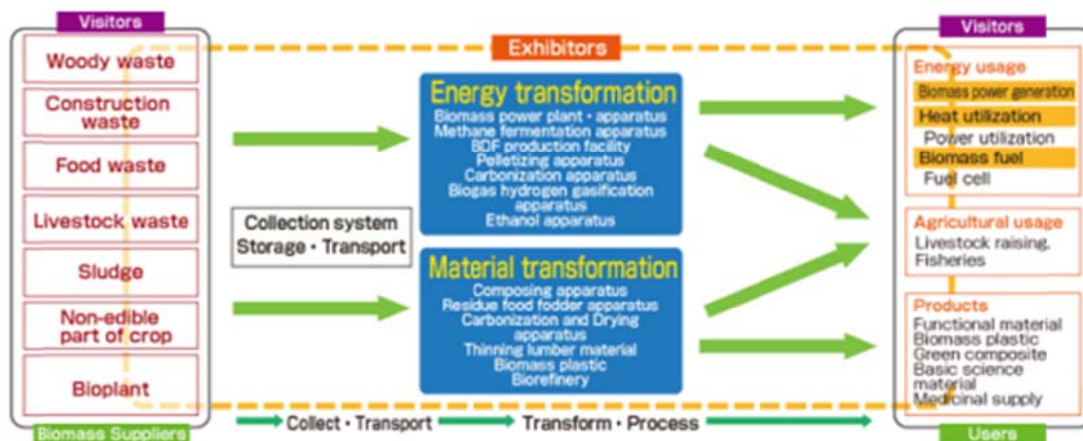


圖 20 Biomass EXPO 展出主題與主要參觀者

表 3 Smart Community Japan 2014 之 Biomass EXPO 參展者

項次	參展單位
1	CHUGAI RO CO.,LTD.
2	Cornes and Company Limited
3	Forestry and Forest Products Research Institute (FFPRI)
4	HIBIYA AMENIS CORPORATION
5	IFCJ KK Ecolifelab
6	<b>Institute of Nuclear Energy Research,Atomic Energy Council,R.O.C</b>
7	Japan Environmental Science Laboratory
8	Japan organics Recycling Association
9	Japan Science and Technology Agency
10	KYODO INTERNATIONAL INC.
11	MATSUBO Corporation
12	Mitsubishi Plastics,Inc.
13	Nagaoka University of Technology
14	National Agriculture and Food Research Organization
15	OHARA Corporation
16	Renagen Inc.
17	SANYO TRADING CO., LTD.
18	Testo K.K
19	The Environmental News
20	The Japan International Research Center for Agricultural Sciences(JIRCAS)

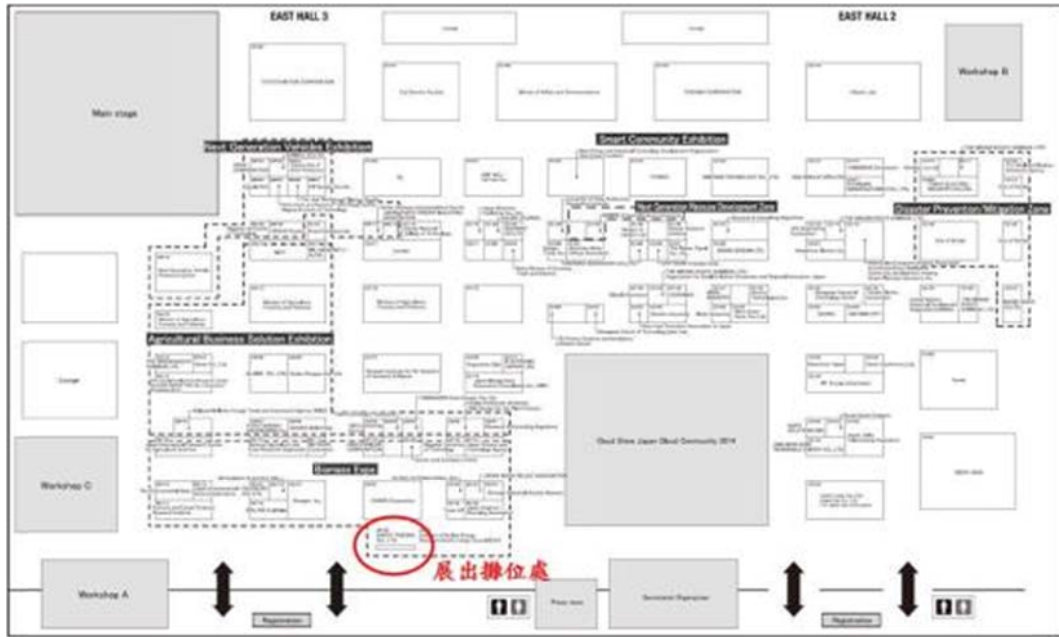


圖 21 Biomass EXPO 展出攤位位置示意圖

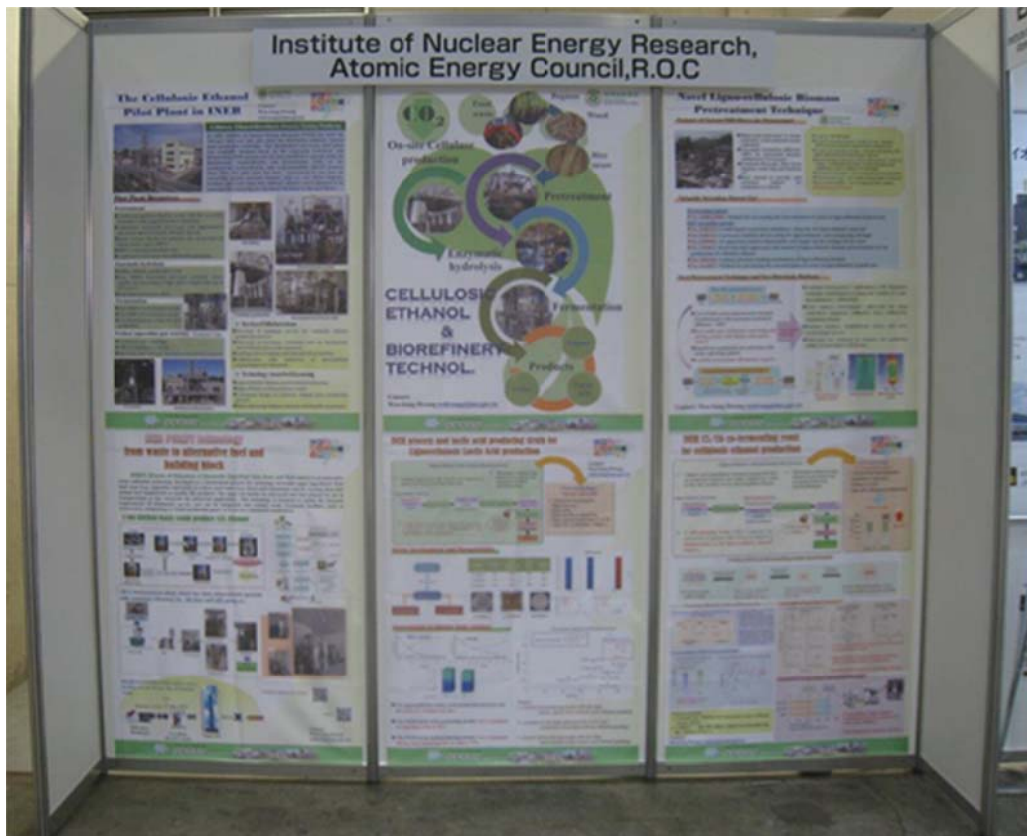


圖 22 核研所成果展出現場配置圖

### 3. Biomass EXPO 中重要展覽內容與演講整理

(1) 日本獨立行政法人農業食品產業技術綜合研究機構(NARO, National

## Agriculture and Food Research Organization)

NARO 研究主題包含穩定糧食供應系統、氣候變遷和生質物、發展新農業和糧食工業、農業和農村規劃、核災應變和農業機械化推廣，本次展出內容包含生質物燃料應用、堆肥和肥料開發及纖維酒精製程開發。生質物燃料應用技術開發係以將乾稻稈製為錠狀進行燃燒，作為產熱或發電；而堆肥和肥料開發則為將畜產廢水，進行肥料產製和堆肥發酵產出熱回收進行再利用，降低畜產廢水和循環利用。

NARO 發展纖維轉化酒精程序，以地域性資源之小型規模製程技術開發為首要目標，期可達多樣性原料投料和簡單程序之準則。以稻稈和 *Erianthus*( 蔗草 ) 為木質纖維素原料，纖維前處理和糖化方法為 CaCCO( calcium capturing by carbonation)法；步驟係由前處理步驟中纖維原料加入  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ，稻稈於  $90^\circ\text{C}$  下反應，而蔗草為  $100^\circ\text{C}$  下反應，各反應 1 小時，續添加  $\text{CO}_2$  作為中和劑，使  $\text{CaCO}_3$  為可溶性  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ，同時直接添加纖維水解酵素分解纖維素與半纖維素，水解固液比操作為 28%，經水解 72 小時後，稻稈可得總糖(葡萄糖和木糖)轉化率約 80%，而蔗草可得總糖轉化率約 68%，取得糖液發酵轉化為酒精，如圖 23 所示。NARO 自行開發纖維水解酵素生產發酵技術，使用生產菌株為 *Trichoderma reesei* 突變株，利用 UV 突變 *Trichoderma reesei* ATCC66589，酵素生產方法係以添加不同比例葡萄糖、木糖、纖維雙糖、阿拉伯糖、澱粉或蔗糖等低成本糖類進行連續饋料添加誘導，並根據誘導糖比例調整進行生產不同酵素組成的調和酵素，根據調和酵素特性應用至不同木質纖維素原料，如圖 24 所示，原生 ATCC66589 於標準纖維素為原料進行誘導可得酵素活性達 25FPU/mL，以葡萄糖和雙糖進行誘導可得酵素活性約 13FPU/mL，而經突變菌株以標準纖維素誘導可達 28FPU/mL 與糖類誘導可得酵素活性約 20FPU/mL。該單位也進行共發酵菌株開發，該菌株為可於發酵溫度  $40^\circ\text{C}$  操作之 xylulose 代謝菌株 *Candida glabrata* 3163 dgXK1，以同時異性化發酵程序(Simultaneous Isomerization and Fermentation, SIF)進行轉化木糖為酒精，所謂同時異性化發酵程序是指於木糖水解液中添加 xylose isomerase 酵素將木糖轉為 xylulose，水解液中 xylulose 再被發酵菌株利用轉換為酒精，其酒精產率可達 75%，如圖 24 所示。

針對因應日本高料源收集成本和料源供應量不足造成纖維產業商業化瓶頸，NARO 開發可大量收集和單位面積高密度之生質原料，若以目前農業廢棄物收集進行纖維酒精產業仍需政府補助，而發展狼尾草和芒草原料種植則無需額外補助。NARO 改良之生質作物 *Erianthus* JES2，可使目前收集原料成本由每公斤 15 日元降至每公斤 6~10 日元，然而參展解說人員榊原祥清博士認為日本國內料源發展仍有瓶頸，建議至東南亞國家進行大面積栽種和收集較為合適。目前 NARO 稻稈纖維酒精生產成本約每公升 150~200 日元，預期目標達每公升 100 日元以下，期以利用地域性生產系統模式達成，由農地收集稻稈進行生質酒精生產，稻葉收集生產肥料賣出作為動物飼料使用，

所生產生質酒精和農產品售至城市，而城市所排出生活廢水或污水進行資源化為液肥，供給食用稻或飼料稻種植，降低化學肥料使用，形成稻稈纖維酒精系統鏈，進而增加纖維酒精產業化目的。



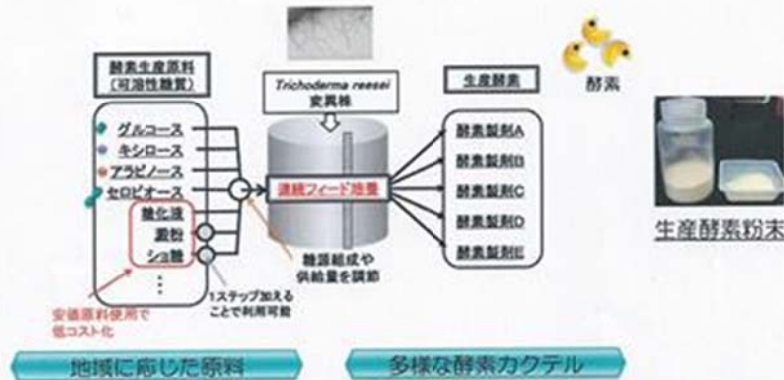
圖 23 NARO 纖維酒精開發

# 地域バイオプロセス実現のための 酵素生産・発酵新技術の開発

## 糖化

地域で効率的にセルラーゼ酵素を製造する技術を開発

- 可溶性糖質原料の連続供給により、安定的かつ効率的なセルラーゼ系糖化酵素生産システムを構築。
- 様々な糖質を酵素生産原料として使用し、その種類や供給法を調節することで、生産酵素群組成、力価や生産量の調節が可能。
- 地域の原料等を用いることで、地域産業等に応じた生産形態に対応可能。



## 発酵

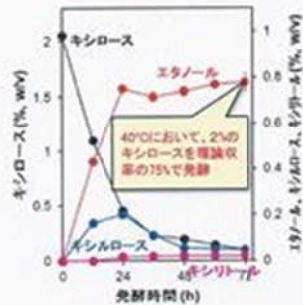
高温で効率良く五炭糖を発酵する方法を開発



**同時異性化発酵**  
【キシロースをキシロースに酵素変換し、キシロースを酵母によって発酵】

+

キシロース発酵能を強化した酵母  
【*Candida glabrata* 3163 dpXX1】



- リグノセルロース系バイオマスに多く含まれるキシロースを高い収率でエタノールに変換。
- 40°Cで発酵可能とすることにより、並行複発酵の際の温度ギャップの問題を低減。
- キシロース発酵の際に問題となるキシリトールの生成を抑制。

本研究は、農林水産省委託プロジェクト研究「農山漁村におけるバイオ燃料生産基地創設のための技術開発」の支援により行われました。



(独) 農業・食品産業技術総合研究機構

食品総合研究所

食品素材科学研究領域 糖質素材ユニット  
食品バイオテクノロジー研究領域 機能分子設計ユニット

図 24 NARO 繊維酒精開発之纖維水解酵素和共發酵菌株

(2)日本獨立行政法人國際農林水產業中心(JIRCAS, Japan International Research Center for Agricultural Sciences)

日本 JIRCAS 研究主題為資源環境管理、糧食穩定生產、農村活性和國際情報收集和提供，該中心以老化油棕櫚樹幹產出酒精製程和與石川島技術顧問股份有限公司(IHI)產官學共同合作開發之 GTL 計畫為展出主軸，小杉昭彥博士在該展出亦有參與成果演講，演講題目為東南亞生質物轉換技術開發和產業化，展出和演講內容分述如下：

(a) 老化油棕櫚樹幹產出酒精製程：

馬來西亞和印尼每年可生產約 4200 噸棕櫚油，為維持棕櫚油生產品質，約每 25 年需更新樹種，屆時將有大量棕櫚樹幹砍倒和丟棄，JIRCAS 研究發現老化油棕櫚樹汁含有高含量糖類，經實驗室測試其為可發酵轉換為酒精之糖類，並經分析後，發酵樹幹榨汁液中的糖類包含有蔗糖、葡萄糖和果糖，其總糖濃度可達 108~113g/L，而採收後的樹幹經熟成程序後，可使糖濃度增加至 140~160 g/L，即每公斤樹幹可產生 93.8 公斤糖，經換算每公頃可產生 9300~10100 公升酒精，較甘蔗轉換酒精生產量 4500~7200 公升高，若再將固形物中柔組織(parenchyma)進行水解，即每公頃可產生酒精可再提升至 14000~16000 公升，具非常潛力生產生質酒精的生質作物，如圖 25 所示。JIRCAS 開發處理量 500kg/h 剝除樹幹外皮設備，剝除外皮粉碎後作為合板使用，而剝皮樹幹進入處理量 750kg/h 壓榨設備，加水進行榨汁，可取得 80%汁液，糖濃度約 12%，經發酵可得約 5%酒精，如圖 26 所示。JIRCAS 依上述取得參數，進行零排放油棕櫚產業共構設計，如圖 27 所示，將棕櫚樹產油廠和樹幹生質酒精共構，所得廢料進行產氣、電或熱，降低棕櫚油產生過程所造成廢棄物。



## 伐採後のオイルパーム廃棄木中の糖の増加と オイルパーム廃棄木からのエタノール生産 Potential of Old Oil Palm Trunk as a Bioethanol Feedstock

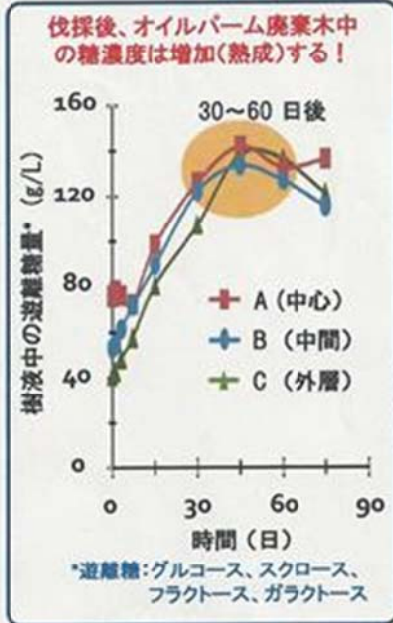
伐採後のオイルパーム廃棄木中の糖含量は保存中に増加し最大14~16%に達することを発見しました(私たちは「熟成」と呼んでいます)。酵素分解されやすい柔組織とあわせると、1本の廃棄木から約110Lのエタノールの生産が可能です。マレーシア及びインドネシアでは年間数千万本が伐採、再植されており、オイルパーム廃棄木はきわめて有力なバイオエタノール原料と考えられます。

Using the sap and fiber obtained from the old oil palm trunk, ethanol can be easily produced. Considering a large number of old oil palm trees are felled down for replanting in the Southeast Asian countries such as Malaysia and Indonesia, old oil palm trunk is the promising and important feedstock for bioethanol.

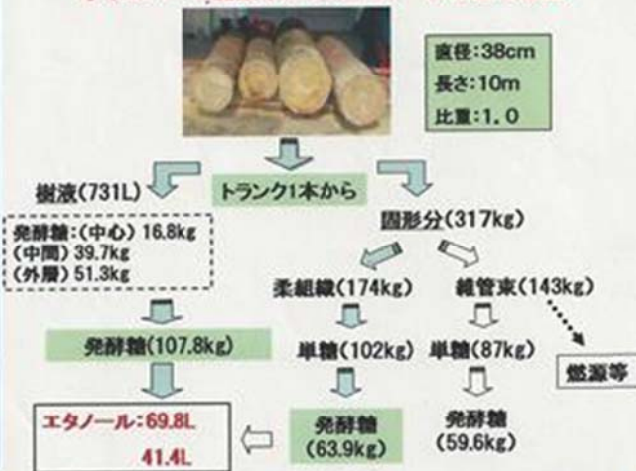


オイルパーム廃棄木とサトウキビ搾汁液の比較

	サトウキビ 茎	オイルパーム廃棄木 (熟成後)		
		A (中心)	B (中間)	C (外層)
水分含量	70%	83%	75%	68% ×0.9
搾汁液中の 発酵糖濃度	16%	14%	14%	15%
単位重量当たり 発酵糖含量	112g/kg	93.8g/kg ⇒ 106 kg/本		
単位面積当たり 生産量	60-90 トン/ha	154-168トン/ha (136-148本/ha)		
エタノール生産 可能量	4.5-7.2 kL/ha	9.3-10.1 kL/ha		



オイルパーム廃棄木からのエタノール生産可能量



共同研究機関: (独)森林総合研究所, Forest Research Institute Malaysia (FRIM), Universiti Sains Malaysia(USM)

図 25 JIRCAS 老棕櫚樹幹産製酒精開発計算



# オイルパーム古木からの樹液搾汁システムの開発

Development of a sap squeezing system from felled trunks of old oil palm for bioethanol production

オイルパームは樹齢と共に生産量が低下するために約25年で一斉に伐採、再植され、その際大量のパーム幹(トランク)が排出される。我々はオイルパームトランクに高濃度の糖を含む大量の樹液が存在し、熟成によって糖含量が大幅に増加することを発見した。オイルパーム古木樹液は有望なバイオエタノール原料と考えられることから、伐採されたオイルパームトランクからの樹液搾汁システムの開発を行った。本システムは、既存のかつら剥き機、並びに新規開発したシュレッダー及び圧搾機により構成される。外層部を合板用にかつら剥きした後の内層部(直径15~22cm)を用いて搾汁試験を行なったところ、最大約80%の搾汁率が得られ、搾汁液から発酵によりエタノールを生産することができた。

1.搾汁システム  
(シュレッダーと圧搾ミル)



シュレッダー処理能力: 500kg/h



図1(a)シュレッダー (b)シュレッダー部分 (c)シュレドされた砕裂片



圧搾ミル  
処理能力:  
745kg/h

図2. 圧搾ミルと搾汁液

2.本システムを用いた搾汁テスト

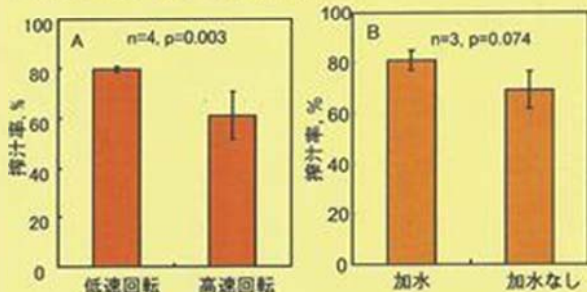
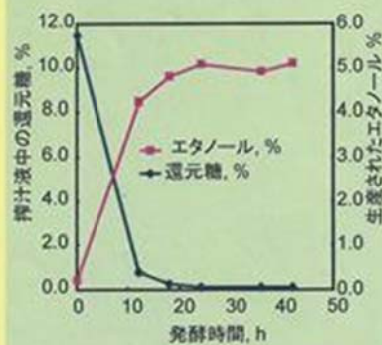


図3.ミルの低速回転により搾汁率が向上

図4.搾汁中の加水により搾汁率が向上



独立行政法人 国際農林水産業研究センター

図 26 JIRCAS 老棕櫚樹幹産製酒精開発之壓搾程序和發酵測試

# ゼロエミッション・オイルパーム工業複合体の提案



独立行政法人 国際農林水産業研究センター

図 27 JIRCAS 棕櫚油産業共構開発

(b) 與石川島技術顧問股份有限公司(IHI)產官學共同合作開發之 GTL 計畫

由於棕櫚油在東南亞為第一大產業，然而產油廢水問題和 20~25 年收成循環老樹砍伐造成土壤污染、沼氣增生和新植栽無法快速更替之問題，JIRCAS 所開發老棕櫚樹榨汁產糖和糖化技術，與 IHI 進行產官學合作開發，於 IHI 所開發反應器產生甲烷氣，並結合產油工廠所產出廢水經 IHI 反應器產出甲烷氣，經由 FT 合成方法轉為液態燃料，該製程技術稱之為 AGRI CHEMICAL，如圖 28 所示。其中，JIRCAS 糖化技術開發中，如圖 29 及 30 所示，Biological simultaneous enzyme production and saccharification (BSES) 同時酵素生產糖化法：Clostridium thermocellum 為程序使用菌株，該菌株具有厭氧、高溫 and 纖維分解特性，該程序將 C. thermocellum 培養於高纖維素含量料源，纖維素含量至少 10g/L，並外添加高溫  $\beta$ -glucosidase 酵素降低纖維雙糖抑制作用。於 10%標準纖維素含量進行水解，於 8 天水解可達纖維素轉化糖效率可達 70%，其也應用至鹼處理法之稻稈原料中，同樣纖維含量同樣可達 72%水解轉化率。BESE 程序可經由回收菌液和酵素重復使用續行水解程序，只需再投入營養源即可。

AGRI CHEMICAL(アグリケミカル)による持続可能なパーム産業への貢献

(1) パーム油産業の現状と課題

- ①大規模熱帯雨林開墾による森林消失
- ②POME(排水)による水資源汚染
- ③大量の古木の投棄による土壌汚染
- ④大量のメタン放散による温室効果

環境負荷大: 欧米諸国からの批判(外的要因)

環境負荷低減し、持続可能な農業への転換

未利用バイオマス(POME, 古木)利活用政策(内的要因)  
(参考資料-1)



AGRI CHEMICAL<sup>®</sup>によるパーム未利用バイオマスからのC, N, P, Kリサイクルプロセス  
「光合成によるバイオマス生産」+「メタン発酵によるガス化」+「GTLによる液体燃料化」  
AGRI CHEMICAL:メタンプラットフォームによる「農業」と「石油化学工業」の融合



共同研究機関: 独立行政法人国際農林水産業研究センター  
IHI環境エンジニアリング

図 28 JIRCAS 與 IHI 進行産官學合作開發 BTL 製程技術

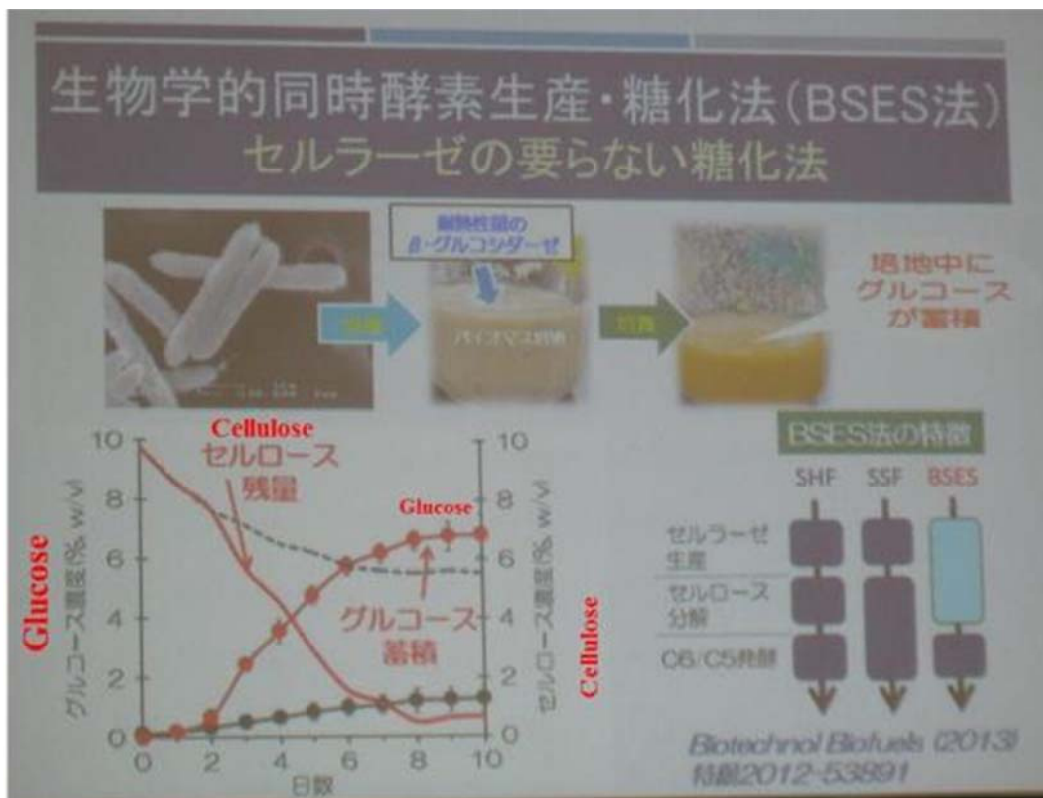


圖 29 JIRCAS 開發同時酵素生産和糖化法(BSES)



圖 30 JIRCAS 開發連續同時酵素生産和糖化法(BSES)

### (3)Renagen 沼氣發電

2012 年日本公布 FIT 購電政策，生質能產電購電價格依原料取得和技術門檻區分，收購電價格每度電 17~39 日元，收購年限 20 年，該購電政策方向目的在於推展日本國內區域型生質能產電技術開發，其中生質能產氣發電技術為最高收購電價每度電 39 日元，日本認為由污泥、家畜排餘和食品殘渣轉換沼氣發電技術門檻和料源成本仍高，以高收購價刺激投資和技術發展。2001~2004 年 Rimatekku 產業廢棄物資源化公司經日本政府補助開發廚餘轉沼氣技術開發和工廠建立運轉，2010 年由 NEDO 補助污水污泥生物轉化技術開發，近年引入德國公司 EnviTec biogas 公司技術建廠，與該技術公司成立 Renagen，產氣技術使用料源規劃廢棄物如食品工廠、家庭廢棄物、廢棄物處理工廠及污水處理廠與農業類如農業廢棄物和畜產廢棄物，資源作物也為另一料源項目，產氣所產生餘回收供給家庭、工業和農業使用，產生液體制成液肥利用供給農業使用，如圖 31。目前建廠資金部分來自於政府投入，降低投資瓶頸，以 3 萬頭養豬場廠所產生日排出量 30 噸為建廠規模，預估發電機規模達 300kw，設備投資成本約 450,000 千日元，年運轉成本 25,000 日元，賣電收入約 92000 千日元，依 20 年設備攤提計算，仍有約 40%收益。詢問料源運送和營運模式為何?Renagen 公司技術總監吉見勝治先生表示生產電工廠由民間公司成立和執行營運工作，而料源收集運送則由政府單位負責。

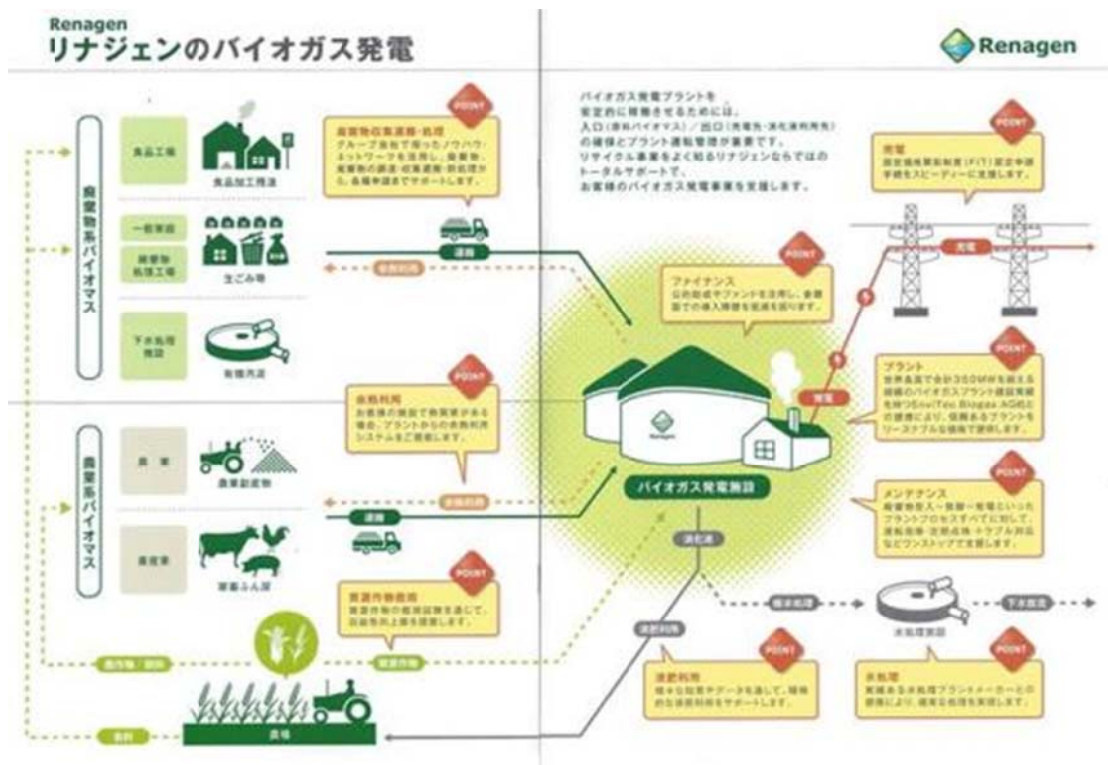


圖 31 Renagen 生質產氣生電技術簡圖

#### (4)産業技術綜合研究所(AIST)

AIST 産業技術綜合研究所坂西欣也先生進行 AIST 生質能策略進行報告，AIST 欲建立東亞生質能源網，如圖 32 所示，與生質原料豐富之東亞各國如中國、越南、菲律賓、泰國、印尼和馬來西亞之單位結盟，結合日本技術和設備輸出形成一供應鍊，所生產生質燃料或化學品再運回日本使用，降低日本本土原料不足瓶頸。AIST 東亞區域生質原料發展策略，係將東亞依區域和原料進行發展區分，如圖 33 所示，區分為三種生質物利用模式，分別為東南亞島嶼型以棕櫚產業為主之印尼和馬來西亞、東南亞大陸型以稻稈和糖為主之越南和泰國和中國以多樣性生質原料，針對各區型料源特色發展各別技術特色，強化東亞生質能源網建立。

如圖 34 所示，AIST 規劃 2005~2020 年生質能技術發展藍圖，分為兩個技術發展方向，分散型能源和運輸用液體燃料製造，在 2005 至 2010 年主要發展分散型能源，以區域型整合能源發展為主軸，整合風力發電、太陽能發電和水力發電等不同發電系統，生質物產氣或氫氣為主要技術發展項目，廢棄物為主要料源，2010~2020 年發展運輸用液體燃料製造，以木質纖維素為發展料源，亞洲生質資源豐富區域作為發展地區，主軸技術為 BTL 技術轉換氣體為柴油和生質酒精技術並轉為 ETBE 作為汽車添加使用，設定中長期發展目標生質化學品取代石化化學品。

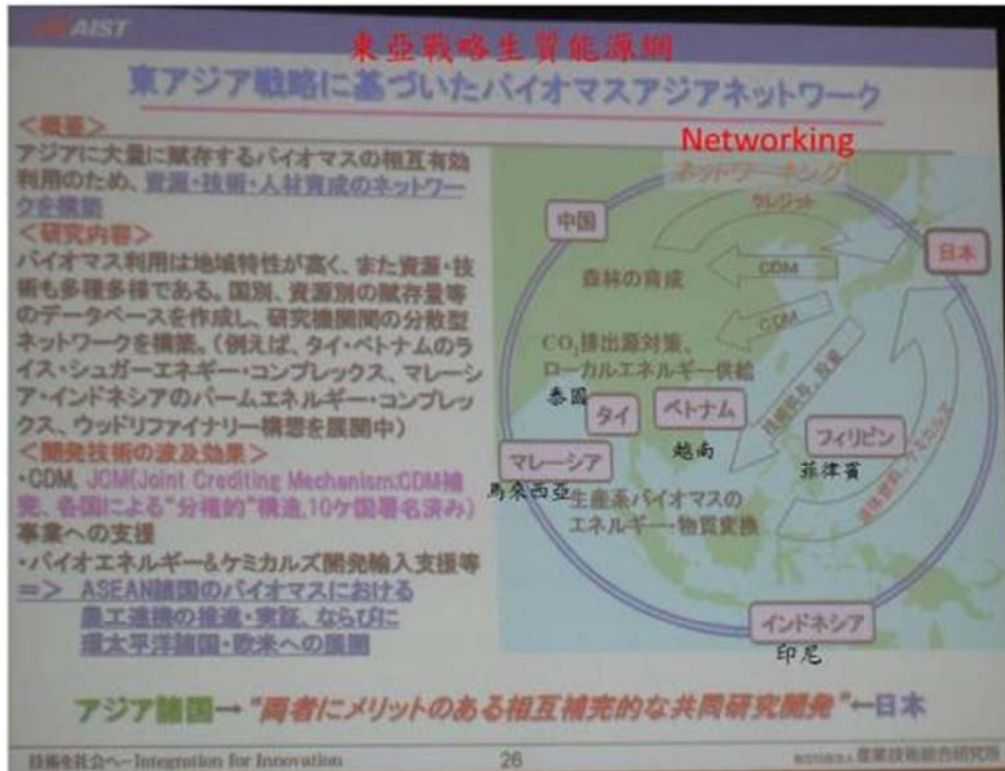


圖 32 AIST 東亞生質能源網

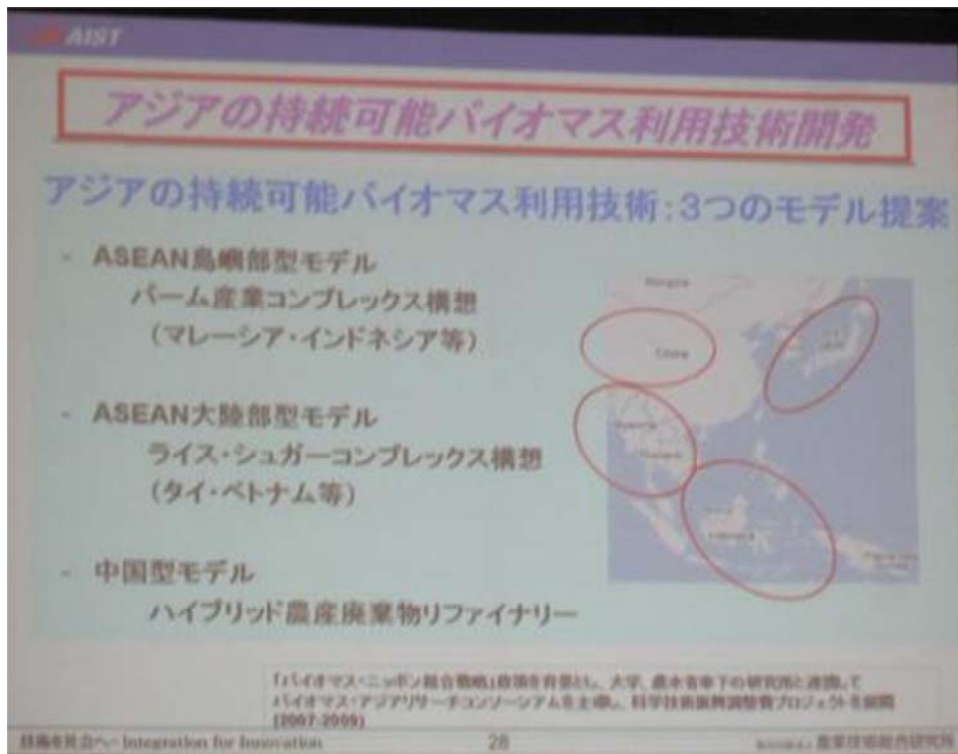


圖 33 AIST 東亞區域生質原料發展策略

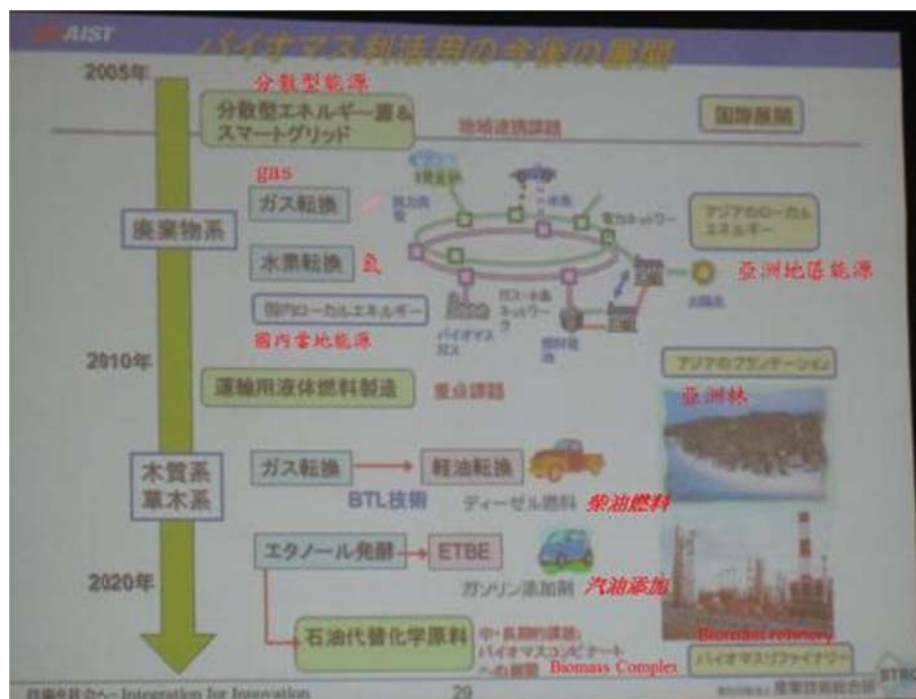


圖 34 AIST 生質能發展藍圖



#### 4.日本產業經濟省(METI)施行之再生能源產電饋入補助(Feed-In Tariff Scheme for Renewable Energy)方案

自從 2011 年日本東北大地震後，日本政府便積極推動再生能源使用以便補足電力缺口。因此，日本產業經濟省(Ministry of Economy, Trade and Industry--METI)於 2012 年 7 月 1 日開始實施再生能源產電饋入補助方案(FIT scheme for Renewable Energy)，期待能促進日本本土再生能源之有效整合與應用，並喚起大眾接受再生能源之意識以便有效落實在一般民眾之生活中。

在本次 Smart Community Japan 2014 展覽中，日本產業經濟省亦有特別派員設攤參展，同時其展覽之主要焦點亦著重在 FIT 制度之釋疑與推廣，由於我國與日本在地理環境上有許多類似之處，因此在展覽期間我們特別向產業經濟省之參展同仁了解，並討論整個 FIT 制度之內容與相關施行細節，以期能做為我國發展再生能源之參考，茲就其結果摘錄如下：

##### (a)施行方式：

FIT 方案主要目的在藉由整體電力使用者之支持下，促進日本再生能源之發展。亦即，政府強制電力公司必須基於固定期間合約以固定價格購買藉由經核准之再生能源所產生之電力，以此產生採用再生能源做為發電之誘因。再者，購買再生能源所生成電力之費用係以日本全國一致超額電力費用(surcharge/kWh)之方式轉嫁至消費者，根據其電力之使用量按照比例收取。不過，對於需消費非常大量電力之製造業(高於平均製造業電力用量八倍以上)或遭受日本大東北 311 地震之受災戶可免除一部分之超額費用或在一定期間內免除超額電力費用之收取。

此外，由於再生電力採用之速度可能因地區而異，所以特別成立一稅負調整組織(cost bearing adjustment organization)以調整所建立之超額電力負擔分配方式。而電力公司從民眾消費者或製造業所收取之超額費用必須先提交至稅負調整組織，然後再基於實際購買成本發還給個別電力公司。

至於每度電超額費用之訂定、電力購買價格與購買期間以及再生能源產電設施之認定則由政府部門所成立之購買價格計算委員會(Procurement Price Calculation Committee)負責，相關再生能源產電饋入補助(FIT)方案施行流程詳見圖 35。

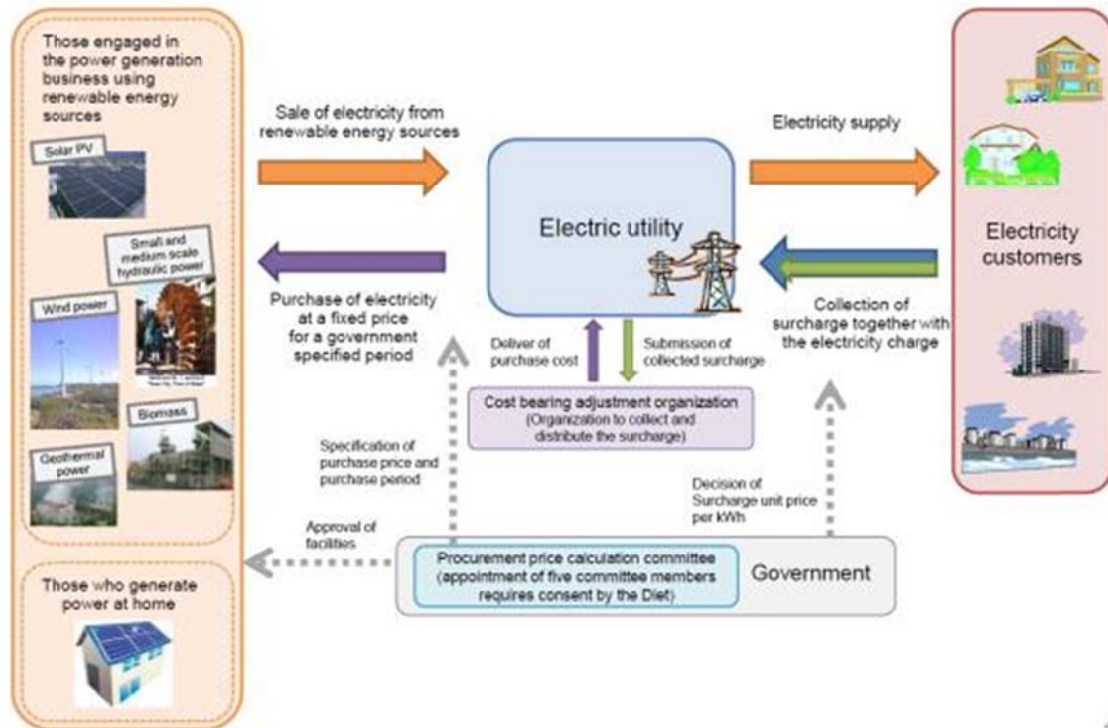


圖 35 再生能源產電饋入補助(FIT)方案施行流程

(b)具體補貼內容:

a.受補助之再生能源產電項目

受補助之再生能源產電項目包括太陽能光電(solar PV)、風力(wind power)、低於 30MW 之水力(hydraulic power)、地熱(geothermal)以及生質物(biomass)，其具體補貼情形詳見圖 36，每度電扣除稅後購買價格從日幣 13 元至 55 元不等，至於生質能產電項目則分布在日幣 13 元至 39 元間，保證收購期間則在 10 至 20 年，購買價格與保證收購期間之訂定主要考量項目為設備建置成本、操作與維護費用以及投資報酬率等。在目前的方案中，對於住宅或類似之小規模光電系統而言，其產生之多餘電力若饋入電網(grid)，電力公司有義務加以購買。而且，小型之風力設備之發電亦在強制購買的項目之中。值得注意的是，對於生質物產電系統而言，強制購買僅限於不影響既有之造紙與紙漿工業之生質物上。

除此之外，若要申請補助，其發電設備及發電方法必須先取得產業經濟省之認證，以確定其發電設備是否能穩定工作。只要是經過產業經濟省認證過後之發電設備，其所發之額外電力都必須能被強制購買。

Energy source		Solar PV		Wind power		Geothermal power		Small- and medium-scale hydraulic power		
Procurement category		10 kW or more	Less than 10 kW (purchase of excess electricity)	20 kW or more	Less than 20 kW	15MW or more	Less than 15MW	1MW or more but less than 3MW	200 kW or more but less than 1MW	Less than 200kW
Cost	Installation cost	325,000 yen/kW	466,000 yen/kW	300,000 yen/kW	1,250,000 yen/kW	700,000 yen/kW	1,230,000 yen/kW	850,000 yen/kW	800,000 yen/kW	1,000,000 yen/kW
	Operating and maintenance costs (per year)	10,000 yen/kW	4,700 yen/kW	6,000 yen/kW	—	33,000 yen/kW	48,000 yen/kW	9,500 yen/kW	49,000 yen/kW	75,000 yen/kW
Pre-tax IRR (Internal Rate of Return)		6%	3.25% <sup>(1)</sup>	8%	1.8%	13% <sup>(2)</sup>		7%	7%	
Tariff (per kWh)	Tax inclusive <sup>(3)</sup>	42.00 yen	42 yen <sup>(1)</sup>	23.10 yen	57.75 yen	27.30 yen	42.00 yen	25.20 yen	30.45 yen	35.70 yen
	Tax exclusive	40 yen	42 yen	22 yen	55 yen	26 yen	40 yen	24 yen	29 yen	34 yen
Duration		20 years	10 years	20 years	20 years	15 years	15 years	20 years		

Energy source		Biomass				
Biomass type		Biogas	Wood fired power plant (Timber from forest thinning)	Wood fired power plant (Other woody materials)	Wastes (excluding woody wastes)	Wood fired power plant (Recycled wood)
Cost	Installation cost	3,920,000 yen/kW	410,000 yen/kW	410,000 yen/kW	310,000 yen/kW	350,000 yen/kW
	Operating and maintenance costs (per year)	184,000 yen/kW	27,000 yen/kW	27,000 yen/kW	22,000 yen/kW	27,000 yen/kW
Pre-tax IRR (Internal Rate of Return)		1%	8%	4%	4%	4%
Tariff (per kWh)	Tax inclusive	40.95 yen	33.60 yen	25.20 yen	17.85 yen	13.65 yen
	Tax exclusive	39 yen	32 yen	24 yen	17 yen	13 yen
Duration		20 years				

圖 36 再生能源產電饋入補助(FIT)方案針對不同再生能源之具體補貼情形

#### b. 購買義務條款

當申請人擁有認證之發電系統且提出收購申請，電力公司就有義務要確保電網有效連結並執行收購合約，而 FIT 之費率與合約期間則根據其再生能源之種類、設備型式、發電規模、設備使用年限等來訂定，如圖 36 所示。上述合約之費率與合約期間則必須由產業經濟省根據購買價格計算委員會所做成之綜合意見來發布，並且在決定合約費率與期間時，必須諮詢相關部會，譬如農林水產業省 (Minister of Agriculture, Forestry and Fisheries) 等部會。此外，為了積極地推廣再生能源產電，FIT 方案執行 3 年後，必須特別關注再生能源產電供應者之獲利情形，再予以適切之調整。

#### c. 生質能

目前納入電力收購補助之生質能項目包括沼氣(biogas)與生質物燃燒發電(wood fired power plant)，其中生質物燃燒發電項目中，依據其料源來源又可細分為森林疏伐木(timber from forest thinning)、其他木本材料、木本材料除外之廢棄物以及再循環木本材料，其每度電扣除稅後收購價格在日幣 13 元至 39 元間，以沼氣發電之補助為最高，保證收購期間則皆為 20 年。從歷史資料可知，截至 2009 年，日本已用於生質物發電之裝置容量約 1.54 million kW，預期 2020 年目標裝

置容量則約為 2.17 million kW，至於詳細之尚未利用之主要生質物總量則請參照圖 37。

除此之外，生質能利用之特徵茲整理如下：(1)尚有許多區域上未利用之資源；(2)生質物除了可用來發電外，尚可使用來產熱與其他化學材料，如生質橡膠、氣體、液體、固體燃料等，詳細資料請參考圖 38；(3)成本與類型及使用方式具高度相關性；(4)由於生質物實際上係為有限之天然資源，因此供應量與價格可能容易波動。由以上特徵可知，目前日本生質能發電面臨材料使用上之競爭情形，唯目前日本傾向以發電優先，但未來會如何發展尚不可得知。此外，當生質物發電設備建置後，須面對如何穩定供應料源，這也是重要發展障礙之一。

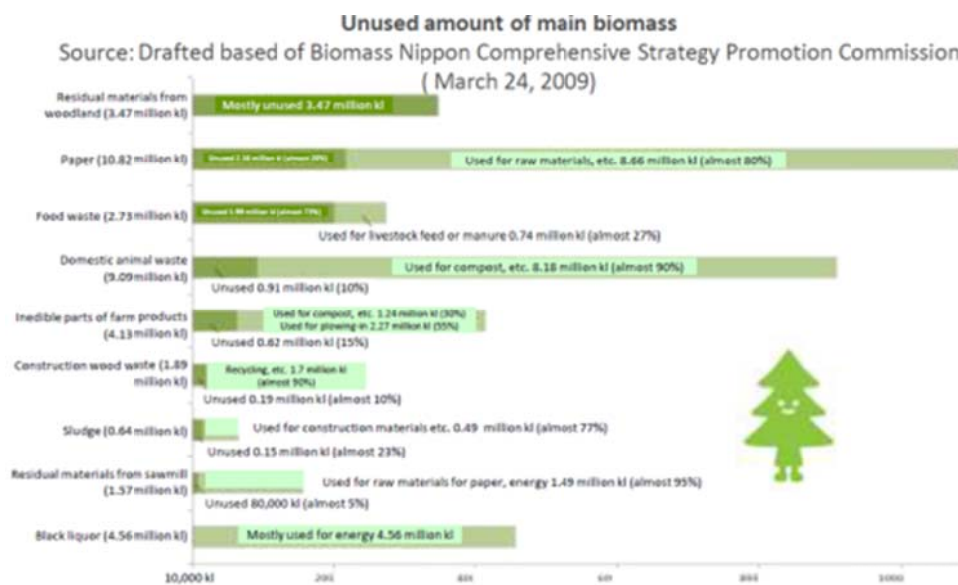


圖 37 尚未利用之主要生質物總量

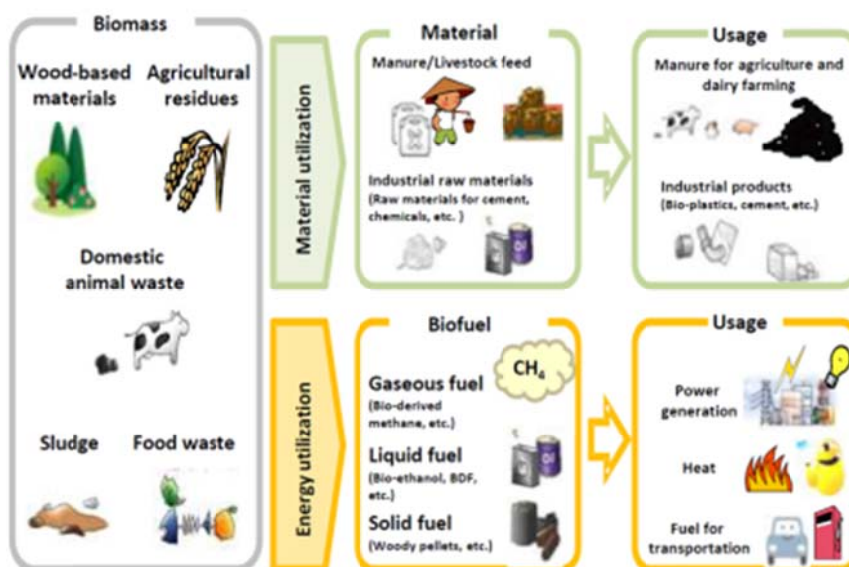


圖 38 生質物可利用之形式

### 三、心得

#### (一)日本生質能發展策略

根據本次赴日參訪日本產業技術綜合研究所、實際參觀 Biomass EXPO 展出內容、聆聽生質能相關演講以及與相關單位專家討論所得之結論，可以推論出在日本國內料源稍嫌不足，且日本政府亟欲推動再生能源發電政策的企圖心下，日本本土生質能利用將優先發展產電或熱之相關技術，以區域型發電設施為重心。至於生質燃料或化學品發展策略，係為國內發展生質轉化技術和進行專利布局，並鼓勵廠商至料源充足國家如中國或東南亞各國進行設廠生產。上述結論可由以下幾項具體事實加以印證：

- (1)日本產業技術綜合研究所坂西欣也博士於 6 月 17 日參訪簡報中曾提及日本現行生質燃料或化學品發展策略係為於國內發展生質轉化技術並進行國外專利布局，鼓勵廠商赴料源充足國家如中國、東南亞等各國進行設廠生產。同時坂西欣也博士於 6 月 19 日在 Biomass EXPO 會場之演說中亦進一步指出，AIST 規劃建立東亞生質能源網，與生質原料豐富之東亞各國如中國、越南、菲律賓、泰國、印尼和馬來西亞之單位結盟，結合日本技術和設備輸出形成一供應鍊，所生產生質燃料或化學品再運回日本使用，降低日本本土原料不足瓶頸。AIST 所規劃之 2005~2020 年生質能技術發展藍圖，分為兩個技術發展方向，亦即分散型能源和運輸用液體燃料製造，在 2005 至 2010 年主要發展分散型能源，2010~2020 年發展運輸用液體燃料製造。短期發展以產氣生電、生質酒精和柴油技術開發，長期生質化學品為開發重心。
- (2)本次 Biomass EXPO 所展出技術主要集中在區域型沼氣設備技術、生質物燃燒產電等能源轉換相關技術，僅有少數展覽攤位展出關於生質物產製燃料或化學品之物質轉換相關技術，此應與日本政府實施再生能源產電饋入補助(FIT)方案之誘因有關。
- (3)日本產業技術綜合研究所能源科技研究部門轄下之資源轉換觸媒組實驗室正與泰國之國家研究院(NSTDA/MTEC, TISTR)合作研發生產高品質生質柴油燃料(BDF, biodiesel fuel)之技術，採用的觸媒係為能改善 BDF 氧化穩定度之貴重金屬觸媒。
- (4)獨立行政法人國際農林水產業中心(JIRCAS)採用東南亞料源棕櫚樹進行榨汁，再以發酵產製酒精，並與 IHI 公司進行產官學合作，發展棕櫚廢水和舊棕櫚樹汁產氣進行 GTL 技術開發。
- (5)日本獨立行政法人農業食品產業技術綜合研究機構(NARO)參展解說人員榊原祥清博士認為日本國內料源發展仍有瓶頸，建議至東南亞國家進行大面積栽種和收集較為合適。

目前納入電力收購補助之生質能項目包括沼氣與生質物燃燒發電，其每度電扣除稅後收購價格在日幣 13 元至 39 元間，以沼氣發電之補助為最高，保證收購

期間則皆為 20 年。在日本料源較缺乏且收集成本較高的前提下，先階段生質物料源傾向優先使用來發電是可想而知的。然而，未來若高價生質化學品、燃料製程技術成熟且市場需求強勁，是否會與生質能發電策略產生競爭關係，仍有待觀察。

## (二)生質精煉發展方向

目前日本對於生質物利用之目標技術與產品，係依照不同生質物的種類與來源而有不同之思考。譬如，對於下水道污泥與食物廢棄物而言，目標產物係為甲烷、氫氣、肥料、動物飼料等。至於農業廢棄物(如稻殼、稻稈及蔗渣等)、能源作物(樹薯、甘蔗、棕櫚樹等)及水生質物、林業生質物等，目標產物則為甲醇、二甲醚、合成燃料、烯烴、氫氣、生質柴油、生質塑膠、生質化學品、生質酒精、生質乙烯、生質丙烯等。而目前 AIST 針對 woody biomass 技術開發，兩大重點發展方向為糖化平台(Sugar platform)與合成氣平台(syngas platform)

- (1) 糖化平台:係利用機械研磨與水熱法做為前處理方式，然後再經酵素水解與發酵轉化為酒精、乳酸、丁醇或其他高價化學品。日本產業技術綜合研究所(AIST)於先前經由 NEDO (New Energy and Industrial Technology Development Organization)之支持，已將技術技轉 Oji Paper (王子製紙;三井集團)，並在廣島 (Hiroshima)Oji Paper 廠址建造日進料 1 噸之測試工廠(2009~2013 年)，預計 2014 年後開始著手進行規模廠之建置規劃。
- (2) 合成氣平台: AIST 在 2000-2010 年係以發展觸媒以便自石油中提煉低硫、低芳香族之汽油或柴油，目標是對環境友善之燃料技術。而 2010 年後，AIST 傾向發展可取代傳統石化燃料之燃料技術，即係直接將生質物高溫氣化產生合成氣後，再經觸媒轉化(Fischer-Tropsch process)，生成 bio-DME 或其他中間體，再去合成所需之烯烴(Olefins)或(Aromatics)。

目前核研所糖化平台之前處理技術雖與日本產業技術綜合研究所所有不同，然而技術水平應至少在伯仲之間。此外，日本產業技術綜合研究所亦希望透過此平台經由後續生物轉化之方式發展其他高價化學品，此部分之策略與我們類似，並與國際趨勢一致。至於合成氣平台之觸媒轉化製程，目前核研所暫時投入較少，未來應視料源特性與成本競爭力，評估是否有適當技術缺口，再予以切入。

## (三)日本再生能源推動情形

自從 2011 年日本東北大地震後，日本政府對於能源政策的推動展現極大企圖心，一方面希望透過推動智慧社區之實際運行，以促進電力與熱能之有效整合與利用，達成節能省碳的具體實踐。另一方面，則透過再生能源產電饋入補助(FIT)方案之實施，希望能提升再生能源發電佔全體發電量之比例，以達成供電自主的成效。茲分別就其內容值得我們借鏡之處，整理如下：

- (1) 智慧社區可以稱作下一世代之社區，其藉由基礎建設之管理與控制之最佳化，便可創造出更適合人類與環境之智慧電網系統，並可因地制宜地規劃

智慧社區之具體操作模式，這樣的政策思維值得同為海島國家的我們繼續深入瞭解與參考。由於智慧社區仍處於概念階段，藉由綠能科技之不斷發展，未來在發展上仍有許多可能性，建議台灣亦能參酌這樣的概念，並依據目前自身綠能科技之優勢處，因應各區域不同之需求，規劃出更有效率之電能供應網策略。

- (2) 日本再生能源產電饋入補助(FIT)方案主要目的在藉由整體電力使用者之支持下，促進日本再生能源之發展。亦即，政府強制電力公司必須基於固定期間合約以固定價格購買藉由經核准之再生能源所產生之電力，以此產生採用再生能源做為發電之誘因。再者，購買再生能源所生成電力之費用係以日本全國一致超額電力費用(surcharge/kWh)之方式轉嫁至消費者，根據其電力之使用量按照比例收取。此外，由於再生電力採用之速度可能因地區而異，所以特別成立一稅負調整組織以調整所建立之超額電力負擔分配方式。而電力公司從民眾消費者或製造業所收取之超額費用必須先提交至稅負調整組織，然後再基於實際購買成本發還給個別電力公司。至於每度電超額費用之訂定、電力購買價格與購買期間以及再生能源產電設施之認定則由政府部門所成立之購買價格計算委員會負責。由以上說明可知，此政策能否順利推動，主要必須取得全體民眾之支持，並且相關施行細節必須有公正第三方介入協調並監視，值得做為我國推動再生能源發展之參考。

#### 四、建議事項

- (一)目前日本生質燃料或化學品發展策略，係為國內發展生質轉化技術和進行專利布局，並鼓勵廠商至料源充足國家如中國或東南亞各國進行設廠生產，此一策略與本所產業推動方向不謀而合，建議應加快本所東南亞產業化與專利佈局之時程。此外，日本生質能利用將優先發展產電或熱之相關技術，以區域型發電設施為重心，建議可作為我國政府各相關單位推動本土生質能有效利用之政策參考。
- (二)AIST 針對生質能技術開發，兩大重點發展方向為糖化平台與合成氣平台，其中合成氣平台之觸媒轉化製程，目前核研所暫時投入較少，未來應視發展契機、料源特性與成本競爭力，評估是否有適當技術缺口，再予以切入。
- (三)AIST 筑波總部發展項目較為多元化，而生質精煉和生物技術發展集中於位於日本中國地區生質精煉研究中心和北海道生物技術中心，未來可安排與此兩中心技術進行相關更密切之交流活動。
- (四)由於我國地理環境與日本相近，因此日本再生能源推動情形與內容，包括智慧社區之推動與再生能源產電饋入補助(FIT)方案之實施狀況，值得我國繼續持續關注與借鏡。

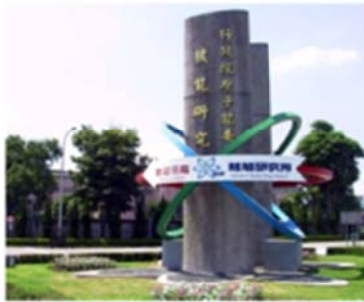


## 五、附錄

### 附件 1 核研所赴 AIST Tsukuba 參訪所準備之簡報



## Cellulosic Ethanol & Bio-refinery Technology Development in INER



*Fong-Yu Yen and Teng-Chieh Hsu  
Chemistry Division  
Institute of Nuclear Energy Research (INER)*

June 17, 2014



## Outline

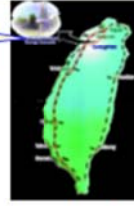
- Introduction to the INER
- Cellulosic Ethanol Program in INER
- INER Cellulosic Ethanol Technology
- Toward Biorefinery & Future Perspectives



## Institute of Nuclear Energy Research (INER)

- **Founded in 1968**
- **Personnel**
  - ✓ Approximately 1500
- **Missions**
  - ✓ To develop domestic nuclear technologies to support nuclear safety regulation and to enhance operational efficiency for nuclear power in Taiwan
  - ✓ To develop and to execute nuclear facilities decommission and radioactive waste management technologies
  - ✓ To develop radiopharmaceutical and radiation applications
  - ✓ To develop **technologies on new and renewable energy**
- **INER will be renamed as *Institute of Energy Research* in 2014, and will be under the administration of *Ministry of Economic and Energy Affairs (MEEA)*.**

Longtan, Taoyuan



3



## Major R&Ds at INER

- **Atomic Energy Technology**
  - ✓ *Safety and Regulation Technologies for Nuclear Power*
  - ✓ *Nuclear Facilities Decommission and Radioactive Waste Deposition*
  - ✓ *Nuclear Medicine and Radiation Biology*
- **Environmental Plasma Technology**
  - ✓ *Plasma Incineration and Resource Recycling*
  - ✓ *Plasma Coating*
- **New and Renewable Energy Technology**
  - ✓ *III-V Compound HCPV*
  - ✓ *Cellulosic Ethanol Technology*
  - ✓ *Solid Oxide Fuel Cell (SOFC)*
  - ✓ *Microgrid*
  - ✓ *Small /Medium Size Wind Turbine*
  - ✓ *Direct Methanol Fuel Cell (DMFC)*
  - ✓ *H<sub>2</sub> Storage*

4



## E3 Gasoline in Taiwan

- Government vehicles in **Taipei** started to fill E3 gasoline since **2007**. **Kaohsiung city** joined the program in **2009** and currently **there are 14 gas stations providing E3 gasoline**. The subsidy provided to the E3 users was increased from 1 NTD per liter in 2007 to 2 NTD in 2009.
- **Mandatory implementation of E3 gasoline nationwide by 2018** is under planning, according to Bureau of Energy.



5



## The Cellulosic Ethanol Program

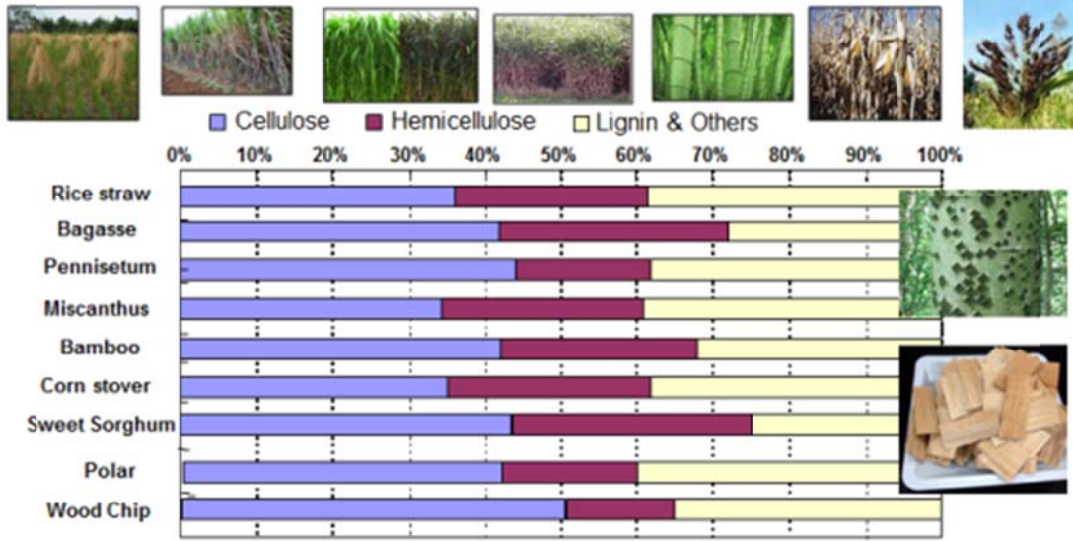


- In concert with government policy for promoting the ethanol blended gasoline, Institute of Nuclear Energy Research (INER) has devoted to the research and development of **the technologies for cellulosic ethanol production**.
- Establish comprehensive R&D capability based on **biochemical process** – from jar-test laboratory, unit process development facility to **one ton/day pilot plant**. The pilot plant also serves as a platform for scalability validation of novel technologies developed for cellulosic ethanol and biorefinery.
- The feedstocks tested are focused mainly on **domestic biomass**.

6



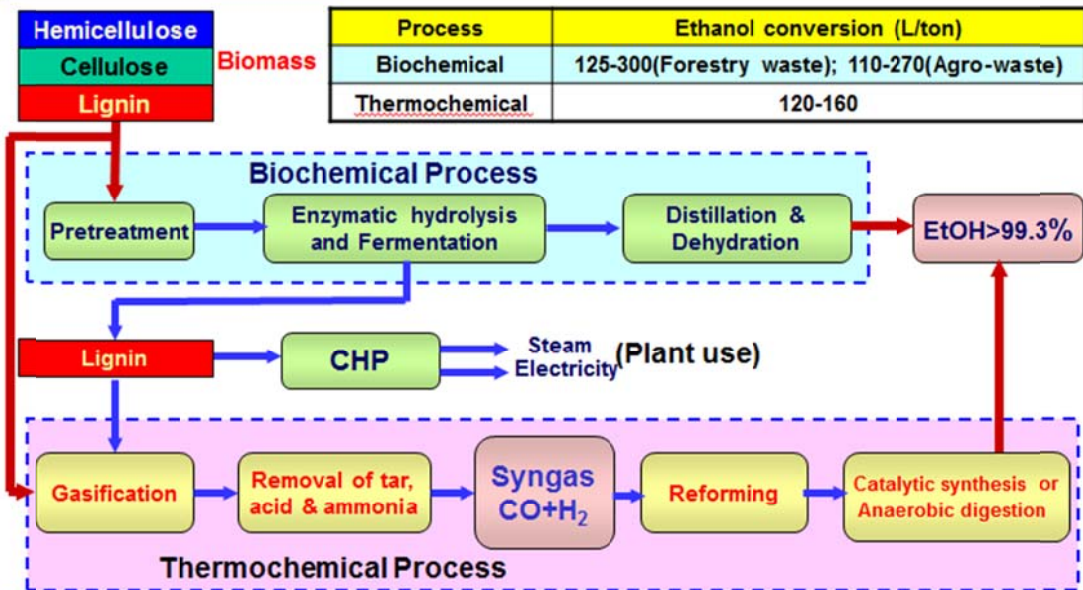
## Ligno-Cellulosic Feedstocks



> The feedstock tested is first focused on **rice straw**, the most abundant agro-waste in Taiwan (about 1.4 million tons per year), and will extend to **other biomass** then.



## Conversion Processes



Ref: From 1st to 2nd generation biofuel technology, IEA bioenergy(2008)



## INER Cellulosic Ethanol Technology Development

2005 -

Lab/Bench

2006-2007

Unit process  
Development facility

2007-2009

Pilot plant



9



## INER Cellulosic Ethanol Pilot Plant

### ➤ INER Cellulosic Ethanol Pilot Plant

- ✓ Process 1 ton biomass per day
- ✓ Constructed for **Separate/Sequential Hydrolysis and Fermentation (SHF) process**, but can be altered to advanced **SSF** or **SSCF process**
- ✓ Design basis: convert 1 dry ton rice straw to 200 L fuel-ethanol
- ✓ The testing data and experience obtained from operating the pilot plant could be provided as the evaluation and design bases for **commercialization**



Shredding



Pretreatment



Enzymatic hydrolysis  
/Fermentation



Distillation/  
dehydration



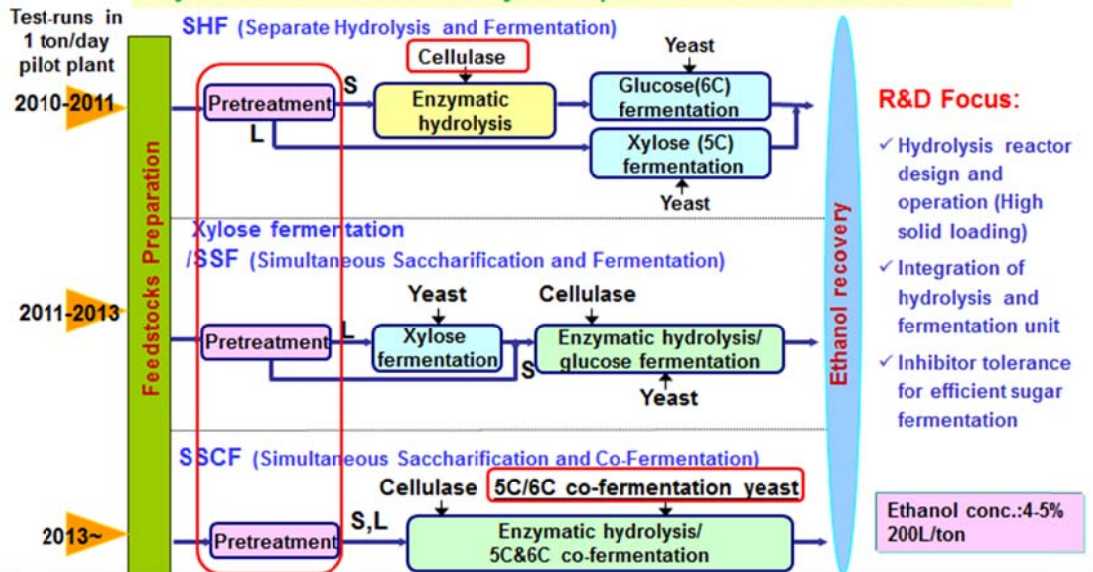
> 99.3% v/v  
(CNS 15109)

10



## Process Development for Producing Cellulosic Ethanol

Key Issue: Pretreatment / Enzyme Acquisition / Co-Fermentation Yeast



11



## Dilute-Acid Hydrolysis & Steam Explosion

### Dilute-Acid Hydrolysis

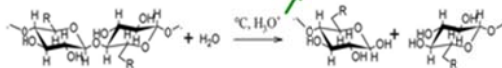
#### Advantage:

- ✓ Fast rate of reaction, which facilitates continuous processing
- ✓ Removal of hemicellulose
- ✓ Release of monosaccharides
- ✓ Reduce the need for enzymes

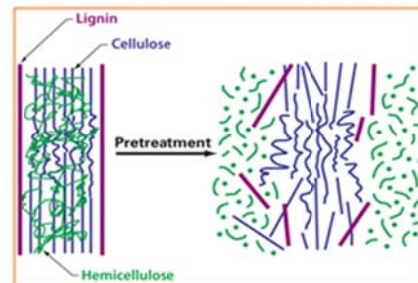
#### Disadvantage:

- ✓ Degradation products (Inhibitors) formed
- ✓ Corrosion

Acids can help water break up the long chains of hemicellulose/cellulose and turn it into the xylose/glucose.



### Steam Explosion



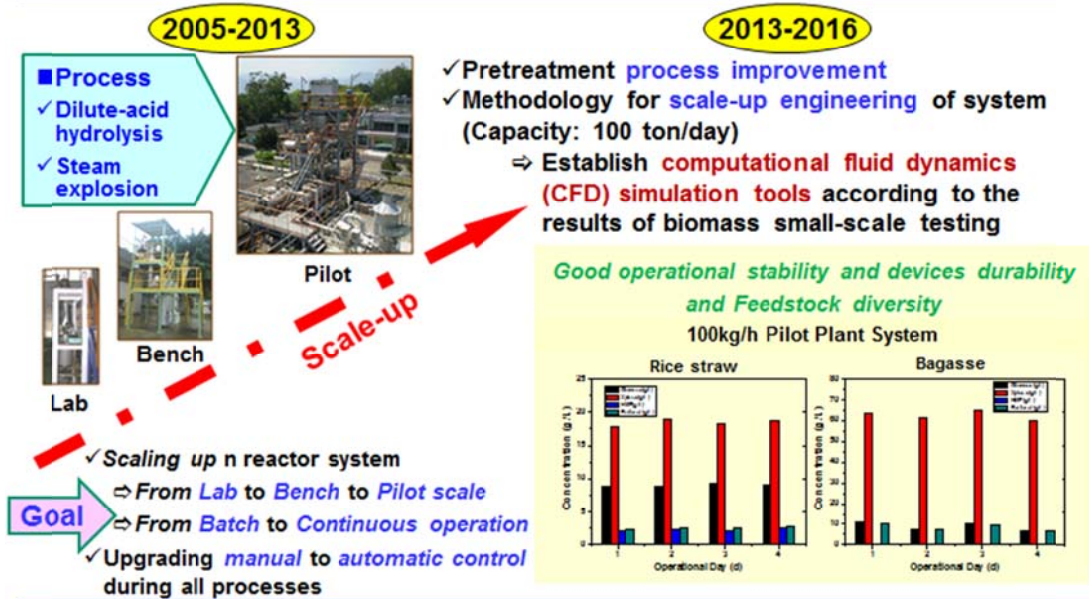
Dilute-acid hydrolysis and the steam explosion technique are commonly used for scale-up

- Ref:
- [1] Pedersen, M., Meyer, A. S. Lignocellulose pretreatment severity – relating pH to biomatrix opening, *New Biotechnology* 2010, 27(6):739-750.
  - [2] N. Mosier et al., Features of promising technologies for pretreatment of lignocellulosic biomass, *Bioresource Technology* 2005, 96, 673-686

12



# Pretreatment Technology Development



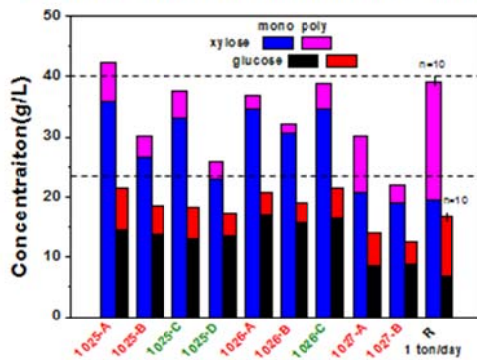
13



# The Performance of Pretreatment System

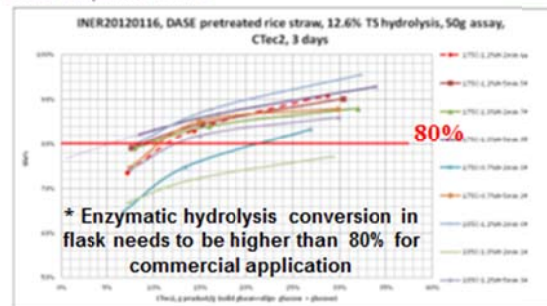
> The performance of INER developed acid-catalyzed steam explosion pretreatment system has achieved the level for commercial application (ROC invention patents no. I340192, I346723, I369944, I364427, I392544; US invention patent no. 8,080,128B2):

- Input solid/liquid ratio can be up to 40% ~ 50%
- Xylose concentration in the hydrolysate can be 30 ~ 40 g/L - glucan recovered in the pretreated solid residue can be > 80%
- Enzymatic hydrolysis conversion of the solid residue can be > 80%



Rice straw hydrolysate from the pretreatment system of the pilot plant

## Dose response curve



\* Enzymatic hydrolysis conversion in flask needs to be higher than 80% for commercial application

Evaluation by Novozymes on enzymatic hydrolysis of the pretreated rice straw

Ref: W.H. Chen et al., Pilot-scale study on the acid-catalyzed steam explosion of rice straw using a continuous pretreatment system, *Bioresour. Technol.* 2013, 128, 297-304.

14



# Enzyme Acquisition Strategy

Academic and Industrial Research Partners



Enhance enzyme activity

Currently, *T. reesei* and its mutation are used

➤ Both imported and in-situ produced enzymes are tested and evaluated for feasibility

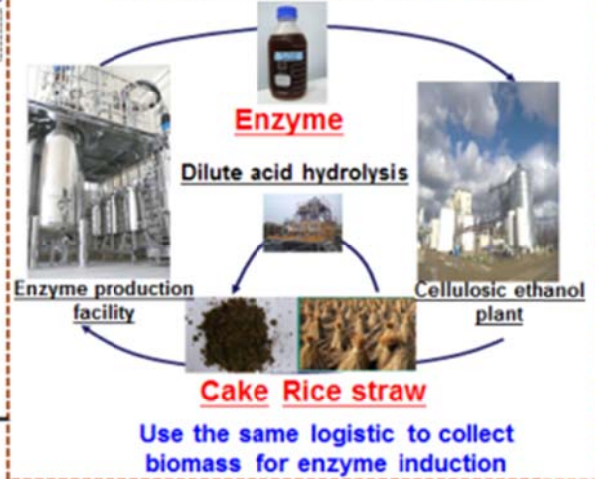
✓ Commercial enzymes  
Novozymes  
Genencor

Direct purchase  
Collaboration (NDA/MTA)

**Enzymatic Hydrolysis**

✓ In-situ cellulase production in INER

Local enzymes production: reduce transportation cost and elongate the lifetime of enzyme



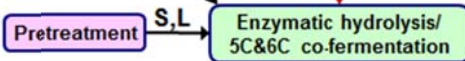
15



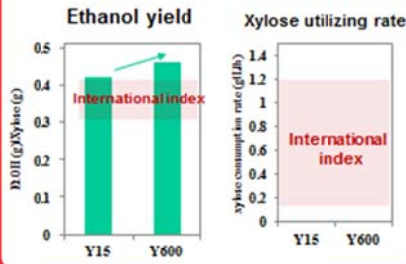
# Development of Co-Fermentation Yeasts

➤ SSCF (Simultaneous Saccharification and Co-Fermentation)

Cellulase 5C/6C co-fermentation yeast

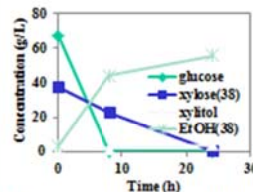


➤ Performances have achieved international leading levels

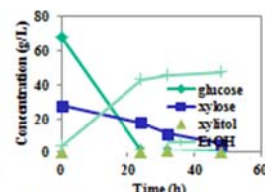


➤ International collaboration

Standard sugars test (Y600)



Hydrolysate test (Y600)



➤ Fermentation test with the hydrolysate provided by a foreign company: the total sugar conversion reached 95% in 48 hours, so that this fermentation ability is accepted.

➤ Co-fermentation performances at up to ton-scale bioreactor have been tested

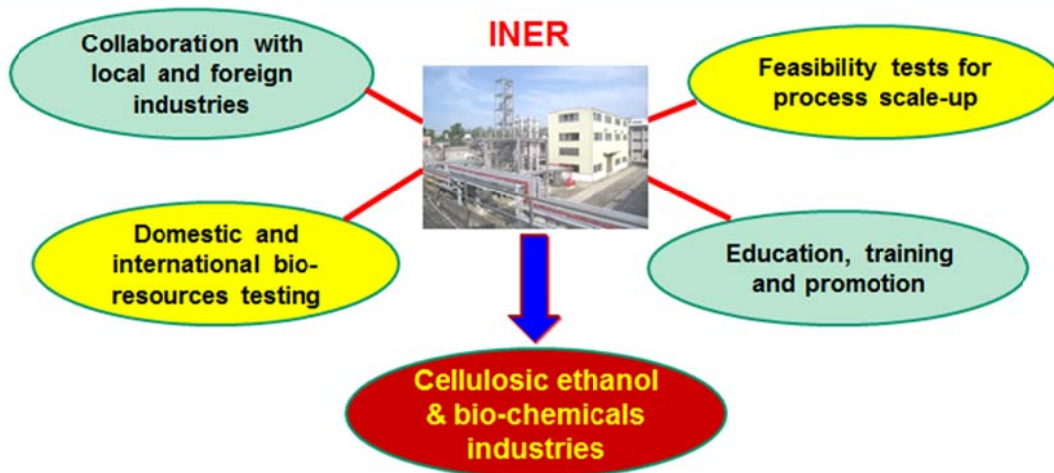
Testing-scale (rice straw hydrolysate)	Total sugar conversion (%)	Total sugar utilizing rate (g/L/h)
Flask	90	2.98
Kg-scale (100L)	92	2.59
Ton-scale (9000L)	83	2.75

16





## Functions of INER's pilot plant



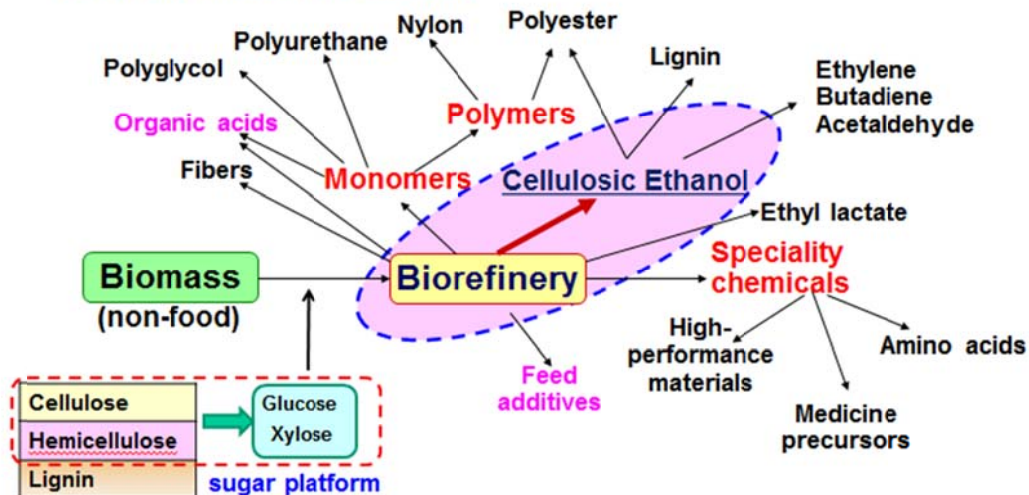
- > An open testing platform for developing relevant technologies
- > Cellulosic ethanol technology as the start or foundation of biorefinery

17



## Toward Biorefinery

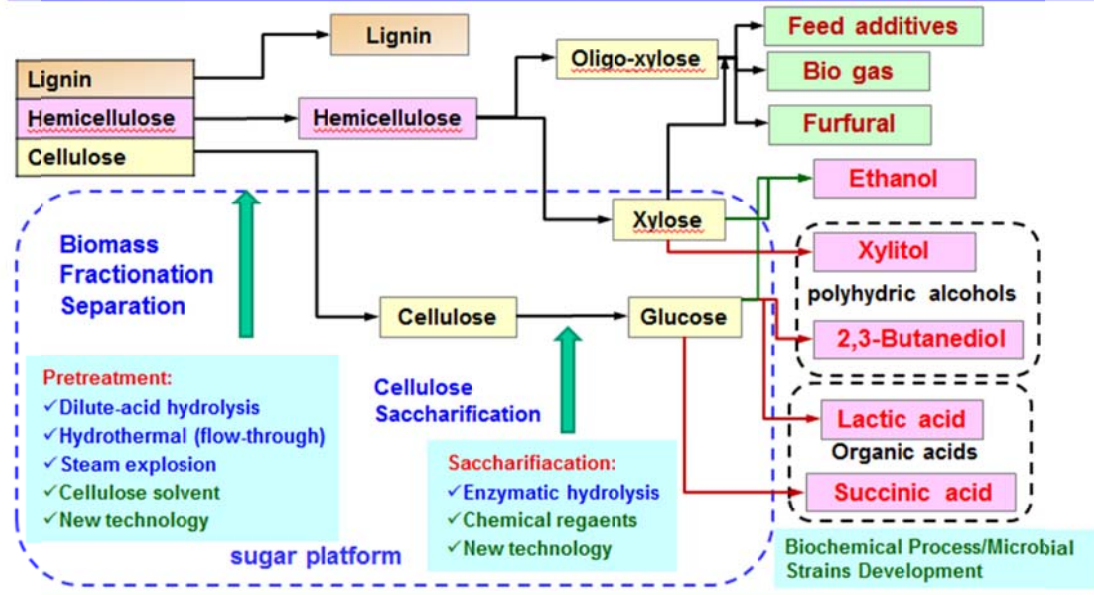
- > To develop green-chemicals or green-products based on cellulosic ethanol production technology



18



## Future Perspective



19



**Thanks for your attention!**



20