

出國報告(出國類別：參訪)

# 循環材料之高值化專案計畫 赴日參訪報告

服務機關：科技部工程技術研究發展司

姓名職稱：文端儀助理研究員

派赴國家：日本

出國期間：107年7月5日至7月11日

報告時間：107年10月2日

## 摘要

本參訪團由循環材料之高值化專案計畫規劃團隊共 5 人組成。參訪單位包含：富山 city eco town、Eco Mind Corporation、IOTC、滑川及入善海洋深層水基地、川崎 eco town、昭和電工川崎事務所、PV Techno Cycle 等。參訪富山縣海洋深層水基地，建議台灣花東地區可參考日本模式，產官學互相結合，以達資源有效利用。參訪川崎 ECO TOWN，建議參考日本模式，由政府補助，地方政府發展城市建設項目，與企業共同投入。參訪昭和電工及 PV Techno Cycle，有利提升我國循環材料產業之技術層級。建議可由學界可投入研發前瞻技術，使業界在循環經濟中可以更有效的方式逐步改變。在法規面，政府相關部門，宜多有著力，促使台灣整個產業可以轉型成循環經濟體系。

## 目次

### 本文

一、 目的 .....	4
二、 過程 .....	5
三、 心得及建議事項 .....	17

## 一、目的

近年來，許多國家與企業積極依據「循環經濟」的創新思維，透過資源的妥善循環，同時滿足社會的需求，帶動經濟發展，並保護環境。台灣在缺乏天然資源的壓力下，多數金屬元素及燃料能源仰賴進口，而這些資源是我國多數產業發展的關鍵。目前台灣產業界正發展廢棄資源和再生資源高值化技術，包含高值材料及燃料，但主要問題仍在於投資回收困難。

「循環材料之高值化專案計畫」為產業創新研發補助旗艦計畫之一，目標在於由廢棄資源和再生資源生產出高價值的材料與燃料，其內容涵蓋廢棄物再生之高值產品、循環製程所需的關鍵材料與技術、可再生材料高值化技術、及綠色製程開發。

「循環材料之高值化專案計畫」的規劃團隊，於執行期間辦理專案計畫之推動協調、審查管考、報告統整及成果推廣。本專案於 106 年公開徵求計畫，共有 66 件申請案，經審查獲推薦 38 案，執行期限為 106 年 6 月 1 日至 107 年 5 月 31 日止。第一年執行成果，業經考評審查，獲推薦執行第二年計畫共 27 案，執行期限為 107 年 6 月 1 日至 108 年 5 月 31 日止。「循環材料之高值化專案計畫」的規劃團隊經過近一年各執行計畫的觀察，對於廢棄太陽能面板、海洋深層水(著重於東部資源開發)及廢塑料等相關循環材料的收集再利用，規劃為下一期計畫重點，希望透過本次日本參訪獲得相關資訊及業界需求。

本參訪團由循環材料之高值化專案計畫規劃團隊，及科技部工程司專案計畫承辦人文端儀助理研究員，共 5 人組成。此行參與之教授專家來自於國內各大學，由中央大學化材料曹恒光講座教授為領隊，曹教授為科技部工程司化學工程學門前任召集人，亦為規劃本案專案計畫的主持人，其研究領域在於軟物質及界面科學，長年執行科技部計畫，多次擔任複審委員，曾獲科技部一次傑出獎，熟悉化工學門學者研究專長與研究現況。其他成員包含:中央大學化材系劉振良副教授，研究領域為有機電子/光電材料及相關元件，獲得中大學術研究傑出獎及科技部高分子學門優秀年輕學者計畫；台灣大學化工系康敦彥副教授，研究領域為開發新穎溼製程鍍膜技術，製備沸石、陶瓷奈米管與金屬有機骨架薄膜，獲得化工學會勵進獎及科技部化工學門優秀年輕學者計畫。參訪成員所包含工程司跨領域資深及年輕優秀之研究人員，以及專案業務承辦人，對於「循環材料之高值化」專案計畫之未來規劃與發展具有正面效益。

## 二、過程

本參訪團行程如下：

參訪日期	參訪地點	參訪內容
2018/7/5 (四)	台灣→日本富山	啟程 整理及準備資料
2018/7/6 (五)	富山	富山 city eco town Eco Mind Corporation (エコ・マインド株式会社) IOTC(アイオーティカーボン株式会社)
2018/7/7 (六)	富山	滑川及入善海洋深層水基地
2018/7/8 (日)	富山→東京	移動日 整理及準備資料
2018/7/9 (一)	東京	川崎 eco town 昭和電工川崎事務所
2018/7/10 (二)	東京	PV Techno Cycle
2018/7/11 (三)	日本東京→台灣	回程

### (一)富山 city eco town(7/6)：

參訪當日先至 eco town 的交流推動中心，由渡邊小姐進行簡報介紹。富山是日本海沿岸屈指可數的工業聚集地，富山 city eco town 是日本第 16 個、北陸地區第 1 個獲得認證(2011)的生態城市工業區，腹地約 18 公頃。整合以資源循環設施為主的地區循環據點，其目標是「實踐資源循環型城市建設，推動實現無廢物、無污染的生態城市」。交流推動中心成立目標除了推動 eco town 相關事務外，也具備推廣環境學習與發展環保活動之用途。eco town 所營運的重點有兩項，如下：

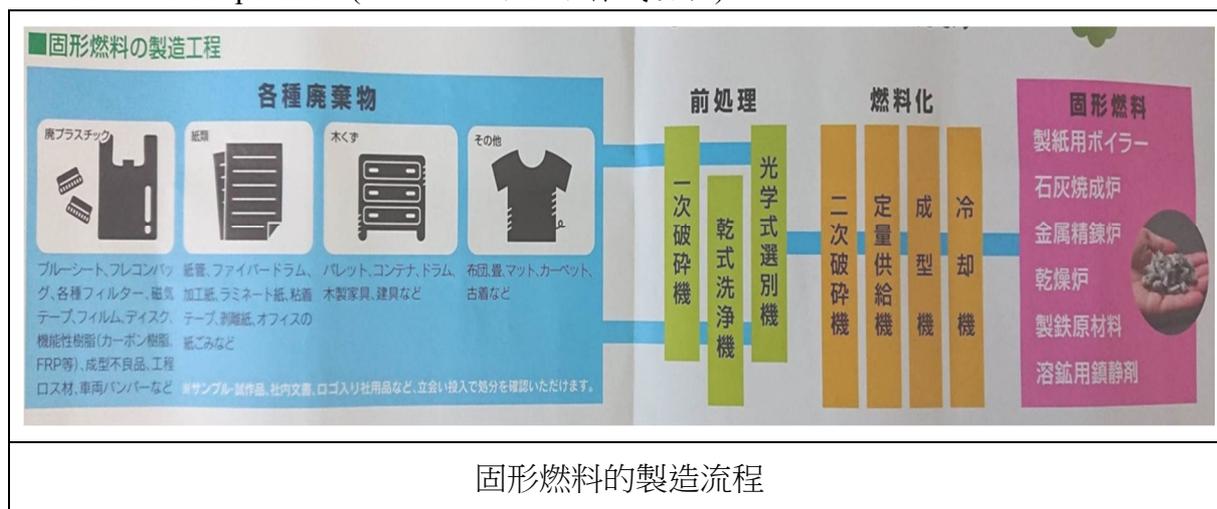
1.以地區內循環為主：富山地區的地方資源很多，地形從海平面 0 公尺到海拔 3000 公尺、氣候寒冷多濕。所規劃推動的循環設施建設，係考慮地方產業、農業、建築等業種，俾利回收資源的產品能於此地區內循環使用。主要由公部門(富山市政府)率先調節整合，並支援民間企業發展。截至目前 eco town 中有 7 個廢棄物循環處理再利用工廠，分別針對混合型廢棄塑膠、廢棄木質材料、食品廢棄物、廢汽車、難處理纖維廢棄物、廢棄食用油進行再利用處理，其中一企業焚燒回收處理物後產生餘熱發電。

2.場址就在居住地中：企業處理廢棄物朝向「零污染」的目標，場址與居民居住地並無明顯區隔。中心除了動員消費者可以落實分類回收外，發展 eco town 的過程也公開相關資訊能讓居民瞭解。而企業處理的廢棄資源商品化後，也能讓消費者對綠色產品有信心，使循環經濟體系可以落實。

當日下午至 eco town 內的 Eco Mind Corporation (エコ・マインド株式会社)和 IOTC(アイオーティカーボン株式会社)參訪。該公司主要針對難處理纖維與混合廢塑料的廢棄回收物，如各類廢棄塑膠、紙類、木材廢棄物、舊衣或大型榻榻米等，依照不同回收物處理成各式固形燃料(RPF, Refuse Paper & Plastic Fuel)。該公司估計每小時可生產出 40 公噸的固形燃料，依照混合廢棄物比例不同，也可製成燃燒能量不同的固形燃料，以提供給不同類型的工廠用於鍋爐、燃燒爐等所需的燃料。將纖維與塑膠混合廢棄物製成固形燃料的優點在於可減少石化燃料的使用、降低最終廢棄物的處理量、減少溫室效應排放量。

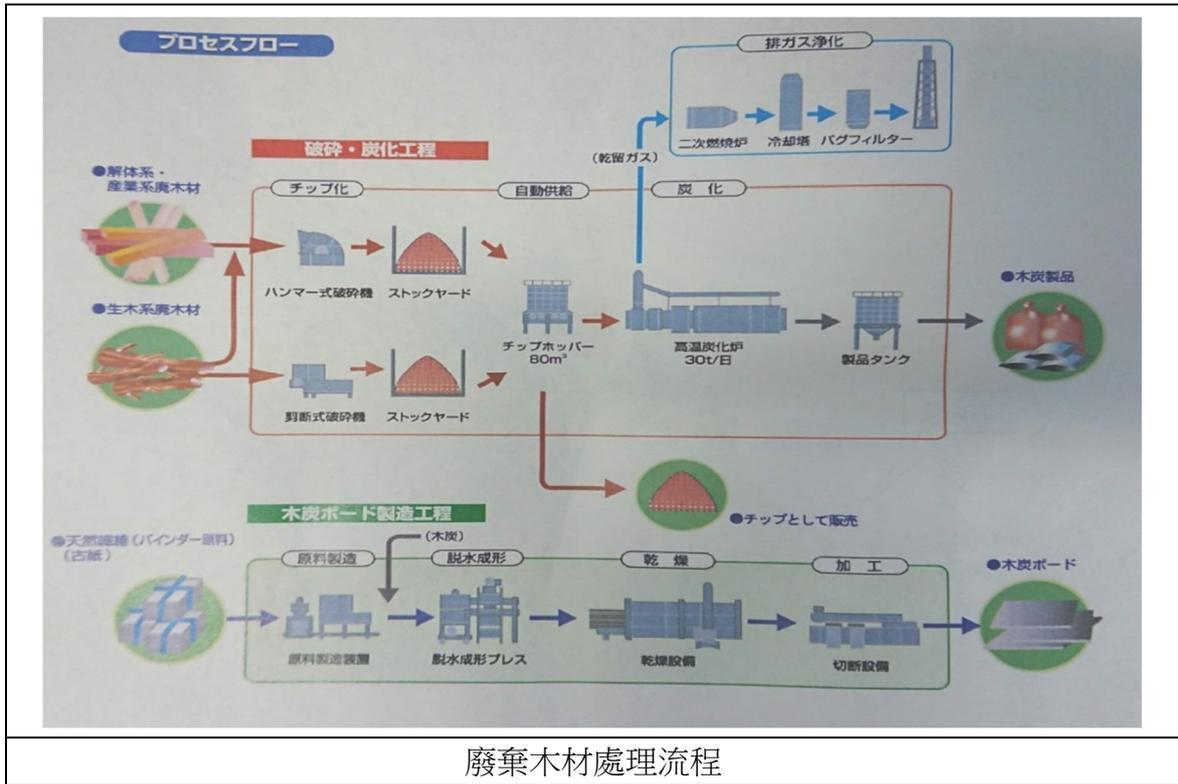


\* Eco Mind Corporation (エコ・マインド株式会社) :



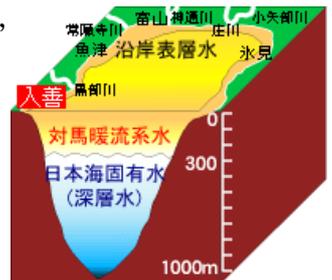
\* IOTC(アイオーティカーボン株式会社) :

另一公司 IOTC 主要針對廢棄木材進行炭化後製成高值再生產品(木炭板、木炭、木酢液等製品)。日本平面房屋大多建材為木製原料，且因為建築法規影響會有許多大型廢棄木材產生。再者工業中所用的棧板、捆包固定材等廢棄物也數量眾多。甚至日本地形如同台灣多山，會有大量漂流木與清潔的路樹廢棄木產生。故該企業針對不同來源的木材回收後先進行分類處理，再透過破碎、磁選等步驟後，進行高溫炭化(800°C)，則可加工製成高價木炭製品(具有除濕、除臭、淨化等功能)。該企業為達到廢棄排放零污染的目標，更增設設備進行二次燃燒，將炭化的氣體經過更高溫燃燒、冷卻、收集灰渣等處理後，才排放無污染的氣體。

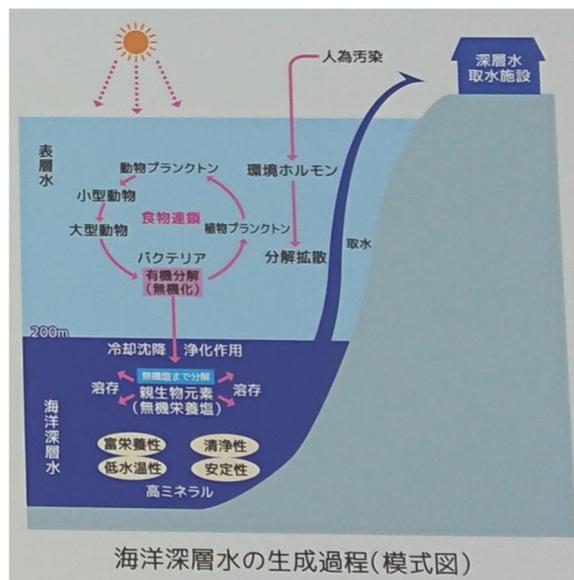


(二)富山縣滑川及入善海洋深層水基地(7/7)：

日本國內共有 15 個深層海水取水設施，而富山縣地理位置特殊，南有立山連峰山脈、北連日本海，富山灣在近海處 300 公尺以下為「日本海固有水」，而富山灣急劇變深的地形(水深超過 1000 公尺)非常適合採集海洋深層水。富山灣的海洋深層水三大特點是：



- 1.低溫安定性：水溫則均年保持恆溫在約 1-2℃，水質安定。
- 2.富營養性：富含礦物質且雜質少，礦物質或人體必須的微量元素含量達 3.4 %。
- 3.清潔性高：陽光無法照射到此層，細菌等生物無法生長；表層海水的污染也無法擴散至此。



富山縣是日本早期投入海洋深層水資源利用的地區之一，在縣內有三個取水設施。利用在地的深層海水資源與業者、學者及研究機關合作，發展醫藥生技等相關產品。此次參觀滑川與入善兩個取水設施。

### 1.滑川海洋深層水分水設施：

又稱「アクアポケット(Aqua pocket)」。該設施為經濟通產省轄下新能源利用機構(NEDO)為進行實驗所建設，自 2004 年後轉交滑川市運用。取水深度為 333 公尺，取水量 2000 噸/日。取水後經逆滲透(RO)、電透析(ED)處理後，提供原水、脫鹽水(逆浸透膜)、礦物脫鹽水(電氣透析)、濃縮水(逆浸透膜)、鹽水(電氣透析)、高濃縮水(逆浸透膜)6 種海洋深層水供民眾或企業使用。該設施是日本海洋深層水設施中被一般市民利用量最多的設施(脫鹽 RO 水)。滑川市政府委託 WAVE 株式會社營運螢光烏賊博物館與 Thalassopoa 海洋療法設施，透過營運相關設施，能讓一般民眾更瞭解海洋深層水的特殊之處。

### 2.入善海洋深層水活用設施：

該取水設施由日本政府補助 16 億日圓建構，交由入善町公所經營，取水深度為 384m，取水量 2400 噸/日。該町是唯一將深層海水進行多段使用之處。深層水溫度原僅有 2℃，取水上來後先將水引入 Wooke 無菌包裝米飯工廠進行熱交換，使包裝米飯流程維持冷房溫度，也同時提升深層水溫度至 12-18℃，以利後續淨化牡蠣等水產設施利用。



牡蠣淨化養殖也是該町深層海水活化利用特殊之處。原本牡蠣淨化是用表層海水加上紫外線進行殺菌處理，但該町利用海洋深層水之特性養殖淨化牡蠣 48 小時，除去牡蠣體內有害細菌。此法不僅可降低成本\*，且淨化完之海水直接排回海洋即可。該養殖中心目前有 40 個 3 噸淨化養殖水槽，每天約耗費 7 噸海洋深層水，最多可容納 20 萬個牡蠣進行淨化處理，平均一天約送出 1-3 萬個牡蠣。

(\*僅需引入升溫後的深層海水(10 円/噸)，省去淨化表層海水(濾網、殺菌)設備與冷卻設備、和電力等成本)





海洋深層水簡介



牡蠣養殖設施

(三)川崎 eco town、昭和電工川崎事務所(7/9)：

川崎位於東京京濱東北工業帶的核心地區，1960 年代因為快速工業化造成嚴重的環境污染，故川崎市在 1990 年代在川崎填海地區(約 2800 公頃)提出「川崎生態城規劃」(川崎エコタウン)。目標是希望透過政府部門、企業、民眾共同推動建構「先進的環境與和諧城市的零排放」構想，促進地區內的企業展開資源循環生產活動，建立新型資源再生利用設施，以達到推廣廢棄物回收、廢棄物再生為原料、降低廢棄物排放量等目標，建構資源循環型社會。川崎市在 1997 年獲得政府(當時通產省)核可，建立日本第一個 eco town。截至目前共有 16 家企業在此，利用「產業高度集中」和「累積的環保技術」的優勢，使企業排放廢棄資源和川崎市內產生的廢棄物，在 eco town 中可以互相循環並加以利用。



川崎 eco town 資源想像圖

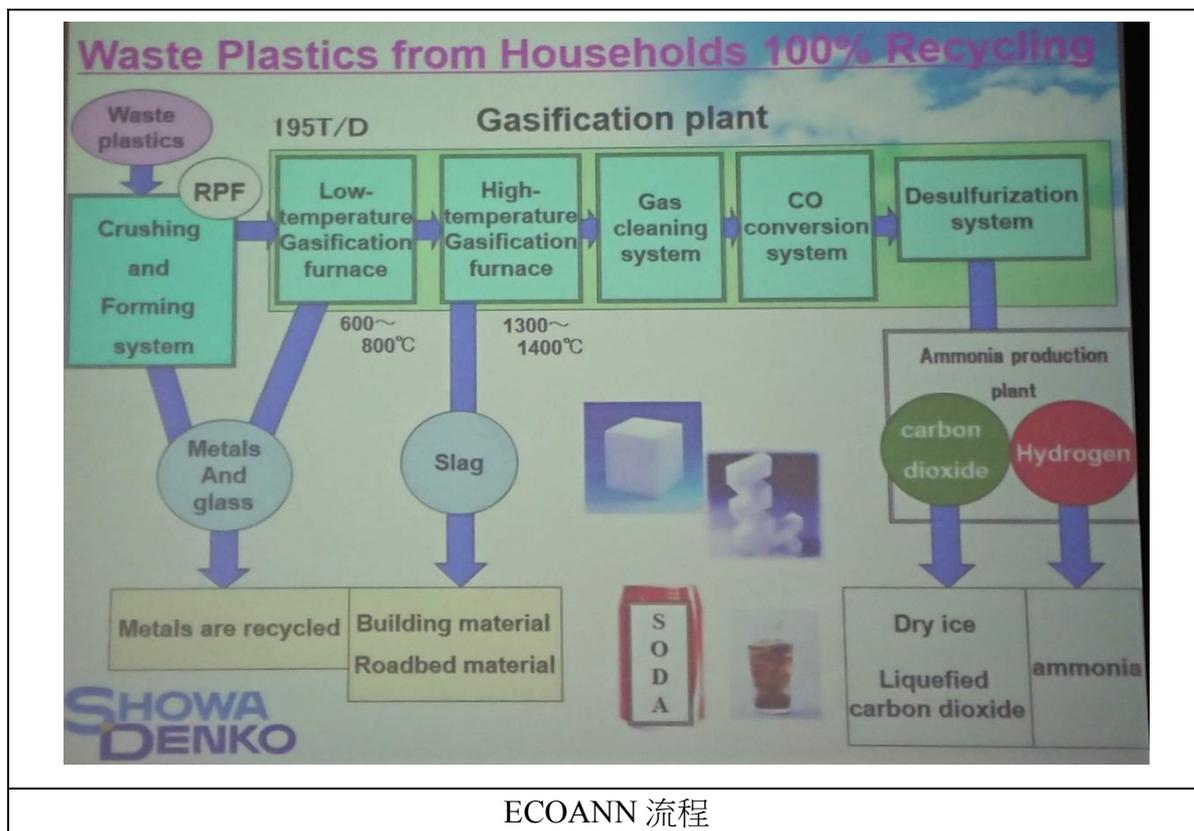
川崎 eco town 計畫的基本構想有四大點：

1. 企業自身推動環保化：企業應設立再利用設備，與達到廢水、廢棄物零排放目標。
2. 企業間合作促進地區環保化：工業園區整體規劃，藉由資源循環系統進行廢棄資源媒合，以達零排放工業區的目標；並引進生質能源汽車。
3. 以環境為主軸，為實現「地區持續發展」進行研究：透過與研究機構的合作，研究如何有效利用能源、再利用地區材料且產業化、及開發產業之前瞻技術。
4. 宣傳企業、地區的成果：透過建立 eco town 會館，讓民眾與其他國家能夠瞭解相關資訊及生態城成果。自 2009 開始，每年舉辦川崎國際環境技術展，使企業的產品與技術可以推廣交流。

後至其中一企業-昭和電工參訪「廢塑料的氮原料化設施」。近年由於塑膠生產與使用便利，目前已有大量廢棄物需處理。日本政府在 1997 年通過「包裝容器再生利用法」，規定消費者、政府與企業需合作，將廢塑膠容器分類、回收再利用。但塑膠包裝製品種類與材質相當多，在技術上要有完全能因應所有塑膠材質製品的回收方式著實困難。因此昭和電工自 2003 年開始使用專利技術(ECOANN)成立川崎塑膠回收廠(KPR, Kawasaki Plastic Recycle)，將廢棄塑膠回收後氣體化，再製成高價工業氮原料。

其化學再生法的流程是，廢塑膠經過前處理製成 RPF 後，送至低溫(600-800°C)和高溫(1300-1400°C)氣化爐進行兩階段的加熱，讓廢塑膠完全氣體化，生成氫氣(H<sub>2</sub>)和一氧

化碳(CO)，後再引入空氣(當中含氮氣 $N_2$ )合成工業原料氨。目前工廠因為廠區空間限制，最大處理廢塑膠量可達 195 噸/日(50,588 噸/年)，製成氨氣可達 175 噸/日。現今昭和電工利用廢塑膠所產生的氨原料已可佔產線原料比例的 50%，另外則使用傳統液化石油氣所產生的氨原料。



ECOANN 程序所製成的氨，其可作為來製備氮肥、紡織材料(丙烯酸、尼龍)、黏合材料、甲基丙烯酸甲酯樹脂等產品的原料；而生成的一氧化碳可產生成二氧化碳( $CO_2$ )，做為食品飲料的原料。其製程特點有：1.廢塑膠回收不需區分種類，皆可直接破碎製成 RPF；2.製程中完全將塑料氣體化，實現零排放再生利用；3.所製成的氨氣純度高，與傳統石油製成氨氣品質相同。



簡報分享



參訪工廠設施



廢塑料與成形 RPF



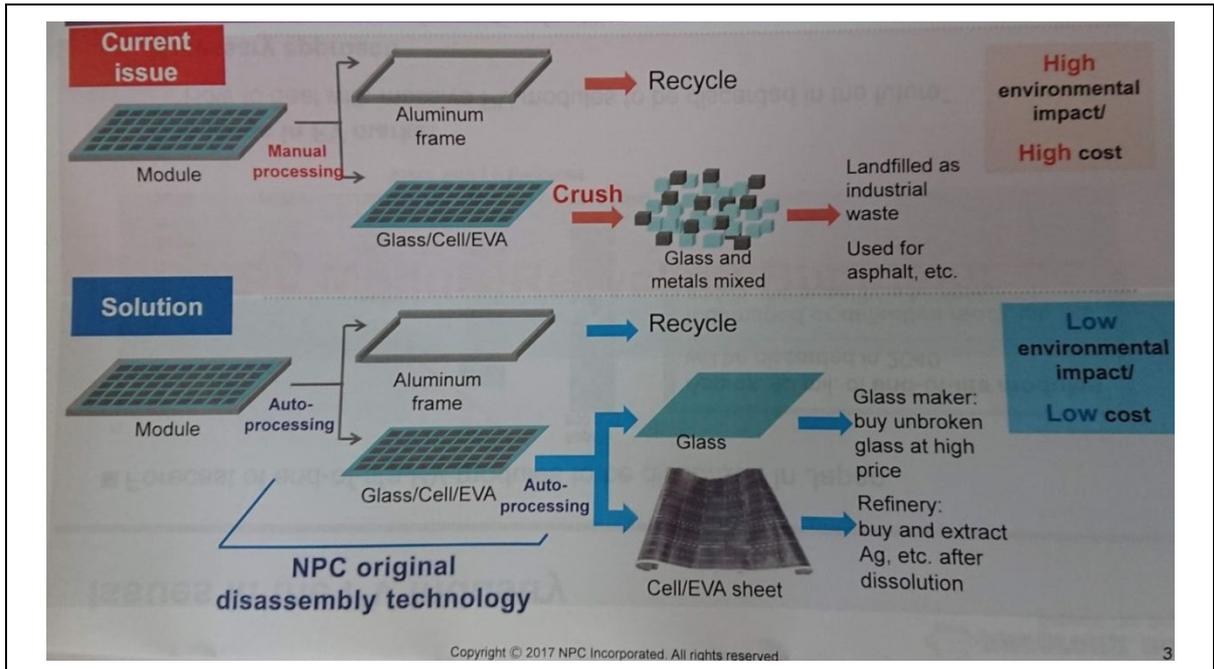
昭和電工廠內設施

#### (四)PV Techno Cycle(7/10)：

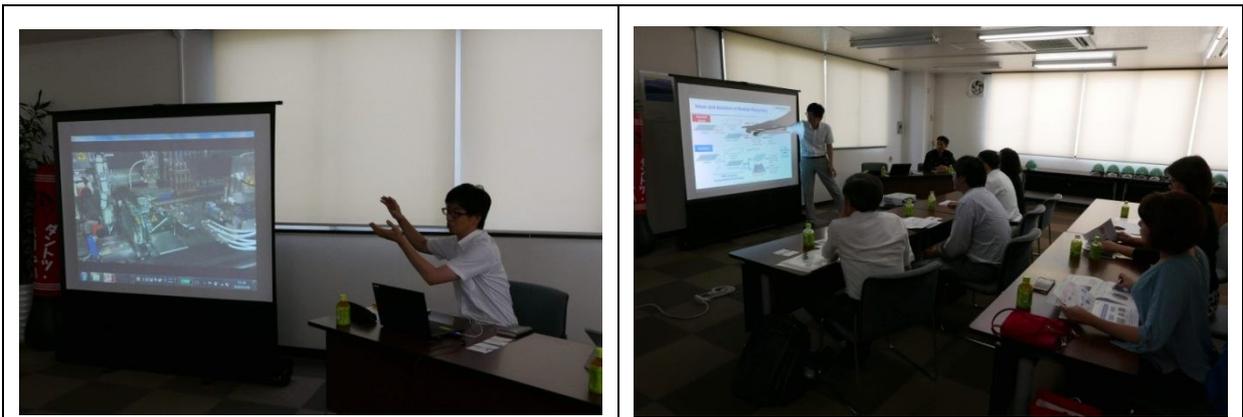
PV Techno Cycle (PV テクノサイクル株式会社)是 2016 年日本太陽能板製造商 NPC 株式會社(株式会社エヌ・ピー・シー)與廢棄物處理機構浜田社共同合作成立，目標是建立從太陽能板製造到回收再利用整理解決方案。

NPC 於 1992 年成立，在 1994 年時將真空包裝技術應用製造太陽能面板模組，其產品也銷售至全球。目前全球開始大量使用太陽能源的同時，估計達太陽能板平均壽命 20 年後，將會產生大量廢棄物(估計日本國內在 2040 年則產生 800,000 噸的廢棄太陽能板)。因此 PV Techno Cycle 的成立則是目標解決廢棄太陽能板的問題，該公司從 2017 年 10 月開始進行回收太陽能板事業。透過 NPC 豐富的製造與檢測太陽能板經驗，且有相關技術與專利；且浜田社已有 40 年回收處理廢棄物之經驗，也擁有廢棄物處理物流網路，PV Techno Cycle 則共同開發出目前獨有的面板拆解技術，找出最佳的回收方式。

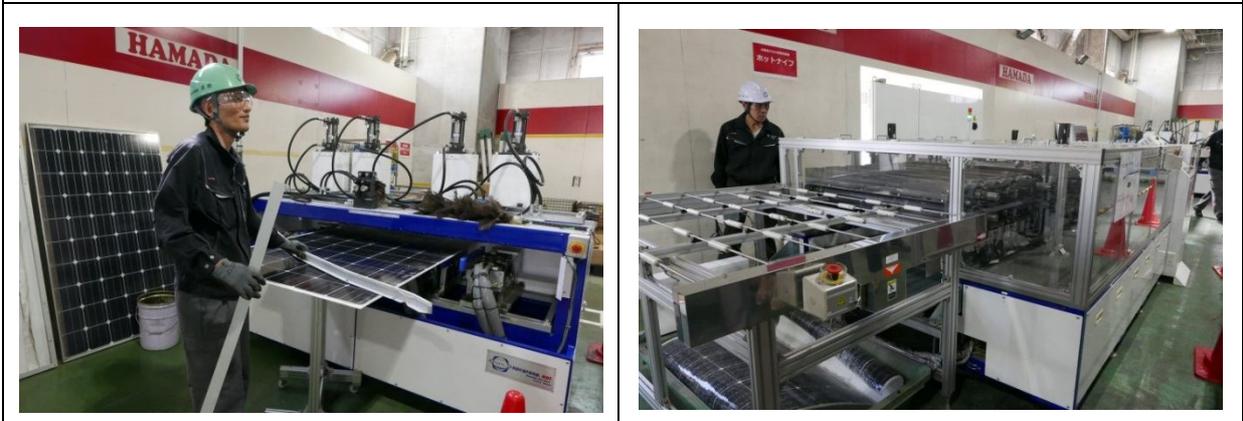
目前太陽能板模組回收處理方式，大多仍是拆解鋁框與面板部分。鋁框則進行回收，而因拆解過程中玻璃面板容易損毀，故該部分大多採粉碎熔融後掩埋或做瀝青原料等處理。此方法不僅對環境影響較大，且處理成本高(處理費約 150 円/Kg)。PV Techno Cycle 目前所採處理技術是利用特殊設備進行拆解，先將鋁框部分經自動化設備拆除，剩餘部分經過該公司自動化機械設備將玻璃與電池、EVA 膜部分分離。此方法可將鋁框、完整玻璃版以高價回收再利用；而矽基電池與 EVA 膜部分取出貴重金屬(如銀)回收，剩餘則可焚燒處理。此回收技術不僅可完全再利用太陽能板，且處理費估計僅需 70 円/Kg。



太陽能板模組目前回收流程與 PV Techno Cycle 解決流程



簡報分享



太陽能板模組處理過程

	
<p>矽基電池與 EVA 膜部分</p>	<p>工廠參觀</p>
	
<p>參訪人員合照</p>	<p>贈送禮品</p>

### 三、心得與建議：

日本環境與產業型態與台灣許多地方相近，透過此次參訪瞭解日本利用在地資源與工業技術資源結合，將再生資源與廢棄資源循環再利用的模式。如富山縣利用天然再生資源(海洋深層水)發展高值化商品。台灣花東也有深層海水資源可採取，且當地參訪人員表示，各地深層海水成份略有不同，台灣也可發展獨特在地化商品以利市場區隔。但日本深層海水取水設施大部分主要由政府提供經費補助建設，地方政府取水後除供民間與企業使用，並提供研究單位可發展相關技術(養殖、工廠熱交換等)或商品化(生技製藥)，更形成當地特產(飲用水、酒等食物)與發展觀光(博物館等)等資源振興當地產業活動。產官學互相結合，透過此架構可穩定發展，形成資源有效利用。

日本從 1997 年川崎開始設立第一個 eco town 後，目前由國家認定的 eco town 共有 26 個。該特色則是發揮了循環經濟的模式，將工業和民生廢棄物可以透過企業技術，有效的循環利用。且企業集中在 eco town 中，可以使該地區的資源可以被高度有效利用。另一特點是 eco town 的設立是由政府的支援補助下，地方政府所發展的城市建設項目；

企業也願意共同參與投入，在當中資源互相利用，投入研發零排放的環保技術，以求達到更高的排放標準；並在川崎市內匯集研究機構(民間或大學相關研發機構)，以求研發前瞻技術。產官學的互相配合，是日本各地的 eco town 可以發展達到零排放目標的強力條件之一。

日本的循環材料高值化另一條件，在於日本法規相對來說是另一促進的動力。如參訪昭和電工時，簡報人員也說明日本因法規規定，促使民眾與企業對於回收處理廢棄物的部分，已經也考慮在整個經濟體系當中，民眾對於垃圾分類也有相當程度的配合。企業在製造相關產品販售時，則需考慮回收處理廢棄物的部分。而此次參觀的企業也是投入前瞻技術研發，將不同廢塑料可以用相同的方式處理。並且在富山與川崎 eco town 工廠參觀中，簡報人員也說明企業在工廠設備建設時，為求達零排放標準，則加入其他處理設備。

此部分除台灣學界可投入研發前瞻技術，使業界在循環經濟中可以用更有效的方式逐步改變。政府也需在法規與政策上有更好的方向與目標，促使台灣整個產業可以轉變成循環經濟體系。目前法規僅對於廢棄物處理多為委託第三者處理或是設立排放標準要求業者達成，但若可以從台灣區域產業經濟考量，由政府結合產業人士共同規劃，帶領企業願意提高生產目標投入循環體系。