

出國報告（出國類別：其他）

國際環境夥伴計畫(IEP)之永續物料管理研習與交流

服務機關：行政院環境保護署

姓名職稱：何春玲專員、楊雅惠助理環境技術師

派赴國家：美國

出國期間：104年12月1日至104年12月11日

報告日期：105年1月30日

摘要

本計畫於 2015 年 12 月 1 日至 11 日參訪美國，包括拜會美國環保署第九分署(EPA Region 9)、美國加州能源委員會(California Energy Commission, CEC)、美國加州資源回收和再利用部(Calrecycle)及美國舊金山 Recology 公司(SF's Recology)等政府單位及民間公司，內容主要為永續物料管理之廢棄物減量模式、食物及電子廢棄物挑戰、資訊管理系統與環保應用發展之大數據及生物燃料等政策與法規，進行臺美雙方不同層級政府對廢棄物及永續物料管理之建制與做法，並透過專家拜會及業者參訪，共同提升廢棄物資源化成效及降低環境衝擊影響性，使各類資源得以透過生態循環或工業循環不斷再生利用，進而達到物質循環零廢棄目標。

經過實際交流瞭解美國環保署在聯邦層級法律於西元 1990 年後少有變動的狀況下，要將永續物料管理納入法律較困難，目前由各州自主推動才有機會。我國狀況相對較好，能從廢棄物清理法或資源回收再利用法的修法，或是資源循環利用法的立法，有較大機會將永續物料管理概念融入。

加州是美國環保最先進的州，推動永續物料管理不僅由環保單位出發，從這次拜訪加州能源委員會理解，由於物料管理是跨領域的，故如實質的補助計畫上，由物料管理角度出發，較有機會找到充足的資金進行補助，並進而促進環保效益。另外領導者的決心與魄力十分重要，如加州州長所設立的減碳目標、零排碳載具目標，才能夠帶領後端如此多相關技術、計畫與策略前進。

美國私人機構的活力較公部門強，領導者有理念也注重商業利益，並有創立自我品牌之野心，且美國文化對於環保工作更一視同仁，與其他的工作機會一樣重要，機構內也有博士級人員進行研發，這是國內一般環保產業比較少見的。本次參訪機構對生質物處理技術已頗為完整，從收集、技術、成本與應用等，皆有著墨，可依照國情不同參考相關重點，如由加州 Yolo 縣的掩埋廠(Yolo county central landfill)的生質廢棄物處理，可學習生物反應器相關技術之應用，或是學習藍線計畫(Blue Line)的廚餘臭味控制技術。另外，國內在談永續物料管理時，由於環保署權責關係，較少提到生質物處理技術等議題，此次經驗可帶回參考，補充國內永續物料管理的生質物管理面向。

美國在資訊整合分析部分，與國內一樣重視生命週期分析或物質流分析，我國政府因資料庫建立較早且完善（尤其是廢棄物管制中心系統），故我國在資料分析方面有較美國豐富的成果。不過柏克萊團隊所著墨的綠色設計、由製程再分析永續物料管理的切入點，仍然值得參考。永續物料管理對國內也是新的嘗試，谷歌(Google)公司的創新精神，尤其是在錯誤中學習經驗，亦是本計畫共勉的目標。

目次

- 一、目的
- 二、過程
- 三、心得與建議
- 四、附件

一、目的

本研習與交流計畫為臺美合作協定第11號辦法執行「國際環境夥伴計畫」(IEP)之延續，本署於2015年辦理「國際環境夥伴計畫－零廢棄圓桌論壇」，由臺美雙方分享廢棄物管理經驗、交流永續物料管理(Sustainable Materials Management,以下簡稱SMM)做法、探討綠色技術及建立合作機制，其中美國環保署助理署長Jane Nishida及第9分署長Jared Blumenfeld對我國「永續物料管理」業務有極高興趣，極力邀請我國赴美進行業務交流，並透過臺美合作將計畫擴大為「國際環境夥伴計畫」。

此行程於2015年12月1日至11日參訪美國，包括拜會美國環保署第九分署、美國加州能源委員會、Calrecycle及SF's Recology等政府單位及公司，內容主要為SMM與廢棄物減量模式、SMM食物及電子廢棄物挑戰、SMM資訊管理系統、與環保應用發展之大數據、生物燃料政策與法規等，進行臺美雙方不同層級政府對廢棄物及永續物料管理之建制與做法，並透過專家拜會及業者參訪，共同提升廢棄物資源化成效及降低環境衝擊影響性，使各類資源得以透過生態循環或工業循環不斷再生利用，進而達到物質循環零廢棄目標。

另外2016年我國將與美國環保署合作辦理「第四屆永續物料管理國際研討會」及第一屆「永續物料管理國際合作平台諮商會議」，共同邀請國際環境夥伴計畫(IEP)夥伴國家參與，研討會辦理形式及議題討論亦為本次交流之目的。本項業務與循環經濟息息相關，例如6R之重複使用(Reuse)、源頭減量(Reduction)、物料再生(Recycling)、再設計(Redesign)、新生土地(Land Reclamation)及能源回收(Energy Recovery)、電子電器廢棄物回收、城市採礦推動、關鍵物料流向流量掌握、搖籃到搖籃設計推廣等，對於創造綠色產業、提供就業機會及提升國家競爭力甚有助益，透過臺美雙方產官學研交流，可將永續物料管理理念與做法共同推廣至國際環境夥伴計畫(IEP)夥伴國家。

二、過程

(一) 美國政府部門訪問交流

美國聯邦層級，由於自1990年，幾乎沒有新的相關法案，故在推動永續物料管理時，聯邦層級並無強制力，而需靠各州自行訂定法令，推動相關作為。即便如此，美國仍推動綠色聯邦挑戰、食物廢棄物挑戰與電子廢棄物挑戰等，多為自願性計畫。美國對於食物廢棄物部分頗為注重，與我國稍有不同，故為本次參訪的重點之一。

1、美國 SMM 政策—拜訪美國環保署第九分署（舊金山）

(1) 2017-2022 年永續物料管理策略計畫

訪問美國環保署第九分署的第一天(12月7日)，Zoe Heller女士提到現在美國環保署提出2017-2022年的永續物料管理策略計畫，包括三大方向：1.建築環境，2.永續食物管理，3.永續包裝。

於建築環境上，希望可以減少建築廢棄物的產生，並融合SMM於建築的各個生命週期階段，並增進大型的建築或破壞工程計畫的物料回收利用。

永續食物方面，希望能夠增加堆肥與厭氧消化的設備，妥善處理廢棄食物；另外也希望能夠落實美國環保署的食物廢棄物管理金字塔，由減量開始做起，包括減少食物的剩餘量、捐贈食物、食物餘渣轉為動物食料、製造能源與堆肥，以及掩埋。

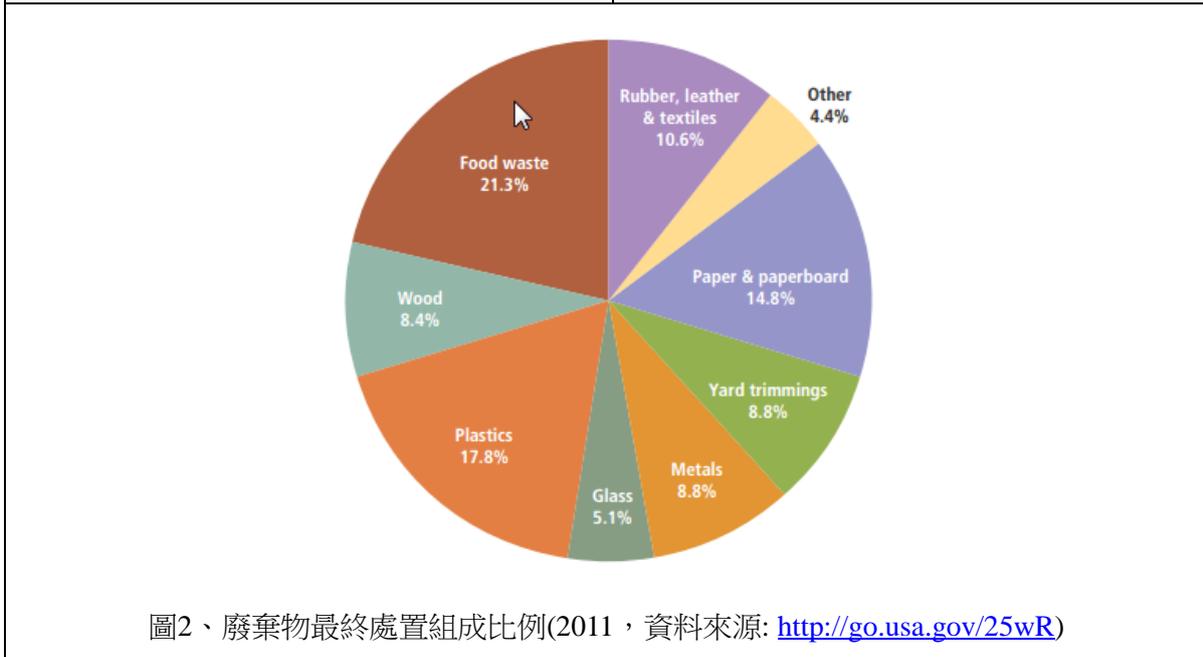
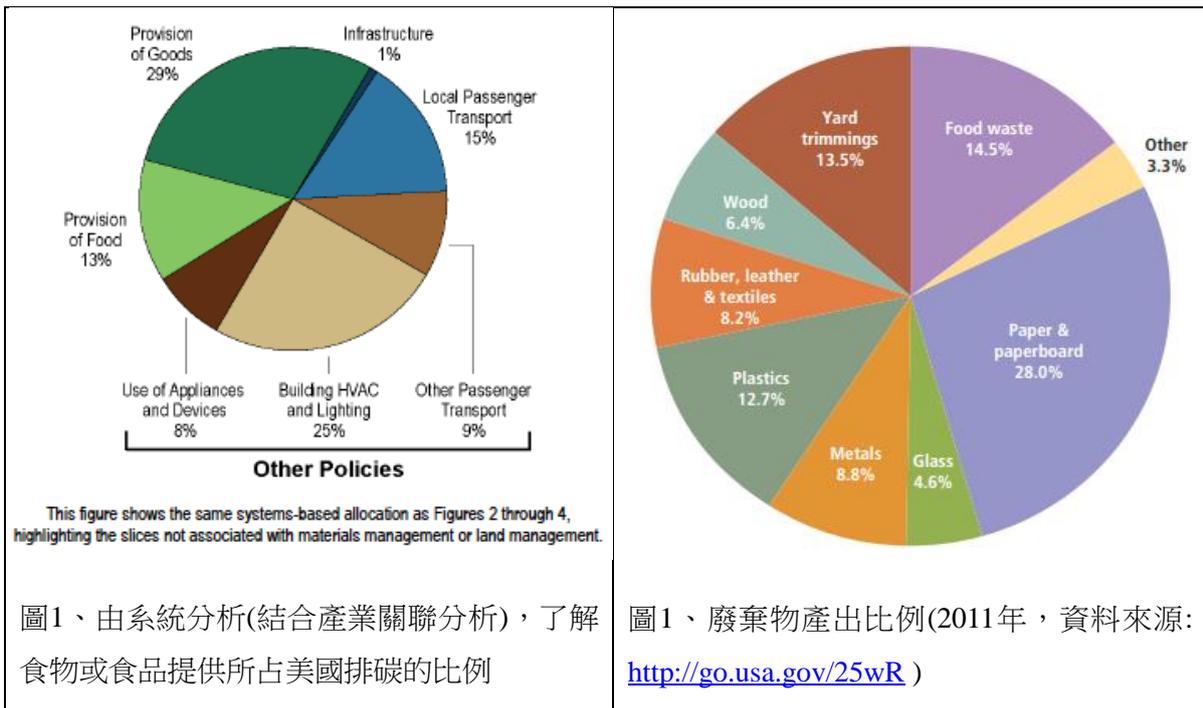
而永續包裝，是以自願性為主，包括召集相關社群與非營利組織，以及結合聯邦政府組織，推動包裝減量，並促進相關研究，訂立相關工具與指標，如生命週期分析等（如柏克萊大學LMAS團隊所做），系統性思考如何減少包裝量與增進回收效益等。

(2) 永續物料管理挑戰

2017-2022年永續物料管理策略計畫的前身，包括3個美國環保署推動的挑戰：食物廢棄物挑戰、電子廢棄物挑戰與聯邦綠色挑戰。其中電子廢棄物挑戰與我國類似，美國方面主要介紹食物廢棄物挑戰與聯邦綠色挑戰。

食物廢棄物挑戰，Shannon女士介紹美國永續物料管理的實作方向，

主要是如何讓社會群眾知道在開採、使用與回收物料上，如何降低溫室氣體排放。永續物料的挑選，是延續2009年的一項研究，其報告為” Opportunities to reduce greenhouse gas emissions through materials and land management practices”，其利用產業關聯分析的技術，將原本產業部門分類，找出其溫室氣體排放的根本原因，在經分析發現於食物或食品的供應，溫室氣體排放約占了42%（如圖1）。而在廢棄物部分，食物廢棄物佔美國廢棄物產生量的14.5%（如圖2），最終處置比例為21.3%（如圖3）等，可見食物廢棄物處理在美國的重要性。



目前食物廢棄物管理政策是以金字塔概念為主(圖4)，與廢棄物管理金字塔類似，包括減少食物的剩餘量(廚餘)、捐贈食物、食物餘渣轉為動物食料、製造能源與堆肥，以及掩埋。其中食物相關的生質物處理技術，包括生質燃料或堆肥等，將陸續在報告內介紹。

聯邦綠色挑戰則是一自願性的計畫，包括六大類別：廢棄物、電子設備、購買、能源、水及交通，以聯邦政府的各個建築物為主，各建築物可從綠色挑戰的六大類別，挑選挑戰的項目，其中至少有一項是廢棄物、電子設備或購買，並設定自願性改善目標，且不得小於5%。

此項自願性挑戰計畫為美國環保署第九分署首先提出，我們實地見到他們的各項垃圾分類，或遠距會議設備等，根據Hellor女士與美國環保署高主任秘書景儀(Jessica Kao)的補充，目前美國環保署第九分署仍在此自願性挑戰計畫中，且表現於各聯邦建築物排名中名列前茅。

聯邦綠色挑戰之自願性計畫模式，可考量如何加強應用於國內政府單位或企業界，但須根據我國國情修改實施方式，以達真正環保目標。圖5～圖8為參訪美國環保署第九分署的照片及介紹。

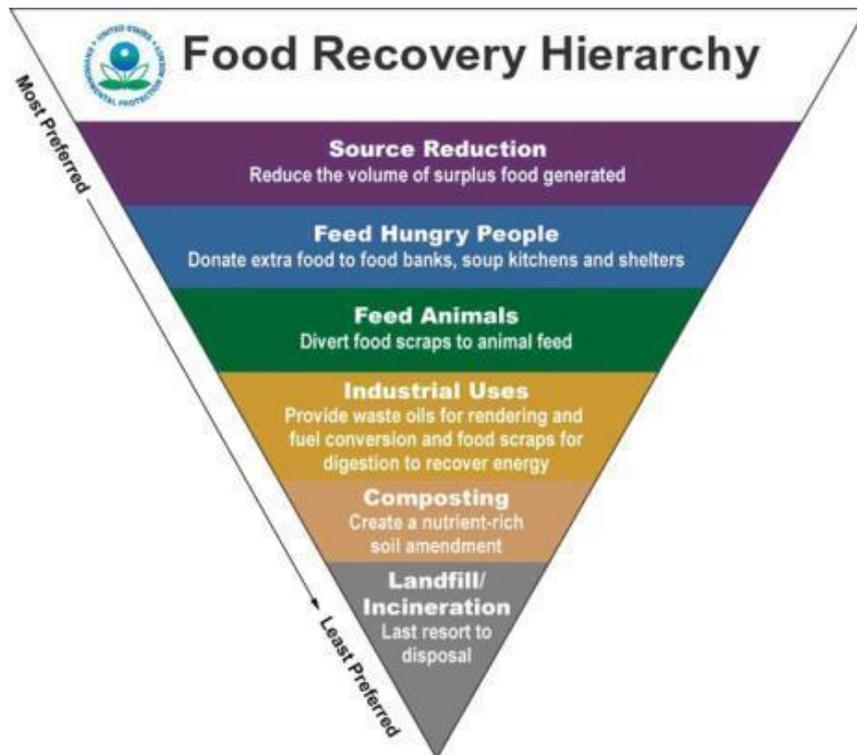


圖 3、美國環保署食物廢棄物管理金字塔



圖 4、美國環保署第九分署的垃圾分類，我方參訪時適逢該分署重新整建辦公室，目前他們辦公室的設計方式，越來越注重氣氛與環境，以提升創意與活力。



圖 5、我方與美方於會議討論美國永續物料管理計畫的構想與行動，期間並與台灣專家舉行了一次網路會議。



圖 6、與美方會後合照



圖 8、與美方會後合照

2、能源政策對永續物料管理的影響—拜訪加州能源委員會

訪問加州能源委員會(California Energy Commission, 以下稱 CEC)，主要是了解廢棄物能源轉換(Waste to Energy, WtE)技術相關計畫，以提供國內參考，經訪談後得知，由於美國環保署主要推動的是食物廢棄物相關的有機廢棄物處理，故 CEC 的相關計畫，也間接促成美國環保署於食物廢棄物能源轉換技術面的推動。

(1) 減碳相關重要目標、計畫與措施

加州人口約3,800萬人，溫室氣體排放於2012年為458百萬噸，其中37%來自交通運輸，CEC 制訂許多政策及法案期望加州達到減碳目標，且許多措施或計畫多與運輸相關，如：

- 溫室氣體減量：目標是在2020年達到1990年的排放水準，2030年再減少40%，2050減少80%等。主要法案包括 AB82, Executive Orders B-30-19 與 S-3-05。
- 石油減量：目標是在2020年比2003年水準再低15%的用量。相關法案為 California State Alternative Fuels Plan。
- 低碳燃料標準：目標是在2020年減少10%的交通燃料排碳量，相關法案為 AB32。
- 聯邦再生燃料標準：目標是在2022年使用3,600萬加侖的再生燃料(全國性目標)，相關法案為 Federal Clean Air Act。
- 空氣品質：以今年為排放計算基準，在2023年NO_x減量80%，相關法案為 Federal Clean Air Act。
- 零排放運具指令：在加州於2020年達到推廣1百萬電動運輸機具，於2025年達到1.5百萬輛電動運輸機具。相關法案為 California Executive Order B-16-2012。
- 永續貨運：增加貨運效率，過渡至零排放運具，並增加經濟競爭力，相關法案為 California Executive Order B-32-15。

在這些相關目標與法案下，如何推動再生燃料使用、推廣零排放運輸，是目前 CEC 重要的執行方向，同時也十分具有挑戰性，故需要補助前瞻技術的相關計畫，促進相關目標達成。

(2) 加州目前執行中之廢棄物能源轉換計畫

加州有 2,810 萬車輛，以及 90 萬卡車，每年用 1,810 萬加侖的燃料，而可能的再生燃料來源，包括都市廢棄物每年約 2,600 萬噸，農業廢棄物約 2,500 萬噸，以及森林廢棄物約 2,700 萬噸等，如何將這些有機廢棄物轉為再生燃料，且要同時符合排碳目標與空氣品質等標準，十分有挑戰性，為促進能源轉換技術的成長，有許多補助計畫推動。

補助計畫主要在替代燃料和車輛技術方案(Alternative fuels and vehicle technologies programe，ARFVTP)之下，補助的技術領域包括電動車(193 百萬美元)、生質燃料(164 百萬美元)、氫能(99 百萬美元)、天然氣(95 百萬美元)等，其中我們較關心的廢棄物能源轉換，包含在生質燃料投資領域部分之相關計畫，主要分為生質甲烷、替代柴油與生質乙醇，相關計畫概況如下：

- 生質甲烷：目前共有 16 項相關計畫，投資約為 5,200 萬美元，包括厭氧消化(14 項)與氣化(Gasification, 2 項)兩種技術，成本效益約為每年每噸減排成本為 51 美元。
- 替代柴油：目前共有 14 項相關計畫，投資約為 4,970 萬美元，包括酯化(Esterification, 2 項)與裂解/氣化(Hydrocracking/Gasification)兩類技術，成本效益約為每年每噸減排成本為 6.2 美元。
- 生質(纖維素)乙醇：目前僅有一個計畫，投資約為 390 萬美元，成本效益約為每年每噸減排成本為 1,837 美元，是目前效益最低的一種。

與曹繼中博士(Dr. Chih-Chung Cao)討論時得知，CEC 主要的資金來源，是向加州境內每一輛汽車所徵收的稅為主，由所收得的稅金來補助向政府申請的相關計畫。CEC 會審核申請計畫的技術可行性，並追蹤成效；另外廢棄物能源轉換的相關公司，除了向 CEC 爭取補助之外，也能向加州的 Calrecycle(類似我國的資源回收基金管理委員會)申請補助。

(3) 給台灣的建議與討論

從加州經驗，曹繼中博士(Dr. Chih-Chung Cao)也給我們一些建議，如生質柴油要考慮運輸問題，包括儲存跟運送，都需要基礎設施的建

置。生質甲烷，則在純化上需要較高的成本，且須連結至天然氣管線。生質乙醇則在料源與收集上有較高的成本。未來對這些生質能源的補助穩定性還未知，現任加州州長傑瑞布朗(Jerry Brown)對減碳有較積極的作為，但未來的政治態勢，則可能影響後續的補助問題。圖 9～圖 12 為參訪 CEC 的照片及介紹。



圖 9、加州能源委員會所在建築，員工可以自行車通勤，建築內提供停車地點，是示範交通減碳的方式之一



圖 10、聽證室，是舉辦各種重要政策公聽會的地方，確實聽取公民意見，共有兩間聽證室



圖 11、CEC 的資源回收一隅



圖 12、與加州能源委員會參與專家的合影

3、加州資源回收及基金運作—與 Calrecycle 之專家訪談

此次會面由美國環保署第九分署安排與 Calrecycle 之 Jim Hill 資深專家進行訪談，Hill 先生提到加州資源回收主要依靠兩個機制：Integrated waste management act 與 Joint power authority (JPA)，並談論到其基金運作，大致上與我國相符，他們在訂定回收費率時，會委託專家再行調查，以決

定費率；目前加州小塑膠瓶回收的費率是 5 美分，大塑膠瓶是 10 美分。但需要預防太多 Alien bottle 的產生(如由別州攜來的大量瓶子)，他們不定期會有人員私下查探，遏制相關事件發生。

對各種製造商、回收統計、費率制定的資訊等，皆統合於 Division of Recycling Integrated Information System，簡稱為 Doriis(如圖 7)，方便廠商進行申報，也可匯出相關報告等，未來若要跨國比較資源回收管理統計，可與該系統資訊進行交流。

另外塑膠相關產品目前是加州於去化管道上較為棘手的項目之一(美國沒有焚化爐)，地方社群或非政府組織(Non-Governmental Organization, 已以下稱 NGO，如後文會提到的 Californians agaist waste 組織)正著力遊說議會，提出禁止塑膠容器的法案，期以源頭開始減量。

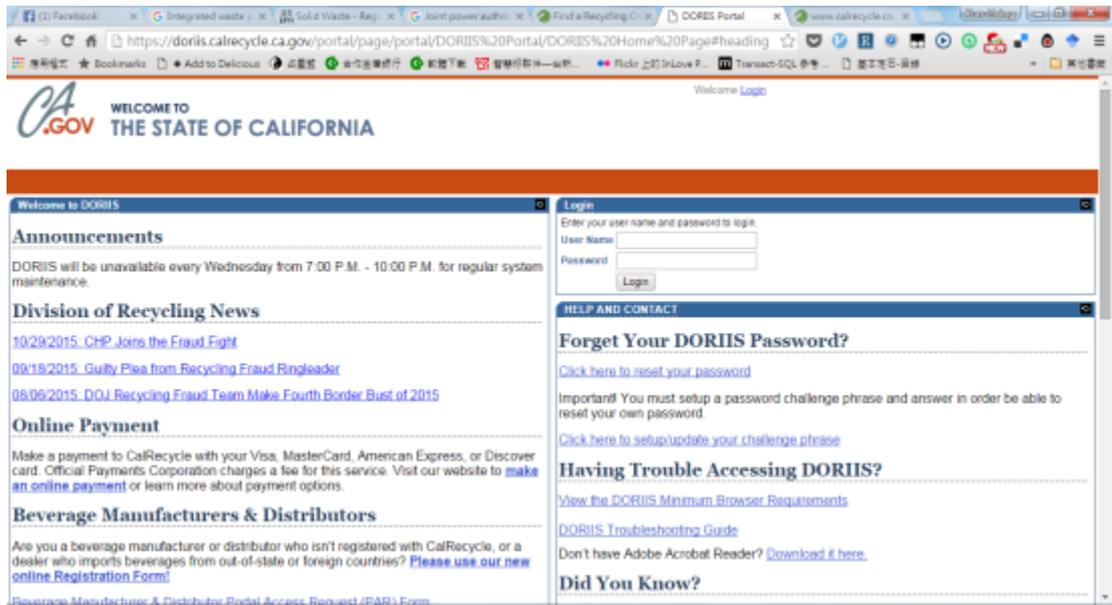


圖 7、Doriis 系統畫面

(二) 美國民間企業參訪交流

此次與美國 NGO 及民間企業參訪，了解加州各個私人企業的活力，各機構的專家對於環保與技術的講解都很有熱忱，在環保跟商業利益上，取得良好的平衡，且當地環保相關產業，不難看到博士級人力的身影，顯見加州私人部門對研發的重視，以下為各企業參訪經驗。

1、3R 環保相關機構

(1) Greencitizen：多角化經營

Greencitizen 公司有 1 萬 5 千家企業客戶，以及約 15 萬一般民眾，每年回收超過 1,200 萬磅的電子廢棄物，其採用較特別的經營模式，如提供資料保密服務，將所收來的硬碟，利用 IT 技術與物理破壞，完全抹除硬碟上的資料，保護客戶的機密；另外，該公司注重修復技術，將修復後的電腦，重新流通市面。或將拆下的零件，流通市場販賣，像放到 eBay 等網路商場，以增加獲利。

經與該該執行長 James Kao 交流，他從商業角度提出一些建議給我們參考：

- 角色：政府與產業應有恰當的角色分配，如政府可以推動計分卡(Score card)，或 NGO 可推動類似美國消費者報告(Consumer report)，評鑑產品或服務的好壞，而讓產業在自由市場中競爭，讓提供的服務或商品更好。
- 分散風險：最近原物料價格下跌，很多單純只做回收的業者都虧損，而 GreenCitizen 不僅著重在回收，還有資料保密安全、注重修復後再利用(Reuse)等，多方面經營，才能分散風險，保證獲利。
- 品牌與行銷：GreenCitizen 在美國已經是一個綠色品牌，建議台灣應該以品牌帶動環保產業的發展。一個企業的前幾樣服務或產品，會決定品牌的樣貌，例如聽到 Apple(蘋果公司)，就會想到高科技、設計感等。
- 商業模式：GreenCitizen 有一套” Total Accountability Management System”(TAMS)，可掌握二手物料的物質流、金錢流，更可進一步找出獲利的方式。由於該執行長 James Kao 也是出身台灣，很期待可以回饋交流這樣的經驗，帶動台灣的環保產業。圖 14～圖 17 為參訪 GreenCitizen 的照片及介紹。



圖 8、Greencitizen 公司大門，並接受民眾的回收品



圖 9、Greencitizen 所重新修復的電腦與螢幕等產品，重新流通到市面上販賣



圖 16、每位帶著回收品來到 Greencitizen 的顧客，皆會有服務人員詳細解說回收項目與流程，對於某些品項與到一定數量的個人或公司，Greencitizen 可免費到府收貨。



圖 17、Greencitizen 的 CEO，高執行長 (James Kao)，為我們簡介 Greencitizen 的發展，以及所受的榮譽。Greencitizen 曾受紐約時報報導，並獲得 2015 的 San Mateo 的永續獎。



圖 18、與 Greencitizen 執行長 James Kao 合影

(2) Yolo County Central Landfill

Yolo County 掩埋場(以下稱掩埋場)建立於 1975 年，預計於 2081 年關閉，營運期間長達 106 年，Yazdani 博士為我們介紹掩埋場為加州減碳目標所進行的掩埋場氣體處理計畫(Landfill gas project)，以及 3R(reduce, reuse, recycle)等相關作為，該掩埋場不單是注重單一掩埋目標，並擔任科技研發與回收中心的角色，與國內掩埋場營運管理方式稍有不同。

● 掩埋場氣體處理計畫

原本掩埋場沼氣發電設施，每日可產生 2,250~2,750 度電，約可供 2,250~2,750 戶家庭使用，後來在 2001 更建立一個 12 英畝的模組，作為生物反應器模組(Bioreactor)，進一步控制掩埋場中的生物厭氧或好氧的反應狀況，包括濕度、溫度、酸鹼值與營養度(nutrient availability)等，目前該掩埋場，可產生 2 億 7 千萬立方英尺的甲烷(270 millions methane)，相當於每天產出 100,000 桶油(100,000 barrels of oil per day)，並降低掩埋場的溫室氣體排放。

2007 年，又受到加州 CIWB(California Integrated Waste management

Board)的補助，為有機廢棄物設立厭氧消化示範廠，為了評估以厭氧技術取代原本堆肥技術，是否可降低排放、製造更清潔的堆肥，以及降低成本等。另與 Delaware 大學的土木與環境系合作(Department of Civil and Environmental, University of Delaware)，在場內示範生物反應器管理資訊系統，包括控制掩埋場氣體的萃取、空氣進料、以及液體添加等。若無此系統，估計會有 15%到 30%的甲烷損失。

● 3R 相關作為

配合加州政府的政策，場內也進行各種回收，略舉數例如下：

- 木質廢棄物回收(Wood & green)：該回收由 WMRA(Waste Management Recycle America)經營，回收後的廢棄物，將送到 WMRA 處磨碎，有些會成為掩埋場的覆土或綠色植被。目前每年可收到 25,000 噸的木質廢棄物。
- 營建廢棄物(Construction and demolition)：加州有 22%的廢棄物屬於營建廢棄物，官方規定營建廢棄物的處理，需考量環保需求(Assembly Bill 939 規定)，目前營建廢棄物的管理，也由 WMRA 經營。
- 電子廢棄物回收：包括電池、手機、電腦、電視、微波爐等，這些品項進場時不需繳交費用，以促進居民回收意願。

我國國內雖然以焚化為主，且不再開闢掩埋場，但對於生質廢棄物處理，可參考 Yolo county central landfill 的生物反應器相關技術加以應用，或可提升生質廢棄物的使用效益。圖 18~圖 23 為參訪掩埋場的照片及介紹。



圖 19、民眾自行將家中電子廢棄物載運至掩埋場放置



圖 20、掩埋場提供電子廢棄物回收放置區

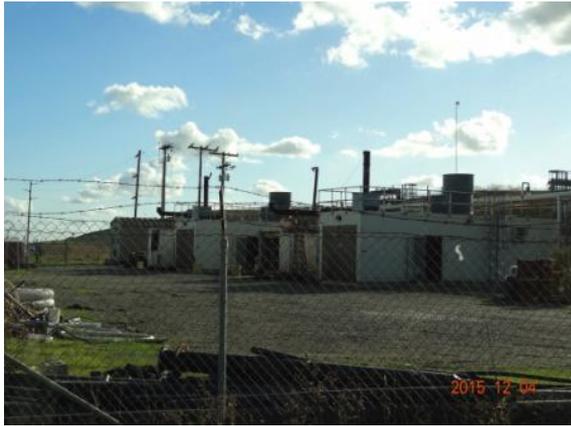


圖 21、掩埋場氣體計畫相關措施



圖 22、掩埋場的生物反應器的監測與控制措施



圖 23、木材廢棄物處理區



圖 24、與 Yazdani 博士合影，Yazdani 博士也曾獲邀至台灣，分享掩埋場管理經驗

(3) Californians Against Waste

Californians Against Waste(CAW)創立於 1977 年，為加州歷史悠久的非營利組織，CAW 的資金來源，包括加州政府的補助、個人捐款與企業捐款等。

CAW 長期支持資源保護、污染預防等相關法案，尤其是廢棄物減量與回收相關法案，主動鑑別、發展、推動或監督相關政策面解決方案。CAW 於 2015 年的重點放在海洋廢棄物相關法案推動，尤以塑膠微粒為主，如 AB888 即是要禁止在牙膏等個人衛生用品，使用塑膠微粒的法案。

CAW 也長期協助社群相關環保行動，如塑膠袋減量等，此次與 Bui 小姐訪談中，了解他們協助推動的 MyBag 行動，CAW 協助設計相關媒

體露出與環保購物袋的樣式(如圖 24、圖 25)。



圖 25、Californians Against Waste (CAW)機構之 Logo



圖 26、CAW 所協助設計的環保購物袋樣式



圖 27、CAW 設計的社群媒體的露出文宣，透過 Twitter 向民眾推廣環保購物袋觀念

2、生質物處理

(1) West Biofuels, LLC

West Biofuels 創立於 2007 年，與加州大學合作，並受加州能源委員會補助，其技術專注在將農業相關廢棄物轉為生質能源，曾成功建立 250kW 的示範設施。由於加州是農業大州，其杏仁出口量是全世界第一，占全世界八成產量，故有許多衍生的相關廢棄物，包括外殼、殘枝等。

West Biofuels 想將相關設施推廣給農民，幫助農民可以就地處理所產生之農業廢棄物，且發電還可自給自足或賣回電網，就加州的農業而言十分具有潛力。另外，由於加州對於空氣品質要求很高，故在加州可

以實現的生質能源技術，皆可能推廣到全世界使用，台灣也可借鏡相關經驗。

West Biofuels 目前發展的主要技術為氣化(Gasification)，將農業廢棄物分類分堆後，透過設備製造合成氣(Syngas)，再由合成氣重新組合為液體燃料作為替代柴油，符合加州目前的政策方向，另一方面，其他的氣體可做為 CHP 發電之用。圖 26~圖 37 為參訪 West Biofuels 的照片及介紹。

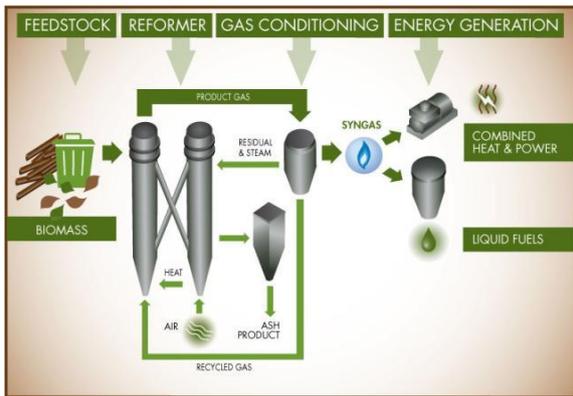


圖 28、West Biofuels 目前主要發展技術，摘自該公司網站：
<http://www.westbiofuels.com/diagram.htm>



圖 29、目前 West Biofuels 使用主要原料



圖 30、木料堆經分類後露天堆置，以去除多餘水分。



圖 31、營建廢棄物中的廢木材(目前正在研究處理技術)



圖 32、進料篩分機，有時也會有廠商提供技術更好的篩分機供測試



圖 33、廖昌賢博士(Dr. Chang-Hsien Liao) 為我們介紹這種同時產氣與生質柴油的技術，他們對後端尾氣加強處理，減少 NOx 的產生



圖 34、設備全覽圖，圖中人約為 175 公分高

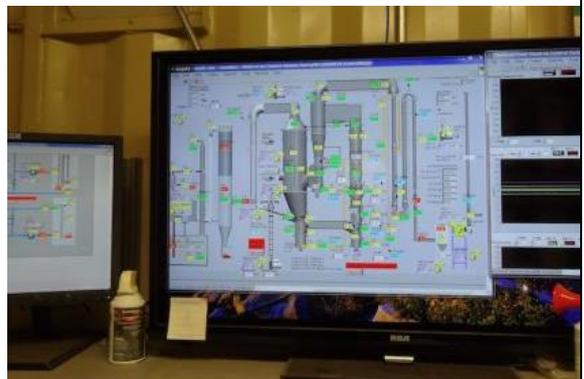


圖 35、設備中有許多感測器，皆由電腦監控，且保存的資料可供作後續分析最佳操作參數用



圖 36、氣的部分將送至這個 CHP 設備發電用，該設備由 West Biofuels 買回二手品組裝而成



圖 37、生質料來源杏仁殼，會先篩分後再進設備



圖 38、已經乾燥與已做生質碳化的料堆，存放在倉庫中



圖 39、West Biofuel 也有將這些生質物轉為生質炭的技術研究，通常商業價值可能更高

(2) South San Francisco Scavenger /Blue Line Biogenic CNG

South San Francisco Scavenger (以下簡稱 SSF Scavenger) 建立於 1914 年，我們參訪的前一天，該公司剛慶祝 100 周年紀念，主要從事廢棄物清運與回收業務，與各公私部門簽訂的長期合約，是他們主要的獲利來源。

Blue Line Biogenic CNG 是美國一項廢棄物轉壓縮天然氣 (Compressed Natural Gas, 以下稱 CNG) 的計畫，並獲得 2015 年 National Waste & Recycling Association (NWRA) 的 Recycling Equipment Award，表示該公司走在廢棄物處理技術上的尖端，給予肯定與贊揚。

CNG 是美國第一個利用所蒐集來的生質廢棄物以厭氧消化方式，將生質甲烷轉為 CNG 提供清運車輛驅動力的設施，該公司每年約處理 11,200 噸的生質廢棄物，產生相當於 120,000 柴油當量的 CNG。可供給該公司 18 臺清運車輛使用。

實地參訪時，很驚訝該公司對臭味處理之良好，據經理 Ron Fornesi 所說，他們花了 10.5 百萬美元投資這套設備，著眼於長期利益，對這家百年老店而言，仍屬於正常決策範圍內，且可促進企業形象，令許多客戶更滿意他們的服務。圖 38~圖 46 為參訪 SSF Scavenger 的照片及介紹。



圖 40、SSF Scavenger/Blue Line 公司大門招牌



圖 41、透過電腦監控厭氧消化槽的狀況，它們就算下班，也須由手機連線到電腦，查看狀況。



圖 42、這套設施共有四個槽，分別定於每周不同時間進料。



圖 43、設備連接空氣污染處理設備(黑色處)，降低 NOx。



圖 44、Fornesi 經理詳細介紹管線布置。



圖 45、儲氣鋼瓶，有 5 罐是設備產生的 CNG，1 罐是州內的天然氣管線引入，混合後供給清運車使用。由於設施的 CNG 產量仍不足以供給所有車輛，才採取如此做法，混和後的氣體品質仍然很好，無安全疑慮。



圖 46、加氣設備



圖 47、加氣中的清運車，現場也有快速加氣設備，縮短給氣時間



圖 48、與經理 Ron Fornesi 合影，Fornesi 經理的爺爺與父親，都在 SSF Scavenger 工作，到他已是第三代，十分難得。

(3) Recology — 堆肥(Compost)

Recology 是美國最大的員工持股(employee-owned)的資源回收公司，與超過 113 個社群合作，以及 40 個以上的子公司，對 670,000 居民與 95,000 商業客戶提供服務，服務遍及加州、俄勒岡州、內華達州與華盛頓州，這樣的產業對於當地經濟十分重要，他們提供當地的就業機會，並且也注重技術的提升，普遍網羅各領域人才。

Recology 設置了第一個木質廢棄物(yard trimming)與食物殘渣的路旁回收系統計畫，被認為是資源回收產業中的領先者。目前他們積極朝向零廢棄(Waste Zero)的目標而邁進。

Robert Reed 是 Recology 的公關經理，為我們解釋目前 Recology 的方向在於堆肥(Compost)，其理念是「從哪裡來，往哪裡去」，當我們的

食物是由土壤栽種出來，最後這些廢棄物也應藉由堆肥的手段，回到土壤裡去，這點 Recology 的理念與搖籃到搖籃的生物循環部分相當符合。Recology 產生的堆肥使用推廣，主要與當地的農夫合作，如與納帕(Nappa)的葡萄園合作，其葡萄因而長的又大又美，並提升葡萄酒的品質。

訪談中感受的到 Reed 經理是一位環保主義者，且實作的精神很強，他帶我們看 Recology 的垃圾處理設施，包括由荷蘭買回的分選設備，可將不同顏色及種類的塑膠瓶、盒、罐等分開，處理廠佔地大，看起來頗為壯觀。

Reed 經理對 Recology 帶動當地的就業也相當自豪，認為資源回收是一個十分在地的事情，發展這樣的產業，不但對環境有助益，對經濟也很有幫助，此想法可與國內環保產業共勉。圖 47~圖 61 為參訪 Recology 的照片及介紹。



圖 49、Robert Reed 經理向我們說明 Recology 的資源回收分類，以及堆肥的理念



圖 50、Reed 經理帶我們參觀廠內分選設施



圖 51、Recology 的資源回收項目眾多，也包括自行車、床墊、電池、電腦等的回收，通常分類後再交由下游廠商處理

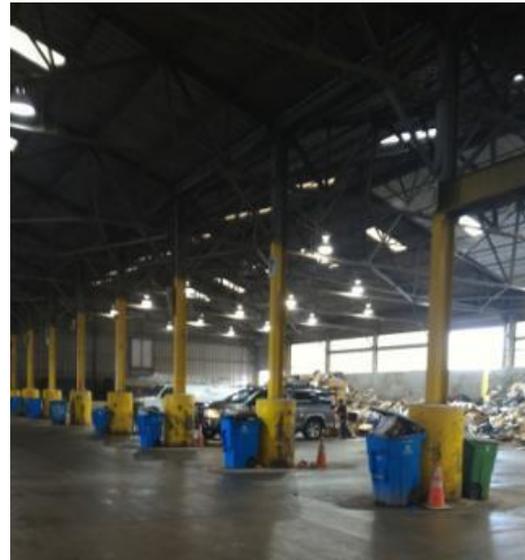


圖 52、小型承包商自行開車來到廠內置放廢棄物



圖 53、廠內營建廢棄物的貯存



圖 54、電子廢棄物專區



圖 55、人工初篩程序，以人工判視相關物料，投入至不同的管道中



圖 56、垃圾室內自動分選動線進料處



圖 57、垃圾室內自動分選動線，引入許多高級分選機器



圖 58、Recology 的回收車設計為兩門，一門是可回收的資源，一門是掩埋，與台灣目前垃圾收集開兩台車的狀況不一樣。且車身上是以所載的垃圾為照片，以透明的態度讓資源回收在當地視為自然的日常習慣，不特意美化垃圾車的外觀



圖 59、Reed 經理帶我們觀看堆肥成果



圖 60、紡織品為 Recology 的試行項目，回收舊衣，還須評估成效



圖 61、分選出來的各類塑膠料堆，加州禁止焚化爐，這些塑膠在加州也無技術回收，目前仍找尋買主中。



圖 62、Robert Reed 經理向我們展示宣傳文宣-垃圾如何分類。



圖 63、與 Robert Reed 經理於分選場大門合影。

(三) 資訊管理整合議題

1、加州大學柏克萊校區與製造及永續發展實驗室(Laboratory of Manufacturing and Sustainability)交流

Laboratory of Manufacturing and Sustainability (以下簡稱 LMAS) 為美國環保署第九分署的智庫之一，此次是由美國環保署第九分署引介，展開雙方交流，交流中我方報告「我國在永續物料管理上資料庫與應用系統的建立」(The development of Sustainable Materials Management (SMM) database at national level)，以及產業廢棄物如氟化鈣污泥的去向分析。LMAS 的與會專家皆表示，在美國蒐集資料不容易，若有機會，可在資料分析上交流分享相關經驗。美國 LMAS 專家提供該國研究整理如下述。圖 62~圖 65 為參訪 LMAS 的照片及介紹。

Dornfeld 教授由循環經濟(Circular Economy)的觀點，說明「製造」(Manufacturing)對環境影響的重要性，應由製造階段下手，達到永續發展的目標，而「設計」又是製造的前段，好的設計將在源頭就可降低產品的環境衝擊，故改善企業設計階段是該研究室研究的重要方向，相關研究領域略述如下：

- 生命週期評估：利用生命週期評估結果作為材料選擇的參考標準，如作為各種材料的評分工具等，提供產品設計者相關參考數據，達到綠色設計的設計方向。如曾接受 Siemens 與 KAUST 補助，對各種包裝材料作過評分，提供相關環境衝擊如排碳量數據，供企業參考。
- 物質流與大數據分析：由於該實驗室著重於工業製造，故物質流與大數據分析皆與製程較相關，期待做到「永續製造」的目標，合作的對象包括 Autodesk, NIST, DMG, MORI 等。其作法在於利用製程中大量的感測器資料，分析 face milling, contouring, pocketing, slotting, spiraling 與 drilling 等不同製程，預測能耗與製程參數調整方向等。

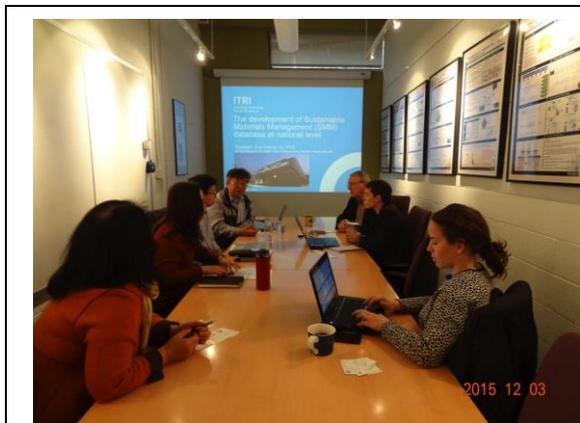


圖 64、我方參訪 LMAS，簡述我國 SMM 資料庫建置成果



圖 65、Dornfeld 教授，說明 LMAS 的研究領域與走向



圖 66、Dornfeld 教授簡介其生產面生命週期評估的研究範疇



圖 67、與 LMAS 專家群合影，由左到右為 Robinson 博士、Dornfeld 教授與 Mangold 博士。

2、拜會 Google 公司

眾所皆知 Google 是一個重視創意的公司，我們拜會的楊聖暉博士(Dr. Steven Yang)，之前任職過摩托羅拉(Motorola)與思科(Cisco)等科技公司，到 Google 後對其十分有感觸，並與我們分享這些 Google 創新的經驗，希望帶給環保領域一些新的刺激，另因為我們屬於環保領域背景，楊博士也針對 Google 的環保作為向我們介紹。

- 自我要求、資訊透明是關鍵

楊聖暉博士(Dr. Steven Yang)說明在 Google，每個人要自己設定自己的目標，而且資訊全部公開透明，每個人都可透過查詢知道公司員工的工作成績跟成果。這種資訊透明也在 Google 的各項成果上，Google 系統的程式原始碼全面對內部員工開放瀏覽，令員工可以學習到不同的經驗等。

員工自我設定目標後，接下來便是自我管理，如何向目標邁進，故外人來看 Google 員工似乎自由，公司提供良好的環境，但其實員工壓力很大，自我要求很高；且員工必須學會自我推薦，告訴大家為何自己做的事情重要，由於資訊透明，很多決策是集體形成，需向同事爭取自己的績效。

雖然目標是自己訂立，且由自己評分，但若給自己評分 100，在 Google 人的眼中，可能認為當初設定的目標太過簡單，沒有挑戰性，反而 70 分反倒是合理的分數。

- 從錯誤中總結經驗

Google 鼓勵員工多嘗試，並且必須在錯誤中學習經驗，並總結錯誤的原因。Google 公司會利用現在的獲利，多開創幾個新的計畫，為未來找尋新的獲利機會，經常居安思危，最近 Google 建立 Alphabet 為控股公司，就是這種思維下的產物。

楊聖暉博士(Dr. Steven Yang)認為台灣應該要多注意美國創業與創新精神的根本「心法」，而非注重表面作為，如只注意 Google 所提供的福利及員工自由度，而是應該要了解背後整套系統運作的邏輯與背景，或可為台灣提供產業轉型的機會。

在環保作為部分，除了標準型的資源分類外，google 員工也會進行

食物分享，以及二手物品的交換等，此次參訪 Google 餐廳，其所提供的食物份量皆很少，與一般美國餐廳的份量不同，就是為了避免吃不完而成為廚餘，浪費過多的食物。圖 66~圖 72 為參訪 Google 公司的照片及介紹。



圖 68、Google 公司的資源回收桶。



圖 69、大眾皆知 Google 提供員工免費食物，實地拜訪也了解他們怎麼落實環保面向。



圖 70、配合加州政策，Google 公司也提供員工電動車的充電設備



圖 71、Google 公司租下這一帶的倉庫區作為公司，在各建築間的接駁，靠的是腳踏車，這輛卡車即為一流動式的自行車維修中心

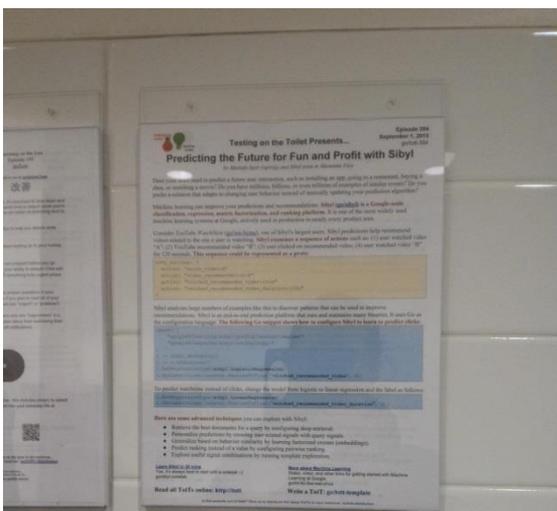


圖 72、隨處可見這種 Google 相關工具的使用提示，以及一些相關問題，促進員工

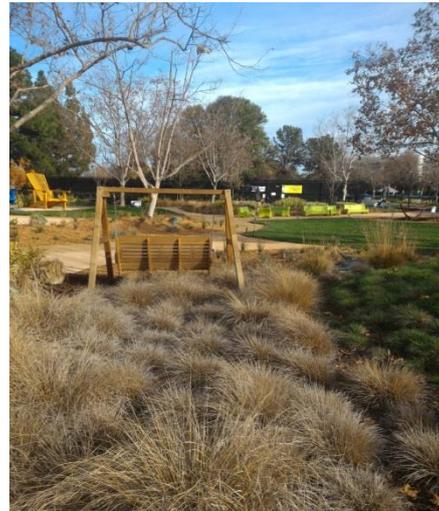


圖 73、室內室外皆有不同的設計，員工可選擇自己的辦公地點，自由度十分高



圖 74、與 Google 公司的楊聖暉博士(Dr. Steven Yang)合影

(四) 出國行程與內容概要

- | | |
|--------------|--|
| 104.12.01 | 啟程，出發至美國舊金山 |
| 104.12.02 上午 | 加州大學柏克萊校區：瞭解生命週期評估、物質流分析等研究方向 |
| 104.12.02 下午 | GreenCitizen：瞭解其獨特的商業模式與經驗。 |
| 104.12.03 上午 | 加州能源委員會(California Energy Commission)：瞭解加州減碳目標如何影響永續物質管理。 |
| 104.12.03 下午 | Californians Against Waste：瞭解當地非政府組織(Non-Governmental Organization, NGO)對推動源頭減量(Reduction)、重複使用(Reuse)及物料再生(Recycle)的方式。 |
| 104.12.03 下午 | Calrecycle：瞭解美國資源回收的運作方式。 |
| 104.12.04 上午 | West Biofuels 公司：瞭解生質物氣化技術。 |
| 104.12.04 下午 | Yolo county central landfill：參觀掩埋場氣體處理 |

- 計畫(Landfill gas project)與源頭減量(Reduction)、重復使用(Reuse)及物料再生(Recycle) 相關服務。
- 104.12.05 參訪及會議資料整理。
- 104.12.06 參訪及會議資料整理，準備網路會議事宜。
- 104.12.07 上午 SF's Recology：參觀堆肥技術與交流想法。
- 104.12.07 下午 美國環保署第九分署：美國永續物料管理(Sustainable Materials Management, SMM)策略規劃簡述與台美網路會議。
- 104.12.08 上午 South San Francisco Scavenger company /Blue Line Biogenic CNG facility：參觀生質物處理後的壓縮天然氣(Compressed Natural Gas, CNG)的應用狀況。
- 104.12.08 下午 美國環保署第九分署：詳細討論美國的永續物料管理挑戰。
- 104.12.09 Google 公司：瞭解 Google 的創新文化與相關環保作為
- 104.12.10~11 返程，回到臺北。

三、心得與建議

(一) 行程成果心得

- 1、美國環保署在聯邦層級法律於西元 1990 年後少有變動的狀況下，要將永續物料管理納入法律較困難，目前由各州自主推動才有機會。我國狀況相對較好，能從廢棄物清理法或資源回收再利用法的修法，或是資源循環利用法的立法，有較大機會將永續物料管理概念融入。
- 2、加州是美國環保最先進的州，推動永續物料管理不僅由環保單位出發，從這次拜訪加州能源委員會理解，由於物料管理是跨領域的，故如實質的補助計畫上，由物料管理角度出發，較有機會找到充足的資金進行補助，並進而促進環保效益。
- 3、領導者的決心與魄力十分重要，如加州州長傑瑞布朗 (Jerry Brown) 所設立的減碳目標、零排碳載具目標，才能夠帶領後端如此多相關技術、計畫與策略前進。
- 4、美國私人機構的活力較公部門強，領導者有理念也注重商業利益，並有創立自我品牌之野心，且美國文化對於環保工作更一視同仁，與其他的工作機會一樣重要，機構內也有博士級人員進行研發，這是國內一般環保產業比較少見的。
- 5、本次參訪機構對生質物處理技術已頗為完整，從收集、技術、成本與應用等，皆有著墨，可依照國情不同參考相關重點，如由 Yolo county central landfill 的生質廢棄物處理，可學習生物反應器相關技術之應用，或是學習 Blue Line 的廚餘臭味控制技術。另外，國內在談永續物料管理時，由於涉及中央部會權責，環保署較少提到生質物處理技術等議題，此次經驗可帶回做為國內永續物料管理的生質物管理政策參考。
- 6、美國在資訊整合分析部分，與國內一樣重視生命週期分析或物質流分析，我國政府因資料庫建立較早且完善（尤其是廢棄物管制中心系統），故我國在資料分析方面有較美國豐富的成果。不過柏克萊團隊所著墨的綠色設計、由製程再分析永續物料管理的切入點，仍然值得參考。
- 7、永續物料管理對國內也是新的嘗試，Google 公司的創新精神，尤其是在錯誤中學習經驗，亦是本計畫共勉的目標。

(二) 建議

- 1、資源循環以物料管理為主，與既有政策目標配合，利用政府間系統性的力量推動永續物料管理，可較有成效。
- 2、明(105)年永續物料管理國際研討會的辦理，可與美國專家合作，透過國際環保夥伴計畫(IEP)，召開永續物料管理國際合作平台諮商會議，共同就永續物料管理的核心議題，以執行成效良好的經驗分享各國。
- 3、國內自溫室氣體減量及管理法通過後，也訂定減碳目標，可再檢視是否可與永續物料管理政策配合。
- 4、國內環保產業可學習美國私人資源回收機構多角化經營、創造當地就業機會，並建立自我品牌，或許可使環保產業有更新一步之進展。
- 5、未來國內永續物料管理資料庫，可考慮對外公開不具名之產業資訊，促進生命週期評估或物質流的分析，進一步促進產業綠色設計發展或生產製程的改善。

(三) 美國環保署第九分署及相關專家學者名單

會議/活動名稱	姓名	單位及職稱	國別	專長領域	會晤日期	交流內容	聯絡電話	電子郵件
拜訪 UC Berkeley LMAS 團隊	Stefanie L. Robison	Associate director -laboratory for manufacturing and sustainability-University of California, Berkeley	美國	永續生產、綠色設計、生命週期評估	12/2 上午	產品在製造業的生命週期及物質流分析、大數據探討	(510)643-3956	slr@berkeley.edu
拜訪 UC Berkeley LMAS 團隊	David A. Dornfeld	Professor and department chair- Will C. Hall Family Chair in Engineering-University of California, Berkeley		永續生產、綠色設計、生命週期評估	12/2 上午		(510)643-7013	dornfeld@berkeley.edu
拜訪 UC Berkeley LMAS 團隊	Jennifer A. Mangold	Postdoctoral Research Scholar-Mechanical Engineering-University of California, Berkeley		永續生產、綠色設計、生命週期評估	12/2 上午		(510)642-8657	jam@me.berkeley.edu
拜訪 Greencitizen	James Kao	CEO /Founder-greencitizen		資源回收產業經營管理、環保品牌經營	12/2 下午		瞭解特定電子廢棄物(如硬碟)的處理方式與後端資源管理去向的實務經驗。	(650)493-8700#701
拜訪 California Energy Commission	William Kinney	Energy Commission Specialist- California Energy Commission	美國	能源法案、生質能源政策分析	12/3 下午	1.生物燃料政策與法規 2.海洋廢棄物 3.3R 的政策結構、回收收費系統	(916)654-4774	bkinney@energy.ca.gov
拜訪 California Energy Commission	Elizabeth John	California Energy Commission		能源法案、生質能源政策分析	12/3 上午		(916)654-4639	ElizabethJohn@energy.ca.gov

會議/活動名稱	姓名	單位及職稱	國別	專長領域	會晤日期	交流內容	聯絡電話	電子郵件
拜訪 California Energy Commission	Andrew Hom	California Energy Commission		能源法案、生質能源政策分析	12/3 上午		(916)651-3000	Andrew.Hom@energy.ca.gov
拜訪 Californians Against Waste	Genevieve Abedon	Waste Prevention Campaign Coordinator- Californians Against Waste		廢棄物管理	12/3 下午		(916)443-5422	genevieveabedon@cawrecycles.org
與 Calrecycle 專家訪談	Jim Hill	Recycling Specialist-CalRecycle		回收政策、回收金制度、塑膠回收	12/3 下午		(916)341-6615	jim.hill@calrecycle.ca.gov
參訪 West Biofuels, LLC	Matthew D. Summers	Chief Operating Officer-West Biofuels	美國	生質物氣化研究	12/4 上午	1 參觀資源循環相關實作流程。 2.瞭解實務考量與經驗交流。	(530)207-5996	summers@westbiofuels.com
參訪 West Biofuels, LLC	Chang-hsien Liao	Senior Research Engineer-West Biofuels		生質物氣化研究	12/4 上午		(530)207-5996#105	chang-hsien.liao@westbiofuels.com
參訪 Yolo County Central Landfill	Ramin Yazdani	Senior Civil Engineer-Planning and Public Works Department Division Of Integrated Waste Management		掩埋場氣體回收與控制管理	12/4 下午		(530)666-8848	ryazdani@yolocounty.org
參訪 Recology	Robert Reed	Pubic Relations Manager-Recology	美國	回收實務經營管理、堆肥應用	12/7 上午	1.生質物堆肥實務經驗	(415)575-2455	rreed@recology.com

會議/活動名稱	姓名	單位及職稱	國別	專長領域	會晤日期	交流內容	聯絡電話	電子郵件
參訪 Recology	Jesse Chu	Senior Plastics Engineer Technologist -Recology		塑膠回收研究分析	12/7 上午	2.SMM 未來 規劃 3.SMM 聯邦 挑戰 (Federal Green Challenge)	(415)715 -6213	jchu@re cology.c om
拜會美國環保 署第九分署	Zoe Heller	Manager-Environmental Protection Agency		零廢棄政策研 究、永續物料管 理研究	12/7 下午	4.網路會議 5.SMM 電子 廢棄物挑戰	(415)972 -3074	heller.zo e@epa.g ov
參訪 SSF Scavenger/Blue Line	Ron Fornesi	Operations Manager-Blue Line		生質物轉壓縮天 然氣(CNG)	12/8 上 午	1. 生物燃料 (CNG)與 Blue Line 計畫	(650)589 -4020#1 07	ronf@ssf scavage r.com
拜會美國環保 署第九分署	Jessica Kao (高景 儀)	Chief of Staff-Environmental Protection Agency	美國	環境政策、零廢 棄政策、環境法 律	12/8 下午	2. SMM 食物 廢棄物挑戰	(415)972 -3922	kao.jessi ca@epa. gov
拜會美國環保 署第九分署	Jessica Counts-Ar nold	Environmental protection special- Environmental Protection Agency		pollution prevention &solid waste	12/8 下午	3. SMM 電子 廢棄物挑戰	(415)972 -3288	counts-ar nold.jessi ca@epa. gov

四、附件

附件一、美國環保署－U.S.EPA Sustainable Materials Management Program Strategic Plan

附件二、美國環保署－Anaerobic Digestion and its Applications

附件三、美國環保署－Advancing Sustainable Materials Management 2013 Fact Sheet

附件四、美國環保署－Safer Choice

附件五、美國環保署－Food Recovery Challenge

附件六、加州能源委員會－California Investments in Biofuel Production and WtE Technology

附件七、參訪 Yolo County Central Landfill 資料

附件八、參訪 GreenCitizen 資料