

出國報告（出國類別：開會）

參加 WREC XIII 會議

服務機關：台灣電力公司綜合研究所

姓名職稱：楊明偉 化學研究專員

派赴國家：英國

出國期間：103 年 8 月 2 日至 103 年 8 月 14 日

報告日期：103 年 9 月 15 日

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：參加 WREC XIII 會議

頁數 21 含附件：是否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話：台電人資處/陳德隆/23667685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

楊明偉/台電公司/綜合研究所/研究專員

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他（開會）

出國期間：103 年 8 月 2 日至 103 年 8 月 14 日

出國地區：英國

報告日期：102 年 9 月 15 日

分類號/目

關鍵詞：二氧化碳、捕集、地質封存、電廠、再生能源、整合

內容摘要：在能源永續之要求下，各類再生能源將逐漸受到重視，從低碳燃料著手，將可利用既有設備減少技術障礙與投資困難，並有效降低人為二氧化碳的排放以抑制全球溫暖化效應。另一方面，由於風能與太陽能等再生能源之間歇性與不可調度性，當大規模實施後對電網將產生衝擊。為了減少二氧化碳排放量，傳統火力電廠所需之碳捕集與封存技術須耗費大量能源。在兼顧穩定電網要求下，預期部分再生能源將可被轉成碳捕集所需之能源以降低實施成本。本文電子檔已傳至出國報告資訊網 (<http://open.nat.gov.tw/reportwork>)

目 錄

摘要	i
1. 任務目的.....	1
2. 過程.....	2
2.1 WREC XIII 會議內容.....	2
2.2 PSE CCS 模擬技術研討.....	4
3. 心得與感想.....	6
3.1 CCS 結合再生能源技術發展現況.....	6
3.2 用於地熱開發與二氧化碳地質封存之數值模擬技術.....	10
3.3 能源系統之設計與最佳化技術.....	12
3.4 二氧化碳捕集與封存程序模擬技術.....	19

1. 任務目的

在能源永續之要求下，各類再生能源將逐漸受到重視，從減碳的角度來看諸如：生質能、廢棄物等與現有之化石燃料混燒將是較易實現的事。從低碳燃料著手，將可利用既有設備減少技術障礙與投資困難，並有效降低人為二氧化碳的排放以抑制全球溫暖化效應。另一方面，由於風能與太陽能等再生能源之間歇性與不可調度性，當大規模實施後對電網將產生衝擊。因此，如何結合能量儲存技術是大規模再生能源之重點。為了減少二氧化碳排放量，燃燒化石燃料之傳統火力電廠所需之碳捕集與封存技術須耗費大量能源。在穩定電網要求下，預期這些再生能源將可被轉成碳捕集與封存技術所需之能源，如此可兼顧調度可行性並減少二氧化碳排放。2014年8月3-8日在英國倫敦舉辦「第十三屆世界再生能源討論會 (World Renewable Energy Congress 13 - WREC XIII)」，會中將針對再生能源與低碳發電技術之結合應用等進行介紹與討論。

建立二氧化碳捕獲與封存技術為本公司減碳的重要目標，為此本公司大會報指示綜研所與營建處等單位成立相關研究計畫推行先導試驗場址之評估與試行等工作；本公司據此已規劃碳捕獲與封存發展路徑圖，正執行地質探測井之深鑽與岩層特性研究計畫中。英國 PSE (Process Systems Enterprise Limited) 針對 CCS 已發展一系列模擬工具來評估：程序效能、成本、價值鏈風險等。本次行程順道前往 PSE 進行研討，可作為本公司火力電廠設置捕獲技術與二氧化碳深地層封存試行計畫的效能評估與成本估算之參考，以減少投資風險。

2. 過程

2.1 WREC XIII 會議內容

2014 年 8 月 3-8 日在英國倫敦舉辦「第十三屆世界再生能源討會(World Renewable Energy Congress 13 - WREC XIII)」，會中將針對再生能源與低碳發電技術之結合應用等進行介紹與討論。會議內容包含各類再生能源技術之最新進展，亦包含如何整合這些低碳發電技術至當今電網之整合技術發展。在降低碳排放之環境考量下如何兼顧經濟競爭力與提高供電穩定度是維繫社會進步之重要關鍵。會議內容希能提供各與會人士對這些新能源技術在大規模商業化實施下所可能遇到的挑戰進行交流，以加速進展低碳排放能源技術之發展。

WREC XIII 會議時程表如圖 2.1。

Welcome

Monday Programme – Opening Ceremony – Plenary 1-M, 2-M, 3-M

Tuesday Plenary Programmes – 4-M, 5-WE, 6-LEA, 7-Po, 8-PV

Wednesday Plenary Programmes – 9-M

Wednesday Plenary Programmes – 10-Po, 11-ST, 12-RI, 13-BM

Thursday Plenary Programmes – 14-M, 15-FC

Thursday Plenary Programmes – 16-LEA, 17-HO, 18-ST

Friday Plenary Programmes – 19-M, 20-WE, 21-BM

Friday Plenary Programmes – 22-Po, 23-PV

Friday Summary & Closing Ceremony

Technical Session Programmes

Biomass & Waste to Energy

Hydrogen & Fuel Cells

Hydro – Power

Geothermal Energy

Energy Meteorology

Ocean Energy

Photovoltaic Technology

Renewable Energy Integration

Policy, Finance, Education & Sustainability

Sustainable & Low Energy Architecture

20,

Solar Thermal Applications

Wind & Hybrid Energy

Ali Sayigh/WREN Trophy & List of Pioneers

LEGEND: M = Main Plenary, Po = Policy, ST = Solar Thermal, BM = Biomass & WTE

FC = Fuel Cells, LEA = Low Energy Architecture, HO = Hydro & Ocean

PV = Photovoltaic, RI = Renewable Integration, WE = Wind Energy

圖 2.1 WREC XIII 會議內容與時程

2.2 PSE CCS 模擬技術研討

建立二氧化碳捕獲與封存技術為本公司減碳的重要目標，為此本公司大會報指示綜研所與營建處等單位成立相關研究計畫推行先導試驗場址之評估與試行等工作；本公司據此已規劃碳捕獲與封存發展路徑圖，正執行地質探測井深鑽與岩層特性研究計畫中。

由國際上發展二氧化碳捕集、封存與再利用(CO₂ Capture, Transportation, Storage, and Utilization; CCTS&U)之趨勢來看，目前並未廣泛具備經濟可行性，我國情況也類似，台電公司執行相關計畫，在財務與政策上亦需政府大力支持。台電公司做為未來 CCTS&U 等技術的可能投資者，急須於現階段瞭解執行相關計畫需要多少財務支援，並預先瞭解將來進行 CCTS&U 等技術可能的投資收益或投資風險有多大。因此，現階段之研發規畫也需要進行技術與經濟風險之評估工作，用以預測與估算本公司各類火力電廠設置 CCTS&U 設施所需之財務資源，並清楚分析其中所涉及之技術與經濟等風險以擬定合適之研發策略與未來電廠實施 CCTS&U 之規畫方向。

台電公司綜合研究所負責推行台電公司之 CCTS&U 研發工作，針對未來之相關投資風險，急須於現階段釐清，以評估未來是否繼續投入研發資金，並決定未來研發方向。另一方面，因相關投資龐大，急需於實際投資前建立完整之評估方法，俾利提供準確數據給本公司各單位做為擬定投資策略與未來發展方向之參考。

英國 PSE (Process Systems Enterprise Limited) 針對 CCS 已發展一系列模擬工具來評估：程序效能、成本、價值鏈風險等(圖 2.2)。本次行程順道前往 PSE 進行研討，可作為本公司火力電廠設置捕獲技術與二氧化碳深地層封存試行計畫的效能評估與成本估算之參考，以減少投資風險。俾利提供 CCTS&U 技術開發所需之準確技術與經濟資訊，以支援開發決策之進行，並使相關資源、技術投入得以發揮作大功效。

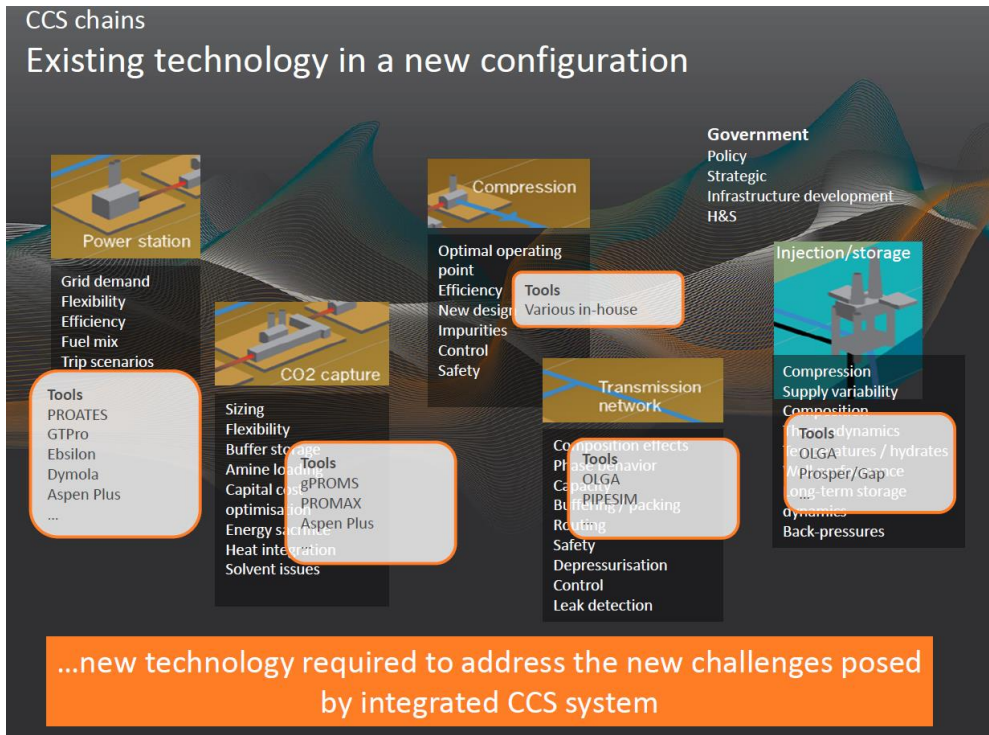


圖 2.2 CCS 價值鏈模擬工具

3. 心得及建議

以下為本次出國行程參與 WREC XIII 會議與 PSE 研習 CCS 模擬技術所見之內容與心得依各類運用分別介紹。

3.1 CCS 結合再生能源技術發展現況

Solar assisted Ultra Supercritical steam power plants with Carbon Capture and Storage：本研究評估聚光型太陽熱能系統 (concentrating solar systems)，整合至裝有二氧化碳捕集與封存設施之超臨界燃煤發電廠 (USC-CCS) 之潛在效益。研究針對不同太陽能收集方案如：直接以拋物面式 (parabolic trough) 和菲涅爾線性聚光器 (linear Fresnel collector) 來收集熱能產生蒸汽用於 CCS 系統、或將該蒸汽利用 Rankine 循環來產生電力電作比較分析。

做為比較基礎的電廠具有：雙重再熱的 Rankine 循環，其中搭配 4 組蒸氣渦輪機和 9 組再熱蒸氣提取。該 USC 機組同時安裝有燃燒後二氧化碳捕集設施，捕集程序是以 MEA 水溶液進行化學吸收。為了滿足再熱器的熱功率需求，二氧化碳捕集程序所需之龐大再生熱能是直接由低壓汽機中提取，以至於造成該機組的效率降低 (捕集約 90% 二氧化碳，其效率約降低 10.5%)，這些數據是透過 Aspen-Plus 和 Gate-Cycle 模擬而來。

為了補償二氧化碳捕集程序所造成的效率損失，該 USC-CCS 電廠再整合利用拋物面和 Fresnel 線性聚光技術之聚光型太陽熱能系統，直接產生捕集程序所需之蒸汽。藉由多組聚光器網路收集太陽能，以產生所需之蒸汽流率，並提供熱能輸出以補償二氧化碳捕集程序之熱能損耗。由於蒸汽熱能儲存技術目前仍存有困難，因此，在本研究中沒有考慮熱能儲存技術整合。該聚光型太陽熱能系統之效能也透過一個專門開發的模組逐年收集，特別是針對不同聚光技術的性能評估，分析不同幾何設計與不同規規格之效能差異，研究所用的太陽能輻射數據是由義

大利撒丁島上的氣象觀測站提供。

因為雲層和夜晚的關係，一年內可直接利用太陽能時數相當有限。此外，由於多數太陽能場址運轉時間內的 DNI 條件低於場內設備設計值，造成效率低落。因此本研究之 USC-CCS 機組設計上，須考慮到缺乏太陽能而無法產生足夠蒸汽發電的應變方式。另外，當聚光型太陽熱能系統產生大量蒸汽，會提高了流往 USC 機組之蒸汽渦輪的蒸汽量。這些偏離設計流量之運作模式有可能會造成發電效能降低，針對這些現象本研究深入分析聚光型太陽熱能系統所產生蒸汽之流量、壓力等因素之影響，也對發電效能與成本進行分析。

整體而言，USC 機組整合聚光型太陽熱能系統，可補償因進行二氧化碳捕集作業之效能損失，大致上可有效提高約 1~2% 的效率，效率提升的程度與光能收集面積有密切關係。另一方面，收集太陽能需要非常大的土地面積，研究顯示運用在 300 MW 的火力發電機組，依據聚光集熱技術不同需要約 1~1.5 平方公里土地。相對性能評估結果顯示，即使 Fresnel 線性集熱技術在每平方公尺具有較高的能量產出，採用拋物面式比 Fresnel 線性集熱有更好的光學效率，因此，利用拋物面式聚光器於本項用途具有較優之效能。

A novel Carbon Dioxide Capture and Recycling (CCR) system for Combined Cycle Power Plants as high capacity energy storage：未來電網會有大量電力來自再生能源，因此，開發一個有效的儲能系統時，需要能充分整合電網內的再生能源機組。

本研究提出一種新型高容量的儲能概念，再針對其潛在應用與發展上面臨的挑戰進行討論，該系統是利用二氧化碳捕獲的回收系統 (Carbon Capture and Recycling; CCR) 與廢氣複循環進行整合，進一步將二氧化碳轉化成燃料。此 CCR 程序，是使用一組熔融碳酸鹽燃料電池擷取富含二氧化碳的氣流，將排出的氣流進一步轉換為燃料。

該 CCR 程序之產品是一種合成氣體，主要成分為一氧化碳、氫氣、以及微量百分比的甲烷等氣體，所產出的合成氣燃料可作為一種能量載體以儲存/供給燃氣渦輪與複合循環機組作為燃料。可做為電網瞬時發電量調節、或做為發用電成本最佳化調控之用。CCR 程序可根據市場不同需求（供應：熱、或電力）調整 CCR 作業程序與流程（氫化、甲烷化、合成氣重組等程序）。通常不會在同一電廠、同一時間下利用該 CCR 程序所產生的合成氣來發電，因為這需要修改和調整既有電廠中的部分組件，所以相同電廠不直接使用所生成的合成氣。

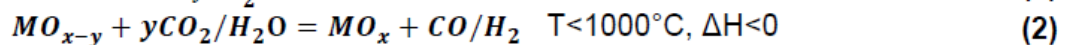
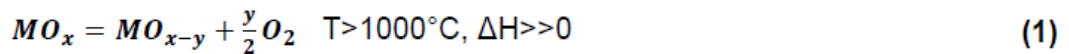
整個系統工作模式是做為儲能系統，利用產生的合成氣作為再生能源生產過量時之儲能媒介。在電網需求高時，這些合成氣可供作為燃氣渦輪的燃料增加輸出電量，因此儲存合成氣將是可再生能源電廠最佳操作策略。相對於利用小型引擎轉換或直接利用氫作為能量載體，該合成氣儲存過程更加具有長期儲能和具有高能量密度之優勢。然而這種新型的想法可能會改變二氧化碳捕集與儲存技術、儲能技術之市場與未來發展。

複循環發電技術可迅速適應電網需求，可即時操作並補充再生能源等間歇性能源的不足來滿足電網需求。本研究提出之新式 CCR 系統可以整合複循環機組、再生能源發電機組成為新的組合。特別是對於既有的低利用率機組提出一個有效的更新方案，利用本技術可以將它們轉換成大容量的儲能系統，以賦予這些舊發電機組新功能與新價值。

Solar thermochemical production of renewable fuels from CO₂ and H₂O using metal oxide cycles：在這個世紀人類主要面臨的挑戰有：如何有效利用再生能源以滿足人類用電需用、如何控制大氣中二氧化碳的濃度在限制值下。面臨這些挑戰最有希望的方式為利用太陽能來回收二氧化碳與水，並將其轉換成人類所需的能源與其他產品。

為了達成這項目標，最直接的途徑是利用太陽能作為驅動力，將水與二氧化碳還原成氫氣和一氧化碳，所產生的合成氣可再透過 Fischer-Tropsch 進一步加工成液體燃料。這種方式可能比二氧化碳捕集與封存更具優勢，該方式的優點是可以大量轉換二氧化碳製成液體燃料，這些液體燃料直接可以在當今的基礎設施中被利用，減少推廣與投資之障礙。這樣的方式，是將太陽能以高能量密度的液體燃料形式儲存，太陽被轉換成化學能封存在液體內，經由燃燒可再利用其中能量；而非將碳封存於地底。其中最直接的方法是利用熱能進行還原反應（溫度高於 2500 °C）或熱電還原反應還原水和二氧化碳，另一種方式是本研究提出之方式，引進一中間物組合促使反應進行。

金屬氧化物的氧化還原循環程序是一個很好的例子：(1) 利用太陽能供熱促使高度吸熱之還原反應發生，將金屬氧化物還原成較低價的金屬氧化物或純金屬，或是使純金屬（式 1）。(2) 利用二氧化碳和水將低價金屬再度氧化成高價金屬氧化物（式 2）。兩步驟加總之反應為重複利用金屬氧化物進行二氧化碳和水的解離反應。



本研究所提出之兩步驟程序可以降低二氧化碳和水分解反應所需的溫度，達到更高的太陽能使用效率與化學轉換率。目前研究比較：使用兩種中間物來降低還原步驟的溫度需求、使用碳化物作為還原劑、在真空環境下進行還原等不同途徑。其中，兩種中間物分別為 ZnO / Zn 與 SnO₂ / SnO 氧化還原組合。研究首先在特別設計的氣氛控制低壓太陽能熱化學反應器內，合成 Zn 和 SnO 之反應性奈米粉末。接著探討 ZnO 和 SnO₂ 之高溫固/氣解離反應之動力學特徵。然後使用二氧化碳和水進行 Zn 與 SnO 的氧化反應，反應後產生的氫氣和一氧化碳隨後則進一步轉換成液體燃料。

3.2 用於地熱開發與二氧化碳地質封存之數值模擬技術

Optimization strategies and risk analysis for deep geothermal reservoirs：深層地熱發電通常涉及較高的投資成本，主要是因為需要先進行地熱資源的探勘和深井鑽探。此外，也通常無法保證這些投資能在短時間內能回收，主要失敗的風險包含：流體溫度太低和流體產量不足等。

因此，必需要有可靠的定量評估工具來分析相關風險，俾以增進企業對地熱計畫的投資信心，並且利用合適的工具發現富含地熱資源之地層內最佳的利用目標地層。本研究描述 Geophysica 和五所大學的聯合研究計畫，敘述如何針對這些挑戰來開發評估地熱蘊藏層的分析方法和制訂相關工作流程。最後，本項研究計畫開發出用於：地熱蘊藏層模擬、岩層物性估算、及最佳操作策略擬定的工具軟體，其目的是減少生產井的鑽探與開發風險。

在這聯合研究計畫的第一階段，各成員分別收集並開發各種用於地熱儲存層的結構、岩層特性、與儲存層之短期和長期的特性預測之數學和物理評估方法。這些方法可詳細分析儲存層內的斷層和裂縫結構分布、各類岩石之熱流特性、可靠的岩石特性誤差估計方式、預測儲存層特性之數值模擬方式等重要資訊。這樣的計算一方面可以分析儲存層風險，在另一方面可在現有的工程限制條件下提出最佳的儲存層與井位佈置規劃，對於減少鑽探的成本、準確估算地熱溫度、熱流體生產速率、對快速回收投資金額等很有幫助，這些方法已經成功用於幾種地熱場址之實測分析上，並成功的與實測數據比對分析。

現階段，該計畫將應用於真正的地熱探勘計畫上，以證明所發展方法與工具實際有效。該計畫與新地熱計畫開發者建立合作夥伴關係以加速地熱產業發展，透過所發展之工具軟體和方法，可提出鑽探地點和探勘策略等建議，以協助於新的地熱計畫開發。

Geothermal Modelling – A Review：自從1970年代，數值模擬已經被應用到地熱能源相關研究。如今，數值模擬已成為地熱研究或地熱產業之必備工具之一。

最初，這些模擬工具主要被用在 hot dry rock 的深層地熱之模擬。自從1980年開始，模擬工具逐漸被推廣應用至使用熱泵方式協助近地表之地熱能源開發之用。至此，使用軟體工具來協助地熱能源的開發越來越受歡迎，各類軟體可用於設計淺/深層地熱開發與設備的安裝之用，無論是在運算能力的進展以及在演算法的改進均有很大進步。由於這些軟體都是針對地底資源開發，與二氧化碳地質封存所遭遇的環境相似，因此，相關軟體已逐漸應用至二氧化碳地質封存領域。

由文獻上來看在過去幾年裡數值模擬技術已經快速發展，因此，在本研究中提出地熱能源的數值模擬之發展回顧與現況包含以下內容：

- 流體力學、熱傳和質傳的基本物理定則。
- 基本數值模擬建模。
- 所需之物理參數、參數測量過程、參數之精確度和靈敏度評估步驟。
- 低、中和高焓能源之差異性和共同性。
- 地熱蘊藏層之現況模擬。
- 應用於發電及供熱之深層地熱探勘與開發系統之建模與模擬。
- 淺層地熱系統之模擬與設備研析，包含：換熱器、結構材料、地下水冷卻或加熱設施模擬。
- 其他及非傳統系統應用。

所有的模擬工具有著不同特長，但是對於地底資源開發的應用須包含多相流行為之模擬，也需要對於溶液中各個物種的相變化過程、反應性（沉澱／溶解）、偶合力學模擬一併分析。最後，這個研究也提供一個列表分析最近可用的軟體工

具。

3.3 能源系統之設計與最佳化技術

Applying energy system analysis in the design optimization of biomass-based polygeneration plants：太陽能、風力、潮汐、波浪能等間歇性能源，預期會在將來會被大規模的被整合到我們的能源供應量系統。因此，汽電共生廠(CHP)這類電廠的角色可能從基載(base-load producer)提供者轉變為電網平衡者(balancing producer)。其中一個選項，是將 CHPs 轉換成生質能多聯產電廠(biomass-based polygeneration; PGP)。在不損害電廠之經濟與發電效率前提下，提高電廠操作彈性並同時降低環境衝擊。PGPs 電廠能夠將生物質轉換為一系列的能源產品；然而，PGPs 的設計概念將決定能源產品的生產過程。

本研究應用生產時間序列分析來進行 PGP 優化設計，並以 Balmorel 模式預測不同情境下的電價與熱價格等時間序列分析能源產出之影響。其重點是根據燃料成本和再生能源之滲透率與整合度提出簡化之能源系統模型，這個模型可被後續運用於新式能源系統(PGP)開發與評估，已開發的數據庫可以被其他研究人員用來發展或評估 PGP 之經濟性和可持續性，本研究也分析現有文獻中 PGP 優化設計，此外，也說明了如何應用此數據庫被應用在生質 PGP 開發案例。

Advanced Utilization of Marine Biomass for Power Generation：本研究提出了一個利用海洋生物質的發電系統，本系統包含了前處理、氣化及副循環發電等程序。這個系統的目的，是為了更有效率的運用海洋生物質來進行高效率發電。為了實現此目的，須提出有效的整合與程序增強技術，在過程中密集的重複循環利用所提出的能量以提升利用率，並於程序中進行有效的熱耦合利用。冷蒸氣之有效能利用率可利用壓縮或熱泵等形式來提升，此外，一個程序所無法利用的能量可以透過程序整合而被利用在其他程序中。綜上所述，整個整合程序的總能源利用率，可以被有效的最大化而顯著改善其能量效率。

該海洋生物質利用之整合程序包括：乾燥、熱氣化、與複循環發電等過程。該整合過程的設計與模擬計算是採用穩態過程模擬軟體 PRO II 來進行，本研究之海洋生物質是以小球藻(*Chlorella* sp.)為範例來進行。由於該微細藻具有高含水量，因此須利用過熱蒸汽進行乾燥，為了提高能源利用率須再重複利用該過熱蒸汽。此外，因流化床型之氣化器具有高氣化效率等特性，因此本研究便以其作為反應器將海洋生物質轉換成為合成氣。

很顯然的，從計算結果來看這個整合過程具有優良的能源提取效率，其總發電效率大於 40%。一些和過程優化有關的參數包括：乾燥程度、氣化溫度、燃氣渦輪機入口溫度等，也被一併被評估並提出最佳之程序條件。

Solar-Biomass system for distributed medium-size cogeneration applications: Plant's Operation Strategy Validation and Control Assessment: 本研究針對中小規模的住宅和工業建築提出再生能源整合方案，研究中利用生質能和太陽能提出應用方案，並對其利用於分散式熱電並聯產出方案進行可行性評估。

為了運轉約 100 kWe 的有機朗肯循環系統 (ORC) 的熱電聯產單元，其工作流體溫度約需達 250°C，在此系統中工作流體的加熱可藉設置在停車場或屋頂的中型拋物面聚光器 (PTC) 達成。以這種方式，建築物所需的電力和熱源均可由此複合系統來提供。因為太陽能資源具有高度變動性，在此複合系統中結合的生物質鍋爐可作為備援系統，於沒有太陽輻射的時間區段內提供電力負載。此外，ORC 需安裝輸出穩定功能並穩定控制工作流體的速率和加熱溫度，所以在長時間運轉條件下這些控制模組和連續調整電力裝置將會面臨一些工程障礙需要被克服。

本研究發展出用於整個系統的動態分析模組。這個模擬模組可模擬不同構造之整合系統，並與資料庫中的能源系統組件互相連結。模擬工具之評估過程亦考慮了每個子系統組件之時間常數，因此特別適合於太陽能擷取系統的反應特性評

估。

此模擬工具亦可用於驗證複合系統之操作策略，可以最大限度有效的利用現有之太陽能源。系統之可控制度、工作流體溫度、輸出電力對應於太陽能擾動情況（cloud passage）之變動狀態也一併分析。此分析結果強調，系統為適應太陽能消失所造成之電力突然下降之及時操作策略，特別是，對於複合系統內各組件（ORC、太陽能場、生物質鍋爐等重要組件）因應一天中不同環境條件之不同操作策略。

Photoelectrochemistry, an alternative for producing renewable fuels：由於全球能源消耗的增加、石油生產量逐漸提升、環境衝擊日益受到關注。人們開始意識到，我們需要尋找再生能源資源，進而減少我們對化石燃料的依賴。最明顯的想法是從太陽獲取能量，因為太陽能是持續不斷照耀地球，並有足夠能量來維持我們社會的發展，太陽能所能提供的能量遠超過任何可預見未來我們所需的能量。

來自太陽的能量可以用許多不同的方式來收集，太陽光能夠通過光合作用的方式轉化為化學能，這對於地球上的生物至關重要。一些低水分需求與低肥料需求的植物可利用太陽能大量生長，這些生物質可被大量利用成燃料，因此，太陽能就以此固態或液態燃料之型態供給民生與工業用能。此外，太陽光也可直接用來驅動光伏電池，所產生的電力可進一步透過電催化反應將此能量轉變為燃料。風與波浪也是由於太陽照耀而產生，利用風力發電機與波浪發電機收集這些能量也是一種太陽能的利用。最後，本研究提出一種新式的太陽能利用方式，以光電催化反應器直接吸收太陽能，於反應器內直接進行電化學耦合反應產出燃料，因此，利用本技術能夠直接利用被吸收的太陽能產出燃料。在這項研究中，將探討在光電化學領域中，如何生產更具價格競爭力的可再生燃料的技術與其最新發展。

How to integrate large shares of intermittent renewables in the electricity System：近年來，由於在一些國家對間歇性之可再生能源發電計劃（主要是風能和

光電)的慷慨支持，這類再生能源發電量正以非凡的速度增加。本研究的主要目的，是進一步分析這些間歇性之可再生能源佔比持續增加對歐洲電力市場價格所可能產生的影響。當然，類似的論點也適用於世界上任何對可再生能源懷有遠大目標的區域。本研究是根據一個簡單的基本市場原理，也就是價格等於邊際成本這個基本原理；這是自由化電力市場的一個主要特徵。當過剩容量的事實廣泛存在於歐洲的時間點，自由化市場的論點就開始成立了。也就是說，此時的預期電價必定會反映短期邊際成本。

以下案例說明可再生能源供應量增加如何影響：現貨價格、電力交易模式和常規發電廠之調度。這個案例是，在某中午時段，大量的太陽能發電量可取代期間內幾乎所有的水力發電量，由發電趨勢來看還有逐漸升高的傾向，這樣的結果造成了尖峰時段內現貨價格反常降低；雖然在一般情況下尖峰時段內現貨價格應該是比較高的。類似的例子在其他陽光充足的地區如：義大利和西班牙常常會發生，其太陽能發電對正午時刻之電價有顯著影響。其實原因很簡單，在一個陽光明媚的一天，充足的太陽能發電會使供給曲線向右移動，在本質上將會促使核能和化石燃料之發電機組在這個時段內「退出市場」。

Integration of Concentrated Solar Power plant and coal fired power plant for block size of 100 MW：目前，可再生能源的開發尚未到達可以完全替代傳統發電系統的階段。然而，如太陽能光電廠或聚光太陽能電廠（CSP）等可再生能源發電廠，能與傳統發電廠一起合作解決能源危機，並且持續發展可再生能源發電技術，以期望在不久的將來可再生能源發電廠能夠完全取代傳統發電廠。

本研究探討了CSP與燃煤發電廠（CPP）的整合可能性，以求降低CSP安裝成本，並且同時減少燃煤電廠之煤碳消耗量與減少該電廠的碳排放量。此外，本研究之整合技術也可加速實踐政府推動可再生能源的遠大目標。

本研究所提出的技術，CSP可以被裝設在已有之燃煤電廠中（CPP），CPP的廠

用電量約消耗 CPP 總發電量的 8%，這些廠用電量可由 CSP 的熱能來提供。本研究主要分析此 CSP 機組安裝於 CPP 發電廠內所需的土地面積、布置規畫、CSP 和 CPP 的整合程序與安裝規劃等。

該研究還評估了整合 CPP 和 CSP 的整合優勢和挑戰，CSP 在 DNI 大於 1900 kWh / m² / year 的區域中較具優勢，使用本研究所提出之整合模式更能有效的應用太陽能。然而，當 CSP 安裝並整合至 CPP 中，太陽能擷取裝置將可能受到灰和煤粒影響。所以，有效識別 CSP 最佳之裝設位置與如何維持 CSP 在高效能下運作也是一大挑戰。另一方面，CSP 的可靠度會影響整體成本，維持高 CSP 可靠度將可有效降低總體系統之發電成本。此外，高可靠度機組也會降低人力、操作、和維護成本。該整合電廠之發電成本已具有經濟競爭力，因此，這種型態的整合電廠將不需要依賴於任何類型的電力補助，這有助於 CSP 開發商在世界各地開發並安裝新機組，以提升再生能源於電網之滲透度。

Energy analysis of a household vapor compressor refrigerator supplied by PV energy using a phase change material as a cold storage device: 在本研究中提出利用相變材料 (phase change material; PCM) 作為冷能儲存媒介，並搭配以 PV 太陽能板供電之蒸氣壓縮式冷機的能量分析模式與分析結果。這些模擬分析最後以實驗室測試結果進行交叉分析與比對，本研究所使用的相變材料是將水和乙二醇之溶液封在塑膠封裝材料內。所製成之複合材料一側邊與蒸發器的表面直接接觸，另一側則是直接曝露在室內的空氣環境下。實驗以兩種材料分別被測試，其封裝內溶液的熔化溫度分別為 -11°C 與 0°C，並對冷機整合 PCM 之前和之後的效能進行分析與比對研究。

Increased solar fraction through seasonal solar thermochemical energy storage: 歐盟第七框架計劃(FP7)中有一個明確目標為支持開發和示範一個精簡型的儲熱系統，這種裝置將作為利用可再生能源來提供區域熱能、冷能、和熱水需

求的解決方案，並期望能在 2050 年對於歐洲達成 energy-neutral 的環境做出貢獻。這種精簡型的儲熱系統包含一種高能量密度的熱化學材料。當熱能被添加到精簡型的儲熱系統中的熱化學材料中，其內含水分能被分離並單獨儲存。當需要熱量時，水分被再次引入到熱化學材料中，當水分重新結合時會同時放出熱量。FP7 最終目標是實現 1GJ 熱能可被儲存在 1 立方米的精簡型的儲熱系統中。

發展此精簡型儲熱系統的關鍵問題是如何針對不同應用如：區域熱能、冷能、和熱水需求供給不同溫度的熱源以適應不同住宅或建築物之使用需求。與此相關的新型的相變材料可作為短期熱儲存之應用。

本研究由四個研究機構（TNO, VITO, Tecnalia, Fraunhofer）、兩所大學（University of Ulster, University of Lleida）、和四個工業公司（De Beijer RTB, Zonneenergie Nederland BV, Mostostal, Glen Dimplex）共同參與。

Investigating the Feasibility of Solar Photovoltaic and Wind Electricity Integration for Likoma Island in Malawi: Techno-economic Analysis Applying the Hybrid Optimization Model for Electric Renewables (HOMER)：這個研究是探討 Likoma Island 的電力系統如何整合光伏電池（PV）和風力發電的可行性；目前 Likoma Island 是由柴油發電機提供電力，電力供應每天只有 14 小時。本研究的目的是評估光伏發電和風力發電對該島電力系統之經濟衝擊。不同於現有的情況，本研究以 24 小時的供應電力作為基礎，並以 HOMER (Hybrid Optimization Model for Electric Renewables) 軟體進行建模與模擬分析。

24 小時的負載曲線是根據在 2013 年 1 月在 Likoma Island 的電力使用狀況調查而來，是根據當時島上現有之用電設備進行調查。此模型之其它輸入項包含：利用太陽能和風能之可再生能源系統設備的市場價格、廠址開發成本、可利用之太陽能與風力資源等參數。

研究結果顯示，在不增加供電成本之前提下(相較於當下現有柴油發電機組的發電成本)，利科馬島整合光伏發電、風力發電至現有之柴油發電機組可滿足該島90%以上的電力需求。在該地當前的經濟形勢下，使用光伏發電和風能發電供給該島90%之電力需求，相對於僅用柴油發電來供電，可降低約34%的成本。與只用柴油發電相較之下，整合太陽能和風能於設備生命週期內可分別降低34%之成本，並且降低了90%二氧化碳排放量。

此外，研究也顯示了如果供電24小時，僅用柴油機供電會比當今14小時供電的情況增加額外的113%之燃料成本。但整合光伏發電和風力發電至當今供電系統內供電24小時，只增加45%費用。本文也將對現行政策如何加速再生能源整合所需之必要改革進行討論，以利後續再生能源之整合工作。

SAVING FUEL：本研究是根據一新聞報導敘述英國有一個相當新的燃氣發電廠正走向停止運轉與關廠封存，以至於出現一些「燈光將會熄滅」電量不足等等的危言聳聽；其實這些預測毫無意義。

顯然可以發現，該地區並沒有需要新的發電容量。安裝可再生能源或核能電廠僅是為了節省燃料，而非提供發電容量，(雖然安裝風力機組和核能發電機組都確實是提供發電容量)，為了穩定電力輸出而需持續穩定供給燃料的要求現在看來並非必需的要求了，燃料在任何時間下都可以被節省下來，而且再生能源之間歇性再也不是問題。

所有國家都希望節省燃料，以降低其支出並增加國家競爭力。如英國和歐盟其他燃料進口國都想節省燃料購入成本與相關支出；但燃料出口國卻想擴展他們的出口供應量。這就解釋了為什麼有一些國家無意削減化石燃料使用量，來因應抑制全球暖化效應。對於美國、中國、和印度而言，相對於如何解決貧窮問題，誰把全球變暖的影響已淪為次要議題。另一方面，雖然這些國家無意面對全球暖化議題，仍然在風力發電機和太陽能發電安裝方面處於領先的地位，因為他們需

要節省燃料、節省支出以維繫國家競爭力。

儲存由燃燒化石燃料而獲得的電力是沒有道理的，經由電力儲存與再次釋放電力之往復循環僅代表額外的電力損耗，將燃料節省下來在需要時再發電比較有意義，唯有藉著再生能源發電技術搭配儲存技術看起來是比較有意義的。

3.4 二氧化碳捕集與封存程序模擬技術

由於二氧化碳捕集與封存(CCS)的流程中包含了捕集、壓縮、運輸、封存、與再利用等不同特性之工業程序，個別程序間的相互影響會導致整個流程的效能與經濟性受到改變。因此，在進行相關開發計畫前，以程序模擬技術來評估相關程序之效能與經濟收益等事項就顯得十分重要。

如果分開來看整個 CCS 價值鏈，其中的每個組成程序都是技術成熟的技術，然而其規模卻是與 CCS 應用完全不同。對於電廠的應用來看，捕集設施的規模就比現今化工廠所用的捕集程序更大，由於規模完全不同導致慣用的程序模擬工具難以精確評估。因此，英國 ETI(Energy Technologies Institute)結合政府部門、學術單位、工業界等不同部門(圖 3.1)，開發了一系列用以評估 CCS 效能與經濟性的評估工具，現在這些工具也推出市場給 CCS 開發業者使用，並由 PSE 進行後續之開發與推廣工作。

由於不同部門的結合，該工具中的資料來源比較能適合整個 CCS 流程的模擬。來自各個設備廠商的數據可用以評估流程內吸收塔、壓縮機、運輸管路、灌注設施中各個設備的效能、尺寸、成本等資訊。學術單位也提供了狀態方程式、流體性質、實驗數據等資料，可用以估算相關的質量與能量平衡關係。

對於電業的應用，CCS 程序的動態過程將影響電廠之售電收益，CCS 程序耗

能對電廠出力的影響也需預先評估以利進行動態調控，該工具也針對了這些需求開發了程序動態模擬工具，並以實例進行研究。動態模擬之結果可繼續進行調控策略開發與程序最佳化分析，這些分析對於電業應用十分重要，因為調控程序將影響電廠輸出之穩定性與其售電收益，當 CCS 大規模實施時這些因素都需要預先評估。

目前國內進行之 CCS 研究對於這些效能與經濟性的影響評估工作僅有少量研發能量，與相關產業之結合也很少。將來國內設置 CCS 設施時，應該對於相關程序進行更深入之評估，並結合設備廠商之設計數據進行更準確之評估工作。在擬定本公司未來 CCS 研發策略時也將考量逐步建立相關評估技術，藉由相關試驗逐步建立本土資訊。

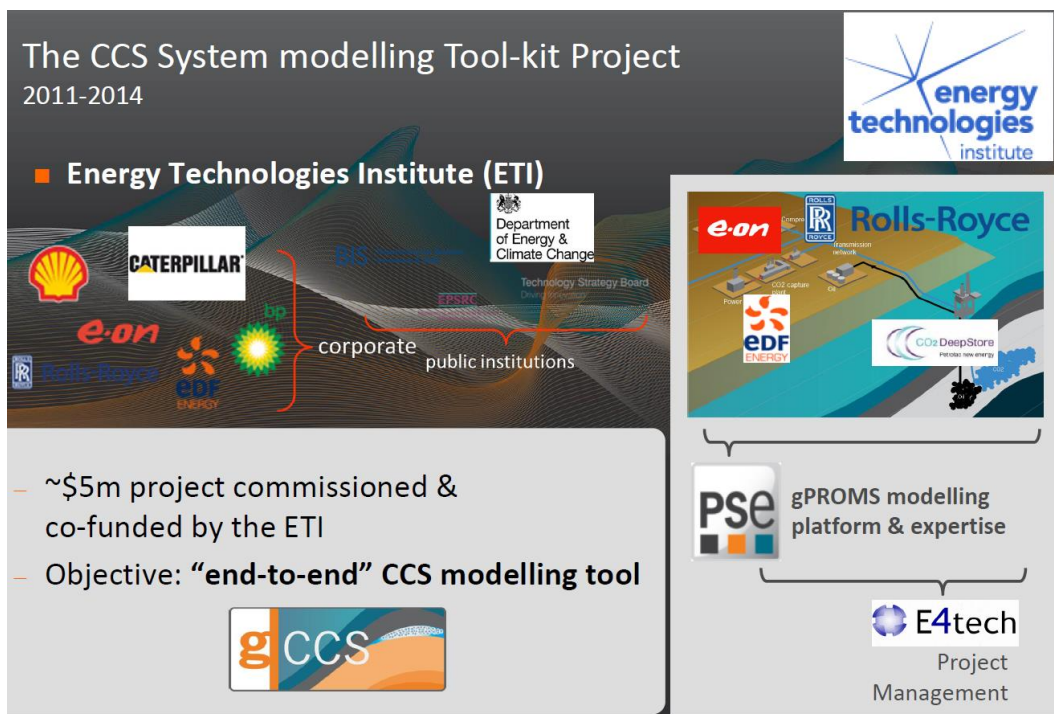


圖 3.1 CCS 模擬工具開發成員

在能源永續之要求下，各類再生能源將逐漸受到重視，然而由於技術困難與

經濟性考量，預期仍在短時間內我們仍無法排除對化石燃料的依賴。因此，在發展經濟的同時我們亦須考量所造成的環境衝擊。由減碳的角度來看：再生能源、減碳技術等都需要逐步實施，也沒有單一技術可達成減碳需求，未來的能源供應會朝向多元化技術發展。相關的技術與投資障礙，會隨相關試驗過程逐步獲得答案。

為了因應減碳需求，本公司針對二氧化碳捕集與封存技術開發已進行相關研究多年，目前地質封存部分也已完成第一階段之地質調查工作。後續將再針對經濟性、安全性等重要議題逐步展開研究工作。

將個別技術整合至減碳技術研發目標下將可有助釐清：個別程序之技術與經濟障礙、各程序間之交互影響、風險程度等課題。所得之結果將可提供做為投資決策與法規建置之參考，以期降低實施障礙並確保投資效益。

在實施這些減碳技術時，應該著重在不同技術間尋求效能與投資金額間的平衡，當經濟的可行性出現時才有助於推廣這些技術，本公司為這些技術的可能投資者，未來將持續關注最新進展，以期提供更潔淨的能源給大眾。