

# 行政院所屬各機關因公出國人員出國報告書

(出國類別：考察)

## 英國低碳城市推動政策與執行實務考察

服務機關： 行政院環境保護署  
新北市政府環境保護局 桃園縣政府環境保護局  
臺中市政府低碳辦公室 臺中市政府環境保護局  
臺南市政府環境保護局 高雄市政府環境保護局

姓名職稱： 謝燕儒 處長兼執行秘書  
劉和然 局長 陳世偉 局長  
黃崇典 執行長 鄭育麟 副局長  
張皇珍 局長 張瑞琿 主任秘書  
許仁澤 簡任技正兼副執行秘書

派赴國家： 英國  
出國期間： 103 年 3 月 1 日至 3 月 8 日  
報告日期： 103 年 5 月 15 日



## 摘要

英國為國際間將綠色新政納入國家永續發展政策之先驅，由英國政府制定一系列的國家政策鼓勵公務機關或私人企業朝向低碳發展，其中地方政府由下而上的反映出各地之發展願景，而中央政府亦將權力轉移至地方以促進低碳經濟與社區轉型。

為拓展低碳城市建構高層人員之視野，行政院環境保護署與英國貿易投資署合作，延續臺英雙邊交流，由環保署與各縣市建構低碳城市之相關單位前往英國拜會參訪。

本次考察包含與英國政府部門及業界之座談、低碳案例實地參訪及生態建築展(EcoBuild)。透過拜訪英國能源氣候變遷部、伯明罕市政府、低碳能源服務與低碳城市規劃專家，從中央到地方充分了解英國政府低碳規劃架構、分享彼此技術與成果、討論適合臺灣之低碳永續方案，同時也促進雙方綠色經濟之交流。

# 目 錄

壹、前言.....	1
貳、考察人員及行程.....	2
參、考察內容.....	4
一、臺英低碳城市座談會 .....	4
二、考察沃金 (Woking) 市低碳建構成果及 Thameswey Sustainable Communities 能源服務公司營運 .....	15
三、臺英低碳城市建構經驗交流 .....	22
四、參觀生態建築展(Ecobuild Exhibition) .....	24
五、拜會臺北駐英國代表 .....	33
六、拜訪能源與氣候變遷部(Department of Energy & Climate Change, DECC) .....	33
七、奧運公園與史特拉福市(Stratford City)永續規劃 .....	43
八、考察伯明罕地方政府低碳願景及運作與歐洲生質能源研究所 .....	54
九、參訪貝丁頓零碳社區(BedZED) .....	69
十、參訪希斯洛(Heathrow Airport)機場第五航廈個人快速交通系統(Personal rapid transit system, PRT) .....	72
肆、心得與建議.....	76
一、全面性的低碳政策制定 .....	76
二、結合民間力量全力發展低碳經濟 .....	76
三、政策法令與技術應用無縫接軌 .....	77
四、國內低碳永續家園整合推動與英國作法契合 .....	79
附件	
附件一、臺英低碳城市座談會簡報	
附件二、沃金市 THAMESWEY 公司參訪簡報	
附件三、英國氣候變遷目標與低碳政策，能源與氣候變遷部參訪簡報	
附件四、伯明罕低碳城市藍圖介紹簡報	
附件五、伯明罕交通網絡整合計畫簡報	
附件六、歐洲生質能源研究所參訪簡報	
附件七、貝丁頓零碳社區參訪簡報	

# 表 目 錄

表 1、出國人員及機關.....	2
表 2、考察行程及議題.....	3
表 3、臺英低碳城市座談會議程.....	4
表 4、綠色協議可行之節能措施.....	10
表 5、水晶展示館展示區簡介.....	52
表 6、伯明罕推動低碳永續都市發展的五大主題與作法.....	59
表 7、伯明罕的交通網絡整合計畫目標.....	61
表 8、貝丁頓零碳社區的節能設計.....	71

# 圖目錄

圖 1、臺英低碳城市座談會.....	5
圖 2、座談會與會者交流情形.....	7
圖 3、零碳建築定義.....	9
圖 4、綠色協議(GREEN DEAL)執行方式.....	10
圖 5、綠色協議各角色間之關係.....	11
圖 6、21 世紀的永續路徑.....	12
圖 7、英國商業、創新暨技能部對於智慧都市工作目前與未來之相關計畫.....	13
圖 8、資產評估潔淨能源計畫關聯圖.....	14
圖 9、座談會英國專家演講.....	15
圖 10、拜會沃金市議會與 THAMESWEY 公司.....	16
圖 11、THAMESWEY 集團組織架構圖.....	19
圖 12、沃金火車站外之太陽能板屋頂.....	20
圖 13、世界野生動物基金會(WWF)LIVING PLANET CENTRE.....	21
圖 14、THE LIGHTBOX 藝術中心.....	21
圖 15、CARBON CHALLENGE 壁畫.....	22
圖 16、沃金市汽電共生系統.....	22
圖 17、臺英低碳城市建構經驗交流與會成員合影.....	23
圖 18、臺英雙方代表互贈紀念品.....	24
圖 19、生態建築展會場.....	25
圖 20、參訪英國綠建築協會 GREEN BUILDING COUNCIL.....	27
圖 21、參訪英國建築研究院之攤位.....	28
圖 22、參訪 SMART ARCHITECTURAL ALUMINIUM 公司.....	29
圖 23、希望之屋 HOPE HOUSE.....	30
圖 24、客製化組合式零碳房屋.....	31
圖 25、北安普頓聯排住宅 UPTON RURALZED.....	31
圖 26、參訪 ZEDFACTORY 之攤位.....	32
圖 27、英國之碳預算與減量目標.....	35

圖 28、2011 碳計畫提出之各部門減碳情形.....	36
圖 29、英國再生能源發電.....	37
圖 30、英國電力市場改革之三大挑戰.....	38
圖 31、浮動價格收購合約制(CFD)計價示意圖 .....	39
圖 32、各種再生能源發電之目標價格.....	41
圖 33、拜會能源與氣候變遷部.....	43
圖 34、倫敦地理位置與東倫敦區域圖.....	44
圖 35、水球館外觀與內部.....	44
圖 36、倫敦奧運主場館「倫敦碗」 .....	45
圖 37、史特拉福市的街景.....	47
圖 38、於奧雅納辦公室聽取史特拉福市更新計畫介紹.....	49
圖 39、桃園縣環保局陳世偉局長介紹桃園航空城計畫.....	49
圖 40、水晶展示館外觀.....	50
圖 41、設計師 JONATHAN WARD 帶領團員參觀水晶展示館內部 .....	50
圖 42、水晶展示館參觀地圖折頁.....	51
圖 43、水晶展示館參觀過程.....	53
圖 44、綠色委員會打造綠色伯明罕藍圖.....	54
圖 45、綠色伯明罕三項質化指標.....	55
圖 46、資深策略專家 JACQUELINE HOMAN 女士介紹伯明罕低碳永續都市的發展計畫.....	56
圖 47、伯明罕推動低碳永續都市發展的五大主題.....	58
圖 48、運輸發展策略部門的主任 ANN OSOLA 女士介紹伯明罕的交通網絡整合計畫.....	60
圖 49、伯明罕與周邊區域交通網路的關聯性.....	62
圖 50、團員在伯明罕市議會聽取簡報及會議中互動情形.....	63
圖 51、歐洲生質能源研究所研究目標.....	64
圖 52、生質能源所需之原料-生物質 .....	64
圖 53、印度農民焚燒小麥梗造成空氣污染的景象.....	65
圖 54、歐洲生質能源研究所計畫團隊研發移動式 PYROFORMER™.....	66

圖 55、亞斯頓大學研究人員進行簡報.....	66
圖 56、歐洲生質能源研究所實驗室內的汽化儀器.....	67
圖 57、歐洲生質能源研究所實驗室內的熱裂解儀器.....	68
圖 58、歐洲生質能源研究所.....	68
圖 59、貝丁頓零碳社區展示中心.....	69
圖 60、「一個地球」的生活準則.....	70
圖 61、貝丁頓零碳社區街道、社區景象.....	71
圖 62、希斯洛機場的地理位置.....	73
圖 63、個人快速交通系統的車輛與車站.....	74
圖 64、MR. BROWN 帶領團員進入行控中心瞭解內部運作情形 .....	74
圖 65、操作流程示範.....	75

## 壹、前言

英國為全球第一個將溫室氣體減量目標制定於國家減碳施政法律中，於 2008 年所制定的「氣候變遷法」目的在減少溫室氣體排放，以具約束性法律賦予政府相關部門減量責任。而為穩建紮實執行減碳工作，確實達到國家減量目標，英國政府隨即於 2009 年 4 月通過「碳預算」，並於同年 7 月 15 日公布涵蓋能源、產業、交通和住房等社會經濟各個層面的「低碳轉型計畫」(Low Carbon Transition Plan)國家具體減量方案，同時推出「再生能源策略」、「低碳產業策略」和「低碳交通改革策略」等配套方案。

另外，在提昇建築能源效率使用上，2012 年 11 月由社區及地方政府部(Department for Communities and Local Government, DCLG)公布「強化建築能源效率及運用環境保護方案」(Improving the Energy Efficiency of Buildings and Using Planning to Protect the Environment)政策，並將歐盟「建築能源效率指令」(EU Energy Performance of Buildings Directive)相關規定，建置於國內相關法令中，規定所有建築物，包含住宅、商業及公共建築)在轉讓、建造或出租時必須具有「能源績效證書」(Energy Performance Certificates, EPC)。

由於建築部門碳排放佔英國總排放量之 45%，其中住宅類比例達 27%，英國政府進一步制定「零碳建築」政策，建築法規規定自 2016 年開始，所有新建住宅都必須以碳中和概念建造，必須為零碳建築物，同時引進永續住宅規範，使所有新建築的永續性均可量化估算。亦即期望建築物本身每年能量淨消耗以零碳排放為目標，搭配風力或太陽能再生能源建置，以滿足日常能源耗用。因為英國老舊建築比例甚高，此項政策經評估未來將創造龐大商機，英國建築商、工程及能源等相關業者均積極呼籲政府應落實此政策，並進一步擴展為零碳非住宅建築，促進產業創新。

而為擴大民眾參與並累積減碳技術應用實務經驗，英國政府能源氣候變遷部(Department of Energy and Climate Change, DECC)於 2010 至 2012 年推動為期兩年低碳社區示範計畫(Low Carbon Communities Challenge)，評選 20 處準備轉型社區改造為低碳社區示範社區，每處社區提供最多 50

萬英鎊經費，並提供相關改造規劃建議及協助教育訓練工作，建置一系列諮詢與輔導措施，且評估申請單位執行成效。

由於英國在低碳城市的相關政策、法令、執行策略及細部規劃、配套措施，均經過縝密、完整規劃設計，其經驗對於臺灣發展低碳城市極具參考價值；同時考察期間正逢全球綠建築與節能技術之交流盛會的生態建築展(EcoBuild)展期，一併排入參訪考察行程，深入了解國際低碳技術應用及發展趨勢，作為未來臺灣規劃低碳永續家園之參考。

## 貳、考察人員及行程

由於低碳永續家園建構需中央及地方政府協力整合資源共同推動，且業務涵蓋多個層面，考察成員由行政院環境保護署規劃推動低碳永續家園建構之生態社區推動方案室與地方政府高階主管參與考察，並由英國貿易文化辦事處指派業務主管協助並提供相關資源。參訪團員詳列於表 1。

表 1、出國人員及機關

機關(構)名稱	職稱	姓名
行政院環境保護署	處長兼執行秘書	謝燕儒(團長)
新北市政府環境保護局	局長	劉和然
桃園縣政府環境保護局	局長	陳世偉
臺中市低碳辦公室	執行長	黃崇典
臺中市政府環境保護局	副局長	鄭育麟
臺南市政府環境保護局	局長	張皇珍(副團長)
高雄市政府環境保護局	主秘	張瑞璋
行政院環境保護署	簡任技正兼副執行秘書	許仁澤
英國貿易文化辦事處	組長	尹德惠

考察期間為 103 年 3 月 1 日至 3 月 8 日，共計 8 日，考察內容包含拜會英國政府部門、與低碳永續建構相關顧問公司及業者座談、低碳案例實地參訪及低碳技術展覽等，行程規劃如表 2。

表 2、考察行程及議題

日期	行程	參訪議題
3/1 (星期六)	啟程－臺北～倫敦	-
3/2 (星期日)	資料準備	-
3/3 (星期一)	臺英低碳城市座談會 (英國投資貿易署舉辦)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 英國低碳政策與施政重點</li> <li>● 經濟與社會挑戰低碳策略</li> <li>● 臺英低碳城市建構之技術與成果</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 沃金市(Woking)低碳建構成果</li> <li>● Thameswey 能源服務公司營運</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ESCO 運作模式</li> <li>● 政府投入低碳節能資金的管理與運作</li> </ul>
	臺英低碳城市建構經驗交流 (英國投資貿易署主辦)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 臺英低碳城市建構經驗交流</li> </ul>
3/4 (星期二)	參觀生態建築展(EcoBuild)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 低碳永續建築應用趨勢</li> <li>● 綠色能源推廣發展設計</li> </ul>
	會晤臺北駐英國代表	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 臺英關係與環保政策</li> </ul>
3/5 (星期三)	拜會英國能源氣候變遷部	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 英國低碳政策目標與策略</li> <li>● 英國電力市場改革</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 奧運公園與 Stratford City 低碳規劃</li> <li>● The Crystal 西門子永續都市發展展示中心設計</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 低碳工程計畫案例</li> <li>● 低碳建築實踐</li> </ul>
3/6 (星期四)	伯明罕地方政府低碳願景及運作	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 都市減碳策略</li> <li>● 永續交通發展</li> </ul>
	英國生質能發展及研究 (EBRI 歐洲生質能源研究所)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 生質能源轉換技術與開發</li> </ul>
3/7 (星期五)	貝丁頓零碳社區建構成果	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 永續環境設計理念</li> <li>● 永續生活實踐</li> </ul>
	希斯洛機場第五航廈 PRT 個人快速交通系統營運	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 零排放交通設計</li> <li>● 綠色交通營運模式</li> </ul>
3/8 (星期六)	返程－倫敦～臺北	-

## 參、考察內容

### 一、臺英低碳城市座談會

英國投資貿易署(UK Trade and Investment, UKTI)為協助英國廠商拓展國際低碳經濟商機，致力幫助英國企業瞭解國外市場，特邀請其國內相關業者參與此座談會。

座談會擇定於英國投資貿易署舉行，與會者除我國考察人員外，還包含英國投資貿易署之成員、英國低碳城市建構專家、規劃顧問公司與參與低碳及能源建構服務之業者，期望藉由此次交流探討英國與臺灣於低碳永續建構共同合作機會。本次座談會議程如表 3 所示。

表 3、臺英低碳城市座談會議程

時間	主題	主講者
09:30~09:40	英國貿易投資署歡迎致詞 Welcome by UK Trade and Investment	Sue Mortimer, Strategic Trade-Developed Markets Directorate, UKTI
09:40~10:10	臺灣低碳城市之展望與策略 Perspectives and Strategies for Low Carbon Cities in Taiwan	謝燕儒 空保處處長兼生態方案室執行秘書 行政院環境保護署
10:10~10:35	英國低碳政策 UK Low Carbon Expertise	Rob Pannell, Managing Director, Zero Carbon Hub
10:35~11:00	交流時間 Refreshment Break	
11:00~11:25	英國實現智慧城市之能力 UK Capabilities to Support the Delivery of Smart City	Alan Kell OBE, Managing Director I&G Systems Ltd
11:25~12:15	能源效率改善之資金運作 Financing Energy Efficiency	Steve Fawkes, Director, EnergyPro Ltd
12:15~12:30	總結 Sum up and close by UK Trade and Investment	尹德惠 基礎工程處工程建設組組長 英國貿易文化辦事處



圖 1、臺英低碳城市座談會

(A.謝燕儒處長兼執行祕書說明臺灣低碳城市之展望與策略；B.座談情形；C.謝燕儒處長兼執行祕書贈送 Sue Mortimer 處長(左)禮品；D. 英國貿易文化辦事處尹德惠組長介紹臺灣低碳商機)

座談由英國投資貿易署 Sue Mortimer 處長開場致詞歡迎，表示樂見臺英在低碳永續城市議題的交流，希望透過了解臺灣推動低碳永續家園之經驗，促進英國貿易投資署與臺灣環保署合作，共同達成低碳目標。

隨即行政院環境保護署謝燕儒處長兼執行祕書介紹臺灣中央政府低碳永續家園之目標、政策及發展歷程，並代表一併出國成員所在縣市說明低碳推動主軸、策略、措施及推動成果。

謝處長於該簡報開場時，即透過具體之目標與策略，輔以現階段我國在低碳永續示範社區與示範城市之推動成果，向在場所有參與來賓介紹我國推動低碳永續家園之方法與步驟。由於環保署擔負主政辦理「低碳永續家園」建構工作以來，自 2009 年即由規模較小之社區示範作起，透過與

地方政府合作，已擇選 91 個村里規模的示範社區，協助完成節能改善診斷，逐案製作成診斷規劃報告書(包括診斷說明，改善措施建議、預估經費分析與減碳效益等)，並結合與能源技術服務及業物管理服務業合作，落實節能績效保證及社區節能服務工作。同步並也透過公開遴選，於 2011 年評決出新北市、臺中市、臺南市及宜蘭縣等 4 座低碳示範城市，以協調與統合北、中、南、東各生活圈地方政府，利於未來形成 4 個低碳永續生活圈；而加計澎湖及金門 2 座低碳示範島，在分階段、循序推動的原則，期望 2050 年能建設臺灣成為低碳島。

至於未來推動低碳永續家園之執行架構，謝處長於簡報中指出，必須由下而上驅動全民共同參與，落實推動各項低碳永續家園行動項目，並以累積執行行動項目的成果為基礎下，透過「低碳永續家園認證評等」制度，強調「自己和自己競賽」。村里、鄉鎮、縣市政府等都可擇選合適推動的行動項目，當執行績效獲得認可，就可取得分數；且在達到一定門檻分數後，即獲得銅牌、銀牌，乃至金牌等的認證。透過這種村里社區、鄉鎮市區層級「自願參加」，而縣市層級「當然參加」的制度設計，以能全方位落實低碳家園發展。

除了認證評等制度外，謝處長並說明包括政府相關部會等，均應檢討利於低碳永續家園發展之配套措施，排除行政障礙，並協調內部及外部資源，完善行動項目的可行性；積極辦理低碳永續綠領專業人才訓練與認證，結合現有公民教育體系，培養低碳永續相關之基礎專業知識；思考政府經費運用方式，使能作為基本運作所需預算及發揮財務槓桿作用所需種子經費，並建構引進民間資源的運作模式。

同時謝處長也介紹環保署所建置之「低碳永續家園資訊網(<http://lcss.epa.gov.tw>)」，可作為公開各低碳永續行動項目之具體內容與執行說明，並納入強化全民低碳永續教育之一環，由食、衣、住、行、育、樂，帶動全民節能減碳新生活型態；建立與其它國家或國際組織之交流、合作管道，相互觀摩學習，積極向國際行銷低碳社區/城市的成果，提升國際形象。

在簡報的最後，謝處長不忘將與會所有團員所代表之縣市目前推動低碳永續相關成效，透過投影片逐一說明，例如新北市所建構之低碳、永續及生態並存之綠色樂活新北市建構概念、桃園縣以航空城為主軸落實綠色

及永續與韌性的城市開發、臺中市包含低碳經貿園區之低碳永續六大旗艦計畫、臺南市兼具創新與在地文化發展之十大關鍵計畫及高雄市整合綠色經濟與企業減碳之六大推動主軸等，已獲得在場所有與會來賓之肯定，並於簡報後針對臺英雙方之推動現況與特色，向謝處長提出諸多問題與建議，而謝處長也一一予以回復說明，達到本次簡報充分交流之目的。而所有團員並於座談會中之茶敘時間與英方與會者互相交換低碳城市建構之心得，英方與會者也積極與本團團員交換聯繫方式，找尋後續合作之機會。臺灣代表團藉由分享臺灣低碳永續家園推動之經驗，與實際從事低碳城市規劃、建構執行之主政官員、專家、學者們接觸交流，做為未來相關政策、法令及執行策略等規劃工作之參考。



圖 2、座談會與會者交流情形

由於英國投資貿易署非常關注英國低碳產業及顧問公司發展，積極為相關企業尋找商機協助輔導低碳產業發展，並持續與國際低碳城市建構之執行單位建立良好關係，幫助英國境內之低碳產業開拓市場。座談會最後由英國貿易文化辦事處尹德惠組長針對臺灣建構低碳永續家園之過程當中，完整整理介紹臺灣未來即將推動及規劃中可能衍生之低碳商機，包含

目前臺灣整體推動各項低碳措施之市場規模與後續發展機會，並從夥伴關係之角度，期許臺英雙方未來能夠有更為緊密之合作。臺灣在低碳產業之發展上，亦可向英國投資貿易署學習，以提升國內相關產業之競爭力。

另外，座談會英國投資貿易署也安排專家說明英國低碳政策之形成、低碳智慧城市之規劃及資金運用方式，說明如下：

#### (一) 英國低碳政策

Mr. Rob Pannell 為 Zero Carbon Hub 顧問公司總經理，該公司最主要目標為促使低碳或零碳成為英國建築工作的主流，專門提供低碳建築設計和低碳城市規劃整體解決方案，包含各種低碳永續技術創新、原型設計與試驗，並與英國政府密切合作，建議各種低碳推動政策。

根據英國氣象局預測，2050 年時全球氣溫將比 1990 年增加攝氏 2.5 度，到了 2100 年時則將比 1990 年再增加 6 度；由於過去證實海平面從同面對嚴峻議題。

英國在其氣候變遷法(Climate Change Act 2008, CCA)中，設定溫室氣體排放量在 2050 年時降到 1990 年基準年再減碳 80% 之目標，此為相當艱鉅之任務，因此需詳細估算並降低各部門排放量。

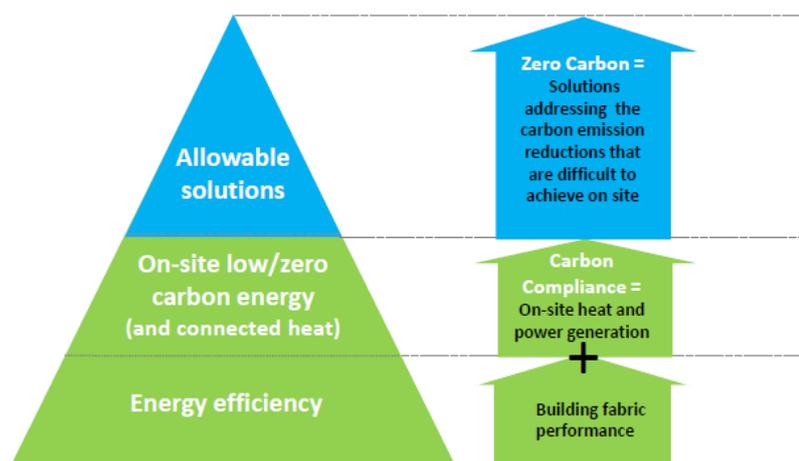
其中與民眾息息相關的住宅建築約佔英國溫室氣體總排放量的 27%，為達到氣候變遷法減碳目標，政府制定零碳建築政策並積極執行，要求在 2016 年後，所有新建住宅建築物必須為零碳建築；2019 年之後，所有非住宅用途之新建築也必需為零碳建築，同時政府也提出一系列獎勵措施，鼓勵採用再生能源技術。

此外，英國也建置完整建築相關政策，深入探討建築減碳方法及議題，制定永續住宅規範(The Code for Sustainable Homes, CSH)及建築研究所環境評估法(Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology, BREEAM)、定義零碳建築以及推動綠色交易(Green Deal)等，鼓勵建築往永續概念改善。

**BREEAM** 是世界上重要的建築環境影響評價方法和評價系統，設置永續建築設計最佳實踐標準、建設和運營，鼓勵建築及設計師、業主和開發人員思考低碳設計，考慮能源效率和建築物所產生能量需求，將能源需求及消耗降至最低。另外藉由一個簡單的評分系統，將建築之管理、健康舒適、能源、交通、水、材料、土地利用與生態、污染等面向

個別評分，衡量建築永續程度。其等級從一顆星到五顆星，意義分別代表合格、好、非常好、優秀、傑出。綠色協議在執行的第一年已幫助 13 萬住戶改善住宅隔熱與供暖系統，一共有超過 1,600 個專案在此系統上，且成果獲得民眾肯定。

英國目前零碳建築定義是透過調整能源使用或結合以下三種方法，減少二氧化碳排放量就可視為零碳建築。基本以達成最小的材料能源效率標準為目標，進一步應用低碳與零碳技術、再生能源及結合區域供暖系統限制房屋碳排放，當無法在現地(on-site)減少所有二氧化碳排放時，則可於其他地方減少二氧化碳排放。因此，將避免或減少二氧化碳排放、使用零碳科技、或二氧化碳於場外(off-site)減量方式達到零碳。(詳見圖 3)



The Zero Carbon Hierarchy – stepped progress towards a workable definition.

### 圖 3、零碳建築定義

此外，英國綠色協議執行方式是由取得認證專業之診斷評估員對建築評估後，撰擬家庭或企業建築能源效率提升、改善規劃報告，取得報告後交給綠色協議設備供應商，由供應商提供設備之報價，並安排安裝與財務計畫。設備安裝完成後，節省下的金錢再慢慢歸還給設備供應商，執行流程請詳見圖 4。

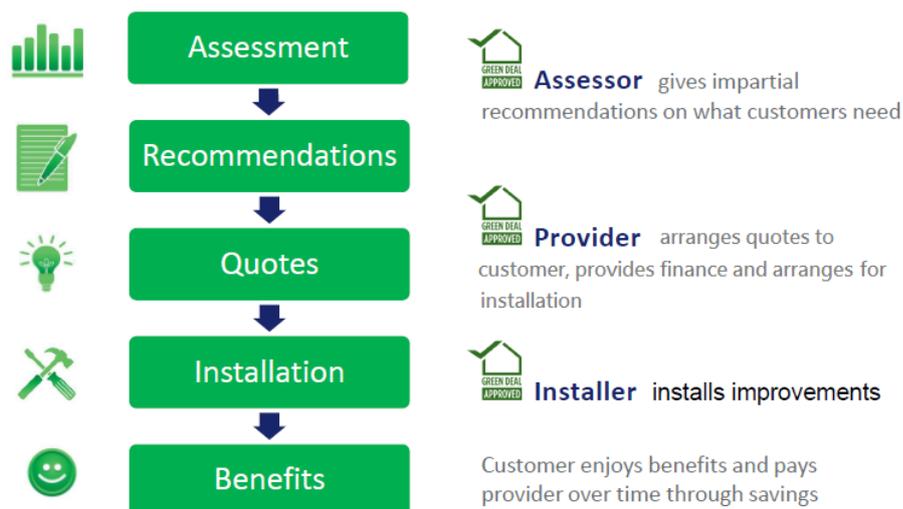


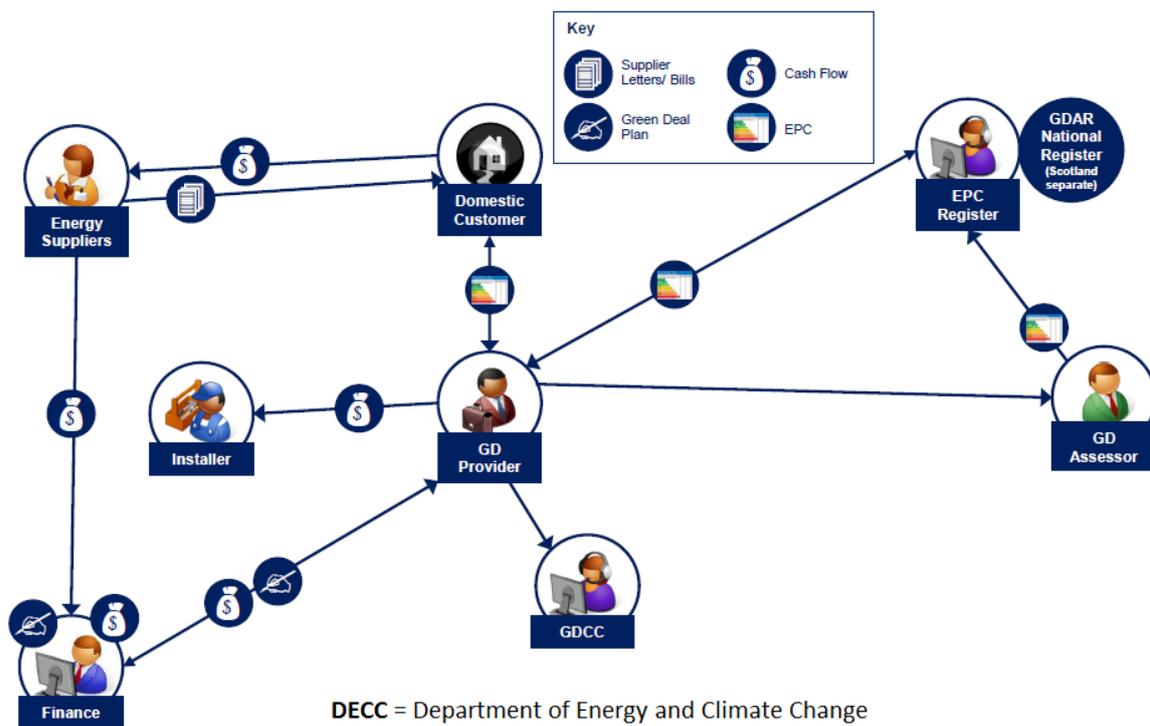
圖 4、綠色協議(Green Deal)執行方式

綠色協議以現有的住家與企業建築物為對象，藉由政府的資訊提供及認證機制，將綠色協議供應業者(Green Deal Provide)、綠色協議節能評估業者(Green Deal Assessor)、設備安裝業者(Installer)、能源供應商、以及金融機構整合，在屋主不須支付期初成本的前提下，為一般住家、企業或各類機構之建築，提供能源效率改善措施，而節能措施所節省下來的能源支出，則用以償還改善措施的投資成本及負擔的利息。

綠色協議的能源效率改善措施共有 45 項，如表 4 所示。

表 4、綠色協議可行之節能措施

綠色協議可行措施列表	
暖氣、通風及空調	冷凝式鍋爐、供暖控制設備、地下供暖設備、煙氣熱回收設備、機械式通風系統(非住宅)、廢氣熱回收設備
建築結構	空心牆絕緣、閣樓絕緣、屋頂絕緣隔熱、內牆絕緣、外牆絕緣、防風處理改善(Draught proofing)、地板絕緣、加熱系統絕緣、高效能門窗
採光	燈具配置、照明控制
用水加熱	新型熱水系統、節水水龍頭及淋浴設備
微型發電	地面和空氣源熱泵、集熱式太陽能、太陽能光電、生質能鍋爐、微型汽電共生



**DECC** = Department of Energy and Climate Change  
**EPC** = Energy Performance Certificate (held on register run by Landmark)  
**GDAR** = Green Deal Advice Report (held on register run by Landmark)  
**GD Assessor** = Green Deal Assessor  
**GDCC** = Green Deal Central Charge Database (managed by Electralink)  
**GDIP** = Green Deal Improvement Package (linked to GDAR)  
**GD Provider** = Green Deal Provider  
**TGDFC** = The Green Deal Finance Company

圖 5、綠色協議各角色間之關係

圖 5 從中央的綠色協議供應業者(Green Deal Provide)開始，由家庭或企業帶著經綠色協議節能評估業者(Green Deal Assessor)診斷評估後的綠色協議建議報告(Green Deal Advice Report, GDAR)，與綠色協議供應業者討論施工項目與所需設備、預估的投資成本、節能效益。當達成共識，取得屋主同意書、簽訂相關契約後，綠色協議供應業者在綠色協議中央收費資料庫(Green Deal Central Charge Database, GDCC)設立初步計畫，GDCC 可將供應業者的數據與能源績效證書(Energy Performance Certificate, EPC)的數據做比對，並告知屋主計畫開始進行。接著由安裝業者對房屋進行設備安裝，綠色協議供應業者須確保安裝商能提供屋主設備使用說明、保固期等。安裝完畢且屋主滿意後，綠色協議供應業者可在綠色協議中央收費資料庫(GDCC)更新資料，並由綠色協議節能評估業者協助建立節能設備安裝後新的能源績效證書(EPC)，

完成後由 GDCC 告知屋主計畫完成。最後，屋主將在不增加原有能源支出的條件下，將節能效益省下之費用以附加費用的方式，逐期由能源供應業者代收，轉付予相關的綠色協議供應業者，而綠色協議供應業者則負責償還向綠色協議融資機構借貸(The Green Deal Finance Company, TGDFC)之款項，或者由綠色協議供應業者直接將計畫轉賣給 TGDFC。

## (二) 英國實現智慧城市之能力

智慧城市是透過智能與綠色技術、建築，將資訊與自然資源做最佳運算利用，使都市處在最節能與環保運作狀態。圖 6 說明 21 世紀的永續路徑，是由綠色建築擴大推動尺度，進一步發展為生態社區及永續都市，將智慧建築發展鏈結至社區與智慧都市，並將綠色與智慧結合，使都市運作處在高效率、高便利，且符合安全環保需求，提升市民生活品質。

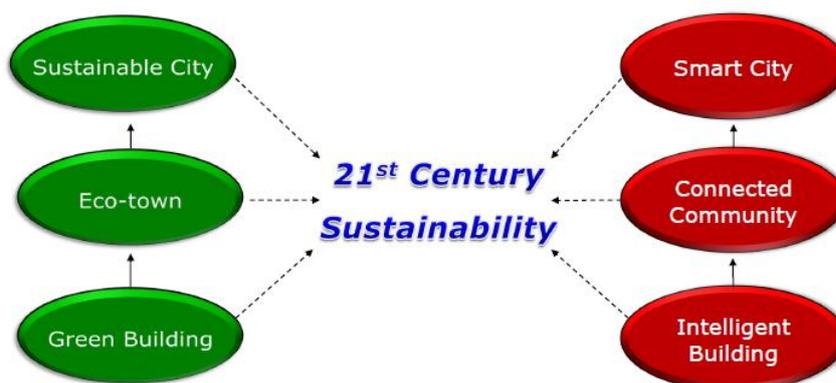


圖 6、21 世紀的永續路徑

在智慧都市上，英國已訂有國家、歐盟及都市層級的智慧都市政策，也有學術機構及業界的相關研究發展，然而因衝擊影響層面廣，導致在政策技術之執行上仍然不足。惟 Intelligent and Green System 已與英國投資貿易署及外交和聯邦事務部密切合作，將英國生態城市與智慧城市的最佳解決方案提供國際合作對象參考。

為確保智慧都市之技術能真正發揮其潛力，因此需要一系列的標準，以解決不同層級問題，包含從都市層級的決策過程到特定設備的互通性，有了準則標準才可提供地方主管機關制定智慧都市之相關目標；

而系統或設備的績效標準可提供地方主管機關在採購時參考，並評估適用性。此外，互通性標準則確保從都市的基礎設施和系統獲得的數據可適用於各種服務範圍。

圖 7 為英國商業、創新暨技能部對於智慧都市標準訂定目前與未來之相關計畫，這些計畫包含都市層級、系統與服務、組件與設備之標準制定。

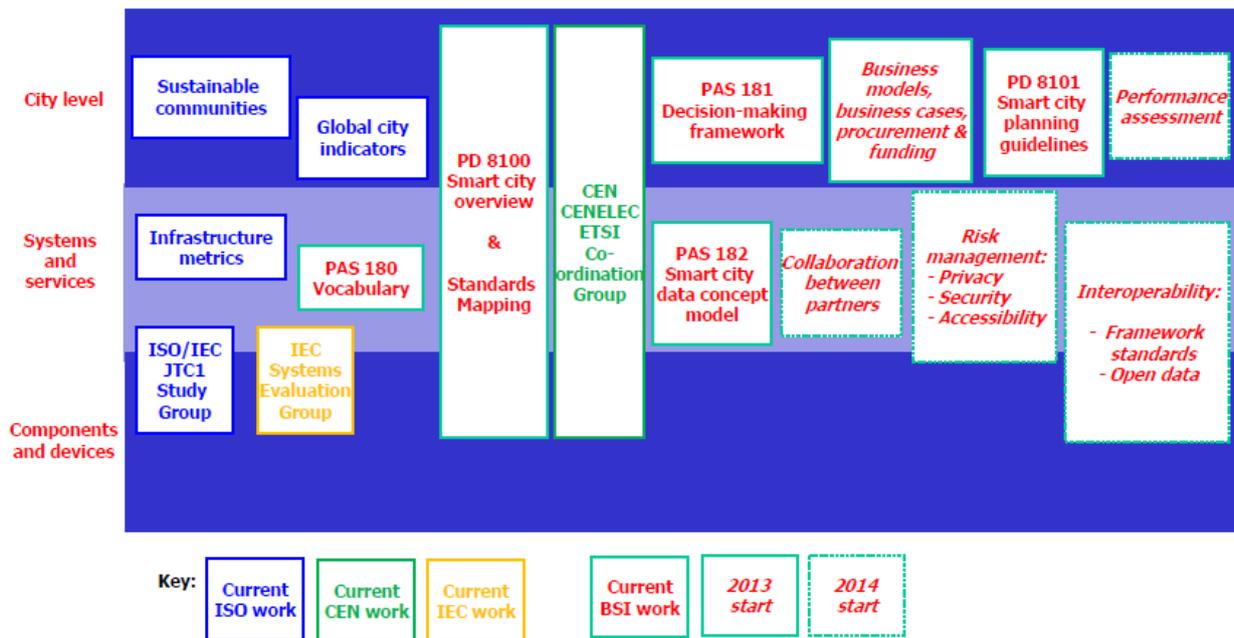


圖 7、英國商業、創新暨技能部對於智慧都市工作目前與未來之相關計畫

### (三) 能源效率改善之資金運作

根據國際能源署(International Energy Agency, IEA) 2012 年估計，若在提高能源效率上投資 11.8 兆美元，至 2035 年可獲得 18 兆美元效益，有助於改善全球經濟。此外，根據紐約帝國大廈 2012 年計算，投資使建築節省能耗 38%的回收期為 3.1 年，證明能源效率投資確實可以減少能源消費支出，通常具有自償性效益。

因為節能項目實施需要大量且長期資金的投入，因此透過第三方融資，也就是擁有金融能力與節能技術供應商與能源用戶簽訂節能合約，通過改善能源效率而節省的能源來獲得經濟效益。雖然能源效率融資仍存在部分問題，包含：項目規模小、交易成本高、預測節能程度與實際

節能程度不同、節能測量與驗證信任度不足、缺乏標準化、貸款未償還風險以及一般觀念都認為能源效率改善費用須由公款支付。

而為降低先期成本，並協助住宅以及商用建築使用者達到最大的節能效果，目前已有許多創新性的能源效率融資方案，如帳單分期攤還計畫(On Bill Financing)與資產評估潔淨能源計畫(Property Assessed Clean Energy, PACE)。帳單分期攤還計畫為能源使用者投入能源效率改善，費用從日後能源費減少的金額進行償還，且應符合黃金定律(Golden Rule)，即表示改善計畫具有自償性。

資產評估潔淨能源計畫是資產所有權人透過特殊的自願性財產稅方式，把貸款資金投注於節能計畫上。其運作方式可參考圖 8，由地方政府規劃一個地區進行改造，發行此地區內不動產做為擔保的債券，而債券收益用來挹注再生能源與能源效益計畫。資產所有人在其財產稅帳單中，以固定的費用來償還債券上的本息。



圖 8、資產評估潔淨能源計畫關聯圖



圖 9、座談會英國專家演講

(A.英國低碳政策主講人 Rob Pannell；B. Alan Kell OBE 介紹英國支持實現智慧城市之能力；C. Steve Fawkes 解說能源效率之融資政策；D.團員聆聽情況)

## 二、考察沃金 (Woking) 市低碳建構成果及 Thamesway Sustainable Communities 能源服務公司營運

沃金市為國際知名的低碳城市，致力於綠色能源發展及溫室氣體減量，成效卓著，並由由沃金市議會(Woking Borough Council)投資成立 Thamesway Thamesway 公司，改造營運能源供應系統及低碳建構措施。考察目的是為了了解沃金市因應全球氣候變遷的成功經驗，包含政府設立低碳節能的財務獨立自主機制，以及 Thamesway 能源服務公司之成立與運作。

考察行程先由沃金市議會 John Kingsbury 議長、Thameswey 集團 John Thorp 執行長及 ECSC (Energy Centre for Sustainable Communities，為隸屬 Thameswey 集團之能源和環境服務公司)政策及策略部 Sean Rendall 部長等人，於市政府介紹沃金低碳城市建設與 Thameswey 公司成立歷程與營運情形。



圖 10、拜會沃金市議會與 Thameswey 公司

(A. Thameswey 集團 John Thorp 執行長(右)介紹 Thameswey 之成立與運作；B.沃金市議會 John Kingsbury 議長(左)贈送市徽；C. Thameswey 能源公司 Sean Rendall 部長(左)回答問題)

1990 年代初期，沃金市政府開始推動永續能源計畫，運用中央政府提供部分資金改善政府建築的能源效率，建立英國第一個汽電共生供暖系統，之後把節省能資源費用再投入節能設施改造及投資，並將節能效益成立能源改善循環性基金，使減碳工作有長期而穩定資金來源。成立的獨立基金，讓沃金市政府不受每年年度預算的限制，可以規劃五年，甚至更長

期的提升能源效率計畫，更有效率、更靈活運用資金推展能源改造及效能提升工作，甚至於投資於其他能源改善事項，得到更佳獲益。

1999 年沃金市議會(Woking Borough Council)通過市政府 100%投資成立以提供能源與環境服務為目的之 Thameswey 集團，其透過跨組織(Thameswey 集團與沃金市間)彼此互相合作與簽署協議，順利協助該議會達成氣候變遷策略、社區與住家改善策略等市政府設定之預期目標。

Thameswey 集團是由數個獨資公司、合資公司與許多子公司所組成。自 1999 年成立至今，該集團經歷許多風風雨雨，從併購到重新整頓，甚至為因應需求而提升各旗下公司服務項目多元性，以提供能源、環境以及住宅議題相關等如此多樣化的服務。在能源相關業務上，該集團更提供垂直性整合服務，從設計、諮詢到實務操作、維護、後端顧客服務、計量與打廣告等。而其合資企業部分所提供的服務包含太陽能產品、土地與房地產發展等，其中 Thameswey Housing，係為該集團旗下的子公司，又可稱為可負擔住宅公司(affordable housing company)，更以提供將近 250 間房子給仲介(intermediate)、暫時過渡期使用(transitional sectors)以及市場租賃業者(market rental sectors)等聞名。

整個 Thameswey 集團之組織架構圖如圖 11 所示，大致分為五大領域，分別為建造與發展永續住宅(Sustainable House Building and Development)、技術諮詢與支援服務(Consultancy and Support Service)、低碳能源(Low Carbon Energy)、維運與工程服務(Maintenance and Engineering Service)、可負擔住宅(Affordable Housing)。其各別子公司介紹如下：

#### 1. Thameswey Sustainable Communities Ltd.

Thameswey 永續社區有限公司針對所有 Thameswey 集團旗下公司提供顧客服務與行政業務工作，同時也針對永續能源、能源效率以及能源技術服務發展(ESCO Development)領域之公私部門提供相關技術、策略以及計畫管理服務。

#### 2. Thameswey Maintenance Services Ltd.

Thameswey 維運服務有限公司針對 Thameswey 集團旗下核心的能源資產與輔助儀器設備提供操作與維運服務，同時提供第三方組織約僱專業技術人員。

#### 3. Thameswey Energy Ltd.

Thameswey 能源有限公司主要是 Thameswey 集團為了在沃金市中心建造與營運期能源供應站所成立的子公司。

4. Thameswey Central Milton Keynes Ltd.

Thameswey Central Milton Keynes 有限公司係成立以建造並營運汽電共生站，以提供 Milton Keynes 中央經濟特區所需的區域熱能與獨立電網。

5. Thameswey Solar Ltd.

Thameswey Solar 有限公司與 Total Gas and Power 公司合資於全沃金市中設置並營運太陽能板，包含該市議會所屬住宅、社區住宅以及第三方組織所屬之建築物。

6. Thameswey Housing Ltd

Thameswey 住宅有限公司提供沃金市民可負擔住宅相關服務。

7. Thameswey Guest Houses Ltd.

Thameswey 客房有限公司於 2013 年成立，成立宗旨為提供沃金市的遊客一個溫暖可居的客房，包含簡單的床與早餐服務。

8. Thameswey Developments Ltd.

Thameswey 發展有限公司同時規劃商業與住宅相關計畫，以利進一步拓展沃金市議會的發展。

9. Rutland (Woking) Ltd.

Rutland 有限公司為 Thameswey 發展有限公司與 Rutland 資產有限公司的合資企業。

10. Rutland Woking (Carthouse Land) Let.

Rutland 沃金有限公司成立係為協助在沃金市 Carthoude Lane，進行地方發展而成立。

由於當時設立 Thameswey 集團的資金是由英國國庫署 (National government treasury) 提供貸款，而貸款期間為 60 年，其運作方式為英國國庫署以 3% 利率提供予沃金市政府，之後沃金市政府再以 6% 的利率貸予 Thameswey 公司，而公司內部每年的投資報酬率為 8%。由於該公司並不以營利為目的，係透過能源管理計畫以及與技術人員合作，了解如何達成政策目標並改善沃金市的能源使用，其中以 Thameswey 公司的永續能源系統、交通和都市規劃為沃金市的低碳策略重點。而該集團所得之所有營收

將全數運用於沃金市內提升能源效率與永續發展相關投資上。另外，Thameswey 集團也在沃金設置示範屋，展示老舊住宅如何裝修方式達成節能，同時也對器材安裝商進行培訓，確保安裝商能正確裝設節能設備。

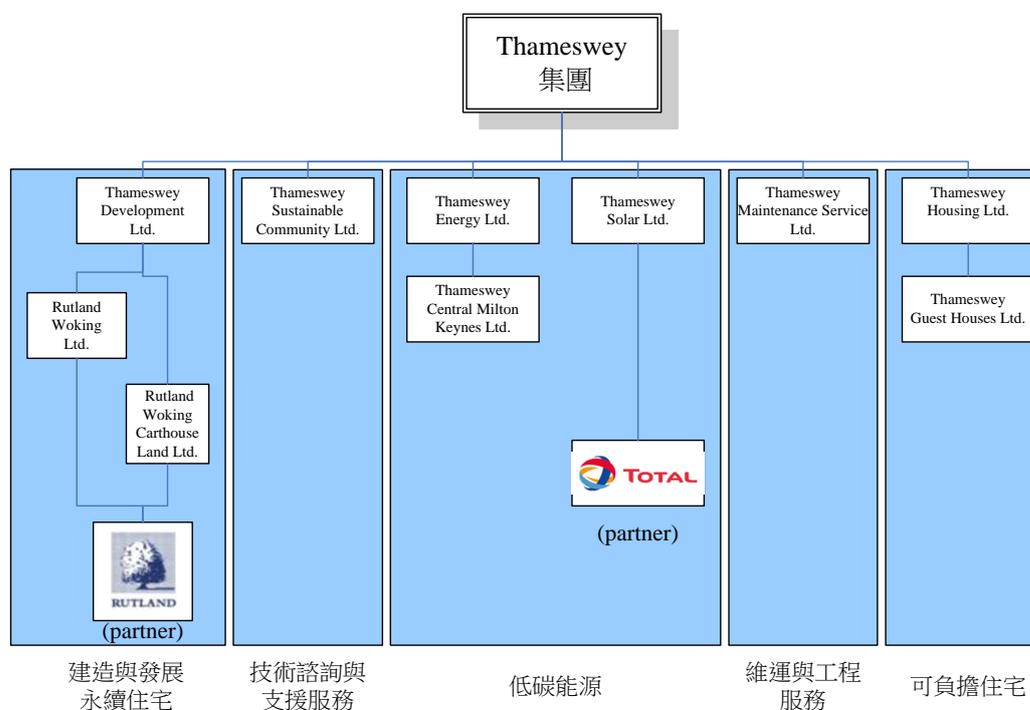


圖 11、Thameswey 集團組織架構圖

沃金市的減碳目標與國家相同，在 2020 年排放量以 1990 年基準年減排至少 34%；2050 年減排至 80%。目前之碳排放量與 1990 年相比已減少 26%，顯示推動相關工作成效顯著。Thameswey 公司表示沃金市對於城市碳排放係根據英國國家統計署(Office for National Statistics)的資料為計算基準，再計算採行各項能源改善及低碳措施減少碳排放量，不另耗費龐大費用進行城市碳盤查；雖然此方式計算出的減碳成果較不準確，然而沃金市政府認為城市碳盤查需要投入經費太多，這些資金如果用在實質減碳措施作為上，將更有意義及成效。

沃金市有諸多減碳建設，步出沃金市火車站就可見到車站與周邊商場的開放型遮陽屋頂鋪設太陽能板(圖 12)，這些太陽能板最大的發電量約為 55,000 kWh/年，電力提供車站與附近商店使用。位於市議會附近的 Living Planet Centre，為世界野生動物基金會(World Wild Fund, WWF)的自然環境

體驗互動中心(圖 13)，此建築在英國永續建築評估系統 (Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology, BREEAM)中達到傑出的等級。該建築的拱形屋頂由太陽能板鋪設、利用大片玻璃大量採用自然光、採用自然通風設計、雨水回收及地下熱交換系統，減少建築能源資源使用。

Living Planet Centre 對面為 The Lightbox 藝術中心(圖 14)，裡頭展示著一幅沃金市之互動式壁畫(圖 15)，稱作 Carbon Challenge，此作品展示沃金市區所有節能措施及其減碳量，讓市民了解政府與市民對減碳可做出的貢獻。英國的人平均二氧化碳排放量為每年 11 公噸，壁畫中藉由點選不同的活動，了解不同生活型態下每人每年的二氧化碳排放量，從 1 公噸到最高 11 公噸。位於市中心的汽電共生系統(Combined heat and power, CHP)是由天然氣驅動(1,300 kW 發電、1,600 kW 加熱、1,200 kW 吸附式冷卻器)，提供市議會、停車塔、周邊旅館(Holiday Inn)使用(圖 16)。



圖 12、沃金火車站外之太陽能板屋頂



圖 13、世界野生動物基金會(WWF)Living Planet Centre



圖 14、The Lightbox 藝術中心

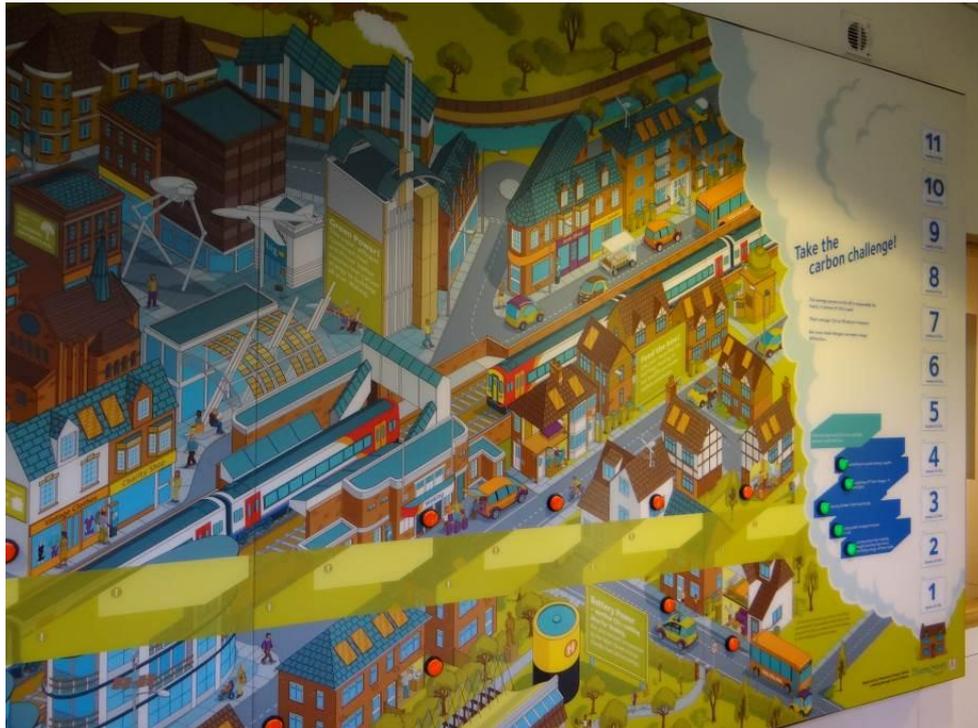


圖 15、Carbon Challenge 壁畫

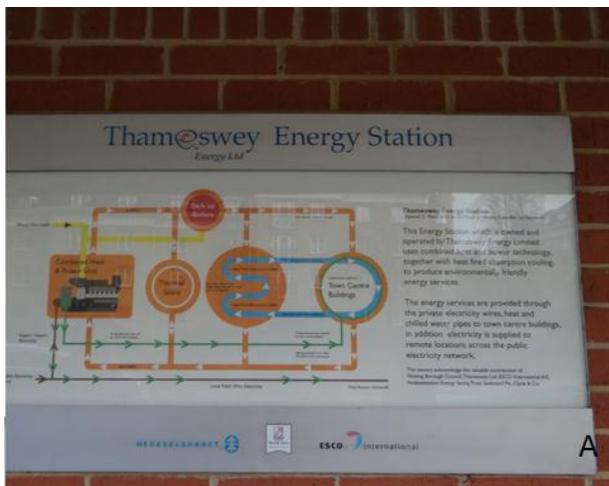


圖 16、沃金市汽電共生系統

(A.系統解說圖；B.汽電共生系統外觀)

### 三、臺英低碳城市建構經驗交流

為強化未來雙方綠色經濟之合作，英國投資貿易署主動安排雙方交流座談，邀請英方學界、業界之低碳能源服務專家、低碳城市規劃顧問與考

察團員面對面會談，以增進雙方在低碳城市執行經驗上之交流，同時也讓英國相關產、學代表了解臺灣潛在的低碳商機。

交流當中所有團員皆與英方出席代表深入交換工作經驗及提出各種工作之觀點及意見，從英國實際執行低碳城市經驗中了解，中央政府必須先有一個低碳成長的政策框架，用來鼓勵、引導地方及私人部門投入資源及人才，此低碳政策框架除了制定減碳目標外，也必須考量經濟與社會層面因素。

然而，所有減碳工作只有由上而下推行仍不足夠，還需要由下而上提出合作架構及建議，以反映地方的發展願景，不只是中央的政策目標及觀點。因為地方才是主要的能源使用者，也必須承受氣候變遷的結果，且地方能夠提供創新的政策、技術發展，並且證明溫室氣體減量計畫是經濟、技術皆可行的。因此，中央須將部分權力轉移至地方或是個體，以減少行政上的阻礙，促進低碳經濟發展。政府之間的合作也很重要，低碳發展工作是涵蓋各個部門的，各部門良好溝通才能使低碳政策更全面、也更順利的推行。交流會照片如圖 17、18 所示。



圖 17、臺英低碳城市建構經驗交流與會成員合影



圖 18、臺英雙方代表互贈紀念品

(英國投資貿易署 Sue Mortimer 處長(左)贈送能源效率融資規劃專家 Steve Fawkes(中)著作)

#### 四、參觀生態建築展(Ecobuild Exhibition)

生態建築展(Ecobuild Exhibition)創始於倫敦，至今年為止已舉辦十年，於英國、中國、印度等地皆有展會，從剛開始只是數百人的綠色建造研討會，到今年本次展覽已開放給超過 45,000 家永續建築產品與供應商或相關單位參展。位於倫敦之生態建築展為全球最盛大之低碳永續建築設計、建造與環境展覽，不僅發表最新之節能環保與生態建築趨勢，也是全球綠色建築的指標性展覽。本次展覽關注的議題主要有三大面向，分別是永續設計與建築、綠色能源以及未來城市，除了展覽攤位，現場也有不同主題小型座談會、研討會，團員將可與來自世界各地業界專家、先驅者一同討論最適合的永續方案。



圖 19、生態建築展會場

(A.會場入口；B.臺灣太陽能板廠商；C.小型研討會現場)

根據經濟合作發展組織(Organization for Economic Co-operation and Development,OECD)估計，到了 2030 年全世界將會花費 40 兆美金從事建築、交通及公共基礎建設上，英國政府為了幫助永續建築相關產品與服務業者快速開拓市場，特別籌辦此國際性展覽，建築領域相關之企業或買家可透過此場合交流，探討最新永續建築產品發產與技術應用。今年共有 121 個國家參展，參展單位眾多包含提供智慧都市、綠色基礎建設、永續設計建造、碳權取得及規劃等相關服務之政府機關、機構與廠商，如社區與地方政府部(Department for Communities and Local Government, DCLG)、AECOM(全世界最大顧問公司)、Barton Willmore(英國最大設計、規劃、顧問公司)、英國皇家建築師學會(Royal Institute of British Architects, RIBA)、奧雅納(Arup)、ZEDfactory、莫特(Mott MacDonald)及碳信託公司(Carbon Trust)等，以及永續建築、節能設施與生質能、風能、光電等綠色能源製造及系統整合相關廠商，主要產品如各種高效率照明、太陽能系統、地板建

材、省水器材、隔熱建材、空間綠化等產品供應商。此外，也有協助未來低碳城市交通系統建構之機關，如英國環境部(UK Enviromental Agency, UKEA)、希斯洛機場、Network Rail 等。

參觀行程由英國投資貿易署先安排參訪英國綠建築協會(UK Green Building Council)、英國建築研究院(Building Research Establishment, BRE)、Smart Architectural Aluminium Limited、ZEDfactory 等四個單位：

(一) 英國綠建築協會(UK Green Building Council)

依全球統計資料，建築消耗了 40-45%的自然資源、20%的水資源及 30-40%的能源，並且排放約 1/3 的二氧化碳，因此降低建築物能源及資源耗用，為有效降低二氧化碳排放量重要作為之一。

英國綠建築協會(UK Green Building Council)於 2007 年成立，成立宗旨在於協助政府及民間推動、改善、提昇英國建築永續程度，包含建築物的規劃、設計、建造、使用和維護等階段永續概念融入及施作。

英國綠建築協會認為透過綠建築方式可減少環境衝擊，提升生活品質並帶來經濟利益，且永續建築概念不僅是考慮建築硬體結構，而是以更廣泛周全的生命週期(Life Cycle)觀點來思考建築與環境的永續性，協會主要工作包括致力於影響政府政策、協助政府達成永續目標、提供業界綠建築相關知識及技術、分享最佳可行措施、引領相關產業朝向綠建築邁進等，並藉由成立任務小組、舉辦活動、線上資源與全球網路等工具、平台推動相關事務。

由於英國綠建築協會非常鼓勵其成員加入 Pinpoint 交流論壇(<http://pinpoint.ukgbc.org/>)，因此該論壇已成為資源共享的一種成功平台，會員可以擷取利用相關資源，其中包括產業知識、技術發展趨勢、評等工具應用經驗、綠建築架構和標準等。此種公民參與及互動模式，與討論過程中的評論都會被加到 Pinpoint 平台討論串之中呈現，可了解事件發展過程及推動歷程，加以綜整各界專業知能及觀點，使工作更易貼近民眾、落實。



圖 20、參訪英國綠建築協會 Green Building Council

(A.工作人員解說情況；B.C.團員聆聽情況；D. 英國綠建築協會成員)

## (二) 英國建築研究院 (Building Research Establishment, BRE)

英國建築研究院 (Building Research Establishment, BRE) 是前英國政府成立 (現為私人組織)，初期係為調查適用於第一次世界大戰期間新的建築種建築材料和形式，專門從事建築及環境領域的研究、諮詢、培訓、測試和驗證工作，各方面在國際上均居領先地位，是一建築環境進行研究和教育的公益機構，也提供建築環境及相關領域永續發展和創新服務。英國政府委任 BRE 評估和認證各類創新的建築產品，該機構之證書受到全英國的建築管理主管機關，甚至於國際上認可，成為產品符合相關法規的證明檔，因此 BRE 也致力於各類建築、環境和消防安全領域的評估和研究。

英國建築研究院建立的綠建築評估系統 (Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology, BREEAM) 主要用於評估建築的環境成效，對建築物在各種環境問題下的能耗及永續性進行評估、評等 (合格、好、非常好、優秀、傑出)。該評估系統採取「因

地制宜、平衡效益」的核心理念，也使它成為全球唯一兼具「國際化」和「在地化」特色的綠色建築評估系統。目前全世界已有超過 27 萬棟建築完成了 BREEAM 認證，另還有超過 100 萬棟建築已申請此認證。BREEAM 之評等指標包含能源、管理、健康與舒適、水、材料、垃圾、土地利用、污染、生態等十個類別，每個類別評定分數再乘以環境因素的權重，以區別不同類別在整個環境影響中的不同重要性。

由於英國強制規定在 2016 年後所有新建住宅建築必須為零碳建築，但零碳建築目前尚未有明確定義與算法，因此英國將零碳建築定義簡化為不消耗化石燃料之建築，雖然定義簡單，對建築業卻是一項大挑戰。

BRE 在 Watford 建立了創新園區(Innovation Park)，公開提供場地徵求並鼓勵建築業者在此園區進行各種零碳建築實驗與示範展示，做為零碳建築之技術模型與典範。目前創新園區已在多個國家設立，包含中國、巴西、加拿大等，不同園區所展示的建築與零碳方式，會因為各地區的不同條件，而有在地化的創新與應用，提供不同環境需求之零碳建築物參考案例。



圖 21、參訪英國建築研究院之攤位

### (三) Smart Architectural Aluminium Limited

Smart Architectural Aluminium Limited 是一間超過 30 年的鋁製品公司，以創新、設計、技術及品質聞名，其產品包含門、窗、窗框。該公司產品以碳中和觀念製造並達成零碳為目標，因此在用電上承諾生產並

利用 100% 的再生能源，公司已制定相關環境政策，並藉由執行 ISO147001 環境管理系統達成。

該公司已將再生能源建置納入未來工廠擴建計畫中，主要為兩座風力發電系統，將以自行生產再生能源之方式達到碳中和，並且將把鋁合金產品的鑄造、加工、配送在同一個廠區完成，避免過程中增加碳排放，預計每年可減少 75 萬公噸碳足跡。

Smart Architectural Aluminium 也致力於研發高隔熱效果門窗，協助在老舊房屋裝修中汰換傳統塑鋼門窗。此外，公司所生產製品中有 30% 的原料是來自於回收鋁製成的鋁胚，而生產過程中所有廢棄的鋁皆 100% 亦回收再利用，未來所生產鋁製門窗均可回收再利用或使用。

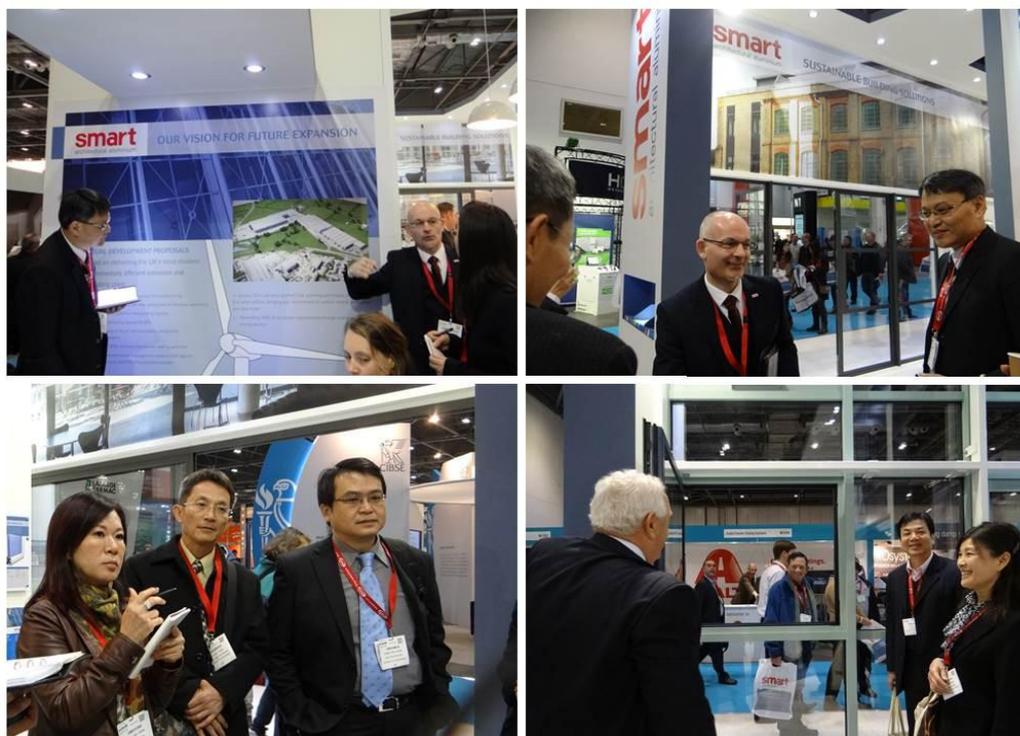


圖 22、參訪 Smart Architectural Aluminium 公司

#### (四) ZEDfactory

低碳環保的居住型態已成為潮流，ZEDfactory 的前身為 1998 年創立的 Bill Dunster Architects，公司業務主要為低碳的建設與發展，透過測試各種先進低碳技術經驗，ZEDfactory 目前擁有多項經得起各種環境

考驗、具長期經濟效益且可靠之低碳與零碳設計和技術，為英國提供零能源發展(Zero Energy Development, ZED)重要建築體系。ZED 關注的不僅是建築本身，也確保在生活聯繫的每個環節都為低能耗，所以 ZED 的設計是全方面的策劃和考慮。

ZEDfactory 在全球有許多零碳綜合性住宅/辦公室之案例，像是貝丁頓社區(BedZED)、希望之屋(Hope House)、客製化組合式零碳房屋與北安普頓聯排住宅/辦公室(Upton RuralZED)。貝丁頓社區於後續考察行程特別排定參訪現場；希望之屋為創立人 Bill 先生之住宅，是一棟 1995 年建在沼澤上的試驗性建築，經過一連串測試確認於 2007 年達到零排放，照片如圖 23 所示；客製化組合式零碳房屋是為不同需求提供解決方案，且可以快速組合搭建，成為英國足以供「世界級城市」規劃參考的高品質、快速且經濟之住宅解決方案，如圖 24 所示。北安普頓聯排住宅是英國第一個獲得永續住宅規則(Code for sustainable homes，英國永續住宅的國家標準)第六級(BRE code level 6)，也就是完全零碳建築的民用住宅，住宅主要特色為建造兩層樓高的陽光室，由整片立面落地窗組成，做為冷熱緩衝區，調節房屋溫度，如圖 25 所示。



圖 23、希望之屋 Hope House

(圖片出處：[www.zedfactory.com/](http://www.zedfactory.com/))

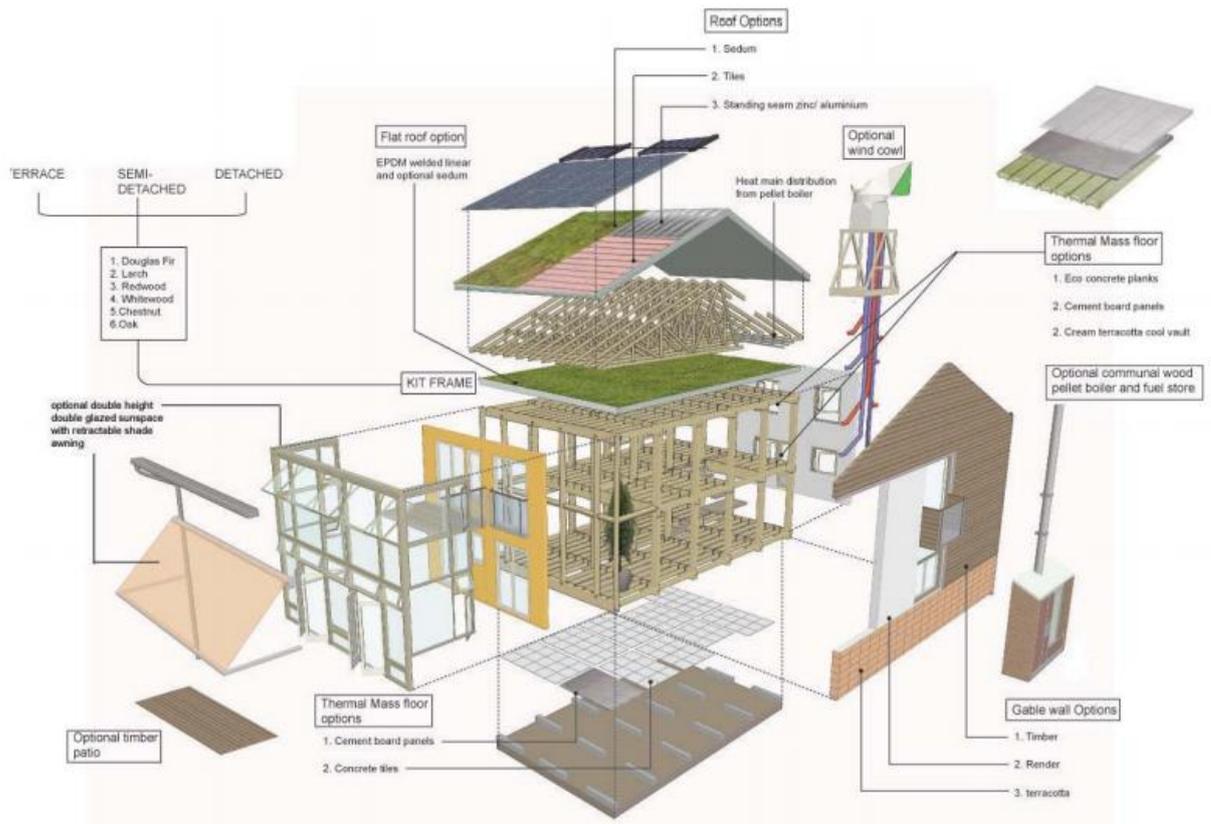


圖 24、客製化組合式零碳房屋

(圖片出處：[www.zedfactory.com/](http://www.zedfactory.com/))



圖 25、北安普頓聯排住宅 Upton RuralZED

(圖片出處：[www.zedfactory.com/](http://www.zedfactory.com/))

ZEDfactory 也在商業、休閒場所的零碳建築上提供許多案例，包括英國倫敦 Jubilee 碼頭的社區活動中心、中國上海世博零碳展示旅館、英國薩里郡(Surry) 的 Earth Centre 遊客中心等，利用高隔熱效果、高氣密性設計，減少建築能耗、太陽能屋頂、被動式散熱、自然通風及採光等方式達成零碳建築。目前 ZEDfactory 在中國銅山及大連、韓國南揚州市也有不同類型的零碳建築營造，將零碳建築帶進各個城市。



圖 26、參訪 ZEDfactory 之攤位

參觀主要四個參展單位後開放團員自由參觀展覽，團員們針對低碳、環保、綠色、節能等技術，與參展廠商互相交流，並在會場研討會中聆聽新理念的進展與相關技術的變革，對提升建築永續性的工作有更多啟發。

## 五、拜會臺北駐英國代表

結束 EcoBuild 參訪後，接續於傍晚拜會臺北駐英國代表沈呂巡博士，說明本次英國考察行程及目的，交換與英國政府與民間公司互動之經驗及節能減碳觀點。沈博士另以歷史觀點解析英國政府於推動國際事務之策略，並提醒英國政府重視臺灣商務之作為，期勉學習英國務實專業工作態度，並應信守雙方合作之承諾。

此外，沈代表指出，臺灣在相關政策規劃能力及執行成果並不比歐美等國家落後，未來可以結合臺灣的相關產業技術能力，向國外持續宣傳行銷，並相互交流，帶動國內新一波經濟發展動能。

沈代表說明英國非常重視與臺灣的外交，雖然雙方沒有邦交關係，但臺灣可採「駐英國臺北代表處」名義設置大使館級之代表處，且在英國縮編各國駐外單位規模國家政策下，只有擴大英國臺北代表處編制，顯見重是雙方關係。因此，臺灣應把握臺英雙方既有之基礎，加強雙邊合作關係，擴大臺英在環保領域上之交流。

## 六、拜訪能源與氣候變遷部(Department of Energy & Climate Change, DECC)

能源與氣候變遷部(Department of Energy & Climate Change, DECC)於 2008 年十月成立，將能源政策(業務原為 Department for Business, Innovation & Skills, BIS)與氣候變遷政策(業務原為 Department for Environment, Food and Rural Affairs, DEFRA)整合由同一專責部門管理，推動英國政府和全球的能源供應是安全、乾淨且人民負擔得起的政策。由於能源與氣候變遷部主要面對與處理的兩大風險，分別是供應安全的能源與面對氣候變遷造成大災難的調適，英國於綠色新政(Green New Deal)將減碳工作積極規劃轉型發展低碳經濟，這些工作也是臺灣推動低碳永續家園，發展具競爭力之低碳經濟重要課題，因此英國在國家氣候變遷政策可提供臺灣借鏡參考。

參訪由能源與氣候變遷部國際參與部門 Amy Jenkins 處長及 Michael Hilton 專員接見，並由處長簡報英國氣候變遷目標與減碳政策，後續並回答問題與交流。

面對能源穩定供給的挑戰與人為氣候變遷問題日趨嚴重，英國政府於 2008 年通過的「氣候變遷法案」(Climate Change Act 2008)，除為是跨政黨共同通過的法案外，並明訂各階段減碳目標。此法案之三大主軸如下：

- (一) 英國在 2020 年必須在 1990 年的基礎上，將二氧化碳減排至少 34%；2050 年減排至 80%。能源與氣候變遷部預估，以目前的經濟發展情況下，英國仍可依進度達成 2020 年減碳 34% 目標；然而若要在 2050 年達到減碳 80% 目標，則必須採取核電 330 億瓦、再生能源 450 億瓦和化石燃料 280 億瓦的能源組合，化石燃料電廠也得配備碳捕存技術 (Carbon Capture and Storage, CCS)。
- (二) 編列具法律約束力的 4 期 5 年碳預算(以 5 年為一期，從 2008 年持續規劃至 2050 年)，將朝 2050 年減碳 80% 的目標前進，根據英國內部研究報告，越早採取面對氣候變遷行動越具經濟效益。
- (三) 成立氣候變遷委員會(Committee on Climate Change, CCC) 推動各項工作，委員會成員包含專家與公部門代表，以確保各該部門之政策、預算與行動的有效性，負責規劃英國整體氣候策略並提出相關建議及報告，提供相關部會參考。氣候變遷委員會必須向政府提出關於碳預算的建議，和是否該提升 2050 年的減碳目標及評估英國氣候變遷相關風險，並與氣候變遷之利益關係者分享資訊，將其意見納入分析。

Four carbon budgets have been set to date, covering 2008 to 2027

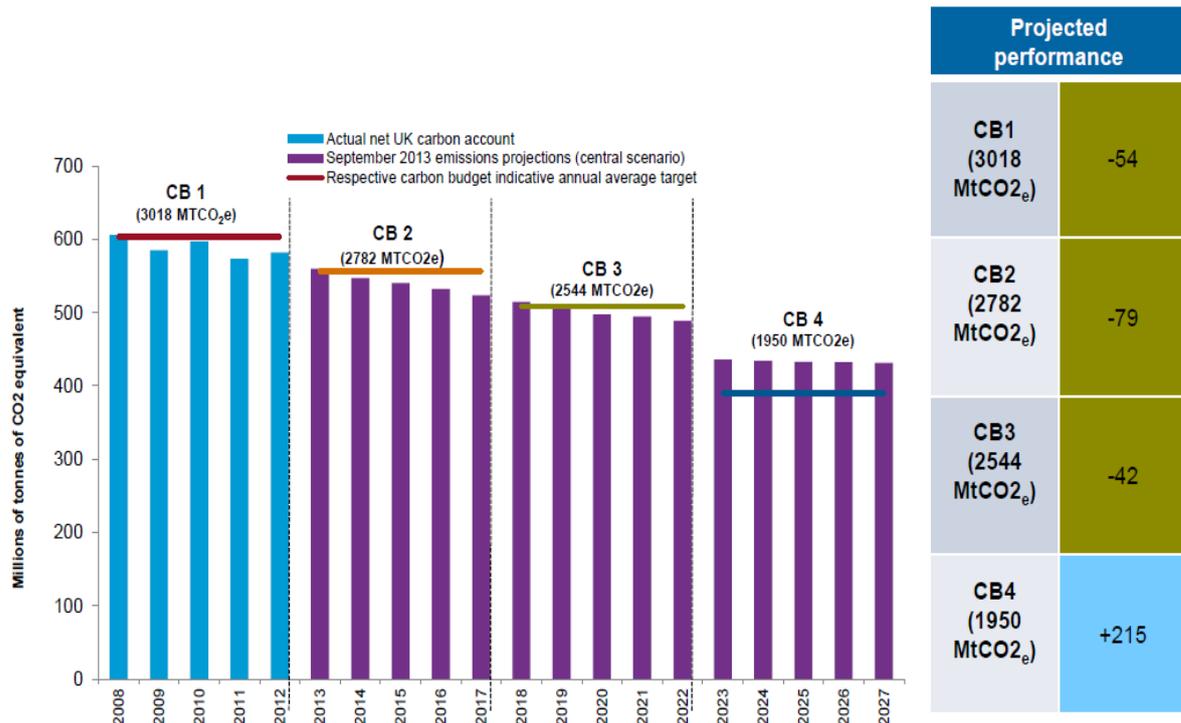


圖 27、英國之碳預算與減量目標

(圖片出處：DECC 簡報- UK climate change objectives and low carbon policies)

依英國 2013 年 9 月發表報告(圖 27)，政府應依氣候變遷法案減碳目標，自 2008 年開始編列執行第依其 5 年碳預算，此圖顯示按照此預算之編列，到 2022 年之前(前三期) 的減碳目標皆可以達成，2023 年(第四期 5 年碳預算)開始則出縣減量缺口。因此，英國藉由碳預算讓 2020 年及 2050 年的國家減碳目標明確可行，並以 5 年為一期的方式可滾動檢討減碳目標，且行政部門每年需向國會報告最新進展，為英國低碳經濟提供清楚、可信的長期框架。

此外，英國政府於 2011 年 12 月發表碳計畫(Carbon Plan)，提出未來各部門預估減碳分配亮，以供碳預算之制定參考。英國預測在各碳排放部門皆參與減碳情境下的碳排放減量趨勢(圖 28)，建築部門的減碳措施包含提升能源效率與低碳供暖系統；交通部門包含提升運輸路線效率與超低碳排放車輛(Ultra-Low Emission Vehicle, ULEV)；工業部門包含提升工業生產

效率與工業部門碳捕存技術；電力部門則包含電力市場改革、碳捕存技術的商業化和核能發電。同時，在 2008 年到 2017 年第一期與第二期碳預算 10 年期間為低碳技術的完備與準備期，2018 年到 2027 年第三期與第四期 10 年期間碳預算則將大量應用上述低碳技術。

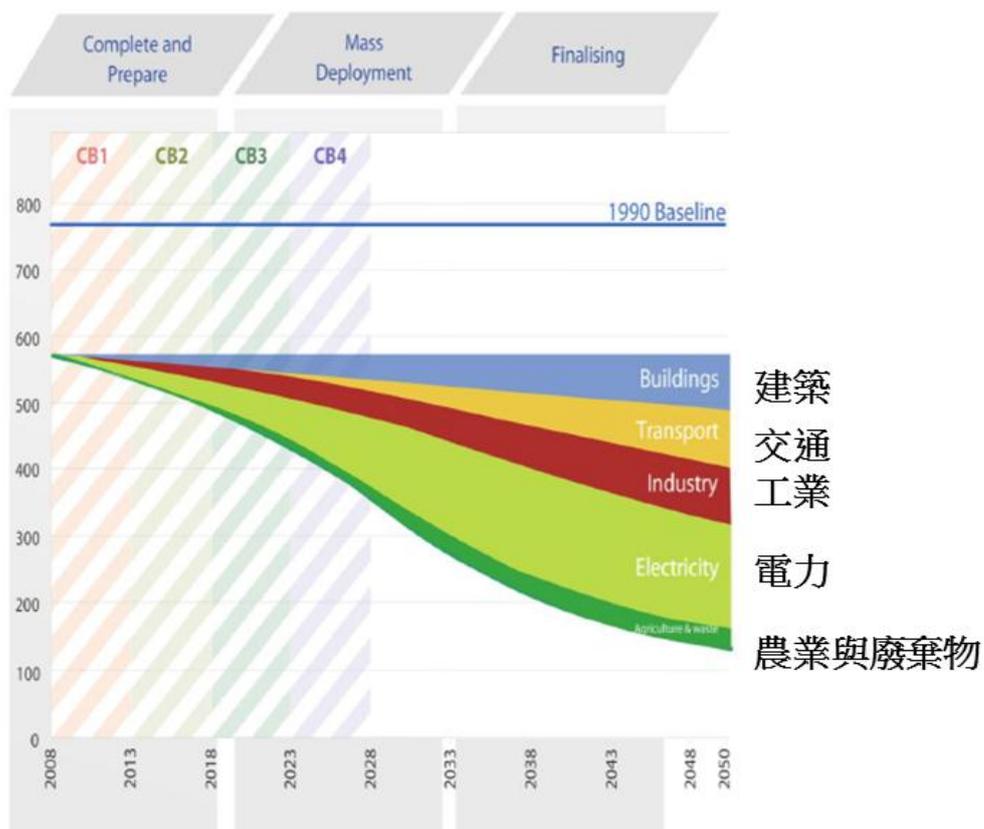


圖 28、2011 碳計畫提出之各部門減碳情形

(圖片出處：DECC 簡報- UK climate change objectives and low carbon policies)

英國再生能源的使用已占總能源的 10.4%，在電力生產上，目前有超過四分之一的電力由再生能源生產。在英國的再生能源發電上，蘇格蘭地區占了英國總再生能源發電中的 40%，英格蘭地區為 48%。英國水力、掩埋場沼氣、風力(陸地及離岸)與其他生質能源等再生能源發電量有逐年提升趨勢，圖中風力發電比例近年有顯著增加，又以離岸風力(Offshore Wind)發電為英國極具潛力的再生能源，正快速發展中。(圖 29)

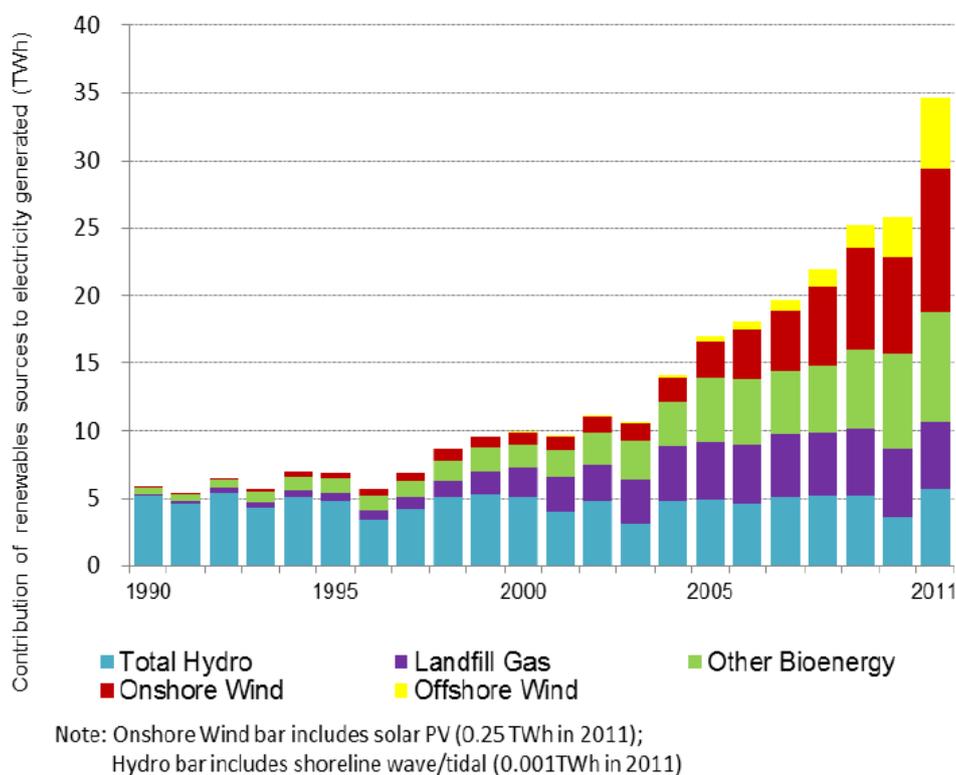


圖 29、英國再生能源發電

(圖片出處：DECC 簡報- UK climate change objectives and low carbon policies)

能源與氣候變遷部於 2012 年公布能源改革草案主要以電力市場為改造對象，係基於下列三項原因：(圖 30)

(一) 再生能源發電比例

因應氣候變遷需要低碳電力，英國已承諾在 2020 年前達成 15% 能源消費來自再生能源，並且在 2050 年達成 80% 的減碳目標。為達到這些目標，電力部門需要在 2030 年前有更積極減碳行動，否則該部門的碳密集度將比預期目標高 3 倍。

(二) 安全穩定的電力供應系統

以現行政策來說，未來間歇性能源和不具彈性的能源比例將大幅提升，例如再生能源與核電，這些能源將恐怕無法在任何時間點都維持穩定供應電力。

(三) 電價可負擔程度

目前的零售電價隨著各種能源價格逐漸上漲，加上未來高碳稅以及其他能源措施，預估電費負擔將增加。

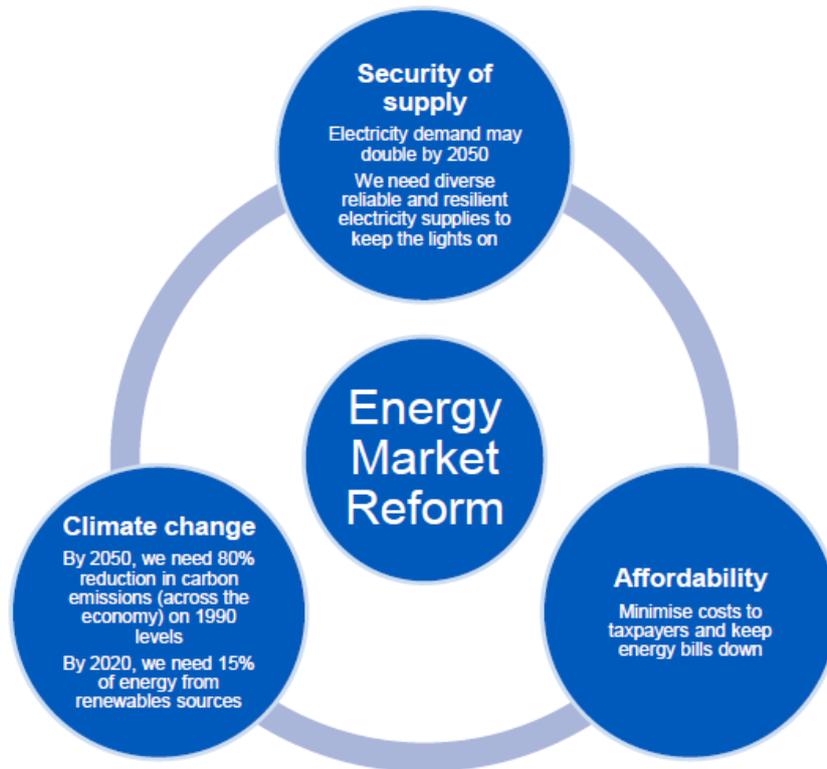


圖 30、英國電力市場改革之三大挑戰

(圖片出處：DECC 簡報- UK climate change objectives and low carbon policies)

針對以上挑戰，能源與氣候變遷部提出四項因應措施：

(一) 建立新的收購電價制度

收購制度較能提供發電業者更穩定、更長期並且可預期收益的低碳能源投資環境，因此能更有效的降低投資風險，刺激再生能源或低碳電力的投資與發展。目前的收購制度主要為固定價格收購制(Fixed Feed-in Tariff)，意指電力供應商(或政府)與電力生產商以固定的收購電價格簽訂長期的合約，然而在英國的自由電力市場上，電力供應商對電力生產商購買的電價是浮動的，此電價在實際電力供應前的一小時雙方才決定出來，因此固定價格收購制在這種自由市場裡便轉變成為由政府補足差額到固定的電價，此制度稱為浮動價格收購合約制(Feed-in Tariff with

Contract for Difference, FIT-CfD)，使得再生能源發電有利商業化推廣發展。當供電商所賣的電價(圖 31)低於各項再生能源之目標價格(Strike Price，圖 32) 時，政府便補足此部分差額；而當供電商所賣的電價高於目標價格時，此部分的收入便要繳回給政府。

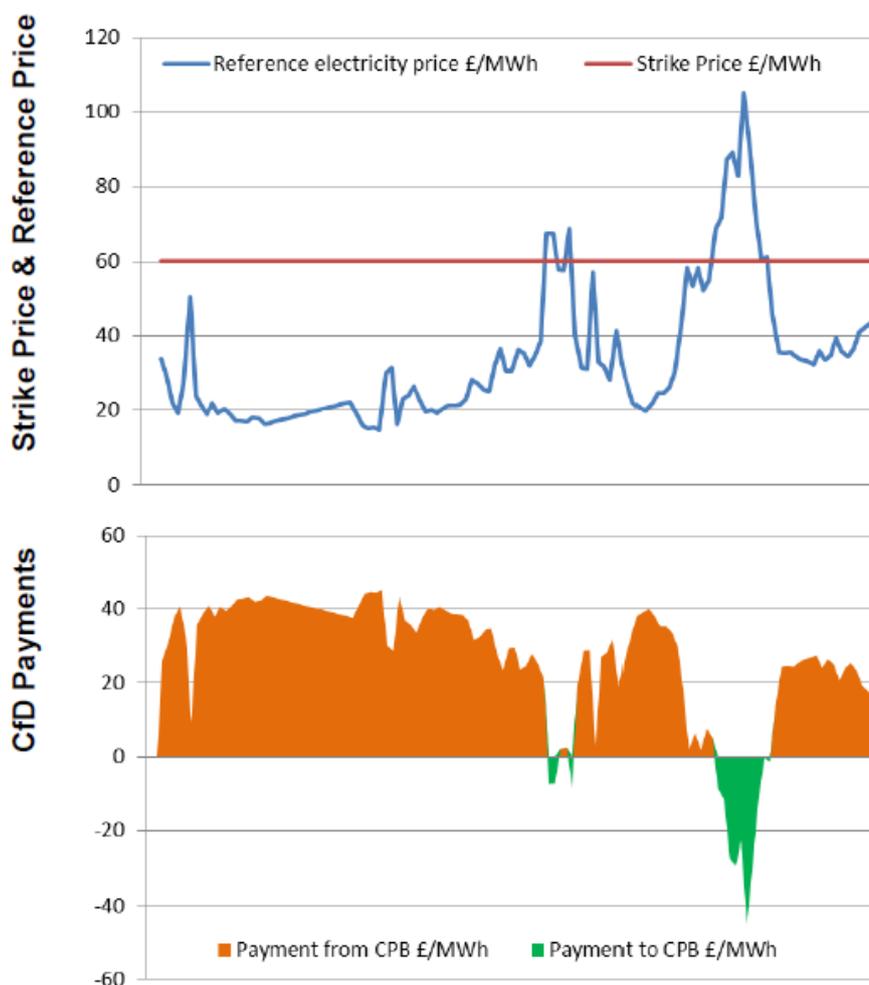


圖 31、浮動價格收購合約制(CfD)計價示意圖

(圖片出處：DECC 簡報- UK climate change objectives and low carbon policies)

## (二) 建立備用發電容量機制

確保充足且穩定的電力來源是當前英國面臨最大的問題，因此英國以策略型備用機制(Strategic Reserve)及備用容量市場機制(Capacity Market)，減緩未來供電吃緊的問題。策略型備用機制為，當預期未來數

年內將發生電力供應短缺時，中央單位將規劃目標備用容量，並負責購買不同類型的容量達到此目標值，但這些容量不屬於一般市場運作中的一部分，且包含非發電技術或措施。當電力供應吃緊造成電價飆升到調度價格(Dispatch Price)時，中央單位可以此價格販售電力。此調度價格會高於正常市場最高的電力邊際成本，且低於電力短缺時所造成的損失(Value of Lost Load)。此機制預期能在電力短缺時有效確保安全供應，然而會對原有的電力生產商造成損失，因為相較於原本的機制，這些廠商所販售的電力在自由市場裡高於調度價格的機率低，壓縮原本可獲利的空間。備用容量市場機制同樣是政府單位估計備用目標容量以及不同類型技術的目標備用容量值，經過競標程序後，電力供應商會與願意進入容量市場的電力生產廠商簽約，並制定一個目標價格(Strike Price)。生產商收益在簽約的期程裡，供應商須付給生產廠固定價格的費用，而這些備用容量所產生的電力也可同時以市場價格販售，當電力供應吃緊而電力價格飆升超過目標價格時，生產商須將超過此電力價格的收益繳付給供應商，可以看成生產商在此容量市場裡的售電價是有上限限制。在此機制下，電力生產商進入容量市場後，即使無法穩定提供電力也能由供應商固定的給付費用，但在電力吃緊下無法履約時必須賠償。

### (三) 建立新設電廠的二氧化碳排放標準

此標準將導致未整合碳捕存(Carbon Capture and Storage, CCS)技術的化石燃料電廠無法興建。此外，英國也透過成立綠色投資銀行(UK Green Investment Bank, GIB)加速轉型至綠色經濟，針對高風險或是市場成本回收期長之相關低碳企劃案進行經費補助(約 38 億英鎊)，同時也進一步制定二氧化碳排放價格，此價格將比歐盟現行交易價格高出許多，提供穩定並可預期的碳價格以刺激對低碳電力的投資。

### (四) 設定碳價格的下限

此價格下限將比歐盟現行交易制度的價格高出許多，提供穩定並可預期的碳價格以刺激對低碳電力的投資。

以上四項因應措施中，就確保低碳電力生產來說，收購電價為主要措施，設定碳價格下限及新設電廠碳排放限制為輔助措施，以確保一個穩定且長期的低碳電力投資環境；就安全供應而言，備用容量機制為主要措施。

Renewables (Delivery Plan 14/15-18/19, 2012 prices)	2014/15	2015/16	2016/17	2017/18	2018/19
Onshore Wind	95	95	95	90	90
Offshore Wind	155	155	150	140	140
Tidal Stream	305	305	305	305	305
Wave	305	305	305	305	305
Biomass Conversion	105	105	105	105	105

圖 32、各種再生能源發電之目標價格

(圖片出處：DECC 簡報- UK climate change objectives and low carbon policies)

關於圖 32 各種再生能源發電目標價格制定方式，是為符合政府之再生能源使用與減碳目標而制定，所有價格皆是在清楚了解各種能源技術與能源生產模式及成本後，才制定出具有競爭力之價格。其中在離岸與岸上風力發電上，因預測此類發電技術會越來越成熟，因此價格隨著時間降低；潮汐與波浪發電在技術上尚有許多問題要克服，因此在未來幾年目標價格不會變化；而生質能源轉換技術則屬於成熟穩定技術，因此價格也沒有變動。

英國在低碳能源發展上也致力於發展碳捕存技術與核能發電應用，在碳捕存技術上投資 10 億英鎊以提升碳捕存技術之競爭力，其中 1.25 億英鎊用在研究與發展，並承諾將知識公開分享；在核能發電上，在安全無虞之前提下，英國視核電為低碳發電的選項之一，目前約 19% 的電力來自核能發電，有八座核電廠正在運轉，但有些核電廠因老舊即將除役。也因為核電為英國邁向低碳社會的重要關鍵，在保障能源穩定供應與減碳的雙重考量下，英國仍規劃興建新核電廠；另外也將由私人部門規劃興建新核電廠，且政府將不予以任何補助。

根據 2009 英國溫室氣體排放結構，若將發電排放量分攤至使用端，建築類別為英國溫室氣體排放最多者(占比為 38%)，其次為交通運輸類別

(占比為 24%)、工業類別(占比為 23%)，因此一併介紹建築、工業與交通三個類別的碳排放現況、策略與未來發展。

在建築上，建築類別的排放源主要為暖氣與用電，在 2020 年之前英國政府將會積極地提升能源效率，以減少未來增設低碳加熱系統的成本，並運用綠色協議(Green Deal)結合能源服務公司(ESCO)協助能源改善模式等政策，完成牆及屋頂隔熱設備等等設置。

綠色協議主要利用能源服務公司營運模式，並應符合黃金定律(Golden Rule)原則下，協助住、商採取能源改善措施，相關費用從電費帳單中分期支付，其設施有效運作期間節省的费用應超過改善費用。在 2020 年至 2030 年間將會是低碳建築科技發展關鍵期，如按照政策計畫進行，至 2027 年，建築類別的排放量將可較 2009 年減少 24%~39%。

2009 年工業部門的碳排放約佔總量的 23%，其中鋼鐵業與陶瓷業佔其中的 80%。英國政府希望能在 2050 年時將此類別減量至 2009 年的 70%。由於天然氣、石油及電力為此部門主要能源來源，且產值佔英國 GDP 三分之一，若轉移成低碳工業必將造成不小衝擊。為達成 2050 年減量目標，工業必須減少約 70% 以上排放量、減少 1/4 能源需求，且再生能源與電力必須佔能源用量的一半以上，碳捕存技術也必須減少 1/3 以上的碳排放量。因此 2020 年後將主要在兩方面進行減碳，一為產業燃料轉換，其中以化石燃料轉用生質燃料為首要目標；二為碳捕存技術發展到相當程度，但是目前技術及市場方面還未成熟。

在交通運輸上，英國政府希望所有的小型汽車跟貨車會轉型成超低碳排放車輛(Ultra-Low Emission Vehicle)，並希望 2040 年出產的新車接近零碳排放；大眾交通運輸方面，則將提升鐵路能源使用效率，預計 2015 年可以減少 8% 的碳排放量；航空則利用歐盟的排放交易系統來管制；地方通勤方面則提供資金，建構方便人行步道與自行車道等的低碳通勤設施。



圖 33、拜會能源與氣候變遷部

(A. Amy Jenkins 處長及 Michael Hilton 專員向團員介紹英國氣候變遷目標與減碳政策；B.簡報及交流情形；C.贈送 Gregory Barker 部長紀念品，由 Amy Jenkins 處長代收)

## 七、奧運公園與史特拉福市(Stratford City)永續規劃

### (一) 實地瞭解奧運公園與史特拉福市的土地利用規劃

英國申辦 2012 年奧運成功以後，相關單位成立了「2012 年倫敦奧運永續發展委員會」和「奧運公園再生促進團」，其團隊秉持低碳、環保、健康的理念籌備奧運活動，除了打造具備永續性的奧運主場館，政府方面同時進行東倫敦土地利用規劃，透過舉辦奧運的機會，改變民眾對於東倫敦負面的印象，圖 34 右邊地圖上標示紅色區塊即是東倫敦的範圍。



圖 34、倫敦地理位置與東倫敦區域圖

(圖片出處：Google Maps 以及 <http://goo.gl/GKTr3R>)

奧運公園是土地利用規劃中的重點之一，被稱為「倫敦碗」(Olympic Stadium)的主場館佔地約 16 公頃，由建築師羅德(Rod Sheard)設計，以挑戰傳統建築的概念，採取永續環保與低耗能的原則進行籌建；爰此，奧運場館主體不僅符合綠建築的工法，而可拆卸式設計在奧運舉辦過後，部分建築留下作為城市裡公共設施，開放給民眾、社團等使用，這一系列的規劃使倫敦奧運成為史上第一個綠色奧運。圖 35 為當時奧運游泳比賽的水球館(Water Polo Arena)，在奧運結束後保留，現在已開放供民眾使用。

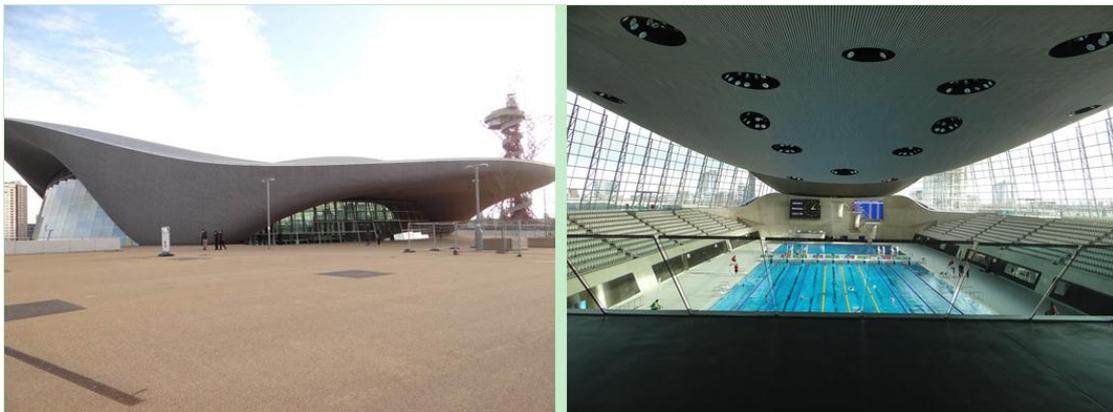


圖 35、水球館外觀與內部

奧運主場館的設計方案於 2007 年 11 正式擬定，興建歷時 4 年，早在倫敦取得奧運舉辦權之初，數十名生態、土壤與環境研究相關的學者們已對東倫敦地區重新評估、分析過這片土地。東倫敦地區長期作為垃圾掩埋場和化學工廠用地，受到化學藥劑和重金屬等工業廢料的浸染，周邊的河流也曾是工廠傾倒污水的排水溝，因此，土壤中含有汽油、焦油、重金屬以及砷、鉛、氰化物等劇毒物，除此之外，還有少數的放射性物質。於是，在奧運公園場址整地時，拆遷地面上殘破的建築以後，80%的土壤都被挖掘起來「清洗」一番，過濾掉經年累積的有毒物質，將場址廢土淋洗後，採取「現地土壤不外運，重複再利用」原則，將土壤整理後進行地面綠化，8.5 公里的河岸被整治成為親水道路，而原先建築拆除後的廢土有 90% 進行回收利用，作為補強支撐牆及橋墩之用，總計共省去 51,000 噸的土壤；道路鋪面選用較節省費用且耐用的材料，以符合永續目標；管線材料方面，使用非聚氯乙烯(PVC)材料，除可降低危害健康的風險，且每段管材約可減少 16.58 公斤的二氧化碳排放；此外，在建築設計階段，規劃使用超過 900 噸廢棄粉煤灰以減少碳排放，使用的木材亦經過木材認證(Forest Stewardship Council, FSC)過符合永續精神的材料建造。



圖 36、倫敦奧運主場館「倫敦碗」

(圖片出處：<http://www.bbc.co.uk/sport/0/olympics/17489659>)

奧運主場館「倫敦碗」的位置坐落在奧運公園園區南端，在一座三面被水道環繞的島上，場館向外延伸五座橋樑，觀眾可以利用橋樑連結到附近的各個區域走動。為了節省空間，主場館的照明採用一系列立體的三角形平面照明燈具，沿著運動場上方拉緊的鋼製軌道線軸，如衛星般懸空環繞在運動場的周圍。秉持著永續的精神，場館最上層的部份環型座位區使用回收廢油氣管的再製品建造，落實「減少、重複利用、回收」的觀念；在體育館下層的永久性建築部分，也盡量減少鋼鐵和混凝土的使用量。為了在賽後便於拆解，建築個別組件藉由可拆卸的掛鉤連接整體，底層的固定建築搭配上層臨時建築的設計，使得主場館能在舉行開閉幕式時容納 8 萬人次，在奧運後拆除部份組件，便可以靈活地轉型為 2 萬 5 千個座位的中型體育場。奧運賽事結束後，這座主場館繼續做為各類運動場地使用，同時也將會用來舉辦社區文化活動，成為一個紀念奧運的永久遺產。

據報導，英國財政部為此次奧運會的籌建工作投入了約 93.25 億英鎊，其中 75% 支出用於東倫敦的改造和振興計畫，由此可見英國政府重整市容的決心，而透過綠建築的設計，也有效減少了奧運場館的建造費用。

2012 年倫敦奧運結束之後，相關運動設施場館陸續拆除，並規劃選手村重建成國民住宅區域，由於奧運公園就位於史特拉福市旁，公園環境優美，另外，該區域還匯集倫敦地鐵系統(Underground)、倫敦輕軌系統(Light rail)以及歐洲之星高速鐵路(Eurostar)三大交通系統，且鄰近倫敦城市機場(London City Airport)，來往國外、國內的交通皆十分便利。綜合以上相關建設的發展，奧運公園不但發展成為 150 年以來歐洲最大的城市公園，而史特拉福市亦從過去髒亂、高犯罪率的貧民窟轉型，轉變成為新的商業中心、宜居的健康社區，倫敦奧運帶來的不只是世人對於 2012 奧運的回憶，為了配合舉辦奧運的建設更帶動了當地經濟、提升民眾生活品質，可說是一舉數得的成果。



圖 37、史特拉福市的街景

(A.Westfield 購物中心；B.C.國民住宅)

在奧運舉辦期間，選手村可容納 3 萬 2 千名選手與記者，賽後進行改建工程，一半的區域將選手村的建築結構轉換為適合民眾居住的國民住宅，共計改建為 3600 戶公寓住宅，其價格較其他房屋售價來得親切，讓一般民眾也享有購屋的機會；另外一半的土地則交由澳洲的 Westfield 集團負責經營，新落成的 Westfield 購物中心是目前全歐洲最大的商場。現在國民住宅的生活機能與地理環境兩者兼備，東倫敦與倫敦市區僅一條河流之隔，搭乘火車到市中心只要 20 分鐘，居住在這邊的民眾不需要面臨市區擁擠的問題，除了可享受寬敞的空間與交通通達的便利性，奧運公園的濕地生態圍繞在側，理想的自然環境更為居民的健康與生活品質加分。

原本破舊不堪的東倫敦現在搖身一變成為城市新地標，奧運所帶來的珍貴遺產即在於城市再造的機會，倫敦藉著主辦奧運的契機打造了一座風景優美的公園、整治了受到嚴重污染的土壤與河川，這一塊以往大家印象中落後、髒亂的東倫敦地區，現在已經展現一片榮景。在倫敦奧運成功地運用整體計畫更新市容以後，其他國家在舉辦大型賽事時亦將倫敦奧運的概念納為政策規劃的參考範例。

## (二) 參觀奧雅納倫敦辦公室

由於參訪奧運公園的過程當中，團員普遍對於園區整體規劃設計留下深刻的印象，因此，後續安排負責多項倫敦奧運場館設計之奧雅納工程顧問公司參觀行程，即能藉由奧雅納公司更為深入的介紹，俾使團員獲得更為完整的資訊與知識。

奧雅納工程顧問公司於 1946 年由奧雅納爵士(Sir Ove Arup)創立，總部位於英國倫敦，分公司遍及 38 個國家，並於 2010 年正式在臺北成立分公司。奧雅納公司提供設計、工程和商業諮詢服務，在建築方面，以建構低碳(Low Carbon)、節能(Saving Energy)、永續(Sustainability)、智慧(Smart)、健康(Healthy)與韌性(Resilience)的未來城市及綠建築為目標，目前奧雅納已在國際上多個都市塑造了許多知名地標，包括雪梨歌劇院的結構設計工程、北京央視總部以及香港多棟高層建築等，這次參訪的史特拉福市以及西門子水晶展示館(The Crystal)都是奧雅納公司位於東倫敦的代表作。奧雅納在臺灣正式成立分公司以前，已參與臺灣多項永續發展相關建設，如南港到昆陽站的捷運規劃；八八風災後，奧雅納公司聯合台開集團和榮工公司赴災區勘查，分析災區地理條件、提供日後重建參考資料，較近期的案件如新埔智能綠建社區的開發工程、桃園航空城計畫等，奧雅納公司發揮建構低碳永續工程的經驗協助計畫執行。

奧雅納公司總部位於倫敦市中心，建築外觀是古老的維多利亞風格，內部裝潢則現代感十足。全體團員進入奧雅納辦公室聽取該公司都市計劃及主要計畫全球領導人 Mr. Malcolm Smith 簡介奧雅納公司，接著，Mr. Smith 向團員報告該公司為史特拉福市所做的開發規劃案例。奧雅納在史特拉福市的開發計畫中，主要提供環境影響評估以及永續政策的專業，其中技術人員協助規劃該區域的能源以及永續性資源如日光與風力的整合性藍圖，針對相關基礎建設進行設計，並配合政府的政策陸續給予計畫所需之諮詢與專案管理等服務。



圖 38、於奧雅納辦公室聽取史特拉福市更新計畫介紹

奧雅納公司介紹完史特拉福市後，由桃園縣環保局陳世偉局長介紹桃園航空城，行政院於民國 101 年正式宣佈執行「桃園航空城計畫」後，已將航空城計畫列為「愛臺十二建設」的旗艦計畫之一，主要強調桃園做為臺灣門戶的地理優勢，利用東亞樞紐位置發展桃園機場之競爭力，進而帶動機場周邊的產業發展，促成產業群聚效應，並且完善城市建設、交通網絡。桃園縣政府與奧雅納已於民國 102 年 1 月簽約，奧雅納成為航空城計畫的總顧問，未來將協助桃園縣政府規劃開發藍圖。



圖 39、桃園縣環保局陳世偉局長介紹桃園航空城計畫

### (三) 參觀西門子水晶(The Crystal)永續都市展示中心

西門子水晶綠建築展示館位於東倫敦，為西門子展現永續城市的概念與科技的常態展館，水晶展示館由西門子出資建造並負責其營運，而展館則是由奧雅納的建築師團隊設計，參觀當天設計師 Jonathan Ward 向團員解說水晶展示館如何成為目前世界上最高標準之綠建築。



圖 40、水晶展示館外觀

(圖片出處 <http://goo.gl/dIf899>)



圖 41、設計師 Jonathan Ward 帶領團員參觀水晶展示館內部

水晶展示館的外觀恰如其名，這座呈水晶形狀的建築物具備展場、會議廳、技術與創新中心等多種用途，占地逾 6,300 平方公尺，水晶展

示館已成為都市永續發展的建築典範，它是全世界第一座同時獲得環境永續指標美國 LEED 白金級(Platinum)和英國 BREEAM 五星級認證的綠建築，可以說是世界上最綠的綠建築。



圖 42、水晶展示館參觀地圖折頁

(圖片出處 <http://www.thecrystal.org/visit-us.html>)

水晶展示館內部的展示間總共分為 10 個區域，各區域展出不同主題，這 10 項主題包括：水是生命的泉源(Water is Life)，健康生活(Healthy Life)，潔淨與綠色(Clean & Green)，未來生活(Future Life)，改變的力量(Forces to Change)，有電的生活(Go Electric)，創造都市(Creating Cities)，平安與和諧(Safe & Sound)，智慧建築(Smart Building)與行動力(Keep Moving)，各主題的內容簡介如下：

表 5、水晶展示館展示區簡介

主題	內容摘要
水是生命的泉源	強調水對生命的重要性，水資源並非取之不盡。瞭解如何獲得可飲用水的過程，包括收集雨水、廢水回收、除鹽程續等，並說明節約用水以及加強水資源管理的方法。
健康生活	探討人口成長與人口老化的問題對社會健康福利制度造成的影響，同時介紹可採取的解決方式，例如客制化用藥、預防性治療與健康的生活型態。
潔淨與綠色	展出廢棄物、汙染與空氣品質下降對環境的負面影響，未來應加強改進空氣品質、廢棄物管理與溫室氣體減量等措施。
未來生活	以西門子的科技力量打造一個可實現的理想生活，參觀者可透過現場的互動儀器探索未來適合自己的生活型態。
改變的力量	以人口統計學的方式說明都市化與氣候變遷對人類產生的影響，探討層面包含經濟、生活品質與整體環境。
有電的生活	透過分析維持電力供需的困難度，像參觀者強調發展潔淨能源的重要性。為了能夠不斷提供都市所需之電力，除了採取分散與集中發電同時進行，另外還需要透過智慧電網穩定供電，並加強儲電效率與增加再生能源使用率。
創造都市	展出都市相關的各種面向，如何透過都市計畫來塑造理想的都市生活。
平安與和諧	分析都市裡面的各種潛在風險，透過預防與管理的策略來提升都市的韌性，強調都市應具備的安全性，有效的防止犯罪、火災以及控制人口密度等相關議題。
智慧建築	挑出現代建築效能方面的缺陷，介紹可增進建築效

主題	內容摘要
	能的解釋方式，例如減低能源消耗與善用再生能源。
行動力	隨著人口往都市移動的數量增加，交通相關的建設越顯得重要。展間探討綠色運輸的急迫性，將交通問題與網路智慧有效的整合運用。

水晶展示館 90%的用水透過廢水循環再利用、雨水回收的方式自給自足；室內外設計採用太陽能光電板屋頂、自然採光外牆、室內空氣溫度自動調節系統、地熱系統及能源中心等，整棟建築物的供電不耗費任何化石燃料；除了綠建築的設計，水晶展示館亦實踐綠色運輸的行動，在展館後方設有電動汽車專屬停車位及充電設備。水晶展示館從 2012 年開館以來，展場不僅做為西門子與客戶之間商用的展示場、聯絡中心以及策劃中心，對於企業外部的單位如一般民眾、學生等，則可以藉由展覽獲得永續生活的實感體驗。

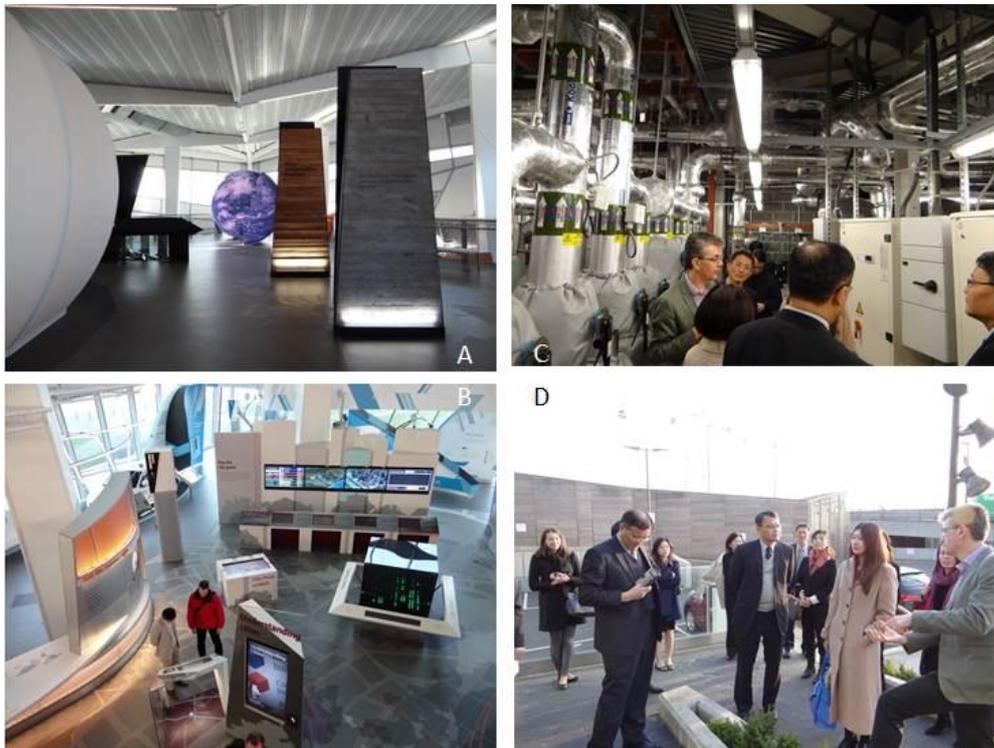


圖 43、水晶展示館參觀過程

(A.展館二樓一景；B.俯瞰展館一樓；C.能源中心內部；D. 設計師 Jonathan Ward 說明建築設計理念)

## 八、考察伯明罕地方政府低碳願景及運作與歐洲生質能源研究所

### (一) 拜訪伯明罕市議會

伯明罕(Birmingham)位於英格蘭中部，距離倫敦開車約 3 小時車程，鄰近煤鐵資源豐富，加上地處於鐵路、公路幹線和運河網的交會點，因此在英國工業革命的歷史上一直扮演重要的角色。伯明罕面積 267.77 平方公里，2011 年的人口統計數字為 108 萬左右，是英國人口數量最多的城市。

過去由於高度工業發展，伯明罕在人們心中是一座骯髒的「煤都」，隨著都市發展，伯明罕跟其他大都市一樣，面臨人口、經濟、環境等社會問題，在這些壓力之下，伯明罕市議會開始採取積極應對的方式解決問題，在伯明罕市議會的架構之下，成立獨立運作的綠色委員會(Green Commission)，以發展綠色城市為目標，擬定生活中食、衣、住、行等各面向的永續發展策略，綠色委員會由產官學界的人士共同組成，該委員會於 2013 年發表了願景宣言，透過建立智能城市達成二氧化碳排放減量的目標，該委員會以 1990 年的二氧化碳排放量為基線值，預計在 2027 年的時候應減少 60%。



圖 44、綠色委員會打造綠色伯明罕藍圖

另外，除了以量化指標做為檢視計畫成效的標準，綠色委員會亦提出三項質化的預期成效，圖 45 是質化指標示意圖，其中內容概要如下：

- 改善市民生活，讓所有市民共享繁榮，並且生活在公平社會，受到良好照顧
- 創造友善環境讓市民以伯明罕為榮
- 發展永續經濟，以推動綠色產業帶動就業機會，並吸引企業進行跨國投資

綠色委員會提出的量化與質化指標都將帶領伯明罕朝向低碳發展，將永續精神融入綠色經濟成長，期許伯明罕成為全方位的綠色城市。



圖 45、綠色伯明罕三項質化指標

(1) 伯明罕低碳永續都市計畫(Making Birmingham Green)

參訪首先由伯明罕市議會擔任永續與科學資深策略專家的 **Jacqueline Homan** 女士介紹伯明罕低碳永續都市的發展計畫。這個計畫的主要目標在於將伯明罕打造為具前瞻性的綠色城市，伯明罕跟其他的大都市一樣，面臨交通、經濟、環境與人口成長等複雜的問題，伯明罕低碳永續都市計畫即是以「綠色」的策略為前提，以低碳、永續的精神貫徹整個計畫，計畫中列出未來城市發展的五項重點，這五項重點都將導向綠色成長，以落實綠色伯明罕的願景。



圖 46、資深策略專家 **Jacqueline Homan** 女士介紹伯明罕低碳永續都市的發展計畫

伯明罕市議會為了聚焦於低碳永續都市計畫的相關工作，於市議會的組織架構之下，在 2012 年 7 月成立綠色委員會 (**Green Commission**)，綠色委員會採獨立運作的方式，負責執行低碳永續都市計畫中所制定的策略、實現綠色委員會的願景宣言。綠色委員會的成員由業界、官方代表與學界等各方人士組成，目前委員會有 13 位成員，主席由市議員 **James McKay** 擔任，其他官方代表中，還包括能源與氣候變遷部綠色新政部門的副主任以及伯明罕市議會內所屬氣候變遷與環境部門的首長；學界方面有來自當地的亞斯頓大學、伯明罕大學的教授；業界方面代表層級多數

由該公司執行長出席，這些委員提供不同的專業，以伯明罕的永續發展為前提，給予市議會建議與諮詢，綠色委員會主要任務：

- 掌握低碳永續都市發展計畫的進度，並且確認計畫達成預定減碳目標
- 委員會為獨立團體，委員的言論、研究與意見不受市議會左右，委員會跟國家、國際層級相當
- 對於有關伯明罕發展的議題作出回應，確保伯明罕的利益不受影響
- 深入民間團體，讓市民瞭解伯明罕的低碳永續都市發展計畫，並宣傳綠色經濟、綠色成長等相關理念
- 在推動計畫過程中，必須持續檢視經濟發展與環境生態等各種議題

綠色委員會成立隔年，在 2013 年 3 月提出願景宣言，透過推動一系列的革新計畫，如氣候變遷調適、減少二氧化碳排放、開發綠色產業工作機會等，委員會目標將伯明罕打造為綠色城市典範，願景宣言包括三項主要工作：

- 制定政策架構
- 開發永續能源以及降低二氧化碳排放量
- 發展綠色經濟

# Carbon Roadmap Themes



## **Catalysing Green Growth & Behaviour**

Enabling change to support jobs, green growth and an improved quality of life

## **Buildings & Efficiency**

Improving the energy efficiency of the city's domestic, commercial and industrial buildings

## **Energy & Resources**

Generating more low and zero carbon energy to improve how we heat and power the city and maximising the efficiency of our resources to drive the city's green growth

## **Transport & Mobility**

Improving how we travel and get around Birmingham and reducing the impact of transport for better air quality and health.

## **Natural Capital & Adaptation**

Securing, enhancing and maintaining natural assets as a driver of the city's economic success

圖 47、伯明罕推動低碳永續都市發展的五大主題

綠色委員會所訂定的目標是在 2027 年以後，二氧化碳的排放量相較於 1990 年的基準值應下降 60%，資深策略專家 Jacqueline Homan 表示，這個目標值確實不容易達成，但是伯明罕市議會與綠色委員會一定盡力完成這個任務。

為了達成減碳目標，綠色委員會歸納出五個主題來改善各類問題，圖 47 中所提到的五個主題分別為：

- 促進綠色成長與鼓勵綠色行為
- 改善建築效能與提升能源效率
- 開發零碳能源與妥善利用資源
- 加強交通路網與降低空氣污染
- 保護自然資產與強化變遷調適

表 6 中，進一步說明各主題中對應的相關作法，有關能資源、交通與建築方面，主要希望藉由建設與開發達到減碳的效益，除

了硬體的發展之外，同時也著重民眾習慣的養成，透過教育體系的培養，將綠色行為的觀念融入民眾的生活之中。

表 6、伯明罕推動低碳永續都市發展的五大主題與作法

主題	作法
促進綠色成長與鼓勵綠色行為	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 建立完整教育體系，培養民眾與企業低碳相關知識與技能，並且以發展伯明罕綠色經濟為主軸進行研究</li> <li>• 營造有利經濟條件，鼓勵各界投入資金與技術促進伯明罕發展綠色經濟</li> <li>• 提供技術指引，讓開發者遵循永續原則設計</li> </ul>
改善建築效能與提升能源效率	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 改善住宅、商用與工業建築能源效率，減少供熱供電系統的能源耗損</li> <li>• 加強落實目前已執行的節能計畫</li> </ul>
開發零碳能源與妥善利用資源	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 整體規劃伯明罕未來能源結構</li> <li>• 投資低碳能源之發展設備</li> <li>• 開發替代能源以及加強儲能技術</li> </ul>
加強交通路網與降低空氣污染	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 發展完整大眾運輸網絡</li> <li>• 提升公共運輸使用率</li> <li>• 降低車輛對都市造成空氣污染</li> </ul>
保護自然資產與強化變遷調適	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 增加民眾對於自然環境認知，利用完善管理策略維持自然資源的平衡狀態</li> <li>• 與其他城市交流伯明罕推動策略</li> <li>• 瞭解氣候變遷風險並擬訂應對措施</li> <li>• 在都市開發計畫中納入自然環境保育概念，保持生態平衡</li> </ul>

伯明罕低碳永續都市的發展計畫目前處於剛起步階段，未來還需要很多人力與物力配合完成減碳目標，資深策略專家 **Jacqueline Homan** 表示，伯明罕政府與綠色委員將積極地執行這項計畫，相信將來伯明罕的環境一定會比現在更好，有關更多伯明罕低碳永續都市發展計畫的詳細資料，請參考官方網站：<http://greencity.birmingham.gov.uk/>。

## (2) 伯明罕的交通網絡整合計畫(Birmingham Mobility Action Plan)

在瞭解伯明罕低碳永續都市的發展計畫概況之後，運輸發展策略部門的主任 Ann Osola 女士接著介紹針對改善伯明罕交通而制定的 20 年計畫。伯明罕於 2013 年宣佈執行這項長達 20 年的交通網絡整合計畫，這個計畫不僅針對城市的交通進行改善工程，透過提升交通品質，伯明罕市議會希望民眾能藉此轉變養成搭乘大眾運輸工具的習慣，並且經由交通網絡的便利性為該地區帶來永續的經濟成長。

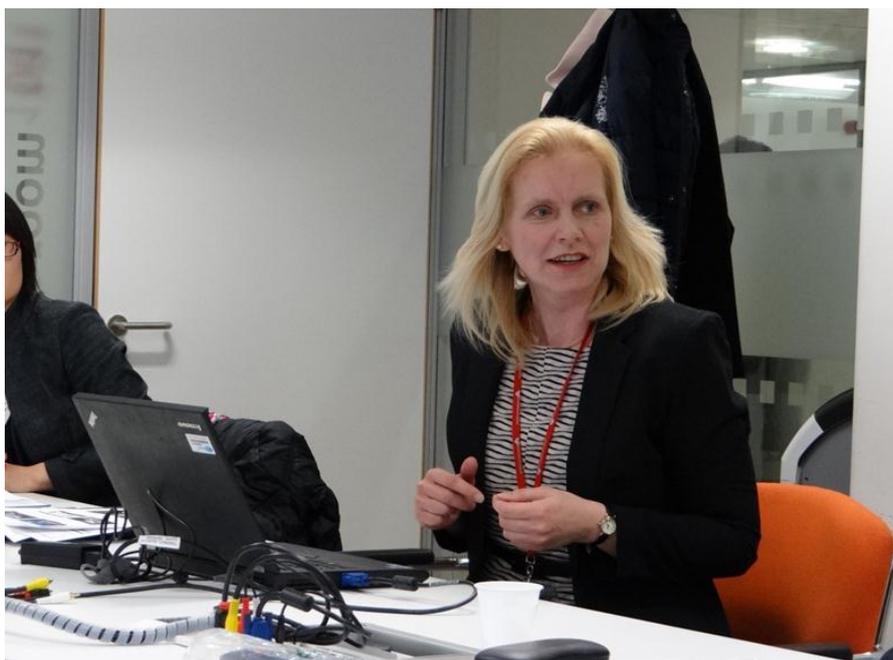


圖 48、運輸發展策略部門的主任 Ann Osola 女士介紹伯明罕的交通網絡整合計畫

Ann Osola 主任首先指出伯明罕交通目前的情況，伯明罕人口成長導致交通阻塞的問題日趨嚴重，不只是市區內塞車的困擾，連大眾運輸(特別是鐵路運輸)壅塞的情況也持續惡化，顯示伯明罕的交通建設已無法滿足人口移動的需求。伯明罕目前的運輸系統必須負荷每天 330 萬人次運量，如果照目前人口成長的比率推估，到了 2031 年每天將有 400 萬人次使用交通運輸系統，如此龐大的運量促使伯明罕提出交通改善計畫，並且訂定公平的、效率的、永續的、健康的、友善的五大目標，表 7 說明五大目標相關的策略。

表 7、伯明罕的交通網絡整合計畫目標

目標	說明
公平的伯明罕	項計畫將會帶來 21 世紀的交通改革，凝聚伯明罕的力量，並且提供更多的就業機會
效率的伯明罕	交通情況改善，因此人口及貨物可暢通地流動，進而幫助地區之經濟成長，促進永續發展之可能性
永續的伯明罕	降低交通運輸所產生的溫室氣體，確保資源可以透過永續管理的方式妥善運用
健康的伯明罕	提倡民眾以行走或自行車代步，一方面可促進健康，同時可減少空氣污染
友善的伯明罕	交通網絡整合計畫將會使伯明罕成為吸引人的城市，每一個區域都可以享受便利的交通

交通改善計畫中所涵括的範圍從機場、捷運、輕軌以及車輛使用的公路都是改善的對象，由於伯明罕的地理位置座落在英格蘭的中心點，全英格蘭有 70% 的人口居住在該中心點向外延伸的 125 英哩範圍之內，因此，這些交通設施的基礎建設必須能夠滿足移動人口的需求。執行交通改善計畫的主要訴求就是將伯明罕都市內部的交通問題解決，並且加強伯明罕向外的連結強度，在 2010 年 5 月英國政府已通過 2 號高速鐵路的開發案，這條 Y 字型的鐵路將倫敦、伯明罕、曼徹斯特、利茲等地串連起來，2012 年 1 月第一期的工程從倫敦到伯明罕段已確定施工，預計從 2017 年動工到 2026 年完工，這項國家計畫與伯明罕市議會所執行的交通改善計畫息息相關，除了進一步強化地區與外部交通網絡的連結性以外，也將對伯明罕的經濟成長提供更充分的能量。

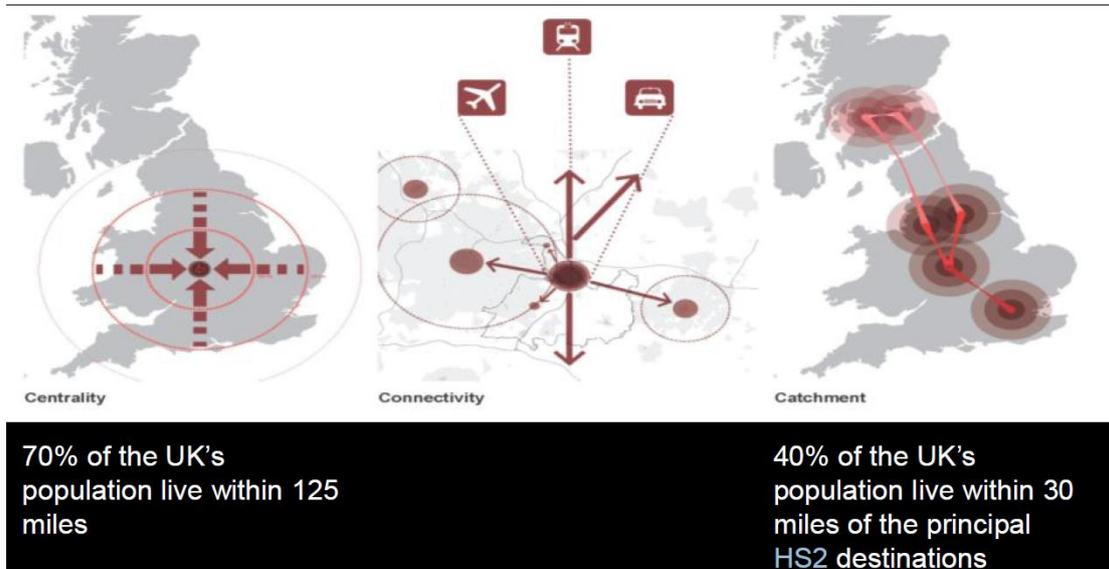


圖 49、伯明罕與周邊區域交通網路的關聯性

這項計畫從 2013 年正式啟動，Ann Osola 主任表示，目前伯明罕有超過 100 輛以上的電動汽車在街道行駛，36 個公共電動汽車充電站提供充電。然而相較於歐洲其他國家的成果，伯明罕在電動車、充電站的推廣方面尚有很大的努力空間，其他牽涉面向更廣的工程建設必然耗費更長的時間推動。該計畫目標不僅提升伯明罕當地的交通便利性，由於規劃運輸系統進行跨區域整合，並配合國家交通網路發展，因此伯明罕跟其他區域的連結，甚至與國際之間的連結都會更發達。儘管交通網路整合計畫歷時長達 20 年，Ann Osola 主任認為該計畫意義重大，完成之後，必然可以為伯明罕帶來全新的面貌。



圖 50、團員在伯明罕市議會聽取簡報及會議中互動情形

## (二) 參訪歐洲生質能源研究所

### (1) 歐洲生質能源研究所簡介

歐洲生質能源研究所(European Bioenergy Research Institute, EBRI)，除了研究與開發生質能源技術，也透過商業合作模式進行技術轉移，將實驗室裡研究成果提供業界實際應用。歐洲生質能源研究所實驗室是亞斯頓大學(Aston University)學術單位之一，於 2007 年由亞斯頓大學整合生物學研究單位正式成立，其團隊成員由研究人員與工程專家負責技術開發，另外還有專業經理人、市場行銷人員等，負責將實驗成果進行商業化推廣。

英國目前約有 50%的能源仰賴國外進口，而英國使用的能源中，化石燃料的比率仍高達 90%。生質能源研究所內商業開發部門經理 Tom Anderson 表示，英國比起法國、德國，在開發生質科技的腳步仍然相當緩慢；以在 2020 年英國達成再生能源使用率 15%的情況假設，英國必須在這些年間必須提高 295%的再生能源使用率，生質能源研究所的目標就是幫助英國及其他國家加速發展生質能源技術，並且強調透過生質能源進一步帶動綠色經濟的成長。

經過長時間的發展，目前人類仍然重度依賴原油提煉製成的各種加工產品，然而原油的產量有限，相對於生質能源的原料-生物質來說，生物質就有很多不同的選擇，多種植物本身即是理想的生物質，再者，人類或動物所產生的殘餘物、工業與農業加工過程中殘渣等都可以透過生物質提煉轉化為高附加價值的產品，其產生的經濟價值跟原油的加工產品類似。然而，商業開發部門經理 Tom Anderson 亦點出目前生質能源發展的困境，目前提煉生質能源的階段大部份仍停留在使用燃燒的方式轉化能源，燃燒過程中需要投入大量的燃料，這種作法並不符合經濟效益，甚至對環境還造成負面的影響。因此，歐洲生質能源研究所致力於篩選最能符合經濟效益的生物質，並搭配高效率的生質能源技術，希望將生質能源開發條件提升到可以全面推廣的程度。

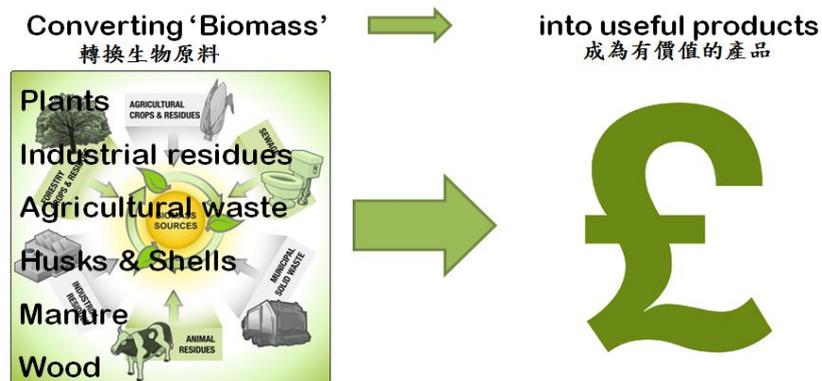


圖 51、歐洲生質能源研究所研究目標



圖 52、生質能源所需之原料-生物質

## (2) 「能源收穫」 (Energy Harvest) 計畫

Robert Berry 教授接著介紹研究所正在執行的「能源收穫」(Energy Harvest)計畫，主要目的係藉由生質能技術幫助農村地區將農業廢棄物轉化為能源，並減少空氣污染，後續再深入研究及教育訓練推廣。「能源收穫」由 Oglesby Charitable 這個基金會贊助，該基金會成立於 1992 年，針對改善人類生活品質的研究機構提供資金，讓研究團隊可以在計畫達到經濟規模以前獲得研發所需之資源。「能源收穫」計畫執行團隊由 Robert Berry 教授與 Andreas Hornung 教授帶領六位成員組織，目前已選定在印度進行該計畫。由於印度北部小麥產量位居全國第二，當小麥收穫以後，農夫多數使用焚燒的方式處理農田裡小麥梗。根據研究所估計，每年焚燒小麥梗高達一億一千六百萬公噸，這種露天焚燒方式不只違反法律，更主要的問題是對身體健康及生態環境造成破壞。



圖 53、印度農民焚燒小麥梗造成空氣污染的景象

(圖片出處：截取歐洲生質能源研究所提供的影片畫面)

為了協助改善當地環境，Robert Berry 教授的計畫團隊打造移動式 Pyroformer™，這項技術可以將小麥梗轉換為裂解油 (Pyrolysis Oil)、可燃氣 (Combustible Gas) 以及生質炭 (Bio-Char)；這些裂解過後的產品可轉換為相關能源燃料或土地改良使用，產

生不同的經濟效益，其中裂解油及可燃氣可以做為驅動引擎的燃料，生質炭可以用作肥料，增加土壤空氣含量與涵養水份。這項計畫已開始在印度獲得許多關注，計畫團隊希望未來能夠增加常置性的 Pyroformer™數量，另外也規劃成立基金會籌備資金，以改善更多農村環境品質。



圖 54、歐洲生質能源研究所計畫團隊研發移動式 Pyroformer™

(圖片來源：<http://www.energy-harvest.org/the-pyroformertrade.html>)



圖 55、亞斯頓大學研究人員進行簡報

(A. Robert Berry 教授說明「能源收穫」計畫；B. 商業開發部門經理 Tom Anderson 介紹歐洲生質能源研究)

### (3) 進入歐洲生質能源研究所實驗室內參訪

簡報結束後，團員們在亞斯頓大學研究人員的帶領之下進入實驗室現場參觀儀器，由於實驗室內有許多化學物質，在安全考量之下，參觀過程不允許攝影，而且要求所有參訪人員穿上顯色的工作外套、護目鏡與工作鞋以確保人身安全。

亞斯頓大學研究人員首先介紹汽化轉化法所使用的機器，汽化的方式是使用高溫(800-1000°C)與氧氣充足的環境，將生物質分解為甲烷的氣體，這種氣體可以直接使用於發電機產生電力。汽化法的好處是對於生物質的成份要求較低，即使油脂含量不高的生物質亦適合做為原料。



圖 56、歐洲生質能源研究所實驗室內汽化儀器

(圖片來源：歐洲生質能源研究所提供)

接著來到熱裂解實驗室，這邊所陳設的儀器跟「能源收穫」計畫使用的 Pyroformer™的原理相同，利用無氧的環境下將生物質加熱到 350-700°C 之間，之後生物質分解為氣態、液態以及固態產物，其裂解產物的經濟效益已於前文提過，不另外贅述，僅特別提出汽化與熱裂解的轉化方式皆需要含水量較低的生物

質，以避免水由液態轉化為氣態過程之間消耗額外的能量，進而影響產出物的質與量。



圖 57、歐洲生質能源研究所實驗室內的热裂解儀器

(圖片來源：歐洲生質能源研究所提供)



圖 58、歐洲生質能源研究所

(A.B.團員聽取簡報情形；C. 於歐洲生質能源研究所外合照)

## 九、參訪貝丁頓零碳社區(BedZED)

貝丁頓零碳社區(Beddington Zero Energy Development, BedZED)於2002年完工，這是英國第一座大型的永續社區，位於倫敦南部，佔地約1.8公頃。貝丁頓社區是比巴利信託公司(Peabody Trust)所開發的社區，目前有88戶做為住宅、商業混合用空間，貝丁頓社區利用永續環境設計理念，運用生質能、太陽能、風力發電與廢水利用等，達到社區內能資源的需求自給。臺灣近年來政策推展社區營造活動，從行政體系研提引導策略，由社區由下而上執行建設工作，這些從民間自發的凝聚力逐漸納入環境保護與生態平衡的理念，目前較知名的案例如奇岩、崙埤、無尾港、桃米等社區成果皆受到肯定；貝丁頓社區從建築本身到食衣住行皆落實零碳生活，對於臺灣未來進行都市更新或社區整體重建時，可以參考貝丁頓社區為範例，再加以因地制宜的作法營造適合我國的零碳社區。



圖 59、貝丁頓零碳社區展示中心

(A. Ms. Riddlestone 介紹社區；B. 社區展示中心；C. 團員聽取簡報)

貝丁頓零碳社區的周邊環境相當靜謐，首先團員先到社區入口的接待中心集合，聽取執行長 Sue Riddlestone 女士準備的簡報，特別一提，由於 Ms. Riddlestone 對於永續工作表現傑出，因此英國女皇授予 Ms. Riddlestone 官佐勳章(OBE)以茲鼓勵。貝丁頓社區的發展計畫獲得十幾個建築、永續、能源等設計獎項，這個社區以實現一個地球的資源可讓所有人過著中產階級的永續生活為目標，除了社區的建造過程力求減碳、永續的精神以外，貝丁頓社區訂定 10 項「一個地球」的生活準則，希望社區居民於食衣住行各面向都能實踐永續生活，其中項目包括：零碳、零廢棄、永續交通、永續材料、在地食物、永續水源、土地保育、文化資產保存、在地公平的經濟及健康快樂，為了幫助民眾落實「一個地球」的生活型態，Ms. Riddlestone 提醒團員可在網站上計算生態足跡，進而有效執行低碳生活，網頁請參考：<http://calculator.bioregional.com/>。

- 
- 1 Zero carbon
  - 2 Zero waste
  - 3 Sustainable transport
  - 4 Sustainable materials
  - 5 Local and sustainable food
  - 6 Sustainable water
  - 7 Land use and wildlife
  - 8 Culture and community
  - 9 Equity and local economy
  - 10 Health and happiness

圖 60、「一個地球」的生活準則



圖 61、貝丁頓零碳社區街道、社區景象

簡報結束後，Ms. Riddlestone 與貝丁頓社區的社區教育專員 Stephen Edwards 共同帶領團員實地走訪社區。由於該社區建造成本為臺幣八億元，相較同地區高出 10% 左右的成本，但維護成本相較一般住宅可降低 50%，同時可減少 77% 的能源用於製造暖氣及熱水，電力的需求亦可減少 34%，高能效的建築設計以及綠色的空間規劃提供了健康的生活環境。貝丁頓社區的重要的設計理念如下：

表 8、貝丁頓零碳社區的節能設計

面向	種類	內容
綠色能源	生質能汽電共生	在社區建構一處沼氣生質能的汽電共生站，實現社區零耗能、低碳排放
	太陽能	安裝太陽光電板提供 20% 的用電需，求並透過智慧電網與外電相連接，30 公分的厚牆可將熱能儲存在牆內，利用熱延滯達到冬暖夏涼的效果
	風力發電	安裝小型風力發電設備，利用被動式通風系統風能與風對流的空調設計，營造舒適的自然通風環境

面向	種類	內容
	廢水利用	在排水設計方面使用透水鋪面材料，下雨過後，社區旁蓄滿雨水的生態池，是社區災防與涵養水源最佳公共自然生態資源。而社區的每個家戶也都設置有雨水收集截留設備及中水循環再利用的系統設計
綠色生活	食物	使用在地食材，減少食物之碳足跡
	交通	社區內人車分道，停車場設有 40 個充電站，社區提供電車免費的停車空間及免費充電等誘因鼓勵住戶轉買電車和生質能汽車；另外還推動綠色共乘制度，省錢省能源
	綠建材	社區建材 50% 以上都在半徑 35 英哩的範圍內取得，其中 15% 來自再生材料
	低耗能產品	住家電器設備都使用歐盟合格的低耗能產品，廚房設置分類之廚餘儲藏箱以利進行資源循環使用
	綠屋頂	屋頂菜園、空中花園及生態池的設計，除塑造綠色的形象外同時吸引鳥類及昆蟲的造訪，形成生態的網路

#### 十、參訪希斯洛(Heathrow Airport)機場第五航廈個人快速交通系統(Personal rapid transit system, PRT)

希斯洛機場第五航廈於 2008 年完工，參訪目的主要是瞭解第五航廈專用個人快速交通系統(Personal rapid transit system, PRT)。個人快速交通系統自 2011 年啟用，是一種小型四人座運輸車，以電池動力推動行進，旅客透過碰觸式螢幕簡單操作，透過中央電腦控制系之調度便能穿梭於機場航廈和停車場間(航程、站數)。目前有 21 輛車投入運作，平均候車時間 10 到 15 秒，統計一周約載客 6,000 人次，在運作過程中，乘客不需要等待人數到達一定數量才可搭乘，即使在尖峰時段 95% 的候車時間也不超過一分鐘。PRT 系統能夠以如此密集之班次，提供該機場第五航廈旅客之運輸服務，在相關管理系統上勢必要投入相當縝密之事前規劃與調查分析，並非僅單純投入硬體設備建置即可符合整體系統建設之要求。

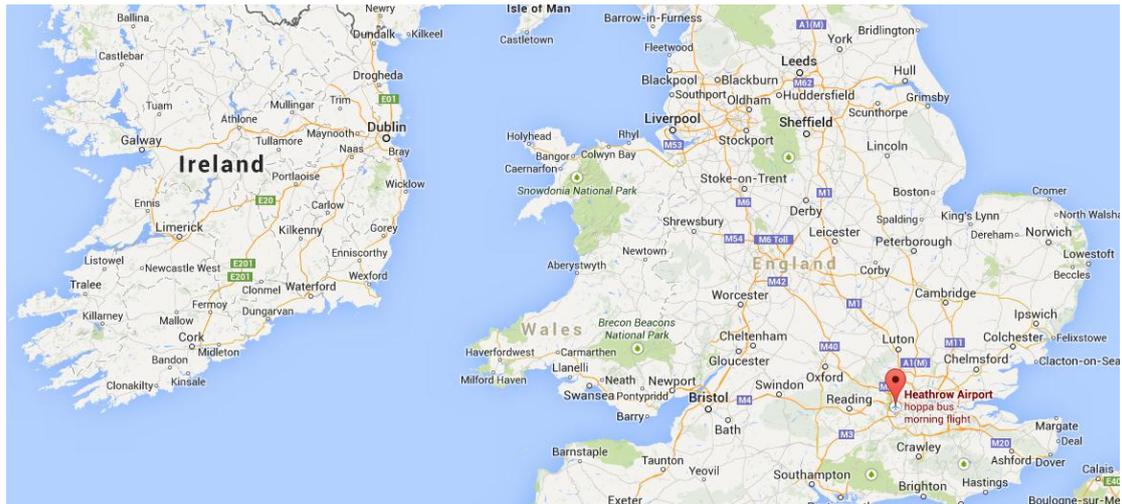


圖 62、希斯洛機場的地理位置

希斯洛機場的個人快速交通系統建置費約新臺幣 14 億，但是每年可省下五萬趟大型交通車來回運載客人和行李的費用，而行駛過程零排放，對環境影響亦減少衝擊。四人運輸車流線型的車體讓車輛看起來更輕盈，運輸軌道無需承受巨大載力，可於任何地型設置，穿梭於建築物或沿建築物闢建，是一種符合環保而又便捷的交通工作。運輸車討喜的外觀特別引起團員們的注意，而個人快速交通系統也讓另一位團員桃園縣環保局陳世偉局長思考未來桃園航空城採用類似系統的可行性。歸納個人快速交通系統的優點如下：

- 連結停車場與機場之間的距離，避開機場周邊交通壅塞路段
- 單向循環行駛，交通安全性佳
- 無廢氣排放及噪音問題，符合低碳環保要求
- 每 34 秒一班車，讓乘客免於久等
- 車輛適應性佳，軌道建置容易



圖 63、個人快速交通系統的車輛與車站



圖 64、Mr. Brown 帶領團員進入行控中心瞭解內部運作情形



圖 65、操作流程示範

- (A. 操作觸控式面板後等待車輛；B. 車輛內部；C. 進入車輛後按關門鍵；D. 門關上後隨即啟動)

## 肆、心得與建議

### 一、全面性的低碳政策制定

#### (一) 兼顧節能減碳與綠色經濟發展

英國在低碳永續城市發展上之特色，除了透過立法明定國家減碳目標外，也規劃完善的財務配套措施，且在能源永續、減緩氣候變遷與調適的相關政策措施有許多成功的制度設計。此外，英國為避免氣候變遷議題造成的環保與經濟衝突，藉由成立能源氣候變遷部，在落實減量目標的同時也提供經濟誘因與補助，幫助國家之低碳經濟發展。

由於臺灣與英國目前皆須依賴進口能源，對於日後用電需求增加以及在限制碳排放的壓力，其實應建立完整配套機制並加速再生能源開發，使能源供應穩定又在能源市場中價格具有競爭力。因此，在再生能源使用方面，英國特別在離岸風力、生質燃料混合使用及 CCS 方面增加投資，並制定相關電價收購制度，不僅助於減碳目標的達成，更增加國內新興產業發展的機會，值得臺灣學習。

#### (二) 多元合作的低碳城市推動模式

在推動地方低碳發展之策略上，由沃金市 Thameswey 公司之成立與成功運作中了解，只有由上而下的國家減碳目標並不夠，還須由地方提供創新的政策、技術與執行方式協助減碳目標之達成。為了減少地方在低碳發展上的行政阻礙，中央必須將部分權力轉移至地方，甚至個體，這也是臺灣在低碳城市推動上可以思考的部分。

臺灣目前之低碳永續推動多由單一部會、單向措施進行推動，中央與地方以及各部會之間尚未有良好的合作機制，若能規劃統合性的運作模式，整合相關資源，並發展全面的配套措施，將技術規範法規與實務結合克服法規之限制，則低碳城市之推動成效將更為顯著。

### 二、結合民間力量全力發展低碳經濟

#### (一) 善用政府資源打造低碳投資環境

英國投資貿易署積極與英國低碳服務之相關企業建立夥伴關係，協助企業尋找商機，為了幫助國內低碳服務業者開拓市場，也持續與國際低碳城市建構之執行單位建立良好關係，這不僅促進英國的綠色經濟成長，也幫助英國及其他國際都市達成低碳目標，值得臺灣在輔導低碳產業發展上

學習，以提升國內相關產業之競爭力。此外，英國貿易投資署藉由與舉辦低碳座談交流會，讓實際參與政策規劃及執行建構工作的知名顧問公司得以有機會與國際低碳城市建構單位進行交流，加速英國相關產業之發展與國際市場之開拓，是臺灣可參考之策略。

政府投資、企業運作已成為英國在低碳經濟推動上的主要方式，透過成立英國綠色投資銀行(UK Green Investment Bank, GIB)，藉由額外的私人投資解決英國低碳基礎建設的融資問題，加速綠色經濟轉型。此外，藉由政策與行政上的推動，及各種創新性的能源效率融資方案鼓勵民間共同參與低碳經濟，同時英國也支持各種能源、技術的研究開發，並提供專家諮詢與相關認證服務，不僅促使英國邁向低碳社會，也促進低碳產品與服務之市場需求，這些做法都值得臺灣思考相關策略。

## (二) 暢通公私部門低碳交流管道

在生態建築展(EcoBuild)中我們深刻體會英國的低碳行業的蓬勃發展，無論是在技術上或服務上皆是引領潮流，所涉及的低碳解決方案類別廣泛，涵蓋從城市設計、工程設計到專門配件、軟體和顧問服務等。與會者聚集在此不僅可尋求低碳技術、低碳商機，此展覽更提供與國際頂尖綠建築標準制定機構、低碳推動相關部門及低碳產品服務業者等的交流討論機會。臺灣自產能源不足，透過發展低碳經濟可減少能源消耗並獲得更多的經濟產出，藉由此類場合，可為臺灣之低碳技術與服務市場提供有力支持。

臺灣在低碳技術產品的商業運轉模式尚未成熟，技術仍需持續研發，較難在近期達到規模經濟。參考英國之低碳經濟發展，臺灣目前可以思考的方向包含如何提供低碳產業相關輔導協助，或透過建立產品認證之方式提供使用者信心、對產品進行比較等方式，以推行低碳相關產業、促進臺灣低碳經濟轉型。此外，透過邀請民間專家業者參與低碳永續家園 10 大運作機能小組，密切與中央及各縣市低碳專案辦公室交流合作、提供專業知識與技術，使政府與企業間維持良好夥伴關係，共同推展低碳永續家園。

## 三、政策法令與技術應用無縫接軌

### (一) 沃金市引導能源服務產業參與低碳基礎建構

由參訪沃金市(Woking)的低碳城鎮之發展，瞭解市議會與 Thameswey 公司扮演極其重要之角色，由於沃金市政府具有高度自主性，可 100%投

資成立不以營利為目的之 Thameswey 公司，興建鎮上垃圾發電設施、氫燃料供電設施及太陽能發電設施等等，將多餘電力販售，成為政府、議會及企業的收益之一。沃金市的減碳目標有政府法令的支持，讓政府、議會、企業及鎮民共同為發展低碳社區而努力。臺灣低碳城市之推動也有利用引入民間企業及能源服務公司之方式，因此沃金市之成功案例可引以為參考。

## (二) 東倫敦髒亂環境再生與運動場館再利用

東倫敦的土地再利用規劃是一項具有前瞻性的計畫，參訪過程中我們看到多處地點仍在施工，但是可以想像史特拉福市未來的市容將扭轉過去東倫敦髒亂、落後的印象。倫敦奧運在場館興建以前即進行評估規劃，賽後留下的場館、建築不僅不破壞當地的協調性，反而緊密地與都市結合，為地區民眾的生活帶來更多的福祉。其中奧運選手村改建合宜住宅的作法更符合資源再利用的永續精神，而合宜住宅的定價傾向一般大眾可以接受的價位，其用意是將良好的生活環境分享給社會每個階層的人。臺灣在國際上地位逐漸提升，也有更多機會承辦國際賽事，倫敦奧運的「綠色奧運」理念與作法值得我國學習，以重視建築物生命週期為出發點落實綠建築的理想。

## (三) 伯明罕良好的溝通協調以促成低碳都市更新

伯明罕經歷過工業革命洗禮、二次世界大戰的攻擊，老舊的工廠與新舊混合的建築林立，整體而言市容並不美觀，甚至有人稱之為英國最醜的城市，反觀臺灣的都市已普遍具備綠化意識，政府與民間都配合執行綠地保留的行動，因此比較伯明罕的現況，我國的環境風貌略勝一籌。然而伯明罕的低碳永續都市發展計畫與交通網絡整合計畫皆為縝密的整合性計畫，對於伯明罕再造的潛力可觀，我國未來進行都市更新計畫時，可參考伯明罕都市計畫中所強調的永續精神，並且考量都市整體發展的每個面項，做統合性的規劃，政府單位之間進行跨部門的協調，中央地方也必須進行垂直的溝通；除了滿足以人為出發點的生活所需，同時也應該關切自然環境保育的概念，保持生態平衡。此外，伯明罕低碳委員會之成員提供不同的專業，以伯明罕的永續發展為前提，給予市議會建議與諮詢，臺灣目前各縣市陸續推動各類型節能減碳自治條例，因此瞭解伯明罕的都市減碳策略，有助於我國環保首長在推動低碳永續措施時，能更通盤性的考量

不同面向，其中低碳委員會的做法就非常值得臺灣學習，藉由獨立的委員會團體，委員的言論、研究與意見不受市議會左右，對於有關伯明罕發展的議題作出回應，確保伯明罕的利益不受影響。

#### (四) 以農業廢棄物能資源回收減少環境污染

從歐洲生質能源研究所的能源收穫(Energy Harvest)計畫提供臺灣農業廢棄物再利用的良好案例，臺灣依空氣污染防治法規定不可露天焚燒稻草，但對農民來說，傳統觀念仍以燃燒稻草整地為主，倘若使用掩埋方式處理稻草，成本負擔較高，大部份農民沒有能力配合。團員對於Pyroformer™的功能感到肯定，並提出引進臺灣農村地區的建議，若能以農業廢棄物轉化為能源的技術說服農民替代焚燒稻草，不僅可改善空氣品質，同時以轉換生質能源作為誘因，應能大幅提高農民配合的意願。

#### (五) 社區居民以具體行動力倡導低碳生活

參觀貝丁頓零碳社區後，感觸最深刻的不在於社區建築本身，而在於居民對於低碳生活的實踐力。貝丁頓零碳社區的設計理念並非特別先進，其中綠色能源、綠色建材及綠色交通等作法已是老生常談，然而貝丁頓零碳社區裡居民對於低碳生活的凝聚力才是最值得學習之處。低碳生活是一種選擇，願意來到貝丁頓零碳社區居住的人選擇了對地球友善的生活型態，這種理念是需要時間培養的。臺灣推動低碳永續的概念不落先進國家之後，相關的教育、宣導必須持續的推動，未來我國若引進類似貝丁頓的零碳社區，大眾才能接受這種住宅理念。

#### (六) 友善方便交通系統取代傳統排碳車輛

希斯洛機場的個人快速交通系統也是個很好的體驗，觸控介面操作簡單、等待車輛的時間短、行進過程也很平穩，團員們對於這種輕便、零碳的接駁工具給予肯定，團員中之陳世偉局長認為桃園航空城的計畫中同樣強調低碳、永續的重要性，像這樣環保的機場接駁系統或許可以納入考慮。

### 四、國內低碳永續家園整合推動與英國作法契合

#### (一) 以義志工協助政府推廣低碳永續行動

本次參訪交流除了了解英國低碳永續之推動，也將臺灣成功的執行經驗提供英國參考。臺灣在資源循環上已有不少成功案例，例如巨大廢棄物預約回收再生、二手跳蚤市集與豬廁所沼氣回收等，已最大化各項資源使用價值，並帶動資源循環產業的經濟與發展，民眾生活及消費習慣也逐漸

改變，資源循環社會已漸漸形塑。此外，臺灣在低碳永續志工參與上，積極辦理低碳永續志工培訓，提供志工們環保及低碳生活之概念，並藉由志工傳達理念或影響民眾落實節能減碳工作，將低碳環保的觀念於民眾間傳遞。

## (二) 發展認證制度促使低碳措施普及化

英國方面利用低碳建築認證制度，例如建築研究所環境評估法 (Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology, BREEAM)、永續住宅規則(Code for sustainable homes)等，藉由取得評等標章獲得榮譽鼓勵綠建築的實踐，此精神與臺灣推行低碳永續認證評等機制，鼓勵各地方政府機關實地執行低碳行動項目相同，皆可反映其居住生活品質與居民低碳永續意識優異，利於達到由下而上推動、由上往下輔導相輔相成的效果。

臺灣目前已制定低碳永續家園認證評等制度，並於今年輔導各縣市、鄉鎮、社區試行，此制度可鼓勵民眾參與及落實低碳永續家園。藉由提供誘因吸引公民營機構相關資源的投入，輔導社區村里及鄉鎮市區參與認證評等制度，不僅培養民眾低碳觀念，更使低碳永續家園落實。

## (三) 良好的部會溝通並提供綠色財稅工具

在低碳政策推行上，英國政府強調相關部門之合作協調，因為低碳發展工作是涵蓋各個部門的，各部門良好溝通才能使低碳政策更全面推行。不只是中央的政策目標及觀點，由於地方才是主要的實踐者，也必須承受氣候變遷的結果，因此中央將部分權力轉移至地方或是個體，以減少行政上的阻礙，促進低碳經濟發展。這些與臺灣積極檢討研議各政府相關部會對於低碳永續家園能發展的配套措施、法規鬆綁與行政簡化有相同之處，皆是為了排除行政障礙，協調各部會資源，完善行動項目的可行性。且我國目前正思考政府經費的運用方式，由於低碳永續家園建設期長，所需經費龐大，政府希望藉由永續財務運作措施，評析各項財務自償循環的可行性，使經費使用符合黃金定律原則。沃金市的 Thameswey Sustainable Communities 能源服務公司，以及英國的綠色協議政策(Green Deal)已提供成功案例之參考，因此我國目前可透過民間資金參與低碳永續家園能源效率與節能改善措施投資之方式，包含採用低率貸款、加速折舊及抵稅等財稅金融工具等，以協助各項低碳措施建構。

#### (四) 完備資訊宣傳與經驗分享交流平台

由於英國貝丁頓社區已成為世界著名的零碳排放社區，透過由網站、手冊以及在 Ecobuild 展覽等場合的宣傳，英國零碳建築已宣傳至國際，民眾的價值觀與生活習慣也因相關資訊的提供而改變。我國目前已建立「低碳永續家園資訊網」(<http://lcss.epa.gov.tw>)並逐步建置相關資訊，中央、地方與技術諮詢小組也藉由該平台定期交流，持續更新十大機能運作機制。未來將持續更新英文版網頁與製作相關文宣，辦理國際論壇，協助地方政府進行低碳永續城市外交，期望將臺灣提升低碳城市執行之國際能見度。

英國綠建築協會利用 Pinpoint 交流論壇，提供成員一個資源共享的平台，成員可以擷取利用相關資源，其中包括產業知識、技術發展趨勢、評等工具應用經驗、綠建築架構和標準等，相當值得臺灣目前推動低碳永續社區做參考，可藉由在「低碳永續家園資訊網」中建立類似交流平台，以廣納所有社區成員意見，並且依據各社區之地方特色，尋求居民共識，凝聚向心力，以共同發展社區之低碳永續建構能量。