

出國報告（出國類別：考察）

「建築能源效率：德國綠建築參訪」  
出國報告

服務機關：行政院環境保護署

姓名職稱：顏科長旭明、溫技正育勇

派赴國家：德國

出國期間：101年9月8日至101年9月16日

報告日期：101年12月16日

## 「建築能源效率：德國綠建築參訪」出國報告摘要

德國因應氣候變遷衝擊與石化能源日趨耗盡，長年來致力於提升能源利用率，並持續擴大太陽能、風力等再生能源及其他替代能源（如水份燃料等）之應用，特針對占德國耗能比率達 40% 之建築耗能，逐漸加嚴新建築節能法規標準，規劃 2018 年公共建築及 2020 年新建築均應達零碳建築標準，並朝產能建築方向研究，另以提供貸款等方式鼓勵舊建築更新，德國整體節能推動成效斐然，具國際標竿參考價值。

德國經濟辦事處安排本次參訪德國柏林、漢堡及法蘭克福等綠能模範城市，並與德國產、官、學各方交流，了解德國永續節能政策內容及推動方式等，且實地體驗節能建築示範案例，對於我國節能建築之後續推動，獲致「選擇性應用德國建物冷能相關節能技術」、「由下而上方式推動低碳永續家園」、「推動抽蓄水力發電作為未來尖離峰發電調度優先選項」、「建構低（零）碳建築示範案例」、「再生能源電價比率」、「開放能源公司成立」、「成立綠能專責訓練機構」等心得建議。

# 目 次

章 節	頁碼
壹、前言及目的.....	1
貳、行程與團員.....	3
參、參訪內容簡介.....	7
肆、心得與建議.....	36

# 「建築能源效率：德國綠建築參訪」出國報告

## 壹、前言及目的

德國因應氣候變遷衝擊與石化能源日趨耗盡，長年來致力於提升能源利用率，並持續擴大太陽能、風力等再生能源及其他替代能源（如水份燃料等）之應用，特針對占德國耗能比率達 40% 之建築耗能，逐漸加嚴新建築節能法規標準，規劃 2018 年公共建築及 2020 年新建築均應達零碳建築標準，並朝產能建築方向研究，另以提供貸款等方式鼓勵舊建築更新，德國整體節能推動成效斐然，具國際標竿參考價值。

本次參訪主辦單位為德國經濟辦事處（如圖 1）及德國聯邦經濟暨科技部（如圖 2），參訪主題設定為「建築能源效率-德國綠建築參訪」，鑑於德國追求提升能源效率及再生能源應用屬世界標竿，希望將能源技術應用經驗推廣至世界各國，故本次邀請我國經濟、能源、建築相關產、官、學界代表，實地參訪德國綠能模範城市，並交換意見，冀達技術經驗交流之目的。



圖 1 德國經濟辦事處在臺辦公室徽章



圖 2 德國聯邦經濟暨科技部徽章

本次安排參訪地點涵括德國柏林、漢堡及法蘭克福等綠能模範城市，並與德國產、官、學各方直接面對面交流，了解德國永續節能政策內容及推動方式等，且實地體驗節能建築示範案例。

除我國派員參訪外，德國聯邦經濟暨科技部業於 101 年邀請韓國及日本等國代表前往參訪相關內容（如圖 3 及圖 4），展現德國推廣其節能建築技術國際化之企圖。



圖 3 韓國代表 101 年參訪德國情形



圖 4 日本代表 101 年參訪德國情形

## 貳、行程與團員

### 一、考察行程及內容概要

日期	行程內容	地點
9/10	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 拜訪德國聯邦建築、交通及都市發展部，概述德國再生能源推廣及因應氣候變遷對策。</li><li>2. 拜訪德國聯邦經濟科技部，說明經濟政策與能源結構、節能建築階段目標及達成方式。</li></ol>	柏林
9/11	參訪 Koflers Energies 研究室建築，運用屋頂全熱交換器、熱泵、冷水管等措施以達節能目的。	柏林
9/12	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 參訪 Elbcampus 太陽能中心，介紹漢堡獲選為 2011 年歐洲綠首都成果外，該單位屬建築節能顧問機構，並辦理節能相關訓練、認證及宣導，該建築物設置熱能中心(CHP)。</li><li>2. 參觀國際建築展「能源之丘」，展示再生能源應用，活化廢棄掩埋場，將廢棄炮台改建為區域儲能中心，改建社區區域供熱系統。</li></ol>	漢堡
9/13	參觀 Hafencity 及管理公司，以永續觀點整合都市擴建規畫，應用再生能源，並評比節能建築。	漢堡
9/14	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 參觀德國 KFW 信貸銀行，該銀行提供民眾建築節能改善貸款申請，辦公大樓納入自動化節能通風規畫，並取得能源護照。</li><li>2. 參訪 Ziehenschule 學校被動式節能屋，應用遮陽、隔熱、爬藤、建材、通風等節能措施。</li><li>3. 參訪 2009 年太陽能節能屋競賽得獎案例，以太陽能板包覆建築，並配合建材、熱泵等。</li></ol>	法蘭克福

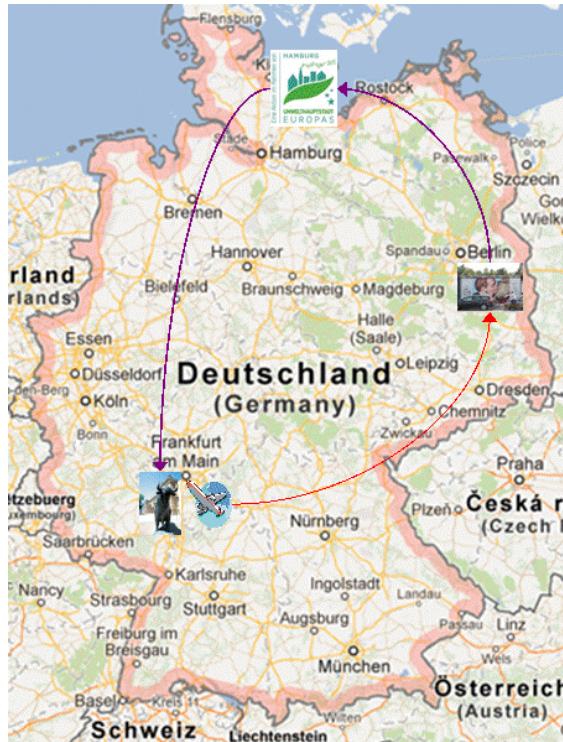


圖 5 參訪地點位置圖

## 二、考察人員

本案係依「環保署因公出國人員選派作業要點」規定，指派與本次考察目的業務相關同仁與會，包含負責環境影響評估法規制度研析之顏科長旭明，以及負責環境影響評估審查實務之溫技正育勇與會，該 2 位同仁相關業務經驗列表如下：

環保署參訪同仁	執行相關業務
顏科長旭明	1.環境影響評估法規制度研析修正、法令解釋，藉以規範各種開發行為，在規劃階段應同時考量節能減碳等環境因素，不合乎規定者，不得開發，以達永續發展之目標。 2.開發行為應實施環境影響評估細目及範圍認定標準之解釋認定，以作為後續環境影響評估個案審查認定採行建物節能等環保對策之基礎。

環保署參訪同仁	執行相關業務
溫技正育勇	<p>1.100 年委託編制「區域能源供應技術手冊」。</p> <p>2. 101 年辦理「低（零）碳建築示範案例平行診斷推動」、「高雄新市鎮後期發展區低（零）碳建築諮詢」及「低碳建築應用於環境影響評估可行性分析」等 3 案，除規劃擬定環境影響評估有關低碳建築相關規範外，並委託英商奧雅納工程顧問有限公司辦理高雄新市鎮等 17 案之低（零）碳建築示範案例平行診斷作業。</p> <p>3.主辦審查與建物節能相關之環境影響評估案件包括「國家會展中心(南港展覽館擴建)新建工程暨附屬工程」、「南星土地開發計畫－自由貿易港區第一期」、「中興新村高等研究園區」、「明志科技大學擴建計畫」等開發案件。</p>

德國經濟辦事處及德國聯邦經濟暨科技部本次邀請我國經濟、能源、建築相關產、官、學界代表與會，參訪成員列表如下：

服務單位	職稱	姓名
環保署	科長	顏旭明
環保署	技正	溫育勇
行政院陳振川政務委員辦公室	專門委員	楊泓斌
臺北市政府都發局	副局長	王榮進
臺北市政府建築工程管理處	股長	吳琇瑩
臺南市政府	副市長	林欽榮
臺南市政府經發局	科長	林文信
高雄市政府工務局	幫工程司	周一心
財團法人臺灣建築中心	執行長	許銘文



服務單位	職稱	姓名
財團法人資訊工業策進會	工程師	嚴嘉鑫
中華電信	科長	周萬民
圓境生態綠能股份有限公司	董事長	陳光雄
永鼎建設股份有限公司	建築師	蔡一正
景文科技大學	助理教授	嚴佳茹
慕尼黑理工科技大學	隨行翻譯	彭宣穎
德國經濟辦事處	科技組經理	何若白



圖 6 團員參訪情形 1



圖 7 團員參訪情形 2

## 參、參訪內容簡介

### 一、德國節能政策

首先拜訪德國聯邦建築、交通及都市發展部(BMBVS-Federal Ministry of Building, Transport and Urban Development)，由該部 Alexander Durnagel 說明「德國二氧化碳減量及能源政策」；另拜訪德國德國聯邦經濟科技部(BGA-Federation of German Wholesale)，由該會何若白、Heiko Staubiz、Thomas Braig 等說明德國電力供需概況、熱帶節能屋案例等內容。



圖 8 聯邦建築、交通及都市發展部辦公大樓

目前德國 2012 年統計各項耗能來源中，以建築耗能最高占 40%（其中又以暖房耗能居多），工業及交通次之。

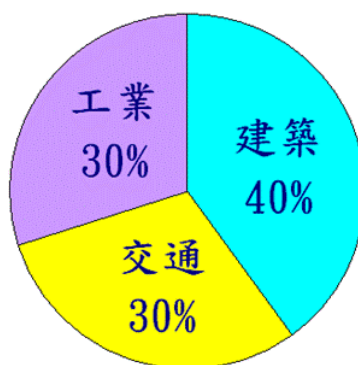


圖 9 德國 2012 年耗能結構

### (一) 德國節能目標

德國第 1 階段訂定 2020 年節能目標如下：

1. 溫室氣體排放量較 1990 年降低 40%。
2. 達成 100 萬輛電動車、50 萬輛氫氣車之低碳交通工具目標，其中，氫氣車係指自水中抽氫氣作為能量來源，且須設置加氫站。
3. 發展替代能源完全取代核能，達到非核家園目標。
4. 新建築能源效率之規範為 30kwh/m<sup>2</sup>a (被動式建築標準)，另公共建築提前至 2018 年即應達成 (目前法規標準 120kwh/m<sup>2</sup>a、漢堡市自行加嚴標準至 90kwh/m<sup>2</sup>a)。

德國第 2 階段節能目標年乃訂於 2050 年，其節能目標與 2020 年相較，就二氧化碳減量比率 (以 1990 年為基準年比較)、再生能源占總能源、電能及熱能之比率，彙整比較如下表：

目標年	2020年	2050年
CO2減量 (比較1990年)	-40%	-80%
再生能源比率		
-占總能源	18%	60%
-占電能	35%	80%
-占熱能	14%	60%

## (二) 德國建物節能作法

德國對於履行建築物減碳目標之作法，其適用對象包括「新建物」、「舊建物改建」(約 4,000 萬住宅單位)，同時採行「限制」及「鼓勵」2 種對策，分述如下：

1. 「限制」對策，主要係針對「新建物」逐年提高能源效率標準，彙整德國歷年來新建築能源效率之規範加嚴情形如圖 10。

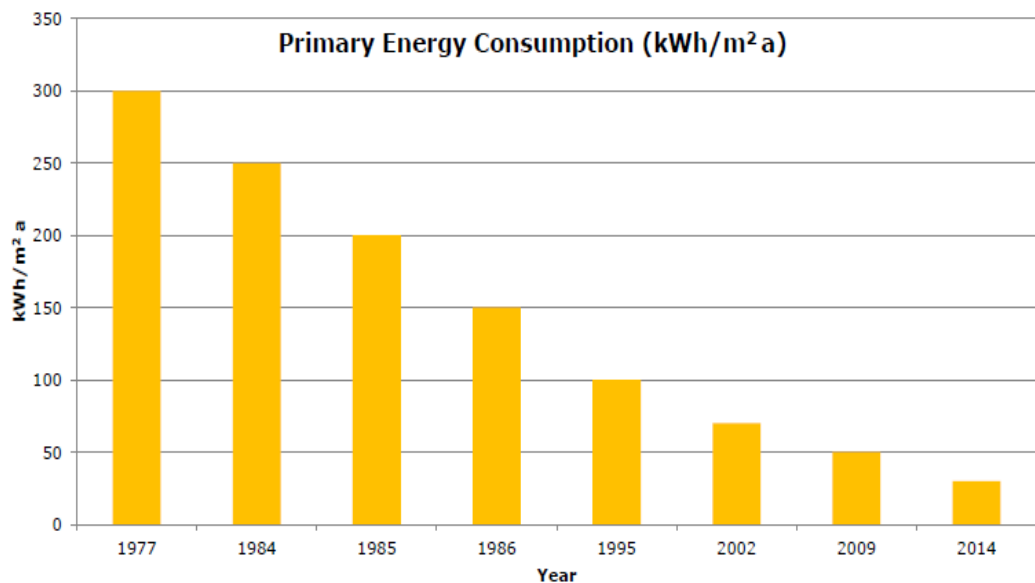


圖 10 新建築能源效率之規範加嚴情形

2. 「鼓勵」對策，德國政府認為直接補助建築改善之執行可行性低，故採行民眾逕洽銀行申請貸款，德國政府並提供 KWF 信貸銀行 15 億歐元，作為基礎運作資金。對民眾而言，進行建物節能相關增(改)建工程，即可申請貸款，其貸款利率為 1%，訂 5~10 年內還款，此外，申請建物整體改建者，即可申請補助 5,000 歐元。

此外，2012 年度德國政府編列節能補助方式，係分別由聯邦政府、16 個邦及鄉、鎮單位等 3 方各編列都市建築節能規劃之政府經費，統一規劃執行方案，其中，又以 16 個邦具有執行方案之補助與否之決定權，其 3 方運作關係如圖 11。

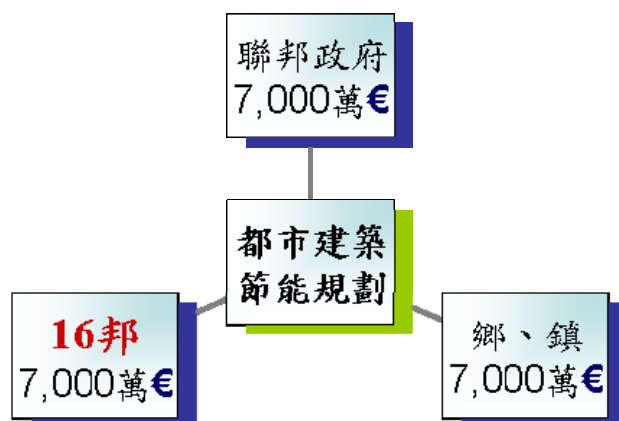


圖 11 2012 年德國政府編列節能補助經費體系

### (三) 舊建物改建實例

以德國柏林 1 處舊建物改建實例進行研析探討，該建物係出租使用，於改建前（如圖 12）之出租率僅 40%，租金每平方公尺約 3.12 歐元，其建築能源效率高達 184 kwh/m<sup>2</sup>a；爾後經申請貸款改建後（如圖 13），建築能源效率降至 44 kwh/m<sup>2</sup>a，節能效率達 76%，係實質經濟效益展現在租金及出租率上，其中，租金因此增加約 1.5 倍，達每平方公尺約 4.7 歐元，而出租率則遠高於原 40%，顯見改建投資之經濟效益極高，綜整改建前後比較如下表：

項目	改建前	改建後
建築能源效率 (kwh/m <sup>2</sup> a)	184	44
節能比率	<b>76%</b>	
租金(€/m <sup>2</sup> )	3.12	4.7
出租比率	40%	待統計





圖 12 柏林出租建物改建前情形



圖 13 柏林出租建物改建後情形

#### (四) 德國工業用電分析

有關德國工業用電現況，其工業用電占總用電量之比率達 50%（如圖 14 所示黃色區塊），逐年呈現穩定趨勢。

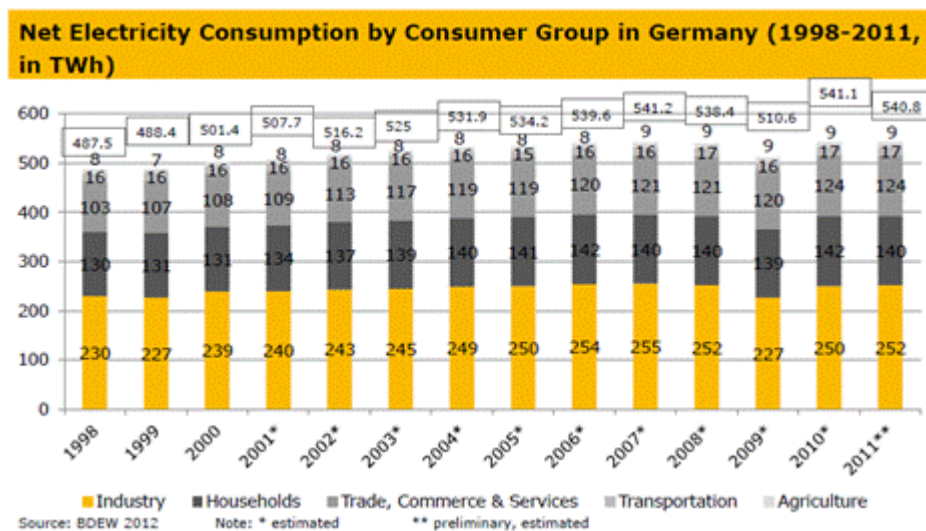


圖 14 德國工業用電占總用電量分布情形

另比較德國與歐洲其他國家之工業電價（如圖 15），發現德國工業電價相對較高。

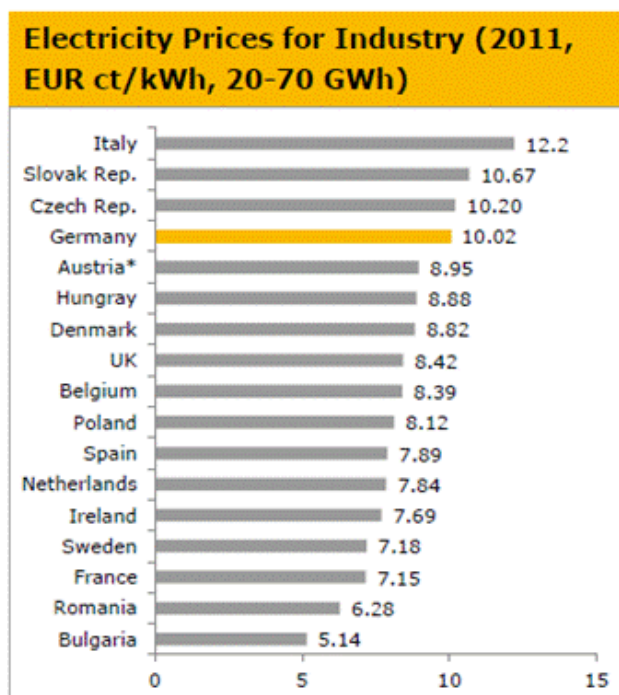


圖 15 歐洲各國工業電價比較

惟分析德國工業電費中，各種發電來源所占比率發現，產電成本較高之再生能源支助比例（如圖 16 灰色區塊）明顯較低，以 2012 年為例，所占比率僅約 1/4（3.59/13.87），德國政府訂定該費用架構之用意，在於希望保留住德國國內大型工業，以維持其經濟發展及就業需求，盡量壓低高電費對於大型工業之衝擊。

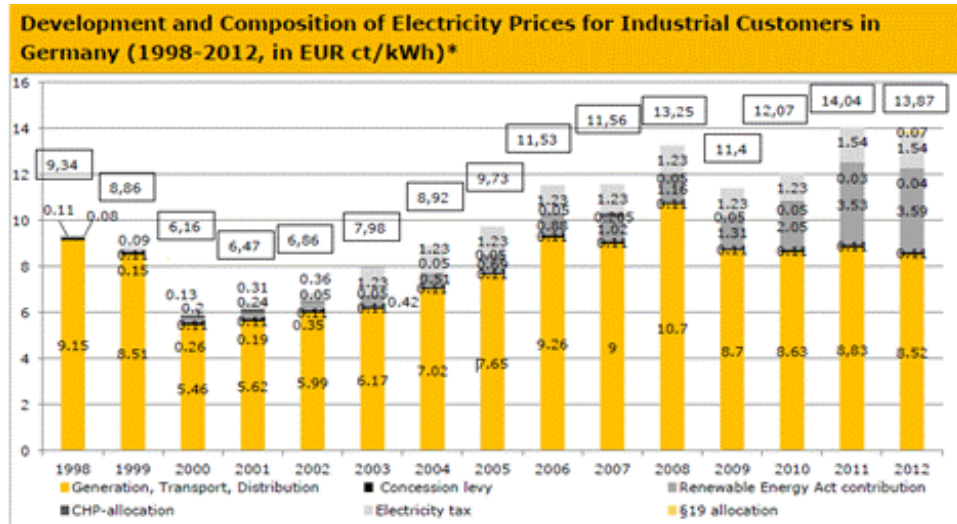


圖 16 德國工業電價各發電來源支助比例

#### (五) 德國能源供應結構

探究德國 2010 年能源供應結構（如圖 17），能源供應以石油最多（34%），天然氣次之，而再生能源比率占 10%，值得注意得是，再生能源比率逐年提升，統計 2012 年 1~6 月再生能源比率已達 25.1%。

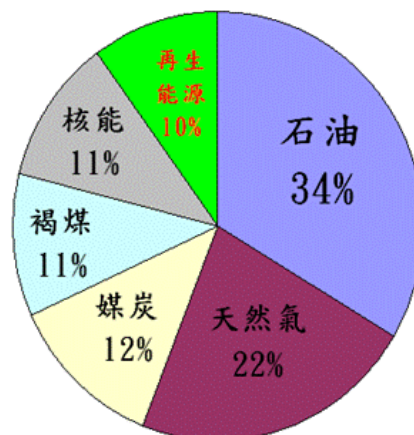


圖 17 德國 2010 年能源結構



分析前述各類型發電設施之分布（如圖 18），其中，石油、核能等傳統發電主要分布於德國東南部重工業城市附近，風力、水力等再生發電則以中、北部為主。

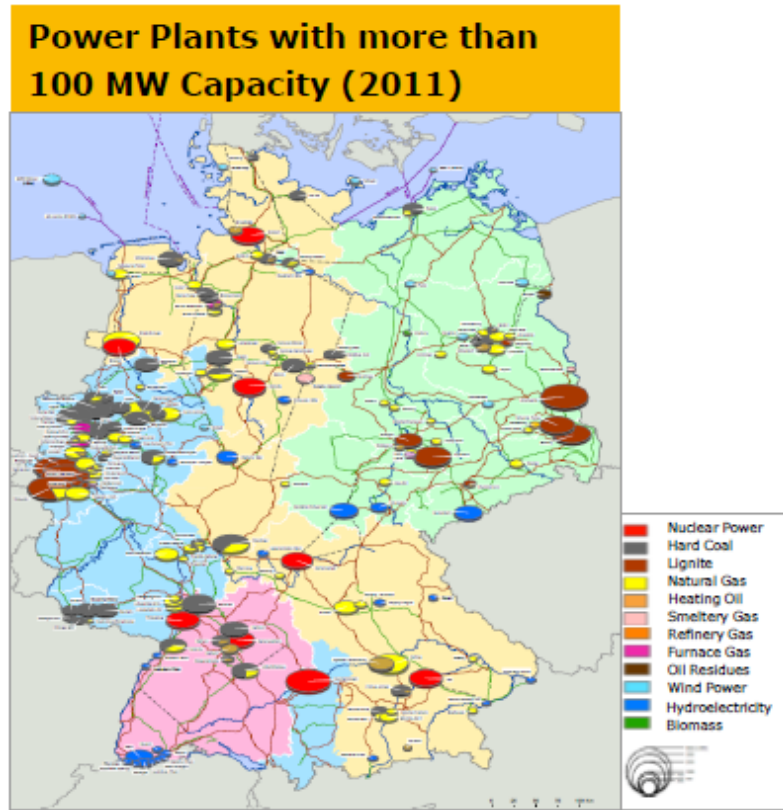


圖 18 德國電廠分布現況

至於電力管理上，德國開發民間競爭該產業，形成 4 大公司分區管理之情形（如圖 19），各公司競爭結果，民眾、工商業等使用者將成爲最大受益者。



圖 19 德國 4 大電力公司分布情形

## （六）德國未來能源展望

德國對於未來能源之展望，係以再生能源開發為主要方向，而進行全國風力發電潛能分析，其分析結果（如圖 20）呈現該國北部風力潛能極大，故未來策略係期望能將北部風力輸送至全國使用。統計結果發現，德國北部波羅的海 200 海哩近海風力發電最大發電量達 33 萬 MW，倘能全數利用（模擬離岸風力發電廠如圖 21），目前德國境內 18 座核能電廠即可全數停止運轉，達到廢核目標。

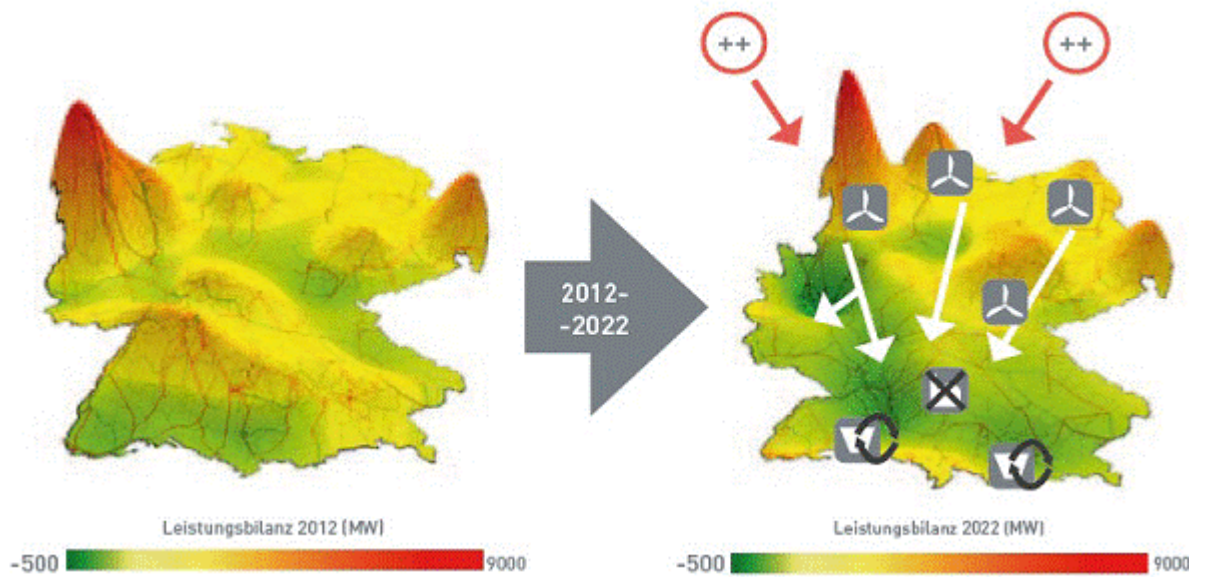


圖 20 德國風力發電潛能分析



圖 21 德國北海離岸風力發電模擬示意圖

### （七）再生能源配套貯能

經環保署與會代表溫技正育勇提問，德國代表亦承認提高再生能源比率之關鍵在於「配套貯能系統」，德國現況貯能比率僅 3~4%，其餘產能直接併入電網，此外，並持續研究以水分子貯能可行性。

對我國環保署「將抽蓄水力發電作為未來第一優先之能源開發順位，以提供再生能源（太陽能、風力、潮汐發電等）離峰時段產能之貯存空間」之看法，德國代表承認抽蓄水力發電之貯能效率較高，但德國遭遇當地民眾對於自然環境景觀衝擊之反對，而未推動。

### （八）德國電動車推動方式

在德國，民眾購買電動車並無提供補助，但可享有 10 年免稅及專有車位之優待。再者，政府提供 25 億歐元資助廠商電動車研發，目前最新研究技術為氫氣車開發。

此外，德國政府逐步推動「E-car 機制」，未來將限制私人車輛只能停都市外圍，都市內應採用公共交通工具或共乘機制，以降低整體碳排放量及能源消耗。

圖 22 係未來零碳建築結合電動汽車之藍圖，該建築搭配太陽能發電外殼，車輛得直接進入建築內充電。



圖 22 零碳建築結合電動汽車之藍圖



## 二、節能建築案例

### (一) 馬克斯普朗克研究中心(Max-Planck Institute)

馬克斯普朗克研究中心 (Max-Planck Institute) 係基因學及疾病學的研究機構 (如圖 23)，總共有 4 棟建築，內含生物基因實驗室，故有供熱及供冷之需求。

主要建築物委託專業顧問 KOFLER ENGINES 設計，主要節能手段包括「屋頂全熱交換機」(如圖 24)、「廢熱利用」、「6 °C、14°C 冷水管」、「熱泵」、「採光遮陽」等。



圖 23 馬克斯普朗克研究中心 (Max-Planck Institute)



圖 24 屋頂全熱交換機

各節能手段中，值得一提的是「6°C、14°C冷水管」(如圖 25)，主要係因應各建築物需冷程度之不同，以冷水管方式先輸送 6°C 冷水提供需冷程度較高(如基因實驗室等)使用，俟水溫升高後，再輸送 14°C 冷水供其他需求設備(如電腦主機房等)。

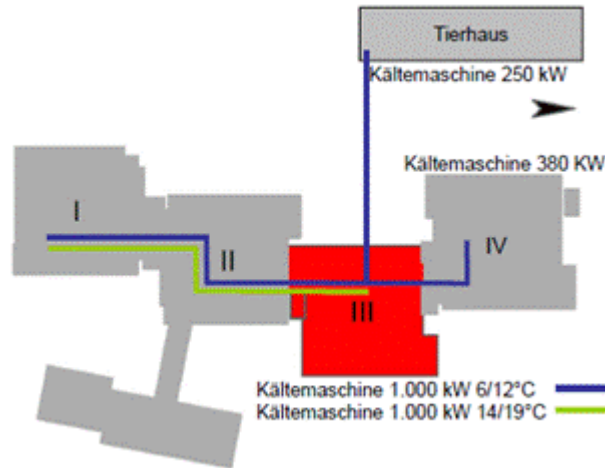


圖 25 6°C、14°C冷水管

## (二) 節能訓練機構-Elbcampus

Elbcampus (如圖 26) 係由德國政府出資 6500 萬歐元，興建 5,000 人之節能專業訓練機構，逐年再提供補助。該機構成立之目的，係提供民眾報名參加建物節能相關技職訓練，並辦理相關證照測驗。



圖 26 節能訓練機構-Elbcampus

該機構演講者 Christian Maas 曾於 101 年初赴我國，參與環保署主辦之低碳節能綠首都經驗分享會議。參訪當日介紹歐洲綠色首都漢堡市，漢堡市因鄰近港灣交通便利，原屬歐洲工業密度較高都市，近年來面對長久以來環境污染問題，冀望逐變轉變為高居住品質城市，於 2011 年在 36 個城市角逐情況下，提出各城市綠色推動經驗交流概念，及綠能改善實績，最後獲得歐洲綠色首都的殊榮。

簡報過程，值得注意得是，漢堡市為推動民眾主動自主利用太陽能再生能源，進行全市各建築屋頂日照潛能分析，並主動上網公開，俾讓民眾了解於自家屋頂建置太陽能板之效益，讓民眾產生設置意願。

現勘節能訓練機構 Elbcampus 之訓練設施，現場展示冷凍機、熱鍋爐安裝維修（如圖 27）、風機葉片維修（如圖 28）、屋頂太陽能板安裝（如圖 29）等實務訓練設備。



圖 27 冷凍機、熱鍋爐安裝維修訓練





圖 28 風機葉片維修訓練

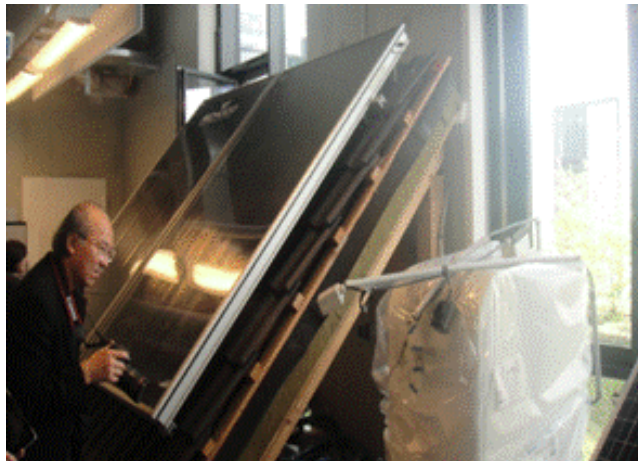


圖 29 屋頂太陽能板安裝訓練

此外，該訓練機構本身就是節能建築之典範，亦屬訓練教材之一部分，運用熱、冷、電三生區域能源供應系統（CCHP）（如圖 30），教室利用內外遮陽設施（如圖 31），現場並展示小型 CHP（如圖 32），其發電量足供 1 個家庭使用，且利用冬季儲冰  $140\text{m}^3$ ，作為夏季所需冷能，設置跨季儲冷儲熱設施（如圖 33）。

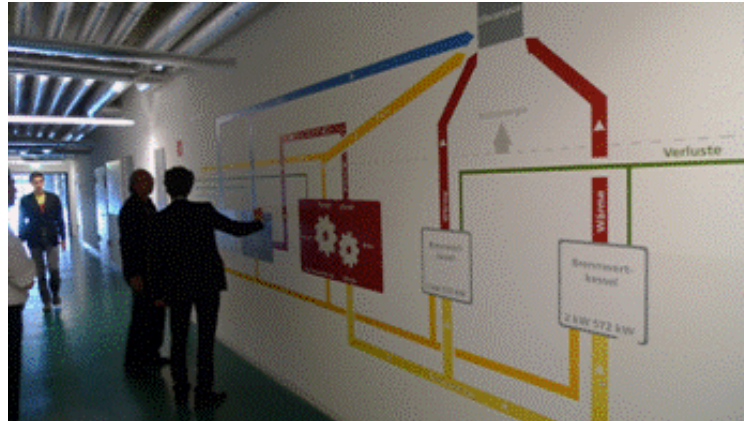


圖 30 熱、冷、電三生區域能源供應系統 (CCHP)



圖 31 教室內外遮陽



圖 32 家用小型 CHP





圖 33 跨季儲冷儲熱設施

此外，該機構並現場展示溴化鋁太陽能自動產冷實驗（如圖 34），利用溴化鋁於抽高壓之環境下，改變水分子之凝結點，再利用太陽能自動活化溴化鋁。該機構講者建議，臺灣地區之能源需求主要為冷能，該材質倘得廣泛設置於我國屋頂，即可利用臺灣豐富太陽能自動且重複產生冷能，為可行之再生能源運用技術。



圖 34 溴化鋁太陽能自動產冷實驗

### (三) 節能示範案例-能源之丘(Energy Hill)

IBA (International Building Exhibition) 為國際性建築推動組織，其成立宗旨主要為推動長期計畫，改善人類未來生活型態，主要措施包括舊建築節能改造、新建築的耗能標準、再生熱能供給及使用等。

IBA2008 年著手推動能源之丘、能源之堡、生質燃料電廠、深層地熱等計畫，作為指標性實驗標的，藉以尋覓都市污染危機之解決方法，期能滿足 2025 年建築物用電需求及 2050 年熱能需求，逐步使該區域達到 100%再生能源及氣候中和之目標。

「能源之丘」(如圖 35)所在地原屬平地，二次世界大戰後成為戰後廢棄物棄置場，1967 年開始倒入大量有毒廢棄物，於 1979 年因有超過安全標準之戴奧辛污染物驗出，引發外界關注及恐慌，政府當局宣布關閉，合計掩埋達 17,800 萬  $m^3$  一般廢棄物，以及 2,000 $m^3$  有毒廢棄物。

近年來漢堡市政府委託 IBA 等機構，出資 9,000 萬歐元淨化該區，場址整治工程包括「隔絕廢棄物及有毒物質」、「防止雨水滲入」、「抽出有毒地下水再處理」等。

綠能工程包括「鄰近工廠廢熱利用」、「沼氣發電」、「3 台風機 3.4MW\*2、1.5MW\*1」、「7000 $m^2$  太陽能板架設」，產能足供鄰近社區使用(如圖 36)。

「能源之丘」未來將開放為市民公園，該區因掩埋廢棄物，故相對於漢堡市具制高點，站在坡面上得眺望全市。



圖 35 能源之丘現況

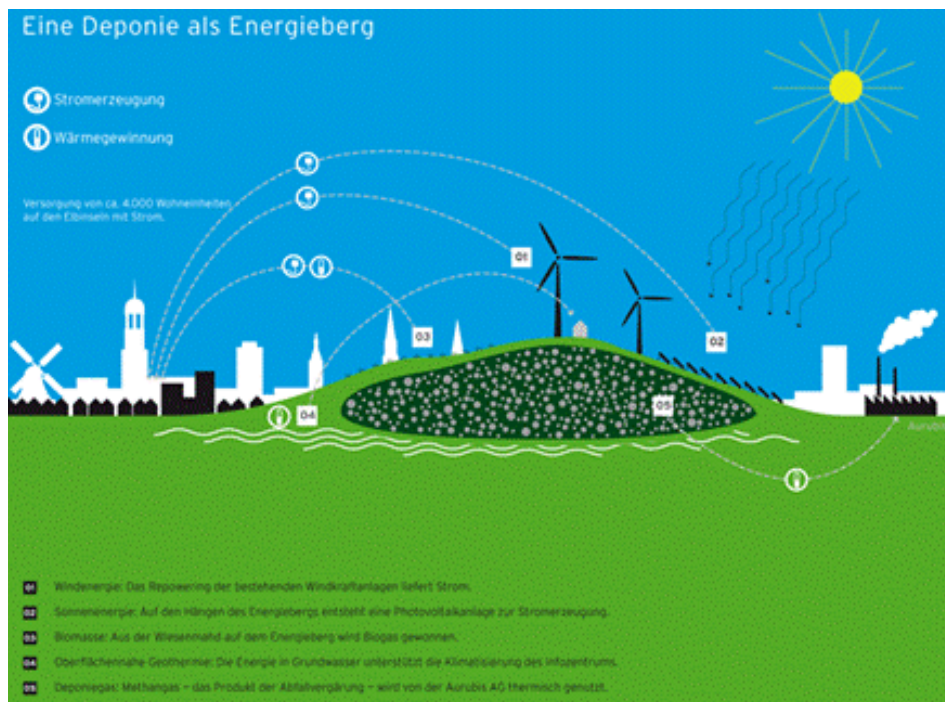


圖 36 能源之丘設置構想圖



#### （四）節能示範案例-能源之堡（Energy Bunker）

本次安排參訪能源之堡（現況照片如圖 37），該建築物為長、寬、高各 57、57、42 公尺的建築體，第二次世界大戰時興建作為 4 萬個人躲避空襲之用，故採極厚水泥構造興建，1947 年時被英國炸毀（如圖 38），之後廢棄不用，成為戰後遺留碉堡。

近年來 IBA 規劃以 24 百萬歐元，利用該碉堡既有厚實外牆具有保熱、保冷之功能，採生質燃料（biogas）及工業廢熱汽電共生系統作為能量來源，並於屋頂及外牆設置太陽能熱水器與太陽光電系統（如圖 39），建構建築本體內一個 2,000 立方公尺容量的儲水槽（施工情形如圖 40、完工情形圖 41）。透過鋪設供熱管線及供電線路，所產生足以供應當地 1.2 平方公里範圍內的住宅。

預計於 2013 年完成後可供應 22.5 百萬度熱能及 3 百萬度電能，相當於 3,000 戶住宅用熱需求、1,000 戶住宅電力需求，換算得減少 95% 二氧化碳排放，相當於每年減少 6,600 噸二氧化碳排放。



圖 37 能源之堡現況照片



圖 38 礮堡二戰時期轟炸情形

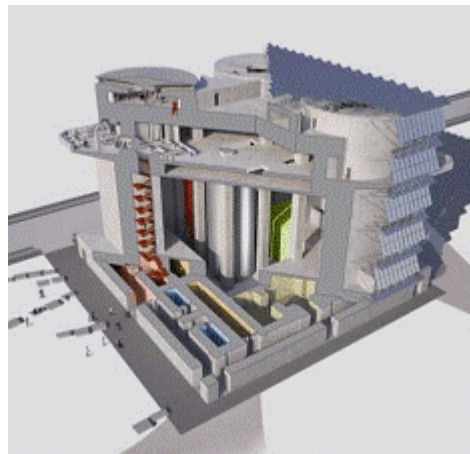


圖 39 能源之堡內部設計圖



圖 40 能源之堡施工情形



圖 41 能源之堡完工情形

此外，IBA 利用能源之堡產生能量，建置區域能源系統（規劃設計圖如圖 42），提供鄰近國宅社區低收入戶所需熱能，提供能量之社區範圍示意圖如圖 43，管線施工情形如圖 44。

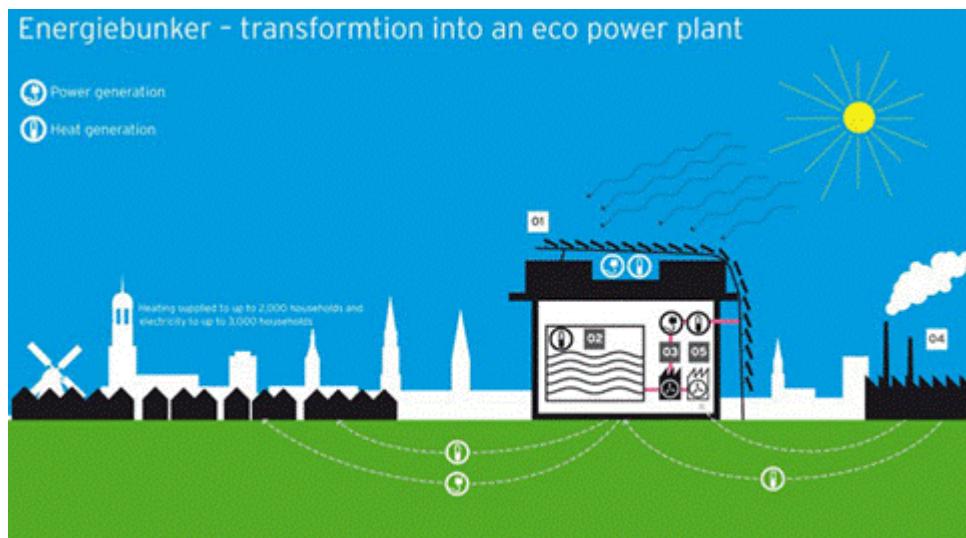


圖 42 區域能源系統規劃設計圖



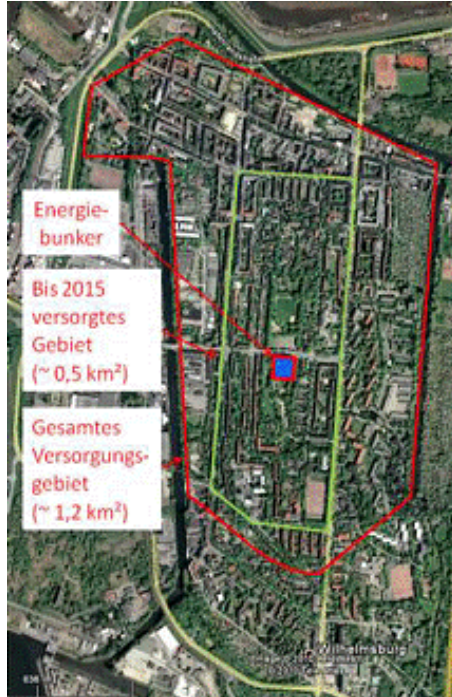


圖 43 能源之堡供能範圍示意圖



圖 44 能源之堡供能管線施工照片

此外，IBA 亦協助該舊社區逐步改建或重建為低碳節能建築，提升社區住宅品質，降低能源及經費消耗。圖 45 為該社區改建中情形，道路左側為改建中住宅，道路右側為改建完成之住宅。



圖 45 舊社區改建情形照片

#### （五）新市鎮開發-漢堡港口新城（Hafencity）

德國政府協助成立 Hafencity 管理公司負責管理該港口新城的開發，該公司 Desler 先生負責本次參訪導覽。

Hafencity 涵蓋面積約 157 公頃，緊鄰漢堡市之港口範圍，原為港口倉庫區，所處地勢低，有淹水之虞，漢堡市為充分運用該區土地，將該區地表抬高至海平面 8 公尺以上，以達到防洪的要求，完成後可使漢堡市中心的面積增加 40%。

未來開發完成後，新建建築物總面積將超過 232 萬平方公尺，約可引入 5,800 戶、12,000 人口，相關商店、辦公大樓可容納 45,000 人就業。

管理制度上，該區土地於讓售予開發商前，須先由管理委員會就開發商所提規劃方案進行審查，且與相關機關協商，確保開發建築物建造品質、時程及背景調和度，審查通過後始得開發。

能源供應上，均統一規劃採取區域供熱系統，西區建築物均納入區域供能網路，透過分散製熱、燃料電池、太陽光電系統及地熱技術



等，使產熱二氧化碳排放量控制在每度 175 克以下（傳統天然氣製暖約每度 240 克）；未來東區開發，採公開招標方式，開發各能源公司提出構想競標，以節能及民眾費用最低為優先考量，最後由 Dalkia 電力公司所提能源構想方案得標，其規劃係透過運用燃燒木材、使用燃料電池及熱泵等方式，該區供暖系統的二氧化碳將下降到每度 89 克。

此外，透過都市計畫手段，將住宅、商業、休閒及辦公用途土地整合，縮短距離，開放大面積水域及開放式建築以降低熱島效應。

另利用地表抬高後下方空間做為停車場使用，減少車輛對地面空間的占用。

為了推動優質建築，漢堡市另外推動一個與我國相仿的綠色建築標章，該標章區分為金質及銀質，主要評審項目包括：

- 1.建築物的能源消費應低於國家法律標準。
- 2.對公共資源永續利用的貢獻度。
- 3.是否使用環保建材。
- 4.對人體的健康及舒適重視的程度。
- 5.是否符合無障礙空間的需要。

整體新市鎮目標對於中、東區建築 50%以上建築物達到綠建築金質獎水準，而逐步推展至所有住宅都必須通過綠建築金質獎認證。

#### （六）節能建築案例-KFW 信貸銀行

德國復興信貸銀行（KFW 信貸銀行）主要提供工業資助、住宅改造之貸款申請，以設置太陽光電為例，該銀行提供最低 1.26%（實際利率尚需視借款人的信用狀況而定），還款期限最長 20 年之優惠貸款。

基於示範目的，德國復興信貸銀行將總部改造為節能建築（如圖 46），透過一連串的節能措施，可以達到夏季不使用冷氣及全年供暖耗能 100~150 kWh/m<sup>2</sup>的目標。

該建築為 2008 年新建物，當地於夏季最高溫度達 30℃，惟經採 18℃ 地下水夜間冷卻牆面水泥，產生冷卻效果，而無需設置冷氣；另該建築外窗得根據室外氣流方向決定開啓與關閉的窗營造室內的氣溫、氣流與空氣品質（如圖 47），其規劃係基於煙囪效應及白努利原理（如圖 48）以達對流散熱之效，另採雙層玻璃設計，除節能外，產生不同角度之外觀色彩變化（如圖 49）。

整棟建築面積 1 萬 m<sup>2</sup>，造價達 9300 萬歐元，費用極高，而且定期玻璃清潔費昂貴，該建築示範性質較實用性質為高。



圖 46 德國復興信貸銀行

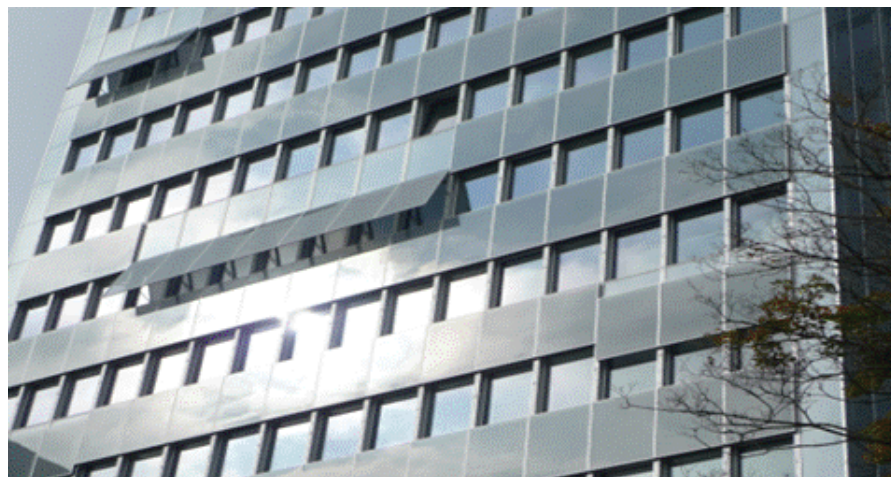


圖 47 KFW 銀行自動開窗設備



圖 48 煙囪效應及白努利原理應用



圖 49 KFW 銀行外牆色彩

### (七) 節能建築案例-Ziehen 中學被動式節能屋 (Passive House)

1990 年起法蘭克福著手致力於節約能源之推動，2012 年規定市立新建建築物必須是被動式節能屋，並定期舉辦綠建築競賽頒獎，目前有超過 1000 棟以上的被動式建築。

所謂「被動式節能屋」(Passive House)之定義，係指建築物採被動式設計，以極少能耗(30kwh/m<sup>2</sup>a)維持室內溫度。主要應用技術包括：

- 1.建築物的隔熱（三層窗、門窗的氣密性）。
- 2.建築物換氣時熱量保留。
- 3.開窗或通風方向設計。
- 4.可控制之採光、熱設施。

101 年建造完成的 Ziehen 中學被動式節能屋，為典型被動式節能屋（如圖 50），採用節能手段如下：

- 1.為因應當地冬天寒冷氣候，須達保溫效果，避免在通風時喪失熱能，故建造過程採整棟一次建造，避免組裝導致使用時室內熱量溢散。
- 2.玻璃採三層隔熱窗及大片窗戶，引入太陽能。
- 3.建築採整棟貫穿設計，增加透光（如圖 51）。
- 4.建築主要暖氣來源為室內人員及設備。
- 5.因屬密閉式建築，需搭配機械式通風換氣。
- 6.於建築物外圍設置鐵架，供爬藤植物攀爬，以達夏季外遮陽效果。
- 7.利用感測設備，按室外光線自動開關照明設備。
- 8.校園廁所採綠化設計。（如圖 52）





圖 50 Ziehen 中學



圖 51 Ziehen 中學貫穿設計



圖 52 Ziehen 中學廁所綠化

#### (八) 正能源建築-達姆施塔特工業大學太陽能屋

美國能源署自 2002 年起每 2 年會辦理正能源屋競賽，德國達姆施塔特工業大學所設計之太陽能屋（如圖 53），榮獲 2009 年太陽能屋比賽第 1 名（如圖 54），該建築係 30 位學生進行設計建造，建築完成耗時 1 年半，據悉過半數學生並未順利畢業，惟因參與該獲獎建築之寶貴經驗，未畢業者亦得藉以找到優渥工作就業。

該建築所採用節能手法包括：建築外牆以效能 18% 太陽能板包覆、真空絕熱材、屋頂蓄熱、自動百頁窗、熱泵供冷供熱、地泵節能等，除產能得自給自足外，耗能達 14.9 kWh/m<sup>2</sup>a，亦屬被動式建築，該建築造價高達 3000 歐元/m<sup>2</sup>。



圖 53 達姆施塔特工業大學太陽能屋



圖 54 2009 年太陽能屋比賽第 1 名

## 伍、心得與建議

德國因應氣候變遷衝擊與石化能源日趨耗盡，長年來致力於提升能源利用率，並持續擴大太陽能、風力等再生能源及其他替代能源（如水份燃料等）之應用，特針對占德國耗能比率達 40% 之建築耗能，逐漸加嚴新建築節能法規標準，規劃 2018 年公共建築及 2020 年新建築均應達零碳建築標準，並朝產能建築方向研究，另以提供貸款等方式鼓勵舊建築更新，德國整體節能推動成效斐然，具國際標竿參考價值。

德國經濟辦事處安排本次參訪德國柏林、漢堡及法蘭克福等綠能模範城市，並與德國產、官、學各方交流，了解德國永續節能政策內容及推動方式等，且實地體驗節能建築示範案例，對於我國節能建築之後續推動，獲致心得建議如下：

一、在建物節能措施上，因德國與我國氣候環境條件之不同，導致能源需求端之差異，德國因應建築供熱需求（如圖 55），致力強化建物密閉保暖、增加日照等對策，而我國建築則多為需求冷能，僅得選擇性應用德國建物節能技術，如外遮陽、自動化控制、規劃區域能源中心、採行 CHP、熱泵、冷水管等技術。

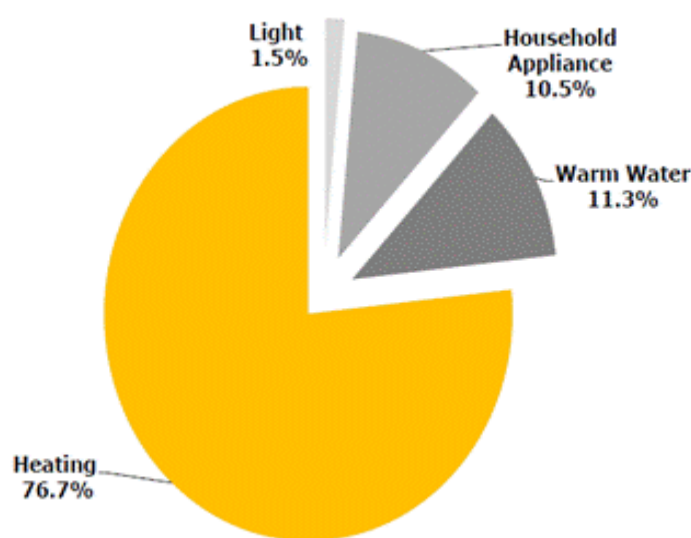


圖 55 德國能源需求結構



二、漢堡市採「由下而上」方式推動，最後取得 2011 年歐洲綠首都（如圖 56），對應本署「低碳永續家園」10 大運作機能之推動方式，相信將得為我國找出適用之建物節能技術之運作機制。



圖 56 漢堡市 2011 年歐洲綠首都標章

三、德國在推動應用風力、太陽能等再生產能開發上，「貯能」為其遭遇之瓶頸限制，與德國交流過程得知，該國再生產能儲能比率僅 3~4%，多數產能均逕傳輸至電網，並以智慧電網進行跨國傳輸，至於該國對於「抽蓄水力發電」之推動上，因遭遇民眾對於自然環境景觀衝擊之反對，而未開發推動。惟我國因國土面積較小，電網傳輸可行性較低，在尚無其他可行貯能技術應用前，現階段仍有必要研析推動抽蓄水力發電，以作為未來尖離峰發電調度優先選項之可行性，並將自然環境景觀衝擊納入考量。

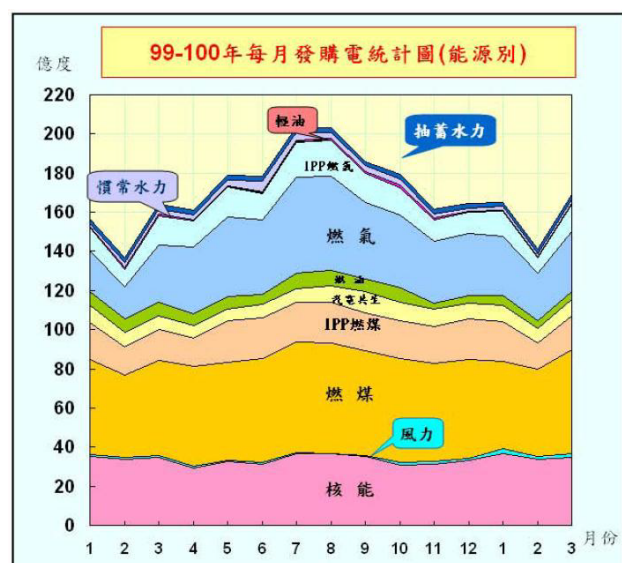


圖 57 我國抽蓄水利發電占能源比例（台電公司資料）



四、德國以二次世界大戰殘留之廢棄掩埋場及軍工廠暨有設施，經整建轉型作為再生能源示範公園及區域能源中心，不僅掩蓋了德國人民對戰爭歷史的傷痕，並賦予其綠化再生之正面意義，且具綠能示範意義，引發民眾主動進行節能減碳；相類似的，本署本年度委託具低（零）碳建築經驗之專業顧問團隊，針對各地方政府推薦及環境影響評估審查之建築開發案件，進行平行診斷（如圖 58），提供技術性輔導協助，逐案提出可行具體技術應用建議，或不可行之困難所在，冀推動建構低（零）碳建築示範案例，或突破解決制度面問題，希望也能達到對外示範及制度檢討目的。

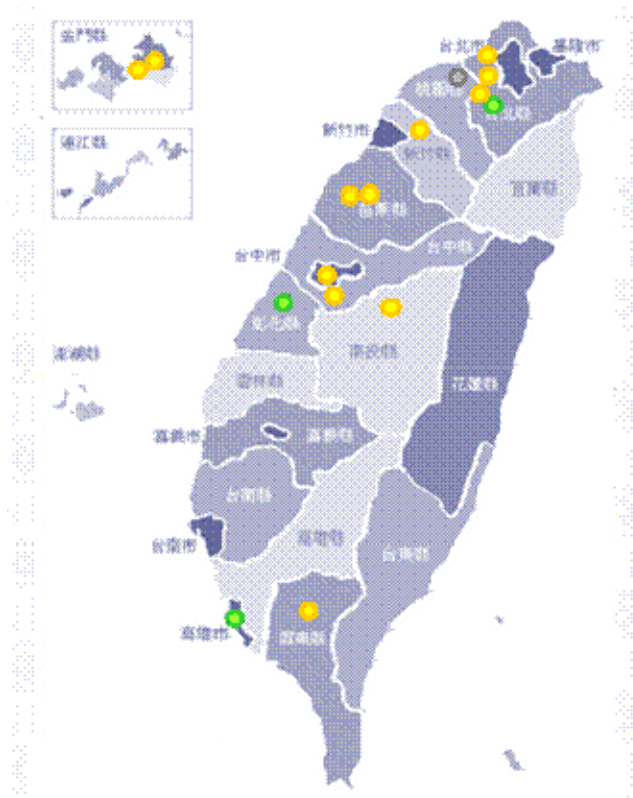


圖 58 環保署委託平行診斷示範案例分配位置圖

- 五、我國受限於現行電價過低，導致再生能源推動困難，得參考德國將再生能源發電成本納入能源電價比率之計價模式，並透過教育宣傳提升民眾接受度，或以補助方式，俾培植再生能源產業得以興起。
- 六、德國 Hafencity 社區擴建案，開放各能源公司各自提出再生能源方案及電價估價，透過競標機制，最後除擬定出適合當地之再生能源利用方案，且讓民眾獲得較低能源價格優惠，獲得雙贏結果。該經驗得供我國借鏡，改變現行單一能源公司之體系，逐步開放能源公司成立，提升其競爭力，俾達與德國相同之成效。
- 七、德國為推動綠能及綠建築，成立專責訓練機構，辦理風力發電機、太陽能板、天然氣熱泵、小型 CHP 等維修安裝之專業實體訓練及測驗，並建立證照制度，亦增加其就業市場，且辦理相關教育工作，頗具成效，得供我國訓練機構參採。