



以生物親和的新元素，展現台電新角度

綠能生態園區

文、圖／編輯部

樹林區面臨大漢溪、倚大同山脈，兼具丘陵、森林、平原、溼地等多變自然景觀，擁有豐富觀光休閒資源。大同山脈青龍嶺、櫻花林、觀景台俯瞰大台北盆地美景，令人心曠神怡，每每吸引遊客、攝影師駐足留影。然而，隨著樹林區的都市化，大同山區、大漢溪原有的生物態樣，逐漸受到人為干擾，生態樣貌隨之改變。台電綜合研究所樹林園區，也在樹林區的發展過程中進駐，園區中保留的一畝景觀園區，意外的保留了樹林地區的生態物種。

去(105)年11月，台電綜合研究所樹林園區，結合所內技術，將占地約1公頃的園區，以生態工法，將原有的景觀園區改造成為兼具綠色能源及生態復育的「綠色生態園區」。園區中包括台電綜合研究所近年來的綠色成果展現，漫步園區，可看到綠



▲ 台電公司在綜合研究所樹林所區建置的綠能生態園區。



▲ 黑端豹斑蝶。



▲ 綠胸晏蜓。

▲ 腥紅蜻蜓。

能智慧屋、綠色能源、微藻固碳、儲能技術、煤灰再利用的成果展現，也有生態池、原生植物、綠胸晏蜓、黑端豹斑蝶、鳥類等物種環繞在園區中。看似衝突的電力科技與自然生態，在綠能生態園區中意外的相處融洽。綠能生態園區的成立，展現台電公司對自然生態的關懷，更是綜研所多年心血結晶的展現。

從電廠副產品衍生的循環經濟

時間回溯10~20年前，為了解決燃煤發電廠的發電副產物處理問題，綜研所協助燃煤電廠進行廢水、煙氣、煤灰、底灰處理的研究，一方面利用藻類生長需要CO₂以及氮、磷、鉀等物質，試驗性的進行微藻養殖。這樣的嘗試，將煙氣及廢水

重複利用，成為藻類生長的營養來源，成功建立微藻固碳的技術。隨著光合反應器的改良，微藻養殖的技術逐漸成熟，德國、日本等火力電廠均前來取經。微藻的生長不僅降低CO₂排放量，利用微藻萃取出的營養素、藻藍蛋白等，應用製作成保健食品、保養品，以及飼養魚隻的餌料，更是微藻本身創造出的附加價值。

另一方面，火力發電廠發電廠燒煤的廢棄物中，煤灰大約占了80%，煤灰是飛灰及底灰的統稱，底灰顆粒較粗，外表像細砂，顏色多呈灰或灰黑色，形狀多角且表面有孔隙；飛灰的外觀像水泥是很細的灰色粉末。過去的處理方式是交由廢棄物處理場掩埋。然而，燃煤發電機組因燃燒物單純、燃燒溫度穩定，發電後產出的煤



▲ 底灰是燃煤發電廠發電後的副產品。

灰的品質穩定，綜研所研發出將飛灰及底灰轉換或摻入建材原料中，作為工程填地、製磚、人工骨材及建材使用。可添加於混凝土改善工程性質，如水壩工程中添加飛灰可避免混凝土龜裂，強化壩體結構強度。而河海、橋樑及隧道工程也都摻入飛灰，以提高抵抗海水或土壤中鹽類的侵蝕。飛灰也可與水泥直接混合使用，取代部分水泥，達到節能減碳的成效。

微藻固碳、煤灰收集再利用，可說是燃煤發電廠發電後的「副產品」。綜研所的研究，讓原本無用的廢棄物質，變身為具有經濟價值的產品，目前台電公司林口、大林、協和等火力發電廠的更新改建，

將微藻技術、煤灰收集的概念融入新機組設計中，新燃煤發電機組完工後，除了發電量增加能緩解供電緊繃，廢棄物的處理，更兼具環保、生態及循環經濟的意義，大幅降低燃煤火力發電廠對環境生態的衝擊。

發展海洋牧場—電廠也可以養魚

面對核能電廠即將全面退役、火力電廠更新、擴建屢遭阻擋的情形下，台電公司積極開發綠色能源—包括風力發電、太陽能等。綜研所化學與環境研究室主任鄭錦榮博士說：「臺灣地區擁有世界級的風場，風力資源豐富，但離島及本島地區的風力機組設置因為土地面積的限制，較難大規模的發展，因此我們的目標在有效利用臺灣海峽的風場，將離岸風力與現行的電網系統接軌。」

7、8年前開始，綜研所結合現場單位，針對風力機組提供技術研究，由於早期風機多半是由國外進口，外國的風機到了臺灣，必須適應地震、颱風、鹽害等氣候問題，避免風機水土不服，造成風機機身腐蝕、運作不良及發電效率不高的狀況。截至2015年7月止，全臺共有324部陸上風機，總裝機容量為639.96MW。其中，台電公司共有169部，296MW的風力機組。

鄭主任表示，風力發電電量大，相較

其他的再生能源而言，更有發展的潛力。與太陽能發電相比，風能的預算金額較大，技術性及財務成本高，更需承受不確定因素等風險。逐年的技術及經驗累積，綜研所已在風力特性評估、風力發電穩定性、機組環境適應及改善、風力機組故障診斷、離岸風力技術研究、風機安全性評估、風力機組控制模型分析及風能發電預測及電網儲能等8面向，有足夠的技術基礎。

由於陸上建置空間的限制，綜研所將風力發電的發展重點，投注在離岸風力的開發。目前台電公司也針對離岸風力規劃



▲ 綜研所化學與環境研究室主任鄭錦榮博士。

了好幾期的風場，要結合台電各單位的資源，讓離岸風力在發電外，應用綜研所微藻、煤灰、儲能的技術，打造海洋牧場。

海洋牧場的是來自於循環經濟的概念，結合能源、可循環資源，透過技術處理及轉化，將電廠廢棄物再製為多樣化產品或衍生性商品，降低電廠對環境的影響。

以林口電廠為例，以電廠大煙囪作為圓心，往陸地方向包括廠區內、以及百合花復育地的這半邊，是電廠腹地。而往海上延伸這一半邊，就是發展海洋牧場的空間。海洋牧場的概念，其實是養藻的延伸，能夠用電廠的產出物成為原料，建置箱網，提供藻類、魚類等海洋生物組成生態圈，豐富附近的生物多樣性。如此，我們不僅能夠照顧到大型生物，對於微型生物的增生也有幫助，更能增加固碳效益。在尊重自然的方向之下，以電廠為核心，肥沃周遭較為貧瘠之地。若能完成這樣一個生態圈，便能塑造綠色電廠。電廠的廢棄物被賦予新生命，轉換成綠色生態的產物。電廠變乾淨了，民眾就願意親近電廠、了解電廠、熟悉電廠。

由綠色能源到智慧園區 看見台電企業文化的轉變

綜研所蒯光陸所長提及「啓動寧靜革新」的概念，他認為，對台電環保層面而



▲ 蒯光陸所長認為綠色及生態，是台電公司啟動寧靜革新的重點。

言，就是綠色企業以及生態工廠的實現。如綜研所早期已經著手在養藻及智慧屋、資源再利用，從綜研所為起點，要應用到第一線現場去。也因為有這樣的技術及概念，綠色生態園區的成立，便水到渠成了。綠色生態園區內包括了許多重要的概念，從綠色發電（太陽能板、風力發電）等、儲能系統、廢棄煤灰再利用，更重要的是保留在地的生物樣種，創造一個完整的生態圈。綠色生態園區，是從綠色智慧屋為起點，現在走入第二階段，將智慧屋概念發展到開放空間。最後透過經驗的複製，建

立一個綠能生態社區。

再生廢棄電桿排列而成的綠能智慧園區入口意象，簡單又不失特色，兩旁分別有綠胸晏蜓、黑端豹斑蝶及腥紅蜻蜒三隻園區常見的昆蟲造型。一進入園區，腳底踩著的磚紅色步道，便是利用電廠煤灰再製而成的海綿步道。海綿步道的構想是來自於集結水資源，吳成有博士說從海綿步道的剖面，說明園區裡的紅磚，與人行道的紅磚不同之處。

首先，海綿步道的紅磚在製作中混入10% 飛灰，降低了水泥的使用，並提高紅磚的穩定性、不易破裂。再者，海綿步道底下並非一般的水泥，需先架設中空煙囪型結構的架子，作為吸收雨水的功用。再鋪上多孔、直徑約10mm的底灰與石頭，營造適合微生物生存的環境，而多孔的底灰與石頭、沙粒的組成，讓海綿步道的底部，成為雨水水質淨化器，在透過管路的設計，便能搜集雨水，作為一旁生態池的水源。多孔且有水的地底，加速散熱效率，也能調節園區的溫度。

步道一旁的座椅，也是煤灰與塑膠結合的再製品。負責研究煤灰再利用的吳成有博士說，煤灰在電廠中，是一個相當有價值的副產品，能夠應用的範圍相當廣泛。煤灰的外表，並不特別起眼，但利用不同溫度的燒冶，煤灰與陶土能夠完美結合，

成為美麗的藝術品。最近，更有知名藝術家，看上了底灰粗糙多孔的紋理，希望能夠與台電公司合作，將底灰融入大型藝術創作，進行一場跨界的合作。

生態園區是露天的展示場

綠能生態園區，不僅在設計、建材上，採用電廠相關副產品，也展示了綜研所研究多年的智慧綠能設施，包括「綠能智慧屋」與「綠能供電站」，「綠能智慧屋」利用雲端技術管理用電型態，如當人們離開智慧屋時，智慧屋會自動關閉室內燈具、放下窗簾降低用電量，並可監控用電負載。「綠能供電站」則以太陽能、風力機和儲能電池為主，再輔以市電供應，在離峰時段以再生能源發電，並充飽儲能

電池供尖峰時段使用。

所區還建置「智慧節能管理系統」，導入自動需量反應（Open ADR2.0）、搭配建築能源管理系統（BEMS），於尖峰用電時段參與需量競價，所區各棟建築都裝設有能源使用資訊可視化能源儀控看板，大廳也設有即時用電資訊顯示看板，輪播各樓層卸載設備圖，引導所內員工改變用電習慣，達成節能目標。

進入台電10幾年的洪健恆，是綜研所的生態專家，現正就讀台大生態學與演化生物所博士班的他說，綠能生態園區雖然只是剛啓用的階段，但這裡的草本植物、鳥類活動、昆蟲的生長，都已經持續30幾年的時間。他說，生態園區是潭底地，濕潤的土壤特性，讓園區相當適合植



▲ 海綿步道的特殊設計，可以利用步道種植植物。



▲ 利用煤灰再製成的座椅。



▲ 綠能園區中展示國人自行研發的液流電池儲能系統。



▲ 利用溫度控制，煤灰也能成為一件藝術品。



▲ 綠能園區中的碇子裝飾。

物生長。由於園區內草本植物的完整性，孕育了上面的花草植物以及喬木層，多果的植物能夠吸引昆蟲鳥類棲息、啄食，間接完整了園區中的生物鏈。目前園區正加強灌木層的種植，多層次的植物復層，未來幾年內園區的植物生態將更完整，降低綠能生態園區的人為干擾，更有利於其他生物的棲息、繁衍，在時間的醞釀下，園區有機會成為螢火蟲的棲身之地。

生態學是台電的新元素

電力是增強國力以及經濟發展的要素，台電公司在電力開發過程中，因為工程師重專業、少溝通的企業文化環境，讓電廠與民衆少了交流，因此常受到批判。然而經營發展不能只談技術、台電總是被批評是工程師文化，外部壓力以及內部的文化改變，讓台電更重視環境保護。社會環境與時俱移的快速變遷，讓台電發現保護生態與環境的重要性，不是口號，不能只做表面。也更因為生態的維護，不是短期之內就能夠看到成果的，沒有長期的經營，是不會有顯著的成效。儘管目前綠能生態園區只是個開端，園區內的生態環境，更有待時間來維護、加強，但綠能園區，是台電文化改變的縮影，更看到另一種結合在地的循環經濟，在電廠中被有效的運用。



▲ 由海綿步道集結雨水而成的生態池。

務實、技術掛帥的工程師文化帶領著台電走過 70 年的光榮歲月，提供穩定可靠的電力，維繫台灣的經濟發展。但工程師務實的性格在解決困難、完成任務上卻有重要地位，卻因對技術的固執、堅持，忽略了親和、感性的層面。

玻璃瓶裡裝著大小不一的礫和砂，儘管砂粒再小，也無法填滿瓶子；生態與對環境的關懷就是填補工程師文化的水源。彌補社會大眾對國營事業的鴻溝與不信任，是走向圓滿的最後一哩路。

未來，台電的環保，不再僅以事業排

放合於環保法規為足，更以生物的角度，思考台電對環境的影響。

就如你我察覺到的社會氛圍，硬梆梆的數據已難以使民衆接受，以生物親和、感性的角度，才能達成與社會溝通的目標。

生態學是台電的新元素，期待與社會更圓融契機。

這是綜研所洪健恆研究專員有感而發的一段文字，字裡行間透露著台電人的感性，也象徵著台電公司以自然為本的「心」態度！**源**