

台灣企業面臨之挑戰、因應之道與機會

◆挑戰：隨巴黎協定之全面實施，我國的大型與中小型企業分別提出其所關切的不同挑戰；

大型企業部分：

- 法規、政策制度、專責單位及預算尚未到位，未與企業密切合作，共創雙贏。
- 新能源的創新與投資，尚未規模化導入政府與民間資金投資。
- 全球碳市場機制將在未來幾年成形，若未積極與國際接軌，將造成國內企業在碳經濟時代的嚴重落後。
- 以大帶小的供應鏈減碳，落實仍有很大門檻。

中小型企業部分：

- 氣候風險認知不足，無法明確化效益。
- 費用及投入人力進入門檻過高。
- 傳統盤查補助方式，格局過小無法普及，無法規模化創造上下游的綜效。
- 常有漂綠大於實質的減碳思維。

◆因應之道：台灣氣候聯盟已針對如何因應挑戰提出下列重要方向：

- 宜盡速建立專責的應對氣候變遷之整合單一窗口，參考鄰近國家，提出具體願景及檢核點。需編列足夠之經費投入，與民間企業 / 金融機構共同合作，導入市場資金。
- 碳定價可作為基本的碳市場的工具之一，除了碳費之外，應同步在碳市場機制的建立，提供企業積極淨零減碳的管道與工具，並與國際接軌。
- 提出未來綠電發展或綠氫等長期藍圖計畫，尤其在民眾生活、建築、交通運輸上的淨零轉型。
- 培育更多本土碳盤查及碳足跡的輔導及驗證機構，降低進入門檻，並擴大氣候變遷產業民間部隊，建立服務生態系。
- 建立台灣的「淨零碳資訊共享平台」，含減碳 / 節能的作法 / 商品；負碳技術；產生碳權的產品；淨零的相關金融商品；專家人才資料庫。
- 大學可積極主動培育氣候變遷及與國際接軌之相關人才，建立人才庫及認證機制，擴大生態系版圖及服務內容。

◆在機會的掌握上：

依據 CDP 之估計，在未來的 5 年內，供應鏈將面臨的環境風險與成本會高達美金 1200 億。對於台灣企業而言，若不能完善管理自己的碳排放，將會導致被課碳稅負，甚至失掉訂單，而喪失我國的貿易競爭力。

· 建立碳定價系統

碳排的單價，隨時依各碳交易市場價格波動而改變，企業應建立一套內部的碳定價邏輯，以及碳價格調整的標準流程，導入至碳定價系統，發展出最適減碳策略。

MIT Climate & Sustainability Consortium

<https://impactclimate.mit.edu/about-mcsc/>

Climate change is one of the biggest challenges of our time. While existing technologies, public education, and policy changes will play a role in achieving net-zero emissions, they alone are insufficient. At MIT, we believe that cutting-edge advances will be essential. Our vision is to develop game-changing solutions that could achieve major global progress in decades or less. The MIT Climate & Sustainability Consortium (MCSC) has identified actionable links between member companies and, through a series of workshops, established key initial themes that resonated and applied across member companies' climate and sustainability goals. They focus on decarbonizing freight transportation, improving the resilience of value chains, derisking carbon capture, enhancing natural carbon sinks, and improving materials circularity, with two cross-cutting themes: data for and social dimensions of climate and sustainability solutions.

MCSC member companies recognize industry's profound responsibility for action on climate change and its unique ability to rapidly deploy and optimize solutions. Representing the heart of global capital, they have committed not only to working with MIT but with each other, to confront climate challenge with the urgency required to realize their goals - and to be part of solving this existential threat for society.



活動議程

時間	議程
09:00	來賓報到
09:30-09:50	開幕致詞 致詞人：高為元 /國立清華大學校長
09:50-09:55	團體合影
09:55-10:20	專題演講：淨零永續－科技發展的新思維 主講人：賴志煌 /國立清華大學工學院院長
10:20-10:30	Section I・主題演講 我國2050淨零政策下的國際規範與碳定價聯結 主持人：范建得 /國立清華大學生物倫理與法律研究中心主任
10:30-10:45	Panel 1 我國以2050淨零政策來回應巴黎協定的控溫目標 與談人：林子倫 /行政院能源及減碳辦公室副執行長
10:45-11:00	Panel 2 我國因應國際CBAM挑戰應有的法制建設 與談人：顏慧欣 /中華經濟研究院WTO及RTA中心副執行長
11:00-11:15	Panel 3 我國因應國際淨零碳排趨勢應完善的碳盤查體制 與談人：蔡振球 /工業技術研究院環境技術總監
11:15-11:40	綜合座談
11:40-12:30	午 餐
12:30-12:40	Section II・主題演講 電化學儲能的科技減碳 主持人：胡啟章 /國立清華大學化學工程學系教授 /台灣電化學學會理事長
12:40-12:55	Panel 1 鋅-空氣電池+超電容 在大眾交通工具與永續能源之應用 與談人：陳翰儀 /國立清華大學材料科學工程學系副教授
12:55-13:10	Panel 2 鋰離子電池在電動車與大型儲能之應用 與談人：張家欽 /國立臺南大學綠色能源科技學系教授 /環境與生態學院院長
13:10-13:25	Panel 3 電化學能源轉換減碳技術 與談人：潘詠庭 /國立清華大學化學工程學系助理教授
13:25-13:50	綜合座談

時間	議程
13:50-14:00	<p>Section III・主題演講 發展綠色金融 邁向淨零碳排 主持人：林哲群 / 國立清華大學計量財務金融學系教授 / 科技管理學院院長 / 清華永續基金管理者 / 安富金融工程研究中心主任</p>
14:00-14:15	<p>Panel 1 ESG 資訊揭露發揮永續金融影響力 與談人：林丙輝 / 證券暨期貨發展基金會董事長</p>
14:15-14:30	<p>Panel 2 綠色金融 共同驅動淨零碳排 與談人：朱竹元 / 優樂地永續服務股份有限公司董事長 / 中華公司治理協會副理事長</p>
14:30-14:45	<p>Panel 3 為淨零轉型賦能的氣候金融 與談人：黃正忠 / KPMG安侯永續發展顧問(股) 董事總經理 / KPMG亞太區ESG負責人</p>
14:45-15:00	<p>Panel 4 領航綠色金融，攜手企業永續轉型 與談人：陳弘儒 / 台北富邦商業銀行風控長 / 執行副總經理</p>
15:00-15:20	綜合座談
15:20-15:30	<p>Section IV・主題演講 負碳技術：淨零排放策略的最後一哩路 主持人：董瑞安 / 國立清華大學能環中心主任 / 國際學院院長</p>
15:30-15:45	<p>Panel 1 CCSU碳捕捉、封存及利用 與談人：談駿嵩 / 國立清華大學化學工程學系榮譽退休教授</p>
15:45-16:00	<p>Panel 2 透過代謝與蛋白質工程優化靛藍及紫色桿菌素之微生物合成 與談人：沈若樸 / 國立清華大學化學工程學系副教授</p>
16:00-16:15	<p>Panel 3 生物炭應用 與談人：吳耿東 / 國立中興大學森林學系教授 / 產業減碳推廣辦公室執行長</p>
16:15-16:40	綜合座談
16:40	論壇閉幕



主持人



范建得 Chien-Te, Fan

國立清華大學

生物倫理與法律研究中心主任

科技法律研究所 教授

【個人簡介】

范建得教授於普捷桑大學獲得法學博士學位後，即返台任教。其研究領域涉及環境法、能源法、生物科技法、學術倫理 / 研究倫理、公平交易法等。同時，范教授自 2001 年聯合國氣候變化綱要公約 (UNFCCC) 第七屆締約國大會馬拉喀什 (Marrakesh) 回合談判開始即參與我國 UNFCCC 相關談判工作，並多次受邀擔任周邊會議的主講人，在此領域之經驗豐富，亦長期協助政府進行國際協商談判並擔任顧問。

【演講內容概要】

題目：我國 2050 淨零政策下的國際規範與碳定價聯結

我國的 2050 淨零政策，將是在年底氣候大會，台灣用以表彰信守共同承擔地球永續責任之承諾。相對的，面對艱難的能源轉型結構，如何維持經濟成長和民生安定，更是大家必須共同承擔的跨世代挑戰。此時，惟有積極掌握巴黎協定及邊境（碳）調整機制所牽動的全球碳定價趨勢，透過嚴謹的盤查驗證規劃，因勢利導，方能為落實台灣的氣候政策提供彈性並創造契機。

與談人



林子倫 Tze-Luen Alan Lin

行政院能源及減碳辦公室
副執行長

【個人簡介】

學歷：美國德拉瓦大學都市事務與公共政策博士

經歷：總統府人權諮詢委員會委員

行政院開放政府國家行動方案推動小組委員

臺灣大學風險社會與政策研究中心研究員

臺灣大學環境永續政策與法律研究中心委員

中央研究院「未來地球委員會中華民國委員會」委員

台灣永續能源研究基金會能源與氣候政策小組執行秘書

國際氣候發展智庫理事長

國際全球變遷人文社會計畫科學委員會 (IHDP) 委員

2015 氣候與能源世界公民高峰會台灣區總主持人

Low Emission Development Strategies (LEDS) Partnership 亞洲區執委

研究專長：國際環境政治、能源與氣候政策、審議式民主、參與式治理、
後實證政策分析

【演講內容概要】

題目：我國以 2050 淨零政策來回應巴黎協定的控溫目標

與談人



顏慧欣 Huai-Shing, Yen

中華經濟研究院

(WTO 及 RTA 中心)

副執行長

【個人簡介】

顏慧欣副執行長於美國威斯康辛大學（麥迪遜校區）獲得法學博士學位，現為中華經濟研究院 WTO 及 RTA 中心副執行長，專長領域為國際貿易法、國際租稅法、貿易救濟制度等。本身長期參與 WTO、臺紐 / 星 FTA 區域整合等國際經貿政策的研析工作，也持續擔任財政部關稅審議小組、經濟部法規會等政府單位的外部委員。近年研析重點為美歐經貿政策、美中科技對抗、供應鏈與經濟安全、歐盟碳邊境調整機制、TPP/CPTPP 國內法制落差等議題。同時多年兼任教職於國立台北大學法律學系，開授國際貿易法等學科課程。

【演講內容概要】

題目：我國因應國際 CBAM 挑戰應有的法制建設

歐美等國政府以推動 2050 年淨零為政策目標下，要求其產業供應鏈應加速減碳節能。臺灣為國際供應鏈之重要成員，故推動淨零，除了展現臺灣是美歐淨零議題之盟友外，也可確保臺灣產業在國際供應鏈之不可撼動地位。如何透過建構符合臺灣利益的法制環境、以及研擬多 / 雙邊協商合作之策略，將是此次與談主軸。



與談人



蔡振球 Chen-Chiu, Tsai

工業技術研究院 綠能所
環境技術總監

【個人簡介】

蔡振球環境技術總監於中央大學環工所獲得博士學位，現為工業技術研究院綠能與環境研究所環境技術總監，並為陽明交通大學環境工程研究所兼任副教授，同時協助政府單位推動環境保護，並兼任經濟部標檢局環境保護國家標準委員及環保署資源回收費率審議委員會委員等。蔡博士之專業領域主要為：環境管理、循環經濟、廢棄物資源化、綠色產品、組織碳盤查及產品碳足跡等相關議題。為解決產業減碳與淨零排放問題，蔡總監引領技術團隊建立企業之組織型碳盤查技術工具，並藉由國內各種基礎原物料與元件之碳足跡係數建立，協助廠商解決產品碳足跡計算問題。

【演講內容概要】

題目：我國因應國際零碳排趨勢應完善的碳盤查體制

「碳盤查」為企業推動減碳作為的第一個關鍵項目，惟有了解自己的碳排放量，才有機會啟動減碳或淨零之相關行動方案。絕大多數企業皆以 ISO/CNS 14064-1 啟動碳盤查；惟，如何建立更完善的程序、工具或管理系統，才可事半功倍的完成。政府為讓企業能更有效率的執行碳盤查，已建立有不同的網路碳排速算工具，免費提供給廠商使用，加速廠商了解自我排放熱點，以利減碳或淨零之行動方案投入，此將為本次主題介紹之重點。

主持人



胡啟章 Chi-Chang, Hu

國立清華大學

化學工程學系 講座教授

台灣電化學學會 理事長

【個人簡介】

胡啟章教授於 1995 獲國立成功大學化工博士學位，1997 開始任教，學研究之中心技術為電化學，主要研究項目為電化學儲能材料設計合成、電化學淨水技術開發、金屬 / 合金材料電鍍表面處理及石墨烯材料開發應用。他是全台學術界最早從事超級電容器的研究人員，且為國際超級電容器相關研究之重要先驅者之一。已發表超過 300 篇 SCI 期刊論文，在 2022 年 6 月 h-Index=70，總被引用次數超過 17,800，論文被引用次數超過 100 次有 44 篇，其卓越的學術影響力深獲國際電化學社群肯定，曾獲湯姆森卓越研究獎 (Thomson Scientific Citation Laureate Award)、國際電化學學會 Tajima Prize、東亞青年科學家、亞太青年科學家、日本化工學會亞洲傑出研究人員獎等國際性榮譽。並三度獲得科技部傑出研究獎、中央研究院年輕學者研究著作獎、中工會十大傑出工程教授以及臺灣十大傑出青年。

【演講內容概要】

題目：電化學儲能的科技減碳

「淨零碳排」除了針對二氧化碳捕捉、封存及再利用以外，如何結合綠能產電 + 儲能技術與車輛電氣化以及電化學產氫與二氧化碳還原製造高值化學品，也是目前深受國際研究社群所重視的課題。此論壇將針對電化學科技在儲能減碳上的重要貢獻與未來發展方向提出建言與規劃。



國立清華大學 化工系-胡啟章教授團隊



產品名稱

前驅溶液及包含其之改質膜與鋰系電池
 Precursor Solution and Modified Layer and Lithium-Based Battery Comprising The Same



適用產業

鋰離子電池 鋰硫電池
 鋰金屬電池 鋰碘電池
 無陽極鋰電池



聯絡資訊



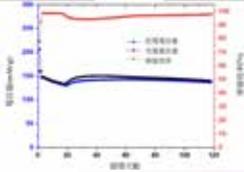
產品說明

該改質膜是透過光聚合反應或熱固化前驅溶液形成於電池的兩極或隔離膜上。前驅溶液由不同比例之單體(TMPTA, LIAA, LIMAA)、寡聚物(PEGDA, PU)、鏷鹽溶液、起始劑(DMPA)、添加物(LiNO₃, L61)與填料(Al₂O₃)所組成。總計合成出九種前驅溶液(E1-E9)可視需求應用於不同系統。該改質膜在一般鋰系電池中可以有效抑制鋰枝晶的生成，提升電池的充放電能力、循環壽命和安全性；在含硫的鋰系電池中，亦能有效減輕多硫化物的穿梭效應，有利於高容量與高功率的鋰硫電池開發。

鋰金屬電池

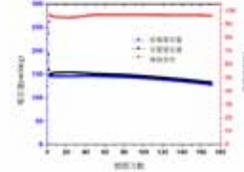
系統：正極 NMC622
 負極 鋰箔
 電解液 1M LiPF₆-EC/DMC (v/v=1/1)

充放電速率：第一圈0.1C，其餘皆為0.5C



改質膜E1成形於正極表面

118次循環後，電容量保有率為92.4%



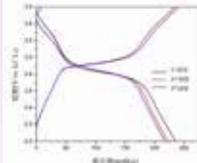
改質膜E2成形於正極表面

170次循環後，電容量保有率為87%

鋰碘電池

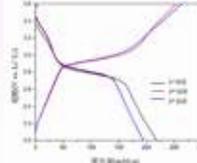
系統：正極 含有36 wt%碘之活性碳纖維
 負極 鋰箔
 電解液 1M LiTFSI-DOL/DME (v/v=1/1)
 含 2wt% LiNO₃

充放電速率：皆為0.5C



改質膜E6成形於正極表面

庫倫效率維持93%以上



無改質膜

庫倫效率只餘76.9%

鋰鋰電池

系統：正極 鋰箔
 負極 鋰箔
 電解液 LiPF₆-EC/DMC (v/v=1/1)

充放電速率：0.5 mA/cm²
 面積電容量：0.125 mAh/cm²



改質膜E9成形於正極表面

無鋰枝晶生成



無改質膜

明顯鋰枝晶生成

誌謝

感謝行政院科技部「永續的、環境友善的、安全的與高能量密度鋰電池：材料、電池與模擬」計畫的補助。本技術已向台灣、中國大陸、美國提出專利申請，申請編號分別為1111101862、202210047582.3、17/699,677。



酚醛樹脂碳化與修飾及其儲能之應用



CCP

戴呈璋, 易天昱, 王炳傑, 杜安邦, 胡啟章*

國立清華大學-化學工程學系
長春人造樹脂-新竹廠



技術說明

利用長春公司提供之一款酚醛樹脂為前驅物，以微波搭配乳化和懸浮聚合進行快速酚醛樹脂交聯反應，並控制反應環境得到不同性質之樹脂粉末，其在經過高溫碳化後形成不同特性之硬碳材料，且作為鋰離子電池之負極材料後，得到高於傳統石墨負極與軟碳之能量密度及功率密度。

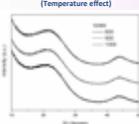
Synthesis of carbon beads from phenolic formaldehyde resin



Characterization of as-prepared hard carbon beads



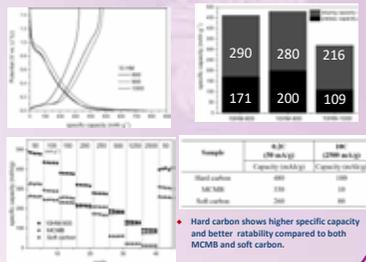
XRD pattern of carbon beads (Temperature effect)



Structural parameters of hard carbons

Sample	I_{002}/I_{100} (by area)	d_{002} (nm)	BC (mAh g ⁻¹)	RC (%)	BET area (cm ² g ⁻¹)
108B-800	2.447	3.0112	461	64	1.046
216D-800	2.367	3.0082	414	60	—
504D-800	2.283	2.9311	373	56	—
108B-900	2.434	3.2704	480	65	0.902
108B-1000	2.308	3.3543	325	66	0.805

Electrochemical performance



可應用產業

- 未來運輸產業即將朝電動化邁進，本研究開發之材料可以將原有產品另作高值化的運用，於電池能源產業可以有一定的貢獻及並占有一席之地，並擁有獨家前驅物材料和碳材料生產的技術。
- 可應用於能源產業鏈，作為電極材料供應商，可開發之產品包括鋰離子電池、鋰離子電容器甚至鈉離子電池。
- 開發之電池能應用於電動運輸系統，包括電動汽車及電動機車等，以及電力配置網中的大型儲能設備。

誌謝

此研究計畫感謝長春石化股份有限公司及行政院科技部補助支持，校內計畫編號為108B7027J2，且此製造技術已通過台灣專利審核，專利號為TW 1763592，美國專利正在申請中，申請編號為17/522,151 號。



實驗室網址



技術總結

- 以微波輔助水熱法進行快速酚醛樹脂交聯反應，相較於傳統水熱法可將製備時間從24小時縮短至30分鐘。
- 於較低交聯密度時，能夠有效地在硬碳內部形成對於鋰離子儲存有益之封閉型孔洞與缺陷活性位。
- 所製備出最佳的硬碳，其能夠在0.2 c的電流密度下擁有約480 mAh g⁻¹的電容量，相較於傳統石墨及軟碳材料有更高的比電容量及可快速充放電的特性，未來應用於鋰離子電池及鋰離子電容器的潛力極高。

與談人



陳翰儀 Han-Yi, Chen

國立清華大學材料工程科學學系

副教授

【個人簡介】

陳翰儀副教授於德國慕尼黑工業大學獲得化學博士學位，專長領域研究儲能元件與綠色再生能源材料研究，包含鋰 / 鈉 / 鋅離子電池、超級電容器、微生物燃料電池、植物微生物燃料電池等，利用多項同步輻射臨場 X 光技術建立學理機制，以完成有科研價值且具突破性的研究為目標，並使用廢棄物回收利用製備成電極材料，希望達到綠色永續環保能源的理念。其學術成就獲得多項肯定，於 2018 年獲得科技部年輕學者養成計畫「愛因斯坦計畫」獎助、2020 年獲得國立清華大學新進人員研究獎，並於 2021 年獲得材料學會、碳材料學會以及真空學會優秀年輕學者獎。

【演講內容概要】

題目：鋅 - 空氣電池與超電容在大眾交通工具與永續能源之應用

鋅 - 空氣電池因為具備高能量密度、高安全性、相對較低之技術門檻與低成本等優勢，作為電動車輛之動力電源是深具應用潛力。為了提升作為電動車輛之動力電源的實用性與舒適度，鋅 - 空氣電池搭配具備高功率放電與數十萬次充放電能力的超高電容器是值得開發的整合性移動電源。

微生物與植物微生物燃料電池 以及鋰鈉離子電池之電極材料開發

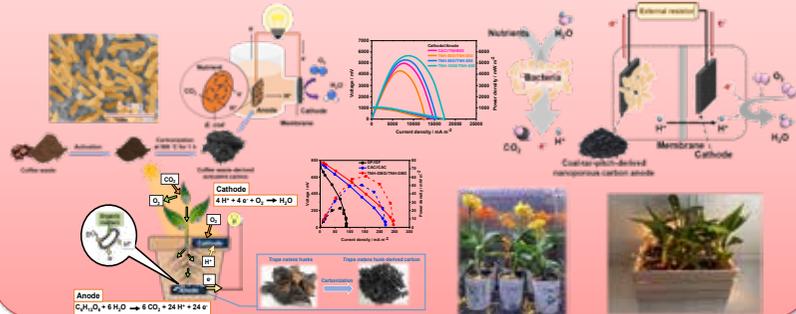
國立清華大學材料系 陳翰儀副教授研究團隊



微生物與植物微生物燃料電池

技術說明: 以廢棄物回收製備之多孔碳材做為電極材料, 可大幅提升微生物與植物微生物燃料電池之輸出功率並降低成本。

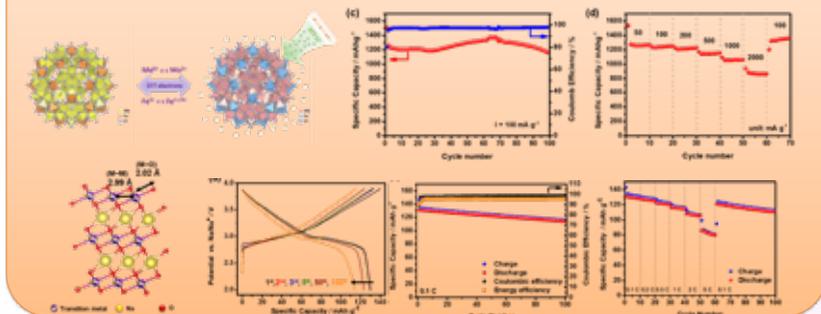
可應用之產業: 汙水處理、生物/植物產電、生物感測器、植物感測器、綠建築



鋰離子電池與鈉離子電池之電極材料開發

技術說明: 以新穎氧化物做為鋰離子與鈉離子電池之電極材料, 可達高電容量與高穩定性。

可應用之產業: 鋰離子電池與鈉離子電池之相關產業、電動車市場等等



與談人



張家欽 Chia-Chin, Chang

國立臺南大學

綠能系教授兼環生學院院長

【個人簡介】

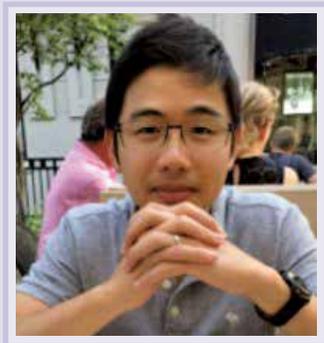
張家欽教授為國立成功大學化學工程研究所博士，2003 年任教南大，專長領域研究電化學、儲能材料開發、鋰離子電池、燃料電池材料開發，2011 年成立國立臺南大學鋰離子電池研究發展中心，其卓越的產學服務獲各界肯定，2015 年成立鋰離子電池產學聯盟，整合綠能產業需求與學術應用發展。主持超過 72 件鋰電池相關產學合作計畫，計畫總金額超過 1 億，SCI 期刊論文發表超過 80 篇、通過專利 13 件，曾榮獲教育部特殊優秀人才彈性薪資獎、科技部獎勵特殊優秀人才獎 - 傑出獎。

【演講內容概要】

題目：鋰離子電池在電動車與大型儲能之應用

綠能科技產業為我國能源轉型及驅動經濟發展之新引擎，以「創能、儲能、節能、智慧系統整合」四大主軸。鋰離子二次電池具有高充放電效率、高工作電壓、高能量密度、環保且無記憶效應的優勢。在各種可攜式電子產品之電源、電動車和儲能需求迅速發展，並可結合再生能源電網作為電力調整或整合的電網級儲能設備之元件。

與談人



潘詠庭 Yung-Tin, Pan
國立清華大學 化學工程學系
助理教授

【個人簡介】

潘詠庭教授為美國伊利諾州州立大學香檳分校化工博士，美國洛杉磯阿拉默司國家實驗室博士後研究。2018年開始任教於國立清華大學化工系並在該年榮獲年科技部年輕學者養成計畫的核定。專長領域研究燃料電池、電解水、二氧化碳電解、非均相催化反應、及化學迴圈二氧化碳脫氧之關鍵材料開發與系統整合。

【演講內容概要】

題目：電化學能源轉換減碳技術

本次的報告將會介紹清華大學在電化學能源轉換減碳技術上的研究能量。其中包含二氧化碳捕捉、二氧化碳轉化再利用技術、和綠色氫能等領域在人才與技術上的突破。



與談人



林丙輝 Bing-Huei, Lin

證券暨期貨市場發展基金會董事長
國立中興大學 財務金融學系特聘教授

【個人簡介】

林丙輝教授 1993 年畢業於英國曼徹斯特大學取得商學院博士，1993 年 8 月起任教於國立台灣科技大學企業管理系，於 2008 年 8 月起任教於國立中興大學財務金融系迄今，專長為衍生性金融商品與財務工程、財務分析與企業評價、資本市場投資組合管理等議題。

目前擔任證券暨期貨市場發展基金會董事長、國立中興大學特聘教授、金融消費評議中心董事、證券期貨分析協會理事長、台灣財務金融學會理事、及台灣財務工程學會榮譽理事。

【演講內容概要】

題目：ESG 資訊揭露發揮永續金融影響力

綠色金融 ESG 投資已為全球投資趨勢，ESG 資訊揭露內容成為企業公司治理重要一環，面對國際趨勢與挑戰，我國主管機關持續推動多項政策，強化我國 ESG 資訊揭露之健全與透明度。ESG 資訊依企業類型而異，也須因地制宜，透過我國現今發展現況，了解並強化 ESG 資訊揭露重要性，及其對資本市場之影響力，促進邁向淨零碳排的目標。



與談人



黃正忠 Cheng-Chung, Huang

KPMG 安侯永續發展顧問(股)公司

董事總經理

暨 KPMG 亞太區 ESG 負責人

【個人簡介】

黃正忠董事總經理是化學工程博士，職場生涯從能源及廢棄物熱處理領域出發，1997年起擔任台灣企業永續發展協會秘書長達16年，2013年轉任安侯永續發展顧問公司董事總經理，2018年成為KPMG氣候變遷與企業永續發展服務亞太區負責人，2021年獲任命為KPMG亞太區ESG負責人。

黃正忠博士為我國推動CSR及ESG、碳盤查與低碳商業策略、ESG投資與永續金融、公益投資社會報酬分析(SROI)與真實價值(True Value)等領域的先驅，所率領的企業永續顧問團隊已成為我國績優企業導入與深化ESG的最佳夥伴。擔任國內外諸多CSR/ESG獎評審，同時是國立政治大學MBA/EMBA及國立清華大學科管所兼任副教授，並為亞洲可持續發展投資協會(ASrIA)顧問團2012-2015首任主席，該組織已於2015年被聯合國責任投資原則(PRI)組織合併。

【演講內容概要】

題目：為淨零轉型賦能的氣候金融

受碳限制的時代已經來臨，不同國家紛紛宣布碳中和目標，此將更加確立節能減碳對於企業創新與轉型的重要性，持續確立全球的低碳之路。

自氣候緊急的現況與趨勢出發，以及COP26格拉斯哥氣候協定的效應解析，這些與企業氣候行動息息相關的重要議題，無疑是全球企業要了解新氣候經濟且看懂門道的必要修煉。



與談人



陳弘儒 Andy Chen

台北富邦銀行風控長
執行副總經理

【個人簡介】

陳弘儒執行副總經理目前服務於台北富邦銀行，並擔任 LINE Pay、日盛銀行及富邦保代之法人董事。

具有 20 多年國內外的豐富金融實戰經驗，舉凡企業金融、消費金融、中小企業融資、小微信貸、產業鏈金融、數位轉型風險控管等多方面均有金融業完整經營管理專業能力。

紐約市立大學財金碩士，於台北富邦銀行任職 16 年期間，具有法人金融與個人金融管理經驗，在法人曾擔任法金商品發展部門，以及中小企業金融部門主管，近年擔任消費金融部門主管、數位金融總處副總處長及產品總督導等職位，負責金融科技的轉型創新，現職為風控長掌理全行風險管理業務。

【演講內容概要】

題目：領航綠色金融 攜手企業永續轉型

面對 2050 年淨零目標，預估全球每年需投資於轉型之資金可達 9.2 兆美元，才得以控制升溫於 1.5 度 C。

面對企業永續轉型的資金需求，金融業扮演關鍵角色，在推動綠色金融上，台北富邦銀行力行三大策略：1. 鼓勵轉型：支持高影響產業轉型資金需求，2. 積極承作：資金用於綠色轉型之投融資，3. 創新作為：綠色盡職調查；希望為企業永續生存，挹注資本活力。

主持人



董瑞安 Ruy-an Doong

國立清華大學

國際學院院長 / 能環中心主任

科技部環工學門召集人

【個人簡介】

董瑞安教授為國立清華大學分析與環境科學研究所講座教授兼國際學院院長與能環中心主任，也擔任科技部環境工程學門召集人。董教授曾任國立清華大學生醫工程與環境科學系主任、原子科學院院長及國立交通大學環工所講座教授。董教授為國際上環境奈米技術及生物感測的知名學者，近年來著重在水能鏈結技術的開發與應用。至目前為止，董教授共已發表超過 200 篇優質期刊文章，文章被引用數超過 11,100+ 次，H- 指數 62，也是全世界在環境科學領域前 2% 的學者。董教授除擔任多個國際知名的編輯委員外，也是國際先進材料協會（IAAM）及美國環境工程師與科學家學院（AAEES）會士，同時也曾獲得國內外許多榮譽，包括宏堡基金會、吳大猷先生紀念獎、科技部傑出研究獎、有庠科技論文獎、侯金堆傑出榮譽獎，及有庠基金會講座。

【演講內容概要】

題目：淨零排放策略的最後一哩路

淨零排放的策略擬定與實務作為，已成為全世界共同的顯學。在淨零排放的作為中，一般可分為治理、策略、風險管理、及目標發展四項架構層級。在策略的擬定上，可採用的方式包括「減緩與調適」、「減碳」、「負碳」及「碳交易」等依序作為，並依目標發展來律定中長期可達到的目標。負碳技術是目前唯一能從大氣中移除 CO₂ 的方法。在本次的報告中，將從技術發展面及自然生態層面，來討論淨零碳排的可能策略與相關作為，並導入循環經濟與生命週期評估觀念與可能作法，建立淨零排放的韌性發展契機。



與談人



談駿嵩 Chung-Sung, Tan

國立清華大學 化學工程學系
 榮譽退休教授

【個人簡介】

於 1980 自美國加州大學 Davis 分校獲得化工博士，1981 至清大任教，曾任副教授、教授、系主任兼所長及工學院副院長，於 2021 年 2 月自清大退休。在校期間曾協助推動成立「台灣超臨界流體協會」，並曾擔任經濟部業界及法人科專民生材化領域委員與召集人，另也在國家型能源科技計畫「減碳淨煤主軸」中擔任計畫總主持人及召集人，並曾擔任清大與長春集團合作之產學大聯盟計畫總主持人。在清大期間研究領域包括超臨界流體、反應工程、CO₂ 捕獲及再利用、生質燃料等，過去發表期刊論文約 160 篇，獲得近 60 項國內外專利。現任「台灣碳捕存再利用協會」理事長及「台灣負碳技術工作圈 CCSU 小組」召集人。

【演講內容概要】

題目：CCSU 碳捕獲、封存及再利用

就全球減碳背景、CCSU 政策、淨零碳排目標、CCSU 技術現況、CO₂ 捕獲技術中之化學吸收及吸附、CO₂ 做為綠色溶劑、生質燃料等做一說明。

與談人



沈若樸 Claire R. Shen

國立清華大學化工系

副教授

【個人簡介】

Dr. Claire R. Shen received her B.S. degree and Ph.D. degree (2011) from the Department of Chemical and Biomolecular Engineering at University of California, Los Angeles (UCLA), specializing in metabolic engineering under the supervision of Dr. James Liao. Upon receipt of her Ph.D. degree, Dr. Shen joined the Institute for Genomics and Proteomics at UCLA for her post-doctoral research from 2011 to 2013. Throughout her graduate study and post-doctoral period, Dr. Shen had close industrial collaboration with The KAITEKI Institute under the world-renowned company Mitsubishi Chemical Holdings Group and the start-up biobased chemical company Gevo Inc., focusing on the conversion of light energy, CO₂, and renewable feedstock into high-value biomolecules. In the December of 2013, Dr. Shen joined the Department of Chemical Engineering at National Tsing Hua University and was promoted to associate professor in 2018. Her current research interests include biobased chemicals from renewable sources, design of synthetic pathway, and directed evolution of production system to achieved novel functions.

【演講內容概要】

題目：Optimizing microbial biosynthesis of indigoid and violacein related compounds via protein engineering and pathway tuning

Directed evolution of enzymes for the optimization of catalytic rate, substrate promiscuity, cofactor specificity, and temperature stability has gained increasing success with the availability of prediction tools and high-throughput mutagenesis methods. In particular, pathways with colored intermediate or product allow colony-based colorimetric screening for improved enzyme property. Indigo, indirubin, violacein, and deoxyviolacein are important pigmented compounds used in the textile dyeing and pharmaceutical industry. Indirubin, in particular, possesses promising anti-cancer and anti-inflammatory properties. In this talk, microbial production of indigoid and violacein-related compounds via protein engineering and enzyme expression tuning will be discussed.



場外技術海報



OSCAR 聯盟宗旨：因應全球氣候變遷與國際供應鏈重構之挑戰，結合中小企業、科技業與農業共謀科技減碳與淨零排放解決方案，透過國際合作與通路平台推動碳金融/交易平台與影響力投資來貫徹ESG 經營理念

OSCAR聯盟目標：成為中小企業最佳淨零排放與ESG夥伴，以辨識與降低氣候風險並兼顧經濟創新與聯合國永續發展目標。

共創 OSCAR 平台推廣

- 共創台廠淨零排放創新商機，推動淨零排放技術
- 國際合作與對接國際品牌與上市櫃公司的ESG要求
- 共同拉抬公司形象，加值品牌口碑
- 連結國際組織(例如：聯合國非政府組織UN PEACE的 Walking for Rice)提升ESG實踐
- 推動碳交易/金融/影響力投資使企業永續發展。



成員優惠案例：台灣水牛公司ESG服務



OSCAR企業永久會員可享會員專屬優惠,如2022/12/31前加入可享台灣水牛提供國內外總站宣傳及曝光一年免費服務(價值22萬元)

*不包括其他ESG服務

發起人姓名與領域

環境工程：廖瑞宏，清華大學國際學院院長 科技管理專門學系人機金融：許智強，清華大學資訊投資聯盟MOOCs執行主任與商業商業與國際關係：黃志仁，與資發展研究中心商業科技應用研究所長聯合國WBG組織PEACE Director
影響力投資：張大為，台灣影響力投資協會理事長
碳金融建設：何傑成，壹德惠董事長，清華大學ESG校友會會長
綠電：王瑞雲，遠雄董事長
新能源：陳鳳光，台灣光陽能與創能學會理事
能源工程：陳政雄，亞德興九富董事
電子材料：楊文，自創集團董事長
碳資產管理：魏秉權，永晉通副
數位轉型：陳如光，歐風資訊總經理暨清華大學企業管理校友協會會長
水處理：郭丹嘉，九事康副總
農業：李文福，前農科院長暨博農農創人創全國農業金融服務網絡：張明中，朝高工業董事長
電子製造：羅茂如，加通電子副
綠色材料：葛尚志，遠洲集團董事長
產學合作：何玉忠，逢甲大學產學合作處處長
光學製造：陳明賢，辦華光學董事長
創投投資：劉光龍，聯益影響力投資副執行長
ESG投資：蘇博祥，清華大學計算財務系教授 台灣農會董事
國際供應鏈：陳紅霞，長昇精密董事長 海、中華商場會館董事
農家/殖生物多樣：張文生，金品總經理
科技與法律：王國輝法律事務所 系統應用師
紡織製造：瑞源董事長陳茂貴博會
熱能/汽機：葉培地熱 陳清龍顧問

序號	服務內容	服務時間	服務對象
1	淨零碳排藍圖規劃	2022.12.31前	全體會員
2	碳足跡核算與報告	2022.12.31前	全體會員
3	國內外碳市場交易	2022.12.31前	全體會員
4	研發業務培訓	2022.12.31前	全體會員
5	碳管理系統建置	2022.12.31前	全體會員
6	數位轉型、ESG 結合	2022.12.31前	全體會員
7	供應網碳管理	2022.12.31前	全體會員
8	碳管理系統建置	2022.12.31前	全體會員
9	碳管理系統建置	2022.12.31前	全體會員
10	碳管理系統建置	2022.12.31前	全體會員
11	碳管理系統建置	2022.12.31前	全體會員
12	碳管理系統建置	2022.12.31前	全體會員
13	碳管理系統建置	2022.12.31前	全體會員
14	碳管理系統建置	2022.12.31前	全體會員
15	碳管理系統建置	2022.12.31前	全體會員
16	碳管理系統建置	2022.12.31前	全體會員
17	碳管理系統建置	2022.12.31前	全體會員
18	碳管理系統建置	2022.12.31前	全體會員
19	碳管理系統建置	2022.12.31前	全體會員
20	碳管理系統建置	2022.12.31前	全體會員



高銘志 Ming-Zhi, Gao

國立清華大學

科技法律研究所教授

【個人簡介】

高銘志教授於比利時天主教荷語魯汶大學獲得能源環境法博士學位，自任教以來，專長領域研究為能源法、環境法、氣候法、再生能源法等。其學術成就獲得國際肯定，其作品大量發表於各國際能源、環境、氣候法重要法學期刊，為國內在英文能源環境法學期刊及相關英文專書論文發表數量最多之台灣學者。除學術表現外，也積極參與政府重要能源法案之研擬或立法程序，包括：非核家園推動法、永續能源基本法、再生能源發展條例修正草案、電業法修正草案、高放廢棄物選址條例草案等。

國立清華大學

科技法律研究所 高銘志教授 Anton Ming-Zhi Gao

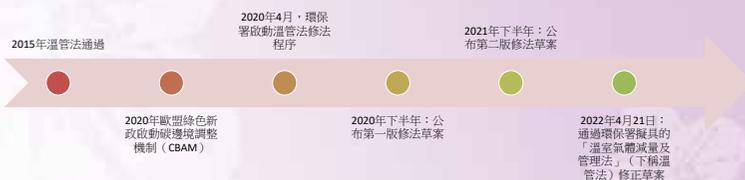


1. 主題：

溫室氣體減量及管理法修正草案對高科技產業因應2030零（負）碳供應鍊之挑戰

2. 說明：

A. 2020年在疫情下，因應歐盟碳邊境調整機制啟動溫管法修法



B. 碳費之問題與挑戰

台灣高科技產業成為池魚之殃

- 歐盟碳邊境調整機制CBAM僅針對鋼鐵、水泥、肥料等五大產品，並不包括高科技產品，為何需要課徵？

預計收費金額不足，鋼鐵水泥業就算在台灣繳交，產品輸出歐也一樣需要繳交

- 目前預計比照新加坡每公噸一百元VS國際歐盟碳市場價格 高達2500元（今年三月）

全民必須承受物價上揚

高科技產業繳交後，仍無法因應 2030年零（負）碳供應鍊之挑戰

1. Google、蘋果等大廠，並不承認繳費等於碳中和
2. 無「排放交易機制」，協助高科技產業進行碳中和
3. 超過八九成火力發電的電力系統，增加高科技產業執行碳中和之成本
4. 大型再生能源計畫發展延宕，無法如期提供高科技產業所需之低碳電力。

高科技產業，包括台積電持續呼籲上路之排放權交易制度，並非政府規劃重點

國際競爭劣勢

- 南韓、中國等競爭對手，均已有多年排放權交易機制的經驗，可協助國內高科技產業彈性因應碳中和之方向

境外碳權輸入僅承認10%

電力用戶必須承擔減量責任，而非如國外為電力公司，增加高科技產業之成本。

C. 排放權交易機制之問題與挑戰

D. 仰賴命令與管制工具，架空市場機制，不利高科技產業取得碳權

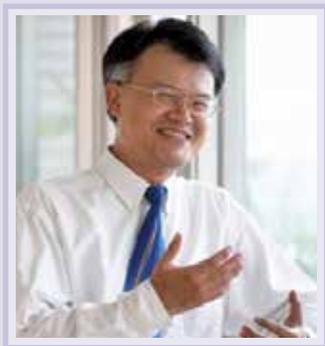
強制效能標準（溫管法修法）、環評減碳與再生能源承諾、電力排碳係數、用電大戶強制綠能義務

→ 高科技產業之額外綠能與低碳投資，都是法遵，而非：CSR、ESG

3. 可應用之產業

高科技產業、高耗能產業、鋼鐵、水泥、電力





簡禎富 Chen-Fu, Chien

國立清華大學

清華講座教授兼智慧製造與循環經濟
研究中心主任

【個人簡介】

簡禎富教授是美國威斯康辛大學麥迪遜分校決策科學與作業研究博士，國立清華大學工業工程系與電機工程系雙學位（斐陶斐榮譽學會會員）。現任科技部人工智慧製造系統 (AIMS) 研究中心主任，國立清華大學智慧製造跨院高階主管碩士在職專班 (AIMS Fellows) 主任及臻鼎科技清華大學聯合研究中心主任。曾任科技部工業工程與管理學門召集人、國立清華大學主任秘書、副研發長兼首任產學合作執行長、台積電、聯發科、台達電、友達光電顧問，於 2005-2008 年借調擔任台積電工業工程處副處長。深耕決策分析、大數據分析、半導體製造模式與分析、智慧製造等領域，發表超過 210 篇學術期刊論文，榮獲 IEEE Trans. on Semiconductor Manufacturing 2015 年最佳論文獎、IEEE Trans. on Automation Sciences & Engineering 2011 年最佳論文獎，工程論文獎，並取得 24 項智慧製造發明專利，清華大學績優技轉教師獎。榮獲行政院傑出科技貢獻獎、國家品質獎、科技部三次傑出研究獎、兩次未來科技突破獎、科技部最具影響力研究專書獎、經濟部大學產業經濟貢獻獎個人獎、經濟部金書獎、教育部產學合作研究獎、國家新創獎、東元科技獎、國立清華大學三次傑出產學合作獎、三次工學院傑出產學合作獎及科技管理學會院士、中國工業工程學會會士、亞太工業工程學會會士、傑出工程教授、工業工程獎章、呂鳳章獎章等學術殊榮，終身科學影響力與 2020 年度科學影響力兩項均名列「全球前 2% 頂尖科學家」，並榮獲頂級學術期刊 Nature 專訪報導。





AI大數據之冰機運轉組合優化 與聰明節能之數位決策技術



技術說明

本技術結合AI大數據分析，考慮外在氣候條件，精準預測工廠的冷凍噸需求，分析數據估計各種冰機的能源效益，以及冰機設備健康狀況，發展冰水系統調度組合優化決策之模組或系統，兼顧時間電價、冰機最適負載區間、保養等實務需求，使冰機維持高效率並減少耗能和電費，系統性提升綜合能源效益，達成節能減碳與淨零永續目標。



產業應用

- 適用於有溫控需求的場域(如：電子產品製造、資料中心等)及各種冰機機種，無需額外投資軟硬體設備，透過AI大數據分析以掌握資訊並優化複雜組合決策的品質，即可創造額外節能減碳與降低電價效益；亦可先針對現狀做資料健檢評估，提出改善建議。
- 本技術已實證於某半導體廠和面板廠，均可在既有的節電能力措施上，額外再提升0.36%的效能，榮獲TVBS、電子時報專題報導。
- 已榮獲國家新創獎、科技部未來科技獎，並由本校萌芽計畫衍生公司紫式大數據決策(股)輔導產業，協助開發技術模組或決策系統。

聯絡方式

- 清華大學工業工程與工程管理學系/簡禎富講座教授 / cfchien@mx.nthu.edu.tw
- 紫式大數據決策股份有限公司/陳暎仁博士 / yjchen@dalabx.com.tw



半導體廠務廢水處理之大數據分析與智能調度決策系統

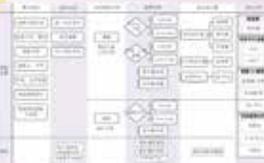


技術說明

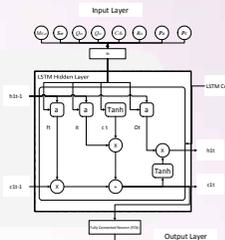
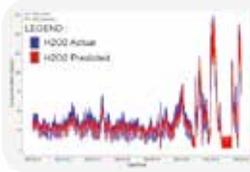
發展高科技廠廢水處理的大數據分析和智能調度之數位決策技術模組與系統，整合：**數據健檢模組**、**廢水化學物質濃度預測模組**、**幫浦資源智能調度**和**紫式決策與綜合效益提升**等功能，協助廠務及時預測廢水濃度和調度決策，以先進控制廢水濃度，降低排放過量化學物質的風險及相關成本，推動智能化潔淨生產與循環經濟。

1. 數據健檢與大數據

Parameter	Description
M_e	Forecasting Hydrogen Peroxide concentration in Equalizer Tank
v	pH level in Equalizer Tank
Q_e	Equalizer Tank Flow rate
Q_c	Collection Tank Flow rate
CA	Summation of all machines call acid time for one minutes
M_e	Status of Equalizer Tank
Z	Limitation of Hydrogen Peroxide concentration in tank j
T_i	Turn on period for pump i



2. AI/ LSTM 濃度預測



3. 幫浦智能調度優化決策

Min R

Minimize the regret of pump operation cost

1) $(1 - P_{i0})M_{i,t} \leq Z$, for $\forall i, t$
If H2O2 concentration is larger than threshold, turn on the pump i . Otherwise, turn off pump i .

2) $R \geq C_p \cdot P_{i,t} + C_e \cdot (\sum_t (P_{i,t} \cdot f(M_{i,t})) - (1 - P_{i0}) \cdot M_{i,t})$, for $\forall i, t$

The regret of pump operation cost, including overestimate and underestimate cost

3) $M_t = M_{t-1} + P_t \cdot M_t - \sum_t (P_{i,t} \cdot f(M_{i,t})) \cdot T_i$

The H2O2 concentration at time t after pump operation

4) $P_i, M_i \geq 0$

4. 紫式決策與綜合效益提升



產業應用

- 半導體、PCB、TFT-LCD等廢水處理需求，無需額外投資軟體設備，整合AI大數據分析與優化智能控制決策即可創造額外節能減廢與降低污染效益；亦可先針對現狀做資料健檢評估，提出改善建議與產學合作研究計畫。
- 已成功導入某半導體廠，有效節能減廢，促進永續。

聯絡方式

- 清華大學工業工程與工程管理學系/ 簡禎富講座教授 / cfchien@mx.nthu.edu.tw
- 清華大學智慧製造與循環經濟研究中心/ 郭軒安博士 / andykuo5168@gmail.com



葉維彰 Wei-Chang, Yeh

國立清華大學

工業工程與工程管理學系

講座教授

【個人簡介】

葉維彰教授於美國德州大學阿靈頓分校（UTA）獲得工業工程博士學位，專長研究領域都圍繞著演算法展開，包括對各種網路可靠性問題、優化問題的精確解法和軟計算等，其學術研究成果獲得國際院士、國光發明獎章及中國創新發明協會頒發的台灣傑出發明家和博導稱號。本身擁有超過 50 項專利，發表超過 200 篇 SCI 期刊論文，兩次獲得台灣科技部頒發的傑出研究獎、一次獲得傑出學者研究計畫，在 2022 年獲得科技部傑出特約研究員的獎項。

精確太陽能電池模組參數估計

-使用改良簡化群體演算法(iSSO)



背景

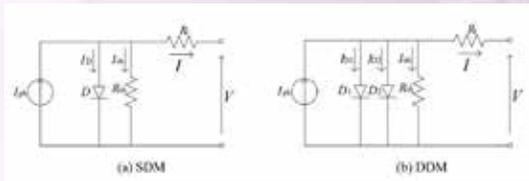
太陽能電池可說是綠能科技中相當重要的一部分，為了製作出更好的太陽能電池模組，工程師通常會先以電腦進行太陽能電池模組的模擬，因此參數估計要與實際值誤差越小越好，設計出來的太陽能模組才會和實際情況相同。

本研究將會使用本團隊開發的改良簡化群體演算法進行太陽能電池模組模型參數調整，以達到更精確的參數估計。

SDM & DDM

單二極體模型(Single Diode Model, SDM)與雙二極體模型(Double Diode Model, DDM)是兩個最常拿來模擬太陽能電池的等效電路，來估計電流與電壓的關係。

而模型的參數會影響估計的精確度，而模型參數的調整為NP-Hard問題，目前使用的方法1. 分析法(analytical approach)2. 數值法(numerical approach)3. 柔性演算(soft computing)。



改良簡化群體演算法

改良簡化群體演算法(improved simplified swarm optimization, iSSO)是一種柔性演算法，已在許多問題中證明具有良好的連續型問題解決能力，並且更有效率、精確度和穩健度。

結果

在研究中我們分別使用SDM和DDM的benchmark進行測試，並且與多個柔性演算法進行比較，包含SSO (simplified swarm optimization)和FPA(Flower pollination algorithm)。而iSSO得出的答案誤差都小於其他兩者。



Integration & Collaboration Lab
 化工系葉維彰教授團隊

The comparisons of F_{obj} among iSSO, SSO, and FPA for the SDM benchmark.

T	iSSO - SSO	iSSO - FPA	FPA - SSO
5	-1.2033E-04	-9.4536E-09	-9.4536E-09
10	-6.1265E-05	-7.4089E-11	-7.4089E-11
15	-5.1844E-05	-1.3054E-13	-1.3054E-13
20	-5.1768E-05	-4.6000E-16	-4.5992E-16
25	-4.3630E-05	-6.0000E-17	-6.0065E-17
30	-3.2744E-05	-4.0000E-17	-4.0115E-17
35	-2.5466E-05	-1.2000E-16	-1.2013E-16
40	-2.6089E-05	-1.4000E-16	-1.4008E-16
45	-2.1315E-05	-1.2000E-16	-1.1991E-16
50	-2.5950E-05	-1.4000E-16	-1.4008E-16



國立清華大學
 NATIONAL TSING HUA UNIVERSITY

海報製作:林辰勳



微電網動態綠能分配

-使用新型基因演算法(iGA)於東澳島



背景

在與本島電網獨立的離島微電網中，通常會使用各種再生能源（風能、潮汐能、太陽能等）提供電力，但再生能源提供的電力容易受環境影響，會搭配儲能系統以提供穩定電力

這種情況電力的分配就產生許多限制，因此使用穩定電力來源的傳統靜態電力分配方法就不能適用在此情境，因此本團隊發明一種最經濟的動態電力分配方法

iGA, improved genetic algorithm

新型基因演算法(iGA)是經典的基因演算法(GA)加上兩個創新概念的新型演算法

infeasible-variable-regenerate-only strategy(IVR)

可以不使用懲罰函數下，變更不符合限制的變數，減少運算的負擔

the proposed feasible generator and update(FGU)

可以縮小每個變數可行解區域，減少至少40%的不可行解變數，更容易找到可行解

結果

iGA和其他演算法相比都可以得到最低成本的解，為微電網的電力分配提供最解省成本的方式。



Integration & Collaboration Lab
化工系朱維彰教授團隊

N _{gen}	F _{min}				F _{avg}				F _{max}			
	iGA	SSO	PSO	SM	iGA	SSO	PSO	SSC	iGA	SSO	PSO	SSC
100	7904.8	10463.7	14499.1	12842.8	9732.8	10784.8	14750.8	13544.5	10908.1	11323.1	14854.1	14957.8
200	7904.8	10203.5	14497.4	12558.1	9706.6	10663.1	14723.4	13057.0	10787.8	10950.9	14854.1	14683.7
300	7904.8	9883.7	14497.4	12558.1	9691.9	10589.7	14699.5	12891.7	10754.2	10893.1	14808.6	14487.2
400	7904.8	9883.7	14497.4	12558.1	9677.2	10545.3	14687.2	12826.4	10601.2	10878.6	14808.6	14487.2
500	7904.8	9883.7	14497.4	12558.1	9669.3	10517.7	14674.9	12790.9	10582.3	10833.0	14780.0	14487.2
600	7904.8	9883.7	14497.4	12590.8	9668.1	10501.1	14661.1	12763.9	10552.3	10833.0	14780.0	14487.2
700	7904.8	9883.7	14497.4	12590.8	9666.2	10490.1	14654.0	12744.7	10552.3	10833.0	14780.0	14442.4
800	7904.8	9883.7	14497.4	12590.8	9663.1	10478.1	14647.9	12728.2	10539.8	10815.1	14736.6	14442.4
900	7904.8	9883.7	14497.4	12590.8	9661.1	10457.4	14644.1	12714.2	10539.8	10757.9	14736.6	14442.4
1000	7904.8	9883.7	14497.4	12480.2	9661.0	10439.3	14639.5	12696.6	10539.8	10719.8	14736.6	14442.4
average	7904.8	9973.67	14497.6	12555.8	9679.7	10546.7	14678.2	12875.8	10632.8	10883.7	14787.5	14536.0

海報製作:林辰勳

麥寮風力發電預測

-使用多層感知神經網路(MLP)搭配改良簡化群體演算法(iSSO)



背景

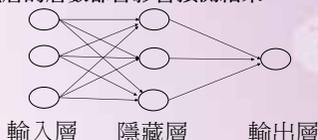
在再生能源當中，風力發電是常見的一種發電方式，只需合適的風場即可設置。而精準的風能預測對於未來的風電規劃與管理是非常重要的，尤其近年再生能源比重不斷提高的情況下。

因此本研究採用MLP搭配本團隊開發的改良畫群體演算法進行MLP的參數調整，達到更好的預測精確度。

多層感知神經網路

多層感知神經網路(Multilayer perceptron, MLP)，屬於深度神經網路(deep neural network, DNN)的一種。

除了輸入層與輸出層，中間還具有隱藏層，使之可以學習非線性函數。而選擇當作輸入層的變數與隱藏層的層數都會影響預測結果。



改良簡化群體演算法

改良簡化群體演算法(improved Simplified Swarm Optimization, iSSO)，可以用來找到最佳的MLP參數，再結合Principal Component Analysis(PCA), Autocorrelation Function(AF) 和 Partial Autocorrelation Function(PAF)來篩選較為重要的因子作為輸入層變數，以此提升預測精確度。

結果

在MLP和不同演算法的搭配下，搭配iSSO的結果有較小的誤差和較快的運算速度，能夠提供精確的風能預測。



Integration & Collaboration Lab
 化工系葉維彰教授團隊

Method	BP	PSO	CRPSO	GA	DE	Best-to-best-2		Best-1	
						SSO	iSSO		
Training MSE	Min:	80.279	31.743	330.395	363.173	233.238	238.083	223.638	304.382
	Max:	80.279	37.7342	253.319	242.897	238.826	222.635	208.326	253.463
	std:	80.279	363.334	205.862	275.072	237.683	287.084	238.236	325.623
	Iter:	5.70E+14	14.903	31.2156	8.5298	8.9864	55.5237	8.4828	1.9677
Testing MSE	Min:	396.395	156.437	186.474	203.787	248.626	251.398	173.647	184.034
	Max:	396.395	139.273	185.562	175.711	217.737	217.740	268.988	188.873
	std:	396.395	241.363	189.223	209.737	286.700	290.024	191.388	168.444
	Iter:	1.150E+13	33.137	18.0303	12.1113	27.833	36.8070	7.7019	2.8361
Run time	Min:	26.328	15.981	11.7031	22.7136	16.790	17.603	26.4546	15.6208
	Max:	21.306	15.622	15.5730	15.6090	13.28	15.622	15.5798	15.5000
	std:	39.280	17.1300	13.8730	25.0340	19.314	28.62	38.6736	18.2340
	Iter:	3.71E3	6.4980	6.0716	3.3624	1.8232	3.5269	1.8390	0.2523



國立清華大學
 NATIONAL TSING HUANG UNIVERSITY

海報製作:林辰勳



林宗宏 Zong-Hong, Lin

國立清華大學

生物醫學工程研究所

動力機械工程學系

教授

榮獲 110 年度吳大猷先生紀念獎

【個人簡介】

林宗宏教授於國立台灣大學獲得化學博士學位，專長研究領域為自供電（生物）化學傳感器、可穿戴醫療電子設備和遠程智能監控平台以及功能性奈米材料在感測器方面的應用，學術生涯發表 SCI 論文 100 餘篇（總引用次數 11484，h-index 54），且多數刊登在標竿期刊上（Impact factor 10 或 Rank 5%）。另外，也致力於將開發技術實用化，為 20 多項發明專利的發明者，亦有多項產學合作及技轉實績。研究表現獲國內外重要肯定如 Fellow of the Royal Society of Chemistry、科技部吳大猷獎、科技部未來科技獎、科技部年輕學者養成計畫（哥倫布）、科技部優秀年輕學者研究計畫、IEEE-NANOMED New Innovator Award、國立清華大學新進人員研究獎等，也為 top 2% most-cited scientists by Stanford University。



2022永續淨零技術論壇



摩擦奈米發電機應用於仿生自供電自行車系統

林宗宏 教授

國立清華大學醫工所

奈米感測器自驅動奈米系統實驗室

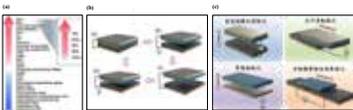


技術重點

本團隊成功利用摩擦奈米發電機技術開發出仿生自供電自行車系統。元件優化方面，仿生蛇鱗片結構優化了元件的耐磨耗特性和輸出效能，仿生鯊魚皮結構則達到抗細菌和液體沾黏的效果。仿生自供電自行車系統涵蓋了前行指示系統、煞車警示系統以及方向變換系統，創新的警示設計顛覆了人們對於自行車警示設備的傳統思維，完美結合此前端技術的優勢以及自供電自行車系統的特點，綜合了「自供電、多功能性、永續環保、綠色能源」等優點。

摩擦奈米發電機

摩擦奈米發電機 (Triboelectric Nanogenerator, TENG) 是基於摩擦起電效應與靜電效應的耦合效應將機械能轉化為電能的一項技術，優點包括成本低、結構設計簡單、材料選擇性廣以及低環境污染等，因此已被極廣泛應用在許多領域當中，成為近年來最受矚目的綠色能源之一。工作原理為分別將兩種材料 (摩擦層) 背面貼金屬薄層作為電極，根據摩擦序列表，摩擦層會因為得到或失去電子的能力不同，在接觸和分開的過程中，於表面產生摩擦起電電荷，而摩擦層的靜電效應，使得金屬層產生感應電場，為了達到電荷平衡，電子會在電極中作轉移，進而產生電流，若使之反覆進行接觸和分開，就能藉由持續的動作轉機，高效地產生交流電輸出。根據不同的應用需求，TENG可以分成四種工作模式：垂直接觸分離模式、水平滑動模式、單電極模式和非接觸摩擦起電電壓模式。



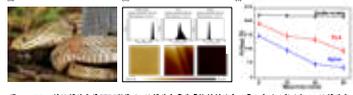
圖一、(a) 摩擦序列表 (b) 摩擦奈米發電機結構原理 (c) 摩擦奈米發電機的四種工作模式

仿生自供電自行車系統

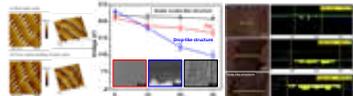
我們將摩擦奈米發電機技術應用於自行車的行車指示系統，主要包含三個子系統：前行指示系統、煞車警示系統以及方向變換警示系統。首先，前行指示系統的主軸構是水平滑動模式元件 (LS-TENG)，其次，煞車警示系統的主軸構則是垂直電壓以及前後輪軸均有安裝的垂直接觸分離模式元件 (CS-TENG)。除了選擇銀纖維 (PTFE) 以及角蛋白 (Keratin) 薄膜作為摩擦層材料來達到輸出最大化之外，本團隊成功利用二次翻膜技術賦予摩擦層表面呈現出蛇皮結構，此一表面改良利用生物微結構本身的異向性對耐磨耗特性，經證實能夠大幅降低元件摩擦表面在長時間工作下的磨耗，具備高抗磨損能力，提升耐用度，使元件有穩定且卓越的高頻輸出。



圖二、(a) (b) 水平滑動模式及垂直接觸分離模式元件結構原理

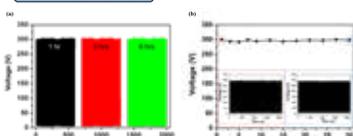


圖三、(a) 五種蛇鱗片仿生二次翻膜 TENG 結構 (b) 蛇鱗片、鯊魚皮與平細結構的體積比較數據 (c) 蛇鱗片與鯊魚皮結構材料分別與銀纖維 (PTFE) 摩擦層結合比較數據



圖四、(a) 五種鯊魚皮仿生二次翻膜 TENG 結構 (b) 蛇鱗片、鯊魚皮與平細結構的體積比較數據 (c) 蛇鱗片與鯊魚皮結構材料分別與銀纖維 (PTFE) 摩擦層結合比較數據

仿生自供電自行車系統



圖五、(a) (b) 以仿生蛇鱗片與鯊魚皮結構元件作為中樞單元在光電耦合時間工作下的輸出數據

第三，方向變換警示系統的主裝置則位在左右手的握把上，屬於單電極模式元件 (LS-TENG)，握把上還有與皮膚接觸的摩擦層材料。我們選用高生物相容性且對人體皮膚無刺激性的砂膠 (Ecoflex)，並在其表面翻膜印製鯊魚皮結構，除了手感舒適外，經驗證此結構具有抗液體沾黏特性，因此能夠穩定元件輸出，且具有優異的抗菌效果。



圖六、鯊魚皮表面微結構 SEM 影像

鯊魚皮結構之砂膠



角蛋白與銀纖維之砂膠



圖七、鯊魚皮結構物與角蛋白與銀纖維 (a) 蛇鱗片型別結構 (b) 表面分別與銀纖維及角蛋白結構比較

系統整合

統整以上三個子系統，各子系統與其開發方式為：(1) 前行指示系統：踩動踏版 (2) 煞車警示系統：按壓煞車手把 (3) 方向變換警示系統：握把握把，相較於過往傳統自行車照明裝置，本團隊的系統擁有成本低、低污染、結構安裝簡易、發光效率高、不需裝電池並能提供主動大陸照明與後煞車燈的等許多優異特點。



圖九、仿生自供電自行車系統實際展示

結論

本團隊成功將三種不同工作模式的摩擦奈米發電機技術應用在三種自行車指示系統，在元件優化方面，透過仿生蛇鱗片結構優化元件的耐磨耗性以及輸出效能，並使用仿生鯊魚皮結構達到抗細菌和液體沾黏。此外，在運動風氣和環保意識盛行的年代，騎自行車就如同全民運動一樣普及，而摩擦奈米發電機正是近十年才發明卻正在快速發展的技術，其優點「自供電、多功能性、永續環保、綠色能源」正好與自行車愛好者的運動理念相符合，可謂將前端技術與實際應用相結合的完美範例。

實驗室網站

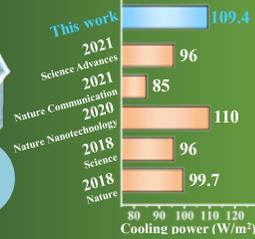
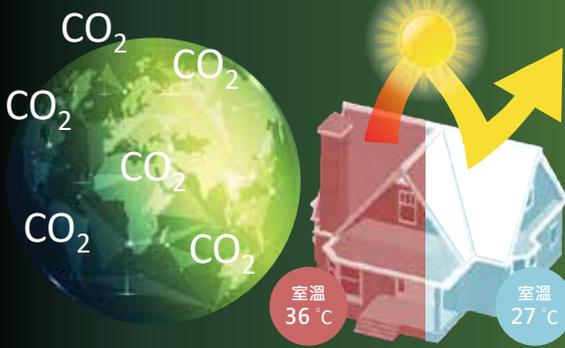


可撓曲日間輻射冷卻材料

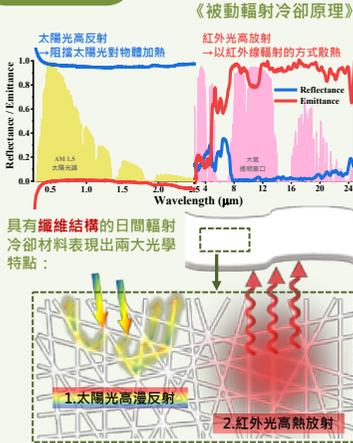
國立清華大學
生物醫學工程研究所
萬德輝教授 團隊



與本團隊聯繫



技術說明



技術特色

大面積、可撓曲
日間輻射冷卻材料

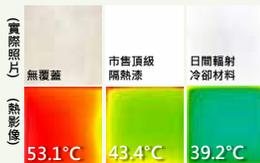


- 太陽光高反射率 (97%)
紅外光高放射率 (90%)
- 有效降低室溫達 9~22 °C
- 冷卻功率 (>100 W/m²)
- 優異的戶外耐候性
(自清潔、防潑水、抗UV曝曬)
- 防焰特性
(抵擋大於 600°C 的高溫)

溫度實測

將兩組水泥磚放置在太陽下照射 1 小時：

水泥磚塗刷市售頂級隔熱漆可以下降約 **10度**；
水泥磚覆蓋日間輻射冷卻材料可以使溫度降低約 **14度**！



大型建物節能應用

每年可省下 **1.9千萬度** 電，
約 **9千7百萬元** 電費，
達到減少約 **1萬噸** 的碳排放！

以臺灣南部大型倉儲為例，當輻射冷卻功率達 100 W/m² · 覆蓋面積為 10萬 坪 (33萬 m²)



低成本高效能電解水 產氫產氧裝置

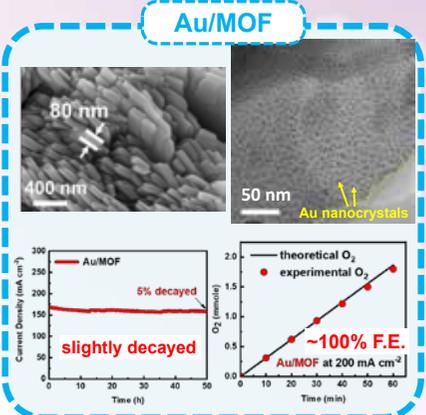
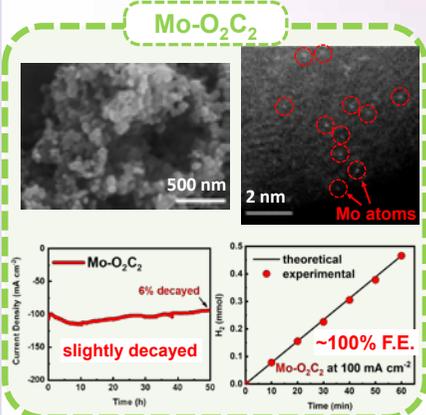
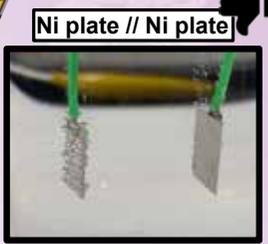
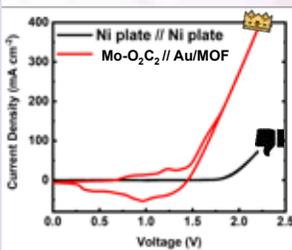
國立清華大學 化工系
 呂世源教授團隊
 sylu@mx.nthu.edu.tw

技術介紹

電解水儲能技術之宗旨為將電能轉換為化學能，透過使用可再生能源，將水分解產生高純度的氫氣與氧氣儲存。除了能有效改善再生能源的間歇性問題與不穩定性外，氫能高能量密度、低汙染的特性也使其成為綠能的關鍵技術之一。本團隊開發以Au奈米晶體修飾之Fe、Co、Ni金屬中心MOF材料(Au/MOF)作為陽極、Mo單原子觸媒(Mo-O₂C₂)作為陰極，組合而成的高效能全電解水系統。

技術特色

- ✓ 高活性：採用先進觸媒材料，大幅提升電解水效率並減少所需能量
- ✓ 高穩定性：於初始電流密度100 mA cm⁻² 連續操作 50小時，無顯著衰退
- ✓ 高法拉第效率：~100%法拉第效率，無副反應





林姿瑩 Tzu-Ying, Lin 助理教授

清華大學 材料科學工程學系

辦公室：清大台達館 T413

E-mail: tzuying.lin@mx.nthu.edu.tw

【個人簡介】

先進薄膜能源材料實驗室致力於開發與整合高效無機薄膜太陽能電池和高安全性與高效能之固態薄膜鋰電池。目前研究方向包括 (1) 新世代太空用光伏元件：高效 Cu (In, Ga) Se₂ 薄膜太陽能電池；(2) 質子 / 電子輻射試驗的輻照損傷分析；(3) 複合式電解質和薄膜玻璃態電解質；(4) 原位 / 臨場觀察應用於固態電池領域。

- 製作高效 CIGS 薄膜太陽能電池及太空輻射轟擊測試和修復機制探討

材料具備良好抗輻射特性，並能在光熱浸潤後完全恢復。搭配模擬軟體和光學、電性分析，進一步闡明材料內部的自我修復機制。

- 複合式與陶瓷薄膜電解質暨全固態薄膜電池

以真空系統製備固態電解質為薄膜，並與陰陽極薄膜共同堆疊成為微型儲能元件之全固態薄膜電池。此微型元件可進一步應用於物聯網、電子產品等多樣用途。以非真空法混和聚合物與陶瓷粉末，達到提升離子導率以及增強電極和電解質界面的兼容性，可同時增加使用安全性並提升應用整合度，未來應用於電動車儲能設備上具高度潛力。



國立清華大學 材料所 林姿瑩教授團隊

技術名稱

複合型固態電解質與固態電池臨場觀測系統

技術說明

該技術主要用於研發固態鋰電池，預期可應用於減碳淨零之電動車產業與各式微小晶片、RFID等應用。

🔍 複合型固態電解質優勢

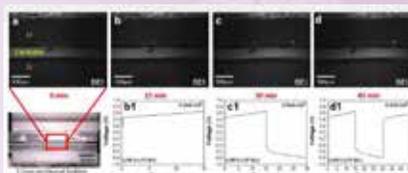
- 高分子混陶瓷粒子

固態鋰電池具有較高的理論能量密度，高分子電解質具備柔韌性和對電極較好的貼覆性，製備簡單易於大量生產，並透過添加陶瓷粉末提升離子導率，同時藉此抑制鋰枝晶生長，是極具潛力的電解質技術。

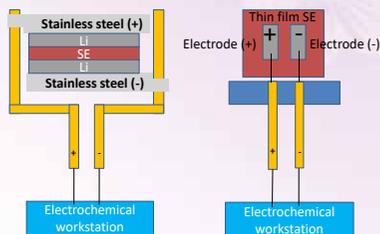
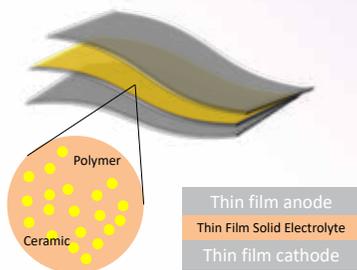
- 薄膜非晶電解質與薄膜製程

純固態的電解質薄膜能結合陰陽極薄膜組成薄膜電池，藉由透過濺鍍系統製備，具有與元件互相整合的潛力。

🔍 搭配固態電池臨場觀測系統



電池臨場觀測系統是透過特殊傳輸載台保護樣品由手套箱至觀測系統，過程不受大氣影響，避免受水氧影響；透過更換基座可進一步用於固態鋰電池充放電之觀察，並可應用其他水氧敏感性材料。



聯絡人員：郭睿彤 連絡電話：03-5715131 #35342 E-mail: patrickkuo1015@gmail.com
 林姿瑩老師 連絡電話：03-5715131 #35341 E-mail: tzuying.lin@mx.nthu.edu.tw



國立清華大學 材料所 林姿瑩教授團隊

技術名稱

新世代太空用光伏: 銅銦鎵硒薄膜太陽能電池與輻射損傷分析
Next generation Space PV: CIGS thin film solar cells & Irradiation damage analysis

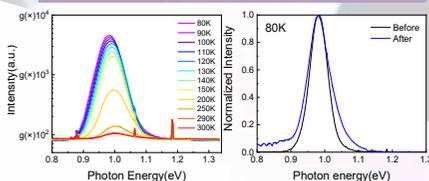
技術說明

🔗 CIGS優勢

使用Cu、In、Ga、Se等組成的化合物半導體CIGS太陽能電池在太空應用中有相對其他太陽能電池具有更佳優秀的**抗輻射損傷能力**和**自我修復**機制。並已於地表測試中展現優異的光電轉換效率與環境穩定性。**可撻、可大面積生產與輕量化**之製作更可大幅減少發射成本以及增加搭載曲面物之可能性。不僅可應用於地表綠能減碳用之建築整合光伏BIPV，更可進一步衍生於太空應用。

🔗 搭配分析技術

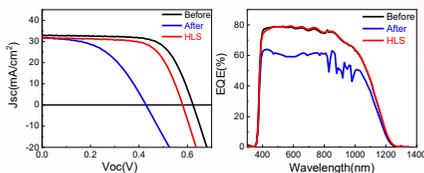
變溫光致發光



光學分析：

使用大通量輻射線測試材料內部生成缺陷，以光學分析推測材料缺陷種類與材料能帶結構改變的資訊獲得輻射線損傷機制。

變溫電性檢測與環境修復力



電學分析：

可進一步獲得輻射線導致之缺陷濃度、深度及光吸收效率之變化在模擬低軌道衛星軌域下受光熱週期影響，展現良好的修復效果。

聯絡人員：謝季達同學 聯絡電話：03-5715131 #35342 E-mail: whitesugar48@gmail.com
 林姿瑩老師 聯絡電話：03-5715131 #35341 E-mail: tzuying.lin@mx.nthu.edu.tw



國立清華大學 材料科學工程學系 葉哲寧教授團隊



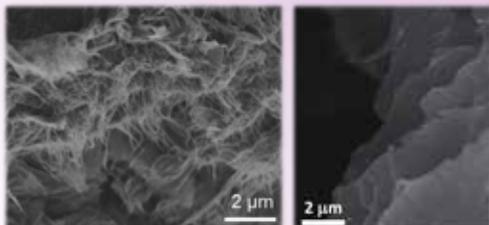
技術名稱

實現快速充放電電化學元件之碳基複合材料
Carbon-based Hybrid Materials for
Fast Charging of Electrochemical Devices

技術說明

電動車為電化學元件的重要應用領域，也是各國推動淨零碳排放的策略之一；其中，安全性與充電速度成為電動車能否取代汽柴油車的關鍵。本研究將會使用團隊開發的碳基複合材料作為電極，達到可極快速充放電且避免電池短路之元件。此研究材料與技術具有以下特性，且可衍伸應用於除了鋰離子電池以外的電化學技術領域。

- ❖ 環境友善材料
- ❖ 自組裝製程
- ❖ 適用材料廣泛
- ❖ 適合大量製備
- ❖ 高能量密度
- ❖ 高安全性



應用範圍

- ❖ 鋰離子電池、鋅空氣電池
- ❖ 超級電容
- ❖ 碳捕捉
- ❖ 儲氫材料



wattalps



聯絡人員: 葉哲寧 連絡電話: 03-5715131 #35220 E-mail: cnyeh@nthu.edu.tw

熱浮力與水霧蒸發之節能技術

天主教輔仁大學醫學院公共衛生學系 劉希平、曹珮儀

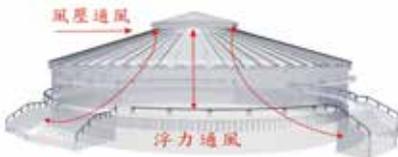


技術說明:藉由建築物上方自動開窗設計,導引上升熱浮力引入外氣時,利用外部不同高層和水滴粒徑之水霧蒸發吸熱原理,應用於輔仁大學中美堂內之通風與節能,降低室內二氧化碳與冷氣需求,達到自然通風與室內降溫的效果。

輔仁大學 - 中美堂



中美堂熱浮力通風設計



水霧噴灑 - 噴灑高度和水滴粒徑

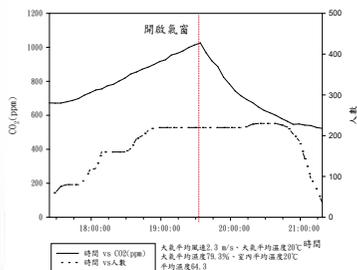


水霧噴灑實景

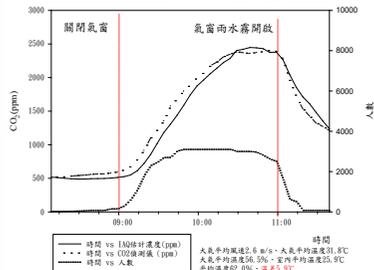


成果

2012.12.22 理工聯會



2013.06.22 畢業典禮 (含上門通風量)



可應用之產業: 高層具可開窗之建築物或大量冷氣與通風需求之建築物,如運動場館、辦公大樓、醫療院所,可同時排除二氧化碳和節省冷氣尖峰用量。

聯絡團隊: 輔仁大學 醫學院 公共衛生學系 劉希平副教授及其團隊,
 ph1005@mail.fju.edu.tw

太陽能與熱泵串聯系統提供熱水和冷氣之節能措施

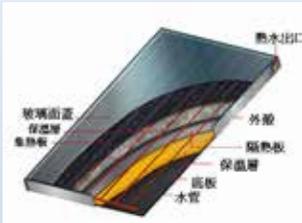


輔仁大學 公共衛生學系 劉希平、李賢致

技術說明:利用太陽能集熱和串聯後熱泵加熱,提供集合式宿舍之熱水與公用空間冷氣。

太陽能集熱器

以太陽能集熱板吸收熱能,以熱傳導方式將水加熱,如溫度達攝氏55度,可直接供應熱水。

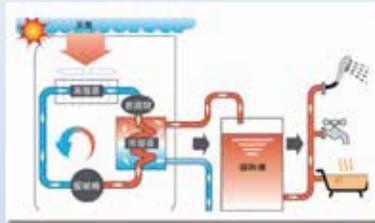


實際現場照片1



熱泵原理

藉由冷媒吸收大氣中攝氏5度以上的熱,將熱傳導以加熱冷水,並同時產生冷氣,可有效節能70%。



實際現場照片2



各種能源設備燃料費用之比較 (資料來源:台大新能源中心)

(以 1,000 公升冷水由 21°C 加熱至 58°C 需熱量 37,000 仟卡為例)

能源設備種類 (效率)	熱量需求	單位能源之加熱量	耗能	能源單價	費用
電熱水器(0.9)	37,000 仟卡	731 仟卡/度	50.6 度	2.6 元/度	132 元
液化瓦斯熱水器 (0.75)	37,000 仟卡	9,000 仟卡/公斤	4.11 公斤	25 元/公斤	103 元
柴油鍋爐(0.75)	37,000 仟卡	6,612 仟卡/公升	5.60 公升	11 元/公升	61.6 元
天然瓦斯熱水器 (0.75)	37,000 仟卡	6,707 仟卡/度	5.52 度	12.8 元/度	70.7 元
熱泵熱水器(COP 2.6)	37,000 仟卡	2,226 仟卡/度	16.55 度	2.6 元/度	43 元
熱泵熱水器(COP 3.6)	37,000 仟卡	2,580 仟卡/度	14.34 度	2.6 元/度	37 元
熱泵熱水器(COP 3.6)	37,000 仟卡	3,096 仟卡/度	11.95 度	2.6 元/度	31 元

本案需求COP(Coefficient Of Performance) >3.0

可應用之產業:同時需要熱水和冷氣之場所或企業,如飯店、旅館、住商大樓、學校宿舍等。

聯絡團隊:輔仁大學 公共衛生學系劉希平副教授及其團隊,
ph1005@mail.fju.edu.tw

多任務機器學習負載預測及智慧監控系統 於電動車充電整合服務及儲能之應用

黃凱斌助理教授及岳鼎股份有限公司團隊
輔仁大學企管系/永續發展與研究中心

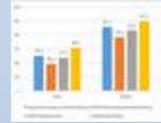
技術說明

- 應用多任務機器學習演算法(Multitask Learning Model, MTL)，結合WRF或衛星雲圖計算之溫度及Cloud Event等氣象資訊，開發高效能之用電負載型態模擬、用電負載預測、用電負載不確定度評估及綠電採購規劃系統
- 解決現行儲能系統之電網電力不穩、建置成本高及充放電時間評估等建置問題
- 提供場域電力負載預測與最佳化之智慧電力管理服務。
- 提供智慧型契約容量控制
- 基於行業別(金融業、科技業、製造業及服務業)開發之用電負載模擬系統
- 提供智慧充電服務後並依據綠電電價、市電時間電價、用電型態與季節自動調整設備負載方案
- 依據我國電價相關參數，即期調整，建置最佳化綠電採購與相關財務規劃模型



可應用之產業

- 電動車充電整合服務需求產業
- 綠電相關發電、用電需求及綠電採購規劃需求產業



多任務機器學習負載預測及智慧監控系統 於電動車充電整合服務之應用



聯絡團隊：輔仁大學 管理學院 企管系 黃凱斌助理教授及其團隊
連絡電話：02-29056265 E-mail: 152400@mail.fju.edu.tw



與技術團隊聯繫

碳捕捉技術: 新型吸收劑及製程整合式設計開發

國立清華大學 化工系林育正 助理教授團隊

目的

- 改善碳捕捉效率及能耗大幅減少碳捕捉成本
- 規模放大及商業化新型碳捕捉製程
- 增加零碳火力發電及化工產業經濟及技術可行性

方法

◆ 吸收劑設計

- 開發新型吸收劑測量二氧化碳吸收容量及反應速率
- 熱力學及分子模擬反應機構提供吸收劑選擇指引

◆ 製程設計

- 開發新型吸收及脫附製程設計提高吸收效率和減少能耗
- 整合吸收劑及製程模擬最適化實際產業應用之碳捕捉效能

應用產業

- 燃煤發電煙道氣
- 天然氣複循環發電煙道氣
- 生質能發電煙道氣
- 煉鐵高爐爐頂氣
- 甲烷改質合成氣



連絡電話: 03-5715131 #33683

E-mail: yujeng.lin@mx.nthu.edu.tw



國立清華大學
NATIONAL TSING HUA UNIVERSITY

Development of Advanced Oxidation Process (AOP) Catalysts for Rapid Degradation of Industrial Waste Water (IWW)

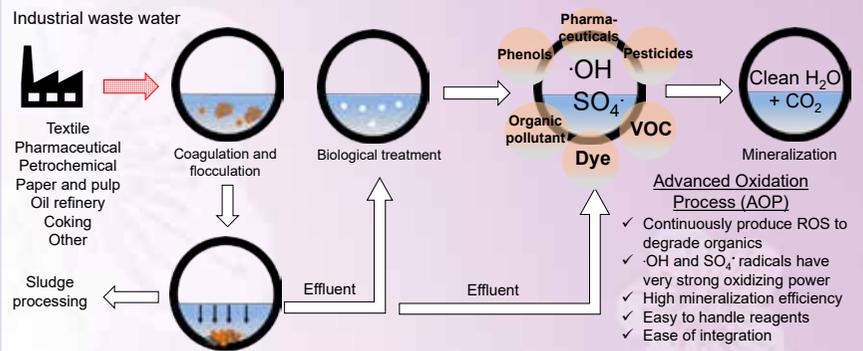


En Xuan Lin, Shan Yuan Hsiao, **Pei Yun Keng***

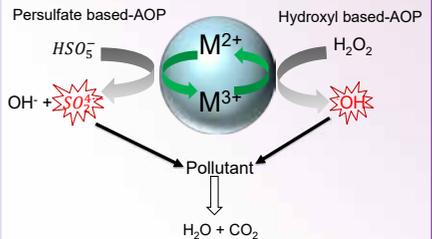


國立清華大學 材料科學工程學系

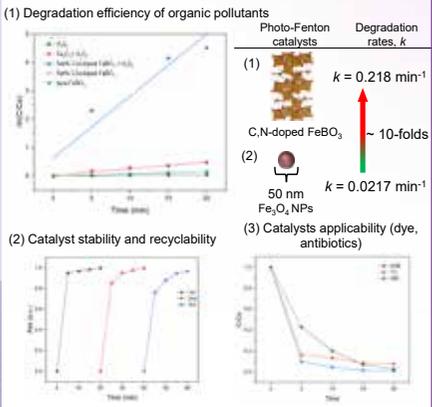
Department of Materials Science and Engineering, National Tsing Hua University



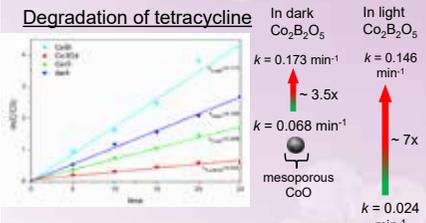
Development of Heterogeneous, Recyclable Metal Borate as AOP Catalyst



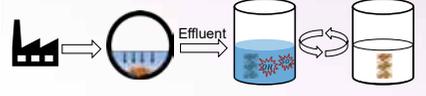
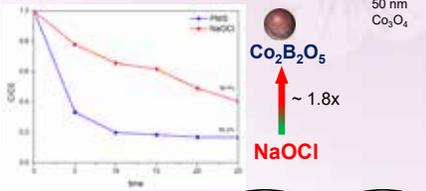
Iron borate (FeBO₃) as Photo-Fenton Catalyst



Cobalt borate (Co₂B₂O₇) Permonosulfate (PMS) Catalyst



Comparison of decomposition of dye with 3 mg Co₂B₂O₇/ 25 mg PMS vs 80 mg NaOCl



- Features of AOP catalyst:**
- ✓ Abundance precursor
 - ✓ Cost effective
 - ✓ Simple synthesis
 - ✓ Stable catalyst
 - ✓ Rapid degradation
 - ✓ Recyclable/Recovery
 - ✓ Continuous production of ROS
 - ✓ Clean → H₂O + CO₂
 - ✓ Removal of catalyst

