

行政院科技部工程司環境工程學門 2022 年第一期簡訊

學門單位：科技部工程司環境工程學門

承辦人：李玟 先生 (E-mail: pdl@most.gov.tw; Tel : (02) 2737-7049)

召集人：董瑞安 教授 (E-mail: radoong@mx.nthu.edu.tw; Tel : (03) 5715131#35569)

聯絡人：曾靜瑜 小姐 (E-mail: tsengchingyu@mx.nthu.edu.tw; Tel : (03) 5715131#33264)

發行日期：2022 年 02 月 28 日

各位環境工程學門領域教師與先進，研安：

■ 環工學門「循環經濟為本之淨零碳排」會議

環境永續與淨零排放近年來已是產官學研各界琅琅上口且列為重要發展的項目，政府在 2021 年 4 月 22 日環境地球日宣布國內將朝 2050 淨零排放目標邁進後，如何進行減碳已成為各界共同努力的目標。

因應政府 2050 年淨零排放 (Net zero emission, NZE) 的目標，國發會在 2021 年即成立 (1)去碳能源工作圈、(2)產業及能源效率工作圈、(3) 運具電氣化工作圈、及 (4)負碳技術工作圈四大減碳支柱，之後又新成立(5)治理工作圈 (由環保署主導)，來進行不同層面的技術發展規劃。其中負碳工作圈由科技部及農委會負責，主導產業減排(CCUS)、直接碳移除(CDR)及 碳匯 (Carbon Sink)三大部



分。科技部已規劃淨零排放技術發展的短、中、長期目標，同時也已將短期發展技術目標的規劃加入於 112-115 年施政計畫中，將每年編列預算經費進行負碳技術的發展應用。

環境工程學門為因應科技部負碳技術的開發路徑藍圖，由國立清華大學及國立中興大學主辦，邀請學門相關領域專家學者，於 2 月 11-12 日假南投縣惠蓀林場舉辦「以循環經濟為本之淨零排放」會議，會中針對【碳捕存再利用 (CCSU)】、【生質能利用減碳(BECCS)】、及【循環經濟 (Circular Economy)】三項重要的主軸，進行深入的研習，凝聚共識，形成具有策略措施的建議，以作為技術發展的基石。會中除東海大學副校長張嘉修講座教授說明科技部負碳技術的規劃方向及目前國際與國內發展趨勢外，也邀請多位國內環境工程領域學者針對此三項主軸議題，針對目前國際的發展現況與國內的路徑規劃，進行深入淺出的彙整，之後再導入【公民咖啡廳】的討論模式，共同規劃出環境工程領域在此三大主軸領域的短程與中長期技術發展目標。



經由二天密集的討論與意見交換，得到三組初步的共識與可能的發展方向，茲將相關內容詳述如下：

(I) 碳捕存再利用(CCUS)議題：

Plenary Speakers：臺灣大學環工所 蔣本基 名譽教授

Chair：成功大學環工系 朱信特聘教授

Invited Speakers：中興大學環工系 曾惠馨教授、高雄大學 連興隆教授

(論壇桌長：成功大學環工系 朱信特聘教授；紀錄：臺灣大學環工所 陳則綸博士)

一、背景說明：

碳捕捉、再利用及封存技術 (Carbon Capture, Utilization and Storage, 簡稱 CCUS) 係將工業生產或化石燃料轉換過程中產生之二氧化碳進行預處置 (Pre-treatment) 或管末後端處理 (Post-Treatment), 以避免二氧化碳直接排到大氣, 加速全球暖化現象。常見碳捕捉技術包括燃燒後捕獲、燃燒前捕獲及富氧燃燒等, 捕獲之二氧化碳可進行再利用或壓縮後加以儲存。為使環工學門未來發展鏈結此重要議題, 本研習會議針對目前國際發展現況與國內路徑規劃, 進行綜整式介紹, 並透過分組討論建議環工學門於 CCUS 相關領域之未來發展方向。

二、研討議題：

(一) 優先研發方向

1. 結合廢棄物再利用作為環保吸附劑/催化劑, 研發 CO₂ capture 的吸附/催化材料, 同時考慮將 CO₂ 作為新型燃料, 例如: 甲醇。
2. 發展新型觸媒材料與電



- 化學技術，結合綠能系統，擴大 CO₂ 轉化成高價值化學品的能量（轉化成綠碳）。
3. 建議效法國外最新碳封存作法，例如冰島利用玄武岩結構與鹼性物質做吸附或礦化反應，同時結合綠能作為能源驅動，應結合地質專長合作進行相關研發推動。
 4. 結合產氫技術與 chemical looping 技術結合 pre-combustion CO₂ capture，發展綠氫合成技術。
 5. 結合 post-combustion CO₂ capture 與煙道氣空氣污染物控制，發展整合式多種污染物同步控制程序，例如低溫 NO_x 催化或粒狀物控制等，較有經濟規模的整合程序。
 6. 技術成熟度與研發方向應從減量效益與生命週期的角度去思考，封存/再利用 (Storage/Utilization) 技術研發宜同時進行。
 7. 提供 CCUS 創新技術驗證機制，結合既有技術與程序優化，提升溫室氣體減排量能。

(二) 產學合作計畫

1. 結合產官學界，建構研發碳捕捉、再利用及封存技術 (CCUS) 上中下游的產業鏈，提升環保相關產業鏈之技術。
2. 滾動式修正環保政策法規制度，投資創新 CCUS 科技等事業融資，建立 CCUS 認證及驗證制度，提升處理技術及監督管理能量。

(三) 專業人才培育

1. 從碳揭露計畫 (Carbon Disclosure Project, CDP) 及 ESG 角度，建立環境足跡 (包括：水、空氣、廢棄物) 減量方法與路徑工作。
2. 鏈結產業需求與國際供應鏈趨勢，加強 CCUS 相關管理及技術之專業人才訓練。
3. 辦理相關產業教育宣導，強化資訊分享與技術交流。

三、綜合建議：

1. 建議從企業內部高層進行教育訓練，同時也考慮引進金融/經濟/會計的人才，

讓大企業理解碳排的重要性，並於大學課程辦理減碳訓練班。

2. 從既有的環境證照或技師考試教材（空污/廢棄物/廢水等），納入減碳技術或淨零路徑的內容，同時強化中小學減碳概念與環境教育。
3. 建議於科技部與環保署，擬定環工領域優先研究方向與主題，聚焦未來研究量能。

（II）生質能去碳組 (BECCS)

Plenary Speakers：東海大學副校長 張嘉修講座教授

Chair：逢甲大學環工系 林秋裕講座教授

Invited Speakers：宜蘭大學環工系 謝哲隆主任、中山大學環工所 林淵淙總務長

（論壇桌長：逢甲大學環工系 林秋裕講座教授；紀錄：成功大學環工系 陳婉如副教授）

一、背景說明：

國內發展之生質物與生物燃料轉化技術包含生物、物理與熱化學轉化。其中熱化學轉化技術包含氣化、液化、碳化、焙燒及燃燒。而國內開發主要瓶頸仍在原料的來源及適合



性、生產製造技術開發及產業投入、設備引入與創新、大型連續且智慧化生產、生質能政策及法規的推動與產業扶持、及生質能驗證體系與評估檢測等相關環境的搭配。而企業成本效益的發展限制主要來自於國際性石化燃料價格低廉、國內再生能

源費率偏低、尚未推動碳稅或碳費及綠電發展不足，因此企業尚無減碳誘因。據此，為提升能源自主、降低排碳量、達成國家碳中和與淨零碳排目標及協助改善氣候變遷與推動國內永續發展，開發本土負碳技術與替代性料源亦是刻不容緩。目前發展極需突破的乃在科學技術面上，特別是大氣負碳技術（CDR）等相關技術的研發，當中包含生物能源與碳捕獲和儲存(BECCS)、永續生物燃料與小型碳捕捉分離(SBFCCS)系統、生物碳組成檢測與規格認證、生質碳材料轉化取代石化材料的技術開發、智慧化開發與環境化系統管理、負碳經濟與環境效益評估制度建立等，都極需盡快投入資源協助建立。本研習會可針對上述所面臨的技術發展、法規研擬、商業開發、國際整合分工與協助產業轉型等，進行探討與分析。

二、研討議題：

(一) 優先研發方向

1. 以 BE 為替代燃料之衝擊與挑戰，後端污染防治技術，如空污監測、廢熱利用、底渣飛灰能否直接再利用，應以 LCA 進行整體考量。
2. 生物能源原物料製造生質碳材料之集運成本與能源燃燒效率智慧化/優化，農廢產季產量不同，以及植物中含有氯與鈉、鉀等金屬，對於 SRF 品質之影響。
3. 廢棄物產製液、氣、固態燃料/產品之技術與設備開發，料源與產品品質之穩定與均一化。
4. 生質燃料混燒下產業升級所面臨的技術、能源與經濟效益評估。
5. 空氣污染防治系統搭配碳捕集設備的系統性整合與監測設施提升。
6. 智慧化料源開發、混燒廢棄物再利用管理與整體環境負荷系統評估體系的建立。

(二) 產學合作計畫

1. 國內外負碳生質燃料中生物(質)碳組成檢測、規格認證與查驗分析技術。
2. 固定源與移動源碳排放補集中生物(質)碳組成分析與查驗。
3. 生質碳材料轉化取代石化材料的民生化工產品替代技術開發。
4. 負碳生質產品生命週期盤查建立，推動碳足跡與減碳足跡轉化成負碳足跡標籤。

5. 現行空氣污染防治費搭配石化碳排放下的碳費定價協同徵收與擬定策略。

(三) 專業人才培育

1. 國內外 BECCS 技術發展與碳中和路徑納入環境、經濟與工程教育體系內推動。
2. 事業體碳中和教育宣導與人員技術訓練與認證，推動大學體系碳中和教育微學程。
3. 推動產官學研針對商業化運轉的法規修改與金融體系引入的運作規範。

三、綜合建議：

1. 淨零排放為目前國家之重要發展的項目，如何減碳為目前各國共同努力的目標，然而在減少碳排以生質燃料代替煤為燃料將衍生之其它非 CO₂ 之污染物，為達成真正的環境永續，CO₂ 与其它污染物的處理需一併考慮。
2. 生質能源之料源包含農林、工業、家戶所產生廢料以及藻類，如何整合物理法、化學法、生物法，產製品質穩定均一之產品(包含 SRF、biochar、biodiesel、bioethanol、methanol、methane、hydrogen 等等)將可以讓產品之推廣與使用更加順暢，需要負碳生質燃料生質碳之驗證、查核、碳足跡標籤與國際認證之技術為基礎。
3. 空氣污染防治系統搭配碳補集設備之整合將為負碳技術之關鍵。
4. 整合生物能源與碳捕獲和儲存將可同時解決農業、工業餘料與家戶廢物問題，為一創造經濟與環境雙贏之途徑。

(III) 循環經濟(CE) 組

Plenary Speaker：中興大學環工系 魏銘彥特聘教授

Chair：中山大學環工所 高志明講座教授

Invited Speakers：中興大學土環系林耀東特聘教授/校長、屏東科大蔡文田教授

(論壇桌長：中山大學環工所 高志明講座教授；紀錄：聯合大學環安系 郭家宏副教授)

一、背景說明：

循環經濟 (Circular Economy) 概念源具自於六零年代英國經濟學家肯尼思·博爾之「地球是一艘封閉運作的太空船」概念，人類必須學習在生態系統之永續循環原則，相關基礎理論包括搖籃到搖籃 (Cradle to Cradle)、仿生生態學 (Biomimicry)、工業生態學 (Industrial Ecology)、功能為基礎的經濟學 (Performance-based Economy) 和藍色經濟 (Blue Economy) 等。循環經濟相較於傳統線性模式，藉由減緩、封閉與縮小物質與能量循環，讓所有資源之副產品、損壞商品或廢棄物，均能進入新的循環，成為新原料或素材，以達到資源再利用及減少廢棄物等永續環境的目的。為使環工學門未來發展鏈結循環經濟議題，本研習會



議針對目前國際發展現況與國內路徑規劃，針對淨零碳排下之循環經濟、創造經濟誘因建立商業模式、結合廢棄物處理完善監督及管理機制等多面向議題進行綜整式討論及建議環工學門於循環經濟相關領域之未來可能發展方向。

二、 研討議題：

(一) 優先研發方向

1. 建立綠色內涵之循環經濟指標，整體之循環模式需營造綠色及創造節能減碳環境、使用綠色能源、選用綠色材料及綠色工法。
2. 全方位的碳循環經濟技術以及智慧循環經濟技術開發。
3. 農業剩餘資材的再利用處理以及其高值化技術開發。

4. 工業廢棄物的處理、再利用以及其高值化技術(高科技業、石化業、化工業) 開發。
5. 建立海洋、漁業、海岸廢棄物及底泥的循環經濟體系。
6. 貴重金屬回收再利用以及城市採礦技術開發。

(二) 產學合作計畫

1. 推動投資綠色及回收再利用產品生產鏈、開發創新之回收再利用及綠能技術，提升整體產業鏈之相關技術。
2. 建立循環經濟產業發展體系及商業模式，可參考國外相關商轉成功案例，發展本土相關循環經濟產業。
3. 建立循環經濟產業及回收再利用產業之供應鏈，建立示商業模式與合作機制。
4. 建立廢棄物循環經濟及能資源化之技術開發與評估機制，提升循環經濟產品經濟效益。
5. 循環經濟下衍生之的相關經濟產業(如碳權、碳費、循環材料產品的檢測及驗證)。

(三) 專業人才培育

1. 辦理循環經濟相關產業教育宣導，提升國內循環經濟技術與管理量能，並建立技術交流與分享平台；建立循環經濟相關管理及技術評估準則、手冊與成本效益分析方法，並可訂定處理設施工程及產品規範。
2. 開發循環經濟訓練課程及證照，鏈結農漁牧產業與工業之跨域需求，加強減碳、碳匯、碳封存和蓄存等相關管理及技術之專業人才訓練。
3. 環境教育納入永續循環概念與實務執行策略；環保署廢棄物專責人員課程納入循環經濟教材。
4. 可結合環工學會，討論適用於環境工程之循環經濟領域，環境工程科系可評估開設循環經濟課程、編定適合環工領域的循環經濟教材；結合相關科系，開設以環工為主軸的循環經濟學程或微學程。

5. 環境工程學門可評估納入循環經濟子領域之可行性。

三、綜合建議：

1. 循環經濟的技術主題開發，應以本土化料源為主，且應有產業界參與，同時技術內涵朝跨 EE(Waste-to-Energy)+CCUS+CE。
2. 循環經濟的成功模式應從上游(產品設計、料原量質)、中游(創新技術、能效分析)、下游(產品去化、商業模式)三個面向整合。
3. 強化各學院領域教育內涵與環境/能源/氣候素養之結合，可和環境工程學會共同發展以環工為主軸的循環經濟領域，同時結合教育部相關專案計畫中擴大推動。
4. 建立綠色內涵之循環經濟指標，整體之循環模式需營造綠色及創造節能減碳環境、使用綠色能源、選用綠色材料及綠色工法，評估循環經濟之碳足跡，達到淨零碳排之能資源循環。
5. 結合產官學研界，共同研發「有機化學可燃廢棄資源轉廢為能」、「有機廢棄生物質能資源」、「金屬及化學品循環資源」及「無機廢棄再生粒料資源」等廢棄物能資源化推動工作重點，提升環保相關產業鏈之技術平台。
6. 從淨零碳排為目標之循環經濟及 ESG 角度，由產業端開始，發展永續生產消費模式，推動從源頭減量、物料循環及減少原生料的使用來達成環境足跡減量方法與路徑。

■ 環境工程學門「淨零排放策略會議」座談會

依據目前的規劃進度，科技部最快將於今(2022)年下半年開始徵求研究計畫書，為能讓環工學門專家學者先進能因應國內減碳與負碳技術的發展，同時擘畫出環工學門在變化快速的永續發展與淨零排放領域中新的研究及教學發展方向，學門已規劃 3/5(六)在國立中興大學、3/12(六)在明志科技大學、及 3/19(六)在國立高雄科技大學(水圈學院/楠梓校區)舉辦「淨零排放策略會議」座談會，除向各位先進報告

初步的會議共識外，也將進行座談會議，以凝聚更多的建議與共識，完善環境工程學門發展方向的規劃。目前暫訂的議程如下：

日期	時間	議程
3/5; 3/12 及 3/19 (星期六)	10:00 – 10:30	報到
	10:30 – 10:45	開幕
	10:45 – 11:30	環工學門策略發展規劃共識說明
	11:30 – 12:15	Q/A
	12:15 – 14:00	午餐及座談
	14:00 – 15:00	意見交流

註：各地區的會議時間略有微調，請以報名網頁資訊為主。

各地區的報名資訊與網址如下所示，歡迎各位教師先進蒞臨指導，踴躍報名參加：

(1) 中部地區：國立中興大學

日期：2022年3月05日(星期六)

時間：10:00 ~ 15:00

地點：國立中興大學環境工程學系 階梯教室

對象：環境工程學門教師及有興趣之相關專家學者

報名網址：<https://forms.gle/iqUenBCyGw2P5n9aA>

報名截止日期：2022年3月03日(星期四)

(2) 北部地區：明志科技大學

日期：2022 年 3 月 12 日 (星期六)

時間：10:00 ~ 15:00

地點：明志科技大學圖資大樓 1 樓國際會議廳

對象：環境工程學門教師及有興趣之相關專家學者

報名網址：<https://forms.gle/Uk2UsUaXJHgS93B27>

報名截止日期：2022 年 3 月 6 日 (星期日)

註：(1)因需申請開車老師免停車費，報名截止日提前至 3/6 (日)。

(2)因校方防疫及用餐限制，議程有所微調，請見報名資訊。

(3) 南部地區：國立高雄科技大學水圈學院 (楠梓校區)

日期：2022 年 3 月 19 日 (星期六)

時間：09:40 ~ 15:00

地點：國立高雄科技大學水圈學院 (楠梓校區)

對象：環境工程學門教師及有興趣之相關專家學者

報名網址：<https://forms.gle/avs76cLMmisHKJo87>

報名截止日期：2022 年 3 月 17 日 (星期四)