

淺論AI技術對減碳管理之助益



證基會研究處 黃譯漫

前言

隨著氣候變遷、全球暖化之情況日益嚴峻，國際愈發關注相關議題，各國紛紛制定相關政策和實務規範因應。在全球致力推動永續的浪潮下，歐盟於2021年7月推出碳邊境調整機制（Carbon Border Adjustment Mechanism, 下稱CBAM），美國亦於2022年6月提出清潔競爭法案（Clean Competition Act），制定相關因應措施以實現減碳目標。

其中，歐盟CBAM除規範進口至歐盟之碳密集型產品（Carbon-intensive production）須購買CBAM憑證之外，針對進口之鋼鐵、水泥、鋁、化肥等產品，必須向進口國申報產品碳排放量，而CBAM實施分成過渡期（2023年10月1日至2025年12月31日）與正式實施（2026年正式實施，2027年以2026年資料進行第1次申報）。

有關美國清潔競爭法案，係2022年6月由參議院提出，期以建立碳稅制度，主要以美國產品之平均碳含量為基準，對超過基準之進口產品和國內產品徵收碳稅，其中包含能源密集型的初級產品。可見美國清潔競爭法案所規範之範疇，相較歐盟CBAM不僅限制進口產品，連本國高碳含量之產品亦納入，展現更為積極推動減碳淨零之表現。

在國際潮流帶動之下，我國亦積極參與推動永續：2021年宣示2050淨零排放，隨後於2022年3月發布「臺灣2050淨零排放路徑及策略總說明」與「12項關鍵戰略行動計畫」，並於2023年1月核定「淨零排放路徑112-115年綱要計畫」，同年2月總統公布施行《氣候變遷因應法》¹，將2050年淨零排放目標一併納入，進而提升相關法規之治理層級，包含規範碳費徵收、碳足跡揭露、產品標示管理機制等，展現我國實現淨零目標之企圖心。

另外，我國於2023年8月正式成立臺灣碳權交易所，業務除對企業提供碳諮詢與教育訓練、培育人才外，於同年12月正式啟動「國際碳權交易平台」，整合「碳權流」「金流」，並

¹ 原《溫室氣體減量及管理法》修正草案於112年1月10日經立法院三讀通過，同年2月15日總統公布施行，名稱修正為《氣候變遷因應法》。

實現碳權標準化之交易作業²。因此，可從排放碳資訊揭露到碳權交易，觀察出我國已經制定明確而具體的政策目標，提供企業一併推動減碳進程直到落實淨零。

全球正加速推動應對氣候變遷之相關政策及措施，我國也在永續發展的浪潮中努力扮演重要角色，樂見我國減碳相關法規之制定，有望在國際減碳的氛圍中發揮更積極的作用。然而，在進行碳盤查、揭露碳足跡及制定減碳目標等相關議題如火如荼、持續熱議之際，伴隨而至是業界對於相關議題不甚熟悉所引發的「碳焦慮」。此外，在2023年《臺灣CEO前瞻大調查》報告中指出對於淨零或氣候行動時，臺灣企業面臨之困境多為ESG資訊蒐集缺乏效率且零散，較無確切及完整流程³。顯見企業減碳之路，內部流程訂定與資訊整合將是企業迫切需要解決的重要問題。本文將著眼於減碳管理之面向介紹，並淺論企業可透過AI技術協助碳排放管理，提供企業面臨碳資訊整合之痛點解方。

減碳管理之面向

一、碳中和

依據我國行政院環境保護署參考英國標準協會2010年4月出版「碳中和實施標準（Specification for the Demonstration of Carbon Neutrality, PAS 2060）」與國內外實施碳中和的情形，及2011年7月所發布「碳中和實施與宣告指引」，闡明實施碳中和所需完成步驟主要有8項，概述如下：

- （一）選定碳中和標的物（主題與範圍）：納入碳足跡規範之標的物，可為組織、服務、產品、建築物、專案與大型開發案、城市鄉鎮社區、活動等；
- （二）盤查碳足跡：依照進行碳中和的標的物，量化其碳足跡，依據碳排放規劃後續減量步驟。其中，碳足跡為直接排放與間接排放的溫室氣體總量之加總；
- （三）撰寫碳管理計畫：針對碳中和的標的物，撰寫碳管理計畫，具體說明進行碳中和目標、期程、碳足跡盤查量化結果、減量措施等資訊；
- （四）確證承諾宣告：若提出「承諾碳中和宣告」已經過第三方查驗機構確證，則由第三方查驗機構提出證明，驗證「承諾碳中和宣告」之確實性；
- （五）執行溫室氣體（GHG）減量：依照碳管理計畫達成減量目標，若碳中和主題為單次活動，則於活動前規劃極大化執行減量，並於活動後進行檢視；

² 碳交所國際碳權交易平台正式啟動，<https://www.tcx.com.tw/zh/news.html?402890848c90281e018c90af43fd0013>。

³ 2023臺灣CEO前瞻大調查，<https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/tw/pdf/2024/01/taiwan-ceo-outlook-2024.pdf>。

（六）進行碳抵換（**Carbon Offset**）：碳抵換指執行碳中和過程中，用以抵銷碳排放量的動作，其中抵銷碳排放量的「碳」，可透過購買碳額度⁴的方式取得。

（七）查證達成宣告：宣告碳中和可採用第三方獨立機構驗證（**Independent third party certification**）、其他機構確證（**Other party validation**）或自我確證（**Self-validation**）；

（八）達成碳中和：碳中和宣告經查證通過，則此宣告「碳中和的期間及範疇」永久有效。

從以上步驟可知，企業若要執行碳中和，必須先界定碳中和的標的物，並就標的物進行碳盤查，制定碳管理計畫以執行碳排放減量、碳抵換，最後由第三方機構確證碳中和之宣告。但從這些步驟亦可以發現，碳管理計畫的制定與實施執行深具關連性：若企業沒有細緻的碳管理計畫，則後續步驟的實施將窒礙難行，對於溫室氣體的減量也就難有功效。

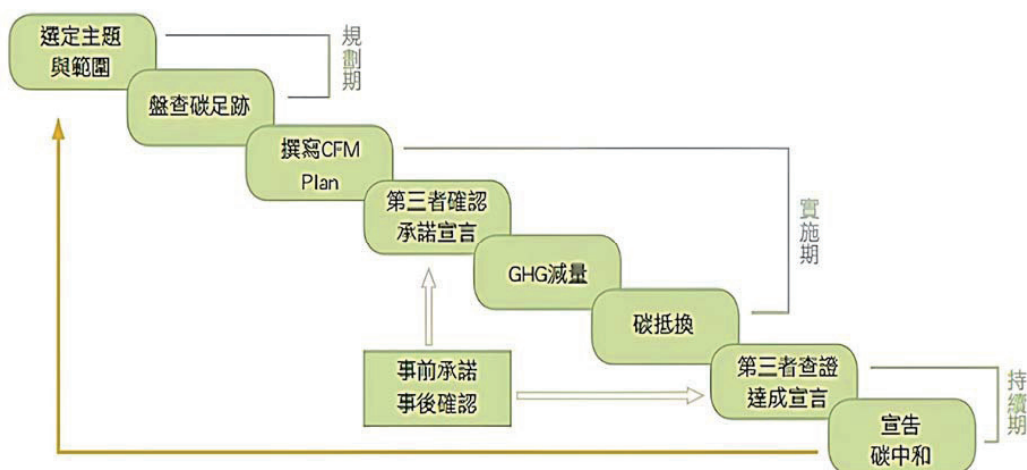


圖1、執行碳中和的八個步驟； 資料來源：BSI 英國標準協會

二、碳管理計畫

關於碳管理計畫，必須說明進行碳中和的目標、期程、碳足跡盤查量化結果、減量措施等資訊如下：

- （一）定義進行碳中和之標的物，及碳中和的承諾宣告；
- （二）達成碳中和之時間規劃；
- （三）規劃碳中和期間須設定適當的溫室氣體減量目標；

⁴ 碳額度為統稱，主要說明碳抵換的數量，例如：1單位碳額度通常相當於1公噸二氧化碳當量。

(四) 溫室氣體的減量方法，包含方法假設，並證明採行減量碳排與測量方法係具體可行；

(五) 列明採用碳抵換模式，包括抵換額度之種類、來源及估計數量。

因此，不論是組織或產品，就執行碳管理的角度，除定義碳管理的範圍之外，接下來要面對的是碳排放量的計算，即利用符合國際標準之盤查方法，計算企業或組織營運、產品之碳排放量。

三、ISO 14064溫室氣體排放查證/確證與ISO 14067碳足跡標準

ISO 14064溫室氣體排放查證/確證常用於計算企業或組織營運之碳排放量計算，其計算將排放源區分為範疇一、範疇二，及範疇三，詳如表1所示。

表1、範疇一～範疇三說明

說 明	
範疇一 (Scope 1)	企業或組織直接控制、擁有之溫室氣體排放源，又稱「直接排放」，例如：來自製程或廠房設施之燃料、車輛燃料之排放。
範疇二 (Scope 2)	企業或組織外部購買電力、蒸汽等間接排放源，又稱「間接排放」。
範疇三 (Scope 3)	來自於其他企業或組織控制或擁有之排放源，但與營運活動相關，例如：來自上下游供應商、員工通勤、產品生命週期所產生之碳排放。

資料來源：本研究整理

然而，範疇三的計算是最困難的，主因範疇三並非企業或組織可直接控制或擁有，其資訊多數掌握在供應商，使得企業有潛在風險錯估範疇三之界定與計算。惟範疇三在整體排放而言，占比極高：在碳揭露計畫 (Carbon Disclosure Project, CDP) 所發布《CDP Technical Note: Relevance of Scope 3 Categories by Sector》顯示對於大部分的產業 (Sector) 而言，範疇三之碳排放為最主要的排放源。若依整體來看，單就範疇三的排放量，占整體約75%⁵。因此，若能有效減少範疇三之排放，將有助於減緩整體碳排放。

針對產品之碳足跡計算，國際間標準規範可參考ISO 14067碳足跡標準。簡言之，ISO14064與ISO 14067兩者最主要之差異，在於前者強調組織之溫室氣體監測與報告，包含直接排放與間接排放，以協助企業或組織制定減碳管理之策略；後者則著眼在產品層面的碳足跡，係利用產品生命週期中的溫室氣體排放量，使企業可計算產品的碳排放情形。

⁵ CDP Technical Note: Relevance of Scope 3 Categories by Sector, https://cdn.cdp.net/cdp-production/cms/guidance_docs/pdfs/000/003/504/original/CDP-technical-note-scope-3-relevance-by-sector.pdf。

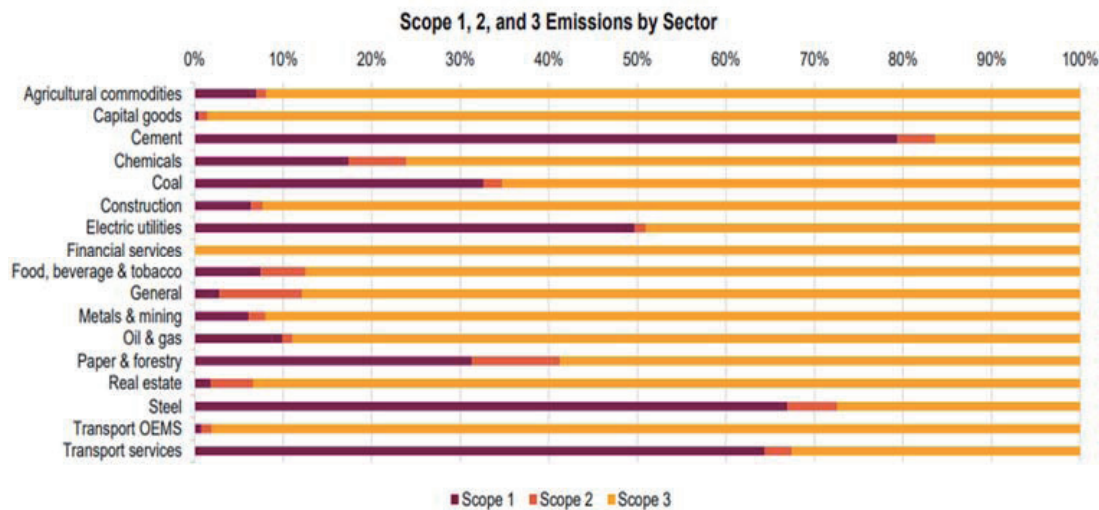


圖2、範疇一、二、三比例依行業別；資料來源：CDP官網

因此，只要能確定碳排放的來源，量化並分析相關碳排放資訊，即可制定減碳計畫，達成減碳管理的目標。惟即便有符合國際標準之方法，可供企業或組織計算碳排放，實務上若相關資訊僅靠人工蒐集、彙整，不只耗時費力，其所盤查之資訊也不易管理，人力整理的資訊也會有出錯風險，且資訊若要即時更新甚有難度，故純以人力進行減碳管理，實乃龐大負擔，此時企業若可考慮在碳盤查資料蒐集的流程當中，適當導入人工智慧（Artificial Intelligence，下稱AI），將可達成省時省力之功效。

AI技術輔助減碳之案例與助益

現今AI應用甚廣，舉凡醫療、金融服務、交通運輸、科技業、零售業等皆有AI存在的影子，面向包括但不限於語音辨識、影像處理、文字翻譯、預測模型、資料安全，甚至偵測網路安全預防犯罪等，顯示AI的強大功能與靈活之處。例如：製造業可利用AI深度學習技術，自動檢測製程中的部分產品瑕疵，提升產品檢測之效率和準確性，藉以改善良率；利用AI開發自動駕駛技術，開發並製造自動駕駛車輛，提高交通流量效率並降低事故發生之風險；由OpenAI開發、現今廣為使用的AI聊天機器人程式ChatGPT，則是生成式AI技術的展現之一。

換言之，不論是輔助資料蒐集與彙整，並且進行預測，都是現行AI技術能夠克服的工作。因此，若AI能輔助減碳管理，必定能節省純人力盤查所需的資源與時間，進而提升效率。

以下案例係就企業經營面向，觀察我國企業如何利用AI執行減碳管理：

案例一：iKala與東訊合作打造減碳管理平台

東訊公司為專門從事高科技電信產品和商務通訊設備之研發生產，其與提供AI數位轉型解決方案的iKala合作，打造CRm（Carbon Reduction management）減碳管理平台，透過東訊的「溫室氣體盤查」、「設備健康管理」、「設備效率管理」與「用電管理」等四大功能模組，設計客製化模組，使企業可依本身營運流程彈性調整，不論是採取軟體即服務（Software as a Service, SaaS），或就地部署（On-premise）的模式等，結合iKala的AI模型進行碳排放量的預測，進而提升企業減碳管理之效率。另外，搭配Amazon Web Services（AWS）的機器學習預測，透過CRm減碳管理平台的資料，只需要8個月設備運作數據即可預測未來2個月碳排放之趨勢⁶，可見AI技術之先進。



圖3、CRm減碳管理平台介面示意圖；資料來源：iKala官網

案例二：COMMEET從費用管理到計算範疇三

COMMEET為全台首家費用管理系統，將傳統費用紙本報銷的流程數位化，並導入創新金融應用「數位企業卡」，協助企業費用管理。隨著永續議題受到重視，COMMEET透過「費用管理系統」、「數位企業卡」與「碳排放計算機」等產品，設計一站式企業費用管理系統，企業得以執行費用管理的同時，也可以完成碳排放計算。

以員工搭乘計程車並向公司報銷為例，當員工使用企業簽單、系統成立用車報銷單之後，將自動計算形成碳排放數據，並於後台分類計算碳排放資料。就此，即便是碳盤查較困難的差旅出勤或員工消費之範疇三，企業可以在既有費用報銷流程中同步計算每筆交易之碳排放，免去傳統人力須逐一盤點所需耗費的精力。

⁶ 響應2050淨零排放策略，東訊與iKala聯手打造智能減碳管理平台，<https://www.cw.com.tw/article/5124499>。



圖4、COMMEET自動化碳盤查流程；資料來源：COMMEET官網

回顧前述提到企業減碳之痛點，一方面是內部流程訂定，另一方面是ESG資料難以整合，而從以上兩個案例可發現，透過AI協助企業減碳十分具有效益：

（一）創造平台集管理碳資訊：企業可在既有的營運架構上，建立一個新的管理平台，或是在既有平台中新增功能，同步彙整傳統營運數據，及碳排放的資訊，使企業可比對營運活動後面的碳排放情形。

（二）透過模型預測碳排放：累積足夠的碳資訊之後，企業可利用AI技術加以預測碳排放之趨勢，制定或調整既有的減碳措施，以提升企業減碳管理的效率。

（三）利用儀表板（dashboard）將資料視覺化：資料視覺化可助於快速理解，並便於溝通及研析洞見（insight），進而制定決策。因此，若能將企業營運資訊，結合碳排放的情況，透過視覺化形式呈現，可協助企業分析營運活動中的碳排放情況，甚至納入預測一併討論，以精準制定減碳策略。

總體而言，以上兩個案例展示AI技術在減碳管理中的優勢：當AI導入減碳管理時，不僅提高碳排放資料之蒐集效率與準確性，同時也減少人力需求。另外，透過整合性平台與系統，企業更能全面管理碳排放，並透過後續預測精準制定碳排放目標，以提升效益、降低成本。

在永續發展的背景下，AI技術的應用不僅為企業帶來實質利益，更有助於推動全體社會淨零理念之實踐，為建立更為環且永續的企業社會責任標準奠定重要基石。

結語

近年來，氣候變遷促使各國在減碳管理方面，迎來新的挑戰與機遇。不論是基於國內外政策驅使，或公司營運需求使然，企業對於減碳管理必須有所因應，此時可見AI技術在減碳管理領域展現出巨大的潛力，為企業或組織提供具有效率與效益之解決方案。AI技術在碳排放資訊蒐集與彙整、預測等方面所帶來的實際效益，其助益包括：

- (一) 相較於過往須人工盤查所需的時間和資源成本，AI技術可協助企業快速蒐集龐大且複雜的碳排放資訊，明顯節省人力。例如：對於大型企業或組織，碳排放資訊之蒐集通常是繁雜且耗時費力的工程，若導入AI技術，可以大幅提高效率，同時降低人工錯誤風險。
- (二) 透過先進的數據分析和預測模型，企業能夠更精確了解企業碳排放之情形，有助於制定更具體的減碳策略。前述案例中提到的碳排放預測技術，可使企業得以提前預知未來可能的碳排放趨勢，進而針對高碳排放的項目加以控制與管理，達到最大程度地降低碳排放。甚至，對於企業進行後續碳權交易或碳抵換等，亦有莫大助益。

基此，AI技術應用不僅提高企業營運效率，同時對社會提供潛在貢獻——AI技術可成為企業實現永續發展目標的有力助手，故企業宜審酌適度將AI納入營運，以引領邁向更為智慧且更為永續的淨零未來。

CNEA

