

關於淨零轉型之綠領人力需求的問題

黃宗煌 (清華大學榮譽退休教授、台灣綜合研究院高級顧問)¹

壹、前言

蔡政府在2016年就任後便積極推動「5+2產業」，除了「亞洲矽谷」、「智慧機械」、「綠能科技」、「生技醫藥」及「國防」等五大創新產業之外，再追加「新農業」與「循環經濟」兩項。行政院經濟部據此在2018年提出了「循環經濟推動方案」，導入「循環經濟」的新觀念與策略，創造產業發展的新動力，期能催生出創新性與永續循環型的新產業。

此外，為積極響應淨零排放 (Net zero emission, NZE) 的倡議，政府不僅在【氣候變遷因應法】中將2050淨零排放的長期減排目標入法，且於2022年3月正式公布「臺灣2050淨零排放路徑及策略總說明」，同年12月28日公布2050淨零轉型 (NZT) 之階段目標及12項關鍵戰略 (包括循環經濟)，提出2030年國家自定貢獻 (Nationally Determined Contributions, NDC) 減排目標為 $28\pm2\%$ ，由各部會攜手合作，定期進行跨部會研商會議，落實推動各項淨零轉型策略，以達到2050淨零排放目標。

由於NZE的策略極為多元，不僅因決策層級 (hierarchy) 不同而異，而且涉及許多不同面向的政策，故對經濟社會的衝擊備受重視，晚近更側重於勞動市場的衝擊，尤其是對未來中長期之就業或綠領人力 (green-collar workers) 需求的影響。

本文綜覽國內外相關文獻，在第貳節概述我國推動溫室氣體減排和循環經濟推動方案對總體經濟、就業的影響，特別是釐清經濟成長與溫室氣體排放之間的因果關聯，為第八項SDG「Decent work and economic growth」提供支持的實證結果。第參節闡述綠色工作及綠領人力的定義及其關聯，具體說明刻劃未來綠領人力需求的四大面向，並就未來綠領人力需求的推估提出若干關鍵性問題。最後則列舉可資參照的政策性建議。

¹ 作者感謝中華經濟研究院楊晴雯博士、國立臺灣師範大學施友元教授和葉欣誠教授的協助，也感謝主編的細心斧正，但自負全部文責。

貳、推動 NZT 與循環經濟的衝擊和關鍵性問題

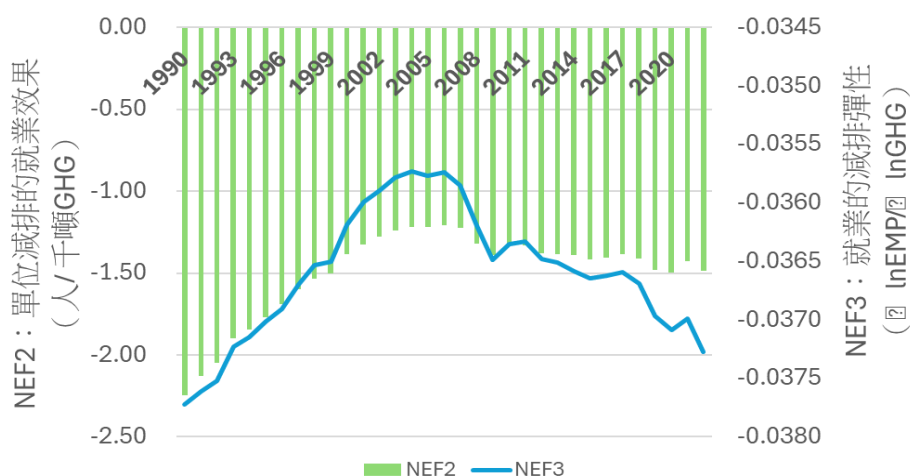
一、影響評估

為推動循環經濟方案，政府在中綱計畫（2017-2020）及2021-2022的綱要計畫共提出22項計畫，總經費達101.47億元，其對GDP、實際產值、就業機會、節能減碳等面向均具顯著影響（黃宗煌等人，2022；Huang et al., 2023；中華經濟研究院，2024）。

黃宗煌等人（2022）以經濟模型（包括可計算一般均衡（CGE）模型、投入產出模型（Input-output model）、經濟計量模型、及系統動態模型），輔以物質流資料，評估循環經濟推動方案對全台循環經濟歷年產值及GDP貢獻率，結果顯示：

1. 每1元投資之帶動效果隨著產值效果的逐年累積而持續增長，由2017年之1.94元增長至2022年之11.43元。
2. 每1元投資之帶動效果隨著GDP效果的逐年累積而持續增長，由2017年之0.63元增長至2022年之4.23元。
3. 每年創造的就業效果逐年增長，由2017年之155人次增長至2022年之7,283人次。

Huang et al.（2023）設計ARDL模型，據以推估溫室氣體減量與實質GDP的因果關聯，結果指出：GDP成長的策略（包括環境、產業、能源等政策）和人文經社結構的變遷是溫室氣體排放量變動的驅動力，而非經濟成長本身。黃宗煌等人（2025）也指出，排碳量做為GDP的生產要素之一，雖與GDP呈正相關，但減碳實則有助於實質GDP的提升，且其貢獻與時俱進，此一發現為SDG納入「Decent work and economic growth」做為的元素之一提供理性基礎。中華經濟研究院（2024）則分別應用CGE模型和ARDL模型，發現減排對就業的影響路徑隨時間經過而由負轉正，其所顯示的倒U型樣態（見圖1）突破固有認知的窠臼。



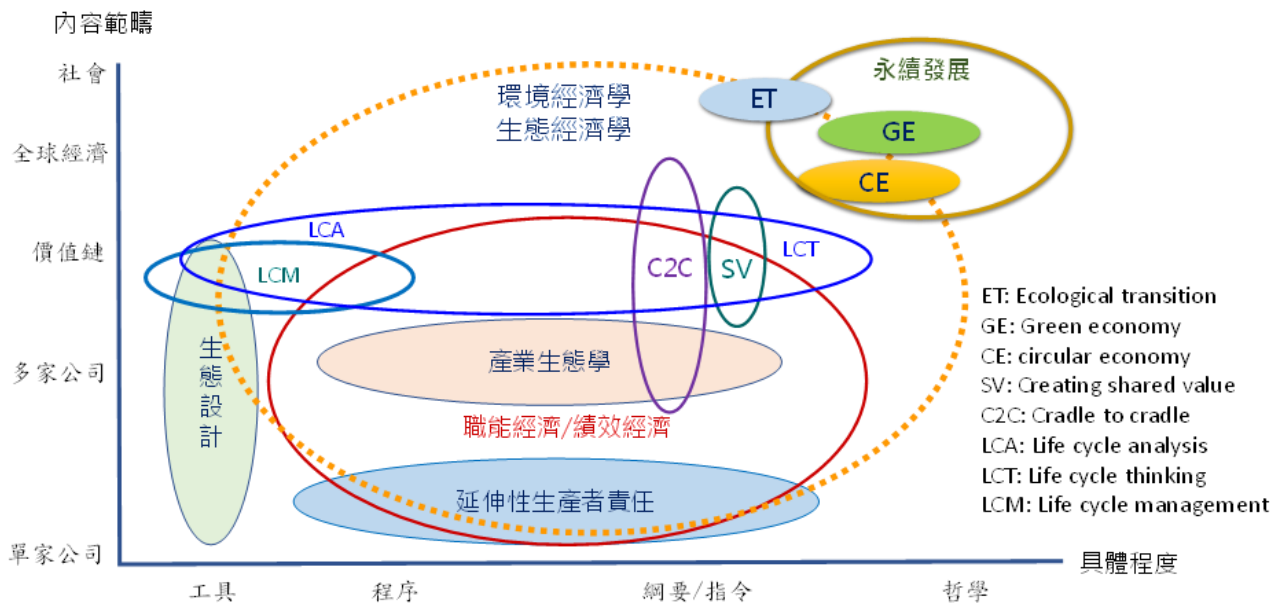
資料來源：中華經濟研究院（2024）；黃宗煌等人（2025）。

圖1. CO₂減排對就業量的倒U型影響趨勢

二、關鍵性議題

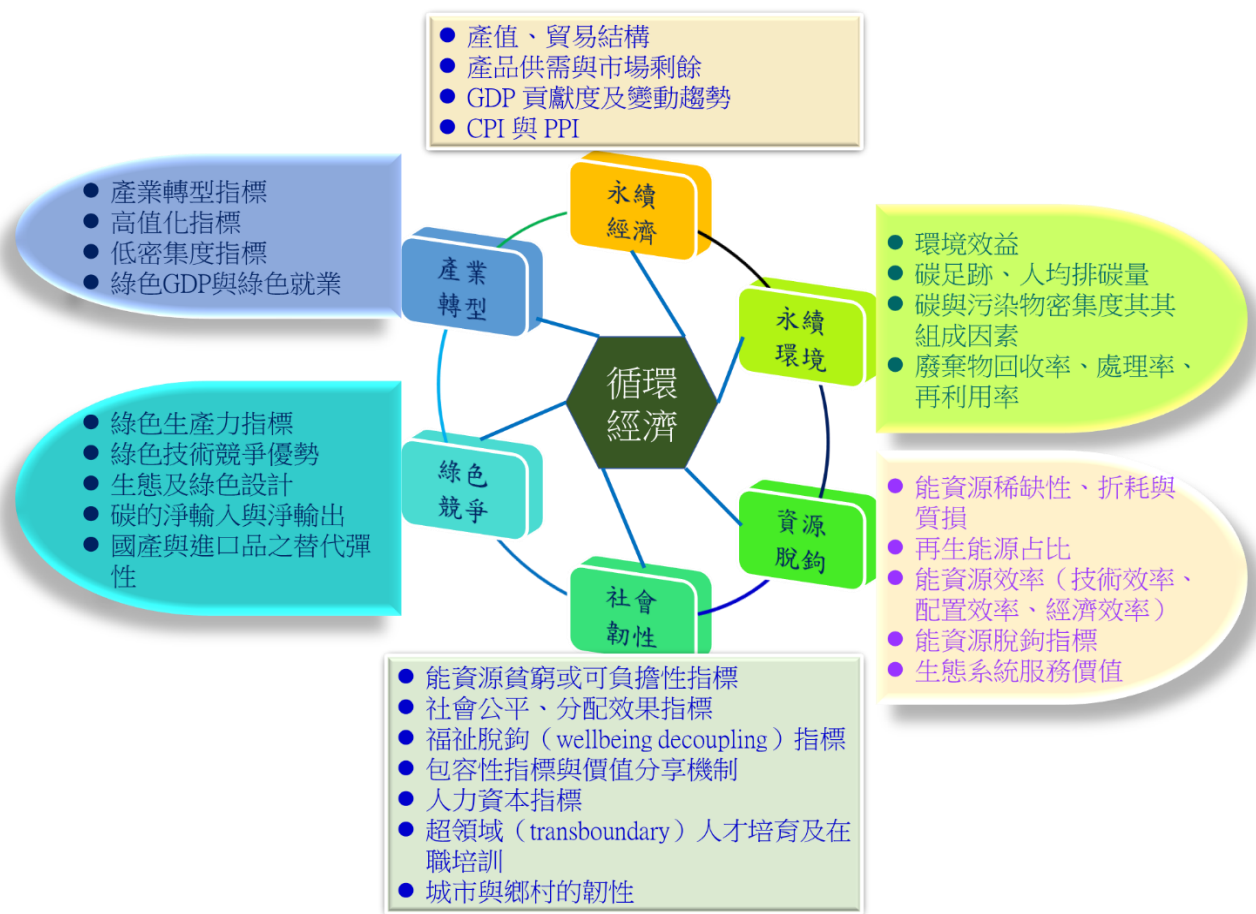
即便循環經濟的定義、目的、推動策略和績效等各議題皆有充分的文獻可考（黃宗煌等人，2020），但從政策面和實務面的角度而言，仍存在若干關鍵性議題值得深思並謀對策，茲歸納幾項重點如下：

1. 釐清推動循環經濟的層級（*hierarchy*）、立場、目的和必要之推動策略（例如價值分享、時機把握、資訊管理、永續性商業模式創新等）。
2. 加速應用工業4.0（或5.0）之相關技術的學科設計（見圖2）、專業教育、應用推廣、和案例示範。
3. 優化技術的研發、選擇與創新，包括：新產品的設計、永續循環材料的研發、低廢棄與低碳的製程創新、廢棄產品的循環再利用技術等。
4. 建立廢棄資源的整合利用體系，並確保循環再生利用的生態效率（*ecoefficiency*）和生態有效性（*eco-effectiveness*）。
5. 建構並衡量系統性的循環經濟推動進程指標（如圖3所示），冀能掌握邁向循環經濟的進展態勢。
6. 周延考慮循環經濟發展政策之評估模型應有的關鍵因素，並克服循環經濟效益評估所面臨的諸多問題，例如：
 - 確定發展循環經濟的層級及策略，界定評估目的及範疇。
 - 落實理論模型的建置原則：以研究目的為導向，以科學為基礎，整合並調和研究目的，確保資料可及性。
 - 優化實證模型的設計與推估，減少假性迴歸的誤導，提高實證結果與理論的一致性、合理性、及可信度。
7. 強化消費者對於循環經濟的認知和教育，並建立循環性產品的售後服務平台，藉以改變消費者對循環經濟產品和服務的需求行為。



資料來源：黃宗煌等人（2020），根據Beaulieu（2015）修改而成。

圖2. 循環經濟與相關學科之特性區分



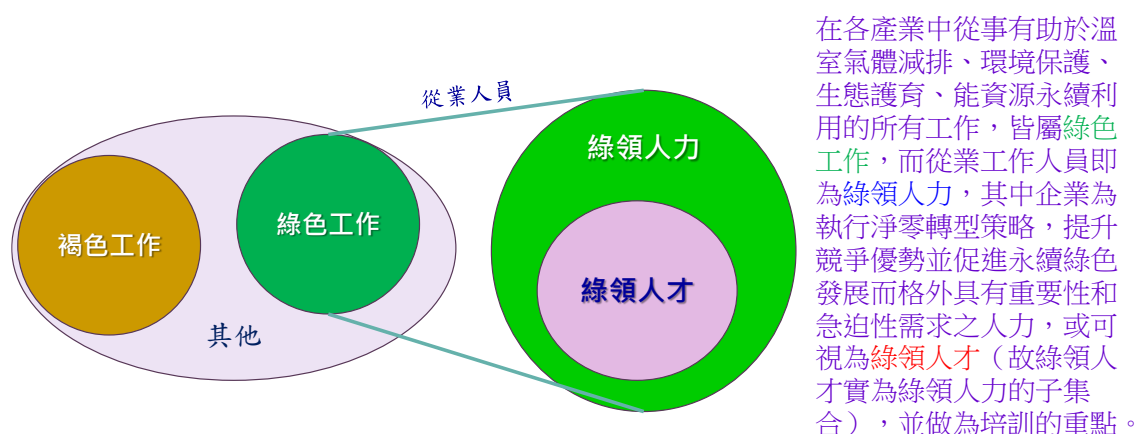
資料來源：黃宗煌等人（2020）。

圖3. 推動循環經濟政策的效益評估面向和指標

參、綠色工作及綠領人力的定義及其需求來源

一、綠色工作和綠領人力的定義

綠色職業、綠色工作、綠領人力、及綠領人才的定義普見於相關文獻，圖4或可清楚地揭示其間的區別。綠色工作的分類大致可分為「由上而下」(Top-down) 和「由下而上」(bottom-up) 兩種方法，前者以產業部門 (包括部分產業部門和溫室氣體密集的產業) 為對象；後者則從工作或技能 (skill) 來區分 (OECD, 2023)。Broome et al. (2022) 依據O*NET資料庫各產業部門的職業類別而區分為褐色職業和綠色職業，褐色職業大都集中在製造業、建築業、交通與倉儲業、批發與零售業、農業與能源業等部門。相對的，舉凡綠色工作 (green jobs) 所屬的職類類別，均可稱為綠色職業，大都集中在製造業、建築業、批發與零售業、金融與保險業、專家與科學、教育、醫療保健等部門。綜觀國外文獻可知，綠色工作的定義非常多元，內涵不一而足，且因地而異 (與地區的特性有關，包括區位、產業及人口結構、淨零轉型策略等)。



資料來源：中華經濟研究院 (2024)。

圖4. 綠色工作、綠領人力及綠領人才的區別

二、對未來綠領人力的需求推估

淨零轉型是當前普受重視的政策，其對未來中長期之就業或綠領人力需求的影響，已有許多國際組織和學者提出研究成果 (見O*NET, 2009; 張玉燕等人, 2024; 中華經濟研究院, 2024; ILO, 2015; Bowen et al., 2018; Cedefop, 2019; Brown et al., 2020; UNEP, 2021; IEA, 2022; Krishnan et al., 2022; OECD, 2023; ILO and IsDB, 2023; Climate Change Committee, 2023; Zurich Insurance Group, 2023; Hatton and Thomas, 2023; Hanna, 2024)。

綜觀國內外關於未來綠色工作或綠領人力需求的推估文獻，主要發現或可歸納如下（黃宗煌等人，2025）：

1. 綠領人力的定義、範疇界定不盡相同，但以全球、地區、或產業部門為主軸。
2. 推估未來需求的模擬情境多元化，各異其趣（例如提升能效投資、NDC、NZE），需求的推估方法不一，以人力需求調查（LinkedIn、人力銀行）、投入產出模型、經濟計量模型、及CGE模型為主。²
3. 在淨零轉型過程中，經濟社會雖將損失一些就業機會，但同時也會創造出更多的工作機會，其淨效果則為有增無減。一般而言，淨零轉型對產業部門之就業量的影響因區域、部門、勞動特性（如性別、年齡、教育程度、專業領域等）、執行策略及力度等因素而異；產業部門對綠色工作的需求與其GHG排放量、和綠色工廠及綠色產品的占比成正相關（Broome et al., 2022; Valero, 2024）。
4. 未來的綠領人力需求來自增需、增能、增新、及代工等來源，所需綠領人力所屬之職業和職能類別、人社特徵（性別、年齡、教育程度、專業領域等）亦因個案而異（見中華經濟研究院，2024；黃宗煌等人，2025）。
5. 綠領人力的公正轉型議題較少觸及，尤其是所得水平、工作環境、安全、健康、福祉等面向。

三、推估未來綠領人力需求的關鍵性問題

1. 綠領人力需求的來源

Dierdorff et al. (2009)、Valero (2024) 將綠領人力需求增加的來源分為3大類：(1) 綠色新興職業工作者（Green New & Emerging worker, GNE）、(2) 綠色增能工作者（Green Enhanced Skills worker, GES）、及(3) 需增加雇用原有之綠色工作者的人數（Green-increased-demand worker），並據以區分為直接綠色人力和間接綠色人力。中華經濟研究院（2024）則考慮國內的實際狀況而區分為增需、增能、增新、和代工四類。其中特別值的住異的是，衡量需求量變動的指標可因焦點主體層級的不同（如個別企業、或產業部門、或國家整體）而有別，因此，在估算綠領人力需求或其未來的變動量時，尤須特別加以區別。

² 例如中華經濟研究院（2024）整合ARDL模型關於就業的推估結果和深度訪查（in-depth interview）及問卷調查的結果，據以推估綠領人力的中長期需求，其中樣本涵蓋1500家公司，38個產業。

2. 刻劃綠領人力需求變動的問題

在評估未來綠領人力需求變動時，最基本的問題在於如何展現或表現潛在的變動效果。中華經濟研究院（2024）彙整國外文獻而歸納出四個重要的面向，以做為刻劃綠領人力需求變動的評估重點（見圖5）：（1）需求量的變動；（2）需求變動的來源；（3）需求的人社屬性；（4）工作的特性（尤其是綠色工作的體面和風險、環境安全、健康風險、報酬水準等攸關公正轉型的問題）。



資料來源：中華經濟研究院（2024）。

圖5. 刻劃綠領人力需求的主要面向

3. 綠色工作與職業分類的結構性對應問題

Broome et al.（2022）立基於O*NET資料庫中的綠色職業而將「綠色工作」定義為GNE和GES的總和。Broome et al.（2022）在《Net Zero Jobs》一文中更將綠色分為「直接綠」與「間接綠」兩大類，前者又分為「新興的綠色」（Green new and emerging, GNE）及「技能增進的綠色」（Green enhanced skills, GES）兩類；而「間接綠」雖不涉及新的綠色工作，但在邁向淨零排放的過渡期間，卻可創造更多綠領人力需求（惟其工作要求在企業綠化過程中並無顯著變動）。

問題是，未來所需的綠領人力，並不完全見容於現有的職業分類；因此，如何在現行的職業分類中新增攸關綠色工作人員的職稱，或是不可小覷的課題。例如中華經濟研究院（2024）在舉行問卷調查時，在職業分類上考慮綠領人力需求而增添許多綠色工作人員的職稱（見表1）。顯而易見的，隨著時間經過，可望出現更多其他新鮮的職位。

表1. 在職業分類中新增綠色工作人員的職稱

主管及經理人員		專業人員		主管及經理人員	
1	永續長	1	風能營運經理/專案經理/工程師	1	太陽能銷售代表和評估員
		2	太陽能系統工程師	2	太陽能安裝人員和技術人員
		3	能源審計師	3	太陽能發電廠技術人員
		4	能源工程師	4	風力發電機維修技術人員
		5	綠色行銷人員	5	資源回收員
		6	風險管理專家		
		7	地理空間資訊科學顧問		
		8	燃料電池工程師		
		9	電動車工程師		
		10	水/廢水工程師		
		11	永續發展專家		
		12	溫室氣體排放許可顧問		
		13	溫室氣體排放報告驗證員		

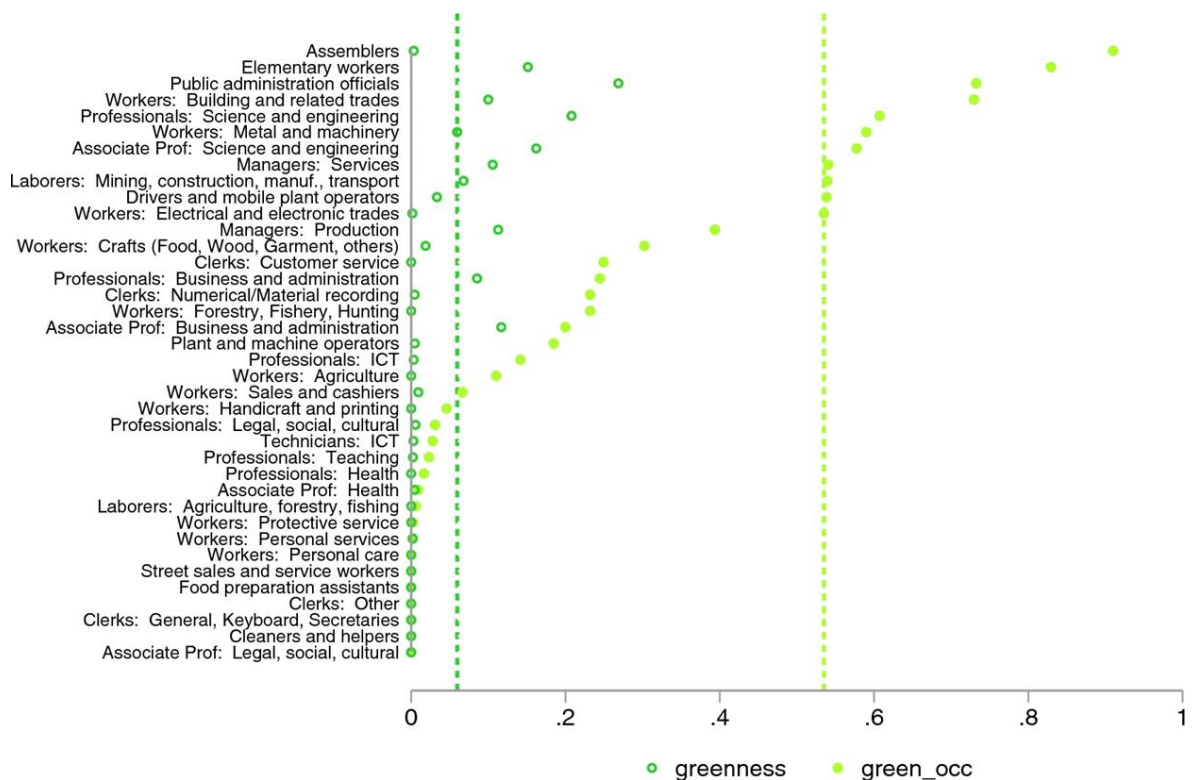
4. 綠領人力的資料與推估方法的問題

在推估未來率領人力需求時所面對的最大問題，一方面在於系統性資料的侷限，另一方面則在於推估方法的選擇和個體基礎（microfoundation）。因此，整合應用多種推估方法有其必要，但也因此增加許多人力與物力的成本。中華經濟研究院（2024）考慮國家發展委員會（2024）的長期人口預測及不同的減排情境而選用不同的推估方法，整合ARDL模型關於就業的推估結果和深度訪查（in-depth interview）及問卷調查的結果³，據以推估綠領人力的中長期需求。由此可見，綠領人力的中長期需求推估，仍存在諸多可以改善的課題。

5. 綠色工作之綠色程度的評定問題

即便綠色工作或綠領人力的定義在文獻上很多，但仍缺乏適當的指標區分各項綠色工作在「綠色程度」（greenness）上的差別，因此很難根據現行的推估結果進一步推估各類綠色工作或職位的需求量。de la Vega et al.（2024）曾就各綠色工作的綠色程度加以分級（見圖6），惟此一做法在現有文獻上仍不多見，未來應可進一步深入研究。

³ 問卷調查樣本達1500家公司，涵蓋38個產業（考慮階段管制對象、受NZE沖擊較大及對綠領人力需求較殷切的產業）。



Source: de la Vega, et al. (2024).

圖6. 綠色工作的綠色程度 (greenness) 分級

6. 綠色工作之配套措施不足的問題

其中尤以超領域教育、企業調適策略之輔導、政策支持力度、薪資與福利吸引力不足等。

肆、政策建議

由以上論述可知，因應未來的綠領人力需求，確有諸多課題待解決，更有許多政策待研擬；鑑於篇幅所限，僅就此提綱挈領式地臚列數項如下：

- 一、認定並核算各部門的綠色工作機會、就業人數、及綠色工作的特徵。
- 二、建立來自增需、增能、增新、及代工等來源所需的公私伙伴機制，並深化綠領人力之供給潛力與激勵策略的研擬。
- 三、建立具有共識與確定性之減量策略與綠色投資情境，按部門推估溫室氣體排放基線及其就業需求函數。
- 四、精進綠領人才需求的推估模型，容納總體經濟變數（包括利率、匯率、競爭力、綠色金融等）的角色。

- 五、輔導業者認知綠領人力的重要性和需求成長趨勢，加強相關超領域的職能訓練和教育，並依序推動相關方案。
- 六、提升綠領人力資本的有效措施甚為多元，例如：掌握綠領人力需求的驅動力、加強超領域（transcendental）教育、推動循環經濟發展、加速Industry 4.0之技術支柱（尤其是人工智能）的創新與人力資本培育等。
- 七、加強綠領人力的公正轉型議題的研究，尤其是所得水平、工作環境、安全、健康、福祉等面向。
- 八、評定各職業或綠色工作之綠色程度分級。

參考文獻

一、中文文獻：

1. 中華經濟研究院 (2024)，淨零轉型綠領人才需求及培訓機制研究與成果分享。台北市：行政院國家發展委員會委託研究計畫報告。
2. 林虹妤 (2024)，「淨零轉型下我國未來綠領人力需求推估」，國家發展委員會委辦計畫，2024年綠領人才相關委託計畫討論會議簡報檔，台灣經濟研究院。
3. 林師模、林晉勗 (2019)，第二期溫室氣體階段管制目標之經濟影響評估。台北：行政院國家發展委員會委託研究計畫報告。
4. 國家發展委員會 (2024)。中華民國人口推估（2024年至2070年）。<https://pop-proj.ndc.gov.tw/>
5. 國家發展委員會 (2021)，110-112年重點產業人才供需調查及推估報告。台北：行政院國家發展委員會委託研究計畫報告。
6. 張玉燕、辛炳隆、林師模、劉念琪、康雅菁 (2024)，推動淨零轉型對勞動市場影響之國際比較研析。台北：勞動部勞動及職業安全衛生研究所。
7. 黃宗煌（主編）、李堅明、溫麗琪（副主編）(2020)，臺灣循環經濟發展論。台北：財團法人現代財經基金會。
8. 黃宗煌、施友元、楊晴雯、劉孟俊、葉欣誠 (2025)，「綠領人力需求推估：ARDL模型」，淨零轉型下綠領人力需求推估及培訓機制委託研究成果分享會簡報，2025.2.7，國發會617會議室。
9. 黃宗煌、楊晴雯、劉文獻、洪振義、李見發、廖宗聖、朱宏毅、蕭志同 (2022)，推動循環經濟發展策略對永續經濟的貢獻分析報告。台北：工研院執行經濟部工業局111年度循環經濟推動與創新管理計畫期末報告。

二、英文文獻：

1. Bowen, A., & Tipoe, E. L. (2018). Characterising green employment: The impacts of ‘greening’ on workforce composition. *Energy Economics*, 72, pp.263–275. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2018.03.015>
2. Broome, M., Cellini, S., Henahan, K., McCurdy, C., Riom, C., Valero, A., & Ventura, G. (2022), Net Zero Jobs: The Impact of The Transition to Net Zero on the UK Labour Market. London: The Resolution Foundation. <https://economy2030.resolutionfoundation.org/reports/net-zero-jobs/>
3. Brown, M. A., Li, Y., & Soni, A. (2020). Estimating employment from energy-efficiency investments. *MethodsX*, 7, 100977. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2020.100977>
4. Cedefop (2019). Skills for green jobs: 2018 update: European synthesis report. Luxembourg: Publications Office. Cedefop reference series, 109. <https://data.europa.eu/doi/10.2801/036464>

5. Beaulieu, L. (2015), Circular Economy: A Critical Literature Review of Concepts. Montreal: International Reference Centre for the Life Cycle of Products (CIRAIG), Processes and Services.
6. Climate Change Committee (2023). A Net Zero Workforce. May 2023. <https://www.theccc.org.uk/publication/a-net-zero-workforce>.
7. de la Vega, P., Porto, N., & Cerimelo, M. (2024). Going green: estimating the potential of green jobs in Argentina. *Journal for Labour Market Research*, 58(1) (2024). <https://doi.org/10.1186/s12651-023-00359-2>
8. Dierdorff, E. C., Norton, J. J., Drewes, D. W., Kroustalis, C. M., Rivkin, D., & Lewis, P. (2009). Greening of the world of work: Implications for O*NET-SOC and new and emerging occupations. Report prepared for U.S. Department of Labor, Employment and Training Administration, Office of Workforce Investment, Division of Workforce System Support, Washington, DC; 2009. https://www.onetcenter.org/dl_files/Green.pdf.
9. Hanna, R., Heptonstall, P., & Gross, R (2024). Job creation in a low carbon transition to renewables and energy efficiency: a review of international evidence. *Sustainability Science* 19, 125–150 (2024). <https://doi.org/10.1007/s11625-023-01440-y>
10. Hatton, C., & Thomas, G. (2023). Green jobs update, current and upcoming work: March 2023. Office of National Statistics, UK. <https://www.ons.gov.uk/economy/environmentalaccounts/articles/greenjobscurrentandupcomingwork/march2023>.
11. Huang, C. H. (2024). A Projection of the Demand for Green Jobs Toward Net Zero Transition in Chinese-Taipei. Paper presented at the HRDWG Self-Fund Project, 2 Sep. 2024, Taipei.
12. Huang, C. H., Chu, H. Y., & Yang, C. W. (2023). Linkages Between Circular Economy Development, GDP Growth and CO2 Emission. Selected paper presented at the Global Energy Forum (GEM), March 6-8, 2023, Boston, MA.
13. ILO and IsDB (2023). The social, economic and employment impacts of decarbonization and green industrial growth scenarios for the Middle East and North Africa regions.
14. International Energy Agency (IEA) (2022). World energy employment. Paris: IEA. <https://www.iea.org/reports/world-energy-employment>
15. International Labour Organization (ILO) (2015). Guidelines for a just transition towards environmentally sustainable economies and societies for all. Geneva: ILO. <https://www.ilo.org/topics-and-sectors/just-transition-towards-environmentally-sustainable-economies-and-societies>
16. Krishnan, M., Samandari, H., Woetzel, J., Smit, S., Pachod, D., Pinner, D., Nauc  r, T., Tai, H., Farr, A., Wu, W., & Imperato, D. (2022), The Net-Zero Transition: What It Would Cost, What It Could Bring. Boston: McKinsey & Company.
17. O*NET (2009). Occupational Listings: O*NET-SOC 2009 occupations. O*NET Resource Center, <https://www.onetcenter.org/taxonomy/2009/list.html>.
18. O*NET (2010). O*NET Green Task Development Project. The National Center for O*NET Development. <https://www.onetcenter.org/reports/GreenTask.html>
19. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) (2023). Labour markets transitions in the greening economy: Structural drivers and the role of policies. OECD Economics Department Working Papers, No. 1803. <https://doi.org/10.1787/d8007e8f-en>

20. United Nations Environment Programme (UNEP) (2021). Global Guidance for Education on Green Jobs: Connecting Higher Education and Green Opportunities for Planetary Health. <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/35070/GGEGJ.pdf>
21. Valero, A. (2024). Net Zero and the Labour Market: Evidence from the UK. UK. LSE Public Policy Review, 3(2), pp. 1-11. DOI: <https://doi.org/10.31389/lseppr.97>.
22. Zurich Insurance Group (2023). Adapt and Grow Annual Report 2023.