

後疫情時代的能源轉型： 臺灣與世界瞭望

胡均立*

一、前言

新冠病毒（COVID-19）疫情不僅衝擊世界各地的經濟，也將為全球經濟模式帶來基本變革。新冠病毒疫情帶來「短鏈」革命，使得物流的距離縮短（吳馥馨、林于蘅，2020）。對應「短鏈」的獨立發電系統的重要性日增，而用以搭配獨立發電系統的在地化再生能源也可望更將普及（Zhong et al., 2020）。此外，人與人面對面的溝通方式，也被視訊等零接觸資通訊模式所替代，因而促進能源資通訊技術（Energy-ICT）的配套發展與應用。這些將帶來疫情後能源經濟模式的產生與推廣（林茂文，2020），達成筆者所稱「在地化下的全球化」（globalization under localization）的新經濟模式。而臺灣雖然小，可持續發揮其燈塔效應，與世界同步進行能源轉型。

2019年末新冠病毒疫情爆發後，透過當時的全球人流移動，迅速在世界各地蔓延開來，進而導致世界各國紛紛以封城乃至鎖國來減緩疫情的擴散速度。這對疫情爆發前的全球化趨勢是一個重大打擊。跨境人流移動瞬間下滑，以及伴隨而來的消費萎縮及服務財貨減產，導致能源消費驟降，因而使得石油及天然氣價格在短期內下跌。然而，對能源企業而言，除短期內獲利下滑，此次新冠病毒大流行在短期及長期下皆帶來深遠的影響，迫使它們必須轉型（Barbosa et al., 2020）。王京明（2020）也指出：對全球能源產業而言，新冠病毒疫情雖是危機，卻也帶來市場機會。他認為低碳化、市場化、分散化、數位化與智慧化將是能源產業發展的主流趨勢。疫情將促使能源業者加快轉型的腳步。

根據國際能源總署（International Energy Agency）的定義，能源轉型（energy transition）是指在本世紀下半以前將全球能源部門由化石（fossil）基礎轉型為零

* 國立陽明交通大學經營管理研究所教授

碳 (zero-carbon) 基礎的路徑 (International Energy Agency, 2018)。世界經濟論壇 (World Economic Forum) 定義能源轉型的韌性 (resilience of energy transition) 為「能源轉型有能力消化、復甦及調適干擾，並持續在路徑上帶來安全、永續、可負擔、廣納的低碳未來」。世界經濟論壇的《2021 促進有效能源轉型》報告中指出：面對新冠病毒大流行對全球經濟發展所造成的重大破壞，提升能源轉型的韌性更為重要。必須落實能源轉型於經濟面、政治面、社會面，以使能源轉型進展成為不可逆的 (World Economic Forum, 2021)。

新冠病毒疫情固然在短期內延緩能源轉型，但也讓世界各地的民產官學界再度體認健康、環境、經濟、金融、能源等多部門間的互動關係。疫情消滅部分傳統商機，卻也帶來諸多新的商機。作為人類各項活動必要的能源投入，其研發、生產、銷售、配送、消費的流程項目，勢必重新被各類利害關係人檢視，因而重新調整演化，以與世界人類永續發展的宏觀目標相輔相成。

二、疫情後的能源轉型政策

能源具有公共財的性質，能源的使用也會產生外部性，因而經常造成市場失靈的結果，提供政府予以管制甚至直接介入的理由 (Smart, 1981)。再加上能源基礎建設需要大量的資本與勞動投入，往往非私人財力得以負擔，而使得世界各國的能源產業發展需要政府能源政策作為主要的驅動力之一 (Helm et al, 1988; Grafström et al., 2020)。Kuzemko et al. (2020) 則分析疫情下影響永續能源轉型的政治因素。國家、廠商與個人之間的互動形塑永續能源轉型的路徑與結果。既存的政府代表許多生產者與消費者的既得利益，新冠病毒的疫情爆發增強國家干預市場的正當性與涉入程度，因而國家是否願意支持及主導能源轉型，便較以往更為重要。

綠色能源有助於減少碳排放，促進永續發展。如同教育、醫療、司法、環境等公共財，綠色能源也可作為人們共同消費的公共財 (Aronoff, 2016)。經濟部王美花部長在立法院宣示，在疫情衝擊下臺灣仍然將加速能源轉型，具體作法是達成 2025 年太陽光電 20GW、風力發電 6.9GW 的設置目標。藉由綠能設置及科技研發整合，使臺灣成為太陽光電產品與系統服務主要供應者 (王美花, 2020)。

新冠病毒疫情之爆發強化一般民眾對於公共健康、環境與能源轉型相關議題的認知。世界經濟論壇 2020 年的調查報告指出，能源轉型應兼顧安全、環境永續及經濟成長與發展的「能源三角形」，而世界上 70% 的年輕人認為能源轉型

的速率緩慢。新冠病毒的全球大流行延宕能源轉型，也增加能源部門員工的就業不確定性（World Economic Forum, 2020）。

根據國立臺灣大學社會科學院風險社會與政策研究中心（2020）的調查顯示，有 82.4% 的受訪者同意（包括 40.1% 非常同意、42.3% 還算同意）臺灣應積極推動能源轉型，以免讓後代子孫面臨嚴重氣候災難。同一份調查報告顯示，有 78.5%（包括 35.2% 非常同意、43.3% 同意）的受訪民眾同意政府推動能源轉型所提出的 2025 年綠能政策目標。

關於減碳政策工具，上述的調查中有 87.9% 的受訪者支持（包含 49.1% 非常支持、38.8% 還算支持）「臺灣高排碳企業依碳排量收取稅費」。根據經濟效率、行政簡便、稅收中立及稅收循環等效益，學者蕭代基主張臺灣在後疫情時代應藉由課徵碳稅來落實減碳及永續發展（蕭代基、廖子萱，2020）。

於確保供電穩定之餘，目前臺灣仍將持續進行能源轉型，藉由提升再生能源占比以同時兼顧自主能源比例與綠能比例之增加（趙文衡，2020）。而在採購方的要求下，臺灣半導體旗艦企業台灣積體電路公司積極購買綠電，預計 2030 年非生產廠房將 100% 採用再生能源，在 2050 年底前全球據點將 100% 使用再生能源（張建中，2020）。在政府主導及民間企業主動配合下，臺灣努力提升再生能源比例的能源轉型之路，仍在持續行進之中。

然而，在疫情爆發後，「超前部署」一詞在臺灣頗為流行，也被廣泛應用於政府產業發展規劃上（國家發展委員會，2020）。政府出面組成口罩生產「國家隊」的作法，也被主張應用於其他產品及產業上，包含離岸風力發電（吳佳穎、黃佩君，2021）。市場經濟的參與者包含消費者、生產者及政府（朱敬一等，2018），並非只有政府。政府的任務是協助而非取代前兩者。過度強調政府在產業政策上的超前部署，甚至認為由政府出面組國家隊可以突破一切產業發展瓶頸，恐將落入計畫經濟的無效率結果。

三、能源轉型所面臨的挑戰

新冠病毒疫情驟然爆發並迅速在全球蔓延，帶來二氧化碳排放量的暫時減少。Le Quéré et al. (2020) 比較 2019 年 4 月及 2020 年 4 月的全球二氧化碳排放量，發現疫情爆發所帶來的封城及運量減少等，導致能源消費下降，進而達成平均 26% 的二氧化碳排放減量。當然，節能減碳工作無法長期依靠疫情因素，長期下仍有賴世界各國分頭並進的能源轉型。

雖然能源轉型有其必要性，但一如所有的社會經濟模式變革，能源轉型需要有形及無形資源、技術與制度的支撐，方能成為現實中的均衡結果。世界經濟論壇總結在疫情後復甦期間進行能源轉型的五大教訓：(1) 能源仍將與經濟成長強力掛鉤。(2) 並非所有的經濟復甦都帶來相等的能源轉型。(3) 必須確保最脆弱者受到保護。(4) 國際合作仍面臨挑戰。(5) 應讓所有的公民參與。目前世界上 81% 的能源仍來自石化燃料，能源轉型的韌性仍有待世界各國持續努力提升 (Singh & Comez, 2021)。

美國拜登總統上任後，致力於以推廣清潔能源來減少碳排放。他誓言應對國內外的氣候危機、創造工作機會、恢復聯邦政府的科學誠信 (The White House, 2021)。對照美國前任川普總統的政策，拜登總統應會回到致力減碳與發展清潔能源的路線上。

Quitow et al. (2021) 比較多項綠能投資金額，發現新冠病毒疫情大流行擴大領先國與落後國在能源轉型上的差距。即使就歐盟國家而言，差距也在擴大。歐盟中的領先國為德國，而波蘭為落後國。德國、法國、中國大陸、英國承諾最多的清潔能源計畫金額。美國新任總統拜登上任後也已計畫投入 17 億美金的清潔能源基礎建設。然而，對傳統上高度依賴石化燃料的多數國家而言，石化產業廠商及員工紛紛要求該國政府在疫情期間予以紓困，因而延遲能源轉型。而石化能源出口國的相關廠商也企圖鞏固其既得利益，因而減少這些國家政府主動推動能源轉型以達成氣候中和未來的範圍。

國際能源總署 2020 年的報告指出，在新冠疫情爆發後，公部門對清潔能源的研發投入之成長速率依舊緩慢。該總署的研究指出，2019 年全球公部門對低碳能源的研發金額成長率平均值為 6%，需要 12 年才能翻倍。在 2012 至 2019 年間的公部門能源研發的 GDP 占比，歐盟的呈微幅成長，美國的約為持平，印度的先升後降，中國的及日本的則呈現下滑趨勢。如此一來，世界各國能源轉型的速率仍將遲緩。國際能源總署針對清潔能源研發提出五項原則：(1) 訂定優先順序、追蹤與調整。(2) 提升公部門研發及市場引導的私部門創新。(3) 橋接價值鏈中的所有連結。(4) 建立賦能基礎建設。(5) 藉全球合作臻至區域成功 (International Energy Agency, 2020)。

雖然各國政府在促進能源轉型上扮演重要角色，但能源企業仍是能源市場中主要的參與者。能源廠商必須面對全球疫情發生後的「新常態」。在疫情發生後，市場波動與風險都已上升。能源廠商肩負能源供給安全的重責大任，而風險管理在能源公司治理中的分量更加吃重。為因應疫情下的市場環境，新的工作方式、自動化與數據化都是能源企業進行轉型的必要調整 (PWC, 2020)。

利用歐洲電力市場的資料，Zhong et al. (2020) 指出，新冠病毒疫情造成大面積供電區域的需求不穩定，而使得一些燃煤電廠發生財務問題。獨立發電系統可針對特定較小區域的用電系統進行供電，便於靈活調度。這些獨立發電系統之表現已可佐證其為可靠的。搭配在地的再生能源來源，這些獨立發電系統可以有效地供應封城下的地區用電需求，並且減少排放量。這些使用清潔能源的獨立發電系統更能適應當地特殊環境與需求變動，且有助於永續發展。

人們有通訊的需求，也有能源的需求。通訊及能源都靠網絡輸送，兩種網絡可以整合為能源資通訊系統。能源資通訊不僅可以同時滿足人們在能源及通訊上的需求，更達成兼顧節能、安全、照護、物聯網等智慧居家與工作環境。能源資通訊系統將傳統的公司一個人 (C2P) 互動模式，改造為個人一個人 (P2P) 的生產消費者 (prosumers) 與家計單位互動網絡 (Strielkowski et al., 2021)。

Enright (2000) 提出「競爭全球化、競爭優勢在地化」的概念。亦即個別企業與全球的其他企業競爭，但其自身競爭優勢仍來自於在地的各項有形及無形來源。能源資通訊系統搭配 5G 通訊技術的發展，將可使能源企業於在地化下，仍可達成全球化，亦即「在地化下的全球化」。亦即能源系統仍需視在地的環境條件，決定其最佳的能源結構與產生方式，再透過能源資通訊網絡達成全球連結。

四、發揮臺灣的燈塔效應

在新冠病毒疫情爆發後，臺灣以其防疫的優異成效，仍維持實體的上班上課模式。臺灣晶片代工業者 2020 年營收占全球代工業者總營收逾 60%，而台積電一家即占 54% (林奕榮, 2021)。臺灣以實際成果佐證民主自由、市場經濟體制可以有效地在全球疫情下進行社會調適並持續經濟發展。臺灣雖然小，但其經濟發展成就已大到不容忽視。臺灣至今仍在市場經濟、政府主導、企業自發、民眾支持下持續其能源轉型，其經驗可與世界各國互相觀摩學習。

臺灣願意且能夠與世界在能源轉型議題上合作，共同為節能減排一起努力。當然，新冠病毒疫情凸顯能源系統在地化、因地制宜的重要性。臺灣有其位於西太平洋的島嶼地理環境特殊性，亦有其雄厚的資通訊基礎。臺灣應找尋適合其地理環境的「在地化」能源轉型路徑，搭配資通訊系統整合為能源資通訊系統。發揮在地的競爭優勢，與全球市場接軌。臺灣可以扮演能源資通訊高度發達的智慧島嶼示範者，向世界發揮其燈塔效應。

參考文獻

- 王京明 (2020)。〈能源轉型國際發展趨勢與機會〉，《經濟前瞻》第 192 期，頁 83-88。
- 王美花 (2020)。〈經濟部業務報告 (口頭報告)〉，立法院第 10 屆第 2 會期經濟委員會第 2 次全體委員會議。
- 朱敬一、毛慶生、林全、許松根、陳添枝、陳思寬、黃朝熙 (2018)。《經濟學》九版，臺北：華泰文化。
- 林奕榮 (2021 年 3 月 16 日)。〈從兩個圖表 看懂全球晶片供應有多依賴台積電〉，《經濟日報》，<https://udn.com/news/story/7240/5322277>
- 林茂文 (2020)。〈COVID-19 疫情對能源轉型展望之研析〉，《石油季刊》56 卷 4 期，1-30 頁。
- 吳佳穎、黃佩君 (2021 年 3 月 8 日)。〈四大產業國家隊成形 產學提醒分散資源〉，《自由時報》，<https://ec.ltn.com.tw/article/paper/1435636>
- 吳馥馨、林于蘅 (2020 年 7 月 31 日)。〈後疫情時代的短鏈革命〉，《經濟日報》，<https://money.udn.com/SSI/topic/2020/short-chain-revolution/index.html>
- 張建中 (2020 年 11 月 11 日)。〈台積電拚綠電 目標 2050 年全球據點 100% 用再生能源〉，《經濟日報》，<https://money.udn.com/money/story/5612/5006597>
- 國立臺灣大學社會科學院風險社會與政策研究中心 (2020)。《2020 能源轉型公眾感知度調查報告摘要版》。
- 國家發展委員會 (2020)。〈前瞻 2.0 建設超前部署 強化數位建設及 5G 發展〉，https://www.ndc.gov.tw/nc_27_34383
- 趙文衡 (2020)。〈能源國際組織對因應武漢肺炎的政策建議與指導原則〉，台灣經濟研究院。
- 蕭代基、廖子萱 (2020)。〈後疫情時代的永續臺灣〉，《指南新政電子報雙周刊》第 10 期，頁 6-9。
- Aronoff, K. (2016). Why we must make green energy a public good. INTHESSETIMES. Website: <https://inthesetimes.com/article/let-the-sun-shine-in>.
- Barbosa, F., Bresciani, G., Graham, P., Nyquist, S. and Yanosek, K. (2020). Oil and gas after COVID-19: The day of reckoning or a new age of opportunity? McKinsey & Company.
- Enright, M.J. (2000). The globalization of competition and the localization of competitive advantage: policies towards regional clustering. In Hood, N. and Young, S. (ed.), *The Globalization of Multinational Enterprise Activity and Economic Development*, pp 303-331, Palgrave MacMillan.
- Grafström, J., Söderholm, P., Gawel E., Lehmann, P. and Strunz, S. (2020). Government support to renewable energy R&D: drivers and strategic interactions among EU Member States. *Economics of Innovation and New Technology*, DOI: 10.1080/10438599.2020.1857499.
- Helm, D., Kay, J. and Thompson, D. (1988). Energy policy and the role of the state in the market for energy. *Fiscal Studies* 9, 41-61.
- International Energy Agency. (2018). Energy transition. <https://www.irena.org/energytransition>
- International Energy Agency. (2020). Clean energy innovation in the Covid-19 crisis: investing today to ensure a sustainable tomorrow. <https://www.iea.org/articles/clean-energy-innovation-in-the-covid-19-crisis>
- Kuzemko, C., Bradshaw, M., Bridge, G., Goldthau, A., Jewell, J., Overland, I., Scholten, D., Van de Graaf, T. and Westphal, K. (2020). Covid-19 and the politics of sustainable energy transitions. *Energy Research & Social Science* 68, 101685.
- Le Quéré, C., Jackson, R.B., Jones, M.W., Smith, A.J.P., Abernethy, S., Andrew, R.M., De-Goll, A.J., Willis, D.R., Shan, Y., Canadell, J.G., Friedlingstein, P., Creutzig, F. and Peters, G.P. (2020). Temporary reduction in daily global CO2 emissions during the COVID-19 forced confinement. *Nature Climate Change* 10, 647-653.

- PWC. (2020). Energy industry and COVID-19 (coronavirus): strategising for the 'new normal'. <https://www.pwc.com/gx/en/issues/crisis-solutions/covid-19/energy-utilities-resources-coronavirus.html>
- Quitow, R., Bersalli, G., Eicke, L., Jahn, J., Lilliestam, J., Lira, F., Marian, A., Süsler, D., Thapar, S., Weko, S. and Williams, S., Xue, B. (2021). The COVID-19 crisis deepens the gulf between leaders and laggards in the global energy transition. *Energy Research & Social Science* 74, 10198.
- Singh, H.V. and Gomez, P. (2021). 5 key lessons for energy transition from COVID-19 recovery. <https://www.weforum.org/agenda/2021/04/5-key-lessons-for-energy-transition-from-covid-19-recovery/>
- Smart, I. (1981). Energy and the public good. *Food and Fuel* 32, 255-272.
- Strielkowski, W., Firsova, I. Lukashenko, I., Raudelinien, J., and Tvaronavičiene, M. (2021). Effective management of energy consumption during the COVID-19 pandemic: the role of ICT solutions. *Energies* 14, 893.
- The White House. (2021). Fact Sheet: President Biden takes executive actions to tackle the climate crisis at home and abroad, create jobs, and restore scientific integrity across Federal Government. <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2021/01/27/fact-sheet-president-biden-takes-executive-actions-to-tackle-the-climate-crisis-at-home-and-abroad-create-jobs-and-restore-scientific-integrity-across-federal-government/>
- World Economic Forum. (2021). Energy Transition Index 2020: from crisis to rebound. <https://www.weforum.org/reports/fostering-effective-energy-transition-2020>
- Zhong, H., Tan, Z., He, Y., Xie, L., Kang, C. (2020). Implications of COVID-19 for the electricity industry: a comprehensive review. *CSEE Journal of Power and Energy Systems* 6, 489-495.