

美國微電網案例及相關法規分析—兼論對台灣之政策意涵(下)

許志義¹

中華大學創新產業學院暨企管系特聘教授

李豫洋²

國立政治大學經濟研究所碩士生

黃俊凱³

寰瀛法律事務所合夥律師

2024/08

(接續上篇，內容含美國微電網案例及相關法規分析、台灣微電網案例)

伍、台灣現行法規對微電網電力交易之規範框架

台灣電力政策與法規尚未開放日前(day-ahead)與即時(real-time)電能批發市場，惟已開放綠能發電業和綠能售電業參與電力零售市場。同時，電力輔助服務市場已開放「電力交易平台」進行交易，屬於日前搓合的機制。在此情況下，現行法規對於微電網所產生的電力，提供微電網營運商四種參與電力交易市場之途徑：綠能發電業、綠電售電業、自用發電設備及輔助服務合格交易者。

由於再生能源的不穩定性，絕大多數微電網除了利用再生能源發電外，還配有輕柴油發電機等非再生能源作為備用發電設施。因此若微電網的電力生產包括

¹ 中華大學創新產業學院暨企管系特聘教授、國立中興大學智慧運輸發展中心特聘研究員、國立臺北商業大學終身榮譽講座

² 國立政治大學經濟研究所碩士生

³ 德國柏林洪堡大學博士候選人、寰瀛法律事務所合夥律師

輕柴油發電機等非再生能源所生產之電能，實務上必須透過電流與資訊流的明確區隔，進行綠電與灰電電流與資訊流的確認與驗證，不得將柴油發電機所生產的灰電與綠電混淆，這在再生能源發電業執照和售電執照的核照審查事項，即需預先做好明確的規範。

根據《電業法》第 45 條規定：「發電業所生產之電能，僅得售予公用售電業，或售予輸配電業作為輔助服務之用。再生能源發電業，不受此限。」因此，若微電網營運商有設置主要發電設備而取得再生能源發電業執照，成為再生能源發電業(綠能發電業)，其電力來源為再生能源的綠電部分，除可依《再生能源發展條例》第 9 條之再生能源躉購制度 (Feed-In Tariff, FIT) 將電能售予台電，亦可轉供、直供給終端用戶，或躉售由再生能源售電業銷售給終端用戶，

另外，再生能源售電業，係指購買再生能源發電設備生產之電能，銷售予用戶，且不得設置主要發電設備之電業(電業法第 2 條第 7 款、第 47 條第 2 項)。因此，微電網營運商未設置主要發電設備，申請再生能源售電執照，而成為再生能源售電業(綠能售電業)者，則得購買其微電網內所生產之綠電，銷售給終端用戶。

根據《電業法》第 69 條規定：「自用發電設備生產之電能得售予公用售電業，或售予輸配電業作為輔助服務之用，其銷售量以總裝置容量百分之二十為限。但有下列情形者，不在此限：1.能源效率達電業管制機關所定標準以上者，其銷售量得達總裝置容量百分之五十。2.生產電能所使用之能源屬再生能源者，其生產

之電能得全部銷售予電業。」因此，若微電網營運商申請成為自用發電設備設置者，其電力來源為輕柴油發電機等非再生能源所生產之灰電部分，銷售給台電公司之電量不得超過裝置容量百分之二十的發電量；若能符合「能源效率標準」，則其銷售台電公司之電能可達總裝置容量百分之五十。但若登記為第二型、第三型再生能源自用發電設備，其所生產之綠能則可 100%全部銷售給台電公司或參與電力輔助服務，或亦可轉銷售給綠能售電業(此請參見經濟部 112 年 12 月 14 日經授能字 11200342600 號函)。

有關提供輔助服務的部分，若微電網生產的電力商品符合電力輔助服務市場交易的基本門檻 1MW，除上述以綠能發電業或自用發電設備的方式外，微電網營運商亦可仿照電力聚合商的資格參與交易；若未達 1MW，可考慮整合聚合商與其他電力供應者，共同聚合達到 1MW 市場參與門檻後參與交易，根據該微電網之物理及營運特性提供調頻備轉、即時備轉、補充備轉三種不同的電力商品，售予輸配電業，亦即參與現行「電力交易平台」市場競爭，提供電力商品給單一買方台電公司作為電力輔助服務之用。

陸、 他山之石可以攻錯——台灣微電網發展之瓶頸與展望

美國政府對於分散式電源與微電網之遊戲規則，是分別由聯邦政府的層級與州政府的層級加以管制。前者主要是聯邦能源管制委員會(FERC)；後者主要是公用事業委員會(PUC)或公用服務委員會(PSC)。本文分別彙整 2020 年 9 月 17 日公

告的 FERC Order 2222 及 2023 年 7 月 1 日頒布的密西西比州的 HB1198 法規，並進行初步分析，由於微電網的布建與發展現階段仍然以實體小規模土地面積(如不超過 100 英畝)為主，絕大多數都在各州境內建置，似乎尚未有跨州布局或營運的情況，因此 FERC 現階段尚無其他跨州相關的行政命令可供參考。

從美國法的比較參考可知，微電網營運商(Microgrid Operator)亦可視為一種獨特的分散式能源資源聚合商(DERA)，與其他的 DERA 主要的差別在於微電網可孤島獨立運轉，是一種更有助於電網強韌，且不受公用電網遇到緊急事故全黑時的影響。另外，觀察密西西比州的「微電網與電網韌性法案」內容，在各種微電網不同功能定位的類別中，推動社區型的智慧微電網應具有最廣泛的發展潛力與經濟價值，社區微電網的商業活動範圍涵蓋發電、配電、儲能、售電、用電等層面，讓一定地理範圍內各種不同天然資源稟賦的社區型虛擬電廠(virtual power plant)能彼此互相連結，進而逐步導向社區型智慧微電網群集(smart micro-grid clusters)，在綠能「即發即用」高效淨零轉型的誘因驅動下，除可進一步推升已行之有年的聚合(aggregation)商模發展外，也適合孕育其他創新的能源商業模式，例如，配電級電網輔助服務、點對點交易(P2P Trading)、能源共享(energy sharing)，以及區域綠電憑證等。

台灣在微電網及相關技術的發展上，相較於國際上顯得較為落後，此結果應與台灣電力市場的結構有關。台灣的電力市場主要由國營企業獨占，缺乏有效的

市場競爭機制。這種市場結構導致了對技術創新和突破的期待不高，因為在缺乏競爭的環境下，推動技術革新的動力相對較弱。此外，市場的獨占性質也可能限制了新進市場參與者帶來新技術或商業模式的機會，進而影響了整體產業的創新能力和發展速度。

觀察現階段台灣電業法規，似乎尚未意識到公用電網與微電網間權利義務互動之規範。實務上，政府有關單位和台電可先借鏡國外電業治理的經驗及作法，例如：若台電公用電網需使用（購買）微電網所生產之電能，則台電需向微電網營運者提前發出預警，確保微電網有適足時間預作準備，同時要求微電網須於需量反應中提供一定的發電容量，以確保電網穩定可靠。另外，在審查微電網營運許可申請(例如，綠電發電業、售電業執照或自用發電設備許可)時，宜確認該微電網系統是否具有能合理提高當地電力效率、韌性、可靠性及安全性的能力，以及該微電網執行輔助服務的能力，作為通過審查的門檻。同時，確保微電網所提供的服務不會對其他參與電力市場客戶提供的服務產生負面影響。更重要的，從微電網逆回送公用電網的電價應不得低於後者的迴避成本（avoided cost），迴避成本係指公用電業自行產出或向其他來源購入“非再生能源”電能之年平均成本，使微電網發展具有一定的誘因。

柒、結論

淨零減碳型微電網對於公用電網韌性強化調度之重要性，已成為 2050 淨零

排放趨勢下各國日益重視的能源轉型課題，我國微電網政策法規及相關配套措施之研議與落實，實已刻不容緩，並應廣納各界利害關係人意見，以共同創造多贏能源商業模式的市場遊戲規則。

參考文獻

1. CAISO. 2021. “Root Cause Analysis: Mid-August 2020 Extreme Heat Wave.” Folsom, CA.
2. EIA. 2020. “Battery Storage in the United States: An Update on Market Trends.” Washington, DC.
3. Endsley, Mica R. 1988. “Design and Evaluation for Situation Awareness Enhancement.” Proceedings of the Human Factors Society Annual Meeting 32 (2): 97–101. <https://doi.org/10.1177/154193128803200221>.
4. FERC. 2020a. “2019 Assessment of Demand Response and Advanced Metering.” ———. 2020b. “Participation of Distributed Energy Resource Aggregations in Markets Operated by Regional Transmission Organizations and Independent System Operators.” Docket No. RM18-9-000; Order No. 2222. Washington, DC.
5. Frick, Natalie Mims, Sneller Price, Lisa Schwartz, Nichole Hanus, and Ben Shapiro. 2021. “Locational Value of Distributed Energy Resources.” Berkeley, CA. <https://doi.org/10.2172/1765585>.
6. Horowitz, Kelsey, Zac Peterson, Michael Coddington, Fei Ding, Ben Sigrin, Danish Saleem, Sara E Baldwin, et al. 2019. “An Overview of Distributed Energy Resource (DER) Interconnection: Current Practices and Emerging Solutions.” Golden, CO.
7. ISO-NE. 2020. “2020 Regional Electricity Outlook.” Holyoke, MA.
8. MacDonald, Jason S, Peter Cappers, Duncan S Callaway, and Sila Kiliccote. 2012. “Demand Response Providing Ancillary Services A Comparison of Opportunities and Challenges in the US Wholesale Markets.” Berkeley, CA.
9. Mai, Trieu, Paige Jadun, Jeffrey Logan, Colin Mcmillan, Matteo Muratori, Daniel Steinberg, Laura Vimmerstedt, Ryan Jones, Benjamin Haley, and Brent Nelson.

2018. “Electrification Futures Study: Scenarios of Electric Technology Adoption and Power Consumption for the United States.” Golden, CO.
<https://doi.org/10.2172/1459351>.
10. McGranaghan, Mark, Doug Houseman, Laurent Schmitt, Frances Cleveland, and Eric Lambert. 2016. “Enabling the Integrated Grid: Leveraging Data to Integrate Distributed Resources and Customers.” *IEEE Power and Energy Magazine* 14 (1): 83–93. <https://doi.org/10.1109/MPE.2015.2485898>.
 11. Panteli, Mathaios, and Pierluigi Mancarella. 2015. “Influence of Extreme Weather and Climate Change on the Resilience of Power Systems: Impacts and Possible Mitigation Strategies.” *Electric Power Systems Research*. Elsevier Ltd.
<https://doi.org/10.1016/j.epsr.2015.06.012>.
 12. Wang, Fei, Hanchen Xu, Ti Xu, Kangping Li, Miadreza Shafie-khah, and João P.S. Catalão. 2017. “The Values of Market-Based Demand Response on Improving Power System Reliability under Extreme Circumstances.” *Applied Energy* 193 (May): 220–31. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.01.103>.
 13. Wang, Jianxiao, Junjie Qin, Haiwang Zhong, Ram Rajagopal, Qing Xia, and Chongqing Kang. 2019. “Reliability Value of Distributed Solar+Storage Systems Amidst Rare Weather Events.” *IEEE Transactions on Smart Grid* 10 (4): 4476–86.
<https://doi.org/10.1109/TSG.2018.2861227>.
 14. Wood Mackenzie. 2020. “United States Distributed Energy Resources Outlook: DER Installations and Forecasts 2016-2025E.”
 15. Zhou, Ella, and Trieu Mai. 2021. “Electrification Futures Study: Operational Analysis of U.S. Power Systems with Increased Electrification and Demand-Side Flexibility.” Golden, CO.
<https://doi.org/10.2172/1785329>.
 16. 洪穎怡(2024 年 2 月 20 日), 互聯微電網簡介
<http://www.tepa108.org.tw/EpaperHtm/20240220144716.htm>.
 17. Grid Deployment Office. 2021 “Bipartisan Infrastructure Law.”
<https://www.energy.gov/gdo/bipartisan-infrastructure-law>.
 18. Rebecca M Tapio, Alice Orrell. 2023. “FERC Order No. 2222 and Considerations for Distributed Wind.”

19. Mahdi Azimian et al. 2023. Planning and Financing Strategy for Clustered Multi-Carrier Microgrids.
20. 公平交易委員會(2021 年 12 月)，電力交易平台發展現況與競爭規範之研究
<https://www.ftc.gov.tw/upload/c8bfc9a4-a8d9-4265-a742-a6e24b1c1af9.pdf>.
21. 許志義、蔡志祥(2023)，「美國電力調度中心因應 FERC2222 行政命令之調適與影響」。《台灣能源期刊》。
22. 許志義、黃俊凱(2023)，「論歐盟配電系統調度分散式資源提供輔助服務的模式」。《能源簡析》。
23. 鄭財發(2020)，「社區微電網分散式電源共享機制」。國立成功大學電機工程學系碩士論文。
24. 許志義(2022a)，「淨零轉型是產業發展之新興商業模式」，《自由時報》。
25. 許志義(2022b)，「電網安全與電業改革」，《經濟日報名家觀點》。
26. Godswill et al. 2023. Drivers of microgrid projects in developed and developing economies.
27. 黃俊凱、許志義(2024)，「歐盟能源社群對分散式電源生態發展之政策革新——兼論對臺灣能源轉型下電業監理之意涵」，《臺灣能源期刊》。
28. Lili Francklyn. 2022. Microgrid Brings Newfound Quiet and Cost Reductions to Canadian Native Community,
<https://microgridnews.com/microgrid-brings-quiet-and-cost-reductions-to-canadian-native-community/>.
29. Yasmin Ali. 2018. 100% Renewable Microgrid for Sweden's Rural Community of Simris,
<https://www.microgridknowledge.com/editors-choice/article/11430518/100-renewable-microgrid-for-sweden8217s-rural-community-of-simris>.
30. 台灣電力企業聯合會(2023)，TEPA-於 112 年 7 月 6-8 日辦理參訪「澎湖微電網/海底電纜/電力系統」活動及「澎湖微電網推動現況與展望」座談會花絮
31. Kathy Hitchens. 2024. Bimbo Bakeries Debuts Six California Microgrids
<https://www.microgridknowledge.com/industrial-microgrids/article/33038582/bimbo-bakeries-debuts-six-california-microgrids>.
32. UCSD DERConnect. 2020.
<https://sites.google.com/ucsd.edu/derconnect/home>.