

# 微電網的應用效益及其配套措施之分析

林曉琪<sup>1</sup>、韓佳佑<sup>2</sup>、姜政綸<sup>3</sup>、郭春河<sup>4</sup>、張永瑞<sup>5</sup>

2019 年 8 月

## 壹、前言

微電網系統(Microgrid)是由一群分散式發電設備與負載連結而成電力分界清楚的區域，此區域對大電網而言是一個可控制的單體，可併聯電網運轉或解聯獨立運轉。近年來政府大力推動再生能源，預計 2025 年達成再生能源佔比 20%目標，當綠能裝置容量日漸成長至一定占比後，其間歇發電特性，勢必對電網運轉帶來電力不穩與調度不易的衝擊，微電網做為再生能源的後盾，可減緩大量再生能源併入電網可能造成電壓浮動而影響區域電網供電的問題，同時，微電網具削峰填谷(Peak cut)，調節尖峰用電(Peak Shaving)的作用，有助減低電網負荷及降低尖峰用電的系統設備需求。

由於微電網系統可就地生產，滿足特殊場合需求，伴隨微電網系統技術的發展及全球同步提倡再生能源，以太陽光電或陸域風電做為微電網服務的基礎亦逐年成長，微電網系統的建置除了可減少輸電過程中的電力耗損，亦可做為大型電網的輔助型電網；本文試列舉國際與國內推展微電網系統的成功案例，並嘗試說明大量佈建微電網應考量的配套措施及潛在機會。

## 貳、微電網系統的國際成功案例

在電網易受環境因素影響，亦或缺乏完善基礎設施、較偏遠的區域，微電網系統提供的電力可靠性超過傳統集中式能源，國際上不乏微電網自示範階段至成功商轉的案例，茲如印尼 Flores Island<sup>6</sup>、日本仙台<sup>7</sup>與智利 Huatacondo<sup>8</sup>微電網，然而，成功商轉的微電網需克服許多障礙，其中包含技術<sup>9</sup>、管理<sup>10</sup>、財務<sup>11</sup>及利害關係人等面向。

---

<sup>1</sup> 綠能科技產業推動中心技術發展組副研究員

<sup>2</sup> 核能研究所綜合計畫組能源策略研究室副工程師

<sup>3</sup> 核能研究所核儀組副研究員

<sup>4</sup> 核能研究所綜合計畫組能源策略研究室助理研究員

<sup>5</sup> 核能研究所核儀組研究員兼組長

<sup>6</sup> 印尼 Flores Island 微電網由 600kW 風力、600kW 柴油發電與 1480kW 水力構成，無儲能設備。

<sup>7</sup> 日本仙台微電網由 50kW 太陽光電、700kW 柴油發電與 200kW 磷酸型燃料電池構成，無儲能設備。

<sup>8</sup> 智利 Huatacondo 微電網由 3 kW 風力、22kW 太陽光電、150kW 柴油發電與 150kW 電池與能源管理系統構成。

<sup>9</sup> 技術層面涉及雙模式(dual-mode)運轉、功率與頻率控制、系統保護。

<sup>10</sup> 管理層面涉及系統熟悉度、併網規範、虛功率(reactive power)的雙向潮流及實功率即發即用。

<sup>11</sup> 微電網系統初期支出成本(CAPEX)較高，且其設置位置亦影響運輸成本，容量較小的微電網較難獲得銀行融資，然部分需要銀行融資以建置微電網系統者(如偏鄉或生活品質較不佳者)，未必能檢具受銀行認可的抵押品。

以智利為例，Huatacondo 微電網(圖 1)係由智利大學(University of Chile)開發，設置於安第斯山脈(Andes Mountains)，可提供予 150 位居民使用，安裝微電網之前，該區域已有獨立電網，但每天僅能運作 10 小時，智利大學為確保微電網所有權與管理權移交予該區域的使用者後亦可運轉無虞，協助建置微電網的同時，採用數據蒐集與監督控制(Supervisory Control and Data Acquisition, SCADA)的方法，以利向缺乏技術背景的用戶提供清楚的訊息，有助於該區域使用者作出決策。



圖 1、位於智利的 Huatacondo 微電網  
資料來源：Berkeley Lab(2019)

又以鄰國日本(圖 2)為例，仙台微電網位於東北福祉(Tohoku-Fukushi)大學校區內，屬新能源與產業技術發展組織(New Energy and Industrial Technology Development Organization, NEDO)於 2004 年提出的示範計畫，用意在建立多重電力品質微電網的展示與測試。

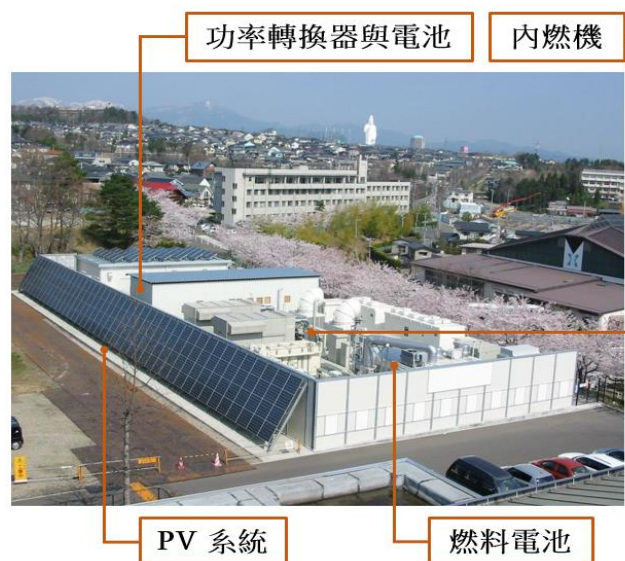


圖 2、位於日本仙台的微電網  
資料來源：K. Hirose, T. Shimakage, J. T. Reilly and H. Irie(2013)

此微電網由日本 NTT Facilities (NTT-F)公司主導，於 2008 年示範計畫結束後，由 NTT-F 公司經營管理，電網內發電機組與燃料電池的總裝置容量為 950kW，藉由共同耦合點(Point of Common Coupling, PCC)將電力饋入電網，除了是校園內建築物的供電來源，亦擴大供電範圍至附近的中學與水處理廠；值得一提的是，仙台微電網依機構需求將供電品質分為直流負載(DC)與一般交流負載(A、B1、B3、C 級)五大類以利進行需量管理(表 1)，對於重要的負載設備(如大學校園內及醫院內的重要儀器)，提供最高品質電力，以確保電網受擾動時尚能正常運作。

表 1、仙台微電網之負載分類

| 負載等級 |    | 品質   | 區域或設備          |                   |
|------|----|------|----------------|-------------------|
| DC   |    | 高品質  | 向其他負載供電        |                   |
| A    |    | 高品質  | 校園、社區醫院及重要實驗設備 |                   |
| B    | B1 | 高品質  | 老人長期照護或保健中心    | 中心內具備用以維生等不能斷電的設備 |
|      | B3 | 高品質  |                | 中心內不具備可維生等不能斷電的設備 |
| C    |    | 標準品質 | 醫院精神科與內科       |                   |

資料來源：K. Hirose, T. Shimakage, J. T. Reilly and H. Irie (2013)，本研究整理(2019)。

2011 年 3 月 11 日，福島發生規模芮氏 9 級的地震，仙台微電網併聯的電網遭受嚴重損害而供電中斷，此時藉由完善的控制系統設定，微電網系統自動轉換至孤島(island)運轉模式，其中 700kW 微型熱電共生(Combined Heat and Power, CHP)氣渦輪機因供氣管線於地震中受損，無法上線運轉，因此先對 B3 等級與 C 等級的場域停止供電，待 3 月 12 日修復後再啟動，期間以 50kW 太陽能面板、200kW 燃料電池及儲能為主要電力供給來源，雖發生燃料電池無法負荷電壓致使 A 等級與 B1 等級的場域短暫停電，但直流電的持續運作，A 等級與 B1 等級的場域缺電情況並無持續太久。

微電網孤島模式共運轉 2 天，直至電力公司於 3 月 14 日電網恢復正常運轉，因將負載加以分類，使在仙台的老人長期照護中心內四位必須依賴呼吸系統維生的老人不受影響，再者，地震發生時溫度約為 5 度，第二天午夜至凌晨溫度降至 0 度以下，熱電共生同時向醫院提供電力與熱能。

由日本仙台微電網的運轉經驗可知，微電網在災難發生時的重要性，微電網內電力供給多樣性與足夠的儲能，可謂決定其在電網遭受重大事故時能否維持穩定供電的關鍵之一，而除了技術，管理面亦不可忽視，人員對於微電網系統的操作熟悉度、設備備份與配置，均是使微電網成功商轉的重要因素。

### 叁、微電網系統的國內應用案例

投入微電網系統研究至少 10 年，在產業、學界與研究機構的共同努力下，國內亦不乏成功案例，例如澎湖七美、烏來福山、屏東林邊光采濕地、桃園龍潭微電網實證場域與澎湖東吉嶼等(各場域位置、容量及說明列舉如附件)。

以國內首座由行政院原子能委員會核能研究所(以下簡稱核研所)建置，可併接不同類型發電的桃園龍潭微電網實證場域為例(圖 3)，此微電網系統包含太陽光電 100 kW、風力發電 150 kW 與 25 kW 各 1 座、微渦輪機 65 kW 共 3 座、250 kVA 與 100 kVA 儲能系統以及電動車充電樁 1 座，發電設備總容量約 470 kW。



圖 3、核研所微電網實證場域

資料來源：核研所(2015)

除了完成配電級儲能的平滑綠能實功、電力穩壓調控及電力調頻功能開發與實測，此微電網系統亦實際併接於台電龍潭 OQ38 高壓饋線，可接受 20 公里外台電桃園區處指令，進行微電網需量<sup>12</sup>卸載、解聯、併聯及輸出電力輔助服務<sup>13</sup>；在與台電解聯的情況下，實際館舍可 100 小時連續孤島運轉，其中綠能發電量平均占比達 54%，最高瞬間占比達 135%，系統十分穩定；另一方面，此微電網系統內的層級分析演算法 (Analytic Hierarchy Process, AHP)，可即時動態排列卸載的優先順序，以綠能紓解配電

<sup>12</sup> 需量反應(Demand Response)係利用電力需求面的管理或控制技術，在尖峰用電時段抑制需求量，以達到電力供需平衡的效果。

<sup>13</sup> 電力輔助服務是為維持電網的穩定與安全而提供的多樣性功能服務，大致可分為：(1)頻率控制(Frequency Control)－供電頻率穩定的服務，大多由燃氣機組、水力機組(含抽蓄機組)與儲能設備擔任；(2)即時備轉(Spinning Reserve)－用以可即時應付發電機故障、需求預測誤差與其他突發情況所預留的發電量；(3)營運儲備(Operating Reserve)－平時待機各種發電機組，功能同即時備轉，不同之處在於待機機組升載慢，但可長時間供電；(4)全黑啟動(Black Start)－電網因故障停運，系統全部無法運轉，僅能藉由系統中具有自動啟動能力的機組與外來電源來帶動無自動啟動能力的機組。

系統線路雍塞問題，奠定微電網系統整合高占比綠能之技術基礎。

國內微電網可分成三種類型，「離島型」、「防災型」與「社區型」；以國內首座成功商轉的「離島再生能源微電網系統」(圖 4)為例，由於離島使用柴油發電機成本昂貴，增加再生能源占比，可減少離島燃料成本，與台電解併聯的實務操作，使核研所將其經驗向外推展，攜手中興電工，以澎湖東吉嶼為基地，微電網系統裝置 86kW 太陽光電，搭配儲能電池與 200 kW 柴油發電機 2 台，柴油機在主從切換期間，島上負載未發生斷電情況，且太陽光電及儲能可正常運轉發電，瞬間綠能占比可達 92.8%。



圖 4、澎湖東吉嶼太陽光電系統實景照

資料來源：核研所(2017)

此微電網系統的另一項關鍵技術係透過無人化遠端控制功能的能源管理系統 (Energy Management System, EMS)(圖 5)，智慧化調控儲能系統，促成電力調度經濟化，過去再生能源很難與傳統柴油發電系統併聯的疑慮，經由能源管理系統獲得解決途徑，有效提昇離島電網再生能源之使用率，而參與團隊更於 2017 年亞太經濟合作會議(Asia Pacific Economic Cooperation, APEC)獲得能源智慧社區倡議(The Energy Smart Communities Initiative, ESCI)智慧電網最佳案例之銀質獎。

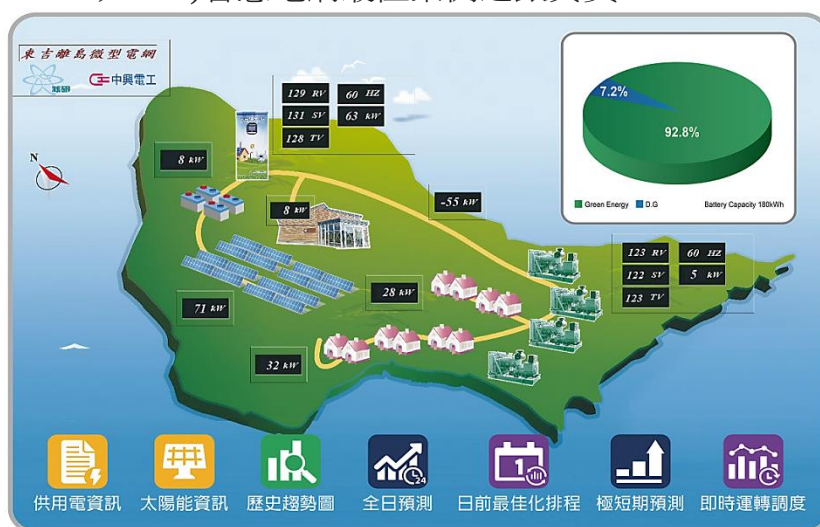


圖 5、澎湖東吉嶼能源管理系統

資料來源：核研所(2017)

不同於離島型微電網，烏來福山國小與林邊光采濕地的微電網示範計畫是另兩項屬防災型微電網系統的重要成功案例；防災型微電網設置於易發生災害的地區避難中心，運作的三個基本要素為再生能源、儲能系統及傳統柴油發電機，2015 年蘇迪勒颱風侵襲烏來時，福山部落停電長達 17 天，此一危機使台電正視微電網系統的必要性，歷經一年的規劃與建置(圖 6)，於 2017 年 1 月正式啟用，微電網系統中包含太陽光電 29kW、儲能設備 30kW、備用發電機 60kW，若災害造成配電線路出現問題時，微電網可供應當地避難收容處所基本維生的電力。



圖 6、烏來福山國小防災型微電網系統  
資料來源：台灣電力公司(2018)

2009 年莫拉克颱風造成屏東林邊鄉多處災害，屏東縣政府開始思考如何打造兼顧防洪、防災且可使土地恢復的環境，例如運用屏東豐沛的太陽能做為發電主力等等，提出構想後，結合核研所、IBM、大同的研究與技術，設置一座不僅為防災型，亦為國內首座於社區運行的智慧微型電網(圖 7)，可於孤島運轉模式持續 72 小時。



圖 7、光采溼地微型電網與再生能源設備位置示意圖  
資料來源：低碳永續家園資訊網(2019)

防災型微電網示範園區不僅使參與團隊榮獲 2015 年亞太經濟合作會議能源智慧社區倡議智慧電網最佳案例之銀質獎，亦增加屏東縣政府相關單位欲更有效運用園區內智慧微電網系統的動力，因此在運行兩年多後，屏東縣政府於 2018 年 6 月檢視園區整體性能，為達成減少電力傳輸耗損，強化電力供應穩定，而增設電源自動切換開關 (Automatic Transfer Switch, ATS)、三相負載平衡器(Three-Phase Voltage)與儲能變流器 (Power Conversion System)，使軟、硬體均可在併網模式與孤島模式完善運轉。

將家用型微電網擴大至結合區域再生能源、大樓能源管理系統、緊急發電系統、儲能系統及區域配電系統，即形成社區型微電網，除了前述提及之屏東林邊光采濕地，尚有如高雄日光小林二村微電網系統(圖 8)，新北市永和菠爾社區、三重峰景翠峰社區<sup>14</sup>的微電網系統均屬此一類型；在停電或尖峰供電不足時，社區型微電網可滿足社區內的一般家庭用電或公共用電(如電梯、停車場等公共空間的照明)的需求，當更多太陽光電系統、儲能電池及備援發電機加入時，則可形成區域型微電網。



圖 8、日光小林村社區型微電網系統  
資料來源：經濟部技術處(2016)

簡言之，微電網可廣泛應用於住宅、商辦大樓、醫院、學校，在受電網覆蓋的都市內建置微電網系統，可利用能源管理系統，驗證建築或社區的離網發電、電力儲存、協助電網調度的能力，於聯網運轉時，亦可藉由電力輔助服務獲得額外的經濟收益，以舒緩配電線路雍塞情形，提升電力系統穩定度。

#### 肆、發展再生能源微電網的效益

微電網與大型電網併聯運轉時，分散式電源(Distributed Generation, DG)與大型電網能共同負責微電網內負載所需功率，當微電網與大型電網解聯運轉時，各分散式電

<sup>14</sup> 兩社區均搭建 12.6kWp 太陽能板、3.6 kW(3 組 1.2kW)小型風機、5kW 甲醇燃料電池與 60kWh 的鋰電池儲能系統，估計每年可供應全社區約 21%的公共用電需求。

源可為特定區域提供穩定用電，在各國電力供應型態逐漸由集中式供電轉為分散式電源結構，以滿足各地區電力需求時，微電網系統的議題逐漸被重視。

分散式電源一般指的是發電容量較傳統機組小，直接連接在配電或發電場址更接近需求端的發電設備，故可減少電力輸配電設施的投資成本及線路損失，當大型集中式發電系統供電中斷時，可切換至分散式電力系統，將所儲存的電力對鄰近重要負載供電；一般而言，微電網系統由太陽光電、風電、儲能系統、柴油發電機或微渦輪機等能源系統搭配負載組合而成，在各國鼓勵發展再生能源後，僅僅以再生能源做為微電網的基載的比例逐年成長。

依據國際再生能源署(International Renewable Energy Agency, IRENA)於 2016 年度的調查報告，全球約有 1.33 億離網人口使用再生能源技術來供電，而其中有 900 萬人使用再生能源微電網服務(圖 9)，以類別區分，太陽光電微電網的增幅最為快速，由 2008 年 11MW 成長至 2016 年 308MW，以地域區分，則是以亞洲地區所設置再生能源微電網最多，國際能源署(International Energy Agency, IEA)亦指出，至 2030 年時，將有 60%以上的再生能源併網，其中約 40%的佔比將由微電網提供。

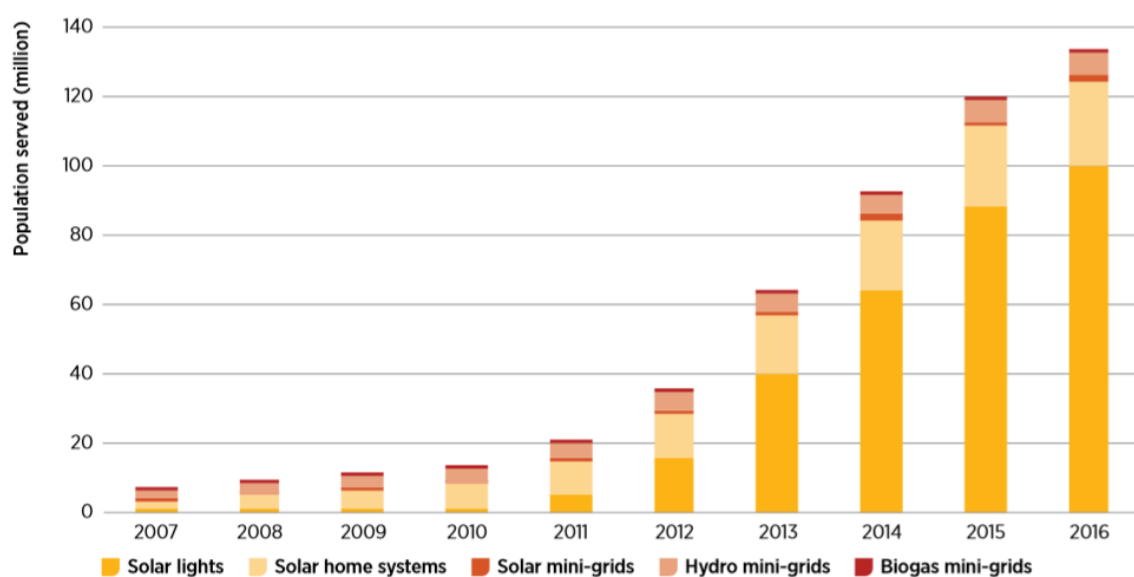


圖 9、全球使用再生能源離網解決方案之人口統計(2007-2016)

資料來源：IRENA (2018)

各國擴大再生能源的發展，使完全由再生能源構成的微電網系統得以實現，不僅僅供應基礎電力，再生能源微電網亦為大型電網涵蓋地區提供服務與支援，依照服務性質，可分為較低層次的服務(Lower tier of service)與較高層次的服務(Higher tier of service)兩類，其中又分別包含自主(Autonomous)或併聯(Interconnected)服務兩種。

較低層次服務的自主運作係指可在無大型電網供應地區，提供 24 小時的非持續電

力，使該地區具備基本電力(如農村電氣化)，若該地區屬大型電網供應地區，則可利用微電網併聯大型電網，做為輔助供電系統，增加電力調度的彈性(如學校或軍事區域)；較高層次服務的自主運作係指可在需要穩定電力的中小型工廠、商業或住宅區，提供 24 小時的持續電力(如製造廠、島嶼或偏鄉地區)，若該地區屬大型電網供應地區，則亦可利用微電網併聯大型電網，做為重要設施不斷電備援供電系統(如資料數據中心、重要軍事基地)。

再生能源微電網可是單一來源，如太陽能、水力、沼氣、生質能或風力發電，亦可集結多種再生能源，容量從 1kW 至 10MW 不等，再生能源成本下降與較高層次服務的商業應用模式，使得國際間再生能源微電網急速成長；微電網的興建能使偏遠且落後地區具備基本電力，改善生活品質，而再生能源微電網的發展則是有助於促進全球節能減碳，然而，實務尚有需要考量或建置的配套措施，例如大型的再生能源微電網，若能與儲能系統相互搭配，更能發揮其電力調度的效益。

## 伍、發展再生能源微電網的配套措施

為全面協助再生能源微電網推展，IRENA 亦提出包含政策支持、技術支援與財政援助等層面微電網規模的建議。

### 1. 政策與法規

- (1) 法規鬆綁：政策與法規的放寬，是促使再生能源微電網得以順利發展的重要因素，如小於 10kWp 的案場，獅子山共和國準免申請開發許可。
- (2) 制度整合：基於微電網開發商可能同時進行多案開發，為使許可程序標準化，開發商若備好許可證申請書、契約等相關文件，即可同時向奈及利亞與坦尚尼亞提交申請。
- (3) 行政流程：完善的環境與社會影響評估有助減緩開發衝擊，然為提升開發進度，如奈及利亞與盧安達，已針對 100kW 以下的微電網，簡化環境與社會影響評估流程。

### 2. 技術與設備

- (1) 標準設置：技術的標準及規範有助微電網的安全運行，亦可使設備商與技術同仁遵循相關規範，如奈及利亞的開發許可由能源管制委員會(Nigerian Energy Regulation Commission, NERC)控管，不論是否獲得許可證，NERC 均會為再生能源設備商提供於奈及利亞開發微電網的建議，又如欲建置於印尼的設備，不僅需要符合國際規範，另亦須符合當地的製造標準。

- (2) 技術支援：建立具備微電網施工能力與技術能量的專業部門有助協助電網的鋪設及推動，如獅子山共和國於 2016 年於簽署了「能源非洲協議」(Energy Africa Compact Agreement)，該協議接受再生能源技術支援方案，以協助國際投資者或資金援助組織投入當地的再生能源建設，促進再生能源普及化。
- (3) 併網/與主要電網連結(Grid interconnection /Arrival of the main grid)：併網/與主要電網連結的補償機制可減輕開發及運維風險，運維商可藉由出售電力或向主要電網購入電力，以穩定微電網的營運；強制性的補償機制亦可視為退場機制，當運維商不再具經營能力，藉由協商購電協議，可評估後續的運維商資產與後續經營風險。又如隨著基礎建設的擴充，柬埔寨逐步提升微電網與主要電網的連結能力得以重新計算躉購電價的合宜性。

### 3. 財政與金融

- (1) 稅收減免：適當的財政補助可降低開發及運維成本，包含印尼與盧安達等國，已採取關稅豁免的財政措施，同時對於投資再生能源設備的企業設立優惠所得稅或提供減稅(preferential corporate tax rates and tax holidays)的獎勵辦法。
- (2) 融資支持：基於微電網多設置於偏遠地區，當地居民的財務情況可能不甚理想，坦尚尼亞允許微電網開發商共同承擔 80%的擔保融資，同時，世界銀行為地方商業銀行安排 2300 萬美元的低利息額度供微電網開發商申請。
- (3) 成本控管與躉購費率：在偏遠地區的基礎建設往往十分落後，為協助微電網開發商控管成本，如 NERC 提出一套計算躉購電價的模式，模式中包含通貨膨脹、利率、匯率、設備折舊率與發電能力評估等參數，每五年檢視一次，以確保開發商獲得合理的回報率。

IRENA 雖以東南亞與非洲等缺乏大型電網之區域為例，惟相關建議亦可做為國內未來若大量佈建微電網的參考，如電網推動常涉及多個行政部門的權責，行政部門間的制度整合可加快開發進度，相關的稅收減免或獎勵辦法，可鼓勵系統設備商進入市場，系統或設備的參數計算有助評估微電網開發與營運成本，而補償或退場機制則可避免微電網運維商瀕臨破產致使微電網無法運作的風險。

### 陸、國內發展微電網系統的潛在機會

按目前政府推動太陽光電與風力發電的設置目標，至 2025 年太陽光電總累計設置 20GW(屋頂型 3GW、地面型 17GW)，風力發電總累計設置 6.7GW(陸域 1.2 GW、離岸 5.5 GW)，未來大量再生能源併入電網的必然性近在眼前，國內大部分地區雖有

電網覆蓋，設備商亦具備系統建置能量，太陽能等再生能源發電的不穩定與間歇特性，併入現有電網容量占比提高時，將衝擊電力系統供電品質，當再生能源極大化時，微電網是不可缺少的工具。

微電網與儲能系統相互搭配亦為趨勢，在光電很強或風很大而無法降載時，可利用儲能系統儲存光電或風能，容量有餘時，系統商尚可參與輔助服務，以增加額外收益，惟儲能系統設備過高、佔地龐大、維修技術能量不足，均是目前微電網無法完全商業營運的主因，但藉由系統設備商、學界與研究機構的共同努力，逐步累積實力，待儲能系統技術與成本下降，可望擴大再生能源規模，或可提高更多邊遠、偏鄉地區、甚而於都市內建置微電網系統的意願。

微電網可減少對傳統電網的依賴，發揮電力自給自足作用，於特殊區域，如醫院、邊遠或偏鄉地區的發展影響甚鉅，為加快微電網的佈建，國際上已有創新的籌資模式，例如綠色融資<sup>15</sup>或資產證券化<sup>16</sup>，其次，慮及裝置容量過小的場域籌資不易，當地金融機構的參與，能解決需以當地貨幣貸款的問題；另，物聯網、大數據等新興科技的應用，對於微電網系統亦有實質功效，如海地共和國以雲端監控集結微電網數據並加以分析，進而優化系統，降低電力成本，提高電力供應的可靠性，透過物聯網、大數據技術可整合微電網各分散式能源設備、模組、發電量等資訊，藉以建立微電網最佳的運作模式，有助於推展微電網的商轉。

## 參考文獻

International Renewable Energy Agency (2018), Policies and regulations for renewable energy mini-grids.  
<https://www.irena.org/publications/2018/Oct/Policies-and-regulations-for-renewable-energy-mini-grids>.

International Renewable Energy Agency (2019), Off-grid renewable energy solutions to expand electricity access: an opportunity not to be missed.  
[https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Jan/IRENA\\_Off](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Jan/IRENA_Off)

---

<sup>15</sup> Facebook、Microsoft 與 Allotrope Partners 創業者已於 2017 年成立微電網融資加速器(Microgrid Investment Accelerator, MIA)，印尼、印度與東非國家可藉由此管道，獲得基金會或開發銀行的捐贈或貸款，預計 2018 至 2020 年間可提供約 5,000 萬美金以協助再生能源微電網的建置。

<sup>16</sup> 資產證券化(securitisation)是針對缺乏流動性、但具有可預期收入的資產，通過在資本市場上發行證券的方式予獲取融資，將資產流動性最大化，例如國內已修正「金融資產證券化條例」，參與離岸風電聯貸案的銀行，可將該貸款債權做為證券化標的資產，以特殊目的信託方式發行綠色金融資產證券化受益證券或資產基礎證券，投資人需透過證券商方可向證券櫃檯買賣中心購買；國內首檔綠色金融債券，屬法國興業銀行(Societe Generale)台北分行所申請的綠色債券，其債券募集的資金用途全數用於「離岸風力發電專案」放款。

[-grid\\_RE\\_Access\\_2019.pdf](#).

K. Hirose, T. Shimakage, J. T. Reilly and H. Irie (2013), The Sendai Microgrid Operational Experience in the Aftermath of the Tohoku Earthquake: A Case Study, NEDO Microgrid Case Study.

Microgrids (2019), <https://building-microgrid.lbl.gov/huatacondo>.

Rohan Singh (2018), Microgrids: A New Frontier for Renewable Energy.

[http://www.finergreen.com/wp-content/uploads/2017/02/18-05-18-Insight-8-May-2018-MASTER-ENGLISH-VF-AD.pub\\_.pdf](http://www.finergreen.com/wp-content/uploads/2017/02/18-05-18-Insight-8-May-2018-MASTER-ENGLISH-VF-AD.pub_.pdf).

S. Mariya, G. Wina, G. Josep M., and V. J. Carlos (2014), Microgrids – experiences, barriers and success factors, Aalborg University.

台灣電力公司 (2016)，台灣電力股份有限公司再生能源發電系統併聯技術要點。

台灣電力公司 (2018)，Small Is New Big 以小見大的電網未來，第 672 期專題企劃，  
<https://tpcjournal.taipower.com.tw/article/2887>。

李奕德 (2018)，微電網電力調度與彈性恢復控制設計，臺灣能源期刊，第 5 卷第 2 期。

屏東縣低碳永續成果 (2018)，低碳家園資訊網，

<https://lcss.epa.gov.tw/LcssViewPage/Responsive/AreaDoc.aspx?CityID=10013&ActDocId=89c6caee-2e62-47e6-8ebb-ca0c64ef866e>。

陳文姿 (2017)，終結斷電 17 天噩夢 全台首座「防災型微電網」點亮福山微光，環境資訊中心，<https://e-info.org.tw/node/202555>。

陳在相 (2018)，再生能源併網法規與體制探討，財團法人中技社。

陳彥豪 (2016)，台灣大規模布建太陽光電之挑戰，台灣智慧型電網產業協會。

張永瑞 (2015)，微電網發展前景及技術剖析，臺灣能源期刊，第 2 卷第 3 期。

葛復光 (2017)，微電網的現況與發展，經濟部工業局，第 80 期。

經濟部技術處 (2018)，動力電池再利用，開創綠能新契機。

經濟部能源局 (2018)，新及再生能源推動配套方案。

# 附件

| 示範地點                       | 容量與類別              | 使用情形說明                                                                                                                                                                                                                                                             |
|----------------------------|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 核研所微電網<br>實證場域<br>(桃園龍潭)   | 100kW太陽光電          | <ol style="list-style-type: none"> <li>國內首座百kW級微電網示範系統，與台電高壓饋線併接，可接受台電桃園區處調度、需量控制及電力輸出輔助服務。</li> <li>微電網與台電的解/併聯，可無縫切換，不會全黑，微電網可孤島長期穩定運轉，再生能源發電量平均占比54%，瞬間占比最高達135%。</li> <li>發展可解/併聯之高占比再生能源微電網，調節再生能源發電與進行微電網之電力品質控制。</li> </ol>                                 |
|                            | 150kW, 25kW風力各 1 座 |                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|                            | 65kW微渦輪機 3 座       |                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|                            | 250kW, 100kW儲能系統   |                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|                            | 電動車充電樁 1 座         |                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 光采濕地<br>智慧微電網示範區<br>(屏東林邊) | 78kW太陽光電           | <ol style="list-style-type: none"> <li>2015年建置，2018年擴充，為第一座於社區運行之智慧微型電網，可孤島運轉模式持續72小時。</li> <li>結合太陽光電、風力、氫能與生質能源等再生能源並持續運作，不仰賴市電可提供穩定電力供園區使用。</li> <li>依據儲能電量與再生能源發電量調控用電量，可與台電解/併聯，過程會短暫全黑。</li> </ol>                                                           |
|                            | 9.8kW風力            |                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|                            | 60kW生質柴油發電         |                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|                            | 159kWh, 100kW儲能系統  |                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|                            | 氫儲能系統 1 座          |                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 福山微電網<br>示範計畫<br>(新北烏來)    | 29kW太陽光電           | <ol style="list-style-type: none"> <li>2017年完成，國內首座偏鄉防災型微電網系統，以福山國小與福山活動中心為基地，可自主運轉供電14天。</li> <li>提供緊急用電，維持烏來指揮中心運作。</li> <li>實際使用綠電充電，並於夜間放電。</li> <li>可與台電解/併聯，過程會短暫全黑。</li> </ol>                                                                              |
|                            | 60kW柴油發電機          |                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|                            | 20kW儲能系統           |                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 七美綠能園區<br>(澎湖七美)           | 155kW, 200kW太陽光電   | <ol style="list-style-type: none"> <li>2010年建置，2018年擴充，為首座離島大型微電網，同時結合智慧電網能源理系統之建置，調節再生能源併接點之間歇性發電特性，以減緩衝擊柴油發電機組。</li> <li>建置能源管理系統及儲能系統，研發充放電控制決策，維持系統穩定度。</li> <li>併接島上某一饋線，並非全島，屬發電設備無負載控制，無孤島運轉；將再新增太陽光電1200kWp與風力600kW。</li> <li>綠能高佔比微電網並維持系統穩定度。</li> </ol> |
|                            | 250kW儲能系統          |                                                                                                                                                                                                                                                                    |

| 示範地點                            | 容量與類別            | 使用情形說明                                                                                                                                                                                                           |
|---------------------------------|------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 東吉嶼微電網<br>供電系統<br>(澎湖東吉嶼)       | 86kW太陽光電         | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 為遠端監控全島型微電網，可全日預測、短期預測、即時運轉調度，擷取氣象預報資料以執行綠電、負載預測及日前機組最佳化排程等，並可無人化遠端控制。</li> <li>2. 再生能源占東吉嶼總體供電之最高瞬間為92.8%，系統仍能穩定運轉。</li> <li>3. 柴油發電機具備主從切換功能，確保島上電力供應不中斷。</li> </ol> |
|                                 | 200kW柴油發電機       |                                                                                                                                                                                                                  |
|                                 | 180kWh儲能系統       |                                                                                                                                                                                                                  |
| 小林二村<br>微電網系統<br>(高雄小林)         | 3kW太陽光電          | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 屬社區型微電網系統，全村15戶，每戶均建置一套光電與儲能系統，太陽光電發電為主，多餘的電送至村內 200kWh 的大型設備。</li> <li>2. 回存晚上離峰電力於儲能系統，減少白天電網尖峰的供電負荷。</li> </ol>                                                     |
|                                 | 10kWh、100kWh儲能系統 |                                                                                                                                                                                                                  |
| 太平島微電網系統<br>(南沙太平島)             | 120kW與40kW太陽光電   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 於2014年完成，我國最南端的微電網系統，提供島上照明、通訊等用電，減少柴油發電機耗油及二氧化碳排放，大幅提升再生能源用電比例。</li> <li>2. 實際使用綠電充電，並於夜間放電。</li> </ol>                                                               |
|                                 | 400kW柴油發電機 4 座   |                                                                                                                                                                                                                  |
|                                 | 120kW儲能系統        |                                                                                                                                                                                                                  |
| 工研院微電網<br>測試場域<br>(台南六甲)        | 410kW太陽光電        | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 利用能源管理系統自動化調配及負載管理。</li> <li>2. 透過預測及預先排程方式，儲存太陽光電（410 kW PV）並於適當時間放電。</li> <li>3. 協助國內儲能相關業者依照標準進行委託測試。</li> <li>4. 以智慧調控能源配置，利用能源管理系統進行負載管理，同時做為儲能系統驗證平台。</li> </ol> |
|                                 | 500kW儲能系統        |                                                                                                                                                                                                                  |
| 菠爾、峰景翠峰<br>社區示範微電網<br>(新北永和、三重) | 12.6kW太陽光電       | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 透過再生能源發電供應公共設施用電，多餘電力或夜間電力於白天尖峰時段釋放。</li> <li>2. 預估每年可供應全社區約21%的公共用電需求。</li> </ol>                                                                                     |
|                                 | 1.2kW風力 3 座      |                                                                                                                                                                                                                  |
|                                 | 60kWh儲能系統        |                                                                                                                                                                                                                  |
|                                 | 5kW氫燃料電池         |                                                                                                                                                                                                                  |

資料來源：本研究整理(2019)。