

前瞻基礎建設計畫
109年度執行進度及績效報告
區域性儲能設備技術示範驗證計畫
(原能會執行部分)
區域能源智慧聯網技術發展與應用(2/4)

行政院原子能委員會核能研究所

109年12月

目次

壹、特別預算及進度執行情形.....	1
一、計畫期程：108/01/01~109/12/31.....	1
二、特別預算執行情形（截至109年12月底）.....	1
三、進度執行情形（截至109年12月底）.....	1
貳、重要執行成果及里程碑達成情形.....	3
參、總體績效目標達成情形、年度績效目標達成情形.....	23
一、工作指標.....	23
二、效益指標.....	26
肆、重大落後計畫之落後原因及因應對策.....	29
伍、經濟效益.....	30
一、可量化之經濟效益.....	30
二、不可量化之經濟效益.....	31
陸、檢討與建議.....	33

壹、特別預算及進度執行情形

一、計畫期程：108/01/01~109/12/31

二、特別預算執行情形（截至109年12月底）

經費單位：千元

期別	年度	法定特別預算數 (A)	實現數 (B)	支用比 (%) (B/A)	已執行應付未付數 (C)	節餘數 (D)	預付數 (E)	執行數 (F)=(B+C+D+E)	達成率 (%) (F/A)
1	106	000,000	000,000	00.00	000,000	000,000	000,000	000,000	00.00
	107	000,000	000,000	00.00	000,000	000,000	000,000	000,000	00.00
	總計	000,000	000,000	00.00	000,000	000,000	000,000	000,000	00.00
2	108	100,000	100,000	100.00	0	0	0	100,000	100.00
	109	96,000	95,975	99.97	0	25	0	96,000	100.00
	總計	196,000	195,975	99.99	0	25	0	196,000	100.00

※填報說明：

1. 經費單位為「千元」，請務必確認加總與相除數據之正確性。
2. 各年度之「節餘數」，包含該年之未保留數。
3. 除有經費流用等特殊情形外，各年度執行數原則不應超過該年之法定預算數。
4. 應審計部要求，年度執行進度及績效報告應揭露以前年度保留預算執行情形，並依據「前瞻基礎建設特別條例」向立法院提出書面報告。
爰請配合辦理及留意：以前年度預算保留數於以後年度執行部分，請納入以前年度執行數中（例如，若某計畫107年度法定預算為10億元，至107年底僅執行8億元，獲准保留2億元於108年中始執行完畢，則107年度之執行數應填10億元而非8億元）。

三、進度執行情形（截至109年12月底）

單位：%

	預定進度 (A)	實際進度 (B)	進度比較 (B)-(A)
年累計	100.00	100.00	00.00
總累計(2/4) (108/01/01~109/12/31)	50.00	50.00	00.00

- 執行情形落後原因

貳、重要執行成果及里程碑達成情形

一、綠能建設

(一) 重要執行成果

1. 本土化先進配電圖資管理系統技術與平台建置

- (1) 本計畫開發之本土化先進配電圖資管理系於 108 年 4 月在台電公司雲林區處上線，管理雲林全縣 334 條饋線及約 600MW 再生能源的運轉，達到效益有效減少用戶停電時間。
- (2) 完成饋線運轉狀態視覺化顯示與電壓/虛功整合控制 2 項應用功能開發，可於配電地理圖資平台即時讀取饋線資料，依據實際饋線開關運轉狀態顯示供電電壓與電流方向資訊，並於台電公司雲林區處配電調度中心之線上運轉主機進行連線與應用功能測試，完成配電圖資平台即時運轉數據比對。
- (3) 於核研所具綠能發電、儲能、智慧系統整合之微電網饋線調度實際示範驗證場域中，完成整合在線潮流分析與電壓虛功控制策略之功能實測，透過太陽光電(Photovoltaic, PV)智慧變流器自主調控功能，搭配儲能系統之虛功控制，以穩定局部饋線電壓，再由變壓器有載切換器(On-Load Tap-Changer, OLTC)調節整體饋線電壓，使饋線上各節點電壓皆能維持於 0.95pu ~ 1.05pu 的目標範圍內。

2. 區域(微)電網之調度管理與自主控制技術發展

- (1) 完成電力暫態電流補償器湧浪電流特徵判斷、實施電流抑制策略，並整合人機介面控制開關，可投入負載變壓器，以驗證暫態補償器之湧浪電流抑低功能。實際於微電網之孤島運作模式下進行 150kVA 負載變壓器投入測試，其所產生的湧浪電流可由 850A 降低至 694A，有效避免儲能系統跳機，維護區域電網穩定運轉。
- (2) 提出微電網之三相不平衡改善與市電併聯策略，經三相個別調控變流器調節微電網電壓，經以 Matlab/Simulink 模擬、及現場實測皆可有效改善微電網三相不平衡率，並可降低微電網與市電併聯瞬間電流，使微電網與市電端併聯瞬間電流降低 33%，順利完成同步併聯。
- (3) 執行兩台三相三臂變流器架構儲能系統於孤島模式下，自主發電調配控制功能開發與模擬，於負載功率變動情境下，進行自主發電調配控制併聯運轉實測，並完成功能驗證。

3. 分散式綠能及儲能整合應用技術

- (1) 於國立聯合大學建置儲能結合電動機車充電站應用示範場域，儲能技術之整合應用，參與「前瞻基礎建設計畫-人才培育促進就業建設-優化技職運校實作環境計畫」，共同培育國家電動車產業相關人才，安裝42kW全釩氧化還原液流電池系統(Vanadium Redox Flow Battery, VRFB)系統，採用本所配方委託製作之國產電解液。儲能系統初期測試以30kW功率、電量狀態(State of Charge, SOC)為20~70%之間進行充放電測試，並連續100小時以上運轉測試，確認電力組件及電解液良好運轉，後續將測試不同功率下之系統效能。
- (2) 改良太陽能模組自動量測系統，安裝於本所太陽能示範場，系統由有實體線路連接改為無線通訊傳輸，並針對模組數據量測，由原本僅開路電壓一項，增加即時發電電壓與電流，可改善只使用開路電壓差異判定模組故障，並提升鑑別率(109年度鑑別率已由年初時的85%提升至100%，達成計畫設定目標)。
- (3) 完成以類神經網路法建立之風場發電量預報模式，以蘆竹7.2 MW風場為分析案例進行測試驗證，結果顯示時前之發電量預報的平均絕對誤差百分比約5%左右，符合109年2月提出之行政院「智慧電網總體規劃方案核定本」之2022年6.5%之政策目標。
- (4) 完成4組金屬支撐型(Metal Supported Cell, MSC) 36片裝電池堆組裝及測試，操作溫度750°C，開路電壓(Open Circuit Voltage, OCV)分別為37.6、38.2、37.7及38.1V(如圖1)。第一組42A時輸出功率1270W；第二、三及四組於40A時輸出功率分別為1260、1230及1202W；此四組電池堆組件皆由國內供應，為100%自主製作組裝之電池堆。另外，完成電力調控系統與發電系統之整合測試(如圖2)，於發電提供所內電網平台(輸出364W)、發電大於負載(發電及負載分別為368及189W)及負載大於發電(發電及負載分別為366及906W)三模式下進行測試，結果皆能正常運作。
- (5) 完成以農業廢棄物稻稈取代養豬廢水，進行生質沼氣發電的運轉測試及料源供應壓力測試，並據此建立其模組化設計之工程建議。以裝置容量200kW規模(熱效率設定在27~30%)及稻稈日進料量10噸進行評估，其沼氣發電之碳足跡僅35g CO₂e/度，製程能源投入產出比可達1.3以上，其中能源產出投入比之定義為沼氣生產過程中總產出能源與總投入能源的比值，其中總產出能源為沼氣、沼渣及沼液熱值總和，總投入能原則包括稻稈、稻稈運輸使用之柴油、沼氣設施運轉所需電力及蒸汽、水及尿素生產等項目之熱值，此顯示可以農業廢棄物為料源應用於生

質沼氣發電，展現作為分散式綠能系統之應用價值，不僅合宜與供電不穩定之其他再生能源搭配使用，其穩定之供電特性亦有利於提供電力輔助服務之應用潛力，相關技術亦有機會於未來能因應桃園生質能源中心之精進發展需求進行合作。

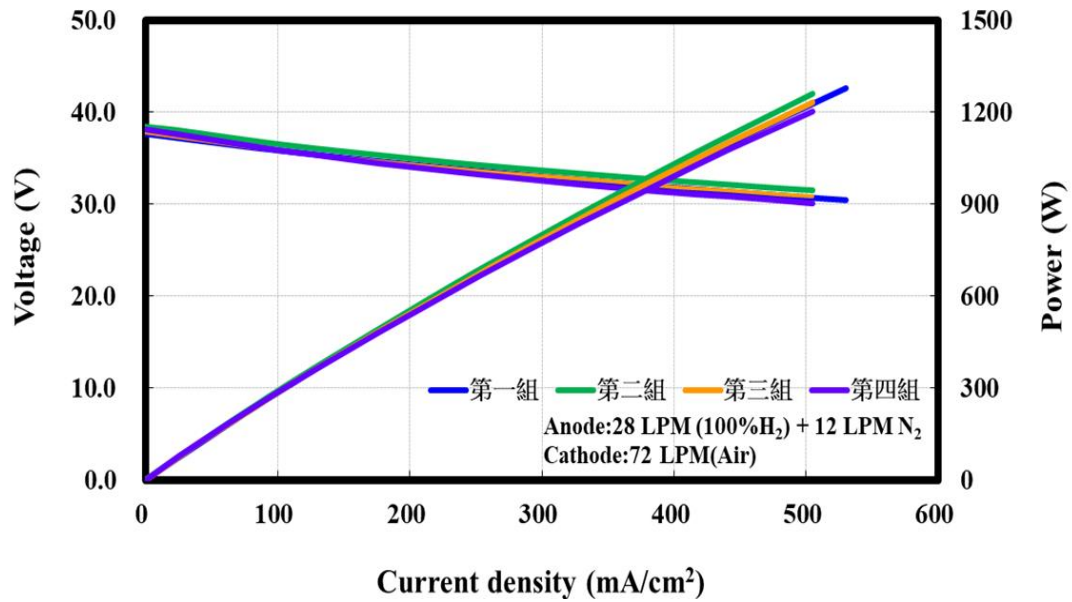


圖 1、四組電池堆之效能曲線

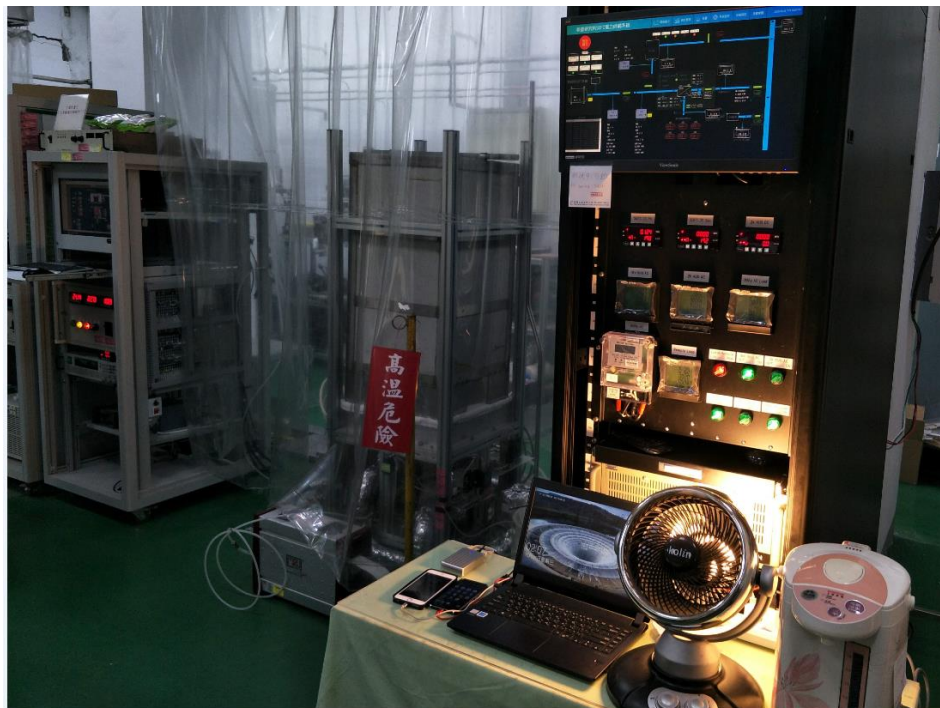


圖 2、電力調控與發電系統整合測試

(二) 目標達成情形

1. 本土化先進配電圖資管理系統技術與平台建置

- (1) 完成電力監控與數據收集系統(Supervisory Control And Data Acquisition, SCADA)之開關運轉狀態整併於配電地理圖資平台，並於平台建立圖資和拓樸測試資料，開發動態呈現饋線電壓與供電電流方向功能(如圖 3)，並可於饋線發生故障時，依據運轉資訊進行饋線故障區間定位，追蹤受影響之故障範圍，並更新饋線拓樸架構於配電地理圖資平台。完成圖資平台穩定性測試環境建置，依系統功能撰寫設備饋線拓樸追蹤、故障定位、饋線連結性等測試腳本，測試圖資平台於不同使用者數量時之響應時間及系統資源運轉狀態，驗證系統平台穩定運作能力。
- (2) 於核研所具綠能發電、儲能、智慧系統整合之微電網饋線調度實際示範驗證場域中，完成 PV 智慧變流器之自主調控功能、儲能系統實虛功調控功能實測，並開發考量 PV 智慧變流器、儲能系統、及變壓器有載切換開關調控之電壓虛功調控的最佳化策略，並撰寫整合在線潮流計算功能之電壓虛功控制策略程式，將程式整合至微電網饋線調度平台。於微電網饋線場域進行再生能源發電致使饋線電壓變高之實例測試，所提策略確實可透過 PV 智慧變流器自主調控功能，搭配儲能系統虛功控制以穩定局部電壓，最後再由 OLTC 調節整體饋線電壓，使饋線上各節點電壓皆能維持於 $0.95\text{pu} \sim 1.05\text{pu}$ 的目標範圍內(如圖 4)。
- (3) 研析以再生能源與需量反應提高配電三相平衡率之策略方法，建立需量反應與相別關連之數學方程式及強化學習模型，完成含需量負載相位配置之三相平衡策略演算法開發。建立雲林 XT27 饋線淨負載模型，應用統計方法分析與彙整中央氣象站相關資料(包含：雲層、風速、風向、及溫溼度等資料)，並以所彙整之配電饋線運轉數據，進行饋線負載與再生能源關連性分析，此饋線負載對於三相電流影響較明顯。完成配電饋線之需量負載最佳相位配置平台開發，提出含需量負載相位配置之三相平衡策略演算法，以降低總損失為目標函數，撰寫最佳化策略程式，並以台電雲林區處虎菁變電所運轉資料進行測試，以片段推估一個月的總損失，模擬驗證虎菁變電所之主變壓器及各饋線總損失可由原本 9512kWh 降至 8249kWh (如圖 5)。

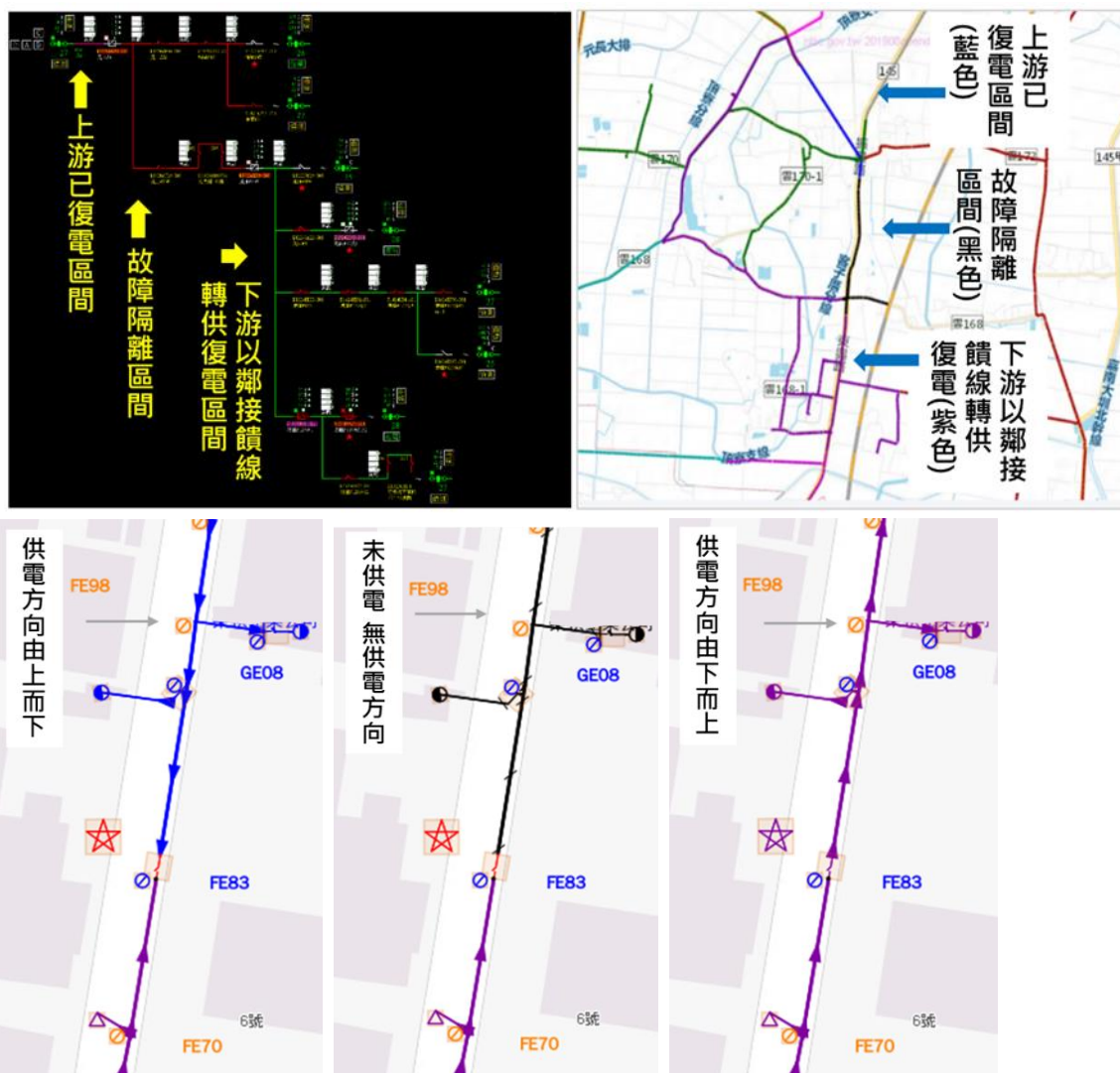
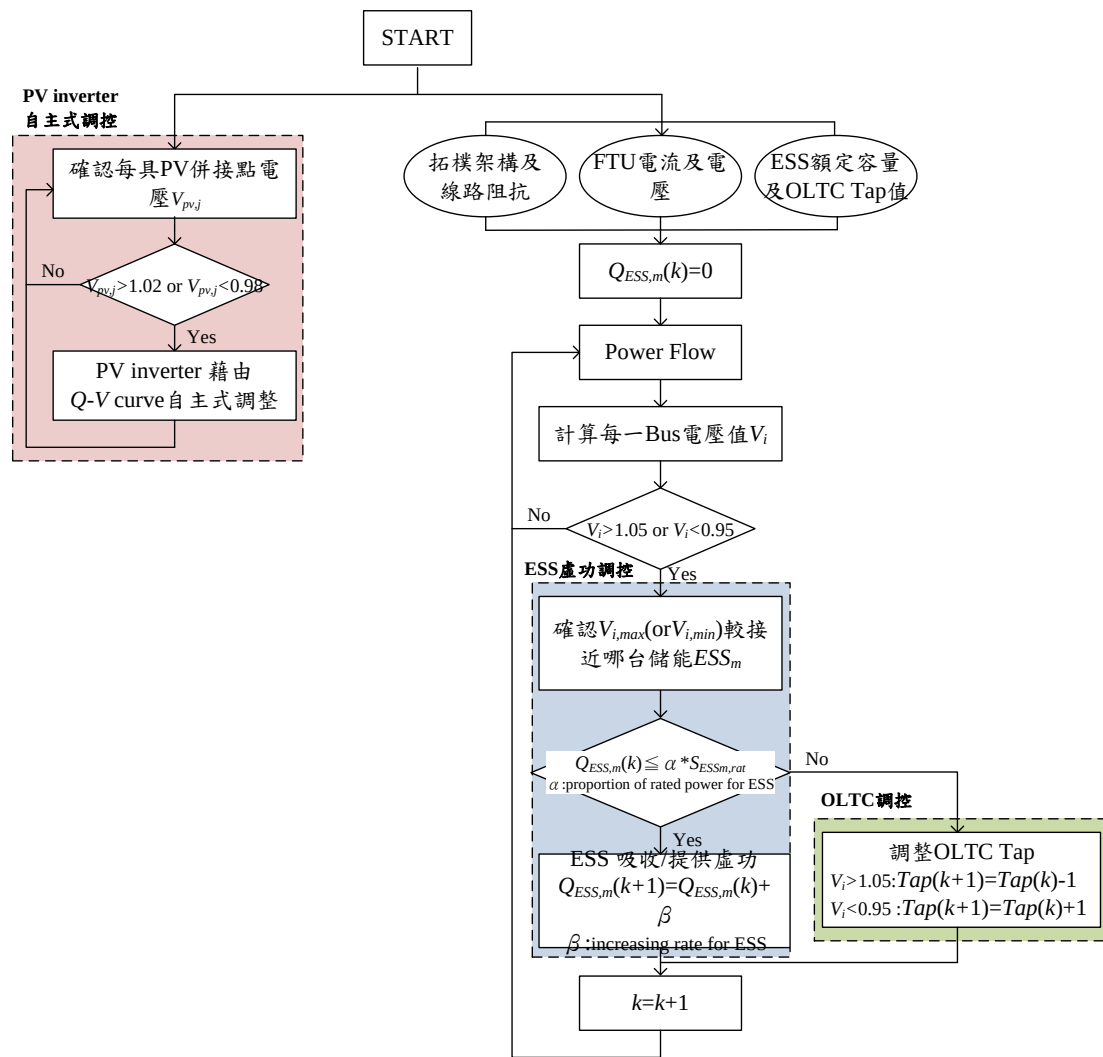
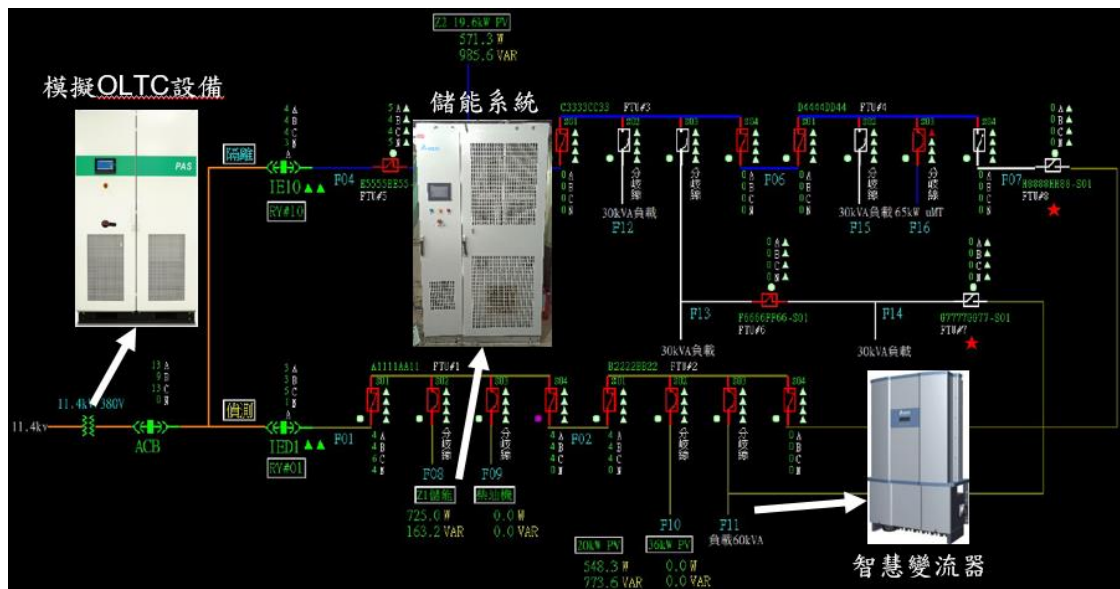


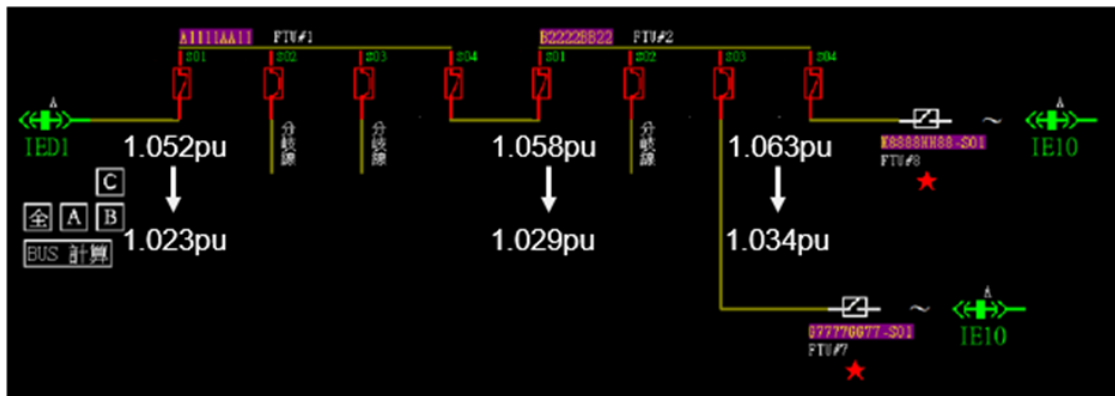
圖3、配電圖資管理平台運轉狀態顯示功能



(a)電壓虛功補償策略流程

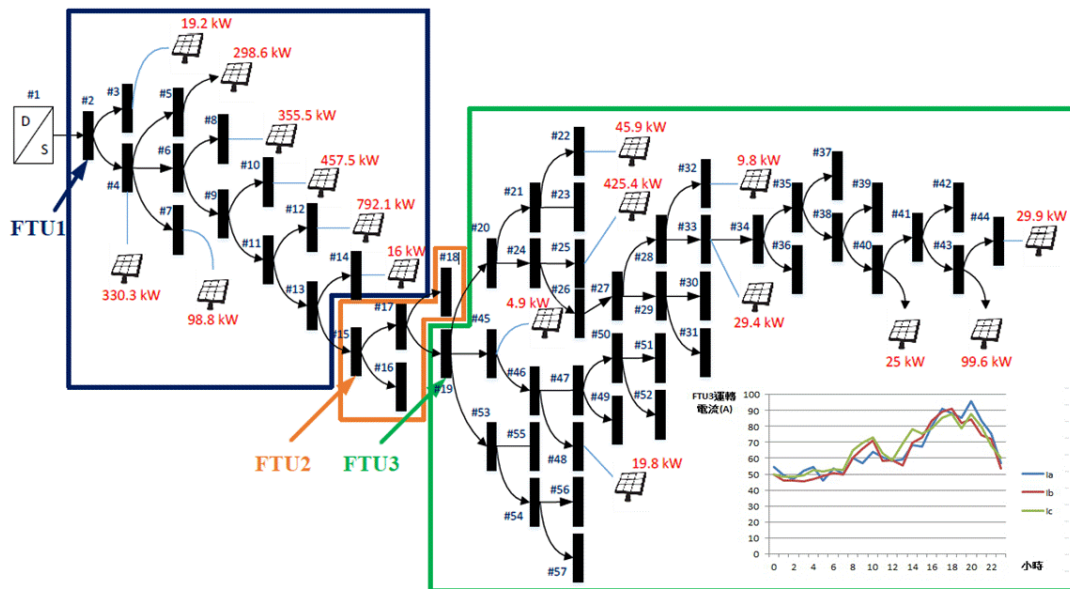


(b)電壓虛功補償設備於微電網饋線調度場域位置

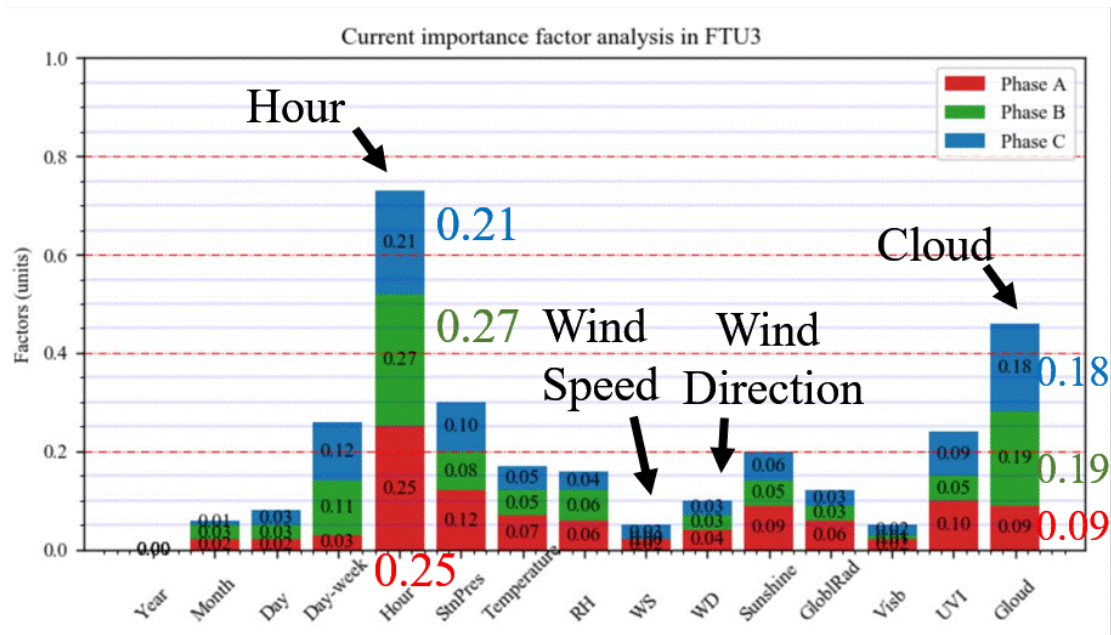


(c)於微電網饋線調度場域實測電壓虛功控制策略結果

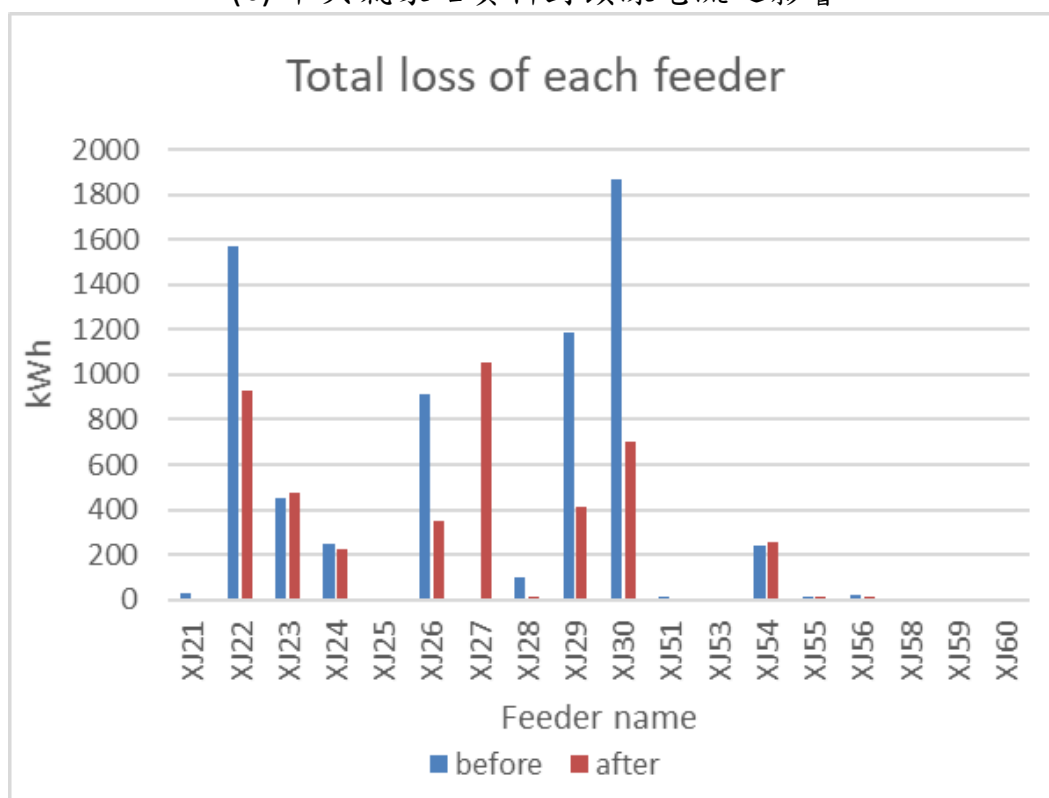
圖4、電壓虛功補償策略流程及實測結果



(a) XT27 饋線架構與運轉資料



(b) 中央氣象站資料對饋線電流之影響



(c) 虎菁變電所之各饋線線損的差異分析

圖5、配電饋線之需量負載最佳相位配置分析

2. 區域(微)電網之調度管理與自主控制技術發展

- (1) 完成電力暫態電流補償器之湧浪電流特徵判斷，開發降壓控制與電力級開關切換策略，並模擬湧浪電流抑制功能(如圖 6)。整合人機控制介面開關，可投入負載變壓器，以驗證暫態補償器之湧浪電流抑制功能(如圖 7)。並實際於微電網之孤島運作模式下進行 150kVA 負載變壓器投入測試，其所產生的湧浪電流可由 850A 降低至 694A(如圖 8)，有效避免儲能系統跳機，維護區域電網穩定運轉。
- (2) 提出微電網端之三相不平衡率改善與市電併聯策略(如圖 9)，包含調控三相變流器個別相功率輸出，補償微電網三相電壓，並透過 Matlab/Simulink 模擬結果顯示，可降低與市電併聯瞬間電流(如圖 10)。此外，將所開發三相不平衡率改善策略，於本所微電網場域進行現場實測，驗證可有效改善微電網三相不平衡率，並可降低微電網與市電併聯瞬間電流，使微電網與市電端併聯瞬間電流降低 33%(如圖 11)，順利完成同步併聯。
- (3) 使用電力模擬軟體(Power Simulation , PSIM)模擬兩台儲能設備於孤島模式下併聯運轉，並於線上逐漸降低一台儲能變流器系統之輸出功率，到停止功率輸出時，由另一台儲能變流器系統提供主要電壓源，以進行自主發電調配，其模擬結果顯示，兩台儲能併聯系統可比例分擔負載所需功率，且系統電壓與頻率皆可穩定於標稱值(如圖 12)。此外於本所微電網場域中完成兩台儲能設備併聯運轉實測驗證，當系統加入三相負載時，兩台儲能設備併聯發電，進行負載比例分攤，逐漸降低一台儲能轉換器輸出功率至關機，另一台儲能轉換器仍可維持電網穩壓穩頻運轉(如圖 13)。

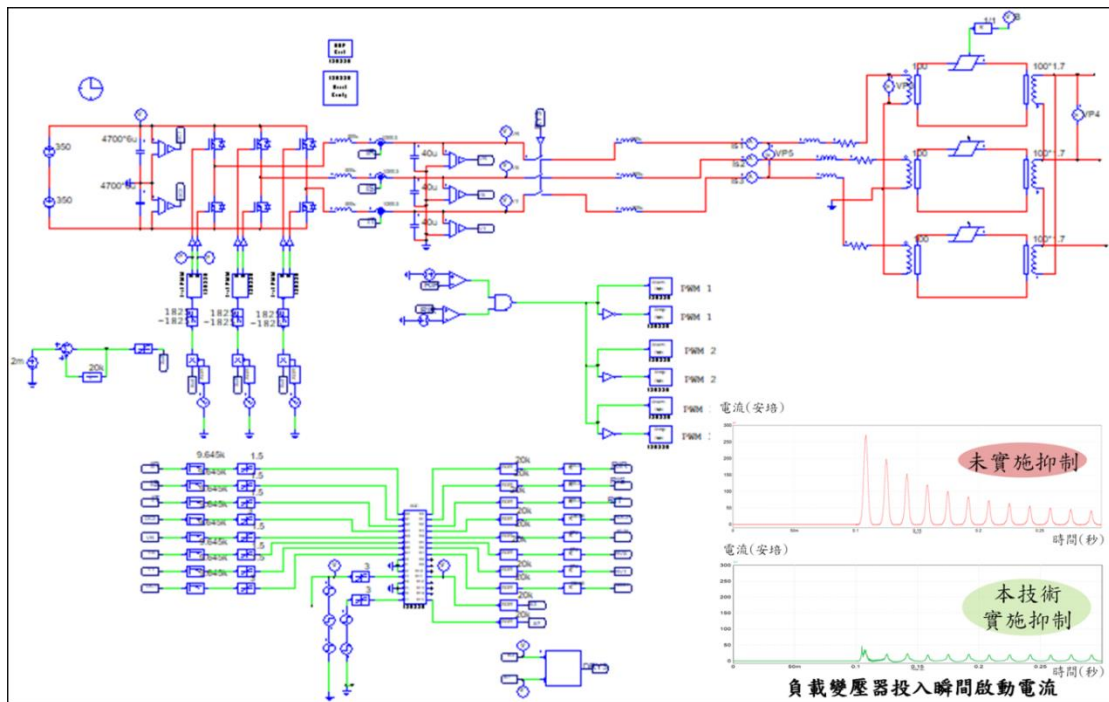


圖6、暫態電流補償器之湧浪電流抑制功能模擬

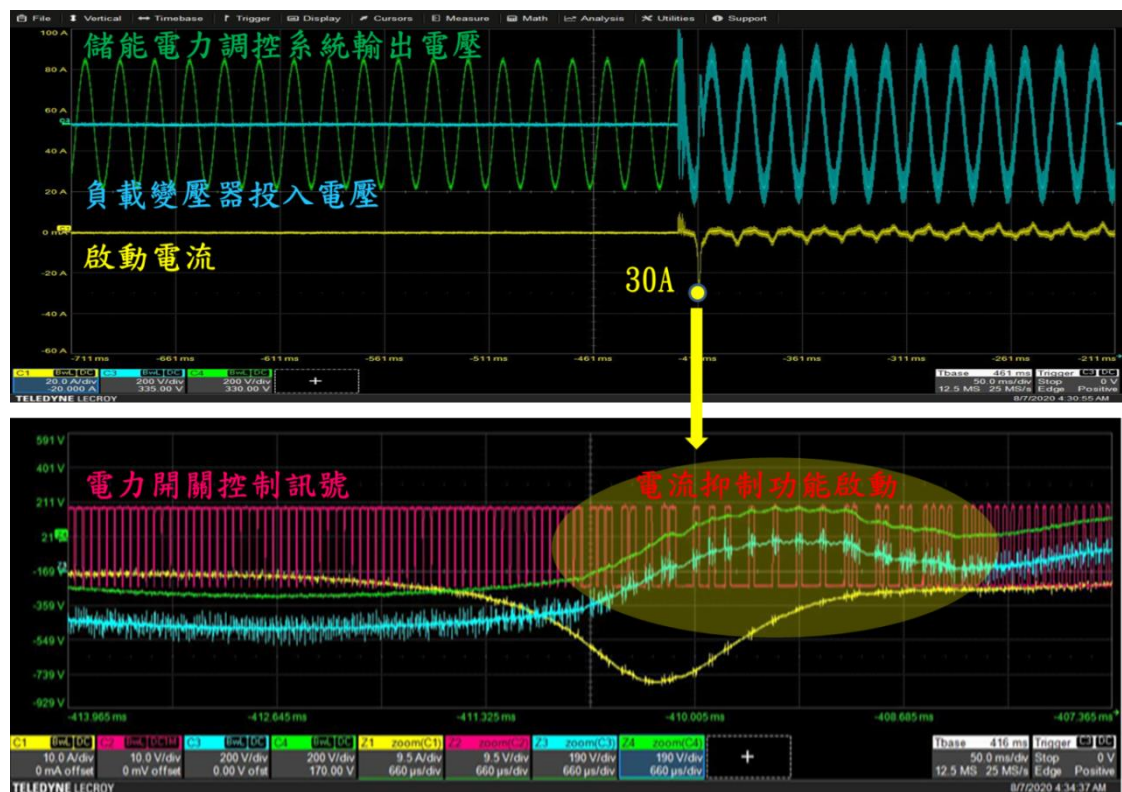


圖7、負載變壓器投入之湧浪電流抑制功能驗證

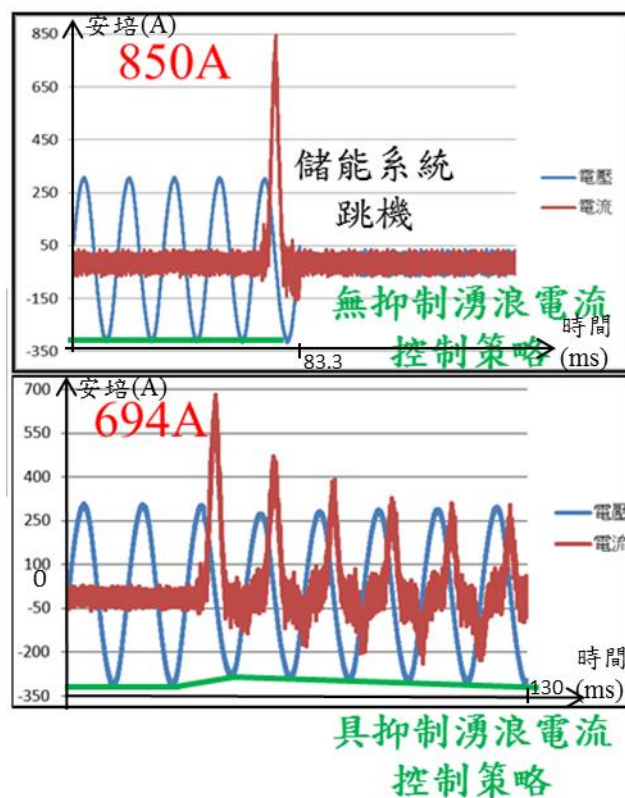
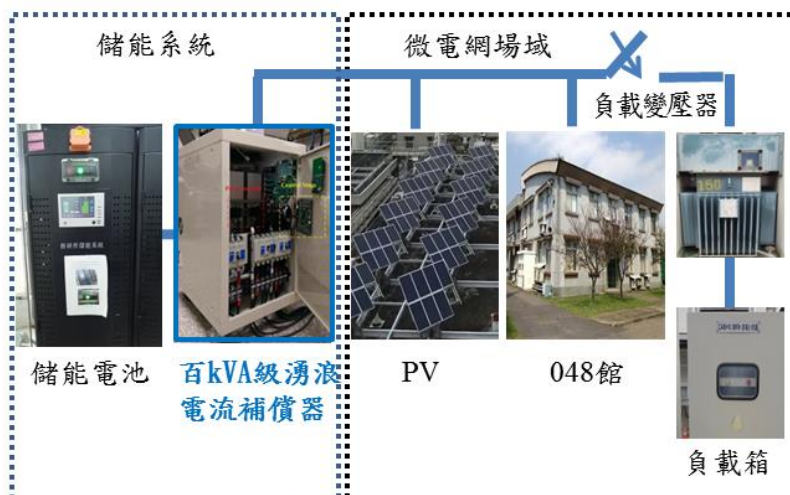
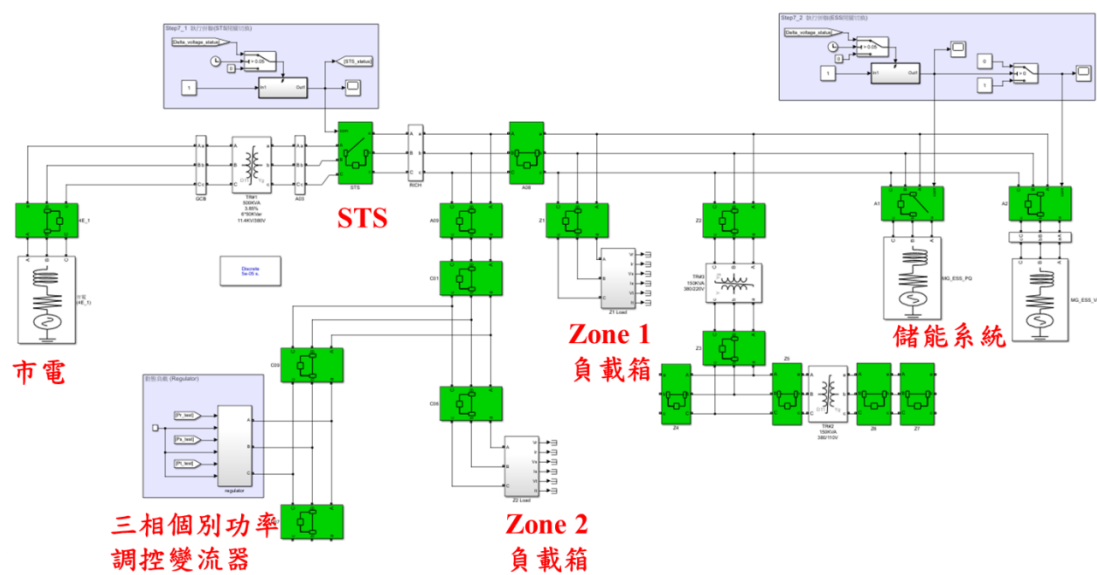
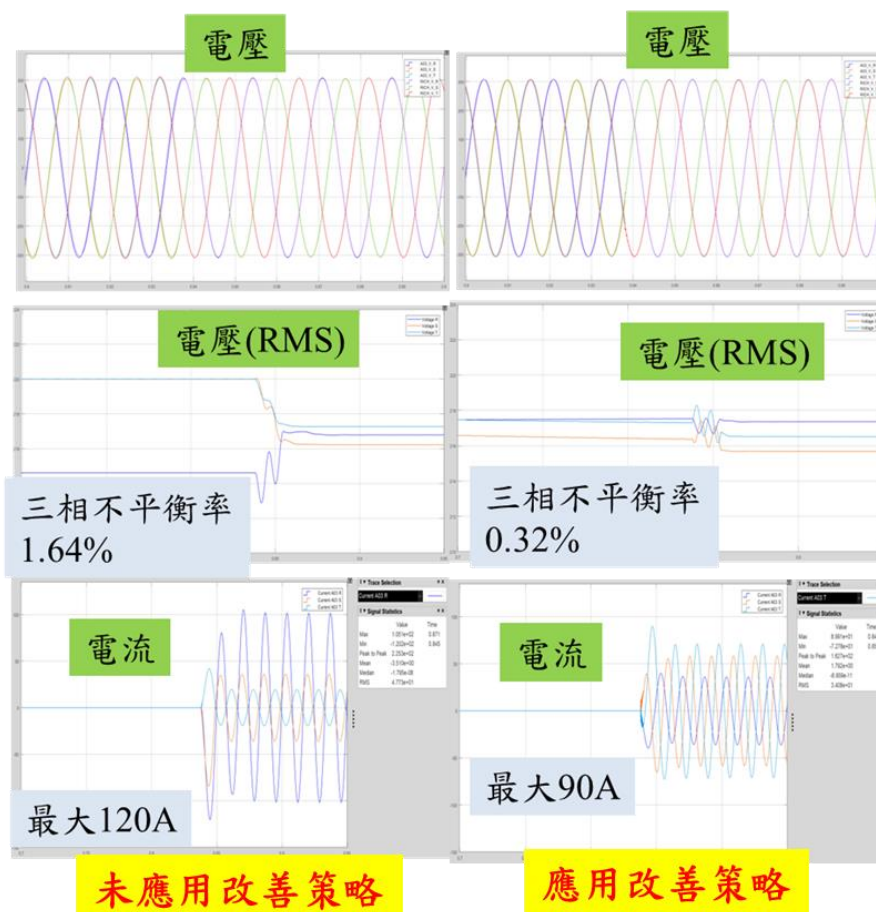


圖8、暫態電流補償器輸出暫態電流能力測試



(a)微電網三相不平衡率改善模型



(b)模擬結果

圖10、微電網三相不平衡率改善及併聯模擬

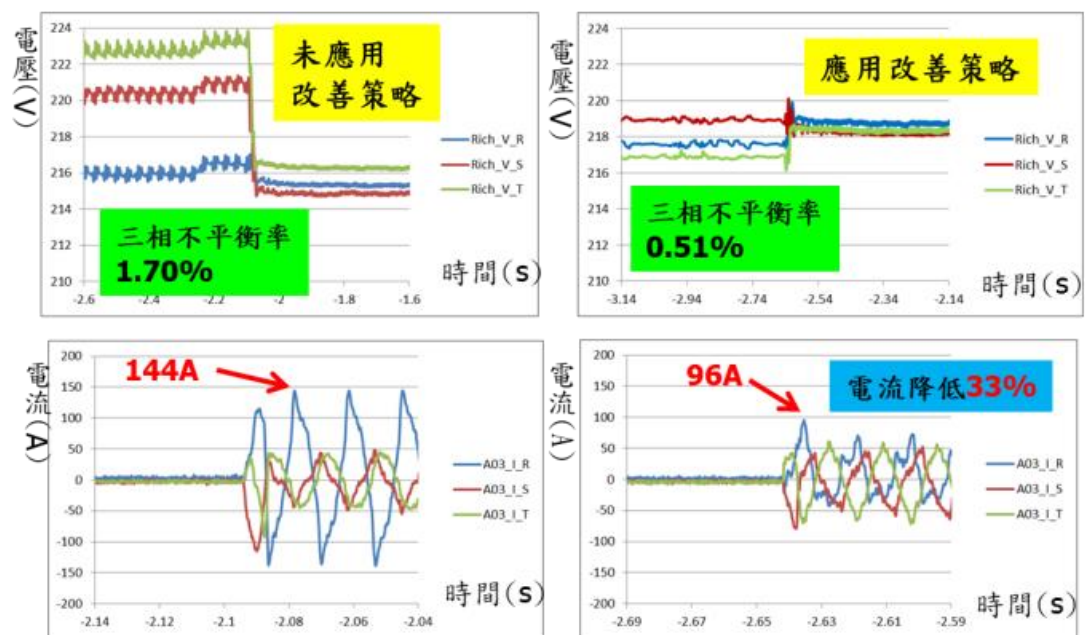


圖11、現場實測結果

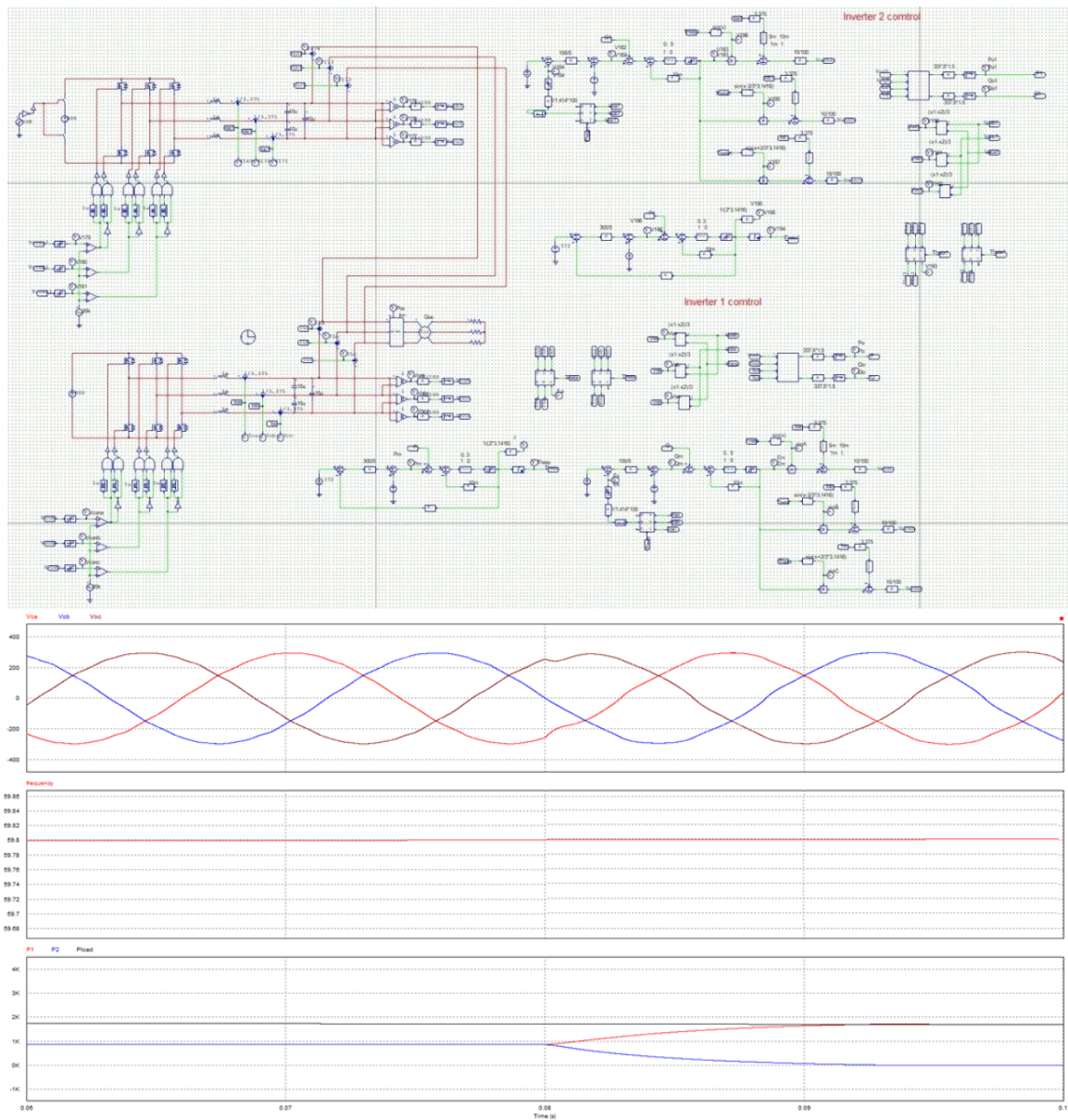


圖12、模擬兩台儲能設備於孤島模式下併聯運轉自主發電調配

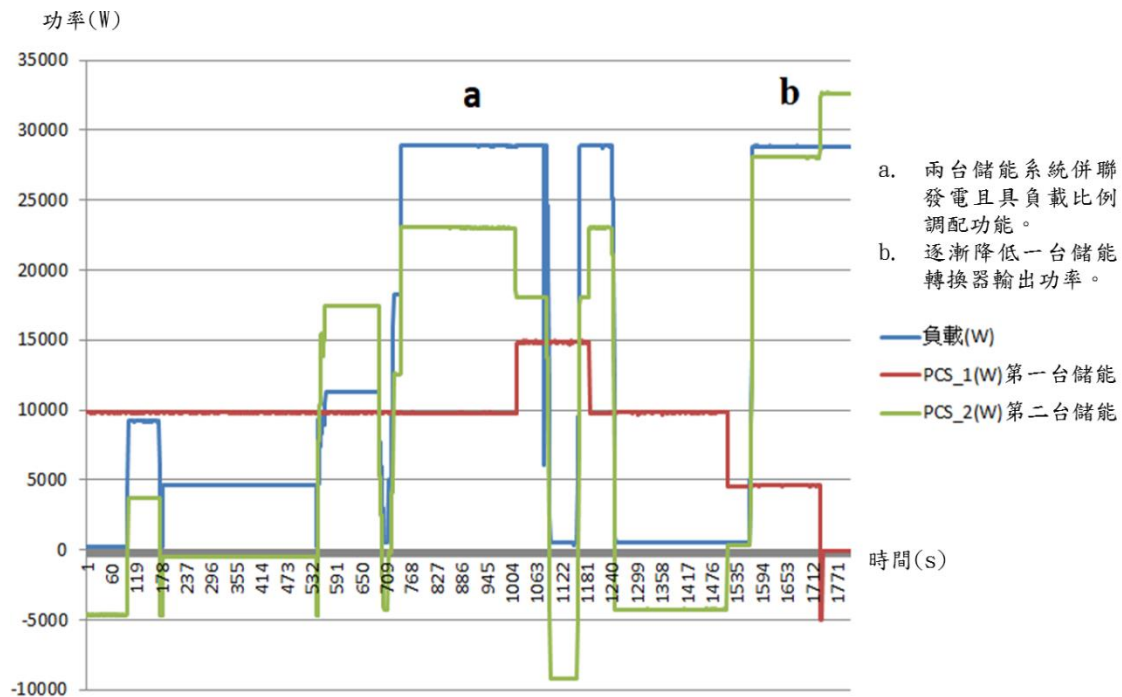


圖13、微電網場域中進行兩台儲能設備併聯運轉與負載分攤實測

3. 分散式綠能及儲能整合應用技術

- (1) 完成使用本土料源與自主技術，設計及開發 65kW VRFB 系統單元模組機櫃，進行組件加工材料零件及電極板模具製作、組裝工程，結合 108 年建置 42kW 液流電池(VRFB)系統，已達到合計建置 VRFB 系統 100 kW 之計畫目標。
- (2) 完成太陽能發電數據收集與故障判定系統鑑別率分析，並調整系統參數以改善鑑別率。完成太陽能模組自動量測系統改良，改為無線通訊傳輸，如圖14所示，有效節省接線成本。
- (3) 針對 MW 等級之風場進行發電量預報測試，採用類神經網路法之外部輸入非線性自動迴歸 (Nonlinear Autoregressive with External Input, NARX) 與非線性自動迴歸 (Nonlinear Autoregressive, NAR) 模式針對 MW 等級之蘆竹、彰化與中港風場為案例進行測試分析，搭配變分模態分解 (Variation Mode Decomposition, VMD) 模式解析發電數據在不同頻段之特徵後建立預報模型；測試結果顯示，發電量預報之平均絕對誤差百分比 (Mean Absolute Percentage Error, MAPE) 從 20% (沒有使用 VMD) 下降至 5% 左右，顯示類神經網路法搭配 VMD 模式可大幅提升風場發電量預報模式之準確度 (如圖 15)。
- (4) 進行商用 $10 \times 10 \text{ cm}^2$ 電池單元 (反應面積 81 cm^2) 之單片裝電池堆組

裝與測試，於 750°C 及 0.80V 之操作環境下，功率輸出 50W (617mW/cm²)，達成大於 550mW/cm²之目標(如圖 16)。

(5) 提出農業廢棄物沼氣發電應用於電力輔助服務之模組化設計建議，其實施流程如圖 17，相關評估參數主要有：

- 依據先前實驗測試結果，稻草 1 噸乾重之沼氣生成量設 300m³，狼尾草 1 噸乾重之產氣量則為 250m³。
- 發電裝置容量評估範圍設定在 10-1000kW，1m³ 沼氣可轉換 1.8 度電(發電機熱效率設 27-30%)，設每年運轉時間 300 天 (Capacity factor 設 0.82)，據此推估出每年需要多少料源。
- 設稻稈與狼尾草年產量分別為設 7 噸(乾重)/公頃及 70 噸(乾重)/公頃，集運區域內之料源覆蓋率設 50%，據此推估需要集運面積及集運半徑。
- 有關狼尾草料源及集運成本之推估，係參酌畜試所恆春分所數據，操作及採收人工費 874 元/噸乾重，原物料費用 576 元/噸乾重；運送費用 0.8 元/噸鮮重/公里，30 公里運距約 100 元/噸。稻稈料源及集運成本則是參考行政院環境保護署委辦之農業廢棄物(稻稈)集運方式及成本調查專案研究計畫數據，其中稻稈收購費設 700 元/噸(無固定市場價格)，大圓包與小圓包集運費分別為 812 元/噸及 1261 元/噸(60 公里內收集)，以小圓包集運方式概估約每噸 2000 元。
- 發電機建置成本係參考農委會公布之沼氣再利用(發電)推廣與沼氣發電機操作手冊，其沼氣發電系統整體建置成本(含脫硫、加壓、熱交換等附屬設施)設每 kW14.2 萬元。解聚前處理及厭氧發酵槽建置成本則參酌廠商提供之資訊作為設定值。
- 沼氣發電操作成本參酌實驗測試結果設定為 0.11 元/噸原料乾重/度電；沼渣再利用為有機肥之收購價設 1 元/公斤，狼尾草及稻稈衍生之沼渣的資源化利用收購價則分別設 1.75 及 3.0 元/公斤。

據此計畫以上述稻稈(年產量 7 噸/公頃)、狼尾草(年產量 70 噸/公頃)等兩種極端產量之料源為例，最小設置之經濟規模建議為 200kW；若裝置容量 1MW(圖 18)，所需原料集運半徑各為 7.5km 及 2.4km，涵蓋僅 1~2 個鄉鎮範圍，可進一步考量集運半徑小於 30km (縣市範圍)為料源經濟性之上限，以產量較低之農業廢棄物稻稈為例，最大允許經濟規模建議為 10 MW(圖 19)。



圖14、原本(左)與改良後(右)的太陽能模組自動檢測設備，改用無線通訊並直接以模組供電，省去實體接線。

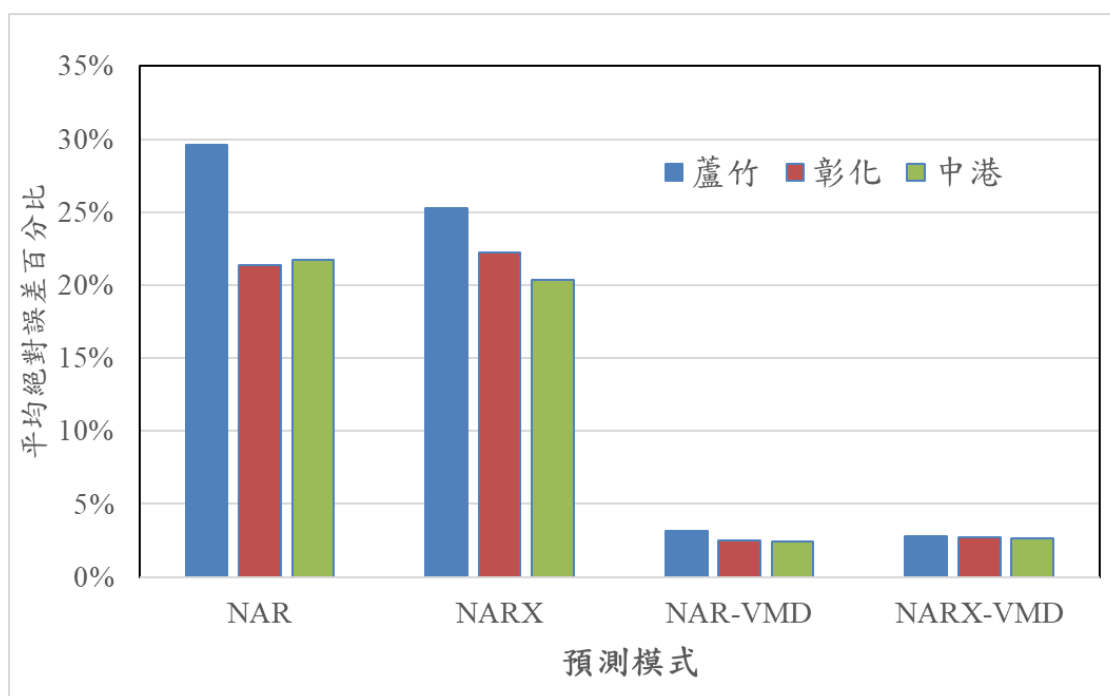


圖15、不同發電量預測模式之誤差比較圖

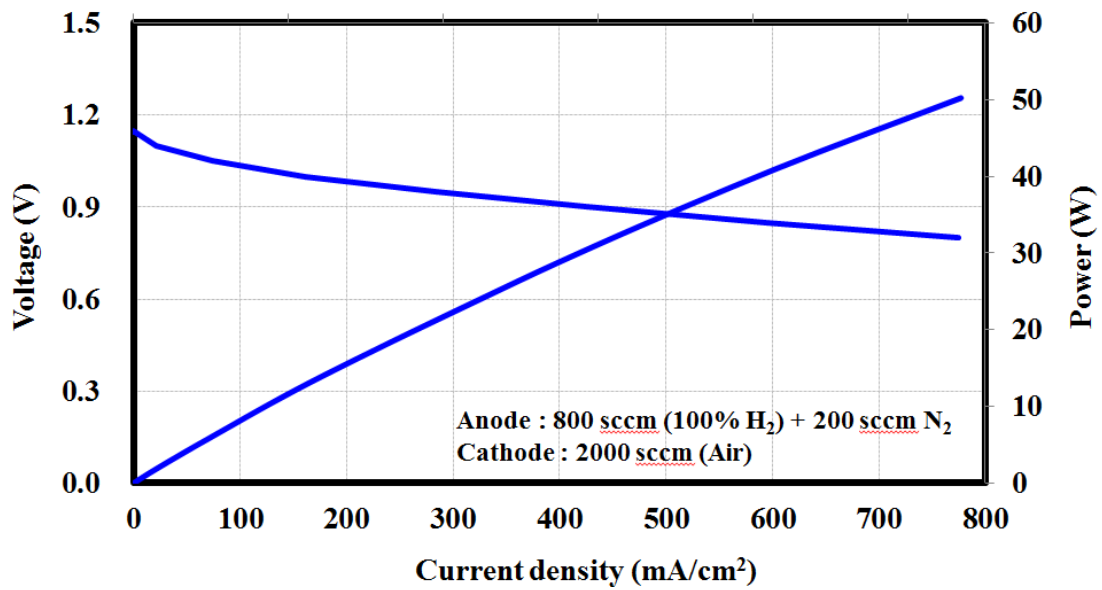
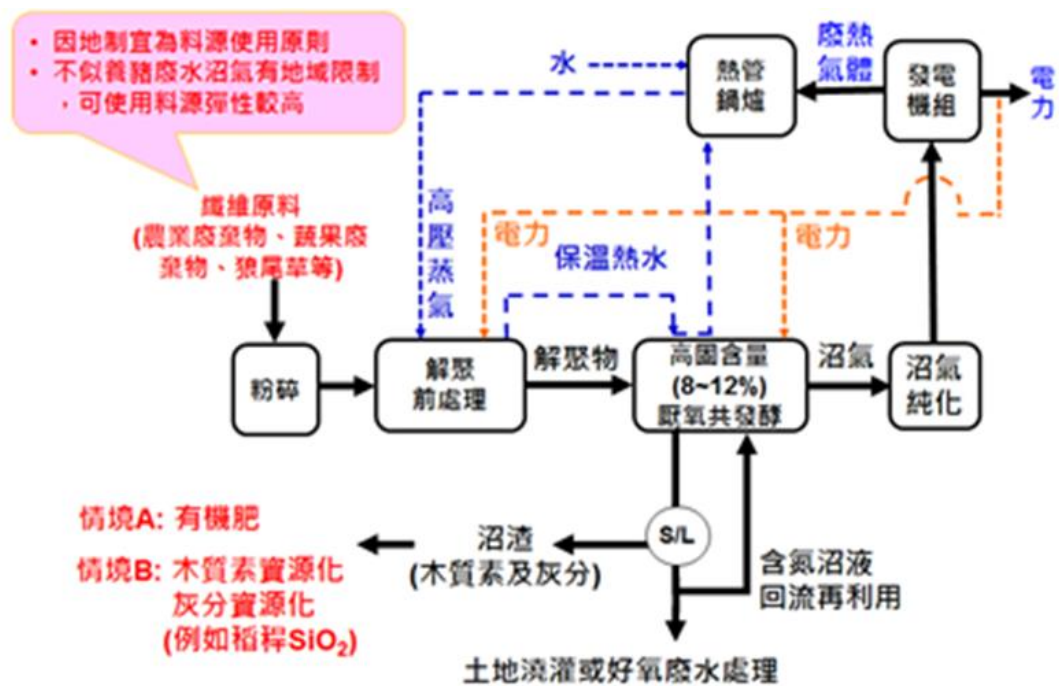


圖16、電池堆效能曲線



情境A: 沼渣作為有機肥
情境B: 沼渣進行其他資源化利用

圖17、核研所纖維原料沼氣生產之流程與實施方式

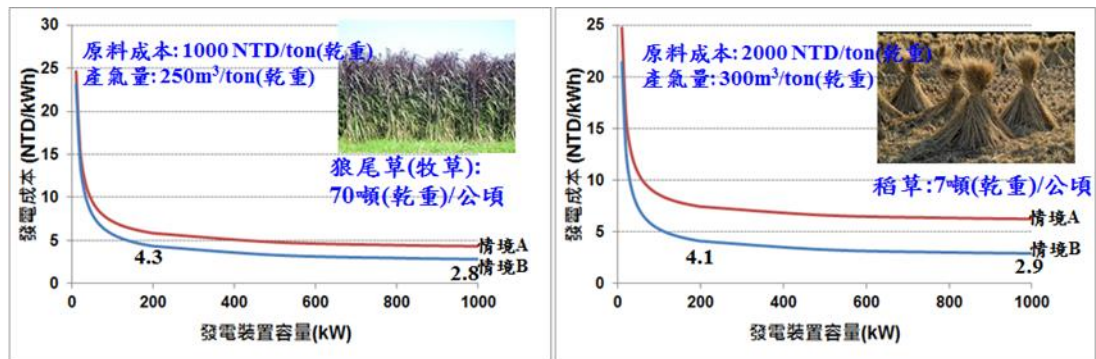


圖18、裝置容量與發電成本之關聯 (Capacity factor 設0.82)

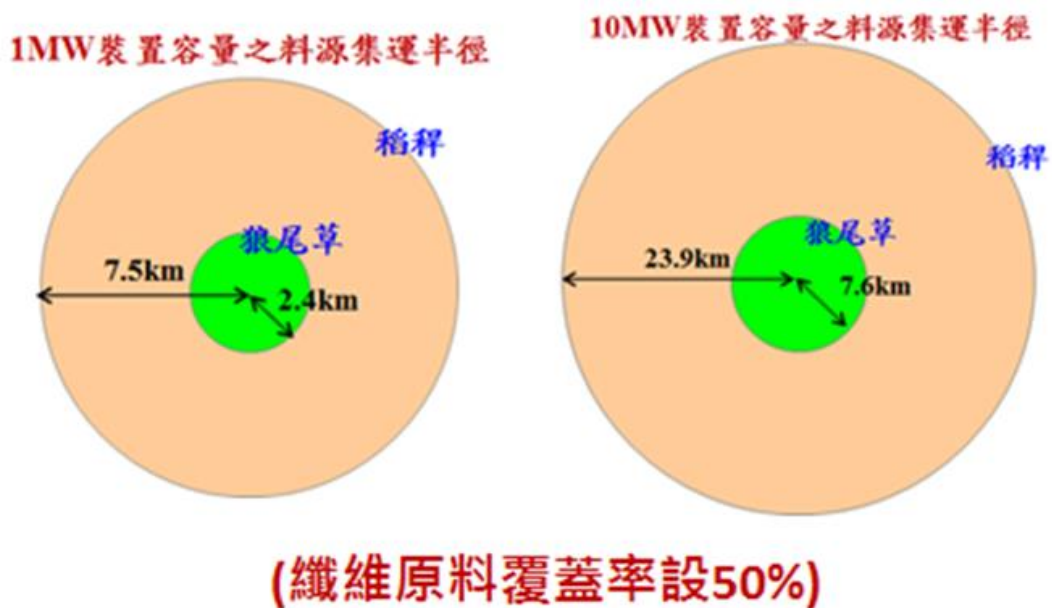


圖19、裝置容量與纖維原料集運範圍之關聯

※填報說明：

應審計部之要求，若計畫項下有已完成且已營運（使用）之重要工程（採購案件），建議於此節說明其營運（使用）情形有無達成預定之效益目標。

參、總體績效目標達成情形、年度績效目標達成情形

一、工作指標

指標項目	單位	2 年 (108-109 年) 總目標值	108-109 年 績效目標達成情形		109 年 績效目標達成情形	
			目標值	實際值	目標值	實際值
本土化先進配電與圖資管理系統應用功能	項	4	4	4	2	2
暫態電流補償器新增之輸出暫態電流能力	安培(A)	400 以上	400	400	200	200
液流電池儲能貨櫃型模組應用系統組件及完成高純度低雜質國產電解液製作	項	2	2	2	1	1
太陽發電系統自我診斷技術系統原型製作	(項)	1	1	2	0	1
風場發電量預報區間	分鐘	30	30	30	30	30
電池堆效能功率密度	(mW/cm ²)	550 以上	550 以上	617 (50W@0.80V)	550 以上	617 (50W@0.80V)
以生物可分解塑膠為料源單位厭氧槽體發電量	(度/m ³)	>1.5	>1.5	>1.5	>1.5	>1.5

※填報說明：

1. 「工作指標」項目請參考行政院106年4月5日院臺經字第1060009184號函核定通過之「前瞻基礎建設計畫（核定本）」；若個案計畫之核定本訂有不同指標項目或目標值，則此處請填寫「過程型」指標及其目標值。
2. 此節請說明各項工作指標辦理情形。若指標未達成，請進一步說明未達成原因。

(一) 工作指標辦理情形

1. 108 年度工作指標辦理情形

(1) 本土化先進配電圖資管理系統技術與平台建置

- 提出本土化配電管理與地理圖資系統整合平台架構雛型，並完成配電圖資轉檔與在線潮流計算之 2 項應用功能開發。

(2) 區域(微)電網之調度管理與自主控制技術發展

- 完成暫態電流補償器之硬體及軟體介面建置整合，於補償器輸出端投入負載變壓器進行暫態電流輸出能力測試，當補償器投入變壓器而產生激磁湧浪電流時仍可穩定運轉，完成暫態電流補償器輸出電流達 213A 之功能測試。

(3) 分散式綠能及儲能整合應用技術

- 完成 84kWh 液流電池儲能貨櫃型模組應用系統組件製作，及完成 18 噸國產高純度低雜質電解液製作。
- 已開發一項以開路電壓量測為基礎的太陽發電系統自我診斷技術，並完成一套原型系統製作，已連接本所太陽能發電系統，進行測試並收集數據。
- 開發風場發電量預報系統，並以自行建置之風場數據進行比對與驗證，2 年總目標為預報區間降至 30 分鐘以內，108 年達成 60 分鐘預報區間之系統建置。
- 完成商化陽極支撐型(Anode Supported Cell, ASC)電池產品電極改質 ($10 \times 10 \text{ cm}^2$) 電池單元效能測試、 MnCo_2O_4 及 $\text{Mn}_{1.5}\text{Co}_{1.5}\text{O}_4$ 摻雜微量 La 或 Ce 元素做為 Crofer22H 及 SUS441 不銹鋼保護層、新穎銀基硬焊合金應用於 SOFC 封裝、及縮小型三片裝短電池堆電性等測試，測試結果皆合乎目標。
- 生質沼氣發電電力規格以符合「再生能源發電系統併聯技術要點」及燃氣發電於 10 分鐘內完成升載為原則，目前以生質物為料源之單位厭氧槽體發電量約 1 度/m^3 ，以生物可分解塑膠為料源之單位厭氧槽體發電量約 0.75 度/m^3 。

2. 109 年度工作指標辦理情形

(1) 本土化先進配電圖資管理系統技術與平台建置

- 開發本土化配電管理與地理圖資系統整合平台，完成饋線電流狀態視覺化顯示與電壓/虛功整合控制等 2 項應用功能。

(2) 區域(微)電網之調度管理與自主控制技術發展

- 109 年提升暫態電流補償器之電力額定功率，使補償器再新增輸出電流 200 A 之能力。另開發補償器之抑制湧浪電流控制策略，並實際於微電網之孤島運作模式下進行 150kVA 負載變壓器投入測試，其所產生的湧浪電流可由 850A 降低至 694A，並驗證暫態電流補償器 108-109 年累計可承受湧浪電流之輸出能力達 400A 以上，有效避免儲能系統跳機，維護區域電網穩定運轉。

(3) 分散式綠能及儲能整合應用技術

- 分年累計完成 100kW VRFB 系統：(a)108 年-109 年建立液流電池系統行動載具儲能試驗站與運維技術，進行 42kW/2h 液流電池(VRFB)模組結合電動機車充電站應用示範場域及使用國產電解液運轉達 100 小時以上測試；(b)109 年使用本土料源與自主設計技術開發 65kW VRFB 系統單元模組。
- 完成一套改良的太陽能模組自動量測系統安裝於本所太陽能示範場。本系統除改為無線通訊，省下接線成本外，針對模組量測數據由原本開路電壓一項，增加現時發電電壓與電流，可改善只使用開路電壓差異判定模組故障，並提升鑑別率。
- 採用類神經網路法建立風場發電量預報模式，108 年完成 60 分鐘之預報模式，109 年完成 30 分鐘以內之預報模式。
- 以商用電池單元進行電池堆測試，達成大於電池堆功率密度大於 $550\text{mW}/\text{cm}^2$ 之目標；完成電力調控系統之建置，並結合 SOFC 發電系統進行整合測試，測試結果於不同模式下皆能正常運作。
- 生質沼氣發電電力規格以符合「再生能源發電系統併聯技術要點」及燃氣發電於 10 分鐘內完成升載為原則，以碳含量較高之稻稈為料源，依操作條件不同的單位厭氧槽體發電量約 $1.5\sim 2.3$ 度/ m^3 。

二、效益指標

指標項目	單位	2 年 (108-109 年) 總目標值	108-109 年 績效目標達成情形		109 年 績效目標達成情形	
			目標值	實際值	目標值	實際值
本土化配電管理系統應用於實際場域	處	2	2	2	1	1
區域(微)電網之調度管理與自主控制技術移轉件數	件	4	4	5	2	2
分散式綠能及儲能整合應用技術促成產業界投資金額	千元	12,900	12,900	67,510	6,700	43,010
分散式綠能及儲能整合應用技術技術移轉	千元	2,500	2,500	5,900	1,250	2,200
分散式綠能及儲能整合應用技術技術服務	千元	2,000	2,000	2,614	1,300	1,440

※填報說明：

1. 「效益指標」項目請參考行政院106年4月5日院臺經字第1060009184號函核定通過之「前瞻基礎建設計畫（核定本）」；若個案計畫之核定本訂有不同指標項目或目標值，則此處請填寫「效益型」指標及其目標值。
2. 此節請說明各項效益指標辦理情形。若指標未達成，請進一步說明未達成原因。

(一) 效益指標辦理情形

1. 108年度效益指標辦理情形

(1) 本土化先進配電圖資管理系統技術與平台建置

- 本計畫完成本土化配電管理系統應用功能開發，已於台電雲林區處實際場域進行運轉測試。

(2) 區域(微)電網之調度管理與自主控制技術發展

- 本計畫完成區域(微)電網之調度管理與自主控制技術技轉 3 件。

(3) 分散式綠能及儲能整合應用技術

- 促成產業界投資：在「電解液電解生產設備」、「垂直軸風機」、

「電池產品量產所需粉料、量產型高溫脫脂爐」和「Lamination Machine」四項技術方面，共促成廠商投資 24,500 千元。

- 技術移轉：在「SOFC 電池堆技術」、「電池單元製作技術」和「MSC 電池片製作技術」三項技術方面，完成 3 件技術移轉案共 3,700 千元。
- 技術服務：在「晶元 TKE19400WT 及 KE29400WT 水平軸風力機設計評估案」、「茶葉及咖啡組成分析」和「1kL 酵素系統生產測試」三項技術方面，完成 5 件技術服務案共 1,174 千元。

2. 109年度效益指標辦理情形

(1) 本土化先進配電圖資管理系統技術與平台建置

- 本計畫完成配電地理圖資平台之饋線電流狀態視覺化顯示功能，已於台電雲林區處配電調度中心線上運轉測試。並進行電壓/虛功整合控制技術開發，已實際於微電網饋線調度場域完成功能驗證。

(2) 區域(微)電網之調度管理與自主控制技術發展

- 本計畫完成區域(微)電網之調度管理與自主控制技術技轉 2 件，技轉金額為 1,500 千元。

(3) 分散式綠能及儲能整合應用技術

- 促成產業界投資：在「建置模組化電池堆加工生產設備」、「馬來西亞木片轉換聚乳酸技術資訊介紹文件」、「燃料電池製備所需粉體及設備維護所需耗材等」、「SOFC 系統組件採購與安裝」、「生物樣品冷凍乾燥設備」、「電解液生產設備」、「碳板材料自動組裝機械手臂」和「風力發電設備」八項技術方面，共促成廠商投資 43,010 千元。
- 技術移轉：在「電池單元製作技術」、和「MSC 電池片製作技術」二項技術方面，完成 2 件技術移轉案共 2,200 千元。
- 技術服務：以砷化鎵 III-V 族薄膜磊晶改質技術、高反射率鍍膜技術提供「雷射二極體製作」技術服務、「晶元 KE19400WT 水平軸風力機氣彈負載設計評估」(英文報告)、「棕櫚紙漿轉化生質乳酸之測試分析」、「太陽能板光電轉換效率測試與效能分析」和以風機設計與計算流體力學技術提供「水下無人載具三維運動軌跡基礎建模」技術服務五項技術方面，完成 5 件技術服務案共 1,440 千元。

- 落實本所液流電池儲能應用研發技術，建立儲能系統運轉實測及動態實境所外場區示範應用，與國內相關產業廠商、學研單位進行計畫合作/技術服務案，推動液流電池系統儲能試驗站於電動車充電站綠能場域應用及儲能綠能系統電站充放電試運轉測試。
- 完成太陽能模組自動量測系統改良，安裝於本所太陽能示範場。以無線通訊傳輸，針對模組監測數據為開路電壓、即時發電電壓與電流，並可依開路電壓異常值指示出故障模組。

肆、重大落後計畫之落後原因及因應對策

※填報說明：

1. 若計畫符合以下任一條件即必填：
 - (1)總累計進度落後幅度大於1 個百分點。
 - (2)年累計進度落後幅度大於5 個百分點。
 - (3)年累計支用比未達90%。
 - (4)年達成率未達90%。
2. 若計畫不符上述條件，但個別工作項目或受補助縣市之執行情形明顯不佳，建議仍應填寫此節。

落後原因	因應對策
無	無

伍、經濟效益

一、可量化之經濟效益

109年特別預算創造工作機會與帶動公民營企業投資

單位：人；億元

創造工作機會(人)	帶動公民營企業投資(億元)
6	0.6587

※填報說明：

1. 若有可量化之經濟效益，請敘明估算依據。
2. 除直接創造之工作機會及直接帶動之公民營企業投資外，若有間接創造、帶動之數據，亦請敘明。

(一) 創造就業機會

1. 本土化先進配電圖資管理系統技術與平台建置
本計畫促成產業界雇用研發人員共2人。
2. 區域(微)電網之調度管理與自主控制技術發展
本計畫促成產業界雇用研發人員共1人。
3. 分散式綠能及儲能整合應用技術
 - (1) 分別在風力機整合型併網技術和多元料源生質能之經濟性與投產規劃，創造就業人員 3 人。
 - (2) SOFC 開發之技術技轉國內業者，目前仍於授權期並持續進行相關作業，並與國內學界合作共同培育人才，進入產學研界服務，俾利於資源整合與提升就業。

(二) 帶動公民營企業投資

1. 本土化先進配電圖資管理系統技術與平台建置
 - (1) 本計畫促成健○科技公司投入「電力饋線管理系統暨電壓調控平台」之開發，估計研發投資金額為 4,500 千元，生產投資金額為 7,500 千元。
 - (2) 本計畫促成滙○國際科技公司投入「太陽能電源模擬器」之開發，估計研發投資金額為 800 千元。

- (3) 本計畫促成坤○科技公司投入「配電資訊整合系統」之開發，估計研發投資金額為 960 千元，生產投資金額為 1,250 千元。

2. 區域(微)電網之調度管理與自主控制技術發展

- (1) 本計畫促成利○公司投入「超級電容與鋰電池混合調度系統」之開發，估計研發投資金額為 4,500 千元，生產投資金額為 2,500 千元。
- (2) 本計畫促成鎰○公司投入「LVRT 測試設備」之開發，估計研發投資金額為 850 千元。

3. 分散式綠能及儲能整合應用技術

- (1) 完成開發國產電解液製作技術及實務場域運轉，使用國產原料製作電解液並研究高純度低雜質電解液製作生產條件，促進新○公司及泓○公司投資意願，建置 4,000 千元生產設備及爭取包括國外約 2000 噸電解液訂單。
- (2) 風力機整合型併網技術之帶動公民營企業投資部分，109 年完成 1 件晶○公司之風力發電設備生產投資 10,000 千元。
- (3) 在電池製作專利授權合約框架下，以加速國產電池片應用為目標，積極協助電池製作技術授權業者進行產品配方與量產製程研析改良作業，具體提供差異分析與建議，協助業者進行量產陽極基板刮帶與商化電池製作以及後續之效能驗證評估。本年度在促進廠商投資部份，包含燃料電池製備所需粉體及設備維護所需耗材等、SOFC 系統組件採購與安裝，九○公司投資金額新台幣 4,000 千元以上。
- (4) 推動授權廠商發展纖維聚乳酸產業，促成翰○公司投資 80 萬製作技術推廣文件；與中○公司合作評估倉儲米生產化學品之經濟性與技術可行性，投資菌株冷凍乾燥設備 3,500 千元。

二、不可量化之經濟效益

1. 本土化先進配電圖資管理系統技術與平台建置

- (1) 協助台電公司配電處推廣本土化系統至全台 10 個台電區處，透過本土化系統的導入有助於台電公司降低用戶停電時間。
- (2) 本計畫開發之專利「含綠能之配電饋線轉供方法」榮獲 2020 台灣創新技術博覽會發明競賽鉑金獎。此項技術可提供電力公司進行配電管理及調度之參考，達到提升配電網路韌性、綠能占比、及節能減碳之目標，透過本項技術之移轉，可協助配電領

域廠商爭取台電公司區處建置，爭取推廣東南亞國家配電系統的經濟效益。

2. 區域(微)電網之調度管理與自主控制技術發展

- (1) 於 109 年 10 月在年代電視台「發現新台灣」中播出本計畫之研發成果，包括微電網相關功能與應用及本土化配電管理系統。採訪內容讓社會大眾能夠充分瞭解本計畫研發成果，進而達到微電網系統、再生能源、及配電系統等知識推廣的經濟效益。
- (2) 經濟日報已刊登本計畫於微電網技術及本土化配電網絡管理系統等方面之研發成果，讓社會大眾了解本計畫研發成果，進而達到提升高占比再生能源、及強化配電網路等知識推廣的經濟效益。
- (3) 完成「微電網電力調度互動式遊戲平台」製作，已於新竹、彰化、台北華山等科普場次展示，以淺顯易懂方式向民眾展示計畫研發成果，共吸引 15,854 人次參觀，有效達到成果推廣的經濟效益。

3. 分散式綠能及儲能整合應用技術

- (1) 108 年-109 年建置 42 kW/2h 液流電池儲能(VRFB)模組結合電動機車充電站應用示範場域；109 年使用本土料源與自主設計技術開發 65 kW VRFB 系統單元模組機櫃組件，整合儲能產業，建立自主運轉、維護材料再利用處理技術，透過示範驗證場域進行軟硬體整合測試，驗證本所委託配置之國產電解液具備可靠度與應用價值。
- (2) 2020 年 9 月 15 日於台灣保來得公司舉行台灣 SOFC 產業聯盟會議，整合國內相關產學研單位，爭取政策支持，投入資源，以創造產業契機。
- (3) 運用核心設施協助國內產業評估紙漿廠廢棄物生產聚乳酸之可行性評估，促成合作廠商順利將測試用 20 噸廢木片自海外運抵核研所，以持續推動與紐西蘭產業合作進行木片生產聚乳酸之實料測試，作為後續技術移轉之合作依據。
- (4) 與再生能源業者討論太陽能系統共構農林廢棄物生質沼氣發電設施之模式，期藉由農林廢棄物生質沼氣發電技術之沼氣產量可調控及供電穩定之特性，與太陽能搭配，解決目前太陽能系統聯網饋線建置經濟性不足之問題，同時並增加再生能源之供給量。目前雙方已簽訂合作協議書，協助國內再生能源開發整合應用之營運模式創新。

陸、檢討與建議

※填報說明：

除檢討之外，若有計畫管理相關之成功經驗，亦建議於此節敘明，以展現計畫執行成效，並供其他計畫參考。

一、 本計畫之執行於量化成果方面完成有：

項次	工作內容類別	108 年度		109 年度		108~109 年	
		目標	達成	目標	達成	總目標	總達成
A	論文(篇)	19	40	19	26	38	66
B	合作團隊(計畫)養成(個)	5	7	5	7	10	14
C	培育及延攬人才(人)	7	14	7	15	14	29
D1	研究報告(本)	22	34	22	31	44	65
G	智慧財產(申請或獲得國內外專利)(件)	9	18	9	13	18	31
H	技術報告及檢驗方法(本)	4	6	4	4	8	10
I2	參與技術活動(場)	3	15	3	10	6	25
J1	技轉與智財授權(件)	4	6	4	4	8	10
J1	技轉與智財授權(金額)(千元)	2,250	4,264	2,250	3,700	4,500	7,964
L	促成投資(件)	12	9	12	16	24	25
L	促成投資(金額)(千元)	16,360	39,310	16,090	65,870	32,450	105,180
R	增加就業(人)	6	6	6	6	12	12
S1	技術服務(含委託案及工業服務)(件)	3	3	4	5	7	8
S1	技術服務(含委託案及工業服務)(金額)(千元)	700	1,174	1,300	1,440	2,000	2,614
T	促成與學界或產業團體合作研究(件)	5	5	5	6	10	11

二、 質化成果方面完成有：

1. 本土化先進配電圖資管理系統技術與平台建置

- (1) 進行輔助配電管理功能開發，整合空間資訊及動態運轉資訊，依據實際饋線運轉資訊顯示電壓電流，達成於配電地理圖資平

台即時饋線資料讀取，並於台電雲林區處配電調度中心進行配電地理圖資平台應用功能測試，以線上運轉主機與圖資平台進行連線測試，並完成即時運轉數據比對。

- (2) 於核研所具綠能發電、儲能、智慧系統整合之微電網饋線調度實際示範驗證場域中，完成整合在線潮流分析與電壓虛功控制策略之功能實測，透過 PV 智慧變流器自主調控功能，搭配儲能系統虛功控制以穩定局部電壓，最後再由 OLTC 調節整體饋線電壓，使饋線上各節點電壓皆能維持於 $0.95\text{pu} \sim 1.05\text{pu}$ 的目標範圍內。
- (3) 完成配電饋線之需量負載最佳相位配置平台開發，提出含需量負載相位配置之三相平衡策略演算法，以降低總損失為目標函數，撰寫最佳化策略程式，並以台電雲林區處虎菁變電所運轉資料進行測試，以片段推估一個月的總損失，模擬驗證虎菁變電所之主變壓器及各饋線總損失可由原本 9512kWh 降至 8249kWh 。

2. 區域(微)電網之調度管理與自主控制技術發展

- (1) 完成電力暫態電流補償器之湧浪電流特徵判斷，開發降壓控制與電力級開關切換策略，並模擬湧浪電流抑制功能。整合人機控制介面開關，可投入負載變壓器，以驗證暫態補償器之湧浪電流抑制功能。並實際於微電網之孤島運作模式下進行 150kVA 負載變壓器投入測試，其所產生的湧浪電流可由 850A 降低至 694A ，驗證區域電網穩定運轉，有效避免儲能系統跳機。
- (2) 提出一套考慮市電端與微電網端之三相不平衡率改善策略，經三相個別調控變流器調節微電網電壓，經過 Matlab/Simulink 模擬、及現場實測皆可有效改善與市電併聯前，微電網三相不平衡率，並可降低微電網與市電併聯瞬間電流，使微電網與市電端併聯瞬間電流降低 33% 以上，順利完成同步併聯。
- (3) 執行兩台三相三臂變流器架構儲能設備於孤島模式下，自主發電調配控制功能開發與模擬，於負載功率變動情境下，逐漸降低其中一台儲能設備輸出功率，直至停止功率輸出，另一台儲能設備可自主承擔系統所需功率，其模擬結果顯示自主發電調配過程中，系統電壓與頻率皆可穩定於標稱值，另於獨立電網系統中，進行自主發電調配控制併聯運轉實測，完成功能驗證。

3. 分散式綠能及儲能整合應用技術

- (1) 本計畫成功媒合國內產業進行技術與運轉合作，包括 108 年-109

年建置 42kW/2h 液流電池系統使用國產電解液，並應用於結合電動機車充電站應用建置示範場域。109 年並積極戮力發揮自主設計能力，創新開發國內首批 65kW VRFB 系統單元模組機櫃，在計畫經費限制及尋商荊棘過程中，達成計畫目標，合計完成建置 VRFB 系統 100kW，並促成產業界投資金額達 2,600 萬元，建立研發與產業雙贏利基。

- (2) 建立無線太陽能模組自動量測系統，以雲端平台控制，可在任何有連網的設備如智慧型手機、筆電等進行監測，未來可整合入微電網控制中心，以即時得知故障之太陽能發電模組，並進行維修與發電調整。
- (3) 完成以類神經網路法建立之風場發電量預報模式，以蘆竹 7.2MW 風場為分析案例進行測試驗證，結果顯示時前之發電量預報之平均絕對誤差百分比約 5% 左右。風場發電量預報系統未來可整合至電網控制中心，提出未來之風力發電量預測數據，供調度規劃，提升併網效能。
- (4) 完成 4 組 100% 國內技術自主 MSC 36 片裝電池堆組裝及測試，將利於加速本土產業發展；以商用電池單元進行單片裝電池堆測試，達成大於電池堆功率密度大於 $550\text{mW}/\text{cm}^2$ 之計畫目標；發電系統及電力調控系統之整合測試，於三種不同模式下皆能正常運作。
- (5) 以稻稈及狼尾草為例，提出農業廢棄物應用於沼氣發電之工程模組化建議，據此建立其最小及最大裝置容量各為 200kW 及 10MW 之評估依據，並據此推估其碳足跡及能源產出投入比，量化展現生質能應用之能源及減碳效益，應有助於未來應用農業廢棄物於生質能之推廣與佈建。

三、 檢討與建議

1. 本土化先進配電圖資管理系統技術與平台建置

本計畫已於本土化配電管理系統平台完成配電圖資轉檔、在線潮流計算、饋線電流狀態視覺化顯示、及電壓/虛功整合控制等功能開發，然而為要強化配電系統韌性，尚須進行三相配置、動態保護決策、饋線調度支援系統等相關技術開發，進行提高饋線與分散式電源的各節點狀態估測、主幹與分歧線最佳化配置、及配電圖面檢核能力，進一步提升系統供電品質，達成落實自動化饋線快速復電系統之政策目標。

2. 區域(微)電網之調度管理與自主控制技術發展

本計畫完成抑制湧浪電流切換開關演算法開發，後續結合低電壓穿越規範之降壓策略，精進電流抑制效果，可進一步進行技術推廣。另開發電壓不平衡併聯控制技術，使區域電網與市電端併聯時能降低兩端差異，並於區域電網完成功能實測，後續精進三相個別功率調控變流器，開發個別相控制策略，降低三相不平衡所造成之電力損耗。此外，完成兩台三相三臂變流器架構儲能設備之自主發電調配控制功能開發，後續精進開發儲能設備與柴油發電機之協調控制策略，協助傳統發電機組達到能源轉型。

3. 分散式綠能及儲能整合應用技術

- (1) 在儲能技術方面，成功媒合國內產業進行技術與運轉合作。為展現團隊關鍵組件研發能力與成果，鈦液流電池系統以國內自主組件研發、製作取代計畫研提時所規劃之直接完整購置國外系統模式，以創造衍生價值及效益。由國外採購調整為全國產自製，在有限計畫執行時間內，調整後執行方式需要投資更多技術開發所需之人力、物力與時間，達成計畫目標之困難度急遽增加。參與人員秉持研究精神，完成自行設計及尋商製作，建置屬特殊精密製品系統。因國內廠商過去並無相同內容施作之經驗及模組、機具等，因此在組件製作及整合必經過反覆測試及修改而超出預期時程，然過程所獲得經驗及研發技術將彌足珍貴。基於產業實務應用，走出所外結合電動機車充電站場域建置儲能運轉示範系統及技術，奠立整合複雜系統介面及設計製作技術等能力，有助於增進國內儲能整合應用實務經驗及未來擴大應用利基。
- (2) 改良後的太陽能模組自動量測系統，無線通訊傳輸部分使用 Wi-Fi 技術，但由於 Wi-Fi 訊號會受地型環境影響，針對不同場域可能需要增加 Wi-Fi 中繼設備或直接使用行動通訊等，需現場測試才能決定建置數量，故總裝設成本可能會較難預估。
- (3) 依據 109 年 2 月行政院「智慧電網總體規劃小組」提出「智慧電網總體規劃方案」中有關發電預報準確度之政策目標，於 2030 年 1 小時前之發電量預測誤差須達到 4% 以下，1 日前之發電量預測誤差則須達到 8% 以下。後續規劃可與氣象局、能源局採跨機關合作，取得長期全域之氣象與風場發電資料，建立預測模式、精進演算法，逐步提升準確度，達到政策目標。
- (4) 電池單元及電池堆為 SOFC 技術關鍵組件，本所結合國內業者，成功以本所 MSC 電池單元組裝 36 片裝電池堆，溫度 750°C 及電

流 42A 條件下，輸出功率為 1277W；此為國內重要技術進展。後續期望國內系統業者參與，配合國家政策，加速整合國內相關業者，促成國內產業鏈建立。

- (5) 鑒於未來電力市場自由化已為必然之趨勢，因此，可提供穩定電力，且不受季節與晝夜限制之生質能，其需求性將日益提高。本計畫建立之技術，後續應有利基市場，亦可作為推廣佈建示範系統之參考。