

台灣能源安全指標 (一一五年第一季暨未來展望)

研究單位：中央大學台灣經濟發展研究中心

研究成員：梁啟源研究員暨管理講座教授

115年6月29日

簡報大綱

- 
- 一 台灣能源安全指標簡介
 - 二 台灣能源經濟情勢
 - 三 台灣能源安全指標編製結果
 - 四 結論與建議
 - 五 附錄：編製說明

台灣能源安全指標簡介

1. 研究緣起
2. 台灣能源安全指標架構

研究緣起

- 國際間正致力於控制溫氣體排放量，以減緩全球暖化現象，亦進行電力市場改革加速能源轉型，我國同樣過提高再生能源發展目標、電業自由化等方式，推動能源轉型
- 傳統的能源安全指標多半僅衡量供給面因素，流於獨立呈現，欠缺系統性觀點，故須建立一套指標系統：
 - 綜合考量初級能源供應、能源消費與基礎設施完善
- 讓大眾對我國能源安全程度可有一個全面清晰的感受。

台灣能源安全指標架構

參考世界能源大會(WEC)的能源脆弱度架構，予以**本土化**，並將能源安全指標定義為能源脆弱度的倒數。

■ 考量各類能源之進口(來源)集中度、進口(來源)國風險和初級能源結構。

■ 考量電力和天然氣基礎建設的品質和可靠度。

■ 考量能源消費結構、使用效率與價格對用戶的影響。

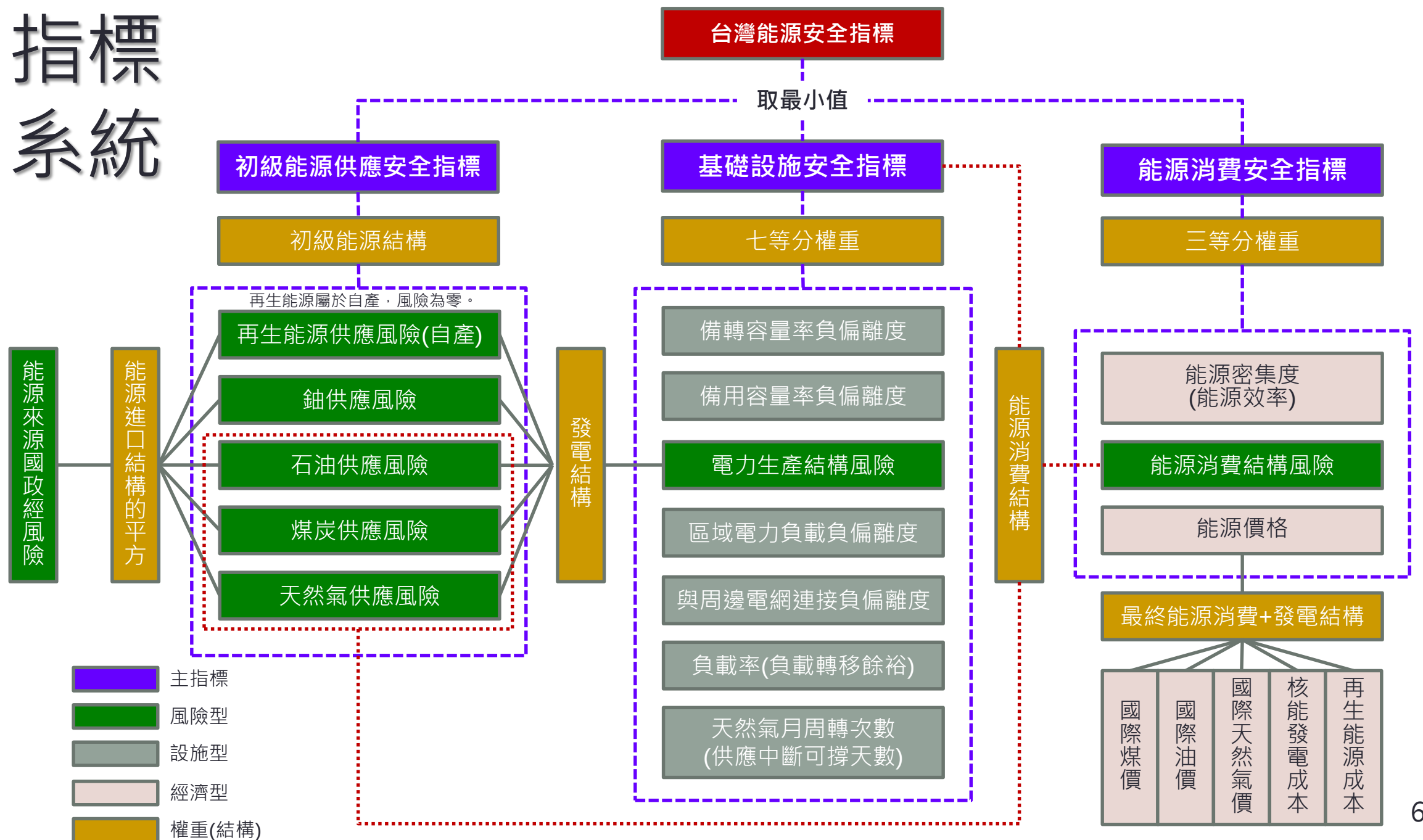
總能源安全指標

初級能源供應安全指標

基礎設施安全指標

能源消費安全指標

指標系統

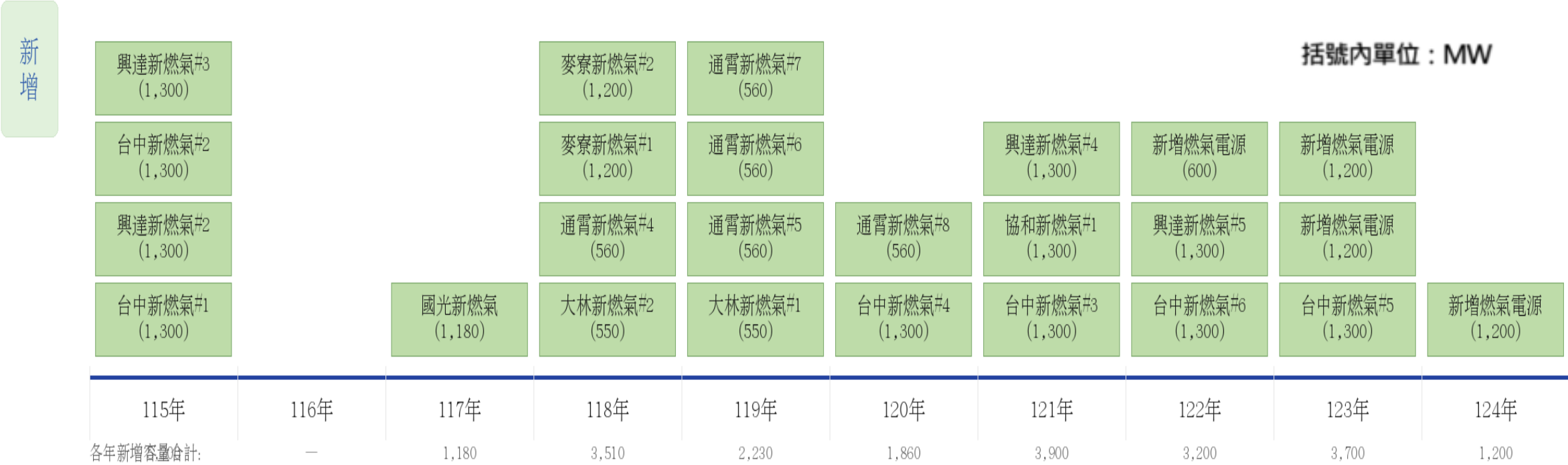


台灣能源經濟情勢

1. 基礎設施面
2. 能源供應面
3. 能源消費面

1.1. 基礎設施面：燃氣機組增設存在不確定性

■ 政府在「114年版全國電力資源供需報告」規劃大幅新增燃氣電源。然而依過往經驗，中佳電力和九歲電力已於2025年9月和台電解約，台中電廠（中火）未來再興建四座電廠因五接環評至今未過仍有很大變數。另外四座民間新增燃氣電源還未招標，實際上推動新增燃氣電力存在相當大挑戰



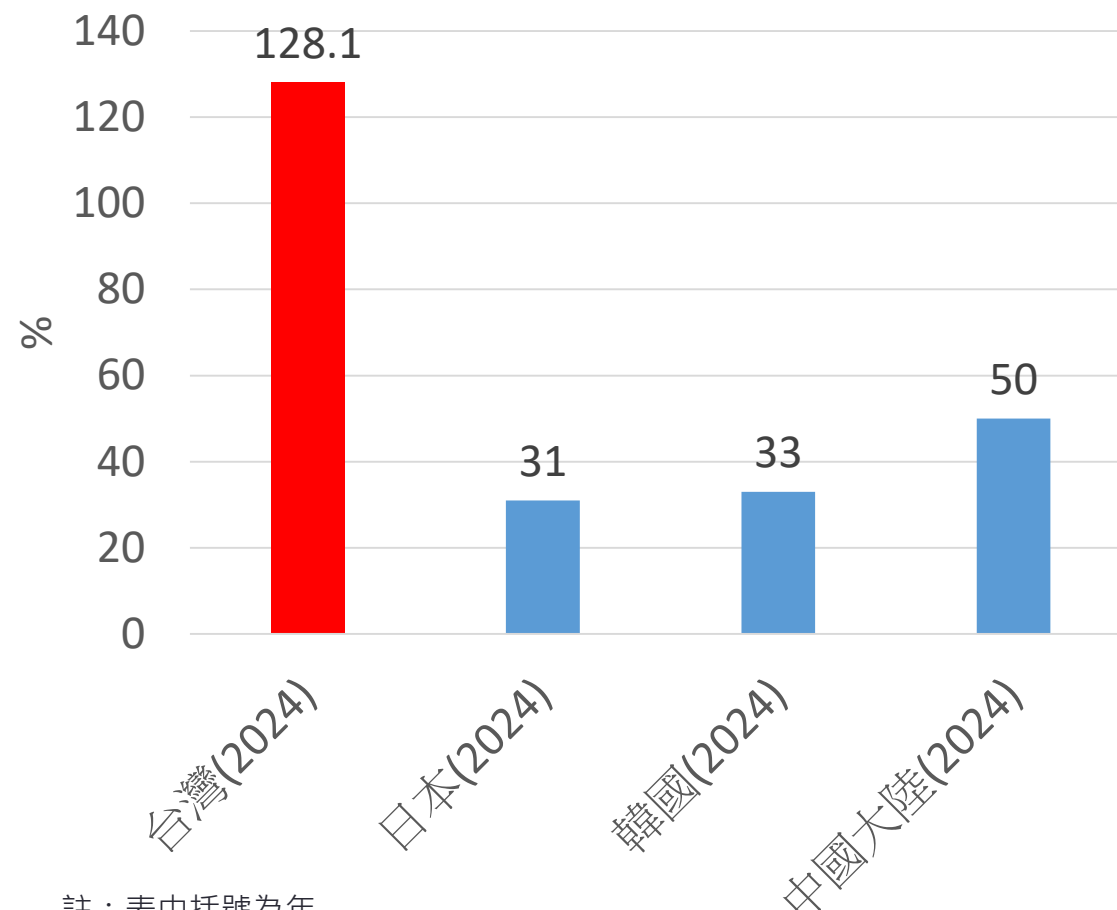
註：2027年無新增機組。
資料來源：經濟部能源署，「114年版全國電力資源供需報告」（2026.6.18）。

圖 民國 115~124年 未來電力供給規劃

1.2. 基礎設施面：天然氣營運壓力偏高

和其他亞洲國家相比，我國LNG之安全存量不足。

- **IGU(2025)報告指出，2024年全球平均接收站利用率為38.6%**
- 日本與韓國為全球前2大LNG進口國，其接收站負載率都僅約3成，中國大陸約50%
- 我國LNG接收站**負載率由2016年的99%逐年飆高為2024年的128.7%**，既有接收能力相對於進口與氣化需求明顯偏緊



註：表中括號為年份。

資料來源：Statista(2025)、IGU(2025)、台灣電力企業聯合會114年年度專刊、本研究整理。

1.3. 基礎設施面：再生能源發展未如預期

- 我國雖持續大力發展太陽光電和風力發電等再生能源系統，然而，太陽光電和風力發電之實際值和目標值仍有落差：
 - 太陽光電106年至114年的預期目標量和實際設置量均未達標，9年來的平均達標率僅分別為66.5%(太陽光電)、42.6%(風力發電)。2025年達標率太陽光電(59.6%)、風力發電(35.9%)更低於9年來的平均值

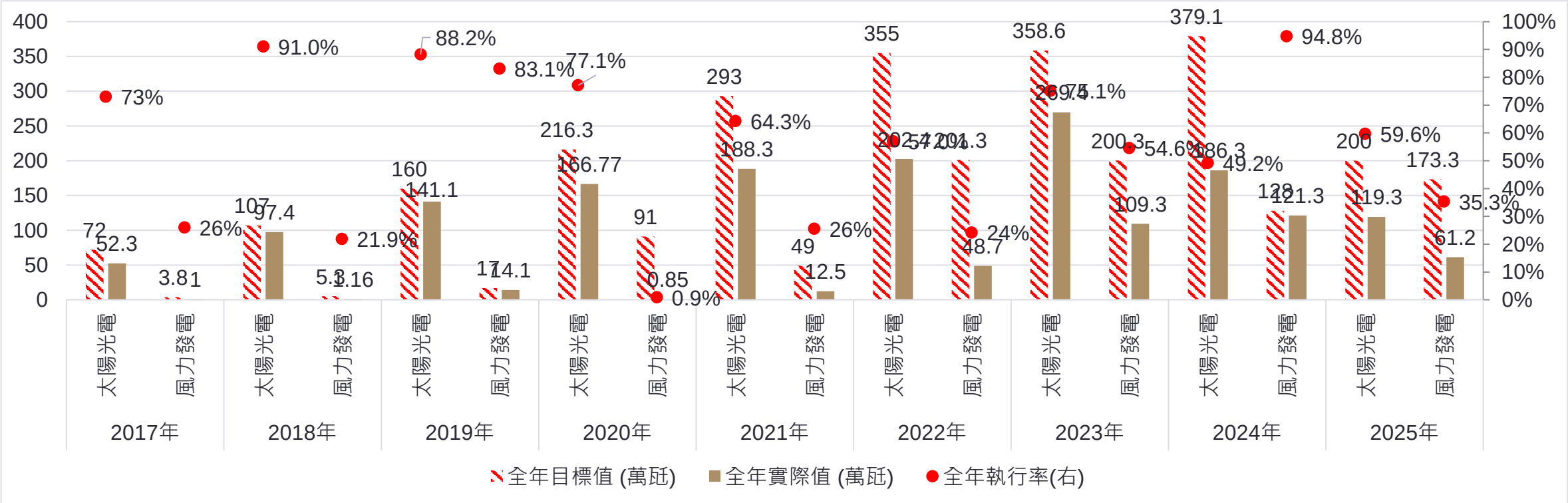


圖 2017-2025年再生能源規劃值與實際值比較

資料來源：經濟部能源署《能源統計月報》。

1.4. 基礎設施面：區域供需失衡加劇

- 隨著北部大型機組陸續除役和北部尖峰用電提高，中電北送的壓力漸增。
2020年至2025年北部地區電力缺口由2.7百萬度增至超過6百萬度
- 2025年北東供電缺口為470萬瓩、可靠供電能力僅為420萬瓩

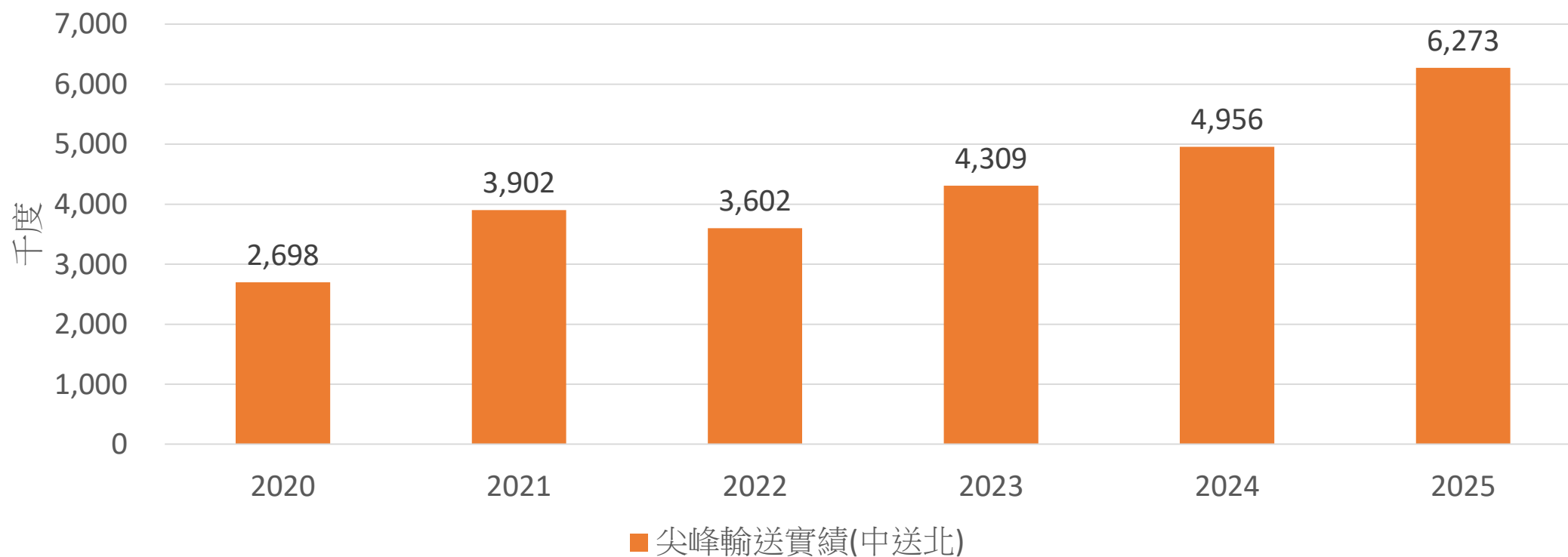


圖 2020-2025年北部地區尖峰用電供需缺口

1.5. 基礎設施面：未能反應缺電現況的日間備轉容量率

- 依「114年版全國電力資源供需報告」指出，2025年台電公司妥善調度機組發電，使備轉容量率10%以上綠燈天數達342天

表 2-1 2025 年備轉容量率統計

	10%以上	10%~6%	6%以下	90 萬瓩以下
備轉容量率（天數）	342	23	0	0
備轉容量率占比 （天數）	93.7%	6.3%	0.0%	0.0%

資料來源：經濟部能源署，「114年版全國電力資源供需報告」（2026.6.18）。

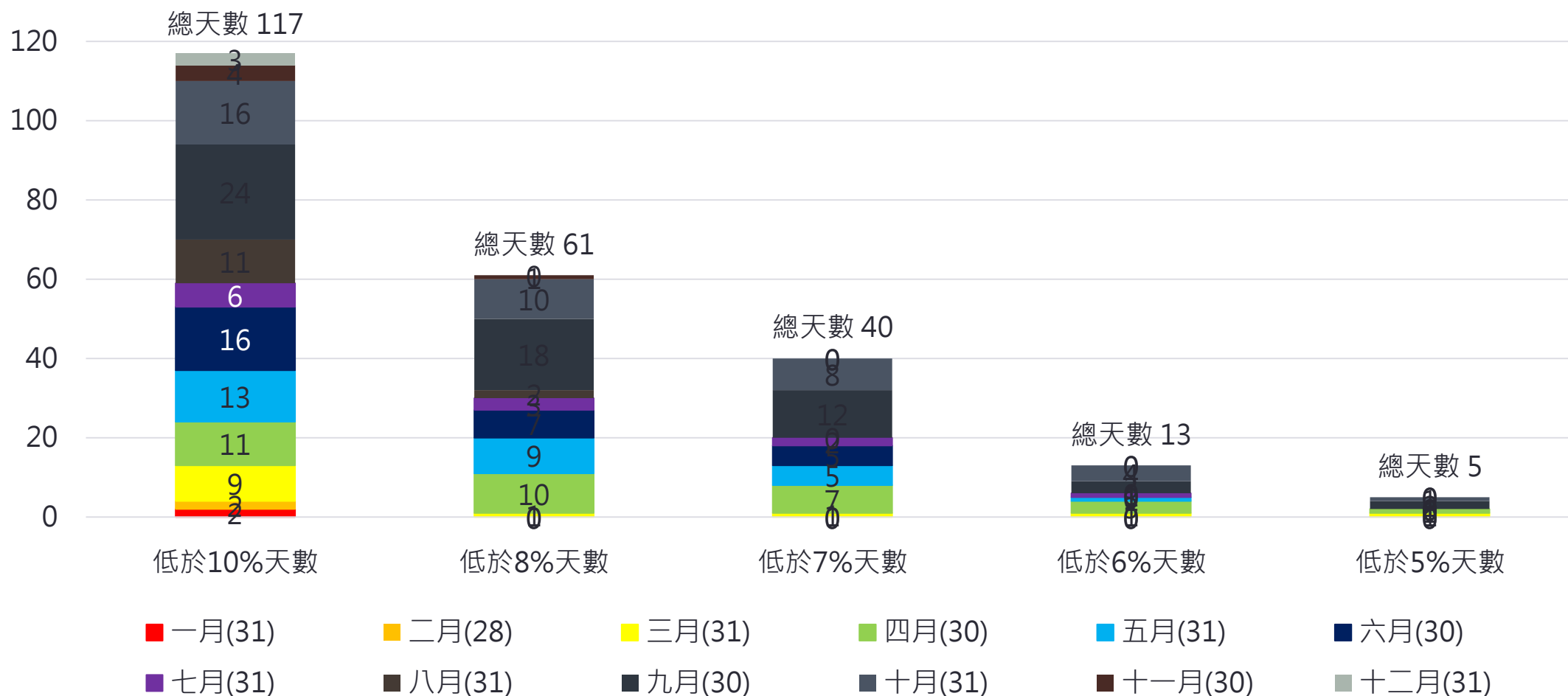
- 過去十年以來發生過的四次全國大停電，其中兩次跟天然氣與燃氣電廠營運有關，電力系統過於集中將產生潛在的能源風險

2017/8/15 815全臺大停電

2022/3/3 303全臺大停電

1.6. 基礎設施面：2025年夜間尖峰備轉容量率低於10%天數

- 然而，機組陸續除役但新增機組未能如期併網，再加上用電量持續成長，實際上造成夜間尖峰備轉容量率低於10%天數將近四個月



1.7. 基礎設施面：未能反應缺電現象的日間備轉容量率

- 電源供應開發的不確定性，將造成2028-2029年已偏低的夜間備用容量率更具缺電風險
- 惟經本研究估計，2028年與2029年的夜間備轉容量率僅3.0%、2.1%

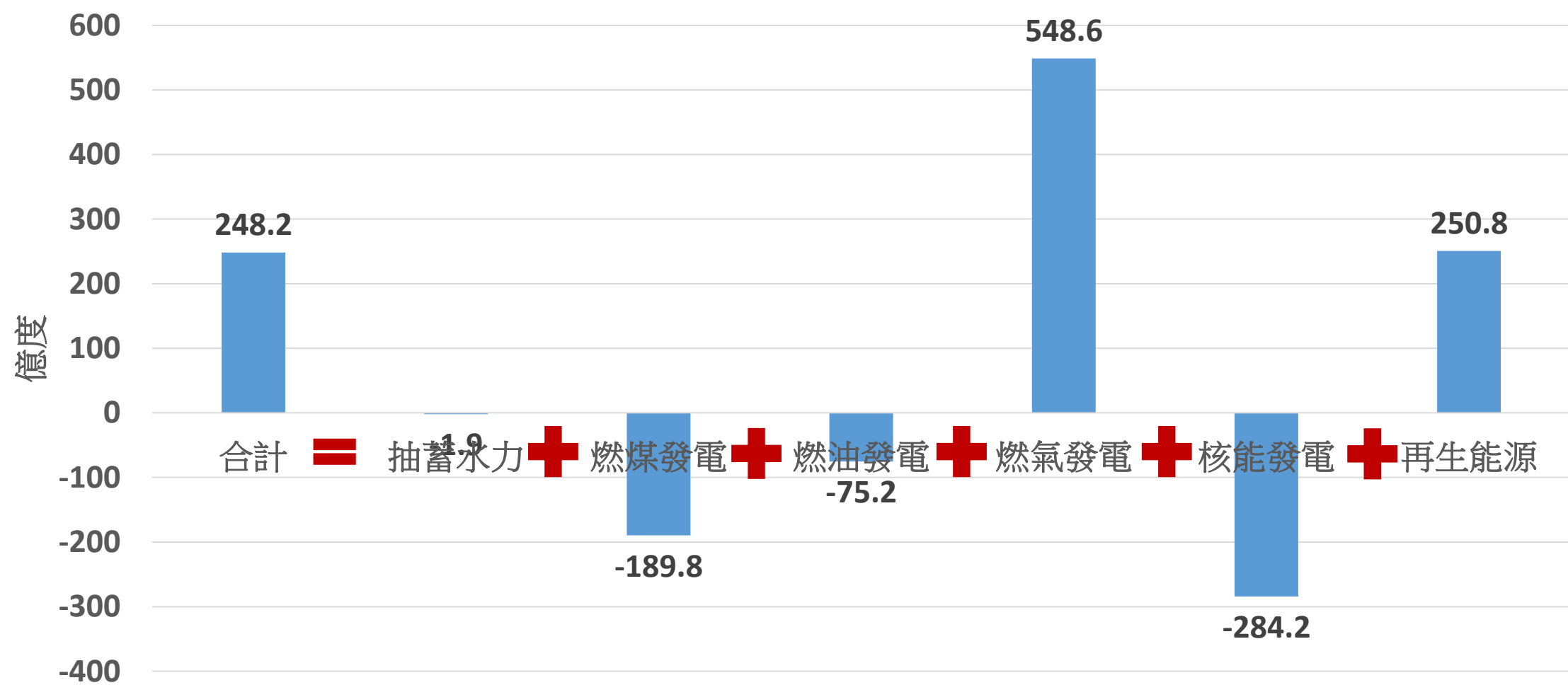
表 3-3 2026~2035 年夜間備用容量

年度	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
夜尖峰負載 (MW)	38,840	40,349	41,314	42,427	43,295	44,250	45,139	46,062	47,053	47,948
夜間淨尖峰能力 (MW)	43,825	45,405	44,638	45,447	49,887	53,451	56,137	56,777	57,486	59,037
夜間備用容量 (MW)	4,985	5,056	3,324	3,020	6,591	9,201	10,998	10,715	10,433	11,088
夜間備用容量率 (%)	12.8	12.5	8.0	7.1	15.2	20.8	24.4	23.3	22.2	23.1

註：夜間備用容量存在小數進位誤差。

2.1 能源供應面：2016-2025年間各機組的發電量變化

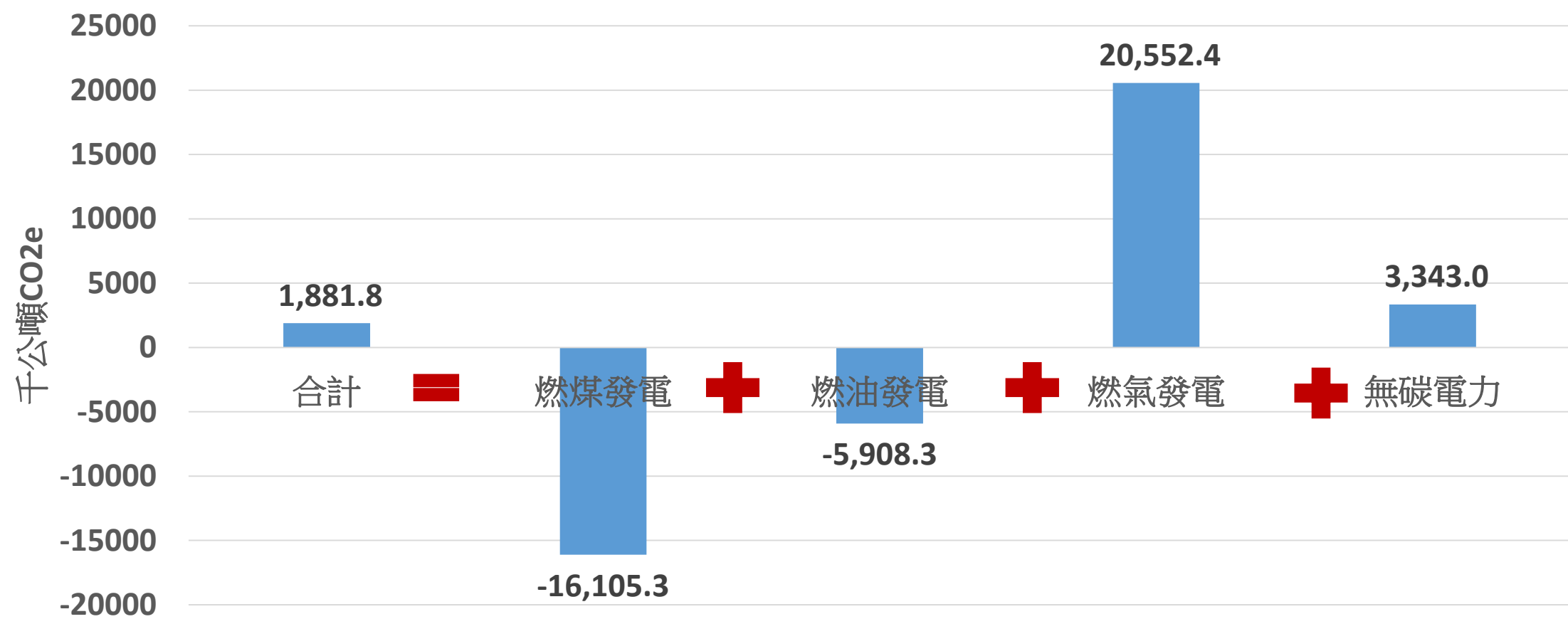
- 2016-2025年間燃氣發電量增加548.6億度，無碳電力的淨增幅僅約33億度



註：無碳電力包含核能發電及再生能源
資料來源：經濟部能源署，「能源統計月報」。

2.2. 能源供應面：2016-2025 全國電力系統排碳量變化

- 火力發電大幅增加，造成電力系統排碳總量提高約188萬噸CO₂e，增幅約1.31%

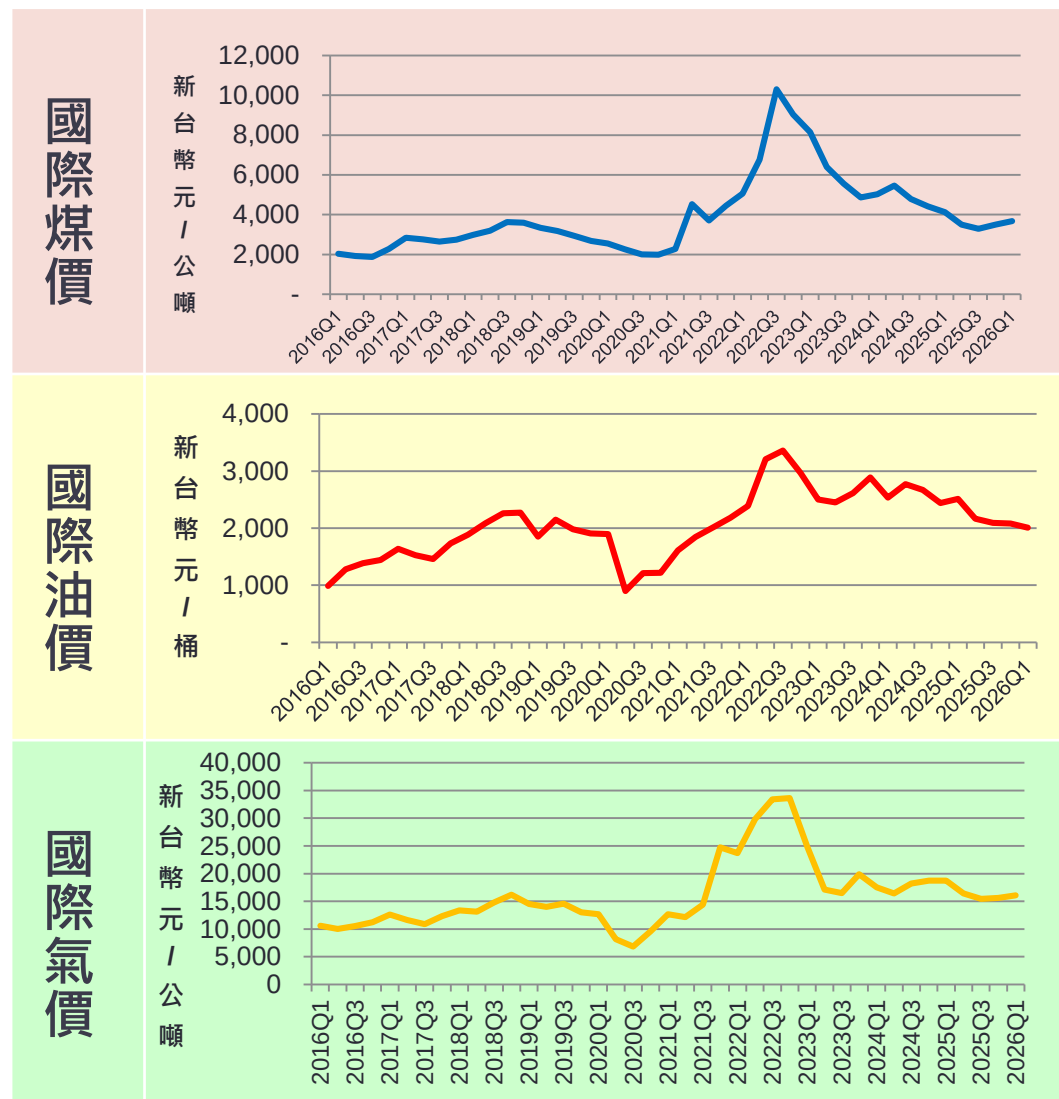


註：

1. 不計入抽蓄水力、無碳電力包含核能發電及再生能源

2. 假設燃煤機組、燃油機組及燃氣機組的排放係數分別為0.849公斤CO₂e/度、0.786公斤CO₂e/度、0.375公斤CO₂e/度

3.1. 能源消費面：國際能源價格波動

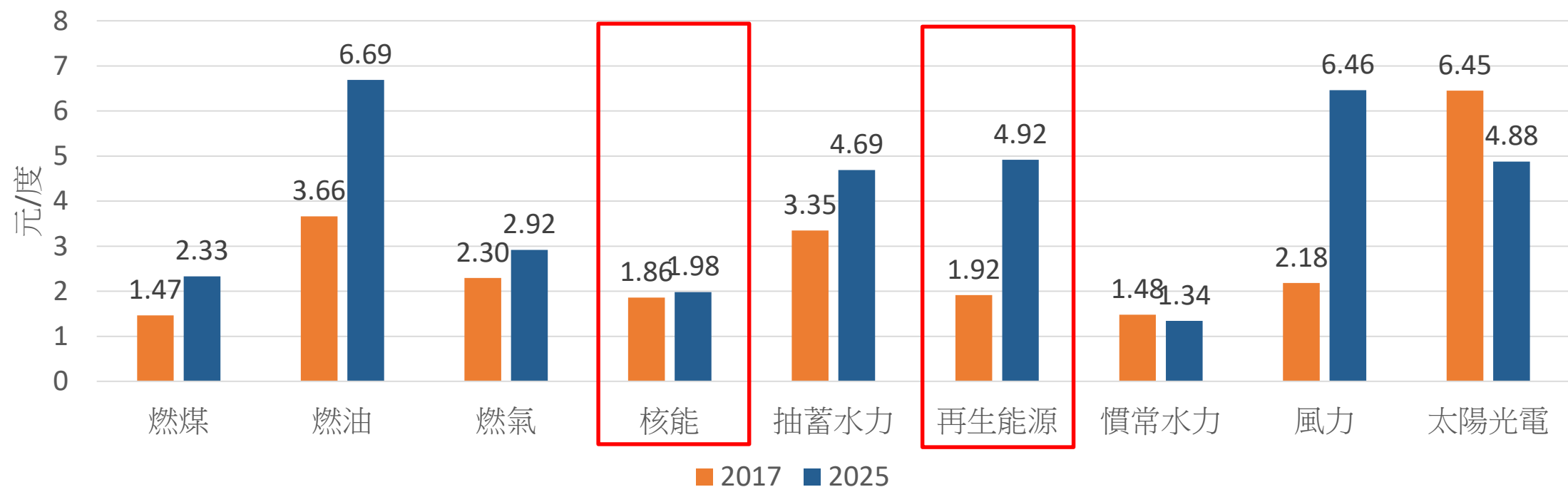


- ✓ 2026年3月我國原油進口價格為66.89美元/桶，較去年同期(76.84美元/桶)下跌**13%**。
- ✓ 2026年3月我國LNG進口價格為575.4美元/公噸，較去年同期(587.5美元/公噸)下跌**2.1%**。
- ✓ 2026年3月進口煤價為(118.95美元/公噸)相較去年同期(118.9美元/公噸)上漲約**0.1%**。

- 今年第一季進口能源價格持平，但2月28日美伊戰爭爆發後，造成國際能源價格大幅走揚，將影響第二季進口能源成本、增加產業和民眾負擔

3.2. 能源消費面：國內各類機組發電成本

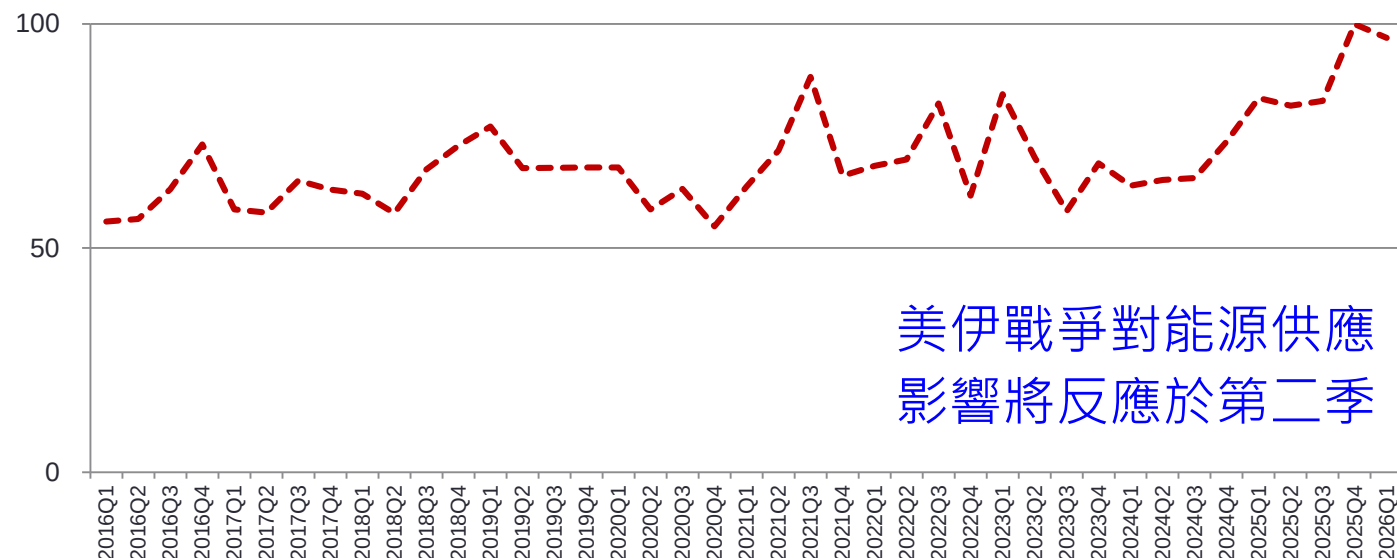
- 核能發電成本(1.98元/度)僅約再生能源成本(4.92元/度)的三分之一，增加核能發電可有效減輕燃料成本上漲壓力。
- 隨著高躉購費率的離岸風電(約6至7元/度)陸續併網，將進一步提高再生能源成本。



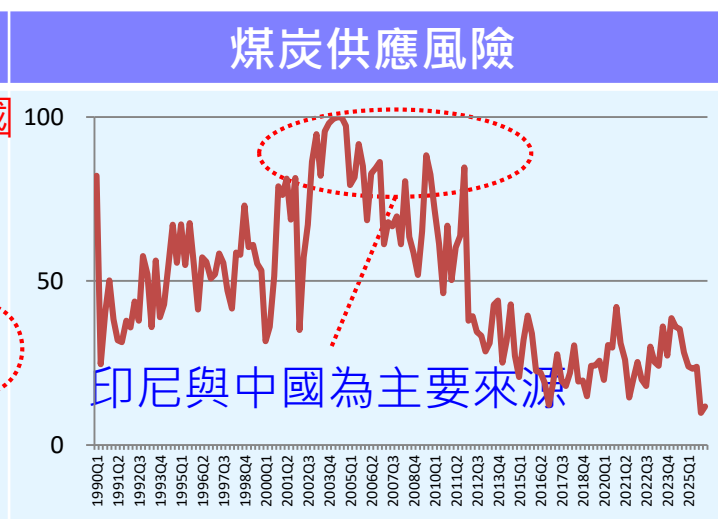
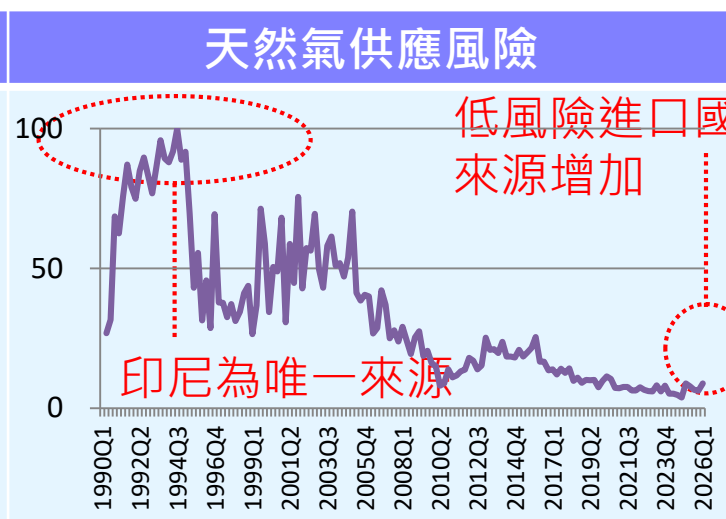
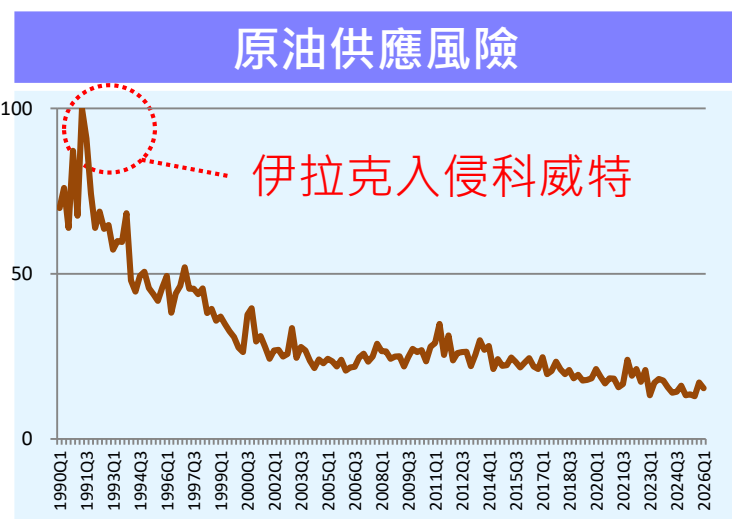
台灣能源安全指標編製結果

- 1. 初級能源供應安全指標
- 2. 基礎設施安全指標
- 3. 能源消費安全指標
- 總能源安全指標

1. 初級能源供應安全指標

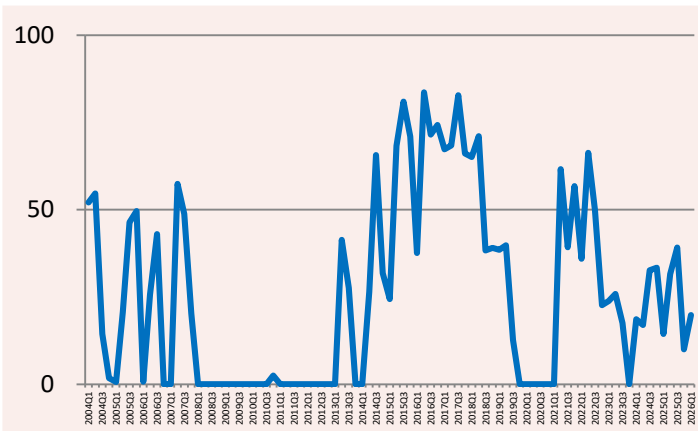


- 115年第一季 (96.9) 相較 114年第四季 (100) 減少3.1點
- 115年第一季相較114年第一季 (83.5) 大增13.4點
- 115年第一季我國自低風險國家(例如澳洲、美國)進口能源的比重大幅增加，降提高初級能源供應安全

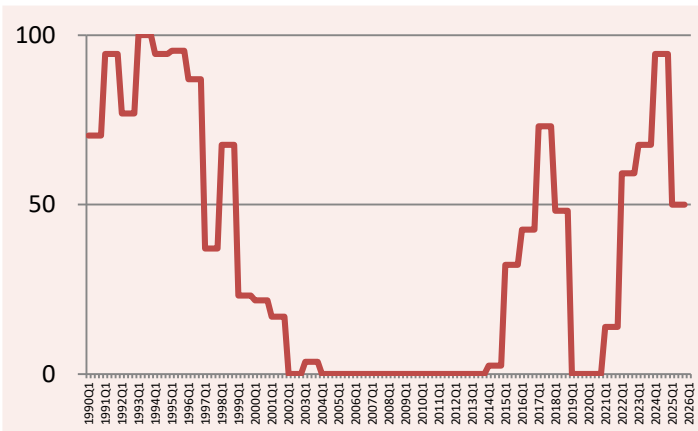


2. 基礎設施安全指標(風險增加、安全度降低)

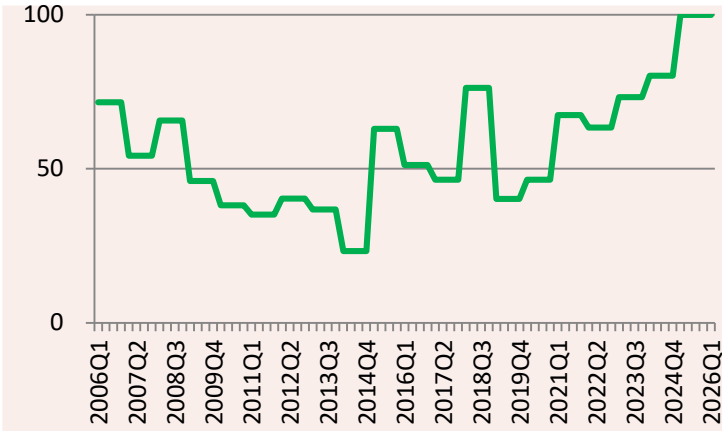
備轉容量率偏離風險



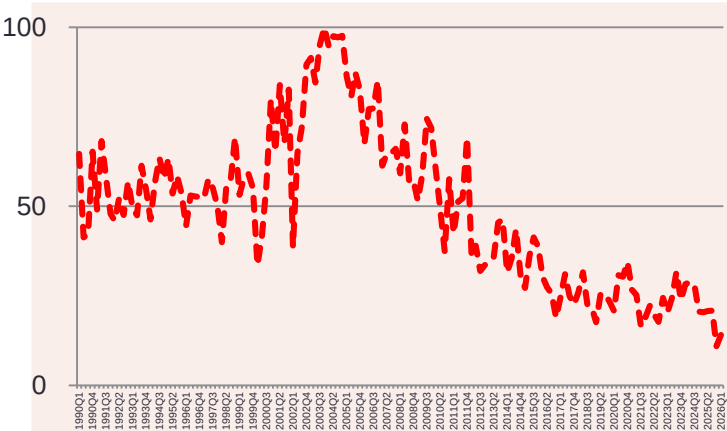
備用容量率偏離風險



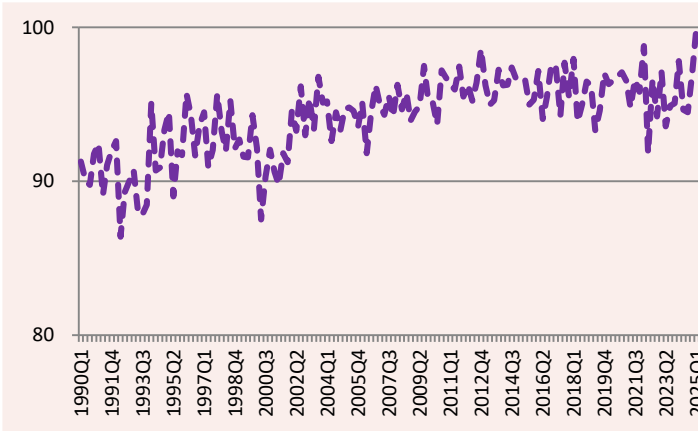
區域負載偏離風險



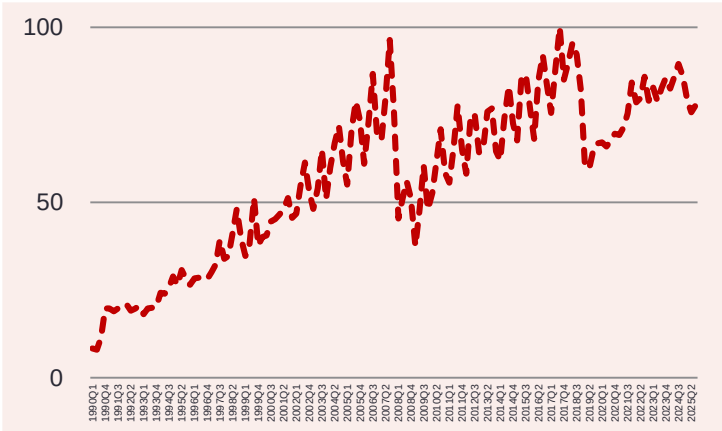
電源配比集中度風險



負載轉移餘裕程度



天然氣月周轉次數

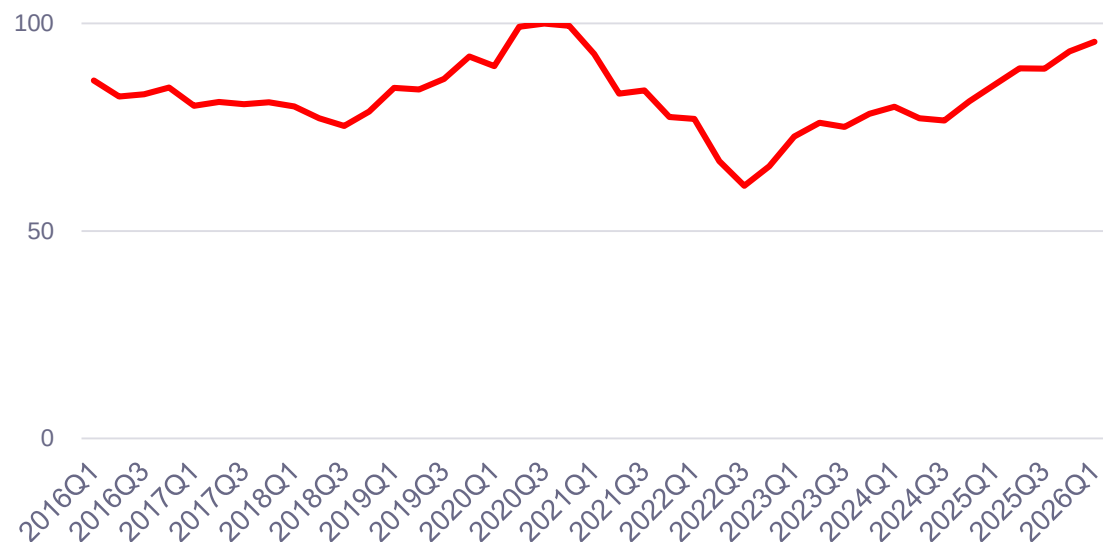


2. 基礎設施安全指標

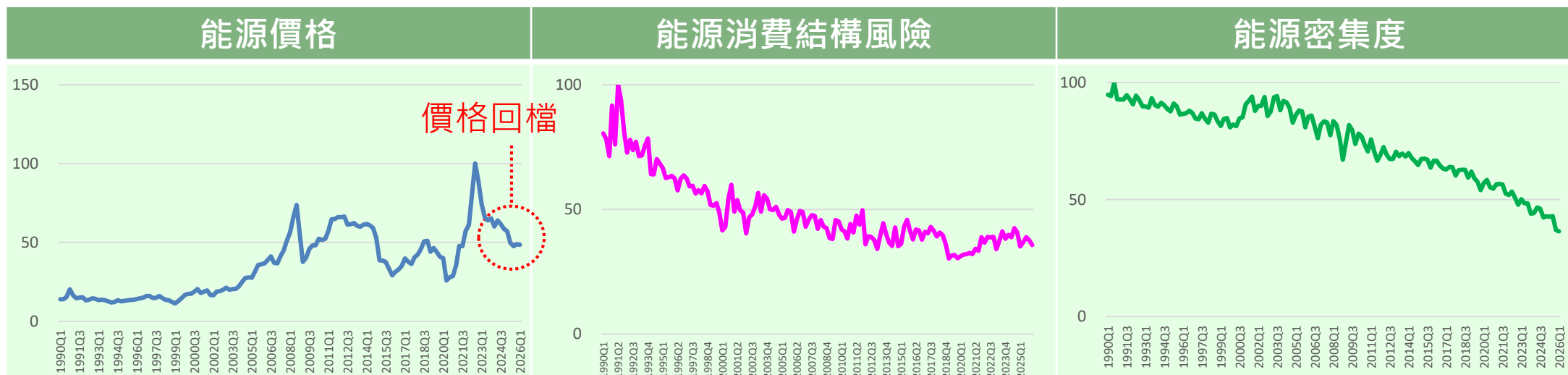


- 115年第一季基礎設施安全度較114年第一季略增，原因係觀塘第三接收站一期於114年第二季開始供氣，增加32萬公秉儲槽，有利基礎設施安全
- 然而，隨著天然氣發電占比上升，現有基礎設施仍不足以因應需求，造成天然氣周轉次數持續提高，且近期因三接二期傳出弊案，可能拖延其完工，新增的燃氣機組即使完工也無氣可用，不利基礎設施安全
- 第三核能發電廠二號機已於114年5月中除役，再加上區域供需失衡加劇，基礎設施安全恐會進一步惡化

3. 能源消費安全指標

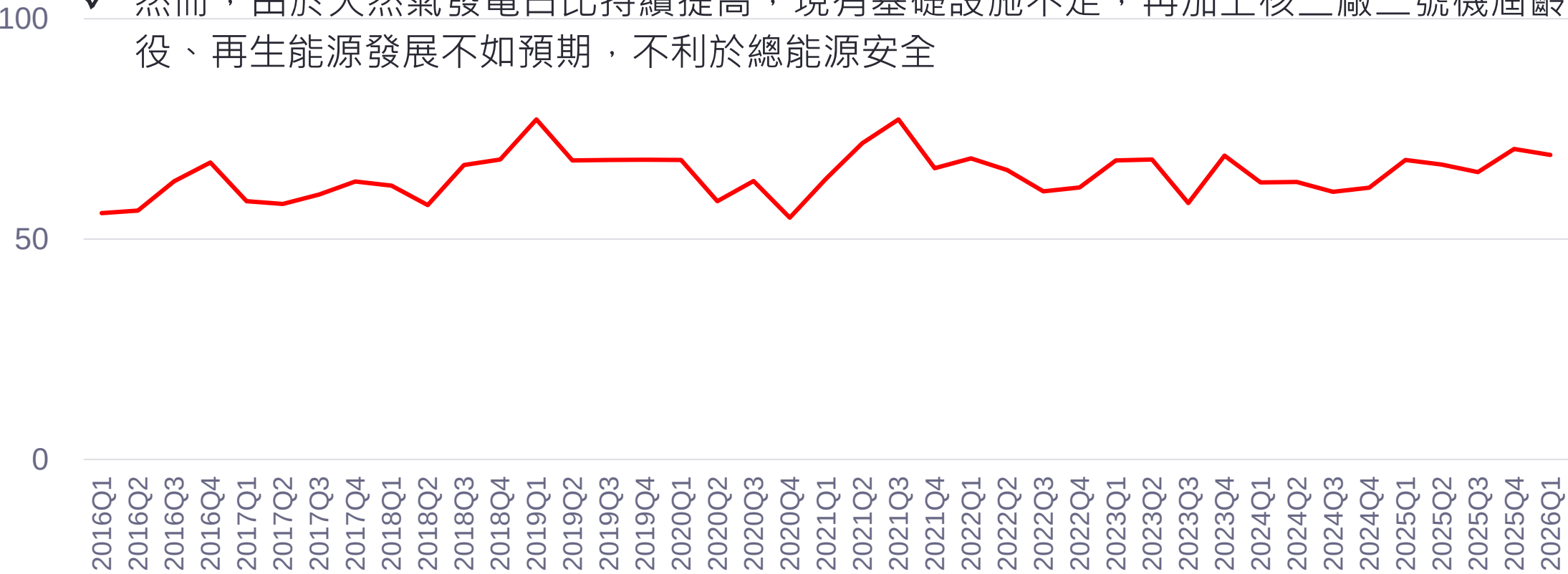


- 115年第一季（95.6）相較114年第四季（93.2）增加2.4點
- 115年第一季相較114年第一季（85.3）增加10.3點
- 國際能源價格走跌、能源密集度持續改善，促使國內能源消費安全提升



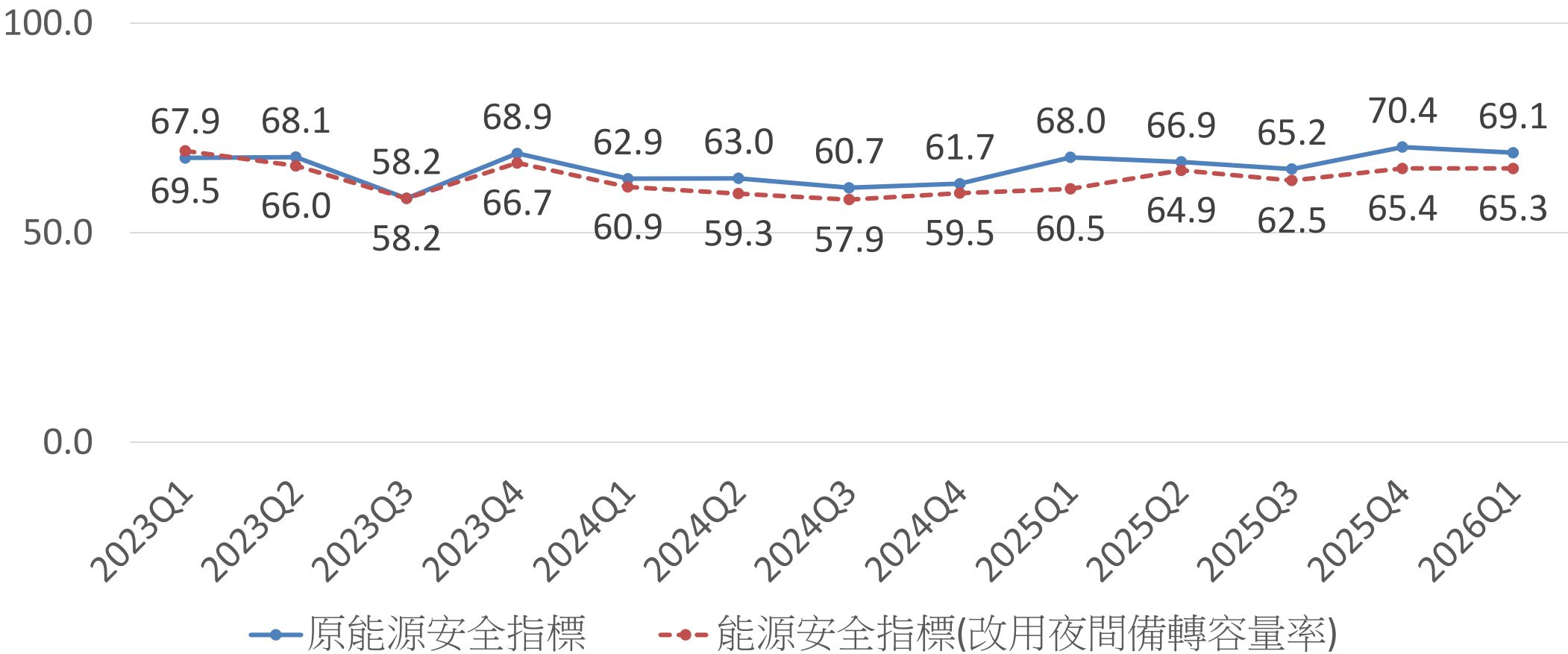
總能源安全指標 (1/2)

- 115年第一季 (69.1) 相較114年第四季 (70.4) 減少1.3點；115年第一季相較114年第一季 (60.8) 增加8.3點。
 - ✓ 114年第一季受到3/23晚上風力發電突然增加、其餘機組配合降載，造成短時間內備轉容量率下滑，此一現象反應出再生能源的間歇特性對電力調度之挑戰
 - ✓ 觀塘第三接收站一期於114年第二季開始供氣，增加32萬公秉儲槽，有利基礎設施安全
 - ✓ 然而，由於天然氣發電占比持續提高，現有基礎設施不足，再加上核三廠二號機屆齡除役、再生能源發展不如預期，不利於總能源安全



總能源安全指標 (2/2)

- 以夜間備轉容量率替代日間備轉容量率重新計算能源安全指標，發現：
 - ✓ 自核能二廠2號機除役(2023年3月)之後，日間最低備轉容量率跟夜間最低備轉容量率差距開始拉大



結論與建議

結語與建議

我國能源安全指標於**115年第一季（69.1）**相較**114年第四季（70.4）**減少1.3點；**115年第一季相較114年第一季（60.8）**增加8.3點。展望未來仍有下列隱憂：

1. 政府長期對外公佈的備轉容量率只計日間，**不能反映真實電力供需**。2025年夜間備轉容量率低於10%天數將近四個月，其中低於7%的達40天，低於5%亦有5天，電力確實短缺。
2. **過去10年發生過的四次全國大停電，其中兩次跟天然氣與燃氣電廠營運有關，在天然氣周轉率快速走高下，不能忽視其潛在電力及能源風險**
3. 因再生能源建置落後、新LNG接收站建置延遲，加上近年中佳、九歲的挫敗，以及台中電廠（中火）未來再興建四座電廠因五接環評至今未過仍有很大變數。另外四座民間新增燃氣電源還未招標，推動新增燃氣電力存在相當大挑戰，亟需調整能源政策。
4. 2月28日發生的美伊戰爭，造成全球油、氣市場供給嚴重短缺，未來將使我國能源進口成本上升，增加產業和民生負擔。
5. **重啟既有三座核電廠是最佳的解決方法**。政府的能源政策宜符合務實、民意及世界潮流，於2026年完成核能電廠自主安全檢查後，加速核二、核三之重啟。
6. **政府宜參考同屬孤立電網的日、韓政策（2030年核能占比均達22%以上），規劃2050淨零能源政策。**

簡報完畢
敬請指教

附錄：編製說明

附錄1. 台灣能源安全指標項目

附錄2. 台灣能源安全指標說明

2.1. 初級能源供應安全指標

2.2. 基礎設施安全指標

2.3. 能源消費安全指標

附錄1. 指標項目

• 初級能源供應安全指標

- 天然氣供應風險(PEV_{NG})
- 煤供應風險(PEV_C)
- 石油供應風險(PEV_O)
- 鈾供應風險(PEV_U)
 - 100%進口自美國，且美國進口風險為零
- 再生能源供應風險(PEV_R)
 - 屬於自產能源，自產能源無進口風險

• 基礎設施安全指標

- 天然氣月周轉次數
 - 天然氣供應中斷時可撐天數縮短的風險
- 備用容量率偏離風險
- 備轉容量率偏離風險
- 區域負載偏離風險
- 負載率(平均負載/尖峰負載)
 - 捕捉負載轉移餘裕空間減少的風險
- 與他國電網連接偏離風險
 - 目前無連結他國電網，屬於最高風險
- 電源配比集中度風險

• 能源消費安全指標

- 能源消費結構風險(EEV_C)
- 能源效率(能源密集度)
- 能源價格
 - 國際煤價
 - 國際油價
 - 國際天然氣價
- 再生能源發電成本(含水力發電成本)
- 核能發電成本(含核後端處理成本)

附錄2.1. 指標說明：初級能源安全指標

i類能源供應風險(PEVi)

指標意涵	指標公式
將「i類能源來源國的政治風險」以「i類能源自j國進口量占本國i類能源供應占比」為權數計算的加權平均值；風險值越高，i類能源供應風險越高。	$PEV_i = x_i^T \cdot R \cdot x_i = x_{id}^2 \cdot r_d + \sum_{j=1}^J x_{ij}^2 \cdot r_j$ 1. $x_i = (x_{id}, x_{i1}, \dots, x_{ij}, \dots, x_{iJ})$表示一國能源進口占比之矩陣；其中$x_{ij}$表示自j國進口i類能源占本國i類能源總供應占比；$x_{id}$代表i類能源於國內自產之比率。 2. R為能源出口國政經穩定度的風險矩陣；r_j即能源由來源地j供應之風險指標，而r_d為自產能源之供應風險，原則上以0計算。

總初級能源安全指標(PEV)

指標意涵	指標公式
將「i類能源供應脆弱度(PEV _i)」以「i類能源供應量占該國總能源供應占比」為權數計算的加權平均值；風險值越高，一國能源供應風險越高。	$PEV = w^T \cdot X^T \cdot R \cdot X = w^T \cdot \Pi$ 1. $w^T = (w_1, \dots, w_i, \dots, w_I)$表示一國各類能源供應占比之矩陣，故$w_1 + \dots + w_I = 1$。 2. $\Pi = X^T \cdot R \cdot X$為各類能源供應脆弱度矩陣；本矩陣的對角線$\pi_{ii}$即為i類能源供應脆弱度(PEV_i)，故$\pi_{ii} = PEV_i = x_{id}^2 \cdot r_d + \sum_{j=1}^J x_{ij}^2 \cdot r_j \geq 0$。

附錄2.2. 指標說明：基礎設施安全指標(1)

備用容量率偏離風險

指標意涵	指標公式
備用容量率衡量電力系統發電端供電可靠度。備用容量率如果低於最適值，則可靠度下降，甚至限電。故若負偏離度愈高，代表系統出現限電的可能性越高。	$\lambda_1 \times \frac{ PRM_t - ORM }{ORM} \times I(PRM_t > ORM) + \lambda_2 \times \frac{ PRM_t - ORM }{ORM} \times I(PRM_t < ORM)$ 1.PRM_t(Percent Reserve Margin)為備用容量率實績。 2.ORM(Optimal Percent Reserve Margin)為最適備用容量率，設為15%。 3.公式的前項代表資源閒置，後項代表備用不足。 4.λ₁及λ₂為權數，目前分別設為0與1，亦即僅考慮電力供應可能不足的風險。

備轉容量率偏離風險

指標意涵	指標公式
備轉容量率衡量每日電力系統的實際供電餘裕(扣除歲修、檢修及故障的機組裝置容量)。備轉容量率如果低於最適值，則可靠度下降。故若負偏離度愈高，代表系統出現限電的可能性越高。	$\lambda_1 \times \frac{ POR_t - OOR }{OOR} \times I(POR_t > OOR) + \lambda_2 \times \frac{ POR_t - OOR }{OOR} \times I(POR_t < OOR)$ 1.POR_t(Percent Operating Reserve)為備轉容量率實績。 2.OOR(Optimal Percent Operating Reserve)為最適備轉容量率，設為10%。 3.公式的前項代表資源閒置，後項代表備用不足。 4.λ₁及λ₂為權數，目前分別設為0與1，亦即僅考慮電力供應可能不足的風險。

附錄2.2. 指標說明：基礎設施安全指標(2)

區域負載偏離風險

指標意涵	指標公式
電網分為北、中、南三區，區域內應維持發電與用電相當為最佳，若區域內發電不足以供應用電需求時，必須透過跨區輸電幹線輸送融通電力支援。故若負偏離度愈高表示各區域內電力供需愈不均衡，區域間電力輸送壓力較高。	$\sum_i \left[\left(\lambda_1 \times \frac{ S_{it} - D_{it} }{D_{it}} \times I(S_{it} > D_{it}) \right) + \left(\lambda_2 \times \frac{ S_{it} - D_{it} }{D_{it}} \times I(S_{it} < D_{it}) \right) \right]$ 1. $i = N, M, S$ 2. 公式的前項代表供大於需，後者代表需大於供。 3. λ_1及λ_2為權數，目前分別設為0與1，亦即僅考慮區域間電力供應可能不足的風險。

與他國電網連接偏離風險

指標意涵	指標公式
我國的供電系統孤立，無法藉助鄰國輸電進行供需調節，故若負偏離度愈高表示電力系統自立求生的壓力越大。迄今我國與他國電網並聯度為0，壓力最高，若未來我國電網能與他國連接，將可降低風險。	$\lambda_1 \times \left \frac{\text{與他國並聯容量}_t}{\text{本國裝置容量}_t} - \text{最適連接度} \right \times I\left(\frac{\text{與他國並聯容量}_t}{\text{本國裝置容量}_t} > \text{最適連接度} \right) + \lambda_2 \times \left \frac{\text{與他國並聯容量}_t}{\text{本國裝置容量}_t} - \text{最適連接度} \right \times I\left(\frac{\text{與他國並聯容量}_t}{\text{本國裝置容量}_t} < \text{最適連接度} \right)$ 1. 最適連接度依據歐盟建議設為10%。 2. λ_1及λ_2為權數，目前分別設為0與1，亦即僅考慮我國與他國電網連接度低於歐盟建議最適值的風險。

附錄2.2. 指標說明：基礎設施安全指標(3)

負載率

指標意涵	指標公式
表示平均負載與最高負載之百分比。一般而言，負載率代表設備利用率，越高越好。但是因為負載率具有極值(100%)，若太過接近極值代表所有機組都處於高運轉狀態，若電力需求突增，將容易導致跳電。另外，和主要國家比較，我國的負載率極高，代表未來再進行負載轉移的空間已所剩無幾，餘裕有限，故以此指標捕捉負載轉移空間餘裕降低的風險。	平均負載 _t /尖峰負載 _t 1. 平均負載：特定時間內(日、月、年)，平均每小時之輸出電力。例：全年發電量除以8760小時(一年小時數) 2. 尖峰負載：特定時間內(日、月、年)，每小時輸出電力之最高值。

天然氣月周轉次數

指標意涵	指標公式
表示天然氣最大儲存容量每月將用盡幾次。一般而言，周轉次數越高，存貨周轉率越高，從取得至消耗所經歷的天數越少，故也代表存貨管理效率越好。然而，由於液化天然氣載運船若在入港前後遇到颱風，須因安全因素遠離待命。因此，若天然氣進口來源中斷可撐天數小於3天，台灣即有可能因為颱風因素而斷氣。故以此月周轉次數捕捉天然氣進口來源中斷下可撐天數降低的風險。	天然氣當季最大月用量 _t /天然氣可儲存容量 _t 1. 天然氣每季最大月用量：當季天然氣月消費量最大值(能源統計月報) 2. 天然氣可儲存容量：全國天然氣接收站設計容量加總

附錄2.2. 指標說明：基礎設施安全指標(4)

電源配比集中度風險

指標意涵	指標公式
電源配比集中度風險受一國電源配比和各類發電能源所對應之能源供給風險而定。若一國之電力資源組合集中於某一發電技術，且該發電技術所對應的能源供給風險偏高，將使該國電源配比集中度風險較大，因此需以不同能源組合作為電力配比，藉由多元化和分散化方式來降低可能風險。	$S_i \times$ 各類發電能源對應風險 _i 1. S_i ：各類能源發電量占總發電量比率 2. 各類發電能源對應風險 _i ：例如燃煤發電、燃油發電所對應的能源供給風險即分別為燃料煤初級能源供給風險、石油初級能源供給風險。

附錄2.3. 指標說明：能源消費安全指標

能源價格

指標意涵	指標公式
捕捉能源進口成本、各類再生能源發電成本、核能發電成本(含核後端成本)的變化對於能源用戶使用能源的壓力增減幅度。	$\sum_i S_{i,t} \times P_{i,t}$ 1. P_i為標準化後的煤、油、氣國際價格、再生能源(含水力)發電成本、核能發電成本(含核後端成本)。 2. S_i為依據煤、油、氣與電力占最終能源消費結構比重，以及煤、油、氣、再生能源(含水力)、核能占發電結構比重，所計算的煤、油、氣、再生能源、核能的結構占比

能源密集度

指標意涵	指標公式
表示我國的能源使用效率。數值越低代表能源使用效率越高，當能源使用越有效率時，可提高能源用戶因應能源價格上漲的能力，進而減少能源消費脆弱度。	最終能源消費量 _t /實質國內生產毛額 _t

能源消費結構風險

指標意涵	指標公式
表示能源用戶消費各類能源的來源風險程度。數值越高表示該國越集中消費特定能源，風險程度越高，若能源消費的品項越分散，則能源消費的來源風險越低。	$EEV = \sum_i S_i \times EEV_i$ 1. $EEV_i = (PEV_i, \text{基礎設施脆弱度})$表示一國<i>i</i>類能源消費的來源風險程度，其中，S_i為<i>i</i>類能源的最終消費占比。 2. 電力項目採用基礎設施脆弱度；