

# 台灣能源安全指標 (一一四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

114年6月27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。

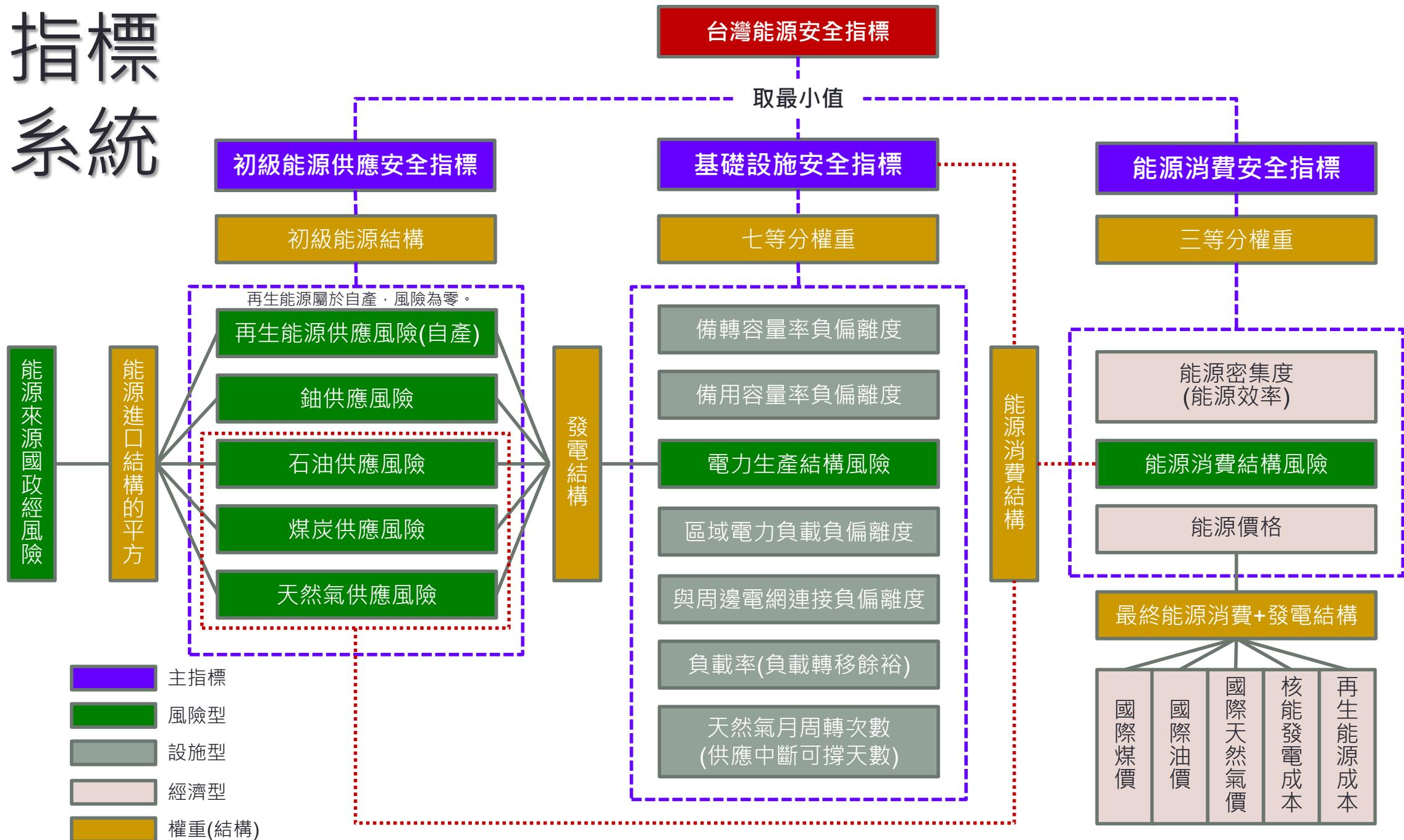
總能源安全指標

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



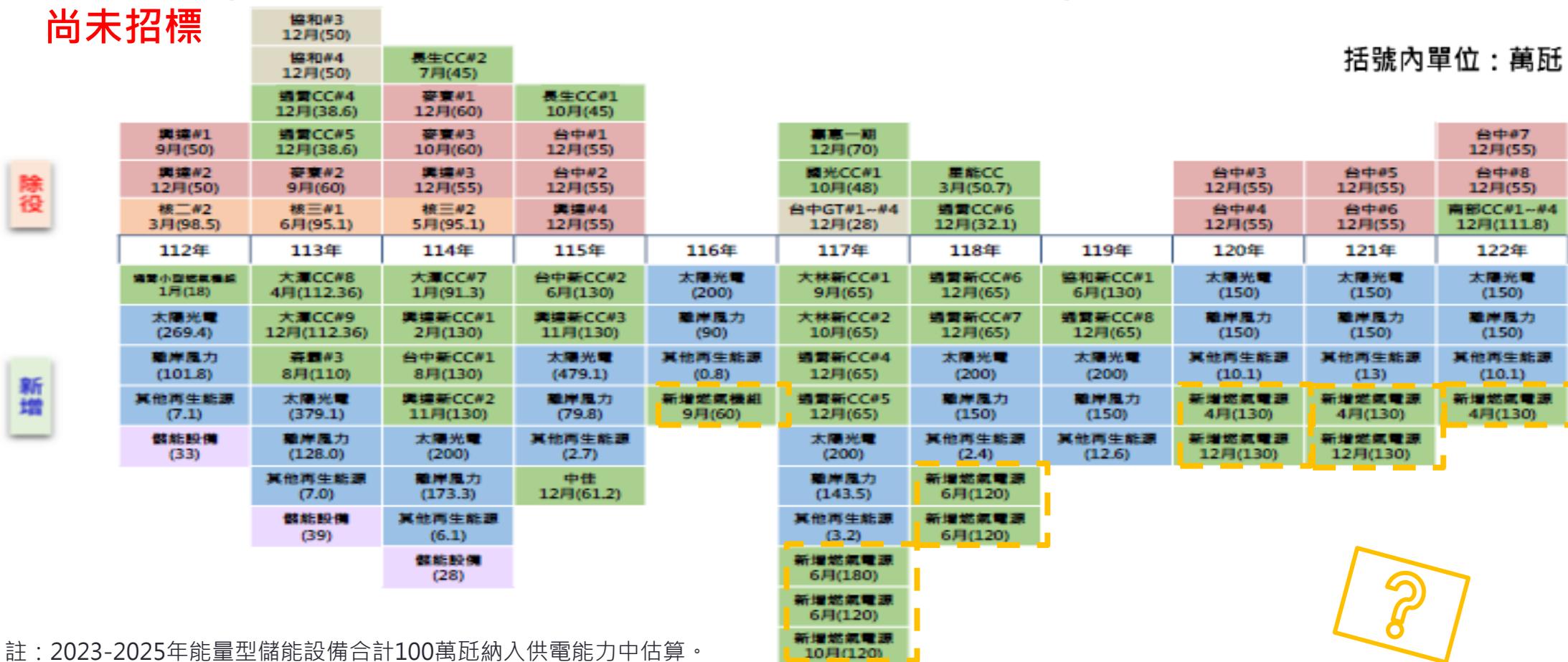
# 台灣能源經濟情勢

---

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：電源開發規劃

- 政府推動展綠、增氣、減煤、非核，但因再生能源建置落後、液化天然氣接收站環評卡關、新增大型燃氣機組併網時程嚴重落後，政府規畫2026-2033年共1,370萬瓩的民營燃氣電廠（占政府規畫新增大型機組共1,786萬瓩的77%）都有問題，且至今絕大多數尚未招標



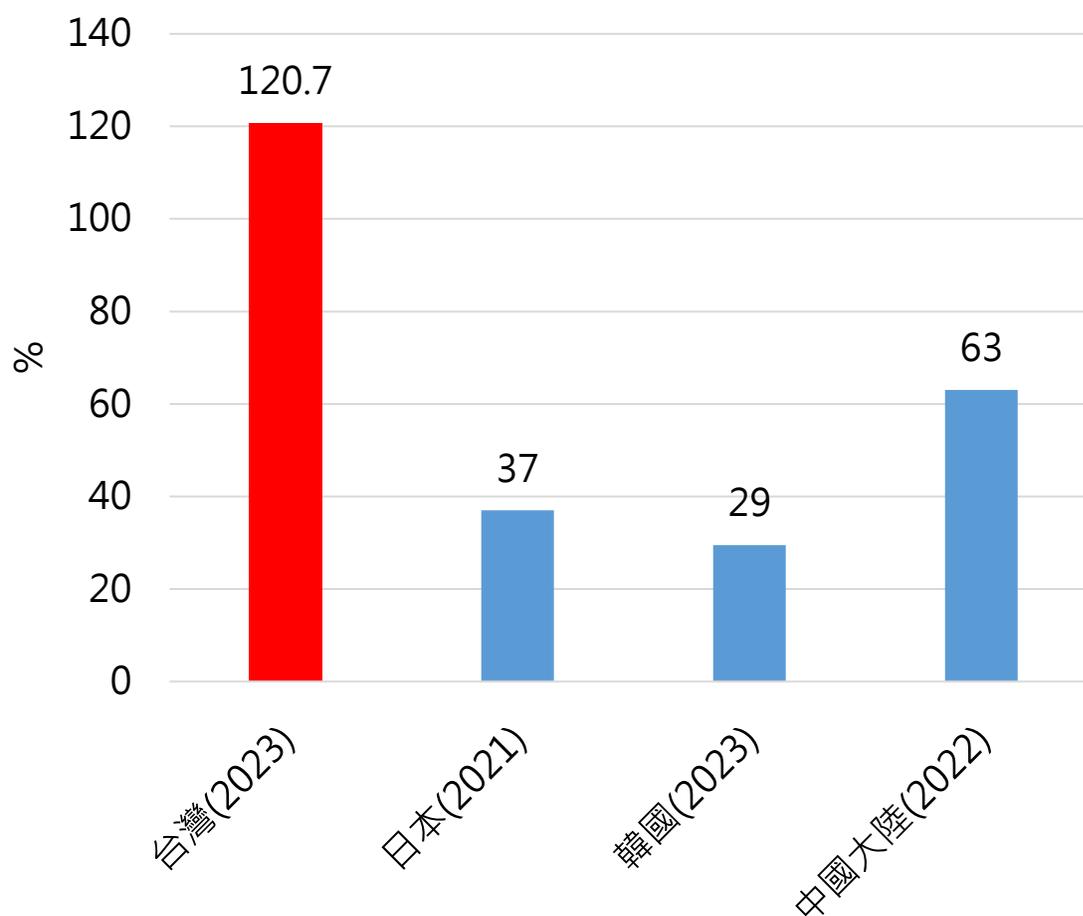
註：2023-2025年能量型儲能設備合計100萬瓩納入供電能力中估算。  
 資料來源：經濟部能源署，「112年版全國電力資源供需報告」頁18（2024.7.15）。

圖 民國 112~122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。

- 日本與韓國為全球前2大LNG進口國，其接收站負載率都僅有3到4成，中國大陸約63%，國際水準在5到6成為正常
- 我國僅有2座接收站，**負載率由2016年的99%逐年飆高為2023年的120.7%，無法定期維修，有大規模故障風險**
- 國內目前安全存量天數約13天，遠低於中國大陸、韓國的50天和日本的30天，若遭遇海運運輸受阻，恐造成國家安全問題



註：表中括號為年份。

資料來源：Statista(2024)、EIA(2023)、IEEFA(2023)、台灣電力企業聯合會113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113年的預期目標量和實際設置量均未達標，八年來的平均達標率僅分別為**67.2%(太陽光電)、46.1%(風力發電)**。

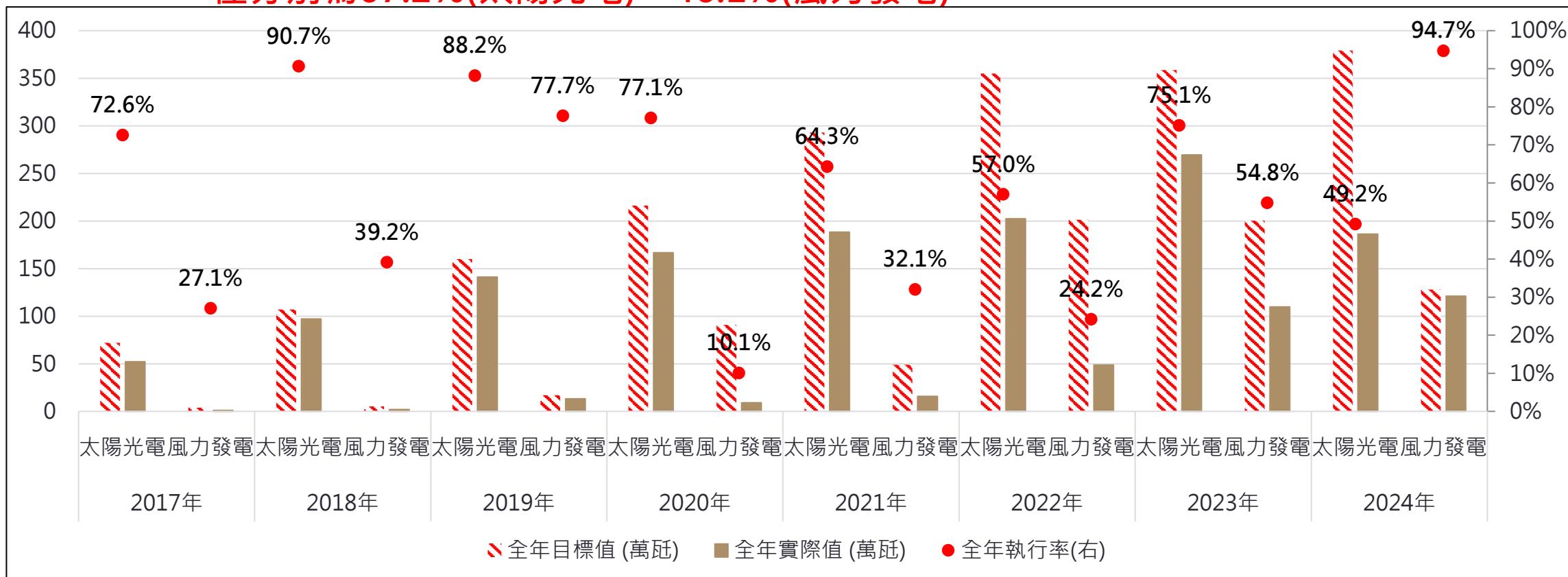


圖 2017-2024年再生能源規劃值與實際值比較

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2024年北部地區**電力缺口由2.7百萬度增至5百萬度**

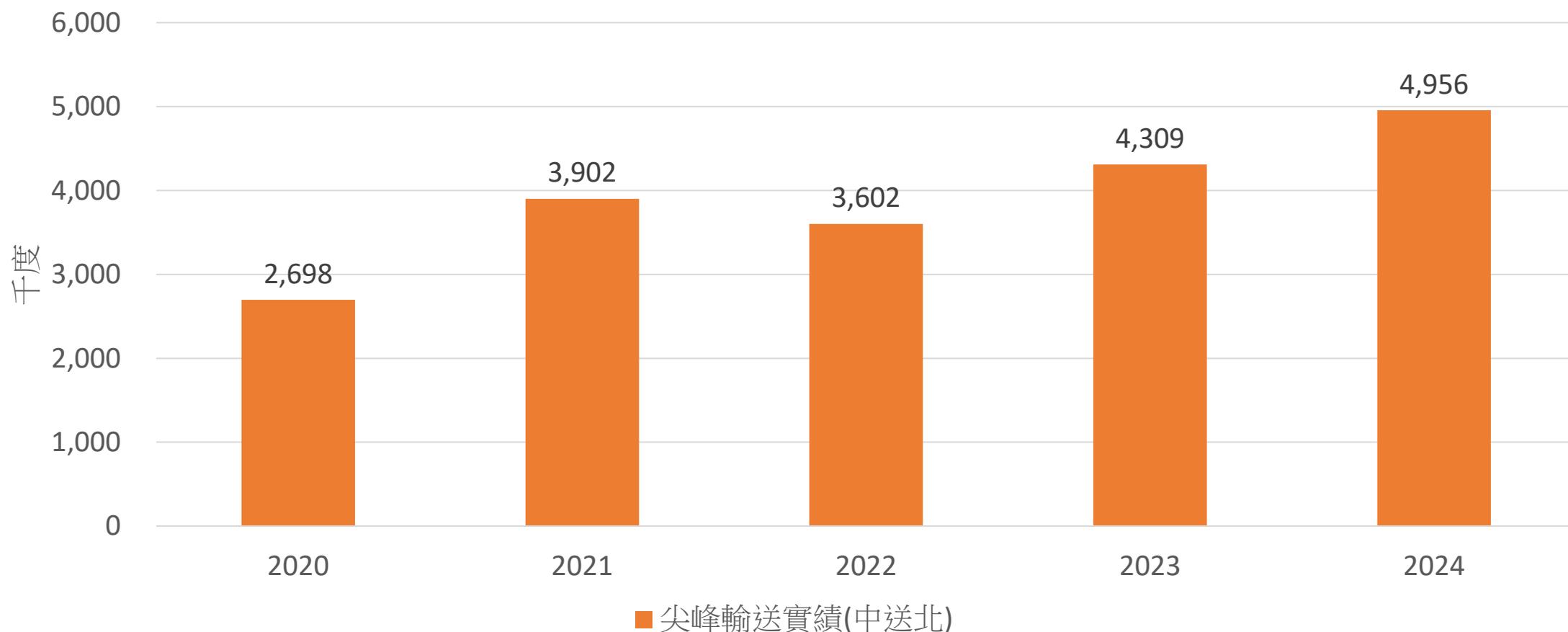
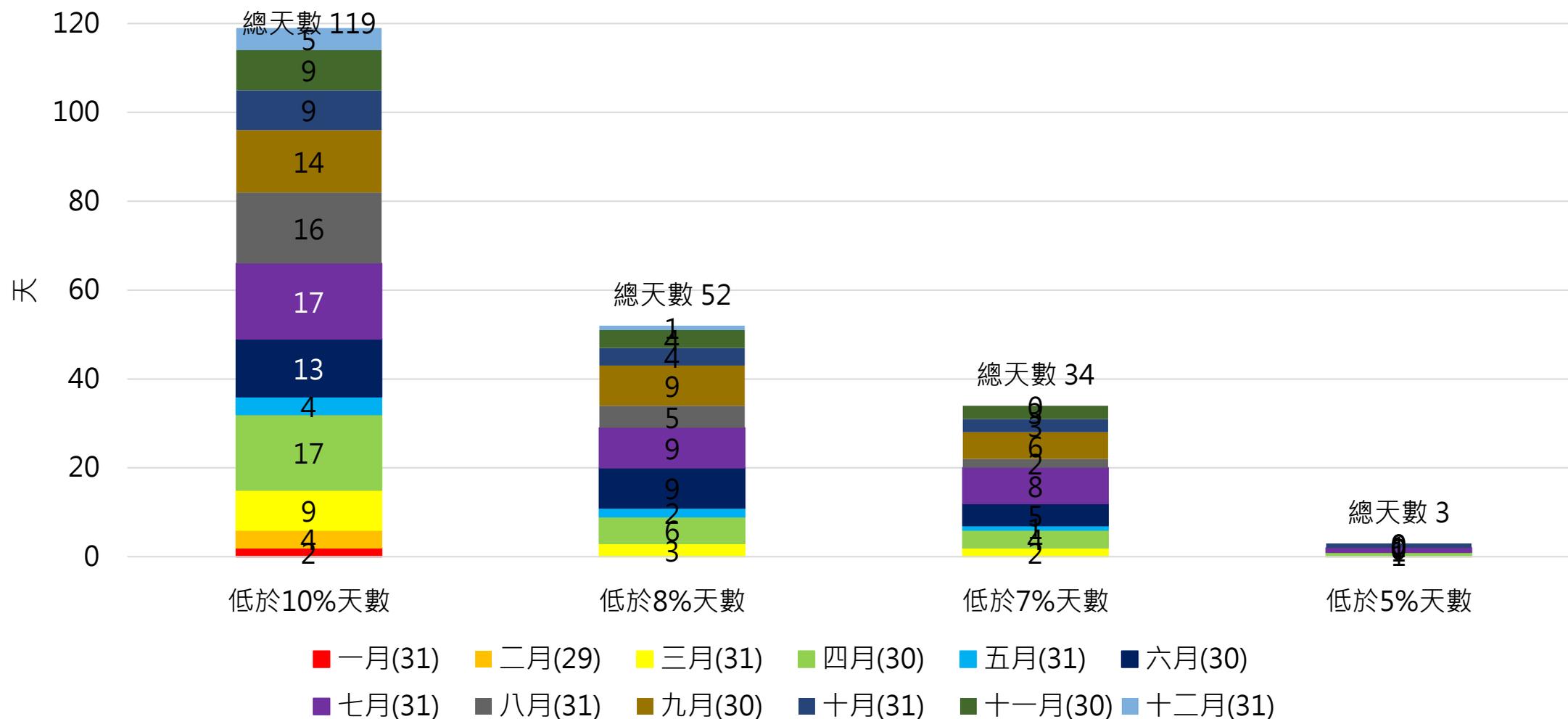


圖 2020-2024年北部地區尖峰用電供需缺口

# 1.5. 基礎設施面：2024年夜間尖峰備轉容量率低於10%天數

- 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，造成夜間尖峰備轉容量率低於10%天數明顯增加



資料來源：本研究彙整及計算自台灣電力狀況監測。

# 1.6. 基礎設施面：核電除役對夜間最低備轉容量率影響

- 比較2025年5月18日至6月12日非核家園後的時間，相較2024年同期，**備轉容量率於7%天數達5天，高於上年同期的2天，電力短絀將進一步惡化**

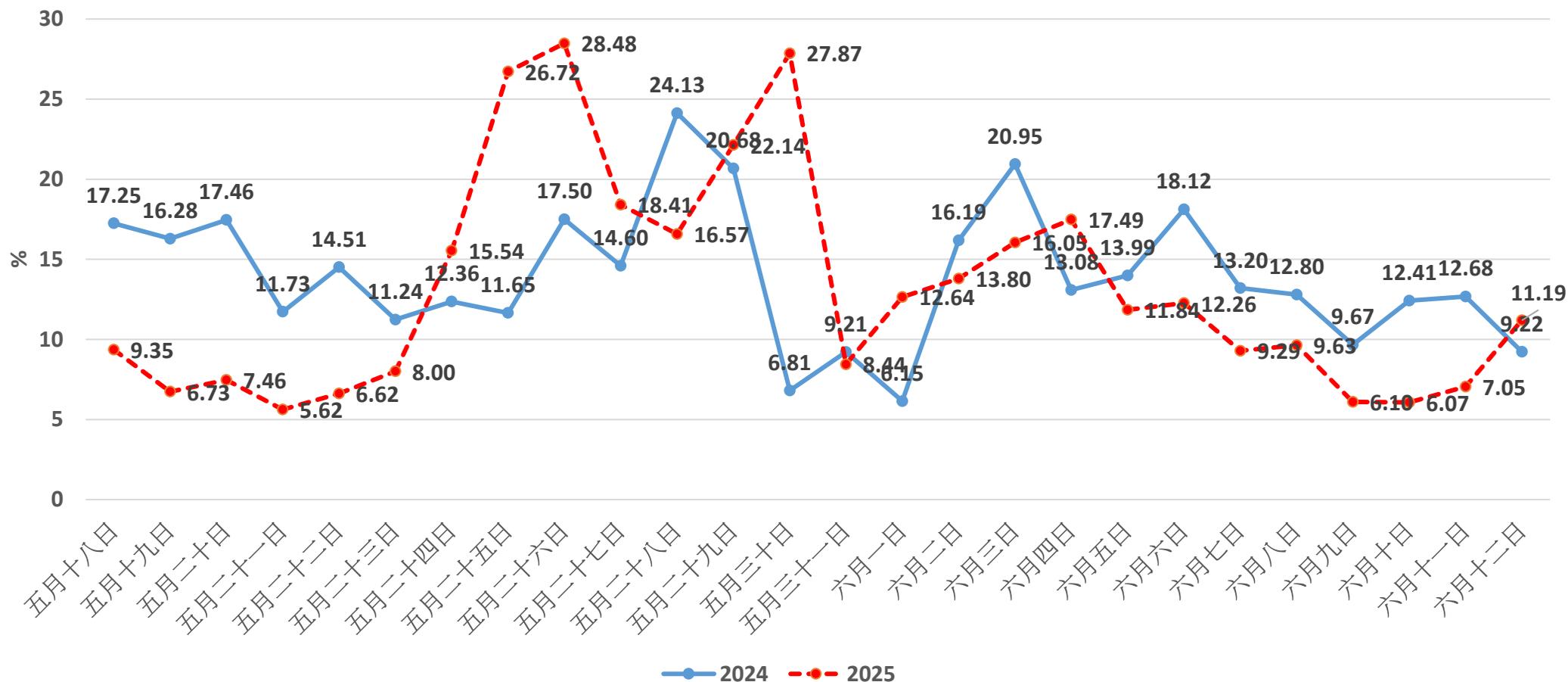


圖 非核家園後之夜間備轉容量率比較-2024年與2025年(5/18-6/12)

資料來源：本研究彙整及計算自台灣電力狀況監測網。

# 1.7. 基礎設施面：2024-2030年我國夜間備轉容量率目標規劃比較(政府2024年版、作者最終修正版)

政府 2024 年版	年	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
	尖峰負載 (萬瓩)	3,615	3,725	3,809	3,895	3,977	4,090	4,207	4,339
	淨尖峰能力 (萬瓩)	4,145	4,027	4,133	4,294	4,315	4,634	5,071	5,335
	備用容量率 (%)	14.7	8.1	8.5	10.2	8.5	13.3	20.5	23.0
	備轉容量率 (%)	9.7	3.1	3.5	5.2	3.5	8.3	15.5	18.0
作者 最終 修正版	年	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
	尖峰負載 (萬瓩)	3,615	3,725	3,809	3,895	3,977	4,090	4,207	4,339
	淨尖峰能力 (萬瓩)	4,145	4,018	4,081	4,107	4,170	4,120	4,726	5,220
	備用容量率 (%)	14.7	7.9	7.2	5.4	4.9	0.7	12.3	20.3
	備轉容量率 (%)	9.7	2.9	2.2	0.4	-0.1	-4.3	7.3	15.3

註：1. 2023年為實績值。

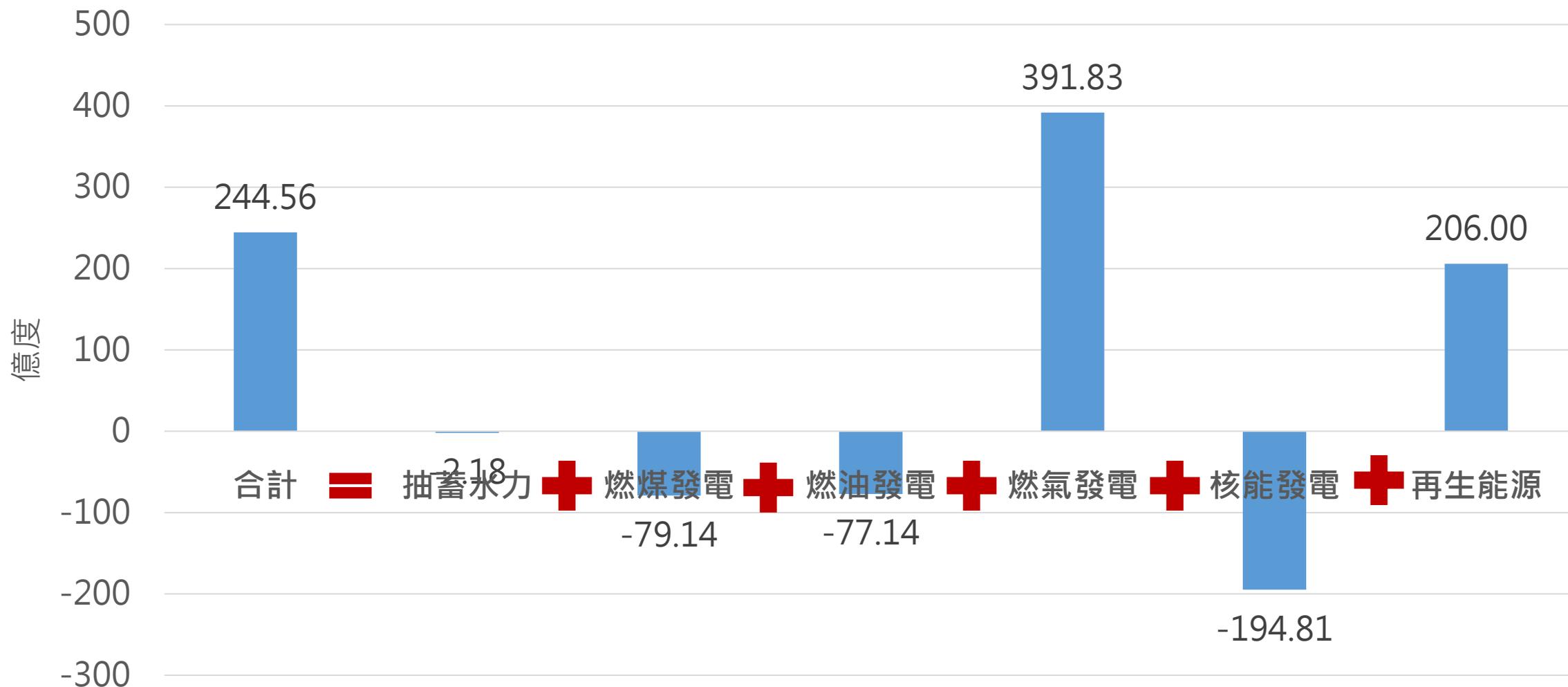
2. 協和3號與4號燃油機組延役。

3. 台中1號與2號燃煤機組延役。

資料來源：經濟部能源署，「112年版全國電力資源供需報告」頁19（2024.7.15）。

## 2.1 能源供應面：2016-2024年間各機組的發電量變化

- 2016-2024年間燃氣發電量增加392億度，無碳電力的淨增幅僅約11億

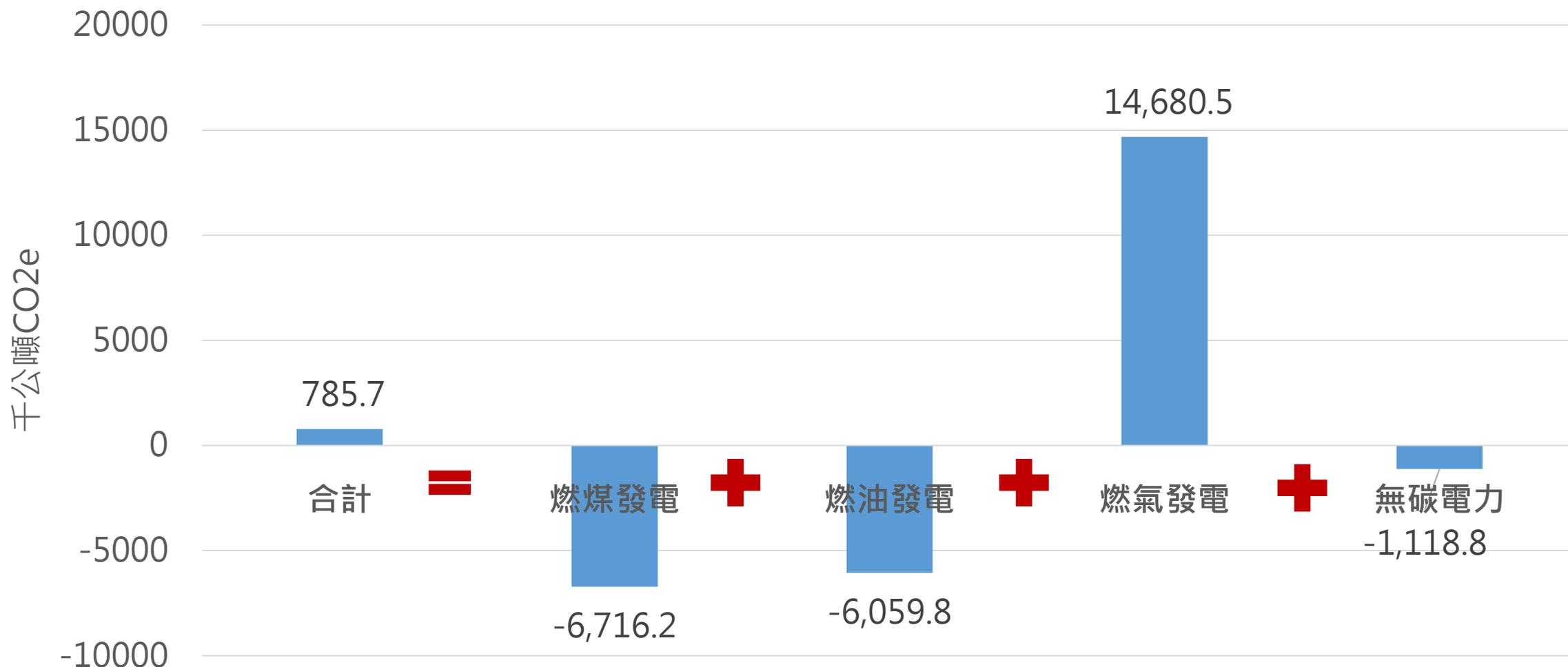


註：無碳電力包含核能發電及再生能源

資料來源：經濟部能源署，「能源統計月報」。

## 2.2. 能源供應面：2016-2024 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78.6萬噸CO<sub>2</sub>e**，增幅約**0.55%**

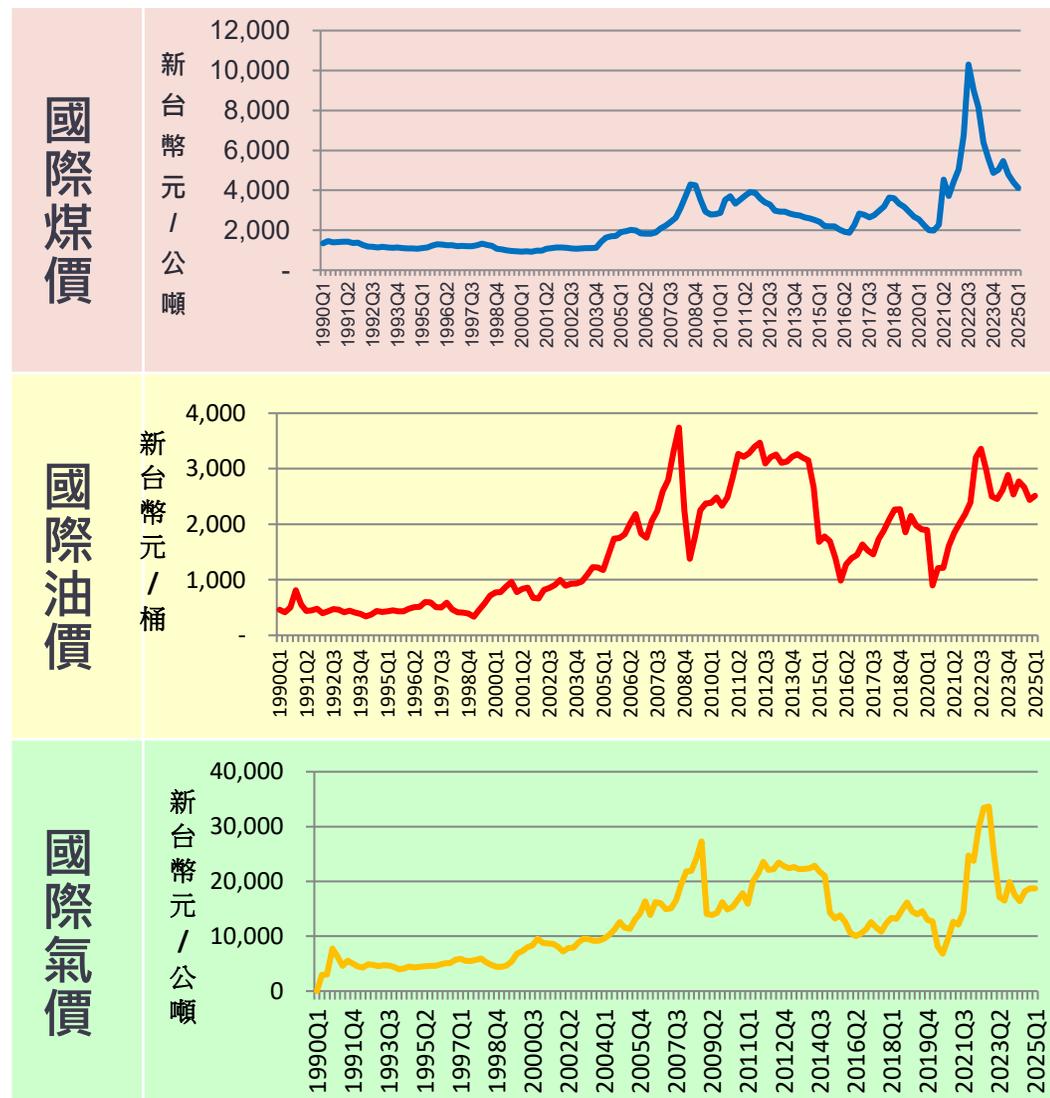


註：

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CO<sub>2</sub>e/度、0.786公斤CO<sub>2</sub>e/度、0.375公斤CO<sub>2</sub>e/度

### 3.1. 能源消費面：國際能源價格波動



✓ 2025年3月我國原油進口價格為76.84美元/桶，較去年同期(81.41美元/桶)下跌5.6%。

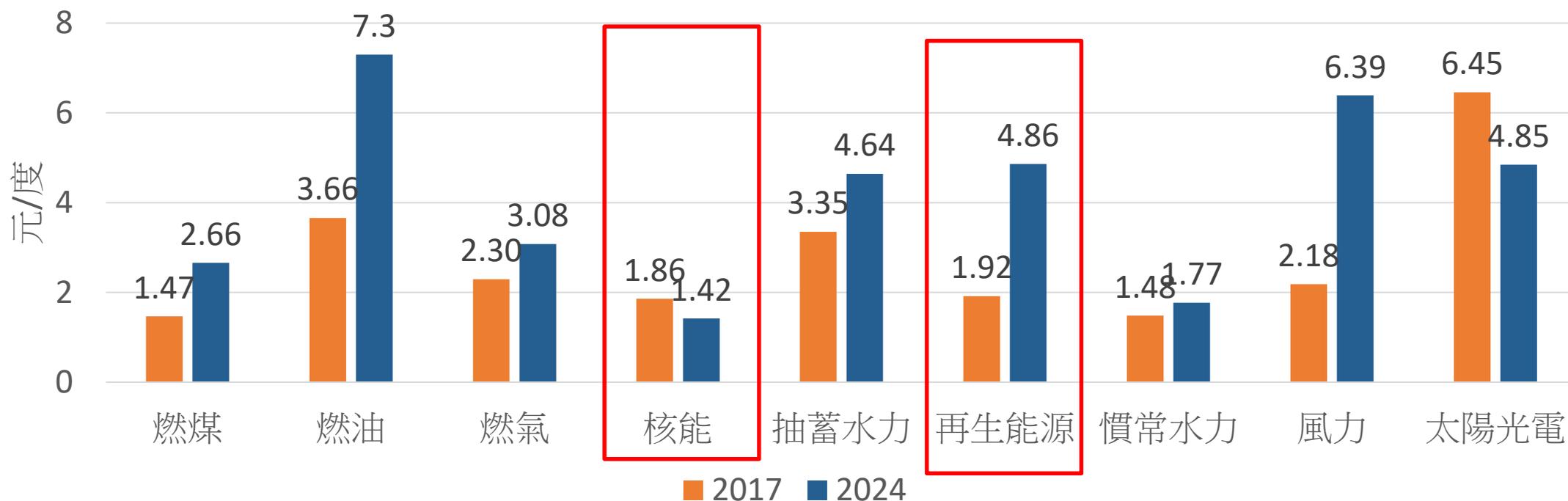
✓ 2025年3月我國LNG進口價格為587.5美元/公噸，較去年同期(518.6美元/公噸)增加將近13.3%。

✓ 2025年3月進口煤價為(118.9美元/公噸)相較去年同期(150.7美元/公噸)下跌約21.1%。

• 但6月13日以伊戰爭爆發、6月21日美軍參與轟炸伊朗核武設施，造成油價走揚，值得關注後續發展

## 3.2. 能源消費面：國內各類機組發電成本

- 核能發電成本(1.42元/度)僅約再生能源成本(4.86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。

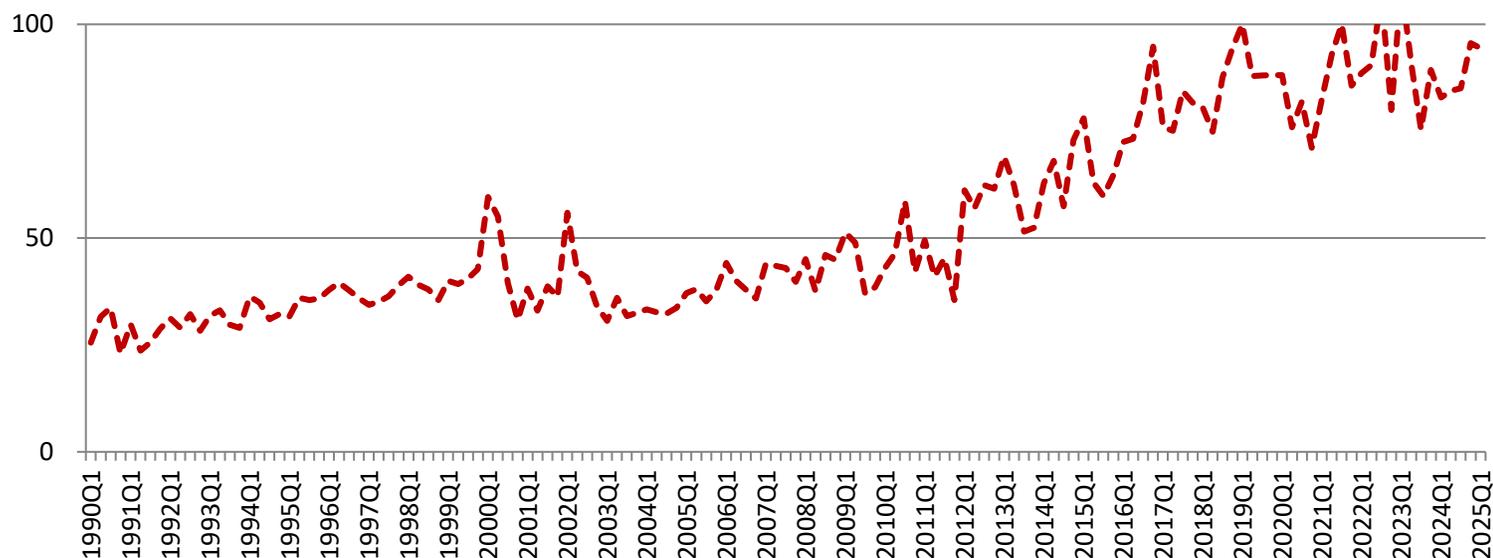


# 台灣能源安全指標編製結果

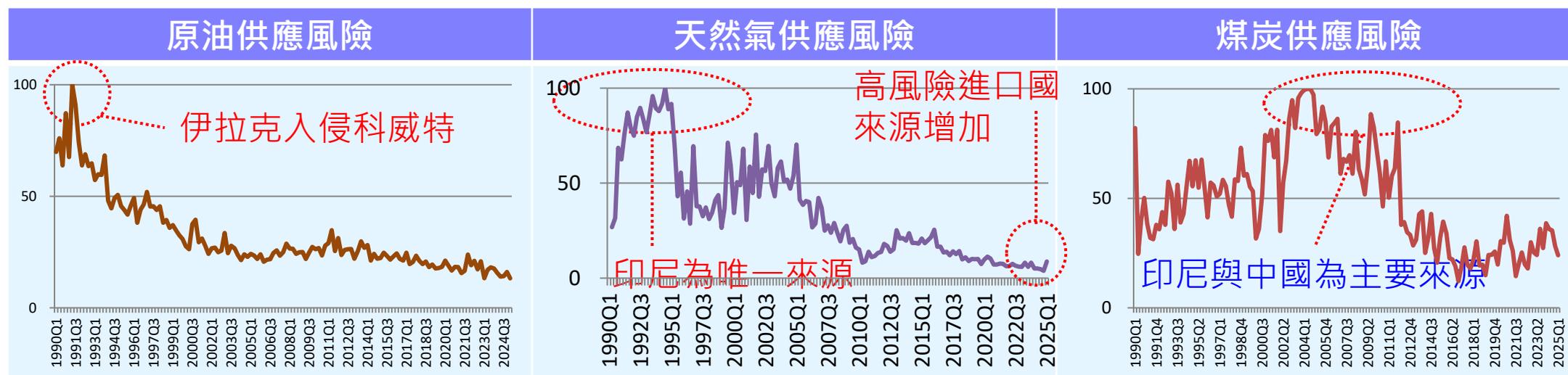
---

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

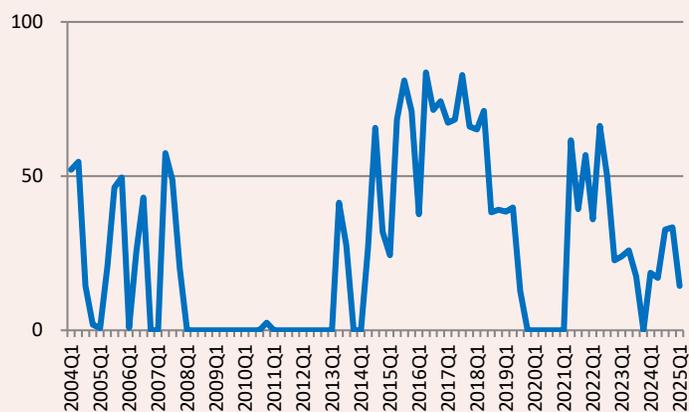


- 114年第一季 ( 94.4 ) 相較113年第四季 ( 95.6 ) 減少1.2點
- 114年第一季相較113年第一季 ( 82.9 ) 大減11.5點
- 114年第一季我國自高風險國家(例如俄羅斯、中東)進口LNG的比重大幅增加，降低初級能源供應安全

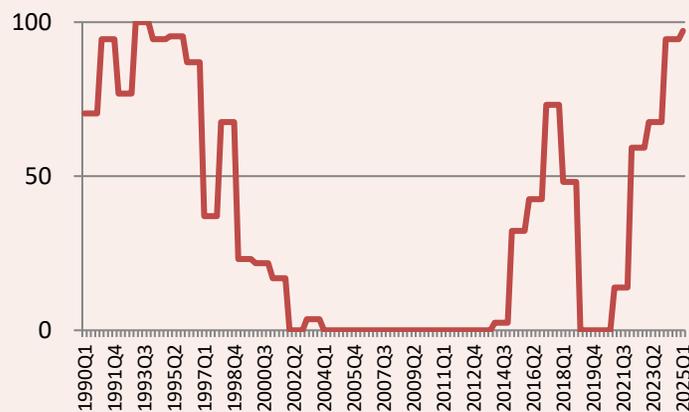


## 2. 基礎設施安全指標(風險增加、安全度降低)

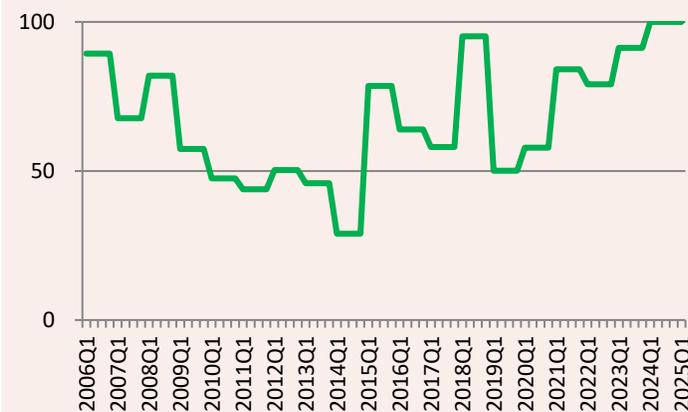
備轉容量率偏離風險



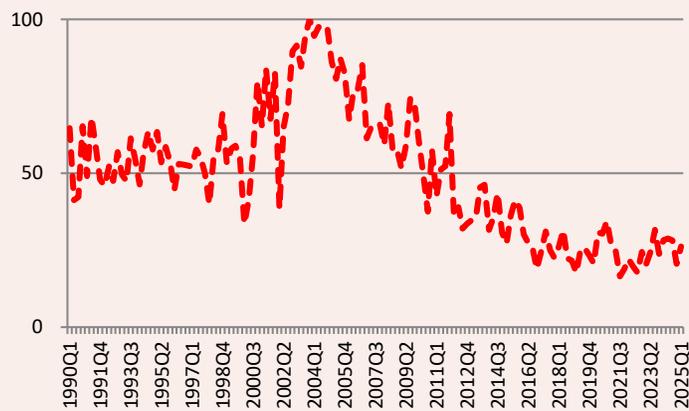
備用容量率偏離風險



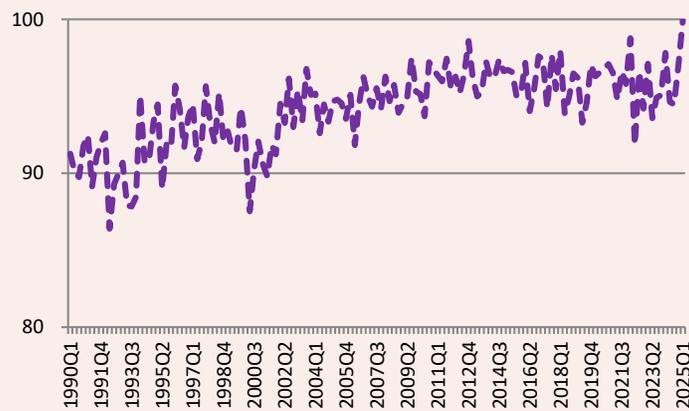
區域負載偏離風險



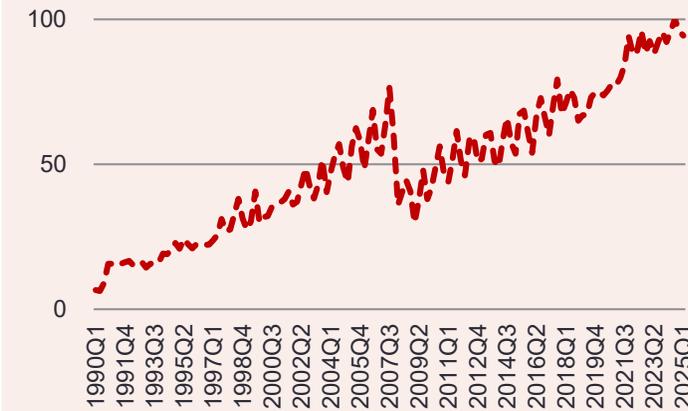
電源配比集中度風險



負載轉移餘裕程度



天然氣月周轉次數



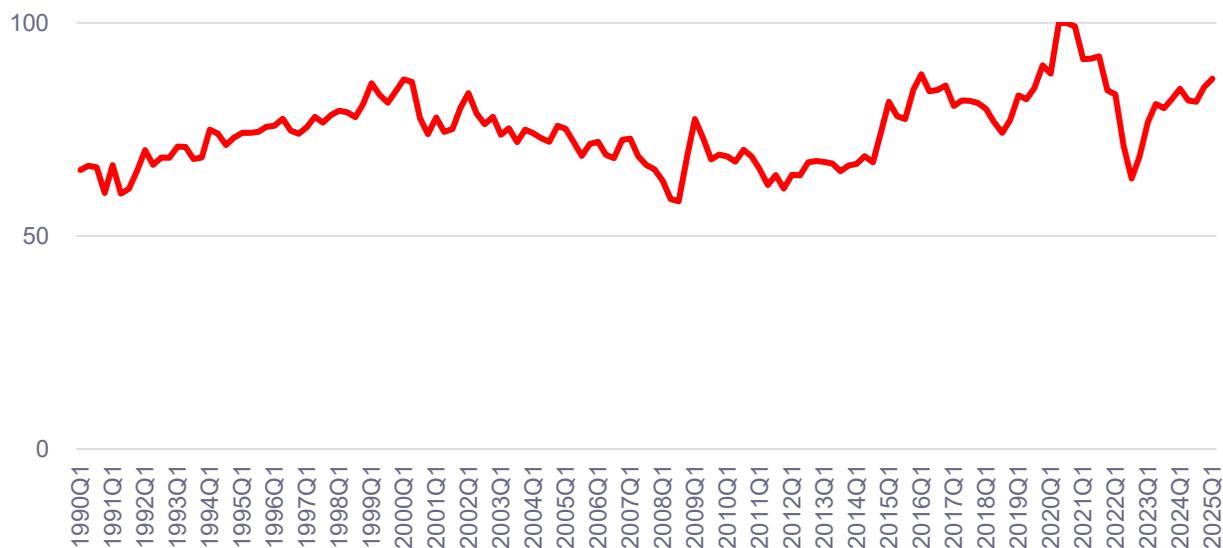
## 2. 基礎設施安全指標



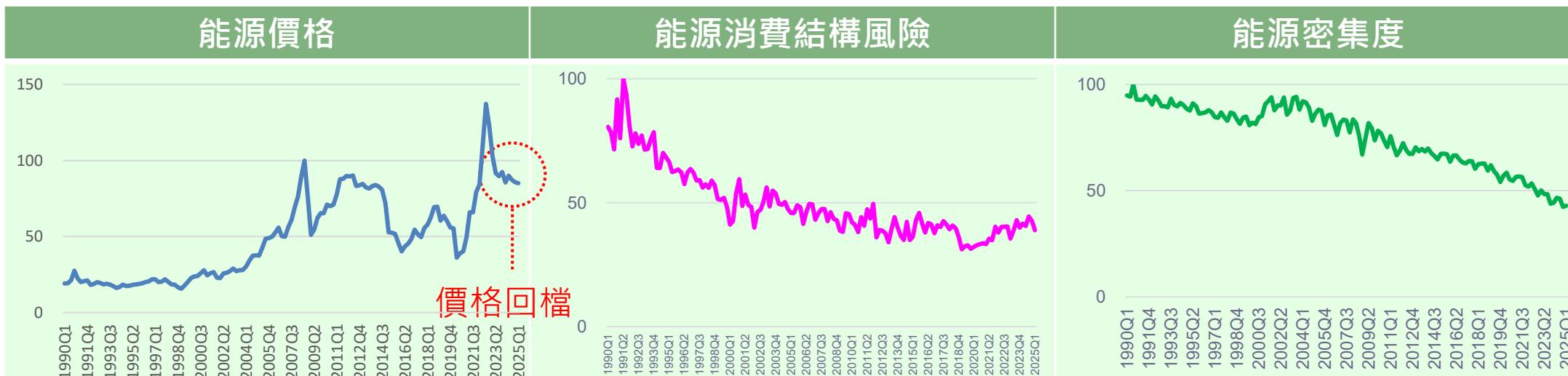
- 114年第一季 ( 58 ) 相較113年第四季 ( 57 ) 增加1點
- 114年第一季相較 113年第一季 ( 58.1 ) 減少0.1點

- 114年第一季基礎設施安全度略增，原因係核三廠二號機於113年10月21日進行大修，至12月7日才併聯發電，發電量增加有利基礎設施安全
- 冬季為離岸風電發電量最多時期，可增加電力供應量
- 然而，天然氣基礎設施不足造成天然氣周轉次數持續提高，且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

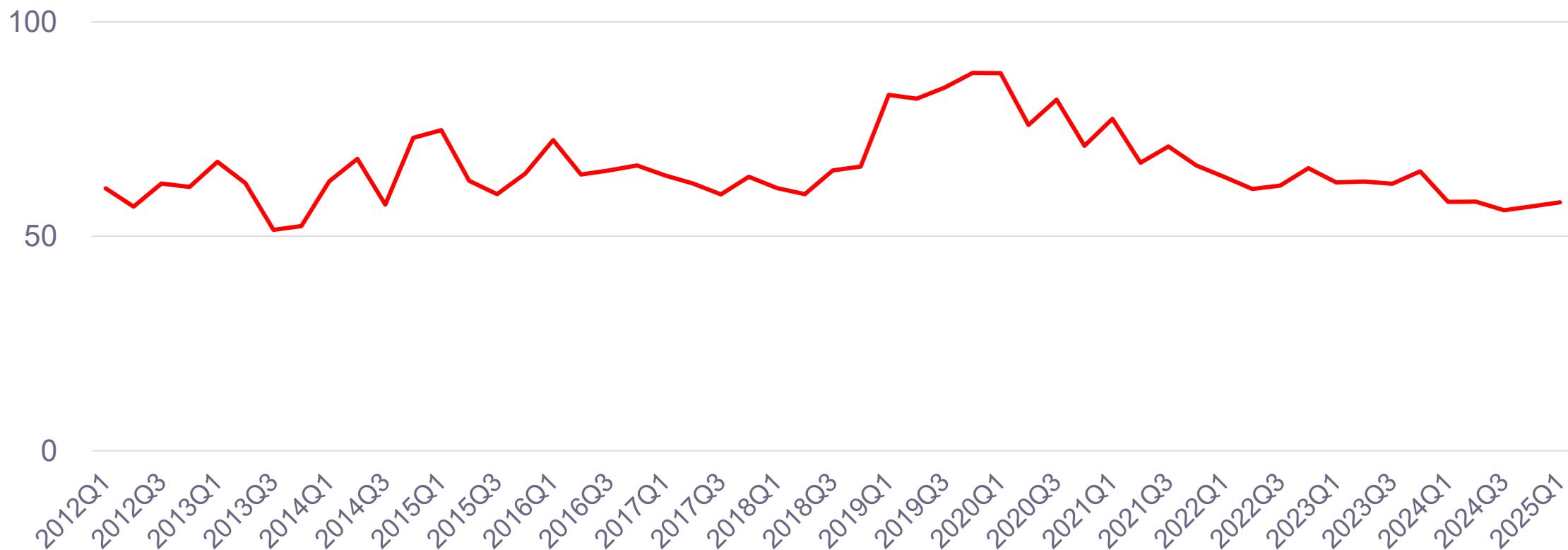


- 114年第一季 ( 86.9 ) 相較113年第四季 ( 84.9 ) 增加2點
- 114年第一季相較113年第一季 ( 84.6 ) 略增加2.3點
- 國際能源價格走跌、能源密集度持續改善，促使**國內能源消費安全提升**



# 總能源安全指標

- 114年第一季 ( 58 ) 相較113年第四季 ( 57 ) 增加1點；114年第一季相較113年第一季 ( 58.1 ) 減少0.1點。
  - ✓ 因核三廠二號機於大修後併聯發電，以及冬季為離岸風力發電高峰期，有利於基礎設施安全
  - ✓ 然而，由於天然氣基礎設施不足與核三廠二號機屆齡除役，不利於總能源安全



# 結論與建議

---

# 結語與建議

我國能源安全指標於**114年第一季 ( 58 )** 相較**113年第四季 ( 57 )** 增加1點；**114年第一季**相較**113年第一季 ( 58.1 )** 減少0.1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**。2024年夜間備轉容量率低於10%天數達119天，其中低於7%的達34天，低於5%亦有3天，電力確實短缺
2. 今(2025)年5月17日核三2號機除役迄今(6月12日)，在火力全開並緊急啟用已除役的大林電廠及備用的興達3、4號機後，備轉容量率於7%天數達5天，高於上年同期的2天，電力短絀將進一步惡化
3. 即令根據政府2024年7月15日公佈的超樂觀預測，**2024-2027間有3年備轉容量率低於4%，呈現長期電力供應不足警戒的橘燈**
4. 因再生能源建置落後、新LNG接收站因環評卡關，為填補電力不足，政府規畫2026-2033年共1,370萬瓩的民營燃氣電廠（占政府規畫新增大型機組共1,786萬瓩的77%）都有問題，且至今絕大多數尚未招標。**縱令燃煤及燃油電廠延役，2027年後備轉容量率仍可能出現負數**，同時2030年減碳30%的目標將成空談。
5. **重啟既有三座核電廠是最佳的解決方法**。過去政府認為無法執行2018年「以核養綠」公投的二個理由：(1)核廢無法處理，在今年5月1日核一廠核廢乾貯設施開始啟用後問題已解決；(2)違法問題，在今年5月13日立法院三讀通過《核管法》後，核電廠重啟再用20年已有法源依據。
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。	$PEV_i = x_i^T \cdot R \cdot x_i = x_{id}^2 \cdot r_d + \sum_{j=1}^J x_{ij}^2 \cdot r_j$ <ol style="list-style-type: none"> <li><math>x_i = (x_{id}, x_{i1}, \dots, x_{ij}, \dots, x_{iJ})</math>表示一國能源進口占比之矩陣；其中<math>x_{ij}</math>表示自j國進口i類能源占本國i類能源總供應占比；<math>x_{id}</math>代表i類能源於國內自產之比率。</li> <li><math>R</math>為能源出口國政經穩定度的風險矩陣；<math>r_j</math>即能源由來源地j供應之風險指標，而<math>r_d</math>為自產能源之供應風險，原則上以0計算。</li> </ol>

## 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 <sub>i</sub> )」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。	$PEV = w^T \cdot X^T \cdot R \cdot X = w^T \cdot \Pi$ <ol style="list-style-type: none"> <li><math>w^T = (w_1, \dots, w_i, \dots, w_I)</math>表示一國各類能源供應占比之矩陣，故<math>w_1 + \dots + w_I = 1</math>。</li> <li><math>\Pi = X^T \cdot R \cdot X</math>為各類能源供應脆弱度矩陣；本矩陣的對角線<math>\pi_{ii}</math>即為i類能源供應脆弱度(PEV<sub>i</sub>)，故<math>\pi_{ii} = PEV_i = x_{id}^2 \cdot r_d + \sum_{j=1}^J x_{ij}^2 \cdot r_j \geq 0</math>。</li> </ol>

# 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。	$\lambda_1 \times \frac{ \text{PRM}_t - \text{ORM} }{\text{ORM}} \times I(\text{PRM}_t > \text{ORM}) + \lambda_2 \times \frac{ \text{PRM}_t - \text{ORM} }{\text{ORM}} \times I(\text{PRM}_t < \text{ORM})$ <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>\text{PRM}_t</math>(Percent Reserve Margin)為備用容量率實績。</li> <li>2. <math>\text{ORM}</math>(Optimal Percent Reserve Margin)為最適備用容量率，設為15%。</li> <li>3. 公式的前項代表資源閒置，後項代表備用不足。</li> <li>4. <math>\lambda_1</math>及<math>\lambda_2</math>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。</li> </ol>

## 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。	$\lambda_1 \times \frac{ \text{POR}_t - \text{OOR} }{\text{OOR}} \times I(\text{POR}_t > \text{OOR}) + \lambda_2 \times \frac{ \text{POR}_t - \text{OOR} }{\text{OOR}} \times I(\text{POR}_t < \text{OOR})$ <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>\text{POR}_t</math>(Percent Operating Reserve)為備轉容量率實績。</li> <li>2. <math>\text{OOR}</math>(Optimal Percent Operating Reserve)為最適備轉容量率，設為10%。</li> <li>3. 公式的前項代表資源閒置，後項代表備用不足。</li> <li>4. <math>\lambda_1</math>及<math>\lambda_2</math>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。</li> </ol>

## 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
<p>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。</p>	$\sum_i \left[ \left( \lambda_1 \times \frac{ S_{it} - D_{it} }{D_{it}} \times I(S_{it} > D_{it}) \right) + \left( \lambda_2 \times \frac{ S_{it} - D_{it} }{D_{it}} \times I(S_{it} < D_{it}) \right) \right]$ <p>1. <math>i = N, M, S</math>                  2. 公式的前項代表供大於需，後者代表需大於供。                  3. <math>\lambda_1</math>及<math>\lambda_2</math>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。</p>

### 與他國電網連接偏離風險

指標意涵	指標公式
<p>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。</p>	$\lambda_1 \times \left  \frac{\text{與他國並聯容量}_t}{\text{本國裝置容量}_t} - \text{最適連接度} \right  \times I \left( \frac{\text{與他國並聯容量}_t}{\text{本國裝置容量}_t} > \text{最適連接度} \right)$ $+ \lambda_2 \times \left  \frac{\text{與他國並聯容量}_t}{\text{本國裝置容量}_t} - \text{最適連接度} \right  \times I \left( \frac{\text{與他國並聯容量}_t}{\text{本國裝置容量}_t} < \text{最適連接度} \right)$ <p>1. 最適連接度依據歐盟建議設為10%。                  2. <math>\lambda_1</math>及<math>\lambda_2</math>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。</p>

## 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 <sub>t</sub> /尖峰負載 <sub>t</sub> 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 <sub>t</sub> /天然氣可儲存容量 <sub>t</sub> 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
<p>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。</p>	<p><math>S_i \times</math> 各類發電能源對應風險<sub><i>i</i></sub></p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. <math>S_i</math>：各類能源發電量占總發電量比率</li><li>2. 各類發電能源對應風險<sub><i>i</i></sub>：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。</li></ol>

# 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。	$\sum_i S_{i,t} \times P_{i,t}$ <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>P_i</math> 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)。</li> <li>2. <math>S_i</math> 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</li> </ol>

## 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 <sub>t</sub> /實質國內生產毛額 <sub>t</sub>

## 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。	$EEV = \sum_i S_i \times EEV_i$ <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>EEV_i = (PEV_i, \text{基礎設施脆弱度})</math> 表示一國<i>i</i>類能源消費的來源風險程度，其中，<math>S_i</math> 為<i>i</i>類能源的最終消費占比。</li> <li>2. 電力項目採用基礎設施脆弱度；</li> </ol>