

# 台灣能源安全指標 (一〇七年第三季)

---

研究單位：中央大學台灣經濟發展研究中心

研究成員：梁啟源講座教授

107年12月27日

# 簡報大綱

- 一 台灣能源安全指標簡介
- 二 台灣能源經濟現況
- 三 台灣能源安全指標編製結果
- 四 能源績效國際評比指標簡介及編製結果
- 五 結論與建議
- 六 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

- 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。
- 另以世界經濟論壇(WEF)之能源結構績效指標為基礎，建立能源績效國際評比指標，比較我國和世界主要國家之相對能源績效表現。

# 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。

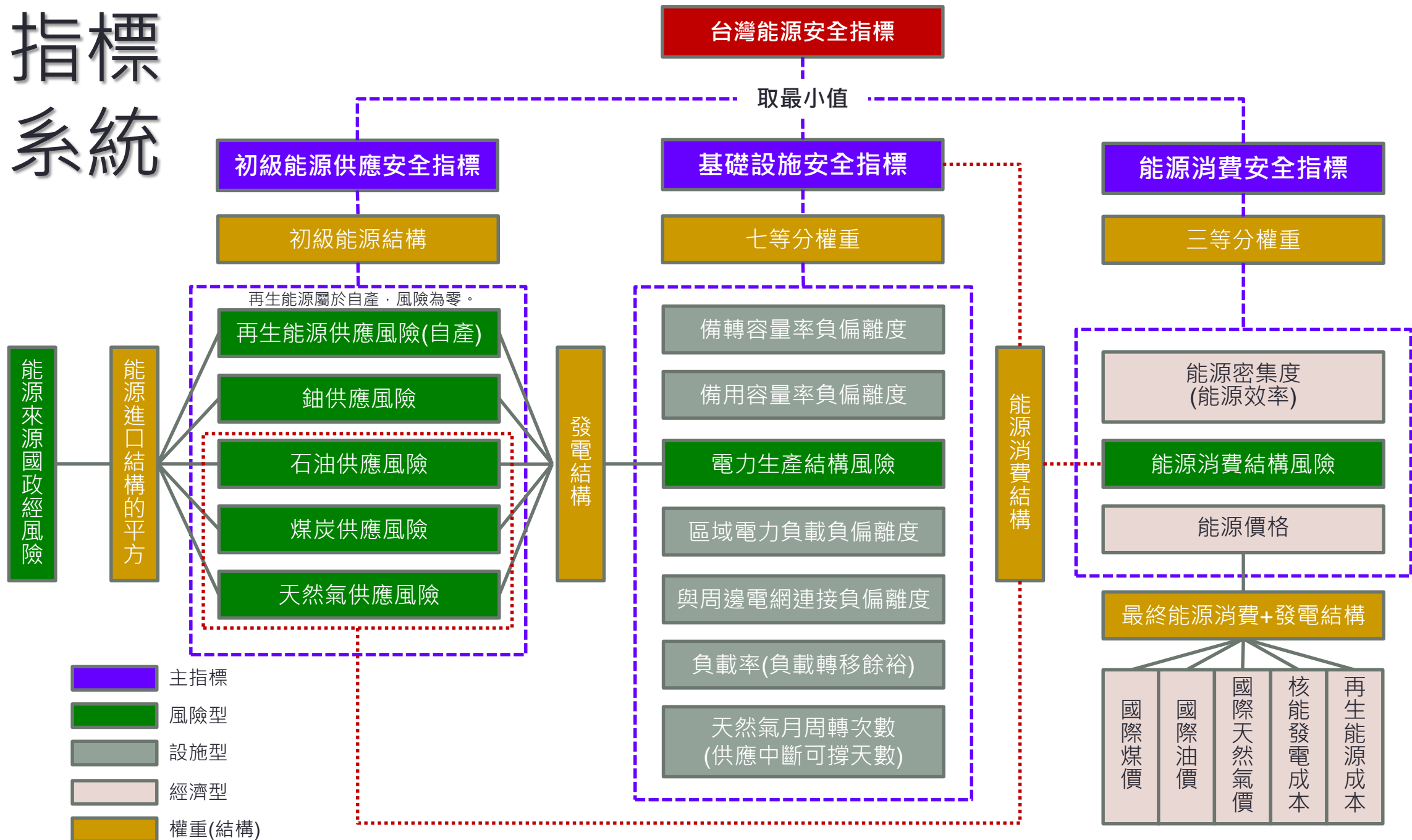
總能源安全指標

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：電源配比的結構性變化

- 107年第三季時有尚四部核能機組運轉。其中，核二廠二號機於107年6月重新併聯發電後，大幅提高發電量，有效緩解電力供應不足壓力。
- 再生能源(生質能及廢棄物)發電占系統比率提高，惟占電力系統比重尚低。
- 若核能電廠除役且其餘電源未能補足電力缺口，將對我國電力供應造成壓力

發電量依能源別分

我國核能電廠運轉執照期限與機組停機/重啟時間

| 廠別  | 機組  | 運轉執照期限     | 停機/重啟時間               |
|-----|-----|------------|-----------------------|
| 核一廠 | 一號機 | 107年12月5日  | 103年12月/機組除役          |
|     | 二號機 | 108年7月15日  | 106年6月/機組大修中          |
| 核二廠 | 一號機 | 110年12月27日 | 105年12月/106年6月        |
|     | 二號機 | 112年3月14日  | 105年5月/107年6月         |
| 核三廠 | 一號機 | 113年7月26日  | 107年12月17日/107年12月19日 |
|     | 二號機 | 114年5月17日  | 107年12月/機組大修中         |

資料來源：行政院原子能委員會

|                           | 發電量(百萬度)     |              |              | 變動率(%)               |                      |
|---------------------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|----------------------|
|                           | 106年第三季      | 107年第二季      | 107年第三季      | 107年第三季<br>相對107年第二季 | 107年第三季<br>相對106年第三季 |
| 水力                        | 2,564        | 1,705        | 2,257        | 32.4                 | -12.0                |
| 燃煤                        | 33,985       | 33,282       | 35,850       | 7.7                  | 5.5                  |
| 燃油                        | 3,977        | 2,779        | 1,826        | -34.3                | -54.1                |
| 燃氣                        | 28,347       | 25,186       | 25,138       | -0.2                 | -11.3                |
| 核能                        | <b>6,431</b> | <b>5,861</b> | <b>8,649</b> | 47.6                 | 34.5                 |
| 風力                        | 149          | 232          | 246          | 6.0                  | 64.5                 |
| 太陽光電                      | 511          | 734          | 826          | 12.5                 | 61.7                 |
| 生質能及廢棄物                   | 932          | 867          | 1,115        | 28.6                 | 19.6                 |
| 合計                        | 75,965       | 69,778       | 74,790       | 7.2                  | -1.5                 |
| 再生能源發電量                   |              |              |              |                      |                      |
| 合計                        | 4,156        | 3,538        | 4,443        | 25.6                 | 6.9                  |
| 再生能源發電量<br>占總發電量比重<br>(%) | <b>5.47</b>  | <b>5.07</b>  | <b>5.94</b>  | 17.2                 | 8.6                  |

資料來源：整理自民國107年10月份之能源統計月報。

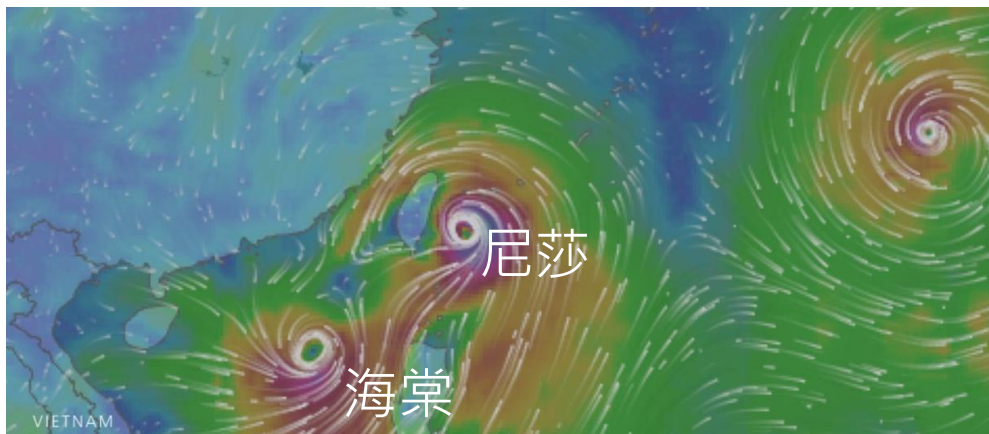


## 1.2. 基礎設施面：天然氣營運壓力偏高

和其他亞洲國家相比，我國LNG接收站營運壓力極大。

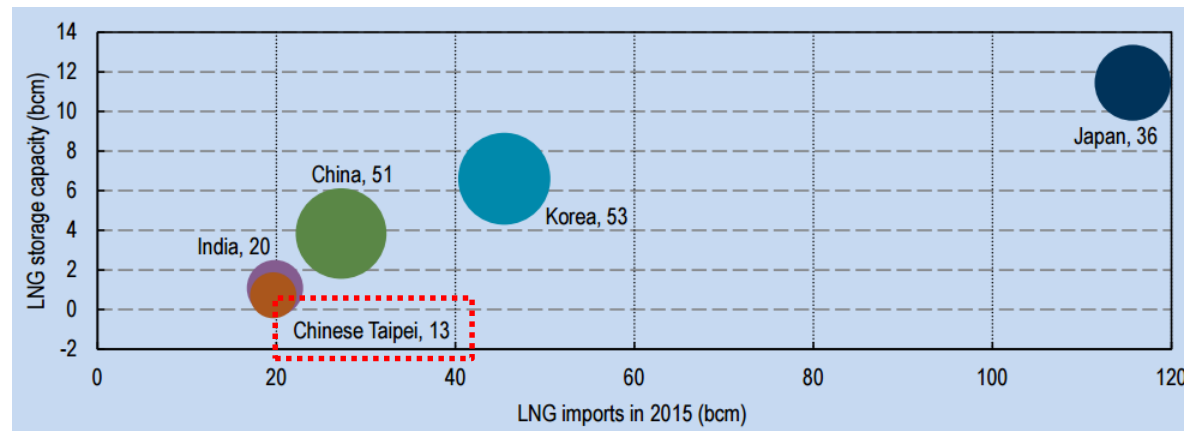
- LNG再氣化設備的利用率已超過100%，而韓國則僅37%。
- 相較日、韓，我國天然氣儲槽的年均周轉次數僅有13天，夏季則更可能降至6-7天，實際安全存量更低。
- 進口來源若中斷（如颱風），可撐天數偏低。

台灣夏季為颱風多發季節



資料來源：Windy (106/7/29)

亞洲國家104年LNG儲存容量、進口量與週轉天數



資料來源：IEA, Global Gas Security Review (2016)

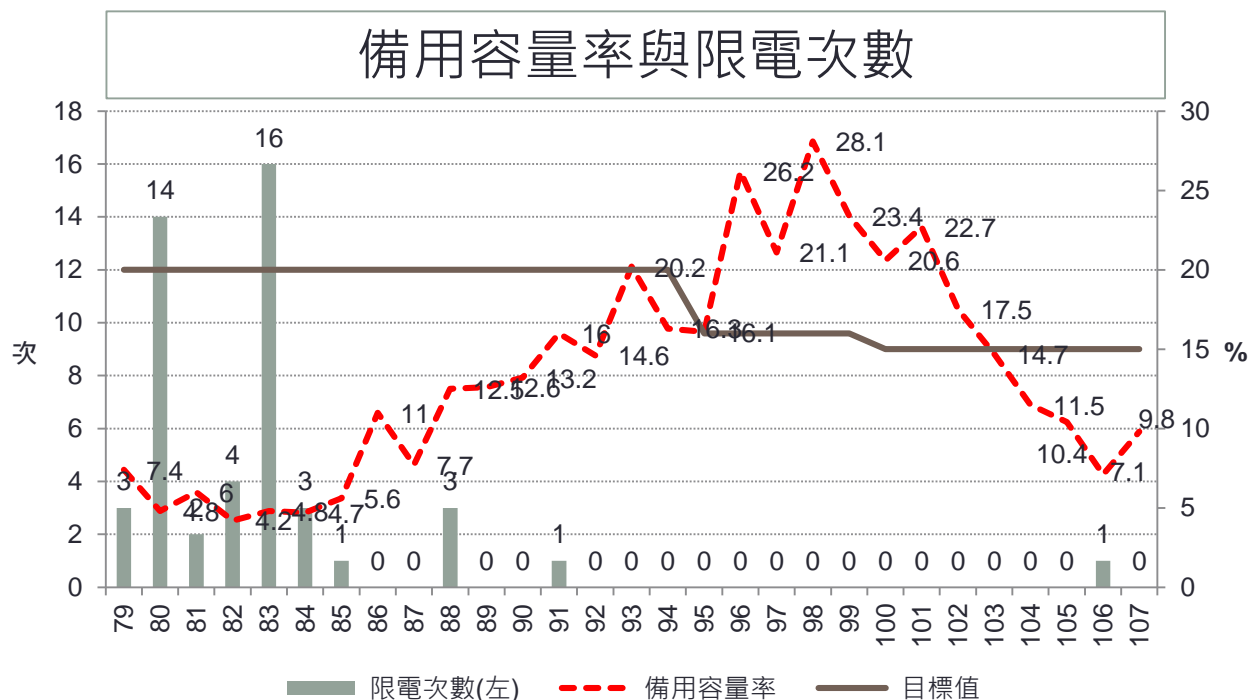
106年台灣與亞鄰國家天然氣接收站利用率

|             | 台灣    | 日本     | 韓國     | 中國大陸  |
|-------------|-------|--------|--------|-------|
| 進口量 (萬噸)    | 1,651 | 8,352  | 3,717  | 3,780 |
| 接收站數量       | 2     | 34     | 6      | 13    |
| 規營運量 (萬噸/年) | 1,600 | 19,700 | 10,100 | 4,900 |
| 利用率         | 103   | 42     | 37     | 77    |

資料來源：朱文成 (2018)，「影響台灣供電安全、經濟和環保的因素」。

# 1.3. 基礎設施面：電源供應緊澀

- 103年後，我國備用容量率降低至政策目標值以下。
- 70-80年代我國備用電源不足，限電次數共46次，83年曾達16次。
- **107年因核二廠二號機併聯運轉，提高備用容量率，惟仍低於合理目標值(15%)。**



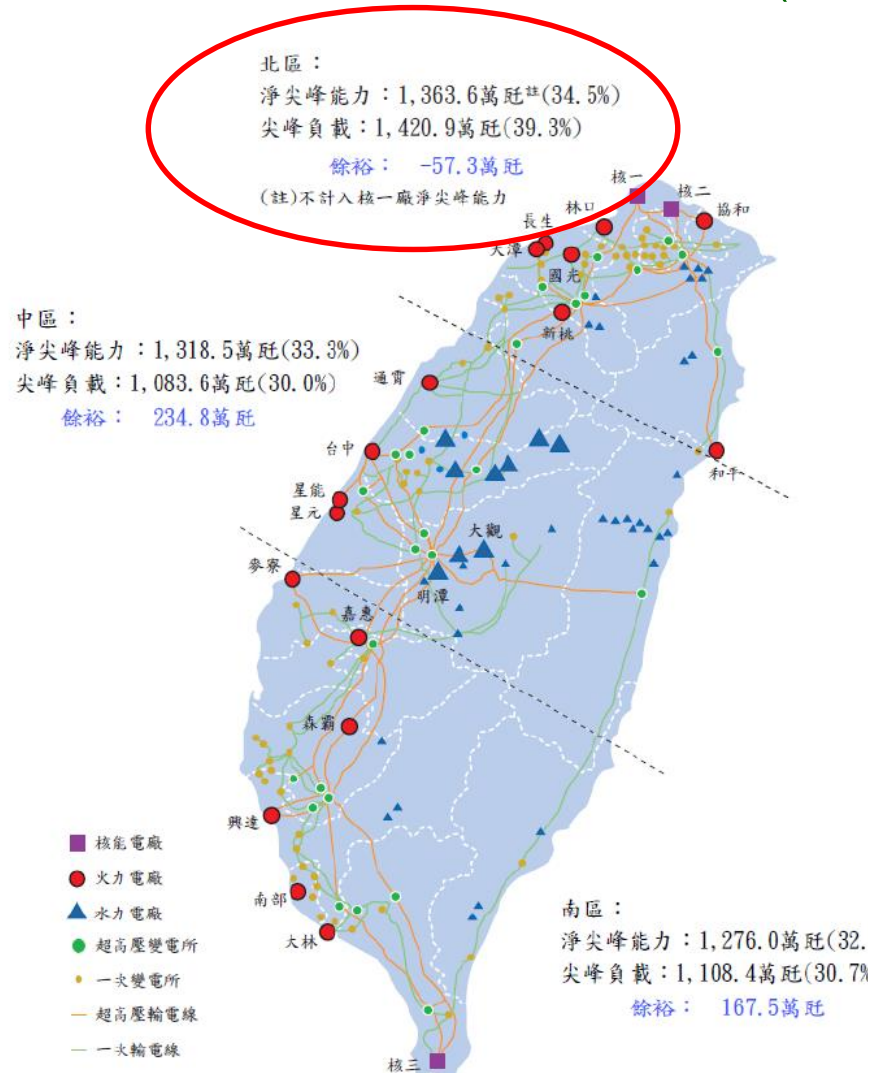
資料來源：台灣電力公司。

- 顯示**供電吃緊**與**供電警戒**之**橘燈與黃燈數持續上升**。
- 今年截至 12/18 止，已出現29天代表**供電警戒**的**橘燈**。

|           | <br><b>供電吃緊</b><br>備轉容量率<br>10%~6%之間<br>系統供電<br>餘裕緊澀 | <br><b>供電警戒</b><br>備轉容量率<br>小於等於6%<br>系統限電<br>機率增加 | <br><b>限電警戒</b><br>備轉容量<br>90萬瓩以下<br>限電警戒 |
|-----------|---|---|--|
| 102       | 9   | 1   | 0  |
| 103       | 53  | 9   | 0  |
| 104       | 158   | 31  | 2  |
| 105       | 161   | 77  | 3  |
| 106       | 207   | 104   | 3  |
| 107.12.18 | 271   | 29  | 0  |

# 1.4. 基礎設施面：區域負載不均、負載轉移空間有限

106年夏季臺灣本島區域供需示意圖(不含離島)



- 北部地區於夏季期間電力供應不足，若未來中電不北送，情況將更形嚴峻。
- 我國2017年平均負載率72.8%，略高於主要國家。

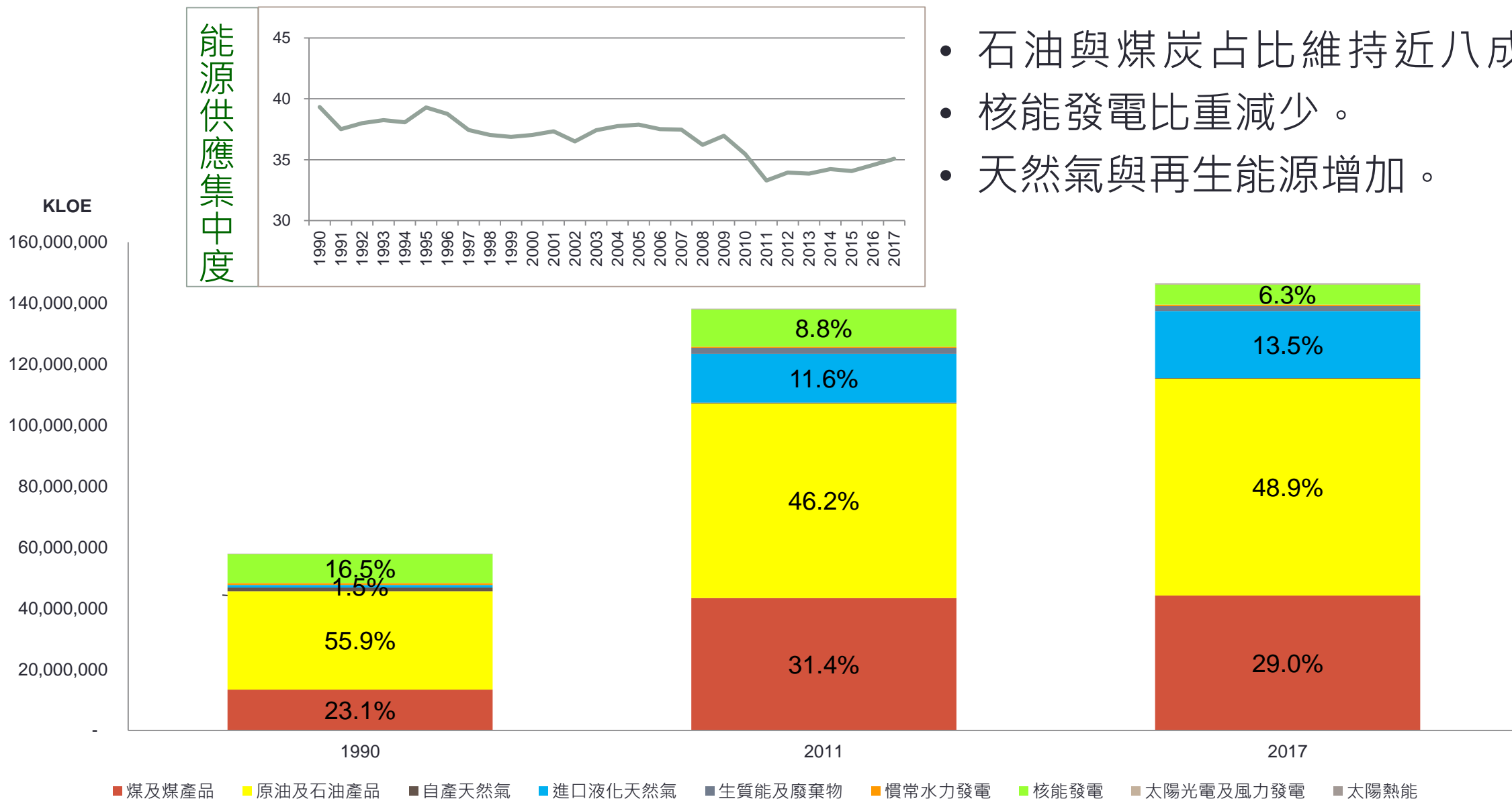
主要國家負載率比較106年夏季臺灣本島區域供需示意圖(不含離島)



資料來源：Electricity Review Japan (2015)；台電統計

註：我國數據為102-106年平均值，其他國家則為79-100年的最高值。

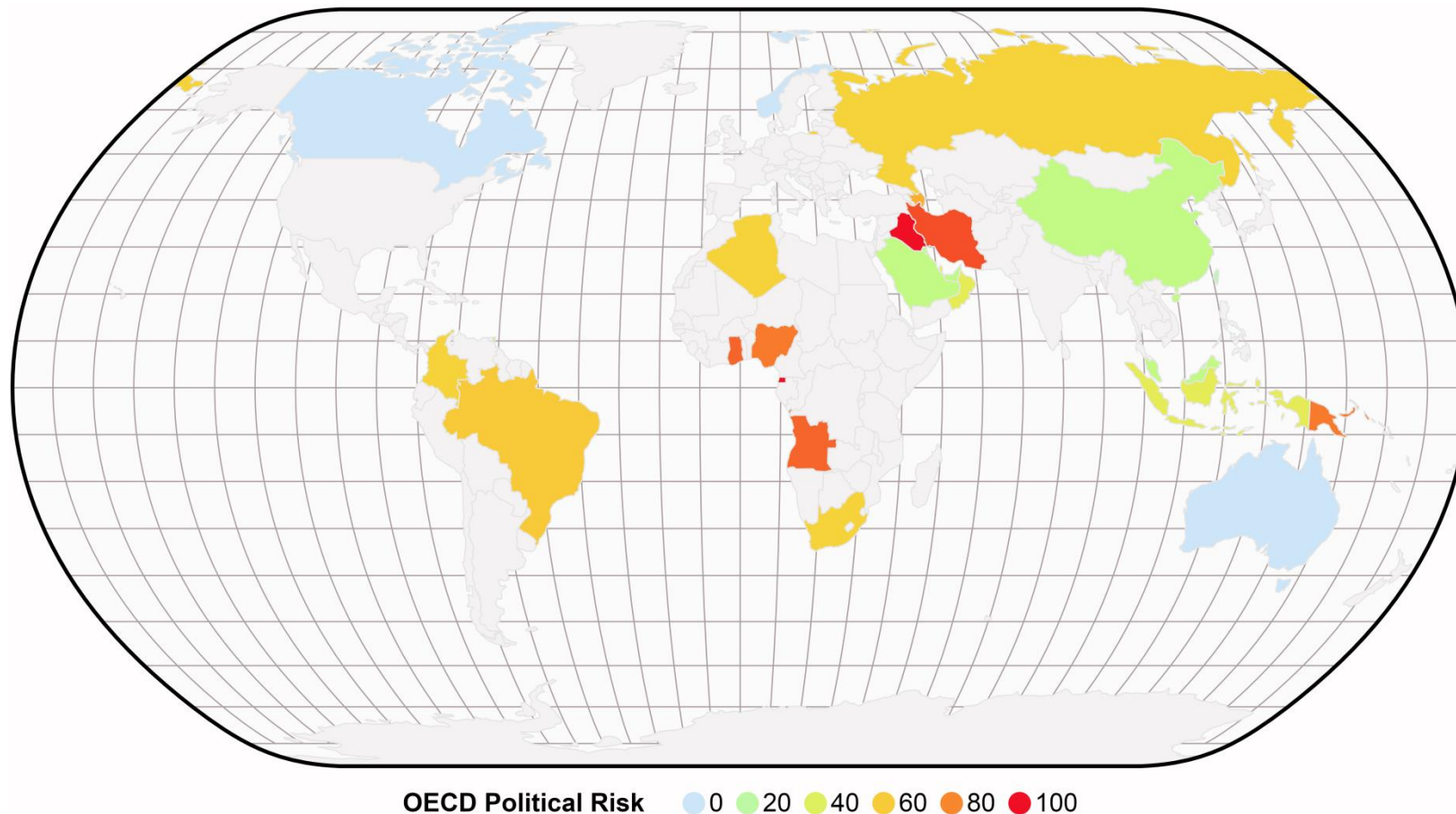
## 2.1 能源供應面：初級能源供應結構



- 石油與煤炭占比維持近八成。
- 核能發電比重減少。
- 天然氣與再生能源增加。



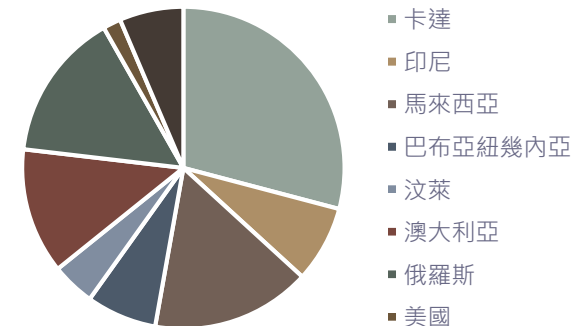
## 2.2. 能源供應面：地緣政經風險



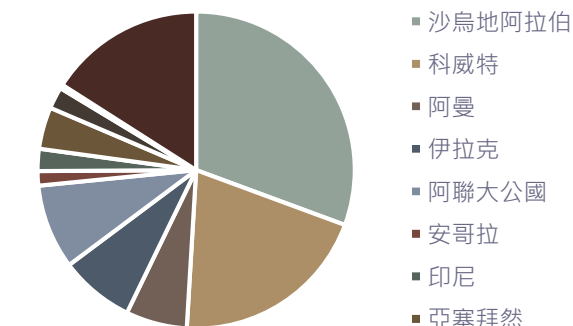
資料來源：OECD Country Risk Classification (20 April 2017)

我國液化天然氣最主要進口國為卡達，且油、氣能源進口來源以中東地區為主，政經風險較高。

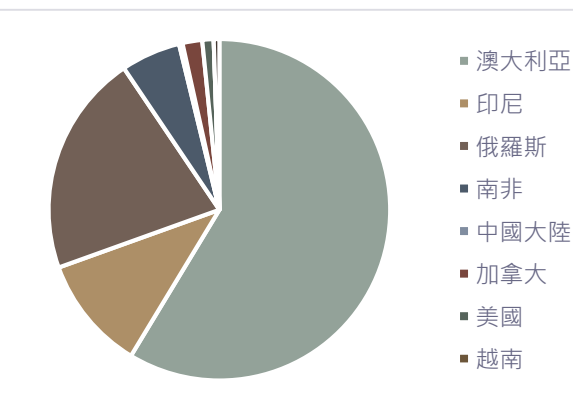
天然氣進口來源



石油進口來源

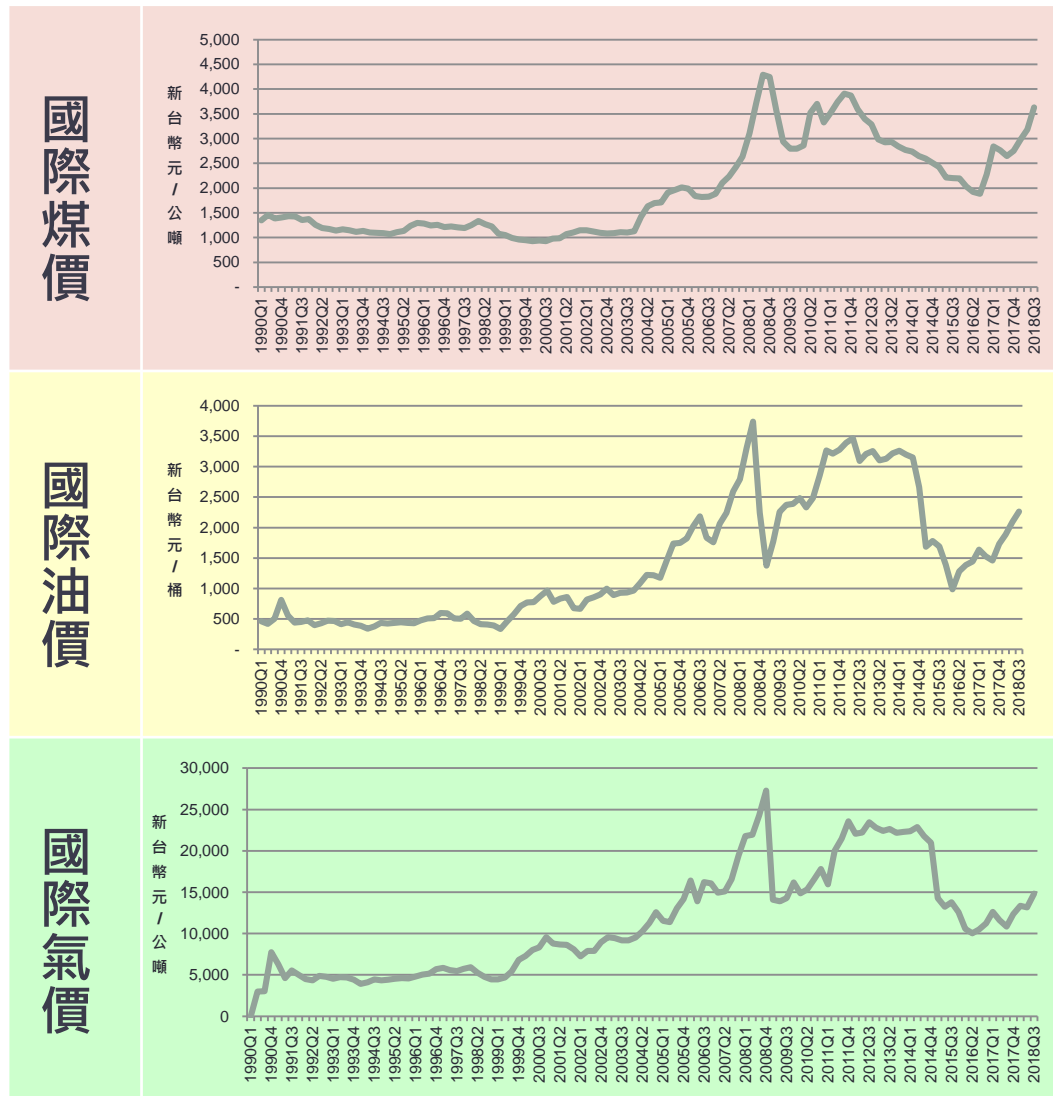


煤炭進口來源



資料來源：整理自民國107年10月份之能源統計月報

## 3.1. 能源消費面：國際能源價格波動

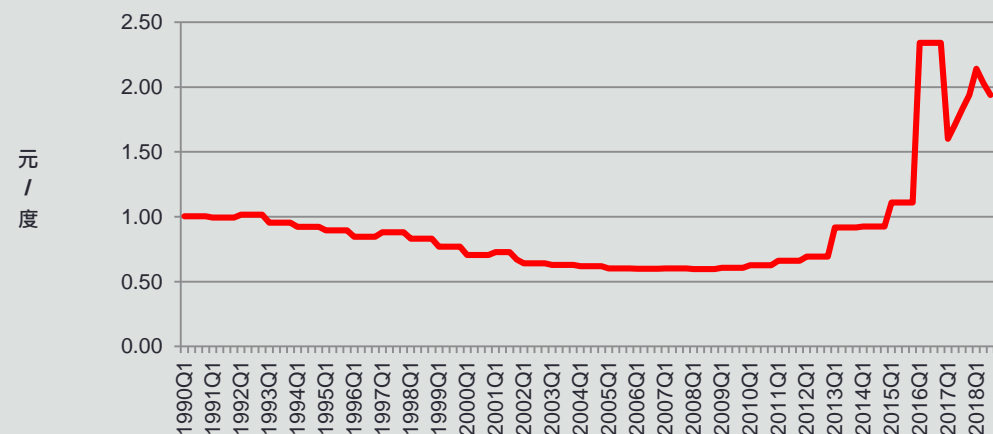


- 我國進口能源占比達98%，深受國際能源價格波動之影響。
  - 國際能源價格曾於97年達到歷史高點；
  - 金融風暴之後，國際能源價格呈現巨幅震盪的態勢。
  - 自106年第三季至107年第三季，各類能源價格呈上揚趨勢
- 能源價格的劇烈波動，將對工業用戶及住商用戶的營運活動、生產規劃或者日常生活與支出造成影響

## 3.2. 能源消費面：國內零碳發電成本走高

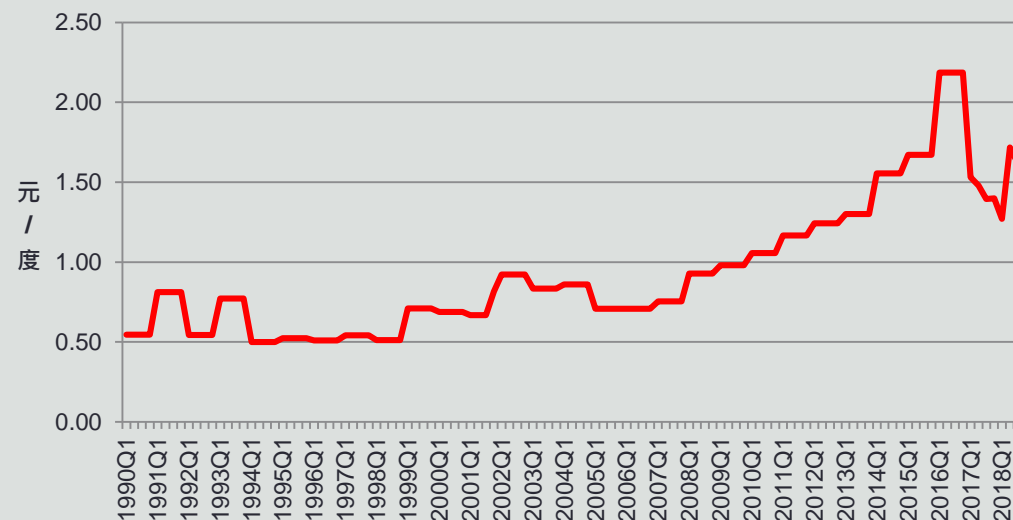
- 早前國內再生能源僅水力發電，發電成本低。近年太陽能與風電增加，再生能源整體的發電成本逐漸走高。
- 在核二廠二號機重啟運轉下，發電量提高，使發電成本降低。

核能(含核後端)發電成本



註：2016年核能發電單位成本較高，主係應原能會要求，將核燃料乾式貯存場由露天式改採室內貯存方式設計後，估算核後端除役費用並於該年度補列，及依會計師意見將核一#1機尚未攤銷之資產認列為核燃料成本及折舊費用所致(影響數共計1.14元/度)。

再生能源(含水力)發電成本

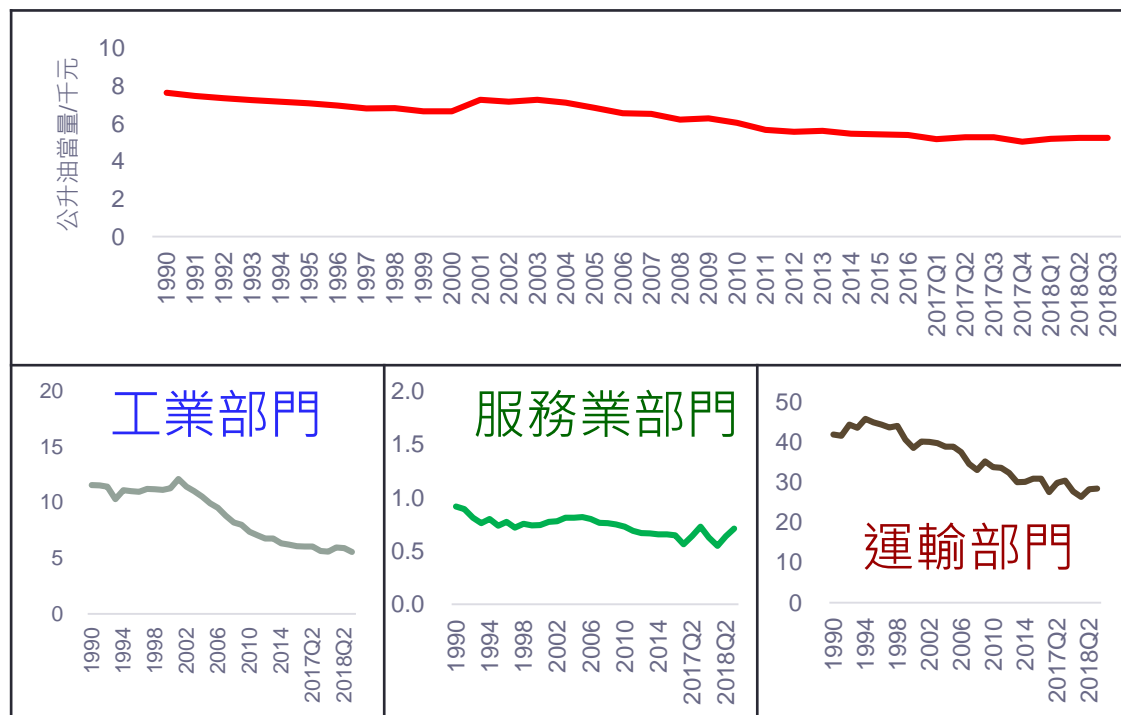


### 3.3. 能源消費面：能源效率改善 & 消費結構分散化

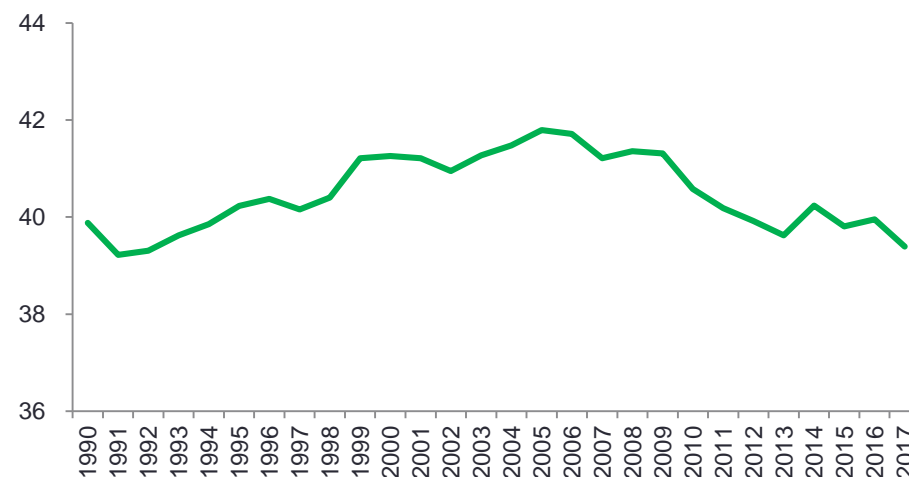
用戶因應能源價格波動的能力提高

- 能源消費結構走向分散化。
- 能源效率持續改善，惟近期電力密集度顯著上升。

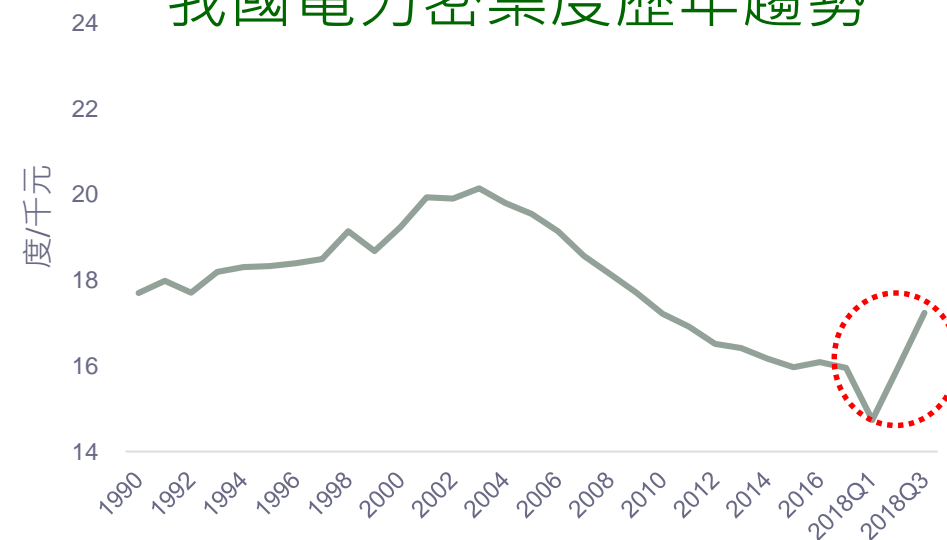
#### 我國能源密集度歷年趨勢



#### 我國能源消費結構集中度



#### 我國電力密集度歷年趨勢



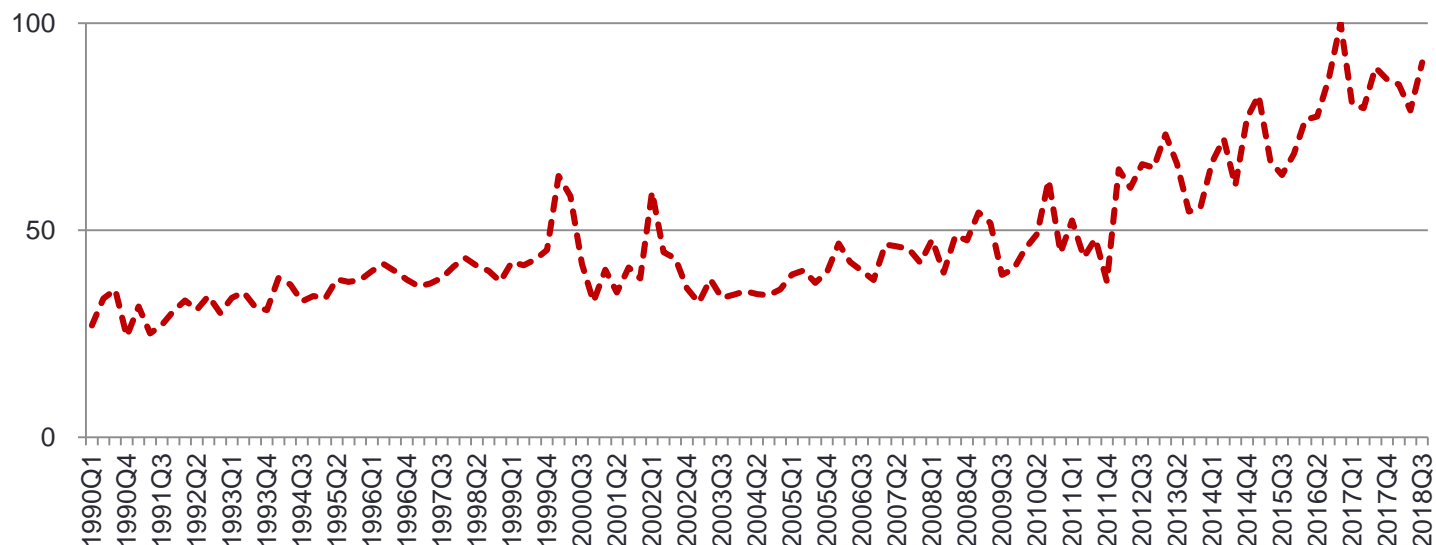


# 台灣能源安全指標編製結果

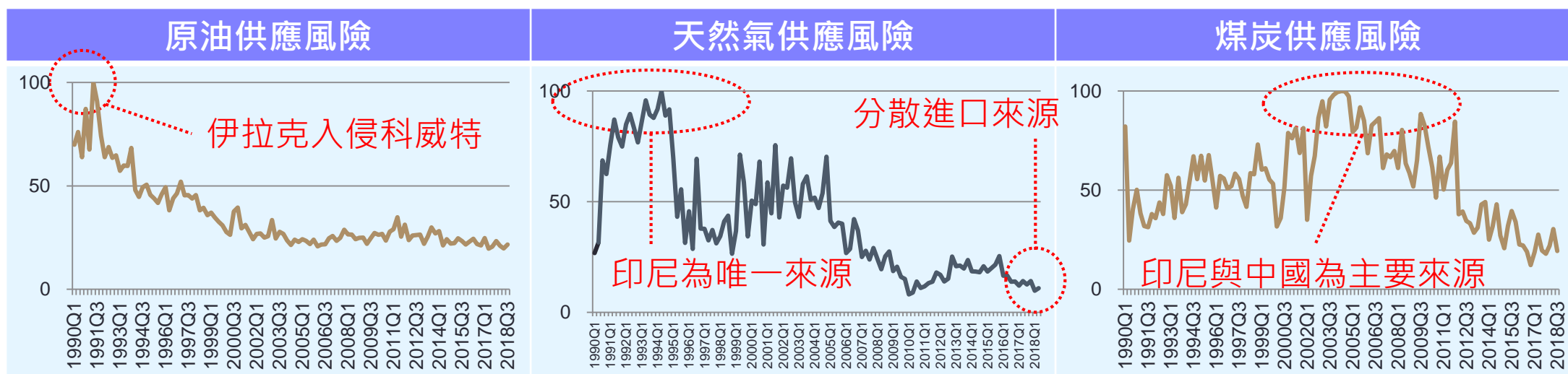
---

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

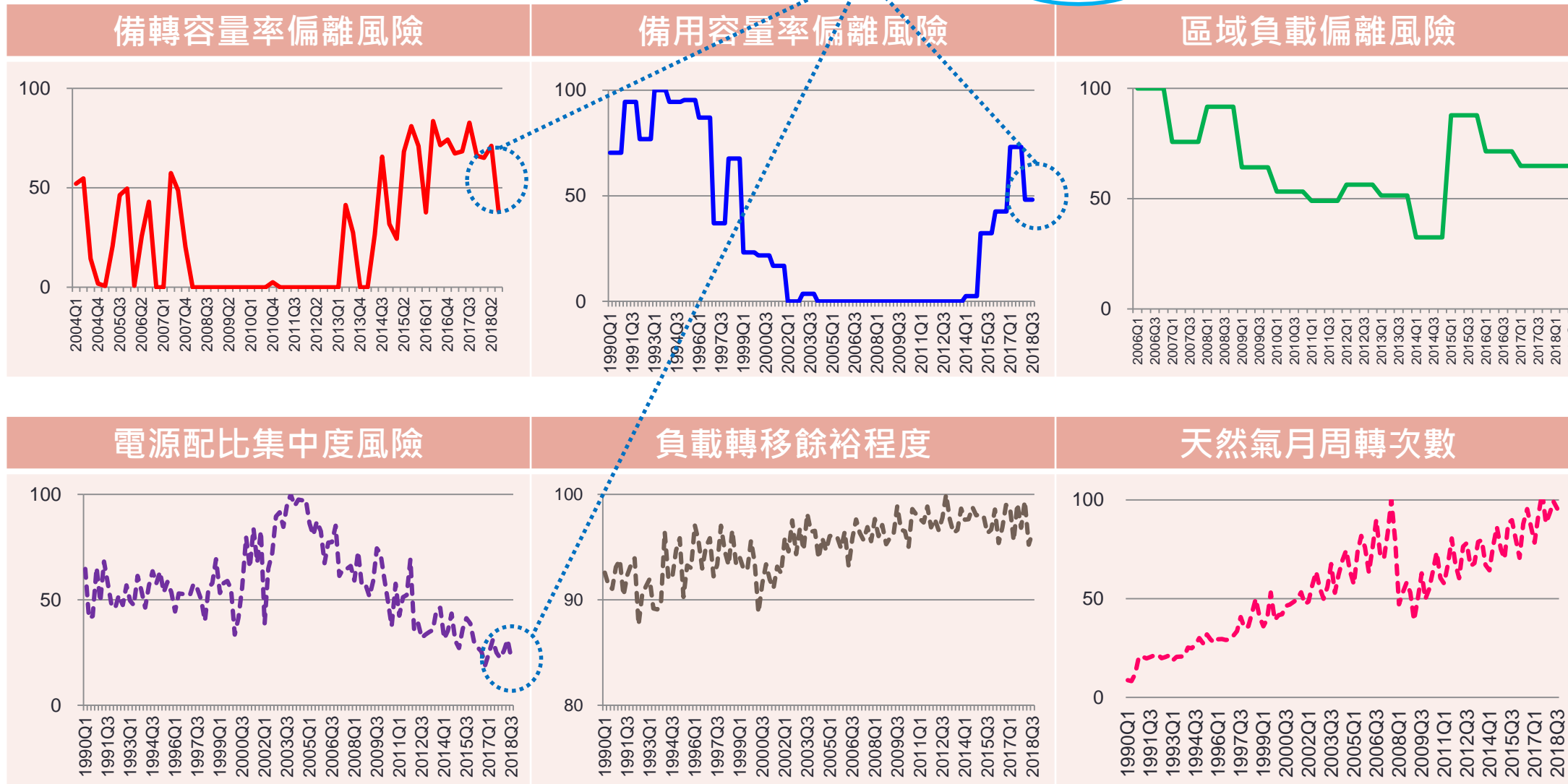


- 107年第三季 ( 90.5 ) 相較 107年第二季 ( 78.9 ) 增加11.6點
- 107年第三季相較106年第三季 ( 89.3 ) 增加1.2點

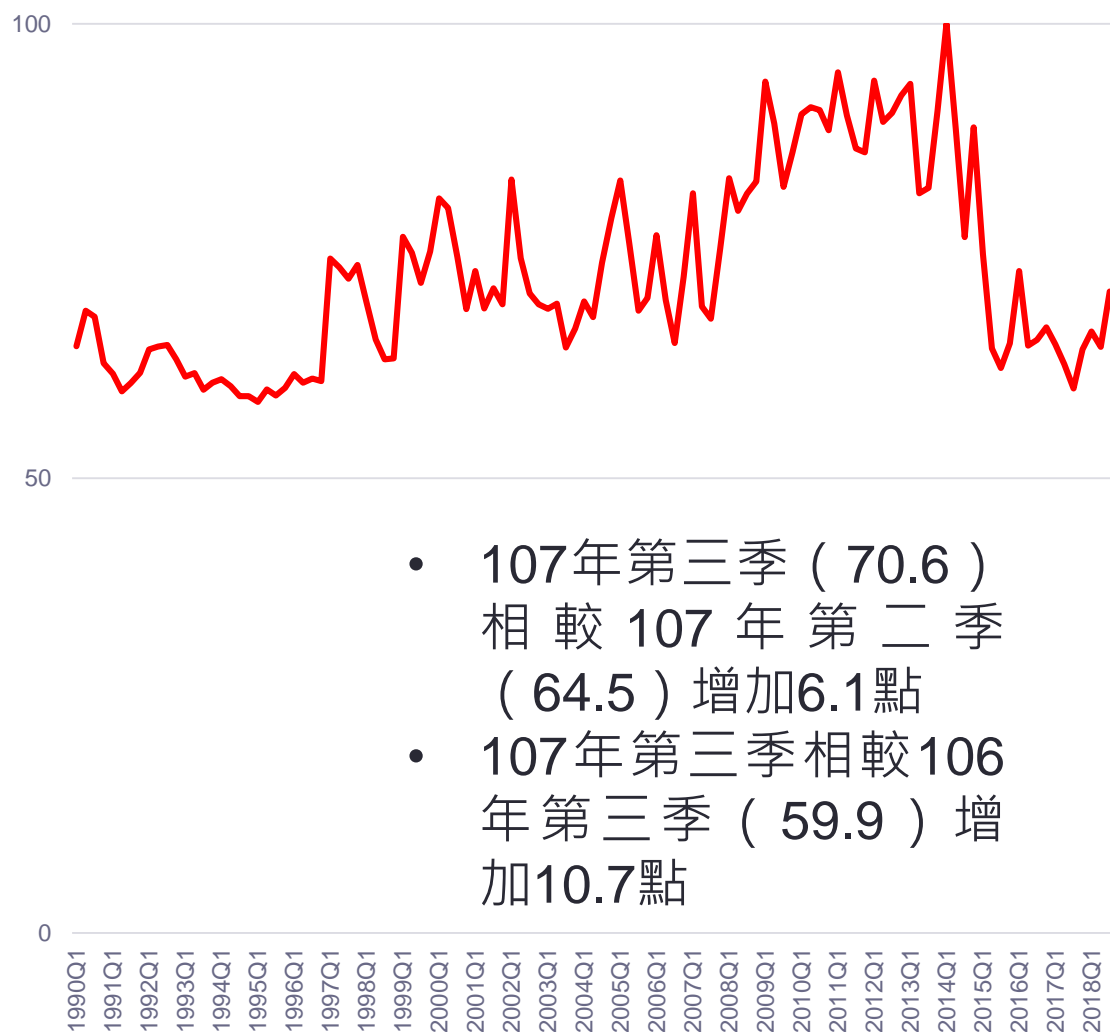


# 2. 基礎設施安全指標

風險降低、安全度提高

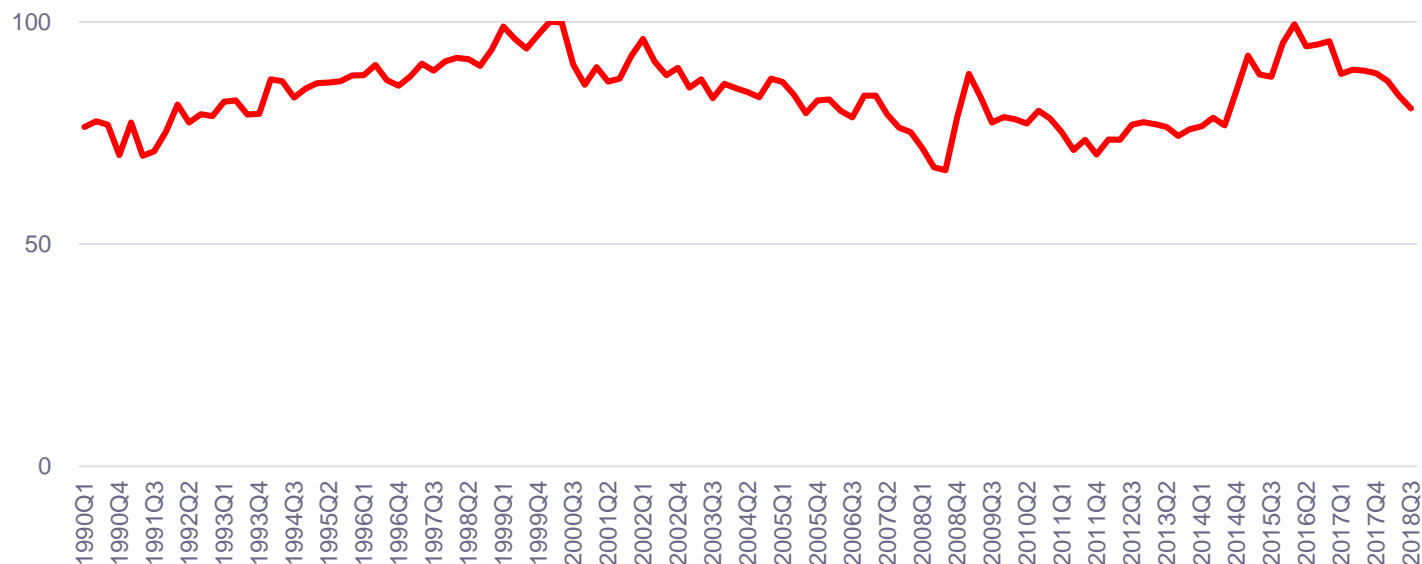


## 2. 基礎設施安全指標

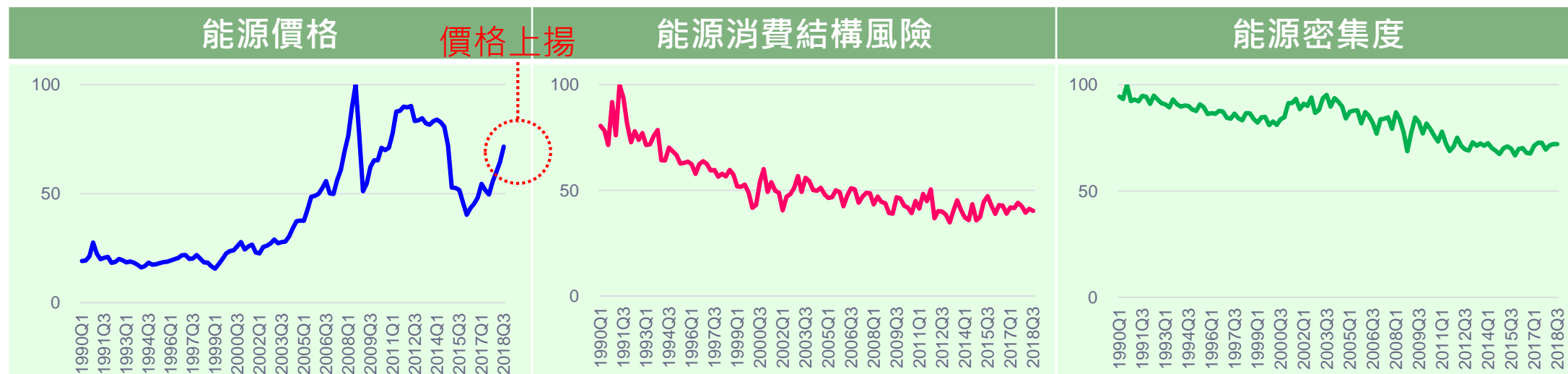


- 107年第三季相較107年第二季，基礎設施安全度有所改善，主要原因包含：
  - 核二廠二號機併聯發電，提高備用容量和備轉容量
  - 核能發電量增加改善電源配比集中度風險
  - 減少燃氣發電所需燃料及天然氣安全存量提升

# 3. 能源消費安全指標

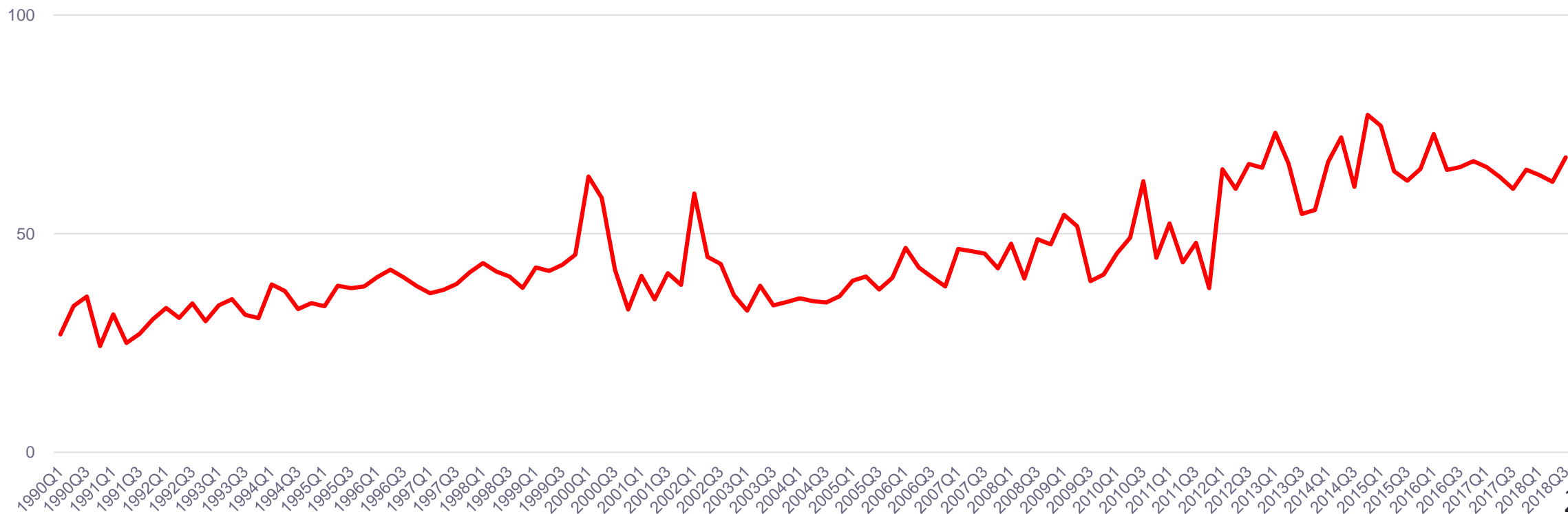


- 107年第三季（80.5）相較107年第二季（83.2）減少2.7點
- 107年第三季相較106年第三季（89）減少8.5點
- 107年第三季能源消費安全較前季為低，主因為能源價格上揚



# 總能源安全指標

- 我國能源安全指標於107年第三季（70.6）相較107年第二季（64.5）增加6.1點；107年第三季相較106年第三季（59.9）增加10.7點。
- 主要改善原因在於：
  - ✓ 核能機組併聯運轉、提高備用容量和備轉容量，進而減少燃氣發電所需燃料，故天然氣安全存量提升，亦因增加自低風險國家（如澳洲、美國）進口能源、降低中東地區進口液化天然氣比重，惟須留意能源成本上揚，不利我國能源消費安全。



# 能源績效國際評比指標簡介及編製結果

---

1. 能源績效國際評比指標架構
2. 經濟成長與發展面評比
3. 環境永續面評比
4. 能源取得與安全面評比
5. 能源績效國際評比
6. 2017年各國排名比較

# 能源績效國際評比指標架構

分數越高表示  
對環境越友善

正向數值，數值越高越好 / 負向數值，數值越低越好

分數越高代表一國的能源市場越有效率、越有利於經濟成長與發展

能源對環境的影響

替代能源及核能占比(+)  
每度電力生產所排放的二氧化碳(-)  
能源部門之人均甲烷排放量(-)  
能源部門之人均氧化亞氮排放量(-)  
懸浮微粒濃度 (PM<sub>2.5</sub>) (-)

能源對經濟成長與發展的影響

能源生產力(+)  
能源進口成本(-)  
能源出口價值(+)  
汽油價格扭曲程度(+)  
柴油價格扭曲程度(+)  
工業電價(-)

能源對生活及安全的影響

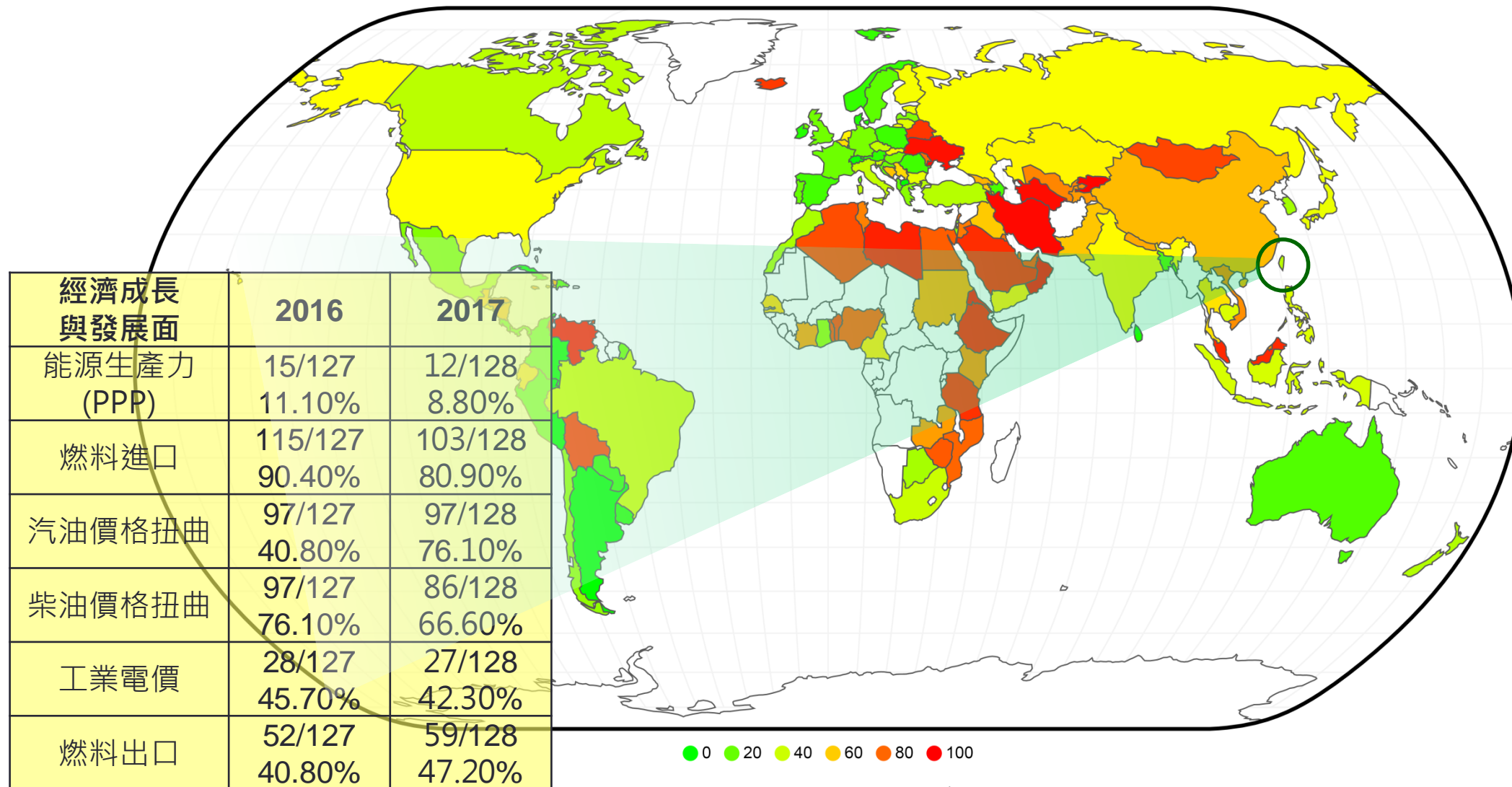
電氣化比率(+)  
電力供給品質(+)  
人口使用固體燃料烹煮之百分比(-)  
總初級能源供給的多樣程度(-)  
能源進口依賴程度(-)  
進口來源國的多樣程度(-)

分數越高代表一國的民眾取得能源越容易和其獲取能源的方式越多樣



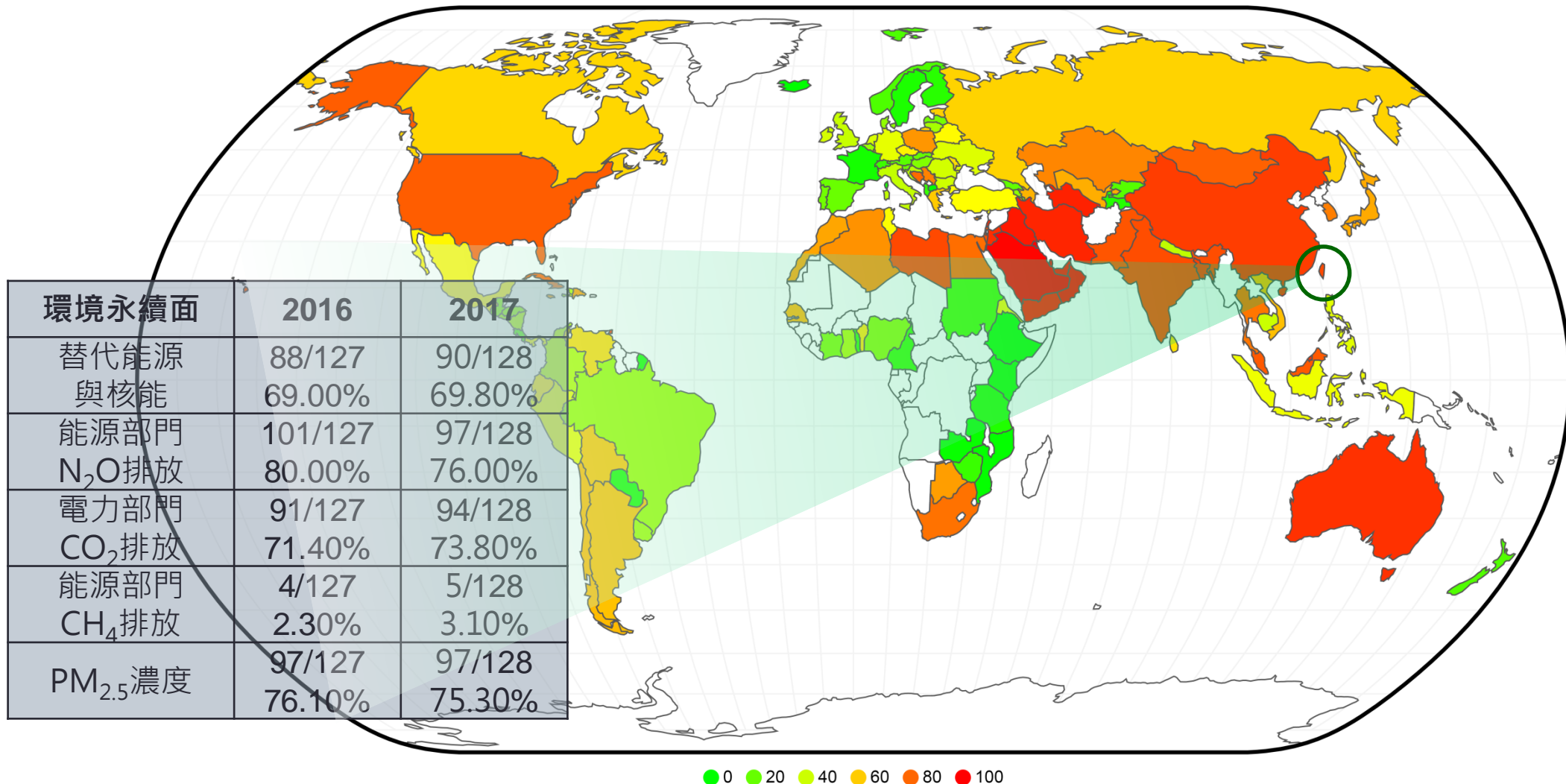
# 經濟成長與發展面評比

- 就經濟成長與發展面而言，台灣在128個國家中排名第59位(2017)



# 環境永續面評比

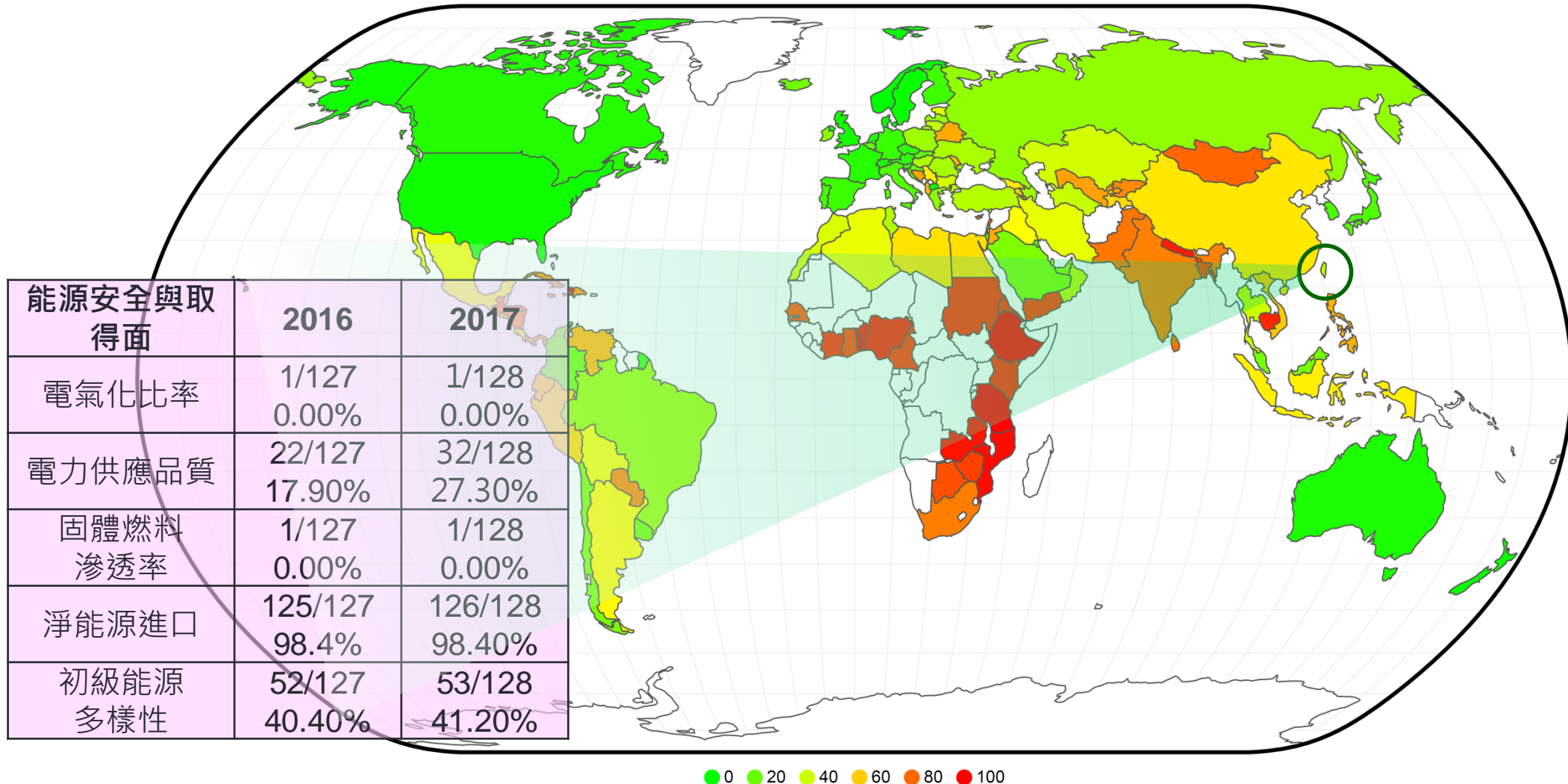
- 就環境永續面而言，台灣在128個國家中排名第97位(2017)



註：0~100代表百分位排序，顏色越深表示排序越後面

# 能源取得與安全全面評比

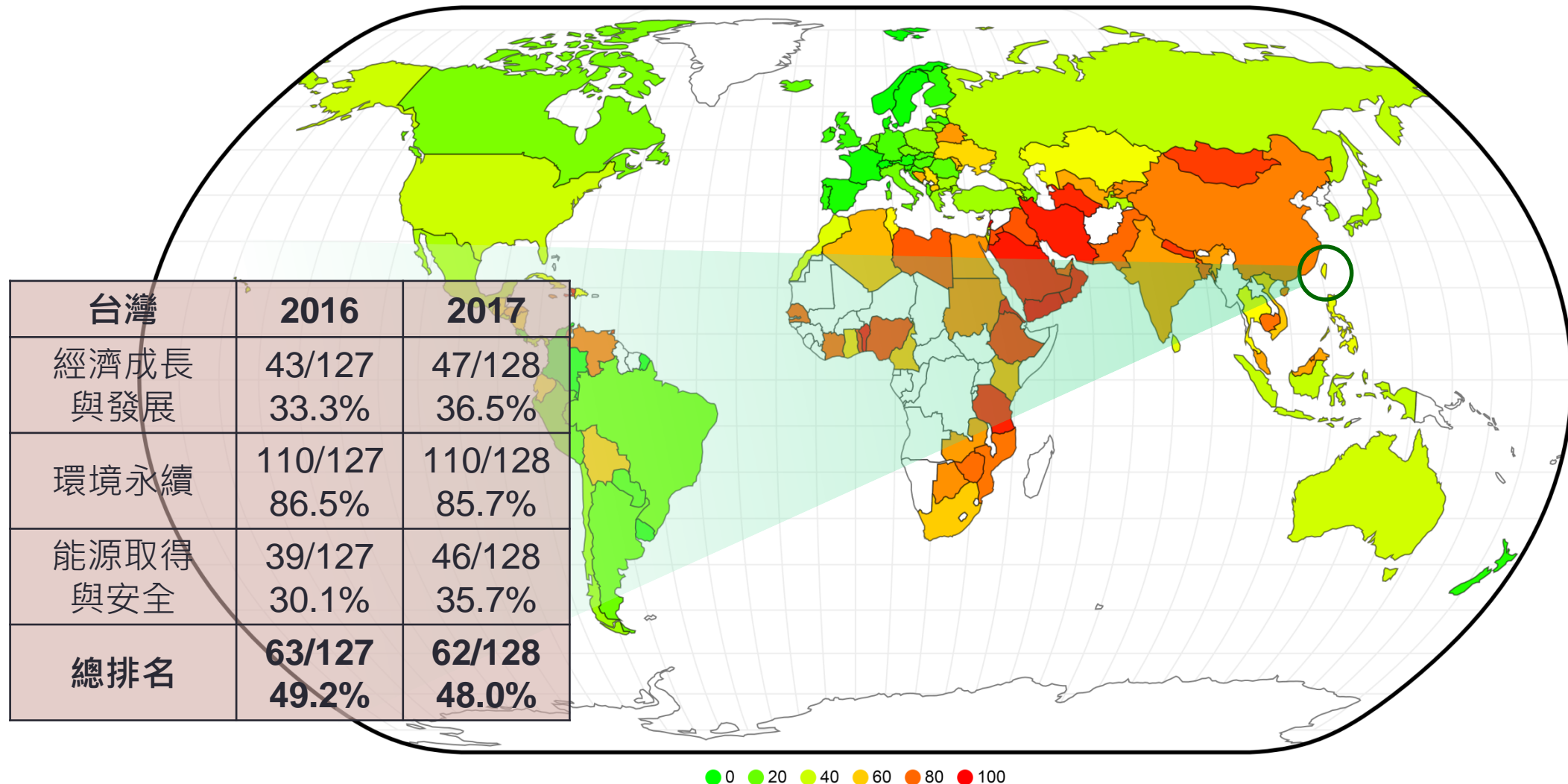
- 就能源取得與安全全面而言，台灣在128個國家中排名第53位(2017)



註：0~100代表百分位排序，顏色越深表示排序越後面

# 能源績效國際評比
















- 就能源績效而言，台灣在128個國家中排名第62位(2017)



註：0~100代表百分位排序，顏色越深表示排序越後面



# 2017年各國排名比較

| 2017年<br>主要國家比較   |        | 總指標   |      | 經濟成長與發展 |      | 環境永續  |      | 能源取得與安全 |      |
|---|--------|-------|------|---------|------|-------|------|---------|------|
|   |        | Score | Rank | Score   | Rank | Score | Rank | Score   | Rank |
|    | 瑞士     | 0.80  | 1    | 0.74    | 3    | 0.77  | 16   | 0.88    | 7    |
|    | 法國     | 0.77  | 5    | 0.62    | 28   | 0.81  | 6    | 0.88    | 11   |
|    | 英國     | 0.72  | 15   | 0.62    | 29   | 0.66  | 50   | 0.89    | 6    |
|    | 德國     | 0.71  | 19   | 0.62    | 31   | 0.64  | 58   | 0.88    | 15   |
|    | 新加坡    | 0.67  | 39   | 0.65    | 20   | 0.55  | 93   | 0.81    | 33   |
|    | 韓國     | 0.66  | 43   | 0.59    | 41   | 0.54  | 96   | 0.85    | 19   |
|    | 日本     | 0.66  | 45   | 0.57    | 58   | 0.56  | 85   | 0.84    | 20   |
|    | 俄羅斯    | 0.65  | 48   | 0.55    | 62   | 0.60  | 75   | 0.80    | 37   |
|    | 美國     | 0.65  | 52   | 0.54    | 63   | 0.50  | 105  | 0.89    | 5    |
|   | 澳洲     | 0.64  | 53   | 0.65    | 21   | 0.40  | 115  | 0.88    | 8    |
|  | 台灣     | 0.62  | 62   | 0.59    | 47   | 0.49  | 110  | 0.79    | 46   |
|  | 印度     | 0.55  | 87   | 0.54    | 64   | 0.49  | 109  | 0.62    | 95   |
|  | 中國大陸   | 0.53  | 95   | 0.46    | 81   | 0.42  | 112  | 0.72    | 70   |
|  | 卡達     | 0.48  | 116  | 0.41    | 101  | 0.25  | 124  | 0.77    | 51   |
|  | 沙烏地阿拉伯 | 0.46  | 121  | 0.36    | 116  | 0.21  | 126  | 0.81    | 32   |
| 128國平均  |        | 0.61  |      | 0.52    |      | 0.61  |      | 0.69    |      |

# 結論與建議

---

# 結語

本團隊參考世界能源大會(WEC) 架構，建構綜合評估初級能源供應、能源消費與基礎設施之能源安全指標，亦依循世界經濟論壇(WEF)方法學，建置能源績效國際評比指標並且發現：

1. 我國能源安全指標於107年第三季（70.6）相較107年第二季（64.5）增加6.1點；107年第三季相較106年第三季（59.9）增加10.7點。
  - 1) 隨著進口來源國分散化以及較低的來源國政治風險，**初級能源供應安全持續改善**
  - 2) 隨著核能發電增加、減少燃氣發電所需燃料及天然氣安全存量提升，**有助改善基礎設施安全**
  - 3) **107年第三季之能源價格相較前季為高，不利能源消費安全**
2. **就能源績效之國際評比而言，2017年我國在128個國家中排名第62位。**
3. 政府宜維持多元化之電力結構，並確保電力供應穩定

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3. 能源績效國際評比指標說明

3.1. 經濟成長與發展

3.2. 環境永續

3.3. 能源取得與安全

# 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。 | $PEV_i = x_i^T \cdot R \cdot x_i = x_{id}^2 \cdot r_d + \sum_{j=1}^J x_{ij}^2 \cdot r_j$ <p>1. <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。</p> <p>2. <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。</p> |

## 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。 | $PEV = w^T \cdot X^T \cdot R \cdot X = w^T \cdot \Pi$ <p>1. <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>。</p> <p>2. <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>。</p> |

# 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。 | $\lambda_1 \times \frac{ PRM_t - ORM }{ORM} \times I(PRM_t > ORM) + \lambda_2 \times \frac{ PRM_t - ORM }{ORM} \times I(PRM_t < ORM)$ <p>1 PRM<sub>t</sub>(Percent Reserve Margin)為備用容量率實績。<br/>                 2 ORM(Optimal Percent Reserve Margin)為最適備用容量率，設為15%。<br/>                 3.公式的前項代表資源閒置，後項代表備用不足。<br/>                 4.λ<sub>1</sub>及λ<sub>2</sub>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。</p> |

## 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。 | $\lambda_1 \times \frac{ POR_t - OOR }{OOR} \times I(POR_t > OOR) + \lambda_2 \times \frac{ POR_t - OOR }{OOR} \times I(POR_t < OOR)$ <p>1 POR<sub>t</sub>(Percent Operating Reserve)為備轉容量率實績。<br/>                 2 OOR(Optimal Percent Operating Reserve)為最適備轉容量率，設為10%。<br/>                 3.公式的前項代表資源閒置，後項代表備用不足。<br/>                 4.λ<sub>1</sub>及λ<sub>2</sub>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。</p> |

## 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><br/>                 2 公式的前項代表供大於需，後者代表需大於供。<br/>                 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%。<br/>                 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><br>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)<br>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><br>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)<br>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> |



# 附錄3.1. 指標說明：經濟成長與發展

## 能源生產力

意涵：評估國家能源經濟風險。  
計算：GDP (經PPP調整) 除以能源使用量 (公斤油當量)。  
影響：指標數值越高代表能源使用效率越佳。

## 能源出口價值

意涵：作為能源部門對經濟正成長影響的指標。  
計算：以能源平衡表估計出口總金額再除以GDP。  
影響：指標數值越高，有助於GDP提升。

## 汽油價格扭曲程度

意涵：評估能源價格因補貼或課徵稅率導致扭曲程度。  
計算：扭曲程度 =  $(1 - |A - B| \times C)$   
其中，A= GIZ報告中類別3最大值與類別4最小值兩者之平均，  
B=各國家每公升汽油價格(單位為美分)，C=標準差。  
影響：指標數值越高，不利於經濟成長。

## 柴油價格扭曲程度

意涵：評估能源價格因補貼或課徵稅率導致扭曲程度。  
計算：扭曲程度 =  $(1 - |A - B| \times C)$   
其中，A= GIZ報告中類別3最大值與類別4最小值兩者之平均，  
B=各國家每公升柴油價格(單位為美分)，C=標準差。  
影響：指標數值越高不利於經濟成長。

## 能源進口成本

意涵：作為能源部門對經濟負成長影響的指標。  
計算：以能源進口值佔GDP比率(%)表示。  
影響：指標數值越高代表GDP越低。

## 工業電價

意涵：作為產業生產成本高低的指標。  
計算：由官方單位之統計資料取得，單位須換算為美元/度。  
影響：數值越低則有利於廠商營運，有助經濟成長。

## 附錄3.2. 指標說明：環境永續

替代能源  
及核能占  
比

**意涵**：評估溫室氣體排放和大氣污染情況。  
**計算**：替代能源及核能占總能源使用的比例。  
**影響**：指標數值越高，可減少對化石燃料的依賴，進而減少溫室氣體排放和大氣污染。

電力生產  
所排放的  
二氧化碳

**意涵**：由生產電力所產生的碳排放對氣候變遷造成影響。  
**計算**：每度電所產生的二氧化碳量，單位為gCO<sub>2</sub>/kWh。  
**影響**：指標數值越高，對環境將造成越大衝擊。

能源部門  
之  
人均甲烷  
排放量

**意涵**：評估甲烷排放對氣候的影響。  
**計算**：能源部門甲烷排放量 / 全台灣總人口數。  
**影響**：指標數值越高，對氣候產生負面影響。

能源部門之人均氧化亞氮排  
放量

**意涵**：評估氧化亞氮排放對氣候的影響。  
**計算**：能源部門氧化亞氮排放量 / 全台灣總人口數。  
**影響**：指標數值越高，對氣候產生負面影響，除了對環境造成破壞，也會對人體呼吸系統產生負面損害。

懸浮微粒濃度 (PM<sub>2.5</sub>)

**意涵**：評估PM<sub>2.5</sub>排放對人體的影響。  
**計算**：直接由官方單位統計資料取得，單位為微克/立方公尺。  
**影響**：指標數值越高，造成下呼吸道感染和其他疾病之機率越大。

## 附錄3.3. 指標說明：能源取得與安全

電氣化比率

**意涵：**衡量能源安全。  
**計算：**取得或可接觸電力人口占總人口比率。  
**影響：**指標數值越高，能源安全程度越高。

電力供給品質

**意涵：**衡量能源安全。  
**計算：**透過問卷調查詢問，電力供給品質由1至7分評分。  
**影響：**指標數值越高，能源安全程度越高。

使用固體燃料烹煮之人口百分比

**意涵：**燃燒此類物質將產生空氣污染。  
**計算：**若人均國民所得毛額超過\$10,500美金，且缺乏該項資料的情形下，可假設其人口使用固體燃料烹煮之百分比為0%。  
**影響：**指標數值越低，能源安全程度越高。

能源進口依賴程度  
(能源淨進口)

**意涵：**國家能源經濟風險評估。  
**計算：**能源總需要減去自產能源可得淨進口能源，再將淨進口能源除以能源總需要算出其占比。  
**影響：**指標數值越高，國家能源經濟風險越高。

總初級能源供給的多樣程度

**意涵：**國家能源經濟風險評估。  
**計算：**計算各類能源（煤、原油、天然氣、水力、核能、地熱、風力、太陽能、生質能等）占總初級能源比重之平方，再代入HHI計算公式。  
**影響：**指標數值越高，國家能源經濟風險越低。

進口來源國的多樣程度

**意涵：**國家能源經濟風險評估。  
**計算：**先計算本國由各進口國之進口金額占本國總進口值比率，得出各國對本國貿易往來比重，再將份額平方加總求得HHI。  
**影響：**指標數值越高，國家能源經濟風險越低。