

# 淺介世界經濟論壇 2018 年「能源轉型指標」

## —衡量國家能源系統的「系統績效」和「轉型準備」二構面

邱虹儒

國家能源發展策略規劃及決策支援能量建構計畫

工業技術研究院 綠能與環境研究所

### 摘要

「能源轉型指標」(Energy Transition Index, ETI)發布於 2018 年 3 月世界經濟論壇(WEF)，出自「促進有效的能源轉型」(Fostering Effective Energy Transition)研究報告。能源轉型指標以系統績效和轉型準備兩個構面，採計分制，比較全球 114 個國家的能源轉型進程與條件。經 9 個項目、31 個衡量標的之平衡計分卡評分加權平均後，歸類為 4 個集團國家群(領先集團、績效穩定但仍面臨挑戰集團、新興及發展初期集團、跳躍前進集團)。整體而言，各國近年減少化石燃料補貼對提升能源轉型系統績效成效顯著，其次為調整能源供給、能源密集度和工業電價等有效政策，惟環境永續的表現，除領先集團國家整體有微幅的增長外，其餘國家均未有進步，成為能源轉型平衡發展的主要風險。

全球能源資源稀缺、氣候變遷日益嚴重，用電需求持續增長，調整能源結構並平衡國家能源轉型步伐，已成各國能源政策之嚴峻挑戰。此次由世界經濟論壇發布之能源轉型指標，旨在透過建立跨國比較指標，協助各國以整體的角度審視能源轉型現況，並進行國家間比較。其系統績效構面與國內外能源安全指標之構面類同，而轉型準備構面著重於檢視各國能源轉型的準備表現。本研究整理各衡量標的之計算標準與後續效應與討論，提供我國能源轉型上逐年評估能源轉型成效指標之參考。

關鍵字：能源轉型、能源安全

## 壹、前言

世界經濟論壇多年推動「建構未來能源系統倡議」(System Initiative on Shaping the Future of Energy)，過去有針對不同利害關係人的「改變能源系統規則者報告」(Game Changers in the Energy System)[1]，以及衡量全球 127 個城市 18 個能源系統績效指標的「全球能源架構績效指數報告」(Global Energy Architecture Performance Index Report)[2]。

2018 年發布的「促進有效的能源轉型」研究報告，與前述兩份報告同樣由麥肯錫顧問公司(McKinsey & Company)協助完成，建立在過去基礎上，發展出一套能源轉型指標，評估 114 個國家的能源系統（占全球 GDP 及碳排放的 98%；占全球人口的 90%），其建立能源轉型分析架構，論述有效的能源轉型的條件及可行的構面組合，並比較各國能源轉型量化數據與質性資料，歸納四大能源轉型集團。依據各國過去五年各衡量標的之變化情形，該報告分析各國能源轉型當前的困境，並給予未來發展的建議。如能源和電力價格對能源轉型可能產生的負面影響，特別是再生能源價格與化石燃料能源價格的比較，延遲移除化石燃料補貼對整體能源結構帶來的轉型風險，以及儘管兼顧經濟發展與能源穩定供應，但亦不能偏廢在環境永續的努力，尤其是溫室氣體減量的政策與效果。

「促進有效的能源轉型」研究報告指出，過去五年 114 個調查國家中，超過 91 個國家的能源系統績效有改善，但是需要加強面對全球能源相關的挑戰，特別是針對環境永續的成效明顯不足，溫室氣體排放減量幅度尚不能達成巴黎協定和各國承諾減量目標等。促進能源轉型進展有三方管道(建立能源系統利害關係人贊同的環境、訂定全方位的改善目標、進行跨系統衝擊協力改善機制)，需保持平衡發展，不可偏廢。每個國家遵循不同的轉型路徑及國家特定的發展藍圖，透過同儕國家的比較分析，可以發掘改善的空間與機會。

## 貳、能源轉型指標簡介

### 一、主要構面與衡量標的

能源轉型指標主要分為兩大構面：一是系統績效(system performance)；二是轉型準備(transition readiness)，並由下展開 9 個項目、31 個衡量標的，能源轉型指標架構圖詳圖 1。

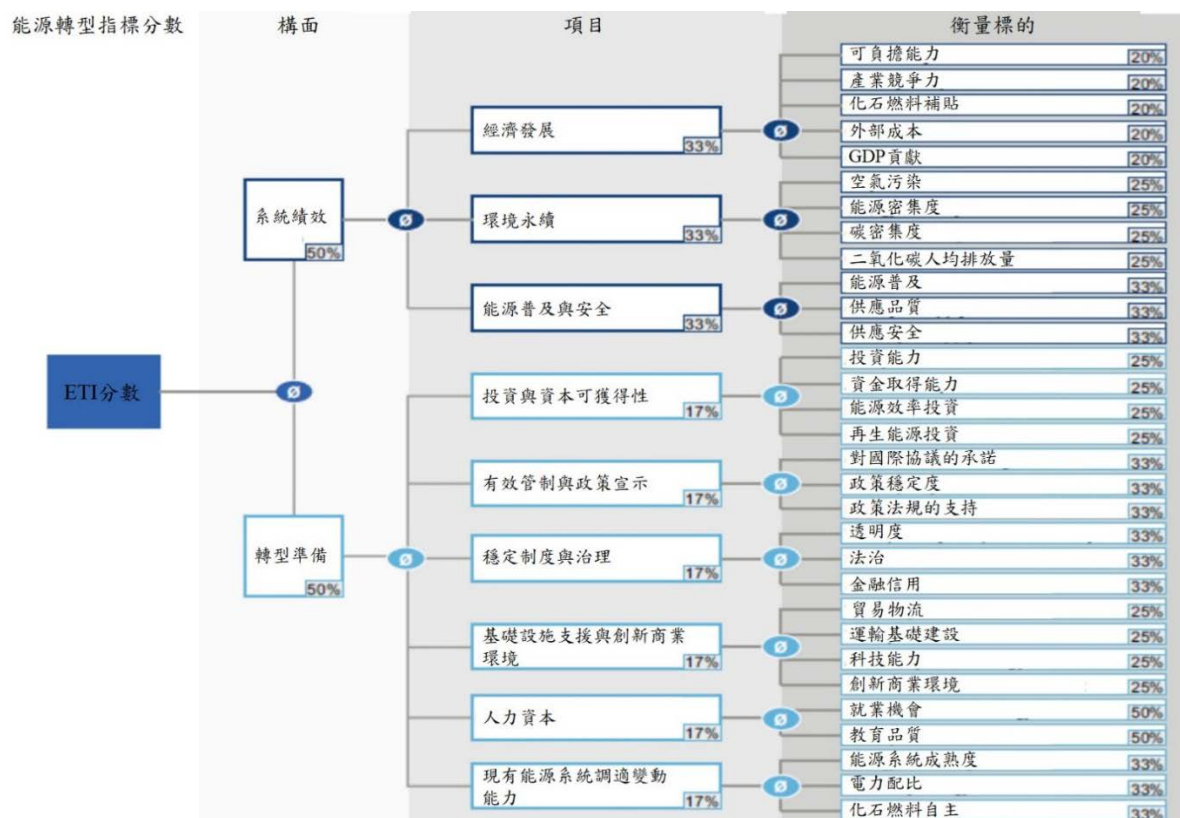


圖1、能源轉型指標系統架構[1]

「系統績效」構面主要衡量目前國家能源系統的績效，內容涵蓋能源三角(energy triangle)架構，包括：經濟發展、能源普及與安全、環境永續。

「轉型準備」構面主要衡量未來國家能源系統的轉型準備，能源轉型準備構面由六個項目來定義能源績效進展的支援是否為有效性及即時性。這六個項目分別為(1)投資與資本可獲得性；(2)有效管制與政策宣示；(3)穩定制度與治理；(4)基礎設施支援與創新商業環境；(5)人力資本；(6)現有能源系統調適變動的能力。

## 二、能源轉型指標方法論

本節將介紹能源轉型指標研究報告所採用之方法論。能源轉型指標所選衡量項目均符合可靠度(Reliability)、高品質(Quality)、完整(Completeness)、以及可更新重複使用(Resuability)的量化數據與質性標準。

### (一) 系統績效構面

加總平均三個指標以計分各國能源系統績效表現，三個項目為(1)環境永續：能源系統對極小化負面環境外部性的能力；(2)經濟發展：能源系統對經濟發展的支持(而非減損經濟發展)；(3)能源普及與安全：能源系統對能源安全產生的風險和能源普及度。三個項目內共有 12 個衡量標的、17 個指標，依不同比例進行加權平均，詳表 1。

### (二) 轉型準備構面

加總平均六個項目以計分各國能源轉型準備表現，六個項目為(1)投資與資本可獲得性；(2)有效管制與政策宣示；(3)穩定制度與治理；(4)基礎設施支援與創新商業環境；(5)人力資本；(6)現有能源系統調適變動的能力。六個項目內共有 19 個衡量標的，依不同比例進行加權平均，詳表 2。

計算結果前十名國家分別為：瑞典、挪威、瑞士、芬蘭、丹麥、荷蘭、英國、奧地利、法國和冰島，均由歐洲國家包辦，主因於環境保護方面在各國均低分的狀況下，此些國家取得較高的分數，整體拉高系統績效成績，而轉型準備構面上，人力資本與消費者參與和穩定制度與治理項目普遍都有較高的排名。

亞洲地區排名最高為馬來西亞，排名第 15 名，甚至高於德國第 16 名，馬來西亞取得高分的主要原因是在轉型準備構面的人力資本與消費者參與項目排名第三名，近年來低碳觀光的投資充分反映在指標上。

表 1、系統績效構面指標與權重[1]

| 項目      | 衡量標的      | 指標                                   | 權重   |
|---------|-----------|--------------------------------------|------|
| 經濟發展    | 可負擔能力     | 住宅電價<br>(PPP \$c/kWh)                | 0.20 |
|         | 產業競爭力     | 工業電價<br>(\$c/kWh)                    | 0.10 |
|         |           | 躉售天然氣價<br>(\$/mmbtu)                 | 0.10 |
|         | 化石燃料補貼    | 化石燃料補貼<br>(% of GDP)                 | 0.20 |
|         | 外部成本      | 外部成本<br>(% of GDP)                   | 0.20 |
|         | GDP 貢獻    | 能源出口價值<br>(% of GDP)                 | 0.10 |
|         |           | 能源進口成本<br>(% of GDP)                 | 0.10 |
| 環境永續    | 空氣污染      | 懸浮微粒<br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | 0.25 |
|         | 能源密集度     | 能源密集度<br>(MJ/\$2011 PPP GDP)         | 0.25 |
|         | 碳密集度      | 二氧化碳密集度<br>(kg/GJ TPES)              | 0.25 |
|         | 二氧化碳人均排放量 | 二氧化碳人均排放量<br>(tonnes/capita)         | 0.25 |
| 能源普及與安全 | 能源普及      | 電力普及率<br>(% of population)           | 0.17 |
|         |           | 固體燃料使用<br>(% of population)          | 0.17 |
|         | 供應安全      | 能源進口<br>(% of energy use)            | 0.11 |
|         |           | 進口多樣化<br>(HHI)                       | 0.11 |
|         |           | 初級能源總供給多樣化<br>(HHI)                  | 0.11 |
|         | 供應品質      | 電力供應品質<br>(Index)                    | 0.33 |

表 2、轉型準備構面指標與權重[1]

| 項目            | 衡量標的     | 指標   | 權重   |
|---------------|----------|--|------|
| 投資與資本可獲得性     | 投資能力     | 投資自由度(Index)                                   | 0.25 |
|               | 資金取得能力   | 信貸取得途徑(Index)                                  | 0.25 |
|               | 能源效率投資   | 能源效率投資(% of total)                             | 0.25 |
|               | 再生能源投資   | 再生能源容量擴增(% of total)                           | 0.25 |
| 有效管制與政策宣示     | 對國際協議的承諾 | 提出 COP21 NDCs 承諾(Index)                        | 0.33 |
|               | 政策穩定度    | 政策穩定度(Index)                                   | 0.33 |
|               | 政策法規的支持  | 永續能源法規指標(Index)                                | 0.33 |
| 穩定制度與治理       | 透明度      | 清廉印象指數(Index)                                  | 0.33 |
|               | 法治       | 法治(Index)                                      | 0.33 |
|               | 金融信用     | 信用評級(Index)                                    | 0.33 |
| 基礎設施支援與創新商業環境 | 貿易物流     | 物流績效(Index)                                    | 0.25 |
|               | 運輸基礎建設   | 基礎建設品質(Index)                                  | 0.25 |
|               | 科技能力     | 科技運用能力(Index)                                  | 0.25 |
|               | 創新商業環境   | 創新商業環境(Index)                                  | 0.25 |
| 人力資本與消費者參與    | 就業機會     | 低碳產業就業市場(%)                                    | 0.50 |
|               | 教育品質     | 教育品質(Index)                                    | 0.50 |
| 現有能源系統調適變動的能力 | 能源系統成熟度  | 人均能源(GJ/capita)                                | 0.33 |
|               | 電力配比     | 再生能源電力比例(%)                                    | 0.11 |
|               |          | 燃煤電力比例(%)                                      | 0.11 |
|               |          | 電力供應彈性(%)                                      | 0.11 |
|               | 化石燃料自主   | 化石燃料存量 (CO <sub>2</sub> emissions, billion Mt) | 0.33 |

114 個國家總排名詳如圖 2。



# Table of Rankings

## Energy Transition Index 2018<sup>2</sup>

|    | Country name      | 2018 ETI score <sup>1</sup> | System Performance | Transition Readiness |     | Country name           | 2018 ETI score <sup>1</sup> | System Performance | Transition Readiness |
|----|-------------------|-----------------------------|--------------------|----------------------|-----|------------------------|-----------------------------|--------------------|----------------------|
| 1  | Sweden            | 76%                         | 81%                | 71%                  | 58  | Turkey                 | 54%                         | 58%                | 50%                  |
| 2  | Norway            | 75%                         | 84%                | 66%                  | 59  | United Arab Emirates   | 54%                         | 58%                | 50%                  |
| 3  | Switzerland       | 73%                         | 77%                | 69%                  | 60  | Jamaica                | 54%                         | 56%                | 51%                  |
| 4  | Finland           | 72%                         | 72%                | 73%                  | 61  | Thailand               | 54%                         | 58%                | 49%                  |
| 5  | Denmark           | 72%                         | 73%                | 72%                  | 62  | Guatemala              | 53%                         | 57%                | 50%                  |
| 6  | Netherlands       | 69%                         | 71%                | 67%                  | 63  | Sri Lanka              | 53%                         | 61%                | 46%                  |
| 7  | United Kingdom    | 69%                         | 73%                | 65%                  | 64  | Qatar                  | 53%                         | 59%                | 47%                  |
| 8  | Austria           | 69%                         | 69%                | 69%                  | 65  | Jordan                 | 53%                         | 52%                | 53%                  |
| 9  | France            | 69%                         | 76%                | 61%                  | 66  | Vietnam                | 52%                         | 57%                | 47%                  |
| 10 | Iceland           | 68%                         | 74%                | 62%                  | 67  | Poland                 | 51%                         | 56%                | 46%                  |
| 11 | New Zealand       | 67%                         | 74%                | 59%                  | 68  | Republic of Moldova    | 51%                         | 59%                | 43%                  |
| 12 | Singapore         | 67%                         | 68%                | 66%                  | 69  | El Salvador            | 51%                         | 53%                | 49%                  |
| 13 | Uruguay           | 66%                         | 76%                | 57%                  | 70  | Russian Federation     | 51%                         | 63%                | 39%                  |
| 14 | Ireland           | 66%                         | 69%                | 63%                  | 71  | Kenya                  | 51%                         | 46%                | 55%                  |
| 15 | Malaysia          | 65%                         | 68%                | 61%                  | 72  | Namibia                | 51%                         | 48%                | 53%                  |
| 16 | Germany           | 64%                         | 65%                | 63%                  | 73  | Ghana                  | 51%                         | 52%                | 50%                  |
| 17 | Belgium           | 64%                         | 66%                | 61%                  | 74  | Tunisia                | 50%                         | 57%                | 43%                  |
| 18 | Luxembourg        | 64%                         | 61%                | 66%                  | 75  | Kazakhstan             | 50%                         | 61%                | 38%                  |
| 19 | Portugal          | 63%                         | 70%                | 57%                  | 76  | China                  | 50%                         | 48%                | 51%                  |
| 20 | Costa Rica        | 63%                         | 70%                | 57%                  | 77  | Oman                   | 49%                         | 55%                | 44%                  |
| 21 | Spain             | 63%                         | 71%                | 55%                  | 78  | India                  | 49%                         | 52%                | 47%                  |
| 22 | Canada            | 63%                         | 68%                | 58%                  | 79  | Algeria                | 49%                         | 62%                | 36%                  |
| 23 | Japan             | 63%                         | 63%                | 62%                  | 80  | Trinidad and Tobago    | 49%                         | 58%                | 41%                  |
| 24 | Chile             | 63%                         | 67%                | 59%                  | 81  | Egypt, Arab Rep.       | 49%                         | 57%                | 41%                  |
| 25 | United States     | 63%                         | 67%                | 58%                  | 82  | Tajikistan             | 48%                         | 46%                | 50%                  |
| 26 | Estonia           | 61%                         | 63%                | 59%                  | 83  | Saudi Arabia           | 48%                         | 55%                | 41%                  |
| 27 | Lithuania         | 61%                         | 69%                | 53%                  | 84  | Botswana               | 47%                         | 49%                | 46%                  |
| 28 | Mexico            | 61%                         | 71%                | 51%                  | 85  | Honduras               | 47%                         | 48%                | 47%                  |
| 29 | Latvia            | 61%                         | 68%                | 53%                  | 86  | Pakistan               | 47%                         | 48%                | 47%                  |
| 30 | Israel            | 60%                         | 64%                | 56%                  | 87  | Cambodia               | 47%                         | 49%                | 45%                  |
| 31 | Australia         | 60%                         | 67%                | 54%                  | 88  | Nepal                  | 47%                         | 47%                | 46%                  |
| 32 | Colombia          | 60%                         | 74%                | 46%                  | 89  | Montenegro             | 47%                         | 49%                | 44%                  |
| 33 | Slovenia          | 60%                         | 68%                | 52%                  | 90  | Bangladesh             | 47%                         | 51%                | 43%                  |
| 34 | Peru              | 60%                         | 68%                | 52%                  | 91  | Yemen, Rep.            | 46%                         | 60%                | 33%                  |
| 35 | Italy             | 60%                         | 67%                | 53%                  | 92  | Bulgaria               | 46%                         | 50%                | 42%                  |
| 36 | Brunei Darussalam | 60%                         | 69%                | 50%                  | 93  | Dominican Republic     | 46%                         | 49%                | 43%                  |
| 37 | Paraguay          | 59%                         | 71%                | 48%                  | 94  | Nicaragua              | 46%                         | 48%                | 44%                  |
| 38 | Brazil            | 59%                         | 70%                | 49%                  | 95  | Bahrain                | 45%                         | 44%                | 47%                  |
| 39 | Panama            | 59%                         | 68%                | 51%                  | 96  | Kuwait                 | 45%                         | 54%                | 37%                  |
| 40 | Albania           | 58%                         | 61%                | 55%                  | 97  | Tanzania               | 45%                         | 44%                | 47%                  |
| 41 | Malta             | 58%                         | 62%                | 54%                  | 98  | Zambia                 | 45%                         | 42%                | 49%                  |
| 42 | Slovak Republic   | 58%                         | 66%                | 49%                  | 99  | Ethiopia               | 44%                         | 43%                | 45%                  |
| 43 | Romania           | 57%                         | 67%                | 48%                  | 100 | Serbia                 | 44%                         | 51%                | 36%                  |
| 44 | Azerbaijan        | 57%                         | 67%                | 48%                  | 101 | Cameroon               | 44%                         | 46%                | 41%                  |
| 45 | Georgia           | 57%                         | 64%                | 50%                  | 102 | Senegal                | 43%                         | 39%                | 47%                  |
| 46 | Cyprus            | 57%                         | 64%                | 49%                  | 103 | Lebanon                | 41%                         | 43%                | 39%                  |
| 47 | Morocco           | 57%                         | 66%                | 47%                  | 104 | Ukraine                | 41%                         | 49%                | 34%                  |
| 48 | Ecuador           | 56%                         | 69%                | 44%                  | 105 | Mongolia               | 41%                         | 47%                | 36%                  |
| 49 | Korea, Rep.       | 56%                         | 59%                | 53%                  | 106 | Iran, Islamic Rep.     | 41%                         | 50%                | 32%                  |
| 50 | Philippines       | 56%                         | 62%                | 51%                  | 107 | Benin                  | 41%                         | 41%                | 41%                  |
| 51 | Czech Republic    | 56%                         | 60%                | 52%                  | 108 | Nigeria                | 41%                         | 48%                | 34%                  |
| 52 | Croatia           | 56%                         | 65%                | 47%                  | 109 | Bosnia and Herzegovina | 41%                         | 44%                | 37%                  |
| 53 | Indonesia         | 55%                         | 69%                | 42%                  | 110 | Mozambique             | 40%                         | 45%                | 36%                  |
| 54 | Armenia           | 55%                         | 63%                | 48%                  | 111 | Venezuela              | 40%                         | 52%                | 27%                  |
| 55 | Hungary           | 55%                         | 65%                | 46%                  | 112 | Kyrgyz Republic        | 39%                         | 37%                | 42%                  |
| 56 | Argentina         | 55%                         | 69%                | 40%                  | 113 | South Africa           | 38%                         | 38%                | 37%                  |
| 57 | Greece            | 55%                         | 66%                | 43%                  | 114 | Zimbabwe               | 37%                         | 38%                | 35%                  |

● Advanced economies 
 ● Commonwealth of independent states 
 ● Latin America and Caribbean 
 ● Sub-Saharan Africa 
 ● Emerging and developing Europe 
 ● Middle East, Northern Africa, and Pakistan 
 ● Emerging and developing Asia

Notes: For the ETI 2018 methodology, see the methodology addendum at the end of this report. Country scores are rounded to full PPT, but exact figures are used to determine rankings. Therefore, countries with the same ETI scores may have different rankings

<sup>1</sup> ETI 2018 score on a scale from 0% to 100%

<sup>2</sup> The Energy Transition Index benchmarks countries on the performance of their energy system, as well as their readiness for transition to a secure, sustainable, affordable, and reliable energy future.

Source: Fostering Effective Energy Transition 2018, World Economic Forum

圖 2、各國能源轉型指標排名[1]

### 三、研究報告主要發現

經由該研究建構的「能源轉型指標」(Energy Transition Index, ETI)評估，主要的研究發現如下：

(一)過去五年，超過 80%的國家能源系統績效有改善，但是需要加強面對全球能源相關的挑戰。

環境永續的績效一直是落後於另外二個項目(經濟與能源)的績效(如圖 3)。超過 50%國家的懸浮微粒排放是惡化的。整體碳密集度維持平坦，能源生產力(每單位能源使用所產生的經濟效益)平均每年改善 1.8%，仍然遠低於滿足巴黎氣候協定要求的 3%門檻。

自 2013 年以來初級能源價格普遍下跌，但是，仍然有一半以上國家的家計部門電力價格呈現上升，增加了能源可負擔性的壓力。

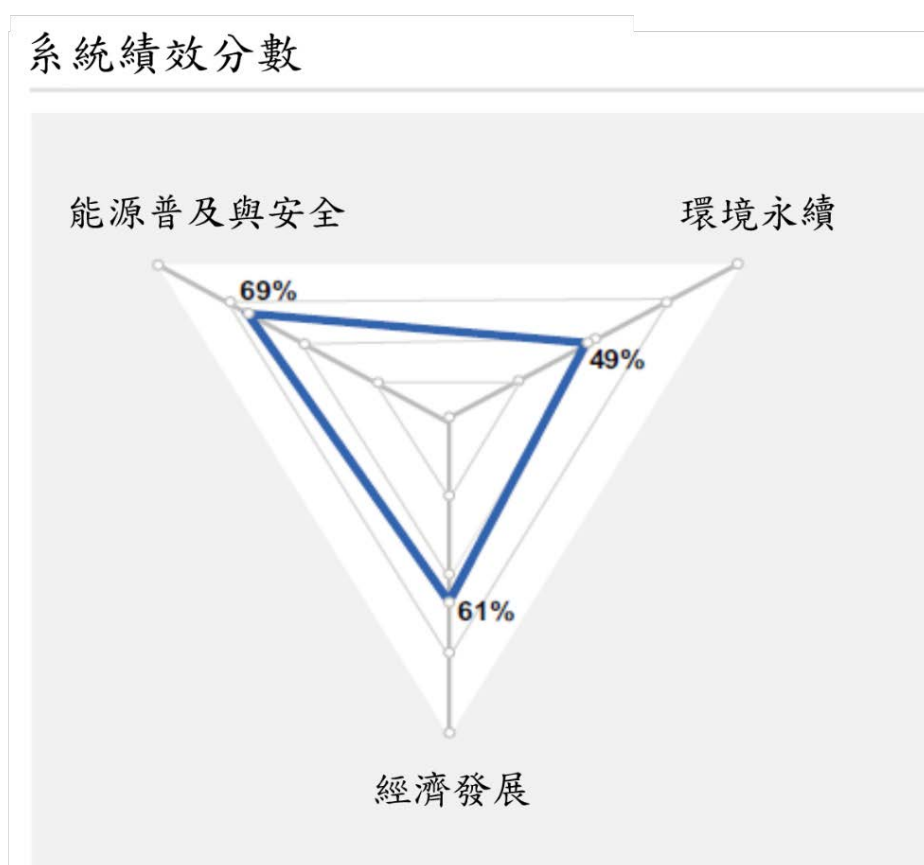


圖3、全球能源系統績效圖[1]



(二)促進能源轉型進展有三方管道：建立能源系統利害關係人贊同的環境、訂定全方位的改善目標、進行跨系統衝擊協力改善機制。

轉型準備構面與系統績效構面之間息息相關，一般轉型準備高的國家可以提升系統績效構面的國家排序。

「移除化石燃料補貼」及「能源密集度降低」具有不同面向的協力連動效果，因此，這二個措施是重要的改善績效手段。

(三)每個國家遵循不同的轉型路徑及國家特定的發展藍圖，透過同儕國家的比較分析可以發掘改善的空間與機會，詳圖 4。

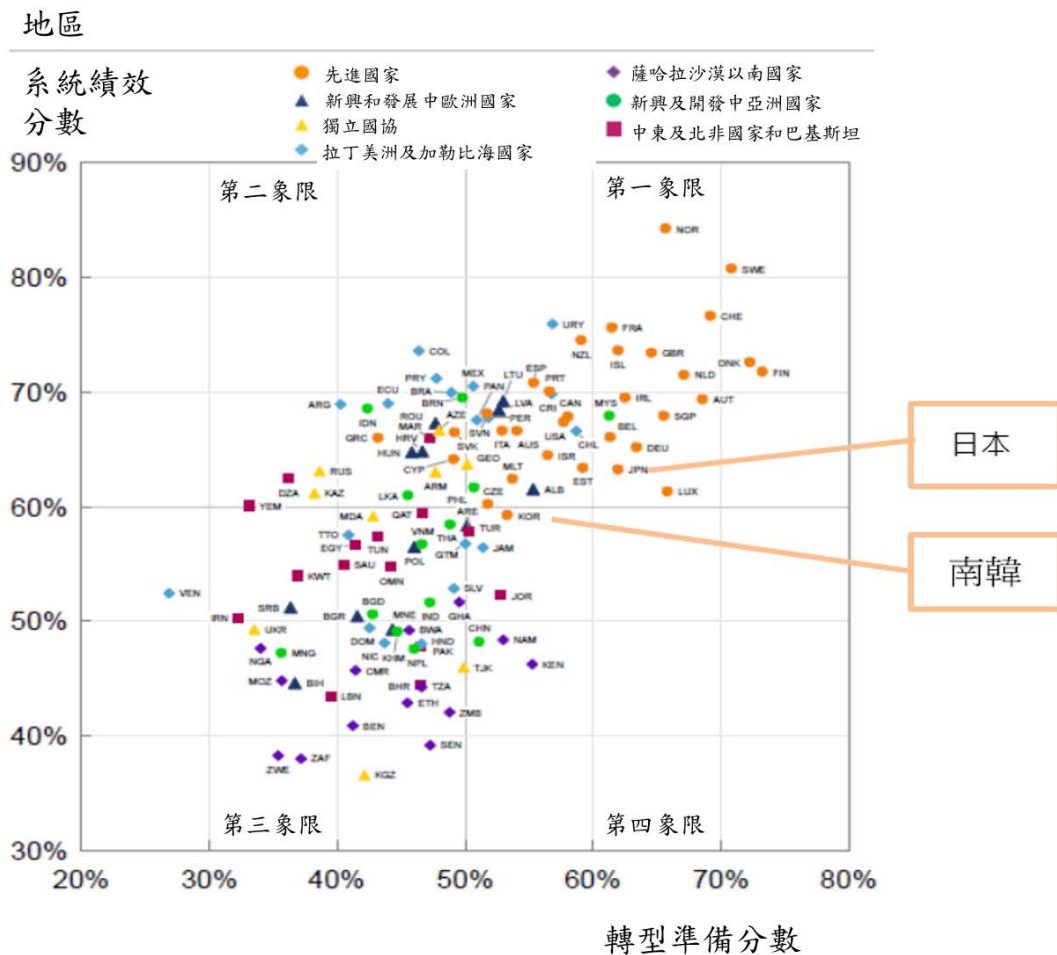


圖4、能源轉型指標矩陣圖[1]

#### 四、主要國家集團分析

該報告將國家概分為四大類，並將各國置於圖 4 矩陣圖內，第一象限為領先集團(leading countries)、第二象限為績效穩定但仍面臨挑戰集團(countires with potential challenges)、第三象限為新興及發展初期國家(emerging countries)、第四象限為跳躍前進國家(leapfrog countries)。

依據地理區域作同儕國家比較，可以發現先進經濟體(Advanced economies)在能源轉型指標評估分佈圖上是屬於領先集團，共計有 43 國。其他國家的能源轉型指標中的轉型準備大多低於平均值。圖 5 呈現四個象限集團國家 2013 年到 2018 年主要提升項目。

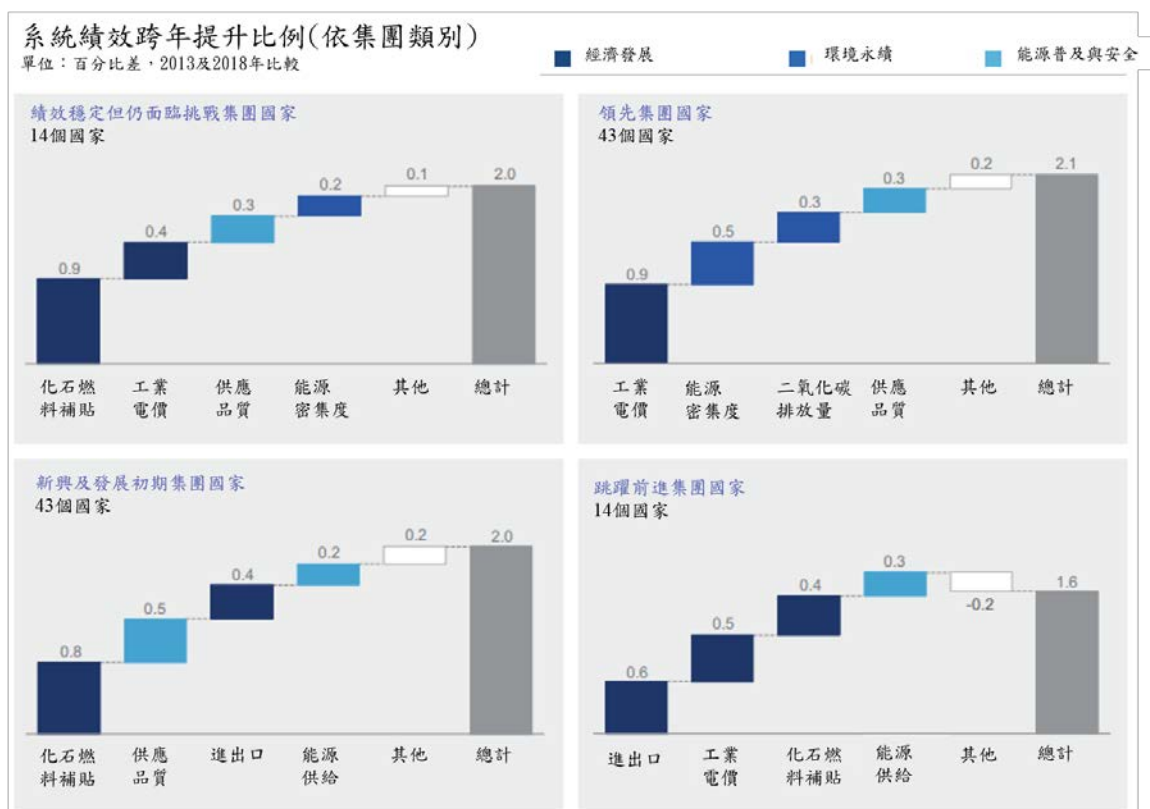


圖5、2013-2018能源轉型國家集團系統績效主要指標趨勢[1]

領先集團國家的主要特徵是在環境永續項目正面顯著，特別是在二氧化碳排放量和能源密集度衡量標的皆有領先的表現。而大部分國家自始便沒有化石燃料補貼，因此對績效的影響亦不高。在轉型準備構面上，這些國家政治、經濟、科技和商業發展穩定，建構轉型堅固的基礎。

能源價格實際下跌的情況下，電價仍上漲在報告中視為能源轉型的負面因素，但許多專家認為電價過低才是造成能源轉型停滯的因素。各國如何操作電價政策以配合各國的能源轉型路徑仍有討論空間。

領先集團國家，包括歐盟先進國家(如英德法及北歐國家)，美洲如美國、墨西哥、秘魯等國，亞洲地區有新加坡、日本等國，大洋洲則有澳洲、紐西蘭。

績效穩定但仍面臨挑戰集團國家，具有高系統績效構面分數，但是在環境永續仍面臨挑戰，超過一半落後於領先集團國家的分數皆歸因於此項目。而在轉型準備構面上，組織和治理的穩定、基礎建設支援和創新商業環境、資本和投資的衡量標的較不穩定，該報告建議，若這些國家盡快確立能源轉型的政策，要追上領先集團國家並非難事。包含巴西、印尼、希臘、俄羅斯等國。

新興及發展初期集團國家，在各個衡量標的幾乎都嚴重落後，特別是人力資本及政策法規，但能源系統結構表現尚可。報告建議從逐步降低化石燃料補貼以及強化能源供應和供應品質，可在能源普及與安全取得大幅度的進步，甚至帶動經濟發展。包含泰國、卡達、越南、印度、以及非洲地區各國。

跳躍前進集團國家，報告指出超過八成在有效管制與政策宣示衡量標的取得高分，但僅有四成國家在組織和治理、人力資本等衡量標的表現高於平均值，如何強化法治結構以及促進投資是系統績效構面可努力方向。而在轉型準備構面與開發中國家面臨類似的挑戰，經濟成長與環境永續表現欠佳，能源普及與安全表現尚可，報告建議朝降低化石燃料補貼並且增進能源供應品質應為這些國家可以考慮的轉型準備方向。包含南韓、中國大陸、沙烏地阿拉伯、及少數非洲國家如肯亞等國。

## 五、後續效應

世界經濟論壇「促進有效的能源轉型」研究報告於3月發表後，印度、德國與南非三國的國內媒體有較大篇幅報導。

印度排名為第78名，在過去五年因提升能源供給、減少化石燃料補貼，以及降低進口成本，整體分數提升5.6%。2022年達到175GW的再生能源容量，現任總理Narendra Modi提出2030年全面電動車化皆計算在報告中。報告指出雖印度電力普及已有提升，但要達到一周七天每天24小時的電力供應還有很大的挑戰。此外，印度再生能源競標價低於當前火力電廠的長期合約價，顯示再生能源具有競爭力，但也代表火力電廠的經濟效益偏低，而火力發電占印度58%的發電裝置量[9]，應注意相關影響。

德國排名第16名，在領先集團中，但德國國內團體已告誡這代表德國已經不再扮演國際能源轉型領頭羊的角色。主要原因是由於德國高度依賴燃煤發電、高電價和減碳速度停滯，造成德國能源轉型的進程減緩。德國36%的電力產自再生能源，但運輸部門或暖氣的能源並不完全來自電廠電力，因此整體來說，只有13%的能源使用是來自再生能源。2018年新組成的聯合政府已經將2030年再生能源50%的目標提高到65%，在當前的各種挑戰之下能否達成，國內民間社會已產生疑慮。

南非排名第113名，倒數第二，僅高於辛巴威。南非是非洲經濟發展程度較高的非洲國家，但能源轉型名次卻遠低於其他非洲南部國家如肯亞、納米比亞等，主因是高達九成的電力使用燃煤發電，且電力需求逐年增加，連帶提高碳排放量。報告指出南非應盡速規劃多元能源供給來源、節能措施，並且規劃完善的投資環境與人才培訓，以促進相關能源基礎建設的推動。

## 參、國內外能源安全指標與能源轉型指標的比較

WEF 提出的「能源轉型指標」較偏向所謂的「能源安全」的衡量，然而，能源安全定義分歧且多面向，能源安全構面會隨著環境與時間演變。國際能源總署(International Energy Agency, IEA)及各國研究機構均對於能源安全提出不同的定義，目前並沒有一致性的共識達成廣泛可接受的定義，是一個高度內文相關的概念(context-dependent concept)[4]，也就是在特定的社會、經濟、資源秉賦等背景下，能源系統對非預期事件表現出易受傷害或損失的面向及程度也會有所不同。

比較世界經濟論壇(WEF)提出的「能源轉型指標」與國內、外其他知名組織建構的「能源安全指標」[5]，其間的共同點及差異點說明如下：

- (1) 共同點：WEF 提出的「能源轉型指標」中的「系統績效構面」比較接近國內、外認知的「能源安全指標」定義及構面，皆包含經濟、能源及環境等項目，能源轉型指標加強對國家整體能源政策的平衡與可行性分析；能源安全指標內容則強調能源系統可能面臨的風險程度評估與衡量。
- (2) 差異點：「能源轉型指標」的組成包含二大構面，除了「系統績效」外，另外加入了「轉型準備」，主要內容強調一個國家的能源系統建立適當的政治、經濟及社會結構，讓能源轉型朝向更安全、更可靠、更永續的能源系統發展，進而促進更多的經濟發展。由此可知，WEF 提出的「能源轉型指標」已經超出能源安全指標的涵蓋範圍，擴大至政治、經濟及社會的不同構面之間的協力調和關係。

## 肆、結論與建議

能源轉型是一個相當複雜的過程，涉及多面向的互動(interactions)及影響因子之間的反饋迴圈(feedback loops)，需要依據健全的事實基礎(fact base)，可以充分瞭解現狀及辨識系統改革，以促成有效的能源轉型。

我國自 2016 年政府積極致力於臺灣的能源轉型，朝向非核低碳化的能源系統目標邁進，面臨許多政治、經濟及社會的不同構面的問題與挑戰。我國於 2018 年訂定能源轉型白皮書後，能源轉型指標可提供未來持續追蹤進展的國際比較標準參考。此外，目前國內已有研究機構建立臺灣的能源安全衡量指標，但是只能呈現我國能源安全片面的風險狀態，因此，建議可以參考能源轉型指標架構，在能源安全指標之外，增加「轉型準備構面」，用以評估能源系統轉型過程可能面臨的關鍵影響因素，分析這些因素如何相互協力作用，採取適當的調控措施，以促成及時有效的能源轉型。

## 附註

世界經濟論壇(World Economic Forum, WEF)是一個以基金會形式成立的非營利組織，成立於 1971 年，總部設在瑞士日內瓦州科洛尼。2006 年在中國北京及美國紐約設立區域代表處。世界經濟論壇在聯合國經濟與社會理事會擁有觀察員身份，接受瑞士聯邦政府的監管。世界經濟論壇的經費來自會員年費，會員需是年收入額 50 億美元以上的國際企業或國家行業中的佼佼者，並對於該行業或區域的未來具有重要領導作用。

## 參考文獻

- [1] Fostering Effective Energy Transition, 2018/3/14.  
<https://www.weforum.org/reports/fostering-effective-energy-transition>
- [2] Game Changers in the Energy System: Emerging Themes Reshaping the Energy Landscape, 2017/1/12.  
<https://www.weforum.org/whitepapers/game-changers-in-the-energy-system-emerging-themes-reshaping-the-energy-landscape>

- [3] Global Energy Architecture Performance Index Report 2017, 2017/3/22.  
<https://www.weforum.org/reports/global-energy-architecture-performance-index-report-2017>
- [4] B.W.Ang, W.L. Choong, T.S. Ng., Energy security: Definitions, dimensions and indexes. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 42, 2015. P.1077-1093
- [5] 周桂蘭，臺灣與美國的能源安全風險指標建構比較分析，能源知識庫深入分析，2015/11/13。  
[https://km.twenergy.org.tw/DocumentFree/reference\\_more?id=114](https://km.twenergy.org.tw/DocumentFree/reference_more?id=114)
- [6] BusinessToday. India ranks 78 among 114 countries on WEF's Energy Transition Index, 2018/3/14.  
<https://www.businesstoday.in/current/world/india-rank-78-wef-energy-transition-index/story/272578.html>
- [7] POLITICO. Germany's green energy shift is more fizzle than sizzle, 2018/3/23.  
<https://www.politico.eu/article/germany-climate-change-green-energy-shift-is-more-fizzle-than-sizzle/>
- [8] Business Report. SA almost rock bottom in global rankings for energy efficiency, 2018/3/14.  
<https://www.iol.co.za/business-report/economy/sa-almost-rock-bottom-in-global-rankings-for-energy-efficiency-13813115>
- [9] Government of India, Ministry of Power, Central Electricity Authority, "All India Installed Capacity (in MW) of Power Stations (as of 30.11.2017)".  
[http://www.cea.nic.in/reports/monthly/installedcapacity/2017/installed\\_capacity-11.pdf](http://www.cea.nic.in/reports/monthly/installedcapacity/2017/installed_capacity-11.pdf)