

從經濟、能源安全及環境層面觀察各國的能源績效表現

張耀仁

核能研究所-能源經濟及策略研究中心

2016/04

觀察每個國家的能源發展必須同時從經濟、供應安全及環境影響三個層面切入，方能客觀地比較各國的能源績效表現。故此諸如美國商會、東協、亞太能源研究中心(APERC)、IEA 等諸多組織皆曾提出多套不同性質的跨國能源安全比較指標，而其中世界能源協會(World Energy Council, WEC)亦開發了一套能源三維指標(Energy Trilemma Index)，除包含能源安全、能源公平及環境永續三層面所組成的能源績效指標(權重 75%)外，尚搭配了由政治、社會及經濟三層面所組成的周邊績效指標(權重 25%)，從多面向評估一個國家整體的能源績效表現，再根據各國表現給予一組三維指標評分(能源安全、能源公平及環境永續)及全球的排名。

WEC 此套評估方法於各層面考慮相當多的能源及非能源的因素。其中，能源安全層面考慮被評估國的能源生產與消費的比例¹、電力來源多樣性、電力線損、前 5 年能源密集度的年均複合成長率、油與氣的儲備天數、能源進出口佔 GDP 的比例等因素；能源公平層面考慮被評估國零售汽油的可負擔性(價格)、電力的可負擔性(價格)、電力品質；環境永續層面考慮被評估國的能源密集度、CO₂ 排放密集度、空氣與水污染、電力碳排放係數等因素；政治層面考量被評估國的政

¹ 能源生產與消費比>1 代表國家能源為淨輸出；能源生產與消費比<1 代表國家能源為淨輸入

治穩定度、法規品質、政府效率等因素；社會層面考量被評估國的貪腐控制、法治素養、教育程度、健康程度等因素；經濟層面考慮被評估國的生活成本支出、經濟穩定性、私部門信貸能力等因素。

WEC 用此方法對全球 130 個成員國的能源績效表現進行評比，其中在 2013 至 2015 年的三期報告中²，瑞士無論在能源績效指標或周邊指標都擁有極佳的表現，故連續三年都獲得全球第一名的評價。但為利於後續說明與比較，本文則只選取能源績效標竿或與我國能源情勢相似的國家進行比較分析，包括：日本、韓國、德國及英國，如表一所示。

表一、各國經濟及能源現況（2013 年）

國家	能源負擔 (電價) (USD/kWh)	初級能源生 產與消費比 ³ (TPEP/TPEC)	能源密集度 (koe/USD)	排放密集度 (kgCO ₂ /USD)	傳統發 電占比 (%)	再生能 源發電 占比 (%)	水力 發電 占比 (%)	核能 發電 占比 (%)
台灣	0.09	0.10	0.23	0.54	79	2	2	17
日本	0.25	0.15	0.11	0.29	85	5	8	2
韓國	0.11	0.14	0.18	0.39	69	1	1	29
德國	0.39	0.35	0.11	0.27	60	21	3	16
英國	0.26	0.62	0.09	0.21	69	10	2	19

資料來源：2015 Energy Trilemma Index-Benchmarking the sustainability of national energy systems, World Energy Council, 2015

日本及韓國是與我國彼此產業競爭性高且同樣是大量依靠能源進口的國家；德國為目前全球再生能源發展的標竿國家，且工業 GDP 佔比高與我國相同；英

² 因為需引用 IEA 的全球能源統計資料庫，故屬於落後型指標，如 2013 年報告實為 2011 年之國家表現

³ 初級能源生產與消費比>1 代表國家能源為淨輸出；初級能源生產與消費比<1 代表國家能源為淨輸入

國則與我國皆為孤島型電力系統。此外，這些國家與我國同樣也都是能源淨進口國。基於以上因素，本文選取這四國與我國進行能源整體表現的分析與比較。各國整體能源表現的比較請參見表二，分析結果詳述如下：

表二、各國整體能源表現排名與三維指標平衡評分

國家	整體排名 Overall Rank			平衡評分 Balance Score		
	2013	2014	2015	2013	2014	2015
台灣	27	34	30	ABC	ACC	ABC
日本	16	23	32	ABB	ABB	ABC
韓國	64	55	54	BCD	BCD	ACD
德國	11	11	13	ABB	BBB	BBB
英國	5	4	4	AAA	AAA	AAB

資料來源：2015 Energy Trilemma Index-Benchmarking the sustainability of national energy systems, World Energy Council, 2015.

英國-2015 年全球排名第 4 位，並為 5 國中表現最佳的，獲得 AAB 的評分⁴，在能源安全與環境永續皆獲得 A 的評分，能源公平則獲得 B 的評分。英國從 2013 至 2015 年的整體能源表現排名都維持在穩定的前段班。

德國-2015 年全球排名第 13 位，獲得 BBB 的評分，德國近 3 年能源績效排名呈現退步(10→19)，因此於能源安全、能源公平及環境永續都只獲得 B 的評分(表三)。但該國近 3 年的周邊績效(政治、社會及經濟)表現不錯且穩定(13→13)，因此使整體能源表現評比仍可維持在穩定的前段班(表四)。

日本-2015 年全球排名第 32 位，並獲得 ABC 的評分，於能源公平獲得 A，環境

⁴評分 A 表現佳；評分 B 表現中上；評分 C 表現中下；評分 D 表現差

永續獲得 B 及能源安全獲得 C 的評分，日本近 3 年的整體能源表現呈現退步的狀態。

表三、各國能源績效指標排名

國家 Country	排名 Ranks											
	能源績效			能源安全			能源公平			環境永續		
	Energy Performance			Energy Security			Energy Equity			Environmental Sustainability		
	2013	2014	2015	2013	2014	2015	2013	2014	2015	2013	2014	2015
台灣	41	54	45	71	75	54	22	14	12	59	86	96
日本	14	22	38	48	62	83	17	20	19	33	41	49
韓國	85	70	78	103	98	101	49	25	20	85	85	94
德國	10	14	19	31	27	25	11	42	46	30	27	44
英國	2	3	3	11	9	4	8	22	30	19	18	21

資料來源：2015 Energy Trilemma Index-Benchmarking the sustainability of national energy systems, World Energy Council, 2015.

表四、各國周邊績效指標排名

國家 Country	排名 Ranks											
	周邊績效			政治力量			社會力量			經濟力量		
	Contextual Performance			Political Strength			Societal Strength			Economic Strength		
	2013	2014	2015	2013	2014	2015	2013	2014	2015	2013	2014	2015
台灣	11	15	14	23	22	23	22	24	23	5	9	6
日本	32	28	24	22	19	16	12	15	11	71	71	64
韓國	16	22	22	37	40	40	26	31	32	9	13	14
德國	13	12	13	16	16	15	18	11	14	24	14	16
英國	27	20	18	21	21	20	17	19	16	55	35	33

資料來源：2015 Energy Trilemma Index-Benchmarking the sustainability of national energy systems, World Energy Council, 2015.

韓國-2015 年全球排第 54 名，為 5 國中表現最差的，獲得 ACD 的評分，於能源

公平獲得 A，環境永續獲得 C 及能源安全獲得 D 的評分，韓國從 2013 到 2015 年的整體能源表現有逐漸進步的趨勢，主為韓國持續維持低電價導致能源公平排名大幅度提升(49→20)所致。

台灣-2015 年全球排名第 30 表現中上，並獲得 ABC 的評分，分別於能源公平獲得 A，能源安全獲得 B 及環境永續獲得 C 的評分，環境永續獲得較低的評分主要為我國傳統發電占比、能源密集度及排放密集度皆相當高所致，我國從 2013 至 2015 年的整體能源表現則是維持在穩定的狀態。

我國的能源表現不如英國與德國是可意料的事，因為兩國除了能源負擔(電價)比我國貴除外，其餘能源表現皆優於我國(表三)。值得注意的是：我國為何整體的能源表現評比可以優於日韓兩國？日本從福島事件後關閉國內所有核電廠以來，發電缺口改用大量進口天然氣取代，造成電力來源多樣性變低，因而導致日本的能源安全排名原較我國為佳，但到 2015 年的排名卻落後於我國。由於大量使用天然氣發電導致電價上漲，雖導致能源公平的排名在 2014 年起落後我國，但近來因油價慘跌抵銷了高電價對於能源公平排名的影響，否則日本的整體能源表現應該更糟。在傳統能源占比方面日本雖高於我國，但大部分為天然氣，加上能源密集度與排放密集度都遠低於我國，使日本的环境永續排名雖然逐年退步，但仍然遠優於我國，總體來看日本在能源績效指標仍略優於我國。因此，日本整體能源表現排名落後於我國應反應來自政治、社會及經濟層面的表現(表四)。我國在政治與社會力量的排名略遜於日本，但是經濟力量遠優於日本，以致我國周

邊績效指標的排名表現優於日本，而這也是我國能源整體能源績效現排名能優於日本的主要原因。

韓國近 3 年的整體能源績效表現雖有稍微改善但仍是屈於 5 國之末(表二)，因為韓國的能源安全與環境永續表現不佳，韓國與我國同樣是能源進口依存度高的國家，但 WEC 認為韓國的能源來源不穩定，造成能源安全層面的表現極度不佳。韓國與我國都維持低電價，因此能源公平層面的表現與我國相近，環境層面上的表現則也與我國不相上下(表三)。韓國在政治、社會及經濟層面的表現近 3 年雖有逐漸退步的現象，但與我國相比仍差距不遠(表四)，所以韓國整體能源表現之所以不如我國的原因最主要是能源安全表現不佳。

英國整體能源表現可名列前茅的原因是該國在能源安全的表現十分優異，而能源公平及環境永續表現也是名列前茅(表三)。英國本身擁有油/氣等天然資源，且有一定比例的再生能源及核電，也使用傳統能源發電，因此可同時維持能源供應穩定與多樣性，且提供相對不算昂貴且低排放的電力。德國近 3 年的整體能源表現有衰退的現象(表三)，因德國政府宣示 2022 年前要關閉所有核電廠，缺口以發展再生能源及使用傳統能源取代，間接導致電價大幅度調漲及增加環境排放。德國因能源自產率低於英國，因此能源安全表現不如英國，但因有歐洲大陸電網的支援，讓德國在大力發展再生能源及減核之時，仍可維持電力供應無虞。反觀我國，既沒有天然資源又是孤島型的電力系統，能源安全表現上的挑戰性本就極大，但低電價政策卻導致我國必須大量依靠進口的便宜傳統能源，使得要改善能

源安全表現更加困難。我國長期維持低電價使能源公平的表現比德英兩國好，但低電價卻導致需大量使用便宜的傳統能源及產業的節能效率不彰，進而導致能源密集居高不下，使我國的環境永續表現遠遠落後德英兩國。

從 WEC 的能源整體三維指標分析中可發覺，觀察國家的能源表現不但要從多面向切入，也要考量國家自身稟賦及政治、社會及經濟等現實面，不可能每國家皆能面面俱到。以德國為例：為何整體能源表現排名全球第 13 名，但卻只獲得 BBB 的評分？主要為近 3 年德國的能源公平(11→46)與環境永續(30→44)呈現明顯的退步，能源安全(31→25)雖然略有進步，但是排名卻不是非常出色，因此只獲得 BBB 的評分。但評比整體表現需再加入周邊績效的表現(表四)，德國近 3 年的政治(16→15)、社會(18→14)及經濟(24→16)層面表現皆相對不錯且穩定，以致德國可以在能源績效表現不算好的情況下，整體能源表現卻獲得不錯的排名。

重點是：天下沒有白吃的午餐！德國為廢核及發展再生能源付出的代價就是更昂貴的電價；日本的近零核現況則大幅惡化國家的能源安全；而我國與韓國為產業發展維持低電價政策，犧牲的則是環境。不可否認，低電價是我國在能源表現上的優勢，但同時也是危機，低電價造成我國大量使用高排放電力並導致高能源密集度產業形成內鎖效應，更使得我國排放密集度居高不下，低碳電力與再生能源發展受阻。我國未來若是想要讓國家整體的能源表現變得更好，電價合理化及產業結構轉型將是首要工作。

參考文獻

1. World Energy Council (WEC), 2015 Energy Trilemma Index-Benchmarking the sustainability of national energy systems, 2015.