

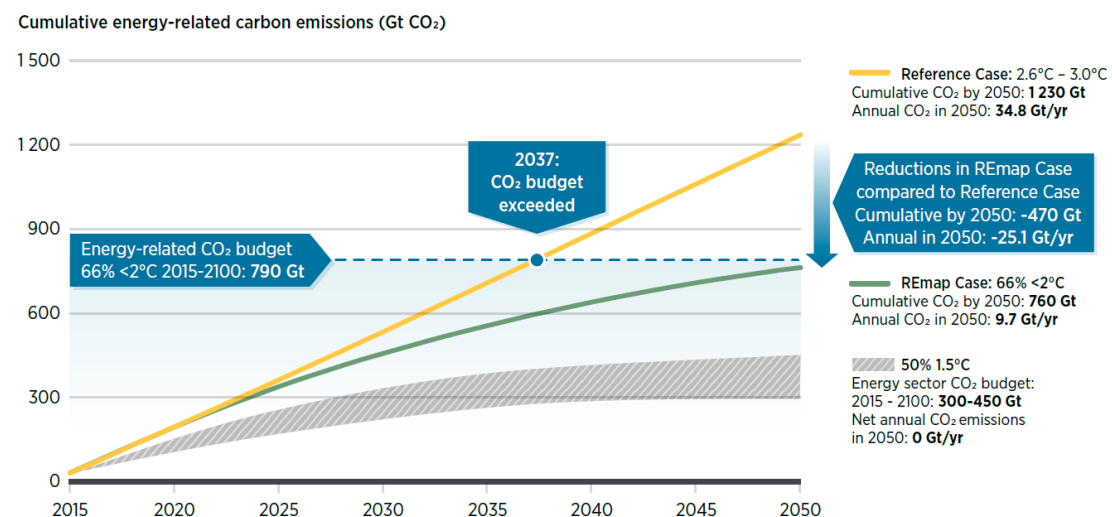
IRENA 「全球能源轉型：至 2050 年路徑」 重點摘要

財團法人台灣綜合研究院研一所 蔡宜龍

一、前言

「國際再生能源總署」(The International Renewable Energy Agency, IRENA)於 2018 年 4 月發布「全球能源轉型：至 2050 年路徑」(Global Energy Transformation: A Roadmap to 2050)。該研究報告基於各國發展再生能源最大潛力情況，以「再生能源情境」(Renewable Energy Roadmap case, REmap case)推估終端使用部門(運輸部門、住宅部門、工業部門)及電力部門至 2050 年的能源發展路徑。

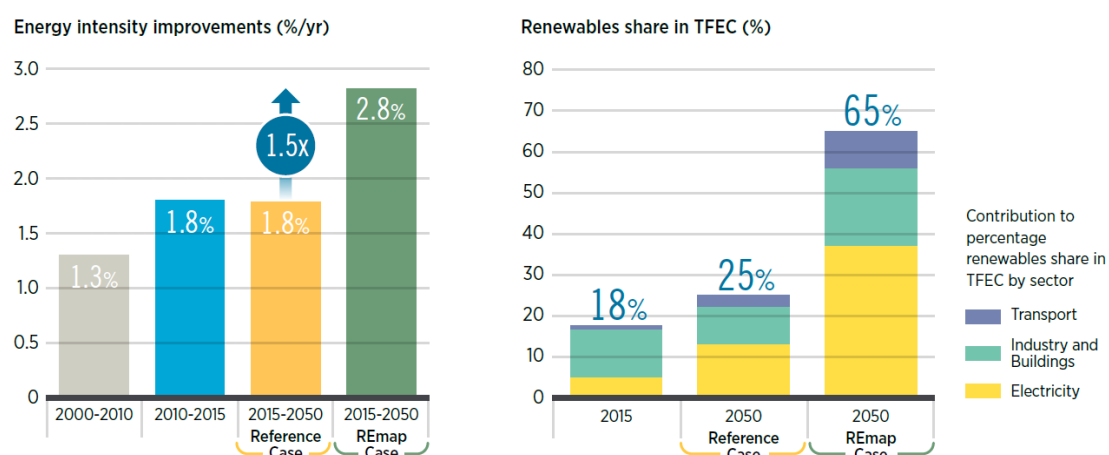
首先，此份報告的預測情境中，如果採用「基礎情境」(Reference Case)推估，至 2050 年全球會升溫 2.6°C 至 3.0°C，且會增加至 12,300 億噸的溫室氣體排放，無法達到升溫 2.0°C 的目標；如採用「再生能源情境」(Renewable Energy Roadmap case, REmap case)有 66%的機率可達成升溫 2.0°C 的目標，且溫室氣體累積的排放量相較「基礎情境」而言，可減少 47,00 億噸，達到 7,600 億噸的水準，顯示保持全球溫度上升低於 2.0°C 的目標在技術上是可行的，如圖 1 所示。



資料來源：IRENA(2018), “Global Energy Transformation: A Roadmap to 2050.”

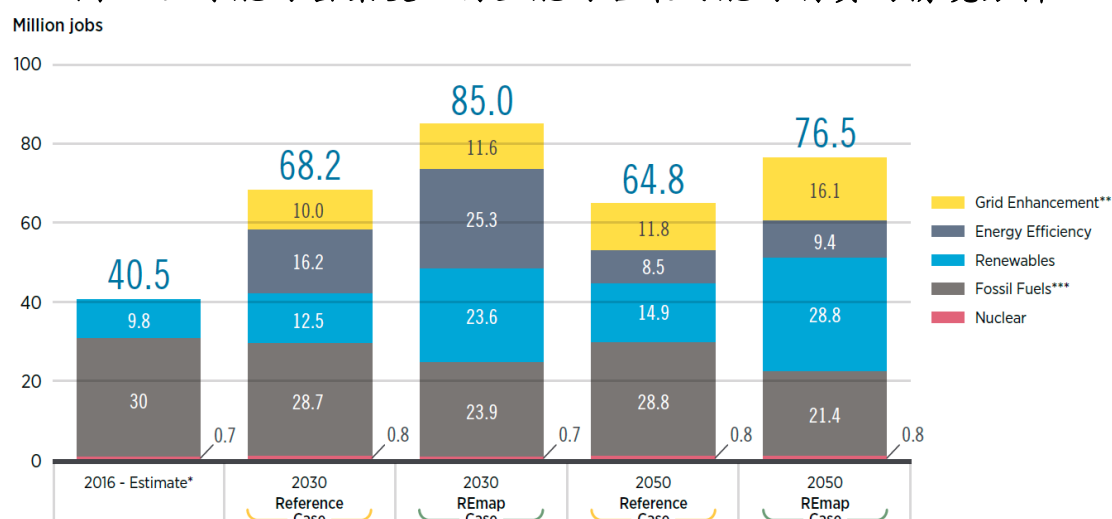
圖 1 全球能源轉型情境分析

然而，全球能源消費體系必須改變目前主要以化石燃料為基礎的體系，如再生能源占最終能源消費比例由「基礎情境」占 25%，提高至「再生能源情境」占 65%，而全球能源密集度也將由「基礎情境」每年可改善 1.8%提高至「再生能源情境」每年可改善 2.8%，如圖 2 所示。此外，全球能源轉型具有經濟效益，但需要立即加大對低碳技術的投資。依據分析報告，再生能源轉變應該會創造出比化石燃料行業更多的能源工作崗位。預估 2050 年「再生能源情境」提供的工作數量 7,650 萬個工作職務，高於「基礎情境」的 6,480 萬個工作職務，也將推動全球 GDP 增長 1%，並顯著改善整體福利，如圖 3 所示。



資料來源：IRENA(2018), “Global Energy Transformation: A Roadmap to 2050.”

圖 2 全球能源密集度及再生能源占最終能源消費的情境分析

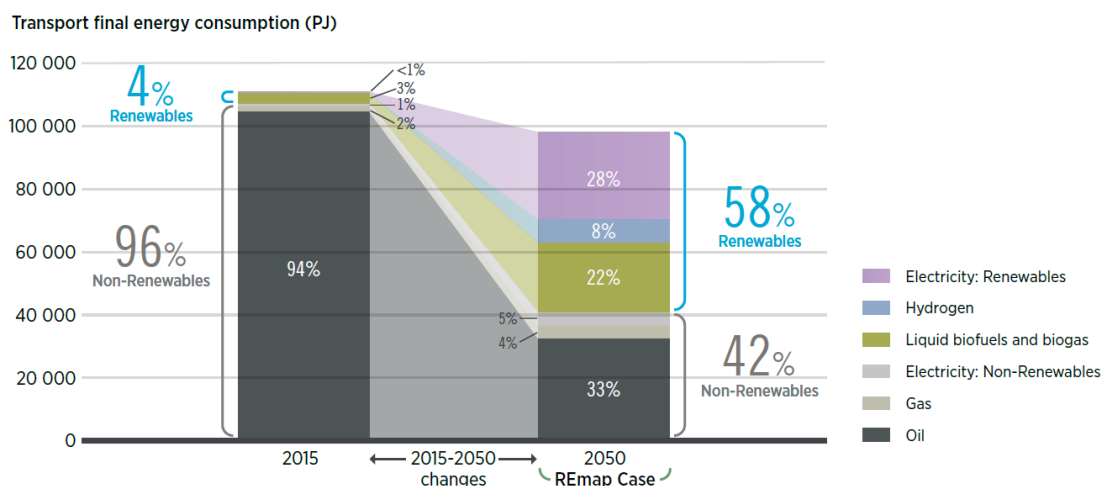


資料來源：IRENA(2018), “Global Energy Transformation: A Roadmap to 2050.”

圖 3 全球能源轉型提供的工作職務數量情境分析

有鑑於此，本研究摘錄並整理終端使用部門(運輸部門、住宅部門、工業部門)及電力部門研析重點，茲分述如下：

二、運輸部門



資料來源：IRENA(2018), “Global Energy Transformation: A Roadmap to 2050.”

圖 4 運輸部門能源轉型

2015 年運輸部門整體最終能源消費結構中，再生能源比例相當低(約 4%)，其中以生質燃料(約占 3%)為主，另有一部分來自再生能源電力(約占 1%)；2050 年整體最終能源消費結構中，預估再生能源比例將提升至 58%，其中以再生能源電力(約占 28%)、生質燃料(約占 22%)為主，另外還包括氫能(約占 8%)，如圖 4 所示。估計 2015~2050 年總投資額達 142 兆美元，而溫室氣體排放量則由 2015 年的每年 77 億公噸至 2050 年降低為每年 31 億公噸。

而從能源相關指標來看，首先就電動車(包含乘用車、公共汽車和輕型車輛、三輪車)而言，2015 年合計約 2.0 億車輛，至 2050 年估計成長至 31.8 億車輛，約增加 15.8 倍；其次就電池儲能而言，2015 年發電量為 0.005 億度，至 2050 年估計成長至 123.8 億度，增加 24,760 倍；最後就生質燃料而言，液態生質能 2015 年為 1,290 億公升，至 2050 年估計成長至 9,020 億公升，約增加 7 倍，至於生質甲烷 2015 年為 4 億立方公尺，至 2050 年估計成長至 230 億立方公尺，增加 57.5 倍，詳見表 1。

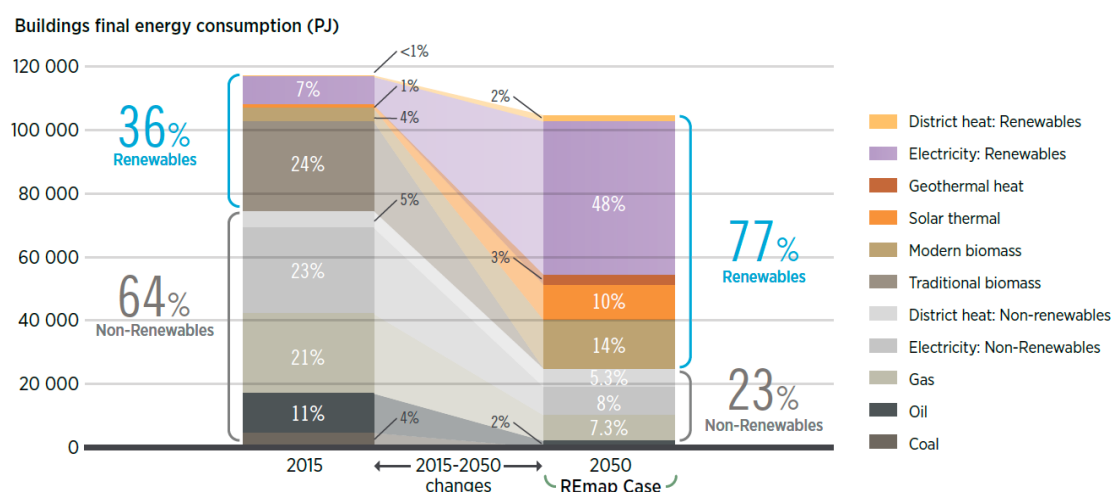
表 1 運輸部門能源相關指標

類別		單位	2015 年 實際值	再生能源情境 2050 年目標值
電動車	乘用車	百萬車輛	1.24	965
	公共汽車和 輕型車輛	百萬車輛	0.02	57
	三輪車	百萬車輛	200	2,160
電池 儲能	發電量	百萬度	0.5	12,380
生質 燃料	液態生質能	10 億公升	129	902
	其他生質能 (生質甲烷)	10 億立方公尺	0.4	23

資料來源：IRENA(2018), “Global Energy Transformation: A Roadmap to 2050.”；本研究整理。

三、住宅部門

2015 年住宅部門整體最終能源消費結構中，再生能源占比為 36%，其中以傳統生質燃料(約占 24%)及再生能源電力(約占 7%)為主；預期新興經濟體對於電力需求成長及使用熱泵或季節性儲能的增加，將帶動整體住宅部門對再生能源之需求，估計 2050 年整體最終能源消費結構中，再生能源占比將提升至 77%，如圖 5 所示。估計 2015~2050 年總投資額達到 396 兆美元，而溫室氣體排放量可由 2015 年的每年 28 億公噸至 2050 年降低為每年 8 億公噸。



資料來源：IRENA(2018), “Global Energy Transformation: A Roadmap to 2050.”

圖 5 住宅部門能源轉型

而從能源相關指標來看，首先就生質能而言，將逐步降低對於傳統爐灶的使用，取而代之的是現代爐灶。現代爐灶 2015 年為 4,800 萬個，至 2050 年估計成長至 86,700 萬個，增加 18 倍；其次就太陽熱能而言，集熱器面積 2015 年為 6.2 億平方公尺，至 2050 年估計成長至 63.0 億平方公尺，增加 10 倍；最後就地熱能而言，熱值 2015 年為每年 0.3EJ，至 2050 年估計成長至每年 1.8EJ，約增加近 6.0 倍，詳見表 2。

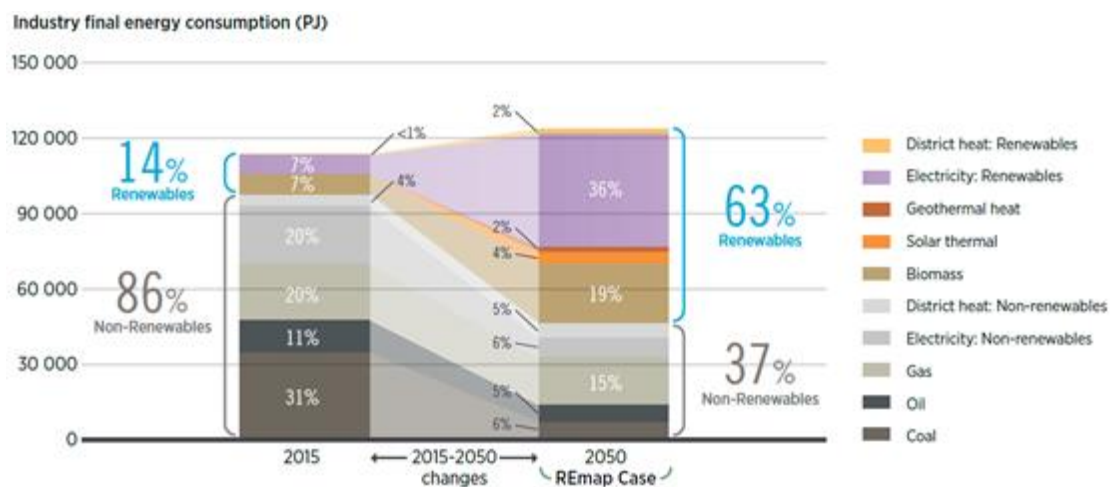
表 2 住宅部門能源相關指標

類別		單位	2015 年 實際值	再生能源情境 2050 年目標值
生質能	傳統爐灶	百萬個	568	0
	現代爐灶	百萬個	48	867
	熱值	EJ/年	4	7.6
太陽熱能	集熱器面積	百萬平方公尺	622	6,299
地熱能	熱值	EJ/年	0.3	1.76

資料來源：IRENA(2018), “Global Energy Transformation: A Roadmap to 2050.”；本研究整理。

四、工業部門

2015 年工業部門整體最終能源消費結構中，再生能源占比為 14%，其中以生質燃料(約占 7%)及再生能源電力(約占 7%)為主；2050 年整體最終能源消費結構當，預估再生能源占比將提升至 63%，以再生能源電力(約占 36%)及生質燃料(約占 19%)為主，其餘約占 8%，如圖 6 所示。估計 2015~2050 年總投資額達到 50 兆美元，而溫室氣體排放量則由 2015 年的每年 95 億公噸至 2050 年降低為每年 51 億公噸。



資料來源：IRENA(2018), “Global Energy Transformation: A Roadmap to 2050.”

圖 6 工業部門能源轉型

而從能源相關指標來看，首先就生質能而言，生質能熱能 2015 年為每年 8 EJ，至 2050 年估計成長至每年 20.2 EJ，增加 2.5 倍，且生質能原料 2015 年每年為 0.8 EJ，估計至 2050 年將成長至每年 10.5 EJ，增加 13 倍；其次就太陽熱能而言，集中式太陽熱能 2015 年為 10 萬度，至 2050 年估計成長至 13,400 萬度，增加 1,340 倍，且集熱器面積 2015 年為 0.01 億平方公尺，估計至 2050 年將成長至 34.5 億平方公尺，增加 3,450 倍；最後，就地熱能而言，熱值 2015 年為每年 0.02EJ，至 2050 年估計成長至每年 4.11EJ，增加 205.5 倍，詳見表 3。

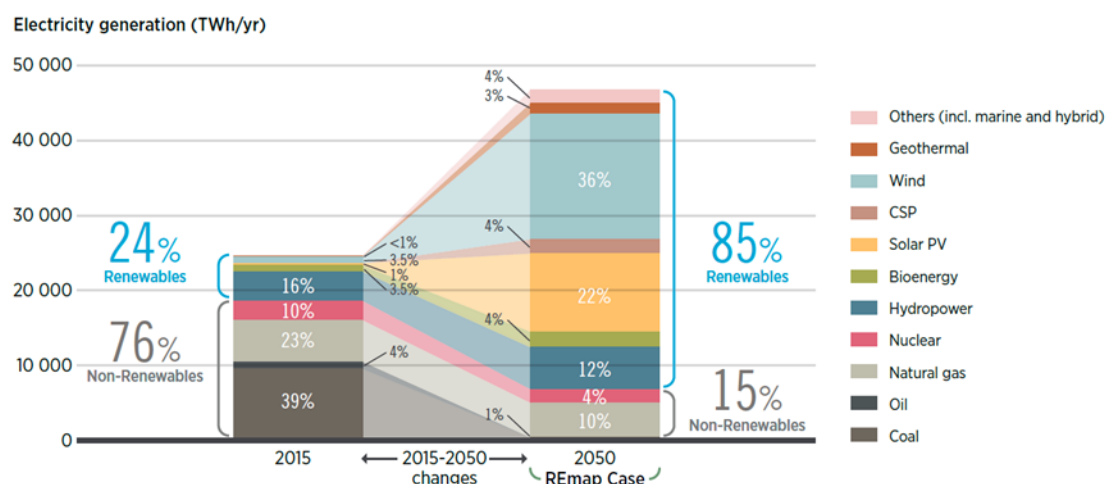
表 3 工業部門能源相關指標

類別		單位	2015 年 實際值	再生能源情境 2050 年目標值
生質能	生質能熱能	EJ/年	8	20.2
	生質能原料	EJ/年	0.8	10.5
太陽熱能	集中式 太陽能熱	百萬度	0.1	134
	集熱器面積	百萬平方公尺	1	3,450
地熱能	熱值	EJ/年	0.02	4.11

資料來源：IRENA(2018), “Global Energy Transformation: A Roadmap to 2050.”；本研究整理。

五、電力部門

2015 年電力部門整體最終能源消費結構中，再生能源占比為 24%，以水力發電(約占 16%)及生質能、風力(各約占 3.5%)為主，另有太陽光電等能源(合計約 1%左右)；2050 年整體最終能源消費結構中，預估再生能源占比將提升至 85%，除以風力(約占 36%)、太陽光電(約占 22%)、水力發電(約占 12%)為主外，另有生質能、集中式太陽能熱、地熱及其他能源(合計約占 15%)，如圖 7 所示。估計 2015~2050 年針對電力行業的投資總額，將達到 180 兆美元，而溫室氣體排放量由 2015 年的每年 124 億公噸至 2050 年降低為每年 19 億公噸。



資料來源：IRENA(2018), “Global Energy Transformation: A Roadmap to 2050.”

圖 7 電力部門能源轉型

而從能源相關指標來看，就水力而言，2015 年水力裝置容量為

1,248 百萬瓩，至 2050 年估計成長至 1,828 百萬瓩，增加 1.5 倍；就風力而言，2015 年陸域風力裝置容量為 399 百萬瓩，至 2050 年估計成長至 4,923 百萬瓩，增加 12.3 倍；而 2015 年離岸風力裝置容量為 122 百萬瓩，至 2050 年估計成長至 521 百萬瓩，增加 4.3 倍；就太陽光電而言，2015 年裝置容量為 223 百萬瓩，至 2050 年估計成長至 7,122 百萬瓩，增加 31.9 倍；就太陽能聚熱發電而言，2015 年裝置容量為 5 百萬瓩，至 2050 年估計成長至 633 百萬瓩，增加 126.6 倍；就生質能而言，2015 年裝置容量為 119 百萬瓩，至 2050 年估計成長至 384 百萬瓩，增加 3.2 倍；就地熱而言，2015 年裝置容量為 10 百萬瓩，至 2050 年估計成長至 277 百萬瓩，增加 27.7 倍；最後，就其他能源(如海洋能、混和動力等)而言，2015 年裝置容量為 0.3 百萬瓩，至 2050 年估計成長至 881 百萬瓩，增加 2,936.7 倍，詳見表 4。

表 4 電力部門能源相關指標

類別		單位	2015 年 實際值	再生能源情境 2050 年目標值
水力		百萬瓩	1,248	1,828
風力	陸上	百萬瓩	399	4,923
	離岸	百萬瓩	12	521
太陽光電		百萬瓩	223	7,122
太陽能聚熱發電		百萬瓩	5	633
生質能		百萬瓩	119	384
地熱		百萬瓩	10	277
其他 (如海洋能、混和動力等)		百萬瓩	0.3	881

資料來源：IRENA(2018), “Global Energy Transformation: A Roadmap to 2050.”；本研究整理。

五、小結

多數國家除將再生能源列為國家主要發展的目標外，亦將再生能源視為加速能源轉型達成氣候目標之重要措施。有鑑於此，茲綜整本報告相關重要建議：

(一)提升電力部門使用再生能源潛力：為使電力部門廣泛使用再生能源(如太陽光電、風力等)，應支持基礎設施與智能技術(如大數據

的使用)整合之投資，透過大數據分析以發掘再生能源發電潛力。

(二)強化能源效率與再生能源結合措施：結合能源效率及再生能源之措施，如：再生能源技術融入公共建築翻新的政策規劃等。

(三)增加電力在運輸、住宅及工業部門使用：訂定電動車發展目標；善用需量反應管理，增加電力需求的運用；利用資訊及通訊科技 (Information and Communication Technology, ICT)，降低尖峰電力需求及營運成本等。

六、參考文獻

1. IRENA(2018), Global Energy Transformation: A Roadmap to 2050.
2. IRENA(2018), Global Energy Transformation: A Roadmap to 2050, <http://www.irena.org/publications/2018/Apr/Global-Energy-Transition-A-Roadmap-to-2050>, 2018 年 4 月查詢