

本月專題

南韓第 8 次電力供應基本計畫研析

許清瑜

摘要

南韓產業通商資源部於 2017 年底公布第八次電力供需基本計畫，包括 2017 年至 2031 年間的能源路線藍圖，規劃階段性減少核能、燃煤，改以增加再生能源、天然氣比例，並從過往供應為主的電力需求政策轉換成需求管理為主，以應對環保隱憂與安全問題。

第八次電力供需基本計畫訂定方向，主要為合理並客觀的電力需求預估、擬定需求管理策略、估算穩定電力之儲能比例、考量經濟與環境發電結構、架構環境友善電力系統、資訊透明與廣納意見。此計畫為南韓新任總統文在寅公布之第一份能源相關國家計畫，本專題藉由研析南韓電力供應資訊，期可提供國內相關政策參考。

一、前言

南韓因應中長期電力需求展望與電力需求設備之擴充，依據該國電業法第 25 條與實行令第 15 條訂立 2 年期計畫，於 2017 年 12 月底由產業通商資源部公布「第 8 次電力供應基本計畫(2017~2031)」，主要內容針對第 7 次計畫、長期需求展望、需求目標管理、發電設備管理與減少溫室氣體需付諸計畫等進行評估與討論，並對未來計畫管理進行說明，期可提供作為國內相關政策參考。

二、南韓電力現況

(一) 電力需求

南韓自 2001 年以來，最終能源與電力消費量呈快速成長趨勢，2010 年電力消費比例已達 19%，然過去 5 年(2012~2016 年)電力消費的年平均增長率為 1.8%，

相較 2007~2011 年之間增加的 5.5%，已下降 1/3，係由於 2012~2014 年實施強制節電等高強度的電力管理，並增加電費等措施，皆直接反映於電力消費增加比例上之趨緩。

以部門消費量來看，2016 年工業消費量為 270.0TWh、商用消費量為 160.9TWh、住宅消費量為 66.2TWh，與前年同期相比之下比例各增加了 1.6%、4.3%以及 3.7%。但其中，工業的電力消費量最大，於 2014 年的 55.4%達到高峰，之後雖有減緩的趨勢，但仍舊維持在 50%以上。相對上，商業與住宅的增長比例並不大，甚至無出現變化，如圖 1 所示。



圖 1、南韓 2007-2016 年的部門電力消費量

自 2009 年開始，發生最大電力的時間點由夏天變成冬天；然而 2016 年 8 月因為氣候變遷而產生異常高溫的情況，讓此年的最大電力需求落在夏天。近期最大電力需求比例增加之主因是受氣候變遷影響，進而影響冷暖氣的需求比重。

(二) 電力供應

南韓 2016 年總發電量為 106GW，相較 2006 年增加 62%，其中來自民營電廠的發電占比也從 2006 年的 11.3%，至 2016 年增加為 25.2%。2016 年裝置容量的來源占比為 LNG (31%)、煤(30%)、核能(22%)，發電量比例則是煤(40%)、核能(30%)、LNG (22%)、再生能源(5%)。

自 2007 年開始至 2013 年為止，南韓每年實行 1~2 次提升電費之方案，2014 年與 2015 年沒有調整電費，於 2016 年 12 月針對住家實施新的累進電費制等，實行電費計算的調整，整體而言工業部門的電費調整比例最高，如表 1 所示。

表 1、不同部門之電費(單位：韓元/kWh)

年度	工業	公共服務	住家	教育	農業	總計
2006年	61.92	97.91	114.33	77.48	42.96	76.43
2011年	81.23	101.69	119.99	94.18	42.72	89.32
2016年	107.11	130.41	121.52	111.51	47.41	111.23

二、第七次電力供應基本計畫之檢討

(一)電力消費需求預測爭議：

第七次電力供應基本計畫於訂定時電力消費量已下降 1%，然其初始年度(2016~2018 年)之電力預測比率仍估計為增加 4%。此外需量反應市場已開放，但其效果並無實際回饋於需求管理上。

(二)欠缺對環境與安全之考量：

未重視國民對核能之憂慮及 OECD 國家提高再生能源目標之趨勢，不僅規畫擴大核能使用比例(2029 年 23.4%)，並減低再生能源發電目標。

(三)程序透明度不足：

於規劃過程中，與利害相關者(環境、市民團體、能源業者等)缺乏溝通。

三、第八次電力供應基本計畫之方向

(一)國內政策環境之變化：

- 1.因應電業法修訂，將環境與國民安全視為義務。
- 2.由於近年發生於慶州與浦項之地震，皆屬核能設備密集地，使得國民對核能發電之安全性產生疑慮。因此，南韓 2017 年發布之能源路線圖顯示將階段性減少核能發電，並將再生能源使用占比至 2030 年增為 20%。
- 3.為解決空氣汙染問題，將關閉老舊燃煤火力發電廠，提高 LNG 發電需求。

(二)第八次電力供應基本計畫訂立方向

未來需求預估值	○ 以合理的需求預估將預測誤差值降至最低 - 將第4次產業革命對電力需求之影響列入考量
需求管理	○ 改善需求管理績效
儲能設備比例	○ 考量電力供應安全性，需適度擴充儲能設備 - 擴充再生能源比例等，適度調整發電結構
設備規劃	○ 同時考量經濟、安全與清潔的發電結構 - 階段性減少核能、煤，同時增加再生能源、LNG 比例 - 需同時考量到經濟性與環境性的協調方案 - 持續增加分散式能源系統 ○ 需要建立電力整合供應系統 - 優先擴充再生能源相關設備

1. 合理並客觀的需求預測

使用既有的電力面板模型與其他4個輔助模型，採用國內主管機關提供之最新資料，多方考量(例如GDP、電力價格、人口、氣候等)需求預測之客觀性，未來需求預估模型如下：



(1) 電力消費模型：使用與第7次計畫相同的電力面板模型

以電力面板模型為主要模型，並且為了提升電力需求預測之正確性與客觀性，輔助運用其他4個模型進行驗證，如表2說明。

表2、第8次電力供應基本計畫之電力消費模型

	模型	描述	附註
主要	電力面板模型	○ 反應全球100多國家的電力需求面板資料分析結果，導出因應GDP與電力價格變化之電力需求	第7、第8次主模型
輔助	總能源面板模型	○ 與電力面板模型相似，不過是以電力相對價格(電力價格/總能源價格)代替電力絕對價格導出電力需求	新規
	結構變化模型	○ 考量經濟、社會層面的變化(人口結構、替代能源價格等)電力消費結構變化	新規
	時間序列模型	○ 將未來的電力需求與過往電力需求的趨勢與模式為前提預估電力需求	新規
	個體模型	○ 將住家、商店(2個類別)、企業(10個類別)等各種不同的電力需求預估值結合在一起進行估算	第1~5次主模型

(2) 最大電力模型：使用與第 7 次計畫相同的總體模型

以總體模型為主要模型，考量年度電力消費、氣象變化等，因不同變數預估出最大電力，再以 2 個輔助模型佐以驗證，如表 3 說明。

表 3、第 8 次電力供應基本計畫之最大電力預測模型

模型	描述	附註
總體模型	○ 將最大電力與電力消費之間的關係模型化，並將因氣象波動而產生變化的最大電力考量進模型裡	第6~8次主模型
時間序列模型	○ 從時間別電力需求預測結果中，摘出年度最大值並運用在最大電力預測	新規
個體模型	○ 將年度電力消費，分配到最大電力發生時期與時間別需求，導出最大電力	第1~5次主模型

(3) 比較歷年電力需求計畫使用之預測模型

南韓第 1-5 次電力供應基本計畫的主要模型皆是個體模型，第 6 次計畫開始轉用總體模型，因從經驗驗證發現，總體模型相較於個體模型其電力消費與最大電力的預測誤差值較小，兩者方法比較如表 4，此模型即為第 7、第 8 次電力面板模型之前身。

表 4、個體模型與總體模型的預測方法比較

類別	個體模型	總體模型
電力消費量	使用商業類別附加價值、各種統計與發表資料(家電普及率、自來水容量等)元素進行預估	將GDP等的總體經濟變數與電力消費之間的關係模型化以進行預估
最大電力	使用不同時間別負荷模型之實際表現，將電力消費轉換成最大電力	將電力消費與最大電力之間的關係與因為氣象變化所帶來的效果等模型化進行預估

2. 需求管理

從以供應為主的電力需求政策轉換成為以需求管理為主，目標需求之預測(計劃期間為 2017~2031 年)及重點推動計畫如下：

$$\boxed{\text{目標需求}} = \boxed{\text{基準情境}} - \boxed{\text{需求管理量}} + \boxed{\text{其他因素(電動車等)}}$$

電力消費：2030 年 579.5TWh；最大電力：2030 年(冬季)100.5GW

※計劃期間電力消費預估年平均增加 1.0%；最大電力預估年平均增加 1.3%。

(1) 落實需求管理策略

A.提升能源效能:擴充管理對象,加強效率標準,期達減量 4.15GW 目標。

工業設備啟用最低容許耗用能源標準,禁止生產與販售未達標準之產品,目前規範之品項為變壓器與三相感應電動機,預計 2019 年擴大至壓縮機與冷凍機。此外,新增高效率設備汰舊換新補助項目,在既有 5 項(LED、電動器、變流器、熱泵、冰凍機)再新增 4 項(變壓器、高壓鼓風機、回生制動、恆溫恆溼機)。

B.能源管理系統(EMS):針對建築物、工廠進行監控與管理,達減量 2GW 目標。

透過擴大智能工廠(2022 年,2 萬個)與工廠能源管理系統(FEMS),減少工廠的電力消耗。建築物部分,則透過建築能源管理系統(BEMS)與能源儲存系統(ESS)之結合,減少能源使用。住宅則以智慧電表基礎設施(AMI)為基礎,針對電力消費進行即時管理。

(2) 導入新方案

A.(民間太陽光電)新再生能源供應產業擴張:

修訂電業法,設立小規模電力中介商,至 2030 年以每 15 戶就有 1 戶獲得補助為目標,預期減少 0.32GW。

B.需量反應市場:改善既有制度,擴大需量反應市場,以減少 3.82GW。

推動既有需量反應(Demand Response)制度的修訂方案,推廣「國民 DR」,為住家、商家、大廈等全民都可以參加之方案,透過實際產生的議題檢討相關技術、補償制度等。

C.加強需求管理的執行面:

導入能效資源標準(EERS),與節能優質業者認證制度(Energy Champion)。

D.運用 ICT 技術:

擴大電力大數據能源管理,階段性實施政府機關之能源儲存系統(ESS)設置。

(3) 修訂電費制度

A.調整工業離峰時段電費級距，引導工業提升電力消費效率。

B.考量季節與時間等不同情境修訂電費計算制度，強化電費的需求管理功能。

(4)考量其他變動因素

A.電動車增多：以冬天的最大電力為基準，預計至 2030 年將增加 0.3W。

第八次電力供應基本計畫中，政府補助目標為 2030 年 100 萬台，但依南韓政府最新(2018 年 6 月)公布之 2030 減碳策略，電動車補助數量將提升至 2030 年 300 萬，亦會增加對電力需求之影響。

B.第四次產業革命之影響

因物聯網(IoT)、無人自動化、人工智能系統等技術誘因，可能引起的產業革命與社會變動等，被定義為第 4 次產業革命，預期屆時會同時產生電力需求增加與減少的效果。

考量目前因增減效果的不確定性太大，且尚在第 4 次產業革命的初始階段，故未納入第 8 次計畫的未來需求預估值中。然而，如電動車這種具確定性的項目會被考量進第 8 次計畫，未來電力供應基本計畫將依照第 4 次產業革命的進度做追加評估。

3. 最佳儲能比例

為因應未來最大電力需求所需儲備電力比例，規劃至 2030 年為 22%。
 $22\% = \text{最低儲能比例 } 13\% + \text{應對不確定性的儲能比例 } 9\%$ 。

經考量發電結構、特性、燃煤發電性能，及應對再生能源發電可能變動因素之儲能比例，規劃最低儲能比例較第 7 次(15%)計畫大幅減少，而將第 8 次計畫中應對不確定性之儲能比例較第 7 次(7%)增加。

4. 發電設備規劃

階段性減少核能與燃煤發電的比例，大幅度增加再生能源(2030 年發電量的 20%)，營造環境友善的發電結構，規劃發電設備容量如表 5，預計至 2030 年總裝置容量為 169.2GW，而淨尖峰發電能力為 118.3GW。

至 2030 年以裝置容量為基準，能源結構依序為再生能源→LNG→燃煤→核能；而在淨尖峰期則依序為 LNG→燃煤→核能→再生能源。

表 5、發電設備發電裝置容量(單位：GW)

	核能	燃煤	再生能源	LNG	其他
2017 年	22.5	36.9	11.3	37.4	8.9
2022 年	27.5	42	23.3	42	7.5
2030 年	20.4 ↓	39.9 ↓	58.5 ↑	44.3 ↑	6.1 ↓
說明	階段性減少核能	1. 逐步關閉老舊發電廠(已在 2017 年關閉 3 座) 2. 規劃將現有 4 座燃煤機組轉為 LNG 發電	太陽光電(33.5GW)與風力發電(17.7GW)預計占 2030 年再生能源總裝置容量的 88%。	1. 為因應濟州島電力需求增加，擴充 0.125GW 2. 部分燃煤機組轉換為 LNG	廢除第 7 次計畫中 2.8GW 的燃油發電

5. 經濟與環境之協調

(1) 減少燃煤與 LNG 發電之費用差距

- A. 將環境成本估算至發電源單價：(煤) 19.2 韓元/kWh ↑、(LNG) 8.2 韓元/kWh ↑
- B. 修訂燃料稅：提高對燃煤課徵的消費稅，每公斤加稅 6 韓元；相關主管機關正研議 LNG 等所需課徵的附加稅率調整方案。

(2) 對燃煤電廠之限制

- A. 廢止老舊燃煤電廠：停止運作 30 年以上的煤發電機(既有 8 台→到 2030 年為止 22 台)，將不供應春季(3~6 月)用電。
- B. 設定發電上限：與相關單位研議限制上限、施行標準與程序。

(3) 改善環境友善、分散式能源之獲利

擴大以上項目之單價補助，並實際反映 LNG 發電成本。

6. 分散式能源系統與再生能源擴充方案

- (1) 擴大分散式能源系統發電比例：預計至 2030 年達總發電量的 18.4%(不包含離岸風力等超過 40MW 以上之再生能源發電設備)。

擴大補助太陽光電裝置量、保證 1MW 以下再生能源發電電網連結，增加再生能源設備變壓器連結容量。此外，亦發給民間太陽光電設備再生能源憑證(REC)，並取消其電力交易量上限。

(2)再生能源擴充方案(再生能源 3020 計畫)：預計 2030 年達成 20%的再生能源發電量比例，投入金額 100 兆韓元(約 2.72 兆台幣)。

A.擴大公民參與：住家補助自原本的獨棟住宅增加為集合式住宅、零能耗建築認證。

B.加強對小規模業者的支持：暫時性運用躉購電價(feed-in tariff, FIT)激勵再生能源發展，並為市民基金項目提供再生能源憑證(REC)加權等獎勵措施。

C.增加太陽光電面積：結合農地、鹽害嚴重之海埔新生地與太陽光電應用。

D.推動可被居民接受與環境友善之大規模計劃：第一階段(2018~2022 年)以政府、民間業者推動 5GW；第二階段(2023~2030 年)將海上風力(約 10GW)、水上太陽光電等列為推動重點，並階段性提升大型發電業者的再生能源配額制度(RPS)比例。

(3)因應再生能源變動性之方案

A.導入能源儲存系統(ESS)、抽蓄發電、氣渦輪機使用 LNG 發電設備，作為儲能準備。

B.架構再生能源整合管理系統，進行發電量預測與實際產能之測量、分析與控管等，預計 2020 年正式運作。

7. 輸配電設備規劃

(1)重新思考因擴充再生能源而導致的社會接受度

短期公開地區別的再生能源系統資訊，中長期在再生能源計畫預定地或大規模再生能源專案預定腹地，優先進行輸配電設備之建設。

(2)適度擴充系統與提升穩定性建立電力需求後盾

針對目前有延遲之建設與設備進行重點管理，並規劃工程期限。

(3) 考量有關之社會、環境議題接受度

持續與國際交流高壓直流輸電(HVDC)技術，在人口密集或有可能造成環境、景觀傷害地區，於計畫階段時檢討電線地下化等加強方案，另為提高地方接受度，在募集腹地時邀請居民參與。政府亦將依據過往推動經驗提出輸配電設施改善計畫。

(4) 透過「東北亞電力聯網合作」克服地理性能源限制

8. 資訊透明與廣納意見

- (1) 增加工作小組(WG)數量，邀請不同領域(包含經濟、統計、再生能源、電力系統、需求管理等)之專家、市民與環保團體等參與其中。
- (2) 從規劃需求預測、需求管理、儲能比例等草案、執行與結果等，公布每一個階段進度，並與各領域專家交換意見，時間不得少於5個月。

四、未來管理計畫

(一) 加強未來需求預估模型之驗證功能

因南韓製造業比例較他國相對佔據多數，因此在使用總體模型時存在其限制性，未來需將輔助模型改善成為能反映南韓產業與電力消費情況，並建議持續對其他模型進行研究。

(二) 將第4次產業革命帶來之影響反映於需求預測

雖已評估第4次產業革命之影響，但難以評估其中不確定性，故本次電力供應計畫僅反映電動車與相關影響因素，預計於下次計畫檢討第4次產業革命導致之影響。

(三) 訂立「能源合理使用計畫」加強需求管理

提升部門別(工業、建築等)效率，運用資訊與通訊科技(ICT)改善需求管理並優化電力負荷管理等，進行準確的驗證與評估，訂定加強方案。

(四) 老舊火力發電(煤、LNG、燃油類)設備的管理計畫

以設備經濟壽命為基準，綜合考量環境保護法，訂定老舊設備之廢除及改善方案。

(五)環境污染因應策略

反映環境成本，修訂電力市場之營運規範，建議增加發電燃料稅率等方案，導入用煤使用量限制，與環境部門、自治團體等進行協議。

(六)應對再生能源擴充所需之執行方案

訂立「長期輸配電設備計畫」與「年度輸配電設備規劃」以防止再生能源系統設置延遲情況，藉由運作「再生能源任務小組」，讓韓國電力公司(KEPCO)、韓國電力交易所(KPX)與能源團體共同參與其中，建構一個可以由人民、政府共同參與的環境，依照不同任務分擔責任，並進行週期性檢討。

(七)推動分散式能源系統制度化

透過修訂電業法與施行令，規範分散式能源系統的定義，並研究活用電力基金等方法。

五、結論與建議

(一)電力模型評估納入國際經驗驗證：

南韓第 8 次電力供應計畫中主要電力面板模型是參考全球 100 多國的電力需求面板分析結果，進而導出因應國家 GDP 與電力價格變化之電力需求，再輔以其他 4 個模型進行驗證。考量我國電力需求預測模型亦針對 GDP、氣候等因素進行多方考量，相對上較是以過往電力消費模型經驗進行推估，故建議我國未來電力需求預測可參採國際預估經驗，加強未來需求預估模型之驗證功能。

(二)評估第四次產業革命對我國電力發展影響：

南韓擁全球市占率超過 20% 的智慧機械產業，雖然第四次產業革命尚在初始階段，但如電動車這種具確定性影響項目，南韓已考量進第 8 次電力供應計畫。據瑞銀 2016 年全球第四次工業革命的競爭力調查，我國列入開發中國家前五名，且行政院已於去(2017)年宣布 2040 年全面電

動車化，故建議我國在未來電力供應計畫中，可將第 4 次產業革命之進度做追蹤評估。

(三)透過公民參與式審議溝通政策意見：

南韓推動「階段性減核、擴大再生能源發展」政策，透過公民參與式審議，由專家、當地居民、能源消費者等利益相關者參與討論，形成共識的決策過程，有助於解決或管理核能立場的衝突，可做為我國未來處理爭議性核能議題或其他能源議題上之參考。

(四)持續關注韓國能源政策：

南韓電力供需基本計畫，每兩年修正一次，提供 15 年長期規劃內容，目前該國在核能、再生能源、儲能比例、電價、輸配電設置等議題，皆是新政府推動能源轉型之挑戰，預計透過 2019 年韓國公告其它國家能源計畫，例如國家型能源基本計畫、再生能源總體規劃、能源合理使用基本計畫等，將可更明確了解南韓的國家能源政策。

參考資料

1. 산업통상자원부 공고, “제 8 차 전력수급기본계획(2017~2031) 공고”, 2017/12/29.
2. 韓國聯合部(관계부처 합동)簡報：2030 年溫室氣體減碳路線圖修訂與補充，2018/06/28.
3. 工研院，能源政策規劃與分析工具介紹簡報，2018/05/29.
4. 林祥輝，南韓「公論化委員會」在歷經 3 個月的公民審議後，提出恢復新古里 5、6 號機建設計畫的建議，隨後南韓政府表示尊重並決定恢復施工，能源知識庫，2017/11/9.