

出國報告（出國類別：洽公）

參加 2017 年德國柏林能源轉型合 作交流訪問團

服務機關：台灣電力公司綜合研究所

姓名職稱：洪紹平所長

派赴國家：德國

出國期間：106 年 6 月 24 日至 106 年 7 月 2 日

報告日期：106 年 8 月 31 日

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：

參加 2017 年德國柏林能源轉型合作交流訪問團

頁數 50 含附件：是否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話：

台灣電力公司人資處/陳德隆/ 2366-7685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話：

洪紹平/台灣電力公司/綜合研究所/所長/ 2360-1001

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 開會6 洽公

出國期間：106 年 6 月 24-7 月 2 日出國地區：德國

報告日期：106 年 8 月 31 日

分類號/目

關鍵詞：能源轉型政策，再生能源發展，燃料電池，智慧電網，儲能

內容摘要：（二百至三百字）

- (一) 能源局與德國在台協會自民國 104 年開始連續兩年在臺合辦能源論壇，以進行能源議題對話與交流。105 年雙方更簽署《臺德能源轉型合作意向共同宣言》，宣示進一步合作之意願，並作為深化能源領域合作之基礎架構。
- (二) 在上開基礎下，雙方同意於 106 年安排臺灣訪問團訪德，以具體落實《共同宣言》下之合作活動。爰此，本局經與德方協商後，本年度共籌組 2 次訪問團，第 1 團已於 5 月 16 日至 19 日赴德國布萊梅，針對離岸風力議題、相關港口基礎建設及運籌產業等與德方交流。
- (三) 第 2 次訪問團－「2017 年德國柏林能源轉型合作交流訪問團」將以能源轉型政策與相關實務經驗、再生能源發展之支持性措施(如

融資)、氫能與燃料電池及智慧電網與儲能等議題為雙方交流重點，赴柏林進行能源訪察。

本文電子檔已傳至出國報告資訊網 (<http://report.gsn.gov.tw>)

目錄

壹、出國任務與行程	1
貳、開會內容	3
一、6月26日	3
1、德國復興信貸銀行(KFW)	3
2、柏林能源機構(BEA).....	6
二、6月27日	10
1、德國能源署(DENA)	10
2、氫與燃料電池科技國家組織(NOW).....	13
三、6月28日	17
1、AGORA ENERGIEWENDE 智庫.....	17
2、德國聯邦經濟事務暨能源部(BMWI)及能源轉型圓桌論壇.....	22
四、6月29日	27
西門子(SIEMENS AG).....	27
五、6月30日	31
WINDNODE--50HERTZ	31
參、心得及建議	36
一、德國訪問重點摘要	36
二、能源轉型總結與建議	39
三、電業轉型建議	41
四、台電轉型建議	43
五、綜研所轉型建議	47
肆、附錄	51
一、 參加會議照片	51
二、 討論議題	53
三、 簡報.....	67

壹、出國任務與行程

能源局與德國在台協會自民國 104 年開始連續兩年在臺合辦能源論壇，以進行能源議題對話與交流。105 年雙方更簽署《臺德能源轉型合作意向共同宣言》，宣示進一步合作之意願，並作為深化能源領域合作之基礎架構。

在上開基礎下，雙方同意於 106 年安排臺灣訪問團訪德，以具體落實《共同宣言》下之合作活動。爰此，本局經與德方協商後，本年度共籌組 2 次訪問團，第 1 團已於 5 月 16 日至 19 日赴德國布萊梅，針對離岸風力議題、相關港口基礎建設及運籌產業等與德方交流。

第 2 次訪問團—「2017 年德國柏林能源轉型合作交流訪問團」將以能源轉型政策與相關實務經驗、再生能源發展之支持性措施(如融資)、氫能與燃料電池及智慧電網與儲能等議題為雙方交流重點，赴柏林進行能源訪察。

日期	活動內容
6 月 24-25 日(六、日)	台北→德國柏林(往程)
6 月 26 日(一)	<ul style="list-style-type: none">• 德國復興信貸銀行 (KfW)• 柏林能源機構(BEA)
6 月 27 日(二)	<ul style="list-style-type: none">• 德國能源署(dena)• 氫與燃料電池科技國家組織(NOW)
6 月 28 日(三)	<ul style="list-style-type: none">• Agora Energiewende 智庫• 德國聯邦經濟事務暨能源部(BMWi)• 「能源轉型圓桌論壇」
6 月 29 日(四)	<ul style="list-style-type: none">• 西門子(SIMENS AG)
6 月 30 日(五)	<ul style="list-style-type: none">• WindNODE--50Hertz
7 月 1-2 日(六、日)	德國柏林→台北(返程)

◇ 代表團名單

單 位	姓 名	Name	職稱
經濟部能源局	林全能	Chuan-Neng Lin	局長
	陳炯曉	Jyuung-Shiauu Chern	綜合企劃組科長
	莊正璇	Cheng-Hsuan Chuang	綜合企劃組科員
經濟部技術處	葉維煜	Wei-Yu Yeh	簡任技正
行政院原子能 委員會核能研 究所	葛復光	Fu-Kuang Ko	能源經濟及策略研究中心 研究員兼副主任
	徐獻星	Victor, Shian-shing Shyu	核能儀器組組長
工業技術研究 院	胡耀祖	Yie-Zu (Robert) Hu	綠能與環境研究所所長
	張文昇	Wen-Sheng Chang	綠能與環境研究所 儲能技術組組長
	黃永福	Yung-Fu Huang	綠能與環境研究所 智慧電網計畫經理
台灣電力股份 有限公司	洪紹平	Shao-Pin Hung	綜合研究所副所長
台灣經濟研究 院	楊豐碩	Feng-Shuo Yang	研究五所所長
	林毓玲	Evelyn Lin	研究五所助理研究員

貳、開會內容

一、6月26日

1、德國復興信貸銀行（KfW）

(1) 組織任務

德國復興信貸銀行（KfW）成立於1948年，為德國最大的銀行，主要客戶為小型或中型企業的財務、環境和財務革新方面投資。該銀行為個人的房屋建設、現代化和能源節約與綠能融資等提供規劃服務，亦代表德國政府在開發中國家從事相關業務。德國為推動再生能源專案融資之世界翹楚，故擬訪問該機構瞭解綠能融資之實務與挑戰，如何藉由融資工具刺激再生能源產業發展之發展，以邁向綠色經濟之作法。

(2) 討論議題:能源轉型下的再生能源融資

能源轉型的推動需要大量的投資，在2020年之前，估計每年需投入約400億歐元(如2.1圖)。到2017年6月為止，除了再生能源占比外，其他項目距2020年的目標仍有差距。

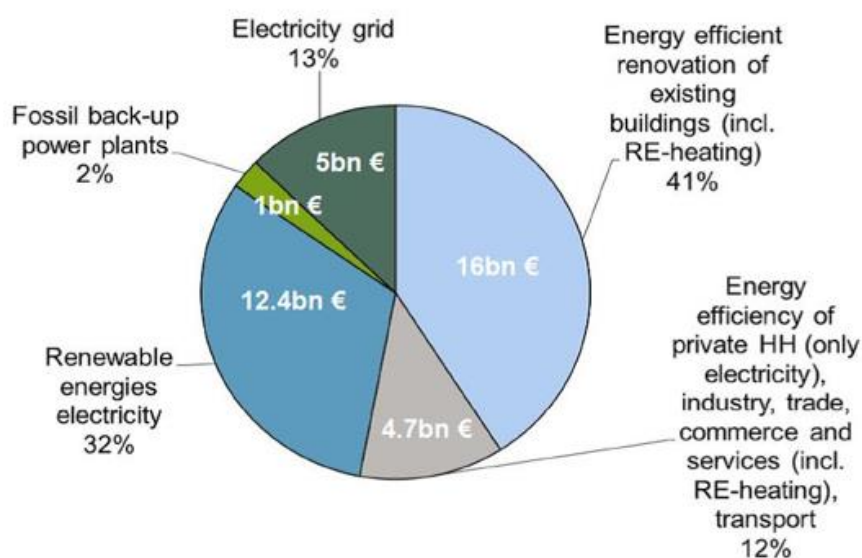


圖 2.1 能源轉型投資需求

再生能源於德國享有多重有利的投資條件。為使再生能源順利進入電力市場，2000 年的再生能源法(EEG)，規範了再生能源 20 年的優惠躉購費率(FIT)，保證收購且優先併網，其衍生成本則由全體電力用戶以 EEG 附加費方式分攤。此政策雖然使得電源中再生能源的占比迅速增加，但附加費也隨之上升(2000 年 0.2ct/kWh 增加至 2017 年每度 6.88ct/kWh)。近年來，隨著 EEG 成本上升及再生能源市場逐漸成熟、技術成本降低，以及再生能源大量併網對電力系統穩定度的影響，德國重新修定了 EEG2017，新版的 EEG 引進大型風力、光電與生質能計畫的融資競標系統、20 年市場額外補貼競價、更佳的區域網路與再生能源規劃以及民眾能源倡議的特殊條款等。

KfW 是德國能源轉型的主要融資銀行，主要資金提供對象為從事能源效率的私人、商業、公共建築、產業、都市住宅等，以及再生能源業者。以離岸風力為例，KfW 加入國際銀團，以專案融資融通機制，提供長期、可靠的貸款予離岸風力業者。借款業者可以依金額上限、固定/浮動利率、直接貸款聯貸/轉貸/等條件，選擇不同的融資方案組合來滿足其資金需求。2016 年 KfW 對於不同類別再生能源推廣的融資方案與資金如圖 2.2 所示，共計 51 億歐元。欲貸款的業者，在投資前需向客戶往來銀行提出申請，審核通過後，銀行會將申請案轉交 KfW，KfW 再將此筆貸款以優惠的利率代給該銀行，由該銀行與業者簽訂貸款合約。可申請的投資計畫種類除 EEG 納入的再生能源類別外，自 2016 年 11 月開始，有利促進再生能源併網的投資(如儲能、智慧電表等)亦可申請。融資方案提供最高 5 千萬歐元的低利貸款，期間可長達 20 年，最長可於 3 年後才開始還款，利率則視風險而訂，共分九級，借款人的財務狀況愈好，擔保品價值愈高者，利率較低。

經由歐洲發展離岸風力的經驗顯示，政府的有力支持及穩定的法規制度扮演關鍵角色，創造強大的供應鍊需要持續的交易流(deal flow)，初期市場則需提出具吸引力的報酬或 FIT，可做銀行擔保的購電合約/FIT 皆有助於融資，方能降低再生能源投資計畫的成本，並於未來降低電力價格。目前再生能源業者運用財務槓桿有增加的趨

勢，預計短期未來的資金將有 75%來自借款，付款期限也已經延長到完工後 17 年，利率則隨市場成熟顯著降低，由 2011 年的 3.x%降至 1.9%。

I. Electricity from renewable energies (Programme "Standard")	II. Heat from renewable energies (Programme "Premium")
<ul style="list-style-type: none"> › Loan amount up to EUR 50m › Risk-based favourable interest rate › 2016: EUR 4.5bn new commitments, more than 85% for onshore wind projects 	<ul style="list-style-type: none"> › Loan amount up to EUR 10m › Low-interest loans from KfW with repayment bonus* › Risk-based favourable interest rate › 2016: EUR 104m new commitments
III. Storage battery systems for solar power	IV. Offshore wind energy
<ul style="list-style-type: none"> › Low-interest loans from KfW with repayment bonus* › Risk-based favourable interest rate › 2016: EUR 104.5m new commitments › Since programme start: over 25,000 commitments 	<ul style="list-style-type: none"> › Credit amount up to EUR 800m per project › Financing up to 50 % of debt › 95 % guarantee of the Fed. Rep. of Germany › Since programme start: 5 projects, EUR 1.5bn

*Repayment bonus is financed by Federal Ministry for Economics Affairs and Energy

In terms of electrical capacity, about 50% of all newly installed RE facilities (excluding wind offshore) in Germany were co-financed by KfW (average 2012-2015).

圖 2.2 KfW 再生能源融資方案

KfW 認為台灣離岸風力的 FIT 似乎較國際水準為高，因為裝置成本較高，若要降低單位裝置成本，應儘速發展本土供給基礎建設，並追求資金成本的最佳化，才能達成 2025 年離岸風力 3GW 的目標。由於資金成本通常會隨著借款與權益資本的供給增加而降低，因此必須設法讓銀行或其他金主覺得投資計畫具有吸引力。首先計畫需處理的風險應限於建造與運轉風險，沒有其它，各種許可、地權、執照都應該涵蓋整個計畫的壽年，電網的連結也應在籌款前確定。參與開發與建造的業者最好具有離岸風力經驗及良好的財務資源。

向台灣本土銀行融資將面臨的三個關鍵問題:銀行是否願意以專案融資方式提供長期貸款?是否有其他組織可提供資金(投資機構、壽險公司)?是否可以訂定類似 KfW 的融資方案來支持相關產業?若是向國際機構融資，目前有 30 家國際銀行具有離岸風力經驗，但對於台幣的取得對於多數銀行是個難題，計畫的支出須以台幣支付，故以美金

融資將導致貨幣風險，可能的解決方式包括:連結 FIT 與外幣匯率(不可能?)、貨幣避險(現實中不可能，昂貴)、結合本土融資與國際風險管理...由於離岸風力需要的資金遠大於陸上風力，因此更需要有創意的解決方案。

2、柏林能源機構(BEA)

(1) 組織任務

在柏林眾議院的同意下，柏林能源機構於 1992 年的柏林能源機構由 Vattenfall Europe Wärme AG、GASAG Berliner Gaswerke Aktiengesellschaft、KfW Bankengruppe 及 Land Berlin 等 4 單位均分股份合組而成。

(2) 主要業務

包含開發和實施現代能源管理理念；公共和私人客戶的戰略諮詢；挖掘節能潛力；承包服務；國際知識（know-how）移轉。其重點活動和項目包括熱電聯產、再生能源、節能照明系統、節能夥伴關係、培訓措施等，以及如何開發這些項目，以減少客戶的能源成本和二氧化碳排放。

(3) 討論議題:德國柏林的能源效率與能源服務架構

柏林的減碳目標同樣是在 2020 年前減少 40%的溫室氣體排放(相較於 1990)，能源使用則是較 2005 年減少 10%，其他目標還包括區域化能源供應：將再生能源的電源占比由 2005 年的 1.2%提高至 2020 年的 17.8%，增加生質能(+1500%)、熱電共生機組（CHP+800%）、太陽熱能(+1700%)產熱；以及增加建物的現代化比例，由 0.7%(2005)增為 2%(2020)。

由能源用戶執行節能往往會面臨能力、資訊、動機不足與高期初投資的障礙，也因此形成了能源服務的商機。以成熟度與利害相關人數量來看，德國是全歐能源服務市場的第一名，2013 年的 ESCO 共有

500~550 家，且仍在持續成長中。德國的能源服務有三種模式：Energy operation contracting(EOC)、energy supply contracting(ESC)、Energy performance contracting(EPC)，其合約範疇與占比如圖 2.3 所示。EOC 僅限於既有設備的有效率運轉，不含投資；ESC(圖 2.4)則涵蓋設備的規劃、融資與執行階段；EPC(圖 2.5)則再納入設備維護階段，以及用戶行為改變及能源管理。

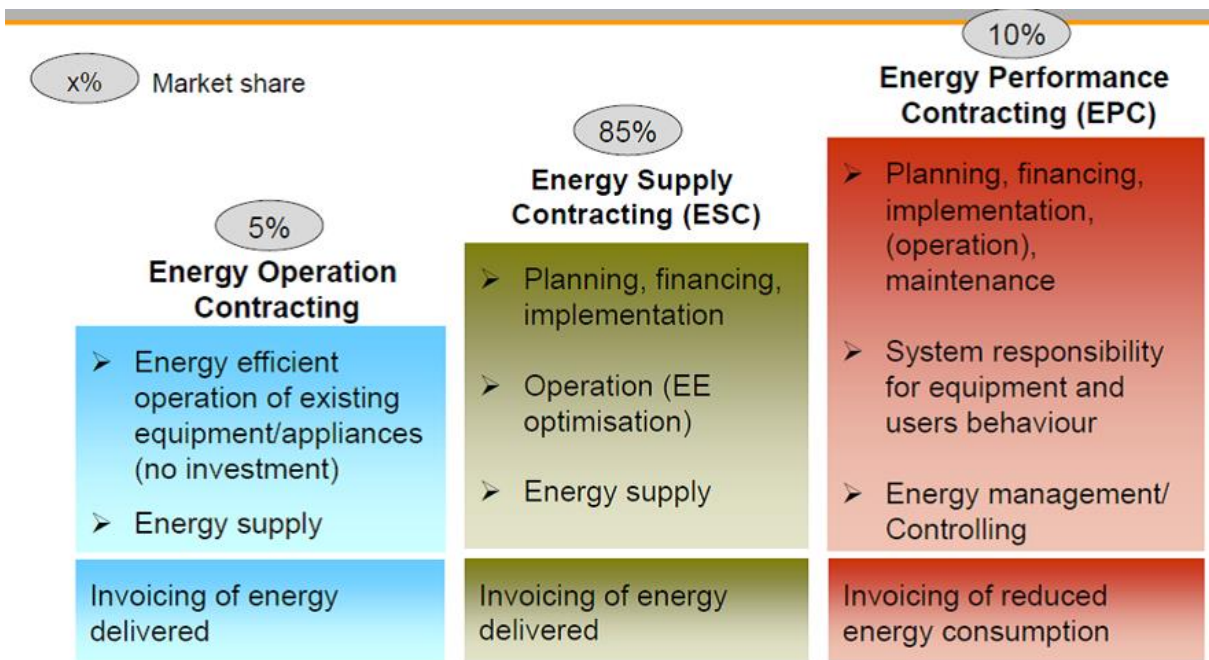


圖 2.3 能源服務模式

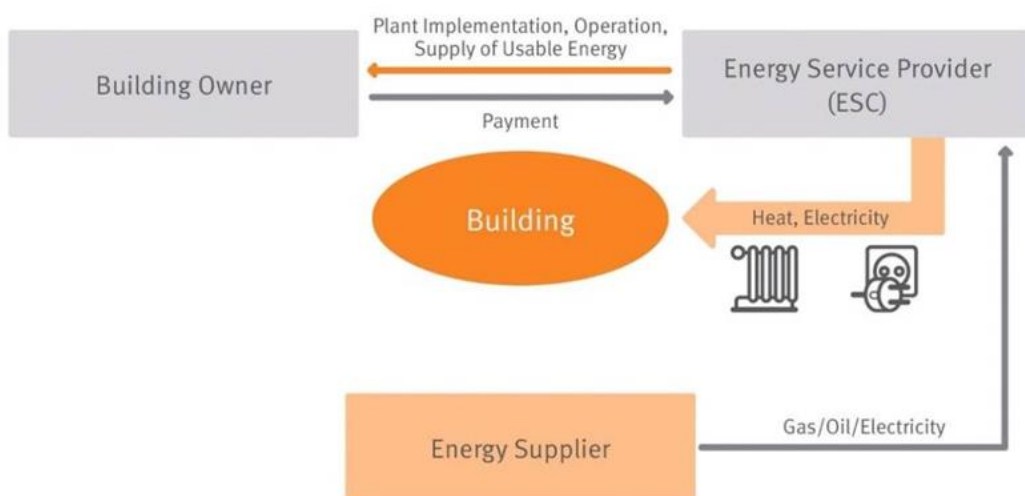


圖 2.4 ESC 模式

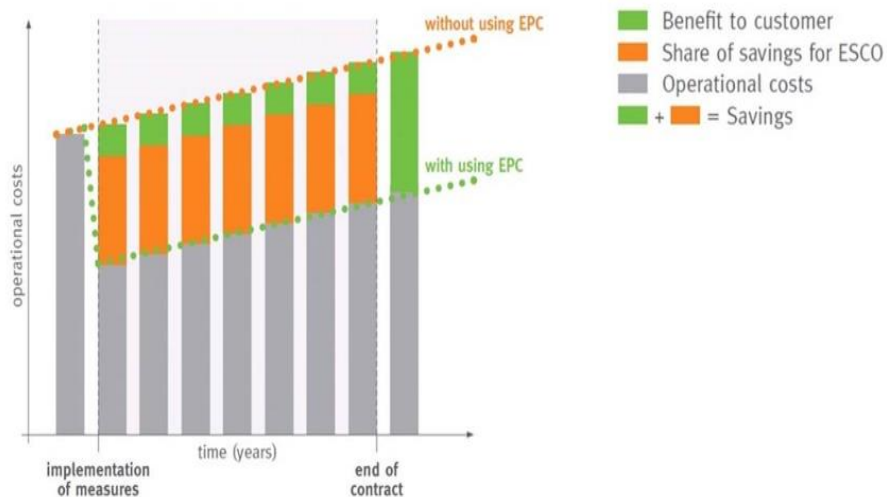
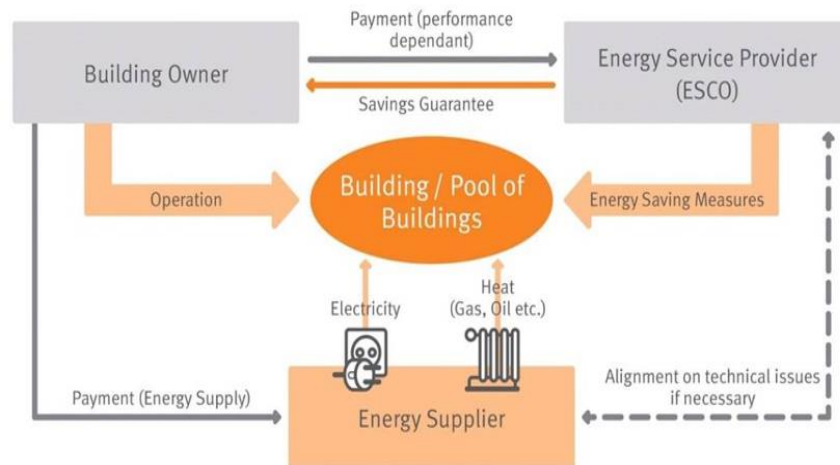


圖 2.5 EPC 模式

在 EPC 模式下，ESCO 保證節能績效，節能所省下的成本由 ESCO 及用戶分享，合約期間結束後則完全歸於用戶，BEA 扮演的是計畫管理者的角色，提供用戶諮詢服務，另一邊則向 ESCO 提出技術、經濟要求與協商。EPC 在柏林是個成功的模式，共有 27 個節能群組(超過 1400 棟建築物)，總共節省的能源成本達 1250 萬歐元(總成本的 1/4)，1996 年至 2013 年共減少 650,000 噸二氧化碳排放，總投資金額則為 550 萬歐元。

結論: 1.在克服能源效率投資限制時，能源服務是日漸重要的工具，可顯著降低能源消費量並提升能源安全。2.大範圍的能源服務是可能

的，亦可因地制宜。3.ESC 模式由於易於執行，是最常見的能源服務型態。4.能源服務需要健全的法規架構與融資支持。5.ESCO 創造了新職缺並可增加就業。

二、6月27日

1、德國能源署(dena)

(1) 組織任務

德國能源署（dena）的股東包含德國聯邦政府、KfW 集團、安聯公司、德意志銀行及德國中央合作銀行(DZ Bank AG)，為一提高能效、推動再生能源和智慧能源系統發展的專業中心，協助落實德國的能源及氣候政策目標。德國能源署發展解決方案，並透過聯結政治界與產業界等跨部門夥伴在國內外付諸實行。

(2) 主要業務

該署專注於建築、電力、交通等能源消耗部門，與能源生產、儲存、聯網及數位化等能源議題。工作項目包含進行示範計畫，為政治家、製造商和服務商提供諮詢，為推廣機構提供培訓，為消費者提供資訊，搭建協作網路，鼓勵國際交流與研究未來情境等。

(3) 討論議題:德國能源署-現狀與計畫

能源署員工 200 人，執行 100 個計畫，其目標為支援德國政府的能源政策、溝通能源使用者與供給者關心議題、及實現能源效率與再生能源的潛能，包括系統整合。

能源署的業務有四大主軸：

- 能源效率-能源轉型智庫與發言人

一開始許多人聽到能源轉型就想到再生能源，其實能源效率也一樣重要，所謂最綠的電是沒有發的電。透過能源署的專業，將能源效率變成產業和政治的重要夥伴，共同發展與執行能源效率策略。能源轉型需要創新與嶄新的心態，德國目前的能源消費必須儘速減半，為達成此目標，運用再生能源以保護環境與氣候是必要的。若能再加強有效率的使用電力、熱能與燃料，能源轉型就能更成功。

如果認真想要揚棄化石燃料並阻止環境成本上升，現在就要開始投資，比如再生能源、高能效商品與系統、以及節能建築新建及翻修。除了達成能源轉型本身界定的目標外，高能效還有其他效益：如果建築物使用較少的暖氣，車輛使用較少燃料，消費者、企業和政府機關都能降低能源成本並減少二氧化碳排放。

- 智慧能源系統-整合、最適化與智庫

德國的能源供給逐漸轉向再生能源，這個過程伴隨著新的挑戰。發電將愈來愈倚賴天氣，且將來自大量的分散型機組。能源系統的眾多不同元件需要智慧的連結及協調。電網是能源轉型的主要舞台，德國的電網必須適應能源轉型的需求，亦即以需求為主的擴建及網路操作的持續發展，智慧操作資源可最適化目前的能源基礎建設，進而將必要的擴建降至可管理的水準。為了容納愈來愈多的分散式電源及再生能源，配電網路得承擔新的任務。在電網的一小區域中，若有許多分散式發電機組連結配電網，發電量有時可能超過用電量，讓配電網成為收電網(collection grid)。電網於是必須處理負載劇烈變動並保持可靠供電，即使是尖峰時段，此時彈性是關鍵。大致說來，要讓電網更具彈性、更有效率有兩種方式：增建或是改變電網操作模式。後者需要彈性的途徑方法，如加裝儲能設備或運用智慧需求面管理系統。

- 利害相關人程序-政治、產業與社會界面間的仲裁者

能源轉型必須靠每個人的貢獻才能成功，也需要專家在產業、政界、社會大眾的不同利益間斡旋，畢竟對話才是找出最佳解決方案的關鍵。能源署提供了溝通平台，並獨立調處個別公司與各產業間的利益。能源轉型不但是技術、know-how 和資金問題，一般大眾的承諾也扮演著重要角色。無論是官員、商業人士或個人，對能源效率計畫的成功都有責任。為確保能源轉型順利，發展具說服力的新想法和策略來吸引能源轉型中的每個參與者是必要的。密切的溝通、個別諮詢以及前瞻性的辯論對於資訊的獲得都是不可或缺的。Dena 開發了所謂的「專家服務」，藉由中央知識庫提供建築師、工

程師、能源顧問公司、貿易商所有可用的高能效建築資訊，此外還提供了日常應對客戶的有用工具及訣竅，因此便能讓這些專家輕易地取得相關資訊，以提供優質服務，最後高能效的建築物自然容易成功。

- 國際活動-於國際間行銷能源轉型

國家能源行動計畫(National Energy Efficiency Action Plan, NAPE)中，定義了目前的節能政策工具與措施，除了已證明有效的工具如獎例方案或資訊宣導之外，NAPE 刻意納入創新解決方案的構想。由於德國天然資源匱乏，所以能源效率方案的經濟潛能為一重要因素，因為能源效率不僅是降低能源成本，同時也減少了資金外流至化石能源輸出國，更多的資金可用於國內投資，強化德國企業做為先進「德製能源效率」產品、服務、系統提供者的地位。由此可知，能源效率不僅是能源轉型的支柱，同時也能顯著影響德國經濟在國際市場的競爭力。德國的能源不是個孤立系統，歐盟的國家面臨構建永續供應系統的挑戰，全球對於高效率與綠色能技術的興趣亦是逐漸成長。德國的能源轉型是實務解決方案與創新的櫥窗，能源署則依此定位推展各種先導型計畫，促進國際有官能源轉型合作。

- 電業自由化

電力供給的開放與創造單一歐洲電力市場向來是歐洲國家努力達成的目標，和其他的歐盟國家相較，德國的電力市場自由化程度相當高。市場機制與動態的電力批發交易是能源轉型成功的核心角色。在自由化之前，電力市場係由僵固的計畫型模式主導，參與者也很少。幸虧有複雜、快速的預測和交易程序，還有多元化的新參與者，現在的電力市場已經可以彈性且有效率地反應再生能源發電的變動，部分也可歸功於透過證券市場進行電力交易，才能準確至 15 分鐘的區段交易。短暫的前置時間使得預測可以相當精確，所以能夠準確地平衡供給和需求(日內市場)。參與者眾多也增加了市場的流動性，表示市場交易量夠大，交易活絡。如此一來，單一筆交易對市場價格不易產生顯著影響。同時德國的供電安全度也持續保持在

高水準，如 2006 年至 2014 年間，雖然再生能源蓬勃發展，但 SAIDI(平均停電時間)卻降低了 57%。

自由化後，電力市場的競爭改善、歐洲單一市場的擴張、以及再生能源聯網增加的效果都反映在電力批發價格中。目前的電價是有史以來的低價，但用戶只享受到此一趨勢的部分利益，德國除了再生能源法(EEG)的費用外，還有熱電共生附加費、電網使用費、離岸負債分攤費、可停負載分攤費、特許費、電力稅，其零售電價加上眾多的附加費後用戶電價不降反增。

為確保電力轉型下可靠、成本有效、環境友善的電力供給，電力市場設計和交易商品、市場參與者的發展必須有一致性，目的是使日益增多的再生能源以最佳的方式整合入能源配比中，並提供誘因給再生能源加入後所需的彈性。由於未來彈性對發電和電力消費的重要影響，dena 預期市場的演化將朝彈性增加方向發展，所以積極地參與各種領域的相關活動，主要著眼於技術發展、未來的商業模式、影響策略性管制決策、需求面管理和網路擴建等等。

2、氫與燃料電池科技國家組織(NOW)

(1) 組織任務

德國氫與燃料電池科技國家組織是協助德國政府執行「氫與燃料電池國家創新計畫」(National Innovation Programme for Hydrogen and Fuel Cell Technology)、「區域電動車模型計畫」(Electromobility Model Regions programme)的機構，並因應歐盟法令，發展替代燃料基礎建設。其組織目標在於為市場進行準備，在執行上述兩個計畫時除了進行研發工作，主要著重於支援實證計畫。

(2) 主要研究領域

氫能及燃料電池科技、氫能移動(Hydrogen Mobility，含各式氫能交通工具及叉車等)、加氫站網絡發展、燃料電池的熱電技術及燃料電池發電系統、電動車電池技術、充電站基礎建設等。

(3) 討論議題:運輸部門能源轉型

「氫與燃料電池國家創新計畫」(2007-2016)是為了市場準備的整合型計畫，整合了技術(元件、子系統、系統與商品)、運用(成本、可靠度、耐用性)與市場(顧客接受度、安全性、核可/證照)三個面向，總計畫金額為 14 億歐元，其成果如下

- 技術面：改善燃料電池效率、車輛燃料電池冷起動至 -25°C 、燃料電池車與加氫站間無線通訊、燃料電池加熱機組技術成熟、燃料電池電能效率達 60%、電解槽效率在電力供應變動狀態下達 85%
- 運用面：燃料電池系統成本降低 $>90\%$ (燃料電池車)與 60%(固定式)、標準化引進 700bar 壓力的儲能系統、加氫站成本降低、大幅增加燃料電池車行駛距離至 >500 公里、燃料電池加熱平均可用率 $>96\%$ 、擴大運用組合至船舶、鐵路、航空。
- 市場面：開發加氫站網路、訂定加氫站審核程序指引、證明客戶接受度、支援商用燃料電池車引入、商用固定燃料電池加熱系統上市、 >250 個站點設有離網備用供電系統。

2016~2026 年的後續計畫，預計資助的活動與研究、技術為

- 道路、鐵路、水路、航空運輸領域之研發，聚焦更高的技術就緒指數
- 創新群聚(innovation cluster)
- 補貼取得、驗證、維護專利權及其他無形資產的成本
- 以燃料電池驅動的路面、鐵路、水路及航空交通工具
- 靠再生能源運轉的電解槽
- 以燃料電池為基礎的電熱共生設備
- 以燃料電池為主的關鍵基礎建設離網供電設備

為推廣燃料電池，德國加氫站的佈署計畫如圖 2.6 所示，目前已建造完成的有 41 個(26 個營運中，15 個待核准)，建造中的有 13 個，1 個在申請中，預計在 2025~2030 年間可商業化。



圖 2.6 德國加氫站佈署計畫

除了技術研發外，NOW 亦參與德國政府運輸與燃料策略(Mobility and Fuel Strategy)的訂定與推動。德國運輸部門的能源轉型目標為能源消費減少 10%(2020)、40%(2025)，二氧化碳排放減 40%(2030)及 9800 萬噸。因此德國政府運輸與燃料策略的重點便落在如何兼顧環境保護與運輸系統的進化，如: LNG、CNG 卡車與船舶、燃料電池卡車、飛機燃料轉換、佈署適當加氣、加氫及充電站等基礎設建設、推廣鐵路運輸、移轉個人長程運輸等。針對長期能源轉型，NOW 將著重於整合性能源系統(圖 2.7)所需之法規與變動，期能發展出以再生能源電力為基礎的 2050 整合性能源構想(Integrated Energy Concept 2050)以及必要的法規架構(圖 2.8)。

Analysis of the Current Regulations and Changes needed for an Integrated Energy System

– efficient – flexible – emission-free – renewable – coupling the energy sectors –

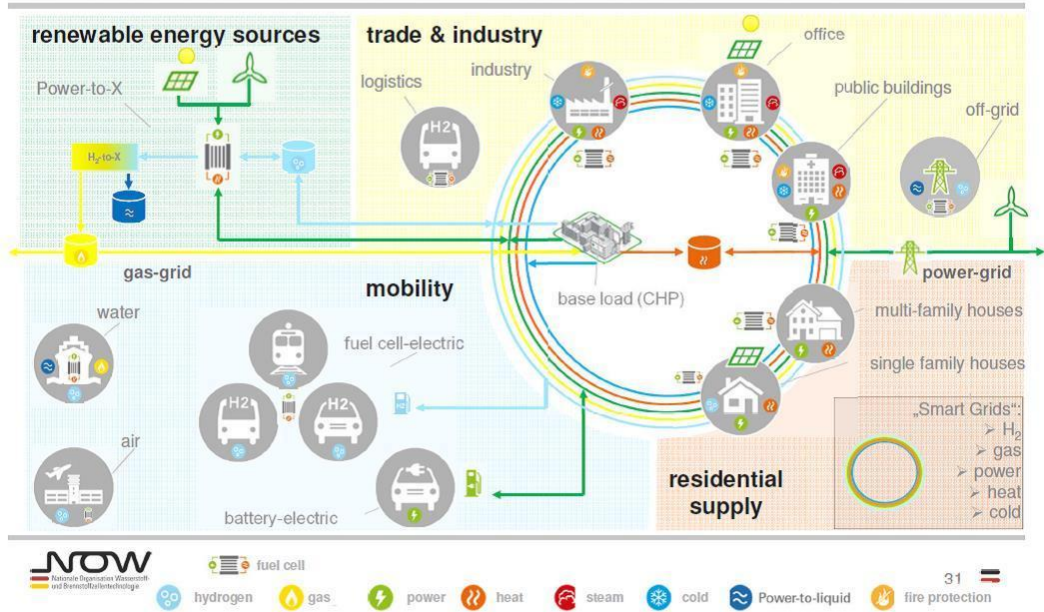


圖 2.7 整合性能源系統

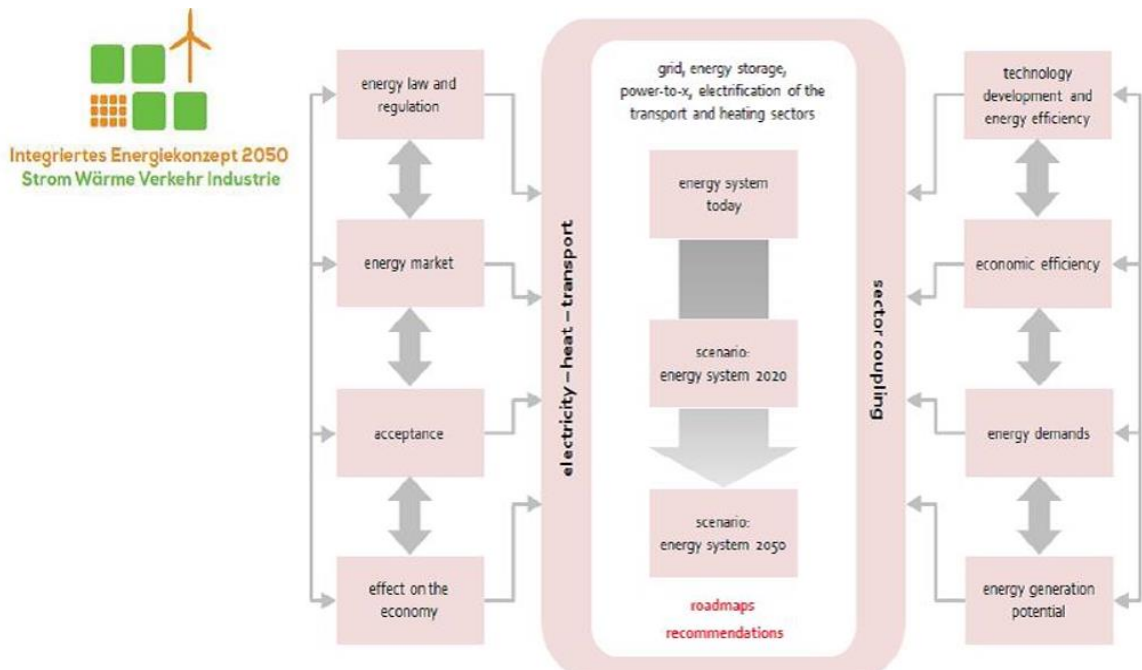


圖 2.8 Integrated Energy Concept 2050(IEC2050)

三、6月28日

1、Agora Energiewende 智庫

(1) 組織任務

Agora Energiewende 由 Stiftung Mercator 基金會及歐洲氣候基金會 (European Climate Foundation) 設立，旨在協助德國電力部門進行能源轉型，亦密切觀察其與歐洲、暖氣部門及運輸部門的互動情形。此智庫組織為各種發展再生能源的途徑提供有效的科學分析，並清晰指出各個選項可能產生的結果，提供予政策決策者參考。

(2) 主要業務

Agora 議會(Agora Council)提供選定之政策決策者、私部門及公眾部門的策略性人物(Strategic Player)、研究者及其他意見領袖對話平台。Agora 議會的成員共同研討達成能源轉型的具體任務及其執行次序，透過公開及可信的討論凝聚共識。Agora Energiewende 另外視各議題舉辦工作坊、會議及論壇活動。

(3) 討論議題:電力部門能源轉型之簡介

能源轉型代表了電力系統全面性的改變，訂有非常具挑戰性的長期目標，除了在 2022 年達成非核外，其能源系統亦將轉變為以再生能源為主力，2020 年及 2050 年的目標分別為再生能源於最終能源消費占比達 18%、60%，於電源配比中占 35%、80%(圖 2.9)，溫室氣體排放量較 1990 年減少 40%、80%~95%，並大幅降低住宅、產業與運輸部門的能源消費，初級能源消費較 2008 年減少 20%、50%，電力消費則減少 10%、25%。

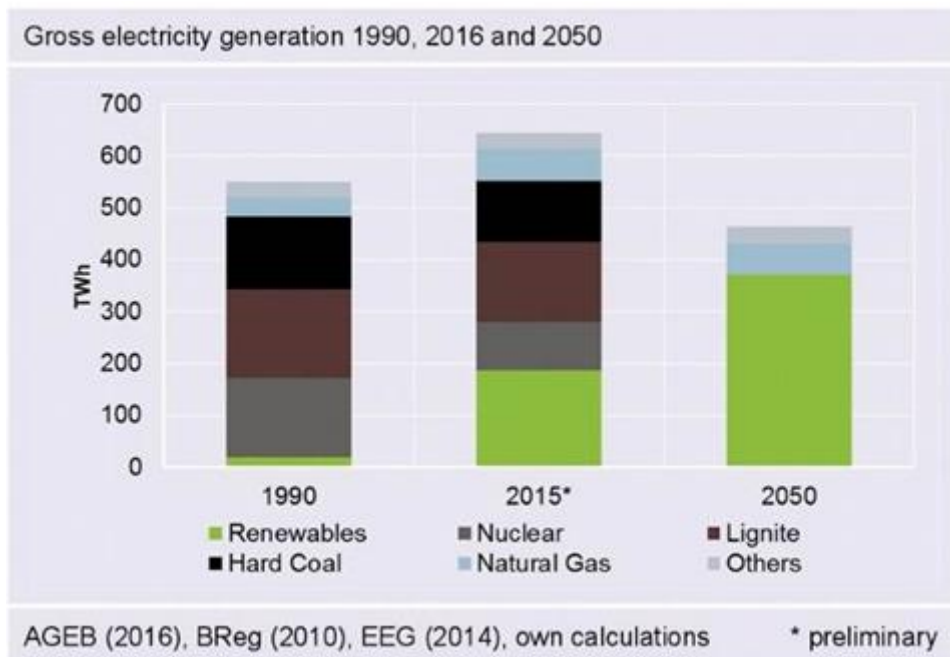


圖 2.9 德國發電能源配比

2000-2016 年是能源轉型的第一階段，再生能源增加了五倍，核能減少一半，化石燃料則維持不變。2016 年的電源配比中，再生能源已經佔了最大比例，燃氣也有增加，但燃煤的占比仍有 40%。基本上，依目前發展趨勢德國應可達成其擴大再生能源的目標。溫室氣體排放則較 1990 年低 27%，過去兩年因為暖氣、運輸、工業部門減碳不足，排放量總量有稍微增加。雖然前幾年住宅用戶的電價大幅上漲，但自 2013 年後已經回穩(圖 2.10)。



圖 2.10 2007~2015 年三人家庭平均住宅電價

近年來多數能源轉型的重要技術成本皆已大幅降低，尤其是風力(2008~1015 年間降低)和光電的成本已經可以和新電廠競爭(圖 2.11)，且其聯網成本(5~20EUR/MWh)的影響不大。未來的新系統將以風力和光電兩種技術為主力，成為一全新型態的系統。彈性將是新系統的特徵，再也不需要基載機組。系同的彈性可來自於彈性火力與生質能電廠(包括熱電共生)、輸入/輸出的電網及輸電容量、需求面管理、儲能技術、以及電力/熱氣/運輸部門的整合。德國的風機主要位於北德沿岸，用電需求則位於南部，因此德國打算建造由北到南的輸電線來輸送風力發電至南部。因為沿線居民反對架空電力線，因此德國政府提出的新輸電計畫允許在必要時將架空線路改為地下化，以爭取民眾認同。

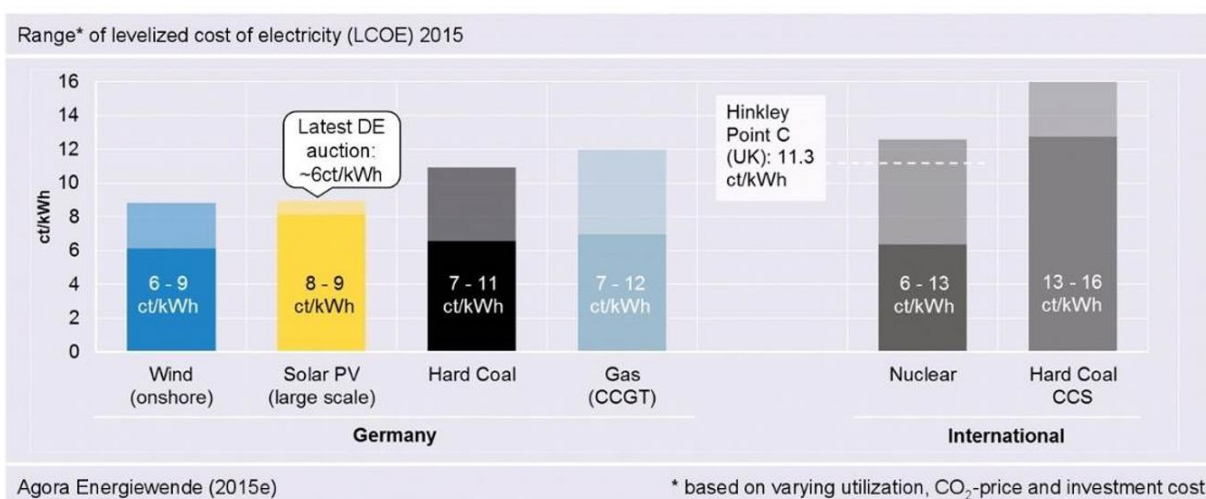


圖 2.11 不同技術的單位發電均化成本

新的電力系統特色除了彈性外，另一項新架構的元素是分散化，有更多元的參與者加入(圖 2.12)。分散式發電的價值可以由不同角度來探討，由傳統的觀點來看，分散式的小規模發電並不是最有效率的選項，但更廣泛的經濟評估可能有不同結論，尤其不可忽略分散式發電系統對電力系統恢復力、社會接受度與基礎建設的影響。分散化是能源產業一個新的且永久的結構特色，在此架構下，電力網的瓶頸可以預先被制定安排，偏好區域電力商品的積極 **prosumer** 將成為能源供給的主要引導角色。

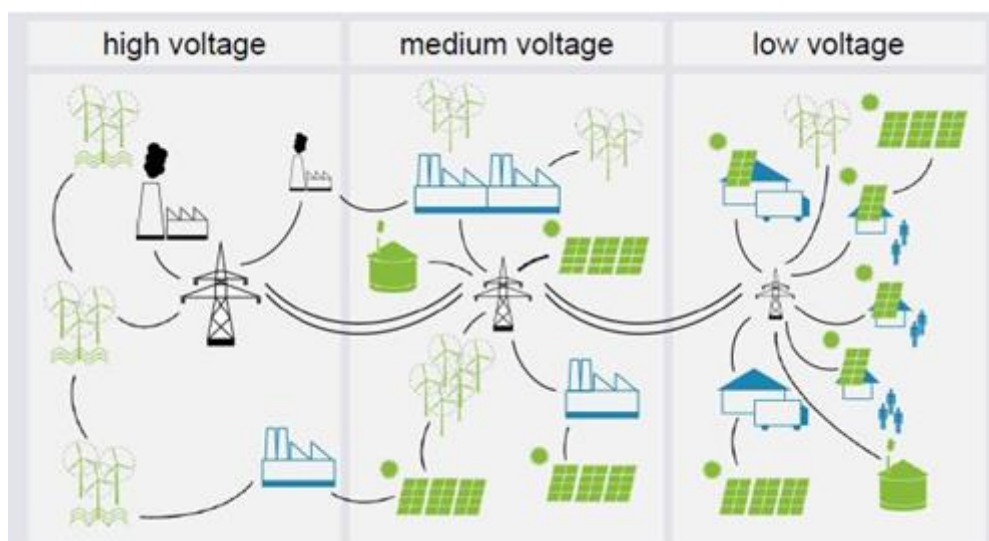


圖 2.12 舊電力系統與新電力系統

雖然連續三年來燃煤發電量與溫室氣體排放量都有減少的趨勢，但電力部門排碳的降低幅度仍小於整個經濟體的平均值(可能因為歐盟排放交易市場碳價低迷)，燃煤仍是主要的排放源，想達成減緩氣候變遷目標就必須淘汰燃煤。但即使 2040 年的碳價高到每噸 40 歐元，也無法滿足電力部門的減碳目標，因此光靠歐盟排放權交易仍嫌不足，還得搭配額外的國內措施。傳統燃煤電廠的投資是能源轉型的絆腳石，有必要先淘汰老舊、高碳、無彈性的機組，才能順利移轉至更多的再生能源。德國的[氣候行動計畫 2050]明定電力部門的減碳目標為 2030 年減至較 1990 年水準低 60%。燃煤的淘汰將是 2017 秋季大選後的政治焦點，執政者將決定轉型的步調與野心。不再興建新燃煤電廠，訂定具成本效益的既有電廠除役計畫，配合改革後的排放交易制度，逐步且合法的於 2040 年前淘汰燃煤電廠，是分配效果最小化的減碳方式。在經濟與社會層面則須確保供電安全，強化排放交易制度，註銷過剩權證，並確保耗能產業與德國整體的競爭力。燃煤淘汰之後，短期內燃氣發電將增加來補足原來的燃煤發電，2040 年後，電力部門使用的天然氣量將隨著風力與太陽能的增加而減少，如圖 2.13。

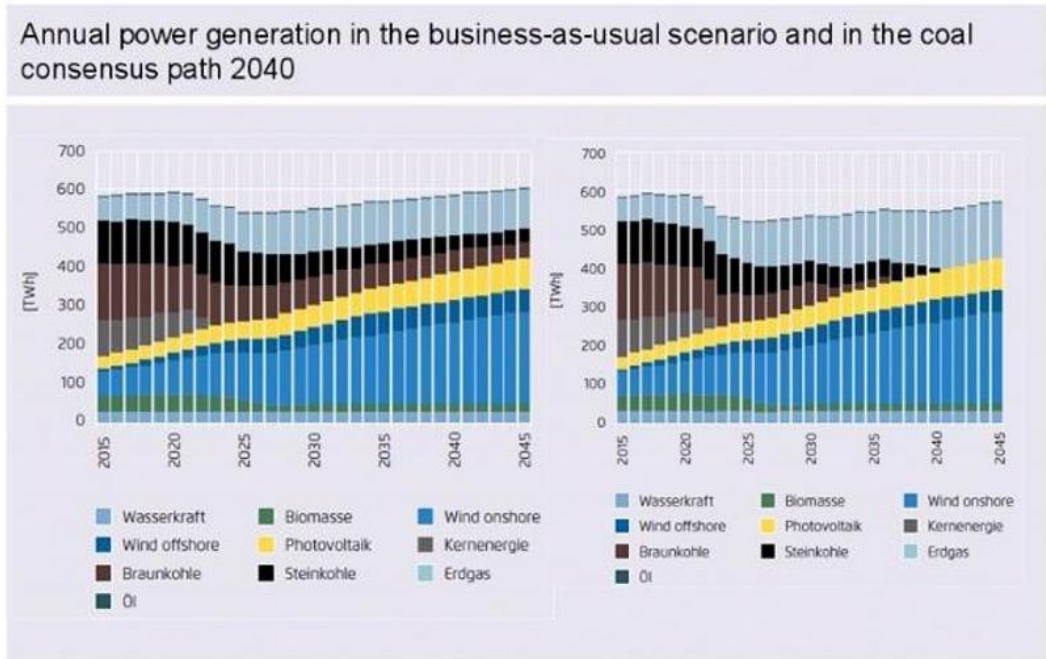


圖 2.13 淘汰燃煤對發電能源配比的影響

歐盟在 2014 年 10 月重訂了明確的氣候與能源目標，在 2030 年前要減少 40% 的溫室氣體排放，再生能源佔比大於 27%，隱含再生能源在歐洲電力部門中占比要達 50%。Agora 針對此 2030 年目標提出其計畫書，包括五角形市場設計等觀點(圖 2.14)，以落實能源政策目標鐵三角(energy policy target triangle)：永續-電力部門排放至少降低 60%；競爭力-維持產業與住宅總能源成本低於 10%；供應安全-維持 SAIDI 低於 20 分鐘，降低進口依存度。

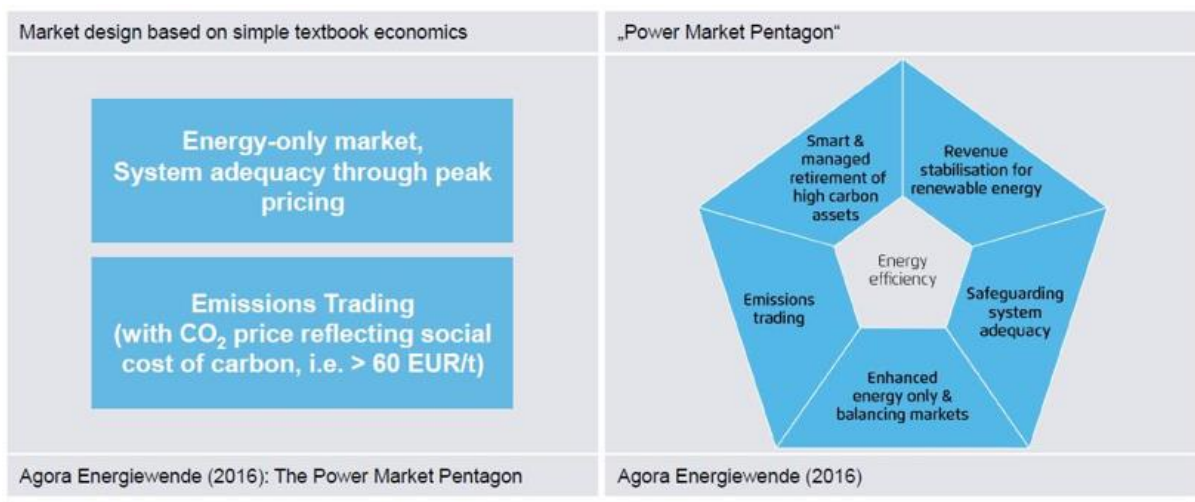


圖 2.14 電力市場五角

2、德國聯邦經濟事務暨能源部(BMWi)及能源轉型圓桌論壇

(1) 組織任務

BMW i 為德國政府部門之一，組織宗旨在振興社會市場經濟，保持創新及強化德國社會結構。BMW i 具備必要的立法、行政及協調授權能力。在經濟事務方面，BMW i 致力於促進公私部門投資、建立適於領導市場及尖端科技之工業政策及科學性基礎建設、確保德國基礎建設未來的適用性、協助德國企業國際化並吸引國外投資、整合勞工及各專業技能；在能源方面，BMW i 則著重於能源改革，除了平等衡量氣候變遷與環境永續議題，也確保能源供給及可負擔性，兼顧成本效能與經濟效率。

(2) 主要能源業務

BMW i 管轄能源轉型、再生能源、傳統能源資源、電網及電網擴張、未來電力市場、能源效率、能源研究、歐洲與國際能源政策，以及建築部門之能源轉型等 9 項能源事務。

(3) 能源轉型圓桌論壇

議程	
15:00-16:00	<ul style="list-style-type: none">• 德國聯邦經濟暨能源部次長簡報「德國能源轉型」
16:00-	<ul style="list-style-type: none">• 圓桌論壇<ul style="list-style-type: none">-我方進行能源政策簡報-能源轉型政策策略：公私部門合作、公眾溝通策略及影響管理-再生能源發展：再生能源法改革、太陽光電、風力發電之發展-全國性能源效率及節能計畫

	-再生能源發展支持性措施：智慧電網與電錶、再生能源與電網系統整合、氫與燃料電池與儲能技術發展
--	--

(4) 討論議題:德國能源轉型介紹

對於能源轉型的推動，係由總理與各州州長負責聯邦政府與州間之協調，主要執行機關為聯邦經濟事務暨能源部，下設五個平台：電力市場平台、能源效率平台、能源網路平台、建築物平台、研究與創新平台，這五個平台每年共同編撰能源轉型監測報告「未來的能源(Energy of the Future)」。

德國政府推動能源轉型的原因有五：1.降低對進口能源的依存度；2.創新經濟成長與就業：新技術、新商業模式、數位化；3.降低碳排放並達成環境保護目標；4.能源轉型可永續且具經濟效益；5.淘汰核電。能源首重能源效率提升，接著再擴大再生能源，並搭配部門連結(sector coupling)，形成鐵三角，藉以支持市場與系統的整合、能源研發活動及歐盟的能源與氣候政策。能源轉型依循的是透明化且長期的策略，並訂有明確的目標，如圖 2.15 所示。

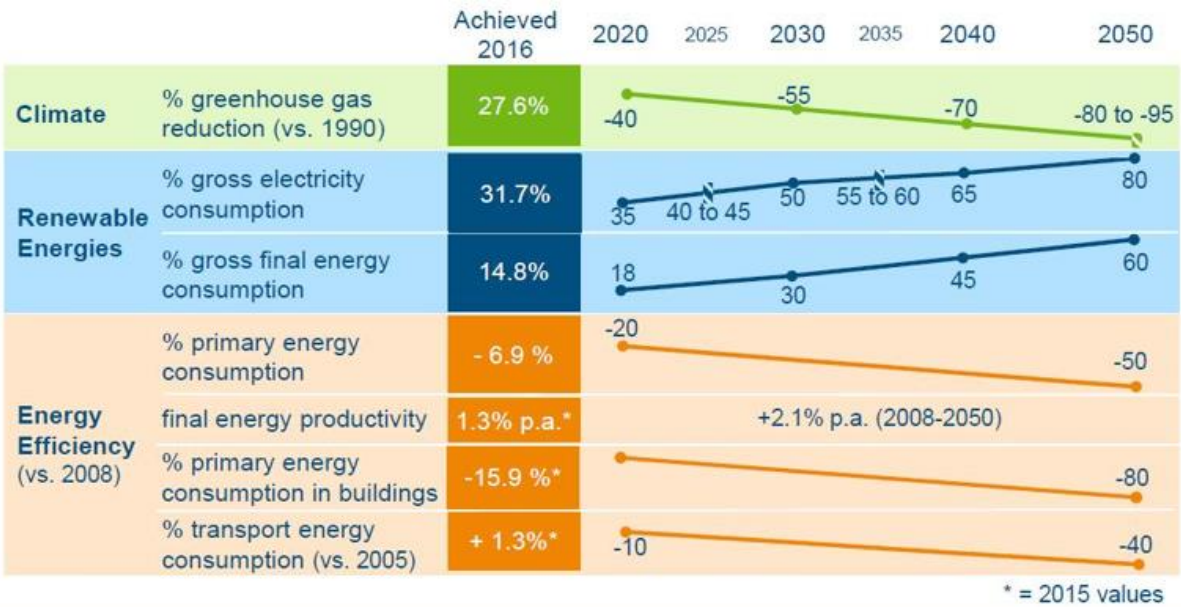


圖 2.15 能源轉型長期目標

其中的能源效率目標是為了促使清潔成長，讓經濟成長與能源消費脫鉤。而達成能源效率提升的關鍵三大主軸則為：

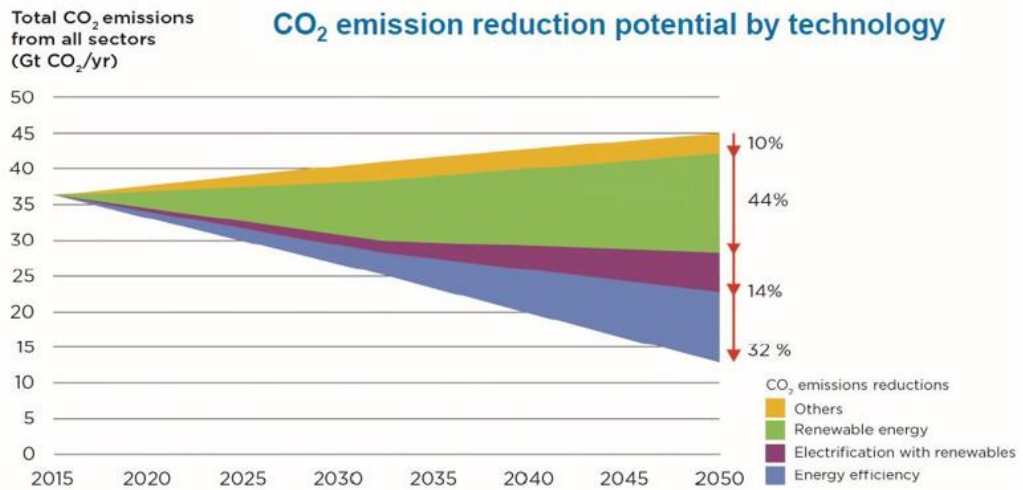
- 強化建築物能源效率：依據技術的學習曲線訂定具野心的建築物能效法規，合併並更新現有措施成為一致性的策略，如透過財務支援提供誘因，或是藉由建築物翻新路徑圖加以協調整合。
- 以能源效率連結報酬與商業模式：鼓勵保證績效的能源績效合約(EPC)模式能源服務
- 個人的能源效率責任：能源效率網路與領跑者(top- runner)策略。

各部門的節能措施與節能績效如圖 2.16 所示。



圖 2.16 能源效率措施與預期節能量

2017 年的再生能源法(EEG)，主要指導原則是成本效率、角色多元化以及品質管制，因此引入了新設再生能源設備的競標機制。自從 2015 年實施競標制度後，補貼再生能源的成本便有顯著的降低，至 2016 年 12 月為止，約降低了 1/4。由於再生能源具有受天氣影響、出力變動、邊際成本接近 0 等特性，目前關於再生能源的一大挑戰是如何調整電力市場以適用高佔比的再生能源，達成成本有效的能源安全。在有彈性的系統中，變動的再生能源能夠滿足超過一半的電力需求，甚至瞬間占比可超過 60%。在未來的彈性電力市場中，基載機組將不再具有經濟效益。預估到了 2050 年，再生能源達成的減碳量將占減碳總量的一半以上(圖 2.17)，尤以在電力部門所占比重成長最快，電力部門幾乎零碳排，其他 45%的減碳量則由能源效率提升與電氣化來達成。能源部門去碳搭配再生能源擴張將使全球 GDP 較基本情境增加約 0.8%。



圖

2.17 各類技術減碳潛能

隨著再生能源進入電力市場的量愈來愈多，電力市場價格也愈來愈低，波動幅度亦增加，有時甚至出現負的電價，使得無彈性機組得為發電付出代價，因此未來市場設計必須提供足夠誘因子彈性資源，強化市場價格訊息，解除價格上限，由肇因者承擔應付的成本，此外並提升系統安全，由歐盟及各國密切監控供電安全，準備備用容量做為緊急備用電力，不加入市場競價。至於增加系統彈性的選項，隨著再生能源佔比逐年增加與技術發展，可由不同的設備或制度來因應，包括網路擴建、彈性機組、儲能設備、需求面管理、部門整合與市場設計等，如圖 2.18。

Options to increase flexibility in all areas

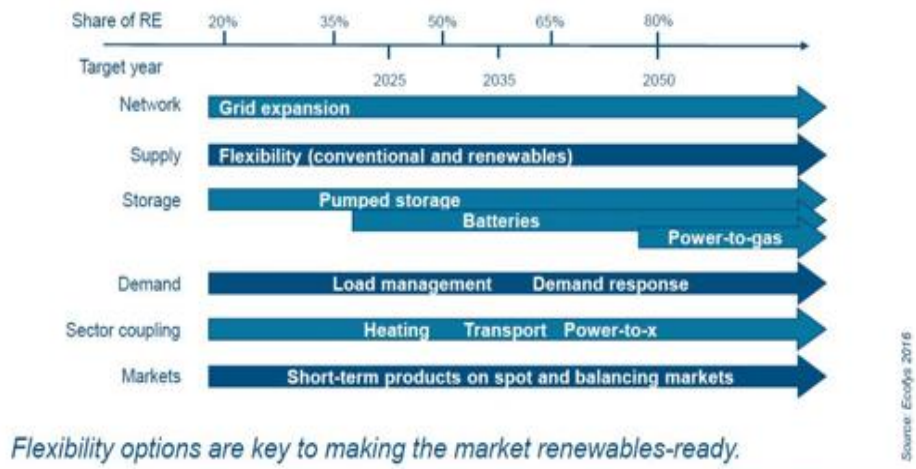


圖 2.18 增加系統彈性方式

四、6月29日

1、西門子(SIEMENS AG)

(1) 組織介紹

西門子股份公司是德國的一家跨國公司，其在電機和電子領域是全球業界先驅，並活躍於能源、醫療、工業及基礎建設與城市業務領域。

(2) 主要業務

西門子股份公司在能源領域涉足相當多層面，從壓縮機、渦輪、發電機到實體電廠、再生能源、電力傳輸、智慧電網管理、及創新能源儲存等都是西門子的業務範圍。

(3) 行程

Time	Topic / Content	Speakers
To be confirmed	Pick-up from the Hotel to the Siemens Berlin Gas Turbine Plant	
09:00-09:10	Welcome	Erdal Elver, President & CEO, Siemens Taiwan
09:10-10:30	Topic 1 – Public & Private Co-op Content – Siemens’ support to the German government in Carbon Reduction and Energy Transition	
10:30-10:40	Break	
10:40-12:00	Topic 2 – Smart Power Plant Content – Siemens’ CCGT technologies to quickly ramp up/down when the supply from renewable sources goes down/up	
12:00-13:30	Lunch	Lunch place next to the

		Berlin Plant
13:30-15:00	Topic 3 – Siemens Berlin Gas Turbine Plant Tour	
15:00-15:10	Break	
15:10-16:30	Topic 4 – Smart Grids Part I – Global trends in managing energy grids and experiences with integration of Renewables	Eckardt Günther, Head of Customer Innovation, Energy Management Utility Sales, Siemens AG
	Part II – Siemens Smart Grid Applications and Grid Control Platforms	Stefan Mariel, Director Sales Asia, Energy Management Digital Grids Software & Solutions, Siemens AG
16:30	Wrap-up	Erdal Elver, President & CEO, Siemens Taiwan

(4) 討論議題:新能源典範：全球趨勢、能源網管理、再生能源整合

近年來的能源變革，使電力部門由集中型的發電及單一方向的電網，轉變為去中心化的分散式能源系統及雙向的平衡(圖 2.19)，以消費者為中心的能源世界。其主要驅動力有三項因素：1.政治目標：能源效率標準導致電氣化加速，溫室氣體減量目標導致再生能源發電增加；2.科技突破：包括感應器、分析演算法、小型發電機、儲能、電動車、Power-to-x¹等；3.用戶行為改變：由被動的消費者變為主動參與者，甚至擁有自己的發電系統。能源轉型正要開始，未來發展趨勢可歸納為以下數個面向：

數位化與自動化：新型的智慧電表/水表/瓦斯表由 2015 的 5000 萬個增至 2025 年的 1 億個，智慧電網投資金額由 2015 的 90 億美元增至 2025 年的 180 億美元，提升了電力系統的靈活性。感應設備與電表提供資料，透過 IT 解決方案訂定行動計畫，新市場參與者/計價/商

¹Power-To-X identifies technologies that transform power from renewable resources into material energy storage, energy carriers, and energy-intensive chemical products.

務模式出現，有效率的資產管理。

- 電力供給成長：由 2015 的 21,000TWh 增至 2030 年的 32,000TWh。新興國家(中國、印度、印尼)/建物暖氣系統/工業製程/運輸工具(電動車)電氣化比例提高
- 分散型發電：年新增裝置容量由 2015 的 373GW 增至 2030 年的 444GW。儲能解決方案出現，微電網(micro-/nanogrids)興起，低電壓與中電壓成長
- 再生能源增加：年新增裝置容量由 2015 的 90GW 增至 2030 年的 303GW。再生能源與負載需求的距離拉長，且對電力平衡的需求提高，須強化國家電網並建立互聯電網以連結大型再生能源。

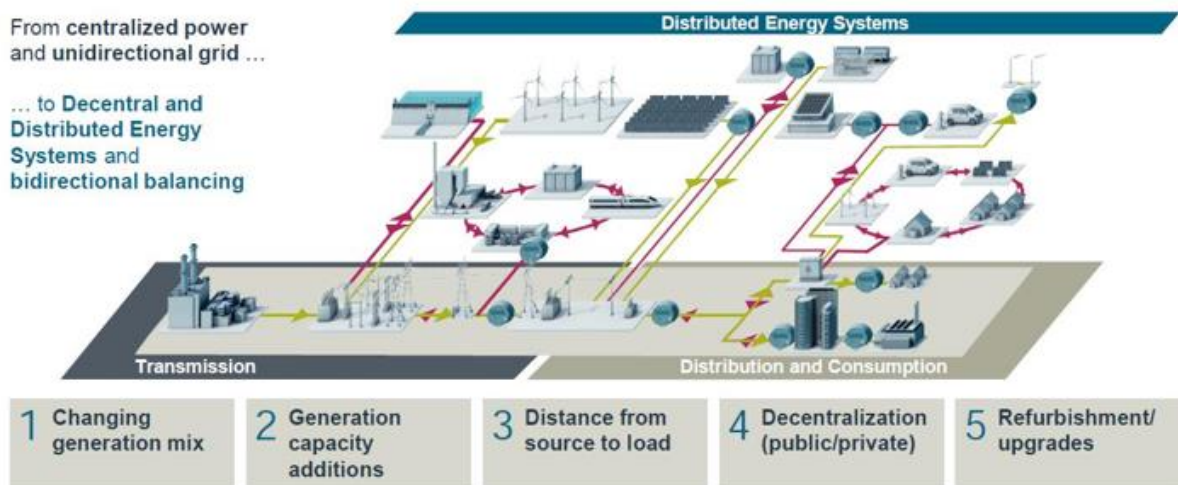


圖 2.19 能源變革圖像

依據西門子的預測，歐盟 28 國 2030 年的發電容量配比將是光電 22%、風力 21%、水力 12%、其他再生能源 3%、核能 9%、化石燃料 33%，對電網的衝擊則包括：再生能源併網、電網擴建、穩定度挑戰、電力品質與可靠度、資通安全、自動化操作與情境察覺、新商業模式/解決方案/用戶、管制不確定性、民眾接受度、廉價儲能的損害風險等。因此未來的能源管理面對這些挑戰，必須找到最完整的組合，如圖 2.20。



圖 2.20 能源管理組合

分散式能源系統(distributed energy systems, DES)可為校園、工業、商業創造價值，如熱電共生設備可不 e 靠公用事業，自行生產低成本電力與熱能，並提高能源效率；小型發電設備則可於電網成本昂貴、不可靠或是沒有電網的區域供電，降低電力成本。微電網則可整合各種發電元件，管理能源需求，並形成低成本、獨立的供給資源；儲能設備則可降低尖峰時段的發電需求，移轉尖峰，並降低供電成本增加可靠度，圖 2.21 列出不同地點的儲能運用。

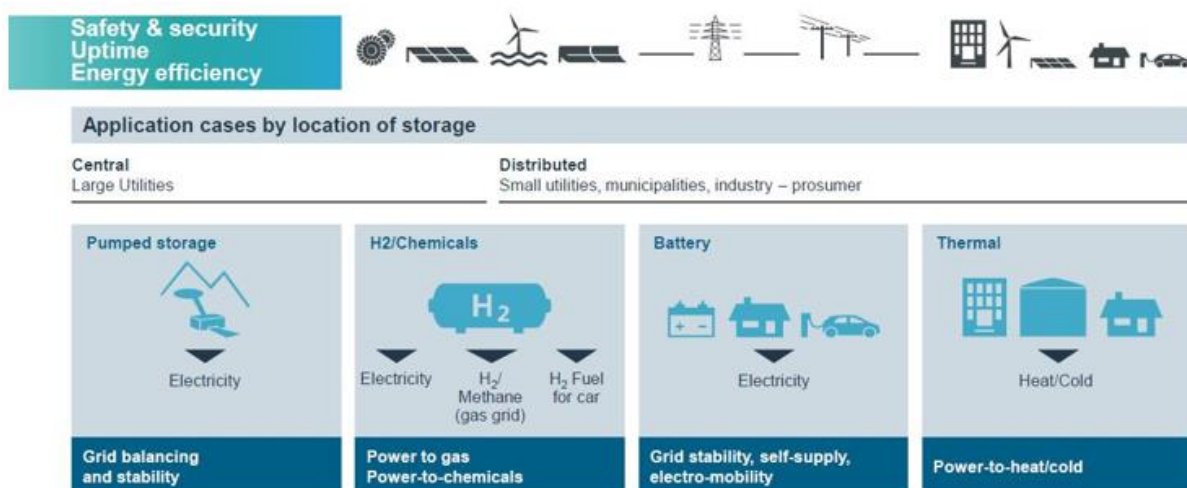


圖 2.21 列出不同區位的儲能運用

五、6月30日

1、WindNODE--50Hertz

(1) WindNODE 計畫說明

“Smart Energy – Digital Agenda for the Energy Transition” (SINTEG)下的 SINTEG 項下有由德國政府資助高達 6 億歐元、分別於 5 大地區、跨部會合作執行能源轉型數位化行動，執行間為 2016-2020 年。其中，WindNODE 為 2016 年 12 月才啟動的 4 年期德國東北部智慧能源整合計畫，在電能、熱能和交通之間建立高效的再生能源聯動生產，未來 20 年實現 100%再生能源使用。最大主導商為 50Hertz，其他整體策略規劃單位包括 SIMENS 及 Stromnetz Berlin，由於整體計畫尚未建置，建議與計畫規劃單位交流。

(2) 50Hertz 主要業務

該公司負責德國北部和東部 380/220 千伏輸電網的運、維護，規劃和擴建工作。其電網覆蓋面積大於 109,360 平方公里，長度約為 10,000 公里，提供 1800 萬人電力。

(3) 討論議題: 歐盟市場整合與德國能源轉型

德國的輸電系統操作者(TSO)的主要角色與任務為：

- 輸電系統所有者：負責超高壓線路及網路連結點(變電所)之操作、維護與開發，以及大型發電機組(包括離岸風力)與用戶之連網。
- 系統操作者：負責維護輸電系統穩定度，包括頻率調整與電壓控制、壅塞管理等。
- 市場開發者：能源市場開發的催化劑，尤其是北歐及中東歐。
- 「再生能源法」(EEG)現金流之受託管理人：負責管理因「再生能源法」產生之現金流

德國電力市場提供短期商品極高的流動性，短期流動性有助於以市場為基礎的再生能源整合。市場中交易的商品除了遠期、日前與日

內電能商品外，還有電能平衡及跨國界的容量競價，詳細商品種類與時間可參見圖 2.22。

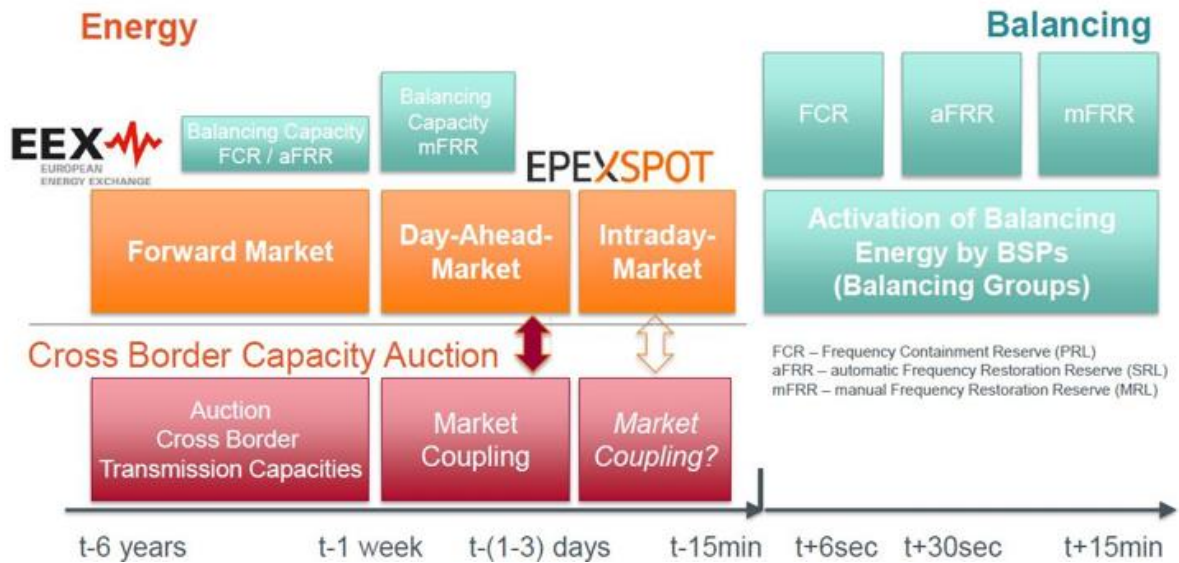


圖 2.22 德國電力市場商品

德國的再生能源成長迅速，其風場主要位於北部遠離負載中心處。在 50Hertz 的電網範圍內，再生能源已經逐漸取代傳統機組，成為發電的主力，2008 年時再生能源的容量僅 11,303MW，在 2016 年再生能源的容量已達 28,435MW，占比則由 24% 增為 48%，成長兩倍。至於壅塞管理，係透過降載(curtailment)或重調度(redispatch)解決，所耗費的額外電量在 2015 年暴增至 10,880GWh，成本達 351 百萬歐元，幸好 2016 年電網擴建及氣候條件使得壅塞電量降至 7,083GWh，成本降為 180 百萬歐元(圖 2.23)。

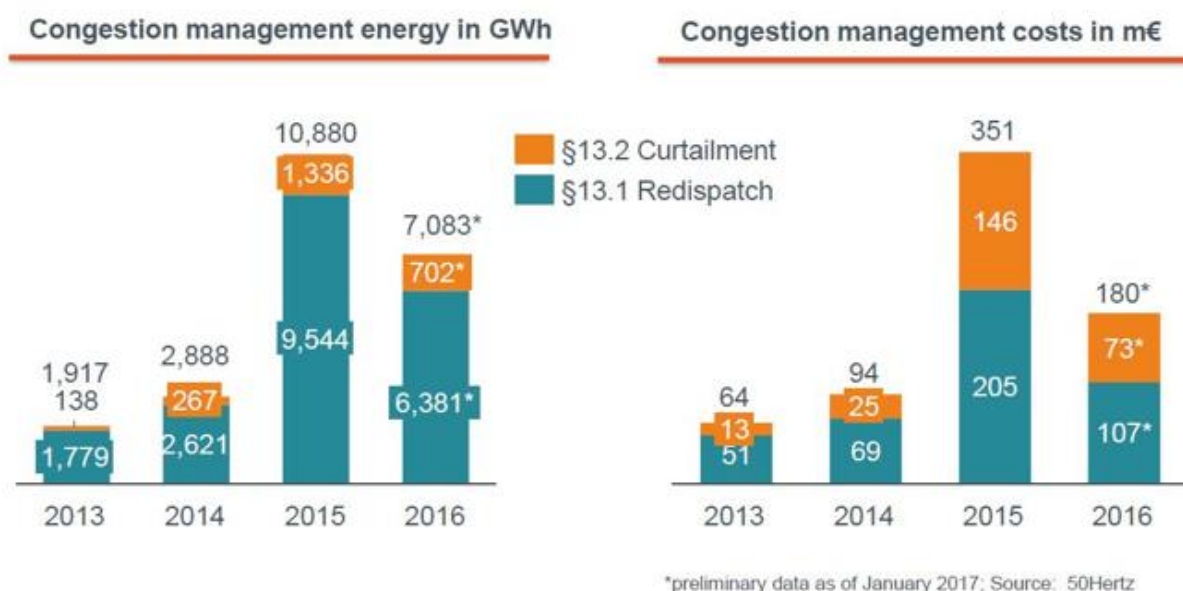


圖 2.23 壅塞管理電量及成本

能源轉型對電力系統造成的主要挑戰為：1.未來再生能源與分散型發電更進一步的成長，導致整個電力系統必須有根本的結構性改變。2.賦予電力價格競爭力，並補足之前法規無效率部分。3.現有市場條件使得傳統電廠獲利降低。4.須調整法律架構與程序，以跟上再生能源成長的速度。5.電網開發與再生能源成長間仍有缺口待補。6.民眾對能源轉型的效應(需適應基礎建設、高成本等)接受度有限。

為整合再生能源，歐洲正積極擴建電網，據 2016 年做的十年網路開發計畫估計，歐盟未來十年所需的電網投資金額高達 1500 億歐元，德國境內之網路投資則需 500 億歐元(圖 2.24)。此外，為因應持續發展的波羅的海離岸風力計畫，搭配的連結電網也依計畫進行。透過電網互連，北歐斯堪的那維亞半島因水力資源豐富，奧地利/瑞士的抽蓄水力等，亦可成為儲能容量，估計約有至少 7GW 額外的容量可運用。目前進行中的有與丹麥互連及與瑞典互連的計畫。

由德國經濟部支援 50Hertz 協調的 WindNODE 計畫，其目標為有效率地連結 100%再生能源，並產出有形解決方案。所採用的策略主要為促進電網的彈性，包括再生能源逐漸增加的電力系統中個別元素 (microproducers、產消者 prosumers、需量反應、儲熱、電動車、智

慧家庭申請者)之智慧互連，再由配電系統操作者及輸電系統操作者共同參與計畫，以求得最佳的饋電與需求模式。

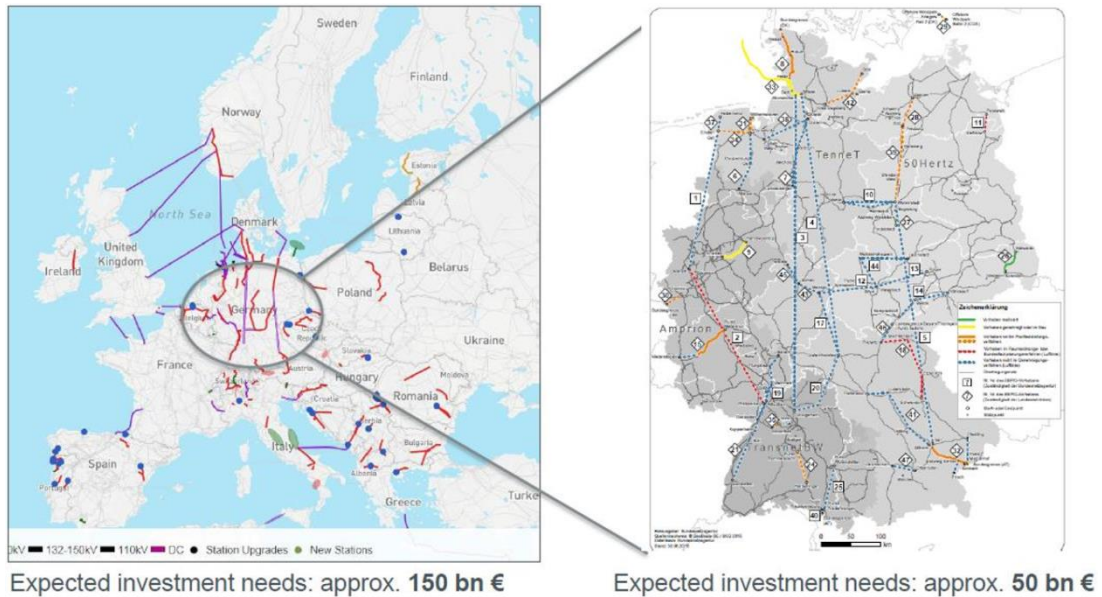


圖 2.24 十年網路開發計畫

50Hertz 負責的 WindNODE 子計畫有兩個主要部分(圖 2.25)，一為互動系統指揮艙(interactive system cockpit)，另一個為互動程序平台(interactive process platform)。互動程序平台由公司內 DSO，包含三個工作主軸：運用小型電廠及彈性資源執行壅塞管理、控制來自小型電廠及彈性資源的電力、以及電力平衡程序；再將程序視覺化，配合相關的系統資訊與角色扮演遊戲，組成設有大螢幕與行動展示的互動系統指揮艙。WindNODE 可使民眾看到具體化的能源轉型，並提供創新解決方案專用的環境。

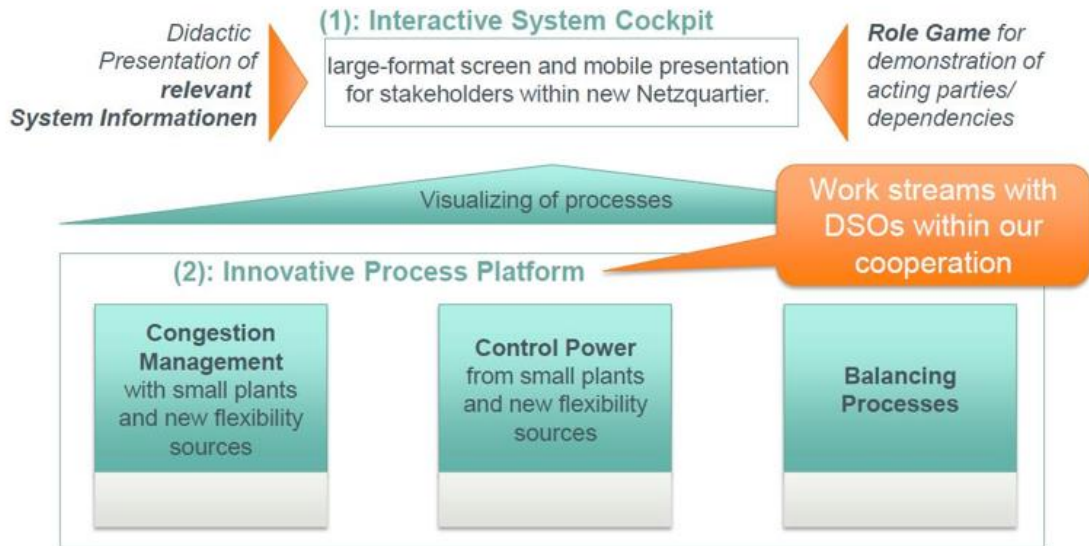


圖 2.25 WindNODE 子計畫

參、心得及建議

一、 德國訪問重點摘要

(一) 能源轉型五訴求

1. 降低能源進口依賴之能源安全考量
2. 驅動(1)經濟成長與就業(2)新技術(3)新經營模式(4)數位化創新
3. 達成減緩與調適
4. 兼顧經濟成長與永續發展，從而成功地達成能源轉型
5. 朝向非核家園

(二) 彈性選擇六工具

1. 涵蓋短期現貨與平衡市場之市場彈性
2. 耦合熱、運輸、氣、水、交通等部門之組合彈性(整合能源網)
3. 涵蓋負載管理與需量反應之需求彈性
4. 涵蓋抽蓄、電池、燃料電池等之儲能彈性
5. 化石能源彈性機組
6. 聯網網路彈性

(三) 整合能源網三原則

1. 能源效率優先
2. 直接使用再生能源
3. 部門耦合

(四) 國家能源效率計畫三支柱

1. 加速建物能源效率(能源效率誘因計畫與建物能源效率策略)
2. 建構能源效率獲益經營模式(包括競標與能源績效評估)
3. 能源效率個體責任(建構能源效率網路與領跑者策略)

(五) 能源轉型十項議程

1. 再生能源及其來源之相關法規
2. 歐盟 2030 氣候與能源架構
3. 歐盟碳交易市場改革
4. 電力市場設計

5. 能源效率策略
6. 建築物策略
7. 輸電網
8. 配電網
9. 監控能源轉型
10. 能源轉型平台

(六) 市場再生能源上線五原則(彈性與安全)

1. 形成自由市場(強化市場機制與無價格限制)
2. 強化平衡規則(強化誘因與責任)
3. 排除市場障礙促進彈性(建立平衡容量市場，引入競爭)
4. 緊急備用之備轉容量(市場外之備用、最終保障之操作化、避免市場失靈)
5. 供應安全之監控(涵蓋國家與歐盟)

(七) 儲能個案應用功能

1. 提供發電起停的補償
2. 輔助服務(涵蓋平衡電力、頻率與電壓控制)
3. 減少再生能源尖峰出力因網路壅塞而降載
4. 直接行銷再生能源電力

(八) 數位化能源轉型八要領(以智慧電網為核心)

- 1.平衡
- 2.需求面管理
- 3.嵌入管理
- 4.網路監控
- 5.能源效率
- 6.智慧電表
- 7.產銷者
- 8.彈性

(九) 歐盟自由化三模式

1. TSO
2. ISO
3. ITO

(十) 歐盟電力改革四部曲

1. 會計分離(1996)
2. 管理分離(2003)
3. 法律分離(2009)

4. 所有權分離(~)

(十一) 再生能源整合之原則

1. 政策目標
2. 法制建立
3. 電網基礎建設建構
4. 系統操作
5. 市場設計
6. 財務與經營模式

(十二) 再生能源二模式

1. FTI(Feed-in-Tariff)

- (1)固定期間保障價格
- (2)特定或非特定技術
- (3)數年後降價
- (4)社會的成本風險

2. FIP(Feed-in-Premium)

- (1)市場價下的額外費用
- (2)特定或非特定技術
- (3)導向發電公司在效率市場下運作
- (4)價格風險

(十三) 智慧能源系統九重點

1. ICT 平台
2. 彈性發電機組
3. 效率電網
4. 需求面管理
5. 市場設計與管制
6. 儲能
7. 彈性產業需求
8. 智慧城市社區
9. 參與和傳播

二、 能源轉型總結與建議

1. 3+3 科技帶動未來經濟社會的發展-從(行動通訊+IOT+BIG DATA)延伸至(AI+BLOCK CHAIN 區塊鏈+生物辨識)。
2. 電業改革與能源轉型的關鍵，在電力市場制度設計與智慧電網基礎建設建構，其理論基礎就是先進自動控制(ADAPTIVE CONTROL 適應性控制/ROBUST CONTROL 強健控制/INTELLIGENT CONTROL 智慧控制)，從而路徑創造，型塑一個新的資訊流/物流(電力流，碳流，服務流)/商流/金流。
3. 其中電力市場，從屬性別來看:包括能量市場，輔助服務市場和容量市場;從交易別看:含蓋集中交易與雙邊交易;就時間別而言，由中長期到前一年前一月，至前一天，進入短期前一天日內和即時交易市場;就空間別來說，則從中央擴及區域 LMP 節點市場。整體而言，將形成一個電力(衍生性，能量，容量，輔助服務)/碳權/綠色權證之交易市場體系。
4. 就核心電力流來看，從傳統集中型電力資源組合，轉型至供需電力資源組合，再演化至彈性動態電力資源組合，其關鍵在調節性資源，包括彈性起降燃氣機組，需量反應，儲能組合，電動車和離島聯網等，如何適應性即時反應間歇性再生能源鴨子曲線變動，並搭配傳統電力供需資源。
5. 智慧電網將進一步延伸，一方面在地化鏈結智慧能資源網(微電網/氣網/汽網/冷熱網 /水網/交通網/氫能網/能資源循環經濟網 etc.)，形成一個整合型能源網(或稱能源互連網);另一方面鏈結社會網絡，涵蓋物連網，互連網，CPS,工業 4.0,CLOUD SOURCING,區塊鏈等，構成一個"能源網+"的網絡系統。
6. 電網結構暨組織的轉型，朝向分散式在地化區域化，一方面聯結再生能源產銷者 PROSUMER/自動需量反應/用戶服務，另一方面聯結微電網/配電網/輸電網，低壓/高壓/特高壓之電網結構暨運維組織轉型，以及 ISO/DSO 之調度組織結構轉型。
7. 這樣的網絡系統，一方面需要上層的電力經濟系統，加以引導規劃(從電力供需串聯規劃，轉型為電力供需資源整合並聯規劃，進而發展至智慧電網電力資源適應性動態網絡規劃，並延伸至能源經濟環境 3E 政策情境規劃，最後融入計畫經濟/市場經濟/網路經濟之複合式共享經濟。另方

面，需要下層的電力技術系統，來加以支撐調度，立基在先進智慧控制技術，經由即時感測，傳輸通訊，分析預測評估，進而加以控制應用，包括資料探勘/大數據/人工智慧，預測性智慧資產管理，動態模擬分析(SCADA/EMS,PSS/E,RTDS,SPS,etc)等。

8. 這是一個長期能源安全，國家競爭力和因應氣候變遷的發展策略。這是一個結構性的轉型發展機制，從能源結構，延伸至經濟產業結構就業結構，到環境生態結構的涵容能力。
9. 透過這樣智慧低碳電力供應體系的建構，從技術面聯結至制度面(政策，法規和市場)與經營模式，從而引領趨動整體經濟社會的轉型發展，朝向未來智慧低碳電力經濟社會。
10. 在經營模式部份，可以從電業法所涵蓋的競爭性，管制性與政策性三類業務作為出發點，一方面聯結至發售電競爭市場，輸配電管制市場和非核綠能環境政策，並從其所規範的控股公司，進一步展開為營運控股，策略控股與財務控股之轉型三步曲下的經營責任中心:費用/成本/利潤/投資中心的角色與定位。另一方面，聯結至 B2B,B2C,C2C 之策略性交易組合商業模式，並經由技術育成/事業育成，朝向自由化下之多角化與國際化進而民營化之經營模式。
11. 這樣的概念，需要加以操作化，有賴全公司大家一起來，包括綜研所內部的小聯盟和全公司的大聯盟，共同協同合作。
12. 而其中最關鍵的基礎起點，就是確保智慧電網資訊流的一致性和引入國際標準的互操作性，實有賴綜研所與本公司相關單位協同規劃與落實。

三、電業轉型建議

(一) 四大原則

1. 需要建構一個超越 2025 年更長期(≥ 2050)之國家級兼具能源安全、國家競爭力與氣候變遷發展策略。
2. 未來電力資源組合將建構在以風力、PV 為核心骨幹，以彈性為典範，超越傳統基中尖載規劃，進行適應性電力資源組合之動態適應性規劃與調度。
(以智慧電網為樞紐平台，創造建構彈性電力資源組合，包括彈性起停燃氣機組、需量反應、儲能、聯網等)
3. 未來能源經濟系統需要進行結構性之轉型發展。
(包括(1)能源結構：以再生能源替代核能(與燃煤)，再輔以能源效率(2)產業結構(3)就業結構)
4. 需要建構一個本土化台灣版或台電版之整合能源網(能源互聯網)，以迎合歐美、全球國際能源轉型發展趨勢。

(二) 十二項細則

1. 智慧電網
 - (1)風光引領能源轉型
 - (2)超越基中尖傳統電源規劃之彈性電力資源組合規劃
 - (3)路徑創造彈性電力資源組合價值
 - (4)尖峰用電相對便宜(傳統基載機組移轉至尖載)
 - (5)在地化汽電聯網→整合型能源網絡(微電網/氣網/汽網(冷熱網)/水網/交通網/氫能網)
 - (6)電網相較於儲能便宜
2. 電力市場
 - (1)從能量到容量市場之轉型發展
 - (2)電力市場邊際成本下不利再生能源融資
 - (3)新市場設計(搭配大量再生能源下)
 - (4)涵蓋需量競價(需求面管理融入電力市場)
 - (5)朝向聯網市場(或改變島內的電網結構)

(6)能源效率無悔措施(搭配需量反應)

(三) 能源安全與永續發展

1. 燃料安全(投資組合)

- (1)種類多元化
- (2)來源(地區、廠家)多元化
- (3)市場多元化(多元合約、市場)
- (4)基礎建設多元化
- (5)價值鏈旗艦組合
- (6)利害關係人策略聯盟
- (7)海外投資

2. 人身安全

- (1)Security→Safety
- (2)3E+S(Safety)+M(Macro Eco.)

3. 燃料自主

- (1)核能(Clean)
- (2)再生能源(Green)

4. 電力資源組合(能源安全→供電可靠→永續發展)

- (1)預測到規劃(串聯)
- (2)資源整合(IRP，並聯)
- (3)智慧電網(SGrid，網絡)

5. 整合能源網路(IEN)

- (1)智慧電網為核心
- (2)鏈結在地化智慧能資源網
- (3)鏈結社會網絡(IOT，工業 4.0，Cloud Sourcing，Block Chain)

6. 基礎建設

- (1)技術
- (2)市場
- (3)政策
- (4)法規
- (5)經營模式

四、台電轉型建議

(一) 願景領導與文化塑造

以自由、開放、創新與共享的價值觀，型塑台電'以人為本'與'追求卓越'的企業文化，朝向電業改革與能源轉型之願景，進而落實公司'誠信'、'關懷'、'成長'、'服務'四大經營理念暨'創造價值'、'企業再造'、'降低成本'、'強化顧客服務'、'善盡社會責任'五大經營策略。

其主要方向涵蓋：

1. 電業改革之關鍵在市場制度設計，台電宜化被動為主動，扮演主導市場遊戲規則之角色。
2. 能源轉型之關鍵在層級式智慧電網之建構，並進一步延申至整合型能源網路。
3. 在電業改革制度設計與智慧電網整合型能源網路基礎建設下，有效推動組織轉型規劃及其相關配套。

(二) 挑戰與因應

1. 電力供應

-挑戰

2017~2019 及 2021~2023 供電緊澀

-因應

- (1)強化各項需求面管理措施
- (2)提前辦理燃氣發電計畫並自行進口天燃氣
- (3)詳實檢討機組除役時程
- (4)精進長期負載預測與精實電源開發方案
- (5)強化相關電網基礎建設，並提高電力系統彈性

2. 電業改革

-挑戰

- (1) 優先開放再生能源 FIT 躉售，直供與代輸

- (2) 輸配電公司應成立電力交易平台
- (3) 公用售電承擔備用供電容量，供電義務和碳排放係數義務
- (4) 廠網分離暨台電轉型成為集團控股公司
- (5) 核四去資產化之財務衝擊

-因應

- (1) 檢討再生能源併網誘因制度設計、強化再生能源規範要求、建構再生能源基礎建設(彈性燃氣機組，需量反應，儲能和智慧電網)、建立最適再生能源電能及憑證購售策略
- (2) 以內部競價平台進一步建構完善交易平台競價、調度與結算結合之制度設計、建構電力技術支持系統
- (3) 持續提昇發電機組效率並進行 CCS 研發工作、低碳導向電力規劃、落實低碳電力調度、精進碳價預測、促成國內與國際碳權交易之接軌
- (4) 最佳化組合競爭性企業價值與管制性暨政策性社會價值組合、建構台電最適控股公司模式、朝向新事業多角化經營
- (5) 爭取以套牢資產模式透過電價回收核四損失

3. 能源轉型

-挑戰

2025 達成燃氣發電量占比 50，燃煤 30，再生能源 20 之配比組合

-因應

- (1) 建構符合國際標準之層級式智慧電網(資訊整合/控制整合/價值鏈整合；智慧發電調度/輸電/配電/用電；階層調度自動化/設備資產管理/再生能源併網與調度/資通安全/AMI 基礎建設與增值服務/需求面管理/SCADA/儲能與電動車)
- (2) 整合穩供、綠能、節能與低碳(3) 聯結電力流、資訊流、商流和金流

4. 電力科技發展

-挑戰

(1)科技不確定性

(2)經濟效益

-因應

(1) 建構電力科技未來發展藍圖，涵蓋(I)智慧電網佈建(II)綠電儲能與系統整合(III)溫減環保與生態資源(IV)穩定供電之廠網研試(V)電力設施之監診開發(VI)標準定型與檢測驗收

(2) 提供電力科技投資之(I)財務效益(短期)(II)經濟效益(中長期)(III)社會效益(總體)的決策資訊

(3) 因應未來政策/法規/經濟/技術/社會等不確定因素發展情境，進行電力科技實質選擇權之策略投資

(三) 未來展望與創新

1. 理念

兼顧能源永續、經濟永續、環境永續和社會永續之'能源轉型'路徑創造

2. 架構

(1)建構整合能源網絡(能源互聯網)

以智慧電網為核心，一方面鏈結分散式在地化之智慧能資源網，包括熱網、冷網、氣網、水網、氫能網、交通網和能資源循環網，並融入智慧低碳城市與社區；另一方面聯結物聯網、互聯網、電力產銷者、群眾外包和區塊鏈(長期)

(2)聯結上層電力經濟支持系統

(I)電力供需規劃

從電力供需精實模式(串聯)，轉型至電力供需資源整合規劃模式(併聯)，進而發展成智慧電網適應性動態資源規劃模式(網絡)

(II)3E 政策模擬規劃

兼顧能源(50 氣，30 煤，20 再生)、經濟(產業與總體)和環境

(CO₂,SOX,NOX,PM2.5)

(III)融入電業法下計畫經濟(能源環境經濟政策)，市場經濟(發、輸配、售、TSO/MO)和共享經濟(智慧電網/網路經濟/循環經濟)之複合經濟體系

(3)聯結下層電力技術支持系統

(I)適應性強建智慧控制(感測、傳輸通訊、預測估計分析辨識、協調控制；資料倉儲/資料探勘/大數據/AI)

(II)智慧化預測性資產管理(發輸配變電設備；燃料化材/電表儀器/高壓電力檢測試驗)

(III)動態模擬分析

包括 SCADA/EMS；PSS/E；RTDS；SPS/SPID；GIS 等模擬系統

五、 綜研所轉型建議

如何在過去所建構的基礎之下，如何推動綜研所的轉型，促進公司的轉型，進而推動電業的轉型，建構一個智慧低碳的電力供應體系，從而朝向未來一個低碳智慧的明日經濟社會。(如圖 3.1)

這樣一個智慧低碳的電力供應體系，是以智慧電網為核心(整合供給面資源、需求面資源和調節性資源(儲能與電動車)，進行即時動態之容量、能量和能量變動的平衡；包括智慧發電調度、輸電、配電和用電，進而聯結到 FEMS/ BEMS/ HEMS/ CEMS)，一方面在地化區域性聯結到智慧能資源網(涵蓋熱網、冷網、氣網、氫能網、交通網等)，另一方面聯結到社會網路，包括點對點的物聯網、工業 4.0、大數據和需端，甚至區塊鏈。(如圖 3.3、3.4)

以上所形塑的一個共享經濟網絡平台，需要結合上層的電力經濟系統引導和下層的電力技術系統支撐來加以實現。上層的電力經濟支持系統，主要關鍵在於如何從傳統串聯式的電力供需精實曲線(我稱它為第一曲線)，轉型至並聯式的電力供需資源整合曲線(叫它第二曲線)，進而發展至網路式的適應性電力資源動態規劃曲線(即所謂第三曲線)。以此能源供應體系再進一步延申至兼顧能源、經濟和環境的 3E 永續政策模擬規劃，並考量如何從計畫經濟模式演化至市場經濟模式進而朝向未來的共享經濟模式。(如圖 3.2)

下層的電力技術系統，係以強健適應性智慧控制作為核心技術，即時感測、傳輸通訊、分析而加以適應性進行最佳動態控制，這樣的技術需運用到資料倉儲、資料探勘和大數據。更需要聯結到電力系統的設備，進行智慧化的資產管理，以及涵蓋 RTDS 的各類模擬技術。(如圖 3.4)

上述的架構藍圖，需要大家一起來參與協同合作，包括所內的各個研究室、試驗部門和研發室(稱它為所內小聯盟)，更需要全公司的相關單位來共同參與(稱之為公司級大聯盟)。

在總經理期許下，綜研所要以樹林所區的微型電網為基地，推廣至離島金門、本島的鳳山智慧綠社區和未來的沙崙綠能科學城，在這樣的練兵場場域，廣泛蒐集各類資訊，包括技術、經濟、社會和經營，從而推廣至全國各地，促使電網結構的轉型，進而達成能源的轉型。

在董事長期許下，綜研所要升級並超越電力之外的研發(加值服務)，試驗

部門要升級、研發部門要升級，做為龍頭的研發室要升級，也包括行政部門也要升級，當然最重要的是每個人自我要升級。

升級朝向以創新為導向，以知識為導向和以智財為導向的 TPRI 未來發展藍圖，建構一個智慧化的情資中心、創業型的育成中心(從技術育成、多角化經營、事業育成、創業逐步演進)、高品質的研試中心、高績效的研發責任中心和高格調的客服中心。最後，亟需綜研所與各單位協同合作，一起共同打造創造未來共享經濟下的能源轉型明日新願景新世界。

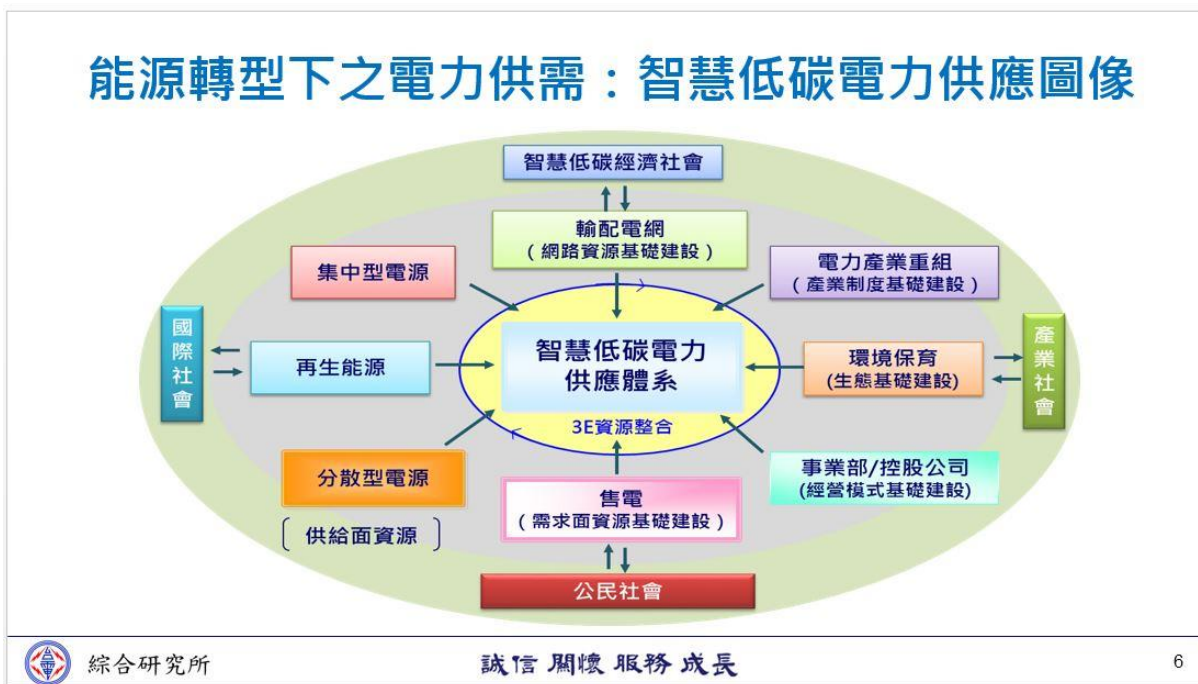


圖 3.1 能源轉型下之電力供需：智慧低碳電力供應圖像

電力事業面臨之新挑戰與因應

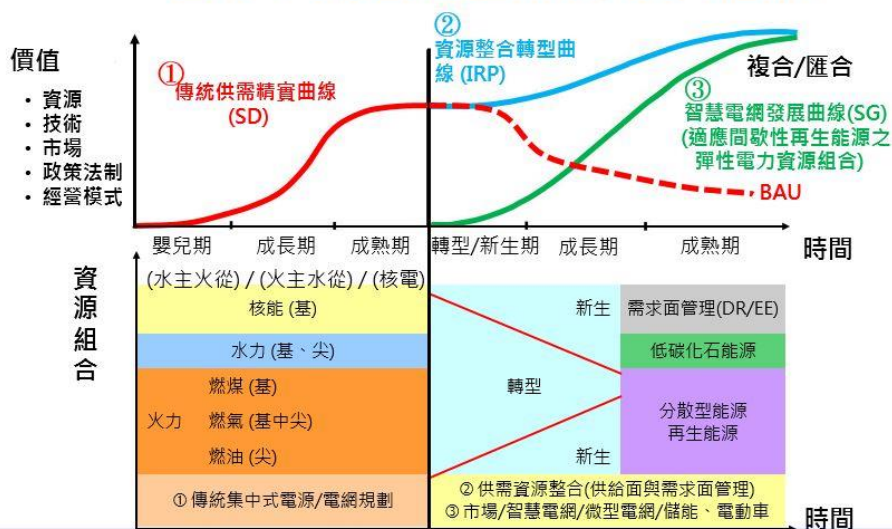


圖 3.2 電力事業面臨之新挑戰與因應

(二) 智慧電網

適應性智慧電網電力供需資源組合動態平衡架構

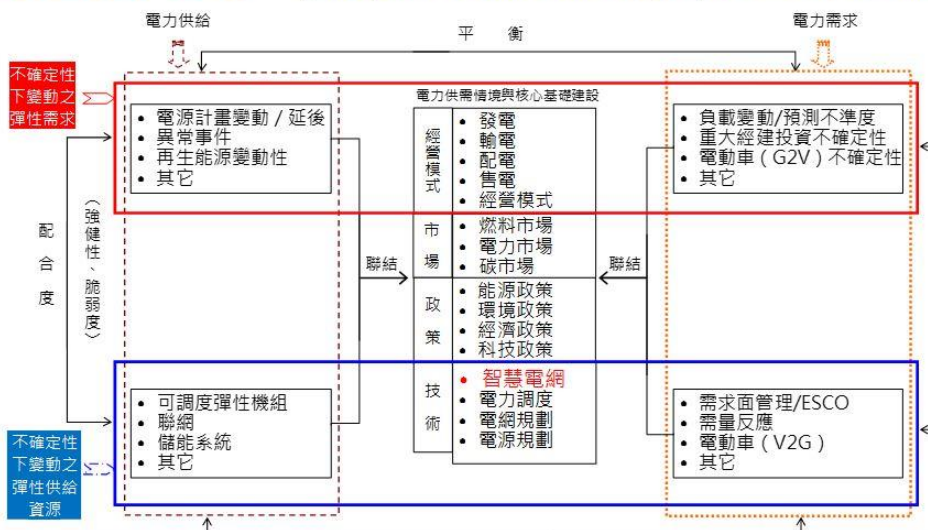


圖 3.3 適應性智慧電網電力供需資源組合動態平衡架構

電業法下能源轉型發展之架構

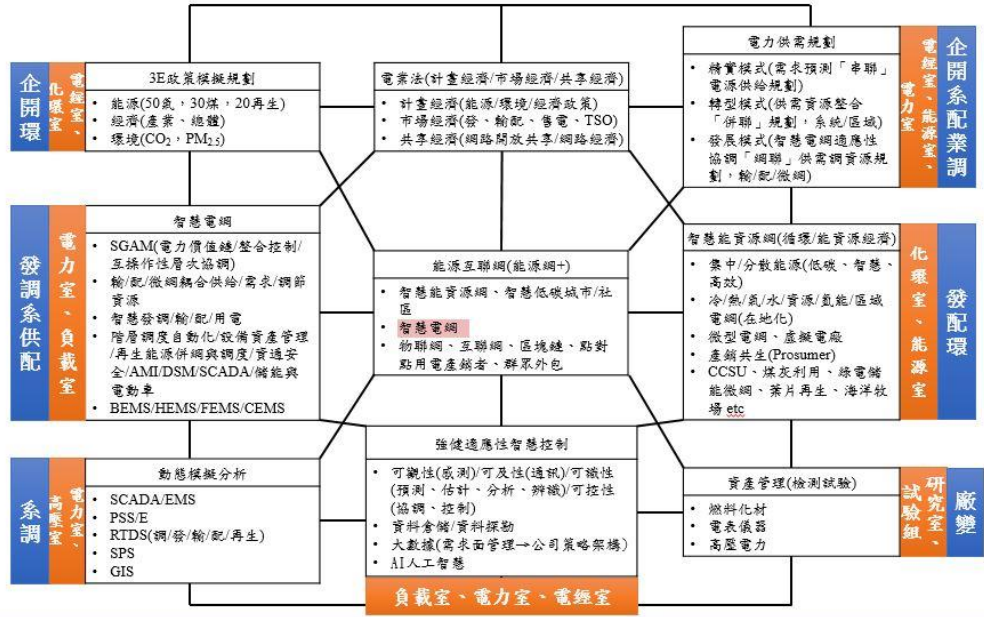


圖 3.4 電業法下能源轉型發展之架構

肆、附錄

一、參加會議照片





二、討論議題

「臺德能源轉型論壇」討論議題

提問單位：經濟部能源局

(十四) 能源轉型政策與措施

1. 德國是能源轉型的先驅。在氣候行動計畫 2050 中，德國決定以增加再生能源電力及減少煤電來重新建構能源部門。臺灣也有類似目標。請問德國目前的進展如何？

Germany is the world leader in Energy Transition. In the Climate Action Plan 2050, Germany determines to restructure the energy sector by increasing renewable electricity and reducing coal power. Taiwan has similar targets. What is the current progress in Germany?

2. 能源轉型需要公眾支持，這也是德國成功的關鍵因素之一。額外的及不公平的負擔通常造成抗拒。因而可能增加民眾用電支出負擔，是否有相關配套措施能減少電價對民生或物價的衝擊？請問德國政府採取什麼行動以與公眾溝通並降低憂慮？

Energy Transition needs public support, which is one of the key elements for Germany's success. Additional and unfair burdens usually result in resistance. If it is unavoidable for consumers to pay higher electricity bills, are any supportive measures to mitigate the impacts of electricity price on people's livelihood and consumer price? What kinds of actions do German government take to communicate with the public and soothe the anxiety? Could you share some experience with us?

3. 逐步停用核電與核能電廠除役是期望擁有非核家園之國家的迫切議題。然而，這是個大工程，需要充足的財務支援、技術支援與民眾支持。請問德國的計畫為何？目前的進展如何呢？

Phasing out nuclear power and decommissioning nuclear power plants are the urgent issues for countries determined to have a nuclear-free homeland. However, this is a great work, requiring sufficient financial support, technological supports and public acceptance. What is Germany's plan? How does it go so far?

(十五) 再生能源推廣（含綠能融資）

1. 德國再生能源擴張的速度似乎比電網基礎設施快。臺灣可能很快將面臨相同的挑戰。為了充分應用所產出的再生能源電力，加速電網擴張、採用儲能科技與智慧電網，或直接將再生能源電力應用在供熱系統與太陽能船等可能是解決方案。請問德國將如何面臨這些挑戰？

The expansion of renewable energy seems to be faster than that of power grids in

Germany. Taiwan may face the same challenge soon. To sufficiently utilize the generated renewable electricity, speeding up power grid expansion, applying energy storage technology and smart grid system, or directly using renewable electricity in heating system and solar boat could be solutions. How will Germany take this challenge?

2. 當再生能源的占比逐漸增加，思考如何處理廢棄發電設施十分重要，如此才能使再生能源成為真正永續的資源。聽說德國將風機葉片的碎片與其它濕性廢棄材料混合，使此混合物可作為水泥製造廠的燃料。請問您是否可分享德國再生能源設施回收的其他例子或相關政策呢？

As the share of renewable energy increases, it is very important to think about how to deal with its end-of-life devices so that the renewable energy can become the real sustainable resource. It is said that Germany mixes fragments of retired turbine blade with other wet waste material so the mixture can be used as fuel for cement-making factory. Could you share the other examples or related policies for recycling renewable energy devices in Germany?

3. 2016 年生質能源是德國最終能源消費中主要的再生能源資源。臺灣有意善用國內生質能源，正在農業部門推廣沼氣發電。這個推廣在豬農場面臨挑戰，因為臺灣豬農場多為小型農場，這些農場主人沒興趣在其農場內建設沼氣發電廠，且高度擔心與大型農場合作之衛生及防疫議題。德國是否曾經歷類似的挑戰？德國是否有法規或科技可解決這個問題？德國如何鼓勵農業部門採用沼氣發電呢？

In 2016, bioenergy is the main renewable energy resource in Germany's final energy consumption. Taiwan is willing to utilize domestic bioenergy resource and is promoting biogas power generation in agriculture sector. The promotion faces challenges in pig farms because most of Taiwan's pig farms are small-sized and these farm owners have no interest to have a biogas power plant in their farms and they highly concerns about the issues of hygiene and epidemic prevention if they work with big farms. Did Germany experience similar challenge? Does Germany has regulations or technology that may solve this problem? How does Germany encourage biogas power generation in agriculture?

(十六) 產業結構與能源投資

1. 德國能源轉型對德國整體產業結構有何影響？除了再生能源與節能產業的興起外，其它能源相關的產業有何消長？那些產業因能源效率的改善而有顯著成長？那些產業因為節能或排放標準的提高而面臨威脅？其為因應挑戰而採取的措施為何？

What is the impact of Germany's energy transition on its overall industrial structure? In addition to the rise of renewable energy and energy-conservation industries, what energy-related industries are growing? And what are declining?

Is there any industry that has grown significantly due to its improved energy efficiency? Is there any industry threatened by the stricter energy efficiency or emission standards? If so, what are the measures to be taken to overcome the challenge?

2. 德國的能源轉型能否促進就業？其對德國的經濟成長的影響為何？

Did Germany's energy transition promote employment? What are the impacts of energy transition on Germany's economic growth?

3. 臺灣與德國在再生能源與節能領域的技術與產業發展上具有互補性，兩國可以選定優先領域進行產業合作，包括相互投資與共同研發等。德國需要生產夥伴才能充分獲取全球市場的商機。臺灣的製造業在全球首屈一指，兩國合作定能產生加乘的效果。請問貴國感興趣的未來合作領域為何？

In the field of renewable energy and energy conservation industry, Taiwan and Germany are complementary in technology and industrial development. The two countries can choose priority areas for industrial cooperation, including mutual investment and joint research and development. Germany needs production partners to fully access the global market opportunities. Taiwan's manufacturing industry is second to none in the world, and cooperation between the two countries will produce the effect of multiplication. Would you please name some of your interested areas for future cooperation?

4. 臺灣擁有發展良好的機械工業與精密工業，在某些風機零組件上，為全球風機產業鏈的重要供應商。近來，德國風力系統廠商積極投資臺灣的風場開發，如果德國風機製造商亦能來台設廠，投資臺灣風機製造，將相當有利於奠立德國在全球風力發電的領導地位。

Taiwan has a well-developed machinery industry and precision industry, and is an important supplier of some turbine components in the global wind power supply chain. Recently, German companies have been actively investing in Taiwan's wind farm development projects. If German manufacturers of wind turbine can also come to Taiwan to set up factories, it will be quite conducive for German to laying a leading position in the global wind power industry.

提問單位：工業技術研究院

(一) 能源轉型政策與策略

1. 德國發展太陽光電曾面臨電網基礎設施不足，電網不足，不可能發展再生能源。當面對群眾的抗議，德國政府如何排除，並使電網建置得以進行，讓再生能源的得以推動？

In development of solar plants, Germany has faced the lack of electric grid, and it's difficult to develop renewable energy. In face of protests from the masses, how did the German government communicate with people to eliminate objections? With such efforts, the electric grid can be built and renewable energy

promotion be prolonged.

2. 德國政府已設計再生能源新建電網機制，我們想了解這機制的內容為何?電網建置的費用是由誰來負擔?分攤比例為何?

The German government has design the mechanism of new electric grid for renewable energy. We wonder what's the mechanism content and who should pay for the cost of grid construction and apportionment?

(二) 智慧電網與儲能

1. 目前再生能源仍是以保證收購制度進行，未來儲能導入後，如何設計儲能與再生能源並行的制度?

Currently feed-in electricity tariffs (FiT) have been introduced in Germany to encourage the use of renewable energy. In the future, energy storage will be integrated into renewable energy system and how to plan the rule for both renewable and energy storage?

2. 未來電網將面臨極大的挑戰，而引進區域微電網是一個趨勢。但區域微電網運行準則與傳統電網運行準則有技術尚待克服之處，對於併網規範應該如何設計?

Power grid in the future will face a great challenge, and the trend will be regional micro-grid. But the regional micro-grid interconnection requirements are different from the traditional power grid and still have some technical issue need to be overcome. Do you have any planning about new grid interconnection standards?

3. 德國之再生能源和智慧電網發展藍圖會考慮何種儲能情境?

What kinds of energy storage scenario will be considered in the roadmap of renewable energy and smart grids in Germany?

4. 目前電池做為儲能的成本仍然非常昂貴，當再生能源大規模導入而不可避免需要儲存這些能量時，德國對於儲能的經濟與技術評估為何?

The cost of energy storage especially using batteries is still very expensive. What is the technological and economic evaluation of more renewable energy deployed inevitably accompanying with energy storage?

5. 德國已經有許多大規模的儲能示範與再生能源結合，並累積相當多成熟的施工技術與操作經驗。可以和我們分享最佳的案例嗎?

In Germany, there have been many large-scale energy storage demonstrations integrated with renewable energy and accumulated mature construction and operation experience. Could you please share some insights with us regarding the best practices of integration of energy storage and the renewables?

6. 為了提高併聯電網和離網電力系統之發、輸、配、用電各階段穩定性，發

展先進的能量儲存技術漸趨重要。德國工業界、學術界與政府機構之間存在什麼樣的合作模式，以進行前瞻儲能技術開發？

Advanced energy storage technologies become more and more important and will increase the reliability, performance, and competitiveness of electric generation and transmission in future utility-tied and off-grid systems. Please comment the collaboration between industry, academia, and government institutions in Germany to develop and deploy advanced technologies.

(三) 氫能與燃料電池

1. 再生能源產氫技術應用中，電解產氫技術為核心技術之一，德國在電解產氫的技術現況與市場為何？

It is well known that the water electrolysis technology is a key factor for hydrogen production from renewable energy. What is the current status of water electrolysis technology and market in Germany?

2. 德國在 Power to Gas (PtG)技術已有多項大型示範驗證經驗。請問現在 PtG 發展的情形如何？

In Germany, the Power to Gas (PtG) technology has been demonstrated in large scale. What is the current progress on development of Power to Gas technology?

3. 德國政府，在氫能與燃料電池計畫的執行上，如何推動並強化產、學、研的彼此合作，以協助德國本土燃料電池相關產業之發展？

How does the government help the development of domestic fuel cell industries through enhancing cooperation among industries, academics, and research institutes?

4. 燃料電池熱電共生技術可以提供多元應用的能源解答，如最高的發電效率、可結合電網與穩定電網、與具彈性使用再生能產氫儲能系統等應用，請教熱電共生系統技術發展現況與產值售價為何？

The combined heat and power (CHP) Fuel cell technology could offer the energy solution for various applications, such as, achieving highest electrical efficiency, integrating into virtual power networks, stabilizing electricity grid, and flexible utilization of hydrogen production and storage from renewable energy. What is the current technology status and market of CHP applications in Germany?

提問單位：核能研究所

(一) 氫能與燃料電池

1. 德國北部環境較南部有利再生能源發展，但南部的用電需求較大，北電南送所需的高壓電纜傳輸系統建設的主要的困難為何(如居民抗爭、土地徵收鋪設管線、線路損失等)？需多少經費？如何克服？

As we know, the North of Germany is more suitable for the renewable energy,

but the electricity demand in South is bigger. What is the major difficulty for the construction of transmission line to transmit electricity from North to South, for example, resistance of neighborhood, land expropriation fare or transmission loss? How much does it cost? How to overcome these difficulties?

2. 德國電價算是非常高，如何取得民眾及業者接受？電業自由化及 REC 可帶動哪些產業？對經濟及就業之貢獻？

The electricity bill in Germany is relatively high, how do you convince the public and industries to accept? What kinds of industries can be promoted under electricity market liberalization and REC (Renewable Energy Certificate)? What can electricity market liberalization and REC contribute to economy growth and employment opportunity?

(二) 智慧電網與儲能

1. 德國有無利用大型儲能設施，以調節輸電網上之再生能源之間歇性及電壓不穩定性？

Does Germany use large Energy Storage System (ESS) to smooth the intermittence characteristics and regulate the voltage fluctuation caused by renewable energy? Which type of ESS do you choose?

2. 德國 ESCO 產業發展現況及趨勢為何？

What is the status and trending of Energy Service Company (ESCO) in Germany?

提問單位：台電公司綜合研究所

1. 微型電網、區域能源系統、能源互聯網、區塊鏈等新興技術在貴國之最新發展情況？是否有任何具體之應用案例。

The nearest development of new technologies such as Micro Grid, Regional Energy System (the portfolio of distributed power resources including PV, wind, biomass, energy storage, distributed generation and demand response), Internet of Energy (the interconnection of power, heat, cooling, gas, traffic & hydrogen internet energy), Block-Chain (peer to peer trading)? Any cases of application?

2. 如何讓實體市場(如電力流及資源組合)與財務市場(如電能及碳之交易市場)之作業流程相互整合？

How do you integrate the physical market, power flow and resource combination, such as renewables and DR..., with financial market, energy market and carbon transaction based on distribution grid or microgrid? (how to make the procedures physical market on parallel with financial market)

3. 區塊鏈(Block Chain)在電力之應用？

How about the possibility of block chain application for electric power industry (e.g. the Elective Vehicle application for RWE)?

(一) 能源轉型政策與措施

1. 留意能源轉型的進展十分重要，否則可能無法達成目標。德國已為此發展出「未來能源」監控程序。是否可請您簡短說明專家委員會的架構及評估方法呢？

It is essential to keep an eye on the progress of energy transition or the targets may be missed. Germany has developed the “Energy for the Future” monitoring process for this task. Could you briefly explain the structure of the expert commission and the evaluation method?

(二) 再生能源推廣（含綠能融資）

1. 德國在 2017 年再生能源法中，決定於今年將傳統 FIT 導入競標制度，藉以抑低再生能源成本。自德國 2015 年針對地面型太陽能實行第一輪競標以來，平均電價從 9.17 歐分/千瓦小時降至今年 2 月的 6.58 歐分/千瓦小時。最近第一輪招標因 25 個得標專案中的 24 個專案已在規定期限內運轉，被證實十分成功。請問德國採取哪些關鍵措施以創造具競爭性的招標及確保各計畫的執行？

In 2017 Renewable Energy Source Act (EEG), Germany decided to introduce bidding system into traditional FIT this year to limit the cost of renewable energy. From Germany's first round auction for ground-mounted PV installations in 2015, the average electricity dropped from 9.17 to 6.58 euro cent per kilowatt hour this February. Recently, the first round auction is proven to be successful because 24 out of 25 the approved projects are in operation before the specified deadline. What are the key measures for Germany to create a competitive auction and to ensure the implementation of the projects?

2. 德國於 2017 年 4 月 13 日公布離岸風場第一次競標結果，平均標價僅每度 0.44 歐分，最低標價甚至為每度 0 歐分，請問是否代表德國的離岸風電已無需任何政策補貼，可於電力市場與傳統發電技術競爭？

The average award price was 0.44 Euro cents per kWh in the first round of auction for Germany's offshore wind projects on 13th April, 2017 while the lowest award price was 0 Euro cent. Can we say that Germany's offshore wind energy is competitive with other traditional generating technologies so that it doesn't need subsidies anymore?

(三) 產業結構與能源投資

1. 德國為發展工業 4.0 的先進國家，請問德國能源產業如何運用工業 4.0 提升效率與生產力？政府給予何種協助？推動工業 4.0 是否能顯著提升一般產業的能源使用效率？

Germany is an advanced country for the development of Industry 4.0. I would

like to ask how the German energy industry uses Industry 4.0 to improve its efficiency and productivity. What kind of assistance does the government provide? For general industries, by promoting Industry 4.0, do they significantly improve their energy efficiency?

2. 為推動綠能產業鏈的發展，健全的國家綠能產業政策及不同產業間的鏈結十分關鍵。請問貴國有哪些政策或措施是推動貴國綠能產業發展之關鍵？

To promote development of the green energy industry chain, it is essential to have a sound national policy for green energy and to link to other industries. What are the policies or measures that help to promote development of your green energy industry?

各參訪行程討論議題

(一) 德國復興信貸銀行 (KfW)

提問單位：台灣經濟研究院

1. 為了增進再生能源發展，健全的融資支援系統十分關鍵。臺灣已有 4 家銀行於今年 5 月中已發行綠色債券提供支援。請問德國政府如何鼓勵私部門提供再生能源計畫融資？

To boost the development of renewable energy, it is essential to have proper financial support system. Government and private sector should work together. In the middle of this May, Taiwan has 4 banks starting offering their support by issuing green bond. How does German government encourage private sector to finance renewable energy project?

2. 德國復興信貸銀行(KfW)已發展出可運行之綠能融資商務模式及金融商品。從您的觀點看，哪些關鍵因素造就這份成就？貴行如何克服起步階段的不確定性？此外，如何培育綠能融資人才？

KfW bank has developed workable business model and financial product for green finance. From your point of view, what are the key elements for this success? How did KfW bank overcome uncertainties in the beginning stage? In addition, how do you develop human resource for green finance?

(二) 柏林能源機構(BEA)

提問單位：核能研究所

1. 請說明柏林區域電力的目標及發展狀況。有聚焦在哪些重點？為什麼？

Please introduce the target of distributed electricity planning and development status of Berlin area. What are the focal points and the reason?

(三) 德國能源署(Dena)

提問單位：核能研究所

1. 德國為減緩再生能源裝機量不正常的增加，自 2017 年起將不再有 FIT 補貼，而是採取競標的方式透過市場機制決定價格，請問業者參與的情況如何？是否會影響再生能源目標之達標？

As we know, in order to slow down the rapid growth of renewable energy installation, Germany no longer subsidized the fix FIT (Feed-in Tariff), but adopted bidding process to let the market to determine the tariff. What is the status of this transition? Will it affect the accomplishment of the goal of renewable energy penetration?

2. FIT 費率頻繁修訂對業者投資的決策有何影響？對於投資業者的資金取得有何影響？

Is there an influence from the frequently changed FIT (Feed-in Tariff) fare to the investment of industries? Is there an impact on the capital raise?

3. 再生能源於德國電力市場有哪些交易模及售電模式？以哪些為主？

How many electricity transaction and selling modes for the renewable energy in the electricity market? Which one is the major?

4. 請說明德國大型之智慧電網示範計畫有哪些。至今之效益為何。

Please introduce big scale smart grids demonstration projects in Germany. And please introduce the benefits that you obtained under these demonstration projects to now.

提問單位：台電公司綜合研究所

1. 「饋網電價」(FIT, Feed-in Tariff)制度在德國之實施沿革及未來發展方向？

The history and future direction of FIT(Feed-In Tariff) in Germany.

2. 德國能源政策之重點及主要之政策考量？推動過程之困難？如何因應？

The content and major considerations of your Energiewende /Energy Policy?
The challenges met and how do you solve the difficulties?

3. 「電力市場改革」(Electricity Market Reform)在德國之實施沿革及未來發展方向？

The history and future direction of Electricity Market Reform in Germany.

提問單位：台灣經濟研究院

1. 臺灣的再生能源電能躉購制度與德國類似，同樣有採用競標機制決定電能躉購費率之作法，但相關業者對於競標機制均十分反彈，請問德國政府是如何說服業者接受價格競標？

Taiwan's purchase system of renewable electricity is similar to that of Germany's, implementing the auction mechanism to determine the purchase

price, which was first introduced to PV system in 2010. However, Taiwanese stakeholders are very against for bidding mechanism. How do you persuade your people too accept the auctions?

2. 根據德國聯邦經濟事務暨能源部(BMWi)的公開資料，2016 年德國的再生能源發電量占總用電量比例已高達 31.7%，未來要再提高發電比例的困難度很可能不斷增加，請問未來德國除了電能躉購制度外，是否有規劃其他政策配套措施，以穩步達成 2025 年再生能源發電量占總用電量比例 40~45% 推動目標？

According to BMWi's data, the proportion of gross power consumption accounted for by renewable energy has risen to 31.7% in 2016. To continue increase the proportion of renewable power may be more and more difficult in the future. So, in addition to the electricity purchase system, do you have other supportive measures to realize the goal of 40-45% renewable electricity consumption by 2025?

(四) 氫與燃料電池科技國家組織(NOW)

提問單位：核能研究所

1. 對於替代燃料車，德國看好燃料電池車或電動車？為什麼？

For the replacement of gasoline vehicle, is fuel cell car or electricity car favored by German? Why?

提問單位：工業技術研究院

1. 經過十年 NIP I 計畫在多項領域的燃料電池應用與示範驗證後，德國對於 PEMFC 以及 SOFC 電力系統的市場應用定位為何？未來結合再生能源作為儲能應用的規劃為何？

What is the specific market position of PEMFC and SOFC power systems in Germany after numerous demonstrations in 10 years of NIP I? In addition, what is the plan of integration of fuel cell and renewable energy for energy storage applications in the future?

2. 德國已經有許多大規模的儲能示範與再生能源結合，並累積相當多成熟的施工技術與操作經驗。請建議台灣建立儲能系統與再生能源的路徑與可行性評估程序。

In Germany, there have been many large-scale demonstrations of energy storage integrated with renewable energy and have been accumulated many mature construction and operation experiences. Please comment the roadmap and feasibility study if Taiwan would like to deploy energy storage system and renewable energy.

3. 在 10 年的 NIP 第一期計畫推動結束後，進行中的第二期計畫所面臨的障礙與挑戰為何？

What obstacles and challenges remain in NIP II after 10 years of NIP I?

4. NOW GmbH 作為德國政府設立之機構，在氫能與燃料電池計畫的執行上，如何推動並強化產、學、研的彼此合作，以協助德國本土燃料電池相關產業之發展？

As an institute set up by the government, how does NOW GmbH help the development of domestic fuel cell industries through enhancing cooperation between industries, academics, and research institutes?

5. 德國的 SOFC 發電系統是否有餘熱回收再利用之整合應用規劃。例如:日本三菱重工提出 SOFC-GT-ST 複合式發電廠之系統架構，並在 2015 年已完成 250 kW SOFC-GT 之複合式發電系統約 5,067 小時長時間運轉。德國 SOFC 系統是否有發展此種複合式發電系統架構規劃？

Is there an integration plan of waste heat recovery from SOFC power system in Germany? For instance, Mitsubishi in Japan has proposed a SOFC-GT-ST combined cycle power system. Mitsubishi has completed a 5,067 hr test run of a 250 kW SOFC-GT combined cycle power system in 2015.

6. 請問對於美國發展燃煤電廠結合 MCFC 技術，作為碳捕捉(CCS)的途徑，有何想法？

What is your comment about the integration of coal fire plant and MCFC technology for carbon capture (CCS) in the United States?

* (補充) 原針對德國氫能與燃料電池協會(DWV)之提問：

提問單位：工業技術研究院

1. 德國能源政策將於 2020 年減少 10%應用於交通的能源消耗，而電轉氣技術可進一步降低主要交通能源需求。請教德國的再生能源產氣用於交通載具應用的發展戰略為何？

The goals of the German energy policy for transport is to reduce 10% of energy consumption by 2020. Power to gas (PtG) technology can furtherly decrease primary energy demand in transportation. What is strategy of development of power to gas, such as, hydrogen and methanol, for transport sector in Germany?

2. 德國 PtG 示範驗證計劃執行現況如何？

How does the current status of PtG demonstration projects in Germany?

3. 德國再生能源產氫技術發展的經濟性評估與商業應用連結，以及政府在其中所扮演的角色與協助方案為何？

What are the economic evaluation and commercial applications of hydrogen generation from renewable energy in Germany? What is the government role and subsidy program?

4. 再生能源產氫技術應用中，電解產氫技術為核心技術之一，德國在電解產

氫的技術現況與市場為何？請對於台灣在再生能源產氫技術應用的規劃與未來發展評估上提出建議。

It is well known that the water electrolysis technology is a key factor for hydrogen production from renewable energy. What is the current status of water electrolysis technology and market in Germany? Please comments on the roadmap and future development if Taiwan would like to deploy hydrogen production from renewable energy.

(五) Agora Energiewende 智庫

提問單位：核能研究所

1. 太陽能與風能間歇性發電的特性，除了仍然需要以火力發電為基載電源外，也需要積極發展儲能系統以調配間歇性的再生能源電力，請說明德國儲能系統的發展規劃。哪些技術較有機會？

In order to accommodate the intermittence of PV and wind power, we still need traditional fossil power plants to serve as base loads and use energy storage system to smoothen the power. Please introduce the energy storage development planning in Germany. What kinds of energy storage system are chosen in Germany?

2. 各再生能源的併網成本該如何評估，德國是否有受普遍認可之評估方式？

How to analyze the grid-level system costs, include back-up costs, balancing costs, grid connection, and grid reinforcement and extension, for renewable energies in Germany? Is there a method commonly accepted in Germany?

3. 認為 FIT 制度適合發展再生能源的占比範圍是多少？為什麼，(b)若再生能源達到了某個占比，甚麼樣的制度比較適合更長期的發展？

What is the best range of penetration rate of renewable energy for the deployment of FIT (Feed-in Tariff) institution? What is the rationale? If the penetration rate rise to a certain high level, what kind of institution will be better for long term development?

提問單位：台灣經濟研究院

1. 在能源轉型的政策架構下，綠能設施和節能措施必須同步進行，為了達到能源安全、綠色經濟與環境永續等目標，如何推廣全民共同參與能源轉型及鼓勵在地化發展，以逐步邁向綠能未來？

Under the framework of energy transition, we should have more green energy facilities and take energy conservation measures at the same time, in order to reach the goals of energy security, green economy and environmental sustainability. How do you promote public participation in energy transition and encourage local development toward green energy future?

(六) 西門子

1. 德國再生能源擴張的速度似乎比電網基礎設施快。臺灣可能很快將面臨相同的挑戰。為了充分應用所產出的再生能源電力，加速電網擴張、採用儲能科技與智慧電網，或直接將再生能源電力應用在供熱系統與太陽能船等可能是解決方案。請問德國將如何面臨這些挑戰？請問西門子針對這個議題有什麼看法？您覺得甚麼是最好的解決方案？

The expansion of renewable energy seems to be faster than that of power grids in Germany. Taiwan may face the same challenge soon. To sufficiently utilize the generated renewable electricity, speeding up power grid expansion, applying energy storage technology and smart grid system, or directly using renewable electricity in heating system and solar boat could be solutions. How will Germany take this challenge? What are SIMENS views on this topic and what might be the best solutions in our opinion?

2. 德國能源轉型對德國整體產業結構有何影響？除了再生能源與節能產業的興起外，其它能源相關的產業有何消長？對在國際能源產業扮演重要角色的西門子又有何影響呢？

What is the impact of Germany's energy transition on its overall industrial structure? In addition to the rise of renewable energy and energy-conservation industries, what energy-related industries are growing? And what are the impacts of Germany's energy transition policy on SIMENS as a major player in global energy industry?

3. 以西門子角度而言，德國工業界、學術界與政府機構之間存在什麼樣的合作模式，以順利推動能源轉型，並鼓勵前瞻能源技術發展？

From SIMENS perspective, what is the cooperative mechanism among Germany's industry, academia, and government institutions to promote energy transition and development of advanced energy technologies?

(七) 50Hertz

提問單位：工業技術研究院

1. 希望能瞭解 50Hertz 在於 WindNODE 計畫之規劃經驗與策略。

We wish to learn the comprehensive planning and strategy for the program “WindNODE”.

2. 未來台灣欲推動類似 WindNODE 之能源計畫，參考本計畫的經驗，是否有特別須注意的事項可供台方建議？

Based on your successful experiences in running the program “WindNODE”, do you have any advice that Taiwan should pay attention to?

3. WindNODE 計畫中所參與的廠商超過 20 家，50Hertz 如何有效的整合眾人意見並順利執行計畫？此外，政府在本計畫中所扮演的角色定位為何？

In the program “WindNODE”, there are over twenty manufacturers attend with it,

so how to integrate everyone's opinion and make this plan is going well?
Also, what's the government's role in the program?

提問單位：核能研究所

1. 請問在電網區域性全黑下，於大量再生能源環境下，德國如何恢復電力?

Should there be a big grid blackout, is there a plan to re-establish the grid under a mass installation of renewable energy?

2. 請問在大量再生能源環境下，德國有考慮利用備轉容量及傳統電廠的快速升載率，以平穩電力供應?

Under a mass installation of renewable energy, does Germany consider to use Operating Reserve and fast ramp rate of conventional power plants to stabilize the electricity supply?

Smart Grid Development under the Policy of Energy Transition

Shao-Pin Hung
Deputy General Manager
TPC, TPRI

30th, June, 2017



Outline



1. Policy & Challenges
2. Taiwan/TPC Smart Grid Development
3. TPC AMI Development
4. Perspectives



1. Policy & Challenges



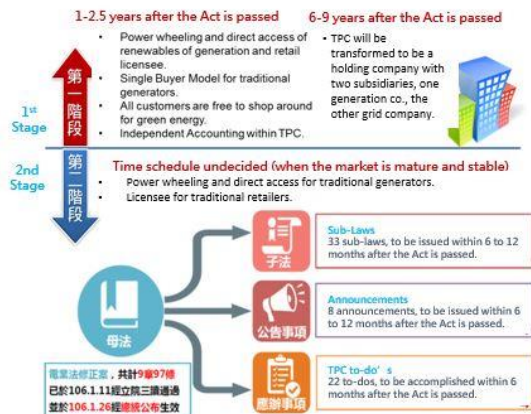
3

Taiwan Power Research Institute



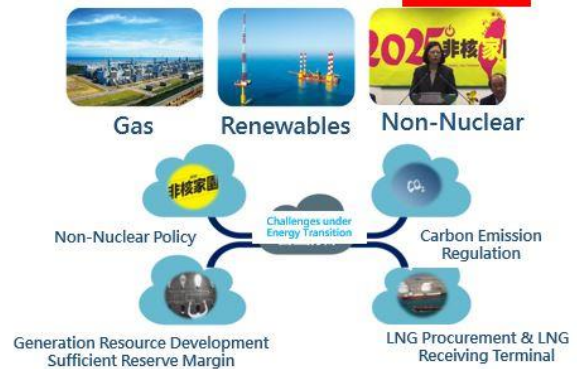
Regulation and Policy

Amendment of Electricity Act



Energy Mix in 2025

50% Gas, 30% Coal, 20% Renewable



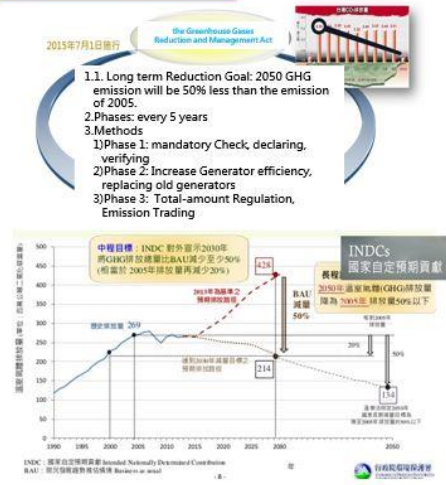
4

Taiwan Power Research Institute

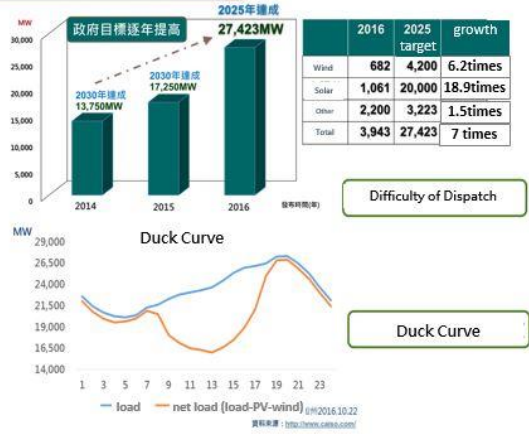


Regulation and Policy

Reduction of GHGs



Promotion of Renewables



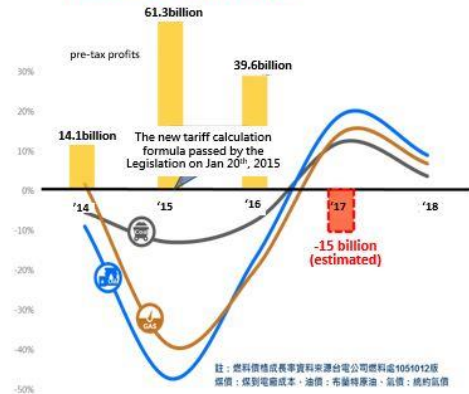
5

Taiwan Power Research Institute



Economy and Society

Volatility of Fuel Price



Load-shedding due to PM2.5



6

Taiwan Power Research Institute





2. Taiwan/TPC Smart Grid Development

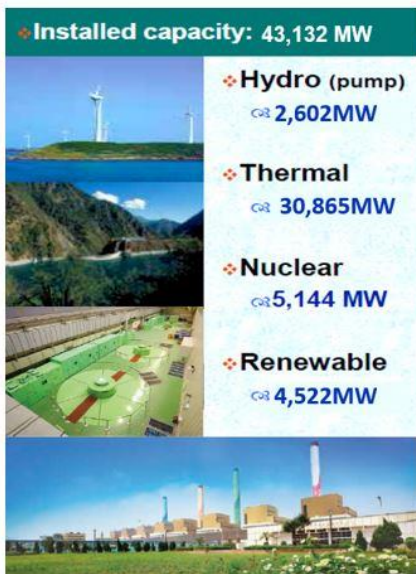


7

Taiwan Power Research Institute



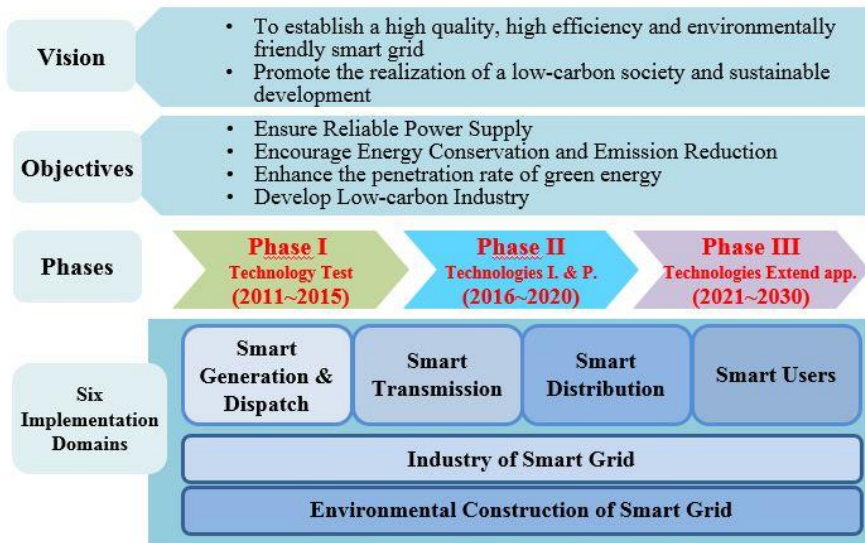
Overview of Taiwan Power System(2017.5)



8



SG Master Plan



9

Taiwan Power Research Institute



Microgrid in Dong-Ji Island Penghu County

- The annual sunshine condition of Dong-Ji island is about 2,181 hours and is very suitable for PV.
- 2011 January, 85kW PV with battery system was installed as the **disaster prevention system**. This system was improved to connect PV, battery and diesel generation in 2015.
- This system could be **switched between grid-tie or isolated mode**. Normally, the grid will be operated in grid-tie mode. The existed diesel generator will be the base load power source. The combination with PV & battery system could increase the renewable energy usage rate and reduce the fuel cost.
- If the grid fail, by the switch of ATS(automatic transfer switches), PV & battery system will become the **backup power of Marine National Park Headquarters**.
- Dong-Ji Microgrid includes **200 kW diesel generator**, and **Smart Energy Management System(SEMS), 90kW inverter, 750 kWh lead-acid battery**.
- During daytime, SEMS will adjust the inverter according to the PV generation and battery condition to meet the load. During the nighttime, SEMS will adjust the output of inverter and supply power to the grid. Dong-Ji Microgrid system could **devise the energy source and reduce the usage & transports of fuel**.

System Diagram (Source : CHEM Co.)

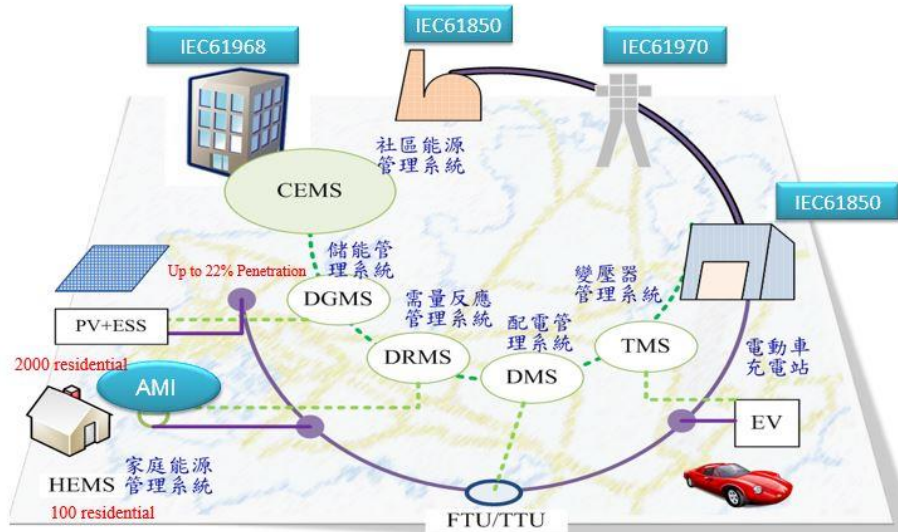


10

Taiwan Power Research Institute



Demo Site - PengHu



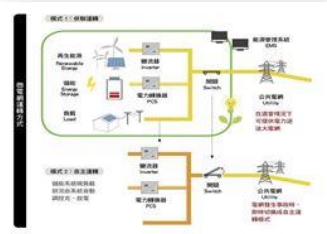
11

Taiwan Power Research Institute



The TPC's first Remote Community backup Microgrid

- Usually, typhoon will cause serious disaster in remote community located in mountain area. Due to road interruption caused by extreme rainfall Taipower can not accurate the power supply recovery process.
- Fu Shan Village experienced no power supply for 17 days last year.
- So, the first village backup microgrid was set up by Taiwan power company in January 2017 in Wulai, Fu Shan Elementary School .
- This microgerid system could be operated in isolated mode at least 2 weeks.



Source: Taipower

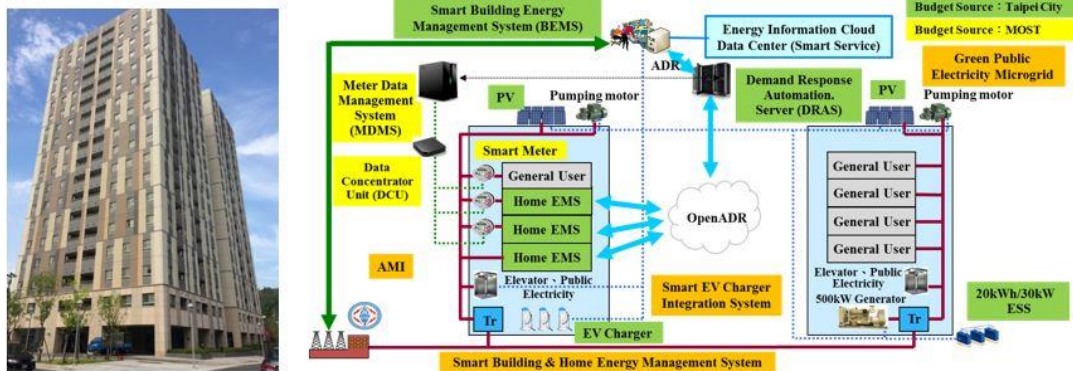
12

Taiwan Power Research Institute



Xing Long Public Housing 1st Block Smart Grid Phase Zero Project

1. **Smart Building/House Energy Management System (B/HEMS)**- Set up monitoring station to integrate the individual HEMS, and be able to reduce energy usage during peak hours through the **demand response (DR)** program
2. **Green Public Electricity Microgrid** – Install & integrate photovoltaic (PV) system and Energy Storage System (ESS)
3. **Smart EV Charging Integration Management System**
4. **Advanced Metering Infrastructure (AMI)**



Source: Department of Urban Development, Taipei City Government, NCKU, TIER and TaiPower, Suggestions for Smart Grid Promotion in Taipei City - Xing Long Public Housing, Oct. 2015

13

Taiwan Power Research Institute



Xinglong Public Housing 2nd Block Smart Grid Project

- Pictures of Xinglong Public Housing 2nd Block
- Project Scope and number of Household
 - Building B1& B2
 - Smart grid Experiment 144 Households (6 Layers)
 - Install HEMS & AMI
 - Control Group 144 Household
 - Install only AMI



14

Taiwan Power Research Institute



Xinglong Public Housing Joint Taipower Demand Side Biding Concept

Because of the limited household numbers with EMS and battery capacity in Xinglong Public Housing 1st block, we will introduce a CEMS to integrate Xinglong Public Housing 1st & 2nd, modify backup diesel generator, so that Xinglong Smart Community could become a VPP and Joint Taipower Demand Side Biding.

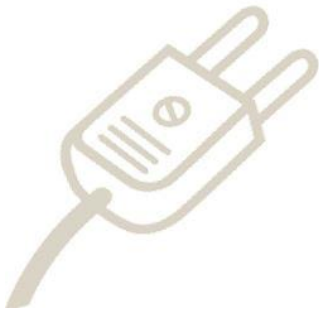


15

Taiwan Power Research Institute



3.TPC AMI Development



16

Taiwan Power Research Institute

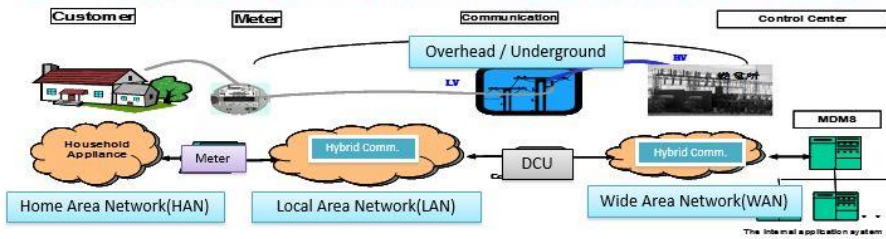


Current AMI Deployment of TPC

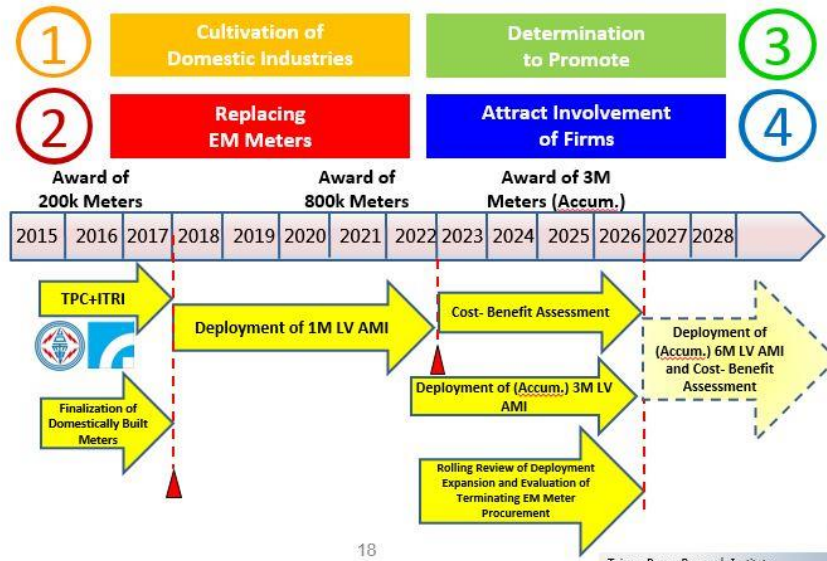
1. High voltage industrial/commercial customer AMI System : 24,000 meters

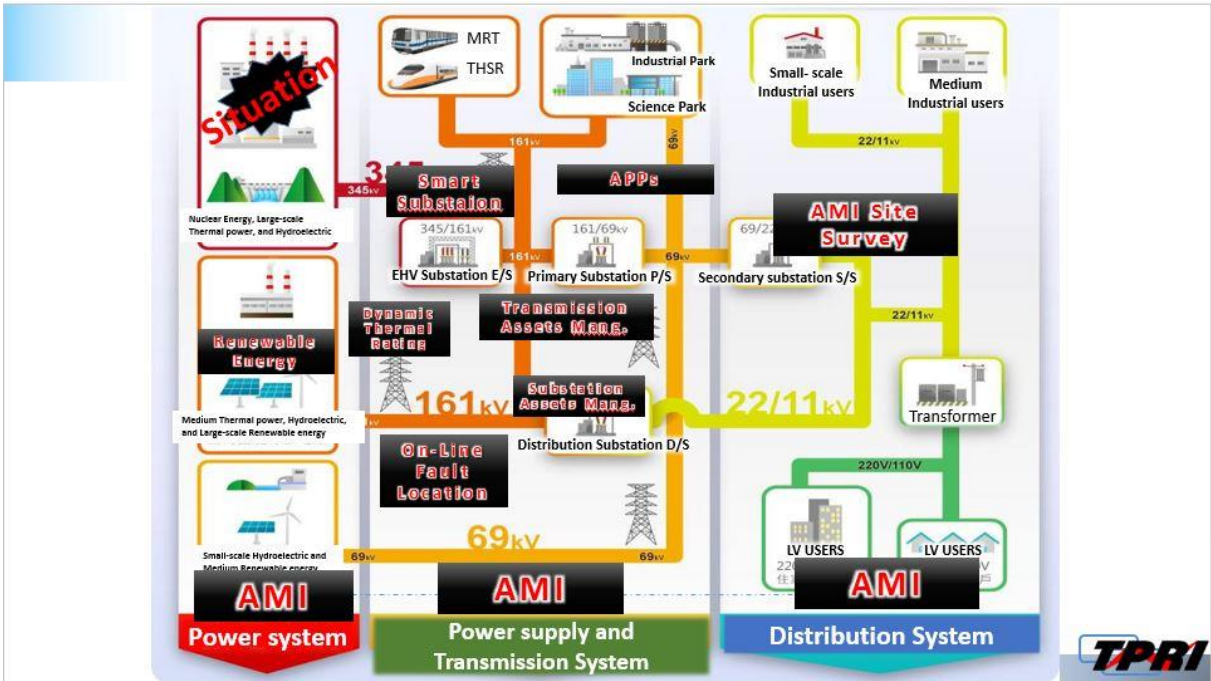


2. Low voltage residential AMI System: 10K household (current: 12M customer)



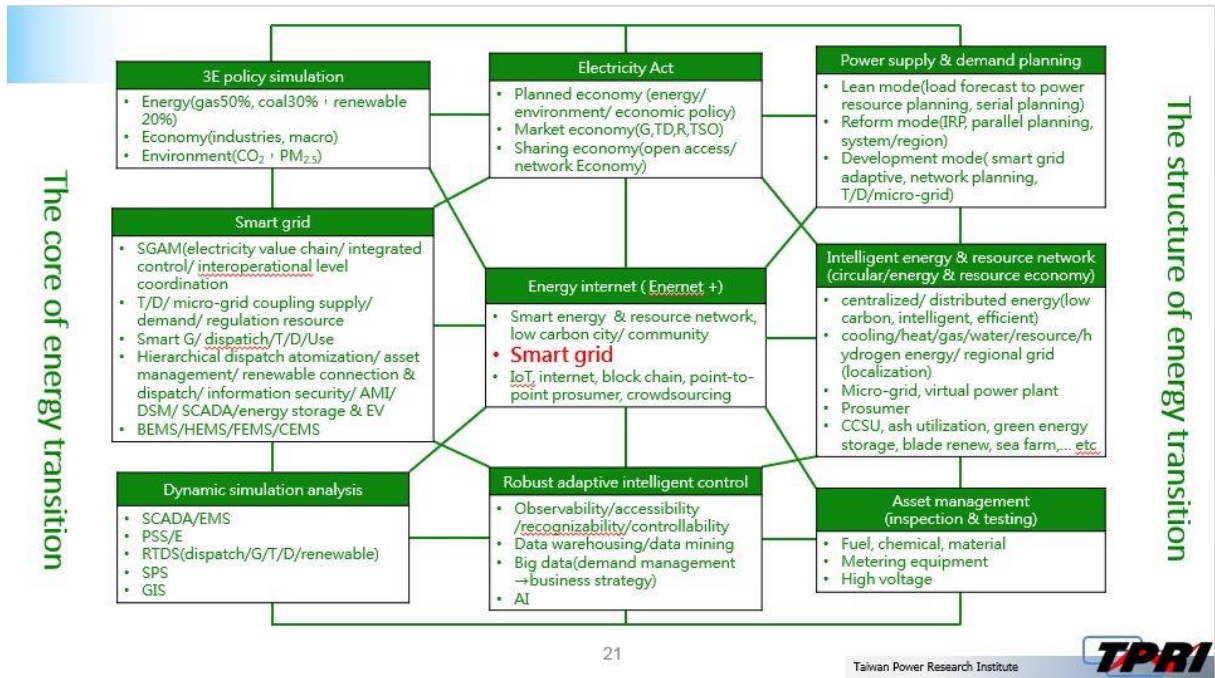
TPC AMI Deployment Progress





4.Perspectives

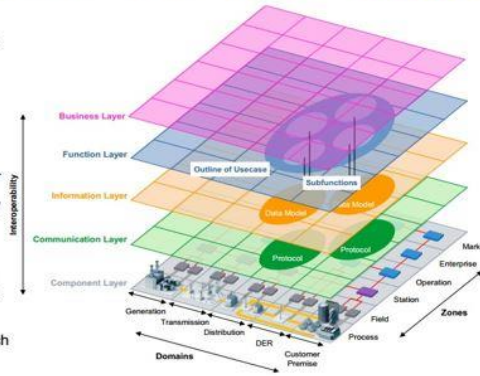




Concept of Introducing Interoperability into Smart Grid

Smart Grid Architecture Model SGAM

- Business Layer**
 - Represents business models and regulatory requirements
- Service/Function Layer**
 - Represents logical functions or applications independent from physical implementations
- Information Layer (OSI 6-7)**
 - Represents information objects or data models required to fulfill functions and to be exchanged by communication
- Communication Layer (OSI 1 - 5)**
 - Represents protocols and mechanisms for the exchange of information between components
- Component Layer**
 - Represents physical devices which host functions, information and communication means



CEN/CENELEC/ETSI Joint Working Group on standards for Smart Grids

© CEN-CENELEC-ETSI 2014

3D SG framework model Integration of the value chain of energy (Domains)

Generation,
transmission,
distribution, distributed
energy, customers

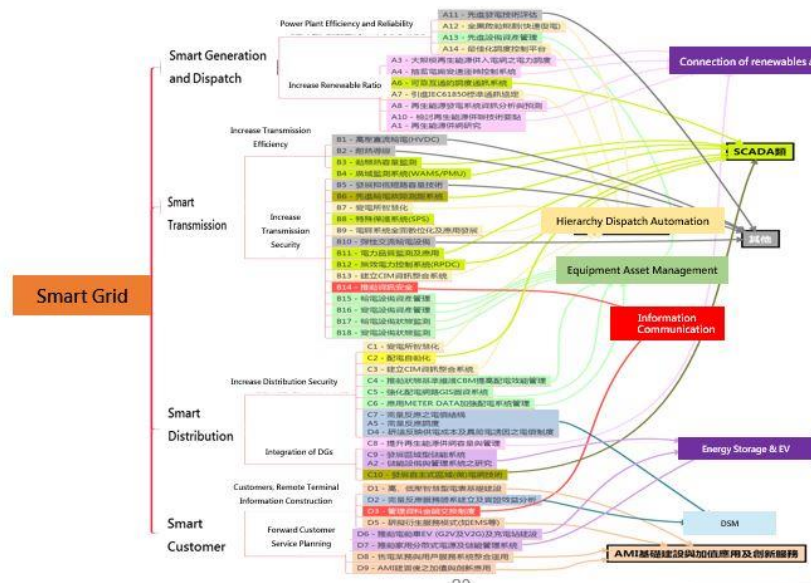
Integration of Energy Control (Zones)

market, enterprise,
control center,
substation, monitoring
equipment, on-site
equipment

Integration of Interoperable Information (Interoperability)

Layers of commerce,
function, information,
communication,
equipment

The re-Grouping of Four Facets



Thanks for your listening