

人工智慧發展下 需求反應新趨勢

許志義

亞洲大學管理講座教授

國立中興大學合聘教授

台電公司獨立董事

2018年12月4日

大綱

一、人工智慧與需量反應.....	3
二、國外經驗分享.....	15
三、結語.....	37

一、人工智慧與需量反應

AI的重要

- AI正以前所未有的速度(美中兩大國競合乃重要因素)顛覆各行各業，電力公用事業亦不例外(甚至因電業擁有大數據，相對AI發展更快)。
- 台電公司不落人後，率先於2018年4月27日在台大醫院國際會議中心舉辦「AI技術於電力系統營運之應用與挑戰論壇」，邀請美國電力研究院(EPRI)等國外先進及國內學者專家，探討人工智慧與電力系統之相關課題。
- 雖然世界各國電業引進AI應用尚處於起始階段，但由於電力資產設備動輒耐用數十年，為了避免投資套牢資產(stranded assets)，在現階段投資關鍵時刻，仍應以前瞻眼光考量下一步AI是什麼(WHAT'S THE NEXT)?
- AI應用於電力產業之負載預測(尤其再生能源不穩定下精準預測)、DR最適化、供給最適化、IRP、故障診斷、預測性維修、資產與存貨管理、顧客體驗追蹤、顧客滿意度改善等。

德國 Electricity 2030 :

Long-term trends–Tasks for the coming years

Trend 1: The system is shaped by the intermittent generation of electricity from the wind and sun.

Trend 2: There is a **significant decline in the use of fossil fuels** in the power plant fleet.

Trend 3: The electricity markets are more European.

Trend 4: Security of supply is guaranteed within the framework of the European internal market for electricity.

Trend 5: **Electricity is used far more efficiently.**

Trend 6: Sector coupling: The heating sector, cars and industry use more and more renewable electricity instead of fossil fuels.

Trend 7: Modern CHP plants produce the residual electricity and contribute to the energy transition in the heating sector.

Trend 8: Biomass is used increasingly for transport and industry.

Trend 9: Well developed grid infrastructures create flexibility at a low cost.

Trend 10: System stability is guaranteed even with a large share of renewables in the energy mix.

Trend 11: Grid financing is fair and meets the needs of the system.

Trend 12: The energy sector takes advantage of the opportunities offered by digitization.

AI、再生能源、需量反應、電動車

- 再生能源開放系統，利害關係人遠多於傳統火力或核能發電系統
- 太陽能與風力發電間歇性問題必須由再生能源以外的部門(利害關係人)以即時同步雙向互動的方式，加以解決。
- AI的強項就是跨領域、跨部門、即時同步雙向藉由big data與深度學習，提供insight與optimal solutions。
- 在AI快速發展下，需量反應 + 電動車能迅速回應再生能源發電鴨子曲線(duck curve)之挑戰，並且創造智慧產業、智慧社區、智慧城市、智慧生活的廣大商機與價值需求。

再生能源開放系統 vs 傳統發電封閉系統

傳統火力、核能發電(封閉系統)

化學能/原子能→機械能→電能

發電追隨負載(以**燃料、溫度控制發電量**)



再生能源發電(**開放系統**)

太陽能→固態科技→電能 風力→動能→機械能→電能

負載追隨發電(以**需量反應、AI、大數據，抒緩供電不穩定**)

AI：規模經濟vs.範疇經濟

電力**供應鏈(Supply Chain)**：如發、輸、配、售綜合
電業獨佔---**規模經濟**



電力**生態系(Ecosystem)**：如虛擬電廠、智能社區 (Smart Community)、用戶參與(Consumer Engagement)、公民賦權(Citizen Empowerment)、群眾外包(Crowd Sourcing)、
產銷者(Prosumer)---範疇經濟

需量反應、儲能系統、汽電共生、虛擬電廠

- 電力供需雙方相互協調與配合之「彈性」機制，是降低再生能源供電不穩定影響之重要策略。電力系統調度的彈性(Flexibility)與韌性(Resilience)成為電力市場核心價值與競爭能力。
- 電力調度的法則逐漸由傳統「發電追隨負載」的方式，同時納入「負載追隨發電」方式，相互搭配，AI促使電力負載能夠彈性追隨不穩定的再生能源發電起伏變化。
- AI增加彈性作法(範疇經濟)：風力與太陽能搭配汽電共生、需量反應、抽蓄發電、熱泵、儲能電池、電動車、彈性電價等諸多可採行之配套方案，甚至進一步形成虛擬電廠(virtual power plant)或虛擬尖峰容量之整合運作商業模式。

電力供過於求，德國頻繁出現「負電價」

- 由於天氣溫暖、風能生產過剩、消費需求低等因素，歐洲電力交易所 EPEX Spot 數據顯示，在週日和聖誕節當天大部分時間的電力價格都在 0 元以下。
- 德國2017年超過 100 次電價低於 0 元。
- 2017 年 12 月 24 日，出現了每千度 MWh -50 歐元(約新台幣 1,775 元)。
- 2017 年 10 月的最後一個星期，德國的負電價維持了近 31 個小時，每千度 MWh 價格跌至 -83 歐元(約新台幣 -2,947 元)。

負電價的經濟意涵

- 負電價顯示並未出現市場失靈(market failure)，反而凸顯市場機能發揮到極致。
- 透過價格訊號引導市場資源配置與產業投資發展，例如電動車系統與儲能產業，能在對的時間、對的地點，做出對的決策與對的投資。
- 相反地，這也代表電力產業科技進步太快，過去投資的沉沒成本(sunk cost)，尚未攤提折舊完畢，即已不敵再生能源新科技的成本競爭，很有可能形成套牢資產(stranded assets)。
- 饋網電價(FIT)再生能源保證收購制度長達20年，促使電力公用事業有義務收購再生能源業者優先調度。德國目前已修訂法規將再生能源超過一定門檻者(如太陽能發電系統大於750KW者)，必須在電力市場投標競爭。

Even in Indiana, new renewables are cheaper than existing coal plants Oct. 26, 2018

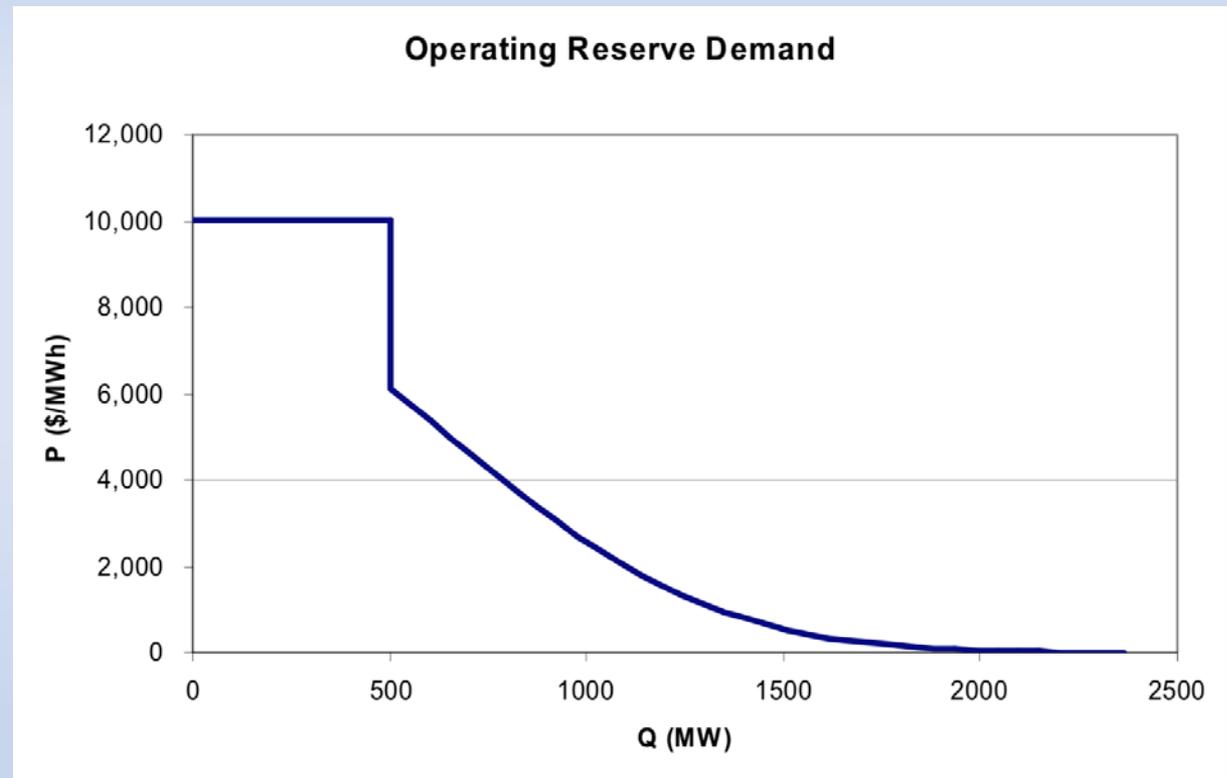
- Building renewable energy resources in Indiana is cheaper than keeping existing coal plants open, according to new plans from one utility in the state.
- Northern Indiana Public Service Co. (NIPSCO) presented [analysis for its 2018 Integrated Resource Plan](#) (IRP), finding it can **save customers more than \$4 billion over 30 years** by moving from 65% coal today to 15% coal in 2023 and **eliminating the resource by 2028**.
- To replace retiring coal, NIPSCO found that a **portfolio of solar, storage, wind and demand management** is the **most cost effective**, along with a small amount of market purchases from the Midcontinent ISO.

Operating Reserve Demand Curve, ORDC

- Renewable energy integration increases the need for flexibility in operations. Such flexibility can be provided naturally by conventional units. Operating reserve demand curves (ORDC) have been advocated as an economically justified mechanism for pricing flexible capacity in order to compensate conventional units for the loss of energy revenue (*Hogan, 2005 ; Hogan, 2013*) and the mechanism has been implemented recently in Texas.
- The ORDC design is based on the principle that reserve should be valued according to its contribution in reducing the probability of involuntary load curtailment. Scarcity in reserve implies a high probability of involuntary curtailment and hence a high reserve value, and vice versa. On the other hand, the cost of reserve provision is driven by the opportunity cost of keeping capacity in reserve, instead of allocating it for the provision of energy.
- The ORDC is a *real-time* mechanism that introduces a real-time reserve capacity price and a corresponding adder to the real-time energy price so as to induce an optimal allocation of generation capacity between energy and reserves. ***-This is called a co-optimization mechanism.***

Incremental value of operating reserve = $VOLL \times LOLP$

- VOLL : the value of lost load
- LOLP : the loss of load probability
- Assume :
- VOLL = 10000 MWh
- The minimum contingency reserve requirement = 500 MW



二、國外經驗分享

電源具多元替代性，DR應有公平立足點

- 參考國外經驗，有鑑於電力為「**多種投入、單一產出**」的產品，其電力政策目標均強調投入面的公平競爭下最適化組合。所謂投入面，包括：再生能源、火力、核能、**需量反應**、電動車、儲能系統、**汽電共生**等。目前台灣電價單一、固定，我們應該透過市場機制，讓電力回歸成為市場導向的商品，在公平競爭下避免電力資源配置扭曲。
- 用戶端、**電表後端(behind-the-meter)**之再生能源發電系統既是消費者也是生產者，亦即**產銷者**(prosumer)，**需量反應**、虛擬電廠亦讓消費者成為產銷者，**與供給面相互競合，應有公平競爭之立足點**。

DR法制政策配套之重要：美國FERC Order案例

行政命令	時間	主旨	政策意涵
890	2007/2	修正輸電網路開放接續費率條款(Open Access Transmission Tariff)，確保非發電資源(包括需量反應)所提供的輔助服務，如調整備轉容量(regulation)、熱機待轉(spinning reserves)、頻率控制(frequency response)以及替代備轉服務(supplemental reserves)等，均可享公正合理的輸電服務費率。	制定費率條款確保輔助服務的提供，可維持供電品質、提升電網穩定度，擴大需量反應市場。
719	2008/10	強化需量反應市場競爭性，鼓勵更多樣化的電力資源投入市場。包括允許用戶群代表集結眾多用戶參與需量反應，並可加入市場競標之列。	以自由化市場的競爭機制鼓勵資源投入和用戶參與，尤其是允許用戶群代表集結眾多再生能源分散式發電系統，並獲得合理報償。在此情況下，用戶群代表與再生能源分散式系統均可獲得市場之合理誘因。此有助於用戶群代表與再生能源裝置業者獲取更充裕資金，加速其發展。

行政命令	時間	主旨	政策意涵
745	2011/3	<p>要求區域輸電業者 (Regional Transmission Organization, RTO)與獨立系統操作者(Independent System Operator, ISO) , 以區域邊際電價 (locational marginal pricing, LMP)補償因實施需量反應而抑低容量與能量的用戶，作為補償。惟此支付須符合兩要件:(1)電業實施需量反應需平衡需求及供給;(2)該項支付金額必須符合電業實施需量反應之成本效益。同時，RTO 及 ISO 得將該補償金額按比例轉嫁給因實施需量反應而獲益的電力用戶。</p>	<p>提供補償金給參與需量反應而抑低容量的用戶，以鼓勵用戶配合需量反應方案。而當市場上有越來越多的需量反應參與市場負載容量交易時，即表示用戶負載能夠同步追隨發電，協助維持電力供需平衡。惟本行政命令實施後，產生聯邦政府是否有權干預涉及零售市場之需量反應補償方式之爭議。</p>
755	2011/10	<p>針對發電業者可供批發電力市場頻率調整的資源，包括儲能系統與需量反應資源，提出兩部制補償 (two-part payment)。第一部分是做為頻率調整容量補償(capacity payment)的機會成本，也就是針對因提供頻率調整而無法在批發市場競價的機組容量進行補償。第二部分為頻率調整績效補償(payment for performance)，由頻率調整電能數量及其可準確追隨 ISO 調度信號的程度而定。</p>	<p>補償特定發電業者因配合頻率調整的機會成本，同時依其頻率調整電能數量可否準確追隨 ISO 調度信號的程度，給予額外的頻率調整績效補償誘因。這些政策法規經由提高誘因給儲能系統或需量反應業者，鼓勵業者協助確保電網頻率的穩定。</p>

行政命令	時間	主旨	政策意涵
784	2013/7	<p>增進輔助服務市場之競爭性與透明性，並大幅增加儲能系統之應用靈活性。取消原本第755號指令對於儲能市場之僵固價格補償機制，第三方 (third party) 可以市場價格為基礎 (market-based)，提供輔助服務予輸電者，有助於用戶端建置儲能系統之需量反應應用，並可使輔助服務更快速、更精確地提供電能服務。</p>	<p>增進輔助服務市場與儲能市場之競爭性與透明性，使市場更自由化、更有效率。</p>

Supreme Court upholds FERC Order 745, affirming federal role in DR

➤2014年5月，美國哥倫比亞特區聯邦巡迴上訴法院宣布FERC Order 745無效。
理由：躉售市場需量反應機制會影響電力零售價格，而零售價格不屬於FERC管轄權範圍，FERC侵犯了各州對於各自零售市場的管轄權。

➤2016年1月，美國最高法院推翻巡迴上訴法院判決，支持FERC Order 745躉售市場需量反應機制。本案定讞。確立DR市場公平競爭的立足點！

理由：

(1)FERC was **within its authority** under the **Federal Power Act** when it issued Order 745, which **set standards for demand response practices and pricing in wholesale markets** and brought the practice under the agency's jurisdiction.

(2)**Demand response is primarily a wholesale market function** and FERC Order 745 only addresses wholesale market transactions.

英國容量市場因需求面資源未獲合理對待，歐洲法院判定違法(2018/11/15)

- ▶ 潔淨能源服務商Tempus Energy質疑英國容量市場偏袒傳統火力機組，歧視需求端與潔淨能源，歐洲法院(European Court of Justice, ECJ)對Tempus Energy的質疑表示支持，並2018年11月裁決撤銷歐盟委員會可能偏袒火力機組之決定，並建議歐盟委員會應啟動正式調查。
- ▶ 英國目前有兩個月的時間向法院提出上訴，英國商業、能源和產業策略部(BEIS)對判決相當失望，但表示容量市場暫時停擺不太可能對英國電力穩定供應帶來風險，其正與歐盟委員會密切溝通，以儘快恢復容量市場運作。
- ▶ 但暫停容量支付可能造成英國Centrica、RWE、Uniper、SSE等發電公司營收帶來衝擊，其可能會尋求透過批發現貨市場交易，以彌補容量市場損失。
- ▶ 歐洲法院裁決顯示需求面資源與再生能源在新形態電力系統與市場將掀起革命，加大需求面創新將改變電力消費方式，可能迫使英國政府設計一能透過激勵用戶以最經濟的方式消費電力，同時最大限度利用再生能源的電力系統，係該國政府重塑市場、發展儲能、擺脫化石能源、轉向潔淨能源的良好契機。

AIoT:小米基地-智慧家庭

- 2018年，小米基地智慧家庭進入了人工智慧新里程。AI與IoT結合形成**AIoT萬物智慧互聯**。截至2018年第三季，小米IoT消費者物聯網連接設備數已逾1.32億台(不含手機、平板和筆記本電腦)。
- **總價不到3萬元**，「小米基地」即可搬進你家。包括米家智慧家庭組合1組(多功能網關、溫濕度感應器、無線開關、人體感應器、門窗感應器)、**智慧插座 ZigBee** 2個、路由器3個、智慧攝影機1080P 2組、直流變頻電風扇1台、IH電子鍋1台、床頭燈1個、手環3與恆溫電水壺1個、LED智慧檯燈1個、空氣淨化器2S 1台、掃地機器人1台。
- 透過**米家APP**，能夠「即時、雙向、同步」操作各項智慧家電，監控用電情形，未來甚至可以委託小米將各種家電「打包起來」，實施**需量反應**。(結合小米電動折疊自行車)



資料來源：<https://www.inside.com.tw/article/14097-mi-new-family>
<https://buy.mi.com/tw/item/3181200001>

需量反應與智能社區

- 智能社區是指充分利用物聯網、雲端計算、邊緣運算 (edge computing) 等新一代資訊與通信科技技術 (ICT) 的集合應用，為社區居民提供一個安全、舒適、便捷的現代化、智慧化生活環境，從而形成基於訊息數位化、智能化之社會管理與服務的一種新形態社區管理。
- 智能社區包含永續運作理念，以低碳節能、需量反應為主軸，整合能源管理系統、水資源管理、社區管理、社區健康與照護、安全防災，提供客製化之整合性服務之智慧生活服務解決方案。

AI、顧客體驗、需量反應

- 顧客體驗(Customer Experience, CX)成為價值主張(Value Proposition)之圭臬。
- AI能夠迅速掌握顧客體驗、回應顧客體驗，Demand-side Data Analytics成為大數據分析與應用核心領域。
- 需量反應(Demand Response)、用電效率(Energy Efficiency)管理、智慧家電、智慧建築、HEMS、BEMS、CEMS、FEMS...，將隨AI技術演進而加速商業化。

Singapore Power Unveils Blockchain Market for Renewable Energy Trading Oct. 29, 2018

- ▶ **Singapore Power Group**, the country's energy utilities provider, has launched a **blockchain-powered** marketplace for **renewable energy certificates (RECs)**.
- ▶ The platform is "designed and built in-house" and enables organizations to trade in RECs – tradable certificates that represent energy generated from renewable sources such as solar. **Blockchain technology**, it says, bring the platform "**security, integrity** and **traceability** of each REC transaction."
- ▶ "**Through blockchain technology, we enable companies to trade in renewable energy certificates conveniently, seamlessly and securely, helping them achieve greener business operations and meet their sustainability targets,**" said Samuel Tan, chief digital officer at Singapore Power.

縣市的綠能政見在哪？

許志義／亞洲大學管理
講座教授，中興大學合
聘教授（台中市）

九合一選舉迫近，台灣理性選
民愈來愈關注：候選人若當選，
是否能為選民帶來正向經濟動能
？改善環境？提升社會福祉？其
中，除了反空汙之外，綠能發展
策略的相關政見，迄今尚未成為
候選人的政見主軸。

事實上，落實再生能源與循環
經濟，已是先進國家地方首長競
選政見中，不可或缺的一環。例
如舊金山市與柏克萊市的市長積
極推動智慧城市，並已承諾二〇
三〇年再生能源發電比率，高達
一百%！猶他州的鹽湖市預計二
〇三二年、麻州的劍橋市則預計
二〇三五年，達標一百%綠能循
環經濟，包括購買「綠電憑證」
在內。意思是城市首長落實永續
發展精神，代理全體居民善盡地
球公民責任，人人引以為榮。

同時，亦因布建大量分散式在
地綠能，從而降低電力公司發生
突發性緊急事故造成該城市的缺
電風險。當然，也減少了傳統發
電造成的空汙影響。這種創新開
放的多贏政策，那有選民不愛！

目前美國超過八十個城市，均
已設定一百%再生能源發電時程
表，市長或市議會必須規劃綠能
發展如何結合智慧建築、智慧社
區、智慧工廠、智慧交通電動車
及循環經濟之相關配套政策措施

，增加各種智慧型新興產業之年
輕人高薪工作機會。

更引人注目的，加州布朗州長
今年九月十日簽署《州參議院一
百號法案》，規範全加州必須在
「二〇四五年之前」達到一百%
綠能發電與潔淨電能！這就是為
什麼加州（特別是矽谷）能夠吸
引各種能源物聯網，應用於智慧
生活科技創新商機的政策因素。

相較之下，台灣呢？

我們樂見環保團體先前呼籲各
縣市首長參選人應提出具體綠能
發展的政見，並公布三項指標：
是否了解目前所在縣市推動的綠
能及解決方案？是否有鼓勵公民
參與綠能發展的競選政策？是否
有結合民間與地方資源，以推動
綠能發展的競選政見？

城市平台是人類聚匯與沉澱，
進而形成文化與科技特色的據點
；而智慧城市、綠能發展、循環
經濟，則是互為整合加值應用的
新興產業生態系，也是所有城市
領袖們努力追求、競相拚比的關
鍵績效指標。問題是，目標的訂
定容易，如何找出一條可行的技
術道路圖象，進而落實，才是選
民真正關心的重點！

我們已飽受環境汙染的茶害，
縣市首長們責無旁貸，必須確保
下一代的健康無虞；衷心期許縣
市首長候選人，能夠少一點口水
、多一些牛肉，提出具體落實發
展智慧城市的綠能創新政見。

智慧城市再生能源與循環經濟

- 舊金山市與柏克萊市的市長積極推動智慧城市，並已承諾2030年再生能源發電比率，高達100%！猶他州的鹽湖市預計2032年、麻州的劍橋市則預計2035年，達標100%綠能循環經濟，包括購買「綠電憑證」在內，也就是說城市首長落實永續發展精神，代理全體居民善盡地球公民責任，人人引以為榮。
- 因布建大量分散式在地綠能，從而降低電力公司發生突發性緊急事故造成該城市的缺電風險，同時也減少了傳統發電造成的空汙影響。這種創新開放的多贏政策，哪有選民不愛！
- 目前美國超過八十個城市，均已設定100%再生能源發電時程表，市長或市議會必須規劃綠能發展如何結合智慧建築、智慧社區、智慧工廠、智慧交通電動車及循環經濟之相關配套政策措施，提供各種智慧型新興產業之年輕人高薪工作機會。

100% Renewable Default Option Study for EBCE Communities

- East Bay Community Energy, also known as EBCE, is the new local electricity supplier in Alameda County*.
- EBCE will provide cleaner, greener energy at lower rates to our customers.
- **EBCE will reinvest earnings back into the community to create local green energy jobs, local programs, and clean power projects.**
- **EBCE member cities include Albany, Berkeley, Dublin, Emeryville, Fremont, Hayward, Livermore, Oakland, Piedmont, San Leandro, and Union City.**

EBCE Demand Response Program

➤ **EBCE Demand Response Pilot program** is an optional rate that offers businesses an opportunity to receive a rebate in exchange for responding to price signals during up to **15 Peak Pricing Event Days per year**, typically occurring on the hottest days of the summer.

➤ **Rate protection**

Customers participating in this program will benefit from rate protection. At the end of the summer season, EBCE will calculate the discounts and surcharges for each customer enrolled in the pilot. If the sum of all credits and surcharges is in the customer favor, EBCE will issue a credit to the customer. **If the sum of all credits and surcharges is not in the customer favor, the customer will not receive any bill adjustments or be required to pay any additional charges.**

➤ **Discounts & surcharges**

Customer summer monthly demand charges will be reduced by the kW credit amount in exchange for accruing the kWh surcharge during “super-peak” hours on event days, but the balancing of these credits and charges will be done in November with rate protection. The credits and charges shown are identical to those offered by PG&E for 2018.

Discounts and Surcharges

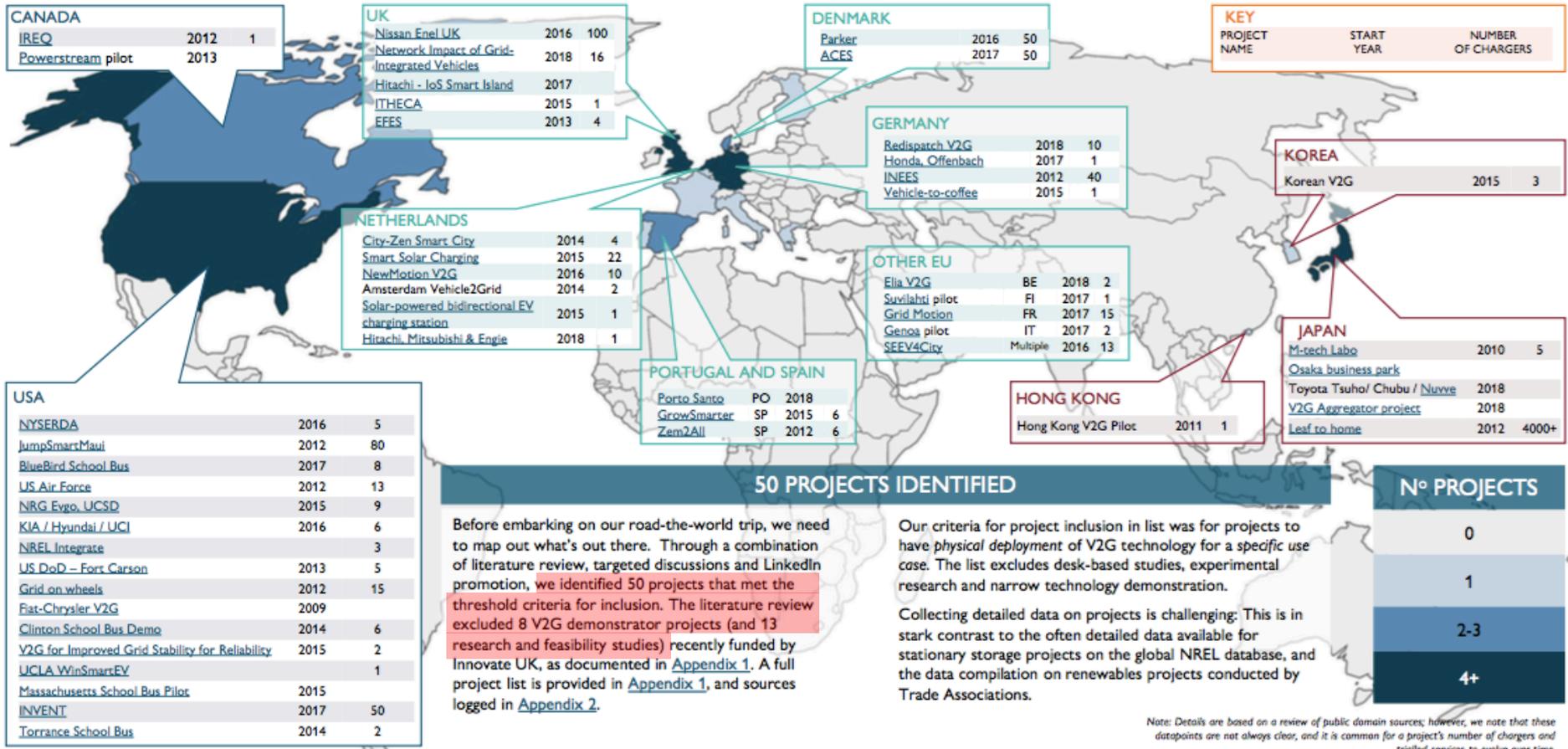
Rate Schedule	Event Surcharge (\$ /kWh)	Peak kW Credit (\$/kW)	Part Peak kW Credit (\$/kW)
E19P	\$1.2	\$5.66	\$1.38
E19S	\$1.2	\$5.82	\$1.44
E19T	\$1.2	\$4.20	\$1.05
E20P	\$1.2	\$6.22	\$1.47
E20S	\$1.2	\$5.69	\$1.40
E20T	\$1.2	\$5.95	\$1.42

Prospective Power Content Label

Electric Power Generation Mix*

Specific Purchases		PG&E Solar Choice	East Bay Community Energy	
			Bright Choice	Brilliant 100
	Percent of Total Retail Sales (MWh)			
Renewable	33%	100%	38%	40%
• Biomass & Biowaste	4%	0%	0%	0%
• Geothermal	5%	0%	0%	0%
• Eligible Hydroelectric	3%	0%	0%	0%
• Solar Electric	13%	100%	19%	20%
• Wind	8%	0%	19%	20%
Coal	0%	0%	0%	0%
Large Hydroelectric	18%	0%	24%	60%
Natural Gas	20%	0%	0%	0%
Nuclear	27%	0%	0%	0%
Other	0%	0%	0%	0%
Unspecified Sources of Power**	2%	0%	38%	0%
TOTAL	100%	100%	100%	100%

At least 50 Vehicle to Grid Related Projects

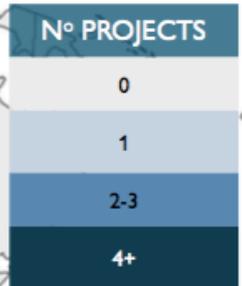


50 PROJECTS IDENTIFIED

Before embarking on our road-the-world trip, we need to map out what's out there. Through a combination of literature review, targeted discussions and LinkedIn promotion, we identified 50 projects that met the threshold criteria for inclusion. The literature review excluded 8 V2G demonstrator projects (and 13 research and feasibility studies) recently funded by Innovate UK, as documented in [Appendix 1](#). A full project list is provided in [Appendix 1](#), and sources logged in [Appendix 2](#).

Our criteria for project inclusion in list was for projects to have physical deployment of V2G technology for a specific use case. The list excludes desk-based studies, experimental research and narrow technology demonstration.

Collecting detailed data on projects is challenging: This is in stark contrast to the often detailed data available for stationary storage projects on the global NREL database, and the data compilation on renewables projects conducted by Trade Associations.



Note: Details are based on a review of public domain sources; however, we note that these datapoints are not always clear, and it is common for a project's number of chargers and trialled services to evolve over time.

2G: GLOBAL ROADTRIP

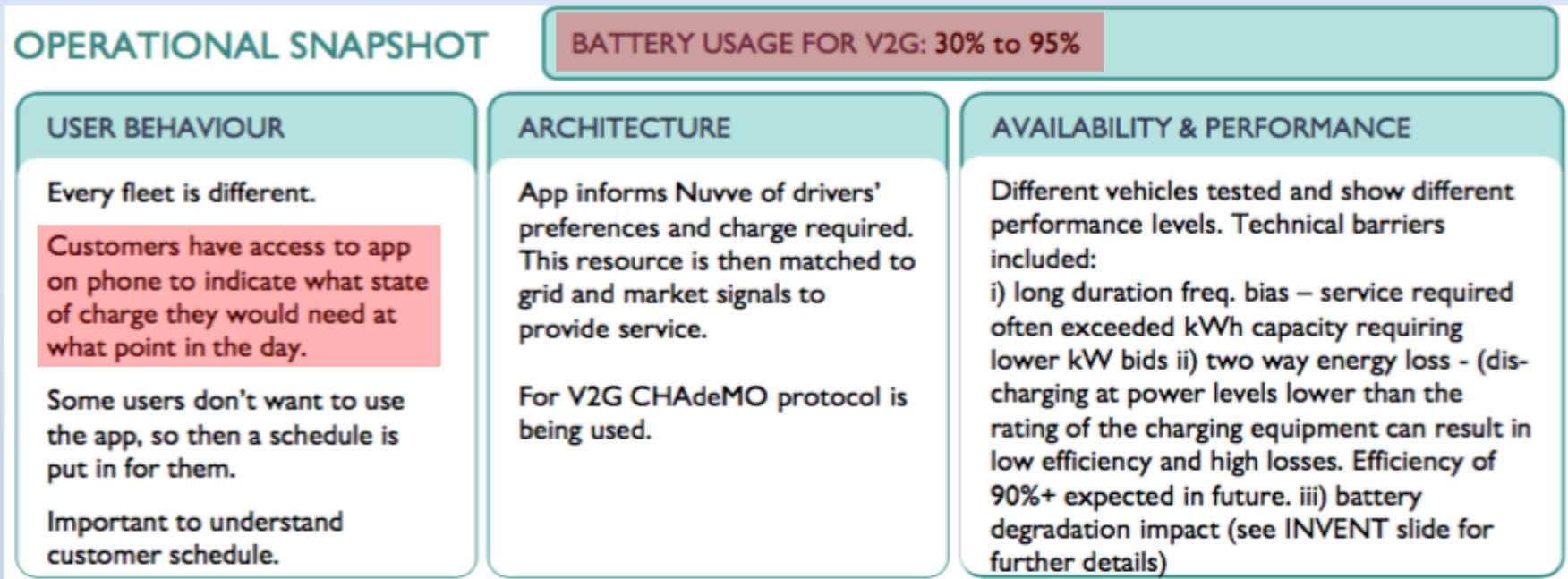
V2G (Vehicle to Grid) : Department of Defense, U.S. Air Force Base, California

- Background: The DoD used **42 electric vehicles with 15 kW capability** on a military base in California.
- ISO: CAISO Participated in **frequency regulation** selling power services at a **4 second time interval**.
- **Focused on capacity-based services**: spinning and non-spinning reserves and **frequency regulation (regulation up and regulation down)** as well as peak power shaving.
- Key results:
 - **CAISO would be able to support only 10–15 thousand PEVs with no other market participants, if vehicles are hoping to make \$100 per month.**
 - **The most CAISO regulation up and regulation down market income a PEV with 15 kW bidirectional V2G capability can expect lies between \$102 and \$122 per month, depending on the vehicle's availability, state of charge. *These numbers do not consider the costs of bidding into the markets.***

Vehicle to Grid :

Project Parker in Denmark

- Landmark commercial deployment of V2G in Danish **frequency response market** – engaging multiple fleets, vehicles & locations.



台灣各縣市已掛牌之電動大客車統計

縣市別	掛牌車輛數	實際運行車輛	備註
台北市	12	12	
新北市	2	0	2輛因電池問題維修中。(交通部補助)
桃園市	56	45	11輛因電池續航力不佳及故障維修中。
臺中市	81	81	
臺南市	9	9	
高雄市	84	84	
雲林縣	6	6	
苗栗縣	6	6	4輛為公路客運;2輛行駛臺中市市區客運
嘉義縣	8	8	
屏東縣	5	5	
宜蘭縣	3	3	
花蓮縣	16	16	
新竹市	29	11	18輛因電池衰退，車商立凱退出臺灣市場,且不同電動車商電池型號規格不一，難以繼續營運現停駛中。
金門縣	12	12	
合計	317	286	

三、結語

太陽能與風力發電間歇性問題

- 再生能源屬於開放系統，
- 涉及跨領域多元利害關係人，
- 發電間歇性問題，必須由再生能源以外的部門(利害關係人)，加以解決。
- AI導入創新，促進異業結盟，跨領域跨部門合作，實踐範疇經濟與循環經濟。

AI→ Renewables+DR+EV+Cogen...

偶然？ 必然？！

(過渡期仍有賴複循環、氣渦輪、傳統基載發電機組、
抽蓄水力，相互搭配，既競爭又合作coopetition)



人類與電腦，應合作而非競爭

善用人工智慧， 發揮範疇經濟價值

許志義（亞洲大學講座教授、國立中興大學特聘教授）

暢銷著作《人類大歷史》作者，以色列歷史學家哈拉瑞曾在 TED 演講中指出：人類之所以能從野獸變成地球霸主，關鍵在於人類群體能「大規模」且「彈性」的合作。其中彈性合作尤其重要，讓人類能建立複雜的各種組織，創造其他物種無法企及的巨大效益。值得注意的是，「大規模」與「彈性」合作的特質，剛好也呼應了經濟學的規模經濟與範疇經濟。而複雜的組織形態，是在通貨（貨幣）市場下形成的各式各樣廠商、非營利組織及政府。

一般而言，規模經濟較單純，重點是「複製」。在一定範圍內，均可達成規模經濟。此過程中，所需的技術與生產要素大致相同，惟需加倍投入資金成本與專心經營。這是過去相對普及的營運模式，也是台灣製造業的強項。

範疇經濟則較具挑戰性。這

時隨產品或服務的多樣化，需藉由跨領域整合能力，才能提升各種資源的「綜效」，擴大經濟收益。簡言之，若缺乏跨系統、跨領域的精密協作，既無法達成綜效，彈性合作也無法實現，因此，範疇經濟在過往通常不如規模經濟普遍。

然而，當前人工智慧的電腦系統處理大規模且彈性協作的能力，正快速超越人類。只要運用合適的晶片與軟體，再加上大數據，就能跨領域、跨系統協同生產。不像人類因個體條件差異或資訊處理能力不一，會影響分工合作的效率，例如傳統製鞋工序繁複，但現在可用電腦以類似縫紉的方式，一體成形生產「針織鞋」，大幅提升品質和效率，降低人工成本。

而其他產業，若能借助人工智慧重新規畫生產線，能將許多過去無法處理的廢物或廢料，再加以利用，甚至在「範疇經濟」

的效益上，再增加當前世界潮流的「循環經濟」效益。

以電力系統為例，過去主流的核能、燃煤、燃油，都是以線性的封閉系統供應鏈來拓展規模經濟；但當前重點發展方向，則是以太陽能、風力發電等開放系統下的再生能源，結合電動車輛、智慧建築、智慧社區城市的生活系統，強調範疇經濟彈性與韌性為核心價值的電力經濟發展形態。

總之，過去人類的合作能力雖然勝過所有其他生物，但是比起電腦系統，人類顯然不具競爭優勢。當前的產業策略是善用更大規模、更有彈性的電腦系統與人工智慧，追求整合性、跨領域、跨系統的創新，取代過去傳統的規模經濟思維，發揮範疇經濟「彈性」的主流價值。 ▽

版權所有，請勿影印重製，若需購買單篇文章，請上本刊網站。

感謝您的聆聽
懇請不吝指教