

V2G應用案例與 運輸電氣化對電力系統影響

郭瑾璋

108.04.17

報告大綱

■ V2G概念

■ 國際V2G應用案例

- 美日合作電動車暨電網計畫(JumpSmartMAUI)
- 丹麥車輛到電網V2G實驗計畫(Parker Project)

■ 歐盟運輸電氣化對電力系統影響評估

■ 結論與建議

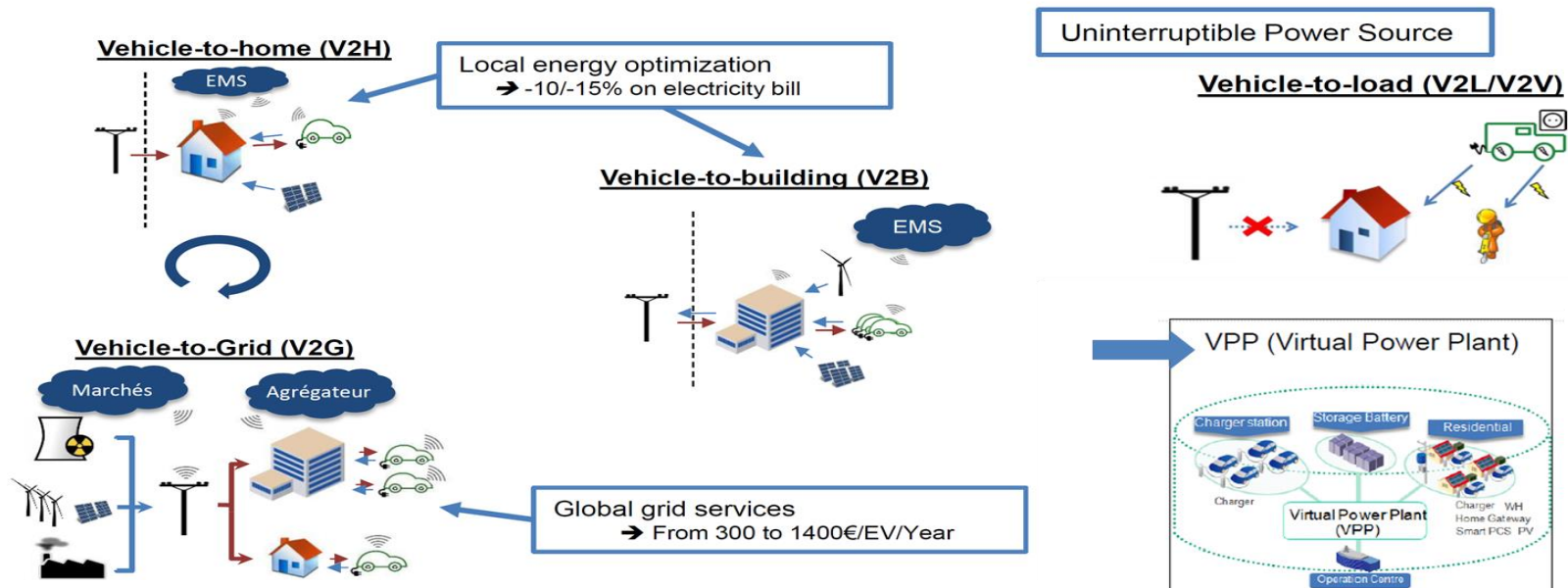
V2X概念(from V2L to V2G and VPP)

1. V2X：將EV視作**儲能設備**，可**協調**、可**雙向控制**車載電池與設備/電網間的能源傳輸，並維持有效且可信賴的操作。

■ Behind-the-Meter應用：V2L、V2H、V2B

■ Grid應用：V2G、VPP

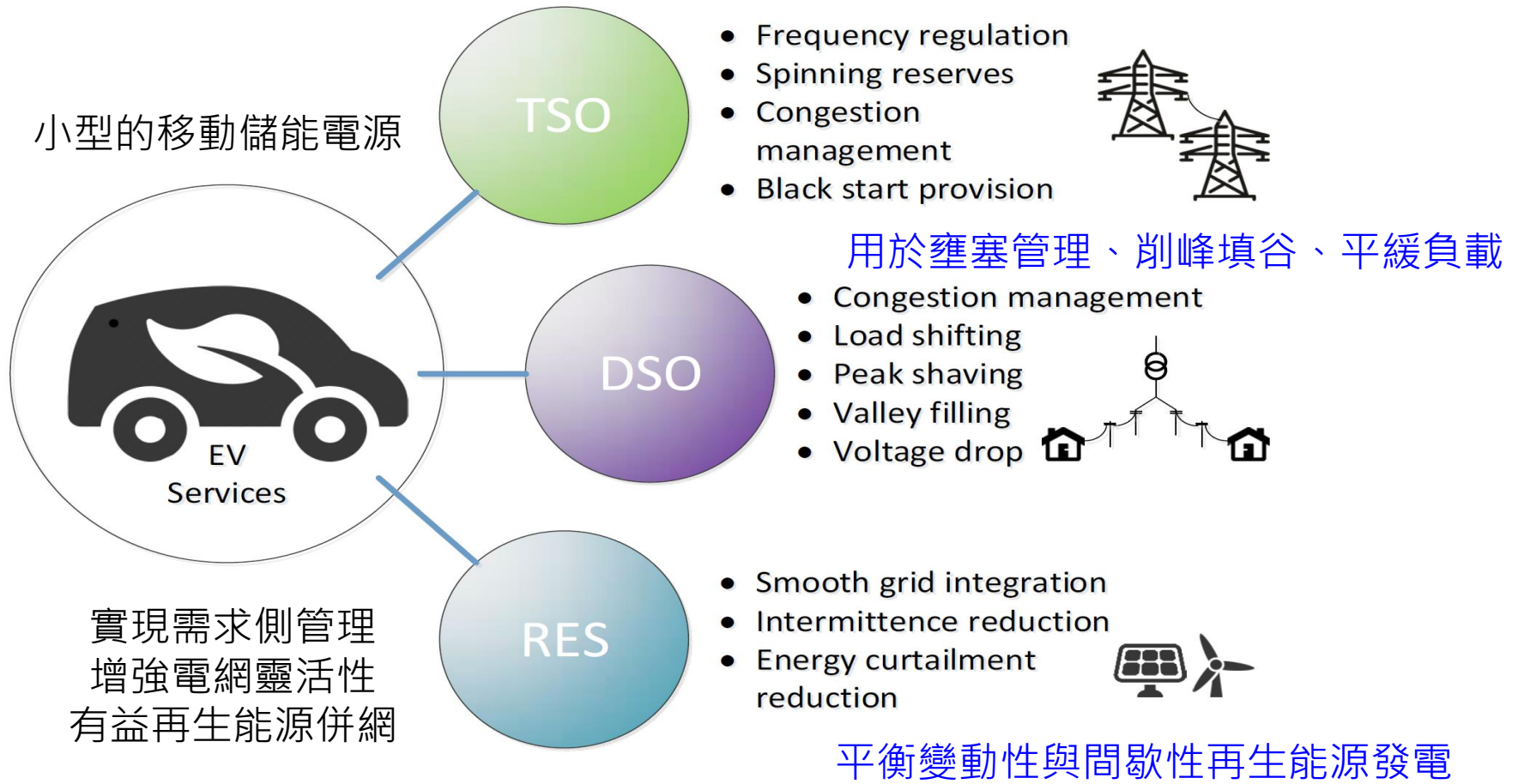
2. V2G原理：以V2G方式充電(安裝雙向電流器)，透過提供電力容量、回送電能與提供電網調頻服務等創造價值，或藉由車載電池儲能減少尖峰用電，節省成本；同時利用能源管理系統進行旅運規劃與充電規劃，滿足所需的運輸。



資料來源：PSA Group(2018), SMART CHARGING AND DISCHARGING OF EVs - VEHICLE-GRID INTEGRATION SUMMIT NEDO (2017). Case studies of resources aggregation, V2G and others

V2G 在電力系統之應用

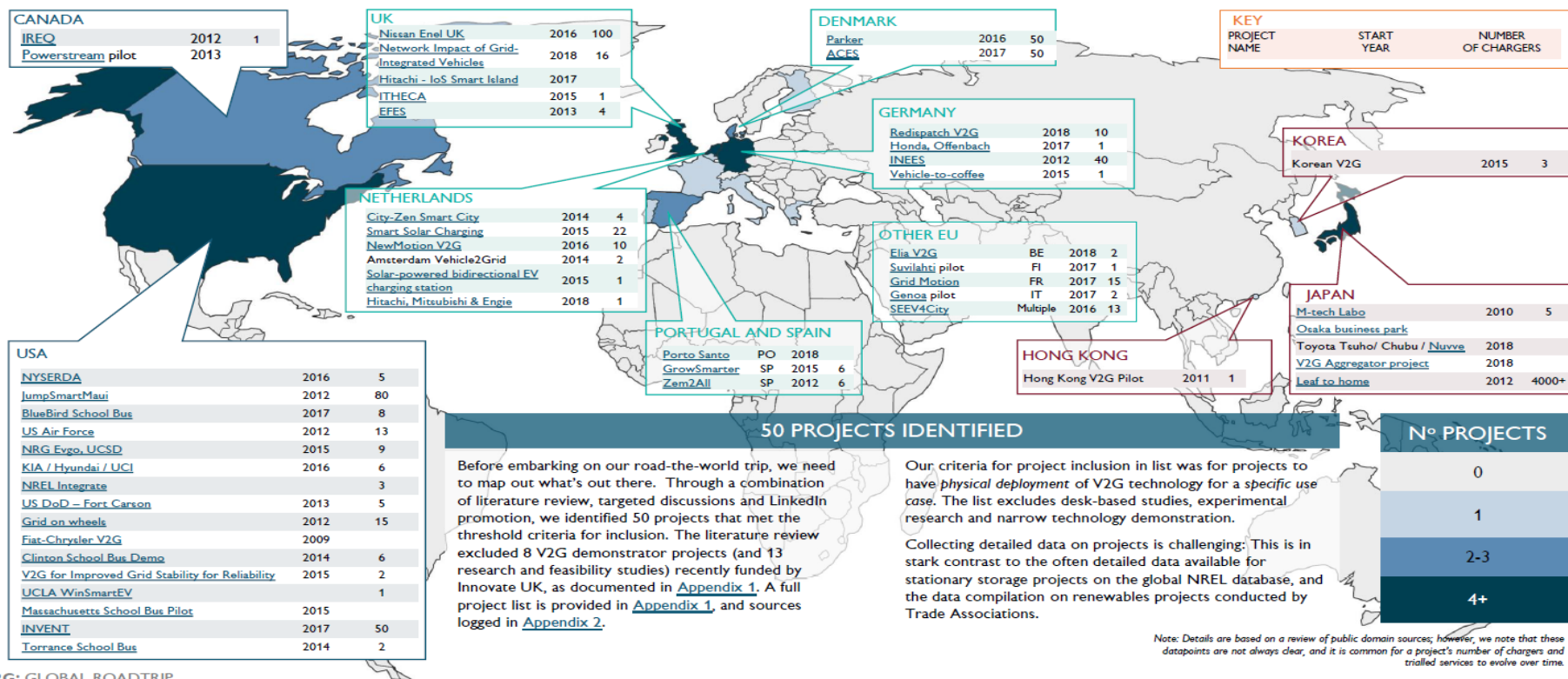
提供電壓與調頻等電網管理、備轉容量、壅塞管理



資料來源：DTU Elektro (2018), How Will V2G Play a Role on Distribution System Level

全球V2G示範計畫(1)

- 英國電力網絡與英國創新公司共同委託對V2G技術進行全球盤點
- 全球約有50個V2G計畫，其中**25個在歐洲(50%)**、**18個在北美(36%)**、**7個在亞洲(14%)**。在歐洲以北歐荷蘭、丹麥、英國與德國為主，北美主要是在加州、夏威夷與德拉瓦州。亞洲參與的計畫主要集中在V2H/V2B服務，且多側重在與製造商合作。
- 2015年前計畫多集中在技術可行性的驗證，2016年以後則逐漸探索商業化模式與價值



V2G: GLOBAL ROADTRIP

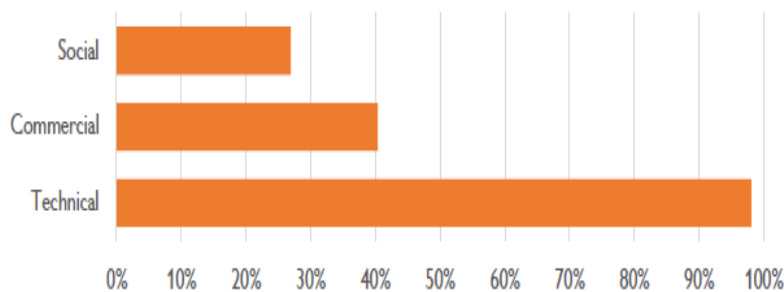
資料來源：everoze (2018), V2G Global Roadtrip : Around the World in 50 Projects .

全球V2G示範計畫(2)

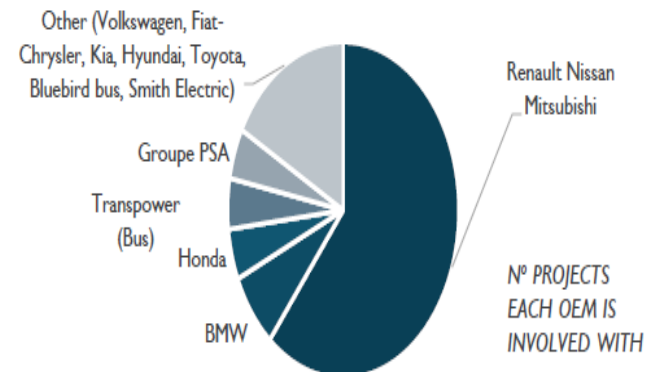
- 幾乎所有的計畫都包括**技術項目(98%)**，少數聚焦在**社會面議題(27%)**，反映發展初期主要面臨的是技術問題，但未來將更關注用戶行為。
- 參與V2G計畫的汽車製造商計12家，但**雷諾-日產-三菱聯盟(Renault-Nissan-Mitsubishi)**占主導地位，主因是日本福島核災事件刺激日本OEM廠商與市場參與者更積極發展V2G，也導致**CHAdeMO充電協議**的發展，為大規模的佈建奠定基礎。
- 迄今為止，V2G充電以**DC充電**佔據主導地位，93%的計畫採用直流充電器。然而，未來幾年預計會有更多AC兼容車輛對AC仍保有很大的興趣。

SOCIAL ISSUES OFTEN OVERLOOKED

PROJECT FOCUS – MULTIPLE SELECTIONS PERMITTED



RENAULT NISSAN MITSUBISHI DOMINATE MARKET



資料來源：everoze (2018), V2G Global Roadtrip : Around the World in 50 Projects .

全球V2G示範計畫(3)

- V2G提供的各項服務中，由於**負載移轉**與**頻率反應**創造的效益較高而成為主要發展領域。
- 全球V2G計畫中提供DSO服務相對不足，反映DSO服務相對其他服務的成熟度仍不足。

SERVICE	# OF PROJECTS GLOBALLY*	SERVICE READINESS LEVEL (SRL**)					
		1. RESEARCHED	2. TESTING	3. PROVEN	4. COMMERCIAL ANYWHERE	5. COMMERCIAL (SIMILAR UK)	6. COMMERCIAL COMPETITION
ARBITRAGE	4	FRANCE, DENMARK	NL				
RESERVE	2	FRANCE					
FREQ RESP.	16	FRANCE	NL	USA		DENMARK	Expected in UK shortly
DSO SERVICES	10	DENMARK	UK, NL, (DE)	US	Expected in US 18/19		
TIME SHIFTING***	23		KOREA	USA, UK	JAPAN (Expected in US 18/19)		Expected in UK shortly

資料來源：everoze (2018), V2G Global Roadtrip : Around the World in 50 Projects .

全球V2G示範計畫(4)



2012-16

JUMPSMARTMAUI

Deployed 80 V2H chargers which demonstrated discharge in response to grid signals over the 6-9pm peak period, thereby helping manage distribution system loads and frequency events.

The project was part of major broader smart grid project seeking to integrate renewable energy, electric vehicles, energy storage, and controllable loads in Maui, Hawaii.

PARTNERS

HITACHI	Lead
NEDO	Funder
Mizuho Corporate Bank and Cyber Defense Institute, the State of Hawaii; the County of Maui; Maui Electric Company and Hawaiian Electric Company; Hawaii Natural Energy Institute; Maui Economic Development Board, Inc.; University of Hawaii Maui College	

PROJECT FOCUS

1. TECHNICAL
2. SOCIAL
3. COMMERCIAL

PROJECT VALUE *Unknown*

SERVICE PROVISION

BENEFICIARY	DSO/TSO (same organisation on Maui)	DSO/TSO (same organisation on Maui)
SERVICE	Peak reduction	Frequency response*
V2G?	Yes through peak reduction at homes	Yes through peak reduction at homes
WHEN TO ACT	Forecast based on system req.	Change in frequency
TRIGGERING ACTION	Backoffice control signal	Control signal from DSO
RESPONSE SPEED	< 4 secs	< 4 secs
DURATION OF SERVICE	3 hours (6-9pm)	2 hours
STATUS	Proven	Proven

*Service provided in the demonstration project led by Hawaiian Electric that followed JUMPSMARTmaui

READINESS LEVEL

SERVICE	3 (in trial)	3 (in trial)
TECHNOLOGY	9	Commercially available
MARKET	M>H	At time of trial, active demand response market, although limited to I&C. Now revised to allow access by broader range including V2H. Interconnection standards were challenging – now revised to UL certification

“We delivered V2G at scale...from real world families we had no control over”

- Project representative, Hitachi

PROJECT WEBPAGE

CUSTOMER SNAPSHOT

PLUG-IN TIME

SEGMENT	INDIVIDUAL	CHARGING LOCATION	HOME	Lowest average SoC was at 7pm but even then half of vehicles had 70% or more SoC.
CHARGE POINT	6kW Hitachi DC	VEHICLE	Nissan LEAF 80 cars	
CUSTOMER OFFER	Free charger provided, with no other economic incentive. Participants involved due to environmental or community interest reasons			Lack of incentive to plug in may have reduced how often people plugged in when they got home, particularly when they could charge using the public fast charging stations. Complicated to get new users interested. Significant and targeted recruitment campaign, with jargon free branding, marketing material and one to one visits

OPERATIONAL SNAPSHOT

BATTERY USAGE FOR V2G: 30-95%

<h4>USER BEHAVIOUR</h4> <p>80 families using the vehicles 'normally', typically plugging in on return from work. This meant limited diversity and restricted when V2G could be provided. Families often used other DC fast chargers, which meant only plugged in on average every other day. Trial ran in 2013-2014 with V1G which made easier to introduce V2G as good data on driving patterns had already been recorded.</p>	<h4>ARCHITECTURE</h4> <p>Energy control via autonomous, decentralized system. Hitachi developed integrated Demand Management System (DMS), with localised autonomous DMS. EV charging utilised these DMS with EV Control Centre to create a charging schedule so as to fill up the gap between the estimated power generated by renewable energy and load of the next day. It then takes account of each EV's connection status to the normal charger and the desired charge end time to instruct the charge start time to each EV. ChaDeMo protocol used.</p>	<h4>AVAILABILITY & PERFORMANCE</h4> <p>Export limited to 1kW, although 6kW modelled. Interconnection standards were onerous and Hawaii specific. (These have now been replaced with US-wide UL certificate which is helpful). Forecast of vehicle behaviour in aggregate was challenging. Hawaiian electric have now revised demand response programme. V2G not directly included but V2H as a form of DR will be eligible. Bidding underway for delivery late 18/19. EVs are very fast and flexible and when combined with other resources can be very valuable to grid.</p>
---	--	---

資料來源：everoze (2018), V2G Global Roadtrip : Around the World in 50 Projects .

全球V2G示範計畫(5)



2016-18

PARKER

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

Project sought to test ability of electric vehicles to provide grid services using real world fleets. Identified and addressed barriers to commercialisation. Compared capability of different cars. Follows from Edison and Nikola projects. Linked to ACES project on Bornholm.

PARTNERS

DTU ElektrolPowerLabDK (Project lead), NUVVE (Aggregator), Nissan, Groupe PSA, Mitsubishi Motors (CarOEMs), Inero (Other), Frederiksberg Forsyning (Host and Fleet), Enel (Charger), Mitsubishi Corp (Tech)

PROJECT FOCUS

1. COMMERCIAL
2. TECHNICAL
3. SOCIAL

PROJECTS VALUE DKK 14,731,471 (financed by ForskEL)

SERVICE PROVISION

BENEFICIARY	TSO	DSO	TPI
SERVICE	Frequency containment	Constraint management	Trading on day-ahead / intraday
V2G?	V2G	V2G	V2G
WHEN TO ACT	Pre-fault	Post-fault	Price differential
TRIGGERING ACTION	Grid frequency	Backoffice control signal	Bid / offer accepted
RESPONSE SPEED	< 10 seconds	< 3-5 minutes	< 15 minutes
DURATION OF SERVICE	Up to 30 mins	1-4 hours	15 min blocks
STATUS	Proven	Researched	Researched

READINESS LEVEL

SERVICE	5	1	1
TECHNOLOGY	9	Commercially available	
MARKET	<p>Main Daily Market is FCR-N in DK2. Project accessed market through Energinet participation, & now have commercial contracts with customers. Key regulatory barriers identified include i) grid connection pre-qualification process poorly defined for this asset, particularly given likelihood of different cars & chargers and need to assess performance at aggregated level ii) high cost of settlement meters iii) high energy tariffs and taxes, including double counting</p>		

“We are celebrating our second full year of providing frequency response to the Danish TSO”

- Marc Trahand, nuve

PROJECT WEBPAGE

CUSTOMER SNAPSHOT		PLUG-IN TIME	0hrs	24hrs
SEGMENT	COMMERCIAL	CHARGING LOCATION	WORK (UTILITY)	24/7 service provided to Energinet. Utility vehicles used by Frederiksberg Forsyning during day and parked overnight and weekends. Other locations include municipalities, commercial companies and ports.
CHARGE POINT	50 units ENEL 10kW DC charger	VEHICLE	Nissan LEAF 30kWh, 10x Nissan E-NV200 24 kWh & Mitsubishi Outlander 12kWh	
CUSTOMER OFFER	Monthly fee which includes charger			Mobility-as-service offer – a fee per month which provides charger and maintenance and tools to manage charging. V2G is used to reduce charging cost for consumers, with FR revenues reducing costs paid. Roll out limited by high taxes on EVs (no. of EVS went down in Denmark in 2017)

OPERATIONAL SNAPSHOT

BATTERY USAGE FOR V2G: 30% to 95%

USER BEHAVIOUR

Every fleet is different. Customers have access to app on phone to indicate what state of charge they would need at what point in the day. Some users don't want to use the app, so then a schedule is put in for them. Important to understand customer schedule.

ARCHITECTURE

App informs Nuve of drivers' preferences and charge required. This resource is then matched to grid and market signals to provide service. For V2G CHAdeMO protocol is being used.

AVAILABILITY & PERFORMANCE

Different vehicles tested and show different performance levels. Technical barriers included: i) long duration freq. bias – service required often exceeded kWh capacity requiring lower kW bids ii) two way energy loss - (discharging at power levels lower than the rating of the charging equipment can result in low efficiency and high losses. Efficiency of 90%+ expected in future. iii) battery degradation impact (see INVENT slide for further details)

資料來源：everoze (2018), V2G Global Roadtrip : Around the World in 50 Projects .

報告大綱

■ V2G概念

■ 國際V2G應用案例

- 美日合作電動車暨電網計畫(JumpSmartMAUI)
- 丹麥車輛到電網V2G計畫(Parker Project)

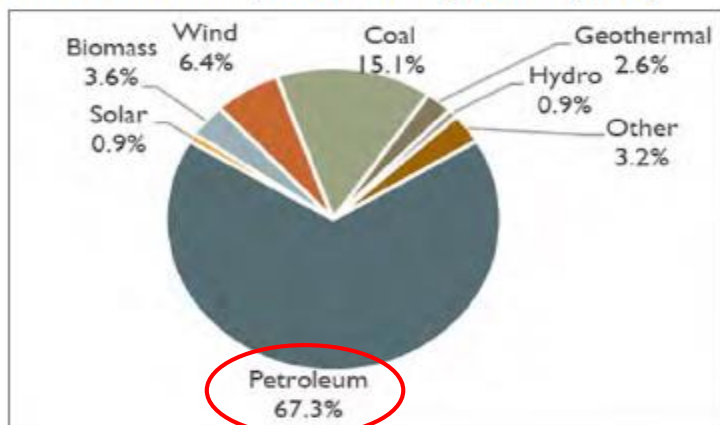
■ 歐盟運輸電氣化對電力系統影響評估

■ 結論與建議

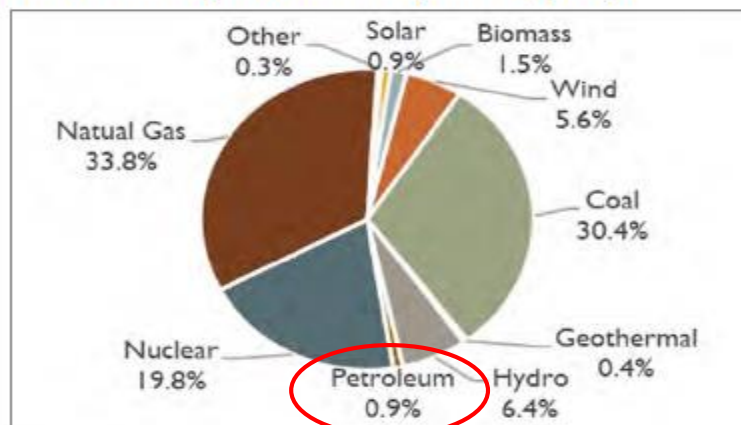
夏威夷能源現況

1. 夏威夷自產資源少，是美國最仰賴化石燃料的州，以**石油產品**為主。
2. 石油消費中以**運輸為主(63%)**，其次為**發電用(25%)**，過往電價與油價趨勢相同。
3. 夏威夷電價為**全美第1高**，高於全美平均電價2~3倍。

Hawaii Electricity Production by Source (2015)

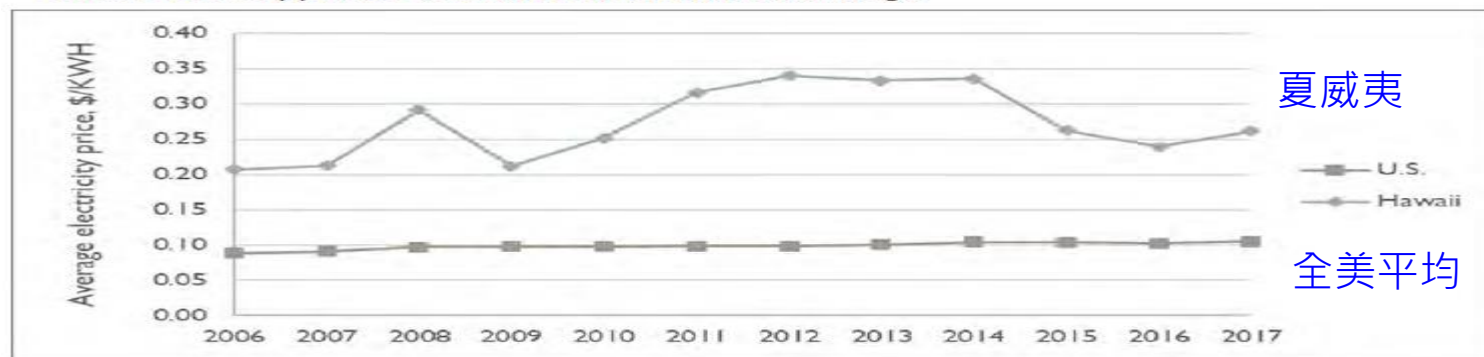


U.S. Electricity Production by Source (2015)



ELECTRIC UTILITIES

Hawaii's electricity prices are more than double the U.S. average.



資料來源：Hawaii State Energy Office (2018), Hawaii Energy Facts & Facts .

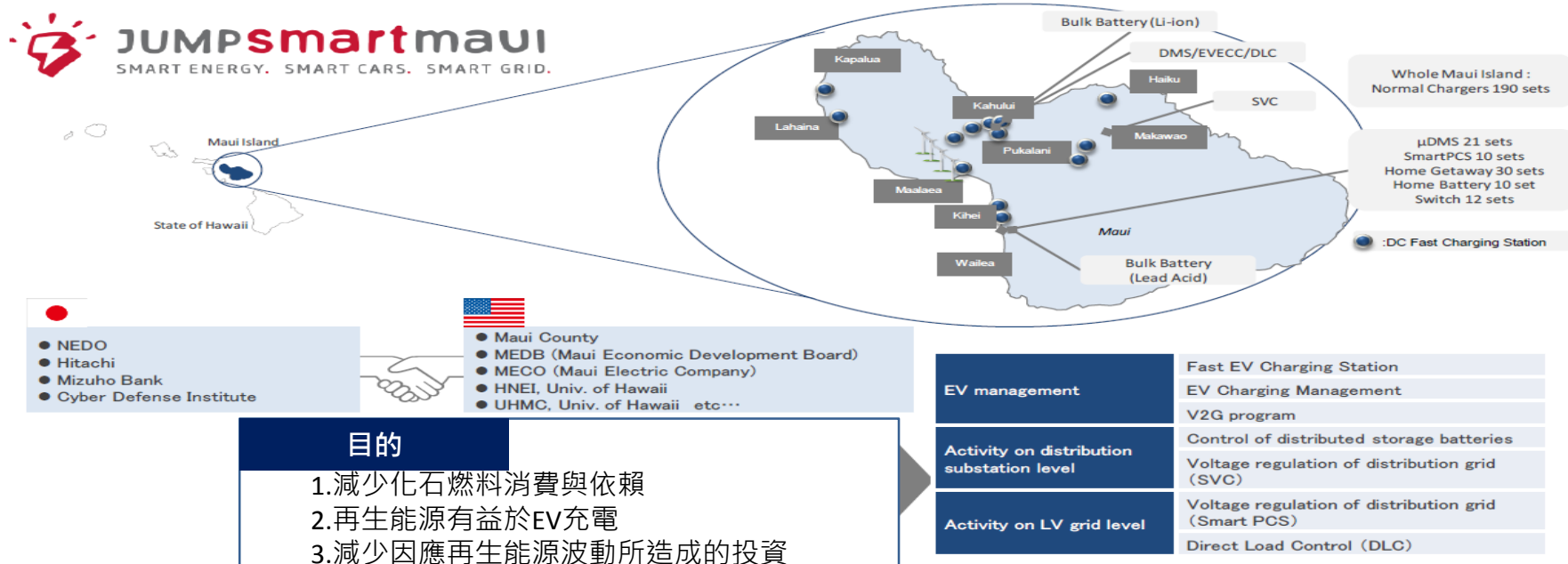
夏威夷能源政策

1. 為減少對化石燃料的依賴，夏威夷積極推動能源轉型。
2. 夏威夷州2008年提出**清潔能源倡議**(Clean Energy Initiative)，訂出2030年前達到70%再生能源使用目標，並在2009年正式成立**再生能源配比制度(RPS)**。
 - RPS目標設定2015年15%、2020年25%、2030年40%。
 - 2015年法案House 623 (HB 623) 設定更積極的目標，即2040年達到70%的RPS，2045年達100%。此為全美第一個通過100%使用再生能源供電法案的州政府。
3. 為使夏威夷在島嶼環境中，藉由智慧電網科技更有效率使用再生能源，2011年由**日本「新能源與產業技術綜和開發機構，NEDO」**出資，與**茂宜郡(Maui)**合作，進行JUMPSmartMaui智慧電網示範計畫，研究太陽能、風力和電動車的能源整合應用。

JUMPSmartMaui (JSM計畫)

(A Japan-US Smart Grid Demonstration Project)

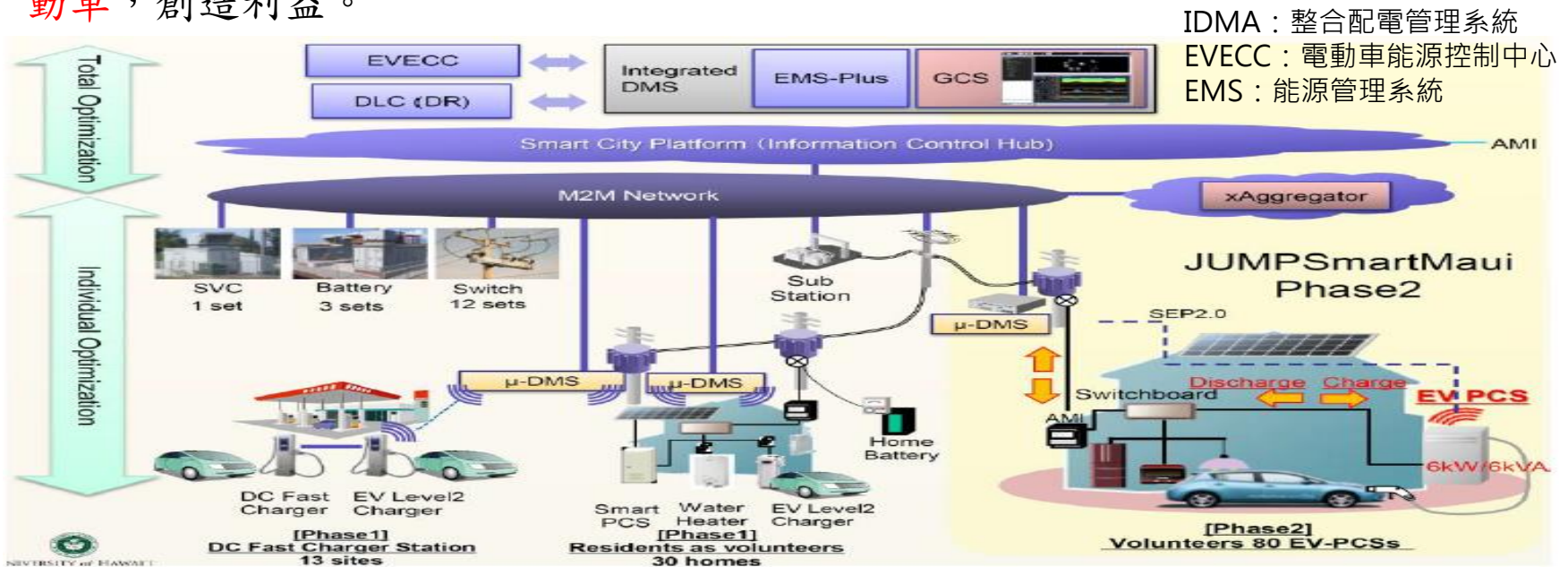
- JUMPSmartMaui計畫(JSM)於2011年6月啟動，實證地為茂宜島。由NEDO贊助，參與機構包括日立(Hitachi)、瑞穗銀行、專責網路安全的Cyber Defense研究所、夏威夷州政府、茂宜島經濟發展局、夏威夷電力公司、夏威夷自然能源研究機構(HNEI)及當地大學。
- 茂宜島是夏威夷第二大島，2016年負載約90~200MW，風力與太陽光電裝置量為193MW。隨再生能源增加再生能源，造成剩餘電量增加問題、再生能源對系統頻率影響及線路電壓影響等難題。JMS計畫目標是創立一個機制，將智慧電網、再生能源和全電動車解決方案融入，使電網穩定，最大限度利用再生能源。



JUMPSmartMaui 計畫

JSM示範計畫大致分為兩個階段，其中包括三個EV相關計畫「快速充電站計畫」、「充電管理計畫」、「V2G計畫」：

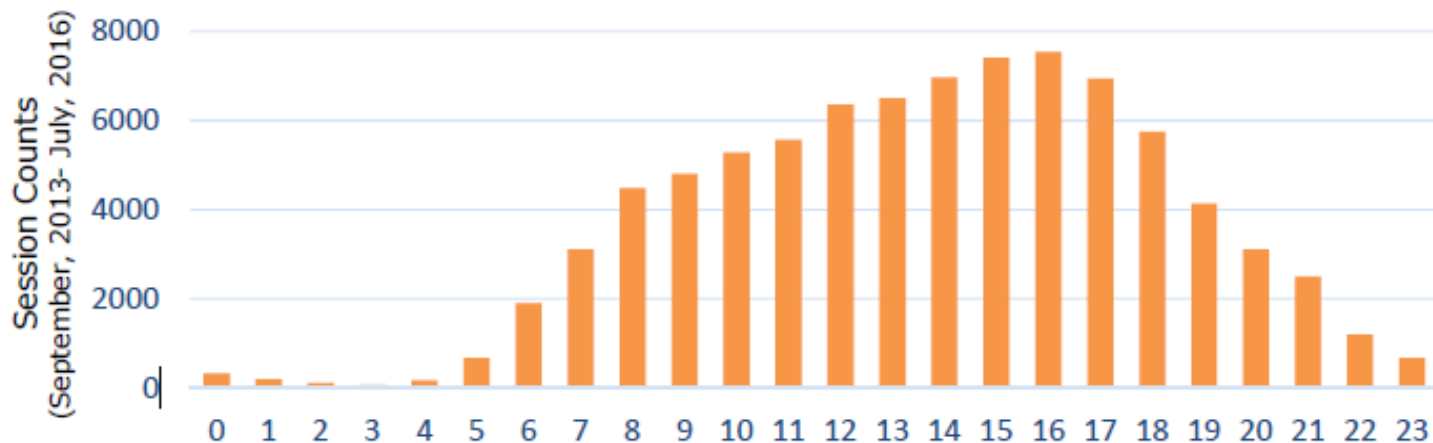
1. Phase 1 (2011.10~2015.03)：招募超過200名電動車所有者，要求參與者需擁有或租賃日產LEAF車，並於家中或辦公室安裝標準充電站(level 2)、智慧能源監測裝置。並在茂宜設置13個快速充電站，此階段主要在蒐集數據，以評估如何整合再生能源，對電網產生貢獻。
2. Phase 2 (2015.04~2017.02)：募集80位參與者於住宅安裝Hitachi開發的EV-Power Conditioning System (EV-PCS)，由EV-PCS為電動車充電，也將電力釋放到家庭、企業或茂宜電力公司，以回應電網需求。此階段目標為整合、管理電網內再生能源與電動車，創造利益。



JSM 快速充電站設置計畫

- 1.快速充電站設置計畫：促進電動車普及的重要因素是發展EV基礎建設。JMS計畫為使參與者可使用快速充電站充電，在民眾聚集地如購物中心和公共設施設置13個DC充電站。
- 2.圖顯示2013年9月21日開始三年內快速充電站充電次數。DC快充增加日間對電力的需求，然若無快充設備，可以預期這些電力需求將因用戶僅能在家充電，而移轉至傍晚尖峰負載時段。

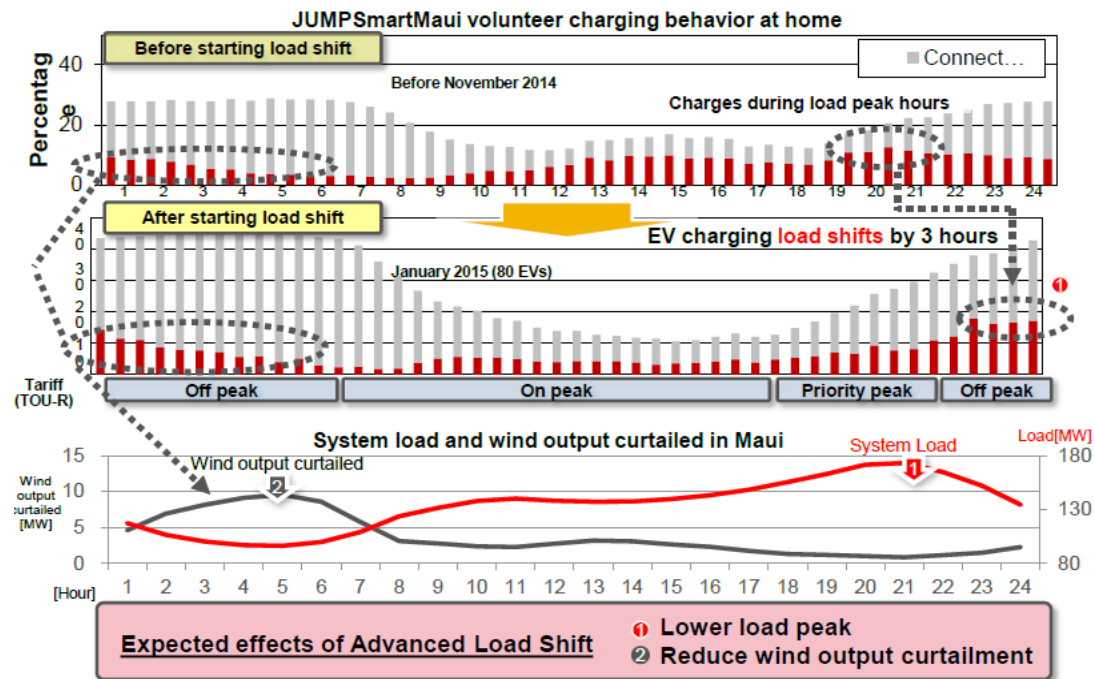
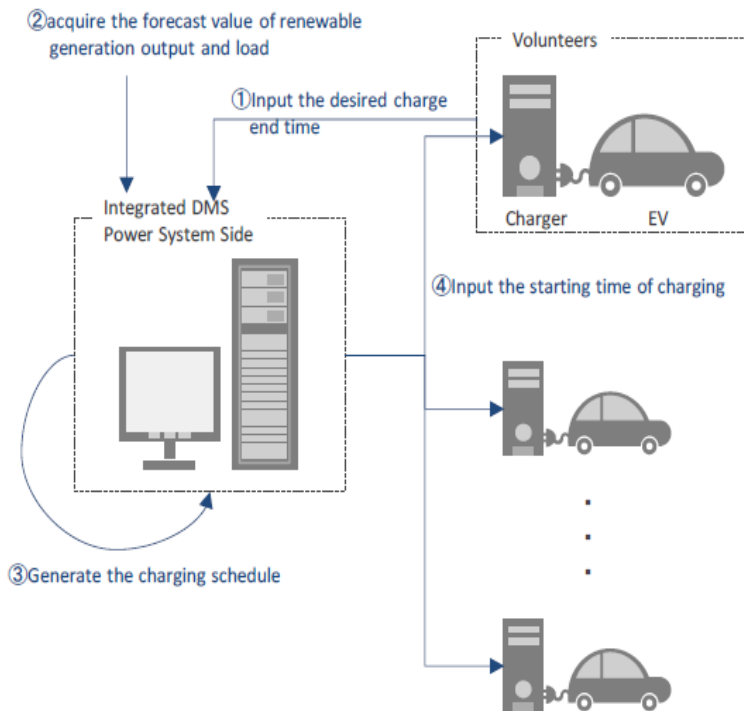
DC Fast Charger usage during the demonstration PJ (Sep.2013 – Jul.2016)



資料來源：NEDO (2018), NEDO Smart Community Demonstration Projects.

JSM 充電管理計畫

- 充電管理**：IDMS考慮每個EV與標準充電器的連接狀態與所需**充電結束時間**，根據**負載與再生能源發電預測**，指示每個EV充電開始時間(**充電排程**)。通常EV一旦連接到充電座就開始充電。但通過上述充電管理，EV充電是用於**填補電力系統的供需缺口**，參與者可在網站上檢視EV實際充電狀況。
- 效益**：實施管理前，EV最常充電的時間為傍晚7點-8點，為住宅用電尖峰。充電管理後，充電時間移至**晚上10點-11點**，顯示充電管理可**減緩電力尖峰需求/移轉負載**。



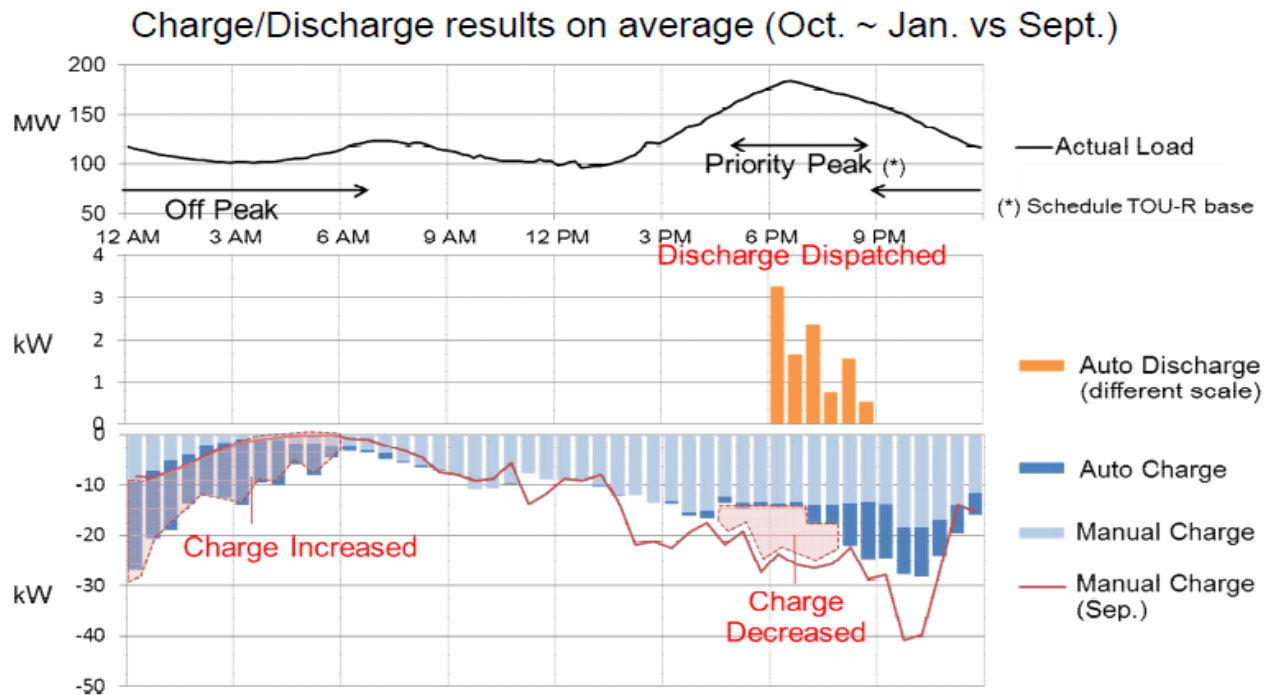
Structure of Charging Management Program

資料來源：NEDO (2017), Japan-U.S. Collaborative Smart Grid Demonstration Project in Maui Island of Hawaii State : A case study.

JSM V2G計畫

2015年4月開始phase 2的V2G計畫，參與者被要求要安裝EV-PCS，以使EV可在家或辦公室進行放電。

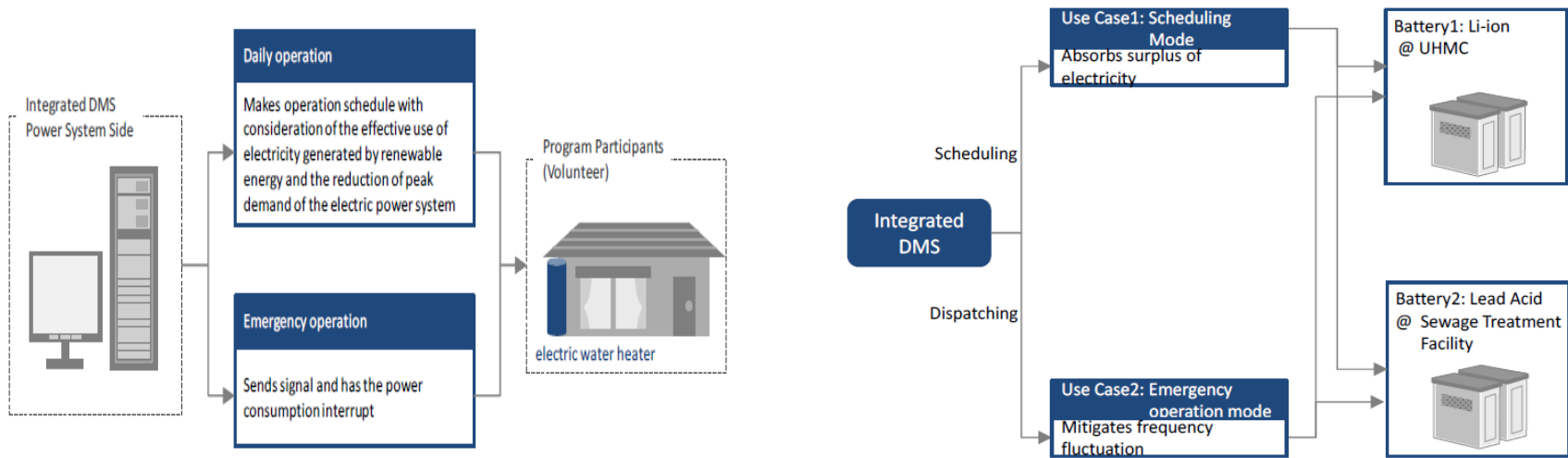
- 計畫執行成果顯示夜晚充電量增加，而在傍晚尖峰負載(18:00-21:00)時放電。此外，計畫設定緊急狀況時即進行EV放電，如風電突然停機，以穩定電力系統。
- 充放電同樣是由IDMS進行排程。此外，計畫所裝置的EV-PCS具備用模式，即當停電時，可提供連結PCS設備電力。



資料來源：NEDO (2017), Japan-U.S. Collaborative Smart Grid Demonstration Project in Maui Island of Hawaii State : A case study.

JSM 直接負載控制與儲能設置

1. Phase 1 – DLC(直接負載控制)：考量EV、電熱水系統的負載需求，每天運轉規劃會考量再生能源發電狀況、尖峰負載情形，進而發送訊號給計畫參與者以調整操作規劃，如若遇缺電，也可以直接中斷供應。
2. 分散式儲能電池：JMS設置2個大型儲能電池(一個鋰電池、一個鉛酸電池)，由IDMS控制。有二個主要應用，一是計畫性排程模式，即利用EMS-PLUS發展的預估系統，當預估有剩餘RES電力時進行充電，而放電時間設定在18至20點，期間IDMS就每個電池進行充放電排程。第二個應用是緊急型操作模式，受IDMS調度以減少因供需不平衡造成的頻率波動。
3. JMS為當地電網問題提出解決方案，如電壓波動、逆流和配電系統過載。



Structure of Direct Load Control program

Controlling distributed bulk battery energy storage

資料來源：NEDO (2017), Japan-U.S. Collaborative Smart Grid Demonstration Project in Maui Island of Hawaii State : A case study.

JSM驗證EV具作為電力資源的價值

- 1.JSM計畫驗證電動車可提昇電力系統彈性，然從電力系統面來看EV獨有的不確定性在將EV作為可用能源時應需全面考量。EV仍以提供運輸為主，並非總是與電力系統連結，且荷電狀態對所能提供的服務亦是影響關鍵。
- 2.JMS計畫顯示EV作為有效能源的評估結果，尖峰時段放電僅約14%至31%可被視為有效能源。此外，白天EV連結充電器比例很少，且多數待命汽車幾乎已充飽電，因此，只有總容量的2%到4%可被視為有效能源。
- 3.JMS計畫因無提供任何誘因，此次示範結果可視為baseline，未來可藉由誘因提升電動車做為有效能源來源比例，也可透過在工作場所或戶外安裝EV-PCS，提高白天EV連結的比例。

Results of estimation of effectiveness of EV as an energy resource

	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)
	Output per EV-PCS	Actual connection condition (%) in the demonstration 連接到EV-PCS	Remaining SoC in the demonstration 可充放電能力	Capacity with which an EV can be considered effective to be as an energy resource (for 80 Evs) (A) ×(B) ×(C)×80	Ratio of (D) to the total capacity of 80 EVs
Discharge (peak hours)	6.0 kW	27 - 41 %	50 - 75 %	67 - 149 kW	14.0 - 31.0 %
Charge (nighttime)	5.4 kW	28 -43 %	30 - 70 %	36 - 130 kW	8.3 - 30.1 %
Charge (daytime)	5.4 kW	8 - 11 %	20 - 35 %	9 - 17 kW	2.1 - 3.9 %
Discharge (early afternoon)	6.0 kW	9 - 20 %	70 - 80 %	30 - 77 kW	6.3 - 16.0 %

Notes) "Remaining SoC" means the percentage of EVs that can charge and discharge during the intended time zero to serve as SoC. The results are on the assumption that an EV-PCS is able to output 6kW as per the output specifications.

資料來源：NEDO (2018), NEDO Smart Community Demonstration Projects.

報告大綱

■ V2G概念

■ 國際V2G應用案例

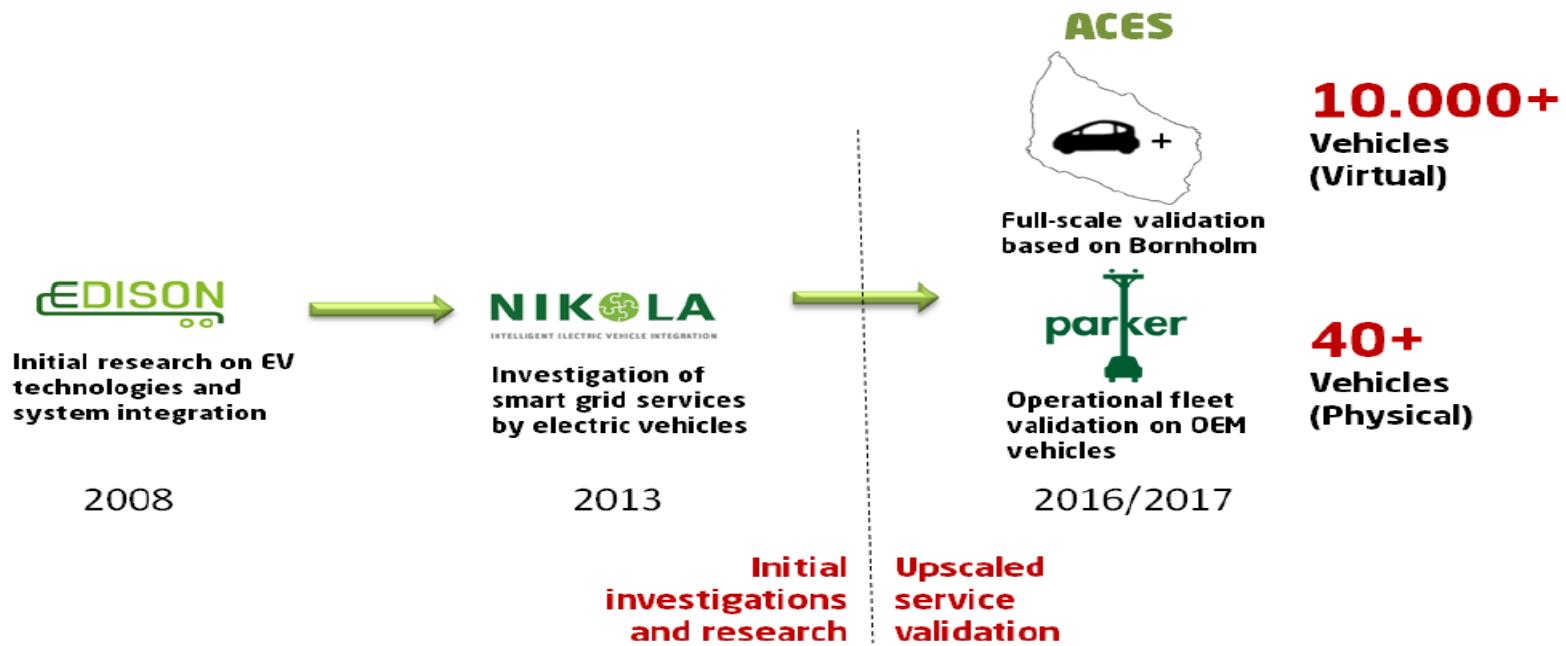
— 美日合作電動車暨電網計畫(JumpSmartMAUI)

— 丹麥車輛到電網V2G計畫(Parker Project)

■ 歐盟運輸電氣化對電力系統影響評估

■ 結論與建議

丹麥Parker V2G示範計畫



Partners:

- 汽車製造商：Nissan, Mitsubishi Corporation, Mitsubishi Motors Corporation, PSA ID
- V2G 整合平台：NUVVE
- 能源/電力公司：Frederiksberg Forsyning A/S, Enel
- 顧問公司：Insero A/S，提供能源解決方案及軟體開發
- 技術大學：DTU.

Duration: August 2016 to July 2018.

Budget: 1473萬克朗，由丹麥能源技術開發與示範計畫支助(EDUP)

Parker V2G計畫主要目的



Grid Applications

- 探討以現行電動車技術，可在電力系統提供的**電網應用**。
- 建立一系列潛在的服務項目，並進行實證研究。最主要集中在**調頻服務**(因對於反應時間與V2G的要求最苛刻，且是目前丹麥最具商業價值的電網應用)。
- 以**7個構面**，探討在EV數量、品牌、服務項目、電池大小、電網區域、服務時間、資訊量，V2G的應用是否具**規模化**。



Grid Readiness Certificate

- **發展V2G測試協議**，目的在於界定未來應用在前述V2G各項服務所需的技術能力。
- **建立grid keys**，對電動車與電網間電力交流所需的可控制性、可觀察性與效能進行列表，並與現行電動車供電設備(EVSE)進行比較。
- **開發測試模式**，用於測試計畫各車輛效能評估。



Scalability and replicability

- 探討V2G服務的**規模化可能性**、**複製可能性**。
- 以FCR應用為例，發現受FCR市場價格、V2G成本與效率、能源成本(包含稅)及電池效能退化等關鍵參數影響。
- 結論顯示，V2G應用價值系統與市場皆已就緒，但普遍可行的商業模式與消費者是否使用技術都未有明確答案，且供應鏈也尚未完全到位。

全球首個商業化V2G中心-Frederiksberg Forsyning

FF (Frederiksberg Forsyning)為Parker計畫的實驗場址，FF為實際營運場所，義大利電力公司Enel與Nissan合作在設置全球首個商業化V2G中心。該計畫購買10輛日產e-NV200零排放貨車和10台Enel的V2G充電器，由Nuvve aggregator提供調頻服務(Frequency Regulation, FCR-N)至丹麥DK2電網，並從中獲取利潤。



Utility company – domestic gas, tap water, district heating and sewage

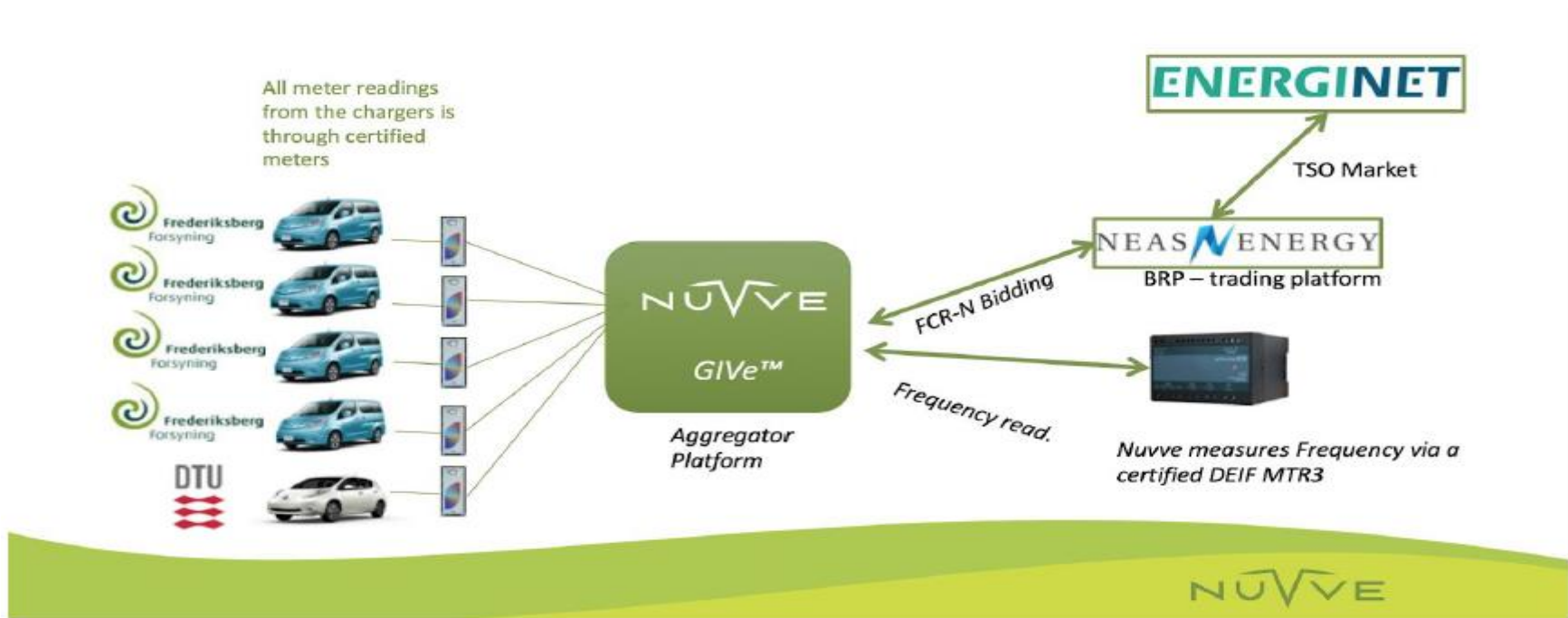
- Approximately 100.000 Residents

- 10x Nissan eNV200 electric Vans (24kWh)
- - 10x ENEL V2G units (bidirectional 10 kW)
- - Used mainly for maintenance and service tasks.
- - Driving usage hours = Work day 07:00 – 16:00
- - Frequency Regulation **16:00 – 06:00 weekdays; 24 hours weekends**

資料來源：Nuvve Corp. (2018), Grid Applications - Demonstrating how electric vehicles can support our power system, Parker End Seminar, 2018.11.27

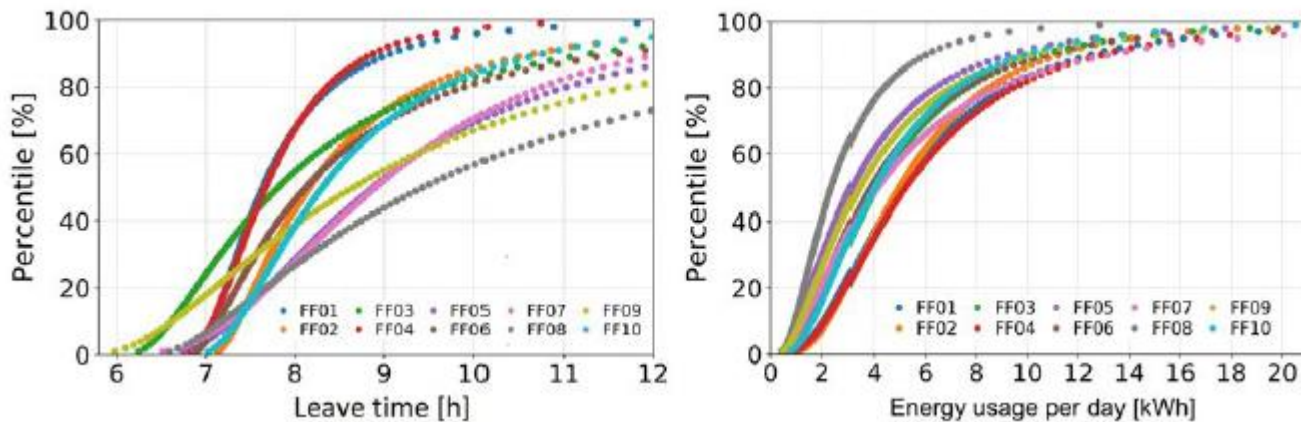
Project V2G architecture for FCR-N in DK2

- Nuvve aggregator接收各分散式資源的動態容量資料，利用前項資料與操作者經驗，決定參與競標容量。
- 動態容量受電動車插電與否、規劃旅程、荷電狀態(SoC)、溫度、與其他變數影響。在以秒為資料基礎下，整合商接收來自DEIF MTR3的頻率訊號，在不同的電功率下，利用最適化整合電動車進行調度，由於整合商持續不間斷的更新容量預估，因此整合的車輛與其他資源將按服務時間要求提供所需的總容量。



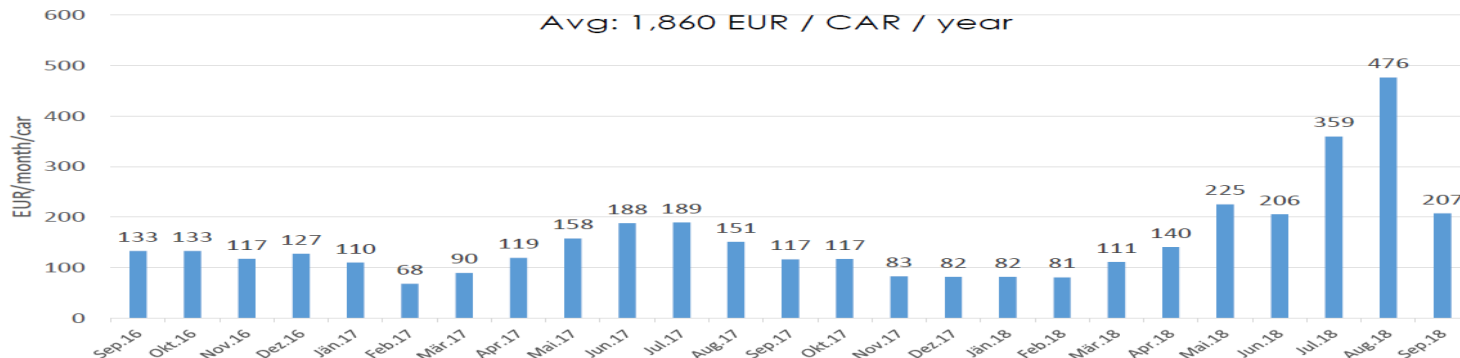
Frederiksberg Forsyning - FCR-N Revenues Per Car Bid

- 為提供可靠的電網服務，計畫蒐即大量的資料瞭解使用者的運輸需求與充電模式，主要關鍵參數為車輛的離開時間與每日電力消費量。整合商可依此進行競標量的設定。
- FF (Frederiksberg Forsyning) 計畫平均每車每年參與市場可獲的1860歐元的收益。



FCR-N Revenues per car, Denmark
Total monthly (EUR/car)

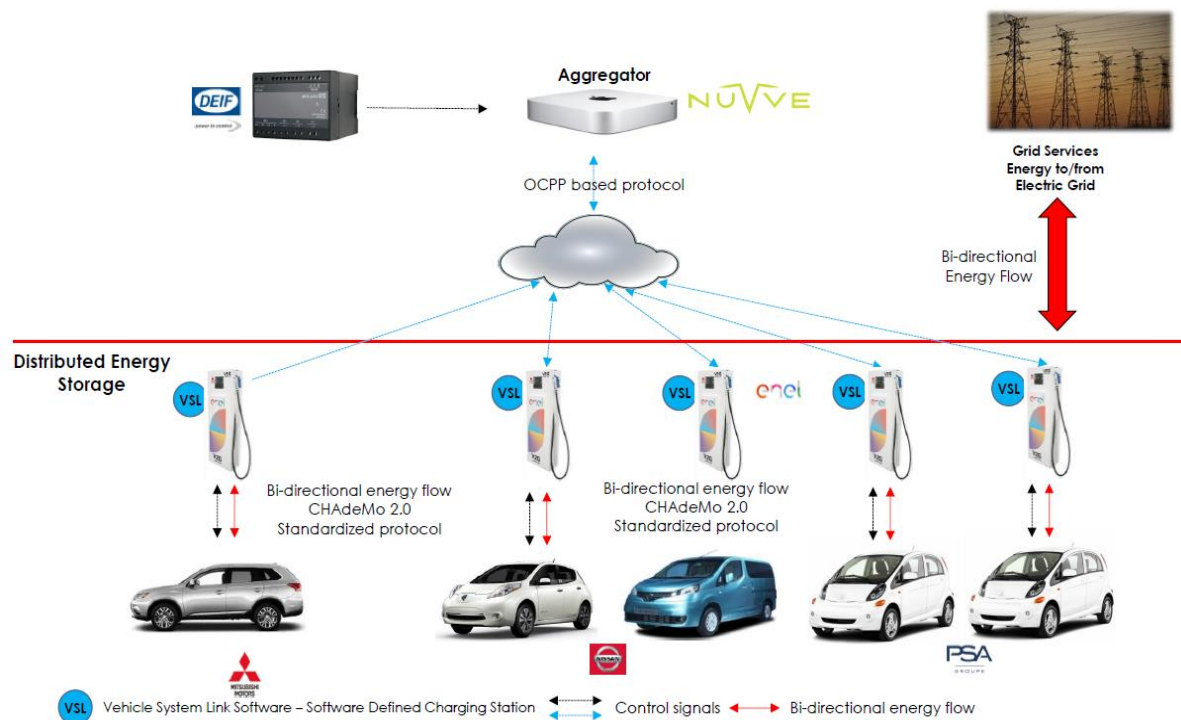
Avg: 1,860 EUR / CAR / year



資料來源：Nuvve Corp. (2018), Grid Applications - Demonstrating how electric vehicles can support our power system, Parker End Seminar, 2018.11.27

Parker Reference Configuration

- Parker計畫第二個測試場所建於丹麥科技大學里瑟校區(DTU Riso Campus)，測試環境包括不同品牌具雙向充電的電動車、Enel的V2G充電樁、專用的Nuvve aggregator。多數服務測試都是在此環境進行，測試時使用實際電網頻率或使用給定的訊號(canned/recorded)實施測試。



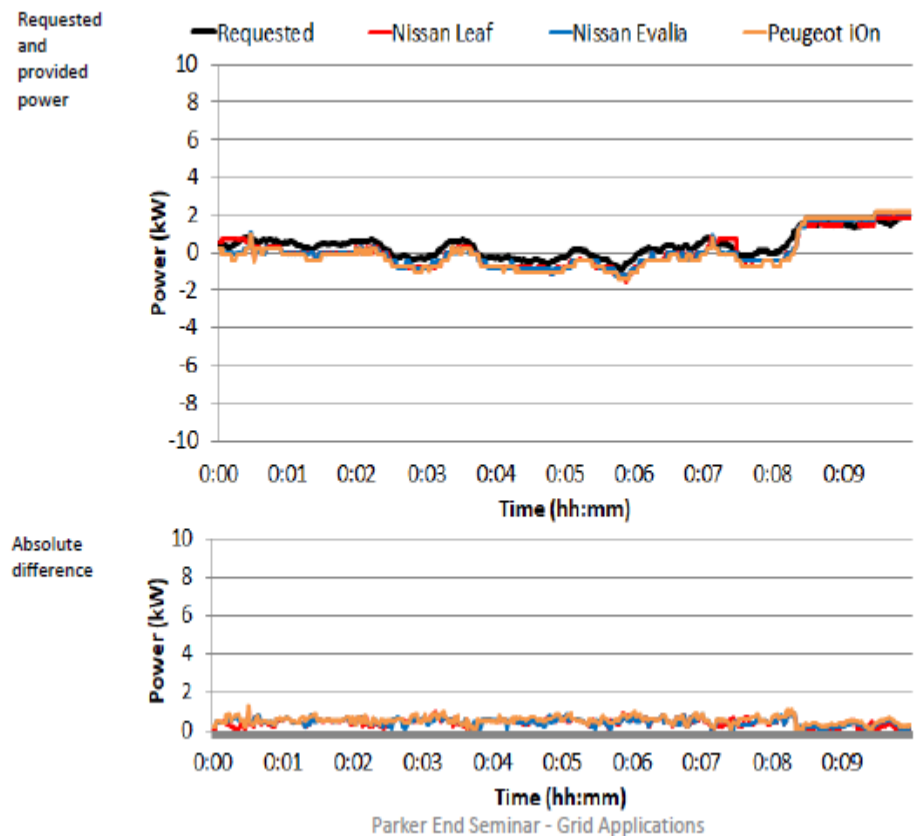
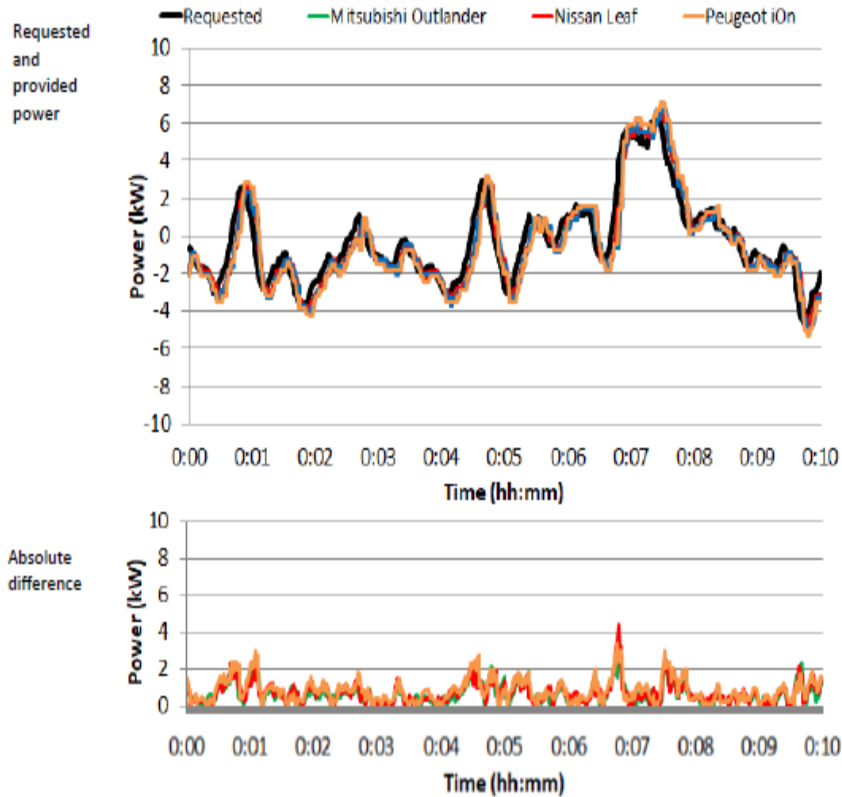
Vehicles		
Parker Vehicle ID	Vehicle Brand/Model	Battery size (kWh)
DTU Leaf	Nissan Leaf	30
DTU Evalia	Nissan Evalia	24
DTU Outlander	Mitsubishi Outlander	12
DTU iOn	PSA iOn	16
DTU iOn2	PSA iOn	16
EVSEs	Enel V2G Chargers	+10kW
Freq. Measurement	DEIF MTR-3	
Aggregator	Nuvve GIVE	Cloud based

資料來源：Nuvve Corp. (2018), Grid Applications - Demonstrating how electric vehicles can support our power system, Parker End Seminar, 2018.11.27

Parker Reference Configuration 測試結果

Cross-Brand Test Frequency Containment 2
Nordic Regional group

Cross-Brand Test Frequency Containment 1
Continental Europe Regional group



資料來源：Nuvve Corp. (2018), Grid Applications - Demonstrating how electric vehicles can support our power system, Parker End Seminar, 2018.11.27

Business Cases – Calculated Values

FCR-D DK2 Service – 14 hours per weekday and 48 hours in weekends @9.25 kW

DK2		
Period	FCR-D DK2 Price/MWh-h	Projected Yearly Revenue per car
Jan 01 - Dec 31, 2017	€7.45	€422.85
Jan 01 - Oct 2, 2018	€19.56	€811.29

FNR DK1 Service – 14 hours per weekday and 48 hours in weekends @ 9.25 kW

DK1				
Period	FCR-UP DK1 Price/MWh-h	FCR-DOWN DK1 Price/MWh-h	COMBINED DK1 Price/MWh-h	Projected Yearly Revenue per car
Jan 01 - Dec 31, 2017	€23.75	€1.51	€25.26	€1,549.95
Jan 01 - Oct 2, 2018	€30.16	€1.54	€31.70	€1,314.82

資料來源：Nuvve Corp. (2018), Grid Applications - Demonstrating how electric vehicles can support our power system, Parker End Seminar, 2018.11.27

報告大綱

■ V2G概念

■ 國際V2G應用案例

- 美日合作電動車暨電網計畫(JumpSmartMAUI)
- 丹麥車輛到電網V2G計畫(Parker Project)

■ 歐盟運輸電氣化對電力系統影響評估

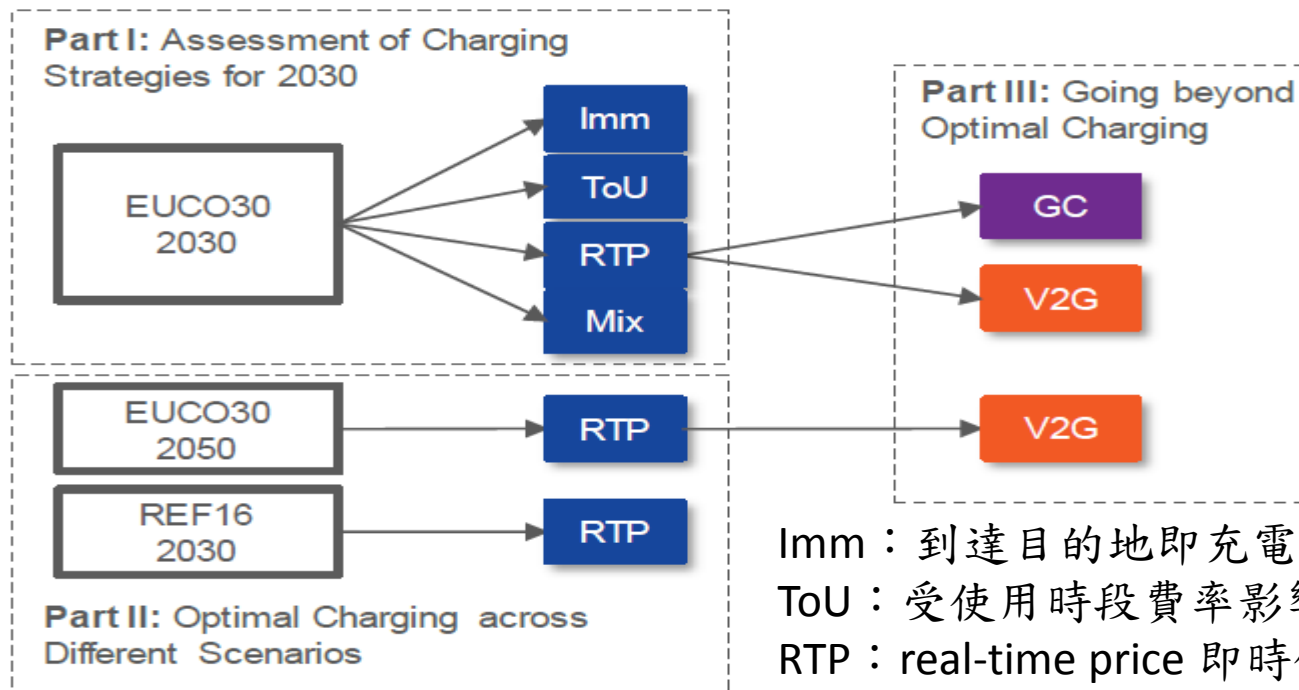
■ 結論與建議

歐盟運輸電氣化對電力系統影響評估

- EU28國電動車發展趨勢：2016年至少100萬輛，2030年預計超過3500萬輛，2050年約1.9億輛，電力將占運輸能源消費**34%**、EU整體電力需求增加**10%**(356 TWh)。
- 評估模型：**METIS**為歐盟委員會制定電力與燃氣相關政策使用的評估工具，模型可模擬一年逐時的能源系統和市場運作，同時也考慮到天氣變化等不確定因素。
- 經費來源：**歐盟委員會**
- 研究單位：德國亞琛工業大學 (RWTH Aachen University)

1. 分析不同
充電策略
對電力系
統的影響

2. 不同情境
(EV、RES
占比不同)
對電力系
統的影響



3. 考量**V2G**，
電網傳輸
限制對電
力系統的
影響

Imm：到達目的地即充電
ToU：受使用時段費率影響(費率固定)
RTP：real-time price 即時價格

資料來源：European Commission (2018), Effect of electromobility on the power system and the integration of RES S13 Report.

歐盟運輸電氣化對電力系統影響評估

情境說明：

- **REF16**：2016年歐盟參考情景主要是根據當前發展趨勢與既有政策，假設2020年氣候與能源目標可達成，且落實歐盟與成員國截至2014年12月所協議的政策。
- **EUCO30**：達成2014年10月歐洲理事會協議的2030年目標(相較1990年溫室氣體排放減少至少40%，再生能源占最終能源消費27%，初級能源消費減少30%)，以及2050年去碳目標，此外並持續加強當前政策。
- **Base情境**：即以REF16與EUCO30，但不考量EV充電情境(即EV沒有明確的充電時段)

分析指標：

- 尖峰負載
- 邊際成本：指電力邊際生產成本，不考量新增電廠，但考量燃料費用與碳價。
- 預期缺電量(Expected energy not served, EENS)
- CO₂排放
- 再生能源發電削減量

	Additional electricity demand by EV	Share of electricity in passenger cars energy demand	Number EV in EU28+6 countries [M.]	CO ₂ emissions in power generation sector [Mt]	RES share in overall production [%]
REF16 2030	25 TWh 0.8%	1.4%	15	677	42.6
EUCO30 2030	61 TWh 2.1%	3.9%	36	627	49.5
EUCO30 2050	356 TWh 10.4%	34.3%	190	203	64.4

資料來源：European Commission (2018), Effect of electromobility on the power system and the integration of RES S13 Report.

PART 1：評估2030年充電策略的影響

- 顯示 IMM 充電尖峰與淨負載(剩餘負載)發生時間一致，但TOU(智慧充電)可防止傍晚充電，充電時間會移至夜間。
- 充電時間與淨負載趨勢最為一致的是RTP模式。充電時間發生在半夜與清晨5-7點。

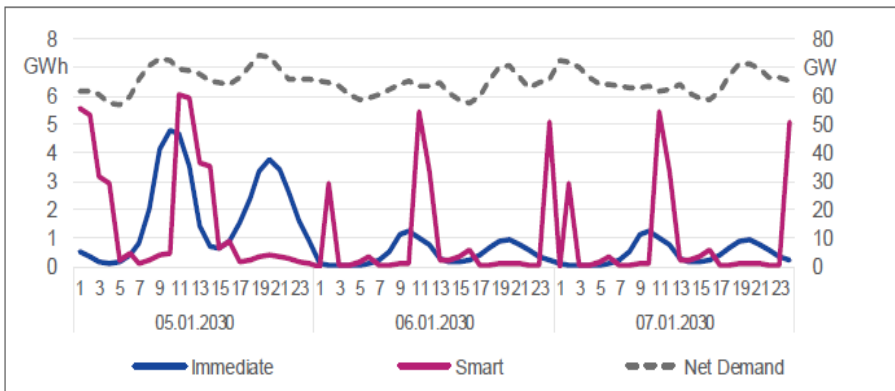


Figure 6.2: Charging Profile of Immediate and ToU Scenario, France in winter

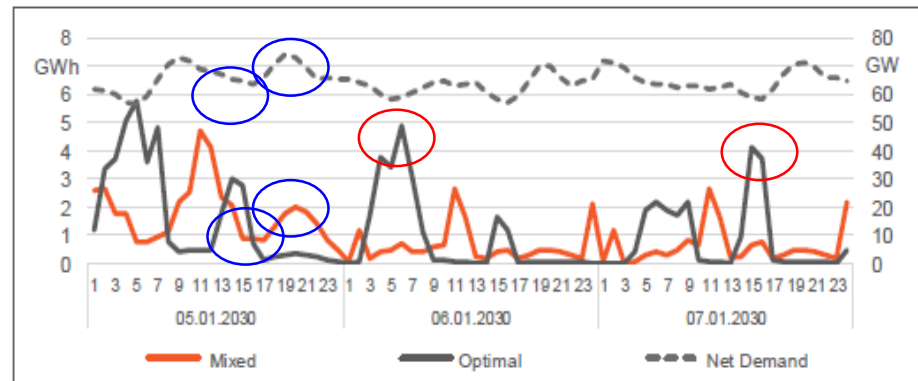


Figure 6.4: Charging Profile of Mixed and RTP Scenario, France in winter

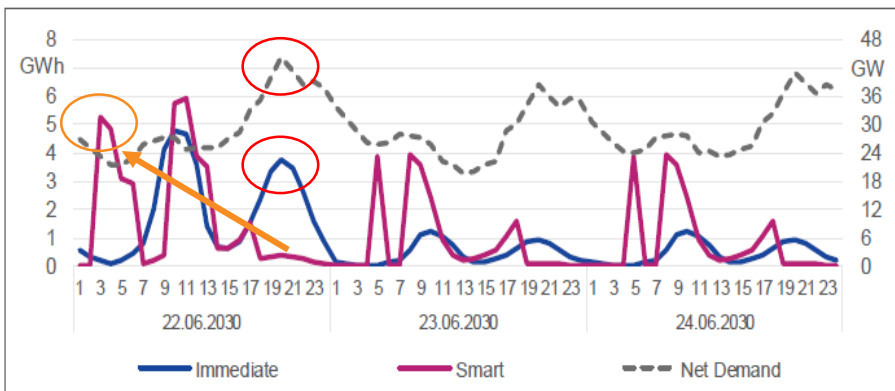


Figure 6.3: Charging Profile of Immediate and ToU Scenario, France in summer

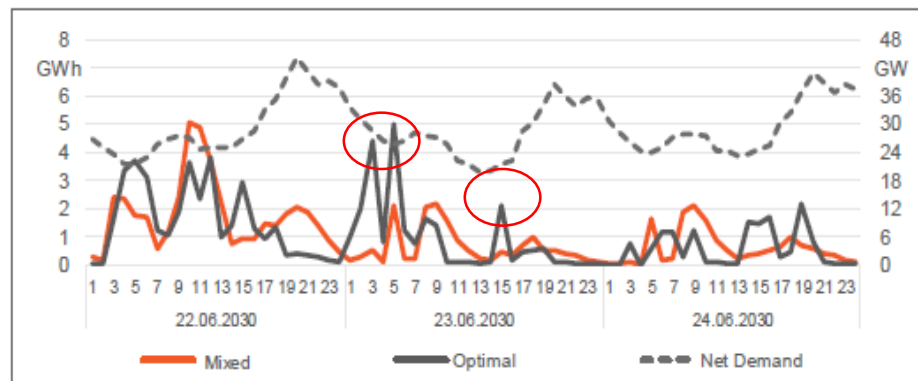
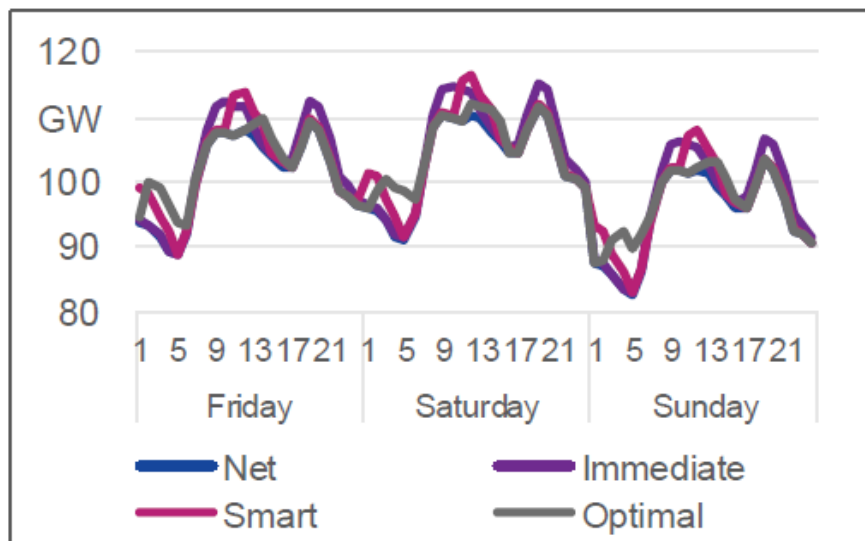


Figure 6.5: Charging Profile of Mixed and RTP Scenario, France in summer

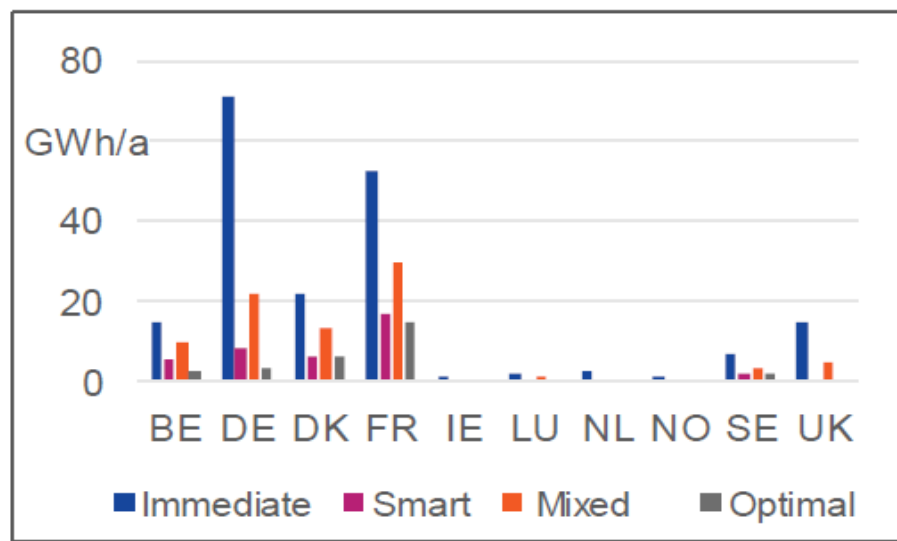
資料來源：European Commission (2018), Effect of electromobility on the power system and the integration of RES S13 Report.

PART 1：評估2030年充電策略的影響

- 系統負載曲線：net表負載曲線不含EV需求，IMM顯示傍晚尖峰負載增加約4GW (增加3.7%)，TOU(smart)顯示部分充電移轉至低負載，如星期六零晨；最適充電模式(RTP)則顯示EV避免於傍晚充電，因此正午尖峰負載增加 (因PV相對較高，所以淨負載低)
- 期望缺供電量 (EENS)：各國IMM充電模式下EENS最高，主因是充電peak與需電peak發生在同一時間，如德國(DE)EENS在IMM模式情境為71GWh (1~2%的總電力需求)，在Smart模式下，EENS可較IMM模式減少50% (德國減了約80%)，RTP的EENS最低。



System load curve France, January

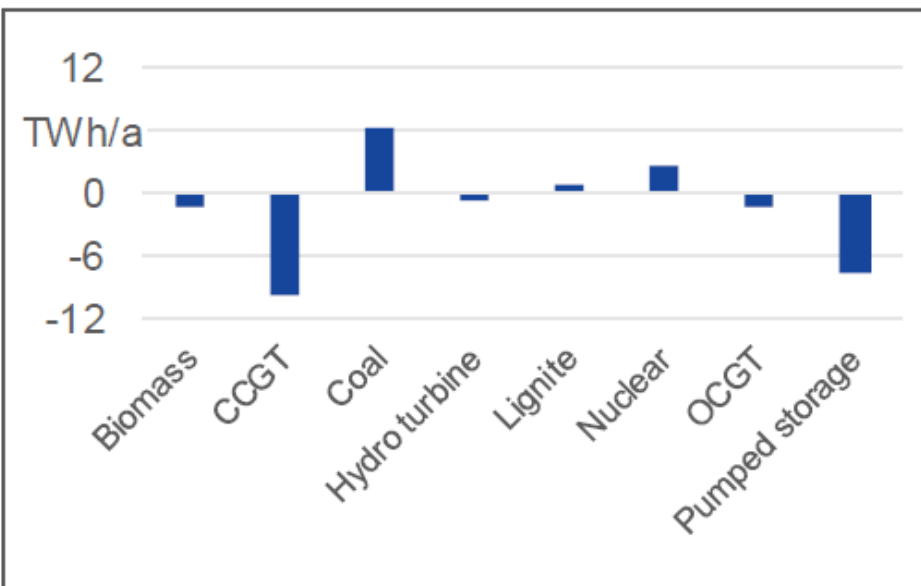


Expected Energy not Served

資料來源：European Commission (2018), Effect of electromobility on the power system and the integration of RES S13 Report.

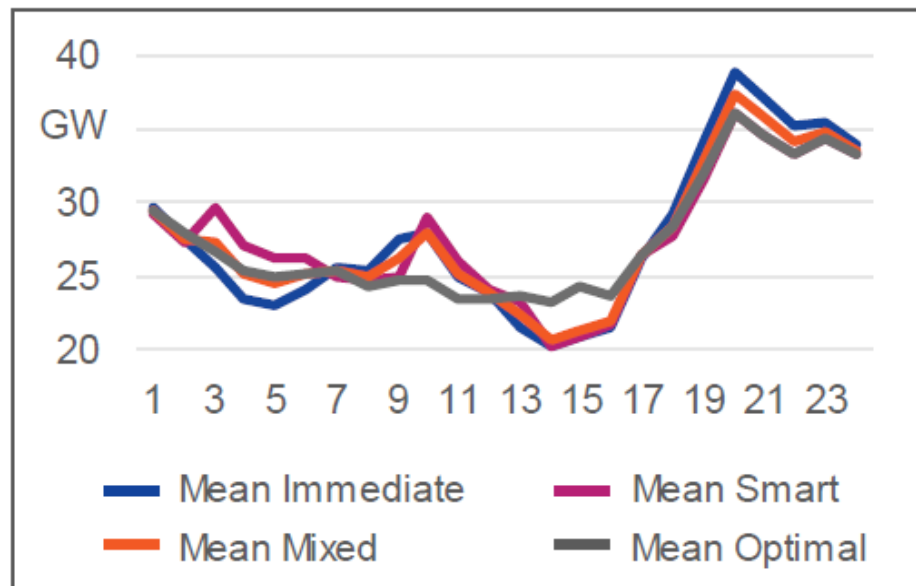
PART 1：評估2030年充電策略的影響

- 電力調度：由於RTP充電需求移轉至淨負載低時，**降低對彈性機組需求**如氣輪機、抽蓄水力，但**基載機組利用率增加**(如煤、核電與褐煤)。儘管如此，調度差異對於CO₂排放沒有顯著的影響。
- 邊際成本：因充電行為改變(不同充電模式)，造成機組調度改變，進而使EU28國發電邊際成本下降，在TOU與RTP分別較IMM模式減少**13%**與**22.1%**。
- 剩餘負載(RL)：夏季平日小時剩餘負載曲線顯示，RL在正午時因PV併網電量高，所以相對較低。傍晚則因消費者多數在家，且PV少，RL相對較高。在所有評估充電模式中，**IMM因充電peak與負載peak一致，RL最高，RTP與TOU則相對較平滑。**



Difference in generation between RTP- and immediate scenario (EU28 countries)

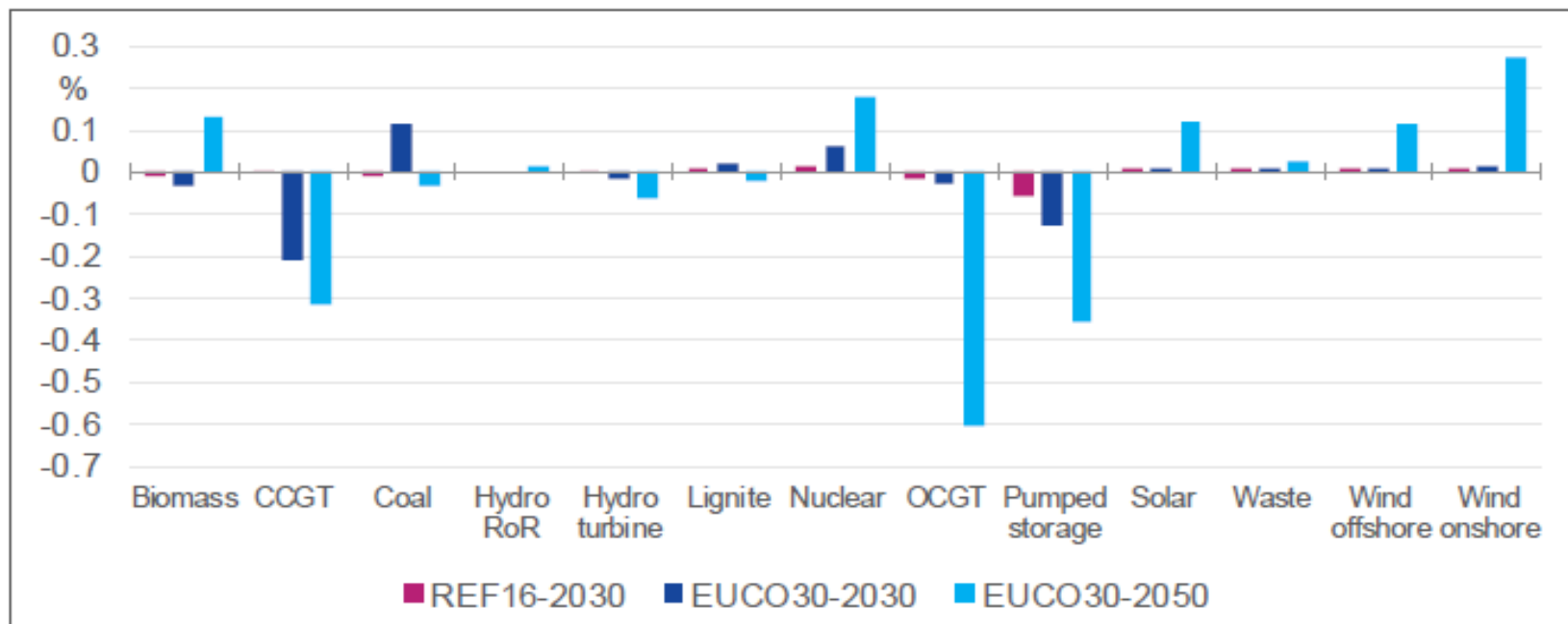
資料來源：European Commission (2018), Effect of electromobility on the power system and the integration of RES S13 Report.



Mean residual load of weekdays in summer (France)

PART 2：評估不同情境下RTP充電策略的影響

- RTP可減少對彈性電廠的調度，尤其是對CCGT與OCGT，但同時基載的燃煤與核電使用率是增加的。2050年因EV與再生能源占比提昇，因此效果更顯著。
- 2030年CO₂排放沒有顯著不同，但在2050年CO₂排放可降低7.9%(因RTP充電)，主要減量以東南歐較顯著。

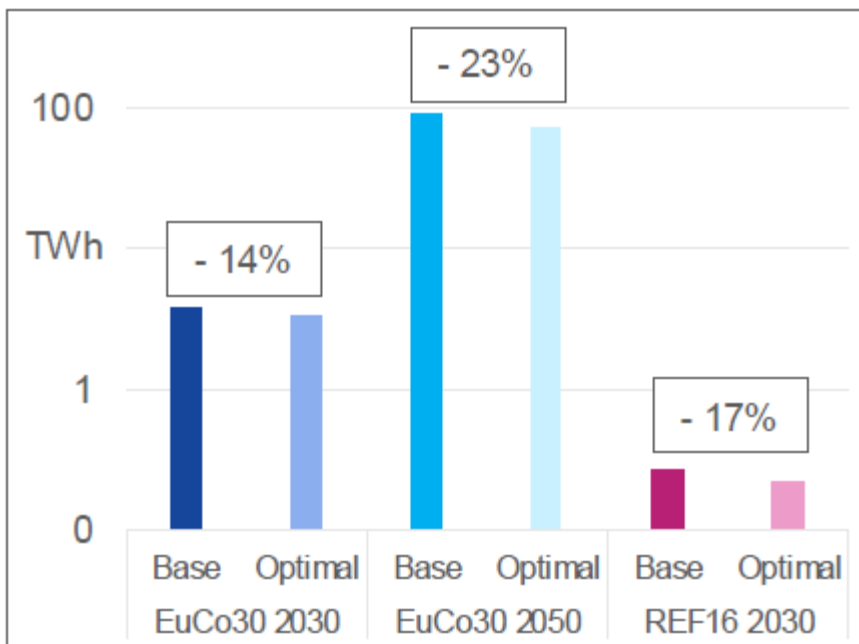


結果呈現各情境在RTP充電模式與base情境(無考量EV充電行為，EV沒有特定的充電pattern)的差異

資料來源：European Commission (2018), Effect of electromobility on the power system and the integration of RES S13 Report.

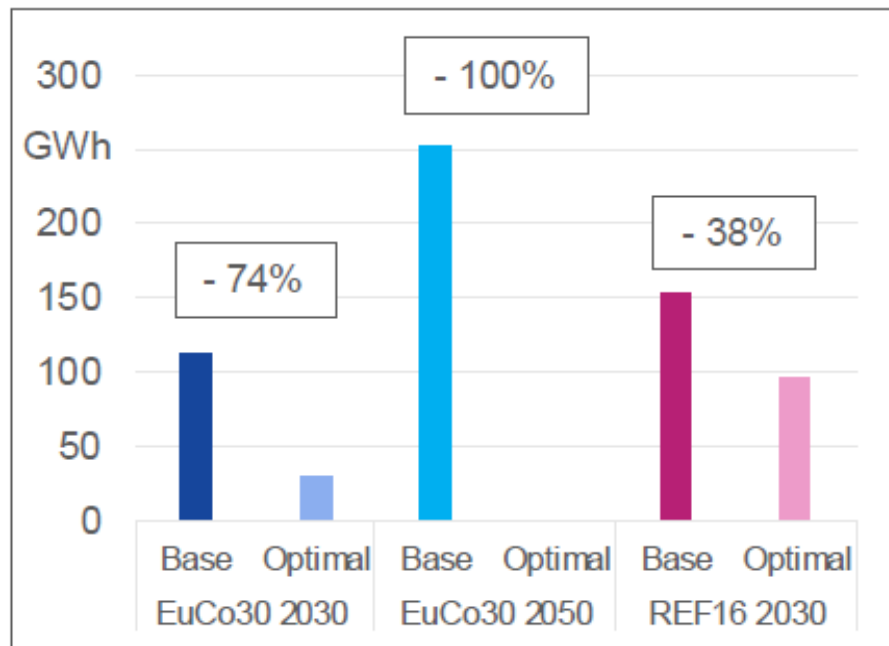
PART 2：評估不同情境下RTP充電策略的影響

- 再生能源削減量：EU28 2050年減幅最大，減少約23%。
- 預期缺供電量：基準情境EENS最高(為年需電的1-2%)，因2050年電動車量達199百萬輛，使電力系統有最高的操作彈性，但在RTP下，可完全消除EENS。



Curtailment in different REF16/EUCO30 scenarios due to RTP-based charging for EU28 countries

資料來源：European Commission (2018), Effect of electromobility on the power system and the integration of RES S13 Report.



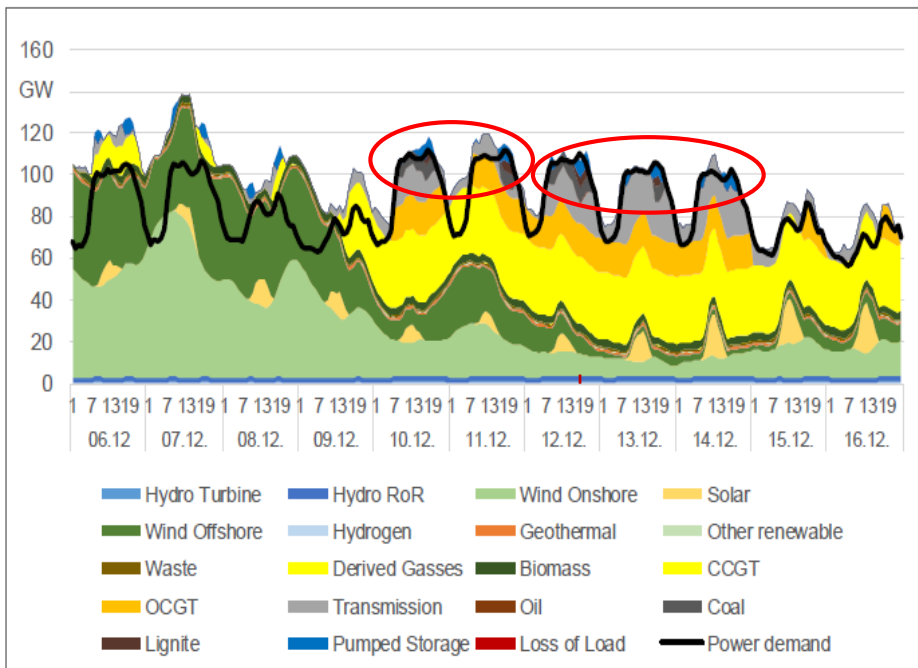
Difference of Expected Energy not Served in all REF16/EUCO30 scenarios for EU28 countries

PART 2：評估不同情境下RTP充電策略的影響

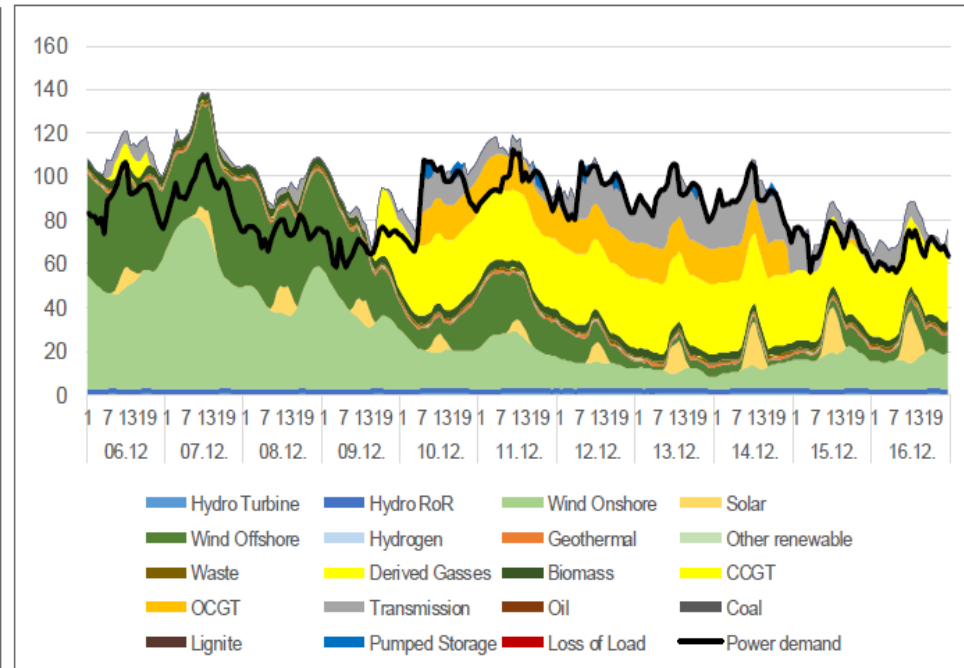
■ RTP減少機組升降載，電廠效率提昇。

部分時段發生缺電、煤電成本高但為滿足尖峰需求仍需發電

尖峰負載仍無須使用煤電，避免傳統火力電廠啟動成本增加與提昇機組效率



Cumulative generation in Germany for **BASE** scenario in EUCO30 in 2050

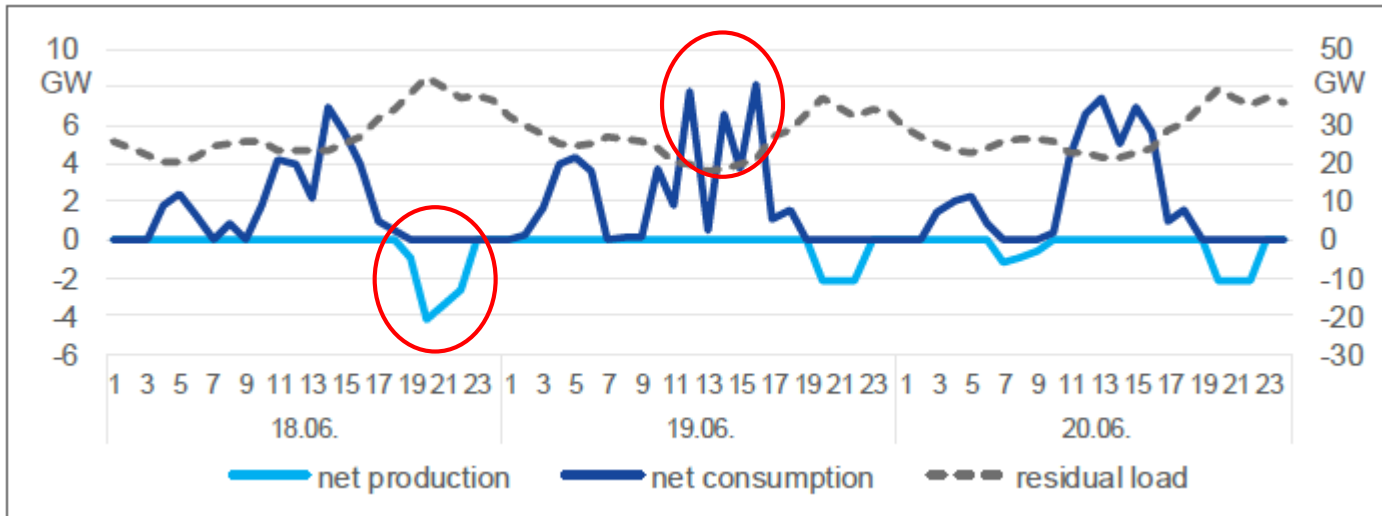


Cumulative generation in Germany for **RTP** scenario in EUCO30 in 2050

資料來源：European Commission (2018), Effect of electromobility on the power system and the integration of RES S13 Report.

PART 3-1：V2G影響評估

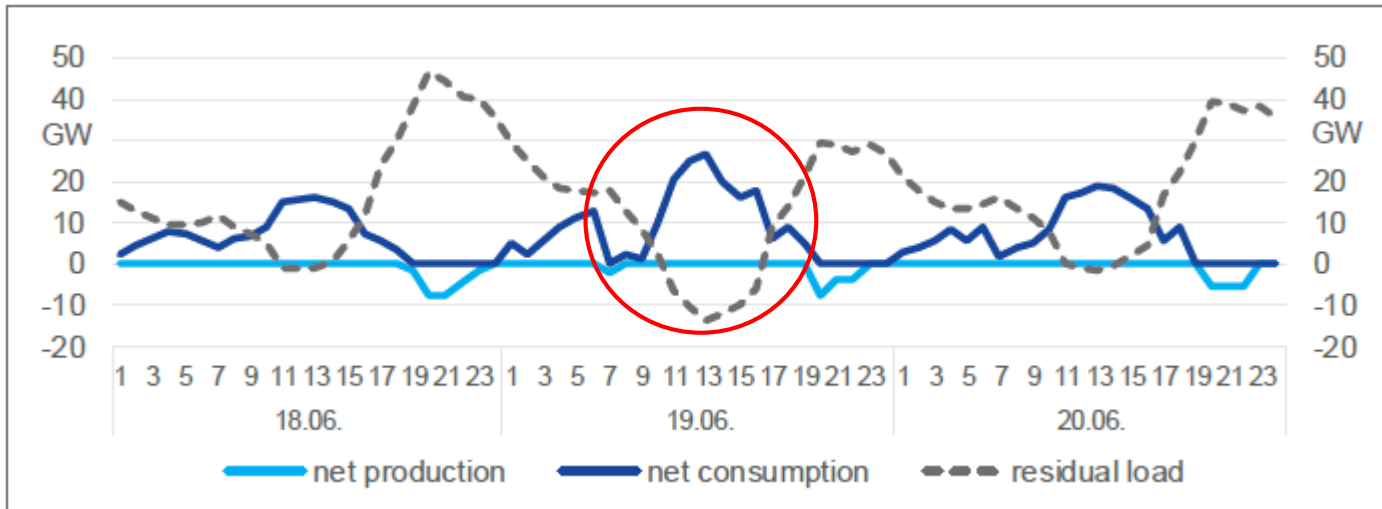
剩餘負載均為「正數」



Profiles of V2G for three days in summer 2030 in France and corresponding residual load (right y-axis)

V2G發生在剩餘負載高的時段，主要是傍晚。

剩餘負載因RES有時可完全滿足負載需求，甚至出現「負數」情形



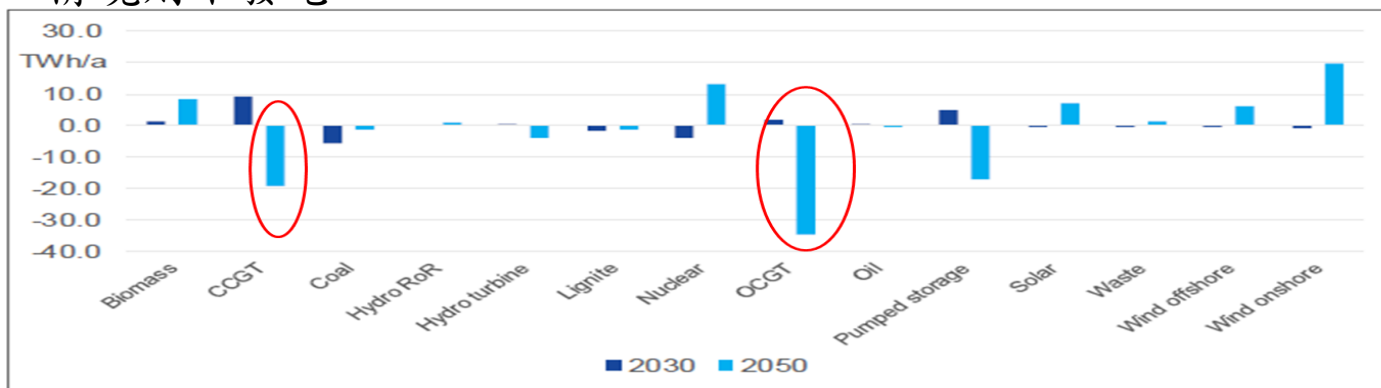
Profiles of V2G for three days in summer 2050 in France and corresponding residual load (right y-axis)

充電行為與剩餘負載更為配合，在低或負load時充電，高負載時放電。

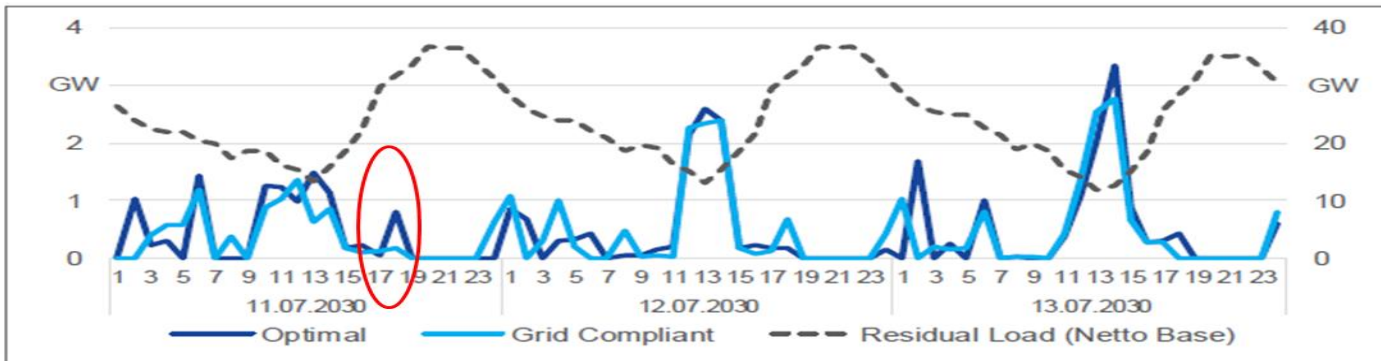
資料來源：European Commission (2019), Effect of electric mobility on the power system and the integration of RES S13 Report.

PART 3：V2G與電網容量限制影響評估

- V2G對於調度的機組容量有顯著影響，2030年與2050年較具彈性電廠發電下降，如氣輪機。此外，因V2G使RES增加，核電等基載電廠也增加使用。2050年因CO₂價格高，生質能優先發電
- V2G對於減少再生能源削減量有顯著影響，2030年減少17.7%、2050年減少19.7%，顯示V2G有助於RES整合。
- 下圖顯示在義大利若有考量電網容量限制，有些時段RTP情境發電，但grid compliant情境則不發電。



Difference in generation between V2G and RTP scenario for EU28 countries



Charging profile of RTP and grid compliant charging in Italy

資料來源：European Commission (2018), Effect of electromobility on the power system and the integration of RES S13 Report.

小結與建議

1. 國內目前雖有電動車發展目標，但尚未有具體的推動措施與影響評估。
2. 國內電動車示範計畫主要為沙崙綠能科學城計畫的「低碳智慧運輸系統規劃及示範」，主要是規劃建置充電站、整合不同電動車輛充電規格，建置電動車營運模式。建議未來可搭配沙崙智慧電網規劃，建立整合電動車、再生能源發電與智慧電網的V2G示範計畫。
3. 參考國際推動經驗，電動車滲透率增加所造成的負面影響，可藉由時間費率降低衝擊(如時間電價或實時電價)，若考量電網衝擊，亦可分析充電管理效益需與電網擴增成本，研擬將電網限制影響納入時間費率。
4. 為獲取因電動車造成系統彈性增加的全部效益，並確保能與系統完全整合，應提供給新參與者可發揮的場所，如整合代理商的商業模式。
5. 電動車充電管理需消費者與供應者或整合代理商及電網營運商間能彼此交流與資訊傳遞，因此確保一個可行的執行框架、新技術的可行性與接受性是重要的。如電表推廣、IT技術、安全的資訊交與儲存機制，以解決消費者隱私與數據保密關係。
6. 智慧充電不應僅被視為如何合理整併至電力系統的手段，而應利用EV車載電池也能作為儲能的潛力，將其視為系統彈性資源，可促進再生能源整併，因此歐盟新的電業法即研議加強變動性與分散式發電整合的基礎設施，且進一步要求設立有效稀缺價格(電價)，以鼓勵市場參與者在最需電力彈性時進入市場。

參考文獻

1. Nuvve Corp. (2018), Grid Applications - Demonstrating how electric vehicles can support our power system, Parker End Seminar, 2018.11.27
2. European Commission (2018), Effect of electromobility on the power system and the integration of RES S13 Report.
3. Everoze (2018), V2G Global Roadtrip : Around the World in 50 Projects .
4. DTU Elektro (2018), How Will V2G Play a Role on Distribution System Level.
5. PSA Group(2018), SMART CHARGING AND DISCHARGING OF EVs - VEHICLE-GRID INTEGRATION SUMMIT NEDO (2017), Case studies of resources aggregation, V2G and others.