

國際住宅部門節電誘因機制研析

我國住宅部門用電量持續成長，根據經濟部能源局統計 2020 年我國住宅部門的電力消費成長 6.4%[1]，高於工業部門的電力消費成長 2.1%，顯示我國住宅部門正面臨能源轉型的關鍵時點，本研究為協助住宅部門有效利用能源降低用電，首先盤點我國家戶目前面臨的節電困難點，借鑒國際標竿案例之節電誘因機制，以研提增進我國住宅成效節電成效之可行辦法。

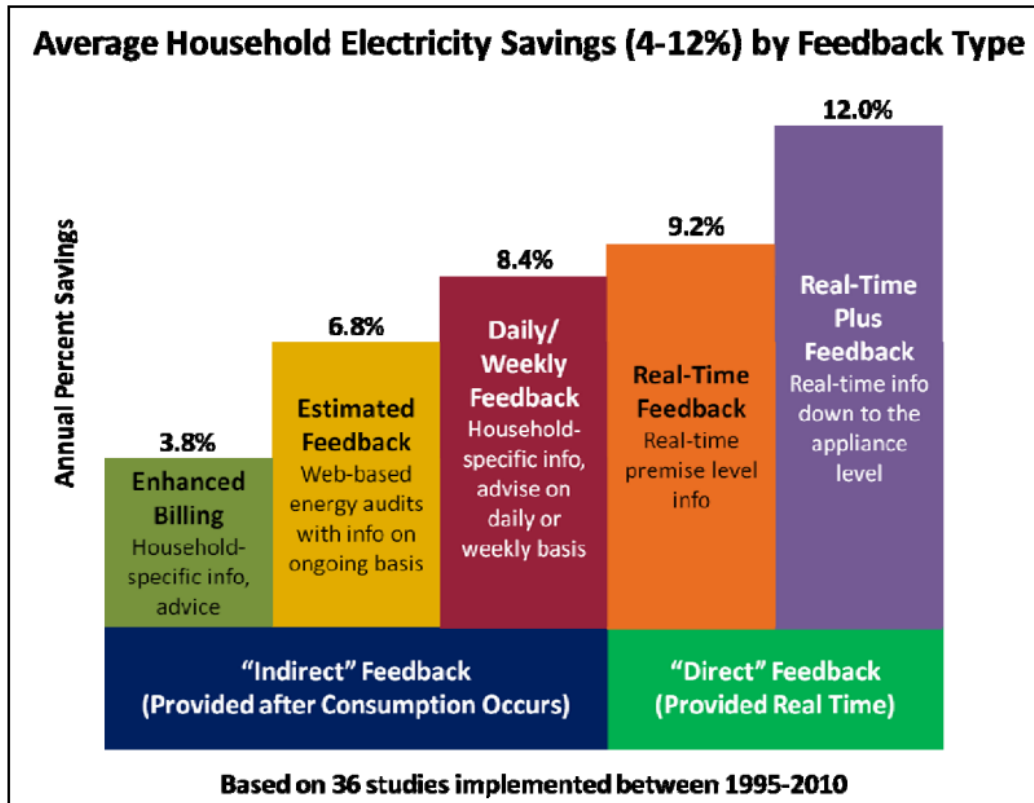
一、我國住宅用電特性評估

1. 低電價缺乏節電誘因

根據台電公司數據顯示，2020 年全球電費排名中，台灣住宅電價位列全球第四低[2]，然而，據國際能源署(International Energy Agency, IEA)全球各國及地區的人均用電量顯示，台灣一年人均用電量為 11360 度位列全球第 8 名[3]，顯示在現行住宅電價無法成為我國家戶節電的主要誘因。

2. 用電資訊間距太長

根據美國能源效率經濟委員會 (American Council for an Energy-Efficient Economy, ACEEE)研究顯示(圖 1)，住宅用戶只從電力公司電費帳單獲取用電資訊，因用電資訊間隔太久，如我國現行電費帳單為兩個月一期，或是用電資訊提供的時間點未必落在合適的時間點上，造成用戶收到用電資訊時已來不及調整用電行為，根據 ACEEE 研究顯示如能將用電資訊揭露從「月」為單位，縮短至「日」、「周」為單位，可相較傳統電費帳單用戶節電 8.4%[4]。



(資料來源：[4]，2022年06月)

圖 1：ACEEE 用電資訊反饋節電成效

3. 缺乏個人化與易執行的節電方案

傳統電費帳單主要提供整體家戶電力使用資訊，對用戶難以從電力「總量」資訊瞭解住宅中「個別」電器負載的電力消費，亦難以得知家中主要電器的負載，以及主要電器在哪一些時間消耗電力，導致用戶想著手節電卻不知從何處下手的困境，此外，電費帳單缺乏個人化與易執行的節電建議。

有鑑於我國住宅部門在節電上遭遇到缺乏電價誘因、用電資訊間距太長、以及缺乏個人化節電方案等不利因素，導致民眾調整用電行為上缺乏動機，造成住宅部門節電成效限縮，本研究認為可從能源監控服務著手來提升住宅部門的用能管理使節電成效提升，目前國際間獲得用電設備負載數據，發展出侵入式負載監控 (Intrusive load monitoring, ILM) 與非侵入式負載監控 (Non-intrusive load

monitoring, NILM) 兩種用電分析方法。兩者相較之下，NILM 具有無須入戶安裝、低成本、易導入等優勢，有助於為智慧電表帶來新的應用方式，鑑於此，本研究挑選提供住宅能源監控與 NILM 之國際標竿案例，研析住宅部門節電的關鍵成功因素之對象。

二、國際案例住宅節電關鍵成功因素分析

本研究遴選三項國際案例：DTE Energy& Powerly、KEPCO& ENCORED、東京電力& Infometis，分析其運用數據分析、行為科學、非侵入式負載監控等方式，提供國外住宅用戶節電誘因機制，以翻轉其用電行為，解決住宅用戶的節電困難點。

1. DTE Energy& Powerly

DTE Energy 為總部位於密西根州底特律市的美國電力公司，為協助住宅用戶提升節電表現以及對用戶服務的滿意度，於 2014 年推出 DTE Insight APP，配合智慧電表布建並搭配用戶端的網頁/手機 APP 服務的研發，向住宅用戶揭露家庭能源的消耗情況，如此一來，DTE Insight 代替電費帳單，為 DTE Energy 用縮短獲得用電資訊的時間間距[5]。

DTE Energy 為進一步強化住宅用戶了解家庭能源使用情況，以更好的進行家庭能源管理，與節能服務商 Powerly 合作，藉由 Powerly 開發之非侵入式負載監控技術，幫助用戶了解主要家電設備的用電量，此外，Powerly 考量到物聯網 (IoT) 和智慧家庭的未來發展性，在提供用戶家電設備電力流向的同時，還提供智慧化和個人化家電設備調控建議，相較傳統能源管理方式可更有效降低用戶能源消耗，還可提升用戶對家庭能源管理所投注的時間和心力[6]。

表 1：DTE Energy& Powerly 節電誘因機制

節電困難	節電誘因機制
用電資訊間距太長	配合智慧電表(AMI)布建，搭配 DTE Insight APP，為用戶揭露能源使用情況，縮短用戶獲得用電資訊的時間間距。
缺乏個人化與易執行的節電方案	與節能服務商 Powerly 合作，藉由： 1. 非侵入式負載監控技術，幫助用戶了解主要家電設備的用電量 2. IoT 技術提供用戶智慧化和個人化家電設備調控建議，用戶可以調控家電設備

(資料來源：本研究整理，2022 年 06 月)

2. KEPCO& ENCORED

韓國電力公社 (Korea Electric Power Corporation, KEPCO) 為南韓目前唯一經營發、輸、配電業的垂直整合電力公用事業，KEPCO 在平衡電力供需的同時，也需協助韓國達成能源轉型目標，減少二氧化碳的排放降低溫室效應，KEPCO 需要在發電量有限增加的情況下穩定供電，鑑於此，KEPCO 積極布建智慧電表，使用戶了解家庭能源使用情況，從用戶端進行能源管理使電力供需達到穩定，藉由網頁/手機 APP 揭露用戶總用電量，提供簡易節能建議，使用戶了解家庭能源的消耗情況，相較傳統能源管理方式，可更有效降低用戶能源消耗，此外，結合行為科學中的同儕推力理論，將用戶用電量與鄰里家戶進行比較，藉由鄰里間的社會規範形成用戶正向的節電推力，綜合以上服務，KEPCO 藉此縮短用戶獲得用電資訊的時間間距[7]。

KEPCO 與節能服務商 ENCORED 合作發展電表資料管理系統，基於大數據的搜集與分析，提供個人化能源使用建議，由 ENCORED 蒐集並整合用戶各類型的資訊，藉由深度學習演算法進行分析，用以預估用戶電力使用狀況、習慣、偏好，最終提供用戶更正確、更個人化且更詳細的用電現況描述和預測，協助用戶提升能源使用效率，此外，ENCORED 透過資料分析技術提供非侵入式負載監控技術與設備異常監測，透過總用電辨識出主要家電設備的用電量解析與能耗資訊，在計算出各家電設備之耗電量後，ENCORED 再進一步匯集其他背景資訊，加以綜合分析評估後，再提供準確的個人化建議報告，藉此用戶改變用電行為與提高更換節能電器之意願[8]。

表 2：KEPCO& ENCORED 節電誘因機制

節電困難	節電誘因機制
用電資訊間距太長	配合智慧電表(AMI)布建，搭配網頁/手機 APP 揭露用戶能源使用情況，縮短用戶獲得用電資訊的時間間距。
缺乏個人化與易執行的節電方案	<ol style="list-style-type: none"> 1. 藉由非侵入式負載監控技術，辨識出家中主要家電設備的用電量解析與能耗資訊 2. 基於大數據搜集與分析，提供個人化建議報告，提升用戶改變用電行為與更換節能電器之意願
缺乏節電動機	結合行為科學同儕推力，將用戶用電量與鄰里家戶進行比較形成正向節電推力

(資料來源：本研究整理，2022 年 06 月)

3. 東京電力& Infometis

東京電力原為日本住宅用戶最多之電力公司，自 2016 年 4 月日本正式開放電力零售市場後東京電力住宅用戶大量流失，東京電力為留住住宅用戶開始將公司策略從「銷售能源」轉變為「提升能源效用」，著眼於改變用戶用電習慣已達到節能減碳，藉由設置家庭用戶專屬網站「TEPCO 生活(くらし TEPCO)」，提供總用電量分析、家庭用電目標達標與否、及用電量和多種類電價費率圖表化等功能，藉此讓用戶能了解家庭能源的消耗情況，替代傳統電費帳單提供用戶較為即時的用電資訊[9]。

同時，東京電力藉由跨業合作與節能服務商 infometis 踏足人工智慧(Artificial Intelligence, AI)與物聯網領域，Infometis 透過微型電力計蒐集、分析和報告用戶家中用電情況，運用 NIIM 技術識別住宅中主要的高耗能家電設備能耗分析與使用時段(on/off)，結合使用者介面設計(User interface design, UI)讓用戶簡單瞭解家中主要家電的用電情況和使用時間，如將家電耗電量進行排名，以及記錄各時段家電開啟情形，同時結合用戶電費帳單評估制定個人化節能計劃，提供家中智慧設備(智慧家電、智慧插座)調控建議，使家戶達到有效節能與用電安全的目標[10]。

表 3：東京電力& Infometis 節電誘因機制

節電困難	節電誘因機制
用電資訊間距太長	家庭用戶專屬會員網站「TEPCO 生活」揭露用戶能源使用情況，縮短用戶獲得用電資訊的時間間距。
缺乏個人化與易執行的節電方案	1. 識別高耗能家電設備的能耗分析與使用時段(on/off)，配合電費帳單資訊，藉

	<p>此提供個人化設備調控建議</p> <p>2. 藉由使用者介面設計(UI)讓用戶簡單瞭解家中主要家電的用電情況和使用時間，如將家電耗電量進行排名以及統計各時段家電開啟情形。</p>
--	--

(資料來源：本研究整理，2022 年 06 月)

三、 結論

我國住宅部門在能源轉型上面臨缺乏電價誘因、用電資訊間距太長、以及缺乏個人化節電方案等不利因素，本研究研析三家國際案例提升住宅家戶節電效率之節電服務與做法，彙整出可增進我國住宅成效節電成效之可行辦法：

1. 縮短用電資訊揭露的間距：近年來無論我國或國際間(如美日韓)積極布建智慧電表，以智慧電表較高頻率(如每 15 分鐘或每 30 分鐘)蒐集住宅用電資訊為基礎，結合會員專屬網頁或手機 APP，提供用戶相較於電費帳單更為即時的用電資訊揭露服務。此外，部分案例為激發用戶對節電之動力，還會於用電資訊揭露中導入行為科學推力，如同儕推力透過與近似用戶或鄰近用戶間的用電比較，激發用戶改變用電行為的動機。
2. 提供個人化與易執行的節電方案：國際案例藉由研發 NILM 技術，解析用戶家中主要家電設備的用電流向，透過設備用電資訊(設備用電量或開啟時間)的解析，提供用戶個人化的設備使用建議，部分案例更進一步結合 IoT 和智慧家庭設備，讓用戶收到設備使用時，可直接進行設備調控，將個人化節電建議轉化為主動式的節電行動，可進一步提升住宅部門的節電成效。

參考文獻

1. 經濟部能源局，<https://www.moeaboe.gov.tw/>
2. 世界各國電價比較，
<https://www.taipower.com.tw/tc/page.aspx?cchk=1b3221ee-37c3-4811-9d4d-a1bb215f33c8&cid=351&mid=213>
3. 國際能源署，<https://www.iea.org/>
4. Ehrhardt-Martinez, K., K. Connelly, and J. Laitner. 2010. Advanced Metering Initiatives and Residential Feedback Programs: A Meta-Review for Household Electricity-Saving Opportunities. Report number E105. American Council for an Energy Efficient Economy, Washington, D.C.
<https://www.aceee.org/sites/default/files/publications/researchreports/e105.pdf>
5. DTE Energy, <https://www.dteenergy.com/>
6. Powerley, <http://www.powerley.com/>
7. Korea Electric Power Corporation, <http://home.kepco.co.kr/kepco/EN/main.do>.
8. ENERCORD. <https://enertalk.kr/>.
9. 東京電力, <https://www.tepco.co.jp/>
10. Informetis, <https://www.Informetis.com/>