

節能的多重效益—「新節電運動」經濟、環境與社會影響分析

蘇鈺雯^{1*} 林志勳² 謝志強³

摘要

節能政策的多重效益是站在宏觀的角度，考量不同的利益相關者的影響，而政府則負責各利益相關者彼此間的溝通，以尋求支持並極大化政策總效益。本研究建構一分析工具，評估臺灣節能政策的各種影響，包含經濟、環境與社會，共15項指標。2017年至2020年的「新節電運動」政府執行經費投入約140.95億元，創造出46.11億度的節電量。根據本研究估計結果，補助類措施對於總體經濟的國內影響約216.37億元，並增加臺灣20,667個就業機會，四年節電政策能舒緩電價上漲壓力約10.8%，降低能源進口依存度0.0058%，帶動120.6%的節能家電市場成長，以及11.24億元的研究創新投入。環境影響部分，用電效率提升1.7%，減少323千公秉油當量的化石燃料使用，相當於降低2,241千公噸的溫室氣體排放，與1,789公噸空氣汙染排放物，同時減少政府2.29億元的环境保護支出。社會影響上，每參與戶一年可節省能源成本約247元，每戶每年可支配所得受惠於政策而微幅增加0.11%。透過量化的數據與標準化的分析流程，作為政府施政時面對利益相關者與社會大眾的溝通依據。

關鍵詞：多重效益，節電，能源效率，政策分析

1. 前言

傳統上節約能源的效益都會著重在降低能源需求、或是降低碳排放等環境論述，這些效益固然非常重要，但不僅如此。近年來，國際能源總署(International Energy Agency, IEA)以更廣泛角度來評估說明節能的多重效益(multiple benefits)，「多重效益」聚焦在節約能源的投入，會對不同的利益相關者產生不同的影響。藉由多重效益的論述，將可在傳統的環境效益外，凸顯節約能源在經濟層面，包含促進經濟與產業發展、增加投資、所得與就業，以及對

於能源貧窮或公共預算等社會福祉的效益，進而幫助政府或利益相關者在決策時以更全面性的效益考量，促進政策推動的效益極大化。在過去，這些效益常常無法量化，或是直接被忽略，因而使傳統節能論述無法切中利益相關者的需求。

參考Campbell *et al.* (2014)提出的能源效率改善多重效益評估方法，本研究建構一套標準化的分析工具，分析節能政策的各種效果，三個構面包含「經濟」、「環境」與「社會」，各構面下又有多項效益衡量指標，一方面期望使政策影響分析更加全面，另一方面也提供一

¹工業技術研究院產業科技國際策略發展所能源研究組 資深研究員

²工研院產科國際所能源研究組 組長

³工研院產科國際所能源研究組 副組長

*通訊作者，電話：03-5913715，E-mail: yuwensu@itri.org.tw

收到日期：2021年04月29日

修正日期：2021年06月08日

接受日期：2021年07月09日

個有效的分析工具，以實際數據強化政策說帖，作為政府施政時面對社會大眾的溝通依據。

行政院於2017年核定「新節電運動」方案，透過獎勵補助、節能輔導、教育宣導與資訊揭露等多元政策工具全面性推動節能。本研究將分析該政策方案的經濟、環境及社會面向的影響，彙整政策分項的投入金額與節電量，投入模型計算各類型之效益。除了最直接的節電量之外，還包含附加價值、就業、綠色經濟成長、減緩電價上漲壓力、降低能源進口依存度、節能家電市場發展、帶動研究創新、能源效率提升、化石燃料避免量、減少溫室氣體排放量、減少空氣汙染排放物、減少環境保護支出減緩能源貧窮、增加家戶可支配所得等效果，使政策評估更全面。

本研究第2節說明研究背景，包含節能多重效益的概念，以及新節電運動的簡介；第3節介紹衡量節約能源效益的15項指標；第4節則應用節能多重效益分析方法，評估新節電運動政策的影響；最後第5節為本研究結論。

2. 背 景

2.1 節能效益

同樣產出下，節能會帶動能源效率提升，除了降低能源需求與節省更多的相關成本之外，提高能源效率對於社會福利與福祉有著許多的貢獻，例如促進經濟發展、增加能源的可負擔性、減少環境汙染，以及改善國家財政等多重效益，近年也常被討論 (e.g. Reuter *et al.*, 2020 ; Fawcett & Killip, 2019 ; Parag & Ainspan, 2019 ; Thema *et al.*, 2019 ; Kerr *et al.*, 2017 ; Ürgе-Vorsatz *et al.*, 2014)。節約能源將帶來許多直接或間接的好處，根據Campbell *et al.* (2014)，能源效率改善產生的效益是多層面的，如圖1，其中某些效益可快速見效，或能擁有長遠影響。

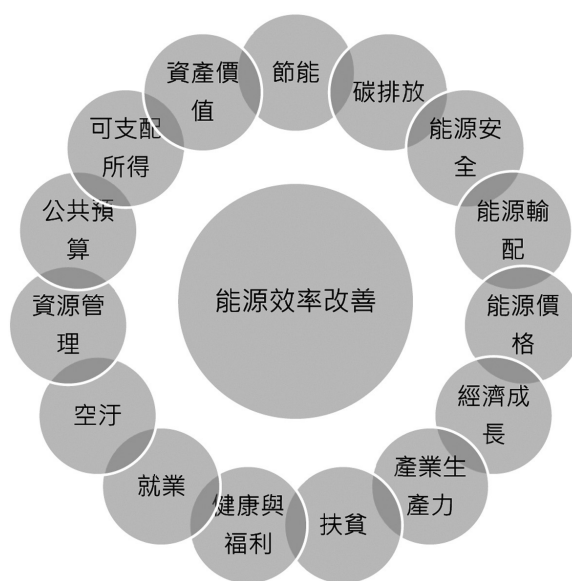


圖1 能源效率改善的多重效益(Campbell *et al.*, 2014)

在總體經濟發展上，能源效率的推動對國內經濟成長、就業機會、貿易餘額與能源價格等經濟活動，都具有直接與間接影響。Su *et al.* (2017)研究指出，臺灣鋼鐵業的能源效率提升，除了產業本身的投資增加、附加價值增加，也會帶動相關產業乃至於國內生產毛額的成長，以及增加就業人口。在政府財政預算方面，經濟成長可帶動更多經濟活動，進而增加政府稅收。減少能源消費，能降低政府在社會福利上的民生供冷/暖、失業救助以及能源價格補貼等支出，也可以降低能源進口，進而減少國家貿易赤字。

節約能源的好處還有其他之於溫室氣體、健康、家戶支出和能源安全等多重好處。節約能源會減少發電及用能所產生污染排放，減少硫氧化物(SO_x)、氮氧化物(NO_x)和粒裝汙染物(particulate matter, PM)的排放，提高室內和室外空氣品質(OECD/IEA, 2018)。Maidment *et al.* (2014)與Murray *et al.* (2000)的研究指出，節能與能源效率改善能提升人民健康，同時降低外在環境負向的影響。能源效率提升對於社會福祉效益，主要來自於為符合能源效率要求，所衍生建築耐候及保暖翻修計畫。根據Samarripas *et al.* (2017)的研究，從2002年開始，馬里蘭州

開始執行節能改造計畫，這些計畫證實可以減少民眾的能源帳單，進而減少民眾因為繳不出房租被趕走的機率，讓民眾平安度過天災，也提供人民生存基本條件的保暖與室內空氣品質改善。一方面增進年長者、幼童與貧窮家庭成員健康效益，一方面也間接節省了國家照護弱勢與低收入族群的社會與醫療補助經費(Bleyle *et al.*, 2019)。

對於產業而言，能源成本是營運成本之一，節能通常都是附帶的，而不會是主要的改造和投資原因(Zhang *et al.*, 2015)。但是節能投資往往在節能以外帶來「其他的好處」，包括提高企業競爭力、獲利程度、生產品質以及改善工作環境等(Campbell *et al.*, 2014)。前述的「其他好處」可能高達節能效益2.5倍之多，把這些其他好處加上節能效益一起計算，可以大幅縮短節能投資所需要的回收年限(Killip *et al.*, 2019; Pye & McKane, 2000)。

臺灣在節能政策評估說明上，除了說明節

能量、減碳量、減少能源成本，或是降低尖峰用電，也會說明對總體經濟(如國內生產毛額，Gross Domestic Product, GDP)、或是社會(如就業)的影響，其他的影響效果則較少著墨。為使政策論述更全面，本研究建構一套本土的分析工具，並以最近的「新節電運動」作為標的政策，標準化的流程估算節能政策的多種效果，藉以說明政策的廣泛影響。

2.2 新節電運動

為因應臺灣電力供應可能吃緊之情勢，除了由供應端擴大供給與需量管理之外，尚需搭配需求面的節約與管控。於此，行政院於2017年核定「新節電運動」方案，規劃中央和地方協力，強化能源效率管理與節電推廣工作。「新節電運動以」方案執行期程由2017年至2020年，以「政府帶頭」、「建築節能」、「產業響應」和「全民參與」四個主軸進行，推動架構及各項措施如圖2。

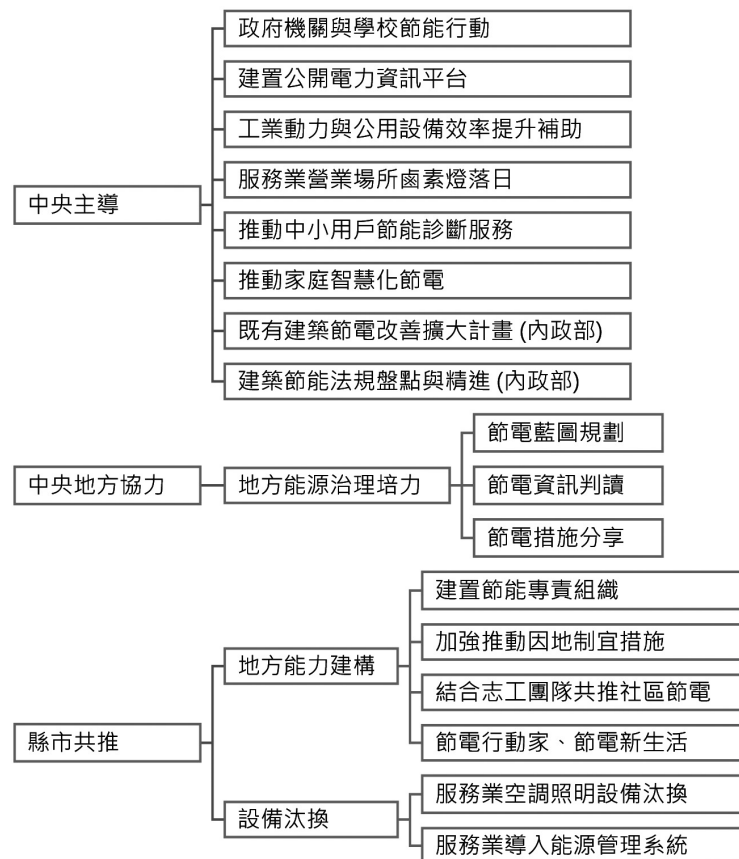


圖2 新節電運動推動架構及政策分項(本研究整理)

除了部分措施著重在地方能源治理的培力、能力建構與法規盤點和制訂外；其餘措施著重於透過獎勵補助、節能輔導與教育宣導工作。根據該方案的成本效益估計，預期於四年間將可節電44.69億度，並透過節能設備相關經費投入，帶動產值提升新臺幣427億元，同時創造約18,050人次的綠色就業機會。

實際上，執行政策並無法一次到位，使政策實際影響與規劃之間產生差異。實際作業例如：函知啟動設備汰換盤查作業、協助進行既設燈具盤查、設備汰換規劃及汰換進度追蹤、用能資訊填報、每月實際查核設備汰換情形等。此外，為使資料蒐集順利進行，需搭配現場節能技術輔導作業，如中央空調冰水主機效能量測、獨立電表及能源管理系統之裝設等，以發覺其節能潛力，並輔以填報說明會、節能培訓班、技術研討會與示範觀摩會等，以擴散其政策影響。每一個施行環節都會影響最後的成果，因此政策推動過程中，政策投入需要不斷視實際情況進行調整，因實行的進度與政策擴散的程度不同而有所差異，因此滾動式的盤點與事後的檢討工作也很重要。

新節電運動按各部門區分的實際工作成

果、投入金額與節電量彙整如表1，四年政府執行經費投入140.95億元，政府支出加上民間購買設備或家電時誘發的投資與消費，共計投入412.85億元，並創造出46.11億度的節電量，平均而言政策節省一度電的成本高達8.95元(412.85億元 / 46.11億度 = 8.95元/度)，然而政策實際產生的效果不單只有節電量，站在更宏觀的角度，節能政策的執行還有其他的效益，以下小節將逐一計算說明。

3. 效益指標說明

3.1 經濟影響

經濟影響包含：經濟成長、綠色經濟成長、增加就業機會、減緩電價上漲壓力、降低能源進口依存度、節能家電市場發展，與帶動研究創新，共七個指標。

經濟成長效益聚焦在有產業效果的政策分項，包含：政府機關及學校節能行動、工業動力與公用設備效率提升補助、住商部門老舊空調、照明、家電設備汰換，以及導入能源管理系統等節能設備汰換與高效率設備導入。根據

表1 新節電運動各部門工作、投入金額與節電量(2017–2020) (本研究彙整)

重點工作		投入金額(億元)	節電量(億度)
工業	- 產業中小能源用戶節能服務 - 工業能源大用戶節能技術服務 - 補助工業高效率動力與公用設備汰換 - 動力設備效率管理	58.11	27.12
服務業	- 20類服務業節能規定稽查 - 補助縣市共推服務業老舊照明與空調汰換，以及導入能源管理系統及智慧照明	61.61	7.92
政府機關	- 推動政府機關換裝LED燈具以及高效率空調 - 提供政府機關節能技術服務	36.16	3.13
住宅	- 結合在地志工推動家庭節能推廣講座及活動 - 補助住宅老舊冷氣、冰箱等家電設備汰換 ¹	256.98	7.94
合計		412.85	46.11

註：投入包含政府補貼金額，加上誘發民間新增投資與消費。

¹共計舉辦3,427場次相關活動，參加人次達146,728人，然而活動為住宅節能相關計畫支援舉辦，雖然節能推廣等教育輔導工作短期內的效果較不明顯，投入金額不成比例，長期而言仍然是重要的節能工作之一，故列入之。

主計處2016年最新投入產出表164產業分類，將主要影響產業收斂至：「通用機械業」、「照明設備業」以及「家用電器業」等。使用經濟模型(Su *et al.*, 2015)分析新節電運動投入汰換高效率設備的金額，除了直接挹注於特定產業提高生產外，還會透過生產需求的增加，間接增進上下游關聯產業的產值與附加價值。例如，補助馬達產業，除了馬達產業本身因增產而受益之外，其上游的零件製造廠商，以及下游需要安裝馬達的壓縮機廠商、或是負責銷售服務端的廠商皆可受惠。此外，研究假設單位勞動人均生產力不變，各產業產值提升的同時會增加新的就業需求，因此帶動國內就業市場發展。彙總各產業附加價值與就業機會的變動量，即為政策對總體經濟之影響。

值得一提的是，本研究之經濟影響評估以國內效果為主，排除透過進口由國外廠商獲利的部分，目的是評估實際留在臺灣的經濟影響，雖較為保守但卻是較貼近事實的評估方式。綠色經濟成長則是參考主計處綠色國民所得帳之編列結果，將原本估算的GDP增加扣除環境品質損及自然資源折耗。

減緩電價上漲壓力評估當能源需求趨緩，能舒緩能源價格上漲的壓力。根據Su (2018)，臺灣短期電力需求價格彈性為-0.142，代表電價上漲1%將使用電量減少0.142%，因此減緩電價上漲壓力比重為價格彈性的倒數。降低能源進口依存度則按比例估算透過節電可降低發電時所需要的初級能源進口，臺灣能源大量仰賴進口，根據經濟部能源局統計，2020年臺灣約97.9%的初級能源供給為進口。

節能家電市場發展則估計政策帶動能效一級空調與冰箱市場銷售額增加佔原本市場的成長，其成長率分母為過去年度節能空調與冰箱的市場銷售額；分子為當年度政策申請汰換的空調與冰箱市場銷售額，分子分母皆為價格衡量值，兩者相除即為政策帶動的市場成長。帶動研究創新參考行政院主計處的國民所得統計，智慧財產的固定資本形成率約在5%上下，

衡量政策帶動實質GDP成長中智慧財產類的固定資本形成。

3.2 環境影響

環境影響包含節電量、提升能源效率、化石燃料避免量、減少溫室氣體排放量、減少空氣汙染排放物，以及減少環保支出，共六個指標。

節電量直接由各執行計畫盤點加總。提升能源效率計算施政前後電力密集度的改善幅度，比較電力密集度的施政前設算值與施政後實際值，即可求得能源效率的改善幅度，其中電力密集度設算值為實際用電量加回盤查的節電量後，除以實際GDP扣除上小節計算之GDP成長。

在衡量化石燃料避免量時，假設初級能源的發電結構不變，因此可計算出減少電力消費下同比例地減少化石燃料的使用。此外，減少電力使用同樣能減少溫室氣體排放，根據經濟部能源局，最新2020年的電力排碳係數為每度電0.509公斤二氧化碳當量。除了排放溫室氣體，在發電的過程中也會產生空氣汙染排放物，如硫氧化物、氮氧化物及粒狀汙染物等，計算根據台電統計，各火力發電廠經執行各項空氣污染防治改善計畫後，如排煙脫硫設備、靜電集塵器等，以降低各火力電廠及煤場所造成之污染，並採用低硫燃料，空氣污染物排放強度已逐年有顯著的下降趨勢，根據台電公告之經營績效指標實績，2020年每度電產生硫氧化物(SO_x) 0.137克、氮氧化物(NO_x) 0.102克，以及粒狀汙染物(PM) 0.007克；又根據Pope *et al.* (2012)的研究，每增加10 μg/m³的空氣污染排放，將分別增加4%總體、6%心血管疾病以及8%肺癌的致死率，因此降低空氣汙染排放的效益對於國民健康十分重要。此外，減少環境保護支出指標，同樣參考主計處所編列的綠色國民所得帳，以衡量因節電所減少的政府環境污染防治支出。

3.3 社會影響

社會影響包含減少能源支出、增加家戶可支配所得兩項指標。減少能源使用可直接減少能源支出，對於低所得的家庭更能減輕生活支出壓力，減少能源貧窮的產生，節省的能源成本合計為節電量乘以平均電價，假設各案各戶彼此不重疊，可計算每戶每年節省的能源成本。家戶可支配所得增加是計算家戶可支配所得增加，增加的來源有二：一是因為節電而使能源成本降低所節省下來的費用，二則為因補助政策投入經費，帶動經濟成長的效果藉由企業利潤與薪資發放流向住宅部門，使家戶所得增加，作為比較基礎的每戶可支配所得採中位數，以避免平均數易受極端值影響的缺點。

本研究目的是為更廣泛評估節能的效益，說明節約能源投入，會對不同的利益相關者產生影響，使政府站在宏觀角度，考量不同角度評價政策。因此目標是囊括越多指標越好，無論是民眾、產業，或是技術與服務的提供者，皆能了解自己切身的利益，因此只要有影響，未來都能持續擴充指標。理論上，指標應有具

有全面性，亦即避免重複與不遺漏，本研究也在資料取得範圍內盡量使其完善；實際操作上，就是盡量考慮多面向，擴大分析範疇，在溝通時不同的利益相關者只需考量有切身利益的指標，而不必全盤討論。

資料使用除了投入產出表因更新頻率為五年一次固定採用2016年版本，其他參數皆根據能源局、台電公司與主計處公布之頻率每年更新，採用政策當年之參數進行評估，若評估當年參數尚未公布則使用前一年資料替代。經濟、環境及社會三面向共15個指標說明整理如表2。

4. 政策影響評估結果

政策對總體經濟影響的部分，政府支出140.95億元加上誘發的投資和消費，2017年至2020年實際投入412.85億元，模型分析補助類措施對於總體經濟附加價值之國內影響估計約216.37億元，其中每年影響依序為10.33億、57.97億、60.73億與87.34億元，並增加臺灣20,667個就業機會，雖然對總體經濟成長的貢

表2 政策效益指標(本研究彙整)

效益		指標說明
經濟	經濟成長	政策帶動當年GDP成長與產業附加價值成長(模型估計)
	綠色經濟成長	扣除環境品質損及自然資源折耗後的經濟成長
	增加就業機會	政策帶動當年就業機會增加(模型估計)
	減緩電價上漲壓力	節電減少用電需求，減緩電價上漲壓力
	降低能源進口依存度	節電降低對初級能源進口需求，而降低能源進口依存度
	發展節能家電市場	能效一級空調與冰箱市場銷售額成長
	帶動研究創新	實質GDP成長中智慧財產類固定資本形成金額
環境	節電量	各計畫盤點加總(盤查值)
	提升能源效率	電力密集度改善率
	化石燃料避免量	節電可以降低為發電而使用的化石燃料
	減少溫室氣體排放量	節電可減少溫室氣體排放量
	減少空氣汙染排放物	節電可減少空氣中的汙染物質，包含SO _x 、NO _x 及PM
	減少環保支出	節電可減少政府環境污染防治支出
社會	減少能源支出	每戶能源成本節省量
	增加家戶可支配所得	因降低能源支出與經濟成長，使家戶可支配所得增加

獻不大²，但政策目標本為節能減碳，透過節能設備補助帶動相關產業發展，應視為節電政策額外的經濟效果。

工業部門109個細產業中實際受到政策影響的產業，按國內效果之附加價值變動幅度前五名依序為：家用電器業、通用機械業、照明設備業、鋼鐵初級製品業，與塑膠製品業。

「家用電器業」主要透過空調與家電的擴大補貼而成長，因此生產受到政策的影響最大；其次受影響的是「通用機械業」，包含冰水主機、空壓機、風機、熱泵等動力機械；「照明設備業」主要來自於T8螢光燈管汰舊換新LED燈管之投入所帶動的產業成長。上述三個產業是補貼政策的主要受惠產業，透過產業上下游間的關聯效果，其他間接受惠產業包含「鋼鐵初級製品業」、「塑膠製品業」、「發電、輸電及配電設備業」以及「其他金屬製品業」等，皆是上述三個主要補貼產業的上游原料產業，因為與補貼目標產業的產業關聯度最大而間接受惠最多。

服務業部門受到政策影響的產業，按國內效果之附加價值變動幅度前三名依序為：批發業、零售業，以及金融中介業。雖然補貼政策本身之規劃並未對服務業有所補貼，然而工業產品的推出也需要下游的批發業、零售業進行進貨與販售，金融業則提供資金的借貸服務，因此雖非直接補貼，但上述三產業因與補貼目標產業關聯性大，而對其生產附加價值與就業市場有正向的影響效果。

除了GDP與就業影響之外，根據行政院主計處每年編製的綠色國民所得帳，考慮環境品質損及自然資源折耗占GDP比率，扣除掉對環境的潛在成本後，約貢獻綠色經濟成長約215.67億元。當資源越來越稀少，能源使用的外部總成本越來越高，能源價格上漲趨

勢難以避免，然而減少能源的使用卻可反向減緩能源需求的增加幅度，雖然量不大，也能稍稍舒緩能源價格上漲的壓力。每年節電加總可抵銷電價上漲的壓力2017年至2020年依序為2.5%、2.8%、2.8%與3.1%，四年累積起來約可減緩10.8%的漲價壓力。此外，臺灣能源大量仰賴進口，透過節電可降低能源進口依存度約0.0058%，雖不多但仍有正向的效果。

回歸市場面，受惠於節能家電的補貼，會吸引民眾在汰換家電時選擇能源效率較好的節能家電，因而帶動能效一級空調與冰箱銷售額成長，根據計畫盤點補貼台數與本計畫之市場規模估計，2017年至2020年補貼政策估計帶動節能家電市場成長率依序為7.9%、20.2%、29.4%與31.4%，四年累積下來節能家電大幅成長120.6%。新的經濟機會也會促使產業投入研究創新，基於上述的經濟成長前提下，估計帶動研究創新投資共11.24億元。

政策對環境最直接的影響就是用電量的減少，根據各執行計畫提報之節電量，新節電運動總計節電46.11億度，其中工業節電27.12億度、服務業節電7.92億度、政府機關節電3.13億度，而住宅部門節電7.94億度。根據IEA，能源密集度³通常被用作能源效率的衡量指標，節電一方面減少用電量、一方面促進相關產業經濟發展，因而使用電密集度逐年下降，平均每年可下降約0.4%上下，四年下來政策所帶動的用電效率提升估計約1.7%。

化石燃料使用仍是目前臺灣主要的發電方式，減少用電就能減少使用化石燃料供電，假設初級能源的發電結構不變，2017年至2020年新節電運動共可減少323千公秉油當量的化石燃料使用。同時減少電力使用就是減少溫室氣體排放，根據經濟部能源局每年公布的電力排碳係數，政策所產生的節電量可以直接換算成

²根據行政院主計處，2017年至2020年的實質國內生產毛額分別為181,366億、186,420億、191,946億與197,913億元新臺幣。

³根據IEA，能源密集度通常被用作能源效率的衡量指標，因為從總體上講，它是滿足能源服務所需能源的替代度量，且該指標所需資料容易取得，且進行跨國/地區評估和比較也比較容易，因此IEA使用電力密集度來衡量國家電力效率能源效率。

約2,241千噸的溫室氣體排放避免量。除了排放溫室氣體，在發電的過程中也會產生空氣污染排放物，如硫氧化物、氮氧化物及粒狀污染物等，根據台電每年公布的空氣污染排放係數估算，藉由節電可減少空氣污染排放物合計共1,789噸，其中包含78噸的粒狀污染物。

節電降低化石燃料的使用，進而降低溫室氣體排放與空氣中的污染排放物，間接地也減少政府在對抗空污廢氣廢水的環境保護支出，根據行政院主計處的綠色國民所得帳，參考每人環境保護支出，以及民眾向政府支付環境交易相關款項能源類占比，透過政策節電率估算，約減少環境保護支出約2.29億元。

根據計畫盤點，住宅部門接受補助及推廣共871千人次，假設各案各戶彼此不重疊，並以台電歷年平均電價為計算基準，平均每參與戶一年可節省能源成本約247元，減輕能源成本，即可減少能源貧窮的產生⁴。此外，除了降

低能源成本，因補助投入經費而帶動經濟成長的效果也會藉由企業的利潤與薪資發放流向住宅部門，使家戶所得增加，根據行政院主計處統計，以每戶每年可支配所得中位數為估算基準，平均每戶每年可支配所得受惠於政策可微幅增加0.11%。

總結來說，新節電運動政策各面向的影響，包含經濟、環境以及社會影響效果15項指標彙整如圖3。根據每年參數與投入，細分至2017年至2020年的影響則可參考表3。

最後說明研究限制，本研究所建立之分析工具能跨政策比較成本效益，也能跨年度進行趨勢分析，然而對於本文的目標政策「新節電運動」而言，趨勢分析並不合適，因為實際執行政策時，金額投入不斷視實際情況進行調整，執行和政策擴散的速度各有差異，使每年實際投入的金額不同。四年總投入金額412.85億元中，2017年至2020年的年投入金額依序

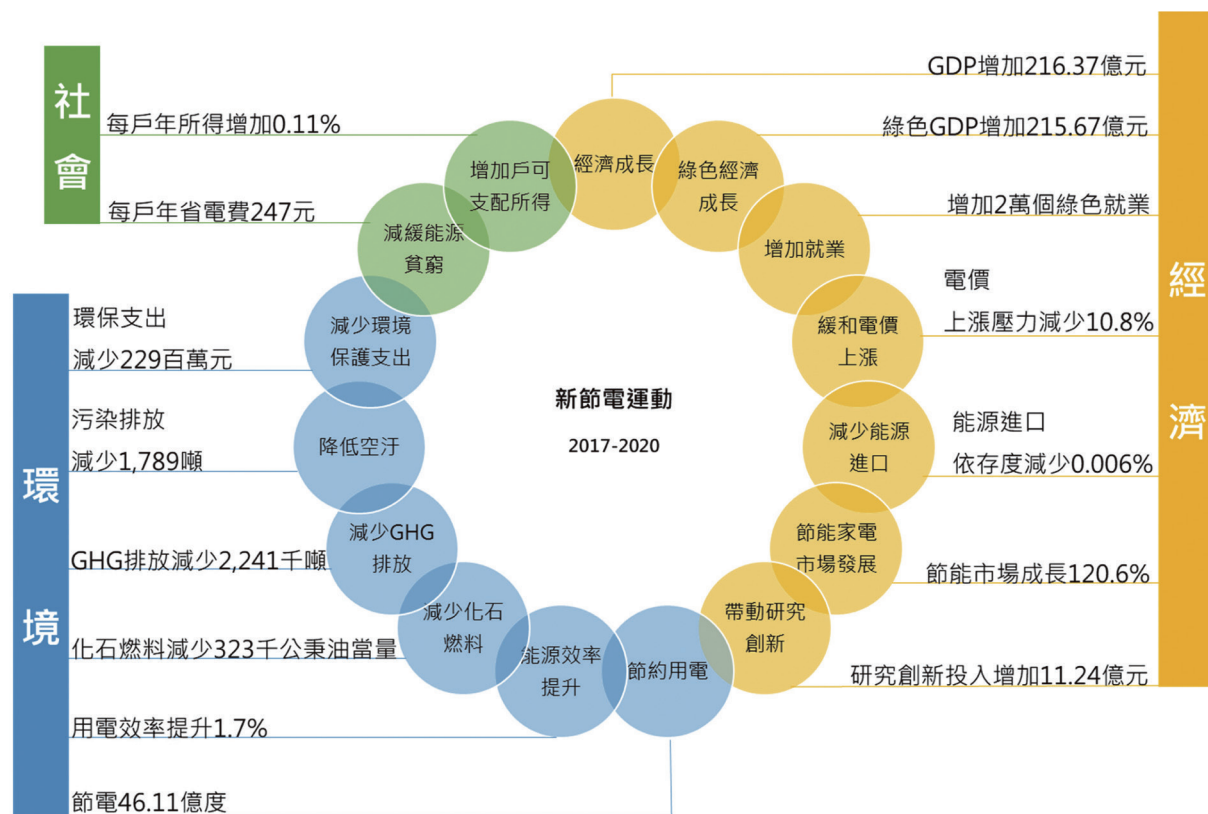


圖3 新節電運動政策效益評估結果(2017-2020) (本研究繪製)

⁴目前臺灣能源貧窮調查尚缺，實際接受補助的家戶有多少比例為能源貧窮戶亦屬未知，因此有多少能源貧窮戶數受到影響目前仍無法估計，此研究限制亦在此說明之。

表3 新節電運動歷年政策效益評估結果(2017－2020) (本研究彙整)

效益指標		2017年	2018年	2019年	2020年
經濟	經濟成長(百萬元)	1,033	5,797	6,073	8,734
	綠色經濟成長(百萬元)	1,029	5,778	6,053	8,707
	增加就業機會(人次)	940	5,546	5,799	8,382
	減緩電價上漲壓力(%)	2.5	2.8	2.8	3.1
	降低能源進口依存度(%)	0.0013	0.0014	0.0014	0.0017
	發展節能家電市場(%)	7.9	20.2	29.4	31.4
	帶動研究創新(百萬元)	50	296	310	468
環境	節電量(百萬度)	882	1,237	1,238	1,254
	提升能源效率(%)	0.35	0.43	0.43	0.49
	化石燃料避免量(公秉油當量)	71,916	82,038	81,372	87,431
	減少溫室氣體排放量(噸)	504,694	569,962	565,333	601,430
	減少空氣汙染排放物(公斤)	534,757	453,403	449,721	350,933
	減少環保支出(百萬元)	48	59	58	64
社會	減少能源支出(元/戶)	0	263	264	213
	增加家戶可支配所得(%)	0	0.10	0.11	0.13

為：16.78億元、105.98億元、119.82億元以及170.27億元，由於投入金額本身的差異，難以區分效果的成長趨勢是由於投入的增加還是政策效果的擴散，是本研究方法的限制之一。此外，本研究仍著重在量化的數值分析，因此政策非量化的效果，例如教育輔導成效、知識擴散等短期內效果較不明確的措施，則難以展現成效。

5. 結 論

討論節能政策的多重影響，代表政府站在一個宏觀的角度，考量不同的利益相關者用各種角度評價政策，無論是直接受政策影響的民眾與產業，或是技術與服務的提供者，都會有自己立場的考量，而政府所扮演的角色即是與各利益相關者溝通，以尋求支持並極大化政策的總效益。參考Campbell *et al.* (2014)，本研究建立一個分析工具，評估節能政策的各種效果，三個構面包含「經濟」、「環境」與「社會」，各構面下又有效益衡量指標共15項，透過量化的數據與標準化的分析流程，一方面期

望使政策影響分析更加全面，另一方面也提供一個有效的分析工具，以具體的數據作為政府施政時面對利益相關者與社會大眾的溝通依據。

作為實證分析，以2017年至2020年的「新節電運動」為研究標的，估算政策的多重效果，以說明政策的廣泛影響。新節電運動方案於2016年由經濟部能源局推出，規劃「政府帶頭」、「建築節能」、「產業響應」和「全民參與」四個主軸，由中央與地方分工，本研究彙整政策分項的投入金額與節電量，投入模型計算，以多項指標完整說明節能的各種影響與好處。根據政策執行後盤點，四年政府執行經費投入140.95億元，創造出46.11億度的節電量。本研究的貢獻在於建立臺灣節能政策的多重效益標準化分析流程，可跨政策、跨計畫甚至是跨年度進行政策效益分析。

經濟影響評估結果，模型估計新節電運動補助類措施對於總體經濟的國內影響約216.37億元，並增加臺灣20,667個就業機會，由於是設備的補貼政策，國內主要受惠部門仍在於工業。經濟成長的同時，包含215.67億元的綠色

國民生產毛額增加。此外，四年節電能舒緩電價上漲壓力約10.8%，降低能源進口依存度0.0058%，帶動120.6%的節能家電市場成長，以及11.24億元的研究創新投入。

環境影響評估結果，除了節電之外也帶動用電效率提升1.7%、減少323千公秉油當量的化石燃料使用，減少2,241千公噸的溫室氣體排放，以及減少空氣汙染排放物共1,789噸，其中包含78噸的粒狀汙染物，同時減少政府2.29億元的环境保護支出。社會影響評估結果，透過新節電運動政策，平均每參與戶一年可節省能源成本247元，每戶每年可支配所得受惠於政策微幅增加0.11%。

作為政府施政面對利益相關者與社會大眾的溝通依據，量化的數據與標準化的分析流程能使溝通更聚焦。但事實上有些政策效益本身難以量化，例如教育輔導、經驗傳承的成效，或是將地方缺少的用能統計補足，如何衡量質化的成效或是直接將其量化，使影響指標更加全面性，則是未來的研究重點。

參考文獻

- Bleyl, J. W., M. Bareit, M. A. Casas, S. Chatterjee, J. Coolen, A. Hulshoff..... & D. Ürge-Vorsatz, 2019. Office building deep energy retrofit: Life cycle cost benefit analyses using cash flow analysis and multiple benefits on project level. *Energy Efficiency*, 12(1), 261-279.
- Campbell, N., L. Ryan, V. Rozite, E. Lees & G. Heffner, 2014. *Capturing the multiple benefits of energy efficiency*. IEA: Paris, France.
- Fawcett, T. & G. Killip, 2019. Re-thinking energy efficiency in European policy: Practitioners' use of 'multiple benefits' arguments. *Journal of cleaner production*, 210, 1171-1179.
- Kerr, N., A. Gouldson & J. Barrett, 2017. The rationale for energy efficiency policy: Assessing the recognition of the multiple benefits of energy efficiency retrofit policy. *Energy Policy*, 106, 212-221.
- Killip, G., T. Fawcett, C. Cooremans, W. Crijns-Graus, S. Krishnan & F. Voswinkel, 2019. Multiple benefits of energy efficiency at the firm level: a literature review. *European Council for an Energy Efficient Economy: Stockholm, Sweden*.
- Maidment, C. D., C. R. Jones, T. L. Webb, E.A. Hathway & J. M. Gilbertson, 2014. The impact of household energy efficiency measures on health: A meta-analysis. *Energy Policy*, 65, 583-593.
- Murray, C. J., D. B. Evans, A. Acharya & R. M. Baltussen, 2000. Development of WHO guidelines on generalized cost-effectiveness analysis. *Health economics*, 9(3), 235-251.
- OECD/IEA, 2018. *Energy Efficiency 2018: Analysis and outlooks to 2040*.
- Parag, Y. & M. Ainspan, 2019. Sustainable microgrids: Economic, environmental and social costs and benefits of microgrid deployment. *Energy for Sustainable Development*, 52, 72-81.
- Pye, M. & A. McKane, 2000. Making a stronger case for industrial energy efficiency by quantifying non-energy benefits. *Resources, Conservation and Recycling*, 28(3-4), 171-183.
- Reuter, M., M. K. Patel, W. Eichhammer, B. Lapillonne & K. Pollier, 2020. A comprehensive indicator set for measuring multiple benefits of energy efficiency. *Energy Policy*, 139, 111284.
- Samarripas, S., L. Ross & T. Bailey, 2017. Making Maryland Homes More Affordable through Energy Efficiency. Retrieved from <http://aceee.org/research-report/u1711>.
- Su, Y.W., 2018. Electricity demand in industrial and service sectors in Taiwan. *Energy*

- Efficiency*, 11, 1541-1557.
- Su, Y.W., H. Y. Yang, Y. H. Huang, C. H. Lin & Y. L. Chang, 2015. INFORTW: An interindustry forecasting model of the Taiwanese economy. *In In Quest of the Craft: Economic Modeling for the 21st Century*, 345-360. Firenze University Press. (ISBN 978-88-6655-819-4)
- Su, Y. W., H. Y. Yang & C. H. Lin, 2017. Increase of electricity price and energy efficiency: Analysis using the macroeconomic interindustry model of Taiwan. *Economic Systems Research*, 29(3), 430-451.
- Thema, J., F. Suerkemper, J. Couder, N. Mzavanadze, S. Chatterjee, J. Teubler ... & S. Wilke, 2019. The multiple benefits of the 2030 EU energy efficiency potential. *Energies*, 12(14), 2798.
- Ürge-Vorsatz, D., S. T. Herrero, N. K. Dubash & F. Lecocq, 2014. Measuring the co-benefits of climate change mitigation. *Annual Review of Environment and Resources*, 39, 549-582.
- Zhang, S., E. Worrell & W. Crijns-Graus, 2015. Mapping and modeling multiple benefits of energy efficiency and emission mitigation in China's cement industry at the provincial level. *Applied Energy*, 155, 35-58.

Multiple Benefits of Energy Saving: The Economic, Environmental, and Social Effects of “New Electricity Saving Campaign”

Yu-Wen Su^{1*} Chih-Hsun Lin² Chin-Chiang Hsieh³

ABSTRACT

The multiple benefits of energy-saving policies are based on a macro perspective considering the benefits of different stakeholders. The government is responsible for the communication between stakeholders to seek support and maximize the total benefits of the policy. An analytical tool was constructed in this study to evaluate various impacts of energy-saving policies in Taiwan, including economy, environment and society aspects, with a total of 15 indicators. For the “New Electricity Saving Campaign”, the government has invested 14.1 billion NTD from 2017 to 2020 creating 4.6 TWh of electricity savings. Estimated results indicated the domestic impact of subsidies on GDP was 21.6 billion, and 20,667 job opportunities were created. Moreover, the four-year campaign eased the pressure on electricity prices by 10.8%, reduced the dependence on energy imports by 0.0058%, drove the growth of the energy-efficient appliance market by 120.6%, and increased the investment of innovation by 1.1 billion. For environmental impacts, the electrical efficiency was improved by 1.7%, the use of fossil fuels was reduced by 322.8 mtoe, the GHG emissions was reduced by 2,241 kton, and the air pollution emissions were also reduced by 1,789 ton. At the same time, the environmental protection expenditure of government was decreased by 229.5 million. For social impacts, each participating household saved 247 NTD in energy costs per year, and the annual disposable income per household was slightly increased by 0.11%.

Keywords: multiple benefits, electricity saving, energy efficiency, policy analysis.

¹Senior Researcher, Energy Research Division, Industry, Science and Technology International Strategy Center (ISTI), Industrial Technology Research Institute (ITRI).

²Division Director, Energy Research Division, ISTI, ITRI.

³Deputy Division Director, Energy Research Division, ISTI, ITRI.

* Corresponding Author, Phone: +886-3-5913715, E-mail: yuwensu@itri.org.tw

Received Date: April 29, 2021

Revised Date: June 8, 2021

Accepted Date: July 9, 2021