airiti

DOI: 10.6196/TAER.2015.20.2.2

夏季缺電之最適限電策略：農業-食品生產鏈亦須共體時艱？

李慧琳*、洪敏睿**

台灣夏季高溫酷熱使得各產業夏月用電量較全年月平均高出 5%~24%。台電公司發電機組的備轉容量率在過去幾年的夏季也多次逼近限電警戒值（6%）。在未來氣候變遷趨勢下，夏季極端高溫發生機率提高，發電容量因受環保及社會因素影響難以同步擴充，限電極可能成為台灣在夏季必須面對的挑戰。本文旨在建構一描繪台灣經濟體內所有生產及消費部門相互依賴連結的線性規劃產業關聯分析（linear programming input-output analysis，以下簡稱 LPIO）模型，用以求解經濟成長過程中若遇夏季供電瓶頸時之可行產業最適用電配置（限電）策略—限制用電之產業組合及配比。本研究首創以夏季產業關聯表（Input-Output Table，以下簡稱 IOT）來校準 LPIO 模型，切合實際地反映產業的季節性投入需求，以提升總體多部門模型之應用分析在政策制定參考上的實用性。以夏季 IOT 資料校準 LPIO 模型所求算出的產業最適限電策略需要相對較多產業加強配合節電。農業-食品生產鏈上各產業的用電密集度雖較第二及第三級產業為低，然而，因其產品之單位內含用電量所能創造的總體附加價值較低，以故，當供電不及經濟成長之需求而須進行限電最適配置時，漁產、畜產、加工食品、飲料、住宿及餐飲等產品之最終消費亦須共體時艱，配合最適限電配置原則而犧牲成長，進而帶動其相關上下游產業減產以減少用電。農產部門亦會受到產業間相互的投入產出關聯影響而減產。農業-食品生產鏈之上下游產業若能進一步提升用電效率，降低其產品內含電力使用量，限電優先順位可望後移，在缺電瓶頸時期得以倖免於限電危機。

關鍵詞：限電、線性規劃產業關聯分析模型、產品內含電力使用量、農業-食品生產鏈

---

* 國立政治大學經濟學系副教授。本文之聯繫作者。Email: hlee@mail2.nccu.tw。

** 國立政治大學經濟學系碩士。

本文承蒙科技部及中央研究院永續科學中心之研究經費補助，謹致謝忱。作者們亦感謝期刊編輯及兩位匿名評審之寶貴意見。文中若有任何疏漏，當屬作者之責。

農業經濟叢刊 (Taiwanese Agricultural Economic Review)，20:2 (2015)，53-87。

臺灣農村經濟學會出版

airiti

I、前　言

台灣夏季高溫酷熱使得各產業夏月用電量較全年月平均高出 5%~24%。台電公司發電機組的備轉容量率在過去幾年的夏季也多次逼近限電警戒值（6%）。在未來氣候變遷趨勢下，夏季極端高溫發生機率提高，再加上台電公司未來發電容量因受環保及社會因素影響難以同步擴充，限電極可能成為台灣在夏季必須面對的挑戰。

農業-食品生產鏈（agri-food supply chain，以下簡稱 AFSC）產業包括農產、畜業、漁業等初級產業，以及加工食品、飲料、住宿及餐飲業，將農產、畜產與漁產初級產品加工轉製成可供直接消費之食品，整個生產鏈形成之目的在於供應家計部門之食事需求。圖 1 係根據 2011 年 IOT 資料所整理出之 AFSC 上游產業供應其下游產業之產值配比，以呈現 AFSC 各產業之間的投入產出供應鏈結情形。農產、畜產及漁產主要供應加工食品產業及家計部門，而加工食品產業之產值的 53% 係供應家計部門，16% 供應給住宿及餐飲業，而住宿及餐飲產業之主要銷售對象為家計部門（佔其產值之 82%）。由此可見，加工食品業為 AFSC 之火車頭產業，絕大部分之農畜漁產品透過加工食品業的轉製最終歸於家計部門所消費，亦即，AFSC 產業生產所需之用電大多可歸因於家計部門之食事消費需求。

相較於製造業及服務業，AFSC 各產業的用電密集度（亦即：單位產出所需用電量）偏低。有限資源之一般配置原則為單位資源使用可創造之產出（亦即：資源密集度之倒數）較大之部門在資源配置上較不受限。據此原則，用電密集度低之 AFSC 產業，相對於製造業及服務業，通常不易落入限電之列。然而，現代經濟生產活動越趨專業分工，各產業間相互依賴度極高，同時，電力也是各產業生產必需的投入。若按產業用電密集度大小來決定限電優先順序（註 1），因其未考慮產業間之投入產出相互關聯依賴，依

airiti

此原則配置部門限電所導致之整體經濟成長減幅將會較預期減幅更大，並非最適作法。

因應前述提及之供應鏈結及需求驅動生產（demand-driven production）之屬性，本研究在探討限電策略時從產品角度出發，我們改從產品最終消費（final consumption）的角度來檢視計算個別產品在其完整製造歷程（life cycle）中—從初級材料使用以至末端轉製成可供最終消費之成品—所耗用之總電量，又稱產品之內含用電量（embodied electricity consumption），並進一步計算各個產品的單位內含用電量所能創造的總體附加價值（value-added induced per unit of embodied electricity consumption，以下簡稱 VAEE）。根據本研究計算結果，AFSC 各產業之產品的 VAEE 較第二及第三級產業為低。若台電公司按 VAEE 之高低來排定各產業產品的限電先後順序，AFSC 各產業之產品有可能亦須共體時艱，加入限電之列，配合減少用電。此外，AFSC 產業之產品易受高溫影響而腐壞，在酷暑炎熱天氣下，AFSC 產業更加依賴電力以進行溫控冷藏，這將進一步壓低其產品之 VAEE。這將使得 AFSC 產業落入限電之列的可能性大幅提高。

本文旨在建構一涵蓋台灣經濟體內所有生產及消費部門的線性規劃產業關聯分析（linear programming input-output analysis，以下簡稱 LPIO）模型，用以求解經濟成長過程中若遇夏季供電瓶頸時之可行產業最適用電配置（限電）策略（註 2）—限制用電之產業組合及配比。本研究將夏季限電配置分析之時程架構（time frame）設定為極短期之情境，因此，我們選擇連結線性規劃方法與產業關聯分析（又稱投入產出分析，Input-Output Analysis，以下簡稱 IO）模型來尋找供電瓶頸下之最適配電策略。IO 模型之特點在於其內建假設價格為外生變數，不受模型內實質數量變數之變動所影響。目前台灣的電價費率為預先公告之費率，而非即時反應市場供需之浮動價格。在夏季高溫日供電不敷需求之時，電力公司無法立即漲價以調控用電。此外，在極短期之下，生產部門難以即時取得替代投入，因此，IO 模

airiti

型中內建假設生產函數為 Leontief 型式（亦即：單位產出之投入需求係數固定），切實反映了生產部門在遇限電時僅能減產之行為表現。限電除了會影響用電產業之產出量以外，用電產業所需使用之其他中間投入亦會因 Leontief 生產函數設定之故而須同幅度減用。生產這些中間投入產品之產業將因此連帶受到影響而減產。在極短期的情境下，投入產出分析模型中的函數設定所描繪的生產者行為反應與真實世界一致。因此，我們認為 LPIO 模型適合應用在夏季高溫日遇供電瓶頸時的產業限電最適配置策略分析。

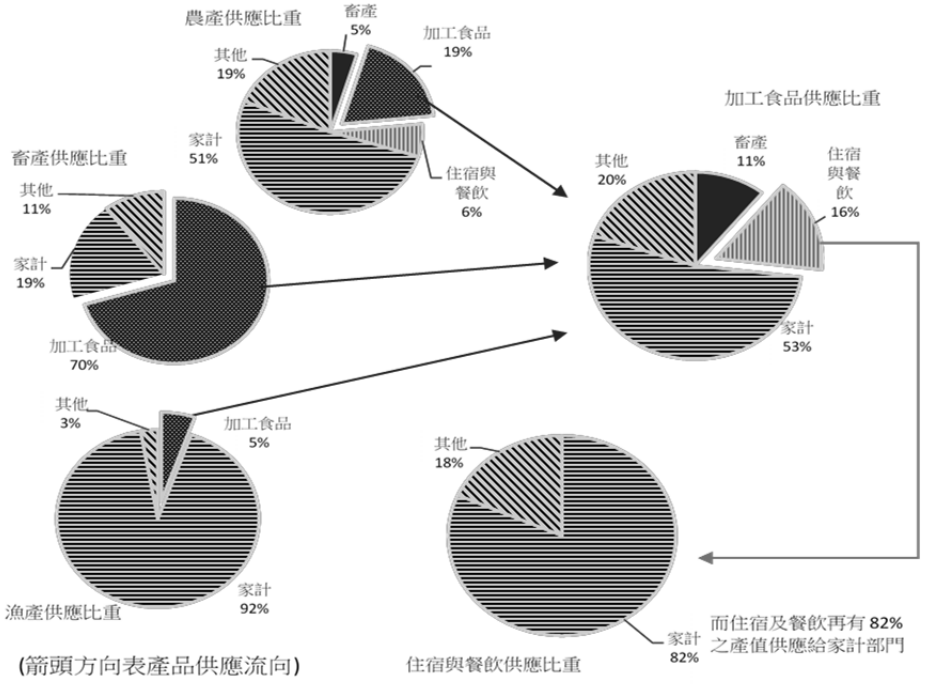
本研究首創以夏季產業關聯表（Input-Output Table，以下簡稱 IOT）來校準 LPIO 模型，切合實際地反映產業的季節性差異投入需求，以提升總體多部門模型之應用分析在政策制定參考上的實用性。我們以主計總處所公佈之 2011 年 IOT 為基礎進一步編製 2011 年之夏季 IOT（行政院主計總處，2014），以呈現夏季月份（6、7、8、9 月）之用電特性，亦即：生產部門之夏月單位產值用電係數較全年月平均高出 9.58%~34.32%，最終消費部門之夏月用電支出份額較全年月平均高出 25.94%。我們認為：以夏季 IOT 為校正基準之 LPIO 模型所求算得出之產業最適限電組合應會不同於以全年 IOT 表校準之 LPIO 結果。理論上來說，以夏季 IOT 資料校準 LPIO 模型所求算出的產業最適限電策略將會需要相對較多產業加強配合節電。

目前經濟部所頒布之「電源不足時期限制用電辦法」係以用電量較大之工業部門優先限制供電量（行政院法務部，2006）。但若經濟成長為國家重要目標，則須考量特定產業對總體經濟成長之貢獻而免予限電，以使生產資源供應瓶頸所致之經濟成長侷限得以最小化。台灣為一出口導向之經濟體，然其生產所需之能源高度仰賴進口，因此，出口市場的成長與穩固為台灣經濟成長之重要動能，亦可賺取購買進口投入所需之外匯，以維持經濟成長。在限電瓶頸時期，若政策決策者以經濟成長為優先考量而給予重要出口產業免予限電之保障，則其他產業必須分擔較多的供電缺口。本文亦將此一政策考量反映在 LPIO 模型之實證模擬情境中。

airiti

基於總體附加價值極大化之目標，本研究之 LPIO 模型在配置產業限電量時係根據各產品之 VAEE 進行排序：VAEE 較小的產品將會被配置較多的限電負擔，進而導致生產該產品之產業及其上游（投入）產業的產量亦須隨之減少。在產業生產函數為 Leontief 形式之固定投入係數的設定下，用電量將與產業之產量同步同幅度縮減。在經濟成長過程中若遭遇供電瓶頸而須採取最適限電策略時，AFSC 產業之產品可能或因其所隱含 VAEE 小於其他產業產品，或間接因產業間相互的投入產出關聯之連帶影響，而遭致限電。

本文架構如下：第 II 節介紹本研究所建構之線性規劃產業關聯分析模型，並回顧缺電之經濟衝擊分析以及有限生產資源之最適配置模型建構相關文獻，針對其在模型設定上的特色進行比較；我們在第 III 節說明夏季產業關聯表之編製細節；第 IV 節為模擬情境設定與結果分析；第 V 節總結本文。



資料來源：本研究整理自 2011 年產業關聯表（行政院主計總處，2014）。

圖 1　農業-食品供應鏈之相關部門的產值供應流向與比重

airiti

II、線性規劃產業關聯分析模型

第 2.1 節介紹本研究所建構之線性規劃產業關聯分析（LPIO）模型；此一 LPIO 模型之方程式設定係參考自文獻中類似議題分析之研究，因此，我們在第 2.2 節中回顧並比較本模型與其他類似研究在模型設定上的特色。

2.1 線性規劃產業關聯分析模型

典型的需求驅動（demand-driven）之 IO 模型假設產業之產能可無限擴充；然而，實際世界中的產業則是易受要素或投入供給不足而導致產能受限。經濟體內各產業常面臨各種限制之挑戰，經濟規劃決策者需尋找最佳因應策略，以求經濟效益之極大。電力已然成為現今各類經濟生產消費活動中不可或缺之必需品，在超額用電需求的壓力下，我們必須要能找出對策，將有限供電量有效率地配置於各用電部門之間，以降低限電對經濟成長的損傷。因此，本研究建構一涵蓋台灣經濟體內所有生產及消費部門的線性規劃產業關聯分析（linear programming input-output analysis，以下簡稱 LPIO）模型，用以求解經濟成長過程中若遇夏季供電瓶頸時之可行產業最適用電配置（限電）策略—限制用電之產業組合及配比。

實際世界的經濟體系內各產業所生產的產品互為彼此的投入，形成供應鏈結。此外，典型的需求驅動 IO 模型分析所求解之標的為經濟體系內各生產部門為滿足一給定產品組合之最終消費所須提供之產出。在生產所需之投入有所短缺時，該一給定產品組合之最終消費需求則將無法全然滿足。本研究所建構之 LPIO 模型切實描繪了產業間的投入產出關聯、需求驅動生產，以及要素投入短缺可影響最終消費之特性。因此，在探討限電策略時，我們從產品角度出發，計算最終消費產品之生命週期（life cycle）中—從初級材料使用以至轉製成可供最終消費之成品—所投入之總用電量，亦即：產品之

airiti

內含用電量。

本研究之 LPIO 模型在求解產業之最適限電量配置時係根據各產品之每單位內含用電量所能創造的總體附加價值（VAEE）進行排序：VAEE 較小的產品將會被配置較多的限電負擔，進而導致生產該產品之產業及其上游（投入）產業的產量亦須隨之減少。我們設定產業生產函數為 Leontief 形式，單位產出所需之投入量係數為固定，因此，產業用電量將隨產量同幅度縮減。

本研究之 LPIO 模型設定目標函數為 GDP 之極大，亦即總體附加價值之極大化，如式(1)所示。限制式則是依據 IOT 資料及 IO 模型描繪產業間之投入產出關聯程度（式(2)）及 GDP 之會計恆等式（式(6)），並設定瓶頸部門（電力）之產出限制（式(3)），以及生產與最終消費部門之間的用電缺口（electricity deficiency）負擔分配比例 R（式(4)、式(5)）。我們設定最終消費部門對電力與非電力複合產品的需求函數為 Cobb-Douglas 型式，亦即：最終消費部門之電力與非電力複合產品之支出份額固定不變（式(7)）。式(8)至式(11)則是設定模擬情境中各產品之最終消費及對應的產業產出之成長上限：用電不受限制之下其成長率可達到 10%；若遇供電瓶頸，則成長率會因此低於 10%。

本文之模擬情境設定如下：在 10% 的 GDP 成長目標下，若經濟體中生產所需之要素投入（國產及進口）供應無虞，則最終消費與國內生產均須成長 10%，以達成 GDP 成長 10% 之目標。若電力供應因備用容量有限而只能成長 5% 時，不足以因應國內產業為滿足 10% 之最終消費成長所需的生產用電。在高溫酷熱的夏季，用電需求較非夏季為高，以致備轉容量率下降，此時必須對用電戶進行限電，以維護電網安全。本研究以 LPIO 模型搭配 2011 年之台灣 IOT 資料－行政院主計總處（2014）之全年表，以及本研究據以編製之夏季表－進行模型校準，以求算最適的限電配置組合。生產部門與消費部門（家計部門）間的限電配比（LPIO 模型中的參數 R，見式(4)、式(5)）可由外生設定。我們設定兩種不同的 R 比例：

airiti

(1)R=85%：此係依據 2011 年之 IOT（行政院主計總處，2014）資料所呈現之產業與家計部門用電比例，亦即：電力部門產值的 85% 供應生產部門，15% 供應家計部門，來配置供電缺口，因此，生產部門與家計部門在限電後之用電配比與供電無虞時相同；

(2)R=95%：以民生用電需求為優先考量，我們配置較多缺電量給產業承擔，因此，限電之後產業占總供電量之比例將低於供電無虞時的 85% 配比。

本研究之 LPIO 模型之方程式及各變數及參數之定義與設定值臚列介紹如下。

目標函數：

$$\textbf{MAX}\ \ \mathrm{GDP} = \sum_j v_j X_j \tag{1}$$

限制條件：

$$(I - D)\,X = Y_u + Y_e \tag{2}$$

$$X_E = X_E^b \times 1.05 \tag{3}$$

$$\sum_j \Delta z_{Ej} \geq R\Delta X_E \tag{4}$$

$$\Delta Y_E \geq (1 - R)\Delta X_E \tag{5}$$

$$\sum_j Y_{uj} + \sum_j Y_{ej} - \sum_j m_j X_j = \sum_j v_j X_j \tag{6}$$

$$\frac{Y_{uE}}{\sum_j Y_{uj}} = \frac{Y_{uE}^b}{\sum_j Y_{uj}^b} \tag{7}$$

$$Y_{e_i} = Y_{e\,i}^b \times 1.1\text{，}i = \text{出口前五名的部門} \tag{8}$$

$$Y_u^b \leq Y_u \leq Y_u^b \times 1.1 \tag{9}$$

$$Y_e^b \leq Y_e \leq Y_e^b \times 1.1 \tag{10}$$

$$X^b \leq X \leq X^b \times 1.1 \tag{11}$$

airiti

變數及參數之定義：

n：生產部門（產業）個數；

E：指電力產業；

v_j：產業 j 之單位產出附加價值率（j=1,2,…,n-1, E）；

m_j：產業 j 之單位產出進口投入使用比例（j=1,2,…,n-1, E）；

D：為維度$n \times n$的矩陣，列示各產業單位產出之國產品投入使用係數；

Y_u：為維度$n \times 1$的矩陣，列示供應民間及政府的國產品最終需求，此部分之最終需求主要為滿足國內消費效用；

Y_e：為維度$n \times 1$的矩陣，列示供應出口、固定資本形成與存貨變動之國產品最終需求；

X：為維度$n \times 1$的矩陣，列示各產業產品的國內生產總額，

$$X = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_{n-1} \\ X_E \end{bmatrix}, Y_u = \begin{bmatrix} Y_{u_1} \\ Y_{u_2} \\ \vdots \\ Y_{u_{n-1}} \\ Y_{u_E} \end{bmatrix}, Y_e = \begin{bmatrix} Y_{e_1} \\ Y_{e_2} \\ \vdots \\ Y_{e_{n-1}} \\ Y_{e_E} \end{bmatrix};$$

X^b、Y_u^b、Y_e^b：分別是X、Y_u、Y_e在基期年（無供電瓶頸時期）的水準；

ΔX_E：為反映經濟成長率 10% 目標下所需之總用電需求與僅成長 5% 的電力供應之差距，我們稱此為供電缺口量（或稱限電量）；

Δz_{Ej}：為產業 j 為達成長 10% 所需之用電量與其可配得之供電量的差距，我們稱此為產業 j 的用電缺口量；

ΔY_E：為最終消費部門為達成長 10% 所需之用電量與其可配得之供電量的差距，我們稱此為最終消費部門的用電缺口量；

R：為產業部門需分擔之供電缺口量比例，（1-R）則為最終需求需分擔之供電缺口量比例。

茲將上列 LPIO 模型中各限制式之設定原由與特色說明如下：

式(2)：台灣為一島國，國產電力僅供國內生產使用，亦無法進口電力，因此，我們使用國產品的投入係數（D 矩陣）來呈現與電力供需相關的產業

airiti

關聯程度。此外，我們將國產品的最終需求區分為兩部分：一、民間及政府消費（Y_u），與二、投資及出口（Y_e）。此係考量Y_u為消費滿足效用之屬性，而Y_e則是作為賺取報酬之目的。Y_u之產品組合中，我們設定電力（E）與其他非電力產品之需求間有一固定比例關係，以反映 Cobb-Douglas 效用函數之消費者偏好（式(7)之設定）。

式(3)：電力部門產出較基期年成長 5%。

式(9)、式(10)：民間與政府消費之成長目標為 10%，但若遇供電瓶頸，則其成長率會因此低於 10%。在經濟追求成長的情境設定下，成長率之底線為零，亦即，底線為基期年（無供電不足之虞）的需求水準（Y_u^b、Y_e^b）。此係因基期年之供電量足以因應基期年之用電需求，若經濟成長之 GDP 水準與基期年相同（即：零成長），則用電需求會與基期年相同，但不會低於基期年之需求量。成長率之上限則為目標所設定之 10%。

式(11)：與式(9)、式(10)之設定理由相同，供電瓶頸下的最終需求成長所對應的產值成長率之底線為零，上限為 10%。

式(4)、式(5)：ΔX_E之供電缺口量中的 R%由使用電力做為中間投入的各產業來共同承擔（$\sum_j \Delta z_{Ej}$），如圖 2 之右半邊所示；（1–R）ΔX_E之供電缺口量則由最終需求承擔（ΔY_E），如圖 2 之左半邊所示。

圖 2 左半邊（呈現式 (5) 之機制）之最終需求部門缺電量（ΔY_E）會造成兩種影響效果：

a. $\Delta Y_E \Rightarrow \Delta Y_{j\neq E}$：我們設定最終消費之電力與非電力產品的購買支出比例固定，如式(7)所設定，則非電力產品的購買金額也將因應用電支出（ΔY_E）的變動而有所調整（$\Delta Y_{j\neq E}$）；

b. $\Delta Y_j \Rightarrow \Delta X_j \Rightarrow \Delta z_{Ej}$：各產品之最終消費的需求量變動（$\Delta Y_j$）也將影響產業產出（$\Delta X_j$），再因 Leontief 生產函數之故而使得產業之用電量有所變動（Δz_{Ej}）。

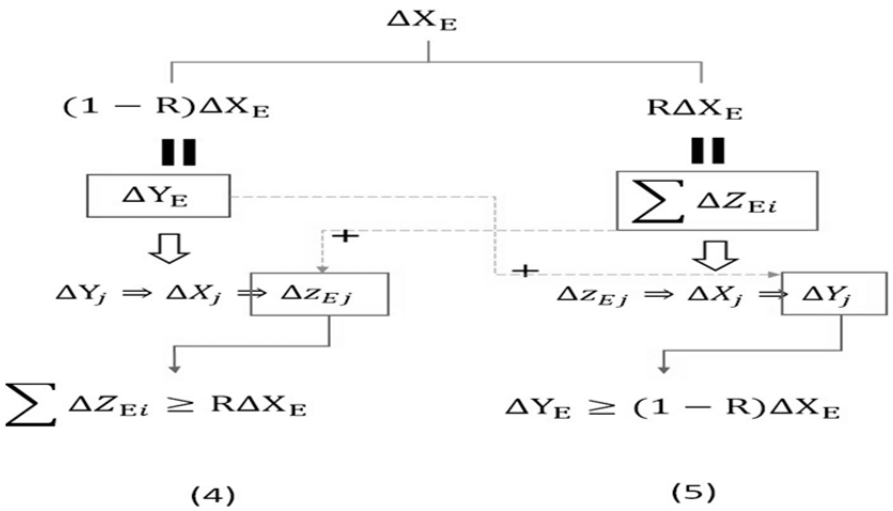
圖 2 右半邊（呈現式(4)之機制）之生產部門缺電量（$\sum_j \Delta z_{Ej}$）亦會造成

airiti

兩種影響效果：

a. $\sum_j \Delta z_{Ej} \Rightarrow \Delta z_{Ej}$：生產部門承擔缺電量（$\sum_j \Delta z_{Ej}$）將使各生產部門因用電受限（$\Delta z_{Ej}$）；

b. $\Delta z_{Ej} \Rightarrow \Delta X_j \Rightarrow \Delta Y_j$：因 Leontief 生產函數之故，生產部門因用電受限（Δz_{Ej}）而須減產（ΔX_j），進而導致可供應給最終消費之數量必須向下調整（ΔY_j）。



資料來源：本研究整理。

圖 2 式(4)與式(5)之限電影響機制

整體而言，本研究之 LPIO 模型考量了最終消費部門之需求變動對產業產出的影響，以及產業間之投入產出關聯，式(4)中的生產部門加總之限電量（$\sum_j \Delta z_{Ej}$）有可能超出原先設定之總供電缺口量的 R 比例（亦即，$R\Delta X_E$），式(5)中的最終消費部門之限電總量（ΔY_E）有可能超出原先設定之總供電缺口量的（1–R）比例（亦即，$(1\text{-}R)\Delta X_E$）。

式(6)：生產國產品所需使用的中間投入有國產與進口兩種來源，因此，供應最終消費之國產品銷售收入（$\sum_j Y_{uj} + \sum_j Y_{ej}$）扣除國產品生產所使用之進

airiti

口投入成本（$\sum_j m_j X_j$）後則可算得國產品生產活動所創造之附加價值（$\sum_j v_j X_j$）。

式(8)：本研究設定之限電模擬情境之一為：重要出口產業不限電，以確保經濟成長。我們根據 2011 年之 IOT 資料挑選出前五大出口產品之生產部門：電子零組件、化學材料、批發及零售、電腦電子及光學產品、機械設備部門。此五項產品之出口成長率可達 10%，不受限電影響。

2.2 本模型與其他相關研究之模型設定比較

我們篩選主要相關研究在模型設定上的差異及特色，彙整於表 1，並與本研究之模型進行比較。

Cipollone 與 Marchetti（2001）設定 LPIO 模型以找出因資源取得有限以致成長未能達到目標之瓶頸（bottleneck）部門。其模型假設一組經濟體預期能達到的最大產出值X_{max}，LPIO 模型求解最終需求之最大成長率g_{max}。但若未來最終需求之成長率（g^*）大於上述最終需求之最大成長率g_{max}，亦即：$g^* > g_{max}$，則未來產業為滿足此g^*之最終需求成長須生產的產出量為X^*。其中，X^*大於X_{max}之部門便須透過進口來補足供應短少的部分，這樣的部門即為瓶頸部門。

李高朝、李秀娟與林師模（2012）參考 Cipollone 與 Marchetti（2001）建構 LPIO 模型，設定有限資源的供給限制，求算出各項生產資源的影子價格（shadow price），用以評估未來可能侷限台灣經濟成長的瓶頸部門。其結果顯示：當前（2010 之前）台灣尚未遇到瓶頸，但 2015 年時電力供應可能會成為台灣經濟發展的瓶頸部門；此外，礦產部門若無法得到足夠的進口，也將會成為瓶頸部門。礦產（能源礦產）為電力部門的重要投入，進口礦產的供應不足勢必導致供電受限。透過模型模擬預先測知瓶頸部門，及早規畫經濟成長所需之資源進口量與瓶頸部門之新增設備投資。許志義等（1990）以 LPIO 模型評估在不同電力供給量之限制下的最適部門電力供應配置，並

airiti

求算電力資源的影子價格（shadow price），以作為電源開發規劃及擬定電價之參考。

Chen 與 Vella（1994）亦以 LPIO 模型探討電力部門產出減少 S%之情境下的部門用電分配，以使 GDP 減損最小化。Chen 與 Vella（1994）以 IO 模型的 Leontief 逆矩陣結合各產業的附加價值率得到各部門最終需求能帶動的附加價值（稱為附加價值乘數），在總體附加價值極大化之目標下，優先分配缺電量給最終需求部門承擔，再將剩餘缺電量優先配置給附加價值乘數最小之產業部門，直至其最終消費之產品供應量減至零，若尚有缺電量，則由附加價值乘數次小的最終消費產品來負擔缺電量，依此原則直至缺電量全數分配完畢。

Chen 與 Vella（1994）及許志義等（1990）與本研究均著重探討經濟體遇資源供應之瓶頸限制下的最適配置策略。不同的是，本研究所探討之情境為在考慮未來在廢除核能電廠之後發電裝置容量很可能無法提升，電力供應將無法跟上經濟成長所需，因而限縮經濟成長。本研究之 LPIO 模型求解結果所反映的是透過最適的產業限電配置以縮減經濟成長與目標成長率之差距。Chen 與 Vella（1994）及許志義等（1990）設定之模擬情境則是突發的電力供應短缺，其 LPIO 模型求解結果則會選取附加價值乘數相對較小之產品，犧牲其最終需求之消費量，優先確保能直接創造附加價值之生產部門的用電量，以求 GDP 因供電短缺所致之下降幅度極小化。

Wang 與 Miller（1995）假設運輸部門因投資不足而成為瓶頸部門，其模擬情境設定各部門之成長目標為 10%，而運輸部門僅能達到 5%的成長，透過 LPIO 模型來分析運輸瓶頸部門如何影響經濟成長，並設計因應策略，將瓶頸部門所造成的資源缺口量，依照一給定的比例 R 分配給生產部門承擔，其餘則由最終需求部門吸收。若政策以家計部門之需求為優先考量，則資源缺口量全由產業部門來承擔。

表1　主要文獻與本研究之比較

	研究目的	主要方法	研究特點
許志義等（1990）	缺電成本	以線性規劃方法求算電力的影子價格	將缺電量優先由產業部門承擔
Chen 與 Vella（1994）	缺電成本	設定不同程度之缺電量，以線性規劃方法求算缺電之邊際損失。	將缺電量優先由家計部門承擔，並計算個別產品最終消費之附加價值乘數，依此配置缺電量。
Wang 與 Miller（1995）	運輸部門成為瓶頸所致之經濟衝擊	假設運輸部門的成長不及經濟成長，透過線性規劃方法將運輸部門產值做最適的銷售配置。	運輸部門產出缺口量之比例 R 由產業部門承擔，其餘的（1-R）比例則由家計部門承擔。
Cipollone 與 Marchetti（2001）	界定瓶頸部門	以線性規劃方求算找出無法滿足需求成長之瓶頸部門。	以 LPIO 模型找出成長情境下可能成為瓶頸之部門。
李高朝、李秀娟與林師模（2012）	界定瓶頸資源以及瓶頸部門	採用 Cipollone 與 Marchetti（2001）的方法並加入資源供給及進口之限制，以求算找出無法滿足需求成長之瓶頸部門。	其結果指出，未來電力會成為台灣經濟發展的瓶頸。
本研究	面對電力瓶頸時之電力供應最適部門配置	以夏季 IOT 資料校準 LPIO 模型，並利用 LPIO 模型求算供電缺口量之最適配置。	1. 設定產業與家計的承擔比例 R 與（1–R），並設定最終需求中電力與非電力產品為互補關係。 2. 依最終消費之產品單位內含電力所能創造之總體附加價值乘數大小進行最適配置供電缺口量。 3. 比較以夏季及全年 IOT 資料校準 LPIO 模型所得出之模擬結果差異。

資料來源：本研究整理。

airiti

許志義等（1990）根據我國在電源不足時期之限制用電辦法，設定缺電量應由產業部門負擔；但 Chen 與 Vella（1994）則認為缺電量應優先由家計部門承擔，原因在於其認為家計部門不若生產業部門可直接創造附加價值。本研究認為以一 R 比例來分配產業與家計部門之供電缺口負擔較符合台灣供電政策以民生用電為優先供應的原則，因此，我們採用了 Wang 與 Miller（1995）一文中 R 比例參數的設置，並進一步比較不同的供電缺口量配置比重下民生與產業部門所受之衝擊。

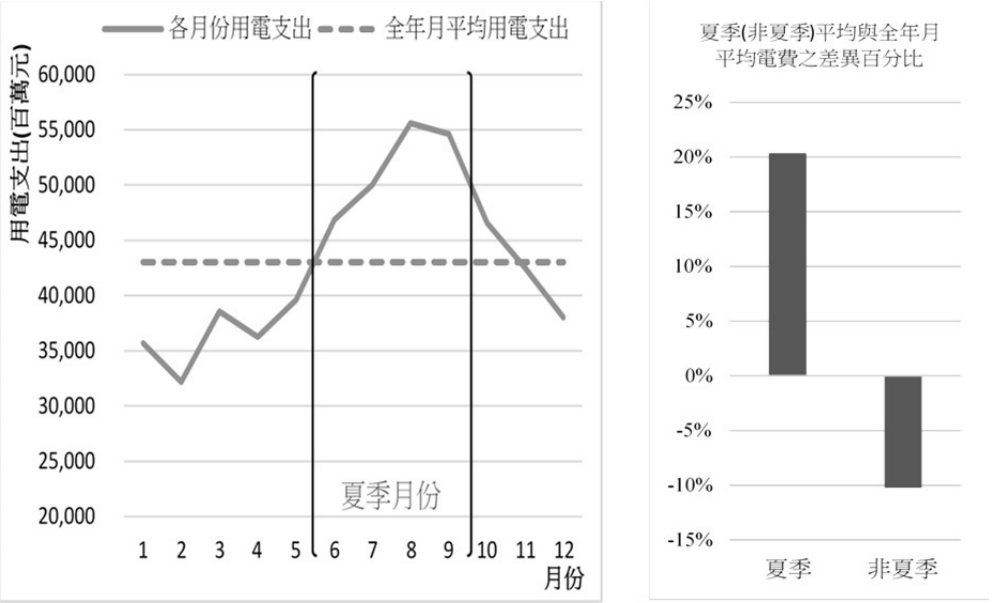
III、夏季產業關聯表之編製

台電公司之各月電費收入統計數據顯示（圖 3），夏季（6-9 月）月平均用電支出較全年月平均高出 20%。產業與民生用電量亦呈現季節性差異，夏月用電量較全年月平均高出 5%~24%（如圖 4 所示）。對夏季遇供電瓶頸之最適限電配置問題來說，若以全年 IOT 資料來校準 LPIO 模型，其所求解之結果（即：產業最適限電組合）將會因低估夏季用電係數而有所偏誤。因此，我們以主計總處所公佈之 2011 年之 IOT 資料為基礎（行政院主計總處，2014），輔以台電公司之電費收入及售電量數據所推算得出之各用電部門在夏季月份（6-9 月）的用電係數，電力以外的其他中間投入係數則假設無季節差異，與全年 IOT 之係數值相同，編製出夏季 IOT，用以校準 LPIO 模型。

我們以表 2 之範例說明夏季 IOT 之編製方法。我們將全年 IOT 三等分，可得到四個月之 IOT，其投入係數與全年 IOT 一致。我們若以台電統計資料所推算之各生產及最終消費部門夏季占全年電費比例，分別乘以全年之 IOT 中各部門的用電支出，則可得到夏季 IOT 中各部門之用電成本。橫向加總各生產及最終消費部門之電力支出即為夏季 IOT 電力部門之產值。我們假設電力與非電力部門之非電力投入技術係數與全年 IOT 一致。非電力部門之夏季產值假設為全年產值的三分之一。非電力部門在夏季的額外電費支出（亦

airiti

即：夏季 IOT 中的 250 與全年三等分 IOT 中之 200 的差額 50），則由其附加價值中的營業盈餘來墊付，因此，夏季 IOT 中非電力部門之附加價值須自 110（全年三等分 IOT 中）向下調整至 60。電力部門之營業盈餘則由其夏季電力產值扣除其夏季電費支出及中間投入成本後而得。因電力部門在夏季因應需求擴張而增產，其非電力部門投入之需求較大，我們以當季存貨變動來調整支應。因此，夏季 IOT 中的存貨變動幅度會較全年三等分 IOT 為大，但在非夏季 IOT 則較小，加總夏季與非夏季之存貨變動則為全年 IOT 中之存貨變動之數值。



資料來源：本研究整理自臺灣電力股份有限公司（2011）之 2011 年各月份售電收入數據。

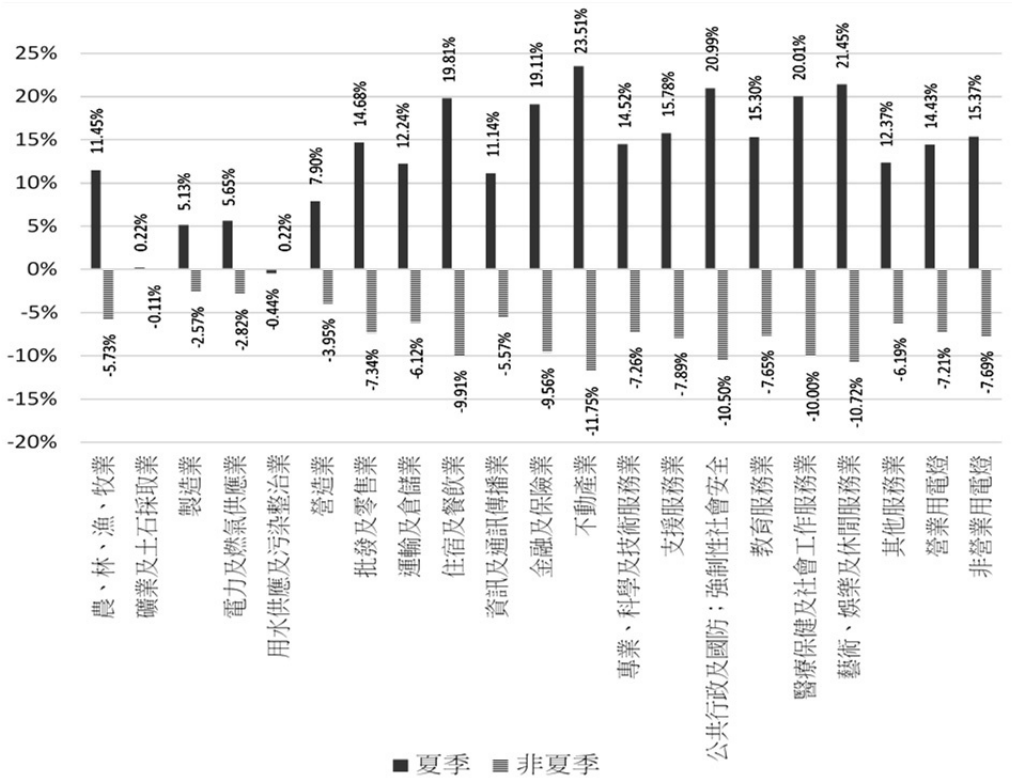
圖 3　夏季（非夏季）平均跟全年月平均的用電支出差異百分比與 2011 年各月份之用電支出

以上述方法編製之夏季（6-9 月）IOT 與非夏季（10-5 月）IOT 若予以加總，則可回復全年 IOT 的數值。但夏季 IOT 中之各產業用電係數較全年

airiti

IOT（或四個月均等分 IOT）中之係數為大，以反映夏季較大的用電量及費率，而夏季 IOT 之各產業附加價值率亦因此較全年 IOT（或四個月均等分 IOT）為小。

圖 5 彙整夏季 IOT 與全年 IOT 各部門用電係數及其差異百分比。夏季 IOT 中生產部門之用電係數較全年 IOT 高出 9.58%~34.32%，最終消費部門之夏月用電支出份額高出 25.94%。圖 6 為夏季 IOT 與全年 IOT 中各部門附加價值率的比較及差異百分比，夏季 IOT 中產業之附加價值率普遍低於全年 IOT，反映了夏季用電之成本壓力。



資料來源：本研究整理自臺灣電力股份有限公司（2011）之 2011 年各月份部門別用電量數據。

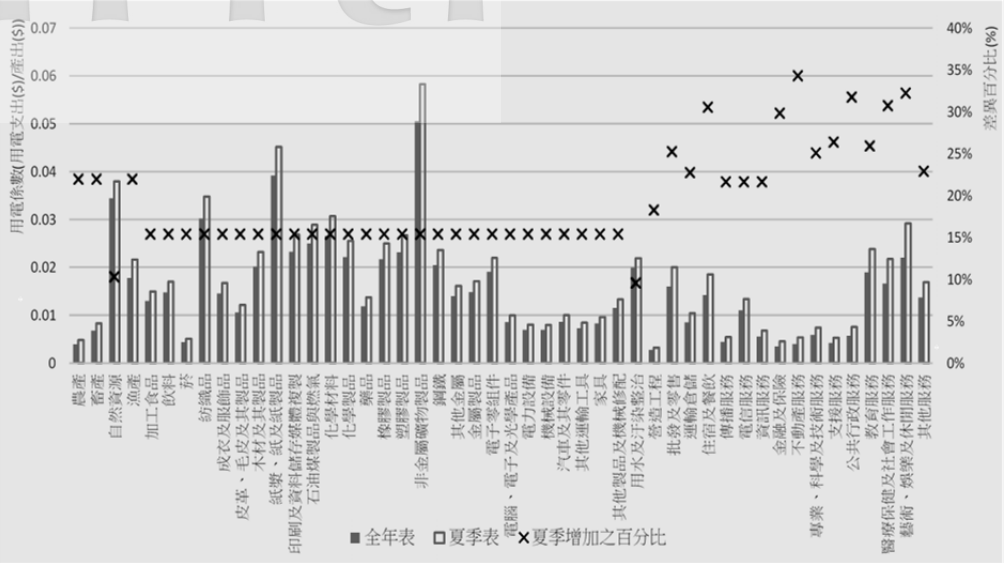
圖 4　各部門夏季及非夏季月平均用電量相較於全年月平均的差異%

表 2　夏季 IOT 編製範例

全年 IOT	電力部門	（投入係數）	非電力部門	（投入係數）	存貨變動	其他最終需求（不含存貨變動）	（支出份額）	總產出
電力（國產）	150	(0.1136)	600	(0.2469)	0	570	(0.4318)	1320
非電力產品（國產）	600	(0.4545)	1200	(0.4938)	-120	750	(0.5682)	2430
附加價值	270	(0.2045)	330	(0.1358)				
進口投入	300	(0.2273)	300	(0.1235)				
總投入	1320		2430					
全年三等分（四個月）	**電力部門**	**（投入係數）**	**非電力部門**	**（投入係數）**	**存貨變動**	**其他最終需求（不含存貨變動）**	**（支出份額）**	**總產出**
電力（國產）	50	(0.1136)	200	(0.2469)	0	190	(0.4318)	440
非電力產品（國產）	200	(0.4545)	400	(0.4938)	-40	250	(0.5682)	810
附加價值	90	(0.2045)	110	(0.1358)				
進口投入	100	(0.2273)	100	(0.1235)				
總投入	440		810					
夏季（4 個月）	**電力部門**	**（投入係數）**	**非電力部門**	**（投入係數）**	**存貨變動**	**其他最終需求（不含存貨變動）**	**（支出份額）**	**總產出**
電力（國產）	70	(0.1296)	250	(0.3086)	0	220	(0.4681)	540
非電力產品（國產）	245.4545	(0.4545)	400	(0.4938)	-85.4545	250	(0.5319)	810
附加價值	101.8182	(0.1886)	60	(0.0741)				
進口投入	122.7273	(0.2273)	100	(0.1235)				
總投入	540		810					
非夏季（8 個月）	**電力部門**	**（投入係數）**	**非電力部門**	**（投入係數）**	**存貨變動**	**其他最終需求（不含存貨變動）**	**（支出份額）**	**總產出**
電力（國產）	80	(0.1026)	350	(0.2160)	0	350	(0.4118)	780
非電力產品（國產）	354.5454	(0.4545)	800	(0.4938)	-34.5455	500	(0.5882)	1620
附加價值	168.1818	(0.2156)	270	(0.1667)				
進口投入	177.2727	(0.2273)	200	(0.1235)				
總投入	780		1620					

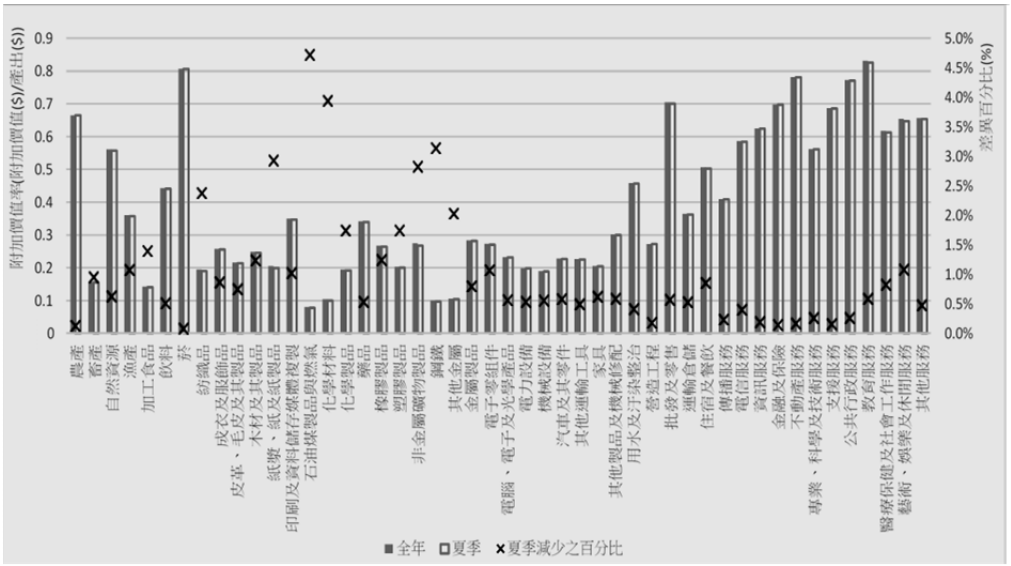
資料來源：本研究假設之簡化 IOT。

airiti



資料來源：行政院主計總處（2014）與本研究整理。

圖 5　全年表與夏季表的用電係數比較



資料來源：行政院主計總處（2014）與本研究整理。

圖 6　全年表與夏季表的附加價值率比較

airiti

IV、模擬情境設定與結果分析

我們在第 4.1 節說明本研究限電配置之 LPIO 模型模擬設定，隨後於第 4.2 節分析模擬結果，並比較不同情境間之結果差異。

4.1 模擬情境設定

我們設定兩種對比之模擬情境：情境 A 中，家計部門之電力與非電力產品消費不設定比例，由模型內生調整，且不給予特定產業或出口不限電之優厚考量；情境 B 則設定家計部門之電力與非電力產品消費維持未成長前之比例，且給予特定產業或出口不限電之優厚考量。情境 A 所使用之 LPIO 模型為前述 2.1 節中之式(1)至(6)及式(9)至式(11)；情境 B 則使用全部式(1)至式(11)。

情境 B 之式(7)反映了現代生活中家計部門用電與其他產品消費之互補關連性。式(8)給予五大主要出口產品之出口用電成長不受限之優厚待遇，此係反映經濟政策決策者之考量。台灣對於進口能源依賴度甚高，99%之能源來自於進口（經濟部能源局，2015），因此，我們亟需透過產品出口，賺取外匯以購買進口能源。此外，台灣為出口導向之經濟體，為了固守我國主要出口品在國際市場上努力多時打下的市場份額，不因夏季限電之故而須拱手讓出此一市場商機，政策決策者多會給予不限電之優厚考量，以維持我國主要出口品在國際市場上的競爭力。

4.2 模擬結果分析

在分析討論模擬結果之前，我們先於 4.2.1 節介紹 LPIO 模型作為最適配置之依據準則：根據各產品之每單位內含用電量所能創造的總體附加價值

airiti

（VAEE）進行排序：VAEE 較小的產品將會被配置較多的限電負擔，進而導致生產該產品之產業及其上游（投入）產業的產量亦須隨之減少。4.2.2 節比較以夏季及全年 IOT 校準之 LPIO 模型求解結果；4.2.3 節比較不同的生產部門供電缺口承擔比例 R 之下的最適限電配置結果差異；4.2.4 節比較情境 A 與情境 B 之結果差異；4.2.5 節則探討本研究之缺電最適配置結果對於農業-食品生產鏈部門之因應策略的啟示。

4.2.1 附加價值乘數與電力使用乘數

本研究之 LPIO 模型以 VAEE（σ_j）作為部門間電力配置的指標，σ_j值最小之部門（j）的電力成長最先受限為零成長，其後依序限制σ_j次小之部門。各部門σ_j的數值由夏季 IOT 中計算得出，如式(12)。

$$\sigma_j = \frac{S_{vj}}{S_{Ej}}，j = 1,2,\dots,n \tag{12}$$

S_{vj}為第 j 部門的附加價值乘數，而S_{Ej}為第 j 部門的電力使用乘數，以矩陣形式表示為：

$$S_v = v \cdot (I - D)^{-1} \tag{13}$$

$$S_E = E \cdot (I - D)^{-1} \tag{14}$$

v為$1 \times n$的矩陣，代表各部門單位產值的附加價值，也就是附加價值率的矩陣($v_j = \frac{value\ added_j}{output_j}$)。$S_v$為$1 \times n$的矩陣，其中，矩陣內的$S_{v_j}$代表 j 部門一單位的最終需求可帶動整個經濟體的總附加價值，因此又將S_v稱為「附加價值乘數」。E 為$1 \times n$的矩陣，代表各部門單位產值所需要的電力投入，也就是用電係數($E_j = \frac{Electricity\ use_j}{output_j}$)。$S_E$為$1 \times n$的矩陣，其中，矩陣內的$S_{E_j}$代表 j 部門一單位最終需求所需要的總電力投入，以下稱為「電力使用乘數」。

首先，從模型設定中的式(1)、式(2)，即目標函數$GDP = \sum_j v_j X_j$，與投入產出關係$(I - D)\,X = Y_u + Y_e = Y$兩式開始，若將目標函數以矩陣表示可以得到：

airiti

$$\mathrm{GDP} = \sum_{\mathrm{j}} \mathrm{v_j X_j} = [v_1 \quad v_2 \quad \ldots \quad v_{n-1} \quad v_E] \cdot \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_{n-1} \\ X_E \end{bmatrix} = v \cdot X \tag{15}$$

接著產出與最終需求可以透過 Leontief 逆矩陣做轉換，得到$\mathrm{X} = (\mathrm{I} - \mathrm{D})^{-1} \cdot \mathrm{Y}$，最後將目標函數中的 X 以 Y 作為取代可得：

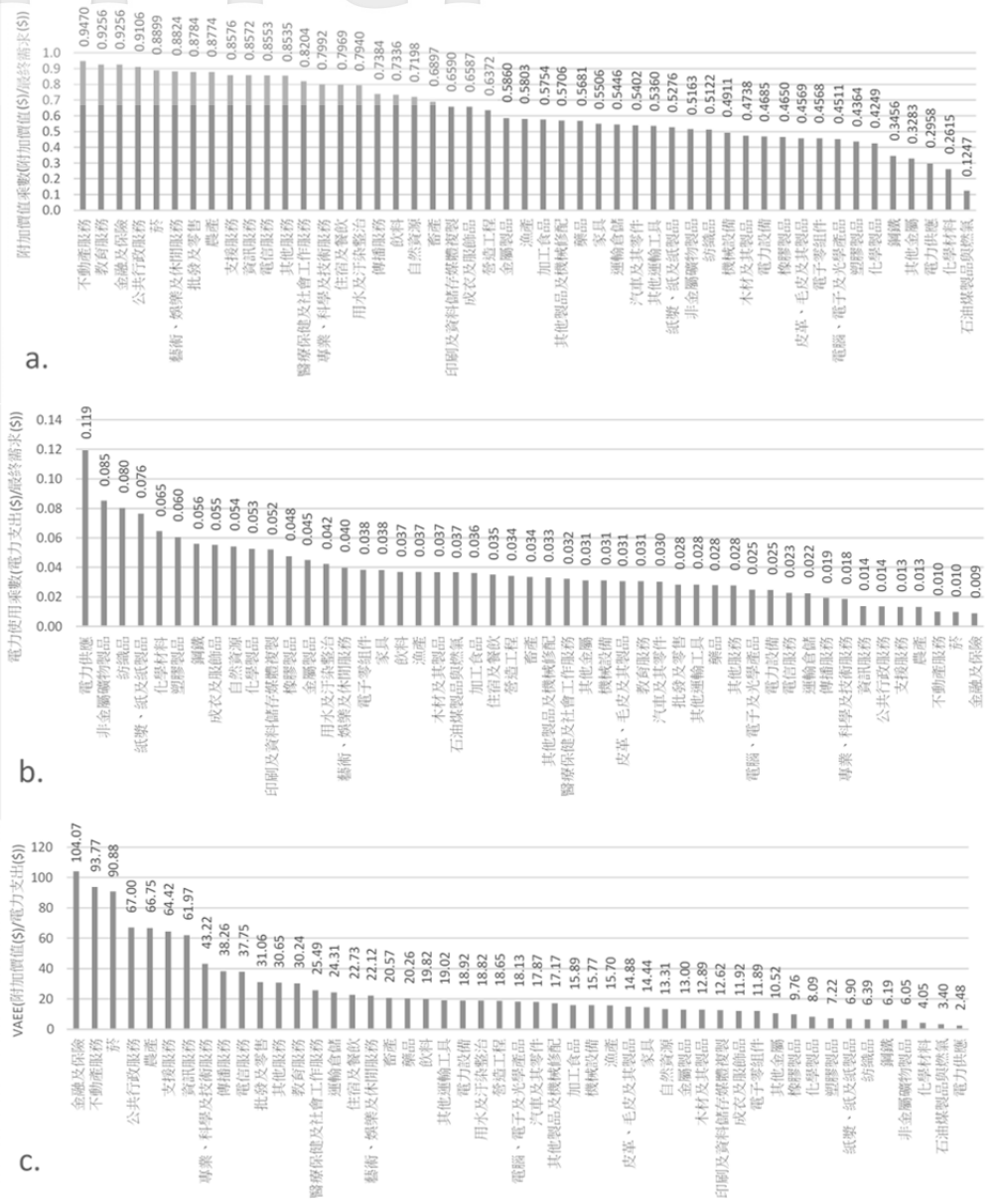
$$\mathrm{GDP} = v \cdot X = v \cdot (\mathrm{I} - \mathrm{D})^{-1} \cdot \mathrm{Y} \tag{16}$$

亦即：GDP 最大化須以各部門的最終需求及其附加價值乘數來決定總附加價值。

但若電力供應有限，則須輔以式(14)之電力使用乘數來衡量各部門一單位最終產品所需的總電力需求。σ_j值表示平均每一單位內含電力投入在第 j 部門產品上可以創造的總體附加價值。將電力優先投入到σ_j值較大之部門的最終需求生產所能創造的總體附加價值是相對較有效益的。

我們將各部門的附加價值乘數與電力使用乘數整理於圖 7a 與圖 7b，而各部門的 VAEE 則如圖 7c 所排序。VAEE（σ_j值）的排序與附加價值乘數的排序有所不同，附加價值乘數大的部門若其電力使用乘數亦大，則其 VAEE 之大小排序將會向後退移。以加工食品部門與漁產部門為例，在附加價值乘數方面，漁產大於加工食品，但漁產的電力使用乘數亦大於加工食品，因而拉低漁產的 VAEE，導致其低於加工食品。農產部門則因其電力使用乘數偏低，農產的 VAEE 的排序較其附加價值乘數的排序再向上提升。金融及保險部門與化學材料部門的兩種乘數排序差異較為極端，金融及保險部門的附加價值乘數大，但電力使用乘數小，因此，其 VAEE 是最大的；相反地，化學材料部門的附加價值乘數小，但電力使用乘數大，其 VAEE 因此較小。我們將各部門 VAEE 之排序搭配 LPIO 模型所求解出的最終需求成長，以分析不同情境下的結果，並比較差異，而後再透過 Leontief 逆矩陣計算出對應最終需求的各部門產值成長。

airiti



資料來源：夏季 IOT 與本研究整理。

圖 7 a. 附加價值乘數（S_V）之排序；b. 電力使用乘數（S_E）之排序；c. 單位內含電力所帶來的總附加價值（VAEE）之排序

airiti

4.2.2 夏季與全年 IOT 校準之 LPIO 模擬結果差異

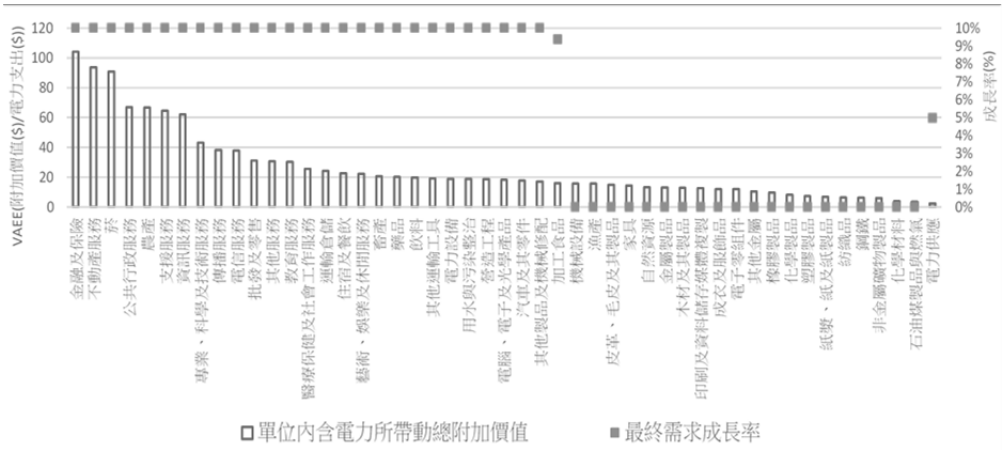
我們以情境 A 搭配 R 比例設為 85%（亦即：總供電缺口量中的 85% 由產業來負擔）為例比較夏季與全年 IOT 校準之 LPIO 模擬結果差異，分別如圖 8 及圖 9 所示。全年 IOT 所求算得出的附加價值率（圖 6）、用電係數（圖 5）與σ_j（圖 8 及圖 9）之部門排序及水準值不同於夏季 IOT。此外，由於夏季 IOT 中電力部門的產出較全年 IOT 為大，因此，在面對實際總供電量僅能成長 5%，而未能完全滿足經濟成長 10%之目標下所需的用電量時，以夏季 IOT 所換算之供電缺口量會較全年 IOT 多出 19.5%，再加上各產業在夏季 IOT 中的用電係數較全年 IOT 為大，因而使得需要受到限電的部門數較多：以夏季 IOT 校準 LPIO 模型之結果中需要 21 個產業來分擔供電缺口；以全年 IOT 校準之 LPIO 結果只須由 19 個產業來分擔。

表 3 彙整圖 8 與圖 9 中受影響之部門比較。夏季表 LPIO 之模擬結果中，漁產之最終消費成長率因用電受限而無法成長，但其在全年表 LPIO 結果中則不會受到影響，可成長 10%。夏季表 LPIO 之模擬結果中，加工食品部門的最終消費成長為 9%，未達 10%，其產值連帶也因此成長未達 10%。

就夏季表 LPIO 之模擬結果來看，屬農業-食品供應鏈（AFSC）部門之漁產部門，其最終需求因限電之故，成長率為 0%，但其產出仍略有成長。從圖 1 資料來源：本研究整理自 2011 年產業關聯表（行政院主計總處，2014）。所示之 AFSC 鏈結情形來看，漁產的產值主要供應家計部門的需求，其次為食品加工部門，因此最終需求的 0% 成長對漁產的產值成長影響極大，但由於加工食品的最終需求仍有 9% 的成長，受到加工食品產出成長的帶動，漁產的產出得以微幅成長。加工食品的最終需求成長雖然僅較目標成長率（10%）短少 1%，其上游產業（如：農產與畜產部門）亦會受到連帶影響。農產與畜產品之最終需求皆未被限制而可達到 10% 的成長，但其產品為加工食品業之重要投入。圖 1 顯示農產的產值中有 19% 供應至加工食品部門，而畜產則有高達 70% 供應至加工食品部門。畜產之產出較為依賴加工食品此一下游部門，因此，當加工食品的最

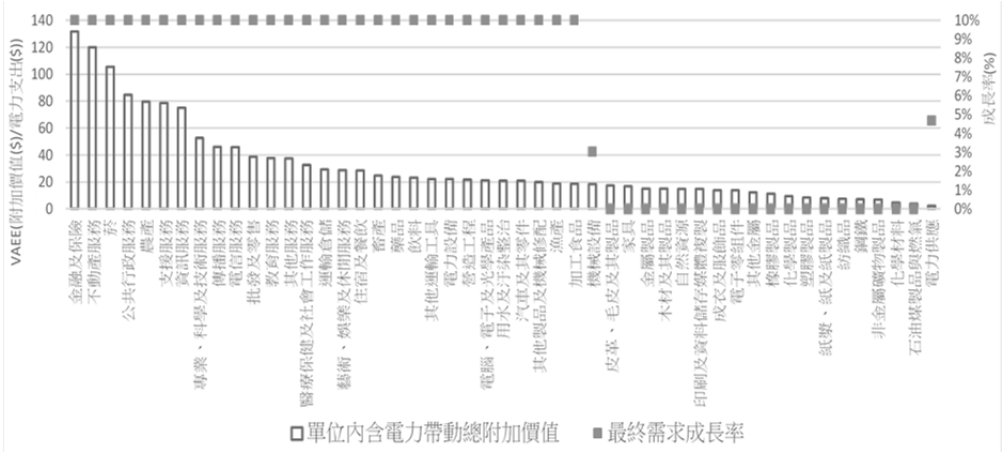
airiti

終需求成長受限時，其對畜產產值所造成的衝擊會比對農產為大（如圖 10 所示）。加工食品部門也因為其最終需求的成長低於 10%，而導致其產值成長亦未能達到目標成長率（10%）。



資料來源：本研究整理。

圖 8　單位內含電力所帶動的附加價值排序與各部門最終需求成長率關係（情境 A 以夏季表模擬 R=85%）



資料來源：行政院主計總處（2014）與本研究整理。

圖 9　單位內含電力所帶動的附加價值排序與各部門最終需求成長率關係（情境 A 以全年表模擬 R=85%）

airiti

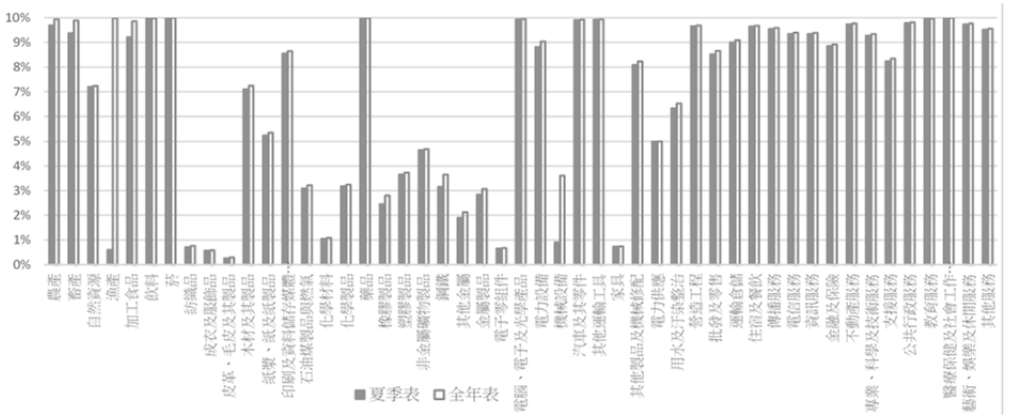
表 3　全年表與夏季表校準之 LPIO 模擬結果中受影響之部門別與 VAEE 順序

全年表受影響之部門（19 個）		夏季表受影響之部門（21 個）		
排序 [1]	部門別	排序 [1]	部門別	說明
19	機械設備（3%）[2]	21	加工食品（9%）	在夏季表中，加工食品與漁產也會受到限制
		20	機械設備	
		19	漁產	
18	皮革、毛皮及其製品	18	皮革、毛皮及其製品	由於夏季表中用電係數與附加價值率改變使得自然資源相對排序改變
17	家具	17	家具	
16	金屬製品	16	自然資源	
15	木材及其製品	15	金屬製品	
14	自然資源	14	木材及其製品	
13.印刷及資料儲存媒體複製；12.成衣及服飾品；11.電子零組件；10.其他金屬；9.橡膠製品；8.化學製品；7.塑膠製品；6.紙漿、紙及紙製品；5.紡織品；4.鋼鐵；3.非金屬礦物製品；2.化學材料；1.石油煤製品與燃氣；				以下全年與夏季的排序一樣

資料來源：本研究整理。

註 1：依 VAEE 的大小排序，序數越小代表 VAEE 越小。

註 2：括號內為該部門受限制後的最終需求成長率，無括號之部門其最終需求為 0% 成長。



資料來源：本研究整理。

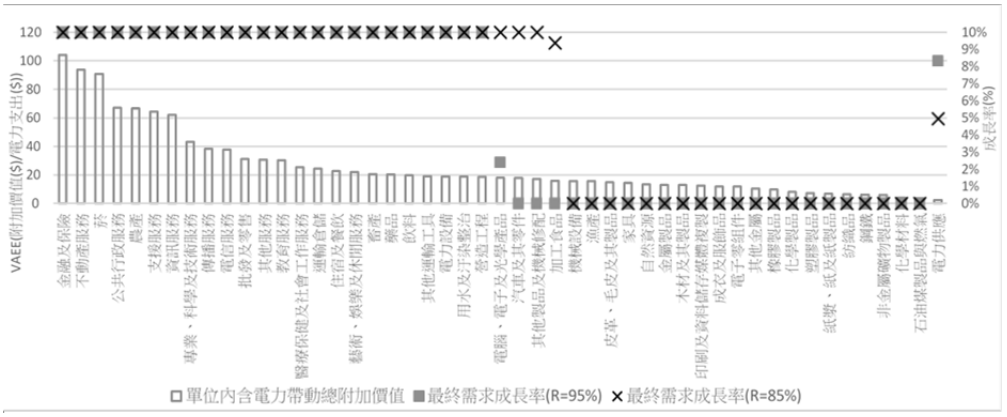
圖 10　各部門產出成長在使用夏季與全年表之間的不同（情境 A）

airiti

4.2.3 生產部門缺電負擔比例參數 R

我們在 LPIO 模型中設置一可外生調整之生產部門缺電負擔比例參數 R，以反映決策者的配置考量。在本文中，我們以夏季 IOT 校準之 LPIO 模型進行情境 A 之模擬，並設定 R=85%以及 R=95%兩種不同 R 比例，以比較限電配置結果差異。

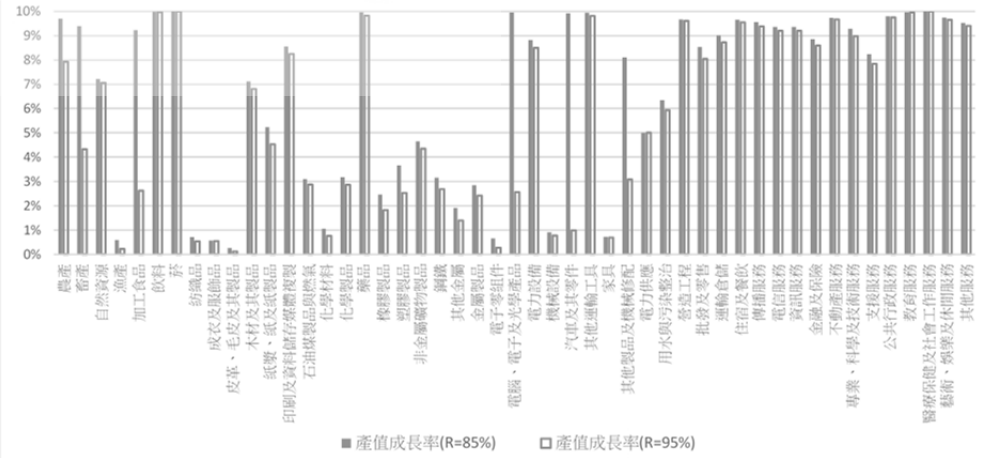
若配置比例 R=95%，產業所要承擔的電力缺口量會較 R=85%時為大。圖 11 顯示，在 R=95%的情況下，用電受限的部門較 R=85%時多三個。在 R=95%之下，產業所要承擔的電力缺口增加，加工食品之最終需求便無法避免地被限制成長。加工食品部門的最終需求成長為 0%，連帶影響其上游產業，畜產產值的成長率從 R=85%時的 9.4%下降至 4.3%（見圖 12）。農產產值的成長幅度從 R=85%時的 9.7%下降至 7.9%。畜產與農產的最終需求雖未因限電而限縮成長，但其產出亦會受供應鏈上產業所連帶影響。在 R=95%的情況下，漁產也因加工食品之最終需求零成長而無法帶動漁產產值，使得漁產的產值成長較 R=85%時為低，趨近於零。



資料來源：本研究整理。

圖 11　單位內含電力所帶動的附加價值排序與各部門最終需求成長率關係（情境 A 以夏季表）

airiti



資料來源：本研究整理。

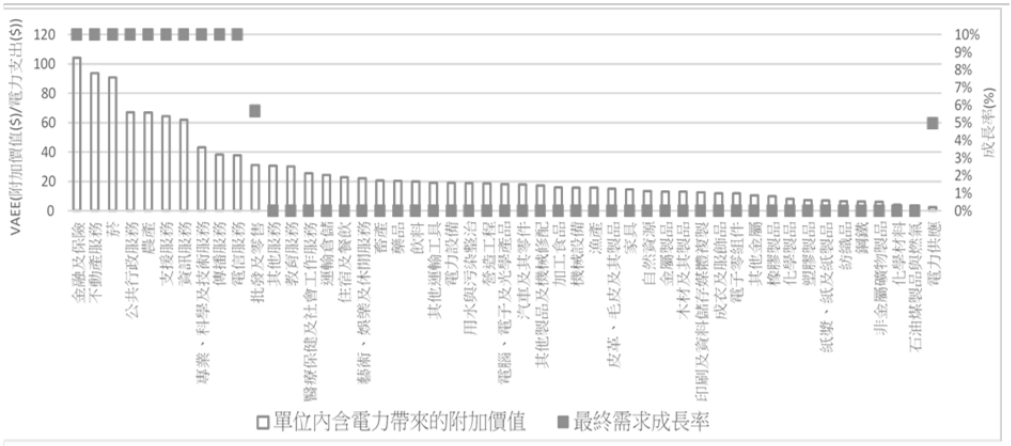
圖 12　不同缺電比例下的產值成長率變動（情境 A 以夏季表）

4.2.4 情境 B 與情境 A 之模擬結果差異

圖 13 及圖 14 分別為情境 B 下民間消費與政府支出（以下稱 Yu）及固定資本形成、存貨變動與出口（以下稱 Ye）的成長配置。化學材料、電子零組件、機械設備、電腦電子及光學產品、批發及零售部門等五大重要出口產品因享有不限電之優惠，其 Ye 成長率可達 10%（如圖 14 所示）。相較於情境 A，剩餘的供電缺口量則需要由更多的其他產品之最終消費（包含 Yu 及 Ye）以至於產業關聯所及之生產產業來分擔。我們從圖 15 可以看出情境 A 與情境 B 之下用電受限的部門比較：用電受限的部門數從情境 A 的 21 個大幅增加至情境 B 的 38 個，亦較 R=95% 時的情境 A 中用電受限部門數（24 個）為多。比較圖 15 中兩情境下限電與否之 VAEE 門檻值，在 R 比例設為 85% 的情境 A 中，VAEE 低於 16 之產品的最終需求便會落入限電之列；在 R=85% 之情境 B 中，產品之 VAEE 必須高於 45，其最終需求才得以免受限電。為穩固主要出口市場，國內其他部門將須扛負更大的限電負擔，GDP 有可能反而較低。因此，在遇限電瓶頸

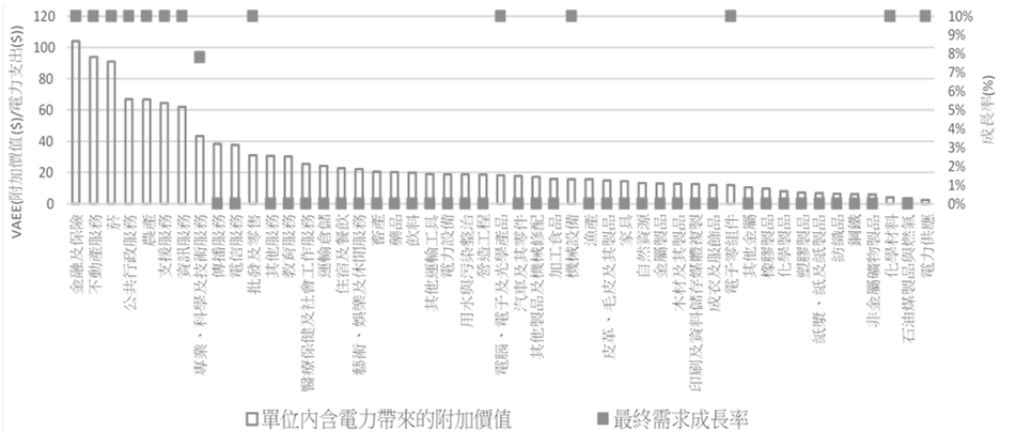
airiti

時，政策決策者需要鄭重考慮 GDP 成長與固守出口市場之間的取捨，拿捏合宜的產業限電配置策略，以求降低缺電所致之經濟損失。



資料來源：本研究整理。

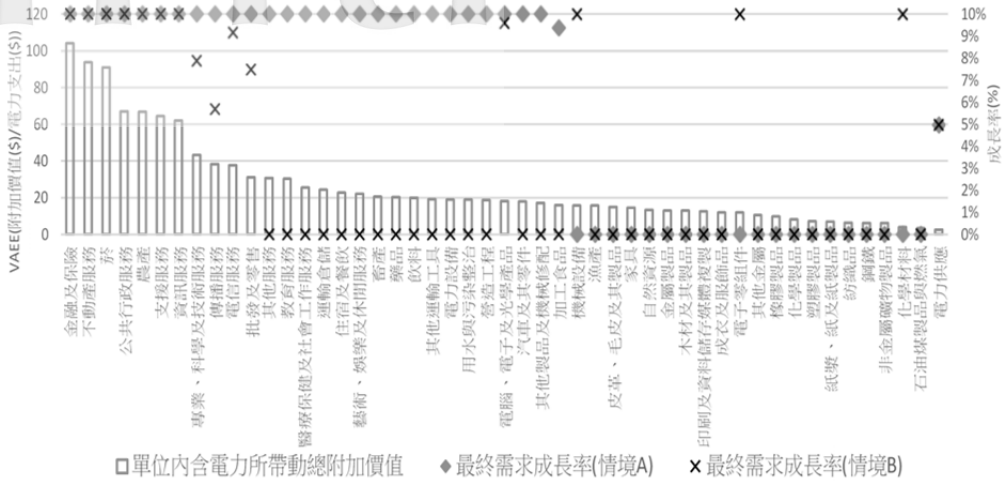
圖 13　單位內含電力所帶動的附加價值排序與各部門 Yu 成長率關係（情境 B 以夏季表模擬 R=85%）



資料來源：本研究整理。

圖 14　單位內含電力所帶動的附加價值排序與各部門 Ye 成長率關係（情境 B 以夏季表模擬 R=85%）

airiti



資料來源：本研究整理。

圖 15　情境 A 與情境 B 最終需求（Yu + Ye）成長率之比較（以夏季表模擬 R=85%）

4.2.5 農業-食品供應鏈部門之因應策略

農業-食品生產鏈（AFSC）上各產業的用電密集度雖較第二及第三級產業為低，然而，因其產品之單位內含用電量所能創造的總體附加價值較低，以故，當供電不及經濟成長之需求，且政策決策者有穩固主要出口市場之特殊考量時（即情境 B），漁產、畜產、加工食品、住宿及餐飲等產業亦須共體時艱，配合減少用電。未被配置限電量之農業亦會因產業間相互的投入產出關聯影響而減產。若要避免糧食自給率受缺電所累而惡化，不只是單一部門需要提高電力使用效率，因 AFSC 上下游產業之間有緊密的投入產出關聯，需要整個 AFSC 上下游產業齊力同時改善電力使用效率，降低其產品內含電力使用量，以提升其產品之 VAEE，限電優先順位可望後移，在缺電瓶頸時期得以倖免於限電危機。

airiti

V、結論

本文旨在建構一描繪台灣經濟體內所有生產及消費部門的線性規畫模型，用以求解經濟體在追求成長的過程中若於夏季面臨供電瓶頸時之可行產業最適用電配置（限電）策略—包括受到限電的產業組合及其限電配比。在本文之 LPIO 模型中，我們首創以夏季 IOT 校準 LPIO 模型，以此模型求算得出的產業最適限電組合，相較於以全年 IOT 校準之 LPIO 結果，受到限電之最終需求產品個數較多（夏季 LPIO 需 21 個；全年 LPIO 需 19 個），個別產業用電缺口（限電）配比亦較大，此係因夏月各產業之用電需求均較全年月平均為大，需要較多產業加強配合節電，以求減輕供電瓶頸所致之 GDP 成長損失幅度。以夏季 IOT 來校準經濟模型為本研究之創新，同時也回應過去類似議題之相關分析研究中所提到的模型建構之改進方向，使多部門經濟模型在要素投入使用有季節性差異的個案分析上能更加貼近實際狀況，提供較精確的數量分析結果。

在經濟成長過程中若遭遇供電瓶頸而須採取最適限電策略時，農業-食品生產鏈（AFSC）產業之產品的 VAEE 若低於其他產業之產品（如：服務業及部分用電密集度較低之製造業），則其產業亦須共體時艱，配合減少用電。以情境 A（R 比例設為 85%）來看，屬於 AFSC 的加工食品及漁產，其產品最終需求之 VAEE 低於 16，因而落入限電之列。若加入穩固主要出口市場的考量，即情境 B（R 比例設為 85%），可免於限電之 VAEE 門檻值為 45，飲料、畜產、住宿及餐飲等 AFSC 產業產品之 VAEE 亦未達此一門檻值，因此其最終需求亦同加工食品及漁產須受到限電。AFSC 產業之產品中僅農產之最終需求得以在兩種情境中均倖免於限電之壓力。然而，產業間相互的投入產出關聯亦會使得未被配置限電量之 AFSC 產業的產出連帶受到負面影響。因此，在國家追求經濟成長的同時

airiti

若遭逢缺電瓶頸，農業-食品相關產業亦須共體時艱，配合產業用電配置政策，以使缺電所導致之整體 GDP 減損得以降至可行的最低限。AFSC 上下游產業若能進一步提升用電效率，使其產品內含電力使用量減少，則其產品之 VAEE 將可提升，AFSC 產業之限電優先順位後移，在經濟體遭遇限電瓶頸時，AFSC 產業可望得以倖免於限電危機。

附註

1. 台電公司目前採用經濟部所頒布之「電源不足時期限制用電辦法」，用電量較大之工業部門優先限制供電量（行政院法務部，2006）。根據 2011 年產業關聯表數據，用電量較大之產業，其用電係數亦較大。
2. 本文所探討之限電情境為備轉容量率逼近警戒值之前的預先規劃限電，而非緊急限電。因此，緊急限電所導致之衍伸性的損失不在本研究的考量計算範圍之內。

airiti

參考文獻

行政院主計總處，2014。『100 年產業關聯表（52 部門）』。台北：行政院主計總處。

行政院法務部，2006。電源不足時期限制用電辦法（修正日期 2006/12/29）。取自 http://law.moj.gov.tw/LawClass/LawAll.aspx?PCode=J0130017

李高朝、李秀娟、林師模，2012。「瓶頸部門、瓶頸資源與經濟成長」，『臺灣經濟預測與政策』。42 卷，2 期，37-80。

許志義、鄭欽龍、周文賢、陳澤義，1990。『台灣產業缺電成本之研究』。台北：中華經濟研究院。

經濟部能源局，2013。『102 年度能源局年報』。台北：經濟部能源局。

臺灣電力股份有限公司，2011。『100 年電力使用量一按行業別分』。台北：台灣電力股份有限公司。

Chen, C.-Y. and A. Vella, 1994. “Estimating the Economic Costs of Electricity Shortages Using Input-output Analysis: the Case of Taiwan,” *Applied Economics*. 26(11): 1061-1069.

Cipollone, P. and D. J. Marchetti, 2001. “Bottlenecks and Limits to Growth: A Multisectoral Analysis of Italian Industry,” *Journal of Policy Modeling*. 23(6): 601-620.

Wang, T.-F. and R. E. Miller, 1995. “The Economic Impact of a Transportation Bottleneck: an Integrated Input-output and Linear Programming Approach,” *International Journal of Systems Science*. 26(9): 1617-1632.

airiti

Optimal Electricity Rationing Strategy during Summer Season: Shall Agri-Food Supply Chain Sectors Ally to Tough It Out?

Huey-Lin Lee* and Min-Jui Hung**

In Taiwan, industrial electricity consumption in summer time outweighs the seasonal average by around 5%~24%. Over the past few years, percent operating reserve in hot summer days several times approached the critical threshold of 6% for power rationing. Owing to climate change, extreme high temperatures are projected very likely to occur frequently during summer time in Taiwan. Yet, expansion in the installed capacity of power generation is fiercely stalled domestically due to environmental and political concerns. It is foreseeable that rationing will be necessary in order to tackle the problem of excess demand for electricity in the summer time. We built a linear programming input-output analysis (LPIO) model to investigate the optimal strategy for electricity rationing across sectors under the circumstances of excess demand for electricity in the summer time due to high temperatures. Our LPIO model finds the optimal sectoral allocation of the scant electricity supply according to the value-added per unit of power embodied in the commodity consumption (VAEE). The novelty of this research is that our LPIO model is calibrated to a summer-based input-output table (IOT) of Taiwan, so as to reflect the seasonal heterogeneity in sectoral power requirement. As compared with a conventionally annual-IOT calibrated LPIO, the results from our summer-LPIO model indicate that it would require more sectors (both producing and consuming sectors) to cut their power demand so as to protect the power system from outage while

* Associate Professor, Dept. of Economics, National Chengchi University. Corresponding author. Email: hlee@mail2.nccu.tw

** M.A., Dept. of Economics, National Chengchi University.

We would like to thank editors and two anonymous referees for their helpful suggestions and insightful comments on an earlier version of this paper. Any remaining errors are our own responsibility.

Financial support from the Ministry of Science and Technology and the Center for Sustainability Science, Academia Sinica, is gratefully acknowledged.

airiti

securing economic growth. Given the current attainable VAEE, sectors of the agri-food supply chain (AFSC), which tend to consume less electricity per unit of output as compared with industrial and services sectors, will also need to cut production so as to make way for the economy to attain as high as possible GDP growth in the hard times of electricity insufficiency. Improvement in the efficiency of electricity use will be helpful for the AFSC sectors to be secured against electricity rationing.

***Keywords**: Electricity Rationing, Linear Programming Input-output Analysis Model, Embodied Electricity Consumption, Agri-food Supply Chain*