

國立政治大學國際經營與貿易學系

碩士學位論文

提升社會福利的配送價格管制

Increasing Social Welfare through Distribution Tariff Regulation



指導教授：溫偉任博士

研究生：張芸睿 撰

中華民國一〇八年七月

摘要

本文以台灣售電業現況為發想，建構一垂直產品差異之模型。分析售電業市場中，有一家使用較多再生能源的綠電廠商，及一家傳統火力發電為主的灰電廠商，兩家廠商會如何決定電力品質，並討論政府介入管制輸配電價格，會如何影響兩廠商生產之品質決策及社會福利。結果顯示，灰電廠商會選擇最低品質的電力；綠電廠商的品質決策會受選擇品質的成本及輸配電費用影響，當選擇品質的成本足夠小時，綠電廠商會自動生產最高品質的電力。另外，政府介入管制輸配電成本，有助於提升綠電品質，增加社會福利。

關鍵字：電業自由化、輸配電價格管制、垂直產品差異、提升社會福利



Abstract

Based on the current situation of the electric power industry in Taiwan, we construct a model to analyze how firms make decision about the quality in a vertical differentiation market. Assume that there is a green-power firm that sales more renewable energy and a brown-power firm that is mainly sales the electricity made from conventional sources, we discuss about how will these two firms decide the power quality and how the government's intervention in regulating the distribution tariff will influence the firms' quality decision and social welfare. The result shows that the brown-power firm will choose the lowest quality; the quality decision of green-power firm will be affected by the cost of quality and the distribution tariff. When the cost of quality is small enough, the green-power firm will choose the highest quality of power without the regulation. In addition, the government's involvement in regulating the distribution tariff will motivate the green-power firm to choose a higher quality and increase social welfare.

Key words : The electricity liberalization, Distribution tariff regulation, Vertical differentiation, Increasing Social Welfare

目錄

1 緒論.....	1
2 模型設定.....	5
2.1 消費者.....	5
2.2 廠商.....	7
2.2.1 獨佔，售電市場未開放.....	7
2.2.2 雙佔，售電市場開放自由競爭.....	9
2.2.3 售電市場開放，輸配電費用由政府管制.....	12
3 模型結果.....	14
4 準線性效用函數下的結果.....	29
4.1 消費者.....	29
4.2 廠商.....	30
5 結論.....	34
6 參考文獻.....	35

圖目錄

圖 1 雙佔市場下，給定 $u_2 = 0.01$ 、 $k = 0.05$ ， u_1 與價格、輸配電費用及數量之間的關係.....	15
圖 2 雙佔市場下，給定 $u_2 = 0.01$ 、 $k = 0.001$ ， u_1 與價格、輸配電費用及數量之間的關係.....	18
圖 3 雙佔市場下，給定 $u_2 = 0.01$ 、 $k = 0.1$ ， u_1 與價格、輸配電費用及數量之間的關係.....	18
圖 4 u_1 有內部解的範圍.....	18

表目錄

表格 1 在 k 足夠小時，綠電廠商自動選擇最高品質，政府管制不影響品質決策.....	26
表格 2 給定 $u_2 = 0.01$ 、 $k = k$ 下的最適選擇.....	26
表格 3 給定 $u_2 = 0.01$ 、 $k = 0.01$ 下的最適選擇.....	26
表格 4 給定 $u_2 = 0.01$ 、 $k = 0.05$ 下的最適選擇.....	27
表格 5 給定 $u_2 = 0.01$ 、 $k = 0.5$ 下的最適選擇.....	27
表格 6 給定 $u_2 = 0.01$ 、 $k = 0.9$ 下的最適選擇.....	27
表格 7 給定 $u_2 = 0.01$ 、 $k = 0.05$ ，政府管制政策與各變數之變化.....	28

1 緒論

在過去的《電業法》中，發電、輸電、配電、及售電全部都由台電公司專營。2017年1月11日，台灣立法院三讀通過《電業法》修正案，開放民間參與電力市場。修法後，台灣的電力產業劃分成「發電業」、「輸配電業」、及「售電業」三個部分，三者之間就好比製造商、物流運輸、零售業的上中下游關係。此次修法的核心為「開放綠電進場，台電廠網分離」。在發電業中開放設置新的傳統發電廠並新增再生能源發電業，新進的傳統能源發電廠必須將電力躉售給公用售電業賣出；再生能源發電廠則能透過代輸、直供、躉售給公用售電業及躉售給再生能源售電業四種方式銷售給用戶。輸配電業依舊維持國營的方式，負責經營輸配電網。在售電業，分為公用售電業和再生能源售電業，公用售電業可購買再生能源電力與傳統電力；再生能源售電業僅可向再生能源發電業購電。最後在用戶端，開放自由選擇向公用售電業、再生能源發電業或再生能源售電業購電。

本文以開放後的售電業市場為出發點，建構一垂直產品差異模型，討論政府管制與社會福利之關係。《電業法》修法後，售電業中存在兩種廠商：一是向再生能源發電廠購電轉售的「再生能源售電商」，其賣出的電為「綠電」；二是同時可購買再生能源電力與傳統電力的「公用售電商」，其賣出的電同時有綠電與燃煤、核電、燃油等電力，稱為「灰電」。雖然綠電及灰電對使用者在使用上是相同的電，但生產的方式大不相同。假設消費者對電力生產方式有明顯的好

惡之分，皆認同再生能源是比較好的發電方法，則 100% 的綠電為最高品質的電力，綠電佔比越高的灰電則品質越高。因此在售電業市場開放後，市場中將存在垂直產品差異。在廠商生產成本方面，再生能源的電力生產的成本較高。根據台灣電力公司官方網站資訊，民國 108 年一月至五月底，向民營電廠購入的燃氣、燃煤發電電力平均每度 2.85 元；購入的再生能源發電電力(包含慣常水力、風力發電、太陽光電、地熱)平均每度為 4.16 元¹。因此我們假設越高品質的電力，生產的單位成本越高。兩種類型的售電商均需要申請電力調度服務、繳交電力調度與轉供之費用，然輸配電業仍由台電專營，公用售電商與輸配電業同屬於台電輸配售公司，故後續模型假設私營綠電廠商需支付公營灰電廠商輸配電費用，灰電廠商則無須額外支付此費用。

關於綠能科技發展，過去文獻也多以垂直產品差異模型分析廠商之生產品質決策及政府規範。Andre et al. (2009) 認為環保法規的要求，能提供新的投資機會，鼓勵企業技術創新。在價格競爭下的雙佔市場，廠商可選擇兩種品質：標準 (standard) 及環境友善 (environmentally friendly)。作者認為透過政府的環境政策向生產較低品質的廠商課稅，可促使廠商生產環境友善的產品，不僅能增加廠商私人利潤，更可能增加消費者剩餘。Lambertini and Tampieri (2012) 假設雙佔市場中產品有兩種品質：綠色科技 (green technology) 及灰色科技 (brown technology)，他們證明在數量競爭下，當生產兩種品質的成本差異足夠

¹ 資料來源：台灣電力公司官方網站 <https://www.taipower.com.tw/tc/page.aspx?mid=196>

小時，縱使無環境保護相關法規、政府不干預市場，廠商也自願生產綠色的產品。Boccard and Wauthy (2010) 則用極大化社會福利的角度，探討政府是否應對企業生產的產品設置最低品質管制。本文亦採用雙佔市場中垂直產品差異模型，描繪售電業市場存在綠電及灰電兩種品質的情境，並且分別以廠商雙佔市場及政府管制兩種方向，分析產品品質與社會福利的變化。

本文模型設定和過去文獻差異之一在於品質的選擇。以往的文獻對於品質的設定多為兩種間斷性的策略，高品質或低品質(Andre et al., 2009 ; Lambertini and Tampieri, 2012 ; Boccard and Wauthy, 2010)；本文設定品質的選擇為連續性的， $u \in [\underline{u}, 1]$ ， $u = \underline{u}$ 為最低品質， $u = 1$ 為最高品質。由於電力來自許多不同種的發電方式，若再生能源的佔比越高，則品質越高，電力品質依據綠電佔比的不同而不同，難以用高低品質二分，故用連續性假設分析。另一差異在於選擇品質的成本。Andre et al. (2009) 和 Lambertini and Tampieri (2012) 的模型中，由於品質只有間斷性的兩選擇：高品質 ($i = H$) 與低品質 ($i = L$)，假設生產電力的邊際成本為 $2c_i x$ ， $i = H, L$ ，其中 c_i 為選擇品質的成本，選擇高品質的邊際成本較高， $c_H \geq c_L$ ， x 為產量；在此設定下，隨著產量增加，邊際成本亦會提升。Boccard and Wauthy (2010) 則是假設選擇品質並不會影響成本，且生產的邊際成本為0。本文參考Fousekis (2010) 的模型成本假設，假設生產電力的邊際成本為 ku ， $k \geq 0$ ，隨著廠商選擇的品質 u 越高，邊際成本越高；生產的邊際成本只受廠商選擇的品質影響，不隨產量變化而不同。

本篇文章比較市場在垂直產品差異下的三種不同情境：

一、獨佔：公營廠商為輸配電市場及售電市場的獨佔廠商(電業法修正前)，生產綠電與灰電兩種品質電力。

二、雙佔：公營廠商為輸配電市場的獨佔廠商，在售電市場中有兩家廠商，一私營綠電廠商和一公營灰電廠商自由競爭，公營廠商向私營綠電廠商收取輸配電費用。

三、政府管制：公營廠商為輸配電市場的獨佔廠商，在售電市場中有一私營綠電廠商和一公營灰電廠商競爭，但政府介入管制公營灰電廠商向私營綠電廠商收取的輸配電費用。

根據台灣售電業的發展，市場從情境一「獨佔」，轉型為情境三「政府管制」，但我們想知道政府是否介入對社會福利的影響，故加入情境二「雙佔」一同分析比較。本文的模型設定和售電業實際情況的差異在於，現行法規規定新進售電廠商必須販售 100% 的純綠電，而我們假設新進綠電廠商只需販售比既有灰電廠商更高的電力品質，不需要最高品質。如此一來可以看出廠商對於品質的決策變化，分析若政府不介入管制，廠商是否可能自願選擇最高品質。

從售電業市場開放為發想，探究市場由一家獨佔廠商轉變為存在兩家不同結構的廠商、生產異質產品後的差異。開放競爭後廠商會如何決定產品的品質，由社會福利的觀點切入政府是否該介入管制。本研究即針對《電業法》，探討修法後對電業市場及社會福利所造成的影響，以供政府決策參考。我們發現

當選擇品質的成本在一定範圍內，政府介入管制輸配電價格，和雙佔的狀況相比，可使綠電廠商提高電力品質，增加社會福利。若選擇品質的成本足夠小，綠電廠商會自動生產最高品質；若成本過高，生產較高的綠電品質會使廠商利潤為負，使得沒有新廠商願意進入售電市場。

後續章節分別為：第二節-模型設定，建構一垂直產品差異之模型；第三節-模型結果，討論在獨佔、雙佔、政府管制，三種情境下的品質與社會福利；第四節-準線性效用函數下的結果，延伸討論在不同效用函數下，第二、三節的模型假設與分析是否會有不同的結果；第五節為結論。

2 模型設定

2.1 消費者

消費者從消費電力及其他產品獲得效用，效用函數為 Shaked and Sutton (1982) 中使用的形式：

$$U(Y, u) = u \cdot (Y - p(u))$$

表示所得為 Y 的消費者購買一單位品質為 u 、價格為 $p(u)$ 的產品所得到的效用，為 Cobb-Douglas 效用函數。

消費者的類型依照其所得區分，假設消費者的所得 Y 均勻分配在 $[0,1]$ 之間。市場上存在兩種不同品質的電：高品質 u_1 、低品質 u_2 ，價格分別為 p_1 、 p_2 ，消費者有三種選擇：買高品質的電、買低品質的電，或兩者都不買。

效用函數為：

$$U(Y, u_i) = \begin{cases} u_1(Y - p_1), & \text{如果購買品質為} u_1 \text{的電;} \\ u_2(Y - p_2), & \text{如果購買品質為} u_2 \text{的電;} \\ 0, & \text{其他} \end{cases} .$$

所得為 Y_1 的消費者滿足 $u_1(Y_1 - p_1) = u_2(Y_1 - p_2)$ ，表示他選擇 u_1 或 u_2 會得到相同的效用，若所得比 Y_1 高的消費者會選擇購買高品質 u_1 的電。所得為 Y_2 的消費者滿足 $u_2(Y_2 - p_2) = 0$ ，表示他買品質為 u_2 的電或不消費所得到的效用無異，若所得介於 Y_2 與 Y_1 之間的消費者會選擇購買品質為 u_2 的電，所得比 Y_2 低的消費者則選擇不購買。兩種品質的消費者並不會重疊，為分別兩個市場，需求函數如下：

$$D_1 = 1 - \frac{u_1 p_1 - u_2 p_2}{u_1 - u_2} \quad (1)$$

$$D_2 = \frac{u_1 p_1 - u_2 p_2}{u_1 - u_2} - p_2 \quad (2)$$

在此假設下，不管消費者選擇購買高品質或低品質的電，都是購買相同一單位的電力，意即消費者只能選擇購買固定的電量或不購買。若有一消費者原本購買一單位高品質的電，在一定的價格範圍內他皆購買相同的電量；直到電價上升到他無法負荷，他會改為購買相同電量低品質的電。不論價格如何變動，此消費者些購買相同電量，消費者對電力的需求價格彈性為0。Holtedahl and Joutz (2003) 調查台灣 1955 年到 1995 年家庭用電需求，迴歸函數之自變數包含家庭可支配所得、人口成長率、電價、都市化程度。研究結果認為在短期所得彈性及價格彈性為無彈性。我們認為電力為現在生活之必需品，且無替代品；

加上平均每人一般日常生活所需要的用電量，如電燈、冰箱、冷氣、電視電腦等電器用品，差異不大，故在短期電力需求的價格彈性和所得彈性較小。為簡化分析，我們假設電力之短期電力需求價格彈性和所得彈性為完全無彈性。

2.2 廠商

我們假設廠商生產每單位品質為 u_i 的產品成本為 ku_i ， $k \geq 0$ ，故廠商選擇生產越高的品質，其單位成本越高。再者，假設電的品質 $u_i \in [\underline{u}, 1]$ ，且新進的綠電廠商必須生產較傳統灰電廠更高品質的電， $1 \geq u_1 > u_2 \geq \underline{u}$ 。

2.2.1 獨佔，售電市場未開放

售電業只有一家獨佔廠商，分別選擇兩種品質，並分別定價。利潤函數為：

$$\pi_m = (p_1 - ku_1)D_1 + (p_2 - ku_2)D_2. \quad (3)$$

獨佔廠商追求極大化利潤，其決策順序為：

第一階段決定生產兩種電力的品質；

第二階段決定兩種品質電力的價格。

接著以逆解法求出均衡的品質與價格。

將需求函數(1)和(2)帶入利潤函數(3)

$$\pi_m = (p_1 - ku_1) \left(1 - \frac{u_1 p_1 - u_2 p_2}{u_1 - u_2} \right) + (p_2 - ku_2) \left(\frac{u_1 p_1 - u_2 p_2}{u_1 - u_2} - p_2 \right). \quad (4)$$

$\pi_m(4)$ 分別對 p_1 和 p_2 一階偏微分並令為 0 得

$$p_1 = \frac{1}{2} \frac{(u_1 - u_2 + u_2 p_2 + u_1 p_2 + k u_1^2 - k u_1 u_2)}{u_1}. \quad (5)$$

$$p_2 = \frac{1}{2} \frac{p_1 (u_1 + u_2)}{u_1}. \quad (6)$$

將 (5)、(6) 聯立求解 p_1 、 p_2

$$p_1 = 2 \frac{u_1 (k u_1 + 1)}{(3 u_1 + u_2)}. \quad (7)$$

$$p_2 = \frac{(u_1 + u_2)(k u_1 + 1)}{(3 u_1 + u_2)}. \quad (8)$$

將 (7)、(8) 帶回利潤函數 $\pi_m(4)$ 得

$$\pi_m = \frac{u_1 (k^2 u_1^2 - k u_1 - k u_2 + 1)}{(3 u_1 + u_2)}. \quad (9)$$

利潤函數 $\pi_m(9)$ 分別對 u_1 、 u_2 偏微分

$$\frac{\partial \pi_m}{\partial u_2} = - \frac{u_1 (k u_1 + 1)^2}{(3 u_1 + u_2)^2} < 0.$$

$$\frac{\partial \pi_m}{\partial u_1} = \frac{(2 k u_1 + k u_2 - 1)(3 k u_1^2 - u_2)}{(3 u_1 + u_2)^2} = 0.$$

π_m 對 u_2 微分的結果恆為負，故廠商會選擇 u_2 為最低品質；對 u_1 微分令其為 0，

解出極大化利潤之最適 u_1 ，解出均衡為：

$$u_2^* = \underline{u}_2, \quad u_1^* = \frac{\sqrt{3 k u_2}}{3 k}. \quad (10)$$

解出的均衡品質 (10) 後，我們也得到均衡價格 p_1^* 、 p_2^* 及均衡的銷售量 D_1^* 、 D_2^* 。

$$p_1^* = 2 \frac{u_1^* (k u_1^* + 1)}{(3 u_1^* + u_2^*)}$$

$$p_2^* = \frac{(u_1^* + u_2^*) (k u_1^* + 1)}{(3 u_1^* + u_2^*)}$$

$$D_1^* = - \frac{u_1^* (2 k u_1^* + k u_2^* - 1)}{3 u_1^* + u_2^*}$$

$$D_2^* = \frac{u_1^* (k u_1^* + 1)}{3 u_1^* + u_2^*}$$

消費者剩餘為需求函數與均衡價格的差距之積分，購買高品質 u_1 的消費者剩餘

CS_1 為

$$CS_1 = \int_0^{D_1^*} \{p_1(D_1, D_2, u_1, u_2) - p_1^*\} dD_1.$$

購買低品質 u_2 的消費者剩餘 CS_2 為

$$CS_2 = \int_0^{D_2^*} \{p_2(D_1, D_2, u_1, u_2) - p_2^*\} dD_2.$$

社會福利為購買高品質 u_1 的消費者剩餘 CS_1 ，加上購買低品質 u_2 的消費者剩餘

CS_2 ，及獨佔廠商的利潤：

$$SW = CS_1 + CS_2 + \pi_m.$$

2.2.2 雙佔，售電市場開放自由競爭

售電業市場中有一家高品質綠電廠商及一家低品質灰電廠商，且灰電廠商負責所有電力之輸配。灰電廠商向綠電廠商收取每單位輸配電費用 c ， c 由灰電廠商自行訂定。

綠電廠商利潤函數為：

$$\pi_1 = (p_1 - ku_1 - c)D_1. \quad (10)$$

灰電廠商利潤函數為：

$$\pi_2 = (p_2 - ku_2)D_2 + cD_1. \quad (11)$$

兩家廠商皆追求極大化利潤，其決策順序為：

第一階段，兩家廠商同時決定生產電力的品質；

第二階段，灰電廠商決定向綠電廠商收取的輸配電費用 c ；

第三階段，兩家廠商同時決定售電價格。接著以逆解法求出均衡的品質、價格及輸配電費用。

將需求函數(1)和(2)帶入利潤函數(10)、(11)

$$\pi_1(p_1, p_2, u_1, u_2, k, c) = (p_1 - ku_1 - c) \left(1 - \frac{u_1 p_1 - u_2 p_2}{u_1 - u_2}\right). \quad (12)$$

$$\pi_2(p_1, p_2, u_1, u_2, k, c) = (p_2 - ku_2) \left(\frac{u_1 p_1 - u_2 p_2}{u_1 - u_2} - p_2\right) + c \left(1 - \frac{u_1 p_1 - u_2 p_2}{u_1 - u_2}\right). \quad (13)$$

π_1 對 p_1 一階偏微分並令為 0 得

$$p_1 = \frac{\frac{1}{2} u_1 - u_2 + u_2 p_2 + ku_1^2 + cu_1}{u_1}. \quad (14)$$

π_2 對 p_2 一階偏微分並令為 0 得

$$p_2 = \frac{\frac{1}{2} u_1 p_1 + ku_1 u_2 + cu_2}{u_1}. \quad (15)$$

將(14)、(15)聯立求解 p_1 、 p_2

$$p_1 = \frac{2u_1^2 - 2u_1 u_2 + 2ku_1^3 + ku_1 u_2^2 + 2cu_1^2 + cu_2^2}{u_1(4u_1 - u_2)}. \quad (16)$$

$$p_2 = \frac{u_1 - u_2 + ku_1^2 + 2ku_1 u_2 + cu_1 + 2cu_2}{(4u_1 - u_2)}. \quad (17)$$

將(16)、(17)帶回利潤函數(12)、(13)得 $\pi_1(u_1, u_2, k, c)$ 、 $\pi_2(u_1, u_2, k, c)$

$$\pi_1(u_1, u_2, k, c) = \frac{(u_1 - u_2)(2ku_1^2 + ku_1 u_2 - 2u_1 + 2cu_1 + cu_2)^2}{u_1(4u_1 - u_2)^2}. \quad (18)$$

$$\begin{aligned} \pi_2(u_1, u_2, k, c) = & \frac{2kcu_1 u_2^2 - kcu_2^3 - 4cku_1^2 u_2 - 2cu_1 u_2 + 2ku_1 u_2^2 + 2ku_1^3 + 10cu_1^2 + cu_2^2}{(4u_1 - u_2)^2} \\ & + \frac{u_1^2 - u_1 u_2 - 4ku_1^2 u_2 - c^2 u_2^2 + k^2 u_1^4 - 7u_1^2 c^2 - c^2 u_1 u_2 - 3k^2 u_1^3 u_2 + 3k^2 u_1^2 u_2^2 - 6kcu_1^3 - k^2 u_1 u_2^3}{(4u_1 - u_2)^2}. \end{aligned} \quad (19)$$

接著，灰電廠商選擇輸配電費用，故令 $\frac{\partial \pi_2(u_1, u_2, k, c)}{\partial c} = 0$ ，解出最適的 $c = c^*$ ：

$$c^* = \frac{1}{2} \frac{10u_1^2 + u_2^2 - 2u_1u_2 - 6ku_1^3 - ku_2^3 - 4ku_1^2u_2 + 2ku_1u_2^2}{7u_1^2 + u_1u_2 + u_2^2}. \quad (20)$$

將 $c^*(20)$ 帶入 (18)、(19) 得 $\pi_1(u_1, u_2, k)$ 、 $\pi_2(u_1, u_2, k)$

$$\pi_1(u_1, u_2, k) = \frac{1}{4} \frac{(u_1 - u_2)(2u_1^2 + u_2^2)^2 (2ku_1 + ku_2)^2}{u_1(u_1u_2 + 7u_1^2 + u_2^2)^2}. \quad (21)$$

$$\pi_2(u_1, u_2, k) = \frac{1}{4} \frac{8u_1^2 + u_2^2 + 4k^2u_1^4 + k^2u_2^4 + 4k^2u_1^2u_2^2 - 4ku_1^3 - 2ku_2^3 - 12ku_1^2u_2}{7u_1^2 + u_1u_2 + u_2^2}. \quad (22)$$

(21)、(22) 分別對 u_1 、 u_2 微分

$$\frac{\partial \pi_2(u_1, u_2, k)}{\partial u_2} < 0, \quad \text{if } 0 < u_2 < u_1. \quad (23)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial \pi_1(u_1, u_2, k)}{\partial u_1} &= \frac{(2u_1^2 + u_2^2)(2ku_1 + ku_2 - 1)}{4} \\ &\times \frac{(56ku_1^6 - 12ku_1^5u_2 + 2ku_1^4u_2^2 + 33ku_1^2u_2^4 + ku_2^2u_1 + ku_2^6 - 18u_1^4u_2 + 22u_1^3u_2^2 - 27u_1^2u_2^3 - 3u_1^2u_2^4 - 5u_2^5)}{u_1^2(7u_1^2 + u_2^2 + u_1u_2)^3} \\ &= \frac{1}{4} \frac{\lambda(2u_1^2 + u_2^2)(2ku_1 + ku_2 - 1)}{u_1^2(7u_1^2 + u_2^2 + u_1u_2)^3} = 0. \end{aligned} \quad (24)$$

$\pi_2(u_1, u_2, k)$ 對 u_2 微分的結果恆為負，故灰電廠商會選擇電力品質 u_2 為最低品

質，即 $u_2^* = \underline{u}_2$ ； $\pi_1(u_1, u_2, k)$ 對 u_1 微分令其為 0，解出極大化利潤之最適 u_1^* 。

解出的均衡品質 u_1^* 、 u_2^* 後，我們也得到均衡價格 p_1^* 、 p_2^* 及均衡的銷售量 D_1^* 、

D_2^* 。消費者剩餘為需求函數與均衡價格之間差距的積分，購買高品質 u_1 的消費

者剩餘 CS_1 為

$$CS_1 = \int_0^{D_1^*} \{p_1(D_1, D_2, u_1, u_2) - p_1^*\} dD_1.$$

購買低品質 u_2 的消費者剩餘 CS_2 為

$$CS_2 = \int_0^{D_2^*} \{p_2(D_1, D_2, u_1, u_2) - p_2^*\} dD_2.$$

社會福利為購買高品質 u_1 的消費者剩餘，加上購買低品質 u_2 的消費者剩餘，及
 兩家廠商的利潤：

$$SW = CS_1 + CS_2 + \pi_1 + \pi_2.$$

2.2.3 售電市場開放，輸配電費用由政府管制

售電業市場中有一家高品質綠電廠商及一家低品質灰電廠商，由灰電廠商
 負責所有電力之輸配。灰電廠商向綠電廠商收取每單位輸配電費用 c ，但 c 由政府
 管制。兩家廠商的利潤函數和 2.2.2 時相同。

綠電廠商利潤函數為：

$$\pi_1 = (p_1 - ku_1 - c)D_1. \quad (10)$$

灰電廠商利潤函數為：

$$\pi_2 = (p_2 - ku_2)D_2 + cD_1. \quad (11)$$

假設政府追求極大化社會福利，兩家廠商皆追求極大化利潤，其決策順序為：

第一階段，政府極大化社會福利，決定管制下的輸配電費用 c ；

第二階段，兩家廠商同時決定生產電力的品質；

第三階段，兩家廠商同時決定售電價格。

接著以逆解法求出均衡的品質、價格及輸配電費用。第三階段與 2.2.2 之計算

相同。將需求函數(1)和(2)帶入利潤函數(10)、(11)

$$\pi_1(p_1, p_2, u_1, u_2, k, c) = (p_1 - ku_1 - c) \left(1 - \frac{u_1 p_1 - u_2 p_2}{u_1 - u_2} \right). \quad (12)$$

$$\pi_2(p_1, p_2, u_1, u_2, k, c) = (p_2 - ku_2) \left(\frac{u_1 p_1 - u_2 p_2}{u_1 - u_2} - p_2 \right) + c \left(1 - \frac{u_1 p_1 - u_2 p_2}{u_1 - u_2} \right). \quad (13)$$

π_1 對 p_1 一階偏微分並令為0得

$$p_1 = \frac{1}{2} \frac{u_1 - u_2 + u_2 p_2 + k u_1^2 + c u_1}{u_1}. \quad (14)$$

π_2 對 p_2 一階偏微分並令為0得

$$p_2 = \frac{1}{2} \frac{u_1 p_1 + k u_1 u_2 + c u_2}{u_1}. \quad (15)$$

將(14)、(15)聯立求解 p_1 、 p_2

$$p_1 = \frac{2u_1^2 - 2u_1 u_2 + 2k u_1^3 + k u_1 u_2^2 + 2c u_1^2 + c u_2^2}{u_1(4u_1 - u_2)}. \quad (16)$$

$$p_2 = \frac{u_1 - u_2 + k u_1^2 + 2k u_1 u_2 + c u_1 + 2c u_2}{(4u_1 - u_2)}. \quad (17)$$

將(16)、(17)帶回利潤函數(12)、(13)得 $\pi_1(u_1, u_2, k, c)$ 、 $\pi_2(u_1, u_2, k, c)$

$$\pi_1(u_1, u_2, k, c) = \frac{(u_1 - u_2)(2k u_1^2 + k u_1 u_2 - 2u_1 + 2c u_1 + c u_2)^2}{u_1(4u_1 - u_2)^2}. \quad (18)$$

$$\begin{aligned} \pi_2(u_1, u_2, k, c) = & \frac{2k c u_1 u_2^2 - k c u_2^3 - 4c k u_1^2 u_2 - 2c u_1 u_2 + 2k u_1 u_2^2 + 2k u_1^3 + 10c u_1^2 + c u_2^2}{(4u_1 - u_2)^2} \\ & + \frac{u_1^2 - u_1 u_2 - 4k u_1^2 u_2 - c^2 u_2^2 + k^2 u_1^4 - 7u_1^2 c^2 - c^2 u_1 u_2 - 3k^2 u_1^3 u_2 + 3k^2 u_1^2 u_2^2 - 6k c u_1^3 - k^2 u_1 u_2^3}{(4u_1 - u_2)^2}. \end{aligned} \quad (19)$$

接著進入第二階段，兩廠商同時決定品質，(18)、(19)分別對 u_1 、 u_2 微分

$$\frac{\partial \pi_2(u_1, u_2, k, c)}{\partial u_2} < 0, \quad \text{if } 0 < u_2 < u_1.$$

$\pi_2(u_1, u_2, k, c)$ 對 u_2 微分的結果恆為負，故廠商會選擇 u_2 為最低品質，即 $u_2^* =$

u_2 ； $\pi_1(u_1, u_2, k, c)$ 對 u_1 微分令其為0，解出極大化利潤之最適 u_1^* 。

解出的均衡品質 u_1^* 、 u_2^* 後，我們也得到均衡價格 p_1^* 、 p_2^* 及均衡的銷售量 D_1^* 、

D_2^* 。消費者剩餘為需求函數與均衡價格之間差距的積分，購買高品質 u_1 的消費

者剩餘 CS_1 為

$$CS_1 = \int_0^{D_1^*} \{p_1(D_1, D_2, u_1, u_2) - p_1^*\} dD_1.$$

購買低品質 u_2 的消費者剩餘 CS_2 為

$$CS_2 = \int_0^{D_2^*} \{p_2(D_1, D_2, u_1, u_2) - p_2^*\} dD_2.$$

社會福利為購買高品質 u_1 的消費者剩餘，加上購買低品質 u_2 的消費者剩餘，及

兩家廠商的利潤：

$$SW = CS_1 + CS_2 + \pi_1 + \pi_2.$$

政府極大化社會福利之一階條件為：

$$\frac{\partial SW}{\partial c} = 0.$$

即可解出最適政府管制之輸配電費用 $c = \hat{c}$ 。

3 模型結果

2.2.2 的情況下，兩廠商自由競爭，灰電廠商向綠電廠商收取一輸配電費用。此時灰電廠商若將低品質 u_2 設得越低，使生產成本下降、 p_2 下降、 D_2 增加，垂直產品差異增加，讓綠電廠商的售價及銷售量增加，同時提高輸配電費用，向綠電廠商收取更多的輸配電費用，增加自身的利潤。而綠電廠商選擇品質時面臨兩股反向的力量：若提升 u_1 ，可以拉大產品差異，提升價格和銷售量，使利潤增加；另一方面，提升品質使生產成本上升，並面對對手提高輸配電費用，再加上隨著價格上升銷售量減少，造成利潤減少。最適的結果為灰電廠商選擇最低品質 $u_2^c = \underline{u}_2$ ；綠電廠商在兩種力量平衡下選擇一最適的 u_1^c 。

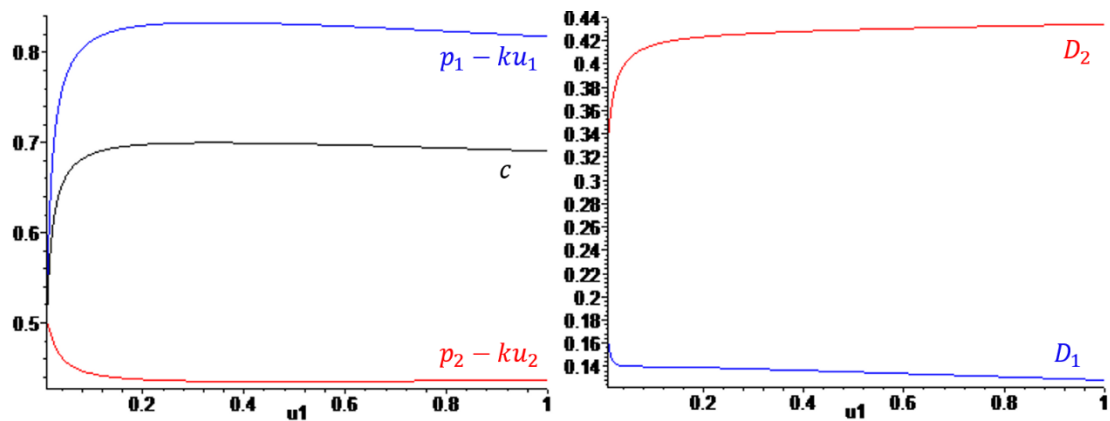


圖 1 雙佔市場下，給定 $u_2 = 0.01$ 、 $k = 0.05$ ， u_1 與價格、輸配電費用及數量之間的關係

我們發現當選品質的成本 k 足夠小、甚至為0的時候，在雙佔市場下綠電廠商會自動選擇生產最高品質的電力，即 $u_1^c = 1$ 。因為提高品質的成本很低，即使會面臨灰電廠商增加收取的輸配電費用，仍然能為其提高利潤。隨著選擇品質的成本 k 增加，提升品質到一定程度後會使產品的單位利潤下降，綠電廠商選擇的 $u_1^c < 1$ ，為一內部解。根據計算，本文得到如下的結果：

命題 1 當市場為兩廠商雙佔，若選擇品質的成本 $\underline{k} < k < \bar{k}$ ，綠電廠商的品質選擇 u_1^c 具有內部解。其中，

$$\bar{k} = \frac{1}{3u_2}$$

$$\underline{k} = \frac{u_2(u_2^4 + 3u_2^3 + 27u_2^2 - 22u_2 + 18)}{u_2^6 + u_2^5 + 33u_2^4 + 2u_2^2 - 12u_2 + 56}$$

<證明>

使綠電廠商在雙佔市場下選擇最高品質的條件為：

$$\frac{\partial \pi_1^c}{\partial u_1} = \frac{1}{4} \frac{(2u_1^2 + u_2^2)(2ku_1 + ku_2 - 1)}{u_1^2(7u_1^2 + u_2^2 + u_1u_2)^3}$$

$$\times (56ku_1^6 - 12ku_1^5u_2 + 2ku_1^4u_2^2 + 33ku_1^2u_2^4 + ku_2^2u_1 + ku_2^6 - 18u_1^4u_2$$

$$+ 22u_1^3u_2^2 - 27u_1^2u_2^3 - 3u_1^2u_2^4 - 5u_2^5)$$

$$= \frac{1}{4} \frac{(2u_1^2 + u_2^2)\rho\lambda}{u_1^2(7u_1^2 + u_2^2 + u_1u_2)^3} > 0, \quad u_2 < u_1 \leq 1.$$

$$\rho = (2ku_1 + ku_2 - 1).$$

$$\lambda = (56ku_1^6 - 12ku_1^5u_2 + 2ku_1^4u_2^2 + 33ku_1^2u_2^4 + ku_2^2u_1 + ku_2^6 - 18u_1^4u_2$$

$$+ 22u_1^3u_2^2 - 27u_1^2u_2^3 - 3u_1^2u_2^4 - u_2^5).$$

當 $u_1 = 1$ 時，若 $\rho < 0$ 且 $\lambda < 0$ ，則 $\frac{\partial \pi_1^c}{\partial u_1} > 0$ ，表示在 $u_1 \in [u_2, 1]$ ， u_1 越大會使綠電廠商利潤越高，綠電廠商會擇最高品質。反之，若 $\rho < 0$ 且 $\lambda > 0$ ，代表當 $u_1 = 1$ 時， $\frac{\partial \pi_1^c}{\partial u_1} < 0$ ，此時的 $u_1 = 1$ 已經超過利潤極大化的最適解，故綠電廠商選擇的最適 u_1 為一小於 1 的內部解。

令 $u_1 = 1$ 代入 ρ 、 λ

$$\rho = (2k + ku_2 - 1) < 0 \Rightarrow k < \frac{1}{2 + u_2}.$$

$$\lambda = [56k - (12k - 18)u_2 + (2k + 22)u_2^2 - 27u_2^3 + (33k - 3)u_2^4 + (k - 1)u_2^5$$

$$+ ku_2^6] > 0$$

$$\Rightarrow k > \frac{u_2(u_2^4 + 3u_2^3 + 27u_2^2 - 22u_2 + 18)}{u_2^6 + u_2^5 + 33u_2^4 + 2u_2^2 - 12u_2 + 56} = \frac{k}{k}.$$

隨著 k 上升，最適的 u_1 會持續下降，最低可以下降至 $u_1 = u_2$ 。我們限制最大的 k

不能使綠電廠商的單位利潤或需求量為負。

$$\begin{aligned}(p_1 - ku_1 - c) &= -\frac{1(u_1 - u_2)(2u_1^2 + u_2^2)(2ku_1 + ku_2 - 1)}{2u_1(7u_1^2 + u_2^2 + u_1u_2)} \\ &= -\frac{1(u_1 - u_2)(2u_1^2 + u_2^2)\rho}{2u_1(7u_1^2 + u_2^2 + u_1u_2)} \geq 0. \\ D_1 &= -\frac{1(2u_1^2 + u_2^2)(2ku_1 + ku_2 - 1)}{2(7u_1^2 + u_2^2 + u_1u_2)} \\ &= -\frac{1(2u_1^2 + u_2^2)\rho}{2(7u_1^2 + u_2^2 + u_1u_2)} \geq 0.\end{aligned}$$

當 $u_1 = u_2$ 時，若需滿足 $(p_1 - ku_1 - c) \geq 0$ 且 $D_1 \geq 0$ ，則需符合 $\rho < 0$ ，即

$$\rho = (2ku_1 + ku_2 - 1) = (3ku_2 - 1) < 0 \Rightarrow k < \frac{1}{3u_2} = \bar{k}.$$

因此得出：

- (1) 當 $\underline{k} < k < \bar{k}$ 時，綠電廠商選擇的最適 u_1^c 介於 u_2 至1之間。隨著 k 越大，最適的 u_1^c 越小。
- (2) 當 $k \leq \underline{k}$ ，廠商選品質的成本足夠低，綠電廠商會自動生產最高品質 $u_1^c = 1$ 。
- (3) 當 $k \geq \bar{k}$ ，廠商選品質的成本太高，造成綠電廠商生產較灰電廠商更高品質產品的利潤為負，市場上只會存在低品質的產品。

□

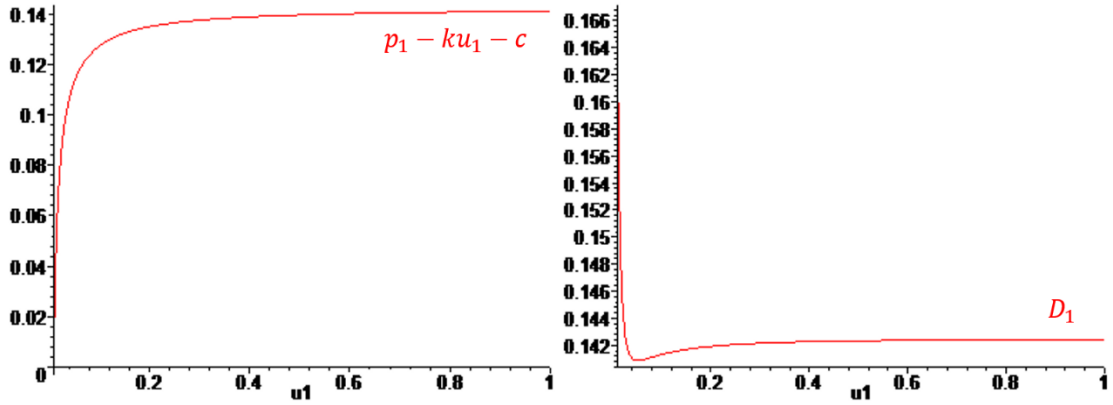


圖 2 雙佔市場下，給定 $u_2 = 0.01$ 、 $k = 0.001$ ， u_1 與價格、輸配電費用及數量之間的關係

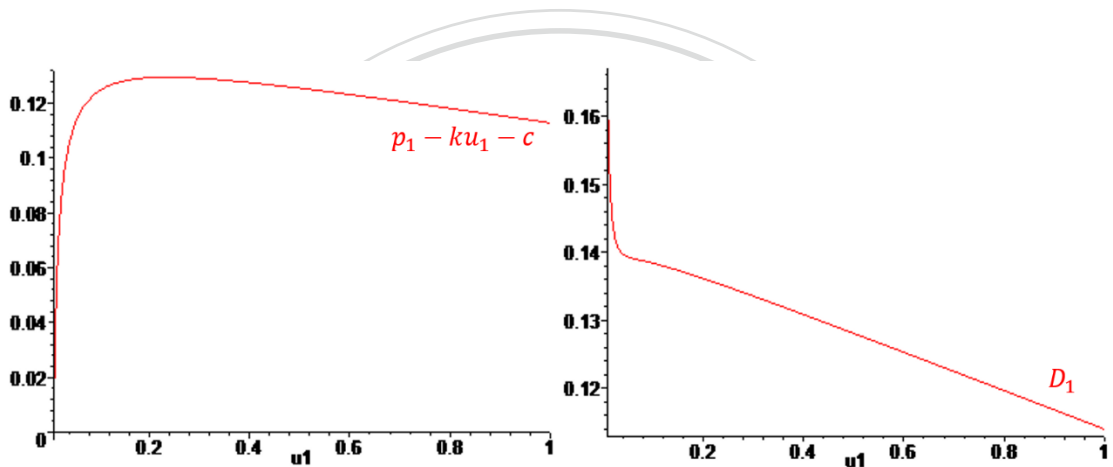


圖 3 雙佔市場下，給定 $u_2 = 0.01$ 、 $k = 0.1$ ， u_1 與價格、輸配電費用及數量之間的關係

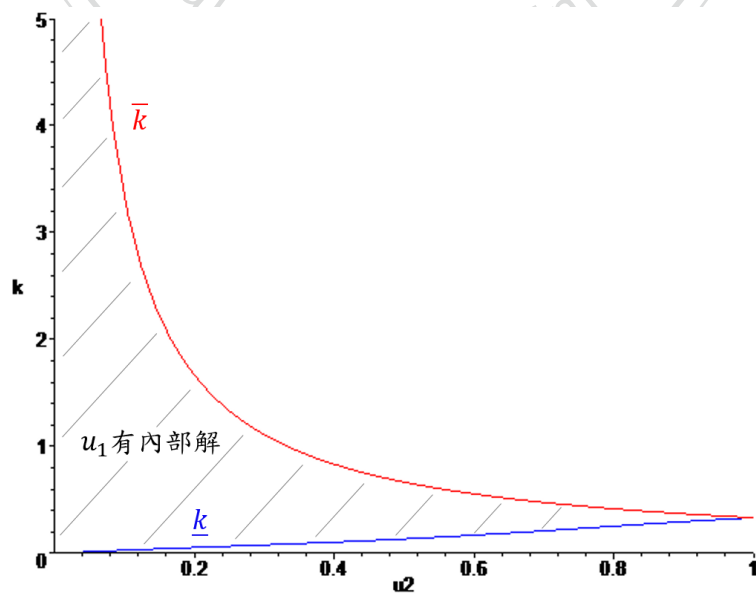


圖 4 u_1 有內部解的範圍

在 2.2.3 的情況下，兩廠商競爭，但灰電廠商向綠電廠商收取之輸配電費用由政府管制。灰電廠商面臨的取捨和 2.2.2 雙佔市場的情況相似：若將品質降低，則 p_2 下降、 D_2 增加、 p_1 上升、 D_1 上升。灰電廠商雖然無法調整輸配電費用，但由於綠電廠商銷售量增加，灰電廠商從輸配電服務賺取的利潤增加。綠電廠商提高品質時同樣面臨兩股相反的力量，一是擴大品質差異，提升價格和銷售量；二是生產成本上升，且隨著價格上升會銷售量會再減少。此時由於輸配電費用由政府管制，和雙佔市場的情況相比，不需要面對競爭廠商提高輸配電費用的壓力，降低利潤的力量較小，可以選擇較高的品質。

三種情境下，灰電廠商都會選擇生產最低品質，即 $u_2^m = u_2^c = u_2^g = \underline{u}_2$ 。而當 $\underline{k} < k < \bar{k}$ ，綠電廠商會選擇一品質介於 \underline{u}_2 與 1 之間的高品質，且 $\underline{u}_2 < u_1^c \leq u_1^g \leq u_1^m \leq 1$ 。

我們發現在政府管制輸配電費用下，可以使綠電廠商提升產品品質。若政府知道雙佔市場下灰電廠商會將輸配電費用設定在 $c = c^*$ ，此時高品質廠商選擇品質為 u_1^c 。現在改由政府管制輸配電費用，若政府將輸配電費用設在和廠商自由決定時相同大小 $\hat{c} = c^*$ ，此時高品質廠商選擇品質為 u_1^g 。我們得到的結果為 $u_1^g > u_1^c$ ，也就是說輸配電成本交由政府管制，即使政府訂定的價格和廠商自行訂定的價格相同，也能促使高品質廠商提升品質，增加社會福利。

命題 2 若 $\underline{k} < k < \bar{k}$ ，給定雙佔市場在自由競爭下灰電廠商收取的輸配電成本 c^* 和政府管制設定的輸配電成本 \hat{c} 相同 ($\hat{c} = c^*$)，政府管制下的綠電廠商會選擇較高的品質 ($u_1^g > u_1^c$)。

<證明>

在 2.2.2 的情境下，輸配電費用由灰電廠商決定， c 為模型內之內生變數。

綠電廠商的利潤函數為：

$$\pi_1^c = \{u_1, u_2, p_1(u_1, u_2, c(u_1, u_2, k), k), p_2(u_1, u_2, c(u_1, u_2, k), k), c(u_1, u_2, k), k\}.$$

綠電廠商選擇一極大化利潤的 u_1 ，令 π_1^c 對 u_1 微分等於 0 解出 u_1^c

$$\frac{d\pi_1^c}{du_1} = \frac{\partial \pi_1^c}{\partial u_1} + \frac{\partial \pi_1^c}{\partial p_1} \frac{\partial p_1}{\partial u_1} + \frac{\partial \pi_1^c}{\partial p_2} \frac{\partial p_2}{\partial u_1} + \frac{\partial \pi_1^c}{\partial c} \frac{\partial c}{\partial u_1} + \frac{\partial \pi_1^c}{\partial p_1} \frac{\partial p_1}{\partial c} \frac{\partial c}{\partial u_1} + \frac{\partial \pi_1^c}{\partial p_2} \frac{\partial p_2}{\partial c} \frac{\partial c}{\partial u_1} = 0. \quad (26)$$

在 2.2.3 的情境下，輸配電費用由政府決定， c 為模型內之外生變數。綠電

廠商的利潤函數為：

$$\pi_1^g = \{u_1, u_2, p_1(u_1, u_2, c, k), p_2(u_1, u_2, c, k), c, k\}.$$

綠電廠商選擇一極大化利潤的 u_1 ，令 π_1^g 對 u_1 微分等於 0 解出 u_1^g

$$\frac{d\pi_1^g}{du_1} = \frac{\partial \pi_1^g}{\partial u_1} + \frac{\partial \pi_1^g}{\partial p_1} \frac{\partial p_1}{\partial u_1} + \frac{\partial \pi_1^g}{\partial p_2} \frac{\partial p_2}{\partial u_1} = 0. \quad (27)$$

由(26)、(27)可以看出，當 c 由灰廠商自行訂定時，高品質廠商需要多考慮輸配

電成本變動對利潤的影響，因此多了最後三項：

$$\frac{\partial \pi_1^c}{\partial c} \frac{\partial c}{\partial u_1} + \frac{\partial \pi_1^c}{\partial p_1} \frac{\partial p_1}{\partial c} \frac{\partial c}{\partial u_1} + \frac{\partial \pi_1^c}{\partial p_2} \frac{\partial p_2}{\partial c} \frac{\partial c}{\partial u_1}.$$

其中第一項為輸配電成本變動對利潤影響的直接效果，第二、三項為輸配電成本影響綠電及灰電的價格，由價格再影響利潤的間接效果。根據包絡定理，將

(26)、(27)整理為

$$\frac{d\pi_1^c}{du_1} = \frac{\partial\pi_1^c}{\partial u_1} + \frac{\partial\pi_1^c}{\partial p_2} \frac{\partial p_2}{\partial u_1} + \frac{\partial c}{\partial u_1} \left(\frac{\partial\pi_1^c}{\partial c} + \frac{\partial\pi_1^c}{\partial p_2} \frac{\partial p_2}{\partial c} \right) = 0.$$

$$\frac{d\pi_1^g}{du_1} = \frac{\partial\pi_1^g}{\partial u_1} + \frac{\partial\pi_1^g}{\partial p_2} \frac{\partial p_2}{\partial u_1} = 0.$$

接著分項討論 $\frac{\partial c}{\partial u_1} \left(\frac{\partial\pi_1^c}{\partial c} + \frac{\partial\pi_1^c}{\partial p_2} \frac{\partial p_2}{\partial c} \right)$ 之正負

$$\frac{\partial\pi_1}{\partial c} = \frac{1}{2} \frac{(2u_1^2 + u_2^2)(2ku_1 + ku_2 - 1)}{7u_1^2 + u_1u_2 + u_2^2} = \frac{1}{2} \frac{\rho(2u_1^2 + u_2^2)}{7u_1^2 + u_1u_2 + u_2^2}.$$

$$\frac{\partial\pi_1}{\partial p_2} \frac{\partial p_2}{\partial c} = -\frac{1}{2} \frac{u_2(u_1 + 2u_2)(2u_1^2 + u_2^2)(2ku_1 + ku_2 - 1)}{u_1(4u_1 - u_2)(7u_1^2 + u_1u_2 + u_2^2)}$$

$$= -\frac{1}{2} \frac{\rho u_2(u_1 + 2u_2)(2u_1^2 + u_2^2)}{u_1(4u_1 - u_2)(7u_1^2 + u_1u_2 + u_2^2)}.$$

$$\frac{\partial\pi_1}{\partial c} + \frac{\partial\pi_1}{\partial p_2} \frac{\partial p_2}{\partial c} = \frac{(u_1 - u_2)(u_1 + 2u_2)(2u_1^2 + u_2^2)(2ku_1 + ku_2 - 1)}{u_1(4u_1 - u_2)(7u_1^2 + u_1u_2 + u_2^2)}$$

$$= \frac{\rho(u_1 - u_2)(u_1 + 2u_2)(2u_1^2 + u_2^2)}{u_1(4u_1 - u_2)(7u_1^2 + u_1u_2 + u_2^2)}.$$

當 $\rho = 2ku_1 + ku_2 - 1 < 0$ 時， $\left(\frac{\partial\pi_1}{\partial c} + \frac{\partial\pi_1}{\partial p_2} \frac{\partial p_2}{\partial c} \right) < 0$ ，其中 $\frac{\partial\pi_1}{\partial c} < 0$ 、 $\frac{\partial\pi_1}{\partial p_2} \frac{\partial p_2}{\partial c} > 0$ 。

$$\frac{\partial c}{\partial u_1} = -\frac{3}{2} \frac{14ku_1^4 + 4ku_1^3u_2 + 12ku_1^2u_2^2 - 2ku_1u_2^3 - ku_2^4 - 8u_1^2u_2 - 2u_1u_2^2 + u_2^3}{(7u_1^2 + u_1u_2 + u_2^2)^2}$$

$$= -\frac{3}{2} \frac{\omega}{(7u_1^2 + u_1u_2 + u_2^2)^2}.$$

當 $\omega < 0$ 時， $\frac{\partial c}{\partial u_1} > 0$ 。

若 $\rho < 0$ 且 $\omega < 0$ ，則 $\frac{\partial c}{\partial u_1} \left(\frac{\partial\pi_1}{\partial c} + \frac{\partial\pi_1}{\partial p_2} \frac{\partial p_2}{\partial c} \right) < 0$ ，輸配電成本變動對利潤影響的直接

效果為負、間接效果為正，兩效果相加後，總效果為負。

在 $u_1 = u_1^c$ 時， $\frac{d\pi_1^c}{du_1} = \frac{\partial\pi_1^c}{\partial u_1} + \frac{\partial\pi_1^c}{\partial p_2} \frac{\partial p_2}{\partial u_1} + \frac{\partial c}{\partial u_1} \left(\frac{\partial\pi_1^c}{\partial c} + \frac{\partial\pi_1^c}{\partial p_2} \frac{\partial p_2}{\partial c} \right) = 0$ ，由後兩項

$\frac{\partial c}{\partial u_1} \left(\frac{\partial\pi_1}{\partial c} + \frac{\partial\pi_1}{\partial p_2} \frac{\partial p_2}{\partial c} \right) < 0$ 可推知此時前兩項 $\frac{\partial\pi_1^c}{\partial u_1} + \frac{\partial\pi_1^c}{\partial p_2} \frac{\partial p_2}{\partial u_1} > 0$ ；而在 $u_1 = u_1^g$ 時，

$\frac{\partial\pi_1^g}{\partial u_1} + \frac{\partial\pi_1^g}{\partial p_2} \frac{\partial p_2}{\partial u_1} = 0$ 。因 $\frac{\partial}{\partial u_1} \left(\frac{\partial\pi_1}{\partial u_1} + \frac{\partial\pi_1}{\partial p_2} \frac{\partial p_2}{\partial u_1} \right) < 0$ ，故 $u_1^c < u_1^g$ 。

我們從充分條件 ($\rho < 0$ 且 $\omega < 0$) 中歸納出 k 的範圍。

$$\rho = 2ku_1 + ku_2 - 1 < 0$$

$$\Rightarrow k < \frac{1}{2u_1 + u_2}.$$

$$\omega = 14ku_1^4 + 4ku_1^3u_2 + 12ku_1^2u_2^2 - 2ku_1u_2^3 - ku_2^4 - 8u_1^2u_2 - 2u_1u_2^2 + u_2^3 < 0$$

$$\Rightarrow k < \frac{u_2(-8u_1^2 - 2u_1u_2 + u_2^2)}{-14u_1^4 - 4u_1^3u_2 - 12u_1^2u_2^2 + 2u_1u_2^3 + u_2^4}.$$

$\rho < 0$ 且 $\omega < 0$ 即整理成

$$\underline{k} < k < \frac{u_2(-8u_1^2 - 2u_1u_2 + u_2^2)}{-14u_1^4 - 4u_1^3u_2 - 12u_1^2u_2^2 + 2u_1u_2^3 + u_2^4} < \frac{1}{2u_1 + u_2} < \bar{k}.$$

符合 k 有內部解的範圍。

□

若輸配電費用 c 由灰電廠商訂定，綠電廠商若選擇一更高的品質，好處是增加產品差異，可以提高售價、增加銷售量，但隨著品質越高，面臨生產成本更明顯的提升，使得每單位獲利下降；加上灰電廠商為保有競爭力而提高收取的輸配電費用，這將導致綠電廠商的售價需要大幅增加，造成銷售量減少、利潤下降，兩相權衡下高品質廠商無法生產最高品質，而會選擇一內部解 u_1^c ；這時，低品質廠商生產一樣的低品質產品，卻因競爭舒緩可以訂更高的價格、銷售更多的數量，最終增加利潤。因此，在 c 為內生變數時，綠電廠商選擇品質需

要多考慮競爭對手提高輸配電費用而降低利潤的效果；若是輸配電費用交由政府來管制，則不會有此顧慮。不過因選擇品質有一定的成本，高品質廠商仍然不會自動生產最高品質，但會比雙佔市場的情況下選擇更高的品質。即使政府管制的輸配電價格和灰電廠商自行決定的價格相同，綠電廠商還是選擇更高的品質，此舉會讓整體社會福利提升。

命題 3 若 $\underline{k} < k < \bar{k}$ (即在 u_1^c 有內部解時)，假設政府管制的輸配電價格和雙佔市場時灰電廠商自訂的價格相同。則在政府管制下，綠電廠商選擇一較雙佔市場時高的品質，可使社會福利提升。

<證明>

當政府管制輸配電成本時，社會福利函數為：

$$\begin{aligned}
 & SW(u_1, u_2, k, c) \\
 &= CS_1 + CS_2 + \pi_1 + \pi_2 \\
 &= \frac{1}{2} \left(\frac{15u_1^3 - 10u_1^2u_2 + 15k^2u_1^5 - 4k^2u_1^4u_2 + 2k^2u_1^3u_2^2 - 4k^2u_1^2u_2^3 + 12ku_1^2u_2^2 - 6ku_1^3u_2 - 18ku_1^4}{u_1(4u_1 - u_2)^2} \right. \\
 & \left. + \frac{-2cu_1^3 - 2cu_1^2u_2 + 10cu_1u_2^2 - c^2u_1^3 - 6c^2u_1u_2^2 - 2c^2u_2^3 + 14cku_1^4 - 4cku_1^2u_2^2 - 4cku_1^3u_2 - 6cku_1u_2^3}{u_1(4u_1 - u_2)^2} \right). \quad (28)
 \end{aligned}$$

我們想要證明當政府選擇和雙佔市場時相同的輸配價格，綠電廠商選擇的品質從原本的 u_1^c 向上提升是否能增加社會福利。因此將 $SW(u_1, u_2, k, c)$ 對 u_1 微分，並將雙佔市場時灰電廠商極大化利潤下選擇的 $c^*(20)$ 代入，得到 $SW_{u_1}(u_1, u_2, k)$ ，並判斷當 $u_1 = u_1^c$ 時 SW_{u_1} 的正負號。若 SW_{u_1} 為正，表示在此情境下提升 u_1 可

以增加社會福利。

$$c^* = \frac{1}{2} \frac{10u_1^2 + u_2^2 - 2u_1u_2 - 6ku_1^3 - ku_2^3 - 4ku_1^2u_2 + 2ku_1u_2^2}{7u_1^2 + u_1u_2 + u_2^2}. \quad (20)$$

$$SW_{u_1}(u_1, u_2, k) = \frac{\varphi}{4u_1^2(7u_1^2 + u_1u_2 + u_2^2)^2(4u_1 - u_2)} \quad (29)$$

因為(29)式的分母恆為正，若要判斷 SW_{u_1} 的正負只需判別 φ 之正負號，於是我們

們將 φ 拆解成商乘以除式，再加上餘式的形式： $\varphi = Q\lambda + R$

$$\begin{aligned} R &= \frac{4u_1^3u_2(7u_1^2 + u_1u_2 + u_2^2)^2}{(56u_1^6 - 12u_1^5u_2 + 2u_1^4u_2^2 + 33u_1^2u_2^4 + u_1u_2^5 + u_2^6)^2} \\ &\quad \times (912u_1^{10} + 260u_1^9u_2 - 2776u_1^8u_2^2 + 4992u_1^7u_2^3 - 4420u_1^6u_2^4 \\ &\quad + 3119u_1^5u_2^5 - 1002u_1^4u_2^6 + 173u_1^3u_2^7 + 44u_1^2u_2^8 - 87u_1u_2^9 + 34u_2^{10}) \\ &= \frac{4u_1^3u_2(7u_1^2 + u_1u_2 + u_2^2)^2}{(56u_1^6 - 12u_1^5u_2 + 2u_1^4u_2^2 + 33u_1^2u_2^4 + u_1u_2^5 + u_2^6)^2} \times \gamma \end{aligned}$$

其中除式為 λ ，是 2.2.2 中第(24)式 $\frac{\partial \pi_1(u_1, u_2, k)}{\partial u_1}$ 中的一項

$$\frac{\partial \pi_1(u_1, u_2, k)}{\partial u_1} = \frac{1}{4} \frac{(2u_1^2 + u_2^2)\rho\lambda}{u_1^2(7u_1^2 + u_2^2 + u_1u_2)^3}. \quad (24)$$

雙佔市場下，綠電廠商選擇的最適 $u_1 = u_1^c$ 為 $\frac{\partial \pi_1''}{\partial u_1} = 0$ 的解，由於 $\rho < 0$ ，故當

$\frac{\partial \pi_1''}{\partial u_1} = 0$ 時必須是 $\lambda=0$ ，因此得出

$$\varphi(u_1^c) = R$$

接下來我們判斷 R 的正負號，而 R 裡面除了 γ 以外，其他項都恆為正，故直接討

論 γ 的正負號。

$$\begin{aligned} \gamma &= (912u_1^{10} + 260u_1^9u_2 - 2776u_1^8u_2^2 + 4992u_1^7u_2^3 - 4420u_1^6u_2^4 + 3119u_1^5u_2^5 \\ &\quad - 1002u_1^4u_2^6 + 173u_1^3u_2^7 + 44u_1^2u_2^8 - 87u_1u_2^9 + 34u_2^{10}). \end{aligned}$$

令 $u_1 = u_1^c = a + u_2$, $a > 0$, 代入 γ 得

$$\begin{aligned} \gamma &= 729u_2^{10} + 5103au_2^9 + 122476a^6u_2^4 + 82864a^7u_2^3 + 35924a^8u_2^2 + 8860a^9u_2 \\ &\quad + 18225a^2u_2^8 + 45819a^3u_2^7 + 87453a^4u_2^6 + 123039a^5u_2^5 + 912a^{10} \\ &> 0. \end{aligned}$$

由 $\gamma > 0$ 得知 $SW_{u_1}(u_1, u_2, k) = \frac{\varphi}{4u_1^2(7u_1^2+u_1u_2+u_2^2)^2(4u_1-u_2)} > 0$ 故得證。當政府介入

管制輸配電費用，其設定的費用和雙佔市場時灰電廠商訂定的費用相同，但綠電的品質從雙佔市場時的品質向上提升，會使社會福利增加。

□

政府管制時，由於綠電廠商生產較高品質的電力也緩解了價格競爭，綠電價格上升，需求量減少，但由於品質提升，高品質的消費者剩餘增加，綠電廠商也因單位獲利增加而利潤增加。灰電廠商因為失去了控制輸配電價格的優勢，會降低電力價格保有競爭力，灰電需求量增加，低品質消費者剩餘亦增加；灰電廠商售電的利潤增加，但輸配電收入隨綠電減少而減少，總利潤會下降。整體而言，政府管制輸配電價格使綠電品質上升，可以使社會福利提升。

表格 1 到表格 6 說明在給定 $u_2 = 0.01$ 及不同 k 時，三種市場情境下，綠電品質、輸配電費用，與社會福利分別如何變化。

		$\underline{u}_2 = 0.01$ $k = 0$			$\underline{u}_2 = 0.01$ $k = 0.001$		
		u_1^*	c	SW	u_1^*	c	SW
獨佔		1	--	0.44259	1	--	0.44215
雙佔市場		1	0.71183	0.40690	1	0.71140	0.40669
政府 管制 c	同雙佔市場	1	0.71183	0.40690	1	0.71140	0.40669
	Max SW	1	0	0.46796	1	0	0.46739

表格 1 在 k 足夠小時，綠電廠商自動選擇最高品質，政府管制不影響品質決策

		u_1^*	c	SW
$\underline{u}_2 = 0.01$ $\underline{u}_2 = 0.01$ $k = \underline{k} \cong 0.003182291$				
獨佔		1	--	0.44118
雙佔市場		1	0.71046	0.40623
政府管制 c	同雙佔市場	1	0.71046	0.40623
	Max SW	0.89380	0	0.46625

表格 2 給定 $\underline{u}_2 = 0.01$ 、 $k = \underline{k}$ 下的最適選擇

		u_1^*	c	SW
$\underline{u}_2 = 0.01$ $k = 0.01$				
獨佔		0.57735	--	0.43868
雙佔市場		0.56195	0.70749	0.40489
政府管制 c	同雙佔市場	0.65252	0.70749	0.40489
	Max SW	0.50743	0	0.46429

表格 3 給定 $\underline{u}_2 = 0.01$ 、 $k = 0.01$ 下的最適選擇

$\underline{u}_2 = 0.01$ $k = 0.05$		u_1^*	c	SW
獨佔		0.25819	--	0.43161
雙佔市場		0.24861	0.69900	0.40043
政府管制 c	同雙佔市場	0.29063	0.69900	0.40078
	Max SW	0.23095	0	0.45857

表格 4 給定 $u_2 = 0.01$ 、 $k = 0.05$ 下的最適選擇

$\underline{u}_2 = 0.01$ $k = 0.5$		u_1^*	c	SW
獨佔		0.08164	--	0.40445
雙佔市場		0.07561	0.66487	0.38277
政府管制 c	同雙佔市場	0.09043	0.66487	0.38411
	Max SW	0.07777	0	0.43414

表格 5 給定 $u_2 = 0.01$ 、 $k = 0.5$ 下的最適選擇

$\underline{u}_2 = 0.01$ $k = 0.9$		u_1^*	c	SW
獨佔		0.06085	--	0.39117
雙佔市場		0.05545	0.49119	0.37353
政府管制 c	同雙佔市場	0.06502	0.49119	0.38894
	Max SW	0.05963	0	0.42087

表格 6 給定 $u_2 = 0.01$ 、 $k = 0.9$ 下的最適選擇

	政府管制政策		政府不管制
	極大化 社會福利	管制 c 和雙佔市 場時相同	雙佔市場
$u_2 = 0.01$ $k = 0.05$			
c	0.00000	0.69900	0.69900
u_1^*	0.23095	0.29063	0.24861
SW	0.45857	0.40078	0.40043
$U_1 + U_2$	0.15740	0.10026	0.09989
$\pi_1 + \pi_2$	0.30117	0.30052	0.30053
$D_1 + D_2$	0.75503	0.56419	0.56349
U_1	0.12475	0.00956	0.00959
p_1	0.48942	0.84706	0.84438
$p_1 - ku_1 - c$	0.47788	0.13352	0.13294
D_1	0.49950	0.13828	0.13851
π_1	0.23870	0.01846	0.01841
U_2	0.03264	0.09070	0.09030
p_2	0.24496	0.43580	0.43650
$p_2 - ku_2$	0.24446	0.43530	0.43600
D_2	0.25552	0.42591	0.42497
π_2	0.06246	0.28206	0.28211

表格 7 給定 $u_2 = 0.01$ 、 $k = 0.05$ ，政府管制政策與各變數之變化

4 準線性效用函數下的結果

本文至此，所有結論皆建立在效用函數 Shaked and Sutton (1982) 中使用的 Cobb-Douglas 效用函數。由於垂直產品差異文獻中還有另一常用的函數型，為轉線性效用函數，故此章節我們將第二節的模型設定改為準線性效用函數，看看在不同函數假設下，綠電廠商與灰電廠商的決策是否會有所不同。

4.1 消費者

把消費者的效用函數改為 Mussa and Rosen (1978) 中使用的形式，為一準線性效用函數：

$$V(\theta, u) = \theta u - p(u)$$

此一模型假設消費者連續均勻分配在 $[0,1]$ 之間，其類型依照 θ 區分， $\theta \in [0,1]$ ， θ 可解釋為對品質的在意程度。消費者皆極大化自身效用：

$$V(\theta, u_i) = \begin{cases} \theta u_1 - p(u_1), & \text{如果購買品質為 } u_1 \text{ 的電;} \\ \theta u_2 - p(u_2), & \text{如果購買品質為 } u_2 \text{ 的電;} \\ 0, & \text{其他} \end{cases}$$

假設 $u_1 > u_2 \geq 0$ 。類型為 θ_1 的消費者的效用為 $\theta_1 u_1 - p(u_1) = \theta_1 u_2 - p(u_2)$ ，表示他購買 u_1 的電力和購買 u_2 的電力得到相同效用， $\theta > \theta_1$ 的消費者會偏好 u_1 的電。類型為 θ_2 的消費者的效用為 $\theta_2 u_2 - p(u_2) = 0$ ，表示他購買 u_2 的電力和不購買任何電力得到相同效用， $\theta > \theta_2$ 的消費者會偏好 u_2 的電。

兩種電力的需求函數如下：

$$D_1 = 1 - \frac{p_1 - p_2}{u_1 - u_2}$$

$$D_2 = \frac{p_1 - p_2}{u_1 - u_2} - \frac{p_2}{u_2}$$

4.2 廠商

關於廠商的假設與設定均沒有改變，和第二節的差異僅在於廠商所面臨的需求函數不同。

當市場尚未開放，獨佔廠商的利潤函數為

$$\begin{aligned} \pi_m &= (p_1 - ku_1)D_1 + (p_2 - ku_2)D_2 \\ &= (p_1 - ku_1)\left(1 - \frac{p_1 - p_2}{u_1 - u_2}\right) + (p_2 - ku_2)\left(\frac{p_1 - p_2}{u_1 - u_2} - \frac{p_2}{u_2}\right). \end{aligned} \quad (30)$$

以逆解法解出均衡的品質與價格。先將 π_m 分別對 p_1 、 p_2 微分並解出最適價格

$$p_1 = \frac{1}{2}(1+k)u_1. \quad (31)$$

$$p_2 = \frac{1}{2}(1+k)u_2. \quad (32)$$

將(31)、(32)代入(30)，再分別對 u_1 、 u_2 微分解出最適品質

$$\pi_m = \frac{1}{4}(k-1)^2 u_1$$

$$\frac{\partial \pi_m}{\partial u_2} = 0.$$

$$\frac{\partial \pi_m}{\partial u_1} = \frac{1}{4}(k-1)^2 > 0.$$

獨佔廠商不生產低品質的灰電，只生產高品質的綠電，且會選擇最高品質，

$u_1 = 1$ 。此時

$$D_1 = \frac{1}{2}(1-k), \quad D_2 = 0, \quad k < 1.$$

當市場開放自由競爭，售電業中有一家高品質綠電廠商及一家低品質灰電廠商，由灰電廠商負責所有電力之輸配，向綠電廠商收取每單位輸配電費用 c 。

綠電廠商利潤函數為：

$$\pi_1 = (p_1 - ku_1 - c)\left(1 - \frac{p_1 - p_2}{u_1 - u_2}\right). \quad (33)$$

灰電廠商利潤函數為：

$$\pi_2 = (p_2 - ku_2)\left(\frac{p_1 - p_2}{u_1 - u_2} - \frac{p_2}{u_2}\right) + c\left(1 - \frac{p_1 - p_2}{u_1 - u_2}\right). \quad (34)$$

以逆解法求出均衡的品質、價格及輸配電費用。分別將 π_1 、 π_2 對 p_1 、 p_2 微分並

解出最適價格

$$p_1 = \frac{2u_1^2 - 2u_1u_2 + 2u_1c + u_2c + ku_1u_2 + 2ku_1^2}{-4u_1 + u_2}. \quad (35)$$

$$p_2 = \frac{u_2(-u_1 - 3c - 3ku_1 + u_2)}{-4u_1 + u_2}. \quad (36)$$

將(35)、(36)帶回利潤函數(33)、(34)得 $\pi_1(u_1, u_2, k, c)$ 、 $\pi_2(u_1, u_2, k, c)$

$$\pi_1(u_1, u_2, k, c) = \frac{(u_1 - u_2)(ku_1 - u_1 + c)^2}{(4u_1 - u_2)^2}. \quad (37)$$

$$\pi_2(u_1, u_2, k, c) = \frac{(ku_1 - u_1 + c)(-u_1u_2 - u_2c + u_2^2 + ku_1u_2 - 8u_1c - ku_2^2)}{(4u_1 - u_2)^2}. \quad (38)$$

接著，灰電廠商選擇輸配電費用，故令 $\frac{\partial \pi_2(u_1, u_2, k, c)}{\partial c} = 0$ ，解出最適的 $c = c^*$ ：

$$c^* = \frac{1}{2} \frac{8u_1^2 - 8ku_1^2 - ku_2^2 + u_2^2}{8u_1 + u_2}. \quad (39)$$

將(39)帶入(37)、(38)得 $\pi_1(u_1, u_2, k)$ 、 $\pi_2(u_1, u_2, k)$

$$\pi_1(u_1, u_2, k) = \frac{(u_1 - u_2)(k-1)^2(2u_1 + u_2)^2}{(8u_1 + u_2)^2}. \quad (40)$$

$$\pi_2(u_1, u_2, k) = \frac{1}{4} \frac{(k-1)^2(2u_1 + u_2)^2}{8u_1 + u_2}. \quad (41)$$

(40)、(41)分別對 u_1 、 u_2 微分

$$\frac{\partial \pi_2(u_1, u_2, k)}{\partial u_2} = \frac{1}{4} \frac{(14u_1 + u_2)(k-1)^2(2u_1 + u_2)^2}{(8u_1 + u_2)^2} > 0. \quad (42)$$

$$\frac{\partial \pi_1(u_1, u_2, k)}{\partial u_1} = \frac{(16u_1^2 - 2u_1u_2 + 13u_2^2)(k-1)^2(2u_1 + u_2)}{(8u_1 + u_2)^3} > 0. \quad (43)$$

$\pi_2(u_1, u_2, k)$ 對 u_2 微分的結果為正，灰電廠商會選擇 u_2 為最高品質，即 $u_2 = 1$ ；

$\pi_1(u_1, u_2, k)$ 對 u_1 微分的結果為正，綠電廠商會選擇 u_1 為最高品質，即 $u_1 = 1$ ，

但當 $u_1 = u_2$ 時，綠電廠商的利潤為0，其售電的利潤都被灰電廠商以收取輸配

電價格的方式攫取。此時市場上只有一種品質

$$u_1 = u_2 = 1.$$

$$p_1 = p_2 = \frac{1}{2}(1+k).$$

$$D_1 = \frac{1}{3}(1-k), \quad D_2 = \frac{1}{6}(1-k), \quad k < 1.$$

準線性效用函數的結果和我們先前使用 Cobb-Douglas 效用函數的結果大不相同，兩廠商在雙佔市場下皆自願生產最高品質。在 Cobb-Douglas 效用函數下，灰電廠商會選最低品質，增加垂直產品差異、緩解價格競爭，除了讓灰電價格上升，也讓綠電的廠商獲利空間增加，再向其收取更多的輸配電費用，提升自身利潤。在準線性效用函數下，灰電廠商選擇更高品質、縮小垂直產品差異，使得綠電廠商降價競爭，增加綠電的銷售量，灰電廠商進而增加輸配電收入，同時也可以提高售價又調高輸配電價格，讓整體利潤增加，故灰電廠商願意生產最高品質。

Cobb-Douglas 效用函數下，灰電廠商利潤函數的一階微分：

$$\frac{d\pi_2}{du_2} = \underbrace{\frac{\partial\pi_2}{\partial u_2}}_{\ominus} + \underbrace{\frac{\partial\pi_2}{\partial p_1} \frac{\partial p_1}{\partial u_2}}_{\oplus} + \underbrace{\frac{\partial\pi_2}{\partial p_2} \frac{\partial p_2}{\partial u_2}}_{\oplus} + \underbrace{\frac{\partial\pi_2}{\partial c} \frac{\partial c}{\partial u_2}}_{\ominus} + \underbrace{\frac{\partial\pi_2}{\partial p_1} \frac{\partial p_1}{\partial c} \frac{\partial c}{\partial u_2}}_{\oplus} + \underbrace{\frac{\partial\pi_2}{\partial p_2} \frac{\partial p_2}{\partial c} \frac{\partial c}{\partial u_2}}_{\ominus} < 0.$$

準線性效用函數下，灰電廠商利潤函數的一階微分：

$$\frac{d\pi_2}{du_2} = \underbrace{\frac{\partial\pi_2}{\partial u_2}}_{\oplus} + \underbrace{\frac{\partial\pi_2}{\partial p_1} \frac{\partial p_1}{\partial u_2}}_{\oplus} + \underbrace{\frac{\partial\pi_2}{\partial p_2} \frac{\partial p_2}{\partial u_2}}_{\oplus} + \underbrace{\frac{\partial\pi_2}{\partial c} \frac{\partial c}{\partial u_2}}_{\oplus} + \underbrace{\frac{\partial\pi_2}{\partial p_1} \frac{\partial p_1}{\partial c} \frac{\partial c}{\partial u_2}}_{\ominus} + \underbrace{\frac{\partial\pi_2}{\partial p_2} \frac{\partial p_2}{\partial c} \frac{\partial c}{\partial u_2}}_{\oplus} > 0.$$

準線性效用函數下，綠電廠商選擇品質時一樣面臨取捨，提高品質一方面擴大垂直產品差異，可以提高售價；另一方面會提高生產成本，灰電廠商也會提高輸配電費用，讓單位利潤降低。在準線性效用函數下，提升品質對增加利潤的效果較大，綠電廠商的品質選擇亦為越高越好。

$$\frac{d\pi_1}{du_1} = \underbrace{\frac{\partial\pi_1}{\partial u_1}}_{\oplus} + \underbrace{\frac{\partial\pi_1}{\partial p_1} \frac{\partial p_1}{\partial u_1}}_{\oplus} + \underbrace{\frac{\partial\pi_1}{\partial p_2} \frac{\partial p_2}{\partial u_1}}_{\ominus} + \underbrace{\frac{\partial\pi_1}{\partial c} \frac{\partial c}{\partial u_1}}_{\ominus} + \underbrace{\frac{\partial\pi_1}{\partial p_1} \frac{\partial p_1}{\partial c} \frac{\partial c}{\partial u_1}}_{\oplus} + \underbrace{\frac{\partial\pi_1}{\partial p_2} \frac{\partial p_2}{\partial c} \frac{\partial c}{\partial u_1}}_{\oplus} > 0.$$

當我們假設售電業市場中的消費者效用函數為準線性形式，兩家廠商雙佔市場時，面對此需求會自動選擇最高品質，因此無法如前述第二、三節的模型，透過政府管制使廠商提升電力品質，進而提升社會福利。然而，在準線性模型中，政府管制輸配電價格可能透過其他路徑達到提升福利之效果，如政府要求灰電廠商收取較低的輸配費用，降低綠電廠商的單位成本，讓市場價格下降、購買高品質電力消費者增加，提升消費者剩餘使得社會福利增加。關於準線性效用函數下更細節的分析結果，不在本文詳述之範圍，有待後續研究。

5 結論

台灣電業法修正案通過後，政府開放綠電廠商進入售電業，售電市場中存在垂直產品差異，然輸配電業市場仍為台電獨佔，新進的綠電廠商需要支付台電固定的輸配電費用，才能將電力傳送給用戶。我們根據此現況建構模型分析，當再生能源發電的單位成本較傳統能源明顯來得高時，政府介入管制輸配電費用，將使綠電廠商提高品質，也使社會福利提升。若政府希望極大化社會福利，當選擇品質的單位成本越高，政府訂定的輸配電費用會提升。因為政府提升輸配電費用可以迫使綠電廠商提升品質，增加垂直產品差異、舒緩價格競爭。若綠電與灰電的生產單位成本的差異不大時，廠商會自動最大化產品差異，綠電廠商會生產最高品質，而灰電廠商會生產最低品質。此時政府管制輸配電費用不影響廠商之品質決策，極大化社會福利的最適輸配電費用為 0。若政府管制使輸配電費用下降，可使高品質電力價格降低，綠電廠商利潤增加，讓更多消費者可以購買電力，增加社會福利。

6 參考文獻

- André, F. J., González, P., & Porteiro, N. (2009). Strategic quality competition and the Porter Hypothesis. *Journal of Environmental Economics and Management*, 57(2), 182-194. doi:10.1016/j.jeem.2008.07.002
- Boccard, N., & Wauthy, X. Y. (2010). Ensuring quality provision through capacity regulation under price competition. *The BE Journal of Theoretical Economics*, 10(1).
- Choi, C. J. (1992). A comment on a model of vertical product differentiation. *The Journal of Industrial Economics*, 40(2), 229-231. doi:10.2307/2950513
- Fousekis, P. (2010). Quality Choices in a Vertical Structure: National Brands vs Private Labels in Grocery Retailing. *Agricultural Economics Review*, 11(2), 1-10.
- Holtedahl, P., & Joutz, F. L. (2004). Residential electricity demand in Taiwan. *Energy Economics*, 26(2), 201-224.
- Lambertini, L., & Tampieri, A. (2012). Vertical differentiation in a Cournot industry: The Porter hypothesis and beyond. *Resource and Energy Economics*, 34(3), 374-380. doi:10.1016/j.reseneeco.2012.03.001
- Mussa, M., & Rosen, S. (1978). Monopoly and product quality. *Journal of Economic theory*, 18(2), 301-317.

Shaked, A., & Sutton, J. (1983). Natural oligopolies. *Econometrica: journal of the*

Econometric Society, 1469-1483.

鍾嘉雯 (2017)。電業改革第一步：新電業法上路，綠電先行。取自：

<https://energymagazine.tier.org.tw/Cont.aspx?CatID=&ContID=5>

