強制添加生質能源政策探討

洪鳴丰・陳智華・蕭代基・林文偉*

強制添加生質能源政策是目前世界各國最廣爲採用以發展生質能源的政策之一, 然而回顧其相關文獻, 政策的理論基礎卻十分薄弱。本文之主要貢獻, 即是建立一包含能源市場、能源作物市場以及能源外部性的理論模型, 分析政府應如何制訂最適添加比, 以及添加比如何影響生質能源與能源 (糧食) 作物價格, 並探討當相關變數外生改變時, 最適添加比應如何改變以維持社會福利極大。研究發現, 在其他因素不變下, 生質能源添加比的提高將造成均衡的生質能源與糧食價格提高; 而國際化石能源價格提高則會造成均衡的生質能源與糧食價格降低。其次, 當溫室氣體排放對於社會福利的損害程度很大時, 若單位生質能源之溫室氣體排放量降低, 政府應採取較高的添加比; 但當國際化石能源價格提高時, 對最適添加比的影響則是不確定。

關鍵詞: 生質能, 添加比, 能源政策, 油價, 糧食價格
JEL 分類代號: Q42, Q48

1 前言

因應油價高漲易變、能源安全與溫室效應問題, 全球各國無不積極推動再生能源。在各種再生能源中, 生質能源 (biomass energy 或 bioenergy) 備受矚目。依據我國「再生能源發展條例」之定義, 生質能係「指農林植物、沼

*作者分別爲淡江大學產業經濟學系助理教授、經濟學系教授、中央研究院經濟研究所研究員與淡江大學產業經濟學系碩士。洪鳴丰爲通訊作者。作者非常感謝兩位匿名評審提出之寶貴評論與建議, 以及行政院國科會之經費補助 (編號: NSC-96-2218-E-002-004)。文中若有任何疏誤, 均屬作者之責。

臺灣博碩士論文知識加值系統
期刊資料庫

氣及國內有機廢棄物直接利用或經處理所產生之能源」。由於植物生長時可以吸收二氧化碳, 因此生質能之發展預期有利於溫室效應問題之改善; 而農林植物可不斷種植, 廢棄物再利用也可以減少垃圾處理量, 若能以這些生物質 (biomass) 產生之能源替代化石能源, 將可以增加能源之安全性與獨立性。是故綜而言之, 生質能源之發展有提升能源安全、減碳、減廢以及促進國內農業發展等正向動機。

然以目前生質能源的生產技術而言, 其能源轉換成本較化石能源高出甚多, 在能源市場上並沒有競爭優勢, 所以若要發展生質能源, 便需要政府制訂政策來促進生質能源的生產與消費。在衆多的生質能源政策中, 以「強制添加生質能源政策」最能使消費者盡快適應生質能源, 以及擴展生質能源市場需求, 所以也廣爲各國所採用。其作法是規定消費之能源中必須混合一定比例之化石能源與生質能源, 例如 Ex 之酒精汽油指的是含有 x% 生質酒精與 (1−x)% 汽油混合之油品, Bx 柴油指的是含有 x% 生質柴油與 (1−x)% 化石柴油混合之油品。[1]

各國添加生質能源政策概況如表1所示, 由表中可知, 各國不僅設定添加比例目標, 且目標逐年調高。在台灣, 經濟部於民國 95 年 10 月研擬「發展綠色能源 — 生質燃料執行方案」, 並據以推動各項生質燃料計畫。[2] 其中在生質柴油推廣措施部分, 分四階段進行: (1)「能源作物綠色公車計畫」(民國 95 年 11 月 15 日至 97 年 6 月 30 日): 補助「能源作物綠色公車 (指公營大衆交通運輸車輛所使用之燃料, 係以化石柴油添加百分之一至百分之五由國內能源作物產製之生質柴油者)」, 補助款以生質柴油使用總量乘以每公升生質柴油補助金額上限核算, 並加計車輛總數之車輛保養作業費用。[3] (2)「綠色城鄉 (Green County) 應用推廣計畫」(民國 96年7月1日至

[1]廣泛而言, 強制添加生質能源政策作法除上述之 Ex、Bx 油品外, 規定電力須有某比例由生物質產生也是常見作法之一。爲求易於說明, 本文以 Ex、Bx 油品之分析爲主, 但文中之模型設定與政策建議, 亦可進一步應用於強制添加生質能源政策之其他作法。此外由於本文係探討政府強制添加生質能源政策, 因此在本文中「能源」一詞指的是含化石能源與生質能源者。當然如果生質能源添加比爲 0, 則能源便是指化石能源, 如果生質能源添加比爲一, 則能源便是指生質能源。

[2]基本上生質能源與生質燃料可視爲是同義詞。

[3]參見「經濟部能源局能源作物綠色公車計畫補助作業要點」。計畫實施成果爲高雄市全部公車428輛使用 B2 柴油, 嘉義縣全部公車79輛使用 B5 柴油。

臺灣大學學術期刊資料庫

表 1: 各國強制添加生質能源政策概況

美國	「能源自主與安全法」(Energy Independence and Security Act, EISA) 中之「可再生燃料標準」(Renewable Fuels Standards, RFS), 詳列了 2008–2022 年需使用的可再生燃料數量, 其將逐年遞增, 在 2022 年時達到 360 億加侖。
巴西	全國汽油強制添加 20–25% 之無水酒精。目前之行政命令爲 23%。
加拿大	2010 年前, 全國 5% 之機動車輛燃料必須是酒精或生質柴油。
歐盟*	2003 年之「生質燃料指令」(Biofules Directive) 要求會員國設定目標, 以達成於運輸燃料中生質燃料爲 2% (2005 年) 與 5.75% (2010 年) 之至少添加比例。2008 年之再生能源指令草案 (a proposal for a Directive on renewable energies) 則要求 5% (2015 年) 與 10% (2020 年) 之目標, 且 2015 年目標的 20% 與 2020 年目標的 40% 必須由非糧食與飼料競爭的 (non-food and feed-competing) 第二代生質燃料或使用綠色電力與氫能的汽車來達成。
法國	2008 年添加比目標 (能源含量) 爲 5.75%, 至 2010 年達到 10%。
德國*	能源含量的行政命令如下: 生質柴油由 2007 年起達 4.4%; 生質酒精由 2007 年至 2010 年分別爲 1.2%、2%、2.8% 及 3.6%。而全面之生質燃料命令爲 2009 年達 6.25%, 漸漸增加至 2015 年前達到 8%。
立陶宛	汽油中需添加 7–15% 之 ETBE (Ethyl Tertiary Butyl Ether, 乙基第三丁基醚), 而 ETBE 需含 47% 乙醇。
波蘭*	其「國家生質燃料目標指標」(National Biofuel Goal Indicators) 要求總運輸燃料使用中, 生質燃料 (能源含量) 需占比例由 2008 年至 2013 年分別爲 3.45%、4.6%、5.7%、6.2%、6.65% 與 7.1%。
阿根廷	2010 年前添加達 5%。
泰國	曼谷施行 E10。
印度	E5。
中國	黑龍江、吉林、遼寧、安徽、與河南五省要求 E10。
菲律賓	2008 年爲 E5, 2010 年提升至 E10。
玻利維亞	目前爲 E10, 未來五年提升至 E25。
哥倫比亞	人口超過 50 萬的城市須採行 E10。
委內瑞拉	逐步實行 E10。

註: 1. 資料來源主爲 RFA (2008)。

2. * 指該國之資料係參考 BioenergyWiki: http://www.bioenergywiki.net/index.php/Renewable_fuel_targets。此網址中尚有更多國家之生質燃料添加目標訊息可供參考。

期刊資料庫

97年7月14日): 選定桃園縣及嘉義縣市作爲示範區域, 銷售 B1 柴油。補助對象爲國內依法設立之石油煉製業及加油站業者, 補助款以經核定生質柴油使用總量乘以差額補助金額上限核算, 並加計於加油站實際發油量之補助金額。[4] (3) 全國全面實施 B1柴油: 依據「石油煉製業與輸入業銷售國內車用柴油摻配酯類之比率實施期程範圍及方式」公告, 自民國97年7月15日起, 於臺灣本島銷售之車用柴油中需添加1%以上的生質柴油; 自民國99年1月1日起, 銷售全國之車用柴油需添加1%以上的生質柴油。(4) 在民國99年將生質柴油添加比例提高至2%(B2), 以達成生質柴油利用達10萬公秉之發展目標。

在生質酒精推廣方面, 則有三階段行動方案: (1)「綠色公務車先行計畫」(民國96年9月12日至97年12月31日): 補助對象爲依法許可設立之石油煉製業, 由其檢具 E3 酒精汽油供銷計畫書提出申請, 補助項目包括採購生質酒精之成本、促銷之價差補助費用、酒精汽油摻配輸儲設備修繕成本、以及酒精汽油行銷費用。先期以台北市區域內之公務車輛, 作爲優先推廣使用對象。(2) 民國98年都會區 E3 計畫。(3) 民國100年全國全面供應 E3 酒精汽油。[5]

由上述之分析可知, 強制添加生質能源政策, 廣爲世界各國所採用, 然而回顧該政策之相關文獻, 就我們所知, 其理論基礎之研究卻尤尚缺乏。[6]

[4]參見「經濟部能源局綠色城鄉應用推廣計畫補助作業要點」。此外, 依據「經濟部能源局綠色城鄉應用推廣計畫補助作業要點第四點修正規定」(民國97年6月30日), 本計畫補助期間自民國96年7月1日起至經濟部依石油管理法第三十八條之一公告實施生質柴油應摻配一定比率醇類或酯類日之前一日止。計畫實施成果爲桃園縣及嘉義縣市共297座加油站銷售 B1 柴油予一般消費者。

[5]參見「經濟部能源局綠色公務車先行計畫補助作業要點」與吳奇璋 (2008)。本計畫於96年9月29日正式啓動, 於台北市8座加油站供應 E3 酒精汽油予台北市內適用之公務車輛添加使用, 並提供民衆自願選用。

[6]近年來開始有多篇文獻針對生質能源各項獎勵政策對農業影響進行實證模擬探討。例如 Birur et al. (2007) 與 Banse et al. (2008) 指出, 美國的能源法案以及歐盟的生質能源指令, 都將造成各國對能源作物的需要量增加, 進而導致能源作物價格上漲、農地價格上升、以及農民收入增加。然而能源作物的高價格與高需求量, 也使得各國由價格相對較低的中南美洲國家進口能源作物, 形成嚴重農業貿易赤字。Elobeid et al. (2007) 也指出, 在生質能源添加比與優惠稅率雙政策下, 除了造成生質酒精需求增加、玉米價格上漲外, 原本種植小麥的農田也改種植玉米, 造成小麥的產出減少; 另一方面, 面對高玉米價格下, 原本使用玉米爲飼料的家畜業紛紛改用價格相對較低的小麥, 因此小麥市場在產出減少、需求增

臺灣期刊資料庫

缺乏理論基礎研究的問題是, 對各變數之間互動關係認識不深, 將使政策容易搖擺, 沒有一致性, 從而影響廠商的生產、投資以及民衆的消費意願。例如原先因應油價高漲、能源安全與溫室效應問題, 各國積極推動生質能源, 但是成本面與分配面的問題並沒有受到充分考量; 而當生質能源的發展可能造成糧價提高等問題受到各方普遍矚目與詬病後, 生質能源政策是否依照原訂計畫繼續加碼也引人質疑, 那麼原有政策是應繼續維持抑或應予以調升或調降? 例如德國環境部宣布調整2009年之生質燃料添加目標, 由原訂之6.25%降到5.25%;[7] 愛爾蘭亦調整2010年之國家生質燃料目標, 由原訂之5.75%降到3%;[8] 英國則聲明, 由於世界糧食危機, 英國不再完全支持歐盟10%的生質燃料目標。[9] 在台灣, 因爲生質能源作物種植成效不彰, 農委會也改變策略, 鼓勵休耕地種植飼料玉米, 避免能源作物「與民爭食、與糧爭地」的疑慮。[10]

此外, 目前生質能源產業仍處於萌芽階段, 在轉換技術仍不成熟下, 生產過程中所投入的化石能源可能比生產出來的生質能源多, 因此若生質能源促進政策設計不當, 反而有可能造成更多的能源浪費以及溫室氣體排放。[11]

本文之目的是在政府施行強制添加生質能源政策的前提下, 建立一生質能源添加比政策之理論分析模型, 探討添加比例高低對糧價與生質能源價格高低的影響、社會最適添加比如何設定、以及當變數外生改變時, 添加比政策應如何因應等相關問題。本文之理論模型包含能源作物市場與能源市場, 而該能源作物同時也是糧食。此外, 在探討社會最適添加比時, 我們也將能源使用所造成之溫室氣體排放損害的外部性納入考量。[12]

加下, 其價格也隨之上漲, 進而造成肉類食品價格上升, 形成嚴重糧食危機。

[7]Biofuels Digest, October 23, 2008: http://biofuelsdigest.com/blog2/2008/10/23/germany-reduces-2009-biofuels-blend-target-will-conduct-sustainability-review-in-2011/。

[8]Biofuels Digest, October 01, 2008: http://biofuelsdigest.com/blog2/2008/10/01/ireland-lowers-2010-biofuels-target-to-3-percent-from-575-citing-price-emissions-concerns-reaffirms-10-percent-renewables-target-for-2020/。

[9]Biofuels Digest, April 23, 2008: http://biofuelsdigest.com/blog2/2008/04/23/uk-orders-biofuels-review-by-june-will-move-against-eu-targets-if-review-calls-for-change/。

[10]請參見2008年4月各媒體之生質能源相關報導。

[11]見 Shaw et al. (2010)。

[12]本文探討之生質能源推動政策爲添加比政策, 若要瞭解政府對生產能源作物土地的就

臺灣大學學術期刊資料庫

本文的第2節, 我們將進行理論模型之設定; 第3節分析能源作物市場與生質能源市場之均衡及比較靜態; 第4節則從社會福利極大的角度出發, 納入市場行爲與外部性, 探討最適添加比的設定, 以及外生變數改變對最適添加比之影響; 最後一節爲本文之結論與建議。

2 理論模型

本文之理論模型考慮能源作物和能源這兩個市場, 爲一部分均衡分析, 分析架構如圖1所示。在能源作物市場方面, 爲便於說明, 我們假設此能源作物爲玉米, 其可同時作爲糧食與生質能源 (生質酒精) 之投入, 並且此能源作物完全由國內供應。農民爲玉米之生產者, 玉米的需求則包括消費者的糧用需求與生質能源廠商生產生質能源的料源需求。在能源市場方面, 能源供給包括了由國外進口的化石能源, 以及國內生質能源廠商所生產的生質能源。由於台灣98%以上之化石能源皆仰賴進口, 所以我們假設化石能源完全由國外進口, 因而可以單純地討論國內生質能源廠商的生產行爲。此外, 政府採取強制添加生質能源政策, 來推動生質能源發展。

以下我們將先對各決策者的行爲進行設定與分析, 接著再探討政府強制添加生質能源政策對能源市場和玉米市場的影響。

2.1 農民的決策行為

爲使模型聚焦, 我們簡化假設農民只種植單一作物, 即玉米, 並以追求利潤極大化爲目標。則農民最適化行爲之行爲決策可表示爲:

$$\max_{N^s} \quad \pi_N = P_N N^s - TC\left(N^s\right)。 \tag{1}$$

式 (1) 爲農民的利潤函數, 其中 P_N 爲玉米價格、N^s 爲玉米產量、$P_N N^s$ 爲玉米的銷售收入。在不失一般化的前提下, 我們假設玉米的生產成本函數爲 $TC(N^s) = (N^s)^2/2$, 據此可以推得玉米的供給函數爲:

$$N^s = P_N。 \tag{2}$$

根據式 (2) 可以得知, 在其他條件不變之下, 當玉米價格上漲時, 農民會提高玉米的產量。

地補貼政策, 可參考黃宗煌等 (2006)。

臺灣大學學術期刊資料庫

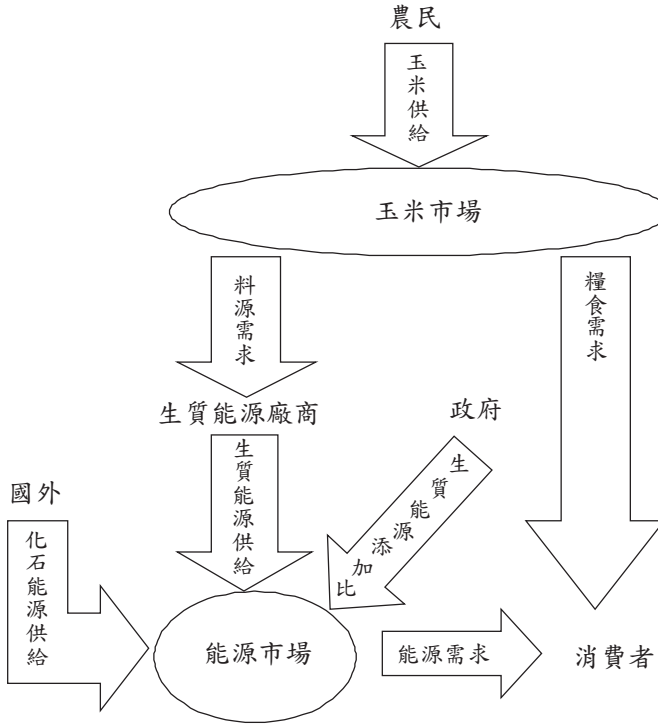


圖 1: 理論模型分析架構

2.2 生質能源廠商的決策行為

由於生產生質能源, 生物質料源是最重要的要素投入, 其價格與供需數量的變化, 當然是本文關心的重點之一。在此我們直接設定生質能源 (G_b) 之生產函數爲僅有玉米料源投入 (N_b) 的函數 ($G_b = N_b^r$)。據此, 生質能源廠商面對的最適化問題可表示成:

$$\max_{N_b} \quad \pi_b = P_b G_b - P_N N_b, \tag{3}$$

$$\text{st.} \quad G_b = N_b^r, \quad 0 < r < 1。 \tag{4}$$

式 (3) 爲生質能源廠商之利潤函數, 其中 P_b 爲生質能源的價格, G_b 爲生質能源的產出, 而 N_b 爲料源玉米。式 (4) 爲生質能源的生產函數, 且料源玉米之邊際生產力爲正但呈現遞減的特性。由式 (3) 與式 (4), 我們可推得

生質能源廠商最適的生產決策爲:

$$rP_bN_b^{r-1} = P_N。 \tag{5}$$

將式 (5) 移項整理可求得廠商生產生質能源的玉米要素反應函數, 再將此代回生質能源生產函數式 (4) 中, 可求得生質能源廠商追求利潤極大化下的產出水準爲:

$$G_b = \left(\frac{rP_b}{P_N}\right)^{\frac{r}{1-r}}。 \tag{6}$$

上式分別對生質能源價格及玉米價格做偏微分, 可得:

$$\frac{\partial G_b}{\partial P_b} = \frac{r}{P_b(1-r)}\left(\frac{rP_b}{P_N}\right)^{\frac{r}{1-r}} > 0, \tag{6a}$$

$$\frac{\partial G_b}{\partial P_N} = \frac{-1}{P_b(1-r)}\left(\frac{rP_b}{P_N}\right)^{\frac{1}{1-r}} < 0。 \tag{6b}$$

由式 (6a) 可知, 在其他條件不變之下, 當生質能源價格上升, 則生質能源產出會增加, 符合供給法則。再者, 由式 (6b) 可知, 當玉米價格提高會造成生質能源廠商的生產成本上升, 因而降低生質能源廠商的產出。

2.3 消費者行為

假設民衆將所得的 α_c 比率用來購買糧食玉米 (N_d), 而 β_c 比率的所得用來購買能源 (G), 則在給定某一特定的所得水準之下, 民衆的糧食玉米消費支出與能源消費支出可以分別表示爲:[13]

$$P_N N_d = \alpha_c M, \tag{7}$$

$$P_G G = \beta_c M。 \tag{8}$$

式中, P_G 爲能源的價格, 而 M 爲固定的所得水準。進一步觀察式 (7) 與 (8) 所描繪的糧食玉米需求函數與能源需求函數可以發現, 當玉米價格或能源價格上升時, 糧用玉米與能源需求將會隨之減少, 符合需求法則。

[13]在此必須特別提出加以說明的是, 我們係在所得爲一外生固定數的前提下進行分析, 因此本文並不是一般均衡模型。因此一個有趣的延伸討論是將本文的所得爲一外生參數的假設修正爲內生決定, 也就是民衆的所得包括要素所得與利潤收入, 進一步將本文的分析架構修改爲一般均衡模型。我們很感激一位審查人提出這個有趣的觀點。

國立臺灣大學 期刊資料庫

由於政府施行強制添加生質能源政策, 因此消費者消費的能源中, 便有一部份是生質能源 (G_b), 一部份是化石能源。例如以目前國內使用的 B2 柴油爲例, 其便是混合了 2% 的生質柴油與 98% 的化石柴油之油品。據此, 倘若將生質能源添加比定義爲 θ, 則其可以表示爲:

$$\theta = \frac{G_b}{G}。 \tag{9}$$

由上可知, 消費者使用的能源是由 θG 的生質能源以及 $(1-\theta)G$ 的化石能源所組成。當政府規定的 θ 愈高, 被生質能源替代掉的化石能源量也就愈高。[14] 利用式 (8) 及式 (9), 我們可以推得民衆的生質能源需求爲:

$$G_b = \theta G = \frac{\theta \beta_c M}{P_G}。 \tag{10}$$

在此有一點必須特別加以說明, 即本文假設消費者面對的能源價格 (P_G) 爲一外生變數。這是一個相當合理的假設, 因爲民衆消費的能源中有混合固定比率的生質能源, 雖然生質能源之生產成本可能較高, 但政府通常會對生產者與消費者採取適當的補貼措施, 使生質能源具競爭性與可接受性, 因此消費者面對的能源價格主要還是受到化石能源價格影響。我國目前的化石能源幾乎全仰賴進口, 在本國是國際能源價格的接受者之前提下, 化石能源價格爲外生給定, 而國內的能源價格基本上係根據國際能源價格來進行加碼定價。是故我們可以合理地推論消費者面對的能源價格與國際化石能源價格間有某一固定比率關係。爲簡化分析, 本文假設此比率爲 1。

3 市場均衡與比較靜態分析

利用上一小節的討論, 我們可以整理出生質能源市場與玉米市場的均衡條件, 並據此探討強制添加生質能源政策對生質能源市場與玉米市場均衡可能產生的影響。

[14] 爲簡化分析, 本文假設生質能源與化石能源可以完全替代。不過在現有技術下, 若生質酒精添加比在15% 以上、生質柴油添加比在 20% 以上, 引擎可能需要改裝而使消費者有額外的成本發生。納入此額外成本之考量, 可做爲是後續研究的方向之一。

臺灣博碩士論文知識加值系統 期刊資料庫

首先利用式 (6) 之生質能源供給函數與式 (10) 之生質能源需求函數, 可得生質能源市場供需均衡條件爲:

$$G_b = \left(\frac{rP_b}{P_N}\right)^{\frac{r}{1-r}} = \theta G = \frac{\theta\beta_c M}{P_G}。 \tag{11}$$

其次在玉米市場方面, 假設市場上有 n_F 位農民與 n_C 位消費者, 由於 n_F 與 n_C 爲常數, 爲求數學能簡潔表示, 我們可以假設 $n_F = n_C = 1$。由於玉米總需求 (N^D) 來自於糧用玉米與料源玉米需求, 所以藉由式 (7) 與式 (5) 可得玉米的總需求函數爲:

$$N^D = N_d + N_b = \frac{\alpha_c M}{P_N} + \left(\frac{rP_b}{P_N}\right)^{\frac{1}{1-r}}。 \tag{12}$$

由式 (2) 之玉米供給函數與式 (12) 可得玉米市場均衡條件 ($N^s = N^D$) 爲:

$$P_N = \frac{\alpha_c M}{P_N} + \left(\frac{rP_b}{P_N}\right)^{\frac{1}{1-r}}。 \tag{13}$$

進一步利用式 (11) 與式 (13) 的生質能源市場均衡條件與玉米市場均衡條件, 我們可以求得均衡之生質能源價格 (P_b^*) 與玉米價格 (P_N^*), 並據此探討相關環境參數對於均衡價格的影響。

命題 1. 在政府推動「強制添加生質能源政策」之下,

(i) 生質能源添加比的提高將造成均衡的生質能源與玉米價格提高;

(ii) 國際化石能源價格提高會造成均衡的生質能源與玉米價格降低。

証明. 利用式 (11) 與 (13) 可以求得以下的比較靜態結果:

$$\frac{\partial P_b^*}{\partial\theta} = -\frac{1}{\Delta\theta}\left[1 + \frac{\alpha_c M}{\left(P_N^*\right)^2} + \frac{\Omega}{P_N^*(1-r)}\right] > 0, \tag{14a}$$

$$\frac{\partial P_N^*}{\partial\theta} = \frac{-\Omega}{\Delta\theta P_b^*(1-r)} > 0, \tag{14b}$$

$$\frac{\partial P_b^*}{\partial P_G} = \frac{1}{\Delta P_G}\left[1 + \frac{\alpha_c M}{\left(P_N^*\right)^2} + \frac{\Omega}{P_N^*(1-r)}\right] < 0, \tag{15a}$$

$$\frac{\partial P_N^*}{\partial P_G} = \frac{\Omega}{\Delta P_G P_b^*(1-r)} < 0。 \tag{15b}$$

臺灣大學學術期刊資料庫

式中, $\Omega = (rP_b^*/P_N^*)^{1/1-r}$, 而 $\Delta = (-r/P_b^*(1-r))\ [1 + (\alpha_c M/(P_N^*)^2)] < 0$。[15] □

命題1的 (i) 部分顯得相當直覺, 這是因爲政府提高生質能源添加比會使得生質能源的需求增加, 因此生質能源市場均衡價格當然會隨之提高。另一方面, 生質能源的生產要素爲玉米, 因此生質能需求的提高會造成玉米的引申需求 (derived demand) 提高, 因而造成玉米的均衡價格提高。另外, 命題1的 (ii) 部分指出, 在添加比固定的前提下, 國際能源價格的提高將使得國內能源需求量下降, 使得生質能源的需求隨之降低, 因此會造成生質能源的均衡價格降低。此外, 生質能源的產出減少會降低玉米投入的引申需求, 造成玉米的均衡價格降低。

不過觀察過去的資料可以發現, 糧食價格與國際化石能源價格卻同時呈現上漲的情況, 乍看之下似乎與命題1 (ii) 的結果呈現矛盾的現象, 其實不然。這是因爲式 (15b) 是架構在其他條件不變之下所得到的分析結果, 然而現實中糧價會上漲, 是因爲同時受到其他多種因素, 例如政府提高添加比與糧食生產成本提高等所造成的結果。[16] Mitchell (2008) 的研究指出, 70–75% 的糧價上漲可歸因於生質能源擴張的結果; 而 Lipsky (2008) 的估計則顯示: 70%的玉米價格上漲以及40%的黃豆價格上漲, 可歸因於生質能源的需求增加。

我們的分析模型是可以說明爲何糧食價格與國際化石能源價格同時呈現上漲的情況的, 前述式 (14b) 與 (15b) 可以用彈性的形式表示爲:

$$\frac{\partial P_N^*/P_N^*}{\partial\theta/\theta} = -\frac{\partial P_N^*/P_N^*}{\partial P_G/P_G} = \frac{-\Omega}{\Delta P_N^* P_b^*(1-r)}。$$

上式說明了, 添加比上升百分之一與國際化石能源價格上升百分之一, 對糧價的影響百分比是互相抵銷的。現實中由於各國擔心油價上漲會對經濟造成衝擊, 因此通常會對油價進行管制, 使油價漲幅並沒有充分反應市場

[15] 詳見附錄1。

[16] European Commission (2008)、FAO (2008) 與 Mitchell (2008) 指出, 過去幾年糧價上漲的驅力大抵可歸結爲下列幾項: (1) 生質能源的生產, (2) 開發中國家 (如中國、印度) 對糧食的需求增加, (3) 油價上漲使得糧食的加工、包裝、運輸等成本提高, 以及 (4) 澳洲乾旱以及其他地區農作欠收等。

期刊資料庫

機能。[17] 但另一方面鑑於化石能源價格上漲以及溫室氣體排放問題嚴重, 各國政府又積極發展替代能源 (如生質能源, 即 θ 的提高) 以保能源安全並減少溫室氣體排放, 如此一來強制添加生質能源政策效果壓過油價上漲使能源需求減少的效果, 糧價便會上漲, 因此現實中呈現了糧食價格與國際化石能源價格同時上漲的情況。

命題 2. 生質能源添加比固定的情況下:

(i) 能源支出佔所得比例愈高 (β_c 愈大), 均衡的生質能源價格與玉米價格將會愈高;

(ii) 糧食支出佔所得比例愈高 (α_c 愈大), 均衡的生質能源價格與玉米價格也會愈高。

証明. 對式 (11) 與 (13) 全微分即可得到以下的比較靜態:

$$\frac{\partial P_b^*}{\partial \beta_c} = \frac{-1}{\Delta \beta_c}\left[1 + \frac{\alpha_c M}{\left(P_N^*\right)^2} + \frac{\Omega}{P_N^*(1-r)}\right] > 0, \tag{16a}$$

$$\frac{\partial P_N^*}{\partial \beta_c} = \frac{-\Omega}{\Delta \beta_c P_b^*(1-r)} > 0, \tag{16b}$$

$$\frac{\partial P_b^*}{\partial \alpha_c} = \frac{-rM}{\Delta\left(P_N^*\right)^2(1-r)} > 0, \tag{17a}$$

$$\frac{\partial P_N^*}{\partial \alpha_c} = \frac{-rM}{\Delta P_N^* P_b^*(1-r)} > 0。 \tag{17b}$$

□

命題2的結果相當直覺, 當消費者對於能源的依賴程度提高時, 即 β_c 變大, 會使得經濟體系的能源需求提高, 在生質能源添加比固定的前提下, 生質能源的需求將隨之增加, 並引發玉米投入的引申需求提高, 使得生質能源與玉米的市場價格均提高。依循類似的推論, 我們可以發現當消費者對於糧食的依賴程度愈高, 即 α_c 愈大, 會使得糧用玉米的需求愈高, 造成玉米價格上漲; 並且由於玉米是生質能源的投入要素, 玉米價格提高造成的生產成本提高, 將會反應在生質能源價格的提高之上。

[17] 有些國家 (例如印尼、印度、伊朗) 甚至對燃料進行內部補貼, 以使國內免於全球油價上漲的衝擊。參見 European Commission (2008)。

臺灣大學學術期刊資料庫

4 社會福利與最適添加比

在已知面對政府所制訂的強制添加生質能源政策下, 農民、生質能源廠商和消費者的生產與消費行爲、以及生質能源與玉米市場均衡價格後, 接下來我們將探討政府在考量社會福利極大化下, 應如何制訂最適添加比。最後我們並分析最適添加比應如何改變, 以因應外生變數的變動。

假設政府的目標函數爲社會福利函數, 它是消費者剩餘 (Consumer's Surplus, *CS*)、生產者剩餘 (Producer's Surplus, *PS*) 以及能源生產和消費所帶來的淨外部效果 (Net Externality, *NE*) 之總和。據此, 我們可以將社會福利函數表示爲:

$$
\begin{aligned}
W = & \underbrace{\left[\left(\int_0^{N_d} P_N dN - P_N^* N_d\right) + \left(\int_0^{G} P_G(G) dG - P_G G\right)\right]}_{CS} \\
& + \underbrace{\left[\left(P_N^* N^s - \frac{1}{2}\left(N^s\right)^2\right) + \left(P_b^* G_b - P_N^* N_b\right)\right]}_{PS} \\
& - \underbrace{\left[D\left(\delta_f G - \left(\delta_f - \delta_b\right) G_b\right)\right]}_{NE}。
\end{aligned} \tag{18}
$$

在式 (18) 中, 第一個中括弧是家計單位消費玉米與能源所產生的消費者剩餘, 其並不包含生質能源廠商的玉米消費, 因爲生質能源廠商購買的料源玉米屬中間財投入。[18] 第二個中括弧表示的是生產者剩餘, 其中 $(P_N^* N^s - (1/2)(N^s)^2)$ 是農民的利潤, 而 $(P_b^* G_b - P_N^* N_b)$ 則爲生質能源廠商的利潤。[19]

第三個中括弧表示的是能源使用所帶來的負外部性, 即溫室氣體排放損害效果。我們假設溫室氣體排放量與能源消費量呈正向關係, 令化石能

[18] 我們很感謝評論人提醒我們注意這一點。

[19] 由於本文假設化石能源都是由國外進口而來, 因此社會福利函數中沒有生產化石能源廠商的生產者剩餘。此外, 在政府強制添加生質能源政策下, 消費者支付的能源價格是 P_G, 並非個別支付生質能源價格與化石能源價格, 而目前生質能源的生產成本仍較化石能源高, 所以需要政府對每單位生質能源的價格進行補貼, 才能促使生質能源廠商生產足夠的生質能源來因應政策所衍生出的生質能源需求。由於政府對生質能源廠商進行的價格補貼爲移轉性支付, 所以不列入社會福利計算。

期刊資料庫

源的單位排放係數爲 $\delta_f(\delta_f > 0)$, 則進口之化石能源在國內使用所造成的溫室氣體排放量爲 $\delta_f(1-\theta)G$。在生質能源方面, 不同的料源投入 (例如玉米、甘蔗、大豆、廢食用油、柳枝稷、藻類等)、生產技術、製程、副產品、用途等等的不同組合, 都會造成生質能源在其生命週期中有不同的溫室氣體排放量,[20] 不過一般而言生質能源所造成的溫室氣體排放量, 仍低於化石能源者, 因此若以生質能源替代化石能源, 則有使溫室氣體減量的效果。在此我們令生質能源的單位排放係數爲 $\delta_b(\delta_b < \delta_f)$,[21] 可得生質能源使用所造成的溫室氣體排放量爲 $\delta_b G_b = \delta_b \theta G$。綜上, 在強制添加生質能源政策下, 消費者消費 G 單位能源, 便有 $\delta_f(1-\theta)G + \delta_b\theta G$ 之溫室氣體產生, 此排放量可進一步整理爲 $\delta_f G - (\delta_f - \delta_b)\theta G$。在這個關係式中, $\delta_f G$ 可視成爲所有的能源均使用化石能源所造成的溫室氣體排放量; $-(\delta_f - \delta_b)\theta G$ 則是指如果有 θ 比例的化石能源被生質能源替代, 所可以減少的溫室氣體排放量。據此, 我們可以假設溫室氣體造成之損害函數爲 $D(\delta_f G - (\delta_f - \delta_b)\theta G)$, 其邊際損害爲正並隨排放量增加而遞增。最後, 由於溫室氣體排放損害對經濟體系而言是負的外部性, 因此是社會福利函數中的減項。[22]

接下來我們將能源需求函數式 (8)、糧食玉米需求函數式 (7)、玉米供給函數式 (2)、玉米市場均衡條件式 (13)、以及生質能源生產的玉米要素反應函數等分別代入式 (18), 並對添加比進行微分, 可以得到生質能源添加比對於社會福利的影響爲:

$$\frac{\partial W}{\partial \theta} = P_b^* G\left(1+\eta_b\right) + G\left(\delta_f - \delta_b\right) D' - \frac{\eta_N}{\theta}\left[\alpha_c M + \left(P_N^*\right)^2\right] \gtrless 0, \tag{19}$$

[20]參見 Cherubini et al. (2009) 與 Huo et al. (2009)。

[21]若生質能源造成的溫室氣體淨排放爲負 (能吸收溫室氣體), 則 $\delta_b < 0$。

[22]在此值得注意的是, 生質能源使用除有上述之溫室氣體減量效果外, 其生產過程也可能會造成環境污染, 例如 Secchi et al. (2009) 指出, 酒精生產所引發的高玉米價格會使得農田的機會成本上升, 造成原本受補貼參與長期休耕保育計畫 (Conservation Reserve Program, CRP) 的休耕農地停止休耕而改種植玉米, 這種情況加重了環境損害、土壤侵蝕, 並增加二氧化碳排放。另外, Hill et al. (2006) 也指出, 在種植玉米和大豆等能源作物時, 所投入使用的農藥、肥料, 會造成土地污染和環境損害。因此政府在獎勵生質能源產出時, 也間接地造成了更多的環境污染。有興趣的讀者可以將此負外部性亦納入模型分析中。

其中, $\eta_b = \partial \ln P_b^* / \partial \ln \theta$ 爲生質能源價格的添加比彈性, $\eta_N = \partial \ln P_N^* / \partial \ln \theta$ 爲玉米價格的添加比彈性。

式 (19) 說明了添加比的提高對社會福利的影響是不確定的, 明確地說, 當政府提高添加比, 會增加生質能源廠商的收益 (等號右邊第一項)、帶來溫室氣體減量的損害減少效果 (等號右邊第二項), 但此舉也造成消費者糧食消費的消費者剩餘下降和農民的生產成本提升 (等號右邊第三項),[23] 因此添加比提高對於社會福利的影響須視各力量的相對大小而定。進一步由於式 (19) 指出添加比的提高對社會福利的影響是不確定的, 因此我們可以藉此關係式找出滿足社會福利極大的最適添加比。

命題 3. 社會福利極大下之最適添加比 (θ^*) 須滿足:

$$P_b^* G\left(1+\eta_b\right) + G\left(\delta_f - \delta_b\right) D' = \frac{\eta_N}{\theta^*}\left[\alpha_c M + \left(P_N^*\right)^2\right] \tag{20a}$$

與

$$\left\{ \begin{array}{l} G\left(1+\eta_b\right)\frac{\partial P_b^*}{\partial \theta} + P_b^* G \frac{\partial \eta_b}{\partial \theta} - G^2\left(\delta_f - \delta_b\right)^2 D'' \\ - \left[\frac{\theta^*\left[\left(\alpha_c M + \left(P_N^*\right)^2\right)\frac{\partial \eta_N}{\partial \theta} + 2\eta_N P_N^* \frac{\partial P_N^*}{\partial \theta}\right] - \eta_N\left(\alpha_c M + \left(P_N^*\right)^2\right)}{(\theta^*)^2} \right] \end{array} \right\} < 0。 \tag{20b}$$

証明. 令式 (19) $\partial W / \partial \theta = 0$, 可推得社會福利極大下的最適添加比之必要條件爲式 (20a); 再進一步找出可以滿足 $\partial^2 W / \partial \theta^2 < 0$ 條件的關係式, 可推得社會福利極大下的最適添加比之充分條件爲式 (20b)。 □

由前面的說明我們已經知道, 添加比的改變對社會福利並非單一方向的影響, 因此最適添加比必須滿足使得這些互相抵減的效果相等之條件。然而進一步觀察式 (20a) 可以發現, 由於能源之邊際溫室氣體排放損害函數等均爲非線性函數, 因此我們無法直接算出政府在追求社會福利最大下的最適添加比。但我們仍可以利用式 (20a) 與 (20b) 進一步探討在其他因素不變的情況下, 外生變數 (P_G、δ_f 與 δ_b) 變動對最適添加比的影響。

[23]觀察式 (18) 之社會福利函數可知, 當政府改變添加比並不會影響消費者能源消費的消費者剩餘, 這是因爲添加比改變只是油品成分的改變, 對消費者沒有影響。此外, 市場均衡時, 農民的玉米收益和消費者糧食支出以及生質能源廠商料源支出, 是互相抵消掉的, 是故式 (19) 中也不見添加比改變對這些項目的影響。

期刊資料庫

命題 4. 於其他因素不變下,

(i) 單位化石能源之溫室氣體排放量較大時, 政府應該採取較高的添加比;

(ii) 當溫室氣體排放對於社會福利的損害程度很大時, 若單位生質能源之溫室氣體排放量降低, 政府應採取較高的添加比;

(iii) 當國際化石能源價格外生提高時, 最適添加比的調整須視各相關效果的大小而定。

証明. 對式 (20a) 最適添加比之必要條件進行全微分可以得到以下的比較靜態:

$$\frac{\partial\theta^*}{\partial\delta_f} = \frac{-\left[D' + \left(\delta_f - \delta_b\right)(1-\theta)\,GD''\right]}{\Gamma} > 0, \tag{21}$$

$$\frac{\partial\theta^*}{\partial\delta_b} = \frac{D' - \left(\delta_f - \delta_b\right)G_b D''}{\Gamma} \gtrless 0, \tag{22}$$

$$\begin{aligned}\frac{\partial\theta^*}{\partial P_G} = -\frac{1}{\Gamma}\Bigg\{\Bigg[&\underbrace{\frac{\theta\eta_N\left(\alpha_c M + \left(P_N^*\right)^2\right)}{\left(G_b\right)^2}}_{(I)} \\ &+ \underbrace{\left[\left(\delta_f - \delta_b\right)\left((1-\theta)\delta_f + \theta\delta_b\right)D''\right]}_{(II)}\Bigg]\frac{\partial G}{\partial P_G} \\ &+ \left[\underbrace{(1+\eta_b)\frac{\partial P_b^*}{\partial P_G} + P_b^*\frac{\partial\eta_b}{\partial P_G} - \Phi}_{(III)}\right]\Bigg\} \gtrless 0。\end{aligned} \tag{23}$$

式中, $\Gamma = (\theta/G_b)(\partial^2 W/\partial\theta^2)$, 根據式 (20b) 可以得知, $\Gamma < 0$。此外, $\Phi = ((2P_N^*\eta_N/G_b)(\partial P_N^*/\partial P_G) + (\alpha_c M + (P_N^*)^2/G_b)(\partial\eta_N/\partial P_G))$, $D' > 0$、$D'' > 0$, 而利用式 (8) 可以得知 $\partial G/\partial P_G < 0$。 □

以下將分別對命題4的結果說明之。第一, 在其他因素不變下, 如果單位化石能源之溫室氣體排放量提高 (δ_f 變大), 則同樣化石能源使用量所

臺灣大學學術期刊資料庫

造成的邊際溫室氣體排放損害以及生質能源使用所能減少的溫室氣體排放量都將提高, 因此最適添加比應提高, 用生質能源替代化石能源。

第二, 當單位生質能源之溫室氣體排放量降低時, 對於最適添加比的影響並不確定, 須看溫室氣體的邊際損害程度 (D') 以及其遞增狀況 (D'') 而定。分析式 (22), 可得

$$\text{若} \quad D' > \left(\delta_f - \delta_b\right) G_b D'', \quad \text{則} \ \frac{\partial \theta^*}{\partial \delta_b} < 0, \quad \delta_b \downarrow \Rightarrow \theta^* \uparrow, \qquad (22a)$$

反之,

$$\text{若} \quad D' < \left(\delta_f - \delta_b\right) G_b D'', \quad \text{則} \ \frac{\partial \theta^*}{\partial \delta_b} > 0, \quad \delta_b \downarrow \Rightarrow \theta^* \downarrow 。 \qquad (22b)$$

由於溫室氣體排放的邊際損害遞增, 因此在式 (22a), D' 相對大, 表示原先之溫室氣排放量相對較高, 總損害也較大, 若單位生質能源的溫室氣體排放量降低 (例如技術進步造成 δ_b 的降低), 那麼政府就應該提高生質能源添加比 (即 θ^* 提高), 以生質能源替代化石能源來降低溫室氣體總排放量。另一方面, 在式 (22b) 之溫室氣體排放的邊際損害小並且遞增效果大時, 若單位生質能源的溫室氣體排放量降低, 則最適添加比也要降低。這是因爲 D' 相對較小, 表示原先之溫室氣排放量相對較低, 而 D'' 相對較大, 表示以生質能源替代化石能源降低溫室氣體排放, 可以很有效地降低邊際損害, 因此當 δ_b 減少時, θ^* 可以降低。[24]

第三, 我們沒有辦法確認, 在其他因素不變下, 國際能源價格變化與最適添加比的關係。這是由於國際能源價格的影響廣泛且複雜, 對市場中各行爲者的衝擊並不相同, 最適添加比須如何相應變化, 因此受到價格添加比彈性相對大小與其變化、外部性、以及能源需求量與其變化等諸多效果影響, 而這些影響的方向並非一致, 是以造成命題 4 (iii) 的結論。不過式 (23) 的經濟意義基本上仍可以分成下列兩個部分來說明: (1) 國際能源價格變動透過能源需求量變動對 θ^* 造成的影響, 以及 (2) 國際能源價格變動透過生質能源和玉米價格以及價格添加比彈性變動對 θ^* 造成的影響。

[24]舉一個簡單的例子來看, 令原先之 $\delta_f = 3/4$、$\delta_b = 1/2$、$\theta_0^* = 1/2$, 則原先之溫室氣體總排放量是 $\delta_f G - (\delta_f - \delta_b)\theta_0^* G = (5/8)G$; 但若 δ_b 降至1/4時, 此時 θ 降爲 1/4 便可與原先狀況有相同的溫室氣體排放量。在此亦值得一提的是, 經濟效率講求的是最適排放量, 而非零排放量。

期刊資料庫

在國際能源價格變動透過能源需求量變動對 θ^* 造成的影響方面, 首先在式 (23) 中, 第 (I) 部分 $-(1/\Gamma)\left[(\theta\eta_N(\alpha_c M+(P_N^*)^2)/(G_b)^2)\right](\partial G/\partial P_G) < 0$ 反應出國際能源價格變動對消費者所造成的影響。明確地說, 由於能源價格上漲會造成消費者能源消費量的減少, 使得民衆使用能源的舒適性與方便性降低, 效用減少。此時若政府提高添加比, 使得糧食價格提升, 將造成消費者效用益形降低。因此, 在能源價格上漲時, 爲維持社會福利水準, 政府應降低添加比, 使民衆的效用不致受到太大衝擊。

其次, 式 (23) 的第 (II) 部分 $-(1/\Gamma)\left[(\delta_f-\delta_b)((1-\theta)\delta_f+\theta\delta_b)D''\right](\partial G/\partial P_G) < 0$ 表示, 當能源價格下降使得民衆的能源需求量增加時, 溫室氣體排放損害將提高, 因此政府應提高添加比, 以生質能源替代化石能源來降低溫室氣體排放。

最後, 在國際能源價格變動透過生質能源和玉米價格以及價格添加比彈性變動對 θ^* 造成的影響方面, 式 (23) 的第 (III) 部分 $-(1/\Gamma)\left[(1+\eta_b)(\partial P_b^*/\partial P_G)+P_b^*(\partial\eta_b/\partial P_G)-((2P_N^*\eta_N/G_b)(\partial P_N^*/\partial P_G)+((\alpha_c M+(P_N^*)^2)/G_b)(\partial\eta_N/\partial P_G))\right] \gtrless 0$, 此項指出國際能源價格變動還會透過生質能源和玉米價格、價格添加比彈性以及糧食支出份額等路徑, 對生產者利潤和消費者剩餘造成影響, 而這些影響並沒有一致的方向。

綜合以上分析可以得知, 國際能源價格變化對於最適添加比的影響並不確定, 端視各效果之相對大小與變動方向而定。

5 結論與建議

面對溫室效應日趨嚴重與油價高漲易變的情況, 全球各國紛紛積極發展再生能源, 而在生質能源的發展上, 強制添加生質能源是目前各國廣爲採用的政策, 各國不僅設定強制添加比例, 並且訂定長期發展目標, 逐期提高添加比例。然而如此廣爲採用的政策, 回顧其相關文獻, 理論分析卻相當缺乏。本文之主要貢獻, 即是建立一包含能源市場、能源作物市場以及能源外部性的理論模型, 分析政府應如何制訂最適添加比, 以及添加比如何影響生質能源與能源 (糧食) 作物價格, 並探討當相關變數外生改變時, 最適添加比應如何改變以使社會福利極大。

臺灣大學學術期刊資料庫

研究發現, 在其他因素不變下, 生質能源添加比的提高將造成均衡的生質能源與糧食價格提高; 而國際化石能源價格提高則會造成均衡的生質能源與糧食價格降低。然而現實中我們常看到化石能源價格與糧價同時出現上漲的情況, 原因之一是由於現實中各國擔心油價上漲會對經濟造成衝擊, 因此常對油價進行管制, 使油價漲幅並沒有充分反應市場機能, 但另一方面又想發展替代能源以確保能源安全、降低溫室氣體排放量, 如此一來添加比政策效果壓過油價上漲使能源需求減少的效果, 便會造成油價、糧價同時上漲的現象。

其次, 在其他因素不變下, 單位化石能源之溫室氣體排放量提高時, 最適添加比應提高; 但是單位生質能源之溫室氣體排放量降低時, 最適添加比的變動方向須視當時溫室氣體的邊際損害程度以及其遞增狀況而定, 若溫室氣體排放對於社會福利的損害程度很大, 則政府應採取較高的添加比。最後, 當國際能源價格外生提高時, 由於此變動會造成能源需求量、外部性、以及價格添加比彈性等因素改變, 而對福利造成不同方向的影響, 因此無法直接明確判定最適添加比應如何相應調整。

在未來研究方面, 應放鬆資本固定的短期假設, 改由長期動態分析並探討 R&D 效果, 亦應納入勞動市場與其他政府政策 (如污染防治政策與休耕轉作政策等), 再進一步分析評估政府的最適添加比政策。此外, 改從政府以課徵碳稅並且取消化石能源相關補貼等方面去嘗試制訂出更適宜的生質能源政策, 也相當值得進行。

附錄1

對式 (11) 之生質能源市場均衡條件與式 (13) 之玉米市場均衡條件全微分可得:

$$\begin{bmatrix} \frac{r}{P_b^*(1-r)} & -\frac{r}{P_N^*(1-r)} \\ \frac{\Omega}{P_b^*(1-r)} & -\left[1+\frac{\alpha_c M}{(P_N^*)^2}+\frac{\Omega}{P_N^*(1-r)}\right] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} dP_b^* \\ dP_N^* \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{\theta}d\theta+\frac{1}{\beta_c}d\beta_c-\frac{1}{P_G}dP_G \\ -\frac{M}{P_N^*}d\alpha_c \end{bmatrix}。 \tag{A1}$$

臺灣大學學術期刊資料庫

由 (A1) 可分別求得:

$$\frac{\partial P_b^*}{\partial \theta} = -\frac{1}{\Delta\theta}\left[1 + \frac{\alpha_c M}{\left(P_N^*\right)^2} + \frac{\Omega}{P_N^*(1-r)}\right] > 0, \tag{14a}$$

$$\frac{\partial P_N^*}{\partial \theta} = \frac{-\Omega}{\Delta\theta P_b^*(1-r)} > 0, \tag{14b}$$

$$\frac{\partial P_b^*}{\partial P_G} = \frac{1}{\Delta P_G}\left[1 + \frac{\alpha_c M}{\left(P_N^*\right)^2} + \frac{\Omega}{P_N^*(1-r)}\right] < 0, \tag{15a}$$

$$\frac{\partial P_N^*}{\partial P_G} = \frac{\Omega}{\Delta P_G P_b^*(1-r)} < 0。 \tag{15b}$$

式中, $\Omega = (rP_b^*/P_N^*)^{1/1-r}$, 而 $\Delta = (-r/P_b^*(1-r))\,[1 + (\alpha_c M/(P_N^*)^2)]$ < 0。

參考文獻

吳奇璋 (2008), “我國推動生質燃料發展刻不容緩”, 《能源報導》, 2008年4月, 5–7。(Wu, Qizhang (2008), “Wo guo tuidong shengzhi ranliao fazhan ke bu rong huan”, *Energy Monthly*, April 2008, 5–7.)

黃宗煌·陳佩芬·黃瀕儀 (2006), “推廣能源作物與生質柴油之政策效果與整合分析”, 《東莞理工學院學報》, 13(4), 39–50。(Huang, Zong-huang, Chen, Pei-fen, and Huang, Bin-yi (2006), “Analysis of policy integration to support production of energy crops and biodiesel”, *Journal of Dongguan University of Technology*, 13(4), 39–50.)

Banse, M., van Meijl, H., Tabeau, A., and Woltjer, G. (2008), “Will EU biofuel policies affect global agricultural markets?”, *European Review of Agricultural Economics*, 35(2), 117–141.

Birur, D. K., Hertel, T. W., and Tyner, W. E. (2007), “The biofuel boom: Implications for world food markets”, Paper presented at the Food Economy Conference, October 18–19, 2007, The Hague, The Netherlands.

Cherubini, F., Bird, N. D., Cowie, A., Jungmeier, G., Schlamadinger, B., and Woess-Gallasch, S. (2009), “Energy- and greenhouse gas-based LCA of biofuel and bioenergy systems: Key issues, ranges and recommendations”, *Resources, Conservation and Recycling*, 53, 434–447.

臺灣大學圖書館 期刊資料庫

Elobeid, A., Tokgoz, S., Hayes, D. J., Babcock, B. A., and Hart, C. E. (2007), "The long-run impact of corn-based ethanol on the grain, oilseed, and livestock sectors with implications for biotech crops", *AgBioForum*, 10(1), 11–18.

European Commission (2008), "Commission's/EU's response to the high oil and food prices", European Commission MEMO/08/421, Brussels.

FAO (2008), "Growing demand on agriculture and rising prices of commodities", Proceeding of the Thirty-first session of IFAD's Governing Council, February 14, 2008.

Hill, J., Nelson, E., Tilman, D., Polasky, S., and Tiffany, D. (2006), "Environmental, economic, and energetic costs and benefits of biodiesel and ethanol biofuels", *PNAS*, 103(30), 11206–11210.

Huo, H., Wang, M., Bloyd, C., and Putsche, V. (2009), "Life-cycle assessment of energy use and greenhouse gas emissions of soybean-derived biodiesel and renewable fuels", *Environmental Science and Technology*, 43(3), 750–756.

Lipsky, J. (2008), "Commodity prices and global inflation", Remarks at the Council on Foreign Relations, New York City, May 8, 2008.

Mitchell, D. (2008), "A note on rising food prices", Policy Research Working Paper 4682, The World Bank, Washington D.C.

RFA (2008), "Changing the climate: Ethanol industry outlook 2008", Released by the Renewable Fuels Association on February 25, 2008.

Secchi, S., Gassman, P. W., Williams, J. R., and Babcock, B. A. (2009), "Impact of high crop prices on environmental quality: A case of Iowa and the conservation reserve program", *Environmental Management*, 44(4), 732–744.

Shaw, D., Hung, M. F., and Lin, Y. H. (2010), "Using net energy output as the base to develop renewable energy", *Energy Policy*, 38(11), 7504–7507.

投稿日期: 2009年7月20日, 接受日期: 2011年5月4日

臺灣大學學術期刊資料庫

A Study of the Biofuel Blend Ratio Policy

Ming-Feng Hung

Department of Industrial Economics, Tamkang University

Jhy-hwa Chen

Department of Economics, Tamkang University

Daigee Shaw

Institute of Economics, Academia Sinica

Wen-Wei Lin

Department of Industrial Economics, Tamkang University

The biofuel blend ratio policy is one of the most widely applied measures to develop bioenergy. The theoretical basis of this policy is, however, very weak. The main contribution of this paper is to specify a theoretical model that considers the energy and agricultural feedstock markets and externalities from the consumption of energy. Other things equal, we find that an increase in the biofuel blend ratio increases the equilibrium prices of biofuel and feedstock; an increase in fossil fuel price, however, decreases the equilibrium prices of biofuel and feedstock. Furthermore, if the problem of the greenhouse effect is serious, the optimal blend ratio should be raised when the greenhouse gas reduction technology of biofuel improves. However, the optimal adjustment of blend ratio to an increase in fossil fuel prices internationally is indeterminate. It depends on the relative magnitudes of several competing effects — in particular the utility impact on consumers and the externality of energy use.

Keywords: bioenergy, biofuel blend ratio, energy policy, fossil fuel price, food price

JEL classification: Q42, Q48

臺灣大學學術期刊資料庫