

農產品運銷之碳足跡及波及效果分析— 以臺灣毛豬產業為例

古盛有*、鍾秋悅**

消費者的行為影響著環境，環境改變也直接或間接地影響消費模式。我國國人偏好溫體豬肉導致豬農將毛豬以活體方式運至遠端的利基消費市場，因而產生了大量的碳排放，不符合聯合國頒布的第 12 項永續發展目標。本研究利用 2016 年全臺 19 個毛豬供應縣市和 21 個肉品市場的交易數據，配合多項政府統計資料計算出偏好溫體豬肉的消費行為所產生的二氧化碳當量 (CO₂e)，以及在此運輸過程中對通行縣市所產生的碳排放量之波及效果 (spillover effect)，並以各國碳價估算出我國因偏好溫體豬的消費行為所產生的不必要碳價負擔。研究結果顯示，毛豬由生產縣市運至消費縣市，總共產生了 8,559 公噸的碳排放量。其中，臺北市因消費來自全臺的溫體豬而產生了 1,767 公噸 (20.6%) 的碳排放為最高，其次為新北市 20.3%、桃園市 13.3%。產地則由雲林縣產地四面八方運送而產生 3,585 公噸的碳排放量最高，占總排放量的 41.9%。受南豬北運所穿行的縣則以苗栗縣被波及全臺 15.5% 的碳排量最高，其次為彰化縣 14%、雲林縣 13%。若改為屠體運至當地肉品市場的模式，一年可減少 4,753 公噸碳排放量，為我國節省 29 萬至 2,055 萬新臺幣的碳稅。

關鍵詞：消費行為、碳足跡、活體運輸、毛豬

JEL 分類代號：E21, M31, Q57

* 國立屏東科技大學農企業管理系碩士生。

** 本文通訊作者，國立屏東科技大學農企業管理系副教授，屏東縣。Email: yessicachung@mail.npust.edu.tw。

投稿日期：2021 年 2 月 16 日；第一次修改日期：2021 年 4 月 22 日；接受日期：2021 年 4 月 30 日。

農業經濟叢刊 (Taiwanese Agricultural Economic Review), 27:1(2021), 85-131。
臺灣農村經濟學會出版

I、前言

全球暖化已是一個不可逆的事實，且聯合國（United Nations，以下簡稱 UN）的政府間氣候變遷專家小組（Intergovernmental Panel on Climate Change，以下簡稱 IPCC）於第五次氣候變遷評估報告（The Fifth Assessment Report，簡稱 AR5）證實人類活動是造成全球暖化的主因（Intergovernmental Panel on Climate Change, 2014）。人為的溫室氣體排放中有 72% 與家庭消費有關。因此，UN 於 2015 年發佈了 2030 永續發展方針，並規劃了 17 項永續發展目標（sustainable development goals，以下簡稱 SDGs）。其中，SDG 12 為確保永續消費及負責任生產模式，此項目標的最終目的是要減少產品在製造或運輸過程中所產生的不當浪費及廢棄物。糧食的消費習慣為影響環境資源重要的活動之一（Vringer & Blok, 1995）。不同的食物消費方式不僅反應了消費者對產品的偏好，也將對環境造成不同的影響。例如，消費者可以透過購買當地食材、多攝取蔬果減少肉類需求及選購低碳產品以減少溫室氣體排放（Pathak, Jain, Bhatia, Patel, & Aggarwal, 2010）。消費者的飲食習慣不僅會顯著影響食物消費地的環境，同時也影響著生產地的環境（Hess, Chatterton, Daccache, & Williams, 2016）。

在全球飲食越來越西化下，我國民眾對肉類、乳類等產品需求也日益增加。尤以豬肉為我國國人熱量攝取的重要來源；我國為全球人均豬肉消費的主要國家（Wu, 2017），亦是亞洲人均豬肉消費第一。臺灣消費者對豬肉的消費行為特殊。如同所有中華圈國家的消費者，普遍認為溫體豬肉較冷凍冷藏肉新鮮、有營養且便宜（林啟淵，2003；廖晏瑜，2017），因而偏好購買溫體豬肉。這種特有的消費行為導致中華圈的國家中，常見毛豬以活體方式從位於鄉村的生產縣市，長途跋涉運輸至遠端的都市消費地。這種長距離的運輸不僅造成毛豬耗損及衍生非洲豬瘟等疾病，更增加了不必要的碳排放。

同時，生產、消費縣市及運輸中被穿行的縣市，皆承受了環境及疾病污染的風險。

我國毛豬生產主要集中於中南部的農業縣市如雲林縣、屏東縣等，但消費地多為人口密集、所得較高的大都會地區，如臺北地區、臺中市等（李宗儒、李明山，1998；陳欣婷，2010；陳志峰、阮喜文、陳吉成、高源豐，1995）。國人喜好溫體豬的消費行為，使得臺灣幾乎每一縣市皆設有毛豬肉品拍賣及屠宰市場（註 1）。各縣市對豬肉的需求及偏好不同也反應在拍賣價格上；單是 2016 年同一天的拍賣價格差距最高可達 6.37 元 / 公斤。因此，豬農為追求最高利潤及滿足溫體肉的消費習慣，會於深夜將活體豬運送至其利基市場（陳志峰等，1995）。此種運輸模式不僅不具效率且非永續生產和消費的方式，違反了 UN 的 SDG12 目標。這種典型因消費習慣而造成碳排放量增加的情況，在未來全球實施碳稅交易時，是一個值得檢討和必須被校正的消費行為，否則臺灣的產品將被課以較重的碳價，而失去市場競爭力。因此，我國國民的特殊溫體豬消費習慣為毛豬產業帶來多少不必要的碳排放？對周遭環境有多少波及效果及未來導入碳價後，豬肉價格會受多大影響？這些問題都及急需相關研究實證。然而，目前國內對於毛豬相關研究多著重於消費者購買溫體肉品之因素（王若愚、張呈徽、李仁耀，2015；周宗翰、楊上禾，2017；陳凱俐等，2000；廖晏瑜，2017）、毛豬價格（李佳珍，2010；李建強、張佩鈴、陳珮芬，2006）、毛豬生產及肉品市場經營效率（洪峻凱、楊上禾，2020；蔡建宗、簡立賢，2017；陳柏琪，2012）、長途運輸的負面影響（陳志峰等，1995）和毛豬最適載運量（李宗儒、都鈺堂，1997）。對於國人特有的消費習慣對環境造成的負荷及豬肉相關產品價格的影響之相關研究卻付之闕如。故本研究的研究目的為探討消費行為造成額外碳排放之影響：（1）因國人偏好溫體豬而導致的活體運輸，衍生了多少不必要的碳排放量？（2）活體運輸過程對穿行縣市造成的碳排放波及效果為何？（3）碳交易實施後，消費者可能負擔的肉品上揚價格為何？

本文其他章節架構如下：第二章文獻回顧中先介紹臺灣肉品市場，再探討消費行為與碳足跡相關文獻；第三章介紹本研究使用的資料及計算方法；第四章為實證結果；第五章則為結論與建議。

II、文獻回顧

2.1 我國肉品市場及肉品消費行為

臺灣本島有 19 縣市，除了臺北市、基隆市及新竹市等三縣市並無設置肉品市場外，其他 16 縣市設有 21 個肉品市場。另外，臺中和臺南設有兩處，高雄更設有四處肉品市場。臺灣的肉品市場結合了拍賣市場及屠宰場。臺灣豬隻拍賣市場的電子交易自 1993 年實施迄今，然而拍賣方式仍為以活體拍賣進行，而非如其他先進國家的屠體拍賣（如：歐盟、美國、日本、丹麥等國）。買方多為當地的大消費戶，而豬隻則為來自全臺的個人豬農、農會共同運銷及合作社的毛豬。買方依據毛豬的體型來判斷其瘦肉及脂肪含量是否符合其最終消費者的喜好而競標，競標以投標價高者取得整頭毛豬。因此，相同的毛豬也可能因不同拍賣市場而獲得不同的價格。豬農可能將其毛豬運至其利基市場，而非距離最近的當地肉品市場。相同的，一個肉品市場，可能有來自全臺各縣市的毛豬。由於肉品市場結合拍賣市場及屠宰場，拍賣後之豬隻即在該肉品市場屠宰後運送至消費地。

圖 1 表示毛豬兩階段運輸模式。第一階段為由生產鄉鎮以活體跨縣市運至肉品市場拍賣屠宰，第二階段再由肉品市場以屠體運輸至全國消費地。本研究以全臺最大毛豬集貨站，雲林縣的肉品市場為例說明其供銷情形。雲林縣肉品市場所屠宰的毛豬，並不僅限於雲林縣各鄉鎮所生產的豬隻，還包括了從全國各縣市運至雲林肉品市場拍賣屠宰的豬隻。豬農及農民組織可自由運送至雲林縣肉品市場拍賣屠宰後，再供應給全臺各縣市消費。其中最主要

的消費地為新北市。

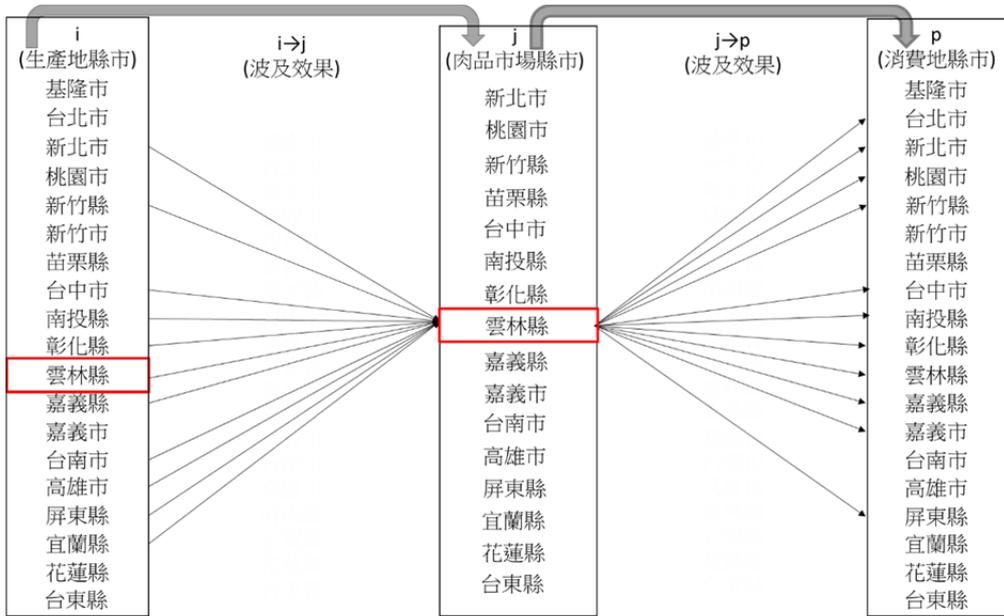


圖 1 現行臺灣肉品市場毛豬運輸圖

資料來源：本研究繪製。

豬肉為我國國人攝取蛋白質的最主要來源之一，平均每人每年豬肉消費達 35 至 40 公斤，位居亞洲之冠 (Wu, 2017)。國內對於豬肉消費的相關研究眾多。例如，劉添仁、鄧意滿與徐薇婷 (2012) 針對臺灣牛肉與國產豬肉的消費進行調查，研究結果指出 66% 以上消費者喜好豬肉勝於牛肉，更有七成以上的消費者喜好購買溫體豬肉。溫體肉品的消費習慣，影響了毛豬運輸模式。楊冷冷 (2018) 指出，目前國內約有 70% 豬肉屠體以常溫運輸至傳統市場，肇因於國人習慣於傳統市場購買溫體豬肉。探究其原因，過去相關研究指出年齡、家族人數、教育程度、家庭所得是主要因素。年齡越大、同住人數越多、教育程度及家庭所得越低者更偏好溫體肉品的消費。相關研究更指出喜好購買溫體肉品之消費者普遍認為在傳統市場購買的溫體豬肉較冷凍

(冷藏)豬肉新鮮、便宜、衛生，且傳統市場具有肉品部位齊全、肉質較好等(林啟淵，2003；魏聖忠、黃聖茹、蔡顯榮，2008；廖晏瑜，2017)。然，據陳志峰等(1995)的研究顯示，毛豬會因活體運輸而造成失重，運輸距離越遠，豬隻失重比率越高。具體而言，豬隻若長途運輸達140公里以上，將導致豬隻失重1.64%，40公里以內則豬隻失重比0.52%。除了豬隻本身的損失外，活體運送也會衍生環境衛生及疾病相關問題。如王功民、田克恭(2010)針對中國非洲豬瘟疫情的研究指出，毛豬以活體型態跨縣市或跨國的交易，是豬瘟疫情迅速擴散的原因之一。李宗儒、都鈺堂(1997)的研究則是針對實施屠體運輸，規劃了全臺毛豬肉品市場最適的轉運量。作者指出應由桃園供應臺北地區豬肉所需；桃園地區所需則由臺南供應。新竹、苗栗和臺中則由南部地區供應豬隻；屏東、臺東、花蓮、宜蘭屬於封閉性市場可自給自足。

國際上的研究則包括了IPCC於第四次氣候變遷評估報告(The Fourth Assessment Report, 簡稱AR4)指出人類生活和消費行為方式的改變可以有效緩解全球暖化現象。學者也因而針對此議題進行探討，如Pathak et al.(2010)以印度為例，選擇24種食品消費之碳足跡進行研究。其結果指出選擇當地生產的食品、減少羊肉消費、並以植物蛋白代替肉和牛奶之消費將可減少碳排放量。類似研究另有Hess et al.(2016)，作者觀察英國1981至2010年間因消費結構的轉變對溫室氣體排放之影響。其研究指出英國從原本的馬鈴薯消費轉至麵食及米飯，將導致溫室氣體的排放增加，且對麵食及米來的供應國義大利及印度造成缺水及碳排放增加的影響。Vringer and Blok(1995)則針對荷蘭2,797戶家庭包含直接和間接能源的總能源消耗進行研究，研究結果指出有54%的能源消耗來自於間接能源。家庭能源消耗中又以供暖能源占25%最高，其次則為食品消費占17%。各種消費類別的能源強度間有著的巨大差異，如果改變消費方式，則可以減少家庭總能源需求。

2.3 消費行為與碳足跡

碳足跡 (carbon footprint) 一詞源自於 Wackernagel and Rees (1996) 所提出的生態足跡 (ecological footprint)。碳足跡是指個人或企業在一項經濟活動中直接或間接產生的二氧化碳量 (Wiedmann & Minx, 2008; Muthu, 2015; Pertsova, 2007)。臺灣為生產高碳足跡的國家，環保署指出我國 2016 年間人均碳排放量達 10.98 公噸全球排名 19。根據李永展 (2014) 利用全臺家庭收支調查報告計算 2011 年各縣市之人均碳足跡，結果顯示在食品、居住及交通的家庭消費支出較高的縣市，其人均碳排居高不下，如臺北市人均碳足跡達 17.98 公噸為最高，新北市也達 11.97 公噸。

碳稅通常是根據化石燃料的碳含量來徵收這種稅。碳稅的設計是參照庇古稅的概念制定，透過外部成本內部化的概念將碳排放化為市場價格以減少二氧化碳排放，從而達到緩解氣候變化的作用。碳稅與碳排放交易為各國政府在徵收碳稅時針對碳排放收費的方式，雖徵收目的相同但其稅收方式卻有很大差異。碳稅的徵收為政府訂出每公噸二氧化碳當量 (以下簡稱 CO₂e) 一定的稅率標準，政府每年則依據是否達成減量目標微調碳稅價格，因此，政府透過碳價調控，控制整體經濟之排放量。梁啟源 (2008) 指出碳稅實施相較碳交易的優點：(1) 國內排放總量之共識不易達成，碳稅可及時運作。(2) 碳稅符合汙染者付費原則，但碳交易允許能源使用量較高者出售其排放權，較不符合公平原則。(3) 碳稅可增加政府收入。(4) 碳稅是以化石燃料的使用者為目標，可控制範圍較廣。目前有較多的國家實行課徵碳稅的模式，如：瑞典、芬蘭、挪威、法國、日本等國家。

碳排放交易則是政府單位先訂定碳排放總量，再將可排放量分配或拍賣的方式給予碳排放權立，在此制度下企業可透過有效的減排將多餘的碳權出售其他有需要的企業。梁啟源 (2008) 提及碳排放交易的優點如下：(1) 碳排放交易設定排放總量目標明確，相較碳稅價格的需求彈性難以衡量減碳效

果。(2) 企業界(高排放產業)一般偏好碳權交易,以降低政府施行碳交易難度。目前實施碳權交易之國家如:歐盟、韓國、紐西蘭、中國、瑞士等國。

世界各國為能有效降低碳排放量,相繼採用碳稅或碳排放交易體系(emissions trading system,以下簡稱ETS)的方式抑制產生碳排放的經濟行為。根據世界銀行在2018年的碳稅趨勢報告中指出,目前全球有45個國家和地方政府已實施課徵碳稅或碳排放交易。其中,碳稅價格以瑞典每公噸139美元最高,波蘭與烏克蘭以每公噸小於1美元為最低價;稅率又以歐盟每公噸16美元最高,天津市稅率為每公噸1美元為ETS交易價格最低之城市。

國內文獻對於毛豬運輸的研究,雖較少觸及環境和碳足跡相關議題,但有關毛豬長途運輸的文獻對本文具有參考價值。如陳志峰等(1995)訪問供應臺中市品市場毛豬的各合作社、農會及私人運豬卡車司機共408車次,探討長途運輸對毛豬重量所造成的損耗。其研究結果顯示,當運輸距離長距離之176.6公里時,每頭毛豬平均失重約為其體重的 $1.58\pm 0.96\%$,在運輸距離為短距離運輸時,平均失重為其體重的 $0.52\pm 0.18\%$ 。另外,李宗儒與都鈺堂(1997)則是利用數學規劃模型,試圖求得全臺肉品市場最適家數。作者建議,臺北縣、彰化縣及高雄市的肉品市場相對其他市場不具成本效率,應該關閉。其他農產品碳足跡相關研究,還包括曾憲郎與蘇怡臻(2016)計算臺灣2014年海運15萬7,000公噸蘋果的碳足跡。結果顯示國人消費進口蘋果共產生了43,034公噸CO₂e。若藉由風力發電來進行碳抵銷,需花費新臺幣48,456,284元;若以植樹進行碳抵銷,則需人造針葉林2,962公頃,或是人工闊葉林2,379公頃。因此,作者建議政府應課徵高碳稅改變消費者的消費行為,使其優先選擇低碳、當地及當季的臺灣食材。

在國際文獻方面,García-Muros, Markandya, Romero-Jordán and González-Eguino(2017)利用西班牙20,000戶家庭食品方面徵收碳稅之影

響，結果指出食品稅的徵收要有特定的食品可免收碳稅的機制（如：肉類徵收碳稅，蔬菜水果類免稅等），實施減免效果對社會經濟帶來負面的影響比統一徵收要來的小，另一結果則指出徵收食品的碳稅可能助於改善飲食，因為它可間接減少肉類和動物產品的消費，肥胖問題減少對西班牙衛生醫療單位的負擔也隨之減少。另外，有許多文獻談及國際糧食貿易與環境議題。一般認為在國際糧食貿易中，進口國會有環境上的利得，出口國則會因為使用土地和水資源等生產糧食而面對環境上的問題（Lenzen et al., 2012；Defries, Rudel, Uriarte, & Hansen, 2010；Galloway et al., 2007）。以豬肉為例的研究有 Galloway et al. (2007)，其研究顯示巴西出口豬肉至日本及中國，使用了當地大量的水和土地，並留下了氮排放於巴西。但糧食出口是否一定等於環境負荷，Sun et al. (2018) 有不同的見解。其針對中國進口黃豆來探討進口國是否因此獲得環境利得時發現，中國原本種植黃豆的地轉作成水稻和玉米，反而造成了更大的環境負荷。因此，國際貿易與環境保護間未必是權衡效果，端看進口國及出口國對環境保護方面的政策的執行，及當地消費者和生產者對環境保護的重視及如何履行環境保護責任。Galloway et al. (2007) 亦指出工業化生產豬隻、直接價格策略及良好的政策和管理可明顯降低出口毛豬對環境的負荷，丹麥即是一成功的例子。

碳稅如雙面刃。探討碳稅課徵的研究如吳淑芬（2010）對碳稅作為溫室氣體管制手段提出五項政策建議，其中更指出臺灣碳稅制度是否能成功，稅額及稅率極為重要，過高易導致民眾負擔上的困難致使增加政策推行的力度，過低則不容易達成碳排放減量的目的。曾瓊瑤（1999）以臺灣一般均衡模型（Taiwan general equilibrium model，簡稱 TAIGEM）模型進行模擬兩項碳稅課徵方式。模擬一為西元 2011 至 2020 年每年課徵新臺幣 2000 元／公噸的碳稅，可使我國的碳排放量恢復到 2000 年之水準，政府財政收入可增加 345 億元，但此項結果將會造成對臺灣經濟及多數產業將造成顯著負面的影響。模擬二的減量目標和模擬，課徵碳稅是在維持政府事前稅收中立的原

則下，將稅收一致，但稅收全部移轉給企業部門來抵減營利事業所得稅，模擬二不僅可以提升企業淨利潤，連帶產業投資增加，使經濟呈正成長，由此可知碳稅搭配減免措施可帶來最大效益。

UN 的糧食及農業組織 (Food and Agriculture Organization, 以下簡稱 FAO) 於 2011 年公布的「世界糧食損失與浪費報告」中指出，全球每年約有三分之一的糧食在人類消費過程中損失或浪費，這意味著使用於糧食生產中的資源及排放的溫室氣體都成為浪費。FAO 在 2013 年更進一步指出，食物浪費所造成的碳足跡高達 33 億噸 CO₂e，相當於美國、中國之後的第三排放大國，而食物浪費的水足跡達 250km³，更造成直接的經濟成本約 7,500 億美元。不僅是 FAO 對此議題進行研究，諸多學者也針對食品消費與浪費進行探討，如：Kummu et al. (2012) 針對糧食作物的浪費和浪費造成的全球糧食供應與資源的損失，結果發現，四分之一的糧食 (614 大卡/人/天) 在食品供應鏈的環節糧食中損失，而這些損失和浪費的糧食作物占糧食作物生產用水總量的 24% (27m²/人/年)，占全球總耕地面積 23% (31x10³/人/年)，以及占全球肥料總用量的 23% (4.3kg/瓶/年)。作者最後提及，如果全球在食品供應鏈的每一個步驟損失和浪費降至最低，可使糧食供應損失將減半，屆時將有足夠的食物供大約十億額外的人使用。Song, Li, Semakula and Zhang (2015) 也針對中國 17,110 個家庭消費與浪費的 1,935 種食物進行碳、水足跡研究。其結果指出，每一人每年平均食用 (浪費) 415 (16) 公斤食物，相當於 1,080 (40) 公斤 CO₂e。食物的浪費與各種食物類別的消費高度相關，例如，蔬菜，大米和小麥浪費最多，而豬肉、豆類及水果的共計占了消費量的 15% 和浪費量的 13%。

III、資料與研究方法

3.1 資料

為估算臺灣毛豬活體運輸所造成之碳足跡，及各縣市所受到之波及效果，本文使用多個資料，包含了肉品市場統計年報、養豬頭數調查報告、高速公路里程表、重型車輛燃油消耗、柴油碳當量、毛豬相關研究報告以及親訪肉品市場的初級資料。以下分別介紹各資料之來源及用途。

本文使用財團法人中央畜產會（2017a）公布之「2016 年肉品市場統計年報」內之生產縣市供應至各肉品市場豬隻頭數，及各肉品市場平均豬隻重量，計算出縣市間活體運輸之毛豬總重量。第二階段由肉品市場運至最終消費縣市之毛豬，為屠體運送。本研究採用吳家輔（2012）之研究結果；作者估測毛豬活體屠宰後，屠體重量大致可分為三個等級：（1）當豬隻重量為 105.1 至 115kg 時，屠宰後重量為約 83.929kg；（2）重量為 115.1 至 125kg，屠宰重量約為 84.10kg；（3）豬隻重量為 125.1 至 135kg，屠宰重量則約為 85.13kg。

財團法人中央畜產會（2017b）出刊之「2016 年養豬頭數調查報告」及交通部高速公路局（2019）的「高速公路里程表」使用於定位各縣市之主要毛豬生產鄉鎮至肉品市場距離。由於各生產縣市養豬戶分散各鄉鎮，本研究參照「2016 年養豬頭數調查報告」找出各生產縣市內養豬比例較高之鄉鎮加總，且加總後超過全縣市飼養頭數之 50% 做為毛豬產地（註 2）。再者，將這些鄉鎮至各肉品市場之距離加總後平均，得出該縣市產地至肉品市場的距離。距離為以 google map 測定之產地至肉品市場之總距離，若無法得知行經各縣市的距離，本研究再使用高速公路里程做為衡量從產地至肉品市場所穿行各縣市之距離。再者，由於各縣市的最終消費地點數量眾多，例如可能由

販運商由肉品市場販賣至超市、超商系統等大消費戶，亦或是運至傳統市場販售。故最終消費地不僅無法完全掌握，也難以計算，因此本研究以該縣市搭乘人數最多的火車站統一做為最終消費地（註3）。載運量最多的火車站多為縣市的中心點，且為人潮最多和各企業臨立之處。因此，在最終消費地不明時，以各縣市搭乘人數最多的火車站做為消費最終點的計算屬合適的權宜之計。

為計算毛豬活體運輸時產生之碳排放量，必須先了解毛豬運輸車輛及其油耗。運輸車輛資料為本研究親訪數個高屏地區肉品市場詢問之結果。運輸人員表示由生產鄉鎮運至當地肉品市場時，一般豬農、農民組織或私人運豬卡車大多使用負載貨物重量為 12 公噸的貨車，跨縣市運輸時則為負載重量 16 公噸的貨車（註4）。兩種貨車之油耗資料，本研究利用工業技術研究院（2015）之「我國重型車輛油耗法規實施背景研究」結果來估算出 12 公噸貨車之油耗為 2.59km/l，16 公噸的則為及 2.15km/l。最後，再以台灣中油股份有限公司（2019）所公佈之柴油產品碳當量 2.7kg/l 做為碳排放的計算基礎。

3.2 估算方法

毛豬由生產縣市活體運輸至消費地的碳稅分別說明如公式(1)至式(10)。第一步先估算出生產縣市將毛豬運至當地肉品市場及其他 18 個縣市的肉品市場的運輸次數。方法為使用肉品市場統計年報所記載的各縣市毛豬供應量，乘以消費市場肉品市場之每頭毛豬平均重量，則可估算出毛豬生產地供應至各肉品市場的毛豬總重量。將此總重量除以運送豬隻的貨車所能承載的最高限重則可得到生產地至各肉品市場的總運輸次數。

生產縣市 i 活體運送毛豬至全臺所有肉品市場的運輸總次數為 T_i 。計算公式如式(1)。

$$T_i = \sum_{j=1}^m \frac{a_{ij} \times w_j}{\alpha} \quad i=1\dots n, \quad j=1\dots m$$

$$\alpha = 12 \quad \text{if } i = j$$

$$\alpha = 16 \quad \text{if } i \neq j \quad (1)$$

毛豬生產鄉鎮為 i ，肉品市場所在縣市為 j ，當生產鄉鎮與肉品市場為同一縣市時為 $i=j$ ，不同縣市時 $i \neq j$ 。 $i=1\dots n$ 代表全臺本島 19 個縣市； $j=1\dots m$ 代表全臺 16 個肉品市場所在縣市。 a_{ij} 代表生產鄉鎮 i 供應 a 頭毛豬至縣市 j 之肉品市場。肉品市場 j 的年平均拍賣重量以 w_j 表示。承如本研究親至肉品市場訪問結果，當生產鄉鎮 i 送至同縣市之肉品市場時，將使用載重量為 12 公噸的貨車，若跨縣市運輸時則使用載貨重量為 16 公噸的貨車。因此， $a_{ij} \times w_j$ 為生產縣市 i 供應至縣市 j 肉品市場之毛豬總重量，毛豬總重量除以貨車最高載重 (α) 則為運輸次數 T_i 。

為求得每趟運輸所須的油品消耗量，必須以運送距離除以貨車的燃油消耗係數。縣市 i 的毛豬送至所有肉品市場的燃油消耗量為 O_i 。計算公式(2)。

$$O_i = \sum_{j=1}^m \frac{d_{ij}}{\tau} \quad i=1\dots n, \quad j=1\dots m$$

$$\tau = 2.59 \quad \text{if } i = j$$

$$\tau = 2.15 \quad \text{if } i \neq j \quad (2)$$

生產縣市 i 到肉品市場 j 的距離為 d_{ij} ，即本文中表 5 所示。當由生產鄉鎮運至當地肉品市場時 $i=j$ ，使用載重量 12 公噸的貨車，燃油消耗係數為 2.59km/l；跨縣市運送時 ($i \neq j$)，則使用承載量 16 公噸的貨車，燃油消耗係數為 2.15km/l。利用生產縣市 i 到肉品市場 j 的距離 d_{ij} 除以運輸貨車的燃油消耗 (τ) 得出生產縣市 i 運至所有肉品市場所需的燃油消耗量 O_i 。

將 (1) 與 (2) 相乘後，再乘以柴油每公升所產生的二氧化碳當量 2.7kg，則可得出由生產地 i 運至所有肉品市場所累積碳排放量 c_i ，計算公式如下。

$$c_i = T_i \times O_i \times 2.7 \quad (3)$$

全臺生產鄉鎮到所有肉品市場所累積的碳排量 C^1 ，則為對 c_i 做加總。公式如下：

$$C^1 = \sum_{i=1}^n c_i \quad (4)$$

第二階段則計算由肉品市場運送至所有消費地的碳排放量。同樣的，先計算肉品市場運至所有消費地之運輸次數 (T_j)，如式(5)。

$$T_j = \sum_{p=1}^n \frac{a_{jp} \times w_p}{\alpha} \quad p=1\dots 19$$

$$\alpha = 12 \text{ if } j = p$$

$$\alpha = 16 \text{ if } j \neq p \quad (5)$$

式中 p 代表消費地。肉品市場供 j 應至消費地 p 之豬隻頭數 a_{jp} 。肉品市場運至當地消費地販售時則為 $i=j$ 。將 a_{jp} 乘以肉品市場供應豬隻屠體平均重量 w_p (註 5)，則為肉品市場 j 供應至縣市 p 消費地之毛豬重量。將毛豬重量 $a_{jp} \times w_p$ 除以載運豬隻的貨車載重量 (α)。第二階段的貨車載重量假設如同第一階段生產鄉鎮運送至肉品市場時之假設，同縣市的運輸 ($i=j$) 將使用載重量為 12 公噸貨車，跨縣市運輸 ($i \neq j$) 則採 16 公噸貨車運輸。

肉品市場 j 運輸至所有消費地的運輸燃油消耗 O_j ，如式(6)。

$$O_j = \sum_{p=1}^m \frac{d_{jp}}{\tau} \quad \tau = 2.59 \text{ if } j = p, \quad \tau = 2.15 \text{ if } j \neq p \quad (6)$$

肉品市場 j 到消費地 p 的距離為 d_{jp} 。同式(2)，當地運輸 ($i=j$) 時油耗係數為 2.59km/l，跨縣市 ($i \neq j$) 之油耗係數則為 2.15km/l。肉品市場 j 到消費地 p 的距離 (d_{jp}) 除以運輸貨車的燃油消耗 (τ)，得到每趟運輸所需的燃油消耗量， O_j 則為肉品市場 j 到所有消費地的燃油消耗量。

與式(3)相同，肉品市場 j 運輸至所有消費地所累積碳排放量為 C_j 。計算公式如式(7)。

$$C_j = T_j \times O_j \times 2.7 \quad (7)$$

全臺所有肉品市場到全臺消費地所累積的碳排放量 C^2 ，則為對 c_j 做加總。公式如下：

$$C^2 = \sum_{j=1}^m c_j \quad (8)$$

全臺生產縣市運輸至所有消費縣市所累積的碳排放量 (C) 為所有生產地至所有肉品市場所累積的碳排放量 (C^1) 加上所有肉品市場至所有消費地所累積的碳排放量 (C^2)，如式(9)。

$$C = C^1 + C^2 \quad (9)$$

將 C 乘以碳稅 P ，則得目前全臺從所有生產地活體運送毛豬至所有肉品市場，再加上所有肉品市場屠體運送豬肉至消費地市場的碳價，如式(10)。

$$PC = C \times P = C^1 \times P + C^2 \times P \quad (10)$$

若國人去除消費溫體豬之習慣，改以消費冷藏或冷凍豬時，則生產縣市的毛豬可僅運至該縣市之肉品市場屠宰，而不運送至其他縣市的肉品市場屠宰，則運輸次數為 θ_i ，計算公式如式(11)。

$$\theta_i = \sum_{i=j}^n \frac{a_{ij} \times w_j}{\alpha} \quad i=1 \dots n, \quad \alpha=16 \quad (11)$$

生產縣市運至當地肉品市場拍賣時則為 $i=j$ 。假設生產縣市 i 供應當地肉品市場 a 頭毛豬，則以 a_{ij} 表示。將 a_{ij} 乘以當地肉品市場的平均重量 w_j ，則為生產縣市 i 供應至 j 肉品市場 ($i=j$) 之毛豬總重量 ($a_{ij} \times w_j$)。本研究假設毛豬運輸會以最低成本方式運送，故若生產縣市將活體全數運至當地肉品市場的貨車運輸量，販運商將以載重量為 α ($\alpha=16$) 公噸的大貨車來運送豬

隻。因此，將毛豬總重量 $a_{ij} \times w_j$ 除以為載運豬隻的貨車所能承載的最高限重 16 公噸則得到毛豬從當地生產鄉鎮運輸到當地肉品市場的總次數。

生產縣市 i 運輸至當地肉品市場燃油消耗 O_i ，計算公式如式 (12)。

$$g_i = \sum_{i=j}^n \frac{d_{ij}}{\tau} \quad (12)$$

生產縣市 i 到當地肉品市場 j 的距離為 d_{ij} ($i=j$)。本研究假設當生產鄉鎮運送到當地肉品市場時，會以載運成本較低的 16 公噸承載貨車運送，其燃油消耗為 $\tau = 2.15\text{km/l}$ 。因此，生產縣市到肉品市場的距離 d_{ij} 除以 2.15，將得出一趟從生產地活體運送毛豬到生產地的燃油消耗。則，生產縣市 i 到所有肉品市所需的燃油消耗量為 g_i 。

利用式 (11) 的生產地運至當地肉品市場次數 θ_i 乘以式 (12) 的燃油消耗量 g_i ，最後再乘上柴油二氧化碳當量 2.7kg/l，則可得到生產地 i 將毛豬活體運至當地肉品市場的碳排放量為 μ_i 。計算公式如式 (13)。

$$\mu_i = \theta_i \times g_i \times 2.7 \quad (13)$$

將所有生產地至當地肉品市場的碳排放量加總，則為全臺生產地將毛豬活體運送至當地肉品市場的碳排放量。

$$U = \sum_{i=1}^n \mu_i \quad (14)$$

將 U 乘以各國現有的碳定價，可得出改變第一階段運輸模式後所需負擔的碳稅。

$$PU = U \times P \quad (15)$$

最後利用式 (11) 中的 $C^1 \times P$ 毛豬活體跨縣市運輸的碳排放量減去式 (15) 的活體當地運輸的碳排放量 ($PC^1 - PU$)，可求得第一階段改變運輸方式後所減少的碳排放量 (註 6)。

IV、實證分析

4.1 敘述統計

臺灣本島共 19 個縣市，及 21 個肉品市場。表 1 顯示 19 個毛豬生產地運至 21 個肉品市場之毛豬頭數。整體而言，21 個肉品市場於 2016 年總計拍賣了 7,051,767 頭毛豬，其中以在新北市肉品市場成交 840,455 頭（11.92%）毛豬為最多，雲林縣肉品市場 697,672 頭（9.88%）次之，桃園市肉品市場 694,399 頭（9.84%）位居第三；三縣市占全臺三成以上的毛豬拍賣數。毛豬數量拍賣頭數最少的為臺東縣 58,309 頭，花蓮縣 90,506 頭及嘉義縣 214,957 頭，僅合占總量的 5.15%。由主要肉品市場之供應縣市則可知，新北市肉品市場有來自 14 個生產縣市的供應。其中，中南部生產地供應達 95.87%，最大供應者為雲林縣佔 83.5%。雲林縣為毛豬最大生產縣，但其肉品市場的拍賣數僅位於第二，且九成來自於當地供應，可知雲林縣生產毛豬主要供其他縣市消費，當地民眾則多食用當地豬肉。毛豬拍賣數量最少的臺東縣，95%吸收當地供應的豬隻，僅約 5%來自於鄰近之屏東縣。其次，花蓮縣肉品市場也全數來自於當地供應。由此可知，臺灣的毛豬呈現南豬北運拍賣，東部地區礙於運輸不利，多為當地拍賣及屠宰的狀況。

表 2 則為 21 個肉品市場供應至 19 個消費地之豬隻頭數。從各肉品市場之消費地來看，全臺最大的肉品供應市場，新北市只供應給臺北市和新北市；臺北市佔 51.55%，略高於供應新北市本地的量。第二大供應市場，桃園市肉品市場共計供應八個縣市；其中除了約六成供應當地肉品市場外，也北送供應至新北市（19.40%）及臺北市（12.58%）。供應量位居第三的縣市為雲林縣肉品市場占總量的 9.90%，主要供應雲林當地所需，約佔 36%，其次則供應臺北市 19.45%及屏東縣 15.43%。相對而言，全臺拍賣及供應量較

表 1 生產地至肉品市場之毛豬數量 (續前頁)

市場別	雲林縣	嘉義縣	嘉義市	臺南市	高雄市	屏東縣	花蓮縣	臺東縣	比例	總計
基隆市										840,455
臺北市										111,745
宜蘭縣								401		694,939
桃園市										240,389
新竹縣										0%
新竹市										3%
苗栗縣										8%
臺中市										5%
-大安區										4%
南投縣										8%
彰化縣										10%
雲林縣										3%
嘉義縣										3%
嘉義市										2%
臺南市										5%
-善化區										4%
-安南區										1%
高雄市										4%
-旗山區										1%
-岡山區										4%
-鳳山區										6%
屏東縣										6%
花蓮縣										1%
臺東縣										1%
比例	31.79%	6.22%	0.01%	11.53%	8.95%	17.02%	1.32%	0.79%	100.00%	
總計	2,241,941	438,509	462.00	813,366	631,186	1,200,287	92,932	55,812		7,051,767

資料來源：財團法人中央畜產會 (2017a)。
 註：空白處為 0，代表兩縣市於該年未進行交易。

表 2 肉品市場至消費地之豬隻數量

市場別	消費縣										彰化縣	
	基隆市	臺北市	新北市	桃園市	宜蘭縣	新竹縣	新竹市	苗栗縣	臺中市	南投縣		
基隆市												
臺北市		433,255	407,200									
新北市		87,439	134,821	410,863	115,821	11,496	4,580					130
桃園市	29,674			48,671		63,645	114,273	2				
宜蘭縣												
新竹縣												
新竹市												
苗栗縣	6,509	18,052	12,408	21,334	18,679	85	121,916	254				
臺中市									21,848			22,835
-大安區									529,045			335
南投縣	14,694	40,989		42,959	11,206	21,591	18,757		46,540	97,180		33,376
彰化縣		9,154	52,018	14,611	3,379		7,694		43,159	11,005		369,083
雲林縣		134,091	37,190	3,047	1,242				80,889	51,784		21,360
嘉義縣		24,000										
嘉義市		17,034	47,946						12,348	8,290		
臺南市			7,277									
-善化區												
-安南區												
高雄市												
-旗山區												
-岡山區												
-鳳山區			55,852									
屏東縣												
花蓮縣												
臺東縣												
比例	1%	11%	11%	8%	2%	2%	2%	2%	14%	2%	2%	6%
總計	50,877	764,014	754,712	541,485	115,821	109,647	140,529	148,369	987,800	168,513	447,119	

單位：頭數

表 2 肉品市場至消費地之豬隻數量 (續前頁)

市場別	消費縣	雲林縣	嘉義縣	嘉義市	臺南市	高雄市	屏東縣	花蓮縣	臺東縣	比例	總計
基隆市										12%	840,455
臺北市							15,936			10%	694,939
新北市							13,798			2%	115,821
桃園市										3%	240,389
宜蘭縣										0%	
新竹市										3%	221,085
新竹縣										9%	593,437
苗栗縣										5%	362,328
臺中市						21,735	19,822			4%	263,988
-大安區						12,804	13,509			8%	532,636
南投縣		1,292					21,241			10%	689,063
彰化縣		246,872	4,393	1,852			106,343			3%	210,937
雲林縣		19,490	51,840	33,108	53,689		8,172			3%	225,521
嘉義縣			15,714	123,752	3,558		8,767			2%	155,040
嘉義市					125,483		14,369			5%	319,852
臺南市					249,888		43,182			3%	177,128
-善化區										1%	87,586
-安南區										4%	254,894
高雄市										6%	411,474
-旗山區										6%	411,371
-岡山區										1%	90,506
-鳳山區										1%	58,309
屏東縣										100%	6,956,759
花蓮縣								90,506			
臺東縣							2,898		55,411		
比例		4%	1%	2%	7%	11%	12%	1%	1%		
總計		267,654	71,947	158,712	485,766	789,439	808,438	90,506	55,411		

資料來源：財團法人中央畜產會 (2017a)。
 註：空白處為 0，代表兩縣市於該年未進行交易。

少的臺東縣、花蓮縣及宜蘭縣等肉品市場，主要供應當地所需，較少運送至其他縣市消費。由此可知，北部大都會地區遠距消費外縣市的豬肉；不僅大量的豬隻以活體運送至新北肉品市場以供應雙北消費，前三大肉品市場也大量供應臺北市之肉品所需。東部縣市則大致呈現自給自足的狀況。

表 3 呈現各生產地運送毛豬至各肉品市場運輸距離之兩兩關係。由表可知，毛豬運送最遠距離為屏東縣毛豬產地至宜蘭縣肉品市場的 419 公里，次之為屏東縣產地至新北市肉品市場之 355 公里，第三則為臺南市產地運至宜蘭縣肉品市場的 345 公里。距離最短則為新竹市產地至新竹縣肉品市場的 10.2 公里，屏東縣產地至屏東肉品市場的 12.2，及嘉義縣產地至嘉義市肉品市場的 13.1 公里。由表 4 可看出中南部的毛豬生產大縣彰化、雲林、臺南、屏東等縣市，長途運送毛豬至運送至大都會地區，最遠運送至新北市肉品市場。一般而言，跨縣市運送至外縣市之肉品市場，相較運至當地肉品市場遠。但，嘉義縣是唯一例外，其大宗產地的鄉鎮運送至嘉義市肉品市場，較運送至嘉義縣肉品市場為近。表 4 則為各肉品市場至各消費地的里程。其中，最遠距離為桃園市肉品市場至屏東縣消費地的 338 公里，其中穿行了八個縣市。最近的則為臺中肉品市場運至當地消費地的 3 公里。

4.2 肉品市場累積之碳排放量

表 5 為各肉品市場接受各生產地活體運輸的毛豬而累積之碳排放量。由表可知全臺 21 個肉品所累積的碳排放總量為 6,134 公噸 (CO₂e)。其中，新北市肉品市場累積了 1,907 公噸 (CO₂e) 最高，佔總排放量之 31.1%。主因是新北市為全臺人口最多的縣市，且鄰近的臺北市高度都市化且腹地狹小，並沒有設置肉品市場，必須由新北市肉品市場供應其需求。再者，其主要供應產地為雲林縣，數量多且距離遠，貢獻了新北市肉品市場 86.1%的碳排放量。其次是臺南市產地貢獻總量的 3.6%、臺中市產地則貢獻了 2.9%。桃園市肉品市場為碳排第二高，佔總排放量之 22.9%。其碳排放量的主要貢獻者也

表 3 生產地至肉品市場之運輸距離

市場別	供應縣市										單位：公里	
	基隆市	臺北市	新北市	桃園市	宜蘭縣	新竹縣	新竹市	苗栗縣	臺中市	南投縣		
基隆市												
臺北市												
新北市		17.4		44.0		62.4		107.8	147.7		229.5	
桃園市		22.2		26.9		45.5		94.1	134.6		216.1	
宜蘭縣		90.1		115.0	16.7				211.9			
新竹縣		70.5		38.5		14.4		44.2	87.2		165.5	
新竹市												
苗栗縣		114.6		74.4		52.0		15.3	54.9		135.6	
臺中市						111.6		38.2	34.9		61.3	
-大安區						90.0			24.6		101.5	
南投縣												
彰化縣												
雲林縣												
嘉義縣												
嘉義市												
臺南市			221.5		280.0	175.3		93.7	59.7		22.5	
-善化區												
-安南區												
高雄市												
-旗山區									209.3			
-岡山區												
-鳳山區												
屏東縣												
花蓮縣												
臺東縣												
									195.2			

表 3 生產地至肉品市場之運輸距離 (續前頁)

市場別	供應縣市	彰化縣	雲林縣	嘉義縣	嘉義市	臺南市	高雄市	屏東縣	花蓮縣	臺東縣
基隆市										
臺北市		200.3	230.9	241.7	243.1	281.9	322.0	355.5	241.6	
新北市		186.2	217.3	225.8	228.5	265.5	306.4	339.3		
桃園市				305.2		345.0		419.2	162.0	252.4
宜蘭縣		137.3	162.1	178.6		217.9	261.4	292.0		
新竹縣										
新竹市		106.2	130.9	146.7		186.0	227.7	260.1		
苗栗縣		61.9	93.9	105.4		138.4	177.3	208.8		
臺中市		69.0	95.4	114.7		154.1	194.3	228.2		
-大安區		54.9	61.3	69.1		102.6	140.5	171.6		
南投縣		13.7	40.7	60.4		100.5	140.5	174.0		
彰化縣		42.8	18.9	29.1		69.8	110.7	146.6		
雲林縣		74.6	58.1	23.5		42.1				
嘉義縣		60.1	41.1	13.1		47.3	88.8	124.6		
嘉義市			91.6	57.7		25.3	43.8	75.0		
臺南市	-善化區			66.6		34.3	34.3	70.9		
-安南區						78.1	37.0	32.5		
高雄市	-旗山區					76.2	27.0	40.3		
	-岡山區			97.9		59.8	16.9	39.1		
	-鳳山區						39.8	23.0		
屏東縣								12.2		
花蓮縣									39.1	
臺東縣										28.1

資料來源：本研究計算。

註：空白處為 0，代表兩縣市未進行交易。

表 4 肉品市場至消費地之運輸距離 (續前頁)

市場別	消費縣市	彰化縣	雲林縣	嘉義縣	嘉義市	臺南市	高雄市	屏東縣	花蓮縣	臺東縣
基隆市										
臺北市										
新北市										
桃園市	159.5							338.5		
宜蘭縣										
新竹縣								291.0		
新竹市										
苗栗縣										
臺中市	39.0						210.0	207.0		
-大安區							235.1			
南投縣	45.0						174.0	172.0		
彰化縣	22.1	40.9						176.6		
雲林縣	55.0	15.0		20.0				142.0		
嘉義縣		55.6		32.8				121.2		
嘉義市				7.0				123.0		
臺南市										
-善化區							115			
-安南區							71.7			
高雄市							69.0			
-旗山區							5.2			
-岡山區							40.0			
-鳳山區							37.6			
屏東縣							15.0			
花蓮縣							38.0	7.3		
臺東縣									30.0	
										10.8

資料來源：本研究整理。
 註：空白處為 0，代表兩縣市未進行交易。

表 5 生產地至肉品市場之碳排放量

市場別	供應縣市										總計	
	基隆市	臺北市	新北市	桃園市	宜蘭縣	新竹縣	新竹市	苗栗縣	臺中市	南投縣		
基隆市												
臺北市			0.50	3.01		1.43		25.25	56.49	26.74		
新北市			0.16	18.96		0.64	0.56	7.13	0.92	3.62		
桃園市			1.31	13.07	12.85				2.11			
宜蘭縣			0.04	0.19		15.98	1.15	0.95	7.16	12.16		
新竹縣												
新竹市		0.24	0.01	0.33		3.91		4.98	19.45	1.33		
苗栗縣						6.81		1.17	1.94	30.69		
臺中市						4.03		0.40	21.00	3.68		
-大安區										11.51		
南投縣										0.39		
彰化縣			0.06						4.38	0.44		
雲林縣					2.11	0.25			0.44			
嘉義縣												
嘉義市												
臺南市												
-善化區												
-安南區												
高雄市									0.59			
-旗山區												
-岡山區												
-鳳山區									2.73			
屏東縣												
花蓮縣												
臺東縣												
總計		0.24	2.07	35.56	14.96	33.05	1.71	39.89	117.19	90.56		

單位：頭數

表 5 生產地至肉品市場之碳排放量 (續前頁)

市場別	供應縣市	彰化縣	雲林縣	嘉義縣	嘉義市	臺南市	高雄市	屏東縣	花蓮縣	臺東縣	總計
基隆市											
臺北市											
新北市											
桃園市											
宜蘭縣											
新竹縣											
新竹市											
苗栗縣											
臺中市											
-大安區											
南投縣											
彰化縣											
雲林縣											
嘉義縣											
嘉義市											
臺南市											
-善化區											
-安南區											
高雄市											
-旗山區											
-岡山區											
-鳳山區											
屏東縣											
花蓮縣											
臺東縣											
總計		589.70	3,018.17	262.60	1.10	670.15	442.03	752.60	43.62	19.03	6,134.24

資料來源：本研究整理。

註：空白處為 0，代表兩縣市於該年末進行交易。

為雲林縣的產地，佔 62.2%。臺中市肉品市場為第三，但僅佔 9.6%。臺東縣肉品市場則為全臺累積碳排最少的市場，僅有 22 公噸 (CO₂e)，占總排放量的 0.4%。

由產地來看，則可知由雲林縣各鄉鎮的產地運至各肉品市場所產生的 3,018 公噸 (CO₂e) 碳排量最高，占總排放量的 49.2%，其次為由屏東縣生產地運送至全臺肉品市場的 12.3%、臺南市則為 10.9%。主要原因為毛豬產量大，則大量以活體形式，將毛豬長途跋涉運至大臺北部地區。

4.3 穿行波及效果

表 6 為受毛豬活體從生產地運至肉品市場，穿行各縣市所造成的波及效果。表 6 顯示活體運輸在苗栗縣產生了 1,043 公噸的 CO₂e，占總量的 17%，全臺最嚴重。探究其原因為大量的穿行次數，活體從中南部運至北部，運輸過程最常經過苗栗縣。再者，苗栗縣狹長地形也是造成其受波及效果較嚴重的原因（註 7）。受波及縣的縣市中，雲林縣及彰化縣分別占總量之 15.0%、14.8%，位居全臺第二及第三。探究其原因為雲林肉品市場為毛豬集散地、全臺約 10%的毛豬頻繁輸出入該市場。另外，彰化縣因臨近毛豬集散地的雲林縣，故易受波及影響。

4.4 消費地所累積之碳排放量

表 7 則為從生產地活體運輸至肉品市場，再由肉品市場送至最終消費地所累積的總碳排放量。由表可知，全臺每年因豬肉消費共計產生 8,559 公噸的 CO₂e。其中又以臺北市因消費豬肉共累積了 1,767 公噸的碳排放為最高，占總排放量之 21%，其次為新北市 20%、桃園市 13%。臺東縣則為消費豬隻所造成碳排放量最少的縣市，共計產生 27 公噸 (CO₂e)，占總量的 0.3%，其次為嘉義縣占 0.4% 及嘉義縣 0.7%。

表 6 各穿行縣市所受波及之碳排放量

單位：公噸 CO₂e

縣市	活體跨縣市運輸	比例
基隆市	0.00	0%
臺北市	10.81	0.18%
新北市	226.52	3.69%
桃園市	335.13	5.46%
宜蘭縣	23.87	0.39%
新竹縣	484.91	7.90%
新竹市	24.54	0.40%
苗栗縣	1,043.99	17.02%
臺中市	714.21	11.64%
南投縣	122.78	2.00%
彰化縣	909.85	14.83%
雲林縣	922.08	15.03%
嘉義縣	246.29	4.02%
嘉義市	60.18	0.98%
臺南市	482.41	7.86%
高雄市	349.39	5.70%
屏東縣	116.07	1.89%
花蓮縣	40.98	0.67%
臺東縣	20.22	0.33%
總計	6,134.24	100%

資料來源：本研究計算。

探究其原因，供應臺北市的肉品市場共有八個，其中以新北市肉品市場供應 57% 最高，其次為雲林縣 18% 及桃園市 11%。然而，雲林縣不僅直接供應臺北消費市場，也間接透過新北市肉品市場和桃園市肉品市場供應了臺北市消費。具體而言，新北市 84% 豬隻也來自雲林；桃園市則有 57% 來自雲林，因此雲林縣實為臺北市的最大豬隻供應地。因此，從表 8 也可看出遠從雲林縣供應其豬肉所需為臺北市碳排放累積的主要來源，占該縣市的 70%。因豬肉消費而累積碳排放量次高的為新北市；第三則為桃園市。兩個縣市碳排放居高不下的主要原因亦是其豬隻為雲林縣跋涉而來，分別佔了 60% 及 48%。相較之下，臺東縣為全臺消費累積碳排放量最少的縣市、嘉義

表 7 最終消費地之豬肉碳足跡

消費縣市	生產縣市										總計
	基隆市	臺北市	新北市	桃園市	宜蘭縣	新竹縣	新竹市	苗栗縣	臺中市	南投縣	
基隆市	0.01	0.01	0.01	14.31	0.41	0.14	0.02	8.03	0.61	28.81	
臺北市	0.02	59.73	24.52	0.41	1.18	0.07	31.84	30.98	87.14		
新北市	0.01	31.00	40.82	0.11	1.05	0.11	24.38	29.29	13.79		
桃園市	0.02	0.10	72.81	0.01	26.50	0.56	20.63	46.76	6.29		
宜蘭縣		1.31	13.07	20.45				2.11			
新竹縣	0.02	0.01	4.98	0.004	9.62	0.31	8.31	11.15	3.80		
新竹市	0.00	0.02	2.48	16.55	0.55	0.55	0.55	15.82	6.58		
苗栗縣	0.13	0.01	0.18	2.37	7.72	18.05	1.41				
臺中市	0.02	0.01	0.03	0.25	9.30	13.90	123.44	44.13			
南投縣	0.0003	0.004	0.0004	0.16	0.02	0.29	0.15	14.40			
彰化縣		0.002	0.18	0.07	0.27	0.0001	0.31	10.67	14.45		
雲林縣		0.02	0.76	0.09	0.17	0.001	0.16				
嘉義縣		0.0004	0.01	0.002	0.003	0.003	0.003				
嘉義市		0.0001	0.01	0.001	0.001	0.001	0.001				
臺南市							0.19				
高雄市					0.25		0.03	38.57	18.96		
屏東縣		0.01	47.24	0.33	37.32	0.08	0.27	59.23	27.90		
花蓮縣											
臺東縣											
總計	0.24	92.24	220.63	22.57	104.66	1.71	116.27	387.19	267.82		

單位：公噸

表 7 最終消費地之豬肉碳足跡 (續前頁)

消費縣市	生產縣市										總計
	彰化縣	雲林縣	嘉義縣	嘉義市	臺南市	高雄市	屏東縣	花蓮縣	臺東縣		
基隆市	13.50	41.54	4.95	0.03	5.82	1.50	8.05				127.34
臺北市	55.91	1,244.95	88.09	33.41	59.45	18.60	28.15	2.88			1,767.34
新北市	136.02	1,046.32	35.86	89.47	85.30	167.33	37.46	2.71			1,741.05
桃園市	193.16	545.49	38.33	0.37	74.26	26.42	85.07				1,136.79
宜蘭縣			10.33		51.51		37.23	0.23	1.01		137.23
新竹縣	19.09	36.51	2.17	0.01	5.43	20.85	53.84				176.11
新竹市	16.00	38.14	1.70	0.004	5.00	30.99	67.50				201.88
苗栗縣	30.26	16.63	3.74		11.26	26.48	103.10				221.35
臺中市	185.84	220.46	57.84		139.79	128.63	87.51				1,011.14
南投縣	14.13	57.25	22.48		7.20	0.32	1.00				117.40
彰化縣	114.00	52.77	11.69	0.0001	27.10	11.29	6.62				249.42
雲林縣	1.22	81.17	14.01		4.77	0.23	1.18				103.76
嘉義縣	0.60	5.45	21.07	0.82	9.69	0.14	0.37				38.17
嘉義市	0.58	8.43	18.79	4.24	22.81	1.06	2.79				58.71
臺南市	0.59	4.01	37.91	2.06	153.01	57.25	19.75				274.78
高雄市	5.43	7.16	4.85	8.03	62.55	160.45	133.05				439.30
屏東縣	47.28	179.33	17.27	8.56	66.00	61.40	111.46		4.83		668.50
花蓮縣								62.08			62.08
臺東縣							4.44		23.04		27.48
總計	833.60	3,585.61	391.08	147.00	790.95	712.92	788.56	67.90	28.87		8,559.81

資料來源：本研究計算。

註：空白處為 0，代表兩縣市於該年未進行交易。

縣與嘉義市次之及第三低。主要因為，這三個縣市不僅因為當地總毛豬消費量較少，且主要消費當地毛豬，因而未產生額外不必要的碳排放。

綜上所述，因為國人消費溫體豬的習慣，我國活體豬的運輸主要由中南部地區運至北部肉品市場屠體後，再由肉品市場供應至大都會區。這種運輸過程，使活體長途運送的過程中造成巨量的碳排放。倘若各縣市的活體運輸能像東部地區或是嘉義縣、嘉義市這樣主要由當地運送，其餘的以鄰近的生產縣市供應，這樣不僅可以大幅降低碳排放量，也可降低消費縣市所累積的碳排放量。

由於目前活體運輸模式為毛豬生產縣市將毛豬以活體形式跨縣市運輸至肉品市場拍賣，建議的運輸模式如圖 2 所示，將毛豬活體於當地縣市之肉品市場屠宰後再運送至各消費縣市之運輸模式。意即，雲林縣各鄉鎮所生產的毛豬皆由雲林縣當地肉品市場拍賣及屠宰，不運送至其他肉品市場拍賣。第二階段即如同現今的肉品市場屠宰後再配送至各消費地。

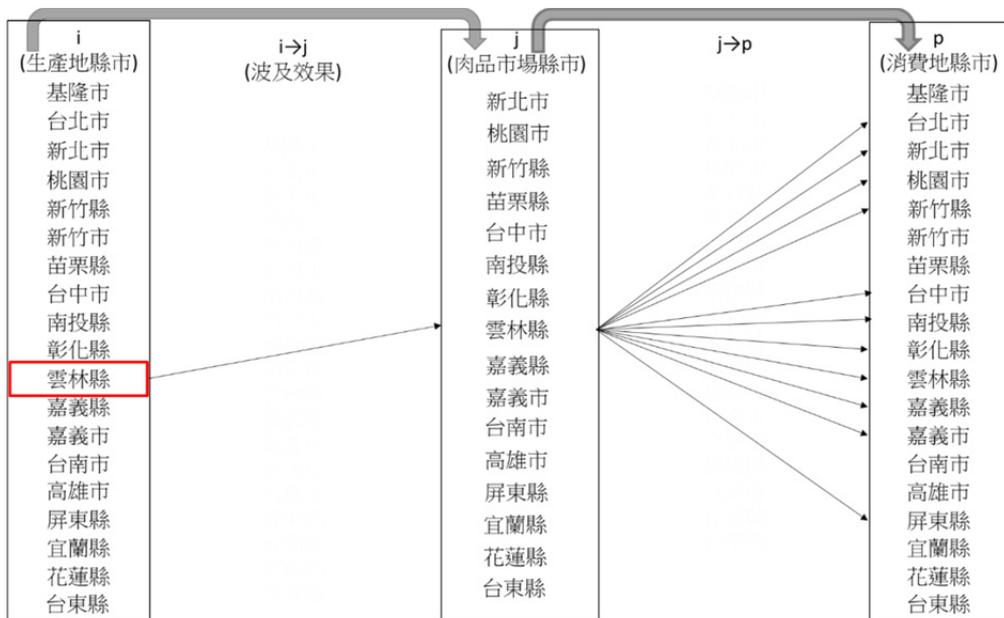


圖 2 活體當地運輸圖

資料來源：本研究繪製。

表 8 為將圖 1 的活體跨縣市運輸改為本文所建議的圖 2 的活體當地運輸而降低的碳排放量。計算結果顯示活體全數運至當地肉品市場屠宰將可從原本活體跨縣市運送的 6,134 公噸 (CO₂e) 減少至 1,380 公噸 (CO₂e)，共可減緩 4,753 公噸的碳排放量，下降幅度達 77.5%。整體而言，臺灣本島共有 19 個縣市，其中 18 個縣市在改變運輸方式後將可達到減緩碳排放的效果。下降幅度最高的為臺北市的 99.9%，其主要原因為將全國四面八方運輸來而的豬肉，改成運至就近的苗栗縣肉品市場時，其運輸距離將從原本的 114 公里大幅縮短為 15 公里，因而使碳排放量大量減少。然而臺北市並無肉品市場因此將臺北運至苗栗縣的活體運至新北市，從原本 114 公里的運輸距離縮短至 15 公里。其次為嘉義市 99.8%，其下降次高的原因為嘉義市活體僅供應臺北市、新北市運輸距離分別為 243 公里、228 公里，但改為當地運輸後僅需 4 公里，大幅下降的運輸距離造成碳排放下降。新北市為碳排放下降第三高的縣市，下降幅度達 99.6%。新北市毛豬生產量不足以供應當地消費，但仍有活體跨縣市運送的現象發生，新北市將活體運送至宜蘭縣、新竹縣甚至有運至雲林的情況，改為活體當地運輸後這種情況將獲得改善，也可以避免產生額外的碳排放。

全臺僅屏東縣因改變運輸方式將造成碳排放量增加。探究其原因為屏東縣以活體運輸的方式供應了全臺 19 個肉品市場，最遠供應至宜蘭縣。雖然屏東縣約有三分之二的活體供應至外縣市，但屏東縣毛豬主要飼養區集中在屏北地區如屏東市、萬丹鄉、長治鄉、九如鄉、鹽埔鄉及內埔鄉等鄉鎮，這些飼養地位處屏東縣與高雄市的交界，運至高雄肉品市場不僅拍賣價格高，距離相較屏東縣肉品市場近，可節省運輸成本。因此，若屏東縣生產的毛豬全數運至當地肉品市場屠宰時，可能導致屏東縣的碳排放量增加。

由本文實證得知，目前的活體跨縣市運輸的方式的確對毛豬產業帶來不必要的碳排放，且嚴重波及中部縣市如苗栗縣、彰化縣等縣市的環境負荷。本文建議改以活體當地運輸，將可有效避免不必要的碳排放，同時也將波及

效果降至最低。雖然屏東縣會因為改變運輸方式而增加碳排放，但卻可以降低屏東縣對高雄市造成的波及效果影響。由研究結果證明，將活體跨縣市運輸改為運輸至當地肉品市場屠宰為利大於弊的改變，不僅可減少總體碳排放，同時也可降低環境波及效果。

表 8 生產地至肉品市場波及效果碳排放量

單位：公噸

縣市	屠體當縣市運輸 (CO ₂ e)	碳排放下降
基隆市		
臺北市	0.01	10.79
新北市	0.88	225.64
桃園市	22.28	312.85
新竹縣	17.69	467.22
新竹市	1.13	23.41
苗栗縣	10.09	1,033.90
臺中市	52.11	662.1
南投縣	27.65	95.13
彰化縣	119.06	790.79
雲林縣	418	504.09
嘉義縣	96.71	149.59
嘉義市	0.13	60.05
臺南市	228.22	254.19
高雄市	182.27	167.11
屏東縣	140.84	-24.76
宜蘭縣	11.73	12.14
花蓮縣	35.1	5.88
臺東縣	16.39	3.83
總計	1,380.28	4,753.95

資料來源：本研究繪製。

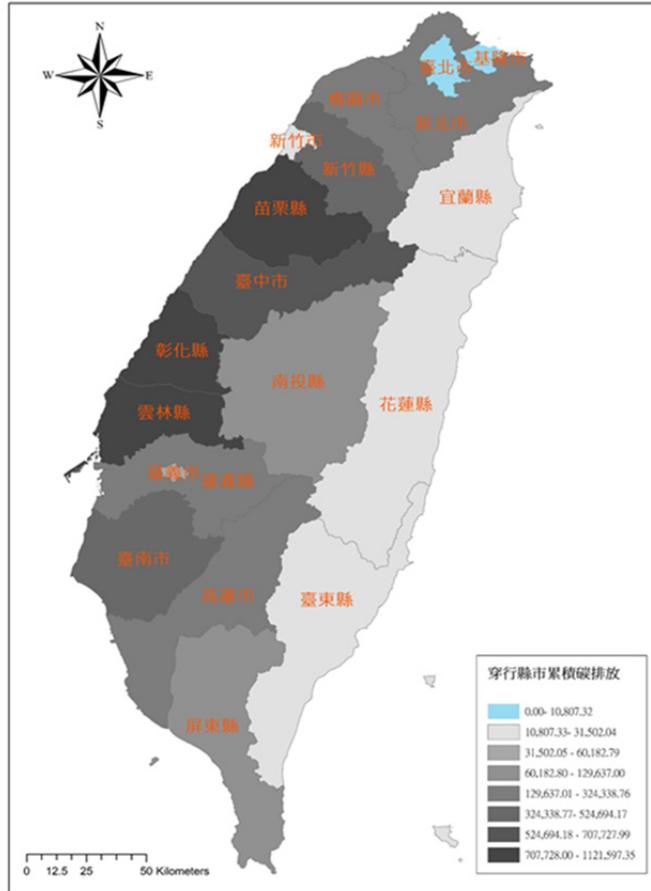


圖 3 生產地至肉品市場波及效果碳排放量

資料來源：本研究計算。

我國尚未對貨品課徵碳稅，故本研究採用世界銀行（World Bank）2018年於全球碳定價現況及趨勢發展（state and trends of carbon pricing）所公佈的各國的碳價，來計算我國毛豬活體運輸可能課徵的價格（World Bank Group & Ecofys, 2018）。如表 9 顯示瑞典每公噸（CO₂e）為新臺幣 4,322 元，目前全球居冠，碳稅價格最低的則為愛沙尼亞，每公噸（CO₂e）新臺幣 62 元。而目前國內政策設計中最有可能參考的標竿對象為新加坡，其碳稅

表 9 碳價及豬隻上漲價格

單位：新臺幣

國家	價格	目前運輸碳價	改變後運輸碳價	目前運輸上漲價格 (元/頭)	改變後運輸上漲價格 (元/頭)
瑞典	4,322.90	37,003,219.07	16,452,352.51	5.32	2.36
瑞士	3,141.10	26,887,231.12	11,954,587.08	3.86	1.72
列支敦士登	3,141.10	26,887,231.12	11,954,587.08	3.86	1.72
芬蘭	2,394.70	20,498,186.10	9,113,893.12	2.95	1.31
挪威	1,990.40	17,037,453.38	7,575,183.89	2.45	1.09
法國	1,710.50	14,641,561.50	6,509,923.66	2.10	0.94
冰島	1,119.60	9,583,567.53	4,261,040.94	1.38	0.61
丹麥	901.90	7,720,096.06	3,432,505.20	1.11	0.49
英國	777.50	6,655,255.23	2,959,056.21	0.96	0.43
愛爾蘭	777.50	6,655,255.23	2,959,056.21	0.96	0.43
西班牙	684.20	5,856,624.60	2,603,969.46	0.84	0.37
韓國 (ETS)	653.10	5,590,414.39	2,485,607.21	0.80	0.36
斯洛維尼亞	653.10	5,590,414.39	2,485,607.21	0.80	0.36
歐盟 (ETS)	497.60	4,259,363.35	1,893,795.97	0.61	0.27
加洲	466.50	3,993,153.14	1,775,433.72	0.57	0.26
加拿大-安大略	466.50	3,993,153.14	1,775,433.72	0.57	0.26
紐西蘭 (ETS)	466.50	3,993,153.14	1,775,433.72	0.57	0.26
北京 (ETS)	279.90	2,395,891.88	1,065,260.23	0.34	0.15
葡萄牙	248.80	2,129,681.67	946,897.99	0.31	0.14
哥倫比亞	186.60	1,597,261.25	710,173.49	0.23	0.10
拉脫維亞	186.60	1,597,261.25	710,173.49	0.23	0.10
智利	155.50	1,331,051.05	591,811.24	0.19	0.09
新加坡	111.28	952,536.08	423,516.11	0.14	0.06
墨西哥	93.30	798,630.63	355,086.74	0.11	0.05
日本	93.30	798,630.63	355,086.74	0.11	0.05
愛沙尼亞	62.20	532,420.40	236,724.50	0.08	0.03

資料來源：本研究計算彙整。

價格則是為每公噸(CO₂e)新臺幣111元左右。目前運輸方式,意即產地至肉品市場活體運輸,肉品市場至消費地屠體運輸的模式,一年碳排放量最高需繳納3,700萬新臺幣,最低則繳納53萬臺幣。若改變運輸模式,意即將第一階段改成在當地肉品市場屠宰後再以屠體運輸至肉品市場的話,最高僅須負擔1,645萬元,節省了2,055萬元(降幅達56%);最低則負擔23萬元,可節省30萬新臺幣。本文再以總碳價除以總拍賣毛豬頭數,得到每頭豬可能上漲的價格計算出消費者的負擔。結果顯示目前的運輸方式,未來假使臺灣課徵碳稅時,採用瑞典碳稅每頭毛豬最高將上漲5.32元,採臺灣標竿國新加坡的碳稅模式上漲0.14元,若採最低採愛沙尼亞碳稅模式時則上漲0.08元新臺幣。若第一階段採取屠體運輸,則每頭毛豬上漲價格為0.03~2.36元新臺幣。若以2016年全臺平均價格為每公斤71元,每頭豬平均交易重量為124公斤來計算每頭毛豬交易價,平均每頭豬的售價為8,804元。在課徵碳稅後每頭將上漲0.03~2.36元,意即每頭毛豬最高約只上漲了0.27%,此幅動小於毛豬的價格波動幅度(註8),應為消費者仍屬無感的上漲幅度。

V、結論與建議

本研究以臺灣消費者偏好購買溫體豬的消費行為為例,探討消費行為可能造成的不必要的碳排放,及衍生對周遭環境造成負擔。結果顯示:(1)因喜好食用溫體豬的習慣,每年全臺產生4,753公噸不必要的碳排放,最高相當於2,000萬新臺幣的碳稅;(2)新北市、桃園市及臺中市等三大都會區的肉品市場所累積碳排放量全臺最高,共佔全臺之64%;(3)以最終消費地來看,臺北市為全臺累積最多碳排放量之消費縣市,達1,767公噸,占總排放量21%,其次為新北市20%、桃園市13%;(4)受波及效果影響最嚴重的縣市為苗栗縣,達1,043公噸(CO₂e),占總排放量的15%,其次彰化縣、雲林縣,分別占14%及13%。

消費行為為一個國家長期的飲食文化所造成，要用政策或命令立刻改變較為困難。政府可透過建立良好的社會消費文化將低碳消費意識轉化為消費者的行為傾向，以及實際行動為一有效降低碳排放之途徑（Chen, Long, Niu, Feng, & Yang, 2014）。因此由食農教育教導食用當地食材，減少食物的碳哩程方是根本之道。實施當地肉品市場屠宰措施，必須配套設立豬肉分級標準，使各地方的肉品市場有統一的價格標準，提高養豬戶就近運送的意願，方能避免豬農為求取最高價格而長途運輸。惟改變運輸模式後，目前的肉品市場可能無法負荷增加的毛豬屠宰量，因此可擴建原有的肉品市場或就近增設養豬專業區。再者，本文所計算出之波及效果可做為課徵碳稅時，各利害關係人應分擔碳稅之參考。意即，若未來引進碳稅後，我國消費仍偏好溫體豬，運銷方式仍為目前由產地運輸活體豬至肉品市場的模式時，則被波及的縣市應可向最終消費者亦或是生產者索取碳污染之碳價，做為環境治理或是健康補償的經費。但由於我國毛豬已可供出口，目前屬於供給者較具優勢的市場，未來將碳稅轉移給消費者的可能性較大。然依目前計算每頭毛豬最高約只上漲 0.27%，此幅動小於毛豬的價格波動幅度，應為消費者仍屬無感的上漲幅度。但是，若未來國際達成共識，對不具環保的農產品課以重稅，則我國豬肉的碳稅負擔將增加。且國際持續推動節能減碳及食物哩程，努力達成 SDGs 之際，我國若不積極改變消費溫體豬肉的習慣，將有損我國農產業形象。

本研究探討特殊的消費行為所衍生之不必要碳排放，填補了過去文獻中缺乏探討消費行為影響環境負荷的議題。但仍有以下限制：（1）因缺乏各畜牧場每次運送的豬隻數量及使用的大貨車，故無法準確精算出各畜牧廠以及每趟運輸造成的碳排放。（2）上述礙於資料取得困難，本文的消費端僅計算至各縣市的最多人搭乘的火車站做為終點，而無法計算至消費者端的碳足跡。但由於本文焦點在於活體運送所造成的碳排放和環境負荷，屠體運送至消費者端的部份並非本文重點。（3）我國經過肉品市場交易的毛豬約佔

87%，剩餘部份並未納入本文計算。但我國未經肉品市場交易的典型例子為大型一貫豬場，如臺糖。此種經營方式多具有屠宰場，因此多於飼養地當地屠宰後，在自家門市銷售，故較少活體長途跋涉運送毛豬的情形。推斷對本文推估結果影響小。(4) 本研究只限於探討改變消費行為模式所帶來的效益，但對於此改變所造成的負面影響並未進一步估算，例如此改變可能降低國產豬肉相對進口豬肉的競爭力，意即環境保護與產業發展間的權衡效果。

附註

1. 臺灣本島共計 21 處拍賣市場，其中臺北市、基隆市及新竹市沒有拍賣市場，但臺中市、臺南市及高雄市皆設有多個毛豬拍賣市場。
2. 臺北市為北投區（66%），新北市為淡水區及林口區（佔全市比 52%），桃園為大園區、新屋區及觀音區（52%），新竹縣為新埔鎮及新豐鄉（52%），新竹市為香山區（94%），苗栗縣為通霄鎮及造橋鄉（50%），臺中市為大甲區、后里區、大安區及霧峰區（54%），南投縣為竹山鎮及水里鄉（52%），彰化縣為二林鎮、田尾鄉、芳苑鄉及大城鄉（56%），雲林縣為土庫鎮、二崙鄉、麥寮鄉及褒鄉（52%），嘉義縣為朴子市、民雄鄉、溪口鄉及新港鄉（52%），嘉義市為東區及西區（100%），臺南市為白河區、後壁區、下營區、六甲區、佳里區、學甲區及關廟區（53%），高雄市為阿蓮區、路竹區及內門區（60%），屏東縣為屏東市、萬丹鄉、長治鄉、九如鄉、鹽埔鄉及內埔鄉（55%），宜蘭縣為礁溪鄉、壯圍鄉及員山鄉（69%），花蓮縣為玉里鄉及壽豐鄉（61%），臺東縣為關山鎮及卑南鄉（66%）。
3. 各縣市消費地如下：基隆市之基隆車站，臺北市之臺北車站、桃園市之桃園車站、新竹縣之新豐車站、新竹市之新竹車站、苗栗縣之苗栗車站、臺中市之臺中車站、南投縣之集集車站、彰化縣之斗六車站、嘉義縣之民雄車站、嘉義市之嘉義車站、臺南市之臺南車站、高雄市之高雄車站、屏東縣之屏東車站、宜蘭縣之宜蘭車站、花蓮縣之花蓮車站及臺東縣之臺東車站。
4. 前者之貨車總重量為 17 公噸，後者之總重量為 24 公噸。
5. w_p 的計算採用吳家輔（2012）的研究結果。依其結果顯示，當豬隻體重為 105.1-115kg 時，屠宰率約為 83.92%；115.1-125kg 時屠宰率約 84.10%；最重

- 的 125.1-135kg 時屠宰率約為 85.13%。
6. 我國毛豬運輸從生產地（鄉鎮）至消費地可分兩階段說明。第一階段為產地活體運輸至肉品市場，第二階段為屠體由肉品市場運至消費地。我國國人偏好溫體豬所衍生的環境問題出現在第一階段活體運輸部分。第二階段的屠體運輸和世界各先進國家相同，因此本文並未針對第二階段設計其改進之處。
 7. 本研究以高路公路做為運輸距離的估算，苗栗之高速公路里程長達 60 公里，為全臺之冠。但實際上運輸時，有部分路程以平面道路運輸，因此本研究之估算有可能低估。
 8. 陳淑恩、鄭秋桂、黃文琪與鍾秋悅（2016）之研究顯示，1996 年至 2015 年的毛豬批發市場平均交易價為 57 元／公斤，價格變異程度（ $100 \times \text{標準差} / \text{平均}$ ）為數 21%，是所有肉類中漲跌變動最大的肉類。

參考文獻

- 工業技術研究院 (2015)。我國重型車輛油耗法規實施背景研究。新竹縣：工業技術研究院。
- 王功民、田克恭 (2010)。非洲豬瘟。北京市，中國：中國農民出版社。
- 王若愚、張呈徽、李仁耀 (2015)。調配機制對毛豬價格波動性之影響。農業經濟叢刊，20 (2)，89-119。
- 台灣中油股份有限公司 (2019)。產品訊息。取自 <https://www.cpc.com.tw/>
- 交通部高速公路局 (2019)。交流道、服務區里程一覽表。取自 <https://www.freeway.gov.tw/>
- 吳家輔 (2012)。豬隻品種性別與屠宰時活體重對其屠體性狀與屠肉品質之影響 (碩士論文)。東海大學畜產與生物科技學系，臺中市。
- 吳淑芬 (2010)。碳稅作為溫室氣體排放管制手段之探討 (碩士論文)。國立臺北大學法律學系，臺北市。
- 李永展 (2014)。解讀台灣縣市的碳足跡。經濟前瞻，152，34-39。
- 李佳珍 (2010)。臺灣毛豬市場不對稱價格傳遞關係之研究。農業經濟叢刊，16 (1)，1-32。
- 李宗儒、李明山 (1998)。最市運輸路線指派系統之建構－地理資訊系統之應用。農林學報，47 (3)，103-119。
- 李宗儒、都鈺堂 (1997)。臺灣毛豬屠體運輸最適轉運量及其肉品批發市場最適家數之研究。農業經濟叢刊，3 (1)，65-95。
- 李建強、張佩鈴、陳珮芬 (2006)。臺灣毛豬市場批發價格的非線性模型分析。農業經濟半年刊，80，59-95。
- 周宗翰、楊上禾 (2017)。台灣傳統市場消費者對肉品資訊需求之研究 (碩士論文)。國立中興大學生物產業管理系，臺中市。
- 林啟淵 (2003)。台北地區家庭購買豬肉的消費行為分析。農業經濟叢刊，9 (1)，43-62。
- 洪峻凱、楊上禾 (2020)。探討臺灣毛豬產業生產效率。農業經濟叢刊，26 (2)，93-125。

- 財團法人中央畜產會 (2017a)。臺灣地區肉品市場年報。臺北市：財團法人中央畜產會。
- 財團法人中央畜產會 (2017b)。養豬頭數調查報告。臺北市：財團法人中央畜產會。
- 張峻璋 (2014)。肉豬屠體分級與部位肉資訊系統 (碩士論文)。國立中興大學動物科學系，臺中市。
- 陳志峰、阮喜文、陳吉成、高源豐 (1995)。臺中市肉品市場上市毛豬運輸失重之研究。農林學報，44 (1)，1-10。
- 陳欣婷 (2010)。臺灣當代養豬業生產鏈之研究 (碩士論文)。中國文化大學地學研究所，臺北市。
- 陳柏琪 (2012)。台灣豬戶經營效率及影響效率因素之研究：網絡資料包絡分析法的應用。應用經濟論叢 2012 生產力與效率特刊，111-154。
- 陳淑恩、鄭秋桂、黃文琪、鍾秋悅 (2016)。消費型態改變趨勢與農業產業結構調整之研究 (農科-5.1.1-企-Q3)。臺北市：行政院農業委員會。
- 陳凱俐、許璧如、蔡淑妃、邱雅君、李美貞、丁筱珊、陳文意 (2000)。臺灣地區豬肉需求分析。宜蘭技術學報，4，1-17。
- 梁啟源 (2008)。能源稅、碳稅及碳權交易制之整合。新北市：台灣綜合研究院。取自 <https://www.tri.org.tw/research/impdf/956.pdf>
- 曾憲郎、蘇怡臻 (2016)。食物長途運輸之碳足跡分析：以進口蘋果為例。農業與經濟，56，83-106。
- 曾瓊瑤 (1999)。以碳稅作為溫室氣體減量策略之經濟影響分析 (碩士論文)。國立臺灣大學農業經濟學研究所，臺北市。
- 楊冷冷 (2018)。示範推動肉品現代化，串聯豬肉溫控供應鏈。農政與農情，310，101-103。
- 經濟部能源局 (2003)。對環境付費的時代－簡述碳稅。能源報導。取自 <https://energymagazine.tier.org.tw/>
- 經濟部能源局 (2018)。我國燃料燃燒二氧化碳排放統計與分析。臺北市：經濟部能源局。
- 廖晏瑜 (2017)。以焦點團體訪談法探究傳統市場消費者對生鮮肉品資訊需求之研究。農林學報，65 (3)，173-187。

- 廖銘清 (1995)。臺灣地區養豬頭數調查及其變動分析。 *臺灣農業*, **31** (3), 91-97。
- 劉添仁、鄧意滿、徐薇婷 (2012)。國人對於國產豬肉消費行為與影響因素研究。 *台北城市大學學報*, **35**。取自 <http://lib.tpcu.edu.tw/ezfiles/28/1028/img/250/3-3.pdf>
- 蔡建宗、簡立賢 (2017)。臺灣肉品市場經營績效之研究。 *台灣農學會報*, **18** (2), 189-212。
- 魏聖忠、黃聖茹、蔡顯榮 (2008)。台灣地區國產生鮮豬肉消費行為之研究—家戶與店家消費模式之比較分析。 *農業與資源經濟*, **5** (1), 23-54。
- 顧洋、申永順 (2005)。國際間溫室氣體管理標準化之發展及因應策略。 *科學與工程技術期刊*, **1** (3), 1-22。
- Galloway, J. N., Burke, M., Bradford, G. E., Naylor, R., Falcon, W., Chapagain, A. K., ... Smil, V. (2007). International trade in meat: The tip of the pork chop. *Ambio*, **36**(8), 622-629.
- García-Muros, X., Markandya, A., Romero-Jordán, D., & González-Eguino, M. (2017). The distributional effects of carbon-based food taxes. *Journal of Cleaner Production*, **140**, 996-1006.
- Hess, T., Chatterton, J., Daccache, A., & Williams, A. (2016). The impact of changing food choices on the blue water scarcity footprint and greenhouse gas emissions of the British diet: the example of potato, pasta and rice. *Journal of Cleaner Production*, **112**(5), 4558-4568.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2014). Fifth assessment report. Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Kumekawa, I. (2017). *The first serious optimist: AC Pigou and the birth of welfare economics*. New Jersey, NJ: Princeton University Press.
- Kummu, M., De Moel, H., Porkka, M., Siebert, S., Varis, O., & Ward, P. J. (2012). Lost food, wasted resources: Global food supply chain losses and their impacts on freshwater, cropland, and fertiliser use. *Science of the Total Environment*, **438**, 477-489.
- Lenzen, M., Moran, D., Kanemoto, K., Foran, B., Lobefaro, L., & Geschke, A. (2012). International trade drives biodiversity threats in developing nations. *Nature*, **486**

- (7401), 109-112.
- Muthu, S. S. (Ed.). (2015). *The carbon footprint handbook*. Boca Raton, Florida, FL: CRC Press.
- Pachauri, R. K., Allen, M. R., Barros, V. R., Broome, J., Cramer, W., Christ, R., ...van Ypersele, J. P. (2014). *Climate change 2014: Synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Geneva, Switzerland: Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Pathak, H., Jain, N., Bhatia, A., Patel, J., & Aggarwal, P. K. (2010). Carbon footprints of Indian food items. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 139(1-2), 66-73.
- Pertsova, C. C. (2007). *Ecological economics research trends*. New York, NY: Nova Publishers.
- Song, G., Li, M., Semakula, H. M., & Zhang, S. (2015). Food consumption and waste and the embedded carbon, water and ecological footprints of households in China. *Science of the Total Environment*, 529, 191-197.
- Sun, J., Mooney, H., Wu, W., Tang, H., Tong, Y., Xu, Z., ...Liu, J. (2018). Importing food damages domestic environment: Evidence from global soybean trade. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(21), 5415-5419.
- Vringer, K., & Blok, K. (1995). The direct and indirect energy requirements of households in the Netherlands. *Journal of Energy Policy*, 23(1), 893-910.
- Wackernagel, M., & Rees, W. (1998). *Our ecological footprint: Reducing human impact on the earth*. Gabriola Island, BC, Canada: New society publishers.
- Wiedmann, T., & Minx, J. (2008). A definition of 'carbon footprint'. In: C. C. Pertsova, *Ecological economics research trends* (pp. 1-11). Hauppauge, NY: Nova Science Publishers. Retrieved from https://www.novapublishers.com/catalog/product_info.php?products_id=5999
- World Bank Group, & Ecofys. (2018). *State and trends of carbon pricing 2018*. Washington, DC: World Bank Group.
- Wu, D. (2017). *The pork meat market in Taiwan report*. Taipei, Taiwan: Belgian Office Taipei Flanders Investment & Trade.

Carbon Footprint Analysis of Urban-Rural Transportation and Marketing of Agricultural Products: The Case Study of Hog Industry in Taiwan

Sheng-Yu Ku^{*}, Yessica Chiu-Yueh Chung^{**}

Consumers behavior affects the environment. In turn, environmental changes directly or indirectly influence consumption patterns. In Taiwan, the preference for fresh pork has caused pig farmers to transport live pigs to consumers' markets; therefore, generating substantial carbon emissions. This does not align with the agenda of the United Nations SDG12. This study uses data on trading of live-weight pig (consisting of 19 production counties and 21 auction meat markets), and statistics from the government to estimate carbon dioxide equivalents (CO₂e) produced by consumers' behaviors of fresh warm pork. Carbon emissions accumulated during the transportation of live pigs and spillover effect were used to estimate the carbon pricing burden in producing counties caused by consumption lifestyle in Taiwan. The estimation was based on carbon pricing from various countries. Results show that the transportation of live pig from producing

* Master Student, Department of Agribusiness Management, Nation Pingtung University of Science and Technology.

** Corresponding author: Associate Professor, Department of Agribusiness Management, Nation Pingtung University of Science and Technology, Pingtung city, Taiwan, R.O.C. Address: No. 1, Shuefu Road, Neipu, Pingtung City, 91201. Email: yessicachung@mail.npust.edu.tw.

Received 16 February 2021; Received in first revised form 22 April 2021; Accepted 30 April 2021.

counties to consumption counties/cities generated 8,559 metric tons of carbon emissions. Amongst the consumption cities, Taipei city had the highest carbon emissions of 1,767 metric tons (20.6%), followed by New Taipei City (20.3%), and Taoyuan City was ranked third (13.3%). Yunlin County generated the highest carbon emissions of 3,585 metric tons in terms of production area, accounting for 41.9% of the total emissions. From the perspective of live pig transportation from southern Taiwan, Miaoli County has the highest carbon emissions of 15.5%, followed by Changhua County (14%) and Yunlin County (13%). Changes in the mode of transportation for live pig-weight can reduce carbon emissions by 4,753 metric tons a year; thereby, saving approximately 290,000-20,550,000 Taiwan dollars of carbon taxes.

Keywords: *consumer behavior, carbon footprint, live transportation, hog*

JEL Classification: *E21, M31, Q57*

