



生產效率、環境效率與經營規模的關係之 研究—以養豬業為例

楊志慶

開南大學 物流與航運管理學系 助理教授

摘 要

養豬業是台灣重要的農產業，其對繁榮農村經濟具重要貢獻，但其所造成水源的污染，卻又是我們必須正視的課題。本文以 DEA(data envelopment analysis) 方法，將污染排放納入考量，以探討此產業生產效率、環境效率及經營規模的關係，結果可提供為業者調整經營策略及政府輔導產業發展之參考。分析結果顯示，養豬場的飼養規模愈大，其生產效率及環境效率均較高，惟其效率遞增的趨勢是隨規模擴大而遞減的。除此之外，兩效率值隨規模擴大所呈現的分佈變化並不盡相同，將飼養規模依樣本戶分成 999 頭以下、1,000~1,999 頭及 2,000 頭以上三群，發現飼養規模愈大者其生產效率明顯較高，但環境效率則必須在飼養規模達 3,000 頭以上才可具明顯優勢。為有效控制污染排放及提高生產力，本文分析結果顯示，業者可適度地擴大其飼養規模。

關鍵詞：生產效率、環境效率、污染防治、養豬場、DEA

地址：338 桃園縣蘆竹鄉開南路 1 號

聯絡電話：(03)341-2500 ext. 6074

傳真：(03)341-2361

E-mail：yang@mail.knu.edu.tw

壹、前言

最適規模是生產經濟領域重要的研究課題之一。從生產面來看，傳統經濟理論認為，廠商的生產活動會面臨規模報酬遞增及遞減的階段，也就是說，擴大規模對廠商而言，可能是有利的，但也可能有害的。從成本面來看，擴大規模可能使廠商的平均成本降低或提高，即所謂的規模經濟、或規模不經濟。但是，此傳統論述均只考慮一般的意欲產出（desirable output），未考慮生產過程的外部性（externality），如污染排放。相對於一般意欲產出，這類污染物可稱為非意欲產出（undesirable output）（Färe et al.; 1996）。

探討廠商或產業的最適規模，可由生產面、成本面或生產效率的角度分析，例如：陳忠榮、劉定焜、洪福星（2005）由成本面分析台灣公用氣體燃燒事業的最適規模；江中卉（2004）同時由成本面及生產效率，探討台灣電力公司 24 個營業區電力配送的最適規模；呂秀英（1994）及 Galanopoulos et al.（2006）由生產效率角度分別探討台灣及希臘養豬業的最適規模；此外，Helfand and Levine（2004）分析巴西農場的大小及生產效率的關係；Townsend et al.（1998）則探討南非葡萄酒製造業生產力、規模報酬及農場大小的關係。但上述的研究均只考慮到一般性的產出，未考慮非意欲產出。

前述文獻中，某些產業的生產是會伴隨污染的製造，如電廠（特別是火力發電廠）、養豬業、及農業。其中，火力發電廠會製造二氧化硫及氮氧化物，是形成酸雨的主因之一；而養豬業所排放的廢水，則會對河川造成危害；農業是否也會造成污染似乎較不明顯，但實際上，若其生產過程中施用大量的化學氮肥，常使硝酸鹽隨著灌溉水或雨水滲入地下水層而形成污染。此外，過量氮肥也會使得農作物的硝酸鹽含量偏高，對人體造成危害，因此，農業的生產也可能造成污染。

污染的製造會形成外部成本，若由成本面分析廠商的最適規模，宜將外部成本亦納入估計。同樣地，若由生產效率的角度分析廠商的最適規模，亦宜將污染排放量納入考慮。本文擬將非意欲產出納入考慮，由生產效率的角度探討其合適的生產規模，所探討的效率除生產效率外，尚包括污染防治環境效率，並以台灣養豬業為研究對象，進行實證分析。相關結論可提供業者調整經營策略之參考，亦可提供為政府輔導產業發展之參考。本文共分六節，下一節進一步說明為何以養豬業為實證對象，第三節介紹所使用的分析方法及建構模型，第四節說明所需的資料來源及資料處理，第五節為實證分析，第六節為結論。

貳、台灣養豬業之生產結構與污染排放

台灣養豬業產值多年來均居各項單項農產品之首，以最近三年為例，2003 年的產值為 574 億餘元、2004 年為 643 億餘元、2005 年則為 588 億餘元，分別約占農業總產值的 15%~16%；相較而言，稻米近三年的產值分別為 283 億餘元、275 億餘元及 281 億餘元，約占農業總產值的 7%~8%，上述數據可反應養豬業對台灣農業的重要性。有關養豬業及稻米近 30 餘年來產值比重變化情形如圖 1。整體而言，稻米產值的比重逐年下降，而養豬業的平均產值比則大致呈平穩狀態。由圖 1 的走勢，在 1986 年以前，稻米的產值比重高於養豬業，但 1986 年養豬業首度超越稻米，往後雖於 1997 年 3 月因國內發生口蹄疫而呈巨幅下滑，但當年的產值仍高於稻米。養豬業因產值居單項農產品之首，其相關從業人員，包括養豬、飼料、動物藥品、獸醫、屠宰、肉品加工等產業從業人員，依據農委會估計約 60 萬人，這些相關產業年產值估計更超過 1,000 億元。因此，養豬業除繁榮農村經濟外，對社會安定亦具影響力，但此產業的發展卻因台灣加入 WTO 及其廢水排放造成環境污染而倍受考驗。

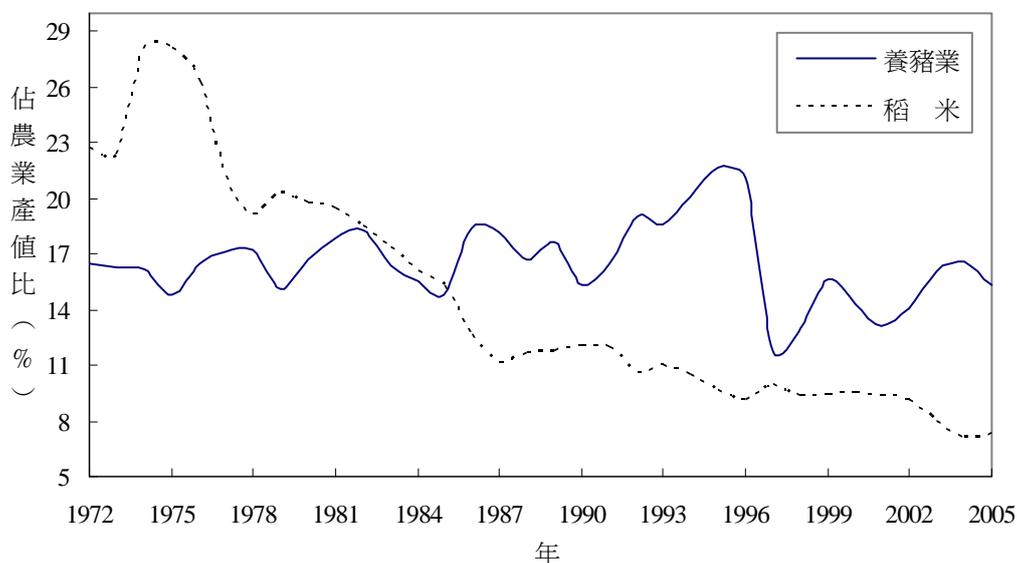


圖 1 養豬業及稻米產值比較

資料來源：農委會網站

台灣加入 WTO 後，隨進口配額之逐年增加，毛豬飼養頭數必需配合市場機能及進口數量予以調整，在此過程中，一些體質不良的養豬場將面臨嚴格的競爭考驗。另一方面，養豬業所造成廢水排放的問題，依據環保署的資料顯示，台灣畜牧廢水約占廢污水總量的 15%~20%。而豬糞廢水又是畜牧廢水的主要來源，

養豬業所帶來的水源污染，是此產業未來發展必須面對的課題。

儘管養豬業在台灣農業發展占有重要地位，其產值亦居農業總產值平穩的比例，但由於上述的兩項課題使該產業近年來結構發生明顯變化。依據「農業統計年報」資料(2003)¹，2003年底台灣地區養豬戶數約13萬戶，較約十年前(1995年)26萬戶的規模減少了近一半。由不同的飼養規模進行分析，規模在99頭以下之副業性養豬戶在十年前為13,373戶，而2003年底約僅剩5,655戶，減少約60%；100~999頭規模者在十年前為10,399戶，2003年底僅剩5,742餘戶，亦減少了近45%，但減少的比例已大幅降低；相對而言，1,000~1,999頭規模者十年間所減少的比例又更少，約28%，而2,000頭以上規模者其減少的量又更為有限，約23%。顯示較小規模飼養戶在不符經濟規模的情況下，十年間或停養、或擴大經營規模，使產業總戶數持續縮減。

但養豬業較適的經營規模為何？過去的文獻常以每頭上市毛豬所需的飼養成本衡量較佳的經營規模(呂秀英，1994)，但這類的研究忽略上述的污染排放因素。如前節所述，若將污染製造也視為產出，由於這類的產出將帶來外部成本，則飼養每頭上市毛豬所需的真實成本便不易估計，主要是因為污染排放的影子價格不易取得，但如此一來，經營成本與最適經營規模的關係便無法客觀地分析。因此，由生產效率與環境效率的角度探討兩者與經營規模的關係是值得嘗試的，此分析的角度只須取得污染排放量的資料即可，可避免污染排放影子價格的使用。由於養豬業是台灣重要的畜產業，因此上述擬探討課題之相關分析結果，對於業者調整其經營規模，或政府輔導產業之發展，均極具參考價值。

參、研究方法

如何將污染排放納入效率衡量模式，參酌國內外其他研究的作法，Färe et al. (1996)曾以DEA(Data Envelopment Analysis)模型分析美國火力發電廠的環境績效，該文所探討的產出除發電量外，尚包含電廠所產生的各種污染，如二氧化硫、氮化合物等。由於所使用的模型只需量的資料(包括生產所需的各投入及產出量)即可估計受評估單位的生產及環境效率，因此在應用上較具彈性。本文擬探討養豬業的生產效率、環境效率與經營規模的關係，必須將各養豬場所製造的污染納入考慮，雖然污染的影子價格不易估得，但DEA方法允許我們只使用排放量資料進行估計，因此非常適合本文使用。

¹ 2003年以後之「農業統計年報」未再提供不同規模別養豬戶數統計資料。

一、理論基礎

DEA 所衡量的效率來自 Farrell (1957) 的定義，此方法是藉由建立生產邊界的方式衡量效率值，當廠商的投入產出組合經由線性規劃的技巧處理後，可建立上述的生產邊界。由產出的角度，若產出組合不在此邊界上，意味其投入不變下，可增加上市毛豬的生產或減少廢水的排放；另一方面，由投入的角度，若投入組合不在此邊界，表維持上市毛豬的生產及廢水的排放水準不變下，可減少要素的使用。據此，藉由比較各受評估豬場投入產出組合相對於生產邊界的距離，便可衡量其生產效率及環境績效。

DEA 方法的理論基礎主要來自非參數生產理論的應用。假設有 $j=1, 2, \dots, k, \dots, N$ 個廠商或決策單位 (decision making units ; DMUs)，每個廠商以 M 種投入生產 S 種意欲產出 (desirable outputs ; 如上市毛豬) 及 W 種非意欲產出 (undesirable outputs ; 如廢水排放)。廠商 k 之投入以 $M \times 1$ 之向量 x^k 表示， $x^k \in R_+^M$ ；產出以 $S \times 1$ 之向量 y^k 表示， $y^k \in R_+^S$ ；非意欲產出以 $W \times 1$ 之向量 b^k 表示， $b^k \in R_+^W$ ，則將生產集合定義如下：

$$S = \{(x, y, b) : x \text{ 可生產 } y \text{ 及 } b\} \quad (1)$$

上式生產集合的範圍受限於對投入產出的可拋性假設，通常除非發生投入擁擠 (input congestion)，一般均假設投入具強可拋性 (strong disposibility)，即：若 $(x', y, b) \geq (x, y, b)$ ，則 $(x', y, b) \in S$ ，表更多的投入量至少可達到原來的產出水準。產出的可拋性假設方面，通常意欲產出符合強可拋性，即：若 $(x, y, b) \in S$ 且 $y' \leq y$ ，則 $(x, y', b) \in S$ ，表投入相同時，無需額外支出便可生產較少的意欲產出；但非意欲產出僅符合弱可拋性 (weak disposibility)，即：若 $(x, y, b) \in S$ ，且 $0 < \theta \leq 1$ ，則 $(x, \theta y, \theta b) \in S$ 。表減少非意欲產出必須以額外投入的涓注、或減少意欲產出為代價。為進一步說明產出的可拋性，定義產出集合如下：

$$P(x) = \{(y, b) : (x, y, b) \in S\} \quad (2)$$

以養豬業生產為例，為簡化說明，在此將其生產行為描述為僅生產一項意欲產出 (上市毛豬) 及一項非意欲產出 (廢水製造)，如圖 2 所示。由於豬隻的生產與廢水製造具聯合生產的關係，即飼養一頭豬其廢水的產生量是飼養兩頭的一半，因此廢水的減少無法符合強可拋性，且意欲產出與非意欲產出具零聯合生產 (null-jointness) 關係 (Färe and Grosskopf, 2004)，即 $(y, b) \in P(x)$ ，且 $b=0$ ，則 $y=0$ 。因此當產出減少時，圖 2 中的產出組合只能等比例沿通過原點的射線由 (y, b) 減少至 $(\theta y, \theta b)$ 。由於豬隻生產符合強可拋性，因此圖 2 產出集合邊界在上

市毛豬的方向可由 e 垂直連接至橫軸，但廢水製造的減少則必須以豬隻生產的減少為代價，其製造量僅能沿射線朝原點減少，生產的效率邊界則出現在 ocd，即無效率廠商是往減少廢水製造及增加上市毛豬的方向改善²。

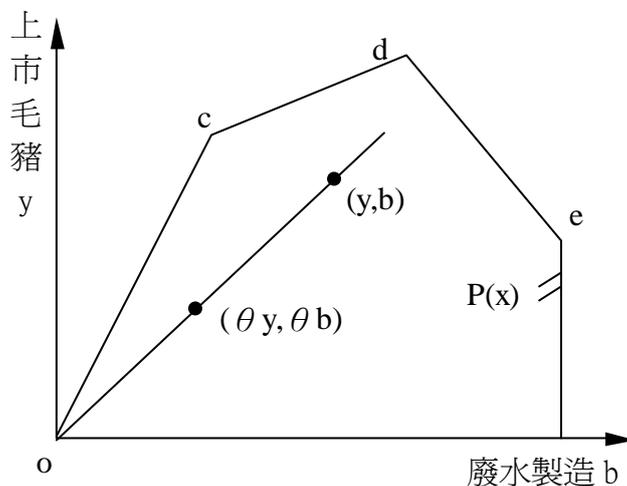


圖 2 上市毛豬及廢水製造產出集合
 資料來源：修改自 Färe et al. (1996)

使用 DEA 衡量效率值可採用投入或產出導向衡量法。Murty et al. (2006) 指出，當考慮污染排放時，採用傳統產出導向估計效率並無意義，因為若維持投入不變，等比例增加好的產出及污染排放無法反應廠商的效率是獲得改善或進一步惡化，因此他們建議採投入導向分析法。因為若維持產出不變，不論此產出是好的產出或不好的產出，等比例減少投入必表示廠商的效率是獲得改善。因此本文將使用投入距離 $D_i(y, b, x)$ (input distance function) 為效率衡量的工具，此函數定義如下：

$$D_i(y, b, x) = \max \{ \lambda : (x/\lambda, y, b) \in S \} \quad (3)$$

上式中的下標「i」代表「投入」， $1/\lambda$ 的作用在衡量投入採等比例變動時，達效率邊界之最小使用量。當 $\lambda=1$ ，表 DMU 位於效率邊界。投入距離函數 $D_i(y, b, x)$ 定義為 λ 的極大值，代表 DMU 無效率的程度，因此 $D_i(y, b, x) \geq 1$ 。依據 Färe et al. (1996) 的假設及推導，(3)式的距離函數其非意欲產出的成份是可分的，即 $D_i(y, b, x)$ 可分解如下：

² 投入產出可拋性假設之其他說明可參閱 Färe et al. (1994) p38-44。

$$D_i(y, b, x) = W(b)\hat{D}_i(y, x) \quad (4)$$

其中

$$\hat{D}_i(y, x) = \max\{\mu : (x/\mu, y) \in \hat{S}\} \quad (5)$$

$$\hat{S} = \{(x, y) : x \text{ 可生產 } y\} \quad (6)$$

上式 \hat{S} 表不考慮污染排放的生產集合， $D_i(y, b, x)$ 及 $\hat{D}_i(y, x)$ 分別為考慮污染及未考慮污染時受評估豬場的無效率程度，當此受評估單位不管考慮污染與否均具完全效率，則 $D_i(y, b, x) = \hat{D}_i(y, x) = 1$ ，則由(4)式可計算此時 $W(b) = 1$ ，表亦具環境績效。由於 $D_i(y, b, x)$ 進一步考慮非意欲產出，因此其生產集合所受到的限制將較為嚴格，其包絡的範圍將較 $\hat{D}_i(y, x)$ 更為縮小，故 $D_i(y, b, x) \leq \hat{D}_i(y, x)$ ，如此一來，由(4)式可判斷 $0 < W(b) \leq 1$ ，故可據以衡量環境效率。

二、模型建構

前述距離函數的估算可藉由 DEA 模型建構達成。延用前小節的符號，令 Y 為 $S \times N$ 之產出矩陣、 X 為 $M \times N$ 之投入矩陣、 B 為 $W \times N$ 之非意欲產出矩陣，則考慮污染排放效率衡量模型如下：

$$(D_i(y^k, b^k, x^k))^{-1} = \min \rho \quad (7)$$

$$s.t. \quad Yz \geq y^k$$

$$Bz = b^k$$

$$Xz \leq \rho x^k$$

$$z \in R_+^N, \rho \geq 0$$

式中 z 為 $N \times 1$ 的強度變數 (intensity variables) 向量，藉以形成凸的生產集合，強度變數為正，表效率邊界符合固定規模報酬 (constant returns to scale)，限制條件中的等式及不等式分別表非意欲產出符合弱可拋性，及意欲產出與投入符合強可拋性， $(D_i)^{-1}$ 定義為考慮污染排放之生產效率值。當不考慮污染排放時，效率衡量模型如下：

$$(\hat{D}_i(y^k, x^k))^{-1} = \min \sigma \quad (8)$$

$$s.t. \quad Yz \geq y^k$$

$$Xz \leq \sigma x^k$$

$$z \in R_+^N, \sigma \geq 0$$

$(\hat{D}_i)^{-1}$ 定義為不考慮污染排放的效率值，則由(4)式，環境效率便可由下式推

算：

$$W(b) = D_i(y, b, x) / \hat{D}_i(y, x) \quad (9)$$

肆、資料來源及處理

一、資料來源

本文資料來源分兩部份，有關「投入」及「意欲產出」資料是由農委會 2004 年度委託計畫－「養豬廢水放流水標準之經濟分析」（蕭景楷，2004）調查蒐集取得，調查時間在 2004 年 8 月~10 月，共取得有效樣本 31 戶。樣本戶「非意欲產出」資料（廢水檢測值）則是由「台灣省農畜發展基金會」提供，該基金會於 2003 年接受農委會委託，針對同樣的樣本戶採集廢水檢測值資料以分析樣本戶廢水處理設備的操作效能，其所蒐集的放流水檢測值資料即可反應飼養戶非意欲產出的排放情形。

二、投入產出設定

DEA 模型之分析，投入產出項之設定十分重要，選擇不適當的投入產出資料，將使模型的分析結果產生偏差。本文所使用的投入包括土地、人工及變動成本等；意欲產出為上市毛豬；非意欲產出包括生化需氧量 (biochemical oxygen demand；BOD)、化學需氧量 (chemical oxygen demand；COD)及懸浮固體 (suspended solid；SS)，進一步說明如下。

養豬業之生產要素主要包括土地、土木建築、機械設備、人工、飼料、及水電運銷支出等，其中土木建築包括：養豬場豬舍、辦公廳舍，及三段式廢水處理設備之各種溝、槽、池體之土木建築等；機械設備包括：自動給（抖）料設備、自配料設備、電力設備、通風設備、飼料桶、高壓清洗機、自動噴霧沐浴消毒設備、馬達、翻剷機及三段式廢水處理之附屬設備，如沈水馬達、攪拌器、鼓風機、固液分離機、紅泥膠皮...等。由於大多數的飼養戶之土木建築及機械設備均採逐步擴充，因此計算每年的投入金額必須考慮設備的啓用年份、使用年限及殘值逐一攤提計算，由於這方面的投資屬固定資本支出，其投入量與另一固定投資－土地呈高度相關，因此逕採土地投入代表樣本戶的固定投資。人工的投入方面，包括豬隻飼養及廢水處理的人力投入，以每年投入人工小時計算。養豬戶的變動支

出主要是飼料的費用，除此之外尚包括水電及運銷支出，其中水費支出因飼養戶大都採抽取地下水使用，因此費用並不高；電費支出方面，由於廢水處理設備採 24 小時運作，因此有相當高的比例是使用在污染防治的支出，以上的變動成本以每年投入金額計算。

意欲產出的設定方面，養豬業的主要產出為上市毛豬，但本文的 31 家樣本戶中，其中 4 戶亦兼出售仔豬，由於多數的樣本戶未出售仔豬，因此若將成豬及仔豬的銷售均列為產出，可能造成出售仔豬戶因參照比較的戶數太少而更容易位於生產的效率邊界，因此本文參考呂秀英及林路拾（1990）的研究數據，將仔豬依成豬的等數換算為成豬頭數以核算總產出。

表 1 投入與產出敘述統計量

投入或產出	項目	單位	最小值	最大值	平均值	標準差
投入	人工	小時／年	2,555	35,040	10,367	6,740
	變動成本	萬元／年	360	5,112	1,266	1,117
	土地	公頃	0.132	2.000	0.709	0.548
意欲產出	銷售毛豬	頭／年	576	12,000	2,748	2,670
非意欲產出	COD	噸／年	8.45	683.29	73.73	128.50
	BOD	噸／年	1.67	123.54	15.12	23.27
	SS	噸／年	1.31	492.80	28.64	87.86

資料來源：本研究整理

非意欲產出的設定方面，台灣的養豬廢水排放受政府頒布的「放流水標準」管制，依據 2003 年 11 月 26 日最新修正的排放標準，養豬廢水排放須維持 BOD 80mg/l 以下，COD 600mg/l 以下，及 SS 150mg/l 以下。依據此管制背景，本文的非意欲產出包括此三項。由於 BOD、COD 及 SS 的檢測資料無法反應養豬戶真正釋放的污染量，因此該檢測資料必須以廢水產生量進一步換算，但廢水產生量資料無法取得，事實上飼養戶本身因均採抽取地下水沖洗豬舍，因此亦無相關資料可進一步提供。本文參考翁震忻（2000）的計算方式，以大豬每頭每日平均產生 1.9 公斤廢水量，並將各養豬場所飼養的大小不同豬隻，以大豬的 60% 估算其平均體重，以換算總廢水量，再將此廢水量與檢測值資料合併計算各樣本戶每年的 BOD、COD 及 SS 產生噸數以衡量其非意欲產出量³。各投入、產出之敘述

³依此換算方式，養豬場平均每飼養一頭豬隻，不論是大豬或小豬，平均每年將產生 416.1 公斤的廢水量（1.9 公斤/天×365 天/年×60%=416.1 公斤/年）。由於廢水的 BOD、COD 及 SS 檢測資料的單位是 mg/l，本文是以每公升約 1 公斤進一步計算各養豬場每年廢水中 BOD、COD 及 SS 的產生噸數。

統計量如表 1。

伍、實證結果

(7)、(8)、(9) 式的實證結果如表 2，由於 $D_i(y, b, x)$ 考慮到非意欲產出，因此其生產集合較 $\hat{D}_i(y, x)$ 包絡地更為緊密，另一方面，當非意欲產出納入考量時，生產者在要素使用的調整將更具彈性，因此同時考慮意欲及非意欲產出的效率值 $(D_i)^{-1}$ 如同所預期的較只考慮意欲產出的效率值 $(\hat{D}_i)^{-1}$ 為高。比較兩者的排序，發現差異頗大，以 Wilcoxon 符號等級和統計量檢定兩者是否來自相同的母體，發現 Z 值為 -4.458，顯示兩者並非來自相同母體。因此，當非意欲產出被忽略時，模型所計算的效率值將無法反應廠商的真實生產效率，其效率值的排序亦明顯受到扭曲。此分析結論與 Färe et al. (1989) 及 Seiford and Zhu (2002) 的研究發現相同，此兩者的研究均是以美國 30 家紙漿廠為分析對象，以不同的 DEA 模型建構效率估算模式，其中 Färe et al. 的研究更是首先將非意欲產出納入 DEA 模型分析，他們的實證結果均發現，當非意欲產出被忽略時，模型所計算的效率值與考慮該類產出所計算的效率值不同，效率排序亦具顯著差異。

各養豬場的環境效率方面， $(D_i)^{-1}$ 或 $(\hat{D}_i)^{-1}$ 相對較大者並不能保證具較高環境效率，唯有 $(D_i)^{-1}$ 及 $(\hat{D}_i)^{-1}$ 均較高，如第 4、5、19、24 及 29 家飼養戶；或 $(D_i)^{-1}$ 及 $(\hat{D}_i)^{-1}$ 的效率值十分接近（如第 14、20 家飼養戶）才可確保具高環境效率。由於 $(D_i)^{-1}$ 及 $(\hat{D}_i)^{-1}$ 的估算差異在是否納入污染排放因素，當此因素納入對生產效率值影響不大時，意味這些飼養戶較不受污染排放管制的影響。因此，高環境效率飼養戶受污染排放管制的影響是相對較小的，但這些飼養戶可能不具備高生產效率值 $(D_i)^{-1}$ ，如第 14 及第 20 家飼養戶，表 3 列出兩者的相關係數，發現並不顯著。

呂秀英 (1994) 的研究指出，大規模飼養戶的污染防治較具成本優勢。但該研究僅針對污染防治投入進行分析，並未考慮產出面，本文不但將污染防治成本納入考量，更將每年的污染排放量同時納入模型分析。除此之外，本文進一步將每年出售的毛豬頭數同時考慮，在更全面考量養豬場的投入產出因素，底下將進一步分析飼養規模與生產及環境效率間的關係。由於只考慮意欲產出無法真實反應養豬場的生產效率，因此底下的內容，我們僅針對同時考慮意欲及非意欲產出之生產效率 $(D_i)^{-1}$ 及環境效率 $W(b)$ 進行分析。

表 2 模型效率值及排序

DMU	只考慮意欲產出		考慮意欲及非意欲產出		污染防治	
	效率值 $(\hat{D}_i)^{-1}$	排序	效率值 $(D_i)^{-1}$	排序	效率值 $W(b)$	排序
1	0.678	21	1	1	0.678	25
2	0.622	27	1	1	0.622	30
3	0.950	8	1	1	0.950	10
4	1	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1	1
6	0.777	14	1	1	0.777	19
7	0.655	24	1	1	0.655	28
8	0.716	17	1	1	0.716	20
9	0.714	18	1	1	0.714	21
10	0.697	19	1	1	0.697	22
11	0.970	7	1	1	0.970	8
12	0.670	23	1	1	0.670	27
13	0.913	9	0.98	23	0.932	11
14	0.631	26	0.645	29	0.978	6
15	0.907	10	0.943	25	0.962	9
16	0.789	13	0.972	24	0.812	17
17	0.498	30	1	1	0.498	31
18	0.547	28	0.804	27	0.680	24
19	1	1	1	1	1	1
20	0.718	16	0.789	28	0.910	12
21	0.848	11	1	1	0.848	14
22	0.690	20	1	1	0.690	23
23	0.535	29	0.635	30	0.843	15
24	1	1	1	1	1	1
25	0.766	15	0.86	26	0.891	13
26	0.640	25	1	1	0.640	29
27	0.349	31	0.449	31	0.777	18
28	0.839	12	1	1	0.839	16
29	1	1	1	1	1	1
30	0.675	22	1	1	0.675	26
31	0.973	6	1	1	0.973	7

資料來源：本研究整理

為測試飼養規模及效率的關係，將表 2 各效率值與飼養頭數進行相關分析，結果如表 3，兩效率值與飼養頭數在 10%顯著水準下呈顯著正相關。雖然此結果和預期是相符的，但相關係數卻較預期為低。進一步將兩者相關的情形繪圖如圖 3 及圖 4，發現兩者的關係並不是呈直線相關。飼養頭數愈多者，其效率值雖呈愈高的趨勢，但此趨勢似乎是呈現遞減的，而低飼養規模樣本戶仍可具高效率值，但其獲得低效率值的情形明顯較飼養規模較大者普遍，此現象同時存在於圖 3 及圖 4 的效率值分佈中。因此，由圖 3 及圖 4 的分佈情形可說明兩效率值與飼養頭數雖呈正相關，但相關係數卻不高的原因。

表 3 飼養頭數、生產效率、環境效率值相關分析

效率值	飼養頭數	環境效率 $W(b)$
生產效率 $(\hat{D}_i)^{-1}$	0.239*(0.097**)	-0.091(0.314)
環境效率 $W(b)$	0.279 (0.064)	

* Pearson 相關係數；** 相關係數檢定 P 值

資料來源：本研究整理

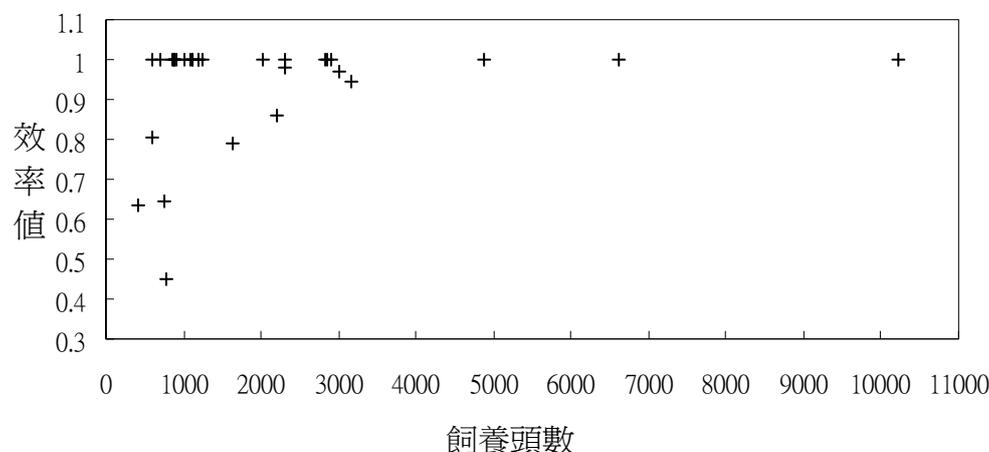


圖 3 飼養頭數與生產效率值散佈圖

資料來源：本研究整理

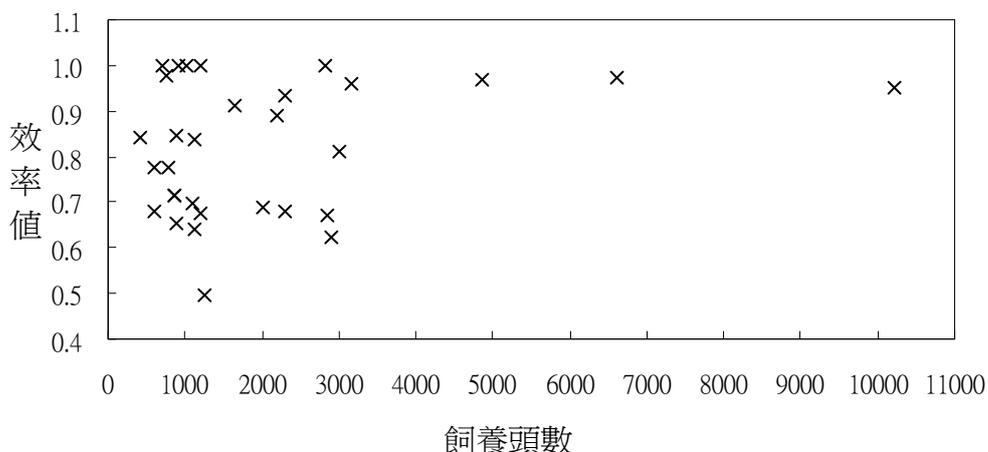


圖 4 飼養頭數與環境效率值散佈圖

資料來源：本研究整理

相關係數只能顯示兩變數變動的方向，無法進行較細微的觀察，進一步將受評估豬場依經營規模進行分類，並檢測不同規模與生產效率及環境效率間的關係，結果如表 4~表 7。首先將飼養規模分成三群，分別為 999 頭以下 11 戶、1,000~1,999 頭 8 戶及 2,000 頭以上 12 戶，其生產效率平均值如表 4，分別為 0.867、0.974 及 0.980。飼養頭數愈大者其平均效率值相對較高，進一步以變異數分析進行檢定，結果如表 5，發現顯著水準在 10% 時其平均效率確實呈明顯差異，由平均效率值的相對大小，再次說明飼養頭數愈大其效率值雖呈愈高的趨勢，但此趨勢是遞減的。

表 4 不同飼養規模之生產效率

飼養規模	家數	效率平均數	標準差
999 頭以下	11	0.867	0.201
1,000~1,999 頭	8	0.974	0.075
2,000 頭以上	12	0.980	0.042
合計	31	0.938	0.135

資料來源：本研究整理

表 5 不同飼養規模生產效率 ANOVA

	平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	P 值
組間	0.087	2	0.043	2.625	0.090
組內	0.464	28	0.017		
合計	0.551	30			

資料來源：本研究整理

表 6 不同飼養規模之環境效率

飼養規模	家數	效率平均數	標準差
2,999 頭以下	26	0.797	0.148
3,000 頭以上	5	0.933	0.068
合計	31	0.819	0.146

資料來源：本研究整理

同樣將受評估豬場依其經營規模分成三群以檢測規模與環境效率間的關係，發現其平均值差異是不顯著的，但由表 3 的相關分析，其兩者間確呈正相關。為檢測明顯具環境效率的飼養規模，重新將受評估養豬場分類並進行敏感度分析，發現規模需在 3,000 頭以上才可明顯具高環境效率，其分類及檢定情形如表 6 及表 7。所有的樣本戶中，3,000 頭以下者計 26 戶，3,000 頭以上者僅 5 戶，其平均環境效率值分別為 0.797 及 0.933，飼養頭數在 3,000 頭以上者其平均效率值相對較高，表 7 的變異數分析結果顯示，F 統計量為 3.999，表顯著水準在 10% 時其平均效率確呈明顯差異。

通常在探討最適經營規模時，會發現此規模的形成不宜太大或太小，因為當規模過度擴張後，易因管理不易而造成經營效率下降。但上述的分析結果顯示，養豬業飼養規模愈大，生產效率值 $(D_i)^{-1}$ 及環境效率值 $W(b)$ 均相對較高，並未發現因規模過大而造成效率降低的現象，顯示樣本戶的生產規模尚未達到過大的程度。雖然飼養規模較大者較具效率優勢，但並不是所有小規模飼養戶均無法達到生產或環境效率，這些小規模飼養戶具高生產或環境效率的原因，值得後續研究進一步探討。

表 7 不同飼養規模環境效率 ANOVA

	平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	P 值
組間	0.078	1	0.078	3.999	0.055
組內	0.563	29	0.019		
合計	0.641	30			

資料來源：本研究整理

陸、結論

養豬業是台灣重要的農產業，其產值目前居單項農產品之首，該產業對繁榮台灣農村經濟具重要貢獻，但由於其生產將伴隨污水的排放，因此其所造成的污染問題，是我們必須正視的課題。本文主要目的在探討養豬業的較適經營規模，過去的文獻對此課題的探討常以每頭上市毛豬所需的最低飼養成本衡量，而即使這些成本已包括污染防治成本，但污染的製造量卻被忽略了，在此前提下，探討

養豬業的最適經營規模將產生偏差。本文以距離函數衡量考慮污染排放的養豬業生產效率及環境績效，據以分析養豬業的較適經營規模。

本文分析結果顯示當污染排放被忽略時，模型所計算的效率值並無法反應養豬場的真实生產效率，其效率值的排序亦明顯受到扭曲，此分析結論與國外探討類似課題相關文獻的研究發現相同。各養豬場的環境效率方面，模型的計算結果顯示污染排放是否納入，對於高環境效率的養豬場影響並不大，顯示這些飼養戶較不受污染排放管制的影響。飼養規模與生產效率及環境績效的相關分析方面，飼養規模愈大者，其效率值雖呈現愈高的趨勢，但此趨勢是遞減的，而低飼養規模者仍可具高效率，但其低效率的情形明顯較大規模飼養戶明顯，此現象可證實近十年來小規模飼養戶大幅減少的原因。但不同飼養規模的生產效率及環境績效仍存在若干差異，將飼養規模依樣本分佈分成 999 頭以下、1,000~1,999 頭及 2,000 頭以上三群，發飼養規模愈大者其生產效率值雖呈愈高趨勢，但統計檢定發現此趨勢是遞減的；同樣將受評估豬場分成三群以檢測規模與環境效率間的關係，發現其平均值差異並不顯著，經重新將受評估豬場分類並進行敏感度分析，發現飼養規模需在 3,000 頭以上才可明顯具高環境效率。雖然最適經營規模通常不宜太大或太小，但本文的分析結果卻顯示，無論是生產效率或環境效率，並未發現因規模過大而造成效率降低的現象，顯示樣本戶生產規模尚未達到過大的程度，採擴大飼養頭數以形成經濟規模仍是值得嘗試的，但這並不是唯一提高經營績效的方法，因為若干小規模飼養戶仍可具備高生產及環境效率，而這些飼養戶獲得高效率的原因，值得後續研究進一步探討。

柒、參考文獻

1. 行政院農委會，2003，農業統計年報。
2. 行政院農委會網站，2007，http://stat.coa.gov.tw/dba_as/as4.htm。
3. 行政院環保署網站，2007，廢（污）水削減量，http://www.epa.gov.tw/attachment_file/200503/306.pdf。
4. 江中卉，2004，台灣電力配送業最適規模與效率之研究，淡江大學產業經濟學系碩士論文。
5. 呂秀英，1994，「台灣養豬農家最適經營模式之探討」，農業金融論叢，32: 275-340。
6. 呂秀英、林路拾，1990，「臺灣農家養豬經營收益調查報告」，畜產研究，23:

85-102。

7. 陳忠榮、劉定焜、洪福星，2005，「台灣公用氣體燃料事業最適規模與合併效率之實證研究」，經濟論文叢刊，33: 309-328。
8. 翁震烜，2000，「畜牧資源回收再利用之發展與未來」，農政與農情，98: 46-51。
9. 蕭景楷，2004，養豬廢水放流水標準之經濟分析，行政院農委會委託研究計畫。
10. Färe, R., Grosskopf, S., Lovell, C.A.K. and Pasurka, C., (1989) Multilateral productivity comparisons when some outputs are undesirable: a nonparametric approach, *The Review of Economics and Statistics*, 71, 90-98.
11. Färe, R., Grosskopf, S., and Lovell, C.A.K., (1994) *Production Frontiers*, Cambridge University Press, New York.
12. Färe, R., Grosskopf, S. and Tyteca, D., (1996) An activity analysis model of the environmental performance of firms-application to fossil-fuel-fired electric utilities, *Ecological Economics*, 18, 161-175.
13. Färe, R. and Grosskopf, S., (2004) *New Directions: Efficiency and Productivity*, Kluwer Academic Publishers, Boston.
14. Farrell, M.J., (1957) The measurement of productive efficiency,” *Journal of the Royal Statistical Society*, 129, 253-351.
15. Galanopoulos, K., Aggelopoulos, S., Kamenidou, I. and Mattas, K., (2006) Assessing the effects of managerial and production practices on the efficiency of commercial pig farming, *Agricultural Systems*, 88, 125-141.
16. Helfand, S. M. and Levine, E. S., (2004) Farm size and the determinants of productive efficiency in the Brazilian Center-West, *Agricultural Economics*, 31:241-249.
17. Murty, M.N., Kumar, S. and Paul, M., (2006) Environmental regulation, productive efficiency and cost of pollution abatement: a case study of the sugar industry in India, *Journal of Environmental Management*, 79, 1-9.
18. Seiford, L.M. and Zhu, J., (2002) Modeling undesirable factors in efficiency evaluation,” *European Journal of Operational Research*, 142, 16-20.
19. Townsend, R.F., Kirsten, J. and Vink, N., (1998) Farm size, productivity and returns to scale in agriculture revisited: a case study of wine producers in South Africa, *Agricultural Economics*, 19, 175-180.

A study on the relationship among productive efficiency, environmental efficiency and firm's scale- case of pig-raising industry

Chih-Ching Yang

Department of Logistics and Shipping Management, Kainan University

Abstract

The pig-raising industry is one of important agricultural business in Taiwan, the industry improved the rural economy greatly in the past, but also caused an environmental issue, known as water pollution, a problem we need to face today. The paper employs DEA (data envelopment analysis) approach to investigate the relationship among productive efficiency, environmental efficiency and the firm's scale with considering pollution emission, the purpose we wished is to help pig farm in adjusting management strategy, and to provide government suggestions in guiding the industry for further developing. The results show that, the greater the pig farm was, the higher its productive and environmental efficiencies were, but the more efficient trend is diminishing when the scale is greater. However, the distributions of the two efficiency scores are different, we divide the sample into three groups according to scale, under 999, 1,000~1,999 and above 2,000 head respectively, and find that the greater the pig farm was, the higher its productive efficiencies were, but the trend on environmental efficiency would happen only with scale more than 3,000 head. The implication suggests that it is helpful to pig farms in environmental and productive efficiency if the production scale can be enlarged properly.

Keywords: productive efficiency, environmental efficiency, pollution control, pig farm、DEA(data envelopment analysis)