

軟性電路板產業實行綠色供應鏈策略之研究

AN APPLICATION OF GREEN SUPPLY CHAIN FOR FLEXIBLE PRINTED CIRCUIT INDUSTRY

張介耀 南華大學電子商務管理學系

李孟軒 南華大學環境管理研究所

摘 要

在全球綠色環保概念的浪潮下，國際企業紛紛採用綠色供應鏈(green supply chain)，導因於製程符合各國的環保法規並可使產品行銷全球，然而企業如何實行綠色供應鏈政策？執行綠色措施之優先順序或於專業分工的機制下，製造商如何挑選最適的綠色夥伴(green partner)供應商？亦成為眾多製造廠商必須審慎評估的課題。此外，電子產品流行輕薄短小，這樣的趨勢造成不可彎曲的印刷電路板(printed circuitry board, PCB)逐漸被可塑性高的軟性電路板(flexible printed circuitry, FPC)所取代，但諸多文獻指出，印刷電路板為一高污染、高耗能的產業，有鑑於此，本研究試圖以軟性電路板產業為研究對象，藉由文獻探討與個案訪談的方式找出適當的綠色準則，並利用專家問卷衡量準則之適切性與準則間的重要性，再運用階層式分析法(analytical hierarchy process, AHP)得出準則間的權重，藉此提供該產業實行綠色供應鏈政策的量化指標及參考依據，亦可成為該產業之下游廠商挑選及評定綠色夥伴(green partner)之決策準則。

關鍵詞：綠色供應鏈、綠色夥伴、綠色準則、印刷電路板

Chang, Chieh-yao Department of Electronic Commerce Management of Nanhua University

Lee, Meng-shuang Graduate Institute of Environmental Management of Nanhua University

ABSTRACT

Many international corporations have adopted green supply chain into their businesses one after another while raising awareness of environmental consciousness. A very important condition is that the manufacture must conform to the environmental regulations within the nation in order to sell products worldwide.

However, how could green supply chain be implemented by corporations? Under the priority of implementing green sequences and the system of division laboring, how could manufacturers pick appropriate green partners as their suppliers? These are the topics that manufacturer must carefully evaluate. Besides, electronic products are becoming smaller, thinner, and more popular. The tendency toward to the industry not only causes the flexible printed circuit (FPC) becoming more and more popular, but also gradually replaces the printed circuit board (PCB) gradually. According to large number of references, the PCB industry is considered to be a heavy pollutant and an energy high consumption industry. Hence, this study attempts to contribute a green criterion by focus on the FPC study using the method of academic researchful discussions and case interviews. The method of questionnaire is used to measure the importance of the appropriation and accuracy of the green criterion by many experts. Then analytical hierarchy process (AHP) is used to give a weighting between essential thoughts of the green criterion. However, this study looks forward to apply the strategy of green supply chain for corporations as an indicator as well as a standard for choosing suitable green partners for downstream merchants.

Keyword : Green supply chain, Green partner, Green norms, Decision-making tool

一、緒 論

近年來環保議題的盛行，促使企業的經營管理者進行決策時，常將環境議題列入重要考量[1]，因此，企業為了提高競爭力與擴展市場，紛紛採用綠色供應鏈管理，文獻也指出環保議題常會影響物流決策，包含獲取原物料、國內物流(inbound logistics)、跨國物流(outbound logistics)以及所有的價值鏈[2]，事實上，物流和供應鏈為現代商業活動所重視的一環，學者[3]認為物流在早期商業活動上並不被重視，直到消費型態的改變，才開始為企業所重視，意味目前全球企業已朝向專業分工，即一個產品從設計到生產以至銷售都不一定是在同一地域或者公司，造成供應鏈管理的問題受到全球化市場的競爭壓力下，逐漸被廣泛應用與討論，而完整的供應鏈包含產品流與資訊流兩部分，屬雙向流程，由供應商到消費者之間的所有成員，形成一個虛擬的企業體，將採購、製造、分配產品、與服務提供連結在一起[4]，事實上，供應鏈的概念源於物流系統，供應鏈體系意指一跨公司連結各供需單位或組織之大型企業體，能整合處理從供應商到顧客之間的物流、金流、商流、人才流及資訊流等企業活動。

目前國內論及供應鏈管理系統大多只考慮到正向供應鏈管理的產品配送與資訊共享，較少涉及

逆向供應鏈管理，即所謂綠色供應鏈管理的回收與再利用[5]，在綠色供應鏈功能模型[6] (如圖 1)中回收(recycle)、再利用(reuse)與再製造(remanufacture)等逆向物流(reverse logistics)項目就扮演相當重要的角色；此外，另有文獻探討逆向物流的應用議題，如針對 188 位美國、加拿大與歐盟等地的企業經營管理者，實施綠色物流運作模式的問卷分析，其研究結果顯示，回收材料、減少消耗量(reduce consumption)及重複利用材料等三種運作模式，最為企業廣泛運用[1]；亦有學者以專題研究的方式，調查英國和日本兩地食物零售與英國航空產業，選擇實行環境供應鏈的動機，發現調查對象明顯受到來自民間環保團體與政府法規等外在環境壓力，不得不執行環境供應鏈 [7]，上例說明了企業經營者必須將環境議題列為企業決策之重要考量，因為會直接影響到企業形象。因此，學者 Stock [8]認為逆向物流管理是一種系統性的商業模式，提供企業採用最佳的物流管理機制，以確實完成整個供應鏈的循環，並可使企業從中獲利；[9]則提出執行綠色供應鏈管理可持續降低因物料浪費或棄置所增加的成本，提升將廢棄物轉化為副產品之利潤，並透過回收方案再利用可觀的物料與零組件。綜上所述，將環保概念導入企業供應鏈系統，著實可為企業與社會帶來更大的利益，而直接回饋至消費者。

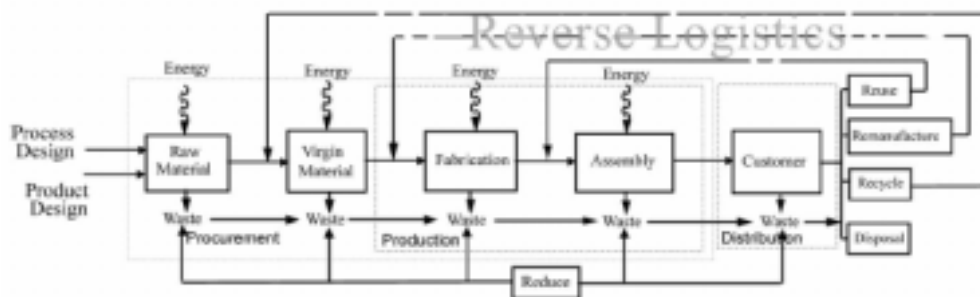


圖 1 完整的綠色供應鏈功能模型[6]

越來越多跨國企業重視產品本身及其零組件

是否構成綠色供應鏈的一環，尤其是歐美等已開發

國家，曾發生日商 SONY 公司生產的遊戲機外銷至荷蘭，卻遭海關人員扣押而造成該公司的巨額損失，原因是產品檢驗出含有過量的鎘成份。相對於我國資訊產品近九成產值來自外銷訂單，一旦貨品違反國際環保法規，損失的不僅是製造成本，更影響到公司的商譽 [9]，上述正突顯出我國資訊產業積極導入綠色供應鏈的必要性，但現行的電子產品流行精緻化及輕薄短小，以電漿(plasma display panel, PDP)及液晶顯示器(Liquid Crystal Display, LCD)等薄型電視為例，不僅重量體積較傳統映像管(CRT)電視輕薄許多，螢幕的面積也更大，這樣的趨勢造成原本不可彎曲的印刷電路板逐漸被可塑性高的軟性電路板所取代，造就 FPC 產業在 2001 年全球產值高達 33.13 億美元[10]，但文獻指出，印刷電路板於製程中，添加多種化學藥劑及特殊原料造成廢汙泥成分複雜，所排放的廢水、廢液及廢棄物等種類繁多，內含大量的銅、鉛及鎳等重金屬，如未回收再利用，不僅破壞環境，亦造成企業體及社會成本增加 [11]，如此高耗能、高污染的產業正需積極導入綠色供應鏈。然而在眾多的綠色準則中，供應商如何選擇？綠色準則與企業利益衝突時又該如何決策？準則間的優先順序為何？諸如此類的考量應為 FPC 產業導入環境政策之首要決策參考依據。

根據美國-亞洲環境夥伴協會 (US-Asia Environmental Partnership, US-AEP) 針對電子業供應鏈之環境管理研究報告指出，透過法規或國際標準等工具篩選，可促使該產業對於供應鏈的選擇更趨理性[12]，而我國以委託製造(Own-Electronic Manufacturing, OEM)、委託設計製造(Own-Design Manufacturing, ODM)以至專業電子代工製造服務(Electronic Manufacturing Service, EMS)等模式為主的電子產業，為提升競爭力極需自我衡量綠色夥伴的評選指標以提升企業競爭力。

綜合上述考量，本研究期望為軟性電路板產業制定新的綠色關係，提供該產業導入綠色供應鏈之

參考，亦可為其產業制定一套自我衡量的評選指標與製造商挑選綠色 FPC 供應商之決策依據。

二、研究方法

本研究試圖以文獻回顧與訪談廠商的方式建立初步綠色準則，這些準則將依照產品生命週期的概念分類為生產前置作業、生產過程、生產後續處理與產品包裝暨物流配送四大構面，為了避免準則的建立有不完整或不實用之現象，本研究的問卷將分為兩部份進行：第一部分為開放性問卷，將商請多位相關領域之專家學者，給予初步之綠色準則進行確認與補足遺漏之處。待問卷回收後，加以彙整、統合各個專家學者的意見並完成修改；第二部份則是讓同一批受訪者判定各綠色準則間之重要性。待問卷回收彙整後，利用階層分析法(analytical hierarchy process, AHP)計算出每項準則的權重。其研究步驟如下(圖 2)所示。

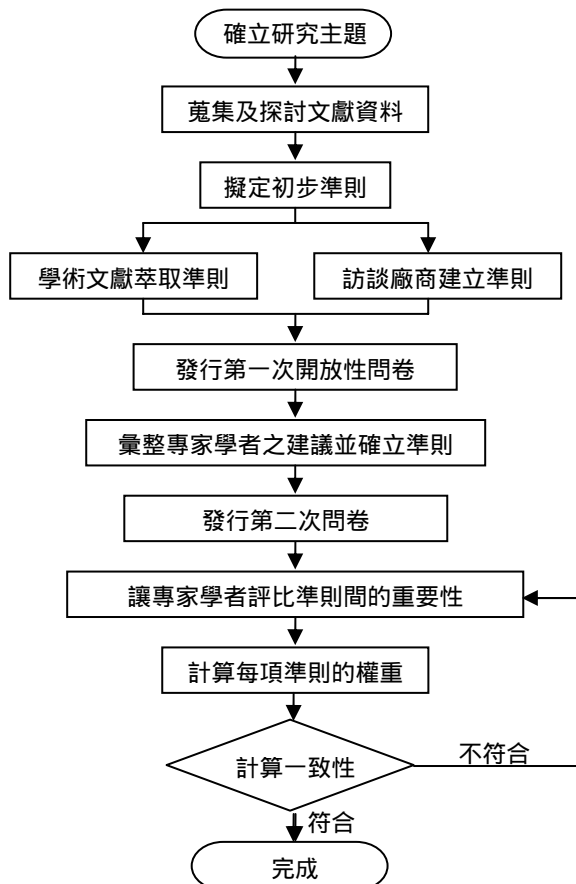


圖2 研究步驟

三、綠色準則之建立

本研究認為於供應鏈中有利環境之措施均可稱為綠色供應鏈中的綠色準則，又如，前述章節中所提到供應鏈的概念導源於物流，因此本研究將分別透過綠色供應鏈、綠色物流及逆物流相關文獻，分別萃取出準則。

迄今大多數文獻均無明確區分逆物流與綠色物流，許多活動可同時稱為逆物流或是綠色物流[13]，例如，資源回收可同時歸類為逆物流及綠色物流，[Rogers & Tibben-Lembke, 2001]提出兩者之間的比較與劃分(如圖3)。

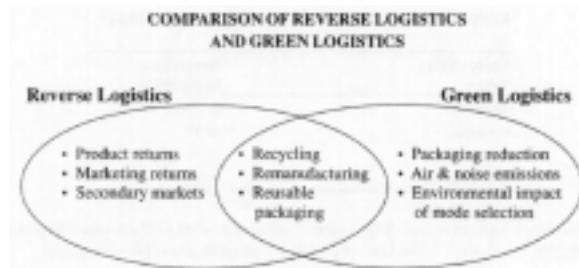


圖3 逆物流與綠色物流之比較
[Rogers & Tibben-Lembke, 2001]

然而，有關實行綠色物流與逆物流相關措施也有諸多文獻描述，例如：Paul R. Murphy 和 Richard F. Poist 兩位學者所撰寫 Green logistics strategies: An analysis of usage patterns 一文，研究中利用問卷調查物流協會的成員對於綠色物流因應之實行活動，研究中提到其調查結果共提出下列12項實施活動[1]：

- 回收原料(Recycle materials)
- 減少浪費(Reduce consumption)
- 重複使用原料(Reuse materials)
- 增加教育訓練和培養公司人員(Increase education and training of company personal)
- 實施環境稽核(Conduct environmental audits)
- 宣導環境成效(Publicize environmental efforts / accomplishments)
- 促進企業合作成果(Promote industry cooperative efforts)
- 為市區及郊區的環境績效，再設計物流系統的架構(Redesign logistical system components for greater environmental efficiency)
- 使用外部或者第三方的管理環境議題(Use outside or third parties to manage environmental issues)

- 僱用/促使環境知覺的員工(Hire / promote environmentally conscious personnel)
- 拒絕供應者缺少與保護環境相關的供應物(Reject suppliers who lack environmental concerns)
- 鼓勵市區及郊區的政府介入/法規(Encourage greater governmental involvement / regulation)

以及學者 Dale S. Rogers 和 Ronald Tibben-Lembke 所撰寫的 An examination of reverse logistics practices 文中，也針對逆物流的實行活動提出下列7項措施[Rogers & Tibben-Lembke, 2001]：

- 重新生產(Remanufacturing)
- 重新整製(Refurbishing)
- 回收(Recycling)
- 垃圾掩埋(Landfill)
- 重新包裝(Repackaging)
- 重新加工>Returns processing)
- 廢物利用(Salvage)

同文中更比較逆物流與綠色物流之間的差異時，提出綠色物流的下列6項措施：

- 資源回收(Recycling)
- 再製造(Remanufacturing)
- 包裝的重新使用(Reusable packaging)
- 包裝的減量(Packaging reduction)
- 空氣及噪音污染的減量(Air & noise emissions)
- 環保做法的選擇(Environmental impact of mode selection)

本研究茲將上述活動措施予以彙整，於實地訪談與導入綠色供應鏈製造商合作之廠商後，再次彙整並商請多位專家學者給予建議，用意是讓制定出來的準則具有貼近實務性的面向，而下表(表1)則是經過彙整之後擬定之綠色準則。

四、綠色準則之權重計算

層級分析法(AHP)是由學者 Thomas L. Saaty 所提出，專為解決複雜的多準則之決策問題，此法將要求決策者判定準則間的相對重要性，再利用準則決定每個決策方案的喜好程度，輸出結果則是根據決策者的偏好得到各方案的優先等級排序[15]。本研究透過九分量表問卷得出多位專家之對各準則間的相對重要性，再經由彙整及AHP法計算後，得出四大構面及各個構面下的綠色準則之權重，如下表所示(表2)。

表1 FPC產業之綠色準則

構面	綠色準則
A1. 生產前置作業	B1. 使用綠色的環保材料
	B2. 設計時加入減少資源浪費的因素
	B3. 選擇有利於環境保護的生產製程 (如：無鉛、無鹵素製程)
	B4. 增加企業內部人員的教育訓練
	B5. 僱用與提昇企業整體環境意識
	B6. 拒絕缺乏環保關懷的供應商
	B7. 實施環境稽核
	B8. 與積極或成熟導入綠色供應鏈之協力廠商合作
	B9. 企業具有通過環保相關的國際認證
A3.	C1. 減少資源浪費
	C2. 重新加工
	C3. 重新生產
	C4. 回收原料
	C5. 重複使用原料
	C6. 空氣、水及噪音污染的減量
生產後續處理	D1. 宣導環境成效
	D2. 促進企業合作成果
	D3. 擁有廢棄物與有毒物質的處理設備
	D4. 廢棄物的回收與再利用
	D5. 與專業且合格之廢棄物處理業合作
A4. 產品包裝暨物流配送	E1. 使用綠色包裝材料
	E2. 包裝材料可回收，易分解
	E3. 包裝的重新使用
	E4. 包裝的減量
	E5. 包裝材料可再製造
	E6. 與具綠色概念的第三方物流業合作

表2 FPC產業之綠色準則間權重量表

代碼	權重	代碼	權重	代碼	權重	代碼	權重	代碼	權重
A1	0.625	B1	0.179	C1	0.316	D1	0.119	E1	0.203
A2	0.188	B2	0.206	C2	0.151	D2	0.292	E2	0.160
A3	0.095	B3	0.205	C3	0.104	D3	0.170	E3	0.172
A4	0.093	B4	0.062	C4	0.166	D4	0.269	E4	0.283
		B5	0.069	C5	0.153	D5	0.151	E5	0.122
		B6	0.039	C6	0.110			E6	0.060
		B7	0.059						
		B8	0.132						
		B9	0.048						

當各準則權重計算得出後，可用下列公式求出該方案之一致性指標(consistence index, CI)與一致性比率(consistence ratio, CR)，其用意為表示各準則

間的權重於多位專家實際填答後，其求得之權重符合的一致性程度，作答者於實際填答時，憑主觀判斷不可能達到完全的一致性，但些微的變動仍可使 λ_{max} 趨近於n，C.I.與C.R.的計算公式如下(1)與(2) [16]：

$$C.I. = \frac{(\lambda_{max} - n)}{(n - 1)} \quad (1)$$

$$C.R. = \frac{C.I.}{R.I.} \quad (2)$$

式(2)中的R.I.值為一隨機指標(Random Index, R.I.)，是隨機產生之正倒矩陣的一致性指標，R.I.值表中前11階對應之R.I.值是以500個樣本求得，12~15階是以100個樣本求得，矩陣階數n 越高，對應之R.I.值越大(表3)。

表3 與n對應的RI值[16]

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0	0	0.58	0.80	1.12	1.24	1.32	1.40	1.45	1.49	1.52	1.48	1.56	1.57	1.59

當C.I. 0.1，一致性程度視為可接受，C.R.亦同。本研究各構面所屬準則之權重，其一致性均小於0.1，符合一致性比率的標準(表4)。

表4 各構面與準則間之一致性比率表

	A	B	C	D	E
n	4.000	9.000	6.000	5.000	6.000
max	4.176	9.259	6.125	5.244	6.092
C.I.	0.059	0.032	0.025	0.061	0.018
R.I.	0.900	1.450	1.240	1.120	1.240
C.R.	0.065	0.022	0.020	0.055	0.015

五、探討與分析

於前述章節中已明確描述各個構面及準則並將調查後的權重詳細說明，不難發現四大構面的權重大小有極度明顯的差異，以生產前置作業相較其他生產程序之權重高出許多，佔全體權重 0.625，其次則為生產過程 生產後續處理以及生產包裝暨物流配送(如圖 3)。然而，該構面項下的準則是以設計時加入減少資源浪費的因素 選擇有利於環境保護的生產製程(如：無鉛、無鹵素製程)、使用綠色的環保材料以及與積極或成熟導入綠色供應鏈之協力廠商合作等四項相較於其他準則之權重為高，其權重分佈依序為 0.206、0.205、0.179 與

0.132(如圖 4)。這說明綠色供應鏈的實行策略是以生產前置作業為重的管前處理,而非生產作業後的管末處理。換句話說,將綠色因素加入於產品設計、材料選用與生產線設計等前置作業,遠比事後處理污染作業有效,這不僅使企業在經濟、環境及社會各層面均有正面的幫助與成長,另外,有趣的是,一直讓許多人所信奉的環境類國際認證(如:ISO14000)只獲得 0.048,表示企業通過環保相關國際認證為進入永續綠色企業的門檻,並無絕對的代表性。

另外,於生產過程項下的準則以減少資源浪費的權重為0.316最高,其次為回收原料、重複使用原料(如圖5),這顯示出綠色供應鏈之策略不僅要求產品不含有毒物質,更要求產品於生產過程中避免浪費資源與重複使用。至於重新加工與生產則是考量到產品的品質與現行技術問題,所以權重較低,而空氣、水及噪音污染的減量則有環保法規的限制,且防治水準升高將造成其邊際成本提高,因此眾多專家學者給予的權重最低。

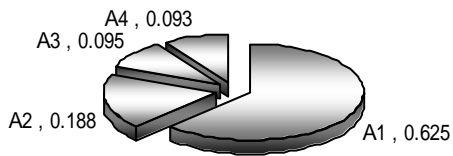


圖 3 四大構面之權重分佈圖

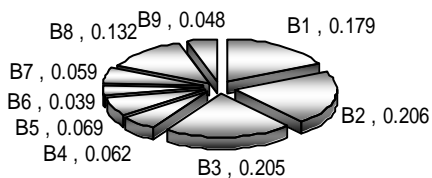


圖4 生產前置作業程序之權重分佈圖

關於生產後續處理項下的準則,其權重分佈則較一致,以促進企業合作成果的權重0.292佔最高,廢棄物的回收與再利用之權重為0.269位居第二,至於擁有廢棄物與有毒物質的處理設備此一準則佔全體權重0.170(如圖6)。專家認為企業積極與

協力廠商合作執行綠色供應鏈相關措施,利用前述的合作成果來結合群體力量,不僅可降低環保成本,更可凸顯綠色供應鏈之執行成效,已達到規模經濟效益。因此,藉由群體力量達到的綠色合作成果相較於生產後續的廢棄物回收、再利用以及擁有污染防治設備而言,更符合生產者於經濟面的利益與企業對環境、社會層面的價值

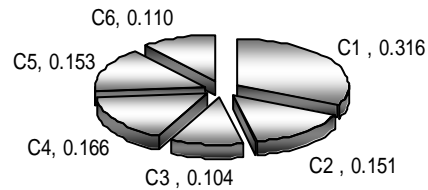


圖5 生產過程作業之權重分佈圖

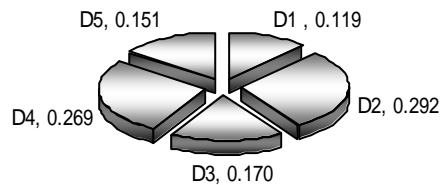


圖6 生產後續處理程序之權重分佈圖

再者,產品包裝暨物流配送作業之構面項下的準則中,以包裝的減量佔最高權重,此一準則獲得0.283的權重比例,專家有此一選擇導因於為要求產品的美觀、防震與便利性,使得包裝量提高也造成環境負擔隨之增高。另外對於選用綠色的包裝材質則也佔0.172的權重位居第二(如圖7),因此,於現行的技術上以及產品狀況的許可下,減少過量的包裝與選用綠色的包裝材質是所專家認可的實質措施。

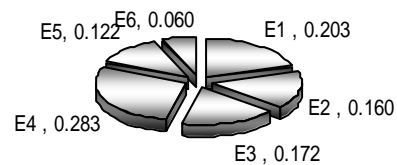


圖7 產品包裝暨物流配送作業之權重分佈圖

至於與具綠色概念的第三方物流業合作的準則獲得最少的權重0.060,此現象的主因為現行的綠色物流業並未成熟,尚且目前全球商業競爭激烈對於生產效率的要求提高,生產模式多以即時生產(Just

In Time, JIT)為導向, 物流的配送也被前述模式所要求, 因此, 較少物流業以環境因素重新設計原有的物流配送系統。

六、結 論

於訪談廠商的過程中, 受訪者均認為綠色供應鏈的實行措施是為配合國際大廠並爭取穩定且較多的訂單, 對於綠色供應鏈可引領企業的永續發展抱持遲疑的想法, 導因於環保法規的限制、防治污染成本提高以及許多綠色準則與生產效益相互抵觸, 然而本研究結合學者專家的經驗與認知, 全新制定綠色供應鏈的實行準則, 提供FPC產業實行該策略之參考依據, 並有助於企業在環境與經濟面間找尋一個利基點。本研究亦可成為評選該產業之綠色供應商之評分準則, 以利製造商以環境的觀點挑選合適的綠色FPC供應商, 此外本研究更發現讓許多人信奉的國際環境認證(如: ISO14000)並不能完全代表獲得認證企業在永續發展的標準, 導因於有助企業永續經營之綠色供應鏈策略要求遠高於此, 如企業要朝著永續發展的目標, 通過環境相關國際認證只代表一個基礎, 更需積極實行相關綠色措施。關於本研究於未來更可發展一套評分系統, 此系統將可配合已導入綠色供應鏈之製造商, 挑選合適之綠色供應商, 對於未來篩選綠色供應商時, 有更趨於理性與公平的選商工具, 提供企業更多的決策參考依據。

參考文獻

[1]Murphy, Paul R. & Poist, Richard F., (2000), "Green Logistics Strategies: An Analysis of Usage Patterns". *Transportation Journal*.

[2]Wu, H. J., and Dunn, S., (1995), "Environmental Responsible Logistics Systems", *International Journal of Physics Distribution & Logistics management*, Vol.25, No.2, pp.20-38.

[3]李宗儒、林正章、周宣光, (2004), 當代物流管理: 理論與實務, 滄海書局, 第二版, p.7-9.

[4]Harrington, L., (1995), "Logistics, Agent for Change: Shaping the intrgrated supply chain", *Traffic & Distribution*, 36(1), p.30-34.

[5]郭財吉, 2002, 綠色供應鏈管理系統, 行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告, 計畫編號: NSC 90-2218-E-159-003.

[6]Sarkis, J. ,(1995), "Manufacturing strategy and environmental consciousness". *Technovation*, 15(2), pp.79-97.

[7]Hall, Jeremy, (2000), "Environmental supply chain dynamics", *Journal of Cleaner Production*, (9), pp.455-471.

[8]Stock, J. R. ,(1992), "Development and Implementation of Reverse Logistics Programs". *Council of Logistics Management*, pp.579-586.

[9]丁執宇, (2003), 知識經濟時代清潔生產新趨勢 ---綠色供應鏈管理, 永續產業發展雙月刊, 經濟部工業局, 第七期, pp.21-32.

[10]蘇建源、張真秀、季明偉、許意敏, (2000), "軟板全球市場之現況", *電路板會刊*, 第十六期, pp.28-47.

[11]經濟部工業局, 財團法人台灣綠色生產力基金會, (2002), "印刷電路板業資源化應用技術手冊", 經濟部工業局。

[12]US-AEP, (1999), "Supply Chain Environmental Management-Lessons for Leader in the Electronic Industry", *Clean Technology Environmental Management (CTEM) program*, US-Asia Environmental Partnership.

[13]林俊穎, (2003), 逆向物流與行動商務對顧客價值影響之研究, 淡江大學企業管理學系碩士論文, p.21.

[14]Rogers, D. S. & R. Tibben-Lembke.(2001), An examination of reverse logistics practices. *Journal of business Logistics* 22(2) pp.138-148.

[15]Anderson, David R. & Sweeney, Dennis J. & Williams Thomas A., (2003) "An introduction to Management science quantitative approaches to

decision making” , Thomson south-western , tenth edition, p.706.

[16]Saaty, Thomas L. (1980), “The Analysis Hierarchy Process”, New York: McGraw Hill, p.21.