Commerce & Management Quarterly, Vol. 11, No.3, pp. 357 ~ 392 (2010)

工業園區內的廠商形成生態化工業網絡之影響因素
－以彰濱、六輕工業園區爲例

WHAT FACTORS WILL INDUCE FIRMS IN INDUSTRIAL PARK TO FORM ECO-INDUSTRIAL NETWORKS? - CASE STUDIES OF CHANGPIN INDUSTRIAL PARK AND NO.6 NAPHTHA CRACKER INDUSTRIAL PARK

許牧彥
國立政治大學科技管理研究所助理教授
童勇達
國立雲林科技大學企業管理碩士

Mu-Yen Hsu
Assistant Professor, Graduate Institute of Technology and Innovation Management
National Chengchi University

Yung-Da Tung
Master, Department of Business Administration
National Yunlin University of Science and Technology

摘要

爲了創造經濟發展與環境保護的雙贏，許多學者專家在國際間積極推動生態化工業園區的概念，以促進工業生態的形成。建立生態化工業園區的關鍵是在於廠商交換網絡（生態化工業網絡）的形成，這必須實際考量參與廠商的經濟效益以及交換意願。但是，生態化工業園區的文獻大多是從技術的觀點介紹現有案例的運作，缺乏由企業管理的角度來探討影響廠商組成生態化工業網絡的管理與政策因素。因此，本研究意欲彌補這個缺口，經由實際了解廠商對生態化工業網絡、工業園區管

理以及現行資源再利用政策法規的看法，探索影響廠商參與生態化工業園區的關鍵要素。藉由對國內外文獻的分析以及彰濱工業園區兩家廠家的半結構式訪談，本研究提出影響廠商組成生態化工業網絡之情境因素，並推演出具邏輯架構的假說；之後再對一體規劃的台塑集團六輕工業園區進行結構性訪談，以否證法來論證假說並發展命題。

本研究發現，工業園區管理中心的管理政策與環保總量管制、廠商間的異質性、合作程度及互補技術的可行性等都是影響廠商參與生態化工業園區、形成生態化工業網絡的關鍵要素。在總量管制與提高工業園區管理中心權責的配套下，區內廠商的異質性等連結情境因素愈高，形成區內封閉式生態化工業網絡的機會就愈高。但是在區內廠商連結情境因素較低時，區內廠商會嘗試向區外尋求連結。最後本研究建議工業管理單位應著重在於廢棄物總量的管制與工業園區管理中心的權責更新，塑造出工業生態系統的條件以輔助生態化工業網絡的形成。

關鍵字：工業生態、生態化工業園區、生態化工業網絡、廢棄物管理

ABSTRACT

The Eco-Industrial Park (EIP) is a community of manufacturing and service businesses seeking enhanced environmental and economic performance through collaboration in managing energy, water, and materials flows. Because of its potential to generate synergetic benefits, EIP has successfully drawn the worldwide attention of environmental scholars and policy makers, especially in Taiwan, which is currently trapped in the dilemma of industrial development and environmental protection. However, most of the current literature only discusses EIP as a whole from the perspective of engineering and fail to study the driving factors that induce individual firm to participate an EIP and form Eco-Industrial Networks.

In this research, we try to study the issues of EIP from the perspective of management and explore the management principles of EIP that will attract the firms to join the industrial ecology. By reviewing the related literature of foreign EIPs and interviewing with firms within Changpin industrial park, we figure out some conjectures and propose 10 hypotheses. Then, we choose No.6 Naphtha Cracker industrial park, the first park in Taiwan designed as a whole by private sector, to falsify theses hypotheses. We find that regulation policy, administration of the park, recycling link, the options for resource reuse and the logistic characters of industrial wastes are the key factors inducing

firms to form Eco-Industrial Networks.

Keywords: Industrial Ecology, Eco-Industrial Park, Eco-Industrial Networks, Waste Management

壹、緒論

台灣以經濟掛帥的成長模式，固然創造了所謂的經濟奇蹟，然而在經濟發展的背後所付上的代價則是生態環境及土地資源的耗竭，以及人們生活品質與健康的戕害。台灣地狹人稠，密集的工業活動與長期缺乏系統性的管制，在經濟發展初期使得工廠沿著主要公路帶狀發展，造成土地使用不善與環境污染。政府基於提高土地使用效率、發揮產業聚集效益、健全都市均衡發展與環境保護等目的，開始創設工業園區，以期藉由隔離工業生產與城市生活來保障產業經濟發展與生活環境品質。其後，經濟部乃積極在各地開發各類型的工業園區，從早期的加工出口區、工業園區到科學工業園區，藉由集中管理與獎勵措施，吸引廠商進駐各個工業園區中。

然而，將個別廠商納入工業園區中固然可以管理其排放的污染，卻不能降低污染。面對著產業經濟發展與環境生態保護的兩難，聯合國在國際間積極推動永續發展（sustainable development）的理念，並倡導生態化生產的經濟模式。專家們利用生態學或生態工法等產業生態學的學理，促使生態化工業園區概念在全球各國積極推行，以期取得經濟與環境雙贏。國際中生態化工業園區（Eco-Industrial Parks，EIP）最著名的實例，莫過於丹麥哥倫堡工業園區（Kalundborg Industrial Symbiosis）。在哥倫堡生態工業系統內，各個廠商都依照生態原則來經營，彼此環環相扣、互相依存；個別廠商排放的污染成爲納入工業園區中其他廠商的原料投入，因而能降低污染。這不僅在工業園區的廠商間建立起互惠共存的關係，同時也開創兼具經濟與環保的產業發展新典範。

面對這項產業發展的新典範，我國的經濟部工業局積極選擇國內既有工業園區，試著帶入產業生態的概念，以期將現有的工業園區轉型爲生態化工業園區。然而，生態化工業園區的發展其所包含的層面廣泛，除了能源技術規劃、環境工程之外，還需要有配套的都市發展規劃、法規政策規範、及園區管理機制。目前生態化工業園區文獻，在理論層面上（Frosch, 1995；Lowe, 1997；Côté & Hall, 1995；Kirschner,

1995；Côté & Cohen-Rosenthal, 1998；Korhonen, 2001；Lowe ,2001；Haskins, 2007），都是從產業生態學（industrial ecology）的系統導向概念來探討物質循環（materials cycles），重點仍多著重於能源、環境、物質交換等技術層面探討；而在實務案例上（Ayres, 1996；Indigo Development, 1998；Roberts, 2004；Yang & Lay, 2004；Chertow & Lombardi, 2005；Fang, Côté, & Qin, 2007；Park, Rene, Choi, & Chiu, 2008； Geng, Zhang, Côté, & Fujita, 2009），大多數仍是以園區案例發展的說明與研究經驗的歸納爲主。由於各國案例多處於實驗階段，針對生態化工業園區概念之最佳化設置方法目前仍無一明確之定論（Gibbs & Deutz, 2007）。再者，目前公認生態化工業園區最佳的案例：「丹麥哥隆堡哥倫堡生態工業園區」乃是無心插柳之下所形成的生態化產業網絡，就算其能源、物質交換等技術細節已知（Jacobsen, 2006），在其他地區也無法完全複製。因此，如何發展生態化工業園區仍然是一個待研究的管理與政策議題。

事實上，發展生態化工業園區的關鍵要件之一是在於廠商交換網絡的形成，這必須考量技術相匹配的廠商實際參與的經濟效益以及交換的意願。Desrochers（2004）及 Chertow（2007）甚至認爲引發廠商形成及擴大生態化工業網絡要比直接設置生態化工業園區來得有效。但是，在生態化工業園區文獻研究（ErKman, 1997；Côté & Smolenaars, 1997；Côté ,1998；Deutz & Gibbs ,2004；Sterr & ott,2004；Tudor, Adam, & Bates, 2007）中，卻缺乏由廠商的經營管理觀點來探討什麼樣的工業園區政策會吸引廠商自動組成生態化工業網絡。因此，本研究期待能彌補這個研究缺口，從廠商角度，實際了解會影響廠商形成生態化工業網絡的策略性因素，作爲政府制訂國內生態化工業園區相關政策法規的參考。因此，本研究的研究目的乃是探討以下問題：

1. 影響國內廠商形成生態化工業網絡的因素有哪些？

2. 如何藉由工業園區管理政策影響園區內的廠商形成生態化工業網絡？

爲了回答這兩個研究問題，本研究首先整理相關文獻，釐清生態化工業園區的特點以及國內廠商處理廢棄物的現況。由於國內外文獻對於廠商形成生態化產業網絡的意願與動機鮮少討論，本研究乃先對兩家預備在彰濱工業園區發展生態化產業網絡的廠商進行半結構式的訪談。透過這兩家廠商個案的探索式研究，本研究得以了解目前資源回收處理以及廢棄物處理規範的問題，同時探詢廠商形成生態化產業網絡的意見及實務上會面臨的問題，以補文獻上的不足。藉由文獻整理與探索式的個案訪談，本研究初步提出能促進廠商形成生態化產業網絡的關鍵因素，並以清楚的邏輯架構將之整理成假說。爾後再對一體規劃的台塑集團六輕工業園區進行結構

性訪談，以否證法來論證假說並發展命題。

本研究發現，工業園區管理中心的管理政策與環保總量管制、廠商間的異質性、合作程度及互補技術的可行性等都是影響廠商參與生態化工業園區的關鍵要素。在總量管制與提高工業園區管理中心權責程度的配套下，區內廠商的異質性等連結情境因素愈高，形成區內封閉式生態化工業網絡的機會就愈高。但是在區內廠商連結情境因素較低時，區內廠商會嘗試向區外尋求連結。最後本研究建議工業管理單位應著重在於廢棄物總量的管制程度與工業園區管理中心的權責更新，塑造出產業生態共生系統的條件以輔助交換網絡的形成。以下我們將回顧相關文獻，釐清生態化工業園區的定義與性質，探討政策管理面的議題與臺灣的現況。

貳、文獻探討

生態化工業園區的概念最早是由 Frosch and Gallopolous（1989）所提出，而興起的關鍵在於 1993 年由 Indigo Development 機構向美國環保署提出以生態化工業園區將產業共生體系（Industrial Symbiosis）加以擴大推行的建議。1995 年，白宮永續發展委員會（President’s Council on Sustainable Development，PCDS）宣佈生態化工業園區爲示範計劃（Kirschner, 1995）。而後，在 1996 年 PCDS 主導召開生態化工業園區第一次研習會，分享美國各地約 15 個個案發展經驗與討論，這可說是關鍵的里程碑，促使生態化工業園區獲得相關政府的認同並致力發展（Indigo Development, 1998）。

然而，儘管 PCDS 在美國總統大力支持下積極地推動生態化工業園區，北美生態化工業園區的成效並不彰[1]。Gibbs and Deutz（2007）在仔細訪查歐美 16 個代表性的生態化工業園區之後，發現這些工業園區的生態化工業網絡都還在發展階段，並不成熟。所以，開發一個生態化工業園區無法速成；而現階段也還有許多政策管理的議題需要解決。

一、生態化工業園區的定義與效益

生態化工業園區的概念是建立一個由眾多廠商、企業相互連結形成的產業共生體系，如同生態體系中食物鏈，運用體系內的資源轉換，整合物質、能源、水等自然資源，以期達到自然資源、環境保護與經濟效益三贏局面。產業生態體系的特點

是「指某一生產者（公司、工廠…）的廢棄物可當另一生產者資源的地方。」（Frosch, 1995）。Dunn（1997）認爲生態化工業園區是以整體的觀念來設計工業的生態環境，整合污染防治、能源循環、廢棄物的交流使用，期以達到整體園區的最大效率化，而不僅僅是個別廠商最大效率化。Lowe and Evan（1997）強調生態化工業園區是在降低環境衝擊的同時，能增進合作廠商所獲得經濟效益。美國白宮總統永續發展（PCSD）在 1996 年所召開的研習會中，將生態化工業園區歸納出兩個定義（PCSD, 1997）：

1. 藉由互相合作並與當地社區結合的企業社群，可以有效的共享資源（資訊、原料、水、能源、基礎建設、自然生態），以獲得經濟、環境品質效益，和當地社區人力資源均衡發展。
2. 藉由各種原料規劃和能源交換的產業系統，可達到能源、原料使用最小化，並減少廢棄物，以建立永續經濟、社會與生態關係。

PCSD 所歸納出來的兩個定義，雖然大致相同，但實質上是有差異，第一個定義所強調的是組織、社會的機制過程；而第二項定義，則是較偏向實質物流面（原料和能源）（Lambert & Boons, 2002）。

生態化工業園區所能帶來的效益可從產業發展、環境保護與社區發展三個層面來說明。首先，廠商藉由所形成的交換網絡有效率地降低原物料、水與能源的成本，以提升經濟效益，使得生態化工業園區的成員提高競爭優勢。此外，由生態化工業園區成員所成立的相關管理或服務單位，諸如廢棄物的管理、能源管理、環境資訊系統、訓練與採購等，皆可以替園區內的廠商成員提高經濟效益（Lowe, 2001）。

生態化工業園區內部所形成的廢棄物與資源交換網絡，可減低相關生產活動對於自然系統中資源的依賴，同時藉由相關環境技術與方法，如污染防治、能源效益、廢棄物管理、資源再回收等等，有效管理與監控整體工業園區環境保護，可以促使廠商改善生產流程，使朝向清潔生產（cleaner production）。當遭遇到外界環境或社會更高標準的規範時，生態化工業園區的有效運作會讓園區的開發者與管理者學習如何將園區的標準提高以符合外界規範。許多因環境保護或因環境汙染的問題而無法根留台灣的企業，藉由生態化工業園區的交換網絡以及對環境保護有效的管理與監控，可以留置於台灣，而非轉往其他對污染較不重視或環境法規不嚴謹的地區從事生產。

生態化工業園區發展必須由許多互補性的產業進駐，如相關清潔或資源回收的

事業，這些廠商進駐不僅僅帶給當地經濟的發展，同時也增加了就業機會（Lowe, 2001）。生態化工業園區會藉由整體園區的經濟利益與環境績效吸引相關產業進駐，當地或外部的投資者有鑑於生態化工業園區的效益，相繼投資相關的互補性產業而群聚在一起，群聚效應可吸引更多樣的產業及人才進駐。因此，生態化工業園區在發展產業的同時，不僅兼顧環境保護也能帶動社區發展。

二、生態化工業園區的特質

生態化工業園區的核心要件包含了互補廠商網絡、產物交互連結，和經濟、環境與人力發展的最佳化目標。生態化工業園區要達成共生合作，要有以下幾項特點共同組合而成：1.複合、多樣性的副產品（byproduct）交換，2.包含回收再製或資源回收的企業廠商，3.根據單一個環境的議題進行相關產業設計，4.企業廠商必須達到清潔生產，5.園區要設計、使用對環境友善的建築。而 Dunn（1997）認爲生態化工業園區要能形成的特點是：

1. 產業配合一致：指包含投入與產出
2. 產能容量配合一致：在物流交換網絡中，廠商間的產能容量要能一致、相等，以避免將多餘的物料運送到園區外部，減低轉換成本，提高效率。
3. 廠商間緊密的實質距離：緊密的距離可降低轉換交易過程物質的損使及轉換成本，同時減少運作成本。除此之外，廠商間緊密的實質距離，可以促進溝通與資訊的交換，以增進合作關係。

以上這幾個特點都是技術面的性質，跟園區進駐廠商的產業異質性、廠商間的合作程度關係以及技術連結可行性有關。

在政策管理面，Lowe（2001）提出定址排放許可（site-wide permitting）與傘狀排放許可（umbrella permitting）等環保管制方法，目的是將園區建立爲一個管制實體。透過這種「總量管制」的方法，讓廠商爲了共同迎合總體排放限制而有動機在廠商間協調出個別廠商最適合的排放許可量，同時促進合作組成關係，形成網絡夥伴。然而在實行總量管制時，工業園區管理中心必須是一個能爲整體工業園區運作負責的管理單位。原則就是讓管理中心對內有權規劃並營造出有利於廠商間的交換情境，就如同 Lowe, Moran, and Holmes（1996）提出的條件說一樣，規劃管理者透過事前規劃，對內塑造出產業生態系統的條件以輔助交換網絡的形成；對外負起區內「整體」環境汙染控制，以落實環境保護責任。綜合以上所述，許牧彥（2002）提出了生態工業園區管理的三個原則：

1. 以「工業園區的整體」爲管制的對象

由於目前政府各項環保與產業發展（例如進駐工業園區的條件）的法規都是以個別廠商爲對象，使得數家可以形成工業生態的廠商，卻個別被法規綁在原地動彈不得。要激勵廠商去開發各種生態共生的可能方案，以促成工業園區生態化的結果，相關的公共政策就要以「工業園區的整體」爲管制的對象並且容許工業園區的內部管理能有足夠的彈性來做各樣的調整。

生態化工業園區是要促成高度相關（有綜效，synergy）的個體能主動去成爲一個整體來接受管制。這種整體管制的方式可以迫使參與的廠商們從過去尋求「個別利益最大化」的生產方式轉而尋求「整體利益最大化」。因此，各種在工業園區外無法「個別」生存的污染性產業，可以在生態化的工業園區中組合出工業生態而「整體」生存下來。如此一來，產業在地方上有可以生存的空間，不必出走；整體產業對社區的污染大幅的降低；政府開發的工業園區土地也能充分的利用。調整公共政策的管制對象爲整個工業園區，促成工業園區生態化，就能帶來這種產業、地方、政府三贏的結果。

2. 強化工業園區管理中心的權責

若要各項公共政策以整個工業園區爲管制的對象，鬆綁工業園區內對個別廠商的管制，工業園區內部就成爲一個「特區」；配套的措施就是要有一個能爲整體工業園區運作負責的對象。讓生態工業園區內成爲一個特區，並不是要讓區內成爲一個環保的法外之地；而是在區內整體受到嚴格的環保管制的前提下，允許生態工業園區的管理單位以彈性的內規來管制區內的個別廠商。

3. 全面性地落實環保管制

如果環保管制不能落實，污染性的企業也到處都能找到零散的工業用地來落腳，那麼生態工業園區相關政策的立意再好，也英雄無用武之地。從時間的角度，法規要切實執行的另一個意義是在生態工業園區的建置期、營運期（通常大家只注意到這段期間）到最終的轉化利用期，都要符合環境及相關的法規。例如，建置期要做好環境影響評估及使用生態工法來施工；在營運期就已經要考慮到如何讓工業園區在轉化利用期時還能繼續地使用；而營運時期的廢棄物再利用規範及實行狀況對於生態工業園區的發展更是有關鍵的影響。

三、國內開發生態化工業園區的計畫

國內針對廢棄物再利用的規範，有公告或自行申請再利用、廠內回收、處理機構資源回收處理、共同聯合處理體系等幾種方式。除了已被公告為再利用之廢棄物可直接使用和廠內回收不須申報外，其他再利用方式皆須申請，提報清理計畫。在受限於現行規範之下，廠商對於廢棄物的交易意願不高（許明華、黃妙如與儲雯娣，2002；黃孝信，2002）。有鑑於此，我國經濟部工業局曾委託財團法人工業技術研究院進行現有工業園區生態化的評估與規劃（巢志成、沈明展與游振偉，2002）。該研究的目的在於探討既有工業園區內形成產業生態化工業網絡的可行性，並模擬生態化工業園區的規劃，以作為國內工業園區開發主管單位之參考。

由於國內既有工業園區（除了六輕及和平工業園區之外）大體上沒有針對進駐的廠商做整體性之規劃，因而各個工業園區內的產業種類紛雜（王樂平，1998；白又謙，1998；凌顯生、陳育成，2001），不易形成整體配置型之生態化工業園區。若是要將現有的工業園區生態化，應該著重於形成廢棄物交換或是具相關互補性之產業合作等生態化工業網絡較易成功（經濟部工業局，2000，2001）。工研院初期選定六個工業園區[2]，依據資源化工廠有無、經濟效益、環保效益、研究機構、互補性工廠、交通、土地供應、集中性、互補性工廠移入之難易度等條件進行詳細評估，最後選擇以彰濱工業園區為最適合發展示範性生態化工業園區的地點（經濟部工業局，2000）。工研院規劃出五個彰濱生態化工業網絡，分別為廢燃油鍋爐灰渣生態化工業網絡、廢電線電纜生態化工業網絡、焚化廢棄物生態化工業網絡、爐灰/渣生態化工業網絡及紡織廢紗生態化工業網絡。除了在既有的工業園區透過廠商的網絡與資源整合來加以生態化外，未來新成立的工業園區，也將以彰濱工業園區的發展經驗，導入生態化的概念來規劃，選擇不同的產業特性型態的廠商進駐，形成互補交換網絡，以提高工業園區的生態化效率。

本研究將從彰濱工業園區的焚化廢棄物及爐灰/渣這兩個生態化工業網絡中找出核心廠商，作為個案研究的對象。

參、研究方法

本研究為一實證性的質性研究。藉由對國內外文獻的分析以及彰濱工業園區兩家廠家的半結構式訪談，本研究提出影響組成廠商生態化工業網絡之情境因素，並推演出具邏輯架構的假說；之後再對整體規劃的台塑六輕工業園區進行結構性訪談，以否證法來論證假說並發展命題。

在質性研究中，個案的選擇並非採取機率抽樣的方式，而是採取理論抽樣（theoretical sampling）或計畫性抽樣（purposive sampling）。計畫性抽樣的目的在於把注意力集中到在應用或理論上具有模範意義或貢獻性的樣本上，樣本的代表性則是藉由主觀的判斷來選擇。本研究初期所選定的兩家個案公司，分別爲「台灣歐技環境科技股份有限公司（以下簡稱台灣歐技公司）」與「台灣鋼聯股份有限公司（以下簡稱台灣鋼聯）」。這兩家公司都是彰濱生態化工業園區規劃中之成員，也是五個彰濱生態化工業網絡中較願意接受訪談的兩家核心廠商。本研究選擇兩個獨立互異的生態化工業網絡以增加探索性個案的貢獻性。由於申請設立於彰濱工業園區的背景條件不同，在研究期間，台灣歐技公司爲進駐中之廠商，其審核權力分別歸屬於工業局與地方縣府；台灣鋼聯公司則爲已進駐彰濱之廠商，其設立背景爲共同聯合處理體系，審核單位爲工業局與環保署。

台灣歐技是要進駐到彰濱工業園區的資源回收業者，同時也是工業局所規劃彰濱工業園區中，焚化廢渣與建築廢棄物生態化工業網絡中的重要廠商。台灣歐技公司依照環境保護事業機構管理辦法第十五條，申請設立第一類甲級廢棄物清除處理廠，主要是處理感染性事業廢棄物，而廢棄物來源是由醫療機關及研究機構所產生之感染性事業廢棄物。台灣歐技公司處理感染性廢棄物是利用焚化熱處理技術產生高溫氧化反應。除了焚化處理技術之外，台灣歐技公司並結合資源化之技術，從焚化後之殘渣中取得可再利用之產品，如廢玻璃及廢金屬等資源再利用物質，其餘廢料才配合製磚製程製成高壓混凝土磚。

台灣鋼聯是由十二家電弧爐煉鋼廠，依事業廢棄物共同處理體系規定共同出資設立，主要宗旨在處理電弧爐煉鋼廠所產生之集塵灰；已經進駐彰濱工業園區營運多年，並且也是工業局規劃彰濱工業園區中爐灰/渣生態化工業網絡中廠商。台灣鋼聯公司的集塵灰來源是股東廠煉鋼爐所產生的集塵灰，股東廠組成是依集塵灰產量而劃分股份，並由股東評估設備與廠房。旋轉窯的系統是國外已經運作約 20 年到 30 年的技術，技術系統已經穩定。旋轉窯主要作用是回收氧化鋅，收集成的氧化鋅原先規劃經過水洗，將其初始氧化鋅中氯物質去除，以製成更精緻的氧化鋅產品，銷售給予國外或者國內電解廠；但礙於彰濱工業園區對污水排放量中氯的含量管制，使得鋼聯公司取消水洗製程，導致所生產的氧化鋅爲乾式氧化鋅，產品品質較差。此外，台灣鋼聯公司回收集塵灰生產出乾式氧化鋅的同時也產生爐渣，此爐渣爲廢棄物，不能隨意傾倒，若要再利用則必須向有關單位申請申報，目前台灣鋼聯公司是將爐渣存放於廠區中。

以探索性個案歸納出研究假設之後，本研究選定六輕工業園區爲本研究之否證

性個案，因為六輕是國內最接近生態化工業園區的工業園區。六輕工業園區是由台塑集團以整個廠區一體規劃設立，同時由事業管理中心統籌管理整個工業園區。因此，在台塑的規劃之下，六輕會朝向生態化工業園區的方向發展。

本研究訪談的公司與訪談對象及其職稱如表 1 所示。

本研究將藉由個案廠商的訪談內容，將對個案廠商參與生態化產業網絡的行為，就所觀察到的人、事、物的實際情況，做出因果性的假說。通常一個因果性研究，多是提出可檢定的假說（hypothesis），然後再進行實地檢視。從邏輯上來看，再多的佐證（confirmation）也無法證明該假說為真；但是，只要有一個否證（falsification）案例就能顯示該假說為假，需要修正，這就是卡爾巴柏所提出的否證方法論。如果在整體檢視過程都沒有任何錯誤，卻發生觀察結果與假說不符時，則表示本次研究結果否證了原假說，需要進行假說的修正，並提出新假說。如果驗證結果和預測者相符，表示否證失敗，本次的研究行動無法否證此假說；在後續的研究修正這個假說之前，此假說成立，或是說我們「暫時」接受此假說（王榮德，1987）。

可檢定的假說在於論述變數之間的關係。自變數與依變數代表變數的因果關係，自變數為因，依變數為果。干擾變數介於自變數與依變數的關係之間（或因果關係之間），具有調節（或控制環境因素）的作用。以研究模型的設計而言，所謂干擾變數可視為第二種獨立變數，因為其對因果關係具有情境的影響效果。研究者若為了研究方便或對問題瞭解不足，只建立變數之間簡單的因果關係，而忽略干擾變數的影響，將會影響研究結論的有效性。

基於以上所述之論證方法，本研究將大膽提出影響廠商形成生態化工業網絡之情境因素的各種假說，再透過否證方法論，舉證訪談個案中的事實案例，針對假說予以否證。如果否證失敗，則將該假說當作本研究所無法否證的命題。但是當假說命題遭到否證後，將修正原有的假說，並且臆測新的假說，如此，週而復始地透過這個「臆測－否證」之否證循環法，將影響廠商形成生態化工業網絡之因素及其關係論證出來。

肆、探索式個案分析

表 1 個案公司訪談對象

案例之目的	編號	公司名稱	事業別	受訪者	職稱	審核主管單位	說明
探索性個案	A	台灣歐技公司	資源回收處理業	曾天昇 魏樹榮	總經理 副總經理	工業局 地方縣府	申請進駐彰濱工業園區中
	B	台灣鋼聯公司	共同聯合體系	翁明豐	總經理	工業局 環保署	已進駐彰濱工業園區
驗證性個案	C	台塑六輕工業園區	集團營運工業園區	吳宜展	南亞麥寮環保管理中心監測組	工業局 環保署	擴大工業園區發展

資料來源：本研究整理

本研究將分析台灣歐技、台灣鋼聯這兩家個案公司的進駐背景以及形成網絡的經驗，從廠商的觀點分別探討工業園區管理政策、工業園區管理中心、外部影響等因素對於廠商形成生態化工業網絡的影響。

一、工業園區管理政策

副產品交換網絡是發展生態化工業園區的關鍵要項，但在我國，廢棄物的清運受到各種法規的管制，廠商面臨申請繁瑣且主管機關認可不易等困擾。現行規範增加了廠商的交易成本，降低廠商交易的動機。受訪廠商表述出廢棄物交換的困難：

「事實上我們碰到這個問題也沒辦法解決，例如某一個工廠要填地，我們會去推銷一下，那個量不多，只有幾百噸或是幾千噸而已，如果我們向別人談起這方面的事，別家會覺得那要申請，要開審察會，別家的意願會很低，就不想要看了；要開審察會，因爲需要請環保局、工業局、委員等去勘察環境等等，坦白講這樣會使得別家的意願變得很低」。（個案 B 公司）

但對於主管機關而言，其權責就是要嚴格把關廠商對環境所會產生的危害，避免不肖業者危害到環境生態。因此，當以個別的廠商爲管制對象時，也令主管機關陷入兩難：當廠商有意願去交易廢棄物資源時，卻受限於法規而窒礙難行；主管機關又不能爲了單一個案而來破壞環境保護的既有規範。

本研究訪談的個案中，另一家申請進駐彰濱工業園區的資源回收處理廠商，表述了對於一般用地取得不易的困難。在區外會因污染爭議引起居民的反感，讓廠商不易生存，但在工業園區內卻無妥善土地規劃讓資源回收廠商進駐：

「全台灣工業園區土地沒有規劃所謂的環保事業的用地，所謂的環保用地其實只是用來處該工業園區的廢棄物、污水等等，並沒有說可以對外營業－拿區外垃圾廢棄物進來處理。那對於任何一個處理業者來說，說實在話為何台灣處理業那樣亂，要處理啊但沒有一個好地方合法適當的地方去處理，那他就只能用變更（變更土地經營處理）的方式，那變更方式就會牽扯到利益方面、土地方面問題，當我們去詢問環保用地都是廠區用地。可以說根本就沒有這種土地可用。那這種爭議性高、抗爭性高的產業，基本上我們是希望在工業園區裡面，比較不會有居民抗爭、污染等問題。」（個案 A 公司）

事實上，在彰濱工業園區原先的規劃中，具有資源回收用地只有線西區東三區，主要仍是做為處理園區內廢棄物與污染處理設施建設用地。開發後因閒置土地面積大，因此設立資源回收專區，不再只是侷限於興建工業園區內的垃圾處理設施，而是開放給與外部資源回收廠商進駐。許多資源回收業者苦無合適工業用土地，彰濱工業園區適時提供了土地讓資源回收業者進駐。爾後，進駐業者明顯增加，原先規劃土地不夠業者進駐使用，工業局便以「加強土地利用」與「集中管理」的理由擴大加設資源回收專區的面積，來促進彰濱工業園區發展，吸引更多的廠商進駐。相對其他地區閒置的土地，資源回收專區的擁擠廠房，突顯資源回收業者對土地的殷求。因此，對於要引進多元互補性產業廠商進駐，發展生態化工業園區，許多工業園區對廠商的限制政策會使得廠商生態化工業網絡的形成受到阻礙。

綜合兩個個案針對工業園區管理政策所提出的看法，可知廠商若要進行廢棄物交換勢必會受限於環境管制政策，使得區外交換網絡難以形成；而工業園區進駐管理政策，則會限制多元化互補性產業廠商進駐，讓廠商無法找尋到合適的互補性廠商以形成區內網絡。由於目前政府各項環保與產業發展（例如進駐工業園區的條件）的法規都是以個別廠商為對象，使得數家可以形成工業生態的廠商，卻個別被法規綁在原地動彈不得。要激勵廠商去開發各種生態共生的可能方案，以促成工業園區生態化的結果，相關的公共政策就要以「工業園區的整體」為管制的對象並且容許工業園區的內部管理能有足夠的彈性來做各樣的調整，迫使參與的廠商們從過去尋求「個別利益最大化」的生產方式轉而尋求「整體利益最大化」。Lowe（2001）與許牧彥（2002）所提概念皆是要將工業園區的整體當成一管制實體，Lowe 強調的「定址排放許可（site-wide permitting）」其實與許牧彥所提出的「工業園區總量管制」

幾乎一致，讓廠商在尋求與其他廠商互補合作時，不需再個別向其主管單位逐一申請相關核准許可，藉此也可大幅有效降低行政成本，讓廠商更有意願合作組成生態化工業網絡。

二、管理中心

歐技公司原先申請回收醫療焚化廢棄物、玻璃及金屬等，並已經取得工業局許可，同意在資源回收專區購置土地，然而卻為了取得縣環保局的焚化設備操作許可而延宕兩年多。

「因為我們要申請設置許可，現在是我們把處理的部分當作是一個製程，可是環保局是把這個視為我們就是靠這個主要處理營運，就像他講的我們走在法律的邊緣，可是法律就像一條線，不是前就是後，沒有所謂的剛好停在線上，不能這樣判斷，那我就是讓他合法，我可以去擁有這個土地去做，你就是不能說我怎樣怎樣；可是我們一再的講說在我們生產計劃這是一個製程，工業局也認同這是一個製程，光這製程工業局就問了兩次，工業局回答也是認同不管你公司中間進來怎樣的原料，經過怎樣的處理手續，包括處理焚化等等，不管你公司這個過程是怎樣，只要他的產出是怎樣就稱為資源回收業。」（個案 A 公司）

這不僅突顯出中央許可評估與地方審核作業上的不一致，同時也顯示出工業園區管理的問題。由於彰濱工業園區土地歸屬中央管理，地上設置許可由地方管轄，這種雙軌制度使得進駐廠商必須先經由工業局審理以核准土地購得與使用，再向各工業園區所在之縣轄單位申請相關設備操作許可、環評等，徒然花費許多的行政成本來申請各項許可。

「當然法律的改變沒那麼快，要不然，他其實當初，如果各工業園區由工業局統一，既然他的地權是屬於工業局，地上物又屬於地方縣市政府，我在想全台灣從南到北，都會有各種問題，林林總總，總歸都是地下歸中央管，地上物歸地方管，你讓人家建廠就有問題，我們是還好，很多人他土地買下去，那就倒大楣，四千五百萬的土地，你算算看一個月要有多少的利息，如果真的就把他全部買下去，用銀行貸款很可怕，我們才買一塊而已，你要買兩塊三塊的，甚至五塊的，利息成本都是滾入本金的，那很可怕，為什麼他不統一一個窗口就是中央，地上物地下物都歸於中央工業局管，工業局來管他就直接審核你，我們送一次就好了嘛！當初我們送設置這土地的時候，他直接批下來順便設置許可發下就 OK 了，他既然准你買就要准你設，所以我們就可以蓋了，這樣不就比較更單一，而且不會發生地方、中央不

同調，本來工業園區都歸中央管，主管事業機關是中央工業局，奇怪為什麼地上物又要跟地方申請。」（個案 A 公司）

事實上，台灣大部分的工業園區管理中心並不像科學工業園區或是加工出口區一般具有統一的權責。工業園區服務中心為求有效給予廠商協助，在民國 90 年開始試辦單一窗口服務，藉此展現政府服務廠商及改善投資環境之最大決心，重建業者對政府之信心。同時，各縣市政府及服務中心積極就服務流程等相關作業積極協商，先經由各服務中心之初審，再由各地方政府配合設立單一化窗口，於收件後分送各相關單位審核，並協助提供審查作業流程之控管與追蹤查詢，以利設廠服務申辦作業之執行。然而，本研究在訪談後發現單一窗口服務對於廠商申請進駐沒有產生預期的效果：

「單一窗口就是你東西送給管理中心，管理中心再幫你送，我自己轉送就可以了，我幹麼還要浪費七天的時間，還要寫個公文再幫我轉送，浪費時間，等於沒有用。」（個案 A 公司）

劉柏村（1998）認為現行的工業園區管理中心屬行政體系之臨時機構，行政管轄的權能、人事、經費有限，區內管理事務之權責更分屬不同單位，極易造成工業園區管理效率低落而無法引導廠商做最有效的發展。張璠（2002）也說明一般工業園區管理機構的設置是依據促進產業升級條列，其依法設置的「機構」並非法定政府機關，也無授權的組織條列，公權力授與困難。

另外在訪談中，台灣鋼聯公司有意為其廢爐渣資源尋找再利用的機會，但是和交易廠商間的合作關係卻難以建立，希望管理中心能協助廠商找尋彼此之間的通路管道：

「譬如說這附近就有一個榮工處，要蓋一個事業廢棄物處理廠，還沒蓋之前我就去拜託過他：拜託，我這邊有爐渣，如果你們廠內有要舖路的話，要不要考慮我設計的爐渣，我這個在國外沒問題。但是他說：我設計圖已經規劃下去，大概已經進行到發包的部份，第二，這個又沒人用過我怎麼知道這可不可以用，第三我們跟他沒什麼關係，講坦白說，第三個還是最重要，一點關係都沒有。」（個案 B 公司）

「我們還是要自己去找管道，我們現在需要這些工業園區管理中心幫助了解那些公司要蓋廠房，必須靠這一層關係，才能拜訪到這些廠商，可否說是無償提供，幫你申請好，免費用，我們也是走這條路」。（個案 B 公司）

因此，管理中心是否具有其權力審核廠商進駐、甚至是強制集中管制廠商間的合作所有權關係，對於廠商間形成生態化工業網絡具有正面效應。許牧彥（2002）提及要發展生態化工業園區，必須強化工業園區管理中心的權責：若要各項公共政策以整個工業園區爲管制的對象，鬆綁工業園區內對個別廠商的管制，工業園區內部就成爲一個「特區」，配套的措施就是要有一個能爲整體工業園區運作負責的對象，因此必須先強化工業園區管理中心的權責－－在要求管理中心負起更大責任的同時，也賦予更多的權力，務必使得權責相符。這些權力包括進駐工業園區的同意權、污染管制總量的分配額，各項優惠措施的審核權。讓工業園區管理中心具備輔導廠商進駐、篩選與管理廠商、匹配清潔生產技術與服務等管理機能與權力，並讓廠商協調排放許可時有一超然的機構來管理，方能使總量排放許可機制公平運作。Lowe（2001）綜合所有關於副產品交換網絡文獻，特別強調一個合適的廠商組合是形成副產品交換網絡重要的關鍵；因此，若管理中心能具有篩選廠商、協調生產或環境技術、及聯繫與管理廠商的權力，管理中心勢必會招募許多異質性的廠商來互補各種副產品交換，加速形成副產品交換網絡。

藉由上述對於管理中心權責的討論，本研究試圖建構管理權責對於廠商連結之影響的若干臆測如下：若管理中心具有進駐廠商之審核權，管理中心會招募異質性的廠商進駐；若管理中心具有生產技術或環境清潔技術的管控權責，將大幅增加生態化工業網絡互補技術的可行性；若管理中心有權協調廠商間的互補合作，可預期的是廠商間的合作關係將會提高。

三、園區外部因素探討

現有工業園區內許多廠商的合作互補廠商並不見得會剛好存在於園區內。當廠商在區內找不到合作互補廠商時，會促使廠商自行成立或是經由工業園區管理中心招募互補性廠商。除此之外，廠商也可能轉向區外找尋合作互補廠商，一旦與區外廠商建立網絡關係，生態化工業網絡就不是單純的區內閉迴路網絡，而是與區外合作的開放式網絡。

在找尋區外合作互補的對象時，廠商必須考量該對象是否存在？距離多遠？其互補回收再利用的技術是否成熟可行？由於我國對於管制的廢棄物流向必須明確申請核報，因此清運法規也會限制廠商與區外互補廠商的連結。綜合上述的分析，本研究歸納出兩個區外干擾因素：清運法規（F1）及配合廠商存在（F2）。

四、小結

根據先前個案訪談歸納與文獻探討，本研究將影響廠商形成生態化工業網絡的因素整理如下圖 1。圖中，工業園區管理變數（P）是「因」（自變數），將影響進駐廠商連結特質（E），而進駐廠商連結特質（E）會影響生態化工業網絡連結形式（C），也就是「果」（依變數）。所以，進駐廠商連結特質（E）就是因果之間的中介變數。而在進駐廠商連結特質（E）對生態化工業網絡連結形式（C）產生影響的過程中，區外情境因素（F）會干擾最後的結果。在以上的變數中，工業園區管理變數（P）是政府可以掌握的決策變數，所以是「因」（自變數），也是影響廠商形成生態化工業網絡最關鍵的因素。至於廠商會形成什麼樣的生態化工業網絡？中介變數（E）及干擾變數（F）也會有所影響。所以，工業園區管理變數（P）、進駐廠商連結特質（E）、區外情境因素（F）都是影響因素。

藉由探索式個案分析所歸納出的變數與因果關係，本研究推演出以下 10 個假說：

(一) Hypothesis 1

工業園區採行總量管制（P1），總量管制程度越高，進駐到工業園區的廠商產業異質性高越（E1）。

工業園區管理政策採行總量管制，排放相同污染的的同質性廠商數目受到限制，廠商需要吸引多元化產業特性的廠商進駐，加速副產品交換網絡形成，才能組成生態化工業網絡。

(二) Hypothesis 2

工業園區採行總量管制（P1），總量管制程度越高，進駐廠商依賴關係程度高，廠商合作程度越高（E2）。

工業園區管理政策採行總量管制，讓廠商必須商議協調排放許可，藉由合作契約來保障廠商之間的交換關係，以期確保交易風險最低。

(三) Hypothesis 3

工業園區採行總量管制（P1），總量管制程度越高，進駐於工業園區廠商互補技術連結可行性越高（E3）。

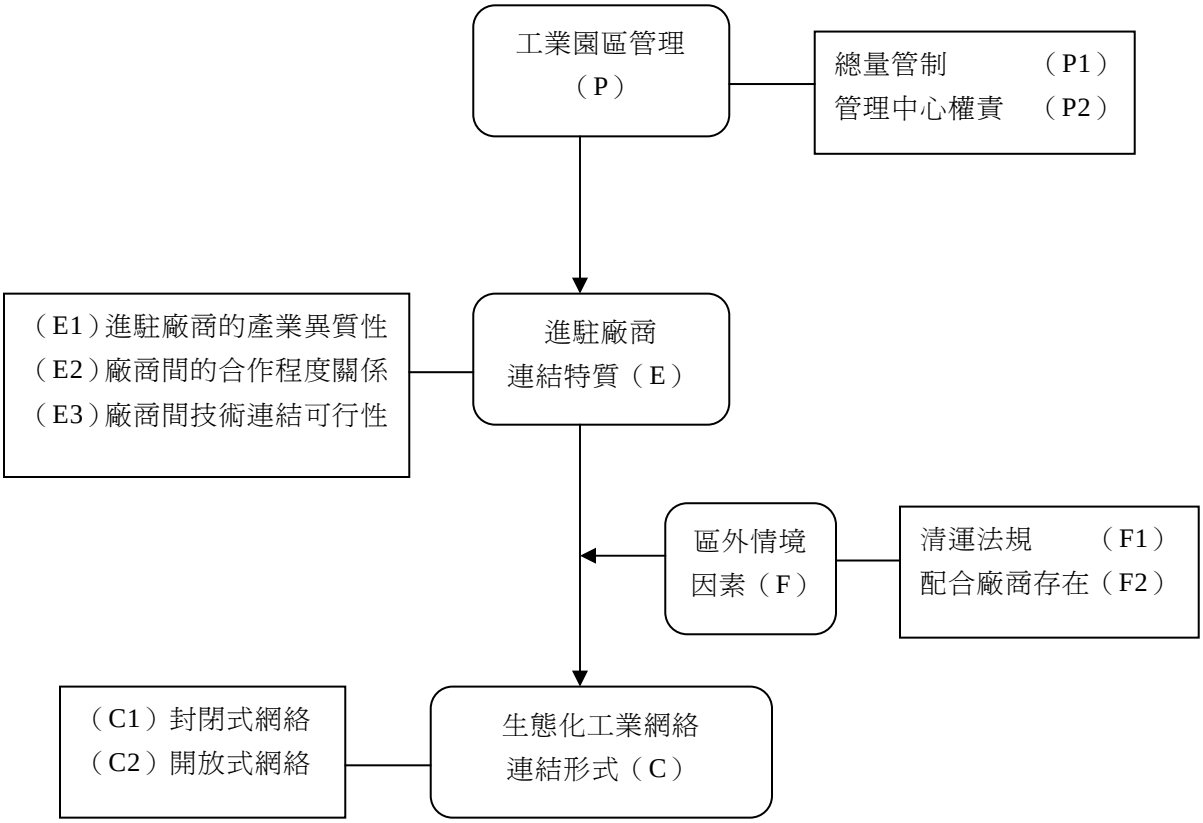

圖 1 生態化工業網絡連結程度的影響因素

工業園區管理政策採行總量管制，讓廠商必須商議協調排放許可，激勵廠商能更有彈性去運用廠商間之互補性技術，減少排放廢棄物，降低對於排放許可的依賴度。

本研究將上圖中各個變數的說明彙整如下表 2：

(四) Hypothesis 4

工業園區管理中心具有廠商申請審核同意權時（P2-1），管理中心會招募不同產業特性的廠商進駐，進駐到工業園區的廠商產業異質性較高（E1）。

表 2　變數說明

變數	變數名稱	變數說明
自變數 P1	總量管制	以園區爲一管制實體的管理政策，對廢棄物項目和範圍進行總量管制，並讓廠商進駐園區時商議協調出排放許可。總量管制程度高意即代表管制項目增加或是管制範圍擴大。
自變數 P2 P2-1 P2-2 P2-3	管理中心權責	管理中心所具有之權責層級高低分別如下： P2-1：廠商申請審核權。 P2-2：合作協調權責。 P2-3：互補連結技術之管控權責。
中介變數 E1	進駐廠商的產業異質性	泛指進駐廠商的產業特性相異程度，若進駐的廠商都歸屬於相同產業特性，則其產業的異質性最低；相對而言，當進駐的廠商產業特性愈廣泛，則異質性就愈高。
中介變數 E2	廠商間的合作程度關係	由於生態化工業園區著重於資源間相互依賴，合作型態包括：同一公司或集團的垂直整合、合資、交互投資、策略聯盟、短期合作契約等，合作程度由高而低。
中介變數 E3	廠商間技術連結可行性	指廠商間廢棄物或副產品交換回收、再利用的技術特性配合程度。配合程度高，則交換或連結的技術可行性就愈高。
干擾變數 F1	清運法規	指區內廠商將副產品或廢棄物資源清運出區外清除處理的法規限制是否存在及規範的嚴謹程度。
干擾變數 F2	配合廠商存在	指與區外互補技術連結之廠商是否存在及配合容量。
依變數 C1	封閉式網絡	區內廠商相互形成生態化工業網絡的可能性大小。
依變數 C2	開放式網絡	位於區外廠商加入園區內生態化工業網絡的可能性大小。

工業園區管理中心具有審核廠商進駐的權力，對於廠商是否進駐與否具有權力評判，免除其他行政單位的審核，更加速單一窗口的服務機制，讓廠商進駐意願愈高，進駐園區的廠商產業特性方能較爲廣泛；同時工業園區爲了促使產業共生，管理中心勢必會招募更多異質性的產業類別廠商進駐，以形成生態化工業網絡。

(五) Hypothesis 5

工業園區管理中心具有合作協調權責時（P2-2），進駐廠商依賴關係程度高，廠商間合作程度較高（E2）。

管理中心針對廠商之間排放許可與互補技術連結具有規範的權力時，會促使廠商朝向合作網絡型式發展。為了要將合作網絡風險降最低，廠商間會透過合作契約來鞏固廠商間的交易合作關係。

(六) Hypothesis 6

工業園區管理中心具有互補連結技術之管控權責時（P2-3），進駐到工業園區廠商互補技術連結可行性較高（E3）。

本研究假設管理中心對區內廠商的互補連結技術之管控等具有全責服務與規範，在管理中心的規劃與提供技術服務之下，工業園區廠商內的互補技術連結可行性會提高。

(七) Hypothesis 7

進駐廠商連結特質（E）越高時，區內會形成封閉式生態化工業網絡的可能性越高（C1）。

進駐廠商連結特質較高指的是：產業異質性高、合作依賴程度高、廠商間互補技術可行性高等，此時區內廠商形成封閉性生態化工業網絡的可能性較高。

(八) Hypothesis 8

在區內進駐廠商越缺乏連結特質（E），而區外連結又因清運法規的限制而不可得時（F1），區內廠商會設法招募合適的廠商或引進互補技術讓區內形成封閉式生態化工業網絡的可能性越高（C1）。

當區內進駐廠商連結特質中低，讓區內廠商無法形成區內網絡時，廠商會設法運用技術與區外廠商進行連結。倘若相關清運法規規範禁止運送副產品或廢棄物資源時，區內的廠商仍會因降低對總量管制許可依賴的誘因動機之下，設法招募合適的配合廠商進駐工業園區或自行在區內成立互補廠，讓區內形成封閉式生態連結（C1）。

(九) Hypothesis 9

在區內進駐廠商缺乏連結特質（E），且清運法規並不限制區外連結時（F1），當區內廠商在區外越能找尋到有互補配合廠的存在（F2），區內廠商會配合區外廠商形成開放式的生態化工業網絡的可能性越高（C2）。

當區內進駐廠商連結特質中低而讓區內廠商無法形成區內網絡時，廠商在排放許可總量管制機制之下，會設法運用區外技術與廠商進行連結，以降低對許可的依賴。若清運法規允許將廢棄物運送出區外，當廠商在區外找尋到可互補的技術與配合廠商時，區內的廠商便會與區外的廠商進行連結，形成開放式的生態化工業網絡。

(十) Hypothesis 10

在區內進駐廠商缺乏連結特質（E），且清運法規並不限制區外連結時（F1），當廠商在區外越無法找到互補配合廠商之下（F2），區內廠商會設法招募合適的配合廠商或引進互補技術讓區內形成封閉式生態化工業網絡的可能性越高（C1）。

陸、假說論證

對於以上所提出的 10 個假說，本研究將藉由六輕工業園區的個案資料進行實證。以下將逐一比對所蒐集的資料與研究假說，以訪談個案中的事實案例針對假說予以否證性驗證。

一、Hypothesis 1

工業園區採行總量管制（P1），總量管制程度越高，進駐到工業園區的廠商產業異質性越高（E1）。

六輕工業園區目前針對 SOX 硫氧化物、NOX 氮氧化物、PM 懸浮微粒、VOC（揮發性有機廢氣）的等項目進行全區總量管制。台塑企業受訪者表示，台塑企業在當初規劃時，考量總量管制的額度，就依據生產設施的排放量來規劃區內要設立哪些廠商：

「台塑集團就已經規劃好了大概要建那些工廠，然後哪些工廠是可以給外面的工廠來設，這些早已經定案了」（個案 C 公司）

「就是因爲當初六輕規劃時就已經想好了廠商之間的關聯，什麼東西接下來要如何做、做哪些東西，那些廠商生產什麼東西出來，需要有那些廠再繼續接下去，這些廠都具有產業關聯。」（個案 C 公司）

受訪者也表示，在六輕區內的廠商不會有生產相同產品的廠商，意即雖然在六輕區內屬於石化產業，但依石化原料的製程不同，可區分不同的產品類型的異質性廠商：

「我們所有的製程是屬於垂直整合的，也就是說，每一個製程都不會做同樣的東西，那這個是比較特殊的部份，不會像其他的工業園區，同一個工業園區裡面，有很多家是在做同樣的產品，六輕是完全垂直整合的，所以絕對不會有重複性的產品。台化公司是做了哪些產品？台塑公司不會跟他做同樣的東西，南亞公司當然也不會跟這兩家公司做一樣的東西，所以每一種生產的東西，都是只有生產它專屬的產品。」（個案 C 公司）

從六輕的設廠規劃內容，本研究發現在既定的總量管制之下，台塑企業會發展不同石化層級的物流原料廠商，台塑企業爲了在六輕受管制總量的區域內追求最佳發展與利用，台塑企業並不會發展重複性產品製程廠商，來分食總量管制額度，而是會將總量有效配與在其他不同產品特性的廠商發展。所以，六輕案例無法否證本假說，而是提供一個佐證。

二、Hypothesis 2

工業園區採行總量管制（P1），總量管制程度越高，進駐廠商依賴關係程度高，廠商合作程度越高（E2）。

六輕工業園區內廠商分配總量管制的配額，是依據生產設施的排放量來規劃區內廠商設立，並非是由各廠之間協商調整排放量。雖然六輕各廠商相互依賴程度高，合作程度高，但在既定總量管制額度之下，研究期間管制項目並無增加，總量管制程度亦無提高。因此，六輕案例並無法對本假說提供新的經驗內涵，但也無法否證本假說。

三、Hypothesis 3

工業園區採行總量管制（P1），總量管制程度越高，進駐於工業園區廠商互補技術連結可行性越高（E3）。

台塑企業受訪者表示，六輕工業園區廠商互補技術相連性本來就高，如果未來要設立新廠，該廠與區內各廠的技術互補性愈高愈好：

「技術當然會是希望可連性愈高，只不過台塑集團的經營理念是較傾向於與其給別人做不如台塑我們自己做，諸如台塑集團從福懋到台塑、台化、南亞的例子，相互依循互補成立，所以若是真的有總量管制的限制，台塑會傾向於自行設廠進行互補連結。」（個案 C 公司）

台塑企業表明在總量管制之下，不只會希望各廠商的技術互補性高之外，甚至會自行在區內設立互補廠。所以，六輕案例無法否證本假說，此假說仍成立。

四、Hypothesis 4

工業園區管理中心具有廠商申請審核同意權時（P2-1），管理中心會招募不同產業特性的廠商進駐，進駐到工業園區的廠商產業異質性較高（E1）。

經濟部工業局原則上授權給台塑企業集團規劃管理整個六輕工業園區，但其申請流程與環境評估仍須按照規定向事業主管單位工業局與環保署核保許可。因此，台塑企業具有初步的審核進駐廠商的管理權。

「六輕總管理處有其審核進駐管理權，因為不希望進駐六輕區的內廠不能與整個石化產業整合，或是引進互補性的廠商但與石化垂直上下游整合無相關的廠商。」（個案 C 公司）

「可能到時候六輕會變成綜合型的工業園區，會有可能，至少目前已有開始計劃了，四期是已經有開始預期計畫在做，開始在做橫向的考慮，那這個部分還是由公司來完成，不會說用引進的方式，會朝向互補性的整合，不管是垂直整合或多角。」（個案 C 公司）

從上述說明可知，由於台塑集團對於要進駐或是設立工業園區的廠商具有初步審核權，台塑所規劃設立的廠商，無論是橫向或是多角的發展，都是與石化產業有相關的異質性產商。所以，六輕案例提供一個佐證，此假說仍成立。

五、Hypothesis 5

工業園區管理中心具有合作協調權責時（P2-2），進駐廠商依賴關係程度高，

廠商間合作程度較高（E2）。

台塑企業受訪者表示六輕區內的廠商是高度垂直整合的石化產業，組織依賴程度高。由於是同屬於台塑企業集團，所以廠與廠之間物質交流，有簽訂長期買賣契約；其次，對於哪些廠形成上下游原料合作供應廠，則是由集團總管理處直接命令式的介入：

「確實是由整個管理階層直接命令式的介入，並不是由廠商之間協調方式；六輕之間廠的交易還是以單據爲交換合作基礎，有簽訂長期買賣契約，也算是合作契約的一種」（個案 C 公司）

本研究發現，六輕區內各廠的合作是由台塑集團總管理處的直接促成。所以，由一個對工業園區內各廠商具協調管理權責的單位出面，確實能促進廠商的合作。這方面六輕案例提供了一個佐證，此假說仍成立。

六、Hypothesis 6

工業園區管理中心具有互補連結技術之管控權責時（P2-3），進駐到工業園區廠商互補技術連結可行性較高（E3）。

六輕受訪者表示，台塑企業管理處只有權責規範單獨廠商使用技術設備必須是更朝向清潔生產的技術設備技術，但對於廠與廠可形成互補環境清潔的生產技術或設備，台塑企業集團並不會強制規範合作互補廠商會採行互補技術。因爲台塑企業集團是採行事業部結構，各事業部各有其利潤考量點，因此台塑總集團管理處針對互補技術而言，只是會用建議的方式，實際是否要採用這互補技術則須看各事業部：

「會規範各廠運用更清潔的環保生產技術，但對於可形成互補環境清潔的技術，則總管理處會採行建議的方式，而非強制規範廠商要提高互補技術可行性，因爲各事業部採行利潤中心制，所以各廠會考量成本效益，因此總管理處會用建議的方式。」（個案 C 公司）

由此推論，廠商在各自的獨立的利潤中心制之下，其互補連結技術並不見得會對合作的兩個廠有其效益，甚至並無意願與他廠合作互補。因此，必須藉由管理中心從整體性的考量觀點，對廠商的互補技術運用管控權力來介入，方能讓廠商互補合作並促使廠與廠連結程度提高。由於台塑企業集團對於廠商的技術選擇並無實質的控制權，因此，六輕案例並無法對本假說提供新的經驗內涵，但也無法否證本假

說。

綜合上述針對工業園區總量管制（P1）與工業園區管理權責（P2）對進駐廠商連結特質（E）的探討，本研究發現，六輕工業園區在污染的總量管制及集團總管理處的強力規範下，區內會進駐不同石化層級的上下游配合廠商（E1），而不會設置相同產業性質的廠商分食總量管制，同時要新設置的廠商會是與石化上下游有技術生產互補（E3）的廠商。生態化工業園區強調物質流的互補，在六輕工業園區的廠商間可見到物質流之間的高度互補。在台塑企業集團高度的權責規範下（P2），致力於設立其他石化原料層級的異質性的廠（E1），並讓廠商間的合作關係增高（E2）。

七、Hypothesis 7

進駐廠商連結特質（E）越高時，區內會形成封閉式生態化工業網絡的可能性越高（C1）。

六輕工業園區內的廠商依石化的原料層級，可區分成許多異質但是互補配合工廠，故石化原料運送至六輕港區後，將會被做整體性的最佳利用。台塑發展垂直上下游石化原料後，六輕工業園區便設立小松晶圓場，運用了台塑的中下游原料與園區電力，互補合作製成晶圓。因此，從六輕的案例中，可發現在工業園區廠異質性高（E1）、合作程度愈高（E2）、互補技術可行性愈高（E3），廠商間有較高的連結特質時，區內會形成封閉式生態化工業網絡。六輕案例無法否證本假說。

八、Hypothesis 8

在區內進駐廠商越缺乏連結特質（E），而區外連結又因清運法規的限制而不可得時（F1），區內廠商會設法招募合適的廠商或引進互補技術讓區內形成封閉式生態化工業網絡的可能性越高（C1）。

台塑企業在六輕工業園區內設置有事業焚化爐與掩埋廠，主要是處理六輕區內的廢棄物，當初設立的背景原因是承諾環保署廢棄物不會運出區外，台塑企業受訪者表示：

「台塑企業設立焚化廠、掩埋廠的背景因素是當初承若於環保署廢棄物只進不出，有些可以再利用的物質就會進入到台塑的標售系統。」（個案 C 公司）

因此在這承諾之下，台塑企業會將廢棄物於區內做最佳的處置，就算上處理的

經濟效益不大，台塑企業仍會在區內設置處理場作最妥善的處理，台塑企業受訪者表示：

「若六輕內處理廢棄物沒有經濟規模，法規也規範這項廢棄物不能送出區外，導致台塑無法標售出去的情況之下，台塑還是會自行在區內設立處理廠來處理，例如有些有毒的物質像之前我們的汞污泥，無論交由區外處理或是區內自行處理，其經濟效益都不高；在第二到第三期時候成立，那時有發現到有些東西是無法再利用處理，經濟效益不大，這一種我們就會設立固化廠進行固化處理。」（個案 C 公司）

因爲法規強制的規範而讓廢棄物無法運送到區外進行互補連結情況下，廠商爲了處理廢棄物是會自行於區內設立互補廠或是處理廠來處理或再利用廢棄物資源化。六輕案例提供了一個佐證。

九、Hypothesis 9

在區內進駐廠商缺乏連結特質（E），且清運法規並不限制區外連結時（F1），當區內廠商在區外越能找尋到有互補配合廠的存在（F2），區內廠商會配合區外廠商形成開放式的生態化工業網絡的可能性越高（C2）。

台塑企業受訪者表示，經濟規模是考量是否要建立區內網絡或是與區外廠商形成網絡關係的關鍵要項：

「我們寧願自己做，既然別人認爲有這樣的技術可以做連結，但站在企業的想法，那我們何不就自己來做；如果真的經濟效益不是很好的話，那我們會用標售的方式標售出去給別人做，我們就不打算介入；要是說真的有很高的利潤可以創造出來的話，相信我們自己來做比起引進廠商或是給別的廠人來做，成本會更有效，利潤更高，因爲我們的規模經濟絕對比其他的廠商更大」（個案 C 公司）

「若台塑評估該項回收處理無經濟效益，則會是用標售給區外廠來處理，倘若有經濟規模，則台塑集團會自行設立。」（個案 C 公司）

透過台塑六輕的案例，本研究發現經濟規模效益是形成區外網絡或是在區內形成網絡的關鍵。雖然外部已經有廚餘回收廠，但是考量到在六輕工業園區內的廚餘經濟規模量大，台塑企業便在六輕工業園區內設立了廚餘回收系統。因此，六輕案例否證了本假說。本研究將其 Hypothesis 9 修正如下：

十、Hypothesis 9A

在區內進駐廠商缺乏連結特質（E），且清運法規並不限制區外連結時（F1），如果區內設廠越具有經濟效益（F3），雖然區外有互補配合廠商（F2），區內的廠商自行設立互補廠以取得技術連結在區內形成封閉式的生態化工業網絡的可能性越高（C1）。

十一、Hypothesis 9B

在區內進駐廠商缺乏連結特質（E），且清運法規並不限制區外連結時（F1），如果區內設廠越不具有經濟效益（F3），且區外有互補配合廠商存在（F2），區內廠商會與區外廠商形成開放式的生態化工業網絡的可能性越高（C2）。

十二、Hypothesis 10

在區內進駐廠商缺乏連結特質（E），且清運法規並不限制區外連結時（F1），當廠商在區外越無法找到互補配合廠商之下（F2），區內廠商會設法招募合適的配合廠商或引進互補技術讓區內形成封閉式生態化工業網絡的可能性越高（C1）。

台塑企業受訪者表示：

「若其他家無法處理我們的標售物的話，台塑企業當然會自行設廠來做，例如汞污泥的事件，給錢請別人處理都沒辦法，最後台塑就在廠區建立汞污泥焚化設備來處理。」（個案 C 公司）

本研究發現若區外無互補配合廠商存在，區內廠商爲了處理自我的廢棄物或資源物質，區內會自行設立互補廠商。六輕案例無法否證本假說，假說成立。

綜合 Hypothesis 7 到 Hypothesis 10 的推演論證，本研究將區外情境因素：清運法規（F1）、區外配合廠商（F2）、經濟效益（F3）如何影響進駐廠商連結特質（E）與產業生態化工業網絡連結形式（C）的關係繪製成圖，如圖 2 所示。

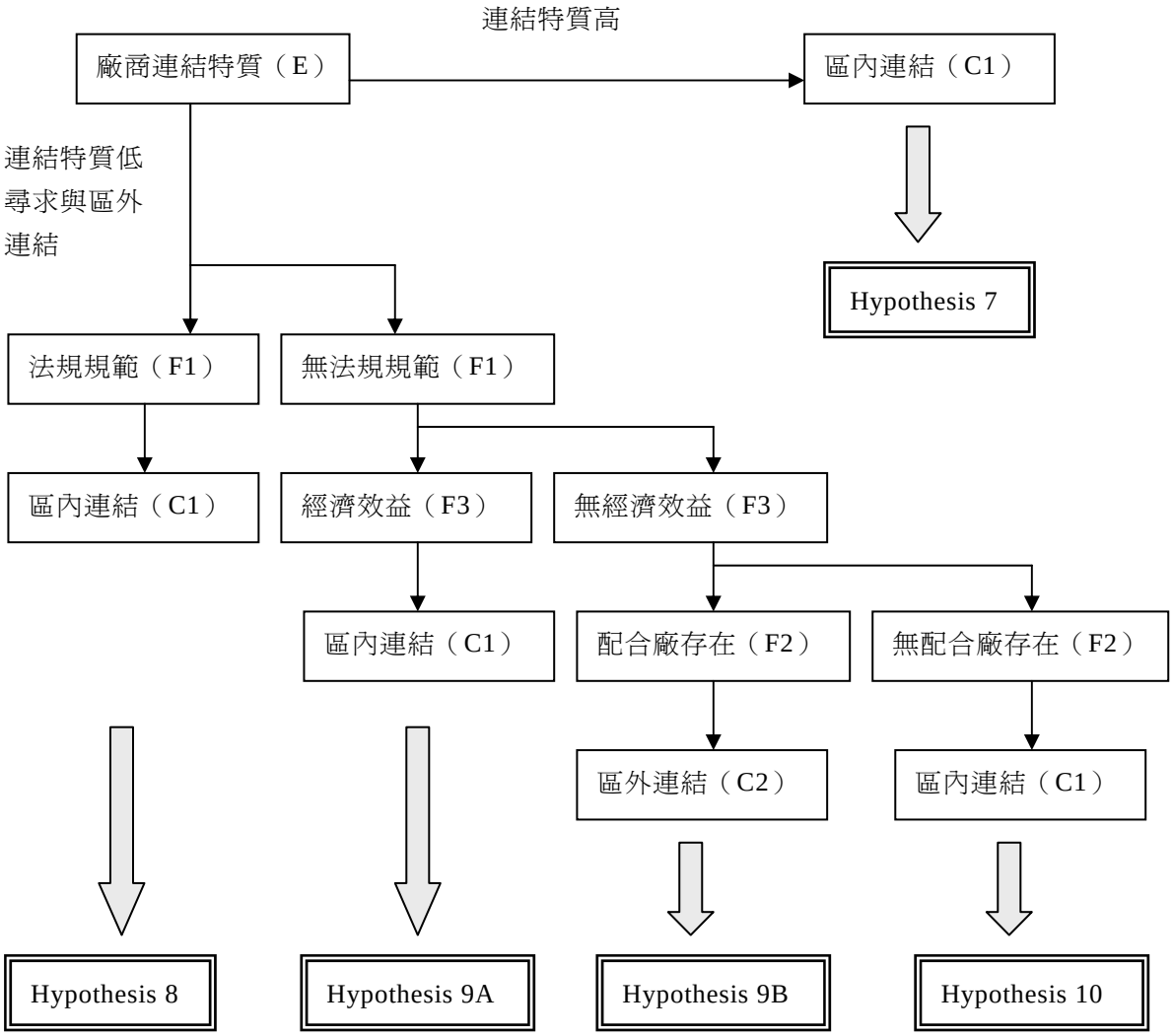

圖 2 區外情境因素的影響

柒、結論與建議

一、結論

本研究發現影響廠商形成生態化工業網絡的因素及因果關係如下：

(一) 總量管制程度愈高，進駐廠商的連結特質愈高

在既定的管制量下，工業園區中同質性廠商進駐的家數受到排放總量的限制，而其他異質性的廠商較有可能進駐。一旦工業園區的產業異質性增加，廠商之間形成生態化工業網絡的機會就增加，可形成的交換網絡就更多元。因爲園區採行總量管制，進駐於園區內的廠商彼此之間必須協商其排放許可量的多寡，可藉此協商設立對彼此有利同時對園區整體利益最大的合作契約。

(二) 管理中心權責愈高，進駐廠商的連結特質愈高

管理中心若具有審核進駐權力（P2-1），本研究發現，管理中心會爲了尋求生態工業的發展，招募設立更多異質性的廠商，形成互補網絡。就如同台塑企業集團，爲了解決石化原料的供應與有效利用，會在區內設置石化上下游不同類型的廠商來互補連結。同樣，管理中心對於園區內的廠商有其合作協調的規範權力（P2-2），區內廠商的合作程度就會增加。管理中心具有互補連結技術之管控權責（P2-3），在管理中心以整體生態的角度規範管理，進駐到工業園區廠商間的技術連結程度較高。

(三) 進駐廠商連結特質愈高，區內越可能會形成封閉式生態化工業網絡

基於 Hypothesis 7，本研究發現，進駐廠商連結特質的高低對區內形成封閉式的生態化工業網絡有明顯的影響。區內若無異質性廠商（E1）存在，其就無連結的機會發生；有異質性的廠商存在，但各廠合作程度低（E2），其生態化工業網絡的關係就難以存在；倘若無可行之互補連結技術（E3），就算有異質性的廠商，有合作的意願，但就是無法形成共生互補。廠商連結情境這三個變數因素（E1，E2，E3）具有交集的涵義，換言之三者缺一不可，只要缺乏一項要素，就無法形成生態共生。

(四) 區外情境因素對產業生態化工業網絡連結形式的影響

本研究顯示，當區內連結情境高的狀況下，區內的廠商會自行形成網絡關係；其次若在區內廠商連結情境低時，區內的廠商會設法跟區外形成網絡，倘若有法規

限制（F1）區內廠商無法將廢棄物運送到區外時，廠商會在區內自行設廠形成封閉式生態化工業網絡來處理該廢棄物。就如同六輕工業園區廢棄物只進不出的管制一樣，廠商為了要處理區內廢棄物，必定會在區內設置處理廠。

當法規沒有限制區內廠商與區外廠商交易廢棄物時，區內廠商仍會先考量自行處理這項廢棄物是否具有經濟效益（F3）。若處理有其規模經濟，區內的廠商會自行設置處理廠，就如同六輕回收廚餘產生堆肥的系統；但若無經濟效益，則區內的廠商會與區外廠商形成開放式生態化工業網絡，就如同台塑企業的下腳料標售。若在區外無合適的配合廠商存在（F2），區內的廠商為了處理廢棄物，會在區內自行設立處理廠。就如同台塑企業為了處理汞污泥，儘管無經濟效益，但因區外沒有可以配合的廠商，台塑還是要在區內設立汞污泥處裡廠來處理。

二、建議

在永續發展的理念下，生態化工業園區已成為新興工業園區以及工業園區轉型的典範，藉由生態化工業園區的設置，可以創造經濟與環境的雙贏。但是真正要落實生態化工業園區的發展，仍需政府與廠商的共同合作。以下，本研究就政府政策、廠商經營與後續研究分別作出以下建議：

(一) 政府政策的建議

1. 在工業園區內採行總量管制之環境政策

環保主管單位只要專注於工業園區內各項污染的總量額度，並適當的調整排放量、管制項目、管制範圍等；在這總量管制政策之下，廠商連結情境高，區內廠商就會自行形成生態化工業網絡。至於區內的連結情形，則是交由廠商自行運用，畢竟廠商在自利的動機之下，創新運用廢棄物的能力會較政府來得高。環保單位只要確保園區對外排放的污染總量在額度之內就好。

2. 更新工業園區的管理權責

國內的工業園區管理機制一直是國內諸多學者與區內廠商評論的焦點，一般的工業區其管理機能普遍低於科學工業園區或是加工出口區的管理中心。為了要將舊有的工業區轉型為生態化工業園區，工業園區的管理機能有必要大幅更新，賦予管理中心更多權力，使其有權責招募審核能形成互補網絡的廠商進駐到園區，同時對於廠與廠之間的合作關係有強制的規範權，這讓形成網絡關係的廠商可以降低合作的風險。

3. 加強工業園區內外的環保稽核與管制

環保管制必須要落實，工業園區外的廠商才有動機要進入生態工業園區。而工業園區管理中心可將原本無法在區外設立的高污染廠商吸引至區內形成生態化工業網絡來降低環境污染，同時也讓產業根留台灣。然而，環保單位對於工業園區內的總量管制也必須嚴格監控，園區的管理中心才有壓力去促成生態化工業網絡，降低環境與公安的風險。近日[3]台塑六輕兩次意外爆炸的公安及污染事件在在突顯了政府長期以來在環保稽核的無能以及總量管制上的鬆散。因此，台塑六輕縱然有優良的管理以及技術條件來成爲生態化工業網絡，因爲缺乏政策的外在壓力，這個園區仍然無法「定型」爲生態化工業園區。

4. 開放工業園區外包或民營化

如果政府能將工業園區內外的環保管制做好，也能在工業園區進行總量管制，政府可以將工業園區外包給民間來經營。民營化的工業園區不僅能提升管理的效率，也能提升生態化的效率，因爲企業要比政府更瞭解產業技術的脈絡，也更具有創新的精神。事實上，生態化工業園區公認的範例：「丹麥哥隆堡哥倫堡生態工業園區」就是由民間廠商自己形成的生態化產業網絡。Desrochers（2004）與 Chertow（2007）的研究顯示，只要政策環境正確，廠商自然會連結出最具效益的生態化工業網絡，並不需要政府直接介入工業園區的管理。Heeres, Vermeulen, and de Walle（2004）在比較了美國跟荷蘭的生態工業園區之後就發現，美國的園區大多由地方政府主導，目的是要發展地方經濟，以致於廠商只是被動地因應以爭取補助，園區的績效普遍不佳；反觀荷蘭的園區都是由廠商發起，政府只是從旁協助，績效反而較好。本研究對於廠商形成生態工業網絡之因素的探討可以提供政府一個清楚的政策綱領來協助廠商。

(二) 廠商經營的建議

1. 充分利用網絡關係將廢棄物資源化

雖然本研究強調政府要塑造出廠商連結交換網絡的情境來讓廠商發展生態化工業網絡，但是如果廠商未能認知到可以利用網絡關係來將廢棄物再利用，而任憑這些可以資源化的副產品變成待處理的污染源，則生態化工業網絡也無法形成。王永慶曾說：「污染就是沒有充分利用的資源」。所以，花成本購買環保設備來將廢棄物當作污染處理掉是不經濟的，應該優先考慮以工業生態的作法來將廢棄物資源化。

2. 開發管理或是共同投資生態化工業園區

如果政府開放工業園區外包或是民營化，企業家或企業集團可以承租整個工業園區，自行籌組一群具有工業生態的廠商，並承擔整體營運與環保的責任與風險，在極大化工業園區整體綜效利益上獲得高報酬。另一種可能是藉由工業園區內既有的廠商共同出資，合作成立一企業來管理生態化工業園區，同時找尋資源化產品之市場、引進互補廠商、統籌資訊網絡，以擴大整體的效益，並分享這多出來的大餅。一但園區發展是由私人集團或是共同機構開發，集團中心或是共同管理中心勢必具強制力與責任妥善規劃出網絡關係。國內六輕工業園區就是由台塑集團來開發，所以對於園區內部成員廠商能有有效的控管機制，也有權規劃管理整體園區的生態化工業網絡。

(三) 後續研究的建議

本研究所提出的假說，雖然經過三個個案的論證修正，仍然只是「暫時」成立的命題，有待後續的研究增添更多的內涵。特別是影響工業園區進駐廠商連結特質（E）的因素，除了本研究所著重的工業園區管理變數（P）之外，產業技術的特性、產業加值鏈的國際分工、以及工業園區的地理區位等因素也都會有所影響。因爲是質性研究，本研究的依變數「生態化工業網絡」（C）也只能討論「連結形式」而不能呈現「連結強度」。後續研究若是能運用網絡理論，以量化數據來分析生態化工業網絡的連結強度，就能更深入地探討各項因素對於連結強度的影響。另外，網絡的形成與維持需要相關廠商的密切合作，各個廠商在擴大合作基礎與競爭自身利益之間的取捨，需要有更深入分析。Chew, Tan, Chwan, Foo, and Chiu（2009）以賽局理論爲基礎的分析方式值得進一步拓展。

註釋

1. 請參考網頁 http://pubs.acs.org/subscribe/journals/esthag-w/2005/jul/busines/kb_ecology.html。

2. 工研院初期選期的工業區分別爲觀音、竹山、彰濱、台南科技、美崙、和平等六個工業區。

3. 2010 年 7 月 7 及 25 日六輕台塑石化烯烴一廠、煉油二廠接連發生火災。

參考文獻

一、中文部分

1. 王榮德(1987)，流行病學方法論，當代醫學，14(2)。

2. 王樂平(1998)，工業區、科學園區、工商綜合區與加工出口區之比較，工業簡訊，28(9)，30-43。

3. 白又謙(1998)，工業園區更新發展之研究，工業簡訊，28(2)，112-137。

4. 凌韻生、陳育成(2001)，生態化工業區規劃理念與發展建議，工業簡訊，31(12), 28-33。

5. 巢志成、沈明展與游振偉(2002)，我國生態化工業區推動之現況與展望，環保月刊，2(9)，125-139。

6. 張璠(2002)，我國工業區管理機構整合機制之研究，經濟情勢暨評論，8(2)，71-97。

7. 許明華、黃妙如與儲雯娣(2002)，我國公民營廢棄物清除處理機構管理現況剖析，工業污染防治，21(83)，49-78。

8. 許牧彥(2002)，整合環境與科技政策的生態化工業區－促進策略與管理議題的探討，行政院國科會專題研究計畫成果報告(NSC90-2416-H-004-049)。

9. 黃孝信(2002)，台灣地區有害廢棄物清理現況與展望，工業污染防治，21(2)，160-172。

10. 經濟部工業局(2001)，工業區產業資源永續經營推動策略計畫：九十年度專案計畫執行成果報告，台北：經濟部工業局。

11. 經濟部工業局(2000)，工業區產業資源永續經營推動策略計畫：八十八下半年暨八十九年度專案計畫期中報告，台北：經濟部工業局。

12. 劉柏村(1998)，工業區更新之研究，工業簡訊，28(2)，14-43。

二、英文部分

1. Ayres, R. U. (1996). Creating industrial ecosystems: A viable management strategy. International Journal of Technology Management, Special Issue on Changing Technological Determinants, 12(5/6), 608-624.

2 Chertow, M. R., & Lombardi, D. R. (2005). Quantifying economic and environmental

benefits of co-located firms. Environmental Science & Technology, 39(17), 6535-6541.

3. Chertow, M. R. (2007). “Uncovering” Industrial Symbiosis. Journal of Industrial Ecology, 11(1), 11-30.

4. Chew, I. M. L.,Tan, R. R., Chwan, D., Foo, Y., & Chiu, A. S. F. (2009). Game theory approach to the analysis of inter-plant water integration in an eco-industrial park. Journal of Cleaner Production, 17(18), 1611-1619.

5. Côté, R. P., & Smolenaars, T. (1997). Supporting pillars for industrial ecosystems. Journal of Cleaner Production, 5(1/2), 67-74.

6. Côté, R. P., & Cohen-Rosenthal, C. E. (1998). Designing eco-industrial parks: A synthesis of some experiences. Journal of Cleaner Production, 6, 181-188.

7. Côté, R. P., & Hall, J. (1995). Industrial parks as ecosystems. Journal of Cleaner Production, 3(1/2), 41-46.

8. Côté, R. P. (1998). Industrial ecosystems. Journal of Cleaner Production, 1(3), 9-11.

9. Desrochers, P. (2004). Industrial symbiosis: The case for market coordination. Journal of Cleaner Production, 12(8/10), 1099-1110.

10. Deutz, P., & Gibbs, D. (2004). Eco-industrial development and economic development: industrial ecology or place promotion? Business Strategy and the Environment, Special Issue: Business and Industrial Ecology, 13(5), 347-362.

11. Dunn, S. V. (1997). Eco-Industrial Parks: A Common Sense Approach to Environment Protection. New Haven, CT: Yale University Press

12. Erkman, S. (1997). Industrial ecology: An historical review. Journal of Cleaner Production,5 (1/2), 1-10.

13. Fang, Y. P., Côté, R. P., & Qin, R. (2007). Industrial sustainability in China: Practice and prospects for eco-industrial development. Journal of Environmental Management, 83(3), 315-328.

14. Frosch, R. A., & Gallopolous, N. E. (1989). Strategies for manufacturing. Scientific American, 261(3), 144-52.

15. Frosch, R. A. (1995). The Industrial Ecology of the 21st Century. Scientific American,

273(3), 178-181.

16. Geng, Y., Zhang, P., Côté, R. P., & Fujita, T. (2009). Assessment of the national eco-industrial park standard for promoting industrial symbiosis in China. Journal of Industrial Ecology, 13(1), 15-26.

17. Gibbs, D., & Deutz, P. (2007). Reflections on implementing industrial ecology through eco-industrial park development. Journal of Cleaner Production. 15(17), 1683-1695.

18. Haskins, C. (2007). A systems engineering framework for eco-industrial park formation. Systems Engineering, 10(1), 83-97.

19. Heeres, R. R., Vermeulen, W. J. V., & de Walle, F. B. (2004). Eco-industrial park initiatives in the USA and the Netherlands: First lessons. Journal of Cleaner Production,12 (8/10), 985-995.

20. Indigo Development (1998). Strategic Reviews of Eco-Industrial Park Projects. Oakland, CA: Indigo Development. Retrieved July 31, 2010, from http://www.indigodev.com/Streview.html.

21. Jacobsen, N.B. (2006). Industrial Symbiosis in Kalundborg, Denmark: A quantitative assessment of economic and environmental aspects. Journal of Industrial Ecology, 10 (1/2), 239-255.

22. Kirschner, E. (1995). Eco-Industrial Parks find growing acceptance. Chemical and Engineering News,73(8), 15.

23. Korhonen, J. (2001). Four ecosystem principles for an industrial ecosystem. Journal of Cleaner Production, 9(3), 253-259.

24. Lambert, A .J. D., & Boons, F. A. (2002). Eco-industrial parks: stimulating sustainable development in mixed industrial parks. Technovation, 22(8), 471-484.

25. Lowe, E. A., & Evan, L. K. (1997). Industrial ecology and industrial ecosystems. Journal of Cleaner Production, 3(1/2), 47-53.

26. Lowe, E. A. (1997). Creating by-product resource exchanges: strategies for eco-industrial parks. Journal of Cleaner Production, 5(1/2), 57-65.

27. Lowe, E. A. (2001). Eco-industrial parks Handbook Online. Retrieved July 31, 2010,

from http://indigodev.com/New.html.

28. Lowe, E. A., Moran, S. R., & Holmes, D. B. (1996). Fieldbook for the development of eco-industrial parks: final report. Research Triangle Park, NC: Research Triangle Institute.

29. Park, H. S., Rene, E. R., Choi, S. M., & Chiu, A. S. F. (2008). Strategies for sustainable development of industrial park in Ulsan, South Korea-From spontaneous evolution to systematic expansion of industrial symbiosis. Journal of Environmental Management, 87(1), 1-13.

30. Roberts, B. H. (2004). The application of industrial ecology principles and planning guidelines for the development of eco-industrial parks: An Australian case study. Journal of Cleaner Production, 12(8/10), 997-1010.

31. Sterr, T., & Ott, T. (2004). The industrial region as a promising unit for eco-industrial development-reflections, practical experience and establishment of innovative instruments to support industrial ecology. Journal of Cleaner Production 12(8/10), 947-965.

32. Tudor, T., Adam, E., & Bates, M. (2007). Drivers and limitations for the successful development and functioning of EIPs (eco-industrial parks): A literature review. Ecological Economics, 61(2/3), 199-207.

33. Yang, P. P. J., & Lay, O. B. (2004). Applying ecosystem concepts to the planning of industrial areas: A case study of Singapore's Jurong Island. Journal of Cleaner Production, 12(8/10), 1011-1023.

2010 年 08 月 13 日收稿

2010 年 08 月 20 日初審

2010 年 09 月 27 日複審

2010 年 09 月 30 日接受