

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

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

Eco-Industrial Park As An Environmental Technology Policy —A Preliminary Study of the Promoting Strategy and Management Issues

計畫編號 NSC 90-2416-H-224-014

執行期限：90年8月1日至91年7月31日

主持人：許牧彥 政治大學科技管理研究所

一、中文摘要

兼顧經濟與環保的永續發展是人類未來共同追求的目標，這個目標的實現有賴於環保科技的進步。但是，環保科技的發展是一個典型的「雙重外部性」問題——在需求面要靠環境政策的支持，在供給面則要靠科技政策的鼓勵。然而，環境政策與科技政策卻鮮少有整合的情形。

Hsu(1998a)曾探討了科技政策要如何配合不同的環保管制政策，方能促進環保科技的發展。接著，Hsu(1998b)提出「綠色專利制度」的概念，進一步地嘗試將環保的考量直接鑲嵌在科技政策中。依循這樣一個研究路線，本研究是作者另一個整合環境政策與科技政策的嘗試。生態化工業區(Eco-Industrial Park, EIP)最早是由 Indigo Development 機構在 1993 年向美國環保署提出的概念，用意是將個別而言仍難以清潔化的製程，在較大的系統範圍中連結成工業生態。目前，有關生態化工業區的相關文獻大多是技術的角度作觀念的介紹與個案實務的說明，較少從管理經濟的角度作理論性的分析。本研究希望在這個缺口上做出貢獻，並將研究的成果應用到台灣當前的困境上。

近年來，廠商慨嘆台灣投資環境惡化，土地難求，因而紛紛出走；使得國內產業有空洞化的危機。事實上，台灣的工

業用地不是不足，而是因為過去各種工業區的開發目標都是從經濟面的角度來考量，環保面的考量並不顯著，對地區發展造成環境保護與經濟發展的兩難。「生態化工業區」這個政策的提出，或許可以補足這方面的缺口。

本研究先探討「生態化工業區」的運作原理，並基於此原理提出了生態工業區相關公共政策的三個總原則：一、以「工業區的整體」為管制的對象。二、強化工業區管理中心的權責。三、切實執行環保法規。在這個理論架構下，本研究將探討促進生態工業區的各項策略與管理議題；並且就台灣的法令及產業現況，做出實務性的建議。

關鍵詞：生態化工業區，工業生態，環保科技

Abstract

Sustainable Development is our common future goal, and its realization heavily depends on the progress of environmental technology. However, the development of environmental technology is a typically “Double-Externality” problem---the demand side of environmental technology requires environmental regulation and the supply side need to be motivated by

technology policy. In other words, we should integrate environmental regulation and technology policy to foster the development of environmental technology, and then secure the sustainable development goal.

Therefore, Hsu(1998a) discussed how to coordinate environmental regulation and technology policy in different settings. Then, Hsu(1998b) proposed the idea of green patent to melt the environmental concern into patent system, a primary technology policy instrument. Following this line, this research of Eco-Industrial Park (EIP) can be viewed as the author's another attempt to integrate environmental regulation and technology policy. Most literature of EIP describe real cases from the engineering perspective. This research tries to study the management principles of EIP from the economics perspective, and applies the result to the current situation of Taiwan.

The concept of Eco-Industrial Park was first introduced to the staff of U.S. EPA by Indigo Development in 1993. Now, it defined the EIP concept as : "...a community of manufacturing and service businesses seeking enhanced environmental and economic performance through collaboration in managing environmental and resource issues including energy, water, and materials. By working together, the community of businesses seeks a collective benefit that is greater than the sum of the individual benefits each company would realize if it optimized its individual performance only." From this understanding, we figure out the principles of public policy to promote EIP is regulating the Park as a whole, and then strengthen the authority of the park administration agent to take the whole

responsibility. In this research, we will further explore these principles and discuss the related management issues. Finally, based on these theoretical studies and the investigation of real cases, we will design some practical strategy to promote EIP in Taiwan

Keywords: Eco-industrial Park (EIP),
Industrial Ecology,
Environmental Technology

二、緣由與目的

(一) 研究計劃的背景

近年來，廠商慨嘆台灣投資環境惡化，土地難求，因而紛紛出走；使得國內產業有空洞化的危機。事實上，台灣的工業用地不是不足，而是在工業用地的取得與工業區的規劃及管理上，需要檢討及改進。其中兩個主要的發展瓶頸是：

一、工業區管理機構權能有限無法發揮實效

由於工業區眾多且分散各個地方，管理中心又屬行政體系外之臨時機構，行政管轄的權能、人事、經費有限。加上區內各項管理事務之權責分屬於不同的單位，因而造成了工業區的管理效率普遍低落，無法引導廠商做最有效的發展。

二、工業區內產業之污染問題亟待改善

許多以基礎工業（石化業、煉鋼業、水泥建材業，能源/電業等）為主的工業區，雖然是台灣經濟中重要的一環，也繁榮了地方經濟、創造了就業機會，但是對周遭的環境卻帶來許多的污染。結果對地區發展形成環境保護與經濟發展的兩難。

基礎工業既是台灣經濟發展之所必需，問題就在於如何將基礎工業從高污染工業轉化成為低（甚至無）污染的工業。

可行的作法之一就是以一個「工業區」為系統單位，將工廠之間的產出及廢棄物做整體化、閉回路(Closed loop)的整合；使某一個製程的廢棄物成為另一個製程的原料（席德立，1997）。使得個別工廠雖有廢棄物，但整個系統卻成為一個工業生態而沒有廢棄物。

過去各種工業區的開發目標都是從經濟面（產業發展、區域均衡、生活建設）的角度來考量，環保面的考量並不顯著。在經濟發展的初始階段，工業區中的污染性產業，由於防治不當，常常造成周邊地區環境污染之問題。這些負面的外部性一開始不被重視，等到後來環保意識高漲，而工業區周邊發展日趨密集，其外部性危害的影響又愈來愈大，結果常常引起嚴重之土地使用衝突及居民抗議事件。這不僅造成地方產業發展的障礙，也是工業區的土地未能充分利用的原因之一。結果是產業被迫出走他鄉，地方經濟惡化，失業增加，而公共投資的工業區卻閒置；實在是一個產業、地方、政府三輸的局面。「生態化工業區」這個概念的提出，就是要補足這方面的缺口。

（二） 研究計劃的目的

從實務面而言，本研究乃是站在公共政策決策者的立場，從「工業區」供給面的角度，探討「生態化工業區」作為一個更新活化現有工業區的政策工具的相關議題。

藉著促成「生態化工業區」以

- 1、吸引廠商進駐工業區，因而根留台灣。
- 2、更新、活化現有的工業區，提高其利用率。
- 3、追求地方經濟與環境保護的雙贏，達到永續發展的目標。

然而，實務面的建議必須基於學術性的研究成果。目前，有關生態化工業區的相關文獻大多是技術的角度作觀念的介紹與個案實務的說明，較少從經濟理論的角度對相關的管理議題作較深入的分析。本研究希望在這個缺口上做出貢獻，並將研究的成果應用到台灣當前的困境上。因此，本研究計畫有以下幾點目的：

1. 探討生態化工業區的管理運作原理。
2. 基於此原理，提出能促成生態工業區的相關公共政策的基本原則。
3. 探討廠商進駐生態工業區的各项策略與管理議題。

就台灣的法令及產業現況，提出實務性的建議。

（三） 研究計劃的重要性及相關文獻

環保管制只能限制污染的產生，要將污染消除還是要用科技的方法。所以環境問題的根本解決之道唯有倚靠科技發展——或是藉著環保科技來去污解毒，或者發展對環境無害的清潔科技。因此，Orr（1976）就指出：「評估環保政策的真正準則乃在於這項政策對科技發展的影響。」順著這個思維方向，許多環境經濟學家，例如 Downing and White (1986), Milliman and Prince (1989), Parry(1994), Hsu(1998a), 先後探討了各種環保政策對環保科技發展的影響。從這些研究裡面，我們深知要兼顧經濟與環保並且永續地發展有賴於環保科技的進步。但是，Parry(1994)清楚地指出環保科技的發展是一個典型的「雙重外部性」問題——在需求面要靠環境政策的支持，在供給面則要靠科技政策的鼓勵。然而，不管是在實務界或理論界，環境政策與科技政策卻鮮少有整合的情

形。

Hsu(1998a)先探討了科技政策要如何配合不同的環保管制政策，方能促進環保科技的發展。接著，Hsu(1998b)提出「綠色專利制度」的概念，進一步地嘗試將環保的考量直接鑲嵌在科技政策中。綠色專利制度是要直接改進創新的動機及科技的源頭，概念相當前衛，因此在實行上仍有許多觀念與法令上的障礙待克服。現實的情況是有許多的極具經濟競爭力的污染性科技並沒有可行的清潔技術可加以替代。而就算綠色專利制度能全面性地實施，這種情況也將延續一段時間。因此，在為台灣當下的困境尋求一種能促進經濟發展與環境保護兩全其美的實用良方時，許牧彥(1998c)曾提及「生態化工業區」這個概念，用意是將個別而言仍難以清潔化的製程，在較大的系統範圍中連結成工業生態。依循這樣一個研究路線，本研究可說是作者藉著進一步探討生態化工業區的原理來作為另一個整合環境政策與科技政策的嘗試。

三、結果與討論

生態化工業區(Eco-Industrial Park, EIP)最早是由 Indigo Development 機構在 1993 年向美國環保署提出的概念。生態工業區的運作原理就是以整個工業區為單位來提升經濟加值的功能，「同時」降低環境負荷的副作用。本研究將以上的原理建構成下列模型來說明：

$$\underset{I, X, O, Y}{\text{Max}} B = (P_O O + P_Y Y) - (C_I I + C_X X)$$

$$\text{s.t.} \quad O = F(I, X, Y) \geq 0$$

B = 工業區整體的附加價值

I = 原料投入， $C_I > 0$ 。

X = 廢棄物投入， $C_X \leq 0$ 。

O = 產品產出， $P_O > 0$ 。

Y = 非產品性產出， $P_Y \leq 0$ 。

F = 生產函數(代表著工業區內的廠商組合及技術狀態)

在以上的模式中，原料投入(I)和廢棄物投入(X)的差別，就在於取得的成本。成本為正(要花錢向別人買)的就是原料($C_I > 0$)。成本為負(別人付錢請這個系統代為處理)的就是廢棄物投入($C_X \leq 0$)。同理，產品(O)就是價格為正的產出($P_O > 0$ ，別人要花錢來買)。價格為負的($P_Y \leq 0$ ，要花錢請別人處理)就是非產品性產出(Y)。

為了要提高工業區整體的附加價值(B=整個系統的總利潤)，必然要設法減少原料投入(I)、增加廢棄物投入(X)，同時生產更多產品(O)而降低非產品性產出(Y)。具體的作法可以例舉如下：

減少原料投入(I)：綠色設計以提升原料的使用效率，省料或省能源的製程

增加廢棄物投入(X)：回收再利用，使用再生資源

生產更多產品(O)：生產再生產品

降低非產品性產出(Y)：減廢工程

最具體有效的方法當然就是透過管理的安排與技術的改良(因而調整了生產函數F)，讓工業區中個別廠商的廢棄物能成為其他廠商的原料，同時達到降低非產品性產出(Y)與減少原料投入(I)的目的。而這些方法需要從整個工業區系統的

1、能流(油、熱、電流)

2、物流(原材料—固、液、氣態的循環，水是一個重點)

3、資訊流

各個方面來分析生態共生的各種可能方案。還原成越原始的狀態（例如純水或能量），成本越高但也越具有共通性。這就是生態工業區的運作原理。

基於以上的運作原理，本研究初步提出了生態工業區相關公共政策的三個總原則：

一、以「工業區的整體」為管制的對象

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各種可能方案，以促成工業區生態化的結果，相關的公共政策就要以「工業區的整體」為管制的對象並且容許工業區的內部管理能有足夠的彈性來做各樣的調整。

工業區生態化是要促成高度相關的個體（有綜效, synergy, 存在）能主動去成為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，各種在工業區外無法「個別」生存的污染性產業，可以在生態化的工業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；政府開發的工業區土地也能充分的利用。調整公共政策的管制對象為整個工業區，促成工業區生態化，就能帶來這種產業、地方、政府三贏的結果。

二、強化工業區管理中心的權責

若要各項公共政策以整個工業區為管

制的對象，鬆綁工業區內對個別廠商的管制，工業區內部就成為一個「特區」；配套的措施就是要有一個能為整體工業區運作負責的對象。我們建議讓生態工業區內成為一個特區，並不是要讓區內成為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，允許生態工業區的管理單位以彈性的內規來管制區內的個別廠商。

三、環保护法規要切實的執行

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，那麼生態工業區相關政策的立意再好，也英雄無用武之地

生態工業區事實上是把整個相關產業、地區的經濟及環保風險具體地縮到一個地理區間中。如果以這個地理區間作為一個整體，進行各種污染物的總量管制（類似環保泡，Bubble，的概念），而允許地理區間內的廠商間自由的交易各式各樣的物料與能源，則廢棄物的交易成本必然大幅降低。事實上，以污染物總量管制的方式所形成的環保管制工具（如區域性的可交易排放許可 Marketable Permit）已經成熟。在理論上，它能利用管制區內的個體尋求「個別利益最大化」的作為來降低環保的整體成本，提升環保的整體效率及廠商採用清潔技術的意願。實務上，它有效的解決了洛杉磯的晨霧以及北美的酸雨問題。我國環保署也已經採用了這項政策工具來管制空氣污染與水污染。不過，這種方法仍是以個別廠商為管制對象，「個別利益最大化」要能帶來整體效率的提升，前提是個別的產出能清楚客觀地衡量，而且個體的作為是獨立、互不相關（沒有綜效, synergy, 存在）。這是典型的完全競爭效率市場假設。如果這些假設不成立，放任市場的運作並不能提升整體的效率。

從這個角度來看，可交易排放許可和

生態化工業區都是一種運用總量管制的政策工具。不同的是，可交易排放許可係針對獨立的受管制個體以市場機能去尋求最高的效率；工業區生態化卻是要促成高度相關的個體（有綜效, synergy, 存在）能主動去成為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」。想出各種減少原料投入（I）、增加廢棄物投入（X）、生產更多產品（O）、降低非產品性產出（Y）的可能方案。藉著調整廠商之間的組合方式以及技術選擇，廠商們可以一起嘗試、研發出最佳的工業生態組合方式，這個最大化了的整體利益必然大於最大化個別利益的加總（因為有綜效, synergy, 存在）。而且在調整組合的過程中，不必一樣一樣跟外行的主管機關申請核准（畢竟廠商是最了解產業與技術的實況者），以免浪費寶貴的行政資源。

由此可見，生態化工業區實在是一種環保管制與科技政策的完美整合，能夠實際有效地促進環保科技的發展。

除了蒐集國內外的文獻資料之外，本研究並且針對彰濱工業區進行個案研究。以瞭解生態工業區在台灣落實的可能性以及瓶頸之所在。

彰濱工業區由於開發後，閒置土地面積的比例較大，因此工業局特別在「線西區」成立一個「資源回收專區」，而在「鹿港區」成立「電鍍工業專區」。這兩個行業原本都是不准設置在工業區內的。但如今以「加強土地利用」及「集中管理」的理由來解套。開放之後，「資源回收專區」馬上就進駐完畢，擁簇忙碌的廠房相對於其他閒置用地的空曠，顯得特別醒目，可見需求的殷切。目前「線西區」已經規劃了另一個「資源回收專區」等待廠商的申請。

然而，當我們更深入瞭解進駐廠商的狀況後，台灣要推行生態工業區仍有許多法令以及行政措施有待改進。

就廠商在申請階段而言，以「台灣歐技公司」為例，該公司以回收醫療事業廢棄物做為玻璃建材為依據，要申請進入資源回收專區，並取得工業局的核准購得土地。然而，為了取得縣環保局的焚化設備操作許可，延擱了兩年，何時能取得仍然不確定。這個案例暴露了工業區管理的問題（同一件開發案，土地及地上物分別由中央及地方管轄，而不像加工出口區統一審理），也反映了經濟發展當局與環境保護單位在處理「廢棄物/或/可再生原料」這個議題上觀念的差距。

就已進駐的廠商而言，以「台灣鋼聯公司」為例，這是一家由所有國內電弧爐碳鋼廠所共同集資成立的「共同回收體系」。回收鋼廠的集塵灰，產出的產品是氧化鋅，但是仍會產生爐渣。這個爐渣是廢棄物，不能隨意傾倒，要再利用也要申報。因此廠方只能將爐渣置於廠區內。當初成立這個「共同回收體系」只是為了解決的國內電弧爐碳鋼廠燃眉之急。廠方並沒有想到要將此爐渣做進一步的生態連結，轉換成產品。爐渣可用來充作路基材，但廠方抱怨營建商不願（嫌麻煩）申請再利用，讓他們的爐渣無去處。由此個案，可見一般廠商只有部份的回收鏈結，仍缺乏全面性的工業生態概念；而且在處理廢棄物的價格策略上仍然不夠靈活。在訪談中，我們建議廠方在初期先主動吸收這個「再利用申請」的行政成本後（價格為負），主動推銷爐渣至大型營建廠，並建立較長期的策略聯盟。預期以後需求認知到爐渣的用處之後，價格可以為零甚至為正。

綜合以上的探索，建議政府推廣「工業生態」的觀念，就現有的各種「共同回收體系」為基礎，請工研院研究進一步做生

態連結的可行性。另外，在工業區的管理上，除了

一、以「工業區的整體」為管制的對象

二、強化工業區管理中心的權責

這兩個基本原則外，應該加強經濟部與環保署，中央與地方在資源回收產業發展上的共識。面對對岸各個工業區積極招商的攻勢下，工業區「單一窗口」的服務一定要落實，審核的過程盡量公開透明化，使廠商可以預期。決策時應匯集所有相關單位（中央/地方，經濟/環保）一次解決，以提高效率。

四、計畫成果自評

本研究成果堪稱豐碩。除了理論文獻的深耕外，也能觀察台灣目前的現況，得到具體的結論。這對於未來理論發展方向的規劃，以及政府相關政策的擬定與執行，都有很高的參考價值。

五、參考文獻

Allenby, B. and A.Fullerton,1991,"Design for Environment – A New Strategy for Environmental Management", Pollution Prevention Review, vol.winter.

Downing , P.B. and L.J. White. 1986. "Innovation in Pollution Control," *Journal of Environmental Economics and Management* 8:225-271.

Huisingh, D. and L.W. Baas, 1991,"Cleaner Production: the Most Effective Approach to Achieving Improved Water Quality", *European Water Pollution Control*, Vol.1, No. 1.

Hsu,M.Y.,1998a, , Mar. 2, "Integrating Environmental Regulation and Technology Policy—to Promote Pollution Abatement Innovation and Diffusion", 東亞資源與環境經濟學研討會，中央研究院經研所。

Hsu,M.Y., 1998b, Nov.17, "Green Patent-Linking Economic Development and Environmental Protection by Promoting Innovation for Environment", IX Pacific Science Inter-Congress Pacific Science Association, Academia Sinica

Milliman, S.R.and Prince. 1989 "Firm Incentives to Promote Technological Change in Pollution Control , " *Journal of Environmental Economics and Management* 17:247-265.

Orr, L. 1976. "Incentive for Innovation as a Basis of Effluent Charge Strategy, " *American Economic Review* 56 : 441-447.

Parry, Ian, 1994. "Pollution Taxes and Marketable Emissions Permits Under Endogenous Technological Progress, "Washington, DC: Economics Research Service, U.S. Department of Agriculture .

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 頁 30-43

白又謙，1998，工業園區更新發展之研究，工業簡訊，28 卷2 期， P112—137。

沈明展，褚秀文,1999，工業區開發與環保平衡問題，工業簡訊，29:11 頁 16-21

沈明展，2000，工業區規劃發展趨勢初探，工業簡訊，30:8 頁 4-7

席德立，1997，環境無廢/減廢技術—工業發展新模式，一版，台北，淑馨出版社。

蔣世安 魯立雄，1999,工業區發展新趨勢--生態化工業區，中華技術，43 頁 69-77

李錦地，1996, 工業區開發的環境影響評估課題」，環境工程會刊，7:4 頁 40-46

劉柏村，1998, 工業區更新之研究，工業簡訊，28卷2期， P14—43。

溫肇東，1997，積極邁向人文科技島，政大科管所，「歐洲科技政策與產業創新」見學旅程紀要。

張彥輝，許牧彥，1999，影響廠商選擇環境科技創新類型之因素，1999 全國科技管理研討會，中山大學。

許牧彥，1998c，建立雲林科技產學合作體系之可行性研究，第一屆產學合作與中小企業發展研討會，雲林科技大學企業管理系，經濟部中小企業處。

張慶隆 ,沈明展，1999 ,跨世紀工業區規劃理念--工業區產業生態化簡介」，工業簡訊，29:11, 頁 10-12

薛立敏，1999,工業區開發應增強民間角色--兼談「促進產業升級條例」工業區部分條文之修正，經濟前瞻，63 頁 50-54

經濟部工業局 1998, 工業區、科學園區、工商綜合區、加工出口區之比較，工業投資簡訊，190, 頁 7-12

游振偉，1998, 工業區規劃開發之發展趨勢，工業簡訊，28:2 頁 105-111

張璠 張吉宏，1997, 設置「科學園區」與「科技工業區」之競合問題探討，經濟情勢暨評論，3:3 頁 87-94