

推動工業區能資源整合策略研析

摘要

在全球能資源匱乏及國際節能減碳的浪潮下，提升工業區能資源生產力、資源循環利用率及減少廢棄物處置量已成為世界產業發展的趨勢。根據「國家永續發展願景與策略綱領」，「推動生態化工業區」政策為我國永續發展方向之一。建立符合環境及經濟效益之工業區，可以促進資源與能源的使用效率，達到工業區永續經營及建立循環型社會體系的目標。本文將探討工業區能資源整合的有效策略，包括行政管制、經濟誘因、資料庫建置、技術輔導、夥伴關係及環境教育，期以透過工業區能資源整合提升經濟效能，降低生產或商業行為對環境的衝擊，進而落實產業永續發展。

壹、前言

臺灣能源供給 98% 仰賴進口，由於天然資源與能源極其缺乏，因此如何有效管理資源，推動循環型產業鏈結，妥善回收再利用寶貴的能資源，為我國追求永續發展最重要的課題之一。

行政院經濟建設委員會於 2008 年 6 月頒布「永續能源政策綱領」，行政院另於 2009 年 12 月 18 日成立「節能減碳推動會」，其行動方案中即以「推動既有工業區產業生態化，建構產業網絡與資源循環利用鏈結體系」為具體之計畫目標。根據「國家永續發展願景與策略綱領」，將「永續發展」推動分為「永續經濟」、「永續環境」及「永續社會」等三大範疇，其中「推動生態化工業區」政策為台灣永續發展方向之一。

建立具環境及經濟效益之生態化工業區，可以促進資源與能源的使用效率，達到工業區永續經營的目標，亦符合國際追求建立循環型社會體系之趨勢。

貳、工業區能資源整合文獻回顧

工業區能資源整合最早起源於工業生態學概念，生態化工業將工業生態學理念晉升為一個工業系統概念，包括工業系統互相連繫、尋求能源與原料使用之最小化及關注人類活動對生態系統影響。根據美國 1996 年白宮永續發展委員會（President's Council on Sustainable Development, PCSD）的定義，生態化工業區為經過規劃的交換物質及能源之產業系統，以尋求能源與原料使用之最小化、減廢並建立永續經營和社會關係。一個彼此相互合作且與地方社區有效率分享資源（資訊、物質、水、能源、基礎設施及自然棲地）之企業體所形成之產業區。有關生態工業區的文獻回顧詳見表 1。

表 1 生態化工業定義文獻回顧

文獻	定義
Frosch and Gallopoulos(1989)	生態化工業為將工業生態學理念晉升為一個工業系統概念，包括工業系統互相連繫、開發新產品/副產品再使用、能資源消耗最少、及確保人類可接受生活品質等之功能。
PCSD (1996)	生態化工業區為經過規劃的交換物質及能源之產業系統，以尋求能源與原料使用之最小化、減廢並建立永續經營和社會關係。一個彼此相互合作且與地方社區有效率分享資源(資訊、物質、水、能源、基礎設施及自然棲地)之企業體所形成之產業區。(An industrial system of planned materials and energy exchanges that seeks to minimize energy and raw materials use, minimize waste, and build sustainable economic, ecological and social relationships.)
R. Cote(1998)	生態工業園區應符合工業生態學及生態系統原則，生態工業園區為工業生態學之一種體現，而工業生態學為生態學領域之一，應符合生物圈生態系統之運行原則，而生態系統中主要構成因子，為社會共同體中之食物鏈，其係由自

	然生態中，物質流與能量流所組成一個物物相關及物有所歸之生態網絡系統。而在生態系統層面中，除應保有大自然原有之動植物平衡體系外，更關注人類活動對生態系統影響。
Lowe(2001)	生態化工業區至少包括副產品交換網、回收產業聚落、環境技術公司聚落及製造綠色產品公司聚落等功能。
王鑑恒(2002)	生態化產業體系 (Industrial eco-system) 是指生產或商業行為使用其他團體產生之廢棄物做為其進料之共生循環系統，猶如自然界食物鏈一般。基於此一體系觀念，透過合作管理能源、水、資源等環境及資源議題，以尋找加強環境及經濟效能之工業製造與商業服務之社區即形成生態化工業園區 (Eco-Industrial Park; EIP)，此目標在於提昇參與之成員公司增加其經濟效能，降低生產或商業行為對環境之衝擊，提昇競爭能力，創造新的商機，促成新公司成立，進而落實國家永續發展。
Graedel and Allenby(2004)	生態化工業園區為研究工業技術有機體的科學，針對資源的利用、對環境的影響潛力，以及自然界中的交互作用進行深入瞭解，以期維持全球生態平衡。

其他資料來源：蔣本基(2007)，「國內生態化工業區推動策略」簡報檔案。

工業區能資源整合有環境、經濟及社會等三重效益，除提昇整體能源使用效率，節省區域總能源成本外，亦可提昇環境的滿意度等優點。茲羅列工業區能資源整合效益如下：

一、環境效益：包含能源整合、物料整合及資源再生所產生的效益。

- (一) **能源整合：**產業使用能源 (廢熱) 經回收後可再提供其他低耗能產業使用，單位能源利用率提升，能源使用降低。
- (二) **物料整合：**廢水、工業副產品及剩餘原料經鏈結整合後可為其他產業可用物料，提高單位產值。
- (三) **資源再生：**廢棄物亦為可利用資源，透過再生鏈結，成為可再替代物料，形成循環型工業區。

二、經濟效益：包括藉由資源化降低企業二氧化碳減量投資成本、增加企業利潤，同時無形中提升企業形象。

三、社會效益：包括提升民眾參與程度、增進社區發展與促進企業遵循法規標準以實現公平正義。

叁、國外推動工業區能資源整合成功案例

隨著各國政府對於氣候變遷及溫室氣體減量等議題的關注，工業區能資源整合已成為國家永續發展及產業存續的關鍵因素。目前國外已成功推動之生態工業園區典型案例包括日本北九州生態城鎮(Eco-Town)、歐洲之丹麥科倫德堡等。在加拿大、美國、荷蘭、中國等國家亦相繼建立類似概念之產業園區，日本更將零排放概念進一步融入工業區之規劃，成功完成多座生態化城市。以下介紹最著名的日本北九州生態城鎮與丹麥科倫德堡生態區的特點。

一、日本北九州生態城鎮(Eco-Town)

日本北九州生態城鎮(Eco-Town) 利用填海地區作為生態城市設置地點，進行物質回收再利用。其具體政策是實施 3R 措施，即減廢(Reduce)，再利用(Reuse)和回收(Recycle)。產業型態為資源回收與廢棄物處理，除成立特定機構主導技術研發工作，亦結合產、學、研各界進行研究發展，包括政府與企業共同規劃園區設置，並由政府編定基本規範及提供經費協助。政府法律、經濟及土地等方面除提供進駐廠商必要的協助，同時針對園區規劃設置及進駐廠商之審核進行監督與管理。

二、丹麥科倫德堡(Kalundborg)

丹麥科倫德堡(Kalundborg) 為全球第一座資源/能源循環的生態化工業區，距離丹麥首府哥本哈根約一小時車程，為一個港口小鎮。這個生態化工業園區包括幾個主要「工業共生體」如：丹麥最大之煉油廠 Statoil、丹麥最大之火力發電廠 Asnas、N.Nordisk 製藥化學工廠（供應全球 40% 之胰島素與工業用酵素）、Gyproc 水泥合板工廠等，主要以副產品交換為主，城市

熱供應工廠及交換蒸汽、熱水、石膏、硫酸、生物污泥等。當地企業彼此自行交換生產過程的廢棄物。從起源、運作到技術研發，均由園區內的廠商自行投入，企業合作關係可以互利，便可自行簽訂契約進行合作。透過產業共生物質交換系統，園區內廠商達到降低成本及增加利潤的目的。藉由良好的企業聯盟，自行主導整體園區運作。政府亦在法規上協助，加強企業資源化誘因。

工業區能資源整合之成功要素包括：供需兼具互補性、量大且穩定的能源供應/需求、企業必須相互鄰近、供需雙方均有利可圖、企業相互溝通及信任及公部門支持。工業區能資源整合短期目標為促進產業間投入與產出面之關聯性連結，兼顧生活與生態平衡，進而達到資源循環再利用以及都市或區域之永續性，擴展至都市主要生活型圈之連結。遠程目標則為將產業發展融入自然生態之循環體系中。

我國借鏡國外之成功經驗，成功推動區域能資源整合，最有名的案例即為臨海工業區，其服務中心下設有生態化推動小組，協助進行減廢和推動資源循環，於區域中將各行業廠商所產生之廢棄資源物，轉換成另一廠商之製程原料使用，有效降低生產成本，參與的企業皆積極配合推動。

肆、推動願景與策略研析

一、願景

推動工業區能資源整合之願景包括整合污染管制、建構能資源循環鏈結、進行環境監測、建立循環型城鄉、發展綠色交通網絡。

- (一) 整合污染管制：建置能資源整合推動環境指標之後，中央及地方政府可合作管理工業區空氣、水、廢棄物及毒物。

- (二) **建構能資源循環鏈結**：建構污水處理廠、廢棄物處理廠及資源回收廠之能資源循環鏈結，並於所有工業區進行經驗推廣。
- (三) **進行環境監測**：成立環境監測中心，進行主要績效指標(Key Performance Indexs，簡稱 KPIs) 監測，公佈於網路供民眾查閱，了解工業區環境品質。例如美國紐約州 Plattsburg 生態工業園區，強調環境管理系統(EMS)。
- (四) **建立循環型城鄉**：基於永續發展之理想，進行資源抑制減量、廢棄物再利用及能源回收，降低自然資源使用及減少污染產生，結合鄰近社區之力量，創造綠色產業，建立循環型城鄉。例如加州 Oakland East Shore 生態化工業園區，園區基礎設施強調防污工作。
- (五) **發展綠色交通網絡**：在工業區週邊建立自行車道及行人步道，期望生態化工業區能融入居民生活環境，成為環境、經濟及社會面三贏的局面。

二、推動策略與具體做法

為達到工業區零廢棄及資源被持續利用的目的，能資源整合的推動策略包括執行行政協調與管制、強化經濟誘因、資訊建置、技術輔導、建立夥伴關係與環境教育。茲將各種策略的具體做法陳述如後：

- (一) **執行行政協調與管制**：為了成立互補型產業聚落並加強高耗能產業之能資源鏈結規劃機制，並藉由鬆綁法規及嚴格執行並行。具體措施包括：
 1. **設置能資源整合組織或中心**：設立能源供應中心或資源利用中心或公用水及資源調度中心，針對供應鏈上下游之廠商，主管機關可邀集協商並提供供需媒合服務。例如我國臨海工

業區由環保署主導，工業局協辦，並由地方環保局共同參與，成立推動組織，協助輔導廠商減廢並與其他廠商配合做資源循環。

2.協助解決環保用地取得及民眾抗爭等問題。

3.建立使計畫永續推行的法令

(1) 訂定獎勵產業進行減廢、副產品回收與再利用之法規。

(2) 訂立產業廢料排放標準。

(3) 例如美國 EPA 為鼓勵能源回收及節約能源之使用，於 2004 年頒布汽電共生夥伴計畫(Combined Heat and Power Partnership)，目的在減少火力發電廠對環境之負面衝擊。

(二)強化經濟誘因：規劃及投入完善的基礎建設，確保並協助降低回收再利用的成本。

- 1.提供完善之財政或稅制上的優惠予補助給工業區的進駐廠商。
- 2.提供相關技術及設備租用之寬厚條件。
- 3.建立廢棄物清單及環境成本會計制度，以獎勵資源回收，並抑制廢棄物的產生。
- 4.訂定合理價格，提供廠商減少及回收利用廢棄物的誘因。
- 5.提供能資源整合應用技術研發示範補助、融資貸款。
- 6.鼓勵資源再生技術改善。

(三)資訊建置：一個生態化工業區的設計和操作，必須要有豐富的原料運用、能源需求和廢棄物產生的資訊。藉由蒐集產業間的新陳代謝、生產流程與廢棄物內涵、能源需求等資訊，可推動工業區廢料與副產品之回收與再利用。藉由了解工業區之原

料需求，可以將區內高品質的廢棄原料轉給使用低品質原料的企業。另外透過充足的資訊，可從廢棄原料創造新產品。資訊建置的具體措施包括：

1. 建立工業區各廠商之原物料使用、能源使用、產品量、流向、廢棄物處理等相關資訊庫。
2. 建立物質交換電子工作網，利用網路快速、流通特性，交換各物質。
3. 建立各類原物料與資源再生產品耗能與碳排放係數資料庫。

(四)技術輔導：發展再生能源、淨煤、碳封存、資源回收與廢棄物處理等技術，結合產、學、研各界進行研究發展工作，由技術面進行工業區能資源整合規劃。

1. 邀請專家學者參與能資源整合技術的論壇。
2. 成立培訓中心，舉辦講習會和觀摩研習會。
3. 研發新的產品與材料，減少處理過程對環境的影響。
4. 強化生態化工業區內各廠商有關環保、資源化、節約用水、節約能源等技術能力。
5. 培植國內關鍵性能資源整合設備之專業人才。
6. 建立環境監測系統，分析工業區相關產業活動對環境品質的影響。

(五)建立夥伴關係：缺乏區域能資源整合中心廠，將無法形成火車頭帶動效益；缺乏整體鏈結網絡規劃，供/需廠間也將無法順利媒合。能資源整合的成功關鍵在於有規劃地將利害相關者的對話轉移成夥伴關係。

1. 建立合作機制，廠商、政府與民眾推動共同環境管理計畫。
2. 透過核心計畫團隊和自願參與廠商的共同合作，開發其他的參與者。

(六)環境教育：

1. 建立與 NGO 合作機制。
2. 建立零廢棄物教育中心
3. 加強宣導。
4. 提供技術訓練與資訊。

表 2 工業區能資源整合推動策略、做法與案例介紹

策略面向	推動做法	案例
執行行政協調與管制	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 設置能資源整合組織或中心：設立能源供應中心或資源利用中心或公用水及資源調度中心，針對供應鏈上下游之廠商，主管機關可邀集協商並提供供需媒合服務。 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 歐洲丹麥科倫德堡為了滿足產業共生體系對於資訊需求，資訊中心工作範圍包括蒐集、協調、溝通產業共生體系及安排 ➢ 日本北九州生態城鎮（Eco-Town）政府單位監督管理園區規畫設置與進駐廠商之審核。 ➢ 位於加拿大東岸 Nova Scotia 省的 Burnside Industrial Park，區內事業部包含製造業、營造與建築業、組裝業、行銷與服務業、零售業以及其它商業服務。1992 年此園區成立了 Eco-Efficiency Centre，由中間機制提供資訊，並設定標準來檢定廠商在廢棄物相關作業方面的表現。
	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 建立使計畫永續推行的法令 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 丹麥科倫德堡政府提供所需的水、電及熱等能源及相關法規監督，加強企業資源化誘因。 ➢ 以我國為例，下列法令有助於我國工業區推動能資源整合 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 《空氣污染防治法》：高排碳鍋爐及製程設置嚴謹管理；亦促進節淨能源使用。 ✓ 溫室氣體減量法(草案)：排碳總量管制與交易，促成廠商實質減碳。 ✓ 能源稅條例(草案)：促進消費行為改變，促進源頭徵收。

策略面向	推動做法	案例
		<ul style="list-style-type: none"> ✓ 《環境基本法》：為實現環境政策法治化，促使環境保護及經濟發展兼籌並顧；且國民、事業及政府應共同負起環境保護之責任。 ✓ 《能源管理法》：提高能源效率。 ✓ 《再生能源發展條例》：推廣再生能源利用，增進能源多元化，促進能源結構改變。
強化經濟誘因	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 提供完善之財政或稅制上的優惠予補助給工業區的進駐廠商。 ➢ 提供相關技術及設備租用之寬厚條件。 ➢ 建立廢棄物清單及環境成本會計制度，以獎勵資源回收，並抑制廢棄物的產生。 ➢ 訂定合理價格，提供廠商減少及回收利用廢棄物的誘因。 ➢ 提供能資源整合應用技術研發示範補助、融資貸款。 ➢ 鼓勵資源再生技術改善。 ➢ 成立碳交易平台，使能資源整合所獲得的碳減量，提供實質交易機會。 	<p>日本北九州 Eco-Town:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ 於法令層面為地方政府應提供財政或稅制上的優惠與補助給工業區的經營者及進駐的廠商。 ➢ 政府提供經濟、土地等方面的協助及多項設備和營運機具的優惠補助措施，並提供經費協助園區設置。 <p>丹麥科倫德堡:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ 政府提供所需的水、電及熱等能源，加強企業資源化誘因。 <p>我國:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ 環保署於 2002 年引進生態工業園區的概念，利用閒置工業區作為使用地點，透過補助地方政府及進駐廠商經費的方法，以設立環保科技園區。

策略面向	推動做法	案例
資訊建置	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 建立工業區各廠商之原物料使用、能源使用、產品量、流向、廢棄物處理等相關資料庫。 ➤ 建立物質交換電子工作網，利用網路快速、流通特性，交換各物質。 ➤ 建立各類原物料與資源再生產品耗能與碳排放係數資料庫。 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 澳洲昆士蘭的 Synergy Park 生態化工業區設立了極佳的物流管理系統，與中央倉庫做結合，當產品在市場上被消費時，刷條碼後會將消費資訊傳回系統，若某地區對某一商品的消費數量較多，則可一次運送較多的數量，省去多次運送補貨所花費的運輸成本。 ➤ 我國臨海工業區與麥寮六輕廠，利用資源化鍵結的概念建立園區的廢棄物資料庫，以便廠商可以清楚了解上下游可利用的資源項目、流向及數量。
技術輔導	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 邀請專家學者參與能資源整合技術的論壇。 ➤ 成立培訓中心，舉辦講習會和觀摩研習會。 ➤ 研發新的產品與材料，減少處理過程對環境的影響。 ➤ 強化生態化工業區內各廠商有關環保、資源化、節約用水、節約能源等技術能力。 ➤ 培植國內關鍵性能資源整合設備之專業人才。 ➤ 建立環境監測系統，分析工業區相關產業活動對環境品質的影響。 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 我國積極推動高效燃燒技術、汽電共生系統、鍋爐裝置及廢熱回收技術，以協助產業降低自身能源耗用與能源密集度。 ➤ 日本 Eco-Town 是由產、官、學界共同合作開發，並成立特地機構主導技術研發工作。另外亦針對掩埋場、底灰、廚餘類及廢塑料進行各項研究實驗。
夥伴關係	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 建立合作機制，廠商、政府與民眾推動共同環境管理計畫。 ➤ 透過核心計畫團隊和自願參與廠商的共同合作，開發其他的參與者。 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 我國臨海工業區的推動方式即以環保署主導、工業局協辦，並邀地方環保局共同參與。 ➤ 位於加拿大東岸 Nova Scotia 省的 Burnside Industrial Park，透過年度表揚大會表揚達成成效的廠商，並且提供其作法讓其它廠商參考。

策略面向	推動做法	案例
環境教育	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 建立與 NGO 合作機制。 ➤ 建立零廢棄物教育中心 ➤ 加強宣導。 ➤ 提供技術訓練與資訊。 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 日本北九州生態城鎮（Eco-Town）環境政策理念為對區域內的居民進行啟蒙的環境教育，利用政府的綠色採購或綠色公共工程之建設，達到市場推廣之目的。

伍、結語

推動能資源整合降低了原物料及能源之消耗，可減少環境負荷並創造節能減碳效益與經濟效益，實為增進我國產業整體生產力、綠色競爭力與創造循環型社會體系的重要途徑。

未來我國推動工業區能資源整合的重點工作包括辦理區域能資源現況調查及分析、推動區域能資源整合鏈結、推動產業能資源使用最佳化、研析能資源整合推動策略及管理機制、推動設立區域能資源中心、提升能資源產業高值化及能資源整合宣導與推廣。後續宜適時研修各項政策及法令，並藉由獎勵補助方式，以更積極的行動提昇產業參與意願。

參考文獻

1. 中興工程顧問股份有限公司(2010),「工業區能資源整合推動計畫簡介」簡報檔案。
2. 王鑑恆(2002),「共生「鏈」——我國生態化工業園區之建立」,《能源報導》,6月號,11-13頁。
3. 林財富、柯明賢、吳重霖、李素珠(2003),「世界主要國家生態工業區之發展現況介紹」簡報檔案。
4. 花建佑、劉建民、詹尚文、顏鳳旗(2012),「協助工業區廠商推動能資源整合之成效」,《永續產業發展》,58,13-22頁。
5. 巢志成、沈明展、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頁。
6. 巢志成、蔡啟明、劉建民、陳彥全、顏鳳旗(2010),「產業的綠色轉型--臺灣生態化工業區發展的現況與展望」,《永續產業發展》,52,31-39頁。
7. 張怡怡、田慶宗、劉子瑜(2008),「推動零廢棄全回收之管理機制:生態化工業區」,《產業永續發展科技研究規劃》,416,32-38頁。
8. 曾志雄(2012),「我國既設工業區能資源整合推動策略及作法」,《永續產業發展》,58,5-13頁。
9. 溫肇東(2001),「未來工業區的形貌初探-各國生態工業區的案例研究」,環境教育國際學術研討會論文集。
10. 經濟部工業局(2012),「工業區能資源整合運作機制與案例彙編」,經濟部工業局。
11. 蔣本基(2007),「國內生態化工業區推動策略」簡報檔案。
12. 蔣本基(2008),「生態工業區資源循環鏈結策略推動」,《永續產業發展》,38,17-27頁。
13. 蔣本基(2010),「溫室管制之永續發展政策:建置生態工業園區」簡報檔案。

14. 蔣本基、潘述元、劉毅弘、張怡怡、談駿嵩、馬小康(2012),「國內推動區域能源整合之策略」,《碳經濟》,27,2-8 頁。
15. 蔡惠民(2002),「獨「E」無二——生態化工業園區不是夢!」,《能源報導》,6 月號,7-10 頁。
16. Cote, R. P. and Cohen-Rosenthal, E. (1998), *Designing eco-industrial parks: A synthesis of some experiences*, *Journal of Cleaner Production*, 6: 181-188.
17. Frosch, R.A. and Gallopoulos, N.E. (1989), *Strategies for Manufacturing*, *Scientific American*, 144-152.
18. Graedel TE, Allenby BR (1995), *Industrial Ecology*, Prentice Hall / AT&T, New Jersey.
19. Lowe, Ernest A. (2001), *Eco-Industrial Handbook for Asian Developing Countries*. Prepared for the Environment Department, Asian Development Bank. (available at www.indigodev.com/Handbook.html)
20. President's Council on Sustainable Development (1996), *Eco-Industrial Park Workshop Proceedings*, Virginia : Cape Charles,(<http://www.whitehouse.gov.tw/PCSD>)