

產業永續發展

顧 洋

國立台灣科技大學 教授

一、前 言

回顧國際自 1960 年代中期開始發展的環境保護運動，其實就是對經濟快速發展造成環境破壞的反省，也因此環境思潮已逐漸形成一種新的社會認知及規範。尤其面對近年來臭氧層破壞、溫室效應、酸雨、熱帶雨林的消失及沙漠化等全球性環境問題的不斷產生，不只對自然生態造成了極大的破壞，也造成人類社會經濟極大的損失，使人類開始體會到，理想的國民福祉（wellbeing）應同時兼顧發展和環保的平衡，唯有確保環境生態資源的永續穩定，才能達到產業的永續發展。許多國家都曾樂觀的期望同時達到經濟發展和環境保護的目標，即以國內來說，自 1970 年代以來，一直維持高經濟成長對創造國民財富有具體的貢獻，但卻由於環境負荷過高、水土資源不當使用，造成了環境品質的惡化和不斷發生的公害糾紛。而昨是今非的檢討批判都顯示了過去「鋸箭式」的環保策略，似乎並不易達成「環境保護與經濟發展兼籌並顧」的樂觀期望。因此展望未來環境觀念之演變，將對產業遠景有相當深遠的影響。以往追求資源無限制使用的經濟成長，勢必危及自然環境與人類社會的平衡運作，因此在科技水準尚無法徹底解決資源及能源再循環的問題前，傳統產業發展和產品消費觀念勢必改變，以節用資源及保護環境。

從環境規劃的未來發展趨勢來看，傾向於以建立完善的环境管理系統，配合技術研發和經濟誘因來有效執行環境政策，而政策的形成則匯集了各類利害相關者的參與，以免決策權被少數所謂社會菁英壟斷，並滿足民眾對環境資訊知的權利（Right to know），共同規劃環境資源的公平使用（Access to resource），並做出符合長遠利益的決策，達成環境永續之目標。

二、產業永續發展的理念

產業永續發展的推動，係將產業的本質依循自然生態的原則，重新定義產業的功能及運作的法則，以增加人爲產業系統與自然生態系統的相容性，進而深入探討產業的功能和活動，以減少自然資源浪費及降低污染的產生。

由於產業永續發展需要建立在人與自然之間和諧的基礎上，因此特別強調領域之整合及參與，以提供產業經營及生態保育的共同價值，因此安全、低污染、省資源、高效率等要項，已成為未來產業亟應發展的方向。近年來國際間陸續簽訂的公約或協議，以及民間環保及消費團體的期望，在在顯示了產業與產品的訴求，必須涵蓋經濟與環保二個層面。因此，環境保護和產業發展之間的互動，可以概分成短中長三個不同的階段來考慮：

- 短期階段：產業發展應考慮預防改善或解決目前迫切性的環境威脅，以減低環境污染問題及維持環境涵容能力爲導向，以保障生存爲目標。
- 中期階段：產業發展應考慮充分運用有限之資源與空間，以提昇資源與空間利用效率爲導向，以延續生存爲目標。
- 長期階段：產業發展應考慮重新調整建立人類與環境的關係，全面改善工業技術以徹底解決環境污染和資源匱乏之問題，達到永續生存的目標。

三、產業永續發展的方向

產業永續發展可大致分爲環境管理、產品設計、生產製程、資源回收和環境技術等五個方向來討論。

1.環境管理方面

面對環保法規和社會期望的不斷改變，產業環保議題的焦點，已由製程污染延伸到對工廠/公司經營、產品設計和供銷系統的環境效率考量。有效的環境管理是產業推動永續發展的前提，代表產業開始以有

系統有規劃的方式來面對各種已發生或將發生的環境問題，近年來國際間多項環境管理系統標準，如 ISO 14000，EMAS，BS7750 等的積極推動，在在顯示了未來產業界建立環境管理系統的必要性，而相較於傳統的企業管理和品質管理，環境管理在產業結構中也逐漸被認為是一種不同的管理技巧。產業環境管理的主要活動包括以下四項：

- 決策及規劃：產業的環保活動須有明確的產業環保政策作為依據，而環境政策的建立則應考量產業的特質和理想，再依據環境政策規劃完整的執行目標和方案來降低各種產業活動可能造成的環境影響。
- 稽核和審查：對以執行方案的績效應有確實的稽核系統來評估其是否符合既定目標，而稽核工具則依不同的需求層次，
 - (1) 對生產製程而言，應選擇完整物種即能源流動對查核程序，以建立最佳可行環境方案(BPEO,Best Practical Environ. Option)或最佳可行技術(BAT,Best Available Technology)為努力方向。
 - (2) 對產品而言，選擇以生命週期評估(LCA)為依歸的稽核工具。
 - (3) 對企業而言，可依相關資料彙整成環境報告(CER,Corporate Environ. Report)，開放社會大眾對企業環保表現的評價。
- 管理機制：收集相關產業的環境資訊之後，應視狀況以建立不同層次之方案，並列入管理；而在方案的內容則須考慮產業內部之權責分工、資源投入和進度目標等要求。
- 溝通與教育：產業永續發展的重要基礎，在於各種環境利害相關者對產業的評價與期望，因此產業必須建立有效的對外溝通管道，以了解甚至調和各界不同的看法；而對產業界內不同工作性質的同仁，則應加強與其工作相關的環境認知教育，以使其充分了解產業的環保政策及本身的定位。

2. 產品設計方面

因應永續發展的挑戰，產業針對產品的設計應以「為環境設計(DfE,Design for Environment)為導向，著重於降低產品個生命週期

階段所造成的環境衝擊，其具體的發展方向包括：

- (1) 產品替代:對於造成嚴重環境衝擊的產品，未來將面臨更多的強制或誘因手段限制其使用，產業界將必須積極發展替代產品。而替代產品發展的先決條件，是在降低環境衝擊的前提下，維持品質及功能至少應和原產品相當，才能誘導消費行為，達成環境保護的目的。
- (2) 產品經濟化:為使產品在製造及使用時所造成的環境衝擊降低，產品的設計應朝向小巧而有效的方向進行，以期使用較少的資源與能源，而仍能提供生活需求。另一方面產品的設計，亦應改變過份強調個性（小眾）產品的開發趨勢，朝向大眾產品的開發生產，提昇整體資源使用效率。
- (3) 產品耐用化:產品使用壽命的延長，可以大幅降低生產製造和使用後拋棄時資源的耗用及污染的產生。過去幾十年以來，許多拋棄式產品的開發應用，帶來人類上的便利，也產生了大量廢棄物。因此隨著未來消費習慣的環保化，業界應考慮耐用且易於修護及功能擴充之產品。
- (4) 產品可回收化:經過消費使用後的廢棄產品，若能經過適當的拆解處理後再行回收再製，可大幅降低對環境的衝擊，因此零件及產品等之設計，應考慮其材質規格及結構的簡化，以提高相容性及可拆解性，進而促進回收與再利用。
- (5) 產品材料環保化:許多材料在自然環境中之毒性和持久性，造成其廢棄後分解困難，因此材料的環保考量為近年來的重要研究方向，以期使產品材料能儘速在自然環境中分解，回歸物質循環體系，但分解後副產物之安全性及安定性則應進行詳細的探討，以免造成自然生態系統的傷害。而包裝材料與技術的改進，亦應優先列為技術發展的重點，以達到資源節用和污染減量的目標。

3.生產製程方面

生產製程技術方面的發展，應朝向清潔生產（Cleaner Production）

的方向努力對於既有的產業製程可藉由原料操作管理的改善，及原料/設備/製程的改進而達到製程的污染預防的目的；對於新產業科技的開發，則應儘量確實了解其環境衝擊並預作規劃。

- 操作管理的改善:對產業的現況而言，因為執行成本最低，這是最易被產業界接受的方式，而其工作項目包括了操作步驟和條件的調整，操作人員的訓練，物料的管理，以及洩漏預防（Loss prevention）等。
- 原料/設備/製程的改進:一般來說，產業須作較深入的探討和評比，以了解不同改進方式對環境的既存和潛在影響之後，才能進行原料/設備/製程的改進，及執行內容則包括了原料/設備/製程的選擇和控制自動化等。
- 新產業科技的開發:新產業科技的發展應用，對生態環境可能造成的衝擊，在事前難以評估，而在新科技發展與環境衝擊的爭議上，最明顯的例子就是核能技術和生物科技的發展。從環境保護的觀念來看，對大型集中化的所謂「先進科技」的發展與應用持較保守的態度，而小型分散化的所謂「適切科技」（Appropriate technology），由於易於操作並可配合目前社會的管理水準，可以避免應用大型新科技可能造成的社會資源的龐大損失甚至於環境生態災難。因此面對環境理念的持續發展，科技的發展應重新定位並加強其風險控制。

4. 資源回收方面

資源回收工作長久以來總是人類社會的邊緣活動，而其推動的出發點，並不是為了解決環境污染問題，而是為了獲取回收資源所產生的利潤。但是，資源回收的推動是資源保育和環境保護工作中必要的一環，因此資源回收必須逐漸脫離傳統落後的邊緣運作方式，成為有效經營的企業。目前資源回收工作的進行，是由收集者（可能是個人、政府機構、以及私人營利或慈善機構）四處收集，經簡單分類再售予經售者，經售者將廢棄物收集處理後，再售予回收資源的使用者。目前資源回收業基本上是買方市場，收集者和經售者必須隨時調整供需，配合使用者的需求。近年來，由於環保意識的覺醒，民眾對於資源保育的觀念重視，使回收資源的收集供應量增加，但是回收資源的需求

市場並沒有相對顯著提高，造成回收資源可能最後仍是廢棄物，因此，需求市場的存在是決定資源回收成敗的關鍵，必須要有市場的吸收，回收資源才有價值。

以回收資源的使用型式來分，資源回收可概分成三種：一級回收、二級回收和三級回收。某些回收資源如廢銅鐵、廢金屬等，可以回收成為和原來相同的產品，因此稱為一級回收。另有一些回收資源則被製程等級較差的產品，如廢紙、廢輪胎、廢塑膠的再加工等，稱為二級回收。若回收所得資源形式和原來性質完全不同，則稱為三級回收，如廢塑膠的裂解、以及焚化回收熱能等，由於產業的技術發展，長久以來一直是以自然資源為原料，因此自然資源的採集、生產和製造技術發展迅速，使成本不斷降低。而資源回收技術，由於產品附加價值低，除了一級回收之資源具競爭力外，其他二、三級資源回收技術則較不易發展，大都回收效率及品質不佳，二次污染問題不易解決，而且營運成本亦高，經常需依賴補貼方式來推動。因此資源回收相關技術的改善將有助於降低回收資源的成本。

理想的回收資源再利用系統，係以所謂「生態化產業體系」觀念出發，針對產業的資源和能源使用特性，發展出產業共生體系(co-industry)以區域化整合的方式實現永續發展的目標。當然，探討特定產業間的整合策略，仍需要利用具體的評估方式進行，回收產品的推廣必須要配合周詳的市場開發、行銷計畫，才不致成為「再製垃圾」。

5.環境技術方面

產業之環境技術策略，未來應著重於對環境之認知、保育以及適應等相關工作的推動應用，以了解、保存甚至協助增進自然生態的循環功能。

- (1) 環境資源及涵容能力的探勘及監測：產業應發展並運用適當之探勘及監測技術，了解所使用的生物或非生物資源在自然界存在的狀態（包含質和量）及其在環境中轉換情形，以規劃適當的環境保育及資源利用策略。對可再生資源，嘗試建立其永續產量（Sustainable yield）；對不可再生資源，則嘗試了解其節用可行性、可利用期限及資源取代性。而對環境受體則應

了解其對各種污染的涵容能力，已保障生態環境系統的穩定性。

(2) 污染防治與環境復育:自然生態系統的穩定，係由以下幾種方式達成：化學反應（如分解沈澱等），生物分解和物理相轉換（如吸附溶解等），其中並仰賴於生產者、消費者和分解者功能之間均衡；人類社會產生的廢棄物，在過去幾乎完全仰賴自然生態系統分解功能，直至二十世紀以來，才發展環境工程技術，以人為方式進行已產生之污染物的分解及轉換。產業面對來源、質量日益複雜各種型式污染，其監測、預警、診斷及處理處置技術必須持續開發，以解決產業或人為活動所造成的環境污染，以遏止其造成自然環境生態機能的惡化。而污染處理處置技術之應用，也須注重對環境友善（Environmental friendly）的考量。對於已發生污染問題之環境受體（如水體及土地之污染），產業亦須發展並應用適當之整治及復育技術，以恢復其原有之環境機能，而相關環保技術開發，未來亦將推動環保科技相關產業的蓬勃發展。

(3) 環境變遷之因應:產業應探討環境變遷（如溫室效應、酸雨、資源耗竭等）對產業發展及自然生態可能造成影響，一方面應儘量避免或減緩環境變遷現象的發生，另一方面則應積極開發適當的環境因應技術，如水土資源管理、能源管理及防蝕等技術的改進，以調整目前產業發展與環境生態間的不和諧關係。

四、結 論

產業的發展有賴於潔淨而安全的環境，在民眾環保期望下，近年來國內產業的污染狀況已有相當顯著的改善，相信未來產業的形象及發展，仍將有賴於業界調整過去被動反應（Reactive）的態度，改以主動前瞻（Proactive）的方式因應環境議題。而現今以自然資源使用為導向的掠奪式生產體系，未來可能配合以技術為導向的分散式產業服務體系及資源回收利用產業體系的發展，逐漸從環境疏離到環境歸屬，進而建立完整的生態共生化產業體系。因此環保工作的推動，將不是產業發展的阻礙，而是工程專業參與的延伸。產業永續發展是外表單純

但內容多元的理想，因此要有前瞻的規劃、周延的策略、健全的制度、可行的工具，亦須要落實的執行，具體的考評和適時的調整。值此國內社會轉型之際，爲了使產業發展能兼顧環境保護，有賴民、產、官、學各界建立共識共同努力，掌握先機與先行優勢，積極推動相關策略及技術的研究發展，並使之落實於本土生產技術及產品銷售方式的改變，以達到世代公平及永續發展的目的。