

環境規劃與管理類

以生命週期思維建立褐地再利用之永續 衝擊評估資料庫及管理平台

楊博傑*、陳怡君**、馬鴻文***

摘 要

在世界各國追求工業發展的同時，受污染土地數量隨之增高，我國地狹人稠，如何將褐地恢復至可再利用的程度為一重要課題。「褐地」一詞首見於英國，其定義在各國與各組織間皆略有不同，本研究參考國外經驗並結合臺灣污染土地現況，建議適用於我國的褐地定義為「列管中之場址與高污染潛勢土地」；同時，本研究以生命週期思維(Life cycle thinking)考量褐地再利用於 25 年內對環境、經濟及社會衝擊之影響，此評估方法可配合總體國土永續發展計畫，選擇最佳開發方式，解決土地不足問題，並確保土地再利用之永續性。

褐地再利用可分為整治、開發及再利用 3 大階段，本研究以褐地再利用生命週期過程，考量 25 年期程中永續衝擊評估指標，包含碳排放量、用水量、淨效益及益本比 4 大評估指標。其中，於整治階段參考永續整治論壇(Sustainable Remediation Forum, SuRF)發展的永續整治評估工具，建立檢核表，若該褐地為列管土地而需進行整治，則整治前應參考此表建議設計整治行動，確保在解決污染的同時，亦降低整治過程中的衝擊。此外，本研究篩選整體褐地再利用 3 大階段之評估關鍵因子，提供住宅、商業、工業及公用 4 種不同再利用情境計算，並建立資料庫以協助決策

152 以生命週期思維建立褐地再利用之永續衝擊評估資料庫及管理平台

者評估褐地再利用之永續衝擊影響，以及建立決策管理平台，以環境、經濟及社會3面向進行不同再利用方式評估，提供決策者篩選優先褐地再利用場址評估工具之參考。

【關鍵字】 褐地、永續整治、資料庫、永續衝擊評估、生命週期思維

*財團法人工業技術研究院綠能與環境研究所 副研究員

**財團法人工業技術研究院綠能與環境研究所 研究員

***國立台灣大學環境工程學研究所 教授

一、前言

自二十世紀以來，工商業社會急速發展，土壤與地下水污染日益嚴重，大量的污染土地存在於都市及其周邊地區，導致人口外移、工作機會及稅收減少與治安惡化等問題，而在全球人口持續增長下，土地需求日益漸增，如何將廢棄褐地活化，重新再利用土地，並於此過程中實踐永續發展精神儼然已成為一重要課題。過去傳統的污染處理技術以快速去除污染物為目標，多為高耗能工法，雖可達到保護環境及人體健康的目的，但於整治過程中的能資源耗用卻對環境產生衝擊，其結果未必全然正面，因此於褐地整治時，應盡量採用永續整治，亦即於整治行為中，儘可能降低其生命週期中對環境、經濟及社會之影響，於重新再利用土地時兼具永續性，創造環境保護及經濟利益雙贏。

我國目前約有 3,000 筆受污染之列管土地(土基會, 2016)，土地閒置下無形中造成資源浪費，褐地問題若得解決，一方面可清除污染物保護環境；同時重新活化土地舒緩我國地狹人稠之困境，創造經濟效益。惟褐地數量過多，若要全數進行整治恐無法負荷；因此，透過本研究建置之評估資料庫可協助決策者篩選優先開發場址。為達上述目標，本研究擬定研究流程下圖 1，首先，透過了解國內外褐地再開發現況，及其用以評估褐地開發環境及經濟效益之方式，篩選我國褐地評估關鍵因子以評估再開發褐地之衝擊與效益；其次，依關鍵因子考量範疇，參考國外永續整治論壇(Sustainable Remediation Forum, SuRF)之永續整治評估工具，建立生命週期思維檢核表，協助設計永續整治方案，並建立環境衝擊評估資料庫以協助決策者篩選及評估開發褐地的適宜性；最後，建立管理平台，運用使用者評估場址案例及決策結果，回饋管理平台資訊，持續改善擴充評估資料庫。

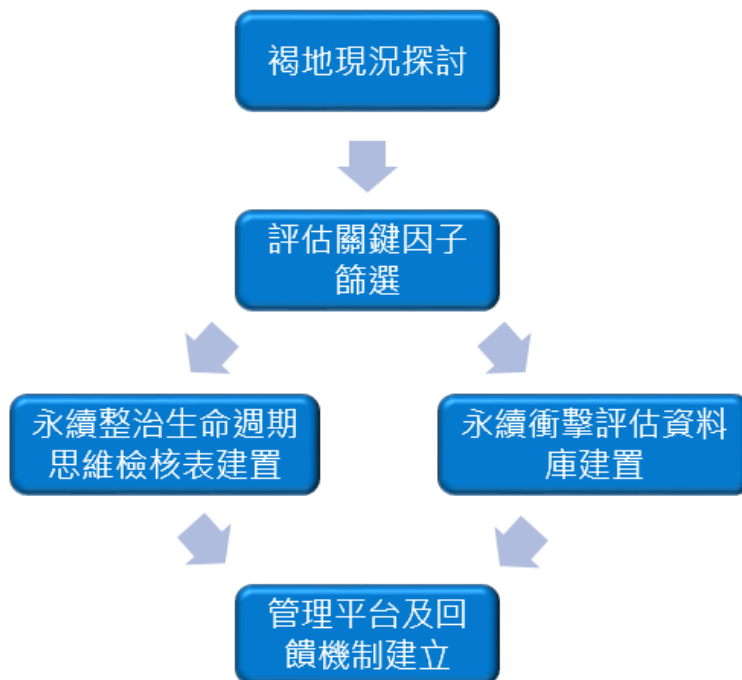


圖 1 研究流程圖

二、褐地與永續發展

自 1978 年聯合國世界環境與發展委員會(World Commission on Environment and Development, WCED)提出永續發展定義後，現已成為各國持續努力的目標，永續發展應考量環境、經濟與社會 3 個層面，就環境層面而言，主張人類與自然和諧相處；就經濟層面而言，主張建立在保護地球自然系統基礎上的可持續經濟成長；就社會層面而言，主張公平分配，以滿足當代及後代全體人民的基本需求。近年來由於污染土地數量日益增多，褐地再利用成為各國關注議題，如何於整治至再開發利用過程中實踐永續發展之精神，並選擇最適宜開發之褐地則是本研究重點。

褐地(Brownfields)一詞乃是相對於未開發使用的綠地(Greenfields)而言，各國及各組織對其定義略有不同。該詞首見於英國，意謂已開發的土地，目前被廢棄或閒置，只有在移除化學或廢棄物的風險、廢棄設備或不穩定的問題後方可再發展

(Otsuka, 2013)；歐盟將褐地定義為目前被遺棄的土地，受先前使用影響而有潛在或真實的污染，通常位於都市並且需要介入才可重新引進經濟通路；德國定義為在都市中低利用的建築及區域，需要再開發及裝修；法國則以先前已開發的空間，目前暫時性或確定被遺棄且為了未來需求需要被再生；荷蘭的定義則是過去曾有工業活動的城鎮或城市中的區域，但目前並未被使用(CABERNET, 2007)。美國則將之定義為真實的不動產，因存在或可能存在複雜的有毒物質、污染源或污染物，影響其擴張、再發展或再利用(USEPA, 2002)。綜合上述，褐地應包含過去已開發、受到污染、廢棄及閒置等 4 要素，同時也隱含再利用、再開發之期許。因此，環保署於 103 年委託台灣大學研究且彙整國外定義並結合我國污染土地現況，建議適用於我國現況的褐地定義為「列管中之場址與高污染潛勢土地」(馬鴻文, 2014)。

褐地問題影響層面甚廣，包含環境、經濟、社會 3 面向，就環境面而言，污染物傳輸擴散可能危及人類健康及環境，損耗自然資源；就經濟面而言，褐地存在將減少稅收，抬升失業率，同時限制經濟的發展，致周遭土地貶值；就社會面而言，褐地會成為治安死角，吸引犯罪者及非法活動，造成城市衰敗、鄰里關係惡化，社區生活品質受損，形成警力和消防等公共資源的壓力。若能使褐地再利用，除可解決上述問題，亦將產生許多效益，針對褐地再開發所致之正面影響彙整如表 1 所示。於環境面，可減緩都市擴張，保存綠地，保護自然資源並減少溫室氣體的排放；經濟方面，褐地再開發可以使用原有土地及基礎設施，動員人力資源以改善都市結構，增加公共及私人收入；於社會面則可提供新的住宅用地，讓閒置土地改建為社區的活動中心，提升社區鄰里品質，並減少非法活動，同時增加工作機會，有助於重新引進經濟活動(British Columbia, 2008)。

表 1 褐地再利用的正面影響

環境面	經濟面	社會面
<ul style="list-style-type: none"> 減少都市發展對綠地、農地開發的依賴，保護自然資源，平均每開發 1 公頃的褐地即可防止 4.5 公頃的綠地受到開發。 藉由減少都市擴張以削減溫室氣體排放，增加土壤及地下水品質。 創造新的綠色空間及生物棲息地。 	<ul style="list-style-type: none"> 藉由再開發空閒或低利用的土地，增加地方稅收及經濟成長。 提升再開發的褐地周遭土地價值。 成為周遭土地及其他褐地再開發之催化劑。 	<ul style="list-style-type: none"> 提供新的住宅用地及綠色空間。 將都市褐地轉換為社區活動交流中心。 移除廢棄建築及空地，避免吸引違法活動，以利大眾安全。 增加地方工作機會。 重新引進居民及商業活動到核心都市地。

褐地得以重新再利用須將潛在污染危害清除，並降低整體衝擊，才可落實永續整治之精神。2009 年美國永續整治論壇(Sustainable Remediation Forum, SuRF)將永續整治定義為「透過整治實踐，考量環境、經濟與社會指標，在整治行動造成的衝擊與效益間達成可接受的平衡」，2011 年永續整治架構亦以程序為基礎，於整治系統中導入永續性概念(Holland et al., 2011)，如下圖 2。

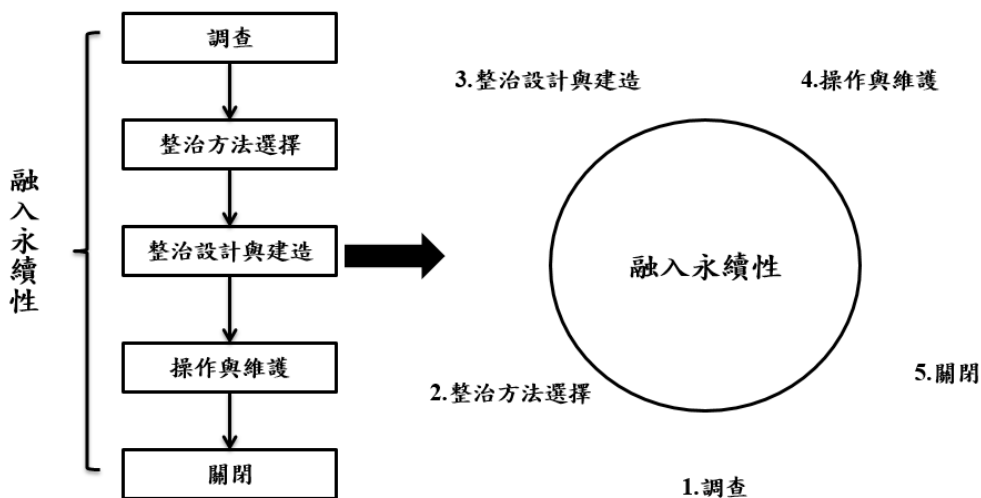


圖 2 永續整治架構概念圖

在此永續整治架構中，將整治行為分成調查、整治方法選擇、整治設計與建造、操作與維護及關閉 5 大階段，每個利益相關者或整治過程的參與者，都需於上述過程融入永續思維，且須隨時回顧前一階段的永續參數及其所造成的影響，俾對場址的下個階段或未來的整治執行進行更具永續性的改善。各階段應考慮之永續性說明如表 2 (Holland et al., 2011)。

表 2 永續整治框架各階段應考慮之永續性說明

整治階段	說明
調查	<ol style="list-style-type: none"> 1. 整治執行者需確認衝擊介質、關切污染物及對人體健康與環境的潛在風險。 2. 確認計畫的目標及範疇，並考慮利益相關者關注的事項。 3. 在這階段與利益相關者接觸，並在決策程序提供建議。 4. 場址調查工作應取得與場址影響相關的永久參數。 5. 有效率地蒐集資料與分析。 6. 在工作計畫與實行過程中須考量永續性。 7. 依據取得的資料建立暫時性的 conceptual site model(CSM)。
整治方法選擇	<ol style="list-style-type: none"> 1. 使用調查階段取得的資訊以評估各種整治技術的可行性。 2. 應先考慮場址的最終用途與未來使用，並將保護人體健康與環境納入考量。 3. 這個階段的結果應選取最平衡且包含永續性考量的技術。 4. 在這階段取得的資訊能改善 CSM，並定義在場址管理最適合的方法。
整治設計與建造	<ol style="list-style-type: none"> 1. 整治執行者在這階段設計方法和技術並應用於此場址，包括在設計中整合永續性參數。 2. 確保永續性參數可在後續最佳化及管理持續進步。 3. 應記錄設計、建置及操作階段，每個階段皆應達到永續性。 4. 設計建置過程中即須考慮後續的操作與維護階段，並持續監測。 5. 在設計階段所建立的永續目標及參數，應進行確認及審視。
操作與維護	<ol style="list-style-type: none"> 1. 整治執行者應隨場址情況的改變或整治技術的進步而持續增進系統的永續性。
關閉	<ol style="list-style-type: none"> 1. 確保達到場址最終用途或未來使用的整治目標，並可被再利用。 2. 確認是否達到場址永續性的目標。 3. 確認是否有任何資訊可幫助未來計畫的永續性。

三、褐地衝擊評估資料庫建置規劃

褐地再開發包含清除污染階段、開發與再利用階段，本研究為確保其過程之永續性，並提供決策者一優先開發決策依據，設計流程如圖 3 所示。首先，需選取場址開發範圍，其可能包含數塊褐地，整體期程須以 25 年為評估範疇並逐一執行衝擊評估；若評估對象為土基會所列管之土地，則需設計整治行為，整治階段須以本研究建立之褐地再開發生命週期思維檢核表進行設計，決策者可參考檢核表設計較具永續性之整治方式，進行整治衝擊盤查；至於非列管土地則直接透過環境背景資訊調查，並利用本研究建置之資料庫進行永續衝擊評估，亦即全面評估環境、經濟及社會衝擊程度如以褐地再開發之衝擊及效益為評估範疇，計有住宅、商業、工業及公用 4 種不同再利用情境之優先開發順序決策參考依據。最後，決策者可透過管理平台回饋機制，持續以案例資料擴充更新評估資料庫。

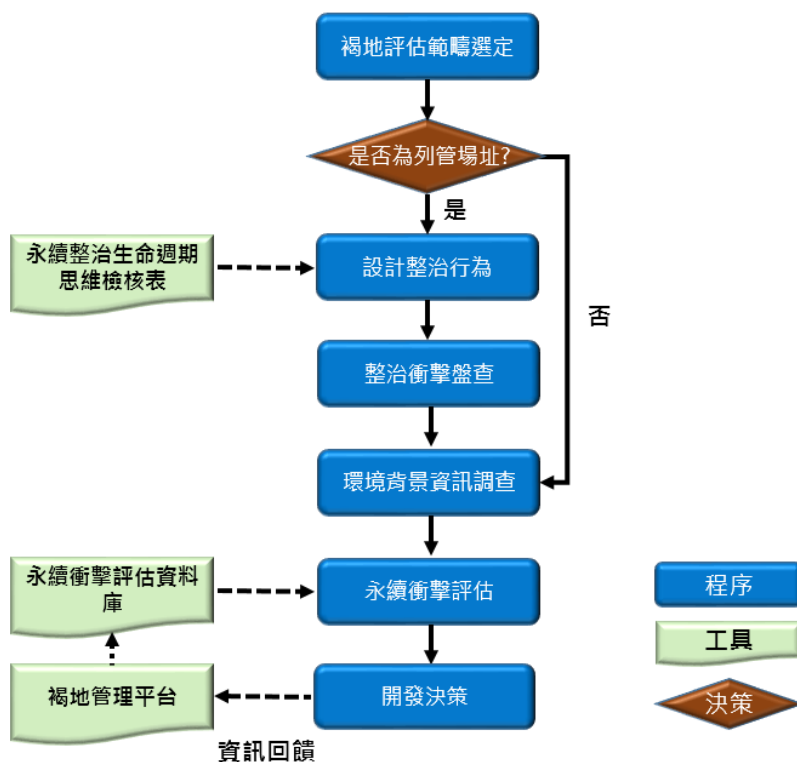


圖 3 褐地永續再開發流程(本研究繪製)

3.1 評估關鍵因子篩選

為協助決策者評估開發褐地產生之衝擊效益，進而判斷各種再利用型態的開發適宜性此，本研究爰以生命週期思維，考量褐地再利用範疇乃自處理污染物的清除污染階段，至場址重新建設並使用土地的開發與再利用階段，以 25 年為一週期，評估其對環境、經濟及社會的影響(馬鴻文等, 2014)。其中，褐地資料庫即針對各關鍵因子進行計算，以評估褐地再利用總體的衝擊與效益。本研究考量評估褐地開發衝擊效益之重要性及可量化性，篩選關鍵因子共 8 項，包括永續整治及開發再利用之能資源消耗、再生能源使用、清除污染成本、地價增值、開發成本、營運收益及工作機會，整體關鍵因子類別與評估範疇如圖 4，各關鍵因子評估範疇說明彙整如表 3。

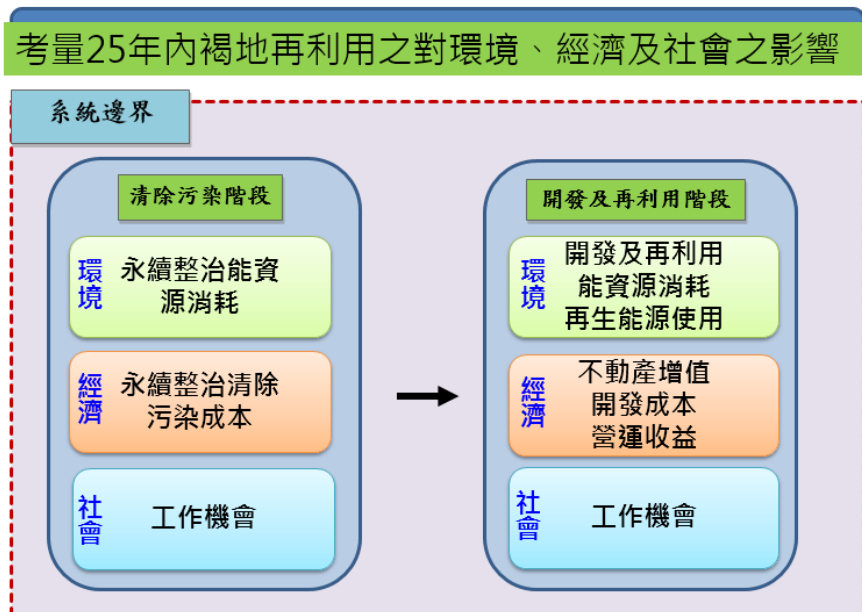


圖 4 本研究關鍵因子之評估範疇

表 3 關鍵因子評估範疇說明

階段	關鍵因子	範疇說明
清除污染階段	永續整治能資源消耗	經「褐地再開發生命週期思維檢核表」設計之整治行為，其於整治階段所消耗能源及資源，以用水量及碳排放量做為評估指標。
	永續整治清除污染成本	經「褐地再開發生命週期思維檢核表」設計之整治行為，移除污染物所花費成本。
	工作機會	褐地整治期間創造出的直接工作機會增加量。
開發及再利用階段	開發及再利用能資源消耗	褐地再開發期間，進行開挖、建物建造等建設行為所消耗能源及資源，以及再利用期間，土地及建物使用所消耗能源及資源。
	再生能源使用	再開發為再生能源用地時，所產生之發電量，其具有減碳效益。
	不動產增值	為計算褐地土地整治前與再利用後兩者的價值增長，除須考量褐地土地現值之外，尚需將再利用後之不動產價值，連同土地一起進行價值評估。
	開發成本	褐地上新建建物之成本，包含建築改良物單價、規劃設計費、廣告銷售費及綠建築營建成本。
	營運收益	褐地再開發後，依照不同使用情境計算其營運收益，住宅以租賃的方式計算獲利；工商業以營業利潤計算；再生能源使用則以再生能源躉購費計算獲利。
	工作機會	褐地再開發及使用期間創造出的直接工作機會增加量。

本研究將根據所選取的場址，分別設定住宅區(住宅大樓)、商業區(商業大樓)、工業區(製造業廠房)中之某一建築物，與公共設施(太陽能板設置)4種情境，並以上述篩選之關鍵因子計算不同再利用型態產生之衝擊與效益，茲就永續3面向之衝擊效益計算方式說明如下(馬鴻文, 2014)。

3.1.1 環境面向

主要評估各階段的能資源消耗以及再生能源生產，最後將關鍵因子計算結果轉換為碳排及用水量 2 大指標呈現。在清除污染階段中，資本財如建築與機器，因可重複使用，通常將其排除於系統邊界之外(Morais et al, 2010；Cadotte et al, 2007)，因此本研究將忽略整治所使用的機器、建築本身的碳排，單純以環境背景資訊估算各整治技術的污染處理量，並利用行政院環保署的「臺灣產品碳足跡資訊網」以及臺灣自來水公司網站，取得全國電力碳排係數與每單位化石燃料的碳排係數，以及生產每立方公尺(噸)自來水的碳排係數，乘以整治每單位土壤/地下水所消耗的化石燃料量、用電量與用水量；於再開發階段，則以建物耗材量乘以其碳排係數計算；再利用階段則考量住戶使用或工商業營業期間的用水用電量，並乘以電力碳排係數換算為排碳量。

3.1.2 經濟面向

評估對象為永續整治花費成本及開發再利用直接及間接帶來之成本效益，最後將關鍵因子計算結果轉換為益本比及淨效益兩大指標呈現。在清除污染階段中，參考美國統整過去整治經驗所列出 12 項常見的土壤整治技術與 9 項地下水整治技術單價(Khan et al., 2004)，以及污染物清除估算量計算，而得出一整治技術成本之平均值，未來若可盤查並掌握我國污染整治業實際整治成本，則可更新為本土化參數；於再開發階段，將考量新建建物型態所帶來之不動產增值收益，以實價登錄進行估算，以及褐地不動產再開發之總成本價格，依據不動產估價技術規則，以成本法方式明確規定，計算項目包括：營造或施工費、規劃設計費、廣告銷售費、管理費、稅捐及其他負擔、資本利息、開發或建築利潤等 7 項建築物成本；再利用階段主要考量營運時期於不同再利用情境下之收益，最後則參考商用不動產折現率（4.75%~6.5%），並以 6% 做為折現率(臺北市政府地政局, 2012)，換算為現值作以益本比及淨效益指標的比較基準。

3.1.3 社會面向

社會效益是指某一行為或措施而致全社會經濟個體福利增量的總和，包含對社會的直接效益、外部效益與間接效益，社會效益的量化評估僅針對最常用以衡量特定計畫或政策的主要績效，本研究係以勞動政策中所關注的焦點項目工作機會，為社會效益量化評估的關鍵因子，進行社會效益的計算，並將其合併於經濟指標，以益本比及淨效益指標呈現。於清除污染階段與開發階段的計算上，將依清除污染專案與開發專案所投入之人事費用，為工作效益之量化值；再利用階段則與營運收益的評估方式相似，為持續性經營所創造出的直接工作機會增加，其受到土地使用方式、商業行為而有所不同，為此本方案將以間接之計算方法，並依行政院主計處工商及服務業普查資料中所公布之各縣市各產業場所單位使用之樓地板面積所能創造之平均從業員工數，乘上褐地開發及再利用之樓地板面積，先行推算產業每年所能創造的工作機會數量，再乘上再利用產業之各縣市各產業之平均每從業員工全年勞動報酬得到再利用階段之工作機會。最後，則需考量折現率換算為淨效益及益本比。

3.2 永續整治生命週期思維檢核表

為使褐地再利用更具永續性，本研究參考國外永續整治論壇（SuRF）之永續整治評估工具(SuRF, 2011)及「永續整治的決策支援系統之建構」（楊博傑, 2013），沿用其概念而建立生命週期思維檢核表，其包含環境、經濟與社會 3 面向評估項目，提供衡量參數及其資料來源與造成的外部效益，並針對如何改善進行指導與建議以及提出可能面臨的挑戰。本研究考量評估關鍵因子考量範疇，將其重整成永續整治生命週期思維檢核表如表 4，其中所列目標及程序選擇為 SuRF 永續整治評估工具所定義，而指導建議則參考「永續整治的決策支援系統之建構」，依據環境、經濟及社會目標，綜合永續整治評估工具及我國適用性所建構。若褐地為土基會列管土地而需進行整治或開發，則應於整治行動前參考此表建議以設計整治行為，確保在解決污染的同時，亦降低整治過程中的能資源耗用。決策者於褐地整治行為前，可參考此表所有改善程序項目，考量實際情形勾選是否採用該項程序，若進行採用需

依照指導與建議進程序改善，或使用符合此表目標的其他不同做法，並盤查實際執行再利用時的能資源、廢棄物、人力及成本等方面的影響，以利進行關鍵因子衝擊評估。

表 4 永續整治生命週期思維檢核表

面向	目標	程序選擇	指導建議	是否採用	實際做法
環境	減少空氣污染排放	使用低污染機械設備	1.改造柴油設備。 2.機械與輔助設備使用清潔燃料。		
		使用污染控制設備	1.現場防塵措施。 2.建造良好污染排放控制設備。		
		減少運輸排放	1.使用離地資材需考量運輸距離與運輸工具載貨量。 2.考慮材料的採購地點。 3.設備考慮由當地租用或採購。 4.建造臨時住宅或現地實驗室，減少運輸里程與成本。 5.雇用當地勞工。		
		採取補償式	1.購買碳補償。 2.植樹。		
	減少水資源衝擊	回收水再使用	1.使用現地或離地處理回收水。 2.對雨水採用最佳管理作業設計以回收雨水。		
		增加使用效率	設計、建置、操作與維護規劃以有效利用水。		
		管理廢水	1.產生廢水需妥善處理，如現地小型處理設備。 2.使用低流量或被動地下水採樣技術避免產生廢水。		
	減少土壤與地面影響	減少佔用土地面積	妥善規劃以減少佔用整治面積。		
	減少廢棄物量	增加回收量	1.使用廢棄木頭或其他廢棄材料於現地道路連結與表面鋪設。 2.再使用廢棄容器。 3.回收其他廢棄物，將有用物質再使用。		
	減少能源及資源使用	增加高效能機械設備	1.使用低排碳機械設備。 2.降低設備閒置時間。 3.提升操作效率。		

面向	目標	程序選擇	指導建議	是否採用	實際做法
		減少資源使用	<ol style="list-style-type: none"> 1.回收資源再使用。 2.使用再生資源。 3.使用最合適的資源做良好的設置。 4.改造現有建築或使用再生建材建造現地辦公室。 5.使用廢棄物(例如：飛灰、拆遷碎片)做為填土、土壤穩定化、道路建設之用。 6.當回收或再使用不可行時考慮採購在地性原物料。 7.使用在地資源(例如：當地廢物回收、商會、庭園)以供應回收物質。 		
		增加清潔能源系統建置	<ol style="list-style-type: none"> 1.現地小型太陽能系統。 2.現地小型風能系統。 3.使用清潔能源供應能源操作或現地辦公室使用。 		
經濟	減少成本	減少能資源成本	<ol style="list-style-type: none"> 1.粉碎現有結構以回收填土材料。 2.考慮建置清潔能源成本。 3.考量材料採購地，包括原物料成本與運輸成本。 4.考量政府是否有獎勵計畫以緩和建造清潔能源系統初始成本。 5.整治最佳化，如注入點、化學藥品。 6.考慮建置清潔能源成本。 7.考量資源採購地，包括原物料成本與運輸成本。 		
		減少採樣費用	<ol style="list-style-type: none"> 1.考慮採樣效用。 2.資料品質保證與控制機制。 		
		減少人力成本	<ol style="list-style-type: none"> 1.雇用當地勞工。 2.人員配置最佳化。 		
	增加效益	增加整治效率	<ol style="list-style-type: none"> 1.採用高效率設備。 2.降低設備閒置時間。 		
社會	增加場址安全性	加強訓練與宣導	<ol style="list-style-type: none"> 1.建立計畫以處理現地廢棄物並減輕廢棄物相關突發事故。 2.加強教育訓練以減少相關事故。 		

面向	目標	程序選擇	指導建議	是否採用	實際做法
		減少員工暴露時間	減少潛在不安全的行為及增加對安全性的關注與設施。		
	促進道德與平等	工業住宿需有綠色認證、計畫與政策證明	向有綠色或永續政策、計畫或經認證的供應商採購材料或設備。		
	減少對鄰近地區與當地影響	減少建材的毒物排放	選用特定材料使排放氣體最小化。		
		增加當地工作機會	雇用當地勞工。		
		減少噪音與臭味影響	1.建造隔音牆。 2.隔離措施。		

3.3 永續衝擊評估資料庫建置

本研究建立的褐地資料庫主要功能為評估褐地於不同再利用情境下衝擊與效益，可以分為資料儲存、計算及結果展示功能，運作程序如圖 5，資料庫架構則如表 5。使用者需先透過整治衝擊盤查及環境背景資訊調查，於褐地模式介面輸入上述資訊後，透過資料庫內建的運算模式，連結儲存關鍵因子參數資料之資料庫，並依三大面向關鍵因子進行自動化計算。

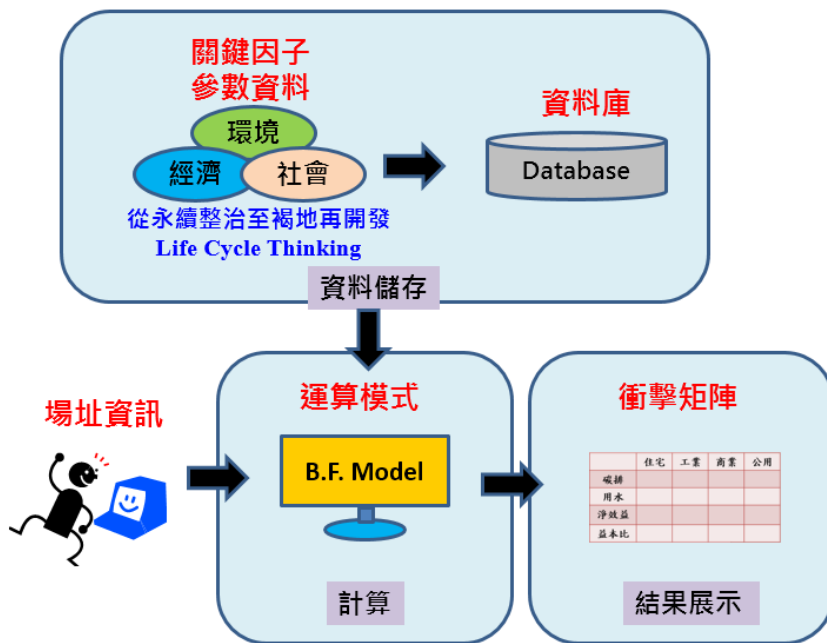


圖 5 永續衝擊評估資料庫運作程序

表 5 永續衝擊評估資料庫架構

項目	內容	細項	資料來源
永續整治生命週期思維檢核表	整治階段永續指導建議表單		模式內建
整治衝擊盤查資訊	場址建置階段 (運輸、場址建置)	能資源耗用、員工數量、 廢棄物產生量	使用者輸入
	整治操作階段 (運輸、採樣、機具操作)		使用者輸入
	監測階段 (運輸、採樣)		使用者輸入
整治衝擊評估資料庫	環境資料庫	排放係數、特徵因子	模式內建
	經濟資料庫	資材單價、人員薪水、政府 補貼金額	使用者輸入
環境背景資訊資料庫	清除污染階段	行業別統計污染物對應表、 整治技術單價期程表、整治 技術環境衝擊表等	模式內建
	開發及再利用階段	各區建蔽率、容積率、建材 碳排係數、實價登錄與公告 土地現值比值、行業別平均 薪資等	模式內建

項目	內容	細項	資料來源
褐地衝擊評估 資訊	清除污染階段	行業別、場址面積、場址 位置、地質特性	使用者輸入
	開發及再利用階段	行政區、位處都市計畫類 別、土地利用方式	使用者輸入
結果輸出	衝擊矩陣		模式估算
	柱狀圖		模式估算

衝擊評估結果係以碳排及用水指標評估環境面，經濟及社會面則利用淨效益及益本比指標評估。為協助決策者依此 4 種指標判斷褐地之適宜開發方式，本研究設計指標分級系統以整合各指標計算結果，藉由比較各指標於各再利用用途，並依其表現優劣分別給予 4~1 分。各指標將設定一基準值(baseline)，當各再利用用途計算結果超過此基準值才給予分數，而超過基準值之再利用用途將由小至大排序分數，基準值設定方式如表 6。例如計算結果為住宅、工業未超過基準值，而公用表現優於商業，則評分方式為：住宅 0 分、工業 0 分、商業 1 分、公用 2 分。最後將結果依住宅、工業、商業及公用 4 種再利用情境以衝擊矩陣計算，後續則可以利用地理資訊系統(GIS)，製作褐地地圖(Brownfield Maps)，以呈現不同土地用途篩選之結果，俾作為國土規劃考量褐地再利用篩選工具之參考。因此，使用者可依據計算結果而了解所選褐地開發範疇規劃下之各開發選項的評估表現，進而評斷褐地優先開發順序及再利用方式(馬鴻文, 2014)。

表 6 永續衝擊評估指標基準值制定說明

永續衝擊評估指標	基準值制定說明
碳排量	碳排量即為直接或間接的溫室氣體排放量，可得知褐地再利用過程中對環境造成的衝擊。其計分方式為各土地情境中總碳排量與原設定之土地使用方式之比較(環境基線)。
用水量	即再利用過程中的總用水量，同排碳量，計算褐地再利用過程中的總用水量可得知對環境造成的衝擊。計分方式為各土地情境中用水量與原設定之土地使用方式用水量比較(環境基線)。總用水量與原設定之土地使用方式用水量比較，即環境基線。
淨效益	除了環境層面的考量外，尚需考量經濟及社會面的影響，而成本效益分析中的淨效益指標，即可協助決策者分析投資該塊褐地的效益。淨效益指標意義為效益與成本間的差值，通常以淨現值(Net Present Value, NPV)表示，為成本效益分析中用以評估方案可行性之重要方法，本研究設定淨效益基準值為 0 元。
益本比	用以比較效益與成本的關係，決策者除了參考淨效益分析結果外，

永續衝擊評估指標	基準值制定說明
	亦可參考益本比提供之投資計畫效益現值與成本現值之比值，做為投資風險之考量，本研究參考國外相關投資報酬率後，設定益本比基準值為 1.1。

3.4 管理平台及回饋機制建立

本研究期望透過褐地管理平台建立，持續更新擴充衝擊評估資料庫，並透過滾動式輸入、更新與驗證資料庫，提供更佳之服務品質，逐年分析國內褐地地圖樣貌，流程如圖 6 所示。當決策者使用此資料庫後，得以將評估場址案例及決策結果資訊，回饋於管理平台，此平台將記錄決策者輸入、輸出及最終決策資訊，並透過資料品質篩選驗證機制進行品質確認，若不符合規範，將通知使用者確認；若通過驗證，則以資料更新機制，更新擴充永續衝擊評估資料庫。

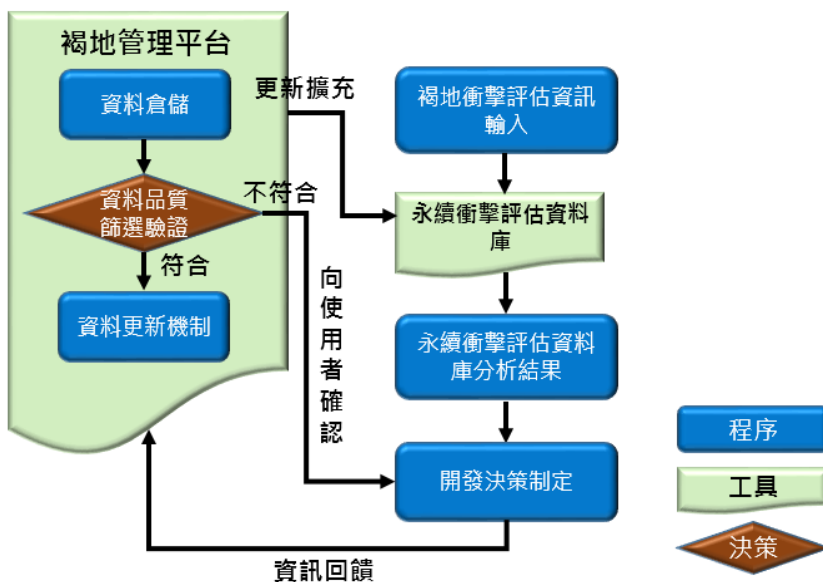


圖 6 褐地管理平台流程

四、結論

我國人口密度甚高，如何有效解決受污染之褐地刻不容緩，而在褐地整治與開發費用高且期程長的情況下，更需慎選再利用較具效益且衝擊較低之場址，本研究主旨在於納入生命週期思維，建立一永續衝擊評估資料庫，以環境、經濟及社會 3 面向進行不同再利用方式評估，提供決策者篩選需優先開發之場址。

目前我國土污法規是係採監測標準與管制標準雙門檻制度，再透過初步評估，依照污染程度不同，區分為整治場址與控制場址。然上述受列管場址亦可能因過去工廠使用而形成潛在污染，此類褐地未必會被列入管制，若直接進行再利用將滋生危害人體健康之疑慮。本研究建議可與環保署已建置之各類污染(潛勢)土地資料庫連結，當開發商再利用土地屬於環保署資料庫列管清單時，需透過本研究建立之永續衝擊評估資料庫事先評估衝擊效益，並配合總體國土永續發展計畫，選擇最佳開發方式，以解決土地不足的問題並確保永續利用。

五、參考文獻

馬鴻文、蔡穎杰、陳怡君、楊博傑、許裴鈞、卓瑜玉(2014)，建立台灣褐地評估資料庫暨研擬再開發機制，103 年度土壤及地下水污染整治基金補助研究與模場試驗專案。

楊博傑(2013)，永續整治的決策支援系統之建構，國立臺灣大學環境工程研究所碩士論文。

臺北市政府地政局(2012)，出席第 26 屆泛太平洋不動產估價國際會議報告：
http://www.openreport.taipei.gov.tw/OpenFront/report/report_detail.jsp?sysId=C101AW486

行政院環保署，土壤及地下水污染整治基金管理會(2016)：
<http://sgw.epa.gov.tw/public/>。

British Columbia (2008), The Basics of Brownfield Redevelopment: A Guide for Local Governments in British Columbia.

Cabernet (2007), The Scale and Nature of European Brownfields.

Cadotte, M., Deschênes L., Samson, R. (2007), Selection of a Remediation Scenario for a Diesel-Contaminated Site using LCA, *Int. J. Life Cycle Assess.*, 12 (4):239-251.

Holland, K.S., Lewis R.E., Tipton K., Karnis S., Dona C., Petrovskis, E., et al. (2011), Framework for Integrating Sustainability into Remediation Projects.

Khan, F.I., Husain T., Hejazi R. (2004), An Overview and Analysis of Site Remediation Technologies, *J. Environ. Manag.*, 71:95–122.

Morais et al. (2010), Review: A Perspective on LCA Application in Site Remediation Services: Critical Review of Challenges, *J. Haz. Mat.*, 175:12-22.

Otsuka, N., Dixon T., Abe H.(2013), Stock Measurement and Regeneration Policy Approaches to ‘Hardcore’ Brownfield Sites : England and Japan Compared, *Land Use Policy*, 33:36-41.

U.S. EPA (2002), The New Brownfields Law., Environmental Protection Agency, Washington, D.C., U.S.A.

Sustainable Remediation Forum (2011), Metrics Toolbox. From: <http://www.sustainableremediation.org/library/guidance-tools-and-other-resources/metrics-toolbox/>