以風險爲基礎之土壤與地下水污染整治方案決策—現階段之困難與建議

財團法人中技社土壤管理議題研討群組
執筆者：吳先琪　　國立台灣大學環境工程學研究所教授

一、風險評估已成爲環境決策之工具

在我國環境立法史上第一次，「土壤及地下水污染整治法」（簡稱爲土水法）中，明定「地下水污染整治計畫之提出者，如因地質條件、污染物特性或污染整治技術等因素，無法整治至污染物濃度低於地下水污染管制標準者，得依環境影響與健康風險評估結果，提出地下水污染整治目標」。這所謂以風險爲基礎之決策(risk based decision making)方式，或以風險爲基礎之復育措施(risk based corrective action, RBCA)，隨美國超級基金法案之推動，成爲土壤及地下水污染場址整治之決策工具，而我國也在土水法中採納成爲整治方案決策之工具。

美國在 1980 年代開始推動土壤及地下水污染場址之整治，許多執行地下儲槽洩漏整治的單位，嘗試使用單一之標準於儲槽洩漏之整治。但經過一段時間後他們就發現，沒有考慮人體與環境之暴露，不足以經濟有效地防止洩漏所造成之風險。到 1994 年雖然多數的州都設有財務保證基金來幫助地下油槽所有人或使用人達到整治要求，27 萬個整治場址中也有 11 萬個已經完成整治，但是面對未來尚有 16 萬個場址，13 億的基金仍然不夠。美國環保署希望加速行政及調查程序，採用挖除、掩埋及抽出處理等傳統方法以外的整治方法，認爲以風險爲基礎之整治程序，可以加速完成所有洩漏場址之整治，同時仍可保證人的健康與環境安全。(USEPA, 2008a)

美國的超級基金法案(全名爲全面環境應變賠償及責任法(Comprehensive Environmental Response, Compensation, and Liability Act, CERCLA))要求選出的危害性廢棄物場址整治方案進行中及完成後，必須足以保護人體健康與環境。爲了保證做到這點，美國 EPA 在 1986 年及 1989 年分別公布及修正了「超級基金風險評估指引—人體健康評估手冊」(USEPA, 1989)，來協助執行整治的工作者在方案分析及可行性評估及後續的整治過程中，不斷的監控場址對於人體健康之危害。

這種基於風險的決策到底對於整治工作者有何幫助呢？美國 EPA 定義以風險爲基礎之復育措施 RBCA 爲：將暴露與風險評估整合於整治程序的傳統單元中，以保證能夠選出適當及經濟(cost-effective)的整治方法，以及將有限資源用於最切合方向的有效率的方法(USEPA, 2008b)。

以下用一個地下水污染的例子來解釋 RBCA 的做法。某廢棄加油站地下水中有二甲苯污染，該場址經風險評估發現，從地下水層透過不飽和土壤層揮發出來然後被區內工作人員經呼吸攝入途徑造成之風險超過容許的風險值。於是環保當局立即要求場址所有人將場址地面加上不透氣之鋪面，並禁止地下水做爲生活水。此舉是最快速且最經濟降低人體風險的措施。接著，污染物宿命模擬及暴露與風險評估結果發現，場址地下水流動緩慢，水層中微生物的作用，可以在十年內將殘餘在地下水層的二甲苯分解至可接受的濃度以下，而這期間人的暴露極爲有限，因此無需耗費鉅資將土壤挖出處理，或用抽水的方式移除大量地下水。那樣反而造成工作人員的暴露風險。於是環保當局決定用「監測下的自然衰減法(Monitored Natural

Attenuation)」做爲場址之復育方法，並將完成期限訂爲十年後。這樣利用不同方案下風險評估結果的比較，可以找出整治工作之優先順序及輕重緩急，以及風險及成本均最低的整治方案。

二、我國在土壤及地下水污染整治決策中引進風險評估之現況

雖然我國的「土壤及地下水污染整治法」中採納了可以考慮風險來訂定整治目標的規定，而且亦於 95 年明訂以健康風險評估進行初步評估的辦法，但是從民國 89 年該法公告至今，基於風險評估之結果來選擇整治方案的做法僅有桃園美國無線電舊廠一例（後來仍選擇依管制標準做爲整治完成之標準），並沒有被充分的利用；以健康風險評估進行初步評估的案例也不多，僅有台南市統一精工小北加油站、統一精工金華加油站、台南縣永信、新營長榮路、嘉仁加油站、台北台亞新莊及等 6 例（其中僅一案通過免公告爲整治場址）。相較於 2128 個曾被公告的場址，這樣的數目實是偏低。(行政院環境保護署土壤及地下水污染整治基金會, 2008))

除了場址整治方案的選擇（籠統來說包含初步評估及整治目標訂定）之外，在廢棄物資源再利用於土地上，或受污染土壤無法在現地有效處理之下當做廢棄物進行移地處理或掩埋的一些個案上，由於依據的法規標準不同（廢棄物毒性溶出試驗濃度標準與土壤管制標準），以及土地利用型態不同（例如農地與工業用地），審查機關也曾遭遇因爲法規缺乏彈性，使得決策進退兩難的局面。在此情形下，仍然需要依賴風險評估的結果來幫助選擇最佳的方案。

三、我國推動風險評估所遭遇之困難

各國政府在土壤及地下水污染防制的策略中引進「風險評估」與「褐地(Brown Field)」的概念，不外乎是爲了選擇污染防制成本最低與（風險降低）效益最高的方案，並且減少場址管制上不必要的行政成本，是改進以往僅僅考慮降低風險而不考慮效率的做法。我國政府單位雖有意建立此種決策方式，但是現階段實際執行推動時，仍然遭遇許多困難，試說明如下。

1. 行政人員之能力與經驗不足

有部分行政人員甚至聘請之審查委員，沒有足夠能力與經驗辦理風險評估工作或審查評估結果。有一次筆者問及某地方環保局承辦課長，爲何不「通知」污染行爲人按照初步評估辦法第 6 條申請辦理健康風險評估。彼之回答爲：因爲沒有辦理風險評估案件的經驗，所以寧可不通知，以免造成錯誤及行政困擾。（現行初步評估辦法規定：「控制場址符合第二條第一項規定者，所在地主管機關得通知場址污染行爲人及土地使用人、管理人或所有人申請辦理健康風險評估。」而環保署之解釋爲：「如主管機關不通知污染行爲人，污染行爲人不得提出申請辦理健康風險評估」）。此種非基於科學證據的決策判斷，已經嚴重損害當初立法允許使用風險評估的意旨。

2. 污染行爲人或污染土地關係人缺少進行風險評估的意願

風險評估的結果不一定對於污染行爲人有利，同時風險評估的費用隨評估的層次增加而增加，較難事先預測，有時甚至比簡單的整治工程費用還高。此外，以過去的經驗來看，能順利通過風險評估審查之機會也不大。因爲這些原因，污染行爲人寧可依照管制標準來擬定

整治計畫，而不進行風險評估。

3. 「可以容許的風險」的概念，或是「成本與風險效益」的考量不被接受

一般民眾或地方意見領袖仍不能接受「可以容許的風險」的概念，或是「成本與風險效益」的考量，所以常堅持人體健康風險必須是零。依循此種邏輯，管制標準做爲整治目標已是最寬鬆的標準了，任何依據風險評估結果訂定較寬鬆的整治目標，或任何風險的轉移，即便微小到覺察不到，都不可能被接受。這種想法不止存在於環境污染事件，也普遍存在於消費者保護的案例中。今(2008)年發生食品中含有三聚氰胺的事件是非常典型的例子。當衛生署嘗試依據攝食途徑所產生的健康風險訂定食品中三聚氰胺含量標準時，部分消費者意見領袖的訴求是食品中不得含有三聚氰胺，也就是不得有人爲加諸的健康風險。後來雖然衛生署訂定「不得檢出」爲食品中三聚氰胺之含量標準，使得事件得以收場，但是基於健康風險訂定含量標準這樣的決策模式再一次被否定。

國內外均有許多土壤及地下水污染場址，或因面積很大，整治所費不貲，或因地質條件所限，整治技術尚未達經濟條件，因而未能整治，亦無法利用。許多國家開始考慮在容許污染物仍然存在的情況下，控制人體暴露污染物的途徑及健康風險，進行土地之開發利用，有就是「褐地」的概念。褐地的開發除了活化閒置的土地，刺激原本蕭條的週邊社區發展，同時還可以降低對於其他珍貴的未開發處女地的開發壓力，保留更多的自然資源，整體來說對於環境是絕對有利的。但是要推動褐地的開發利用，先決條件是大眾要能接受「可容許之風險」的概念，以及決策者從整體成本與風險效益的考量來審查開發的方案。以目前國內大眾對於風險之認知及接受有「可容許風險」這樣的事實的程度來看，推動褐地開發仍是阻力重重。

4. 一般民眾或意見領袖對於健康風險評估之公正性與正確性存有疑慮

由於在風險評估的過程中，使用大量預測模式及環境經驗參數於暴露劑量及風險值的評估，對於民眾或其他專業領域之專家而言，作業過程如同黑盒子，難以一窺堂奧。同樣的不信任感也存在民眾對於環評報告的看法，加以過去確有不肖業者提送品管不嚴格或隱瞞事實及記載不實之評估報告，更加深民眾對於風險評估結果之不信任。

5. 政府機構間之隔閡

不同政府機構間之隔閡，使決策者無法以跨介質、跨地域甚至跨族群的宏觀角度進行以降低全民風險爲目的的決策，或讓環境風險在空間或族群間做有效的轉移，來降低總體之風險及環境復育的成本。例如有某一環保主管機關，不核准受污染之土壤運出場址外，以處理廢棄物之設施進行處理，於是該批收污染之土壤，必須以較昂貴的臨時設施，較不完善之污染防治設備，污染洩漏風險較大的情形下在現地處理。如果能打破機構之間的藩籬，詳細評估現地處理及移地處理方案之風險與處理成本，應可以客觀地選取成本—風險效益較佳之處理方案。

同樣之情形，有很多廢棄物，例如河川淤泥、堆肥、污水處理廠污泥、礦渣及爐渣等，與其將之焚化、掩埋或固化處理，亦可在全面風險降低之條件下，以風險評估之結果爲基礎，在某些特定之土地用途目標下回歸土地，成爲環境之資源。但是以目前不同機構間各自爲政的情形下，許多廢棄物只能以掩埋處理或以不十分經濟或甚至有污染環境風險之回收再利用方式處置。

四、推動以風險評估爲決策工具之可行方向

推動以健康風險評估及考慮最低成本與最佳降低風險效益下來做決策，對於保護民眾不受污染之危害而同時維護有限的資源，不論是政府預算或是土地等自然資源，都是必要的。現階段環保署在執行土壤及地下水污染整治相關法規時所遭遇到前述之困難，也同樣發生於其他環保決策，例如環境影響評估、訂定有關毒性化學物質在空氣、飲用水、水體之環境品質等標準時；以及其他部門之施政工作時，例如訂定食品含量標準、消費產品安全、勞工作業環境標準等。

針對上述推行上的障礙，環保署及有關部會可以採取下列的一些做法：

1. 加強執法人員之能力與動機

首先，可以用講習與在職訓練的方式，讓政府員工有瞭解健康風險評估之做法及其意義，並且具備風險溝通之能力。只有政府部門自己有能力及有強烈的動機去採用健康風險評估，才有成功推動的機會。

2. 建立專責單位，確保風險評估及審查程序與結果能夠正確與公正

有公正、正確及客觀的健康風險評估結果，才能取信於民眾及各相關利益團體，據以爲基礎所做之決策也才能被各方所接受。因此第二個重要的工作是協助及監督執行風險評估者做出正確可信之風險評估結果。由環保署成立環境研究所（以前環保署之編制內有此單位）來執行中央及地方環保機關之評估或平行查證評估工作，或是由環保署委託一學校或法人機構來執行評估或平行查證工作是一可行方法。另一可以並行的方法是由環保署成立風險評估審查單位，專門負責中央及地方環保機關風險評估報告的審查工作，並且負責解釋環保署公告之風險評估指引內有疑義之處及提出指引修正之建議。

在審查的過程中由某一單位協助審查單位進行平行查證是必須的，因爲風險評估的過程中使用大量的模式計算及經驗參數，如果沒有大量人力協助進行複驗，審查委員是無法對於結果的評估過程之正確性做任何判斷。

如果法令無法做彈性之運用，風險評估工作受限於必須由地方政府審查，則地方政府亦必須組織有相當能力之審查單位及協審機構。

3. 建立示範案例，加強與民眾的風險溝通與教育

任何的環境保護措施都牽涉風險與成本在不同族群間的重新分配，因此對與「可以接受之風險」的定義，會主觀地因人、因事、因時及因地而異，但是民眾若能更深入瞭解風險的意義及風險評估的做法，可以比較容易形成共識，接受以風險評估爲基礎之決策。

環保署可以仿照美國 EPA 與衛生部(Department of Health and Human Services)屬下之毒物與疾病註冊局(Agency for Toxic Substances and Disease Registry, ATSDR)的做法，成立專責辦公室(Office of Communication)來進行健康風險的民眾教育，並且有網頁非常詳細的解釋污染場址健康風險的意義與做法(ATSDR, 2009)。另外，向民眾解釋風險評估之意義時，可將成功地利用風險評估方法選擇整治方案，順利完成整治，並且其結果是明顯經濟及有效的污染場址個案，做爲展示之案例，以讓民眾容易瞭解。

4. 將風險評估指引撰寫得更細緻化且更友善

風險評估結果可以用使用者的角度來撰寫，使其使用上更容易且更透明。例如對於需要

評估者選擇的許多參數值，應可提供更詳細的資料庫及更細緻多層次的的預設值讓評估者根據場址的狀況，循著指引的提示，輸入現場調查所得的資料而很容易得到。同時評估指引也應該可以主動顯示，或者利用檢查表(checklist)提醒評估者，那一個暴露途徑或是假設條件尚未完全考慮，假設條件錯誤，參數值超出合理範圍，或評估值與經驗值相差太大等。風險評估指引也可以與環境預測模式的應用程式連結，自動依據場址的條件與特性，幫助評估者試算出暴露濃度與風險值。

5. 將初評標準及管制標準做更細的分類，並將風險評估程序簡化

環保署可以根據場址的特性及暴露程度將初步評估場址是否進入整治階段的判定基準以及土壤及地下水管制標準更細緻化地分類。例如仿照荷蘭（將要成爲歐盟之一致做法）依土地用途分成 10 種來考慮，土壤也依其黏土含量及有機質含量再分爲 3 種；農業用土地更可依據土壤酸鹼值及作物與用途再予以分類（環保署土污基管會，「荷蘭及歐盟現行土壤污染管制制度之探討」座談會資料，2008）。這種多等級的基準訂定之後，初步評估就化簡爲「依據場址條件歸類」的作業程序。如果風險的設定可以非常的透明，計算又簡單到一般民眾也可以自己計算或複核專業單位所做出的風險評估結果，那麼風險評估的結果就更容易被接受了。

6. 打破政府單位間之藩籬，以降低民眾風險爲職事

降低整體民眾之環境風險，是政府一體的職責；跨單位政策無法推動，自然應由最高行政單位來協調主政。土壤及地下水污染整治及廢棄物最終處置或回收置入土地，牽涉土地管理與使用目的主管機關，因此如何以國民全體來考量及選擇最經濟有效之方案，應該由行政院協調解決。舉例來說，過去爲了整治某一污染場址，將受污染土壤移出後最終處置、掩埋或再利用於土地時，受到全國廢棄物處置場址容量之限制，幾乎完全不可行。行政院應該以降低全國民眾風險爲基礎，主導規劃最終處置再利用場址，解決全國污染土壤及再生資源之處置問題，莫讓各單位推諉之結果，形成廢棄物處理用地被少數人把持，或成爲地方政府之燙手山芋，或成爲地方政府之政治籌碼。

7. 尊重專業，給予專業工作適當之資源

部分政府單位常欲以低價在極短時間取得專業服務，訂約後又常無償增加額外工作，導致低價搶標，得標者資源人力不足，草率評估，如此欲得正確可信之評估結果，無疑緣木求魚。評估之結果品質不佳，專業更無人信任，惡性循環之結果，推動以風險評估爲基礎之決策，更是困難重重。一個正確可信的風險評估結果，仰賴專業人員在調查計畫規劃、現場採樣、樣品分析、模式預測、田野調查、居民溝通及成本效益分析等各方面，秉持專業之獨立公正，利用專業知識，方得以完成。政府單位及評估執行者應給予執行風險評估之專業人員必要之資源與尊重，才能得到高品質之專業服務，所得到之風險評估結果亦可獲得民眾之信賴，未來才能繼續順利推動。

五、結語

單一的環境標準或可適合用於管制大氣環境及水體環境等均勻之介質，但是若要經濟有效地保護特定場址之民眾健康，以風險評估爲基礎之方案選擇應是較適合的策略。風險評估這項決策工具在政府在許多施政領域中都還有很大的推動空間。以環境影響評估爲例，至目前爲止，仍停留在開發後環境品質是否能合乎環境品質標準的決策模式，沒有考慮不同開發

方案在不同地域（例如周圍的、區域的、全國的或全球的），對不同角色（例如未來的員工、居民、遊客及消費者）之民眾所加諸之暴露風險。既然土水法已有法源依據，得以風險評估做爲決策之工具，環保署應以此爲基礎，積極辦好依風險評估結果進行之污染場址初步評估，以及基於風險評估結果訂定整治目標之工作，並以此爲出發點，建立各環境決策均可使用之風險評估工具平台，提供給署內甚至其他各部會採用。庶幾政府與民眾均能理性地以最低成本降低最多風險的策略，改善環境，增進國民之健康與福祉。

參考文獻

USEPA, 1989, Risk Assessment Guidance for Superfund Vol. I, Human Health Evaluation Manual (Part A) Interim Final EPA/540/1-89/002 December 1989 (Preface).

USEPA, 2008a, Use Of Risk-Based Decision-Making In UST Corrective Action Programs OSWER Directive 9610.17 March 1, 1995 http://www.epa.gov/swerust1/directiv/od961017.htm#Background (Dec. 27, 2008).

USEPA, 2008b, RBDM FAQ 6: What is RBCA, or "Rebecca"? http://www.epa.gov/OUST/rbdm/rbdmfaq6.htm (Dec. 27, 2008).

Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), 2009, A Citizen's Guide to Risk Assessments and Public Health Assessments, http://www.atsdr.cdc.gov/publications/CitizensGuidetoRiskAssessments.html (Jan. 1, 2009)

行政院環境保護署土壤及地下水污染整治基金會, 2008, 土壤及地下水污染整治網, http://sgw.epa.gov.tw/public/index.asp (Dec. 31, 2008)

行政院環境保護署土壤及地下水污染整治基金會, 2008,，「荷蘭及歐盟現行土壤污染管制制度之探討」座談會資料.

財團法人中技社，2008，歷次土壤管理議題討論會會議紀錄.