土壤及地下水污染概論練習題

第二章、土壤及地下水管理、污染防治策略

2.1 土壤及地下水污染管理

1. 99 年公布「土壤及地下水污染整治法」之修訂法案主要部分含哪些？
   解答：將底泥納入管理對象、新增潛在污染責任人、技師簽證制度、健全現行風險評估機制、擴大費基等多項內容。

2. 何種情況可將污染場址公告為整治場址？
   解答：場址污染影響潛勢評估總分 (TOL) 值達1,200分以上或其他經中央主管機關指定公告重大污染情形，則公告為整治場址。

3. 目前環境部所公告列管之土壤及地下水污染物項目主要區分為哪五大類別？
   解答：一般項目、重金屬、有機化合物、農藥及其他污染物等類別。

2.2 我國土污法與先進國家於污染責任之認定

4. 請列出美國 CERCLA 所規定之 4 類污染責任人？
   解答：1. 設施之所有人或占有人。
   2. 設施處置有害物質時之所有人或占有人。
   3. 安排有害物質處理處置或安排其運送之人。
   4. 運送有害物質之人。

5. 日本的對策法與我國的土污法最大的不同之處？
   解答：日本採取較為嚴格之包含無過失「土地所有人」（類似土污法定義的污染土地關係人）等在內之污染責任人之規定。日本在對策法中所課予之義務可分為兩類：污染調查義務及污染整治義務。調查義務的主體為土地所有人、管理人及占有人（統稱為土地所有人）。整治義務的主體亦為土地所有人，但在土地所有人非實際造成污染，且明確可知實際「污染原因人」（類似土污法定義的污染行為人），且所有人亦同意由污染原因人進行整治之情形下，則由污染原因人負整治之責任（土地所有人若非污染行為人，則可向污染原因人求償整治義務費用）。

2.3 近期重點政策介紹

6. 請簡列環境部歷年土壤及地下水污染相關施政重點與成效？

解答：1. 健全完備法規制度，強化行政管理體系。
2. 檢討基金收支情形，提升經費執行成效。
3. 持續辦理調查工作，及早發現潛在污染。
4. 結合各級行政團隊，共同推動整治復育。
5. 提升本土專業能力，發展國際交流合作。

7. 請列出環境部土壤及地下水污染相關未來 10 項工作發展重點？

解答：1. 推動事業檢測申報制度。
2. 目前積極規劃以線上申報方式辦理、持續推動第三批公告事業管制，完備事業用地土壤污染評估調查及檢測制度，期讓各界均能重視土地品質與管理，達到事先預防與永續使用的目的。藉由「土壤污染評估調查人員管理辦法」修正公告，落實評估調查人員制度、導入查核及評鑑機制及到職訓練與在職訓練，落實評估調查人員之查核與管理作業，以提升評估調查執行品質。
3. 污染土壤離場管理制度推動目標 完善污染土壤離場管理制度，掌握流向並確保妥善處理。
4. 進行土壤及地下水污染調查工作。
5. 推動污染土地再利用制度。
6. 土壤及地下水健康風險圖像之發展。
7. 擴大產研投入整治工作。
8. 強化地下水環境資料整合與應用，研擬地下水水質潛勢與品質指標與持續探討國內地下水氨氮背景水質議題成因。
9. 掌握高污染產業製程工廠，推動運作中高污染潛勢工廠自主管理。
10. 持續推動國際交流。

2.4 土壤及地下水污染防治策略

8. 「土壤及地下水污染預防技術手冊」中建議工廠可採行之污染防治策略包含哪三個部分？

解答：1. 製程及生產設施防漏設計施工。
2. 工廠營運階段之污染監測及預防措施。
3. 製程及生產設施停止操作後污染預防。

國家環境研究院 National Environmental Research Academy

9. 請說明關廠時，廢水處理設施應最後拆除的理由。
解答：因工廠設施拆除期間，廠內容器、槽體等可能仍儲存製程廢水或化學原料，可先抽除至廢水處理設施中進行處理，減少後續處理費用。

10. 設備拆除後之污染調查改善，需著重在哪方面？試說明之。
解答：需注意改善區域。例如運作期間可能造成土壤/地下水污染區域；設備拆解時無法避免殘留廢污泥及洩漏區域。此外，設備拆除後，應針對可能污染潛勢區先行進行土地品質調查，再規劃改善工作。

11. 請依序簡單描述工廠關廠應具備的 5 項主要程序。
解答：整體評估及規劃→用地土壤污染檢測→土壤污染評估調查及檢測資料申報→進行相關工廠註銷行政程序→完成關廠。

12. 如何避免工廠設施拆除時，造成土壤及地下水污染之情事發生？
解答：在廠房設施拆除前，設施內污水、污泥及廢棄物，應先清理或抽除，避免在拆解時造成污染物四處散落或滲漏而造成土壤及地下水污染情事發生。

第三章、常見污染物移動分布特性

13. 污染物依其物化特性可分為哪兩類，請寫出並舉例說明。
解答：污染物依其物化特性可分為無機污染物與有機污染物，其中常見之無機污染物包括重金屬、鹽類（如氯鹽、硝酸鹽、亞硝酸鹽、硫酸鹽、磷酸鹽及過氯酸鹽等）。

3.1 無機污染物

14. 重金屬污染深度一般大約多少？少數具有何種離子的重金數污染深度較深？其原因為何？
解答：一般污染深度常以地表下0-30公分之土壤層為主，亦即以土壤未飽和層表土或裡土之污染為主；但少數重金屬具有氧基陰離子(Oxyanion) 的形式（例如AsO_3^{3-}），其傳輸深度應較深，將深及地下含水層而造成地下水污染。

15. 重金屬鉻會因土壤之氧化還原電位改變而以不同形式之氧化數型態存在，其在土壤中可能存在之氧化數型態為三價鉻與六價鉻。其中最具危險性的為哪個？請解釋原因。

解答：六價鉻在大範圍的pH值情況下均為可溶性，在土壤及地下水中具有高度的移動性而對環境造成威脅。

16. 臺灣地下水資源頗具威脅的無機鹽類為何？

解答：硝酸鹽，可能為導致嬰兒的「藍嬰症」。

17. 臺灣彰化的田中、二水，雲林的斗六、古坑，屏東的建興、萬巒，臺中及南投一帶地下水中的硝酸鹽的污染都有日漸增加的趨勢，主要與當地的哪種地層有關。

解答：這些地區的地層以礫石層為主，地質滲透性佳且缺乏泥層隔絕，污染物很容易隨地下水流動。

3.2 有機污染物

18. 土壤及地下水常見之有機污染物以非水相液體（Nonaqueous Phase Liquid，簡稱 NAPL）為主，以比重分類可分為哪兩類。

解答：比水輕者稱為輕質非水相液體 (LNAPL)；比水重者則稱為重質非水相液體 (DNAPL)。

19. 請舉例 LNAPL 和 DNAPL 種類。

解答：LNAPL：例如汽油、柴油及工業常用不含鹵素溶劑等；DNAPL 例如四氯乙烯、三氯乙烯等含氯碳氫化合物。

20. LNAPL 殘留量一旦形成，其是否會隨周遭地下水移動？此時稱為何種相？

解答：殘留量一旦形成則不隨周遭地下水流影響而移動，因此又稱為「不可移動相」。

21. 當 LNAPL 持續向地表下入滲，使得 LNAPL 厚度增厚，毛細帶內的水會被推擠出，以致地下水位向上抬升，此時毛細帶會逐漸減少直至消失，最後於地下水位面之上形成何種相？

解答：LNAPL游移相 (Free Product)。

22. 當 DNAPL 在含水層中，自粗顆粒或較高滲透性地層中移動至細顆粒或較低滲透性地層中時，往往無法克服細顆粒之進入壓而堆積其上，其可能形成現象？
解答：薄層或DNAPL池 (DNAPL Pool)。

23. 液態相的 DNAPL 移動分布深受什麼影響？其受地下水流影響大嗎？
解答：液態相的DNAPL移動分布深受地質變化影響，未必受地下水流影響。

24. 說明進入裂隙（特別是平面狀之裂隙）之 DNAPL，為何會形成持久性的污染？
解答：進入裂隙（特別是平面狀之裂隙）之DNAPL，由於存在較大的表面積，當DNAPL與裂隙周遭低濃度之黏土或粉土接觸，DNAPL可在幾年之內溶解而擴散入黏土或粉土中，形成持久性污染。

25. 請簡述 NAPL 地下水污染調查（尤其是 DNAPL），要如何設置群井或監測井？
解答：NAPL地下水污染調查（尤其是DNAPL）有必要於含水層中進行多深度監測，並配合水文地質特徵決定合適設井深度與井篩位置。

26. 美國石油協會水文地質資料庫 (Hydrogeologic Database, HGDB) 統計 184 處各種污染場址之平均污染源區與污染團範圍，可發現 DNAPL 場址之污染源區及污染團範圍均較大，其中以哪類污染源，其污染團與污染源區範圍比值最大？
解答：含氯烯類。

3.3 污染物在高、低滲透性地層之分布

27. 請解釋在高度異質性的污染含水層，雙區系統 (Dual Domain) 的概念？
解答：在高度異質性的污染含水層，雙區系統 (Dual Domain) 的概念提供了移流及擴散作用一個替代性的解決方法，說明污染團在高、

低滲透性地層之分布，其溶質傳輸主要伴隨兩種傳輸機制：

1. 高流速流徑（高K區，如砂層）：污染團主要流布區，稱為移動區 (Mobile Zone)；
2. 低流速流徑（低K區，如黏土層）：相對於高流速流徑，低流速流徑的水幾乎呈停滯，無法有效傳輸整治試劑，又稱為非移動區 (Immobile Zone)。

雙區系統的概念是考慮地層高、低滲透性的不同，而非考慮土壤類型，只要出現高、低K區互層或Mobile Zone與Immobile Zone，就會伴隨區域間溶質移動的發生，高/低K區間之溶質移動統稱為「Matrix Diffusion」。

28. 請解釋「前進擴散」(Forward Diffusion) 與「反向擴散」(Back Diffusion)？

解答：污染發生初期，污染團主要在高K區中移流傳輸，但隨著接觸時間延長，高K區的溶質會經由互層間之濃度梯度而「前進擴散」進入低K區；當經過一段時間後（如幾年或10多年），高K區之污染團已離開或因整治清除，低K區的溶質又會因濃度梯度逆向而將溶質「反向擴散」至高K區而再次遭受污染，造成整治場址常見的濃度穿透曲線之拖尾效應或濃度回升現象。

第四章、國內污染概況及處理方式

29. 土污法公告施行以來共辦理了哪幾類型場址之污染查證相關計畫？

解答：農地、石化廠之大型儲槽、加油站、廢棄工廠、運作中工廠、非法棄置場、底泥及工業區等。

30. 環境部 104 年依據廢棄工廠環境風險篩檢機制評分結果及盤查成果，約有 3 成工廠可能具有較明顯土壤及地下水污染潛勢，其中哪些業別較具污染潛勢，污染原因主要為何？

解答：基本金屬製造業、電子零組件製造業有較明顯污染潛勢，比例約50%，主要原因多是工廠使用之原物料含重金屬物質，且經由鑄造、熔煉、熱軋、擠型、鍛造或其他等製程產生之金屬混合物或廢水（液），被初步判定有較明顯污染潛勢。

31. 污染場址之整治復育方法中，何謂現地 (In Situ) 處理？

解答：現地處理係指直接於土壤及地下水污染區進行整治工作。

32. 污染場址之整治復育方法中，何謂離地 (Ex Situ) 處理？
解答：離地處理則需先將遭受污染之土壤挖出或地下水抽出至地表面上，再經由整治方式處理受污染土壤和地下水至安全標準。

33. 污染場址之整治復育方法中，何謂離場 (Off Site) 處理？
解答：離場處理係指將遭受污染之土壤及地下水由地表下挖除或抽出後經由運輸系統運離受污染場址後進行處理。

34. 高濃度重金屬污染之土壤可採用哪些方法整治？
解答：土壤清洗（含酸洗、化學清洗或粒徑分離減量）、資源再利用（水泥或製輕質骨材之添加料）、直接掩埋或固化掩埋等方法。

35. 如何以離地的方法整治揮發性有機物污染之土壤？
解答：熱脫附、農耕或生物堆等生物處理方法，或離地土壤蒸汽萃取法 (Soil Vapor Extraction, SVE) 等。

36. 如何以現地的方法整治揮發性有機物污染之土壤？
解答：生物曝氣及土壤通氣等加強生物復育方法、SVE或空氣曝氣等物理方法、雙氧水或過硫酸鈉等化學氧化法。

37. 國內目前用何種方法整治受半揮發性有機物污染之土壤，又這些半揮發性有機物的種類為何，請說明之。
解答：半揮發性有機物主要之污染物為重質總石油碳氫化合物，故以離地或離場之熱脫附或生物堆及農耕法等生物方法為主。而少數出現之農藥或戴奧辛污染土等之處理方法，主要為現場熱脫附或熱處理，亦有少部分低濃度者採掩埋處理。

第五章、國外污染概況及處理方式

5.1 美國污染概況與處理

38. 請寫出超級基金場址的場址評估程序？
解答：發現場址→輸入調查名單→實施初步調查→實施場址調查→應用危害等級系統→列入國家優先名單。

39. 請寫出 HRS 評分的 4 個暴露途徑？

解答：1. 地下水傳輸（飲用水）。
2. 地表水傳輸（飲用水、人類食物鏈、敏感環境）。
3. 土壤（居民人口、附近人口、敏感環境）。
4. 空氣散播（人口、敏感環境）。

40. 何謂國家優先處理名單 (NPL)，試說明之（超級基金場址）？

解答：HRS評分達28.5之場址經公開閱覽後，蒐集民眾對該場址之相關意見，並由主管機關給予適當的回應後，便將該場址列入NPL。然未列入NPL之場址，並非不須進行整治，而是交由州政府或各地地方政府負責。

41. 請寫出超級基金場址在管理執行上與國內土污法相異之處？

解答：超級基金場址是以場址為單位，涵蓋場址內之所有污染介質，如廢棄物、廢水、底泥……，與國內土污法僅管制或處理土壤、地下水及底泥等環境介質之污染有所不同。此外HRS評分或ROD採用健康風險評估訂定整治目標等方式，與土污法現行採污染管制標準之方式有所不同。

5.2 歐洲（歐盟）污染概況與處理

42. 請說明歐洲（歐盟）土水污染場址管理步驟？

解答：三分之一的國家採取的4個管理步驟為：場址確認、初步評估、主要場址勘查、風險減輕措施執行等。

43. 請說明歐洲（歐盟）土水污染場址整治技術？

解答：歐洲土水污染場址通常以傳統技術，如開挖及離場處置(Excavation and Off-Site Disposal)，約占三分之一。現地及離地整治技術之應用約相當，離地物理及（或）化學整治技術約占地下水污染處理之37%。

44. 請說明歐洲（歐盟）土水污染來源運作類型、產業活動及業別污染場址來自哪些產業？

解答：污染來源主要來自廢棄物處置及處理，及工廠製程等運作行為，另外儲存、運輸過程的洩漏及軍事用途上亦常會造成土壤或地下

水污染。在產業活動方面，土壤或地下水污染來自於製造業者高於服務業者，約為60%（製造業）比32%（服務業）。礦業活動在一些國家（如賽普勒斯、斯洛伐克、馬其頓）是主要造成土壤或地下水污染之來源。製造業再細分，紡織、皮革、木業及紙業等產業屬於較無造成土壤或地下水污染之產業，而金屬產業常為重要的污染來源（占13%）。在服務業方面，加油站為主要的污染來源（占15%）。

國家環境研究院 National Environmental Research Academy