固定污染源有害空氣污染物暴露量評估練習題

壹、暴露量評估概論

1. 健康風險評估作業應包括哪些？
   解答：危害確認、劑量效應評估、暴露量評估及風險特徵描述。

2. 何謂暴露量評估 (Exposure assessment)？
   解答：是指量測或估計人類暴露在某一存在於環境中有害空氣污染物之期間、頻率及強度過程，或者是指估計某一有害空氣污染物進入環境中，而可能增加之假設 (Hypothetical) 暴露量。

貳、暴露量評估的工作項目

2.1 暴露族群之界定

3. 在暴露族群之界定時需特別注意哪些族群？
   解答：較具敏感性且易產生不良健康影響之人群，如懷孕之婦女，年齡較大或較小之民眾，或者是健康狀態不良之民眾。

2.3 暴露量推估與參數

4. 急毒性之暴露評估僅考慮吸入暴露，應如何模擬暴露值？
   解答：以排放時間內之小時最大產能排放量進行 5 年之逐時模擬，並以最大小時濃度計算急性吸入危害商數 (Acute inhalation hazard quotient, AHQ_{inh})。

5. 推估總暴露劑量時，主要關注之暴露途徑有哪些？
   解答：估計暴露族群經由吸入、食入及皮膚吸收等途徑暴露之劑量。

參、大氣擴散模式模擬

3.1 大氣擴散模式之選用

6. 雖然模式模擬規範中並無針對有害空氣污染物應使用模式之規定，但國內一般建議使用之模式為何及此建議之原因？
   解答：一般建議選用高斯模式作為評估模式。ISCST3 仍為現今環境部模式支援中心唯一認可高斯模式，且因其乾溼沉降暴露計算模組較為健全，亦為健康風險專案常使用模式。

7. ISC 模式之理論基礎為何？

解答：主要是平穩狀態的高斯煙流模式 (Steady State Gaussian Plume Model)；假設一個污染源連續排放的污染物，在大氣中經過亂流的擴散與稀釋作用之後，終將達到一個平衡狀態，此時在煙流 (Plume) 內部污染物濃度的分布狀況以中間主軸方向濃度最高，而在垂直於風向之水平面及垂直面二邊，則以高斯分布 (Gaussian distribution) 之原則進行擴散，亦即常態分布 (Normal distribution)，符合亂流的隨機性。

8. 高斯擴散模式對風速風向之假設為何？

解答：風速、風向必須符合穩定與均一的條件。穩定是指不隨時間而改變，均一是指空間上的一致。

9. 請解釋為何高斯擴散模式雖無法模擬反應性物種，但仍適合於健康風險評估中用以推估擴散濃度？

解答：多數有害空氣污染物為揮發性有機化合物，物質本身並不穩定，可能於大氣環境內與其他物質發生反應或自行降解變化。在進行健康風險評估時，將污染物視為不反應，可符合一般最高可能濃度之保守考量。

10. 一般而言，ISC 模式針對污染源的型態可分為哪 4 類？在 ISCST3 模式中，哪兩類污染源模擬方式相同？

解答：1. 點源 (Point source)、線源 (Line source)、面源 (Area source)、體源 (Volume source)。

2. 線源與體源的模擬方式相同。

11. 高斯擴散模擬如何運用於間接暴露評估？

解答：透過模擬空氣中濃度與乾溼沉降 (污染物在地表的沉降量)，提供給多介質模式進一步計算污染物在環境中分布情形。

3.2 模式輸入資料之選擇

12. 混合層高度對污染物濃度之影響為何？煙囪高度可能如何改變前述影響？

解答：1. 一般而言，較低之混合層高度將導致較少之擴散空間，模擬出之污染物濃度將較高。
2. 當混合層過低，且排放管道為高煙囪，煙流最終上升高度超過混合層高度時，煙流反而不會向下沉降至地面，模擬濃度反而將會極低。

13. ISC3 與 AERMOD 模式如何計算混和層高度？
解答：ISC3 模式系統以 Holzworth (1964) 方法推估混合層高度，但新一代的 AERMOD 模式系統則是採用更複雜的方法。在日間，AERMOD 以日出前的垂直溫度剖面資料為基礎，採用 Weil 與 Brower (1983) 發展的一維能量方程式及逐時的地面可感熱通量 (Sensible heat flux) 演算混合層高度；在夜間，AERMOD 則以直接以摩擦速度 (Friction velocity) 演算混合層高度，且用 Venkatram (1982) 的方法使逐時高度的變化趨於平滑。

14. 環境部模式中心所提供氣象檔資料中，如何分類大氣穩定度？
解答：氣象檔之穩定度採 Turner 之分類方法，做了 6 個等級分類，1(A)級為大氣處於不穩定狀態，6(F)級為最穩定狀態，4(D)則為中性穩定。

15. 模式模擬時，建議之模擬範圍為何？
解答：至少為固定污染源至年平均最大著地濃度點之 4 倍水平距離為邊長所構成之正方形區域，另按「健康風險評估技術規範」規定模擬範圍至少 10 公里×10 公里。

16. 乾溼沉降的模擬無法僅使用一般提供給擴散模擬使用的氣象檔，通常必須再加入哪些參數？
解答：必須要加入地表粗糙高度、摩擦速度、莫寧赫夫尺度、葉面積指數、降雨強度及短波輻射量等。

17. 高斯模式的擴散係數是由野地的觀測數據所歸納，鄉村型擴散係數的採樣時間尺度為何？是否適用於法規應用？
解答：1. 鄉村型擴散係數的採樣時間為數分鐘，在如此短的採樣時間，煙流仍然相當集中，最大著地濃度亦相當高。

2. 在法規的應用上，高斯模式的計算結果普遍用來代表 1 小時的平均濃度，這將使得預測結果變得相當保守，但由於法規是對極端高濃度的管制，因此此保守的估計仍被廣泛接受。

18. 美國環保署發展的 MPRM 的方法可用以分類地表特性參數，在臺灣該如何考慮季節效應？

解答：依據其建議的各分類的地表特性參數，取其春、夏、秋 3 季的平均值進行設定。主要是因為 MPRM 冬季參數考慮美國冬季下雪，其地表特性與臺灣的情況不符；另臺灣 4 季變化並不是很明顯，故可取春夏秋 3 季之平均值，作為臺灣全年之特性值。

19. 風險評估在運用 ISC 模式模擬時，可不使用控制參數預設值 Default，請試舉例。

解答：在模擬近距離的濃度，應取消 Final plume rise 之預設 (GRADIS)；模擬強烈的熱排放源，應取消「不考慮浮力捲增效應」的預設 (NOBID)；如果有觀測之資料，應取消風剖面、位溫梯度之預設。

20. ISC 模式提供哪些污染源類型設定？請舉例。

解答：點源適用於固定位置之排放管道，其排放高度較高且排放率較大者，如煙囪；體源應用於工廠中高度較低，且排放率較小之管道，或是污染物由屋頂上之通風孔的排氣設備排出者；面源則為排放率小且於某一面積範圍內所造成之污染源，如堆置場。

21. 體源模擬所代表意義與情境為何？請舉例。

解答：體源模擬是污染物在排放源釋出時即具有一定之空間範圍，或是由於排放源附近的強烈擾流，使點源釋出後立即在該位置擴散為一定體積之氣團。這一類的排放源包括多數的逸散源，特別是具有垂直高度分布的立體排放源，例如石化廠的設備元件；或是具有實體的逸散源，因風場經過實體產生的擾流而使污染物排放後有初始的混合效果，例如儲槽、料堆或是緊鄰建築物且與建築物高度相近的小煙囪。

22. 何謂煙流下洗 (Downwash)？

解答：當風場經過建築物時，會在建築物的四周產生渦漩。如果煙囪的高度沒有高於渦漩的影響時，煙流就會被捲入渦漩之內且迅速帶至地面，形成嚴重的煙燻污染。

23. 建築物渦漩的影響範圍與建築物的尺寸有關，在 ISC3 模式中該如何設定？

解答：1. ISC3 將受影響範圍簡化為一個箱型，可在模式輸入指定的參數，包括建築物在風向上的投影高度及投影寬度。

2. 如果建築物的形狀複雜或是多個建築物同時影響，必須藉由輔助程式 (BPIP) 的演算才能得到輸入資料。

24. 請說明虛擬點源在擴散模式中應用之情境。

解答：把排放源放置在建築物的半高位置，並逆風上推一段距離，使得該排放源在擴散至建築物時，其擴散係數的尺度 (長度單位) 與建築物相同。這種簡易的推估方式在近距離內可能有較大的誤差。

25. 煙流下洗通常對不同距離區域之濃度影響為何？

解答：通常會導致鄰近區域之模擬最大濃度點升高，但相反地由於高濃度煙流於近域沉降，因此對於遠域濃度反而為降低。

26. 夜間時煙流在下風處如果遇到高山可能走向為何？ISC3 模式處理此情境之方式為何？

解答：在日間的情況，氣流動能較高，煙流有可能越過山區，但是在夜間，氣流的動能不足，高度較低的煙流將沿地面擴散，而高度較高的煙流則有可越過山區，因此煙流在臨界高度以上及以下的質量將分流而行。ISC3 對於複雜地形的影響採用較為簡易的觀念，對於地形高於煙囪高度的情況，直接採用「煙流撞山」的觀念，也就是煙流中心線將直接接觸地面，因此在夜間將產生非常高的地面濃度，是一種過度保守的估計。

27. 工廠的上風區若有高地而導致煙流下洗的影響，該如何修正高斯擴散模式執行方式？

解答：此情境並非高斯擴散模式可適用的範圍。

28. 執行急毒性暴露評估時，在模擬固定污染源有害空氣污染物濃度值時，排放率應如何設定？

解答：以「小時最大產能」排放量作為輸入輸出是最重要之原則，若許可證無直接載明此排放量，可依據許可證之其他相關記載推算。

肆、暴露劑量推估

29. 慢性低濃度暴露與急性高濃度暴露情境所使用之暴露劑量指標各為何？計算時所需之大氣中有害空氣污染物之時量平均濃度該如何設定？

解答：1. 慢性低濃度暴露情境：終生平均每日暴露劑量 (Life-time average daily dose, LADD)，時量平均濃度為年平均濃度。
2. 急性高濃度暴露情境：平均每日暴露劑量 (Average daily dose, ADD)，時量平均濃度為最大小時濃度值。

30. 在計算終生平均每日暴露劑量 (LADD) 與平均每日暴露劑量 (ADD) 時，暴露發生平均時間各該如何設定？

解答：1. LADD：暴露發生的平均時間；終生暴露於污染物下之暴露時間 (年)，以內政部統計資料-平均餘命為參考。
2. ADD：短期暴露於污染物下之暴露時間 (小時或日)，如 24 小時/日、7 天/週、365 日/年。

4.3 多介質傳輸模式

31. 何謂多暴露途徑有害污染物 (Multipathway substances)？

解答：當受體暴露於有害空氣污染物時，最主要考量受體吸入暴露的途徑；而當其除了存留於空氣中，還會沉降到土壤、植物及水體中，則應該考慮非吸入暴露的途徑。這些有害物質，亦稱為多暴露途徑有害污染物，包括半揮發性有機污染物及重金屬。

32. 有哪些方式可協助判斷空氣污染物是否屬多暴露途徑有害污染物？

解答：第一是先確認該污染物是否屬於有害空氣污染物；第二是確認該物質是否有口服參考劑量 (Oral reference exposure level) 或

口服致癌斜率因子 (Oral cancer slope factor)。

33. 請舉例多暴露途徑有害污染物在住宅地區除了吸入暴露外，還需考慮哪些暴露途徑。

解答：口服或非吸入性的暴露途徑可能包含土壤攝取、捕魚、飲用自來水、哺乳、雞蛋、牛奶、自耕農作物及圈養的牛、豬、雞等；皮膚暴露途徑則為接觸受污染的泥土等。

34. 請舉例 Fugacity 多介質傳輸模式將環境區分成哪些部門以及考慮之環境流布過程。

解答：1. Fugacity 多介質傳輸模式將環境區分成幾個部門，包括：大氣 (Air)、水體 (Water)、土壤 (Soil)、底泥 (Sediment)、水中生物 (Biota) 等。
2. 此模式利用簡單的關係 (平衡、跨相間傳輸等) 追蹤化學物質的移動，考慮有可能影響化學物質流布和最終歸宿主要過程，包括擴散、反應、沉降、揮發、衰減等等。

35. 請舉例 Fugacity 多介質傳輸模式所需之輸入資料。

解答：1. 質量為最基本的資料。
2. 一般的環境狀況如溫度、流率和累積率。
3. 化學物質的特性及其基本資料，包括分子量、水溶解度、log Kow、溶點、半衰期 (空氣、水體、土壤) 等。

36. 加州環保局 (Cal EPA) 將健康風險評估分為 4 個層級 (Tier)，各層級主要推估方式為何？

解答：第一層級 (Tier-1) 以點估計方式進行，急性暴露風險也僅適用於此方式進行；第二層級 (Tier-2) 如果有當地的暴露參數，則依然用點估計方式引用當地暴露參數計算健康風險；第三層級 (Tier-3) 以機率分布方式計算之；第四層級 (Tier-4) 以當地之機率分布結果計算。

4.4 不確定性評估

37. 請簡述何謂蒙地卡羅模擬 (Monte Carlo simulation)。

解答：蒙地卡羅模擬係為針對某一假設環境條件與過程，將各種情境予以複製呈現之方法。在已知的流程架構下，藉由參數之變更即可模擬系統之反應與變化程度。蒙地卡羅模擬多應用於產生已知或假定機率分布之隨機亂數，並將此一符合特定機率分布的亂數帶入模式中予以運算，以求得因參數變化而反應出的變異性，所造成輸出結果之變化情形。

38. 請舉例風險評估的不確定性如何由蒙地卡羅模擬結果取得機率分布統計值進行分析。

解答：使用蒙地卡羅模擬法進行不確定性分析，可以經由累積分布函數描述機率性風險的分布，以呈現中數值 (如第 50 百分位) 及上限值 (第 95 百分位)。

39. 請舉例不適用蒙地卡羅模擬之情境。

解答：若風險推估僅是以單一個案 (某位暴露者) 為對象，並已收集到完整且準確的各項參數資料，由於參數不確定性並不存在，因此蒙地卡羅模擬法在此個案中並不適用。

40. 執行蒙地卡羅分析時，需設定所選定模式參數的分布型態。請說明此設定需考慮之因素。

解答：1. 是否有任何機制來選擇此數學分布，是否以取代性數值資料 (Surrogate data) 來判定參數的分布？
2. 此分布是否由任何物理或生物性之機制所造成？
3. 此分布為連續性分布或非連續性分布？
4. 此分布是否有極值 (邊界)？
5. 是否為對稱分布？
6. 若為非對稱分布，則為向左或向右偏移？
7. 針對此參數是否有其他分布型態可選擇，如何選擇？

41. 請舉例執行蒙地卡羅分析時，抽樣設定需注意事項。

解答：1. 蒙地卡羅模擬是以抽樣機率為基礎，一般建議至少需要進行 1,000 次的抽樣才能產生足夠的樣本。
2. 在電腦系統中進行蒙地卡羅模擬時，電腦硬體必須提供隨機亂數子，且需注意軟體或電腦系統的亂數因子是否為非靜態亂數。

3. 進行參數分布設定時，也需要注意到各參數間的相關性，以避免不切實際的運算。

42. 若以蒙地卡羅模擬風險值分布，在計算過程通常劑量-效應值如何納入演算？

解答：以蒙地卡羅模擬進行評估時，劑量-效應評估一般為單點估計之定值，再結合暴露劑量分布，計算出風險值之分布。

43. 若以蒙地卡羅模擬風險值分布，一般建議以何種統計值作為風險描述之估計值？

解答：建議以 95%百分位 (95% Percentile) 值為風險描述之估計值。

國家環境研究院 National Environmental Research Academy