

香港二噁英排放評估 研究摘要

在一九九九年十一月，香港特別行政區政府環境保護署委託香港環境資源管理顧問有限公司進行「香港二噁英排放評估」，研究範圍如下：

1. 檢討周圍空氣監測數據，以釐定本港的二噁英水平，並指出主要二噁英的排放源。
2. 檢討現時的二噁英排放數據及其對健康影響的研究，以評估現有廢物處理設施的二噁英排放，是否達到危害本港市民的水平。
3. 就二噁英的監測規定，包括對周圍空氣的監測，以及對其他認為是主要二噁英排放源的監測，提出意見。
4. 檢討二噁英排放物的長期及短期影響，包括檢討現有和計劃興建的焚化設施的累積影響，並提供意見。
5. 根據國際做法，就新焚化設施的二噁英排放管制規限，提供意見。
6. 就化學廢物處理中心一併焚化醫療及化學廢物的建議，審核二噁英排放管制機制。
7. 就公眾暴露於主要二噁英排放源的所及範圍內之可接受劑量水平，並就設施因操作失誤而釋出二噁英所涉及的風險和應變措施，提供意見。

下文簡述上述工作範疇的研究結果。

工作 1：有可能的主要二噁英排放源及周圍空氣的二噁英數據檢討

有可能的主要排放源

顧問基於對主要的工業及非工業排源的認識，並根據這些來源的活動水平（見表一），完成了初步的香港二噁英排放表。以一九九七年為基線，二噁英總排放量為每年 23 至 33 克（以 I-TEQ 計算），其中百分之八十五來自舊式的固體廢物焚化設施。

表 1：香港特區二噁英釋出量的估計（一九九七及二〇〇七）

來源	活動水平(1997)	二噁英排放量 (1997, 克 I-TEQ)	活動水平(2007)	二噁英排放量 (2007, 克 I-TEQ)
工業源				
燃煤（發電）	6.1MT	0.4-2.1	5.6MT	0.3-1.8
堆填區沼氣				
■外漏氣體	254,773 t CH ₄	0.2-0.3	145,000 t CH ₄	0.13-0.15
■收集氣體	17,662 t CH ₄	0.001	10,052 t CH ₄	0.001
■燃燒氣體	NA	NA	NA	NA
非鐵金屬	27,450 t	0.1-1.0	27,450	0.1-1.0
製造水泥(a)	1,514,838 t 熟料	0.32	1,514,838t 熟料	0.32
燃燒都市固體廢物	116,508 t（舊）	21-27	1,000,000 t（新）	0.5
燃燒化學廢物	10,198 t（化廢中心）	0.004(b)	10,198 t（化廢中心）	0.024(c)
燃燒醫療廢物	3,650 t（醫院）	0.4-1.8	5,290 t（化廢中心）	(c)
污水加淤泥	—	—	259,000 dry t	0.2
瀝青混合工序	84,050 t	0.004	84,050 t	0.04
非工業源				
焚化爐				
■人類屍體	16,250 具屍體	0.024	20,750 具屍體	0.031
■動物屍體	—	—	7,300 t(d)	0.015
汽車				
■含鉛	2,049M km	0.002-0.45	—	—
■無鉛（加入催化劑）	2,237M km	0.001-0.03	7,250 M km	0.003-0.09
■柴油	2,515 M km	0.002-0.03	2,515 M km	0.002-0.03
■石油氣	—	—	2,600 M km	—
輕型貨車（柴油）	2,000 M km	0.001-0.02	2,400 M km	0.002-0.04
重型貨車（柴油）	2,288 M km	0.06-0.09	2,557 M km	0.07-0.1
巴士（柴油）	612 M km	0.016-0.023	620 M km	0.016-0.023
電單車	287 M km	0.0001-0.006	469 M km	0.0002-0.01
合計		23-33		2-4
註：				
(a) 最高運行條件：以每立方米 0.1 毫微克 I-TEQ 為上限 ¹ ；全年運作 7,680 小時；流速為每分鐘 7,000 立方米。				
(b) 根據化學廢物處理中心的監測數據，1997 年的二噁英釋出量是 4.3 毫克 I-TEQ。				
(c) 假定化學廢物處理中心的最高運行條件以每立方米 0.1 毫微克 I-TEQ 為上限；全年運作 8,000 小時；流速為每小時 30,000 立方米（包括化學廢物處理中心一併焚化化學及醫療廢物的情況）。				
(d) 假定人體平均重量是 70 公斤，7,300 公噸即處理約 10 萬具人類屍體。新設施採用的排放因子是每具屍體 0.1 微克 I-TEQ，相等於每立方米 0.1 毫微克 I-TEQ 的排放量。				

為估計二〇〇七年的二噁英排放量，顧問保守地假定本港的都市固體廢物估計焚化量為一百萬噸，並已建成污水淤泥及動物屍體焚化爐，而醫療及化學廢物又已一併在化學廢物處理中心焚化；此外，上述建議設施均假定在每立方米 0.1 毫微克 I-TEQ 的二噁英排放上限下運作；得出的結果，是二噁英排放量減至每年 2 至 4 克 I-TEQ，主要因為舊有的都市固體廢物焚化設

(1)¹ 二噁英濃度，按每克媒介物的微微克(picogramme)或毫微克(nanogramme)的 I-TEQ 值計算。若媒介物為氣體，則用每立方米微微克或毫微克的 I-TEQ 值計算。1 微微克相等於 1 克的 1/1,000,000,000,000（或一萬億分之一），1 毫微克則相等於 1 克的 1/1,000,000,000（或十億分之一）。

施已被關閉。

香港目前及將來的二噁英排放表，按人頭計算低於其他國家的排放表，因為本港現時焚化量不高，工業活動並不活躍，但更重要的，香港已就所有現存及建議的廢物焚化設施採用每立方米 0.1 毫微克 I-TEQ 的排放上限，和其他地方選用最佳科技看齊。

檢討周圍空氣的二噁英數據

顧問檢討了兩處市區（中／西環及荃灣）的周圍空氣數據。一九九七年至一九九九年的數據顯示明顯的季節性趨勢，在冬天的月份，因風從北部工業化地區吹來，周圍空氣的二噁英水平較高（冬天的濃度中位數是每立方米 0.132 微微克 I-TEQ，夏天則為每立方米 0.047 微微克 I-TEQ）。上述地點的二噁英濃度中位數，沒有超出世界其他主要市區錄得的濃度。顧問根據衡和化學廢料處理有限公司¹在化學廢物處理中心附近進行的周圍空氣質素監測數據，推導出二噁英濃度低於在德國靠近主要排放源錄得的濃度（每立方米<0.002-0.17 微微克 I-TEQ，相對於德國的每立方米 0.35-1.6 微微克 I-TEQ），是荃灣及中／西環區錄得的典型濃度。這些數據顯示，就二噁英水平而言，香港市區的空氣質素與其他國家市區的水平相若。在化學廢物處理中心附近，周圍空氣的二噁英水平與香港市區背景監測所得的水平沒有多大分別，但較德國主要二噁英排放源附近空氣二噁英的濃度為低。這顯示化學廢物處理中心沒有對週圍的空氣質素造成明顯影響。

工作 2：現有設施的二噁英排放對健康的影響

顧問檢討了化學廢物處理中心的二噁英排放數據。根據化學廢物處理中心煙囪排放模擬系統，該設施可能使周圍空氣的二噁英濃度增加百分之 0.1 至 0.4，但目前的採樣及分析方法未能顯示這增幅，在化學廢物處理中心附近錄得的周圍空氣監測數據，亦證實該中心並未對本港的空氣質素造成任何明顯影響。

在本研究中，顧問估計從飲食（人類攝取二噁英的主要途徑）攝取的二噁英份量大概為每日 105 微微克 I-TEQ（相等於每日每千克體重的 1.5 微微克 I-TEQ）。這數值並沒有超出其他地方錄得的二噁英攝取量。不過，由於香港消耗的食物大部分是進口食物，本港廢物處理設施的二噁英排放，只會對這攝取途徑造成周邊影響。

(1)¹ 衡和化學廢料處理有限公司是政府的承辦商，負責設計、建造和營運化學廢物處理中心。

工作 3：二噁英監測規定

顧問檢討了個別排放源的監測規定，按排放源類別（表 2 中）的二噁英監測次數作出建議：

表 2 就不同二噁英排放源建議的監測次數

排放源	監測次數
都市固體廢物焚化爐	每月採樣一次
污水淤泥焚化爐	首年每月一次，隨後每兩個月採樣一次
動物屍體焚化爐	首年每月一次，隨後每三個月採樣一次
水泥	每兩個月採樣一次
化學廢物處理中心	繼續每月採樣一次

顧問建議除進行排放源監測外，另外對現存及計劃中的廢物處理設施附近的泥土及草葉進行周圍空氣監測。顧問提出以每項建議設施所作的煙道氣擴散模型為基礎，選出三個採樣點，兩個在風向的下游，另一選在風向上游，以作對照。每個採樣點建議每半年採樣一次，以分析泥土及草葉的二噁英含量。

此外，顧問建議制訂食物監察計劃，記錄本地及進口食物的二噁英含量。監察的食品，應包括魚類、牛奶及奶類製品、肉類及蔬菜。在開始的階段，應進行試驗研究，定出持續監察計劃的範圍及進行次數。

如試驗計劃的分析範圍擴大至包括共面多氯聯苯，數據可用於計算攝取的二噁英及類似二噁英的共面多氯聯苯，從而與世界衛生組織建議的每日可容許攝取量（每日每千克體重的 1 至 4 微微克 WHO-TEQ）作比較。共面多氯聯苯佔食物樣本的總 TEQ 比重，可提供有用的資料，有助全面監理從飲食攝取的二噁英份量，並有助確定應否把這些化學物列入源頭採樣計劃內。

工作 4：二噁英排放物的短期及長期影響

鑑於二噁英的積聚性及低排放量，顧問認為要考慮的有關影響，應是慢性和長期的影響，不是急性和短期的影響。香港將來的二噁英排放量中位數與世界其他地區相若，攝取量亦符合世界衛生組織建議的容許攝取量。這些計劃興建的廢物處理設施的監理工作，應集中於確保從煙囪排放的二噁英能符合本港周圍空氣可接受的地面二噁英濃度規限。根據擴散模型顯

示，此類設施只會使周圍空氣的二噁英濃度增加不多於每立方米 0.001 微微克 I-TEQ，因此，顧問認為計劃中廢物焚化設施的累積影響，就人體健康的可能累積影響而言，是可以接受的。

工作 5：新設施的二噁英管制規限

顧問提出就建議的都市固體廢物、污水淤泥及動物屍體焚化設施，應實施每立方米 0.1 毫微克 I-TEQ 的二噁英排放上限，作為業界最佳工作模式。如醫療廢物在別處單獨焚化，而不是在青衣化學廢物處理中心焚化，這排放規限亦適用。如實施每立方米 0.1 毫微克 I-TEQ 的二噁英排放規限，再配合適當的煙囪高度，區內周圍空氣的地面二噁英濃度，最多只會增加每立方米 0.001 毫微克 I-TEQ，與背景比較，不會對公眾健康造成不良影響。

工作 6：化學廢物處理中心二噁英排放管制的審核

顧問廣泛考慮了影響二噁英排放的因素，對在消滅污染系統的一些管制及設計作出審核。關於建議的醫療與化學廢物一併焚化方式，主要的結論如下：

原料管制：顧問認為，用撞扞輸送醫療廢物進入燃燒室，可確保燃燒室內保持均勻和穩定的燃燒條件。

提高燃燒效率：化學廢物處理中心焚化爐的溫度，適合焚化醫療廢物，燃燒氣體停留時間及湍流狀態，可有效完全地燃燒醫療廢物。

廢熱鍋爐的運行條件：化學廢物處理中心廢熱鍋爐的出口溫度，設定為攝氏 380 度，比二噁英產生範圍的溫度為高。如定期清理鍋爐的管道，可降低飛灰中二噁英的含量。

淨氣設備：化學廢物處理中心焚化爐的淨氣設備，亦適用於焚燒醫療廢物，這一點在試驗焚化醫療廢物過程中得到證明。當時錄得的二噁英排放濃度，分別是每立方米 0.016 及 0.027 毫微克 I-TEQ，遠低於每立方米 0.1 毫微克 I-TEQ 的訂明規限。值得一提的，是在試驗燃燒時，活性碳噴射系統並沒有啟動。

化學廢物處理中心的活性碳噴射系統，現已改良為由兩套平衡等效的系統組成，這兩套系統分別接駁不同的電源，每套系統持續不停運作，但各自獨立，互不干擾。當任何一條管道出現故障時，氣體會立即導引至持續運

作的後備系統，完全沒有時間滯差，可確保淨氣工序不會間斷。

系統變數的控制和監察：化學廢物處理中心監察和記錄所有必需的燃燒室、次級燃燒室及煙囪排放參數，以便有效控制燃燒條件。

應變及失效防護系統：化學廢物處理中心設有完備的應變系統，使設施可在受控制的關閉程序下逐步停止運作避免產生過量的二噁英。此外，已就所有主要的故障選項提供聯鎖裝置，以便終止注入廢物，接駁緊急電源和供水。

顧問認為化學廢物處理中心的設計和管理，適合一併焚化醫療與化學廢物，符合每立方米 0.1 毫微克 I-TEQ 的訂明二噁英排放規限。

工作 7：暴露於二噁英的規限建議

以一年累積計，沒有任何一項廢物處理設施會導致周圍空氣二噁英濃度增加超過 1%。有見於此，顧問建議以每立方米 2 毫微克 I-TEQ 為上限，檢討設施的運作及監理措施，以達至適當水平，目的是確保下一個月的排放讀數，不會超逾每立方米 0.1 毫微克 I-TEQ 的訂明規限水平。

為與煙囪內的監測保持一致，顧問又建議香港特區政府實行食物監察計劃，第一步是進行試驗研究，確定監察範圍。在一些國家，奶類被列為是二噁英攝取量的敏感指標，因此，在都市固體廢物焚化爐順風方向的乳牛場，通常都列入監察計劃內。這情況在香港並不適用，但透過上述試驗研究，可用其他的類似的生物基體，作為二噁英污染指標。

環境保護署
特殊廢物設施組
2000 年 4 月