

我國建物火災空氣污染物排放量推估

蔡志賢，景丰科技股份有限公司 協理
郭箴誠，景丰科技股份有限公司 專案經理
楊于昕，景丰科技股份有限公司 專案經理
洪湛喆，景丰科技股份有限公司 工程師
陳常溢，景丰科技股份有限公司 工程師

簡大詠，行政院環境保護署空氣品質保護及噪音管制處 高級環境技術師

一、前言

國內針對建物火災研究多重視建物材料防火性，建物火災之空氣污染物排放量推估研究向來相對缺乏。根據美國環保署排放清冊改善計畫(U. S. EPA, 2001)，美國建物火災排放量推估方法為該年度火災總案件數乘以均化之火載量及排放係數：

$$\text{年排放量} = \text{火災事件數 (fires/年)} \times \text{火載量 (美噸/fire)} \times \text{排放係數 (磅/美噸)} \quad (\text{式 1})$$

式 1 中排放係數為每單位重量燒毀物之空氣污染物排放量；火載量為平均每次火災燒毀物重量。此推估方法使用美國每件火災均化火載量參數，應用於臺灣時有下列問題：

1. 火災規模部分：每次火災案件規模不同，直接以全國總案件數作為活動強度並使用均化之每件火災燒毀重量推估，無法反映個別地區（縣市、空品區）實際排放量。
2. 地區差別部份：美國每件火災均化火載量參數乃調查於美國，並非調查於臺灣本土，因此不適合臺灣使用。

有鑒於此，本研究針對我國建物火災排放量推估方式進行研究，以火災燒毀面積為活動強度建立適用於臺灣本土之推估方法學。

二、研究方法

1. 燒毀面積

本研究以逐案件推估為基礎，並以燒毀面積為臺灣建物火災排放量推估之活動強度，逐案件推估公式如下：

$$\text{火災事件排放量 (mt/fire)} = \text{燒毀面積 (m}^2\text{/fire)} \times \text{單位面積燒毀量 (kg/m}^2\text{)} \times \text{排放係數 (mt/kg)} \quad (\text{式 2})$$

圖 1 為本研究逐案件建物火災燒毀面積推估方法示意圖，其中消防署建物火災逐案件相關資料可取得項目包括逐案件之編號、建物損失金額及建物類別等（案例如表 1，資料欄位包含縣市別、案件編號、建物損失金額、建物種類等，其中建物與財物損失通常由消防單位依據『消防機關辦理火災後建築物及物品損失估算暫行基準』進行估算）。由於消防署資料無燒毀面積，因此建物燒毀面積乃請各縣市環保局協助提供。若縣市無法提供燒毀面積資料，則另由建物損失金額推估建物燒毀面積（方法陳述如後）。

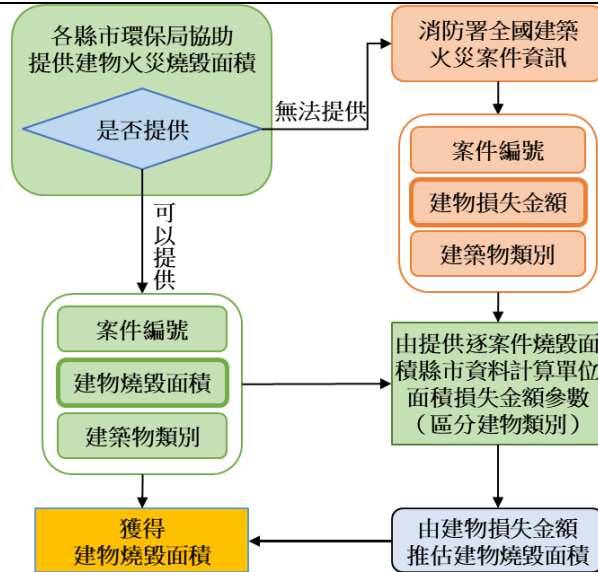


圖 1 本研究逐案件建物燒毀面積推估方法示意圖

表 1 消防署提供之 2021 年建物火災逐案件資料案例

序號	縣市別	鄉鎮市區	案件編號	建物損失 (千元)	財物損失 (千元)	合計 (千元)	建築物類別分	起火處所	起火原因
01	彰化縣	OXX	OOXX	120	120	240	獨立住宅	臥室	遺留火種
02	臺南市	OXX	OOXX	15	15	30	集合住宅	客廳	遺留火種
03	基隆市	OXX	OOXX	100	200	300	獨立住宅	臥室	烤火
04	新竹縣	OXX	OOXX	50	50	100	獨立住宅	廚房	遺留火種
06	嘉義縣	OXX	OOXX	30	20	50	獨立住宅	走廊	電氣因素
07	彰化縣	OXX	OOXX	0	0	0	獨立住宅	廚房	瓦斯漏氣或爆炸
08	雲林縣	OXX	OOXX	400	400	800	倉庫	其他	電氣因素
09	苗栗縣	OXX	OOXX	1100	1100	2200	獨立住宅	其他	遺留火種
10	臺南市	OXX	OOXX	2250	2250	4500	工廠	倉庫	電氣因素

註：序號為本研究自行標示。

2021 年建物燒毀面積資料之索取結果如下：全國僅有兩縣市（以下稱為 AB 縣市）可提供逐案件燒毀面積資料；一縣市（以下稱為 C 縣市）雖無法提供逐案件資料，但可提供總燒毀面積；其餘 19 縣市皆無法提供任何燒毀面積資料。本研究藉由前述消防署提供之 AB 縣市逐案件建物損失金額，分別除以 AB 縣市提供之逐案件燒毀面積坪數，計算 AB 縣市逐案件每坪建物損失金額後取平均值作為參數（區分建物類別），如表 2 所示，樣本數共 400 件。對於無法提供任何燒毀面積資料之縣市，其逐案件燒毀坪數則以其逐案件建物損失金額（消防署提供）分別除以上述每坪建物損失金額參數（區分建物類別）推估，如式 3 所示：

$$\text{燒毀面積 (坪)} = \text{房屋損失金額 (元)} \div \text{每坪建物損失金額 (元/坪)} \quad (\text{式 3})$$

表 2 不同建築物類別每坪建物損失金額參數

建築物類別	每坪建物損失金額參數 (元/坪)	AB 縣市樣本數
工廠	1,568	74
寺廟	681	7
倉庫	3,560	34
住宅/商/辦及其他 (註)	2,386	285

註：商業建築、集合住宅、複合建築、獨立住宅、辦公建築、其他。

各縣市之建物火災總燒毀面積，AB 縣市及 C 縣市直接採用其提供之燒毀面積資料，其餘縣市則以式 3 推估逐案件燒毀面積後合計，其中「每坪建物損失金額」參數乃推估自 AB 縣市逐案件資料，並且區分建物類別（表 2）。

2. 單位面積燒毀量及排放係數

在建物火災單位面積燒毀量及排放係數方面，由於國內缺乏可用之本土參係數資料，本研究採用美國參係數，其中單位面積燒毀量採用美國加州空氣資源局之資料（CARB, 1994），以 24.21 lb/ft^2 (118.31 kg/m^2) 計算。各污染物之排放係數則採用美國環保署（USEPA）及加州空氣資源局（CARB）數據，如表 3 所示。

表 3 美國建物火災單位燃燒量之排放係數

污染物	排放係數			Reference
	lb/ton burned	kg/kg burned	mt/kg burned	
TSP	10.8	5.4×10^{-3}	5.4×10^{-6}	CARB, 1994
VOC	11	5.5×10^{-3}	5.5×10^{-6}	USEPA, 1991
NO _x	1.4	7×10^{-4}	7×10^{-7}	USEPA, 1991
CO	60	3×10^{-2}	3×10^{-5}	USEPA, 1991

三、結果與討論

1. 建物火災燒毀面積

本研究以燒毀面積作為活動強度，可提供燒毀面積資料之縣市直接採用其提供之資料，其餘縣市則以其建物損失金額除以每坪建物損失金額參數（表 2）逐案件推估。本研究推估 2021 年全國及各空品區建物火災總燒毀面積如表 4 所示。

為減少案件間及建物類別差異之影響，本研究推估建物火災燒毀面積使用之「每坪建物損失金額」參數，由來源樣本逐案件計算後取平均值，並且區分建物類別（表 2），此方式可大幅降低燒毀面積推估誤差，本研究驗證如下。C 縣市提供其實際總燒毀面積為 1,063 坪（無逐案件資料），其工廠、寺廟、倉庫、住宅/商/辦及其他等四類建物火災案件數分別為 1、1、11、59 件（共 72 件），建物損失金額分別為 0、0、746、3,160 千元（共 3,906 千元），本研究另以式 3 對該縣市總燒毀面積進行下列 3 種不同之試算：(1) 倘若「每坪建物損失金額」參數之來源樣本無逐案件資料，該參數以 AB 縣市建物總損失金額除以其總燒毀面積計，無區分建物類別，則 C 縣市總燒毀面積試算結果約為 2,570 坪，為其實際總燒毀面積之 2.4 倍；(2) 倘若「每坪建物損失金額」參數之來源樣本有逐案件資料並且逐案件計算後取平均值，但仍不區分建物類別，則 C 縣市總燒毀面積試算結果約為 1,794 坪，為其實際總燒毀面積之 1.7 倍，誤差已大幅降低；(3) 承 (2)，但「每坪建物損失金額」參數區分建物類別（即本研究使用參數，如表 2），則 C 縣市總燒毀面積試算結果約為 1,534 坪，為其實際總燒毀面積之 1.4 倍，其誤差再降低。由上可知，本研究之推估方式的確可有效壓制因案件間差異及建物類別差異所致之影響。

2. 建物火災排放量

本研究以逐案件燒毀面積推估排放量，2021 年全國及各空品區建物火災各污染物總排放量推估結果如表 4 所示，2021 年建物火災全國 TSP、NO_x、VOC、CO 總排放量分別為 99.70、12.92、101.54、553.87 公噸/年。

相較之下，過去我國空氣污染排放清冊建物火災排放量乃直接依循美國早期推估方式，以全國建物火災案件數作為活動強度，並使用美國早期每次建物火災均化排放係數 (USEPA, 1989)：TSP、NO_x、VOC、CO 分別約為 143、13.5、107、582 磅/次 (0.0649、0.0061、0.0437、0.2640 公噸/次)，若以 2021 年全國建物火災案件數共 5,985 次試算，則全國 TSP、NO_x、VOC、CO 總排放量試算結果分別約為 388、37、261、1,580 公噸/年，約分別為本研究方法推估結果之 3.9、2.9、2.6、2.9 倍。由上述之比較可知，過去以建物火災案件數作為活動強度並使用非本土每次火災均化排放係數，可能導致總排放量嚴重高估。

表 4 全國及各空品區 2021 年建物火災燒毀面積及各污染物排放量推估結果

空品區	燒毀面積 (坪)	排放量 (公噸/年)			
		TSP	NO _x	VOC	CO
北部空品區	4,038	8.53	1.11	8.68	47.37
竹苗空品區	2,129	4.49	0.58	4.58	24.97
中部空品區	19,754	41.71	5.41	42.48	231.72
雲嘉南空品區	12,008	25.36	3.29	25.82	140.86
高屏空品區	5,086	10.74	1.39	10.94	59.67
宜蘭空品區	122	0.26	0.03	0.26	1.43
花東空品區	3,856	8.14	1.06	8.29	45.23
離島地區	224	0.47	0.06	0.48	2.62
全國	47,216	99.70	12.92	101.54	553.87

四、結論

1. 建物火災排放量以逐案件方式推估並區分建物類別，可大幅降低各火災案件間及建物差異影響所致之誤差。
2. 本研究推估 2021 年建物火災排放量，為國內首次以燃燒面積作為活動強度建立建物火災排放量之推估方式。本研究結果已獲行政院環境保護署採用於臺灣空氣污染排放清冊 TEDS 基準年 2021 年版本內。

誌謝

本研究相關資源係由行政院環境保護署全面支持協助。本研究建物火災逐案件資料係由縣市環境保護局及內政部消防署提供，特此感謝。

參考文獻

1. U. S. EPA, "Structure Fires", Air Emissions Inventory Improvement Program (EIIP), Vol.III:18, 2001.
2. CARB, "Emission Inventory Procedural Manual, Vol. III: Methods for Assessing Area Source Emissions", California Environmental Protection Agency: Air Resources Board, 1994.
3. U. S. EPA, "Procedures for the Preparation of Emission Inventories for Carbon Monoxide and Precursors of Ozone", Vol. I. EPA-450/4-91-016., U. S. Environmental Protection Agency, Office of Air Quality Planning and Standards. Research Triangle Park, North Carolina, 1991.
4. U.S. EPA, Area source documentation for the 1985 National Acid Precipitation Assessment Program inventory, 1989.