

第一章 緒論

一、背景緣起

我國目前建築物避難安全設計主要是依照建築技術規則及各類場所消防安全設備設置標準的規定辦理。對於大多數的建築物而言，依法所執行之避難安全設計應能提供一定程度的安全性；但是不可諱言的，對於特殊建築物，這兩種條例式法規亦存在適用上困難等諸問題。尤其當前國內各類型複合建築物日益增加，及含有挑高中庭設計之大型購物商場等含有潛在高度生命財產損失危害之場所等，對於性能設計方式的採用應給予較為明確的指示，方能確保建築物避難安全且避免不必要的避難安全設施投資浪費。再者，一般常見建築物（如集合住宅、辦公大樓等）在設計之初或興建完成後，因使用變更或適用新法規時，可能出現部分不適用現行法令規定之情形，如何透過避難安全性能之驗證，而得以排除現行有關最大步行距離、出口寬度、內裝限制、排煙設備構造，甚至防煙、防火區劃之規定內容，而使得防火避難安全法規也可因工學技術評估驗證方法之採用，而具有彈性設計展現之契機。

二、各國避難安全性能設計法規之比較分析

目前國際上已經制定完成的性能設計規範或性能法規，主要是紐、澳及英國的避難安全工程設計原則，日本修正之建築基準法之性能法規亦於平成 12（2000）年 6 月 1 日施行。而美國的法規與標準目前正在進行全面性的修訂，而其目標也將設定在採用性能法規，以補強其長期沿用的法規與標準¹。即從早期的「國家消防委員會（NBFU）」的保險防火安全管制條例「國家建築法規（NBC）」發展，至 1896 年成立 NFPA 訂定的 Fire Protection Handbook，持續至今日 ICC（International Code Council）研訂之 Performance Code for Buildings and Facilities - Final Draft，逐步邁向性能法規發展。

¹ 丁育群、王鵬智，「各國建築物性能防火法規推動現況及展望」，內政部建築研究所 2000 年建築物性能防火法規研討會論文集，2000，pp9-10。

以下試以針對日本、美國、英國、瑞典、澳洲、紐西蘭及加拿大等國之避難相關性能法規之安全設計案例探討分析之²。

(一) 日本

在 2000 年 6 月，日本因頒布新修正建築基準法及其告示，使其性能式法規的執行向前邁進一大步，而日本所建構之避難煙控性能式法規是採以簡單的工程方程式，以手算方法，實際應用至各種設計例。其避難安全評估範圍分為居室、樓層及整棟建築物，而避難安全結果的判定為確認避難者在未受火煙侵襲危害下，可以安全的逃生至避難安全處所。日本這種方式較為簡易，也較容易理解與應用。

(二) 美國

美國與日本不同的是其國內截至目前並無統一的建築基準法，其國內主要採行之建築法規³包括 Uniform Building Code (ICBO)、Southern Building Code (SBCCI)、BOCA Basic Building Code (BOCA)、Life Safety Code (NFPA)、New York Building Code 及 NFPA 5000 Building Code (2002)，在這樣的背景下，美國性能式法規的導入，目前是由美國防火協會 (NFPA)、國際法規委員會 (ICC)、消防工程師協會 (SFPE) 等單位投入研究。另外美國國家防火實驗機構 (NIST)，則致力研究各項煙控避難安全性能評估，其研擬之設計評估模式為先假想火災境況，再計算避難逃生所需之時間，進而比較分析。特別的是其檢討評估過程，認為緊急升降機之安全防護措施若可以有效抑制火煙侵害，則緊急升降機可以納入避難逃生工具評估。

(三) 英國

²大宮喜文、海老元學、野竹宏彰，「諸外國性能規定化動向」，火災，Vol.49 No.1，日本火災協會，1999.2，pp23-26

³ Philip J. DiNunno, "Highrise and Mixed Use Facilities: Requirements, Experience, and Case Studies", 高層複合用途建築物之火災安全對策研討會，財團法人消防安全設備中心基金會，2001.

英國性能式設計需制定送審認可基準書 (Approved Document) , 也就是分析設計建築物空間的性能參數 , 依據法規規範評估計算 , 以驗證所設計結果是否符合法規規範。不過英國目前的性能法規規範為 BSDD240 , 這個規範僅作為實施性能法規的準備階段。而英國的設計例 , 避難逃生路徑的檢討也可以考慮使用緊急升降機。

(四) 瑞典

瑞典是從 1994 年開始實施性能式法規基準 (BBR94) , 其設計應用方式是考量偵煙探測器、撒水設備、警報設備及避難樓梯等影響人命避難逃生安全之因子 , 並利用 t-square 火災成長模式作為火源設計 , 以 CFAST 評估煙控 , 及應用 DETACT-T2 計算撒水設備的動作時間 , 最後評估各種設備的動作率對人命安全的影響。在相關案例上的應用 , 撒水設備對人命安全的影響較大。

(五) 澳洲

澳洲是於 1996 年 10 月公布 BCA96 , 並於 1997 年至 1998 年間 , 其境內 8 個州才紛紛開始採用。其性能法規分為起火蔓延、煙控、延燒擴大、火警探測與滅火、避難逃生及消防搶救等六個子系統 (SS6) , 這與英國 BS 的分類類似。其設計案例可兼用排煙設備與空調設備、撒水設備與供水管路 , 並共同納入安全性能之評估。

(六) 紐西蘭

紐西蘭於 1992 年在建築法 (Building Code) 導入性能法規的概念 , 1993 年將火災安全與避難的性能規定導入建築基準 (Building Regulation) , 並於 1995 年正式將性能規定的目的與機能 , 明文規定於建築法規 (Building Code) 。其在案例設計上需考慮樓梯的寬度、探測警報設備、火煙的預測等評估其人命安全的指標值。

(七) 加拿大

NRCC 建築研究所為加拿大之性能式法規主要推動單位, NRCC 研發 FireCAM(Fire Risk Evaluation and Cost Assessment Model), 用來評估建築物內人命安全的指標期待值, 再應用火災危害造成影響後之相對安全值的方法進行評估。至於實際設計案例需要分析建築物耐火時間、各樓層有無相對避難安全區、是否設有撒水設備, 及是否遵守法規規範等, 再以 FIRECAM 評估避難安全結果, 其驗證結果發現相對避難安全區之設置對避難結果影響較大。

從上述各國避難煙控性能式法規發展與應用的結果, 可將其避難性能檢討主要項目列表 1-1 如下:

表 1-1 各國性能式法規檢討項目

國家	避難性能檢討項目
日本	鋼骨結構的界限溫度與耐火被覆厚度 加壓防排煙設備的設計 內部裝修材料的設計
美國	緊急升降機避難的效率及信賴度的確保
英國	防火區劃之樓板、牆壁的耐火性能 緊急升降機在避難上應用之策略
瑞典	撒水設備、偵煙探測器、警報設備及樓梯數目等人命避難安全因素之評估
澳洲	緊急升降機之避難 煙的傳播與延燒之防止
紐西蘭	煙探側器與煙控管理措施的能力 樓梯寬度的大小
加拿大	耐火建築物撒水設備之信賴度、有無暫時避難安全處所、警報廣播設備的傳達等

(資料來源: 大宮喜文、海老元學、野竹宏彰, 1999.)

上述先進國家（日、美、英、瑞、澳、紐、加）以科學為基礎的防火工程進行避難安全工程設計，突破傳統的規格式設計，建立一個可以將火災與風險採以量化分析，利用評估分析方法驗證是否可以達到法定安全值的性能規範。我國也在九十一年起藉建築技術規則設計施工編第八十九條之一之增訂，開始實施性能式設計法之防火避難安全計畫審查新制。

為因應世界建築防火工程科技發展之潮流，並解決特殊建築物建構之需求及追求安全投資之效益，在推動我國建築避難安全設計走向性能式法規之際，如何以國內的需求為基礎，建立一個合理可行的法規規範，並與國際調和，實為我國發展避難安全性能法規之主要方向。

本研究延續去年研究成果，選定較適合我國建管法規體系制度之日本避難安全驗證法，供為國內建築列管對象在設計興建之初，或興建完成而變更使用，或適用新頒行防火避難相關法規內容出現困難，或基於特殊考量而可以類似性能設計之簡化程序，提出量化之（防火）避難計算書，送政府指定之第三公正機構評定其避難安全性能後，循建管請照程序，而獲得排除現行法規適用之認可。

三、避難安全驗證法之內容與適用限制

有關各國避難性能法之主要目標均為確保人命安全，至於避難安全之機能、性能及驗算評估方法等則有所差異。其中日本新修正建築基準法之避難安全驗算，則採 t-square 火災成長公式計算其煙層上升速度，並以實際調查之資料分析避難人員能承受之煙層下降高度，推算出避難容許時間，然後再以實際調查所得之收容人員密度、步行速度、出口流率、居室面積、步行距離、出口寬度等資料，依所建立之驗算公式推估避難完成所需之時間後，再與避難容許時間比對，確認避難是否符合安全。因此這類驗算方式，工程設計人員和審查人員只要對於採用各項參數之合理性進行溝通，即可以達成共識。至於 ICC Performance Code for Buildings

and Facilities - Final Draft 等相關避難性能式設計法，則明列避難安全性能設計之目標、功能和性能所要求之條件，至於其驗算方式則只要採用經認證之驗算模式分析即可，因此造成工程設計人員和審查人員間存在著極大的溝通介面，所以工程設計人員及審查人員應接受專業之教育訓練，甚而應建立第三公正驗證單位，經其認可後才能提出申請。故在要求相同的避難安全結果，後者之驗算證明需花費較多的時間、人力及物力，即使其避難安全設計具有較大的空間可以自由發揮。因此本研究採行日本避難安全性能驗證法為驗證設計評估之方法。

本研究之建築物避難安全性能的驗證項目包括居室、樓層及整棟建築物之避難安全評估。居室及樓層之避難安全評估為建築之其中任一居室或樓層發生火災，該樓層之避難人員從避難開始至避難結束之避難逃生時間，與居室到走廊、樓梯因火災造成煙層下降之危險時間相比對，驗證是否可於安全時間內完成避難行動。至於整棟建築物之避難安全性能，則為其中一居室發生火災時，建築物內全部避難人員完成避難時間是否低於煙流入樓梯時間之避難安全驗算。有關其驗證方法之構成、適用範圍及限制條件簡述如下：

(一) 避難安全驗證方法之構成

對於符合建築防火法規之避難通道及樓梯部分（具充分抗火防煙能力者），因直接運算整棟建築物之人員避難安全驗證，所需數據及運算資料必然龐大，可直接針對不適法或欲驗證之樓層部分，進行自居室至直通樓梯為止之避難安全驗證工作（參見圖 1-1）。至於欲驗證整棟建物之安全驗證，則必須是煙未進入樓梯前，避難人員已全數通過避難層出口。

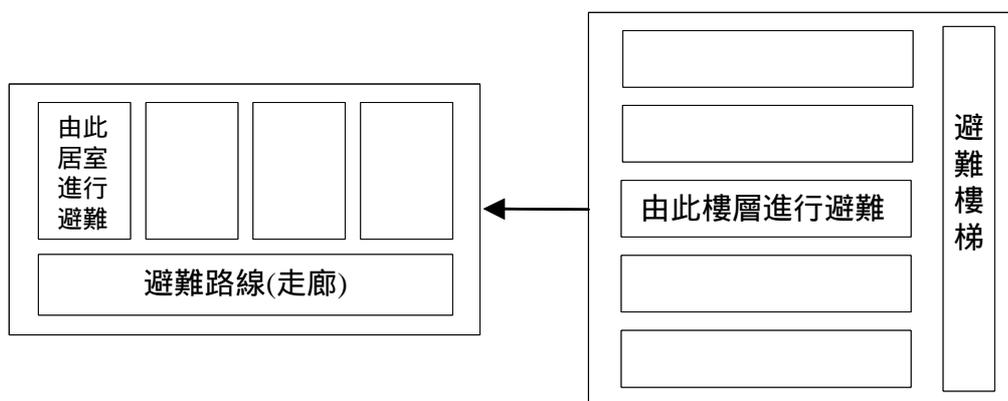


圖 1-1 避難安全驗證法之構成

(資料來源：荻原一郎、林廣明，2001)

(二) 應用避難安全驗證法之排除法規適用限制

依表 1-2 所示項目，如運用避難安全驗證法確認具有避難安全性能者，得不受建築防火法規部分內容之規範。如能獲得樓層避難安全性能之驗證，有關至直通樓梯之步行距離、走廊寬度、排煙設備構造及內部裝修限制之規定，可被部分排除適法性；如因不符樓層及區劃之相關規定，則需進行全館避難安全性能驗證。但是，有關消防搶救活動之確保，由於即使根據各避難安全驗證法也不能完全確保其性能的相關規定，故不能據以排除其法定要求內容。

避難安全性能驗證是假設在發生火災下，全部人員逃離居室，進入直通樓梯，在火煙未波及前避難至安全處所，方屬安全；此驗證之先決條件為確保直通樓梯等避難設施可避免火煙直接侵襲，因此本驗證法僅適用於建築物主要結構為耐燃材料建構者。另本驗證法相關經驗公式及參數之資料，係針對具有自力行動避難人員進行觀察及實驗調查所得，因此本驗證法不適用於無法自力避難人員，如醫院、療養院等場所。

表 1-2 適用避難安全驗證法之排除規定

項目	條文	項	規定概要	驗證法之排除規定	
				樓層避難 安全驗證	全館避難 安全驗證
防火 區劃	112 (83、86)	5	11 樓以上為 100m ² 區劃	-	
		9	垂直管道區劃	-	
		12	其他用途之區劃	-	
		13	其他用途之區劃	-	
避難 設施	119 (92)		走廊寬度		
	120 (93)		到達直通樓梯之步行距離		
	123 (97)	1	安全梯之構造 第 1 款 防火牆 第 6 款 防火設備	-	
		2	室外安全梯之構造 第 2 款 防火設備	-	
		3	特別安全梯之構造 第 1 款 梯間之設置 第 11 款 梯間之面積		
			第 9 款 防火設備	*	
			第 2 款 防火牆	-	
	124 (98)	1	營業店舖之避難樓梯等寬度 第 2 款 往樓梯之出口寬度		
			第 1 款 避難樓梯等寬度	-	
	排煙 設備	126 之 2 (消防 189、190)		排煙設備之設置	
126 之 3 (消防 189、190)			排煙構造		
內裝 限制	129 (88)		特殊內裝之建築物(第 2、6、7 項之樓梯相關規定除外) 車庫、調理室等		

* 室內至陽台附室出入口部分之相關限制

() 表示我國建築技術規則相對應條文

(資料來源：本研究整理)

基於上述，茲整理避難安全驗證法使用條件限制如下：

1、建築空間

建築結構為防火構造或不燃材料。

2、人員屬性

人員應具有自力行動能力（醫院、療養院不適用）。

3、火災模式

（1）火災假設僅指起火到擴大延燒之初期火災，火災僅限定發生於起火室內。

（2） t^2 fire growth model。

（3）Zone model。

4、每一防煙區劃面積 1500m²

5、天花板高度限制 < 20m

（三）政府單位之審核認可

鑑於公告中所規定之具體計算方法為一般性之驗證法，對於其中不確定部份則需考量進一步的安全面，並利用被認可的工程技術進行詳細狀態（境況）預測。因此，除以往之法定規格式基準（方式 A）及公告中所適用之一般性驗證法（方式 B）外，也可採用政府單位所認定之性能設計進行指定性能之評估（方式 C），如圖 1-2 所示之避難安全驗證方式分析。

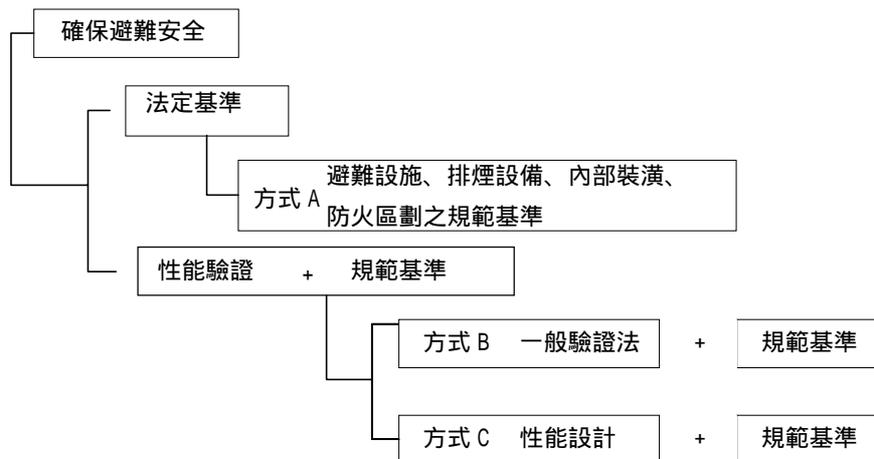


圖 1-2 避難安全驗證方式

(資料來源：荻原一郎、林廣明，2001.)

四、避難安全性能的法規化及適用分析

早期避難相關法規是依建築物之使用型態，規定從居室到樓梯間之步行距離、排煙設備設置等，避難安全的確保就是依照這些規定設計。隨著火災工學的發展，避難行為及火災發展模式已開始被合理的量化評估，因而避難安全的設計則開始朝評估建築物避難安全性能方向設計，以確保人員在遭受火煙侵襲前可以完成避難行動，這樣的設計理念就是避難安全性能設計法規化之起源。

避難安全性能法規規定是要檢驗避難人員的逃生安全，以日本為例，其避難安全驗證可分為樓層避難逃生安全驗證及整棟建築物避難安全驗證，經驗證符合法令要求性能者，其在避難設施、排煙設備、內部裝修材料及防火區劃可一部或全部不受到規格式法規內容之限制。我國九十一年修正建築技術規則設計施工篇第八十九條之一也有相同之規定。

至於避難設施之相關規定可採避難安全性能驗證之關係分析說明如下：

(一) 樓層驗證部份

1、避難設施

樓層避難安全評估是指避難者從所在位置至樓梯出口之步行距離及行動時間等項目加以探討分析，其中走廊及樓梯出口寬度會影響通過出口所需之時間，所以有關避難設施之步行距離、出口寬度放寬限制規定可以避難安全性能評估驗證之，如表 1-3。

表 1-3 避難設施相關規定與避難安全驗證法之對應

條	項	法令規定部份	樓層避難安全驗證法注意事項
90		供不特定多數人使用場所之居室	往走廊避難之出口流量係數的調整
91		出入口寬度的限制	
93	2 款	自樓面居室之任何一點至直通樓梯口之步行距離的限制	依其步行距離計算避難行動所需的時間 避難安全驗證法的應用限定於所規範之構造類別
93	2 款 5 目	非防火構造或非使用不燃材料所建造之建築物，其步行距離放寬之限制	避難安全驗證法的應用限定於所規範之構造類別 居室內部裝修材料發煙量的計算 通道內部裝修材料發煙量的計算 減緩樓梯步行速度
93	2 款 3 目	因樓層的高度限制其步行距離	減緩樓梯步行速度
97	3 款	特別安全梯的構造	樓層安全避難是指安全梯間前室的避難 調整梯間之流量係數
98	1 款	商場的避難樓梯，直通樓梯總出口寬度的限制	樓梯流量係數的調整

(依據建築技術規則設計施工篇)

2、排煙設備

避難安全驗證法之避難容許時間是以煙層下降時間為評估依據，而排煙設備的設置會影響煙層下降之時間，因此只要煙層的危害不會波及避難者之逃生安全，在安全性能之驗證下，排煙設備可以放寬設置，如表 1-4。

表 1-4 排煙設備有關規定與避難安全驗證法之對應

條	項	法令規定部份	樓層避難安全驗證法注意事項
28		依據場所之用途、面積及開口通風等狀況要求排煙設備的設置	煙層下降時間的計算
189		各居室之防煙區劃及排煙設備設置之相關規定	整體性避難安全驗證法的應用
190		特別安全梯或緊急升降梯間排煙設備的構造	因應結構，計算其煙層下降時間

(依據各類場所消防安全設備設置標準)

3、內部裝修材料

內部裝修材料的限制規定為防止火災延燒，及避免起所產生之煙、有毒氣體對人員產生危害；至於避難安全評估分析之發煙量係以內部裝修材料及儲存物質火載量為計算基準，所以經避難安全性能評估符合規定，則內部裝修材料也可不受到法令限制，如表 1-5。

表 1-5 內部裝修材料有關規定與避難安全驗證法之對應

條	項	法令規定部份	樓層避難安全驗證法的注意事項
88		建築物之內部牆面及天花板之裝修材料依建築物用途、構造，及供該用途之樓地板面積等要求其裝修材料之相關規定	居室內部裝修材料發煙量的計算 走廊內部裝修材料發煙量的計算 樓梯內部裝修材料則必須符合避難安全驗證法之規定限制

(依據建築技術規則設計施工篇)

(二) 整棟避難安全驗證

1、避難設施

整棟建築物避難安全驗證之有效出口流量是考量屋外出口及避難梯的寬度，以計算其通過出口所需之時間，至於步行所需的時間也考量樓梯至屋外出口間之距離。整棟建築物之避難安全驗證之分析可以排除上述相關法規之適用規定，如表 1-6。

表 1-6 避難設施相關規定與避難安全驗證法之對應

條	項	法令規定部份	樓層避難安全驗證法注意事項
97	1 款	避難樓梯的構造	驗證煙有無進入樓梯
97	2 款	戶外安全梯的構造	驗證煙有無進入樓梯
97	3 款	特別安全梯的構造	驗證煙有無進入樓梯
98	1 款	供商場使用直通樓梯總寬度的限制	調整梯間流量係數
94		避難層自樓梯口至屋外出入口步行距離之限制	驗證安全梯時應計算上層建築物之收容人數
90		建築物各樓層直通樓梯開向屋外出入口寬度之限制	驗證屋外的出口

(依據建築技術規則設計施工篇)

2、防火區劃

建築物 11 層以上之樓層因消防搶救行動較為困難，且避難至地面所需之時間較長，因此法規要求之安全性比一般樓層高，為防止火災蔓延擴大，確保避難人員之安全，規定 100 平方公尺內應防火區劃。整棟建築物避難安全驗證法為在假想火災發生狀況下驗證整棟建築物所有人員之避難安全，因此經驗證符合規定，則可排除法令之適用規定。

至於建築物管道間之防火區劃是為確保阻止垂直方向間之延燒擴大，避免於最短的時間內造成其他樓層避難危害的出現，因此避難人員可依其實際境況設計模擬評估整棟建築物全數人員避難完成之安全性，以驗證其是否可排除法令之適用規定。在不同用途間，防火區劃是為了確保不特定多數人使用場所之防火安全，同樣地採用整棟建築物避難安全驗證法可以驗證其是否可以排除法令之適用規定，如表 1-7。

表 1-7 防火區劃相關規定與避難安全驗證法之對應

條	項	法令規定部份	樓層避難安全驗證法的注意事項
83	1 款	建築物第十一層以上部分每 100m ² 應區劃的要求	驗證整棟建築物避難安全性能
79		防火構造建築物 1500m ² 應區劃的要求	驗證整棟建築物避難安全性能 內部裝修材料發煙量的計算
83		梯間、緊急升降機管道間，避難通路依所規定可適用的例外	收容人員的限制
85		貫穿防火區劃風管之要求	驗證整棟建築物避難安全性能 內部裝修材料發煙量的計算
86	1 款	特定建築物其不同用途間的區劃	驗證整棟建築物避難安全性能

(依據建築技術規則設計施工篇)

第二章 避難安全驗證法概要

第一節 避難安全計畫的建立與應用

一個可行的避難安全驗證方法之應用，必須有避難安全計畫的訂定與推動為基礎，去落實各項不確定的假設條件。在周全完善的避難安全計畫運作下，藉避難安全性能驗證方法所評估之結果將更接近實際避難狀況，更能合理判斷避難逃生之安全性能。

一、防災綜合計畫⁴

防災計畫對於建築物火災安全防護的確保非常重要，因此，預設火災境況，分析各項防火對策是否能達到火災安全性的目標，便構成綜合性防災計畫的主體。

建築物內部一旦開始起火燃燒，隨著時序的推進，會延燒擴大至火災進入全面燃燒等狀況，這些火災發展的階段（fire phase）會隨著時間而改變；而一個有效的防災計畫，最重要的就是可以隨著不同火災階段的發展，而有不同的防護對策。一般的火災發展階段所因應之防火對策如表 2-1 所示。

表 2-1 火災發展階段與防火安全對策

火災發展階段	防災計畫的目的	防火對策
起火	防止起火	火源的使用與管理
初期擴大	防止初期之起火蔓延燃燒	內部裝修材料的不燃化、初期滅火設備的設置
	及早通報與警報系統	火警自動警報設備
	起火居室及起火樓層之避難逃生安全	排煙設備、避難設施
全面完全燃燒	建築物樓層避難逃生安全	避難設施、排煙設備
	防止延燒擴大	防火區劃、滅火設備

⁴ 日本建築 - ，避難安全驗證法 解說及 計算例 解說，2001，pp1-2。

	消防救災活動之支援	消防栓 消防搶救上必要設備
建築結構毀損	防止坍塌	耐火結構

(資料來源：日本建築 - , 2001.)

二、避難計畫與煙控計畫

避難是指火災發生時，建築物內人員往安全處所逃生之行為，一般分為起火居室避難、起火樓層避難及整棟建築物的避難。而火災的危險狀態會影響空間內的安全移動，所以避難最終的安全處所為類似屋外的安全避難處所。從過去的案例可以得知避難安全的確保，最重要為防止火、煙對避難人員造成危害，而火災發展階段與避難關係在起火至初期延燒階段，其因應對策為居室的避難；火災從起火室延燒至進入全面燃燒，波及至其他居室時，則應進行樓層的避難；至於火勢延燒至樓梯前則應完成整棟建築物的避難。所以避難計畫目標是以防止火煙影響建築物內部人員，並使避難者迅速逃生至安全處所。至於避難的整體性安全計畫，則包含可迅速完成避難逃生的避難計畫及防止火煙危害的煙控計畫。

(一) 避難計畫⁵

1、避難行動

所謂避難係指因火災等緊急狀況發生時，為維護生命安全而移動至安全場所之行為稱之。建築物防災計畫應依其離開起火室、起火樓層及起火建築物等連貫性之避難行動，策定避難計畫並評估其安全性。

2、人員特性

避難計畫之避難對象應包括長時停留之居住者或工作者，以及暫時停留之外來者等所有建築物內之人員，

⁵ 許宗熙、楊逸詠，建築防災計畫準則及防火避難安全設計規範之研究，內政部建築研究所，1999，pp.39-43

並充分檢討其人員屬性、人數、避難能力後，訂定避難因應對策計畫。

3、使用型態

避難計畫應充分掌握建築物之用途、使用狀況等使用型態，及使用者、管理者是否屬單純或複雜後，再策定計畫。

4、避難計畫原則

(1) 兩方向避難之確保

建築物內之各部份，不論火災發生之機率多寡而假定都有可能發生，則建築物內之任一部份原則上必須設定兩方向以上之避難路徑；不得已時，應將單一方向避難路徑部份侷限至最小限度。

(2) 避難路徑之構成

避難路徑應儘量簡單明快，避免路徑曲折或樓梯位置不明或轉換，避難設施應有充分之容量且平衡配置，避免避難出口、樓梯位置等偏離配置而影響避難安全性能。

(3) 安全區劃之設定

大規模或高層化等避難時間較長之建築物，從居室至避難樓梯間之避難路徑上，原則上應依先後次序設定階段性之安全區劃，以提昇避難安全性能。

(4) 避難設施之防護

避難設施應能防護火災危險，提供避難行動使用，且隨著安全區劃之層次提昇防護能力。避難樓梯或特別安全梯之梯間及排煙室，應力求確保其安全性能。

(5) 人員生理及心裡因素之考量

避難行動時，避難人員之判斷力、行為能力無法維持平時狀態，計畫時應考慮緊急狀態下人員生理及心理之因素。

(6) 行動不便者之考量

病人、殘障者、幼兒、高齡者等因無法期待具有一般成人同等之避難能力，故收容多數行動不便者之建築物，應依特性策定適用的避難計畫。

(二) 避難安全之評估

1、避難預測

依據避難設施之計畫內容，將避難狀況作定量預測，並歸納特性，檢討避難上之危害因素，回饋計畫之改善或修正，並將避難流動之特性反映至防排煙等對策上，謀求計畫之綜合效果。

2、避難設施評估

利用避難評估方法，定量評估避難時間或滯留人數作為分析設施之位置、寬度、面積之依據，確認計畫之有效性；評估方法由容許避難時間及避難行動所需時間所構成。

3、避難評估項目

避難評估方法所使用之避難者特性值、避難流動特性值應合理設定作為計算評估之標準。評估方法中應包括下列之基準值（如表 2-2）：

表 2-2 避難評估項目

1.避難者之特性值	避難人員密度（用途別） 避難步行速度（居室、走廊）
2.空間之特性值	最大滯留人員密度（走廊、排煙室）

3.避難流動之特性值	水平部份之流動係數 垂直部份之流動係數
4.評估用之預測值	起火室之開始避難時間 非起火室之開始避難時間 居室之容許避難時間 走廊之容許避難時間 樓層之容許避難時間

(三) 煙控計畫

1、煙控

(1) 煙控之目的

煙控之目的為防止火災發生時，濃煙急速經由防煙區劃往其他區劃蔓延，以及利用排煙機或煙本身之浮力將濃煙排出或針對重要區劃內部加壓以防止濃煙侵入等。即運用防排煙之各種方法控制煙之流動，以確保或形成可安全避難之路徑或空間。

(2) 防煙與排煙

防煙與排煙係互補關係，當防煙措施方法可確保避難路徑或避難空間之安全性時，再運用排煙措施，以確實達到安全目的。防煙與排煙不得偏向任一方，依據建築物之需求策定合理之防排煙計畫。

(3) 煙控之方法

煙控之方法包含密閉防煙方式、自然排煙方式、第二種排煙方式⁶、機械排煙方式。計畫時依據煙控對象居室、避難路徑、避難空間等防煙要

⁶ 非法定之機械進風、自然排煙方式。

求，採用適當之煙控方式。

(4) 煙控區劃之種類

濃煙因火勢擴大後迅速四處擴散，煙控之首要係採取區劃以防止擴散。區劃可能因用途不同而設定，可能因面積太大而予以區劃，可能因避難上安全程度之不同而設定區劃，可能因避難垂直蔓延而將垂直貫通空間（管道間、電梯坑道、樓梯間等）設定區劃或利用樓板形成層間區劃。

A、用途區劃之煙控

不同用途之居室，其起火危險性、內部人員之避難能力、火載量的規模及管理體制均不同，為確保各不同用途空間內之人員安全，應避免不同用途空間彼此間煙之流動擴散，而予以必要的防煙區劃。

B、面積區劃之煙控

同一用途之居室面積過大時，應依建築消防相關法令設置防煙區劃，防止煙之快速流動擴散。且在建築使用目的容許之情況下，儘量設置隔牆式之防煙區劃。

C、安全區劃之煙控

為確保避難路徑所在位置之安全區劃，應按避難之先後，依走廊、排煙室、避難樓梯逐次提昇安全層次，進行適當之煙控。

D、垂直貫通空間區劃之煙控

挑高空間、樓梯間、電梯機道、自動扶梯四周、風管管道間、配管管道間、電氣配線管道間等設置於建築物內部之垂直貫通空

間，火災發生時最易成為濃煙往上層擴散之主要路徑。垂直貫通空間區劃之煙控應考慮日常使用之方便性需求，提昇火災時確實構成區劃之可靠性。

E、層間區劃之煙控

建築物各樓層以樓板形成之水平區劃稱為層間區劃。係構成用途、面積區劃之重要前提，特別是超高層建築物等避難時間較長，防災計畫時常利用建築物之某一部份作為避難據點，計畫時必須確實防止煙往上層部蔓延。

2、排煙計畫

(1) 排煙之目的

排煙之目的係作為煙控之一環，將濃煙排出建築物外，以確保避難路徑及避難據點之安全。

(2) 排煙之對象空間

排煙對象空間依據避難上安全層次，區分成居室、走廊、排煙室（特別安全梯或緊急昇降機）等三部份，依各部份之安全特性，選擇適當的排煙方法。

(3) 排煙方式

排煙計畫時，應充分了解自然排煙方式、第二種排煙方式、機械排煙方式等各方式之特徵而採用適當之方式。

(4) 排煙設備之計畫

A、排煙設備之計畫

計畫排煙設備除充分了解排煙對象空間、

排煙方式之特性外，還需詳細考慮是否能有效排煙。又建築物全體之排煙設備除考慮設備整體之合理性外，亦必須與避難計畫之需求相互整合。

B、計畫之合理性

排煙係建築物全體避難計畫、防災計畫之一環。除排煙手段以外，若其他方面之計畫對防災避難都已充分考量，則建築物或建築物內部空間亦可不必設置排煙設備。建築消防相關規定中，原有部份免設置之規定，可更積極導入性能驗證方法之規定，合理策訂建築物全體之防災計畫。

第二節 樓層避難驗證法

一、樓層避難安全驗證法

樓層避難安全驗證法分為二個階段驗證避難安全性能，第一階段為針對可能起火的居室，假設在火災發生下，確認居室人員是否可以安全的避難至居室外部。具體言之，乃先計算居室人員避難至居室外部所需之時間，次而計算煙層下降至安全極限高度，形成避難危險之時間，最後再確認完成居室避難所需之時間是否超過煙層下降至極限高度形成避難危險之時間(避難安全容許時間)。

第二階段為考量起火室以外之部分，確認該樓層之全部人員是否可以安全避難，一般人員避難至居室外部後，仍未屬於安全狀況，需繼續避難至建築外部安全處所。加上火災可能蔓延擴大至居室外部，形成起火室以外的避難障礙，所以樓層之避難安全性應先計算人員避難至樓梯內部之避難開始時間、步行時間、通過樓梯出口之避難所需時間的總和，續而計算其避難路徑之煙層下降時間，進而確認樓層避難所需之時間是否超過煙層下降時間，最後確認所有居室人員在不同的避難路徑下是否可以安全的避難逃生。

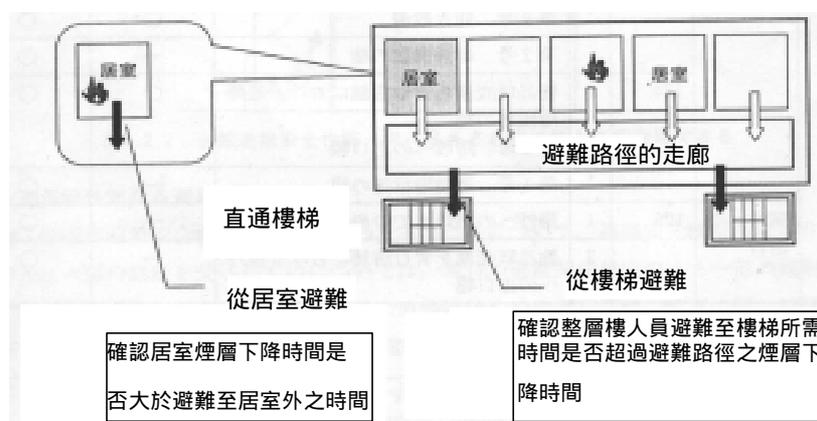


圖 2-1 樓層避難安全驗證法的構成

二、樓層避難安全驗證程序

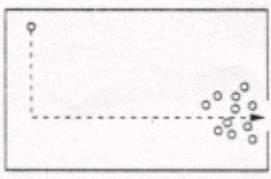
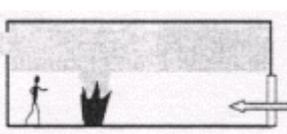
- (一) 依特定樓層的對象，選定整層樓中可能發生火災的處所，假設為起火室。
- (二) 算避難人員從所處的居室位置避難至戶外安全處所之完成避難逃生所需之時間，其值包含：
 - 1、避難開始時間
 - 2、到達出口之步行時間
 - 3、通過出口所需之時間
- (三) 依假設居室起火，計算其所產生濃煙之煙層下降至安全極限高度而形成人員避難逃生障礙之時間，其計算數值包括：
 - 1、避難安全容許煙層下降至極限高度之蓄煙體積
 - 2、假設火災所產生之煙等氣體生成量
 - 3、計算居室設置排煙設備之有效排煙量
- (四) 依上述(二)所計算之居室人員完成避難所需之總時間，確認小於(三)所計算該居室火災煙層下降至極限高度之避難安全容許時間。
- (五) 居室均完成(二)(四)項之避難驗證後，再進一步驗證整層樓是否安全避難。
- (六) 避難人員從起火室，經過走道，進入樓梯，始為完成樓層之避難，此避難逃生所需之時間分為三個部分：
 - 1、避難開始時間
 - 2、步行到達直通樓梯所需之時間
 - 3、通過樓梯出口所需之時間
- (七) 按每個不同起火室產生之濃煙，沿著該樓層避難路徑下降至容許界線，形成避難至樓梯出口前障礙之避難安全容許時間，此部分煙層下降時間之計算可分為：

- 1、容許煙層下降界限高度之煙霧容許蓄積的體積
- 2、假設煙的發生量
- 3、計算居室排煙設備之排煙量

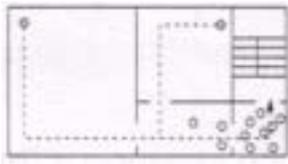
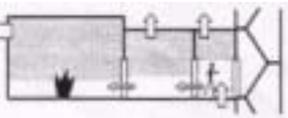
(八) 依第(六)所計算之樓層避難完成時間，應確認避難所需之時間是否大於第(七)項計算避難危險產生時間(避難安全容許時間)

(九) 驗證每一起火居室均符合第(六)(八)之驗算後，樓層避難安全驗證作業方為完成。

表 2-3 避難安全驗證法之程序

各居室避難安全驗證			
計算避難至居室外所需之時間		其避難所需時間為下列三個部分之合計 避難開始時間 步行時間 通過出口所需之時間	計算上之主要參數 建築物收容人員密度 居室之面積大小 步行速度 出口寬度 有效出口流動係數
計算居室煙層下降時間		煙層下降至避難障礙之極限高度之時間	計算上之主要參數 可燃物的量(堆積及內部裝修) 居室之面積大小 煙的發生量 防煙區劃的性能 有效排煙量 防煙區劃/排煙效果係數
驗證	居室避難完成時間 居室煙層下降時間		



各起火室避難安全驗證			
計算避難至直通樓梯完成避難所需之時間		其避難所需時間為下列三個部分之合計 避難開始時間 步行至樓梯出口所需之時間 通過出口所需之時間	計算上之主要參數 建築物收容人員密度 居室、走廊之面積大小 步行速度 出口寬度 有效出口流動係數
計算避難路徑之煙層下降時間		從起火室至直通樓梯出口之所有避難路徑煙層下降時間之最小值 煙層下降至避難障礙極限高度之時間	計算上之主要參數 可燃物的量(堆積及內部裝修) 居室、走廊之面積大小 煙的發生量 防煙區劃的性能 有效排煙量 防煙區劃/排煙效果係數
驗證	樓層避難完成時間 樓層煙層下降時間		

第三節 整棟建築避難驗證法

一、整棟建築物避難安全驗證法

整棟建築物避難安全驗證法分為下列二個階段驗證整棟建築物之避難安全性能。第一階段為先確認各樓層之避難驗證是否安全，也就是居室及樓層避難逃生所需之時間是否超過煙層下降界限容許時間。

第二階段為檢討整棟建築物之避難安全，即使可以確保各樓層之避難安全性能，但如果起火室之濃煙蔓延流入直通樓梯或其他樓層時，仍會造成其他居室及樓層人員避難上之困難。故首先依各假設之起火室計算建築物內所有人員在火災危害安全容許時間前，可以避難至建築物外部之避難安全處所。整棟建築物避難安全驗證要先計算全部人員避難至建築物外部所需之時間，並計算煙層侵入樓梯造成危害之時間，最後確認煙霧進入樓梯之危險形成時間是否低於人員避難至建築物外部所需之避難時間。

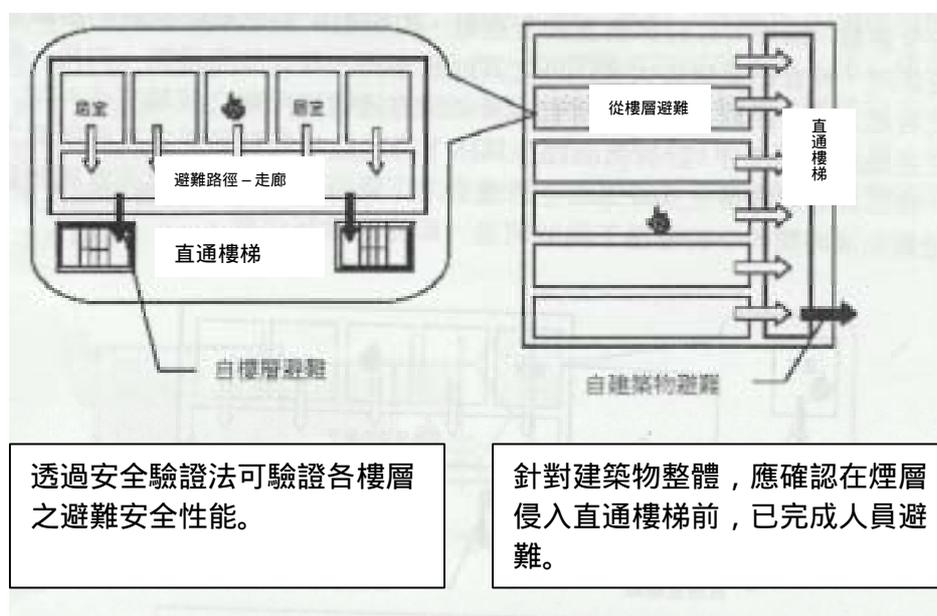
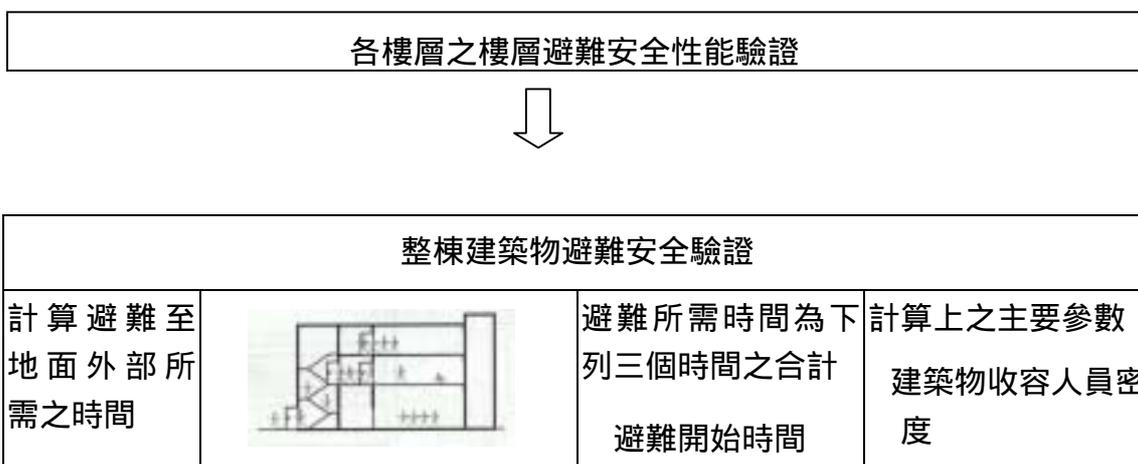


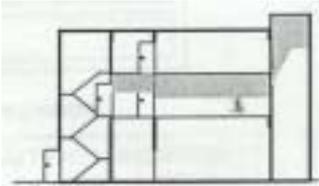
圖 2-2 整棟建築物避難安全驗證法之構成

二、整棟建築物避難安全驗證程序

- (一) 確認前述樓層避難安全驗證之 9 項步驟是否符合規定，也就是先確認樓層避難是否安全。
- (二) 定建築物內部之所有起火居室。
- (三) 算建築物所有人員避難至地面層外部安全處所避難逃生所需之時間。
 - 1、避難開始時間
 - 2、避難至地面出口所需之步行時間
 - 3、通過地面出口所需之時間
- (四) 起火室所產生之濃煙經樓層之各部分流入樓梯內之時間(以下簡稱整棟建築物煙層下降時間)，有關其煙層從起火室散播至各避難路徑，侵入樓梯之煙層下降時間之計算可分為：
 - 1、容許煙層下降界限高度之煙霧容許蓄積體積
 - 2、假設煙的發生量
 - 3、計算居室排煙設備之排煙量
- (五) 確認第(三)步驟計算之避難所需時間是否超過第(四)步驟所計算之煙層下降之時間。
- (六) 全部起火居室均應依第(三) (五)步驟驗證確認。

表 2-4 整棟建築物避難安全驗證法程序



		避難至地面出口所需之步行時間 通過地面出口所需之時間	居室、走廊、樓梯之面積大小 步行速度 出口寬度 有效出口流動係數
計算煙層侵入直通樓梯或其他樓層之避難危險形成時間		由起火室經直通樓梯出口進入各垂直管道空間的煙層下降時間之最小值 煙層下降至界限高度所需之時間	計算上之主要參數 可燃物的量(堆積及內部裝修) 居室、走廊之面積大小 煙的發生量 防煙區劃的性能 有效排煙量 防煙區劃/排煙效果係數
驗證	整棟避難完成時間 < 整棟煙層下降時間		

第三章 樓層避難安全驗證法解說與實例運用

第一節 樓層避難安全驗證法解說

一、假設火災處所

避難安全驗證法關於起火室的假設，除較不可能發生火災之廁所、浴室等場所外，其他所有之居室應假設為起火室，故一般而言，全部居室需以避難安全驗證法驗證其避難安全。至於明確較不可能發生火災場所的界定係指該場所堆積可燃物量少，且平常時間無人活動者，如表 3-1 所示。

表 3-1 火災發生危險性低之場所

非起火居室	空間特徵	其他類似場所
1.升降機等其他建築設備之機械室 2.不燃物質之儲存室	具有少量的可燃物質存在 無人活動之場所	空調機械室、水槽室、幫浦室 冷藏室、冷凍室、機械式停車場
1.走廊、樓梯等其他通道 2.廁所	具有少量的可燃物質存在 不會有人長時間停留活動之場所	玄關、電梯間、樓梯間、排風室、車道 浴室、化妝室、金庫

避難安全對於火災之假設是指從起火到擴大延燒之初期火災，因此火災僅限定發生於起火室內，並假設火災發生，人員同時進行避難活動。

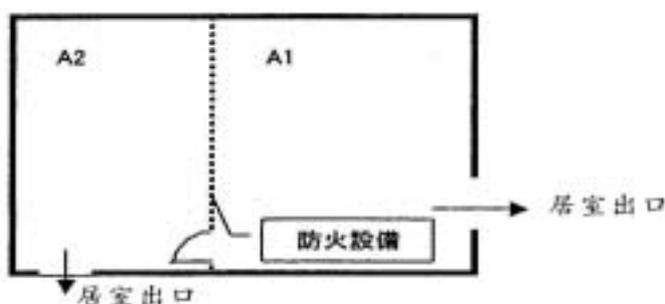


圖 3-1 利用防火設備來區劃居室

上圖為火災發生時，防火設備會自動關閉，並將該空間區劃成二個居室。

二、居室避難安全驗證

(一) 居室避難安全驗證流程

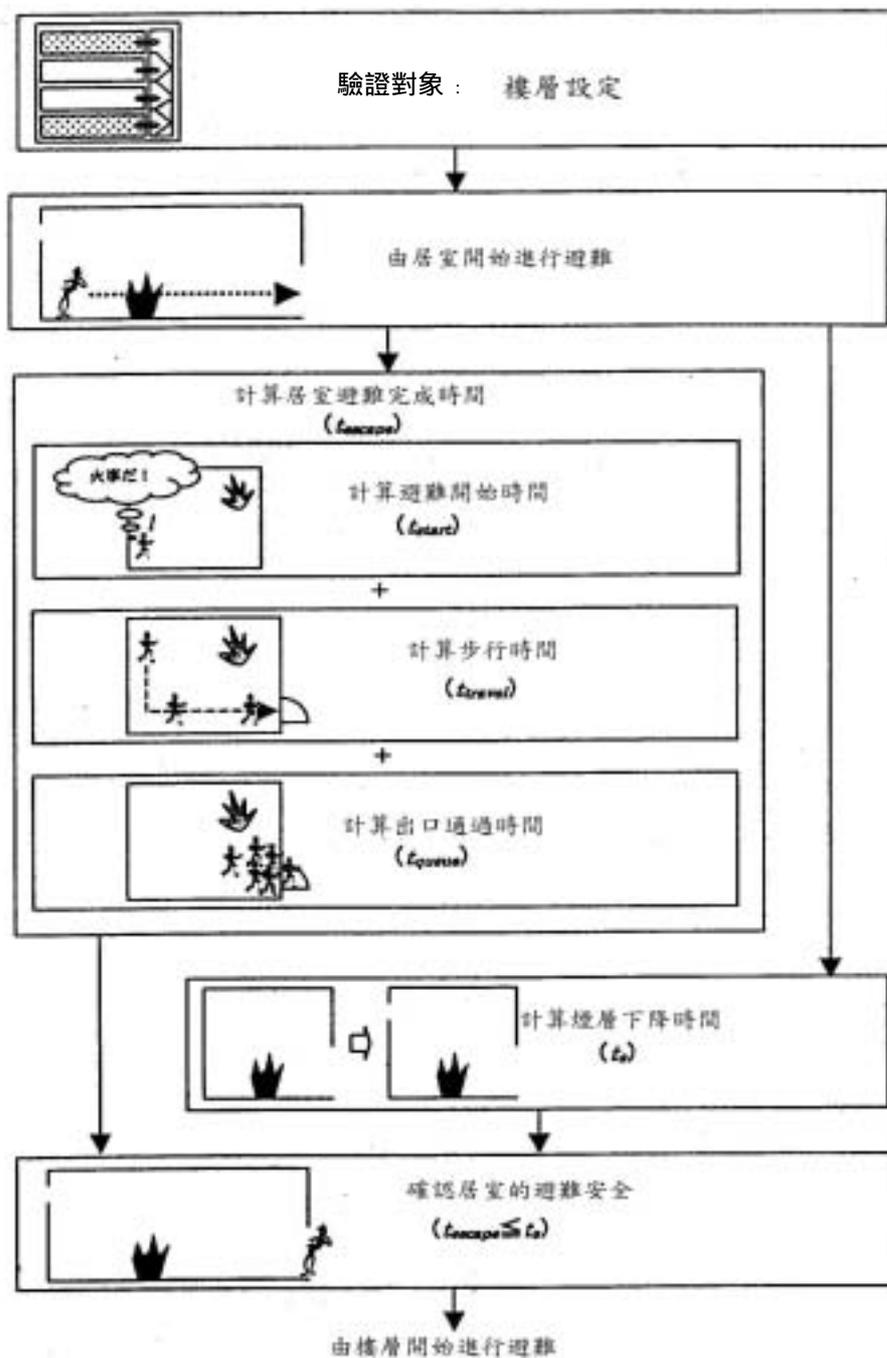


圖 3-2 居室避難安全驗證流程

三、居室之避難開始時間

從火災發生至開始避難行動，這階段是包含火災從發生至火災警報動作之覺知時間，及從覺知時間至開始反應進行避難行動這兩部分。火災覺知時間，一般是依據火災特性計算，也就是依其所產生之煙層蓄積於天花板上方，造成火警警報設備動作之時間。這部分可應用火災工學計算，但由於其計算過程相當複雜，無法簡易應用，因此改從案例經驗推導公式，而推出下列避難開始時間與居室樓地板面積之關係式。

$$t_{start} = \frac{2\sqrt{\sum A_{area}}}{60} = \frac{\sqrt{\sum A_{area}}}{30} \quad (3.1)$$

t_{start} 從火災發生至居室人員開始避難之時間（分）

A_{area} 該居室之總樓地板面積（ m^2 ）

有關避難開始時間是依人員避難必須經過的空間之樓地板面積總和計算，例如圖 3-3。在 A_1 發生火災時， A_1 、 A_2 、 A_3 居室人員必須經過該起火居室之出口，才能順利逃生，所以計算避難開始時間時，其樓地板面積總和為 $A_1 + A_2 + A_3$ 。

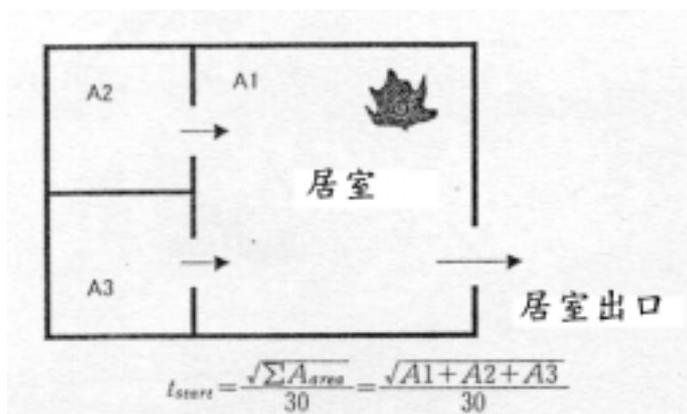


圖 3-3 避難開始時間之計算例 1

至於圖 3-4 之 A_3 有獨立之出口可逃生，不需經過起火居室出口，所以計算避難開始時間之樓地板面積總和為 $A_1 + A_2$ 。

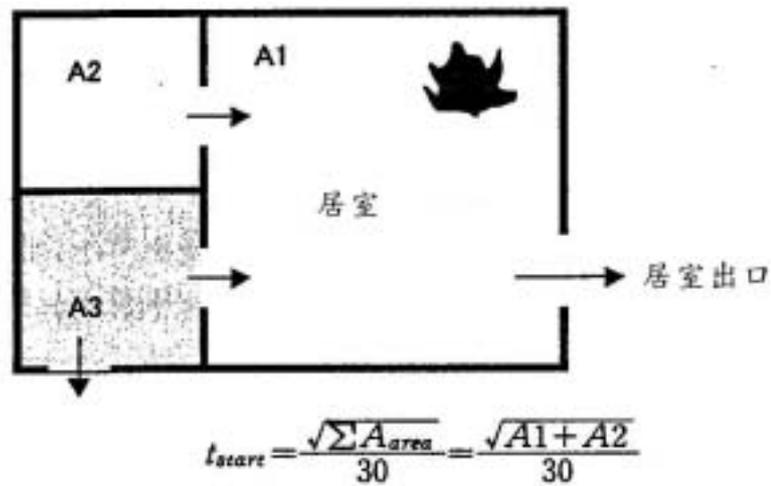


圖 3-4 避難開始時間之計算例 2

四、到達居室出口之步行時間

到達居室出口所需之步行時間，為避難逃生路徑之步行距離除以步行速度所得之時間。其步行距離是指居室任何一點至出口之最遠距離，而步行所需之時間計算公式如下：

$$t_{travel} = \max\left(\sum \frac{l_i}{v}\right) \quad (3.2)$$

t_{travel} ：居室任何一點到達居室出口所需之最長步行時間（分）

l_i ：居室任何一點到達居室出口之步行距離（m）

v ：步行速度（m/分）

（一）步行距離

1、單一出口之居室

假設從該居室任一位置到該居室之單一出口最遠距離為 l_i ，則確認所經避難路徑之最遠距離後，就可得知到達該出口之最大步行時間，如圖 3-5 所示。

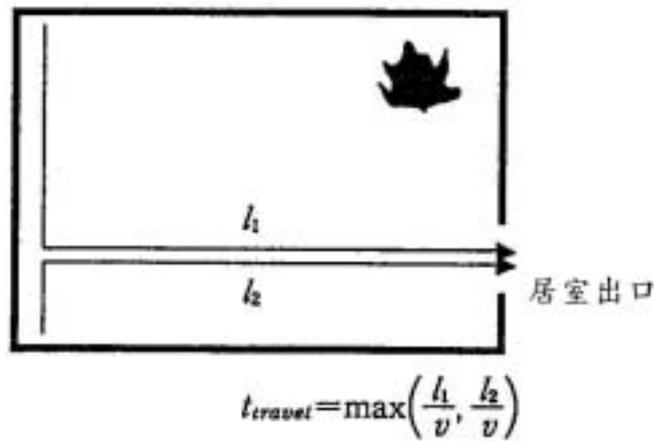


圖 3-5 單一出口之步行距離

2、多個出口之居室

該場所居室具有多個出口時，假設該居室人員從其所在位置到達最近出口之最遠避難路徑的步行距離為 l_i ，從此最遠步行距離中計算最長步行時間。居室空間幾何較簡單、出口數較少之場所，較易分析該居室人員到達最近出口之步行距離；然而對於空間結構、隔間複雜、出口數較多之場所，則探討其最遠步行距離較為困難，因此在實務上，則採人工方式，依據下列原則來評估，如圖 3-6。

- (1) 從居室人員之相關位置去分配每個區域之人員逃生時所利用之出口，再將該居室空間依出口數劃分區域。
- (2) 評估每個區域到達該出口之最遠步行距離。
- (3) 從全部區域所得之最大步行距離，去計算最大步行時間。

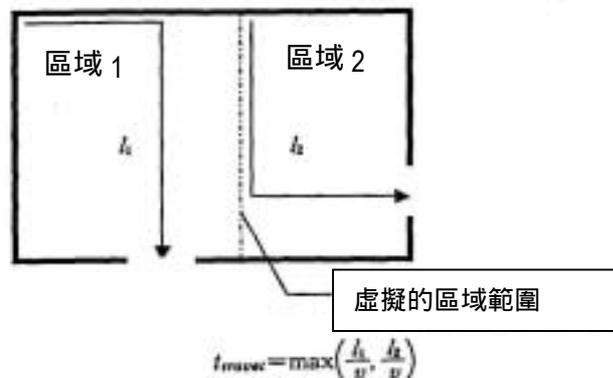


圖 3-6 多個出口之簡易計算例

(二) 每個居室有不同步行速度之收容人員

在下節部分會說明各種用途場所因收容不同避難人員、建築物用途特徵及避難方向，會產生不同之避難步行速度，避難人員從該場所任一點至出口會有不同之步行距離及步行速度，致使其步行時間不同。如平面部分及樓梯部分會有不同的步行速度，就需要量測其不同的步行距離，計算其步行時間。

如圖 3-7 之場所，從第二層位置進行避難行進路徑包括二樓之水平樓面、樓梯及一樓之水平樓面等三部份，其步行時間為這三部分之最遠步行距離除以不同步行速度之總和。樓梯部分之步行速度較水平部分之步行速度慢，一般而言，在相同的步行距離下，樓梯部分所需的步行時間較長，圖 3-7 之從第一層避難之水平步行距離也很長，因此需要就整體建築物空間去評估每個避難人員在經過不同的路徑下，其所需之最長步行時間。須注意的是樓梯步行距離的計算是沿著其斜面階梯量測之步行距離，至於斜面坡道等空間也是採相同的方法量測步行距離。

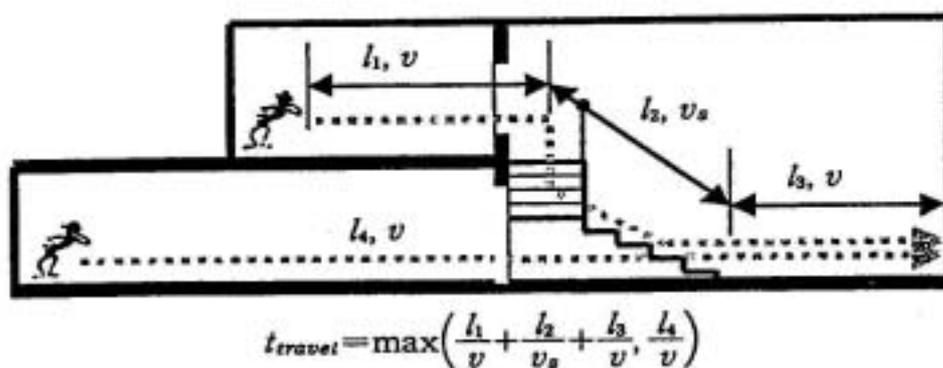


圖 3-7 步行路線各部分步行時間之合計

(三) 步行速度

步行速度是受到避難人員的行為能力、人群的密度狀態及移動的空間狀況等條件所影響，表 3-2 為依據不同的建築

物居室使用用途別、用途特徵及避難方向所示之步行速度表。

建築物之居室使用用途別依避難人員步行特性可分為 1 戲院類 2 百貨公司、展示場等及集合住宅、飯店、旅館等（醫院除外） 3 學校、辦公室等，三種類別。其中 1 及 2 之用途為一般人員所使用，所以步行速度相同， 3 為對環境熟悉人員使用，可以預期其行動能力高，所以步行速度較 1 2 快。其次建築物用途特徵可分為高密度之座位部分、樓梯部分及其他以外之部分（如走廊等水平部分）這三類，其中樓梯部分之步行速度較水平部分慢，而樓梯往上的速度又比樓梯往下的速度慢，但是第 1 劇場等用途，其座席部分因人口密度較通道等其他場所之密度高，因此其步行速度為其他通道等場所之一半。

有關法定規定上之各種用途與所列舉之 1 2 3 等建築物之居室使用用途別之分類關係，如表 3-3 所示。

表 3-2 步行速度

建築物之居室使用用途別	用途特徵	避難方向	步行速度
戲院等其他類似用途之場所	樓梯	上行	27
		下行	36
	座位席部分	-	30
	樓梯及座位席以外之部分	-	60
百貨公司、展示場等其他類似用途及集合住宅、旅館、飯店等其他類似用途之場所（醫院、療養院、兒童照顧中心等場所除外）	樓梯	上行	27
		下行	36
	樓梯以外之建築物其他部分	-	60
學校、辦公室等其他類似用途之場所	樓梯	上行	35
		下行	47
	樓梯以外之建築物其他部分	-	78

表 3-3 可參考引用步行速度的類似場所用途範例

建築物居室用途	用途的特徵	其他類似用途範例
劇院等其他場所	使用人為不特定多數人	電影院、演藝廳、展覽場、禮堂、集會場、宴會廳
上述座席部份	高密度人員滯留	上述之座席部份
百貨公司、展示場等其他場所	使用人為不特定多數人	市場、飲食店、餐廳、酒店、咖啡店、夜總會、酒吧、舞廳 圖書館、美術館、博物館 遊藝場、保齡球館、溜冰場、游泳池、滑雪場、高爾夫球場、撞球場 公共浴室 寺廟、宗祠、教堂 電影攝影場、電視播送場
集合住宅、旅館等其他用途	使用人為不特定多數人，且為保持睡眠狀態	旅館、民宿、寄宿舍
(排除適用場所) 醫院、療養院及兒童福利措施	自力避難有困難者	養護機構、身體殘障者復建療養中心、啟明學校 老人服務機構、療養院
學校、辦公室等其他用途場所	使用人員為特定且熟悉環境之人	學校的體育館

五、通過居室出口所需之時間

全部人員通過出口時會造成出口前方的滯留，因此欲使人員全部通過出口，則解除滯留之時間即為通過出口所需之時間。其計算公式如下：

$$t_{queue} = \frac{\sum p A_{area}}{\sum N_{eff} B_{eff}} \quad (3.3)$$

t_{queue} ：該居室人員通過出口所需之時間（分）

p ：收容人員密度（人/m²）

A_{area} ：該居室等各部分之樓地板面積（m²）

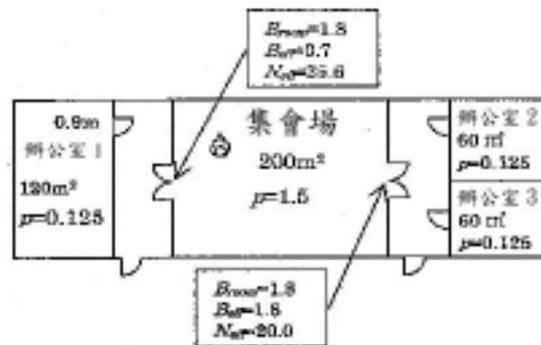
N_{eff} : 有效流動係數 (人/分/m)

B_{eff} : 有效出口寬度 (m)

上式分子是指居室內通過出口之總人數，分母為該居室出口單位時間可通過之人數，其為出口流量係數乘以出口寬度。而這節所要探討的是有效出口流量及有效出口寬度。

下圖是計算集會場通過出口所需之時間 (t_{queue})，各居室之條件如圖所示，集會場之 N_{eff} 、 B_{eff} 之計算在本節會有計算說明，其計算結果如圖所示。居室之收容人數是依其樓地板面積 $A_{area} = 200$ (m^2) 乘以集會場用途收容人員密度 $p = 1.5$ (人/ m^2)，而其通過出口所需之時間計算如下：

$$t_{queue} = \frac{\sum pA_{area}}{\sum N_{eff} B_{eff}} = \frac{1.5 \times 200}{35.6 \times 0.7 + 20.0 \times 1.8} = 49.2(\text{分})$$



(一) 居室的總人數

居室的總人數是依法規明定之居室用途人員收容密度乘以居室樓地板面積所得之值，有關多間居室之總人數計算是指必須經過該居室主要出口才能避難之各居室人數總和。

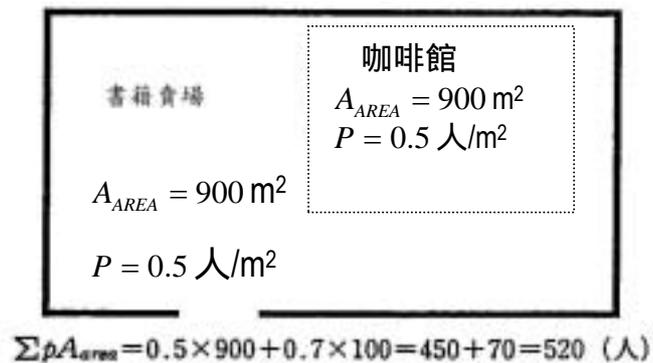


圖 3-8 居室具兩種以上用途之圖例

若各居室用途不同時，則依其不同用途收容人數之密度乘以各居室樓地板面積之和，合計其總避難人數。至於各居室用途之收容人員密度可查表 3-4。

表 3-4 有關居室收容人員密度的應用範例

類別	組別定義	使用項目列舉	收容人口密度 (人/M ²)
一	供集會、表演、社交，且具觀眾席及舞台之場所	戲(劇)院、電影院、歌廳、演藝場、集會堂	1.有固定席位者： 固定席位部分：以實際席位數計 站席部分：2.00 2.無固定席位者 (1) 座椅型式：1.45 (2) 桌椅型式：0.75 (3) 站席：2.00 3.舞台：0.75
二	供娛樂消費、封閉或半封閉場所	夜總會、酒家、美容院、KTV、MTV、公共浴室、三溫暖、茶室	1.夜總會、舞廳 舞台：0.75 舞池：2.0 休息區：0.75 2.酒家：1.00 3.公共浴室：1.00
三	供商品批發、展售或商業交易，且使用人頻率高之場所	百貨公司、商場、市場、量販店	1.商場、市場 有購物車：0.55 無購物車：0.75

			2.酒家：1.00 3.公共浴室：1.50
四	供不特定人士餐飲，且直接使用燃具之場所	酒吧、餐廳、咖啡店（廳）、飲茶	0.75
五	供不特定人休息住宿之場所	旅館、觀光飯店等之客房部	客房區：住房人數×1.1 餐廳：0.75 宴會廳：1.00 會議廳：同類別一
六	供儲存、包裝、製造、修理工業物品且具公害之場所	加油（氣）站、汽車修理廠、車庫、飛機庫、變電所、電視攝影場	1.汽車庫：0.04 2.修理廠 工作區：0.10 儲藏區：0.04 3.電影攝影場、電視播放室： 有現場觀眾：1.45 無現場觀眾：0.75
七	供儲存、包裝、製造一般物品之場所	一般工廠、工作場倉庫	1.倉庫 0.03 2.工廠 製造區：0.10 儲藏區：0.04
八	供低密度使用運動休閒之場所	保齡球館、溜冰場、室內游泳池、室內球類運動場、室內機械遊樂場	1.體育館：同類別一 2.室內游泳池： 游泳池/更衣室：0.03 休息區：0.75 3.保齡球館：除球道部分之外：0.75 4.溜冰場： 溜冰區：0.25 休息區：0.75 5.遊藝場：1.00
九	供參觀、閱覽、會議，且無舞台設備之場所	會議廳、展示廳、博物館、美術館、圖書館	1.圖書館： 閱覽區：0.40 書架區：0.15 辦公區：0.3

			2.其他使用項目：0.5
—	供小學學童教學之場所	小學教室	小學教室：0.50 集會場所：同類別— 電腦室/研究室：0.40 實驗室：依實際狀況 餐廳：0.75 行政辦公區：0.30
—	供國中以上各級學校教學之場所	國中、中學、專科學校、學院、大學等之教室	大學教室：0.80 中學教室：0.70 集會場所：同類別— 電腦室/研究室：0.40 實驗室：依實際狀況 餐廳：0.75 行政辦公區：0.30
—二	供短期職業訓練、各類補習教育及課業輔導教學之場所	補習（訓練）班教室、兒童托育中心（安親班、才藝班）	1.0
—三	供商談、接洽、處理一般事務之場所	政府機關、一般辦公室、事務所	辦公區：0.30 會議區：0.60 會議廳：同類別— 餐廳：0.75
—四	供特定人長期住宿之使用	住宅、集合住宅	0.08

（資料來源：建築技術規則設計施工篇第八十九條之一修正條文）

（二）有效流動係數 N_{eff}

群流流動係數是指單位時間單位寬度之通過人數，此流動係數之大小是受到出口前方（以下簡稱避難必經路徑等部分）可收容人數之多寡所影響，其計算如表 3-5 所示。至於該居室出口寬度低於 60cm 時，其有效流動係數 $N_{eff}=0$ 。

表 3-5 有效流動係數

避難路徑等部份	避難路徑等處可收容的人數	有效流動係數
該居室的出口直接通往地面時		$N_{eff} = 90$
其他場合	$\sum \frac{A_{co}}{a_n} \geq \sum PA_{load}$ 時	$N_{eff} = 90$
	$\sum \frac{A_{co}}{a_n} < \sum PA_{load}$ 時	$N_{eff} = \max \left(\frac{80 B_{neck} \sum \frac{A_{co}}{a_n}}{80 B_{room} \sum PA_{load}}, \frac{80 B_{neck}}{B_{load}} \right)$

N_{eff} : 有效流動係數(單位 人/分/m)
 A_{co} : 該避難路徑等各部份的樓地板面積 (單位 m^2)
 a_n : 按照避難途徑等部份要求的法定密度
 P : 居室內人員密度 (單位 人/ m^2)
 A_{load} : 需經過避難路徑等處才能避難的各建築物樓地板面積 (單位 m^2)
 B_{neck} : 該居室的出口寬度或是避難路徑等出口 (僅限於直達樓梯或是通往地面者) 寬度中任何一項較小值者 (單位 m)
 B_{room} : 該居室的出口寬度 (單位 m)
 B_{load} : 需經過避難途徑等處始能避難的各建築物部份的出口總寬度 (單位 m)

群流有效流動係數是考量從居室到走廊之移動是否產生障礙，也就是受到居室出口外部之走廊等避難必經路徑可容納人數之多寡所影響，但是走廊等避難必經路徑可容納人員之面積如果非常大，則不會受阻回流限制出口通過的人數；但若其面積非常小，則其出口流量係數就會變小。

1、直接通往地面之出口

通常建築物地面層外部為避難安全處所，故從居室出

口直接通往地面層外部安全處所，不會形成人員通過居室出口的障礙，此其出口流量係數採標準值 1.5 人/m.sec，其出口流量係數可轉換成

$$N_{eff} = 1.5[\text{人}/\text{m秒}] \times 60[\text{秒}] = 90[\text{人}/\text{m分}]$$

若具有多個出口之居室場所，其出口皆可通往地面安全處所，則其出口流量係數可適用上述值。

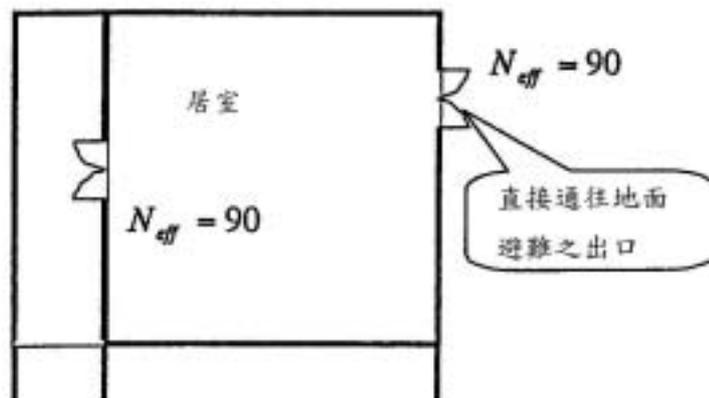


圖 3-9 居室出口直接通往地面

2、非直接通往地面之出口

(1) 避難必經路徑容量大之場所

居室出口非直接通往地面避難場所，但其避難人員通過出口後，因其避難必經路徑可容納較多人數時，避難人員不會在出口外部滯留，形成移動上之障礙，其計算式如下所示。

$$\sum \frac{A_{co}}{a_n} \geq \sum pA_{load} \quad (3.4)$$

上式左邊為避難必經路徑可容納之人數，而右邊為居室內必須通過出口之人數，所以可避難必經路徑

部分可容納之人數大於居室內之避難人數時，其有效出口流量係數為 $N_{eff} = 1.5[\text{人}/m\text{秒}] \times 60[\text{秒}] = 90[\text{人}/m\text{分}]$

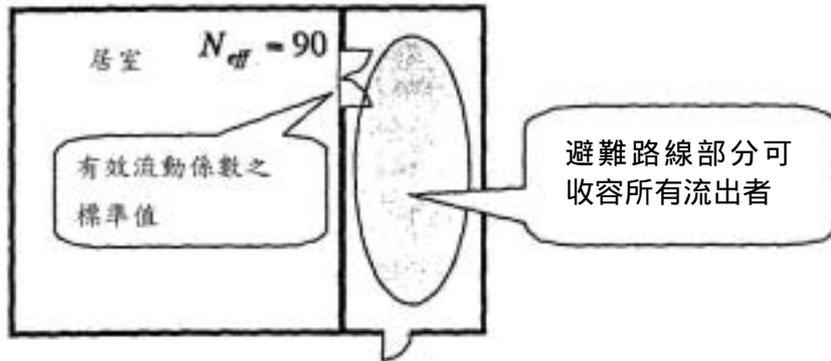


圖 3-10 避難必經路徑可容大量人數之場所

(2) 避難必經路徑收容低人數之場所

避難必經路徑可容納之人數低於居室內流出之人數時，其人員會於出口前方形形成滯留，造成後續流出居室人員通過出口的障礙，也就是當

$$\sum \frac{A_{co}}{a_n} < \sum pA_{load} \quad \text{時} \quad (3.6)$$

其有效流動係數則依下列公式計算

$$N_{eff} = \max \left(\frac{80B_{neck} \sum \frac{A_{co}}{a_n}}{B_{room} \sum pA_{load}}, \frac{80B_{neck}}{B_{load}} \right) \quad (3.7)$$

如圖 3-11 所示居室出口，所面對的是一個面積比較小之走廊空間，該空間無法容納從居室避難出來之所有人員，所以會在居室出口前方形成避難上的障礙，從居室內陸續避難出來的人數就會受到走廊空間出口大小所影響，所以從居室避難通過的人員之有效

流動係數是依照走廊空間出口的流量比率分配。而有關居室出口之流量分配的方法如圖 3-12 所示，依照居室的收容人數比率及各出口的寬度比率等二個方法思考。

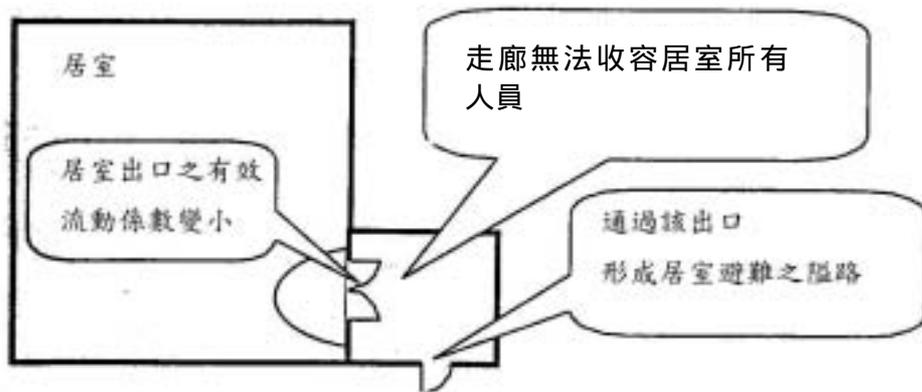
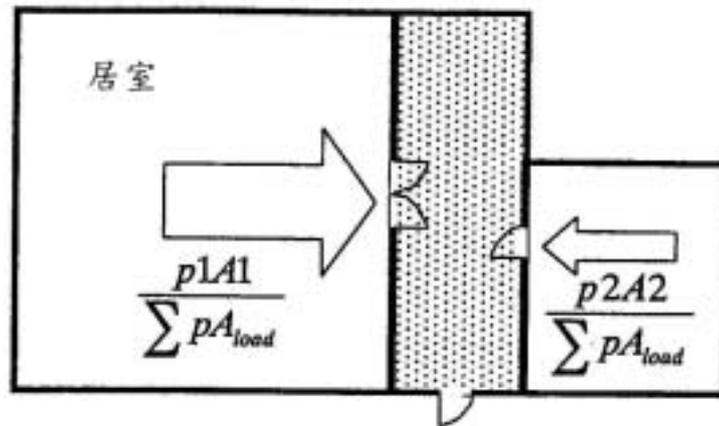
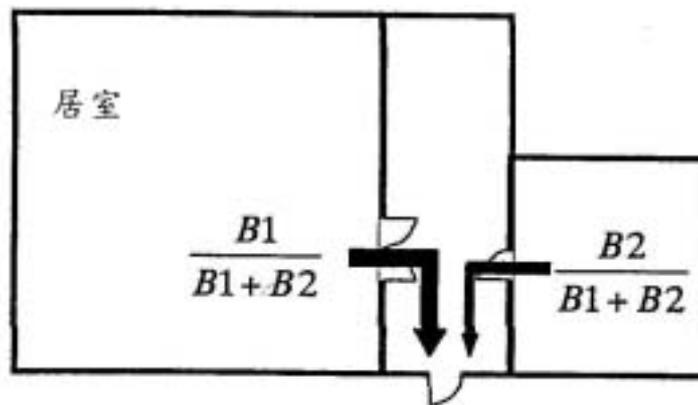


圖 3-11 避難路線部分無法收容足夠避難人數之圖例



(1) 居室人數之比例



(2) 出口之寬度比例

圖 3-12 各出口單位時間之通過人數

圖 3-12 的第 1 項是依各居室出口流量及居室人員的人數比率計算該場所的有效流動係數，也就是這部分是由 1 基本群流流動係數值 2 避難人員所在居室之避難路徑通過出口之寬度 3 通往避難必經路徑等部分之避難人數與避難必經路徑可容納人數之比率等三部份所建構。有效流動係數的值受走廊空間出口寬度所限制，這意謂著其受到通過避難路徑等部分之人數所影響，且這避難必經路徑無法容納所有通過人員時，就需考量是否可能仍維持高群流密度之狀態，所以群流係數就將基本的標準值 90 人/m 分，降為

80 人/m 分。

第二項之各居室的出口流量是依據出口的寬度比率計算該場所之有效流動係數，這部分是由 1 基本群流流量係數的值，2 通過避難路徑所有出口寬度總和與避難路徑上的瓶頸出口寬度之比率等二部分所組成。通過避難路徑的人數非常多時，第一項的值就可能變的非常小，所以有效流動係數的值是採第一項及第二項之最大值。

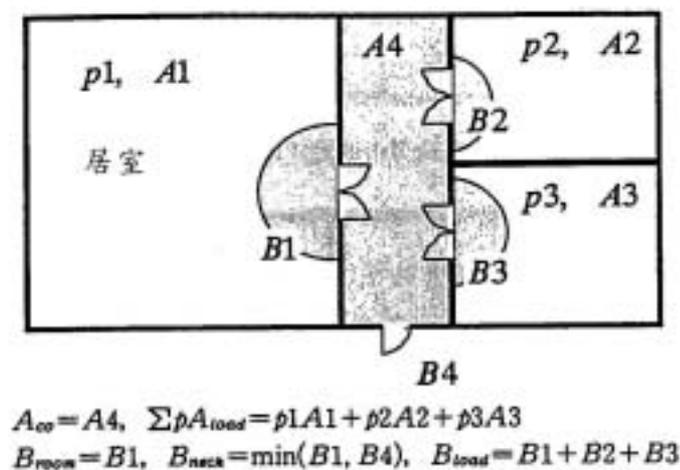


圖 3-13 有效流動係數之變數

3、計算式中各項參數的分析

(1) 避難必經路徑等部分可容納之人數 $\sum \frac{A_{co}}{a_n}$

避難必經路徑等部分空間之人數是避難必經路徑空間之面積除以每個人在滯留中所佔的面積。

A、避難必經路徑等部分空間之面積 A_{co}

避難必經路徑等部分是指居室出口外面部分，一般居室出口外面為走廊、樓梯等部分，圖 3-14(1) 為多個出口之場所，其避難必經路徑是出口外部空間面積之總和，圖 3-14(2) 為居室有兩個出口，其中一個出口為聯絡另一個居室空間，所以其避難必經路徑包括該聯絡居室及外部走廊部分。

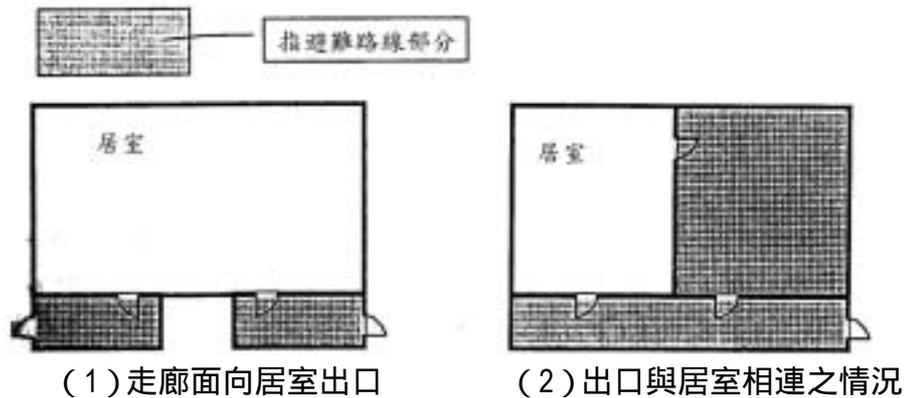


圖 3-14 避難路線之圖例

B、必要滯留面積 a_n

避難必經路徑依表 3-5 可分為三類，這個分類是依據物理條件的身體尺寸大小及避難滯留時間的心理因素等方面的考量，而定出每一個人滯留所佔的面積。

表 3-6 必要滯留面積

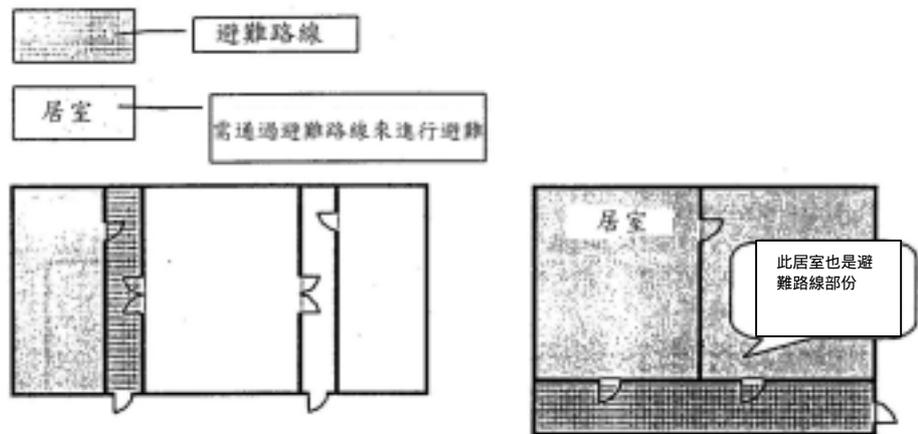
避難路徑等部份	每人滯留所需面積 (單位 人/m ²)
樓梯的附室或陽台	0.2
樓梯間	0.25
走廊及其他通道	0.3

(2) 需要通過避難必經路徑部分的避難總人數 $\sum pA_{load}$

避難出口有效流動係數之計算應考量避難必經路徑之容納人數，是否比起火居室及非起火居室等需要通過避難必經路徑之收容人員總數低。有關該居室起火時，其他非起火居室之避難開始時間點是不確定的，但其人員亦可能會避難至避難必經路徑部分之空間，造成起火居室避難人員受到其他居室人員的影響，形成避難上之障礙。由於這個問題的產生，所以

需要通過避難必經路徑部分的避難人數是指各居室避難人數的合計。有關各居室收容人數的計算也是利用表 3-4 的收容人員密度計算。

圖 3-15 (1) 之經過避難必經路徑之人數並非包括全部之 $\sum pA_{load}$ ，但圖 3-15 (2) 之經過避難必經路徑之總人數則為各居室之人數總和 $\sum pA_{load}$ 。



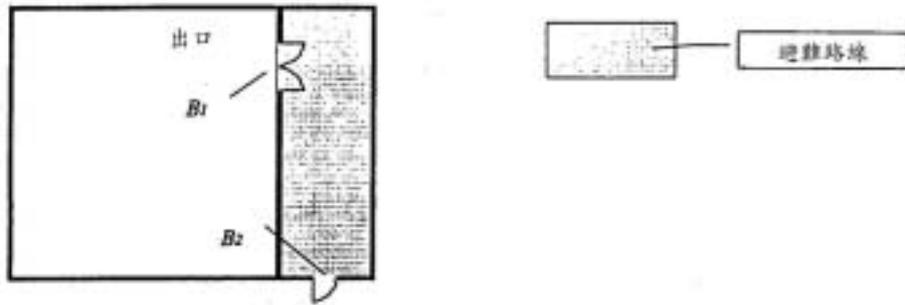
(1) 不包含無面向避難路徑出口之居室 (2) 有與居室相連之出口

圖 3-15 必須通過避難路線部分進行避難

但是基本上居室發生火災時，為確保避難路徑可以讓避難人員安全逃生，因此在避難計劃上會審慎考量是否有需要兩方向避難設計之規劃。

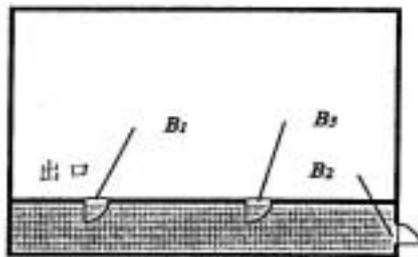
(3) 避難必經路徑有關出口寬度 B_{neck} ， B_{load}

有關該居室出口與其出口外部避難必經路徑空間出口之較小的寬度為 B_{neck} ，而該居室出口之總和寬度為 B_{load} 等關係，示之如圖 3-16。



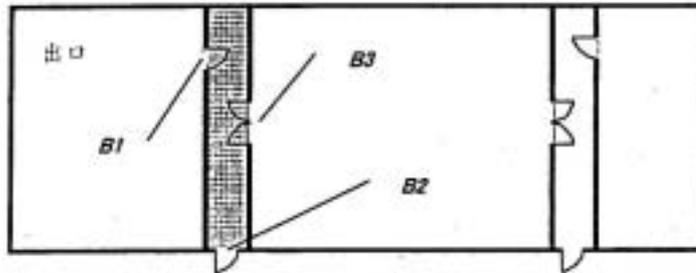
$$B_{room} = B_1 \quad B_{reach} = \min(B_1, B_2) \quad B_{load} = B_1$$

- a) 例 1 B_{reach} ：居室出口寬度 B_1 與走廊的出口寬度 B_2 ，取其較小寬度的出口。
 B_{load} ：係指面向避難路線出口之出口寬度 B_1 。



$$B_{room} = B_1 \quad B_{reach} = \min(B_1, B_2) \quad B_{load} = B_1 + B_2$$

- b) 例 2 B_{reach} 為對象之居室出口寬度 B_1 與走廊的出口寬度 B_2 ，取其較小之出口。
 B_{load} 為面向避難路線的兩個出口寬度之合計。



$$B_{room} = B_1 \quad B_{reach} = \min(B_1, B_2) \quad B_{load} = B_1$$

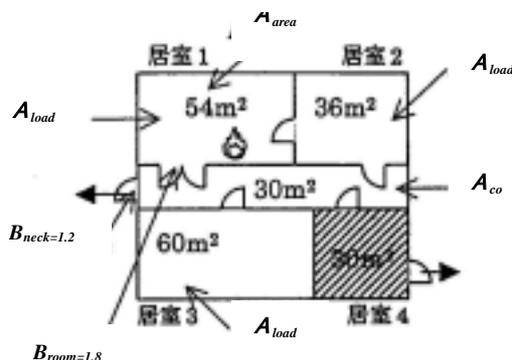
- c) 例 3 B_{reach} 為對象的居室出口寬度 B_1 與走廊部分的出口寬度 B_2 ，取其較小寬度之出口；面向避難路線的出口為 B_1 及 B_3 ，必須通過避難路線來進行避難的出口僅有 B_1 一處。

B_{load} 係指 B_1 出口。

圖 3-16 避難路線之出口寬度

4、實例計算

(1) 案例 1



上圖居室 1 為起火居室，避難必經路徑為中間走廊，除居室 4 以外，其他居室人員皆必須經過中間走廊避難。全部居室用途為辦公室，有效流動係數之計算為

1、居室收容人員密度(辦公室) $p = 0.125$ (人/ m^2)

2、主要居室出口寬度 $B_{room} = 1.8m$

3、出口外部避難必經路徑部分之走廊樓地板面積

$$A_{co} = 30 (m^2)$$

4、走廊的必要滯留面積 $a_n = 0.3 (m^2/人)$

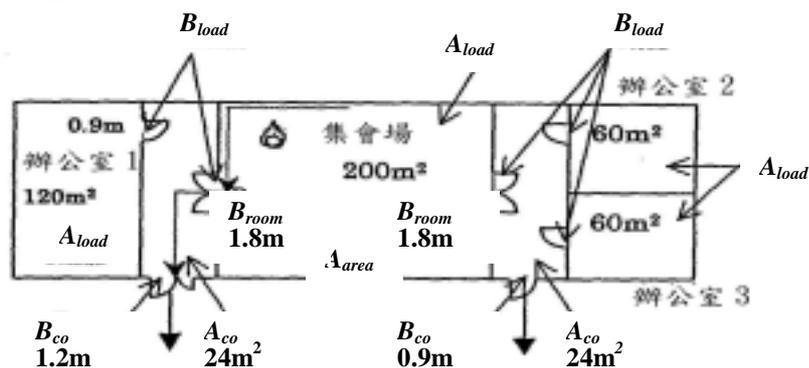
而通往避難必經路徑部分之居室樓地板面積則為居室 1、居室 2 及居室 3 的總和

$$\sum pA_{load} = 0.125 \times 36 + 0.125 \times 54 + 0.125 \times 60 = 18.75 (人)$$

$$\sum \frac{A_{co}}{a_n} = \frac{30}{0.3} = 100(人) > \sum pA_{load} = 18.75(人)$$

所以走廊可容納各居室避難出來的人數，不會造成避難流動之障礙，因此有效流動係數 $N_{eff} = 90$ (人/分/m)

(2) 案例 2



圖中央之集會場所為起火室，避難必經路徑為集會場二側之走廊，而這個樓層之所有居室必須經過避難必經路徑才能逃生。

$$\sum \frac{A_{co}}{a_n} = \frac{24}{0.3} + \frac{24}{0.3} = 80 + 80 = 160(\text{人})$$

$$\begin{aligned} \sum pA_{load} &= 1.5 \times 200 + 0.125 \times 120 + 0.125 \times 60 + 0.125 \times 60 \\ &= 300 + 15 + 7.5 + 7.5 = 330(\text{人}) \end{aligned}$$

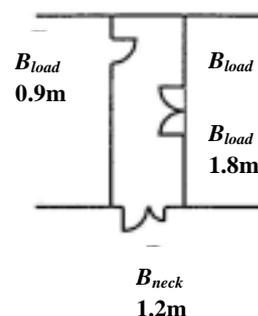
$$\sum \frac{A_{co}}{a_n} = 160 < \sum pA_{load} = 330$$

走廊可容納的人數較各居室收容人數總和少，所以從居室經出口流入走廊會形成障礙，所以需要計算該居室之有效出口流動係數；下圖為集會堂左側出口面向走廊之部分。

- 該居室出口寬度 $B_{room} = 1.8m$
- 通往該走廊之出口總寬度 $B_{load} = 0.9 + 1.8 = 2.7m$
- 集會堂出口與走廊寬度較小者，造成避難瓶頸之出口寬度

$$B_{neck} = \min(1.8, 1.2) = 1.2m$$

從上式數值代入下列公式計算



$$\frac{80 \times B_{neck} \times \sum \frac{A_{co}}{a_n}}{B_{room} \times \sum pA_{load}} = \frac{80 \times 1.2 \times 160}{1.8 \times 330} = 25.86$$

$$\frac{80B_{neck}}{B_{load}} = \frac{80 \times 1.2}{2.7} = 35.56$$

$$N_{eff} = \max \left(\frac{80 \times B_{neck} \times \sum \frac{A_{co}}{a_n}}{B_{room} \times \sum pA_{load}}, \frac{80B_{neck}}{B_{load}} \right) = \max(25.86, 35.56) = 35.56$$

從上式計算結果得知左側出口之有效流動係數為 35.56 人/分/m

依同樣的方式計算右側出口

$$B_{room} = 1.8m$$

$$B_{load} = 1.8 + 0.9 + 0.9 = 3.6m$$

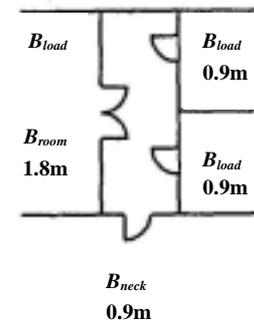
$$B_{neck} = \min(1.8, 0.9) = 0.9m$$

$$\frac{80 \times B_{neck} \times \sum \frac{A_{co}}{a_n}}{B_{room} \times \sum pA_{load}} = \frac{80 \times 0.9 \times 160}{1.8 \times 330} = 19.39$$

$$\frac{80B_{neck}}{B_{load}} = \frac{80 \times 0.9}{3.6} = 20.0$$

$$N_{eff} = \max(19.39, 20.0) = 20.0$$

計算結果為右側出口有效流動係數為 20.0 人/分/m



5、計算式解說

上述二個案例都是單純的狀況，A 案例為出口具有相同的寬度，B 為面對二側的走廊，所以對於從居室通往外部之單位時間單位寬度的避難人數流量會有相同的考量。（實際上火災發生時，居室的避難早已展開，這是起火室上避難安全側設定）這類場所從居室出口避難的流量是從走廊出口避難流量的一半，這與居室出口寬度減為二分之一，而造成出口流量係數降為二分之一是一樣的道理。

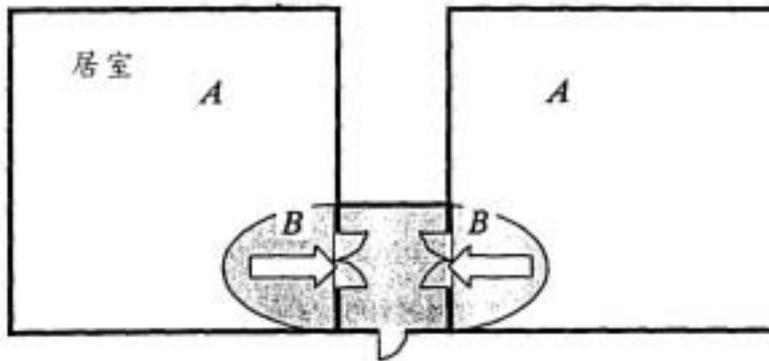


圖 3-17 相同大小居室在避難路線上同時進行避難之狀況

其次，對於避難人數分別為 $P_1 \cdot A_1$ 、 $P_2 \cdot A_2$ 之二個居室，各居室假設其出口寬度與人數成一定比率，各居室出口的流量也會與居室避難人員數成一定之比率。

$$\frac{NB_1}{NB_2} = \frac{P_1 A_1}{P_2 A_2}$$

因此具有多個居室同時進行避難的場所，其各居室之出口流量是依其全部避難人數與各居室避難人數比率分配。

假如其避難必經路徑部分之空間可收容非常少的人員 ($\sum \frac{A_{co}}{a_n} \approx 0$)，則其出口有效流動係數之計算為

$$N_1 = \frac{\sum P A_{area} B_{neck}}{\sum P A_{load} B_{room}} N \quad (3.8)$$

另對於避難必經路徑等部分空間的容納人數未低於所需避難之人數 ($\sum \frac{A_{co}}{a_n} \approx \sum p A_{load}$) 之場所，此時其存在前述各居室出口寬度及流出人數與收容人數成一定比率之關係，也就是瓶頸的出口 (B_{neck}) 會影響其出口流量，居室出口之有效流動係數為

$$N_2 = \frac{B_{neck}}{B_{room}} N \quad (3.9)$$

避難必經路徑等部分空間之容納人數介於上述二者之間
 ($0 < \sum \frac{A_{co}}{a_n} < \sum pA_{load}$) 時，其有效出口流量係數的計算為

$$N_{eff} = \frac{\sum \frac{A_{co}}{a_n}}{\sum pA_{load}} (N_2 - N_1) + N_1 = \frac{\sum \frac{A_{co}}{a_n}}{\sum pA_{load}} \left\{ (N_2 - N_1) + \frac{\sum pA_{load}}{\sum \frac{A_{co}}{a_n}} N_1 \right\}$$

$$= \frac{\sum \frac{A_{co}}{a_n}}{\sum pA_{load}} \left\{ N_2 + \left\{ \frac{\sum pA_{load}}{\sum \frac{A_{co}}{a_n}} - 1 \right\} N_1 \right\}$$

將公式 3.8 及公式 3.9 代入

$$N_{eff} = \frac{\sum \frac{A_{co}}{a_n}}{\sum pA_{load}} \left\{ \frac{B_{neck}}{B_{room}} N + \left\{ \frac{\sum pA_{load}}{\sum \frac{A_{co}}{a_n}} - 1 \right\} \frac{\sum pA_{area}}{\sum pA_{load}} \frac{B_{neck}}{B_{room}} N \right\}$$

$$= \frac{\sum \frac{A_{co}}{a_n}}{\sum pA_{load}} \frac{B_{neck}}{B_{room}} N \left\{ 1 + \frac{\sum pA_{area}}{\sum \frac{A_{co}}{a_n}} - \frac{\sum pA_{area}}{\sum pA_{load}} \right\} \quad (3.10)$$

但要注意 $\sum \frac{A_{co}}{a_n} \geq \sum pA_{load}$ 時

$$\frac{\sum pA_{area}}{\sum \frac{A_{co}}{a_n}} \geq \frac{\sum pA_{area}}{\sum pA_{load}}$$

公式 3.10 中之 { } 之值大於 1 時

$$N_{eff} \geq \frac{\sum \frac{A_{co}}{a_n}}{\sum pA_{load}} \frac{B_{neck}}{B_{room}} N \quad (3.11)$$

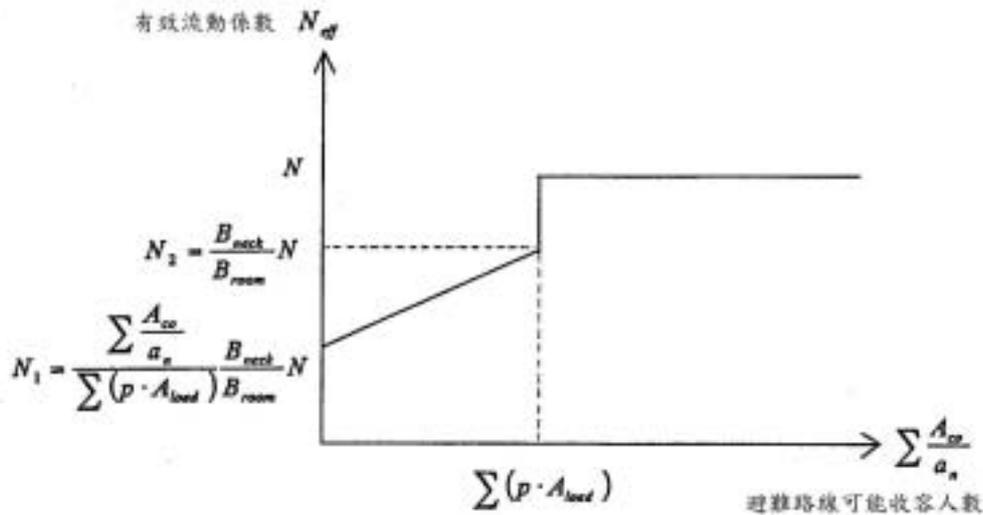


圖 3-18 避難路線部分可能收容人數與有效流動係數之關係圖

但是前述之有效出口流量計算之公式為對於有大量人員通往避難必經路徑等部分空間之場所，但對於避難必經路徑等部分空間非常小 ($N_{eff} \approx 0$) 之場所，則有必要規定其下限值。所以從各居室出口流出之人數受到避難必經路徑出口寬度所影響，其有效流動係數之計算公式為

$$N_{eff} = 80 \frac{B_{neck}}{B_{load}} \quad (3.12)$$

(三) 有效出口寬度 B_{eff}

以往所引用之日本建築中心防災計劃指針的避難計算，是假設該居室最不利於逃生之位置為起火點，使起火點接近出口，而無法逃生，因此如假設最寬的出口或出口集中之位置，使其避難人員步行距離延長，但對於面積小，起火危險小的場所是假設其全部出口皆可使用。

避難安全驗證法也是採取同樣的思考模式，假設其中最寬的出口為起火點，火災的發生會影響避難人員使用出口的寬度，下列計算式為求其有效出口寬度，但除起火點之出口

外，其他出口則不受火災影響，其有效出口寬度則為其實際出口寬度

$$t_{reach} \leq 0.14 / \sqrt{\alpha_f + \alpha_m} \text{ 時} \quad (3.13)$$

$$B_{eff} = B_{room}$$

$$t_{reach} > 0.14 / \sqrt{\alpha_f + \alpha_m} \text{ 時}$$

$$B_{eff} = \max\{B_{room} - 7.2\sqrt{\alpha_f + \alpha_m}t_{reach} + 1, 0\} \quad (3.14)$$

B_{eff} ：有效出口寬度 (m)

B_{room} ：該居室之出口寬度 (m)

α_f ：該居室堆積可燃物每 1m² 的發熱量 (堆積可燃物之火災成長率)

α_m ：該居室內部裝修材料依材質的不同而有不同的設定值 (內部裝修材料之火災成長率)

t_{reach} ：居室內部人員抵達出口所需之時間

計算圖 3-19 最大寬度的出口 1 在火災影響下的有效出口寬度時，其二個出口會同時受到火災影響，所以設計時考量出口位置的配置是必要的。

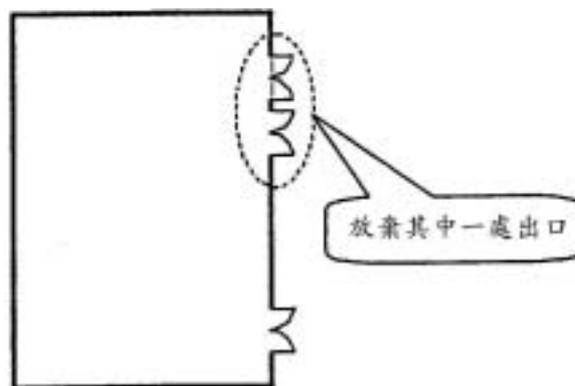


圖 3-19 出口位置之設置

1、居室避難人員抵達出口的時間 t_{reach}

居室避難人員抵達出口的時間是前述之避難開始時間及步行至出口所需時間的總和，且 l_i 為抵達所假設起火點之最大寬度出口的步行距離。

$$t_{reach} = \frac{\sqrt{\sum A_{area}}}{30} + \max\left(\sum \frac{l_i}{v}\right) \quad (3.15)$$

t_{reach} ：居室避難人員抵達出口所需之時間（分）

A_{area} ：該居室各部分之樓地板面積（ m^2 ）

l_i ：從該居室任一點至出口之步行距離（m）

v ：步行速度（m/分）

2、火災成長率 α_f, α_m

α_f, α_m 皆為可燃物火災延燒之所謂的火災成長率， α_f 為堆積可燃物之火災成長率， α_m 為內部裝修材料之火災成長率， q_l 的值是依據堆積可燃物之發熱量（MJ）計算

$$\alpha_f = \begin{cases} 0.0125 & (q_l \leq 170) \\ 2.6 \times 10^{-6} q_l^{5/3} & (q_l > 170) \end{cases} \quad (3.16)$$

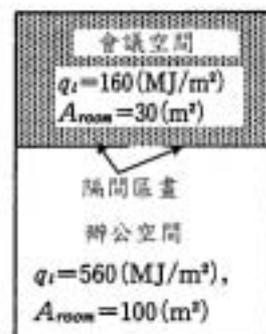
單位樓地板面積堆積可燃物之發熱量 q_l 小於 170（MJ）時，其堆積可燃物之成長率全部設定為 0.0125；但若堆積可燃物之發熱量 q_l 大於 170（MJ）時，其火災成長率隨著每 $1m^2$ 的堆積可燃物之發熱量而變更。

下圖所示為假設居室內有二種不同的積載可燃物量之混合，則其 α_f 的計算為依面積計算平均發熱量

$$q_l = \frac{160 \times 30 + 560 \times 100}{30 + 100} = 468 \text{ (MJ/m}^2\text{)}$$

因為 $q_l > 170$

$$\alpha_f = 2.6 \times 10^{-6} q_l^{5/3} = 2.6 \times 10^{-6} 468^{5/3} = 0.0733$$



α_m 則是依照面對該居室牆壁（離地板高度 1.2 公尺以下者除外）、天花板（無天花板時以屋頂代替）及室內部份（迴廊、窗台及其它類似部份除外）裝修材料種類的不同，顯示下列所示數值。

表 3-7 內部裝修材火災成長率 α_m

耐火材料（磚、石料、人造石、混凝土、柏油及其製品、陶瓷品、玻璃、金屬材料、塑膠製品等其他類似耐火性之材料）	0.0035
不燃材料（混凝土、磚或空心磚、瓦、石料、人造石、石棉製品、鋼鐵、鋁、玻璃、玻璃纖維、礦棉、陶瓷品、砂漿、石灰及其他類似之材料，經中央主管建築機關認定合格者）	0.014
耐燃材料（耐燃合板、耐燃纖維板、耐燃塑膠板、石膏板及其他類似之材料，經中央主管建築機關認定合格者）	0.056
木材及其他類似材料的加工	0.35

3、堆積可燃物之發熱量 q_l

每 m^2 堆積可燃物發熱量 q_l 為依公告用途設定其值（如表 3-8），對於同一居室內有不同的用途，則依面積比率計算其平均值。

表 3-8 堆積可燃物每 1 平方公尺的發熱量（ q_l ）

編號	居室的種類	發熱量（單位 MJ/m ² ）
（一）	住宅的居室	720
	住宅以外建築物內的臥室	240
（二）	辦公室及其他類似場所	560
	會議室及其他類似場所	160
（三）	教室	400
	體育設施的運動場及其他類似場所	80
	博物館或美術館的展示場及其他類似場所	240
（四）	百貨商場或其他販賣物品的店舖 家具或書籍等賣場及其他類似場所	960

		其他	480	
	餐飲店或其他餐廳	簡易餐廳	240	
		其他餐廳	480	
(五)	劇場、電影院、演藝場、觀覽場、集會廳、集會場及其他類似場所	觀眾席部份	固定座位	400
			其他	480
		舞台部份	240	
(六)	室內停車場或汽車修理廠	室內停車場及其他類似場所	240	
		車道及其他類似場所	32	
(七)	走廊、樓梯及其他通道		32	
	玄關、大廳及其他類似場所	劇場、電影院、演藝場、觀覽場、集會廳、集會場及其他類似場所或百貨商場或其他販賣物品的店舖，以及其他作為類似該用途之場所	160	
		其他	80	
(八)	升降機及其他建築設備的機械室		160	
(九)	頂樓廣場或陽台		80	
(十)	倉庫及其他儲放物品的房間		2,000	

至於公告之各居室用途場所的特徵，其適用範圍及分類，如表 3-9 所示。

表 3-9 公告居室用途分類範例

編號	居室用途分類
(一)	住宅的居室
	住宅以外的建築物具有寢室、病房等提供人員睡眠休息之場所，其可燃物之發熱量較住宅居室少，例如寄宿的客房、辦公室的值班室等場所
(二)	辦公室之用途分類包括學校教職員辦公室、準備室、器材儲存室
	會議室這類用途開會時會增加會議資料（具有可燃性），且其設備器材等相關設施為常時之設置。
(三)	體育館之運動場等儲存極少量可燃物之空間，如室內球場等場所

(四)	家具及書籍之販賣營業場所，也就是其常時存有大量可燃物質，如住宅、辦公室等主要建築物之儲藏室、飯店的床單存放室、劇院的大道具室、學校圖書館、彈珠遊樂中心等
	一般簡易的餐飲店等場所，如茶藝館、咖啡廳、員工餐廳等場所
	其他之餐廳，如一般營業餐飲店、餐廳、餐廳之宴會廳等
(五)	包括體育館觀看台等座位部分，及戲院等觀眾座位席部分
(七)	玄關、大廳及包含簡易接待室等場所，其僅可能放置桌子等少量可燃物品，走廊樓梯間在一般的正常管理下，不會放置可燃物
(八)	包含水塔、電梯緊急升降機之機械間
(十)	這裡的倉庫是指專為保管儲存物質之場所，如一般的倉儲、量販店之倉庫等場所

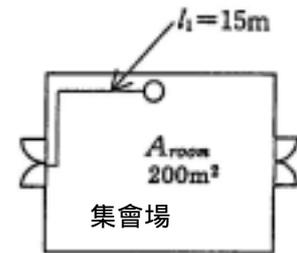
4、計算例

右圖居室之有效出口寬度計算為二個出口寬度皆相同，寬度為 1.8m，其他相關計算參數資料為

$$A_{area} = 200\text{m}^2, \quad l_i = 15\text{m}, \quad v = 30 \text{ (m/分)}$$

居室人員抵達出口之時間為

$$t_{reach} = \frac{\sqrt{\sum A_{area}}}{30} + \max\left(\frac{\sum l_i}{v}\right) = \frac{\sqrt{200}}{30} + \frac{15}{30} = 0.971$$



依照表 3-8 查出集會場之堆積可燃物之發熱量為 $q_l = 480$ (MJ)，所以堆積可燃物之火災成長率為

$$\alpha_f = 2.6 \times 10^{-6} q_l^{5/3} = 2.6 \times 10^{-6} 480^{5/3} = 0.076$$

至於集會堂內部裝修為不燃材料，依表 3-7 其

$$\alpha_m = 0.014$$

所以可以計算

$$\frac{0.014}{\sqrt{\alpha_f + \alpha_m}} = \frac{0.014}{\sqrt{0.076 + 0.014}} = 0.467$$

並得知

$$t_{reach} = 0.971 > \frac{0.014}{\sqrt{\alpha_f + \alpha_m}} = 0.467$$

從公式 3.13 計算其有效出口寬度 B_{eff}

$$B_{eff} = B_{room} - 7.2t_{reach}\sqrt{\alpha_f + \alpha_m} + 1 = 1.8 - 7.2 \times 0.971 \sqrt{0.076 + 0.014} + 1 = 0.703$$

所以其第一個出口之有效寬度 $B_{eff} = 0.7\text{m}$ ，而另一個有效出口之寬度 $B_{eff} = 1.8\text{m}$ 。

5、計算式解說

居室屋口之有效寬度的計算，設有下列假設條件

- (1) 居室之出口寬度為 B (m)
- (2) 離出口 X (m) 的位置上假設有 $Q = t^2$ 的火源 出口兩側 X (m) 外的距離會放置物品，這個部分 (下圖灰色部分) 皆為有可能起火之危險區域。
- (3) 火源的輻射熱流 $q \geq 2$ (kW/m^2) 的區域範圍內 (火源之半徑 r 範圍內) 為避難人員不可通過之區域 (人員忍受之輻射熱極限為 $2 \text{ kW}/\text{m}^2$)。

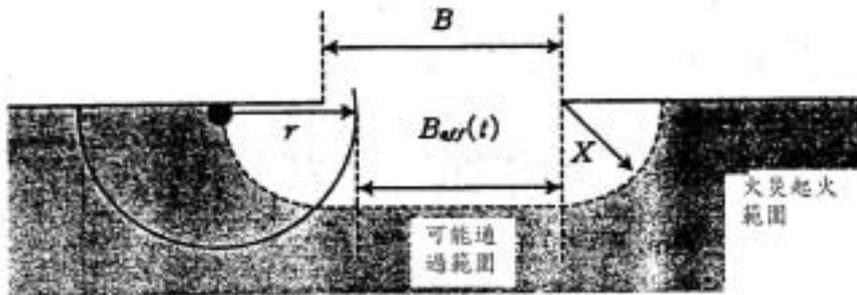


圖 3-20 受出口附近火源影響之出口

在 t 時的發熱速度

$$Q = t^2 \quad (1)$$

而火源中心到半徑 r 距離間之放射熱流為

$$q = \frac{1}{3} \frac{Q}{4\pi r^2} \quad (2)$$

其中 1/3 為在該發熱速度下，其向周圍放射發熱之比率，一般普通火災，其值低於 1/3，而其輻射熱是呈現半徑 r 的立體球形的型態（地面上避難人員吸收之輻射熱，是考量其熱是以平均分散於起火源周圍之 $4\pi r^2$ 球形表面積上），所以當輻射熱 $q \geq 2$ ，可計算其起火燃燒時間 t 為

$$t \geq \frac{r}{\sqrt{\frac{\alpha}{24\pi}}} \quad (3)$$

從圖 3-20 所示，其有效出口寬度 B_{eff} 會隨著時間而慢慢變小，直至 $r=B+X$ 時， $B_{eff} = 0$

$$B_{eff}(t) = \left\{ \begin{array}{ll} B & t \leq X/\sqrt{\alpha/24\pi} \\ B + X - \sqrt{\alpha/24\pi}t & X/\sqrt{\alpha/24\pi} \leq t \leq (X+B)/\sqrt{\alpha/24\pi} \\ 0 & (X+B)/\sqrt{\alpha/24\pi} \leq t \end{array} \right\} \quad (4)$$

有關不同時間點的有效出口流量的計算非常複雜，當計算 $r=X+B$ 時，其通過流出的人數即為避難之總數，所以計算出口之有效寬度後，即可得出口閉塞之時間。當出口寬度到達人員無法通過之時間點 $t = (X+B)/\sqrt{\alpha/24\pi}$ 時，其出口流量係數固定為 N 值，則其避難通過人數 P 為

$$P = \int_0^{(X+B)/\sqrt{\alpha/24\pi}} NB_{eff}(t) dt = \left(X + \frac{B}{2} \right) / \sqrt{\alpha/24\pi} \times NB \quad (5)$$

從上式可以假設其出口寬度固定為 B 時，則其人員可通過出口的時間為 t_{block} ，則其通過出口的人數為 $P = NBt_{block}$

$$\text{其中 } t_{block} = \left(X + \frac{B}{2} \right) / \sqrt{\alpha/24\pi} \quad (6)$$

上式 t_{block} 之時間，乃為其有效出口為實際出口寬度的一半的時間點。所以上述假設出口值未改變時，則其出口閉塞時間則為 t_{block} ，如圖 3-21 所示。

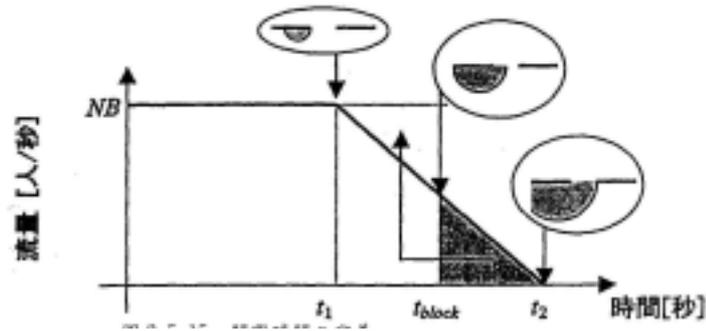


圖 3-21 閉塞時間之定義

前例的計算為樓地板面積 200m² 以上時，需設置二個以上之出口，而從上述的計算得知，一個面積 200m² 的矩形居室之避難容許時間及出口的閉塞時間是由其起火可燃物與出口間的距離 X 所影響。所以有效出口寬度之計算式，是以辦公室為例，並在以下列的參數為基本條件計算所得之結果

出口閉塞時間 $t_{block} = 4\sqrt{A} \approx 60(s)$ 避難容許時間

出口寬度 $B=1 (m)$

火災成長率 $=0.05 (kW/m^2)$

將上述條件代入公式 (6)，求出 X 為

$$X = t_{block} \sqrt{\alpha/24\pi} - \frac{B}{2} \approx 1.0(m)$$

將 $X=1$ 代入公式 (4)，則其 $B_{eff}(t)$ 值為

$$B_{eff}(t) = \left\{ \begin{array}{ll} B & t \leq 1/\sqrt{\alpha/24\pi} \\ B - \sqrt{\alpha/24\pi}t + 1 & 1/\sqrt{\alpha/24\pi} \leq t \leq (B+1)/\sqrt{\alpha/24\pi} \\ 0 & (B+1)/\sqrt{\alpha/24\pi} \leq t \end{array} \right\} \quad (7)$$

上述之時間單位，將秒變更為分，將 $B_{eff} = 0$ 的情形忽略之，則可得到下列之公式

$$B_{eff}(t) = \left\{ \begin{array}{ll} B & t \leq 0.14/\sqrt{\alpha} \\ \max\{B - 7.2\sqrt{\alpha}t + 1, 0\} & t > 0.14/\sqrt{\alpha} \end{array} \right\} \quad (8)$$

從上式得知，起火延燒時間為影響人員通過出口之有效

寬度的決定因素，並據以求出避難完成時間，所以公式(8)計算有效出口的 t ，是以最後一名避難人員抵達出口所需之時間 t_{reach} 計算之。

六、居室之煙層下降時間

一般而言火災所產生之煙會隨著浮力往上升，並會慢慢地蓄積於天花板下方，居室上層之高溫層(煙層)與下層的室溫空氣層呈現層化的狀態(zone model)，並隨著火災的成長，煙層會慢慢地往下沉降。以往為確保火災避難安全，加強內部裝修的不燃化及設置排煙設備為其必要的對策。

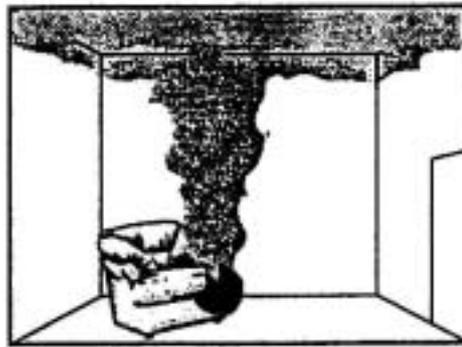


圖 3-22 火災發生時之煙霧狀況

火災所產生之濃煙氣體會隨著時間(以下簡稱煙層下降時間)而下降，並造成避難上的障礙。圖 3-23 為依據其空間形狀、可燃物發熱量、排煙的方式等複雜的影響因素計算其煙層下降時間，所以在計算前先以圖解分析下列項目是需要的。

- 1 居室的形狀 樓地板面積、天花板高度、地板的高低
- 2 防煙區劃 防煙區劃面積、防煙垂壁高度
- 3 排煙方式 排煙口高度、位置及排煙量
- 4 其他 居室用途、內裝材料之設計

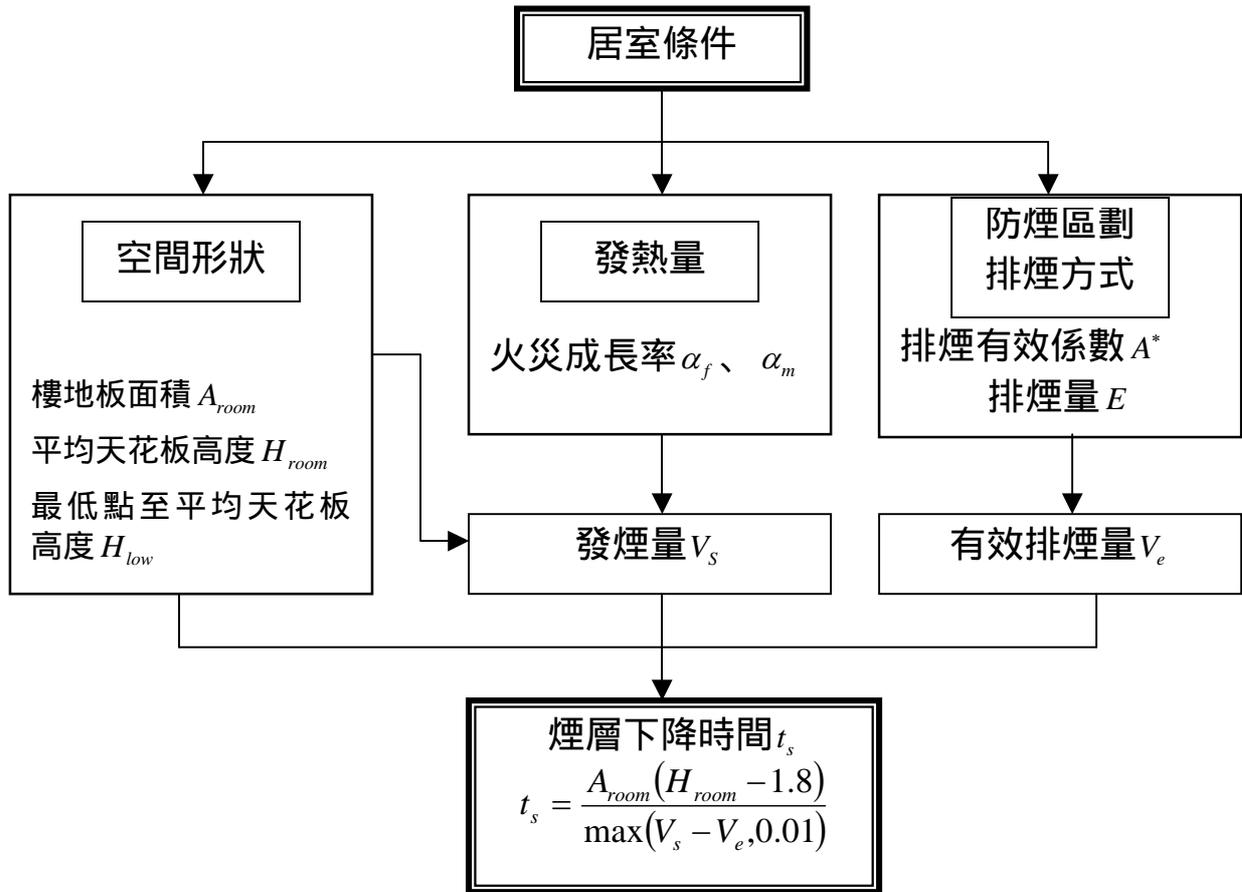


圖 3-23 煙層下降時間之計算順序

煙層下降時間 t_s 為容許煙層蓄積的體積除以煙霧產生量所得之值，而煙霧產生量為火災的發煙量 (V_s) 減去排煙設備的有效排煙量 (V_e)，因實際上有些場所之 $V_s - V_e$ 為負值，所以在計算 $V_s - V_e$ 設定最小值為 0.01 (m^3/min)。

$$t_s = \frac{A_{room} \times (H_{room} - 1.8)}{\max(V_s - V_e, 0.01)} \quad (3.17)$$

t_s ：該居室火災產生的煙層下降達到避難障礙高度的時間（分）

A_{room} ：該居室樓地板面積 (m^2)

H_{room} ：該居室之平均天花板高度 (m)

V_s ：煙霧產生量 (m³/分)

V_e ：有效排煙量 (m³/分)

(一) 可容許煙層蓄積的部分

1、居室的範圍

煙層下降時間計算的範圍為其牆壁、天花板及樓地板所圍成之空間，假如從樓地板面到防煙垂壁下緣之距離低於 1.8m 時，則其居室空間視為由防煙區劃分成不同的居室。而防煙垂壁係指以不燃材料建造，自天花板下垂 30cm 以上之垂壁或具有同等以上阻止煙流動之構造者。

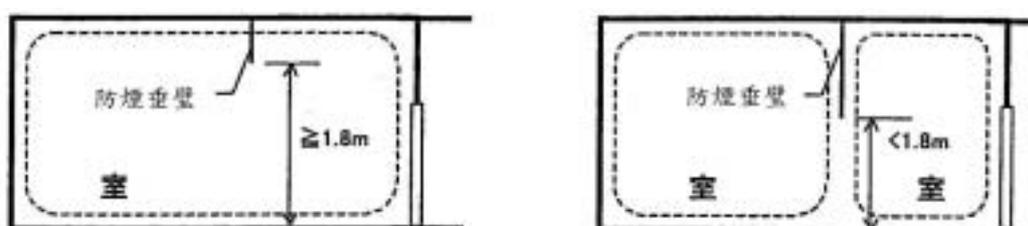


圖 3-24 空間範圍

2、可容許蓄煙部分的體積

假設一個矩形之居室場所，其煙蓄積於天花板下方且不會造成避難逃生障礙的蓄積空間，這個部分的計算為樓地板面積乘以天花板平均高度與容許煙層下降至 1.8m 之差值，其計算式如下所示

$$\text{容許煙層蓄積空間的體積} = A_{\text{room}} \times (H_{\text{room}} - 1.8) \quad (3.18)$$

為確保避難人員之安全，對於樓板高度有落差時，其容許煙層下降高度之計算是取樓地板面最高點的位置，圖 3-25 所示為地板面高度有落差時，應注意高度計算之基準點。

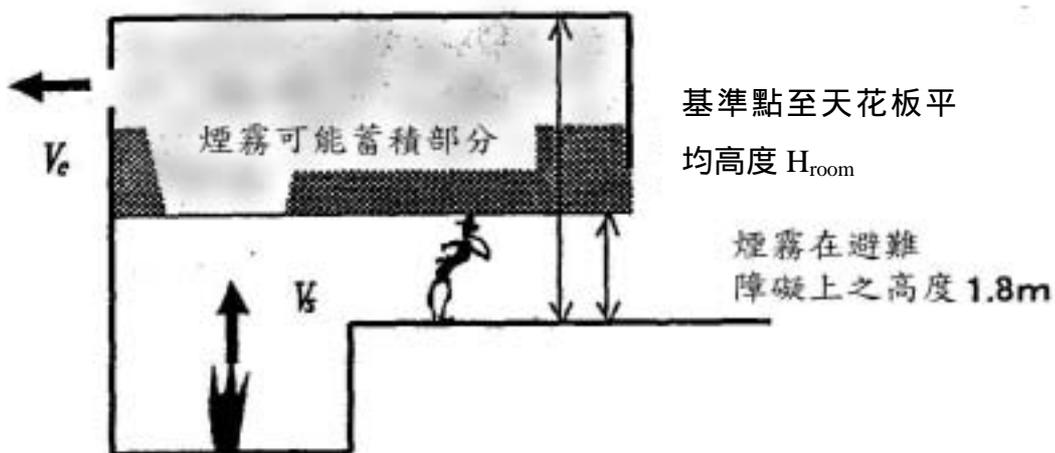


圖 3-25 可能蓄煙部分

3、天花板平均高度 H_{room}

天花板平均高度 H_{room} 為從樓地板最高之位置（基準點）開始量測，如圖 3-25 之居室的樓地板有高低落差，而其天花板高度是以所處位置較易造成危險的基準點作為量測點。且天花板高度不同之場所，其煙容許蓄積的體積是依其居室樓地板面積 A_{room} 及平均天花板高度 H_{room} 計算。如圖 3-26 之基準點開始容許煙層下降至 1.8m 範圍內的容許煙層蓄積體積為 90m^3 ，居室樓地板面積為 60m^2 ，則其從基準點開始算起之平均天花板高度 H_{room} 為

$$H_{room} = \frac{90}{60} + 1.8 = 3.3\text{m}$$

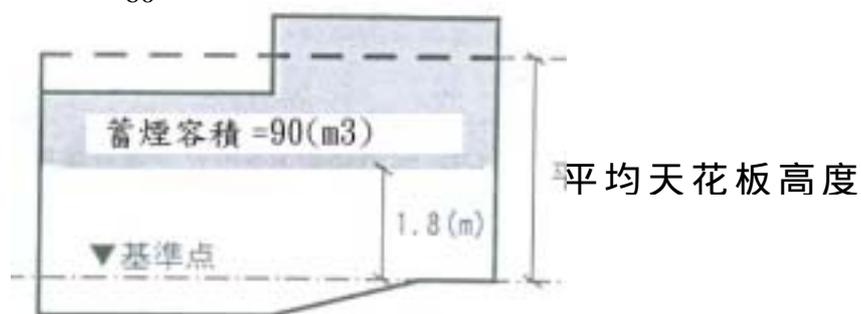


圖 3-26 平均天花板高度之計算

(二) 煙的發生量 V_s

火災發生時，單位時間所產生之發煙量必須考量其居室的形狀、用途（可燃物的發熱量）及內部裝修材料等因素，而其計算式如下所列。

$$V_s = 9((\alpha_f + \alpha_m)A_{room})^{1/3} (H_{low}^{5/3} + (H_{low} - H_{room} + 1.8)^{5/3}) \quad (3.19)$$

α_f, α_m ：根據堆積可燃物與內部裝修材料燃燒特性而選定之火災成長率

A_{room} ：該居室之樓地板面積 (m^2)

H_{low} ：從該居室樓地板面最低點起算之平均天花板高度 (m)

H_{room} ：從該居室之基準點起算之平均天花板高度 (m)

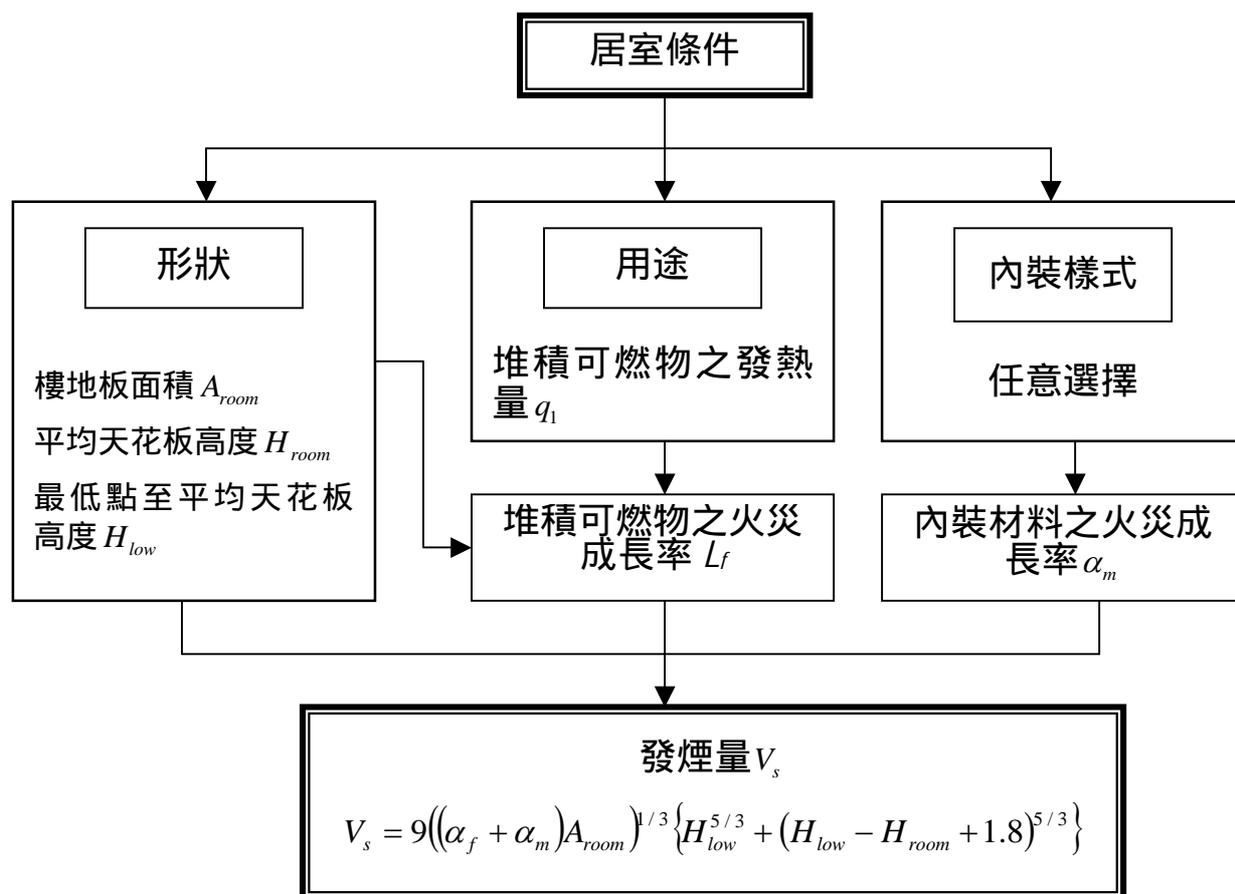


圖 3-27 發煙量 V_s 之計算順序

而 V_s 發煙量公式中的第 1 項

$$\left((\alpha_f + \alpha_m) A_{room} \right)^{1/3} \quad (3.20)$$

是火災表面最大燃燒速度，這項的值越大，則其煙霧的發煙量就越大

第二項

$$H_{low}^{5/3} + (H_{low} - H_{room} + 1.8)^{5/3} \quad (3.21)$$

表示火災熱氣流周圍空氣的捲入，使濃煙量增大的程度， H_{low} 為居室樓地板最低之位置至天花板平均高度的距離，圖 3-28 所表示為考量火災發生於樓板最低的位置的狀況，至於樓地板無高低落差時 $H_{low} = H_{room}$

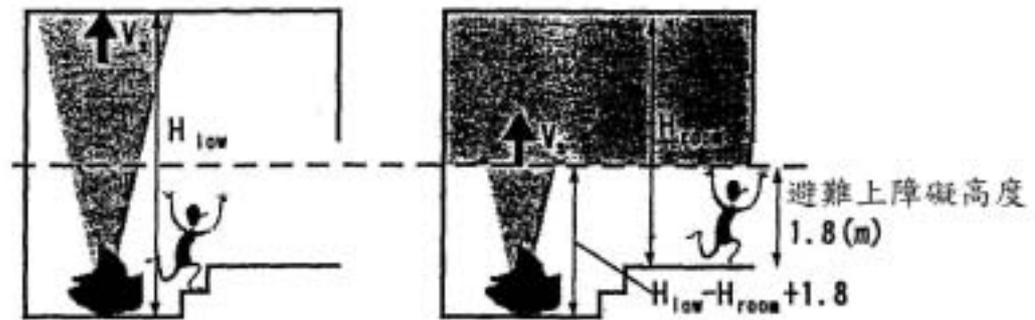


圖 3-28 發煙量之考量方式

1、火災成長率 α_f, α_m

α_f, α_m 表示所有可燃物開始的燃燒擴大狀況，一般稱為火災成長率。 α_f 依堆積可燃物的發熱量，應用公式 (3.16) 計算其值， α_m 則依據牆壁及天花板材料設置的種類，查表 3-6 得其值。假設該居室內有許多用途，則每 $1m^2$ 的堆積可燃物發熱量會隨用途的不同而有所差異，因此可依各用途面積的比率，計算其平均發熱量後，用平均發熱量計算火災成長率 α_f 。

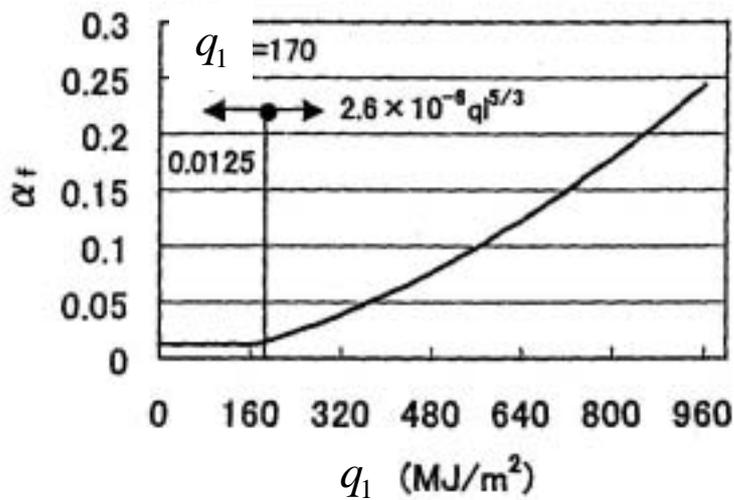


圖 3-29 α_f 與每一平方公尺蓄積可燃物之發熱量 q_1

2、居室樓板最低的位置至天花板的平均高度 H_{low}

H_{low} 為居室樓地板最低位置至天花板平均高度間之距離，若地板面無高低落差則 $H_{low} = H_{room}$ ，若居室樓地板面有高低落差時， H_{low} 為基準點到天花板平均高度的距離加上基準點與樓板最低點之落差，可列公式如下

$$H_{low} = H_{room} + \text{樓地板最低位置至基準點之距離} \quad (3.22)$$

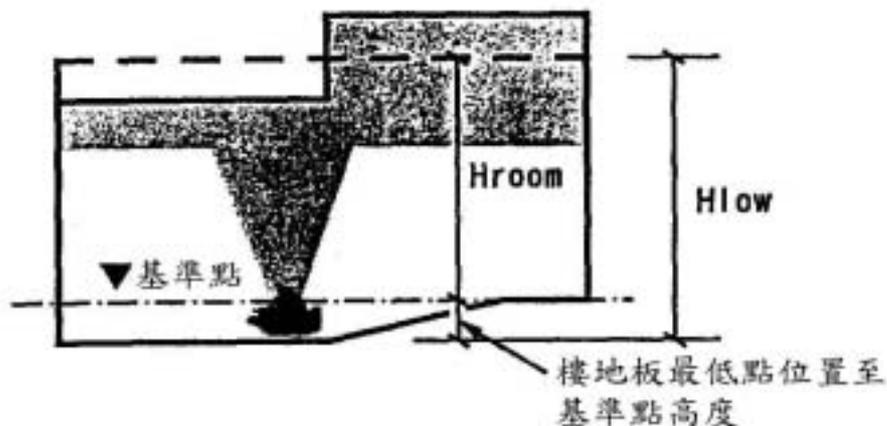


圖 3-30 樓地板最低點位置至平均天花板高度

3、有效排煙量 V_e

排煙設備將濃煙排至室外之有效排煙量 V_e ，為防煙垂壁所圍成之區劃（以下簡稱防煙區劃）距離樓地板高度 1.8m 以上之有效排煙口之排煙量 E ，與該防煙區劃排煙效果有效係數 A^* 之乘積所得之值。有效排煙口之排煙能力 E 是依據排煙口的數量、排煙方式及設置位置計算；而排煙效果係數 A^* 則依據有無設置防煙垂壁、設置之位置、防煙區劃之面積計算。

有效排煙量 V_e 的計算條件為：其居室防煙垂壁區劃之樓地板面積需小於 1500m^2 ，且其垂壁下緣與樓地板之間距離需大於 1.8m。

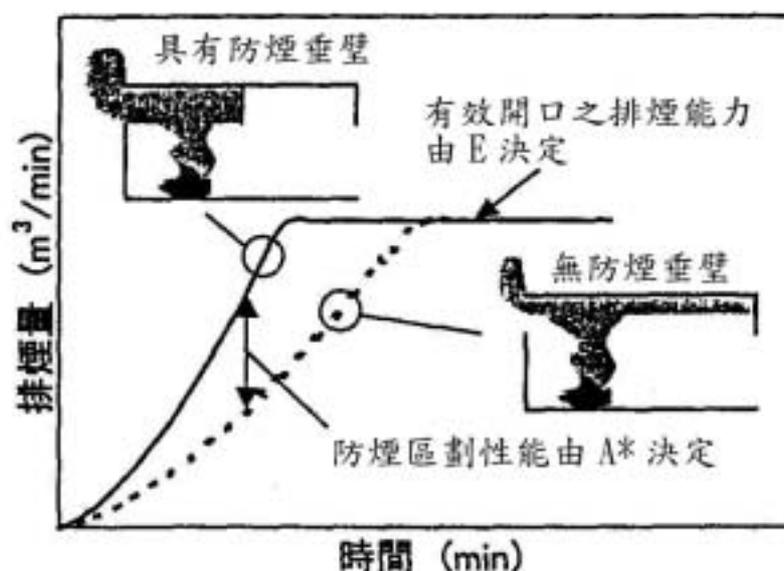


圖 3-31 排煙量之時間推算

(1) 居室內部設有防煙垂壁區劃之場所

居室有效排煙量 V_e 是從許多的防煙區劃中計算該防煙區劃 $A^* E$ ，防煙垂壁是延緩煙流入防煙區劃以外之鄰近區域，所以防煙區劃以外之排煙設備動作之排煙量並未納入考量

$$V_e = \min(A^* E) \quad (3.23)$$

V_e : 有效排煙量 (m³/分)

A^* : 排煙效果係數

E : 該防煙區劃所設置排煙設備之排煙量 (m³/分)

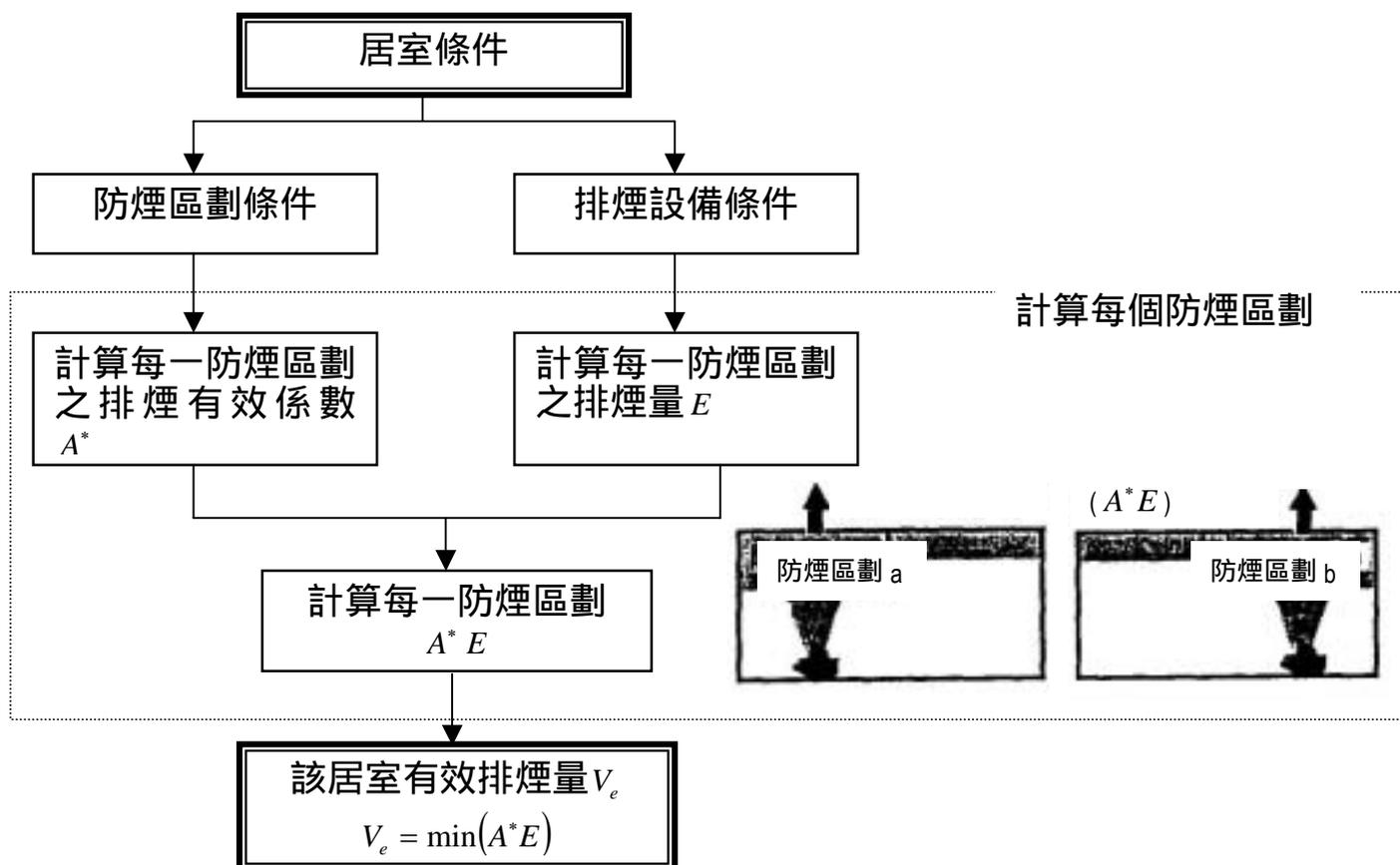


圖 3-32 有效排煙量之計算順序

(2) 其他場所

居室之防煙垂壁是作為與其他場所間之區劃，居室內之任何防煙區劃，可計算有效排煙量為 A^*E ，該場所有效排煙量的計算如下所示：

$$V_e = 0.4 \left(\frac{\bar{H}_{st} - 1.8}{H_{top} - 1.8} \right) E \quad (3.24)$$

V_e : 有效排煙量 (m³/分)

\bar{H}_{st} : 該居室排煙口上方至該居室基準點之平均高度

(m)

H_{top} : 該居室基準點至天花板之最大高度 (m)

E : 該防煙區劃所設置排煙設備之排煙量 ($m^3/分$)

(三) 排煙效果係數 A^*

排煙量會隨著煙層的厚度增加而增大，防煙垂壁的設置為使起火區域之煙層厚度增加，提昇該防煙區劃排煙口之排煙能力。排煙效果係數 A^* 則為該排煙設備在煙層隨著時間增加蓄積高度之變化下的排煙動作效率。例如對於防煙區劃面積較大之場所，其煙層蓄積時間較長，排煙效果係數較小；但防煙垂壁高度較大之場所，其可蓄積較高的煙層，則排煙效果係數較大。

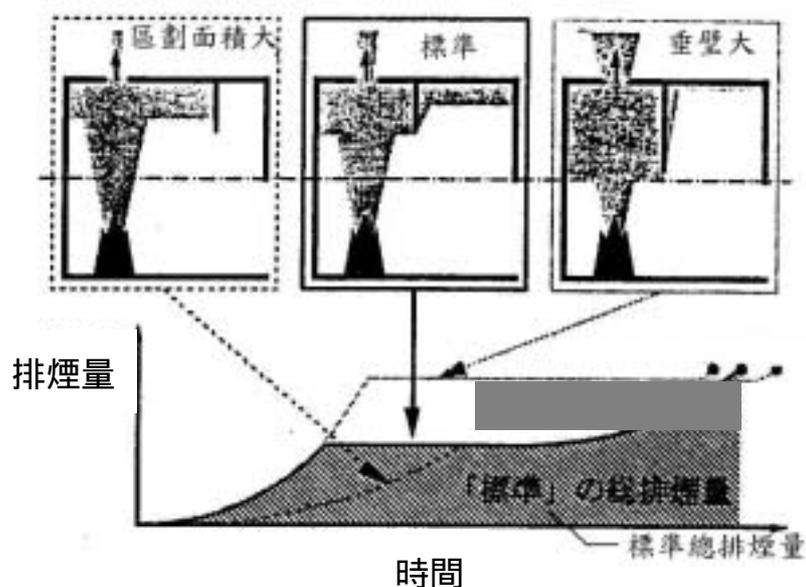


圖 3-33 防煙垂壁之設置與排煙量之關係圖

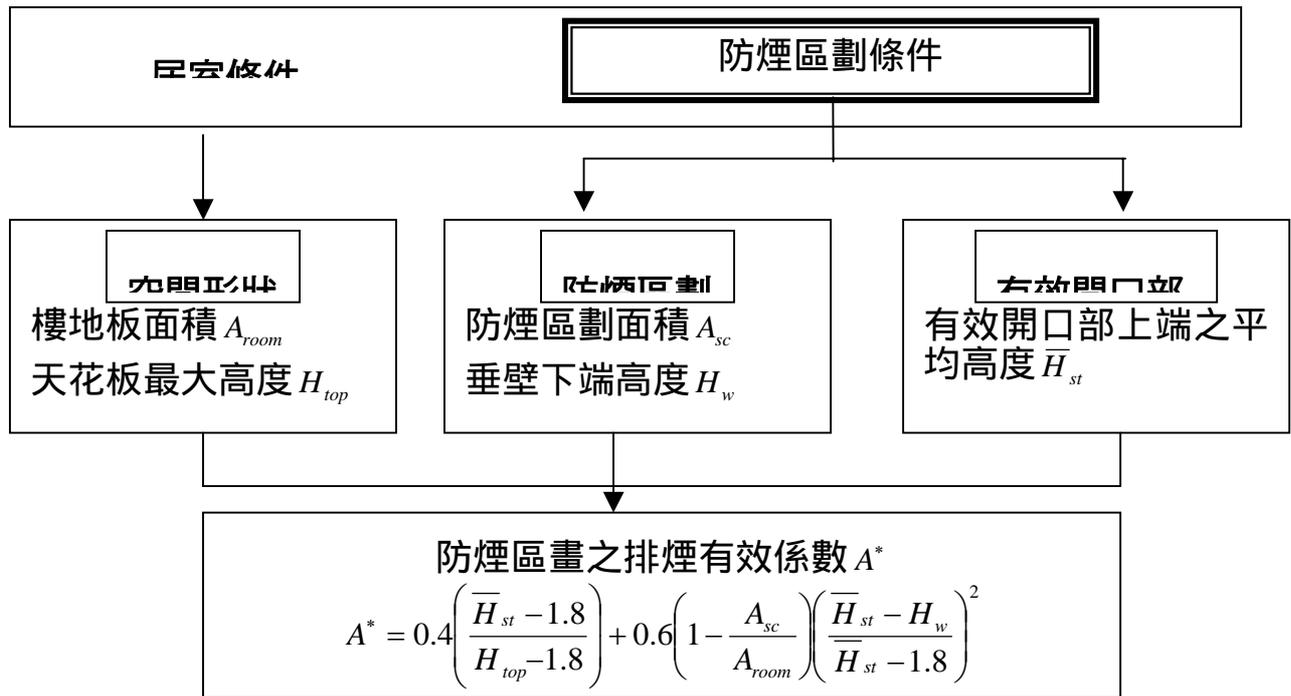


圖 3-34 排煙有效係數之計算流程

排煙效果係數 A^* 乃依其防煙區劃內之有效排煙口上端的位置計算之。有效排煙口之上端在防煙垂壁下緣之下 ($\bar{H}_{st} < H_w$) 的場所

$$A^* = 0.4 \left(\frac{\bar{H}_{st} - 1.8}{H_{top} - 1.8} \right) \quad (3.25)$$

有效排煙口之上端在防煙垂壁下緣之上 ($\bar{H}_{st} \geq H_w$) 的場所

$$A^* = 0.4 \left(\frac{\bar{H}_{st} - 1.8}{H_{top} - 1.8} \right) + 0.6 \left(1 - \frac{A_{sc}}{A_{room}} \right) \left(\frac{\bar{H}_{st} - H_w}{\bar{H}_{st} - 1.8} \right)^2 \quad (3.26)$$

\bar{H}_{st} : 該居室排煙口上端至該居室基準點之平均高度 (m)

H_w : 防煙垂壁下端至該居室基準點之最大高度 (m)

A^* : 排煙效果係數

H_{top} : 該防煙區劃之基準點至天花板間之最大高度 (m)

A_{sc} : 該防煙區劃的面積 (m²)

A_{room} ：該居室之樓地板面積 (m^2)

有效排煙口之上端在防煙垂壁下緣之下 ($\bar{H}_{st} < H_w$) 之場所，其防煙垂壁之設置並無法達到預期的效果。而煙一般為直接上升排出，所以有效排煙口設置離天花板越近，則會有越好的排煙效率。

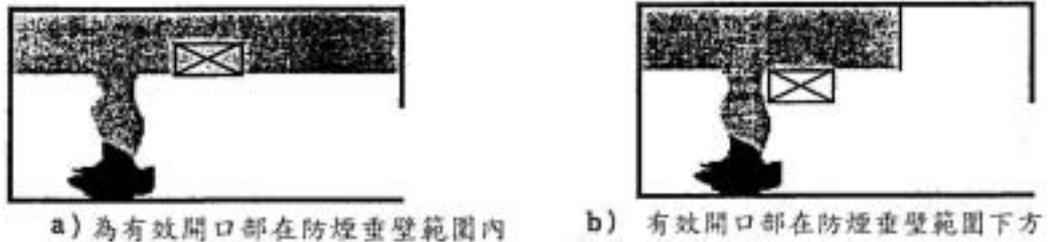


圖 3-35 不具防煙垂壁效果之圖例

另外，有效排煙口之上端在防煙垂壁下緣之上 ($\bar{H}_{st} \geq H_w$) 的場所，其防煙垂壁之深度越深，會提昇排煙的效果，所以防煙區劃面積越小，防煙垂壁之高度越大，則會有較好的排煙效果

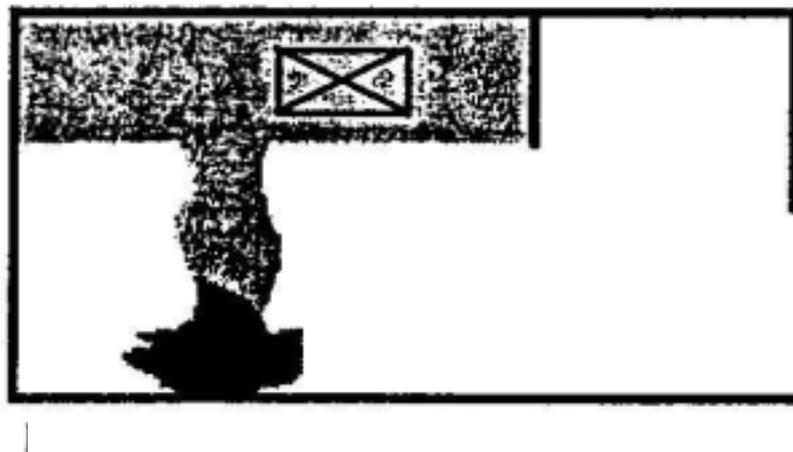


圖 3-36 防煙垂壁可發揮效果之圖例

1、防煙區劃面積 A_{sc}

防煙區劃面積 A_{sc} 為防煙垂壁圍成之區劃面積，其防煙垂壁係以不燃材料建造，自天花板下垂 30cm 以上之垂壁或具有同等以上可阻止煙流動構造者。

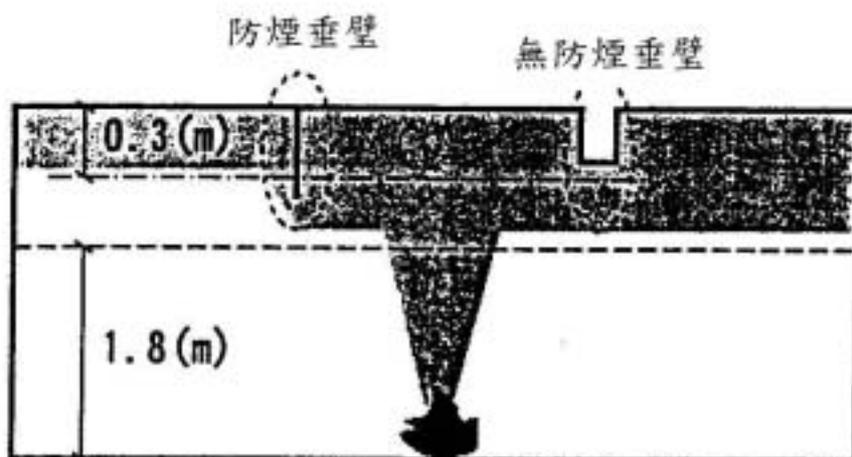


圖 3-37 防煙垂壁之區劃面積

2、排煙口上端的平均高度 \bar{H}_{st}

圖 3-38 為對於有效排煙口設置高度不同時，其有效開口部上端與基準點間之平均高度 \bar{H}_{st} ，則應用有效排煙口的面積來計算。

有效排煙口直接面向屋外者：

$$\bar{H}_{st} = \frac{\sum_{i=1}^n (A_{sti} \times H_{sti})}{\sum A_s} \quad (3.27)$$

有效開口部連接風管，利用排煙機將空氣排出設計者：

$$\bar{H}_{st} = \frac{\sum_{i=1}^n (w_i \times H_{sti})}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad (3.28)$$

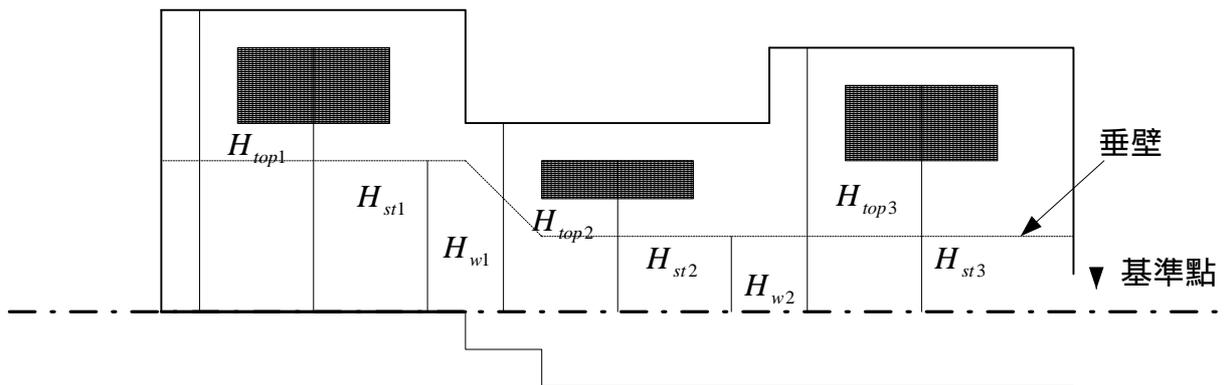


圖 3-38 H_{top} , H_{st} , H_w 之計算例 (自然排煙設備)

3、防煙垂壁下端高度之最大值 H_w

如圖 3-38 對於其天花板與基準點間之高度不同,天花板高度之 H_w 乃取其最大值

$$H_w = \max(H_{wi}) \quad (3.29)$$

4、天花板高度之最大值 H_{top}

如圖 3-38 對於其天花板與基準點間之高度不同,天花板高度之 H_{top} 乃取其最大值

$$H_{top} = \max(H_{topi}) \quad (3.30)$$

(四) 排煙量 E

排煙量 E 為居室內部防煙區劃所設置排煙設備作用功能的計算值,排煙設備排煙量的計算,分別依防煙垂壁區劃之空間計算。避難安全驗證法計算式中的排煙方式有三種,分別為自然排煙、機械排煙、第 2 種排煙方式(機械進風及自然排氣),在相同的居室內設有不同排煙方式之排煙設備,對於所預期的排煙效果會因設置的不同而受到限制,所以對於同一居室的排煙設備設置不能同時依照「自然排煙設備之有關規定」及「機械排煙之有關規定」設置排煙設備。

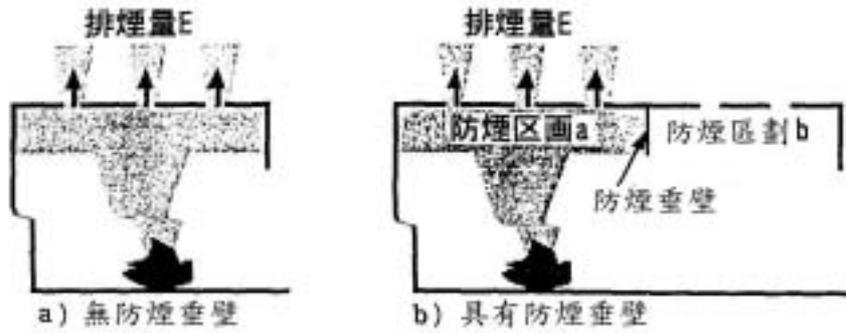


圖 3-39 排煙量 E 之計算範圍

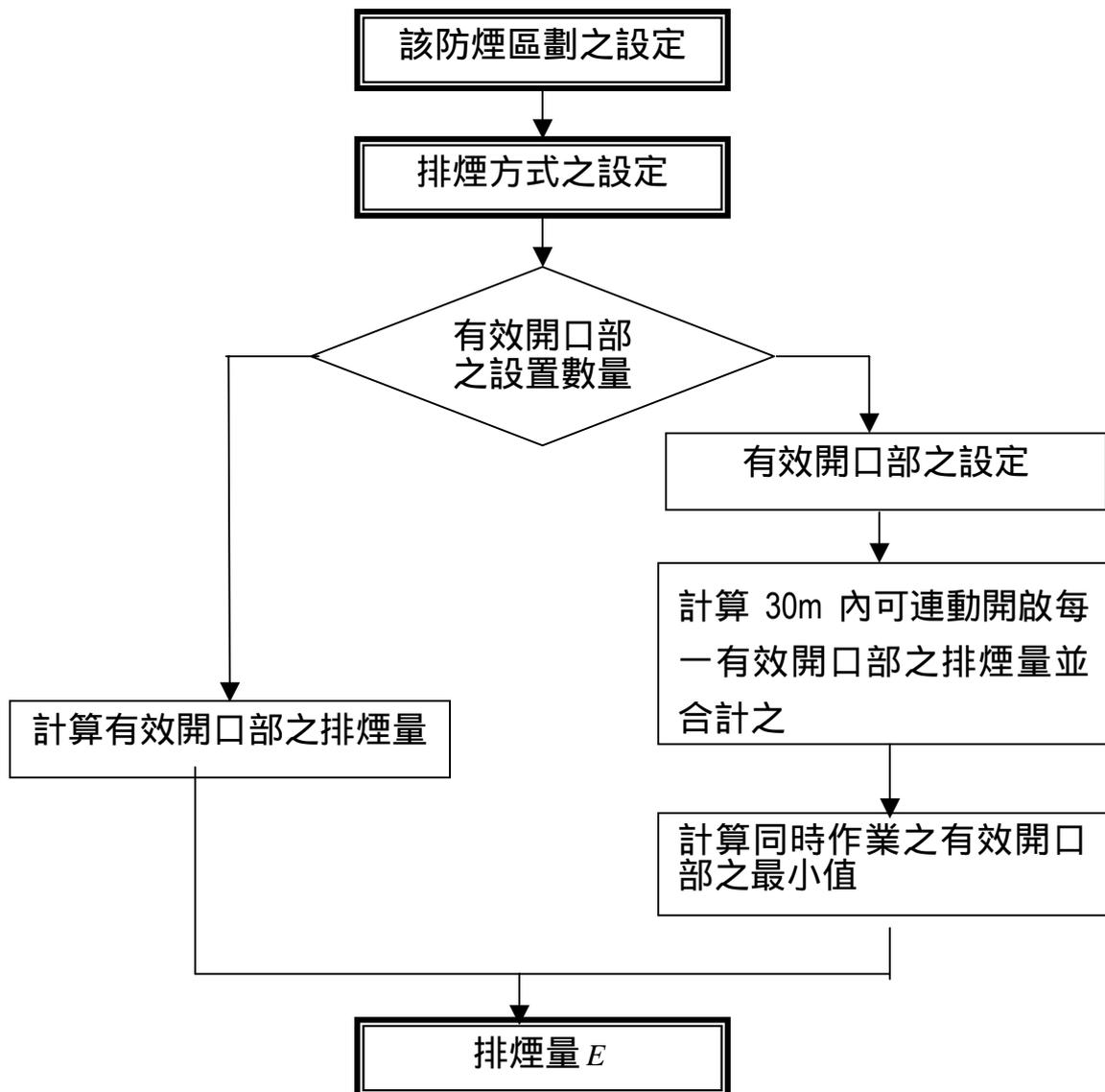


圖 3-40 排煙量 E 之計算流程

有關防煙區劃內所設置排煙口，依其排煙方式計算排煙量，即可算出該區劃內之排煙量。若該防煙區劃內設有數個排煙口，基本上其排煙口排煙量的計算方式是相同的，而防煙區劃內之排煙量則依所計算之每個排煙口的排煙量，取其最小值；但若其排煙口間距為 30m 範圍內，其排煙口會連動開啟，則其排煙量為連動開啟排煙口的排煙量總和。

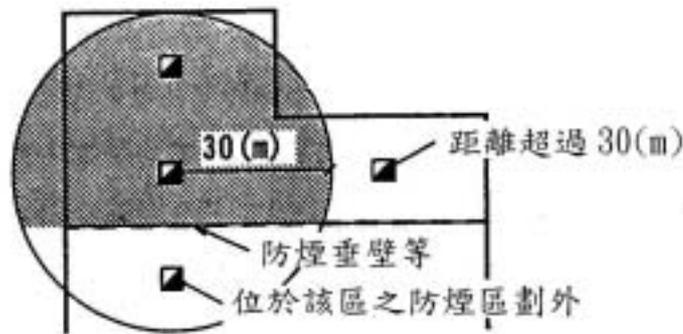


圖 3-41 可合計排煙量之有效開口部範圍

下圖所示場所因排煙口 1 與排煙口 2 之間距低於 30m，且二個排煙口會同時啟動，故該區排煙量為二個排煙口量之總和

排煙口 1 之排煙量 = $e_1 + e_2$

排煙口 2 之排煙量 = $e_1 + e_2$

至於排煙口 3，其 30m 範圍內無其他排煙口

排煙口 3 之排煙量 = e_3

有關該防煙區劃之排煙量則取上述值之最小值

$$E = \min(e_1 + e_2, e_3)$$

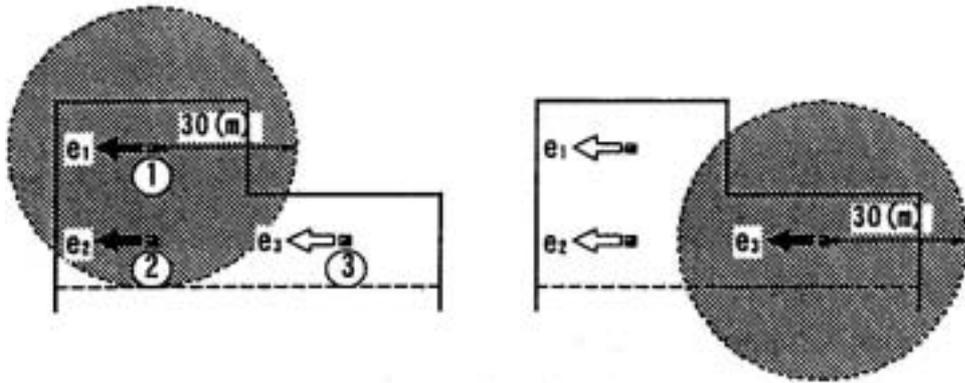


圖 3-42 該有效開口部有效排煙部分圖例

1、自然排煙之排煙量

自然排煙的方式為其排煙口與外氣直接連通，利用煙的浮力直接排至室外的方法。

(1) 自然排煙的相關規定

依據樓層避難安全驗證法驗證符合避難安全性能者，可以排除各類場所消防安全設備設置標準第一八九條之設置規定(建築技術規則也有相類似的條文規定)；但若排煙設計是引用第一八九設計自然排煙時，則必須符合自然排煙設置之相關規定。第一八九條自然排煙設備設置規定包括防煙區劃面積、排煙口位置及面積等，因此避難安全驗證法排除上述適用時，其排煙量的計算也應考量防煙區劃面積、排煙口位置及面積等因素。

(2) 排煙量的計算

自然排煙方式之有效排煙口排煙量是受該居室從樓地板面起高度 1.8m 以下之有效進風口（常時開啟或連動開啟）面積大小所影響。假設任一排煙口之排煙量為 e ，則該防煙區劃排煙量之計算公式為

$$E = \min(\sum e) = \min \left(\sum \max \left\{ 19A_s \sqrt{h_s}, \frac{76A_s \sqrt{H_c - 1.8}}{\sqrt{1 + \left(\frac{\sum A_s}{\sum A_a} \right)}} \right\} \right) \quad (3.31)$$

A_s ：該防煙區劃之各個排煙口（該排煙口應保持常時開啟或連動開啟，與該排煙口相距 30m 以內之排煙口應能同時動作）之開口面積（ m^2 ）

h_s ：該防煙區劃排煙口之上端與下端間之垂直距離(m)

A_a ：該居室的各個進風口（該進風口應保持常時開啟或連動開啟）之開口面積（ m^2 ）

H_c ：該防煙區劃各個排煙口中心點至基準點之平均高度

上式右邊第一項 $19A_s \sqrt{h_s}$ (3.32)

為未設進風口時排煙口之排煙量，通常居室空間內，離地板 1.8m 範圍內會存有一些與外氣流通的空隙，但在計算上將之忽略，而將此排煙風量設定為下限值。另外若排煙口設置於天花板上，則 $h_s = 0$ ，為使其能有效的排煙，則於離樓地板 1.8m 範圍內設置進風口是必要的。

右邊第二項 $\frac{76A_s \sqrt{H_c - 1.8}}{\sqrt{1 + \left(\frac{\sum A_s}{\sum A_a} \right)}}$ (3.33)

為有設置進風口時排煙口的排煙量，進風口除設置於離地 1.8m 的範圍內，另應亦注意其進風口的面積及位置，使其能有效的從外部供氣。

上式中之 $\sum A_s$ 及 $\sum A_a$ 分別為同時開啟所有排煙口及進風口的面積總和，但若進風口的面積趨近於 0 時，則該式亦為 0。

圖 3-43 為 $A_s=10\text{m}^2$ 、 $h_s=1.0\text{m}$ 、 $H_c=2.3\text{m}$ 、 $\sum A_a=0\sim 10\text{m}^2$ 時，其排煙量 E 與進風口面積 A_a 之關係，可知進風口面積越大，則排煙量越大。若該區劃空間進風口之面積太小 ($A_a=1\sim 2\text{m}^2$)，則其排煙風量的大小由 $19A_s\sqrt{h_s}$ 決定，計算上忽略進風口的部分。

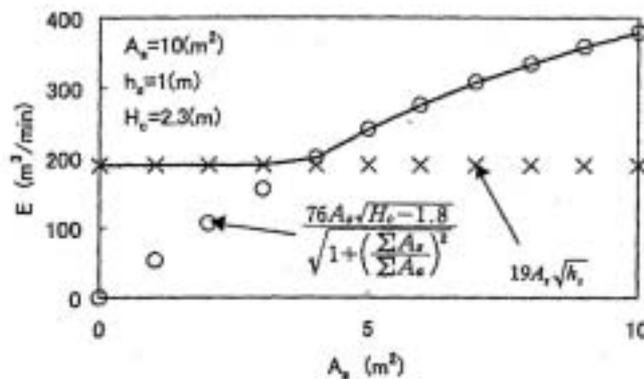


圖 3-43 進風口面積與排煙量之關係圖

(3) 排煙口的面積 A_s 、寬度 h_s 及平均高度 H_c

有效排煙口面積 A_s 為有效排煙作用之面積，從外開啟關閉的窗戶，也可依其形狀考量其排煙口面積，且進風口面積 A_a 也是一樣具有有效開口面積。

下圖所示設有開口之場所， h_s 為開口部之上端與開口部下端間之垂直距離。

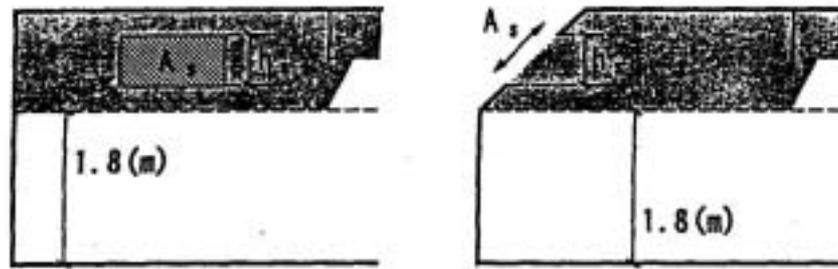


圖 3-44 有效開口部 A_s , h_s 之測試方法

下圖之斜線部分為有效排煙口之面積，其中一開口與基準點之間距未達 1.8m，因此其開口部與樓地板面之間距大於 1.8m 為有效排煙口部分。至於有效排煙口之中心點與地面基準點之平均高度稱為 H_c 。

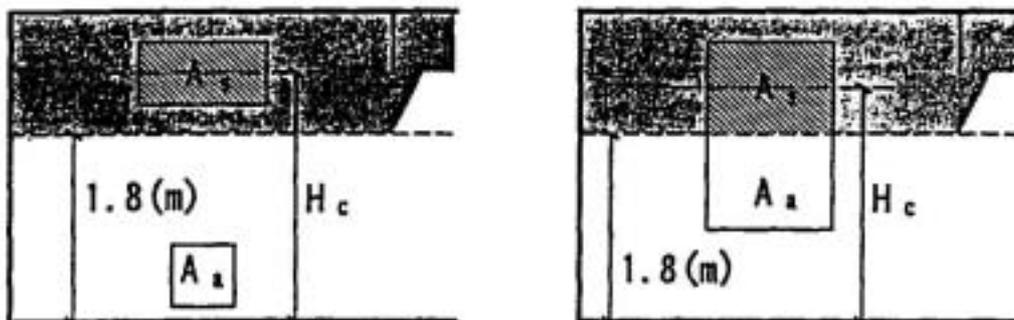


圖 3-45 有效開口部 A_s 、 H_c 之測試方法

2、機械排煙之排煙量

機械排煙為排煙口設有排煙風管及排煙機，強制將煙排出屋外的方法。

(1) 機械排煙之規定

機械排煙的方式和自然排煙的方式一樣，排煙設備應依各類場所消防安全設備設置標準第一八九條規定設置，但若其經驗證符合避難安全，

則其防煙區劃之面積、排煙口的位置及排煙風量等可以排除法令之適用標準。

(2) 排煙量的計算

機械排煙之排煙口風量乃為將居室排煙口以下高度之煙層排至室外所需最大的排煙能力，假設排煙口的排煙量為 e ，則其排煙量的計算方法如下所示：

$$E = \min(\sum e) = \min(\sum \min\{w, 3.9(H_c - 1.8)w^{2/3}\}) \quad (3.34)$$

H_c ：該防煙區劃之每個排煙口中心點至基準點之平均高度 (m)

w ：該防煙區劃之每個排煙口(其有效排煙口必須保持常開或火災時可以連動開啟，且其排煙口的位置必須離天花板 30cm 範圍內)之排煙能力 (m³/分)

上述公式第一項 w 表示有效排煙口排氣的能力，其排煙量 e 值可能比實際排煙機的排煙能力 w 小，所以一般規定為其上限值。上述公式第二項表示由排煙機所排除排煙口下方煙層之有效排煙量。

各排煙口之排煙能力，實際上要考量排煙風管之摩擦損失部分，對於防煙區劃之排煙口及其他區劃之排煙口有共同的風管系統時，排煙機的能力必須能確保不同區劃排煙口同時動作時排煙風量 w 的值；此外，避免門在開啟上之障礙也是確保排煙系統的必要措施。

下圖為排煙口排出空氣的能力 $w=100, 250, 500$ (m³/min) 與排煙口中心點高度 H_c 及排煙口排煙量之關係圖。從圖中發現排煙口之中心點高度在 3m

以上之場所，其排煙口之排煙能力趨於定值，且排煙口的排煙口數量增加，其排煙效率較好。

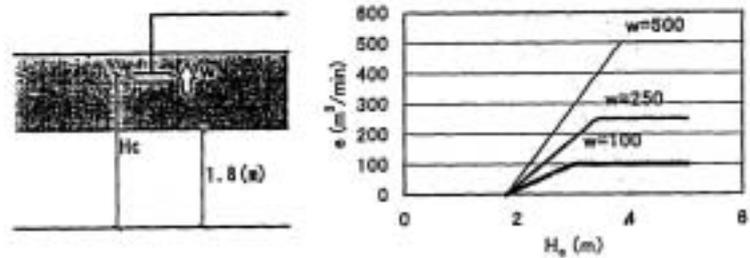


圖 3-46 有效開口部中央高度 H_c 與該有效開口部 e 排煙量之關係圖

3、第二種排煙方式（機械送風自然排氣）之排煙量

（1）有關規定

通常火災發生時，其煙由特殊的排煙設備直接排出，也就是直接進風給氣，並由排煙口直接排氣至屋外的方式，即所謂之第 2 種排煙方式，也就是用機械進風的方式取代了自然進風的方式。

第 2 種排煙的方式必須符合法令上的相關設置規定，主要部分為其送風機必須有足夠的能力將煙排出，所以避難安全驗證法的計算必須考量其排煙口的位置及空氣排出的能力（送風機的能力）。

（2）排煙量的計算

下列公式為計算該防煙區劃之排煙量

$$E = \min(s, 550A_s) \quad (3.35)$$

s ：該防煙區劃之送風機對於該區劃有效進風口之進風能力（ $m^3/\text{分}$ ）

A_s ：該防煙區劃有效排煙口之開口面積

送風機的能力必須考量空間開口部洩漏的量，設置第二種排煙方式場所之排煙量，一般是依其排煙口之排煙能力來決定其排煙口之面積大小；但排煙口面積太小之場所，可能會造成該居室與鄰近居室之壓差達 50Pa 以上，這可能引起門開啟的障礙，為防止這樣的情形發生，其排煙口之面積應大於 $s/550$ 。且起火室直接進風之排煙方式，會使起火室的平均壓力較鄰近居室平均壓力大，所以有些案例將其壓力差規定在 20Pa 以下是必要的。

4、實例之計算

下圖所示為該防煙區劃內有三個排煙口，其排煙風量 E 之計算方法。

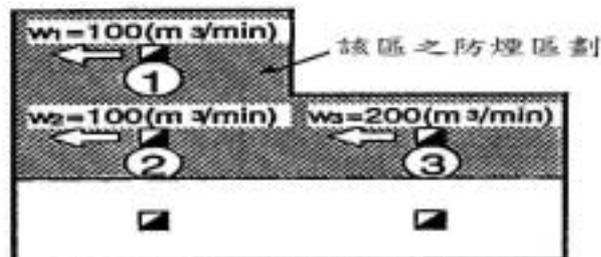


圖 3-47 防煙區劃之計算例

(1) 防煙區劃及排煙方式之設定

上圖防煙區劃排煙量 E 之計算，其排煙方式為機械排煙，各排煙口排出空氣的能力 w 為

排煙口 1： $w_1 = 100 (m^3/min)$

排煙口 2： $w_2 = 100 (m^3/min)$

排煙口 3： $w_3 = 200 (m^3/min)$

各排煙口中心點到樓地板間的距離為 2.5m

(2) 排煙口排煙量的計算

排煙口 1 之個別排煙量 e'_1 依公式 (3.35) 計算為

$$e'_1 = \min(w_1, 3.9(H_{c1} - 1.8)w_1^{2/3}) = \min(100, 3.9(2.5 - 1.8)100^{2/3}) = 58.8 (m^3 / \text{min})$$

同樣的排煙口 2、3 之個別排煙量 e'_i 為

$$e'_2 = \min(w_2, 3.9(H_{c2} - 1.8)w_2^{2/3}) = \min(100, 3.9(2.5 - 1.8)100^{2/3}) = 58.8 (m^3 / \text{min})$$

$$e'_3 = \min(w_3, 3.9(H_{c3} - 1.8)w_3^{2/3}) = \min(200, 3.9(2.5 - 1.8)200^{2/3}) = 93.4 (m^3 / \text{min})$$

(3) 同時開啟排煙口之設定

如圖 3-48 所示，排煙口 1 及排煙口 2 之間的距離小於 30m，因此只要其中任一排煙口啟動，另一排煙口也會連動啟動，其排煙量則為排煙口 1 及排煙口 2 的單獨排煙量總和，故排煙口 1 之排煙量

$$e_1 = e'_1 + e'_2 = 58.8 + 58.8 = 117.6 (m^3 / \text{min})$$

同樣的道理排煙口 2、3 其排煙量的計算為：

排煙口 2 之排煙量， $e_2 = e'_1 + e'_2 = 58.8 + 58.8 = 117.6 (m^3 / \text{min})$

排煙口 3 之排煙量 $e_3 = e'_3 = 93.4 (m^3 / \text{min})$

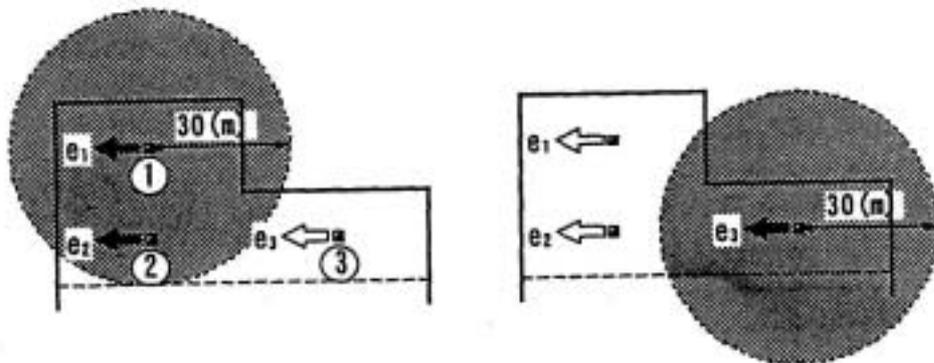


圖 3-48 各有效開口部同時排煙之機能部分圖例

(4) 該防煙區劃排煙量的計算 E

該防煙區劃之排煙量 E 為其各排煙口之最小排煙量：

$$E = \min(e_1, e_2, e_3) = \min(117.6, 117.6, 93.4) = 93.4 \text{ (M}^3\text{/MIN)}$$

七、樓層避難安全驗證

樓層發生火災時，起火室以外的人們開始進行避難所需的時間，包含了發現火災所需時間及從發現到避難開始所需時間之合計；此時起火室以外的人們在發現火災所需的時間上，也將受到火災資訊所左右。火災情報傳達的方法，可透過看到起火室所流出的煙層、火警警報系統動作所發出之緊急鳴響與透過起火室避難者之傳達等各式資訊為之；另外，有關情報接收後立刻採取避難判斷的過程中，將因複雜的影響因子而造成個人對避難行動的差異。由過去的災例及實驗研究發現，建築物使用者在就寢狀態下對於火災所採取的避難因應行動有遲緩的傾向；因此，起火室以外的人們之避難開始時間欲利用工學方法來進行預測是具困難性的。

樓層避難開始時間與居室避難開始時間相同，有關樓層避難開始時間之計算可根據建築物用途及樓地板面積來進行計算，其計算式如下所示：

(一) 集合住宅、旅館及其他類似用途 (不包含醫院、診所及兒童福利設施等)

$$t_{start} = \frac{\sqrt{A_{floor}}}{30} + 5 \quad (3.36)$$

(二) 其他用途 (不包含醫院、診所及兒童福利設施等)

$$t_{start} = \frac{\sqrt{A_{floor}}}{30} + 3 \quad (3.37)$$

t_{start} 火災時，該樓層人員開始進行避難所需時間 (分)

A_{floor} 該樓層各居室與必須通過該樓層所設置之直通樓梯等建築物各部分之總樓地板面積 (m^2)

樓層避難開始時間之計算式，將居室避難開始時間中「該居室」換為「該樓層之各居室」，基本上意義是相同的。但是，在起火室以外部份之情報資訊傳遞上，考量情報資訊的延遲時間另需加上就寢用途的 5 分鐘或該用途以外的 3 分鐘。

如定義所示，該樓層之避難開始時間包含了該樓層各居室及必須通過該層所設置直通樓梯出口來進行避難的各部分時間之合計。例如：夾層（一戶跨兩層的公寓）公寓住宅部份，除該樓層以外之樓層居室，必須通過起火室樓層所設置直通樓梯的出口來進行避難的建築物其他部份，也應包含在「該樓層之各居室」之內。

如下圖所示，避難樓層直通樓梯的所有出口面向屋內時，其他樓層的避難者就必須通過避難層的走廊來進行避難；該直通樓梯以外無通往地面之避難路徑時，此時避難開始時間將會有所延遲。

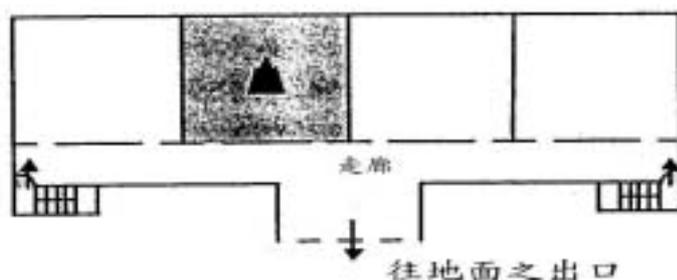


圖 3-49 該樓層各居室之比例

八、到達直通樓梯之步行時間

步行時間之計算，基本上與到達居室出口的步行時間之計算相同，也就是將從該樓層各居室部分到達任一直通樓梯所經過路線的步行距離，與各部分的步行速度相除來計算其步行時間。一般是以避難者從該層各居室到達直通樓梯的最長步行距離，作為計算到達直通樓梯所需的時間。

與居室境況不同的地方是在於起火室直接面對直通樓梯，或是在避難層起火室直接面向地面出口時，則該直通樓梯或是通過地面的最大寬度出口將扣除不計。在該樓層進行避難行動時，就須考量到起火室有出口無法使用的情況發生；因此，可根據出口以外的直通樓梯或是通過地面出口的步行路徑來計算該直通樓梯之步行時間。

$$t_{travel} = \max\left(\sum \frac{l_i}{v}\right) \quad (3.38)$$

t_{travel} 位於該樓層者，從該樓層各居室到達任一直通樓梯所需的步行時間（分）

l_i 該樓層各居室到達直通樓梯任一出口（該起火室直接通往直通樓梯時，在通往該起火室的直通樓梯出口中，便不考量其中最大寬度者；該樓層為避難樓層時，通過該起火室的地面出口中，不考量其中最大寬度者）之步行距離（m）

v 步行速度（m/分）

如下圖所示，居室 3 為起火室時，因為面對起火室的樓梯 3 無法使用時，就利用到達樓梯 1 或樓梯 2 出口的步行距離來計算步行時間。

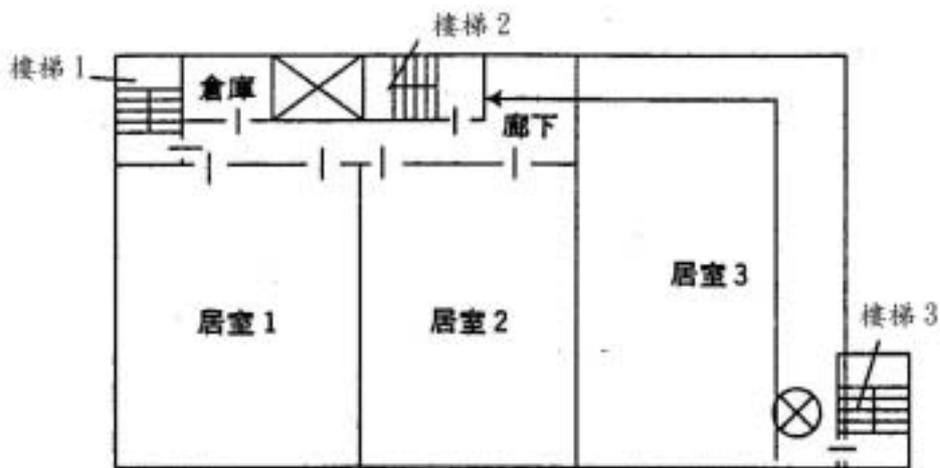


圖 3-50 到達直通樓梯之步行距離

(一) 到達直通樓梯任一出口之步行距離

直通樓梯為複數時，所謂到達直通樓梯任一出口的步行距離，係指位於該樓層人員往距離自己最近直通樓梯出口的最長步行路線。步行速度只有一種時，應選擇該最長步行路徑，即到達該直通樓梯出口的步行時間將為最大值。

走廊等避難路線形狀較單純的情況下，位於距離自己最近的直通樓梯的出口也較容易看見；少數複雜平面情況便可能完全相反。設計者及審查者根據以下所示之順序來定義其步行距離，並利用簡易的計算方式來計算到達直通樓梯的步行距離：

- 1、假設往各直通樓梯進行避難之避難者位置，按往直通樓梯出口只有一處之原則，進行樓層複數區域的分割。
- 2、針對各區域計算出到達直通樓梯出口之最大步行距離。
- 3、所有區域中，根據到達直通樓梯出口之步行距離的最大值，作為該樓層到達直通樓梯出口的最大步行距離。

(二) 步行速度

步行速度依下表所示，建築物的步行速度受到建築

物的居室用途、建築物部分的種類、避難方向等因子之影響。

表 3-10 步行速度

建築物之居室用途	建築物之種類	避難方向	步行速度(m/分)
劇場及其他類似之場所	樓梯	向上	27
		向下	36
	客席部分	-	30
	樓梯及客席以外的部分		60
百貨公司 展示場及其他類似用途場所；共同住宅 旅館及其他類似之場所(醫院、診所及兒童福利設施等除外)	樓梯	向上	27
		向下	36
	樓梯及客席以外的部分	-	60
學校 辦公處所等及其他類似之場所	樓梯	向上	35
		向下	47
	樓梯以外之建築物部分	-	78

九、樓層出口之通過時間

通過直通樓梯出口所需時間，與居室的計算方法相同。即所謂從位於該樓層者滯留於出口開始至通過該直通樓梯出口所需的時間（此時滯留已解除），可依據下列算式計算之。

$$t_{queue} = \frac{\sum p \cdot A_{area}}{N_{eff} \cdot B_{st}} \quad (3.39)$$

t_{queue} 位於該樓層者從該樓層通過直通樓梯出口所需時間（分）

p 人員密度（人/m²）

A_{area} 該樓層各居室部分之樓地板面積（m²）

N_{eff} 有效流動係數（人/分/m）

B_{st} 該樓層直通樓梯之出口寬度（m）

上述算式之分子為通過直通樓梯出口之人數，需將該樓層各居室各部分存在人數合計之。分母為直通樓梯出口之單位時間內可能通過人數，係由該直通樓梯各出口的有效流動係數，與出口的寬度共同求出。

(一) 位於該樓層者人數之合計 $\sum pA_{area}$

樓層的存在人數為將該樓層各居室的樓地板面積與居室用途之人員密度相乘計算之；也就是針對該評估對象的各室與假設該樓層必須通過直通樓梯出口來進行避難的情況下，合計其要避難人數。

(二) 通往直通樓梯之出口寬度 B_{st}

起火室直接面對直通樓梯或是在避難層起火室直接通過地面時，直通樓梯或是通過地面的出口中將扣除一個最大寬度的出口。在該樓層進行避難行動時，就須考量到起火室有出口無法使用的情況發生。

1、有效流動係數 N_{eff}

有關有效流動係數，應考量通往直通樓梯出口之區分與該樓層樓梯間的樓地板面積之對應，可根據表 3-11 所示之算式計算之。但是，通往樓梯的出口寬度未滿 60 公分時，該有效流動係數 $N_{eff} = 0$ 。

表 3-11 有效流動係數

往直通樓梯之出口	直通樓梯之樓地板面積	有效流動係數
直接通往地面		$N_{eff} = 90$
其他	$\sum A_{st} \geq 0.25 \sum pA_{load}$ 時	$N_{eff} = 90$
	$\sum A_{st} < 0.25 \sum pA_{load}$ 時	$N_{eff} = \frac{320B_{neck} \sum A_{st}}{B_{st} \sum pA_{load}}$

- N_{eff} 有效流動係數 (人/分/m)
- A_{st} 該樓層至直下層樓梯間的樓地板面積 (m²)
- p 人員密度 (人/m²)
- A_{load} 假設該樓層必須要通往該直通樓梯出口來進行避難之各部分樓地板面積 (m²)
- B_{neck} 該居室出口寬度或避難路線上各出口寬度之最小值 (m)
- B_{st} 通往該直通樓梯的出口寬度 (m)

通過直通樓梯出口之有效係數與計算通過居室出口之有效係數，思考方式相同。但應注意其有效流動係數將因位於該空間者所有必要滯留面積的大小所影響。例如：該樓層避難者有必要滯留面積 A_{st} 較小時，通往直通樓梯的出口將產生障礙，則該有效流動係數也相對的變小。

(1) 直接通往地面之出口

直接通往地面之出口，由於通過的出口無障礙發生，其有效流動係數則可用避難計算之標準值。

$$N_{eff} = 90 \text{ (人/m分)} \quad (3.40)$$

(2) 往直通樓梯之出口

① 樓梯間面積較大時

該樓層至直下層的樓梯間面積比位於該層要避難人員所要滯留面積大時，通往該直通樓梯的出口將不造成障礙。樓梯間平均一人的必要滯留面積為 0.25 平方公尺時，則該樓層存在者所需的必要滯留面積則為 $0.25 \sum pA_{load}$ 。 $\sum A_{st} \geq 0.25 \sum pA_{load}$ 時，則有效流動係數為下述之標準值。

$$N_{eff} = 90 \text{ (人/m分)} \quad (3.41)$$

② 樓梯間面積較小時

該樓層至直下層的樓梯間面積比位於該層存在者所要滯留面積小時，即所謂 $\sum A_{st} < 0.25 \sum pA_{load}$ 時，則通過出口將會產生障礙。因此，通往直通樓梯的出口之有效流動係數依下述所列算式計算之。

$$N_{eff} = \frac{320B_{neck} \sum A_{st}}{B_{st} \sum pA_{load}} \quad (3.42)$$

樓梯的出口有效流動係數之計算式與基本的算 (3.7)⁷ 相同。有關基本的群集流動係數值，對於通往直通樓梯出口的寬度與在避難路線網部分寬度的比例有關；可根據樓層人數與樓梯間可能收容人數及比例等三項相乘求得該有效流動係數。

$$N_{eff} = \frac{320B_{neck} \sum A_{st}}{B_{st} \sum pA_{load}} = \frac{80B_{neck} \sum \frac{A_{st}}{0.25}}{B_{st} \sum pA_{load}} \quad (3.43)$$

(3) 直通樓梯之相關寬度 B_{neck}

「往該直通樓梯出口之寬度、通往該出口之直通樓梯寬度、或是從直通樓梯至地面通過避難層出口寬度之最小值」即為 B_{neck} ，也就是所謂直通樓梯之避難路網部分的寬度。如下圖所式， B_{neck} 為通往直通樓梯的出口寬度 B_1 或是直通樓梯的寬度 B_2 以及從樓梯開始至避難層或是通往地面的出口寬度 B_3 的最小值。

$$^7 N_{eff} = \max \left(\frac{80B_{neck} \sum \frac{A_{co}}{a_n}}{B_{room} \sum pA_{load}}, \frac{80B_{neck}}{B_{load}} \right)$$

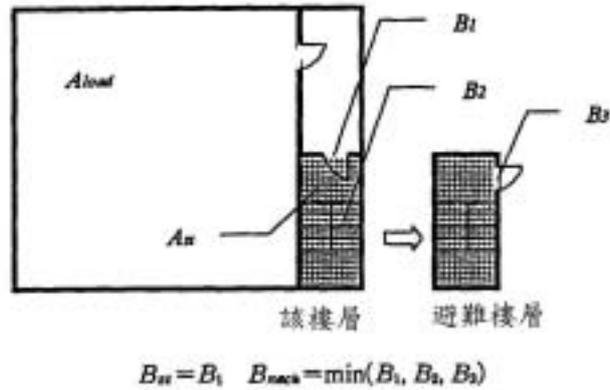


圖 3-51 通往直通樓梯之出口

十、樓層煙層下降時間

所謂樓層煙層下降時間，即起火室所產生的煙層或氣體在該樓層具有出口可通往直通樓梯之各居室避難動線上，煙層下降至避難障礙高度所需之時間。通常該樓層發生火災時，具危險的不只是起火居室而已，且因具出口可通往直通樓梯的居室為複數，因此，有關起火室通往直通樓梯出口之路線中，該煙層下降時間計算思考方式與前述居室煙層下降時間之計算方式相同。將所算定之各居室動線煙層下降時間合計之，取其最小值則為該樓層之煙層下降時間。

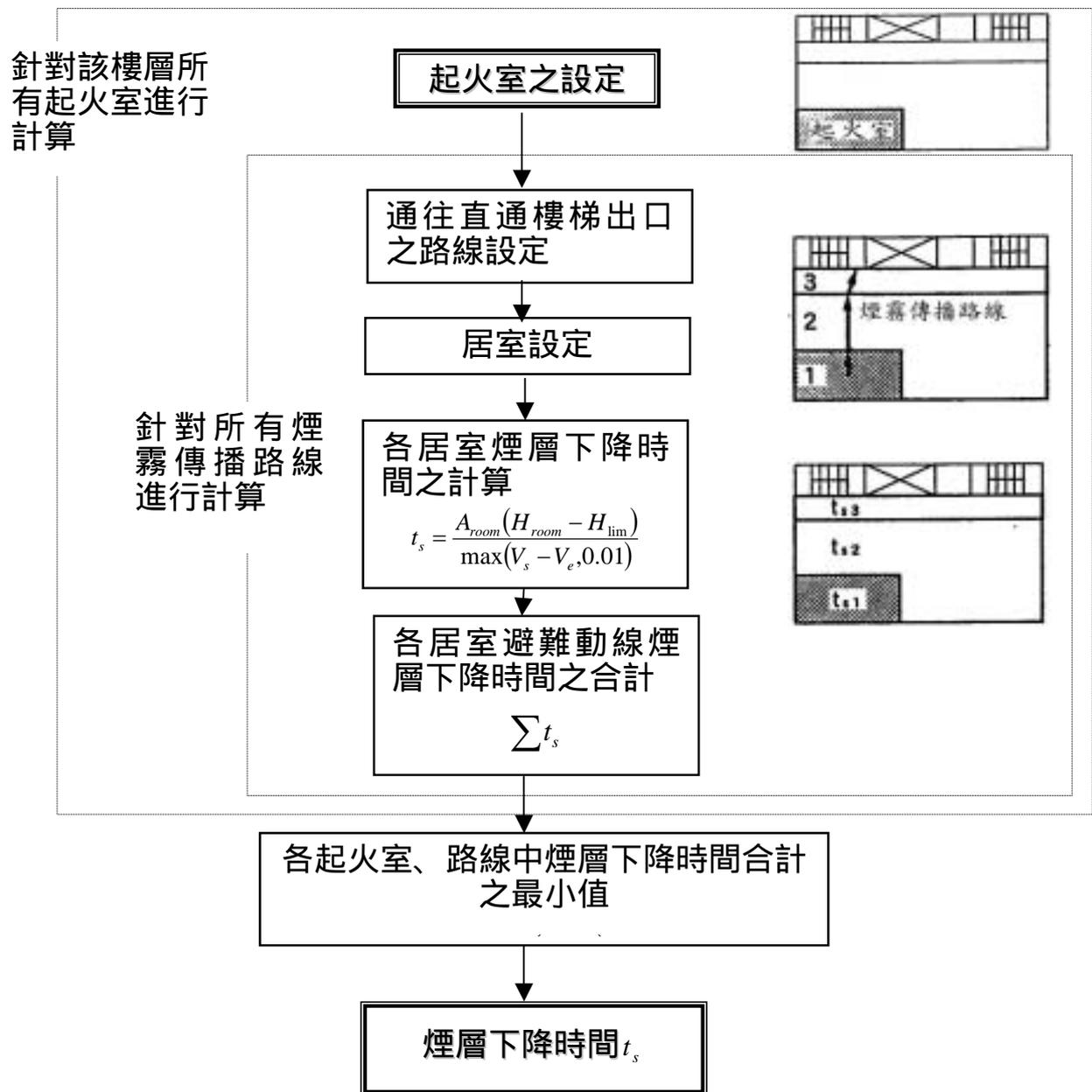


圖 3-52 層煙層下降時間之計算順序

「自居室通往直通樓梯出口避難動線上的各空間」，就如下圖所示有起火室、居室 B 及走廊；此時有關煙層下降時間為計算各居室自煙霧流入開始至從鄰接居室流出所需之時間。居室 i 及所謂

t_{si} ，即可由動線上各居室空間煙層下降時間之合計而求出 t_s 值。

$$t_s = t_{s1} + t_{s2} + t_{s3}$$

「通往直通樓梯出口之居室避難動線」為複數時，則循上述步驟重複計算各居室避難動線煙層下降時間，再取其最小值，設定為樓層煙層下降時間。

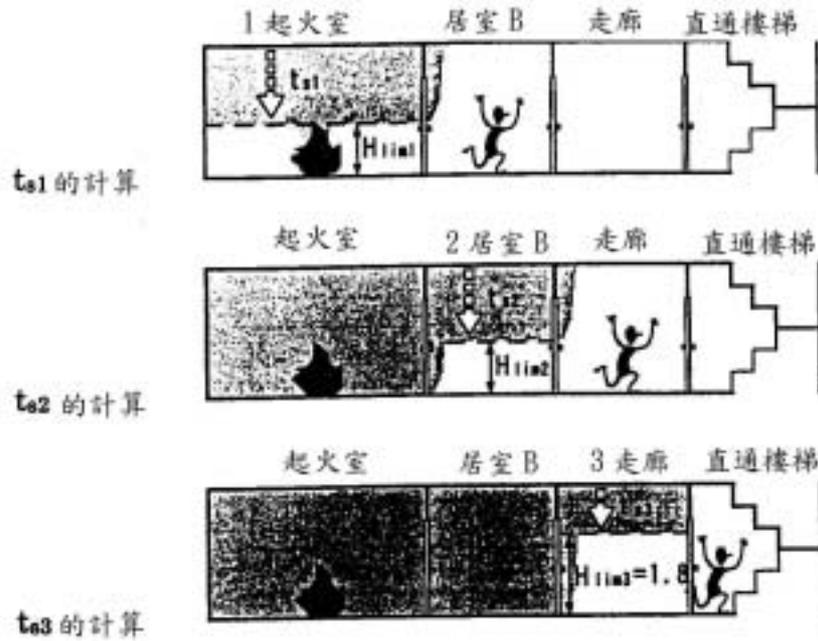


圖 3-53 樓層煙層下降時間之計算例

例如圖 3-54 所示發生火災時，具危險性的空間有五處，在樓梯為兩座的情況下，起火室至樓梯之煙霧傳播路線有兩處，因此就有大約 $5 \times 2 = 10$ 的樓層煙霧下降時間被分別算出，最後取其中之最小值代表該例之樓層煙下降時間。因該例為平面形式，因此當辦公室 1 為起火室時，該煙層下降時間及走廊漏煙量之計算結果也可適用於辦公室 2 為起火室之狀況。通往直通樓梯出口的居室，可作為煙霧流竄至走廊的傳播路徑，因此煙層下降時間之計算應分別①辦公室 1 走廊，②會議室 1 走廊、③倉庫至走廊等三個路線之計算。

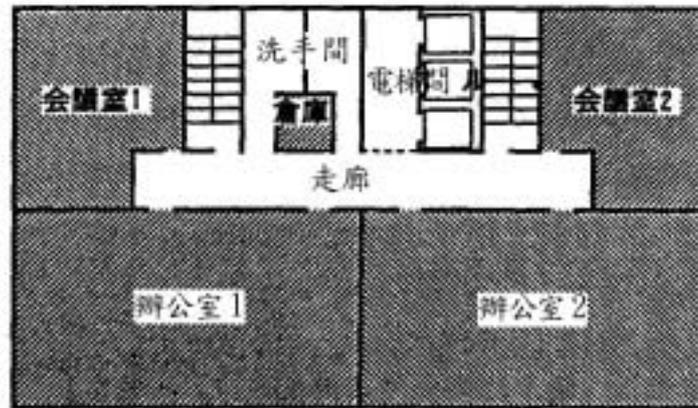


圖 3-54 樓梯之煙霧傳播路徑

(一) 各室之煙層下降時間

各室煙層下降時間 t_s 之計算方法基本上與居室的煙層下降時間之計算相同；但在居室避難中此安全評估時間為該煙層下降至避難障礙高度 1.8m 之所需時間；在樓層避難中，煙霧往鄰接空間流入開始的煙層高度即所謂「煙層界限高度 H_{lim} 」，故所計算的是煙層下降至該高度所需要的時間。

各室煙霧及氣體下降至界限高度所需時間之計算公式如下：

$$t_s = \frac{A_{room} \times (H_{room} - H_{lim})}{\max(V_s - V_e, 0.01)} \quad (3.44)$$

A_{room} 該居室空間之樓地板面積 (m²)

H_{room} 該居室空間基準點至平均天花板高度 (m)

H_{lim} 煙層界限高度 (m)

V_s 發煙量 (m³/分)

V_e 有效排煙量 (m³/分)

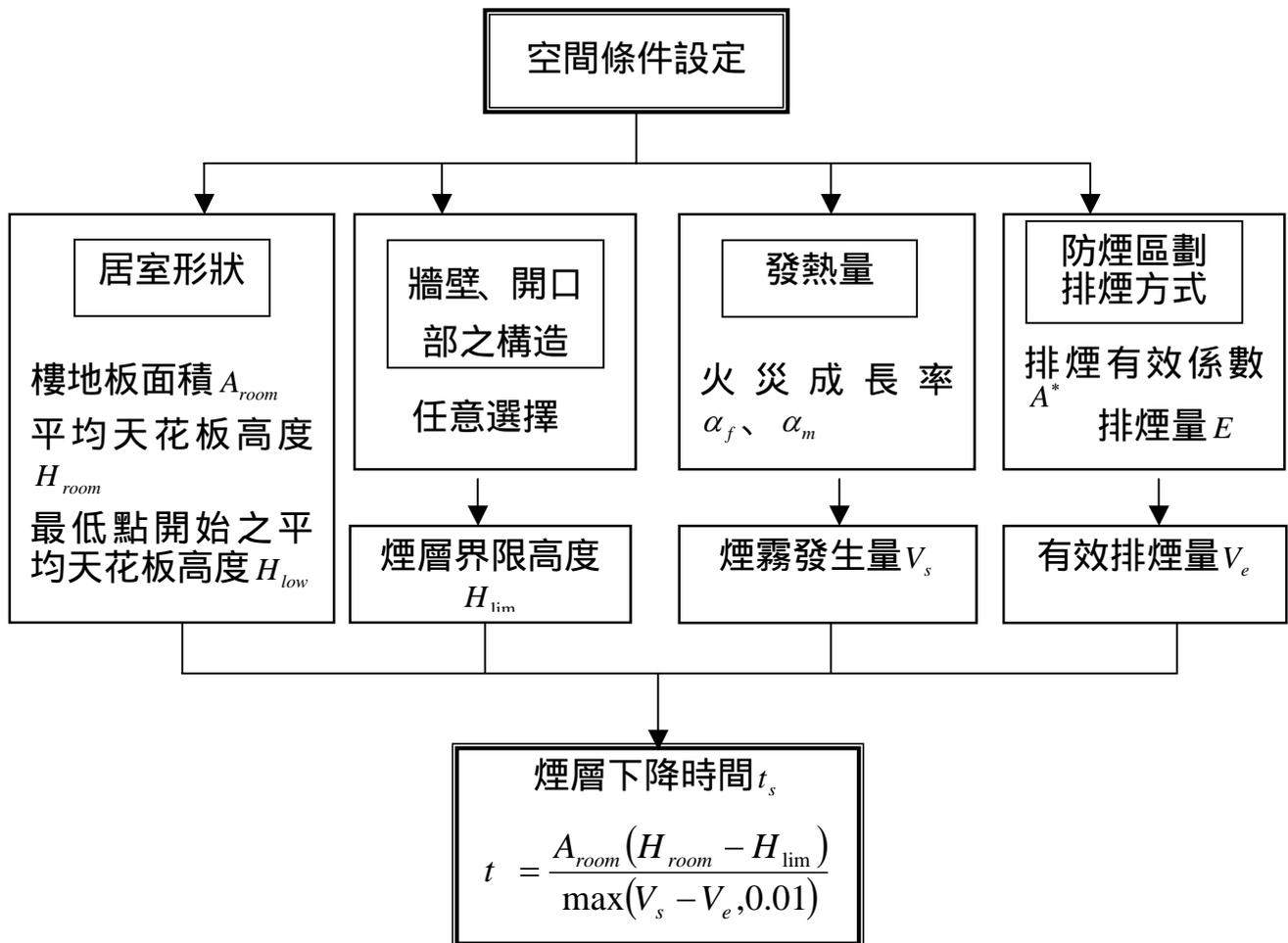


圖 3-55 各空間煙層下降時間之計算流程圖

(二) 煙層界限高度 H_{lim}

有關煙層界限高度受空間種類及開口部構造等因子之影響，其相關數值如下表所示。

表 3-12 煙層界限高度

空間種類	開口部構造	煙層界限高度 (m)
往樓梯出口之居室	-	1.8
其他空間	常閉式之防火設備可隨時關閉，或與偵煙探測器連動而可自動關閉裝置之防火設備	該居室樓地板至開口部中心點之高度，取其中最大值
	其他相關構造	該居室樓地板至開口部上端之高度，取其中最大值

1、該居室具有通往樓梯之出口

具通往樓梯的出口居室在煙層界限高度與避難障礙高度同為 1.8m；該居室樓地板面積具高低差時，則以該居室樓地板面之最高點為「基準點」高度。

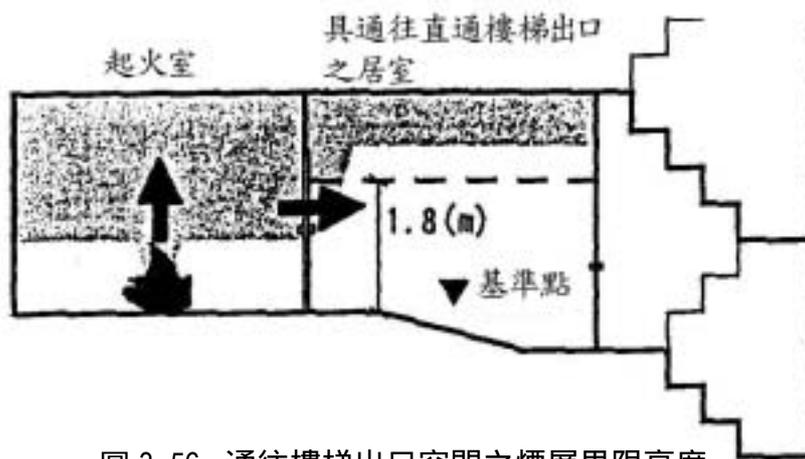


圖 3-56 通往樓梯出口空間之煙層界限高度

2、上述居室以外之空間

通往樓梯出口居室以外空間，以自該空間開口部煙霧開始流竄至鄰接居室的煙層高度為煙層界限高度。由開口部開始漏煙，一般將該空間煙層的下端到達鄰接空間開口部上端為起點；但應考量該空間與鄰接空間有關開口部防煙構造來設定煙層的界限高度。

(1) 設有常閉型防火設備之情況

煙層降到達開口部上端時，該空間與鄰接空間之開口部，設有「常閉型之防火設備可隨時關閉，或加設偵煙連動自動關閉裝置之防火設備」之場合，基於該開口部煙層下降時呈關閉狀態之考量，則當煙層下端到達開口部上端後所洩漏的煙量甚小。如果該空間在充滿煙霧的當時所洩漏的煙量最大，則當煙層下降至開口部中心點時才開始漏煙的情況應可被接受。因此，煙層界限高度即從樓地板

至開口部中心的高度；設置複數以上的開口部時，則取該樓地板至開口部中心高度之最大值。

(2) 其他防火構造之情況

該空間與鄰接居室空間開口部的構造除上述以外之情況，假設門為開啟狀態；此時，煙層下端在到達開口部上端後將開始漏出大量煙霧，故煙層界限高度被設定為從樓地板至開口部上端的高度。另外，在設置複數以上之開口部時，則取從樓地板至開口部上端高度的最大值。



圖 3-57 防火設備之性能與 H_{lim} 之關係

(3) 避難路線為複數情況下的煙層界限高度

具有通達直通樓梯出口之居室以外空間的煙層界限高度，為從該空間煙霧流竄至鄰接空間開始的高度。因此，假設煙霧傳播路徑為複數的情況下，煙層界限高度將因路線而有所不同。另外，在複數開口部設置不同的防火構造時，則選擇煙霧最早洩漏出的開口部為其煙層界限高度。

如下圖所示起火室 A B 的煙霧傳播路線；有關起火室 A 的煙層界限高度，因為起火室 A 與鄰接空間 B 具有複數的開口部，則計算各個開口部的煙層界限高度再取其最大值。

$$H_{lim} = \max(H_{lim1}, H_{lim2}, H_{lim3})$$

至於起火室 A C 的煙霧傳播路線，有關起火室 A 的煙層界限高度，因該空間只有一個開口部，則單純取其從樓地板開始至開口部中心的高度即可。

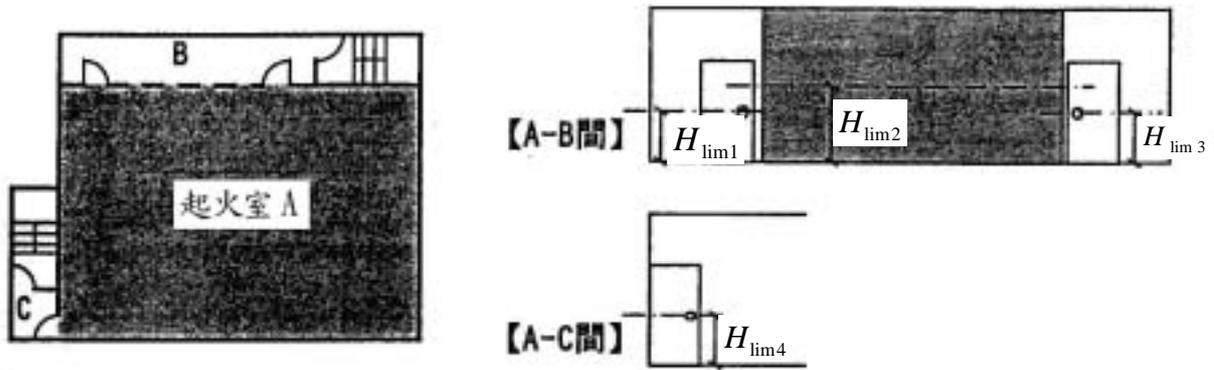


圖 3-58 複數煙霧傳播路線之界限高度計算方法

(三) 發煙量 V_s

有關發煙量之計算方法將因起火室與起火室以外的空間不同而有所差異。起火室之發煙量則計算從起火開始所發生的煙量；起火室以外的空間，則計算從起火室流入的煙量。

1、起火室之發煙量

有關起火室的發煙量，在計算過程中都應考慮到空間的形狀、用途(可燃物的發熱量)、內部裝修材料種類等影響因素。但是，避難障礙高度在居室固定為 1.8 公尺，否則因為煙層界限高度不同，在計算時也應有所改變。

$$V_s = 9 \left\{ (\alpha_f + \alpha_m) A_{room} \right\}^{1/3} \left(H_{low}^{5/3} + (H_{low} - H_{room} + H_{lim})^{5/3} \right) \quad (3.45)$$

V_s 發煙量 ($m^3/\text{分}$)

α_f 該空間之可燃物量每 1 平方公尺的發煙量定值

(可燃物之火災成長率)

α_m 依該空間牆面及天花板部分之裝修材料樣式種類所定之數值 (內部裝潢之火災成長率)

A_{room} 該空間之樓地板面積 (m^2)

H_{low} 該空間樓地板最低點起算之平均天花板高度 (m)

H_{room} 該空間基準點起算之平均天花板高度 (m)

H_{lim} 煙層界限高度 (m)

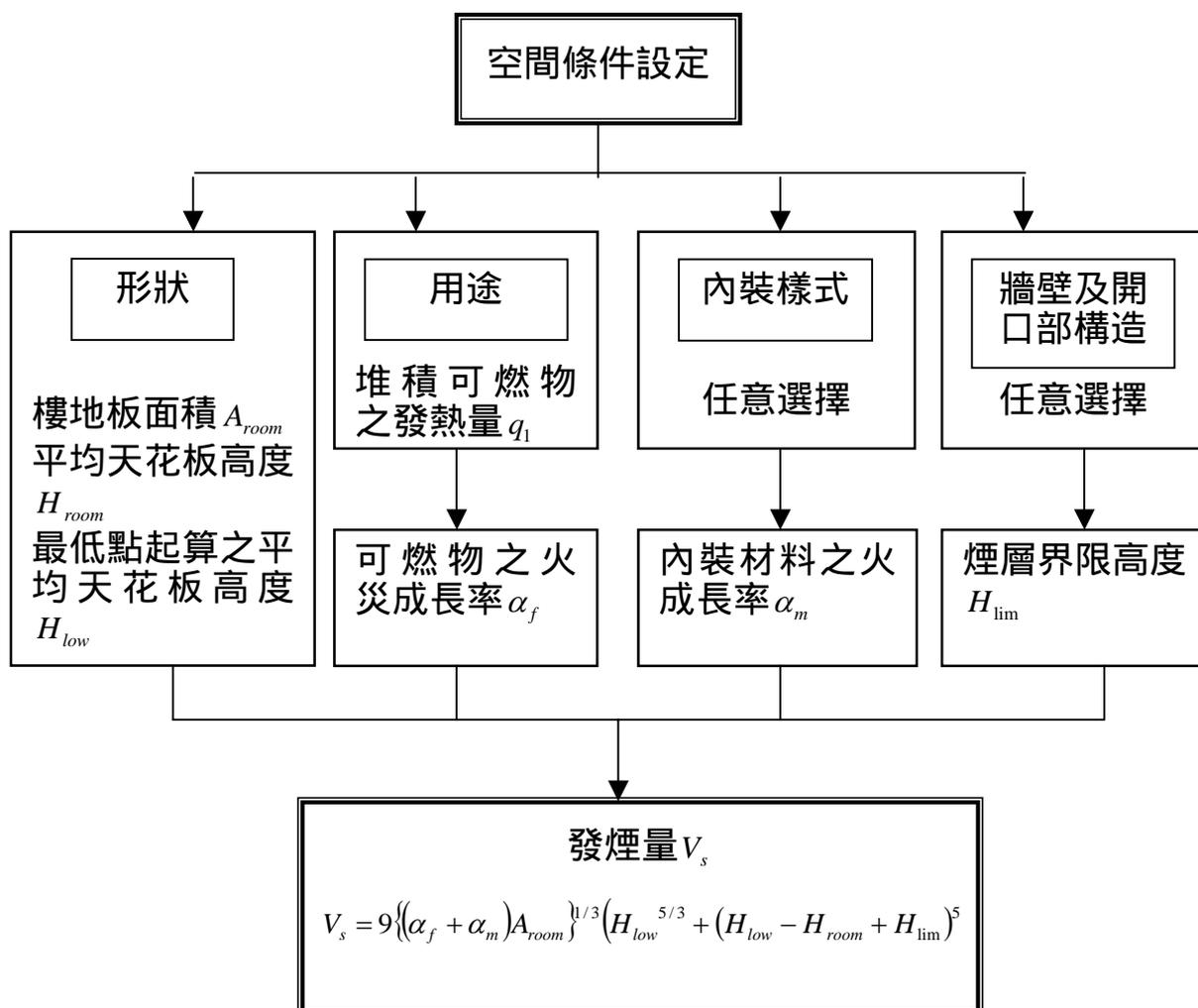


圖 3-59 起火室發煙量之計算流程

2、起火室以外之空間

起火室以外之空間，根據從起火室所漏出的煙量來計算發煙量。其發煙量也將根據起火室與該空間牆壁或開口部之構造種類而依下表所示公式計算之。

表 3-13 起火室以外空間之發煙量

牆壁及開口部之構造	發煙量
耐火構造牆壁及不燃材料之牆壁的開口部設有具遮煙性能之防火設備	$V_s = 0.2A_{op}$
耐火構造牆壁及不燃材料之牆壁的開口部設有防火設備，且依各類場所消防安全設備設置標準第一八九條或建築技術規則施工篇第一一一條設置其排煙設備者。	$V_s = 0.2A_{op}$
耐火構造牆壁及不燃材料牆壁的開口部設置防火設備者	$V_s = 2A_{op}$
其他構造等	$V_s = \max(V_{s0} - V_e, 0)$

V_s 發煙量 (m³/分)

V_{s0} 利用算式 3.45 計算之起火室發煙量 (m³/分)

V_e 起火室之有效排煙量 (僅限於符合自然排煙相關規定，或自該居室牆面地面起算高度 1.8m 以下設有自動連動開啟排煙機或常開式進氣口之排煙設備)

A_{op} 開口部面積之合計 (m²)

(1) 具有遮煙性能之防火設備

該空間與起火室之間的區劃，在耐火構造的牆壁或被覆不燃材料牆壁的開口部設置具遮煙性能之防火設備，該發煙量則依下列算式計算之。

$$V_s = 0.2A_{op} \quad (3.46)$$

此式考量利用防火設備的遮煙性能之試驗方法來測試有關防火設備裝設前後所產生平均 20Pa 的壓力差

之漏氣量值。

- (2) 具有遮煙性能之防火設備與第二種排煙方式⁸之排煙設備複數空間裝設第 2 種排煙方式之排煙設備，且起火室與該空間之間裝設具有遮煙性的「二號門」時，該發煙量依下列算室計算之。

$$V_s = 0.2A_{op} \quad (3.47)$$

利用排煙設備之情況下，有關裝設防火設備前後所產生的壓力差，被期待可來抑制起火室所產生漏煙的現象，讓此防火設備之遮煙性能能夠提供更安全的環境。

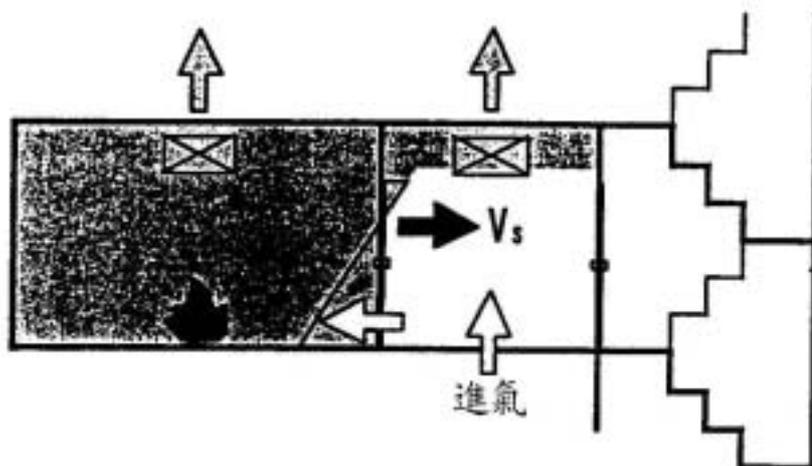


圖 3-60 排煙方式

- (3) 設置防火設備之場合

該空間與起火室間使用耐火構造的牆壁及被覆不燃材料牆面之防火設備做遮蔽時，其發煙量利用以下所示計算之。

$$V_s = 2A_{op} \quad (3.48)$$

⁸ 第二種排煙方式：防煙區劃中，進氣側利用機械力送入空氣，排氣側則利用自然排煙之排氣方式。

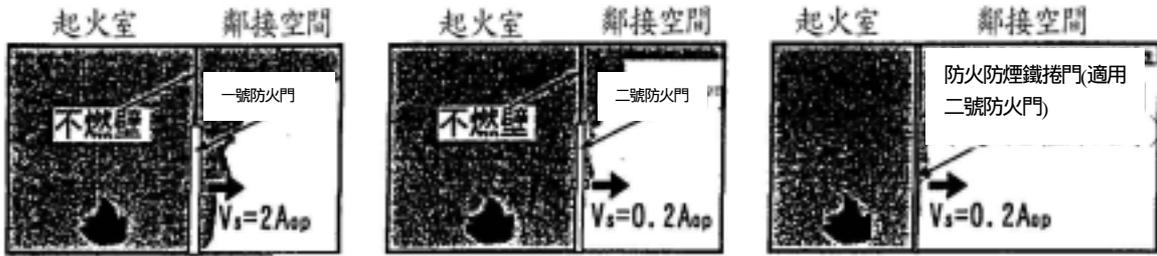


圖 3-61 起火室以外空間之發煙量

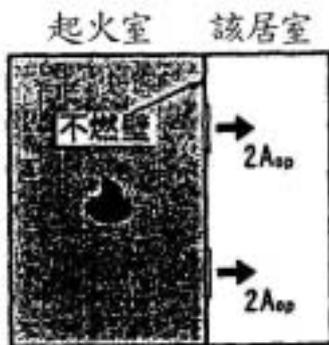
(4) 其他構造

起火室與該空間利用上述以外的構造做遮煙時，如該牆壁及開口部無法如期發揮該遮煙性功能時，則將考量起火室所產生的煙全部流竄至鄰接整個空間之情況。但是，起火室如設有自然排煙方式的排煙設備時，應可進行有效排煙來減少發煙量。

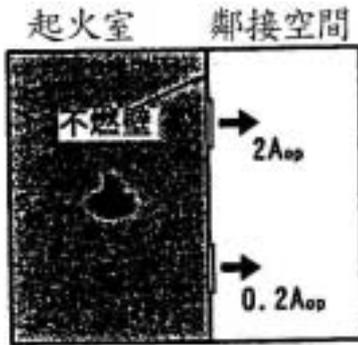
$$V_s = \max(V_{s0} - V_e, 0) \quad (3.49)$$

3、計算例

該空間與起火室間的牆壁設有複數開口部時，則 A_{op} 即為面積之合計。另外，開口部所設置的防火設備有所不同時，則可將各開口部的 v_s 值合計之。



寬度 0.9(m) 高度 2.0(m)之一號門兩座時，
 $V_s = 2 \times (0.9 \times 2.0 + 0.9 \times 2.0) = 7.2 \text{ (m}^3/\text{min)}$



分別設置寬度 0.9(m)、高度 2.0(m)之一號門及二號門時，

$$V_s = 2 \times (0.9 \times 2.0) + 0.2(0.9 \times 2.0) = 3.96 \text{ (m}^3/\text{min)}$$

如該空間與起火室並未直接連接時，則根據該空間與起火室之間複數隔間牆及開口部的構造分別計算並取其發煙量之最小值。如下圖所示，起火室與附室直接連接時，則計算附室之發煙量。此情況下附室的發煙量 V_{s2} 值並不比走廊之發煙量 V_{s1} 值小，因此有關附室的發煙量如下式所示。

$$V_s = \min(V_{s1}, V_{s2}) \quad (3.50)$$

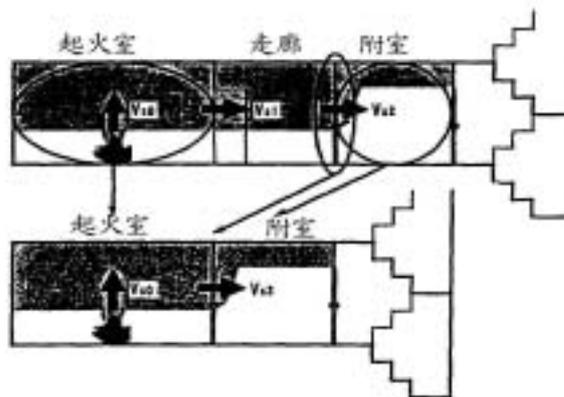


圖 3-62 起火室與非鄰接空間之發煙量計算

(四) 有效排煙量 V_e

利用排煙設備將煙霧排出的有效排煙量與居室的有效排煙量之計算方式相同，將從設有防煙區劃垂壁及天花板開口部距樓地板面高度、在煙層界限高度以上部分具有排煙能力的排煙量 E 值與防煙區劃性能的排煙有效係數 A^* 來作為計算之參數項目。

表示煙層界限高度有效開口部排煙能力之排煙量 E ，是根據煙層界限高度內有效開口部數量、排煙方式、設置位置等因素來計算的。另一方面，有關排煙有效係數 A^* 則依防煙垂壁的有無、設置位置、防煙區劃面積等因素計算之。

另外，為計算有效排煙量之 V_e 值，該空間內部樓地板面積 1500 平方公尺以內應具有防煙垂壁之區劃。在計算居室煙層下降時間或計算有效開口部之煙層下降時間時，因應煙層界限高度來重新判斷其煙層界限高度之有效開口部是必要的。煙層界限高度設置在 1.8 公尺下方位置時，該進氣口應設置在煙層界限高度之下方。

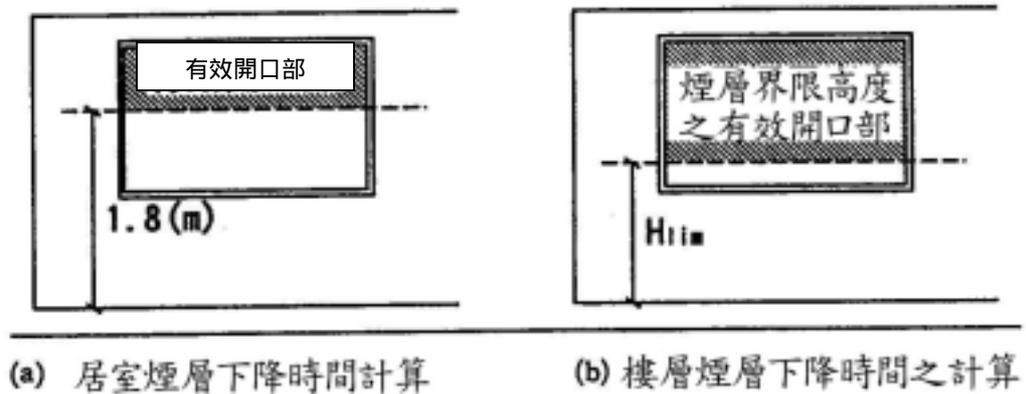


圖 3-63 有效開口部與煙層界限高度之有效開口部

1、該空間內部利用防煙垂壁作為區劃時

該空間之有效排煙量 V_e 值是根據各個防煙區劃之 A^*E 所計算出，並取其該數值中之最小值。防煙垂壁可牽制煙霧之流動，所以應考慮到該防煙區劃以外部分排煙較遲緩之狀況。

$$V_e = \min(A^*E) \quad (3.51)$$

V_e 有效排煙量 ($m^3/\text{分}$)

A^* 排煙有效係數

E 根據該防煙區劃之排煙設備所計算之排煙量值

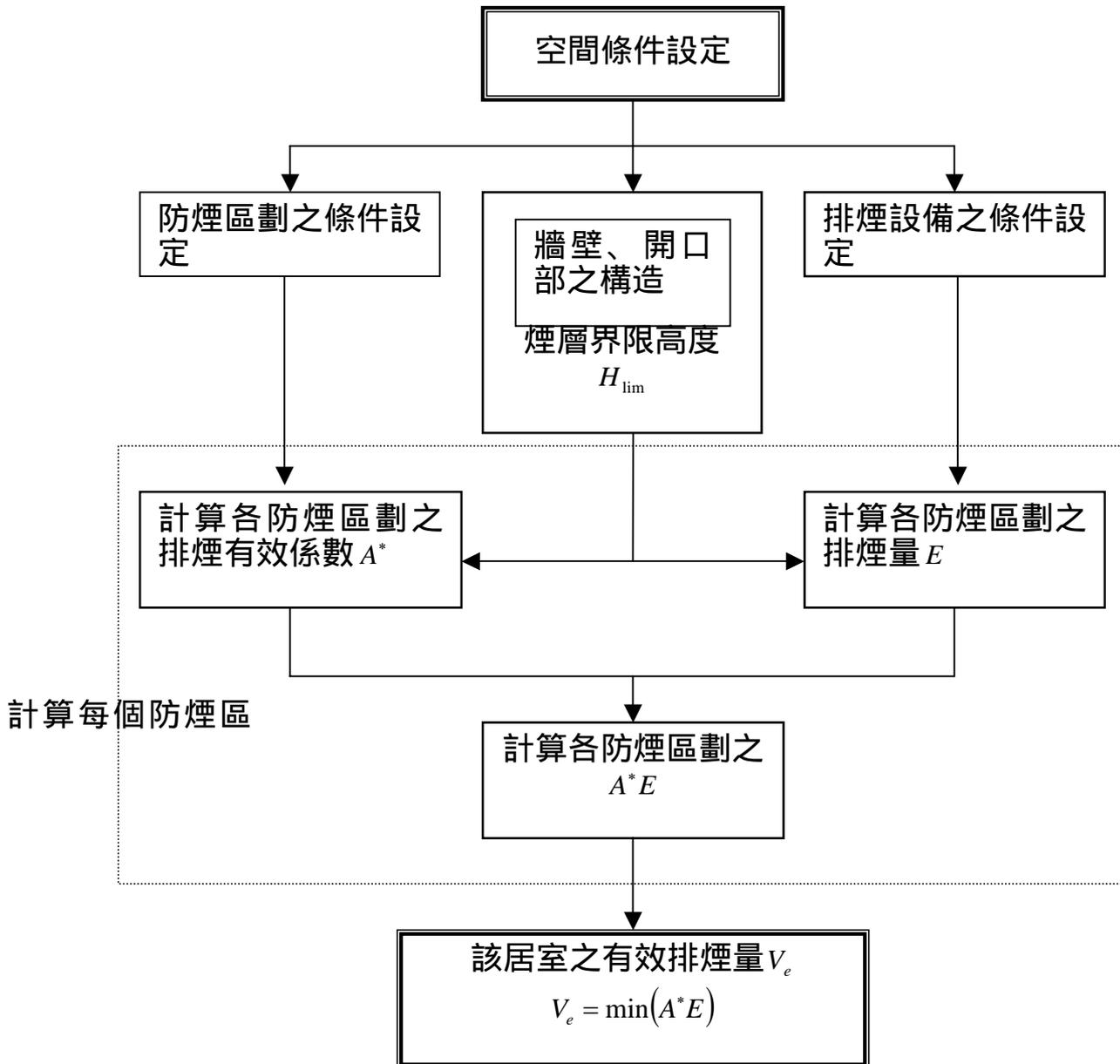


圖 3-64 有效排煙量之計算流程

2、其他狀況

該空間內部未設防煙垂壁區劃者，應將該空間全體視為一防煙區劃，只計算有一處區劃時之有效排煙量 A^*E 值。此時有關排煙有效係數 A^* 可利用簡單的算式來計算該有效排煙量。

$$V_e = 0.4 \left(\frac{\bar{H}_{st} - 1.8}{H_{top} - 1.8} \right) E \quad (3.52)$$

V_e 有效排煙量 (m³/分)

\bar{H}_{st} 自居室基準點起算至該空間煙層界限高度內有效開口部上端之平均高度

H_{top} 從該居室基準點起算至天花板最大高度 (m)

E 依該防煙區劃之排煙設備計算之

(五) 排煙有效係數 A^*

有關排煙有效係數 A^* ，在各個防煙區劃中，根據煙層界限高度之有效開口部上端位置，分別依下列算式計算之。

煙層界限高度之有效開口部上端低於防煙垂壁下端 ($\bar{H}_{st} < H_w$) 時，

$$A^* = 0.4 \left(\frac{\bar{H}_{st} - 1.8}{H_{top} - 1.8} \right)$$

煙層界限高度之有效開口部上端高於防煙垂壁下端 ($\bar{H}_{st} > H_w$) 時，

$$A^* = 0.4 \left(\frac{\bar{H}_{st} - 1.8}{H_{top} - 1.8} \right) + 0.6 \left(1 - \frac{A_{sc}}{A_{room}} \right) \left(\frac{\bar{H}_{st} - H_w}{\bar{H}_{st} - 1.8} \right)^2 \quad (3.53)$$

\bar{H}_{st} 自居室基準點起算至該空間煙層界限高度內有效開口部上端之平均高度 (m)

- H_w 自該居室基準點起算至該防煙區劃垂壁下端之平均高度 (m)
- A^* 排煙有效係數
- H_{top} 該防煙區劃內基準點起算至天花板之最大高度 (m)
- A_{sc} 該防煙區劃面積 (m²)
- A_{room} 該空間之樓地板面積 (m²)

(六) 排煙量 E

有關排煙量 E 則根據防煙區劃內排煙設備進行計算。從起火室開始往直通樓梯出口的避難路線中，因煙層界限高度的不同而必需重新加以計算。

1、自然排煙方式之排煙量

$$E = \min \left[\sum \max \left\{ 19A_s \sqrt{h_s}, \frac{76A_s \sqrt{H_c - 1.8}}{\sqrt{1 + \left(\frac{\sum A_s}{\sum A_a} \right)^2}} \right\} \right] \quad (3.54)$$

A_s 該防煙區劃所設置各煙層界限高度內有效開口部 (隨著該有效開口部之開啟，距該有效開口部 30 公尺以內範圍者) 之開口面積 (m²)

h_s 設於該防煙區劃之煙層界限高度內有效開口部上端與下端之垂直距離 (m)

A_a 該居室所設置各進氣口 (隨著該有效開口部之開啟，限該開啟之居室內之進氣口) 之開口面積 (m²)

H_c 該防煙區劃所設置各煙層界限高度內有效開口部中心基準點起算之平均高度 (m)

2、機械排煙方式之排煙量

$$E = \min\left(\sum \min\{w, 3.9(H_c - 1.8)w^{2/3}\}\right) \quad (3.55)$$

H_c 該防煙區劃所設置各煙層界限高度內有效開口部中心基準點起算之平均高度 (m)

w 該防煙區劃所設置各煙層界限高度內有效開口部 隨著該有效開口部之開啟，限該開啟煙區畫內之有效開口中，距該有效開口部 30m 以內範圍者) 之排煙機可排氣能 (m³/分)

3、第 2 種排煙方式 (特殊構造之排煙設備) 之排煙量

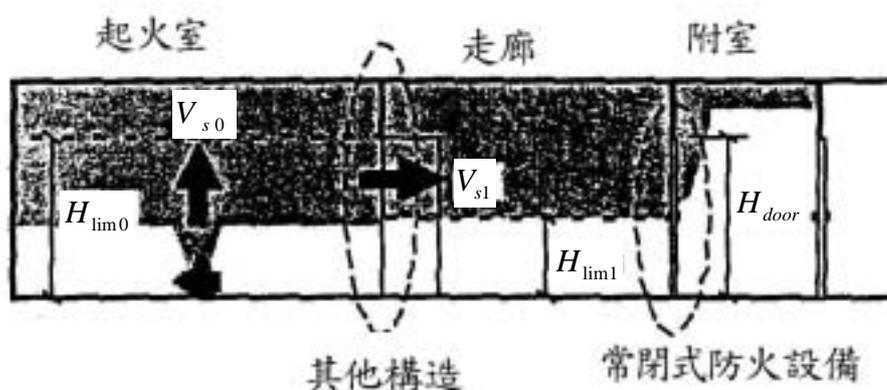
$$E = \min(s, 550A_s) \quad (3.56)$$

A_s 該防煙區劃所設置各煙層界限高度之有效開口部之開口面積 (m²)

s 藉由該空間之送風機，從該空間煙層界限高度內有效開口部排出空氣之能力 (m³/分)

(七) 計算例

下圖所示「走廊」中有關界限高度 H_{lim} 及發煙量 V_s 之計算示例。



<計算條件>

空間項目		起火室	走廊	附室
樓地板面積 A_{room} (m ²)		200	30	10
天花板高度 H_{room} (m)		2.5	2.5	2.5
鄰接空間之牆壁、開口部之構造	鄰接空間別	走廊	附室	樓梯間
	壁	準耐火構造	準耐火構造	防火構造
	開口部	門 (高度 2.2m)	常閉式防火設備 (高度 2.2m)	常閉式防火設備 (高度 2.2m)
其他		起火室之發熱量 q_1 為辦公室的 560 (MJ/m ²), 內裝不燃材質		
		走廊、附室為火災發生時危險性較小的空間		
		全區未設置排煙設備		

<煙層界限高度 H_{lim} >

走廊並非通往直通樓梯出口的居室，故其煙層界限高度 H_{lim} 值應根據開口部的構造來計算；走廊至附室間的開口部，因設置了常閉式之防火設備，因此從樓地板開始至開口部中心的位置即是所謂煙層界限高度。

$$H_{lim} = \frac{2.2(m)}{2} = 1.1 (m)$$

<發煙量 V_s 值之計算>

走廊之發煙量根據該走廊空間與起火室的遮壁及開口部構造來計算；走廊與起火室之間，因屬於「其他構造」，該發煙量則依下列算式計算之。

$$V_s = \max(V_{s0} - V_e, 0)$$

此算式中 V_{s0} 即為起火室之發煙量，即在計算起火室之煙層下降時間時所得之數值。有關起火室的發煙量則依下列算式計算之。

$$V_{s0} = 9 \{ (\alpha_f + \alpha_m) A_{room} \}^{1/3} (H_{low}^{5/3} + (H_{low} - H_{room} + H_{lim})^{5/3})$$

起火室條件中 $\alpha_f = 0.089, \alpha_m = 0.0035, A_{room} = 200(m^2), H_{low} = H_{room} = 2.5(m)$ 。

另外，起火室之煙層界限高度 H_{lim0} ，因起火室至走廊間的開口部構造屬於「其他構造」部分，該開口部上端高度為 2.2 (m)，其計算式如下：

$$V_{s0} = 9 \times \{(0.089 + 0.0035) \times 200\}^{1/3} \times (2.5^{5/3} + 2.2^{5/3}) = 198 \text{ (m}^3\text{/分)}$$

根據以上算式，則走廊發煙量為 $V_s = \max(198 - 0, 0) = 198$ 。

而走廊之煙層下降時間在有效排煙量為 0 時，示之如下：

$$t_s = \frac{A_{room} \times (H_{room} - H_{lim})}{\max(V_s - V_e, 0.01)} = \frac{30 \times (2.5 - 1.1)}{\max(198 - 0, 0.01)} = 0.21 \text{ (分)}$$

第二節 實例應用

關於本研究案避難安全評估之實例應用是選定一棟三十層之辦公大樓，該建築物依照建築技術規則設計施工篇第八十條規定主要構造為防火構造，應按總樓地板面積一 平方公尺予以區劃分隔；第八十八條第一項第八款規定十一層以上部分之內部裝修材料應為不燃材料；各類場所消防安全設備設置標準第一八九條第一項第一款規定每樓層樓地板面積每五百平方公尺內，以防煙壁區劃。然本例建築物因無法滿足上述法規之規定，故改依建築技術規則新訂設計施工篇第 89 條之 1 進行該棟建築物避難安全性能之評估。

一、建築空間幾何概要

本次驗證建築物為一棟地上三十層高之辦公大樓，一樓為辦公室及大廳，二至三十層為標準層，用途為辦公室，表 3-14 為各居室的建築基本資料，圖 3-65 為一樓平面圖，圖 3-66 為 2-30F 之標準層平面圖，圖 3-67 為建築物立面圖。

表 3-14 各居室的建築基本資料

	樓地板面積 (m ²)	天花板高度 (m)	內部裝修材料	排煙方式	承載可燃物的 熱量 (MJ/m ²)
辦公室	1024	2.7	耐燃材料	蓄煙	560
走廊	90.4	2.6	"	蓄煙	-
排煙室 1	6	2.6	不燃材料	自然排煙 (排煙 口面積 3m ²)	-
排煙室 2	5	2.6	"	機械排煙 (排煙 風量 0.4m ³ /min)	-
樓梯 1	16	-	"	-	-
樓梯 2	16	-	"	-	-
緊急升 降梯間	48.64	2.6	耐燃材料	標準層：機械排 煙 (排煙風量 4.9m ³ /min) 一樓：蓄煙	-

辦公室 1	172.8	2.7	"	蓄煙	480
辦公室 2	185.6	2.7	"	蓄煙	480
辦公室 3	172.8	2.7	"	蓄煙	480
辦公室 4	185.6	2.7	"	蓄煙	480
大廳	430.08	2.7	"	機械排煙 (排煙風量 792m ³ /min)	-

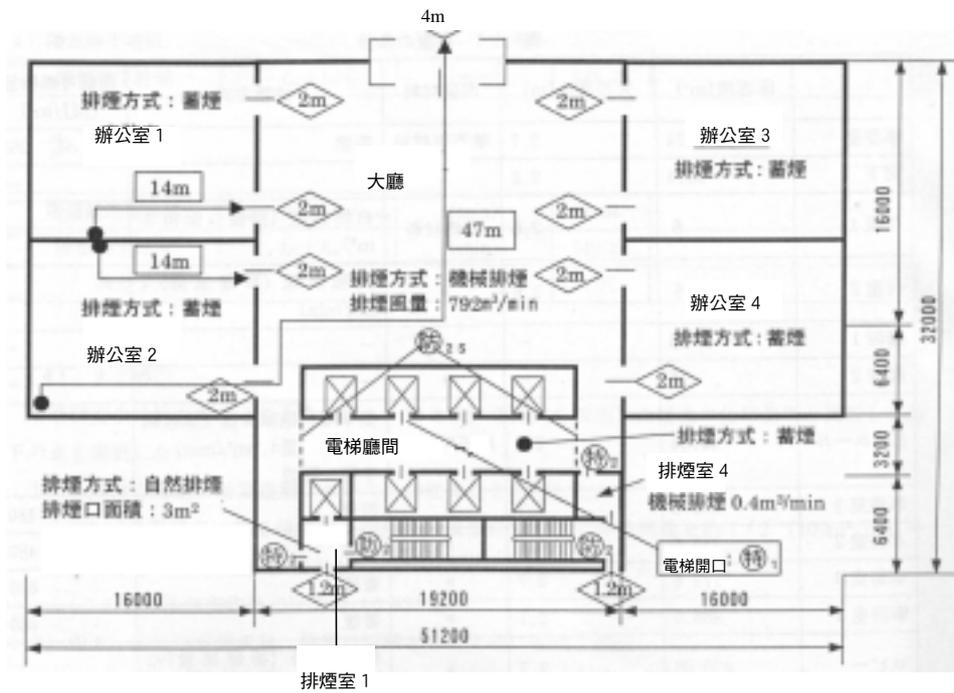


圖 3-65 1F 平面圖

註：

- ①防₁：1 號防火門
- ②防₂：2 號防火門
- ③特₃：特別安全梯
- ④防₄：2 號防火鐵捲門

特別安全梯間排煙室 1 之排煙設備採自然排煙，排煙的有效開口詳如圖 4-4，天花板高度 1.8m 以上高度之窗戶可完全打開，開口面積為 2.5m×1.2m，天花板高度 1.8m 以下部份為給氣口。

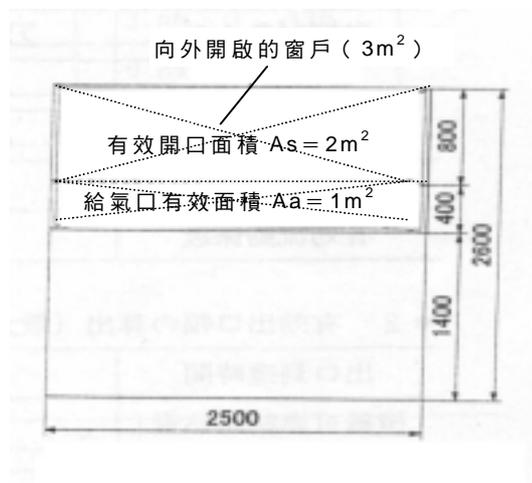


圖 3-68 梯間 1 的有效開口

二、避難人員設定

- (一) 收容人員密度 1F 為 0.5 人/m²，2-30F 為 0.125 人/m²
- (二) 避難人數計有 4068 人 (1F 計有 356 人，2-30F 各有 128 人)
- (三) 每個人對環境熟悉
- (四) 避難人員皆具有自力行動之避難能力
- (五) 避難人員定期參加避難安全演練

三、避難安全驗證法分析

(一) 居室避難安全驗證

標準層辦公室，一樓辦公室 1、2 的驗證計算結果如下所示，至於一樓辦公室 3、4，因其條件與辦公室 1、2 相同，則省略說明之。

1、居室避難所需時間的計算

表 3-15 居室避難開始時間

			標準層 辦公室	一樓 辦公室 1	一樓 辦公室 2	
居室樓地板面積	A_{area}	(m ²)	1024	172.8	185.6	各居室條件詳 如表 3-14
居室避難開始時間	t_{start}	(min)	1.067	0.438	0.454	

表 3-16 居室步行時間

最大步行距離	l_1	(m)	35	14	14	詳如平面圖
步行速度	v	(m/min)	78	78	78	參考日本新 修正建築基 準法告示
居室步行時間	t_{travel}	(min)	0.499	0.179	0.179	

表 3-17 通過出口所需時間

人員收容密度	p	(人/m ²)	0.125	0.5	0.5	參考日本新 修正建築基 準法告示
收容人數	$\sum pA_{area}$	(人)	128	86.4	92.8	
有效出口流量係 數	N_{eff}	(人/min m)	90	90	90	詳細計算如 表 3-18
有效出口寬度	B_{eff}	(m)	6.0	5.5	5.5	詳細計算如 表 3-19
通過出口所需時 間	t_{queue}	(min)	0.237	0.068	0.074	

表 3- 18 有效出口流量的計算

產生滯留之面積	A_{co}	(m ²)	90.4	430	430	辦公室 1、 2 為 1F, 出口直接通 向大廳之大空 間, 不會產生滯 留, 所以有效出 口流向係數為 90 人/min m
滯留中每個人所佔之 面積	a_n	(m ² /人)	0.3	0.3	0.3	
產生滯留人數	$\sum(A_{co} / a_n)$	(人)	301	1433	1433	
避難人員所處之居室 面積	A_{load}	(m ²)	1024	718	718	
避難逃生人數	$\sum pA_{load}$	(人)	128	89.8	89.8	
最小出口寬度	B_{neck}	(m)	0.9	2.0	2.0	
該居室出口寬度	B_{room}	(m)	2	2	2	
避難路徑出口總寬度	B_{load}	(m)	8	16	16	
有效出口流量係數	N_{eff}	(人/min m)	90	90	90	

表 3- 19 有效出口寬度的計算

到達出口的時間	t_{reach}	(min)	1.515	0.672	0.687	
堆積可燃物的發熱量	q_1	(MJ/m ²)	560	560	560	參考日本新修 正建築基準法 告示
成長可燃物之火災成 長率	α_f		0.0989	0.0989	0.0989	
內部裝修材料火災成 長率	α_m		0.014	0.014	0.014	參考日本新修 正建築基準法 告示
火災擴大延燒時間	$0.14 / \sqrt{(\alpha_f + \alpha_m)}$	(min)	0.417	0.417	0.417	
最大出口寬度	B_{room}	(m)	2	2	2	
有效出口寬度	B_{eff}	(m)	0.0	1.5	1.5	
其他出口的總寬度	$B_{eff'}$	(m)	6	2	2	
有效出口的的總寬度	$\sum B_{eff}$	(m)	6.0	3.5	3.5	

居室完成避難所需時間	$t_{start} + t_{travel} + t_{queue}$	(min)	1.752	0.686	0.708	
------------	--------------------------------------	---------	-------	-------	-------	--

2、計算煙層下降時間

表 3-20 煙層下降時間

			標準層 辦公室	一樓 辦公室 1	一樓 辦公室 2	
居室樓地板面積	A_{room}	(m ²)	1024	172.8	185.6	各居室條件詳如表 3-14
居室平均天花板高度	H_{room}	(m)	2.7	2.7	2.7	"
煙之產生量	V_s	(m ³ /min)	346.33	191.4	196.0	
有效排煙量	V_e	(m ³ /min)	0	0	0	
煙層下降時間	t_s	(min)	2.661	0.813	0.852	

3、判定

表 3-21 避難容許時間與煙層下降時間之評估結果分析

			標準層 辦公室	一樓 辦公室 1	一樓 辦公室 2	
居室完成避難所需時間	$t_{start} + t_{travel} + t_{queue}$	(min)	1.75	0.67	0.71	
居室煙層下降時間	t_s	(min)	2.66	0.81	0.85	
判定			OK	OK	OK	

有關居室避難安全驗證結果再彙整為表 3-22，也就是各居室若為起火室，其避難安全驗證結果為安全。

表 3-22 居室避難安全驗證結果

居室別	排煙方式	避難所需時間 (min)	煙層下降時間 (min)	判定
辦公室(標準層)	蓄煙	1.75	2.66	OK
辦公室 1 (1F)	蓄煙	0.67	0.81	OK
辦公室 2 (1F)	蓄煙	0.71	0.85	OK

(二) 樓層避難安全驗證

第一層及其他標準層之避難安全驗證結果如下所示。

1、樓層避難所需時間的計算

表 3-23 樓層避難開始時間

			標準層	一樓	
該樓層之樓地板面積	A_{floor}	(m ²)	1174	1174	扣除樓層間貫穿管道空間面積
樓層避難開始時間	t_{start}	(min)	4.142	4.142	

表 3-24 樓層步行時間

最大步行距離	l_1	(m)	55.2	47	詳如平面圖
步行速度	v	(m/min)	78	78	參考日本新修正建築基準法告示
居室步行時間	t_{travel}	(min)	0.708	0.603	

表 3-25 通過樓梯出口所需時間

人員收容密度	p	(人/m ²)	0.125	0.125	參考日本新修正建築基準法告示
收容人數	$\sum pA_{area}$	(人)	128	89.6	
有效出口流量係數	N_{eff}	(人/min m)	90	90	詳細計算如表 3-26
有效出口寬度	B_{eff}	(m)	1.8	4	從辦公室至往建築物外部之出口寬度合計為 2m x 4。一樓大廳出口最大，

					應假設該處出口前起火，而可能無法使用。
通過出口所需時間	t_{queue}	(min)	0.790	0.249	

表 3-26 有效出口流量的計算

產生滯留之面積	$\sum A_{st}$	(m ²)	32	-	一樓出口直接通向建築物外部，所以有效出口流量為 90
避難人員之居室面積	A_{load}	(m ² /人)	1024	-	
產生滯留人數	$\sum pA_{area}$	(人)	128	-	
避難逃生人數	$0.25\sum pA_{area}$	(人)	32	-	
最小出口寬度	B_{neck}	(m)	0.9	-	
該居室出口寬度	B_{st}	(m)	0.9	-	
有效出口流量係數	N_{eff}	(人 /min m)	90	90	

樓層完成避難所需時間	$t_{start} + t_{travel} + t_{queue}$	(min)	5.640	4.994	
------------	--------------------------------------	---------	-------	-------	--

2、煙層下降時間的計算（標準層）

標準層辦公室 走廊 排煙室 1 的路線（路線 1）及標準層辦公室 走廊 排煙室 2 的路線（路線 2）等兩路線煙層下降時間的計算

表 3-27 居室煙層下降時間

			辦公室 (路線 1)	辦公室 (路線 2)	
居室樓地板面積	A_{room}	(m ²)	1024	1024	各居室條件詳如表 3-14
居室平均天花板高度	H_{room}	(m)	2.7	2.7	詳如平面圖
煙層高度之極限	H_{lim}	(m)	2	2	辦公室門的高度
煙之產生量	V_s	(m ³ /min)	368.75	368.75	
有效排煙量	V_e	(m ³ /min)	0	0	蓄煙

煙層下降時間	t_{s1}	(min)	1.944	1.944	
--------	----------	---------	-------	-------	--

表 3-28 走廊煙層下降時間

			走廊	走廊	
開口面積	A_{op}	(m ²)	16.00	16.00	= 2m (寬) x 2m (高) x 4 (個)
煙之產生量	V_s	(m ³ /min)	368.75	368.75	
煙層高度極限	H_{lim}	(m)	1	1	梯間門高度之二分之一
走廊樓地板面積	$A_{corridor}$	(m ²)	90.4	90.4	各居室條件詳如表 3-14
走廊天花板高度	$H_{corridor}$	(m)	2.6	2.6	各居室條件詳如表 3-14
有效排煙量	V_e	(m ³ /min)	0	0	
煙層下降時間	t_{s2}	(min)	0.392	0.392	

表 3-29 排煙室煙層下降時間

			排煙室 1	排煙室 2	
開口面積	A_{op}	(m ²)	1.80	1.80	= 0.2 A_{op}
煙之產生量	V_s	(m ³ /min)	0.36	0.36	
煙層高度極限	H_{lim}	(m)	1.8	1.8	居室直接通往樓梯出口部份
走廊樓地板面積	$A_{corridor}$	(m ²)	6	5	各居室條件詳如表 3-14
走廊天花板高度	$H_{corridor}$	(m)	2.6	2.6	各居室條件詳如表 3-14
有效排煙量	V_e	(m ³ /min)	20.3	0	詳如表 3-30 之自然排煙之計算
煙層下降時間	t_{s3}	(min)	480.000	11.111	

表 3-30 設有自然排煙之場所

(緊急升降梯間兼特別安全梯間依法規設置 3m² 與外氣流通之窗戶)

排煙口上方之高度	H_{st}	(m)	2.6	
天花板高度之最大值	H_{top}	(m)	2.6	
排煙量	E	(m ³ /min)	50.6	

30m 以內之開口面積	A_s	(m^2)	1.6	($3m^2 = 1.6 + 1.4$)
排煙口的高度	h_s	(m)	0.8	
排煙口中心點的位置	H_c	(m)	2.2	
給氣口之開口面積	A_a	(m^2)	1.4	($3m^2 = 1.6 + 1.4$)
有效排煙量	V_e	(m^3/min)	20.3	

表 3-31 樓層煙層下降時間

煙層下降時間	$t_{s1} + t_{s2} + t_{s3}$	(min)	482.336	13.447	
--------	----------------------------	-----------	---------	--------	--

表 3-32 判定 (標準層)

完成樓層避難	$t_{start} + t_{travel} + t_{queue}$	(min)	5.64	5.64	
煙層下降時間	$t_{s1} + t_{s2} + t_{s3}$	(min)	482.34	13.45	
判定			OK	OK	

3、煙層下降時間的計算 (1F)

辦公室 2 大廳的路線(避難層可將通往樓梯出口的部份採用通往屋外的出口來計算)

表 3-33 居室煙層下降時間

			辦公室 2	
該居室樓地板面積	A_{room}	(m^2)	185.6	各居室條件詳如表 3-14
居室天花板平均高度	H_{room}	(m)	2.7	各居室條件詳如表 3-14
煙層高度界限	H_{lim}	(m)	2	辦公室門的高度
煙霧產生量	V_s	(m^3/min)	208.7	
有效排煙量	V_e	(m^3/min)	0	
起火居室煙層下降時間	t_{s1}	(min)	0.623	

表 3-34 大廳煙層下降時間

			大廳	
開口面積	A_{op}	(m)	8.00	= 4m (寬) x 2m (寬)

煙霧產生量	V_s	(m ³ /min)	208.7	
煙層界限高度	H_{lim}	(m)	1.8	
走廊樓地板面積	$A_{corridor}$	(m ²)	430.08	各居室條件詳如表 3-14
走廊天花板高度	$H_{corridor}$	(m)	2.7	
有效排煙量	V_e	(m ³ /min)	120.2	詳如表 3-35 機械排煙
走廊煙層下降時間	t_{s2}	(min)	4,374	

表 3- 35 機械排煙

排煙口的上方高度	H_{st}	(m)	2.7	各居室條件詳如表 3-14
天花板高度的最大值	H_{top}	(m)	2.7	各居室條件詳如表 3-14
排煙量	E	(m ³ /min)	300.5	
機械排煙量	w	(m ³ /min)	792	法定排煙風量的 1.67 倍
排煙口中心點的高度	H_c	(m)	2.7	
有效排煙量	V_e	(m ³ /min)	120.2	

表 3- 36 樓層煙層下降時間

樓層煙層下降時間	$t_{s1} + t_{s2}$	(min)	4.996	
----------	-------------------	---------	-------	--

表 3- 37 判定

樓層完成避難所需時間	$t_{start} + t_{travel} + t_{queue}$	(min)	4.99	
樓層煙層下降時間	$t_{s1} + t_{s2}$	(min)	5.00	
			OK	

有關樓層避難安全驗證結果彙整為表 3-38，從該表得知若各樓層發生火災，其避難逃生評估結果為安全。

表 3-38 樓層避難安全驗證結果

避難樓層	起火室	排煙方式	煙層下降時間之 計算路徑	t_{escape} (min)	t_s (min)	判定
高層標準層	辦公室 1	辦公室及走廊 採蓄煙 梯間設有 3m ² 之排 氣窗口	辦公室 走廊 挑煙室 1	5.64	482.34	OK
高層標準層	辦公室 1	辦公室、走廊及梯 間採蓄煙	辦公室 走廊 挑煙室 2		13.45	OK
1F 避難層	辦公室 2	辦公室採蓄煙、 管道間為機械排 煙 720 m ³ /min (法 令規定的 1.67 倍)	辦公室 2 大廳	4.99	5.00	OK

第四章 整棟建築物避難安全驗證法解說與實例應用

第一節 整棟建築避難安全驗證法解說

一、計算概要

本章說明整棟建築物避難安全驗證法各種時間之計算方法，整棟建築物避難安全驗證法包括計算樓層避難及計算整棟建築物全部人員避難兩個步驟。驗證的計算流程如圖 4-1 所示，在避難開始驗證前，先界定對象建築物的範圍，其次才依第三章第一節規定之方法驗證樓層避難安全。

因此，整棟建築務避難安全驗證，第一階段為應用前章所說明之避難安全驗證法先確認各樓層之避難安全。第二階段則先假設起火空間，再計算整棟建築物全部收容人員避難至地面所需之避難開始時間、到達地面之步行時間及通過地面出口所需時間之各階段避難逃生所需時間之總和，另外亦要計算煙層侵入梯間或突破樓層之時間，以確認避難逃生所需時間之總和是否小於安全容許之時間。

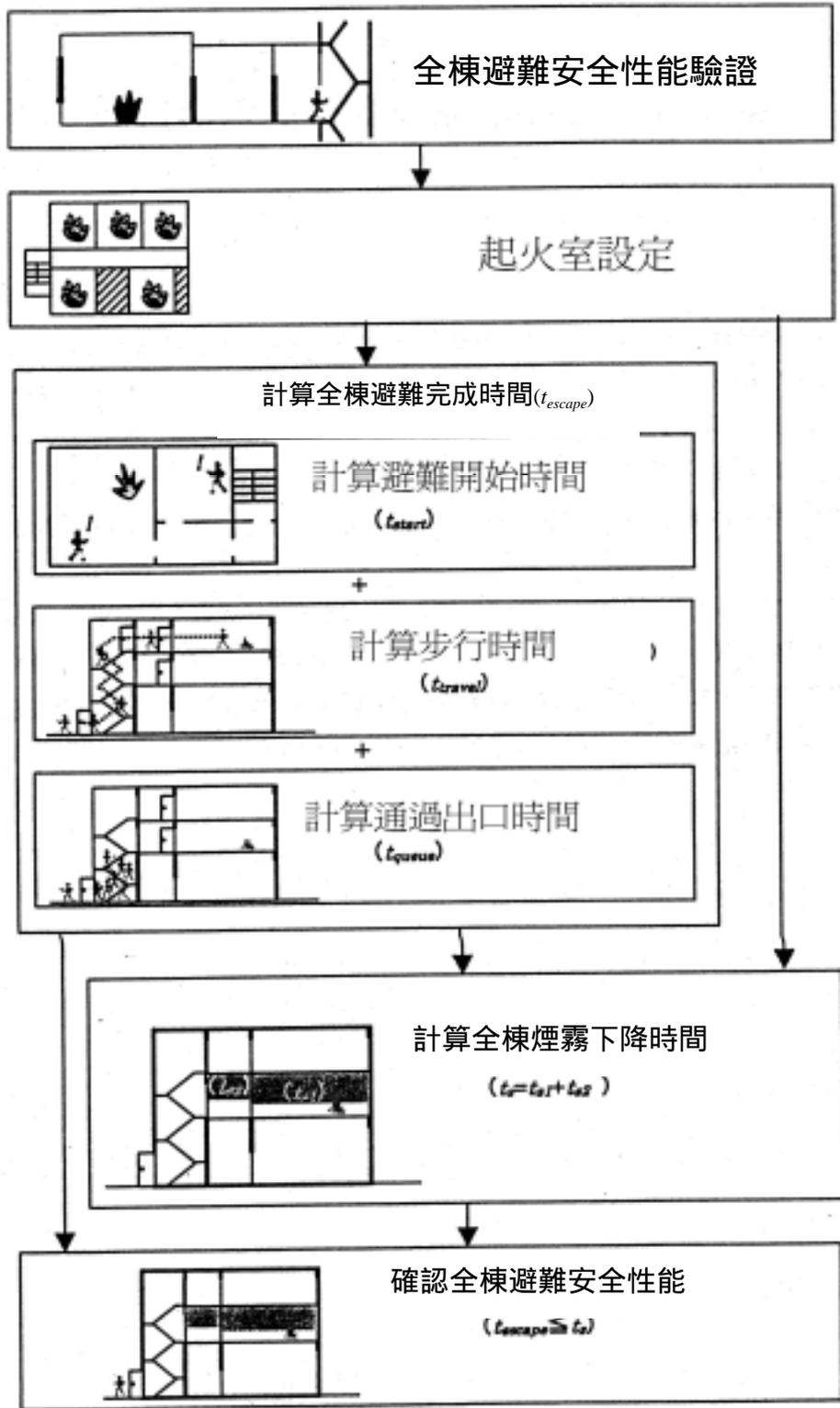


圖 4-1 整棟建築物避難安全驗證法之流程

二、假設起火空間

避難安全驗證法除對於發生火災居室機率低之居室外，其餘居室皆應假設為火災可能發生之起火空間。至於各居室之火災假設則與前章起火空間假設模式相同。

三、整棟建築物避難開始時間

發生火災之建築物，對於起火居室以外之場所，其所需之避難開始時間包括火災覺知所需之時間及覺知以後開始避難行動之反應時間的合計。至於起火居室以外場所之火災覺知時間，受到火災訊息傳遞的影響，加上一般人員面對火災時，其判斷決策是否開始進行避難行動的過程非常複雜，且會因人而異，因此，起火居室以外場所之避難開始時間要以火災工學方法加以計算及預測非常困難。所以整棟建築物避難開始時間之計算方法則和樓層避難開始時間的計算方法相同，係依據建築物之用途及樓地板面積加以計算，所以整棟建築物避難開始時間之計算公式如下所示。

(一) 集合住宅、飯店等其他用途之場所 (不包括醫院、療養院及兒童福利措施等場所)

$$t_{start} = \frac{2\sqrt{A_{floor}}}{15} + 5$$

(二) 其他用途 (不包括醫院、療養院及兒童福利措施等場所)

$$t_{start} = \frac{2\sqrt{A_{floor}}}{15} + 3$$

t_{start} 從火災開始發生至建築物收容人員開始避難行動避難之時間 (分)

A_{floor} 該樓層各居室及必須經過該樓層所設置之直通樓梯等建築物各部分之總樓地板面積 (m²)

整棟建築物避難開始時間之計算式與第三章樓層避難開始時間的基本考量要件相同，起火居室以外場所之避難開始時間會較

長，所以對於可能存在睡眠場所用途之時間採五分鐘，其他以外場所則採三分鐘作為訊息傳遞延長所需之時間，並在於 $\sqrt{A_{floor}}$ 之計算項採比樓層避難開始所需時間多了四倍。

四、到達地面之步行時間

到達地面步行時間的計算基本上與到達直通樓梯出口所需的時間之方法相同，也就是計算該建築物從各居室的位置至地面出口間所需行經避難路徑各部分之步行距離總和，除以步行速度，所求得之時間即為到達地面所需之步行時間。一般而言，最高樓層之通過直通樓梯所需的垂直離最長，因此通常作為最遠步行距離之位置，計算其最大之步行時間。

避難層起火居室部分之避難逃生通常為逃離地面起火居室，直接通過出口就可抵達戶外安全處所；而整棟建築物避難則考量人群需先經過樓梯，通過地面出口後，才能避難至建築物外部安全處所，因此其步行時間的計算是指起火居室到達地面出口所經路徑之避難時間。

$$t_{travel} = \max\left(\sum \frac{l_i}{v}\right)$$

t_{travel} 建築物內收容人員從建築物居室各位置到達地面出口所需之步行時間（分）

l_i 建築物居室內各位置到達地面出口（當該起火居室為地面層，係指其他最大出口以外之通過地面出口之步行距離）之步行距離（m）

v 步行速度（m/分）

（一）到達地面出口之步行距離

一棟多樓層之建築物，其到達地面出口之步行距離，係指避難人員從所處之位置到達地面出口的路徑。建築結

構較簡單之場所，其到達地面之步行距離較容易求得，對於少數具有複雜用途之場所，其步行距離則較難以求得，實務上分別採下列三部分(如圖 4-2)之最大步行時間計算：

- 1、各樓層部分：計算各樓層居室之任何位置到達直通樓梯出口所需之最大步行時間。
- 2、直通樓梯部份：各樓層中之樓梯出口至地面層樓梯出口之最大步行時間。
- 3、地面樓梯的出口到達地面外部出口部分：避難層各居室之任一位置及直通樓梯到達地面出口之最大步行時間。

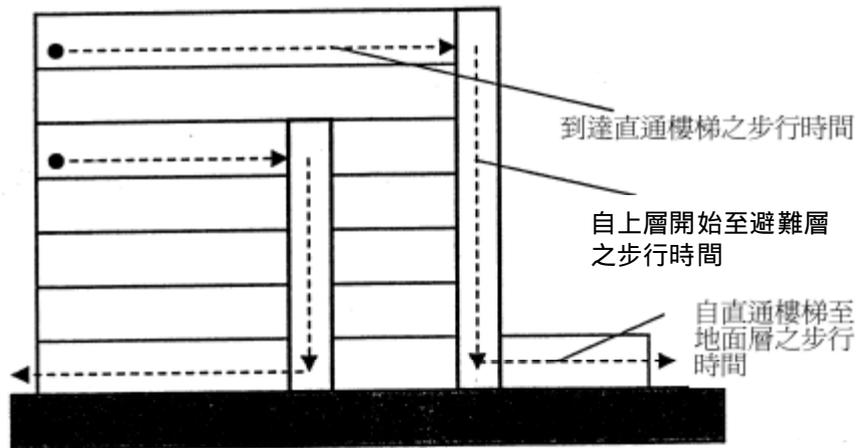


圖 4-2 計算到達地面所需之步行時間

(二) 步行速度

步行速度如表 3-2 所示，依建築物之用途，建築物各部分之空間分類及避難方向的不同而有所差異。

五、通過地面出口所需之時間

通過地面出口所需時間之計算，與居室通過出口所需時間之計

算方法相同。但是全部避難人員可能會在出口前產生滯留之狀態，通過出口所需之時間則為全部人員通過出口的時間（滯留解除的時間），其計算式如下：

$$t_{queue} = \frac{\sum pA_{area}}{\sum N_{eff} B_d}$$

t_{queue} 整棟建築物人員通過地面出口所需之時間（分）

p 收容人員密度（人/m²）

A_{area} 該建築物各部分之樓地板面積（m²）

N_{eff} 有效流動係數（人/m 分）

B_d 避難層以外樓層人員安全通過避難路徑出口寬度（m）

上式的分子為建築物所有之收容人數，為建築物各部分的居室收容人數計算結果之總和；分母為地面出口單位時間可通過出口之人數，也就是地面出口有效流動係數及地面出口寬度乘積之總和。

（一）建築物收容人數 $\sum pA_{area}$

建築物的收容人數為建築物各部分的樓地板面積乘以公告規定不同用途之收容人員密度所求得之值。可參照第三章居室收容人數之合計。但是，透過地面直通出口就可避難部分之居室，其面積除外，不用計算包括在整棟建築物收容人數之內。

B_d 是指避難層以外樓層之主要避難路徑中通往地面出口之寬度，也就是要和居室避難一樣考量整棟建築物人員避難逃生至建築物外部的的主要出口寬度。另外對於地面層直接經過出口，可以直接避難至建築物外部之居室部分，也要以樓層避難安全驗證法確認該居室人員之避難安全。

（二）直通地面出口之寬度 B_d

確認應用樓層避難安全驗證法，可以達到樓層避難安全

性能後，則開始要檢討整棟建築物人員通往地面出口，避難層以外樓層之避難路徑的主要瓶頸點，例如圖 4-3 避難層的居室可以通過出口直接避難，其居室人員則不需藉由出口 B_d 逃生，但如圖 4-4 避難人員則需利用出口 B_d 逃生，則其收容人數就必須納入計算。

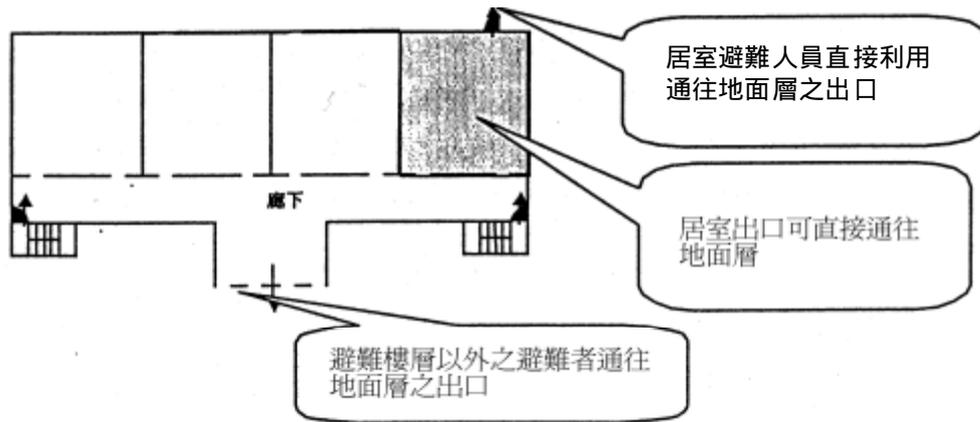


圖 4-3 直接通往地面出口的居室

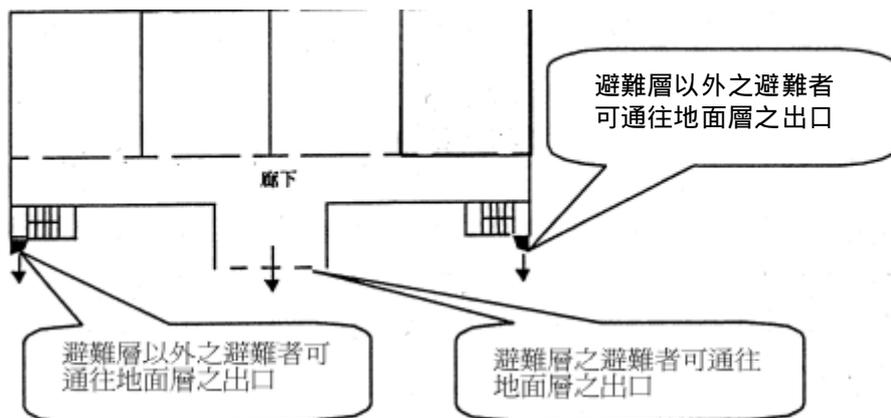


圖 4-4 直接通往地面之直通樓梯

(三) 有效流動係數 N_{eff}

有效流動係數考量通過地面出口的梯間樓地板面積，如表 4-1 公式計算，但是該地面出口寬度低於 60cm 時，則其有效流動係數為 0。

表 4-1 有效流動係數

直通樓梯之樓地板面積	有效流動係數
$\sum A_{st} \geq 0.25 \sum PA_{load}$ 之場所	$N_{eff} = 80$
$\sum A_{st} < 0.25 \sum PA_{load}$ 之場所	$N_{eff} = \frac{320B_{neck} \sum A_{st}}{B_{st} \sum pA_{load}}$

A_{st} 樓梯間的樓地板面積總合 (m^2)

p 居室收容人員密度 (人/ m^2)

A_{load} 如不通往該地面出口就無法避難的建築物各部份樓地板面積 (m^2)

N_{eff} 有效流動係數(人/m 分)

B_{neck} 通往地面出口的樓梯寬度、地面或是通往安全梯出口寬度中的最小值 (m)

B_{st} 通往地面出口的樓梯寬度 (m)

通過地面出口場所之有效流動係數，其基本上與通過樓梯出口的有效流動係數是採相同思考方式及計算方法，其受到避難人員可能滯留於梯間樓地板面積所影響，如梯間樓地面積小，可能產生滯留，造成樓梯內人員移動的滯留障礙，因此有效流動係數就較小 (如圖 4-5)。

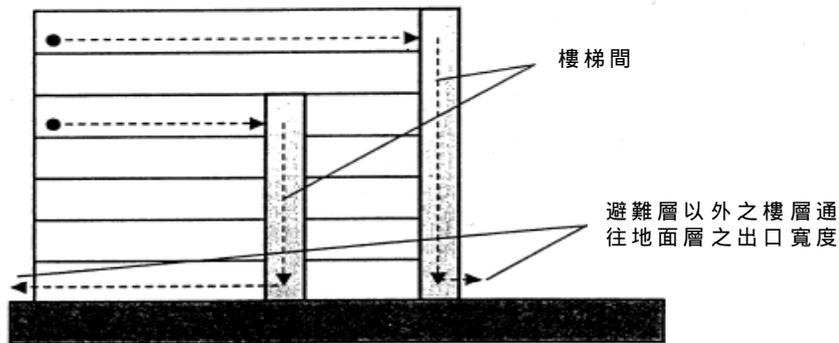


圖 4-5 依據樓梯間之樓地板面積及通往地面出口之寬度計算有效流動係數

1 梯間的樓地板面積較大的場所

梯間樓地板面積較大之場所，可容納所有避難人員，因此不會造成出口移動上之障礙，所以假設每個人滯留所需面積為 0.25m^2 ，全部收容人員所需的滯留面積為 $0.25\sum PA_{load}$ ， $\sum A_{st} \geq 0.25\sum PA_{load}$ 的場所，其樓梯內的人員避難不會產生障礙，因此其有效流動係數為

$$N_{eff} = 80 \text{ (人/m 分)}$$

2 梯間面積小的場所

避難人員滯留於梯間面積小的場所，其 $\sum A_{st} < 0.25\sum PA_{load}$ ，因此造成避難人員於梯間避難之障礙及滯留，其地面出口之有效流動係數之計算如下所示：

$$N_{eff} = \frac{320B_{neck} \sum A_{st}}{B_{st} \sum pA_{load}}$$

這公式是與通過梯間出口之有效流動係數的計算公式相似，基本上有效流動係數，避難路徑採取通過地面出口寬度與其瓶頸出口寬度的比值，乘上滯留面積與

實際人員滯留所需面積比值之乘積，以求出其有效流動係數。通過地面出口之寬度，若為避難路徑上之出口為最小值者，其則屬於瓶頸出口寬度，如圖 4-6 B_{neck} 之出口寬度為 B_3 及通往出口寬度 B_2 為最小值，但圖 4-7 所表示則為通往地面出口有多個時，則依其樓梯最小部分，計算其有效流動係數。

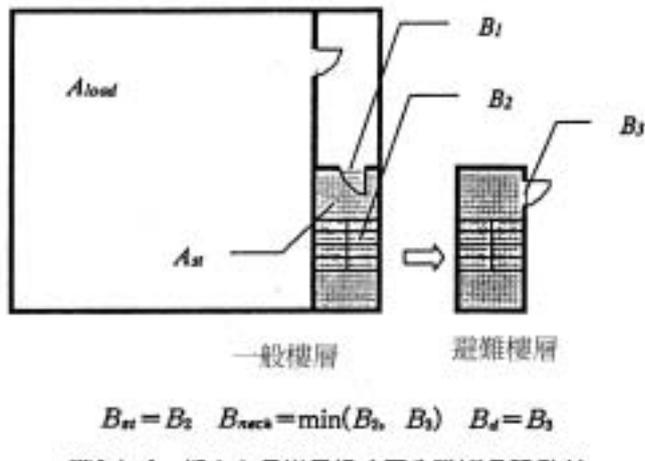


圖 4-6 通往地面出口的樓梯寬度

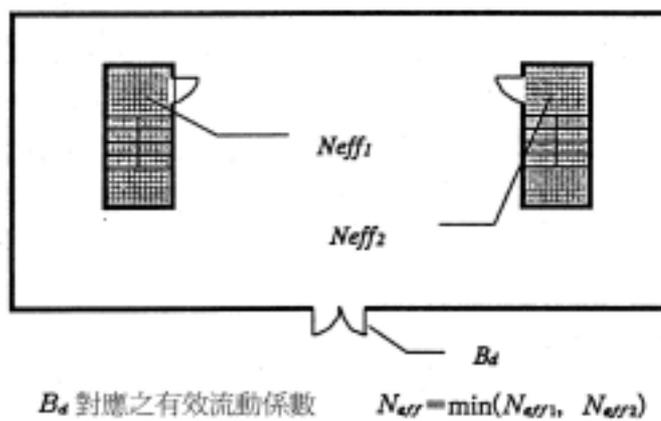


圖 4-7 通往地面出口具有二處以上直通樓梯之場所

六、整棟建築物煙層下降時間

火災所產生的濃煙會水平蔓延擴散至各居室，並透過樓梯及電梯等管道間往其他樓層垂直蔓延，一旦濃煙進入垂直管道空間，整棟建築物會迅速被濃煙充斥（如圖 4-8）。因此，起火層以外樓層人員避難安全之確保，必須防止濃煙進入其逃生所需使用之直通樓梯，或防止其他垂直管道煙的蔓延擴散。

整棟建築物之避難安全乃為驗證避難逃生所需時間應小於煙層下降之時間。至於起火居室因發生火災而產生濃煙氣體，蔓延擴散至樓梯部分或該樓層之直上層或以上之樓層所需時間，係從濃煙蔓延擴散路徑的思考方式，考量濃煙先從起火居室出口以水平擴散，再經樓梯出口或管道間垂直蔓延至避難逃生路徑。

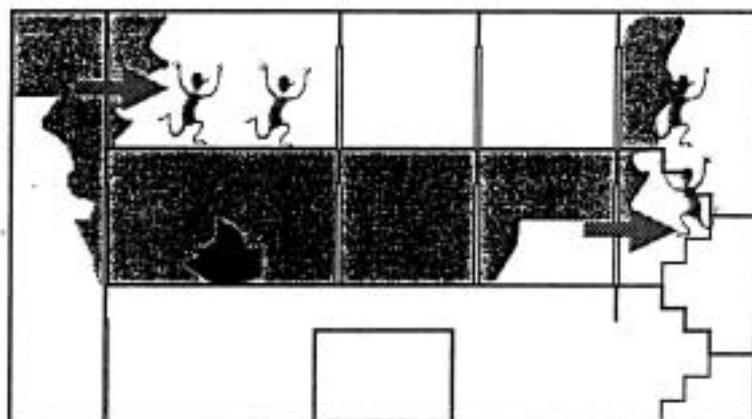


圖 4-8 整棟建築物煙擴散之情形

若濃煙一旦進入樓梯間，其蔓延速度非常迅速，且流動方式是複雜多變，所以煙一旦進入樓梯間，則幾乎就可隨即竄升至其他樓層，因此驗證方法考量該起火居室樓層之直通樓梯出口為濃煙蔓延至其他樓層之主要管道，因此這從火災開始發生產生濃煙，至濃煙經樓層出口進入樓梯間的時間，乃為所計算整棟建築物的煙層下降時間。

煙層下降時間的計算，是應用下列兩項數值相除，基本原理與樓層煙層下降時間的計算方式相同。首先是先應用樓層煙層下降時間之計算方式，計算從起火居室至直通樓梯出口的居室等避難路徑之煙層蔓延擴散而影響避難安全的濃煙量，進而計算整棟建築物從居室間之出口至直通樓梯間影響人員避難安全所產生之濃煙量。第二項煙層下降時間相對的也是先採用樓層煙層下降至直通樓梯出口的煙層下降時間計算方式，續而計算整棟建築物煙層侵入樓梯間之安全極限時間。所以樓層煙層下降時間與整棟建築物煙層下降時間的前半段計算方式相同。

計算該建築物所有起火室

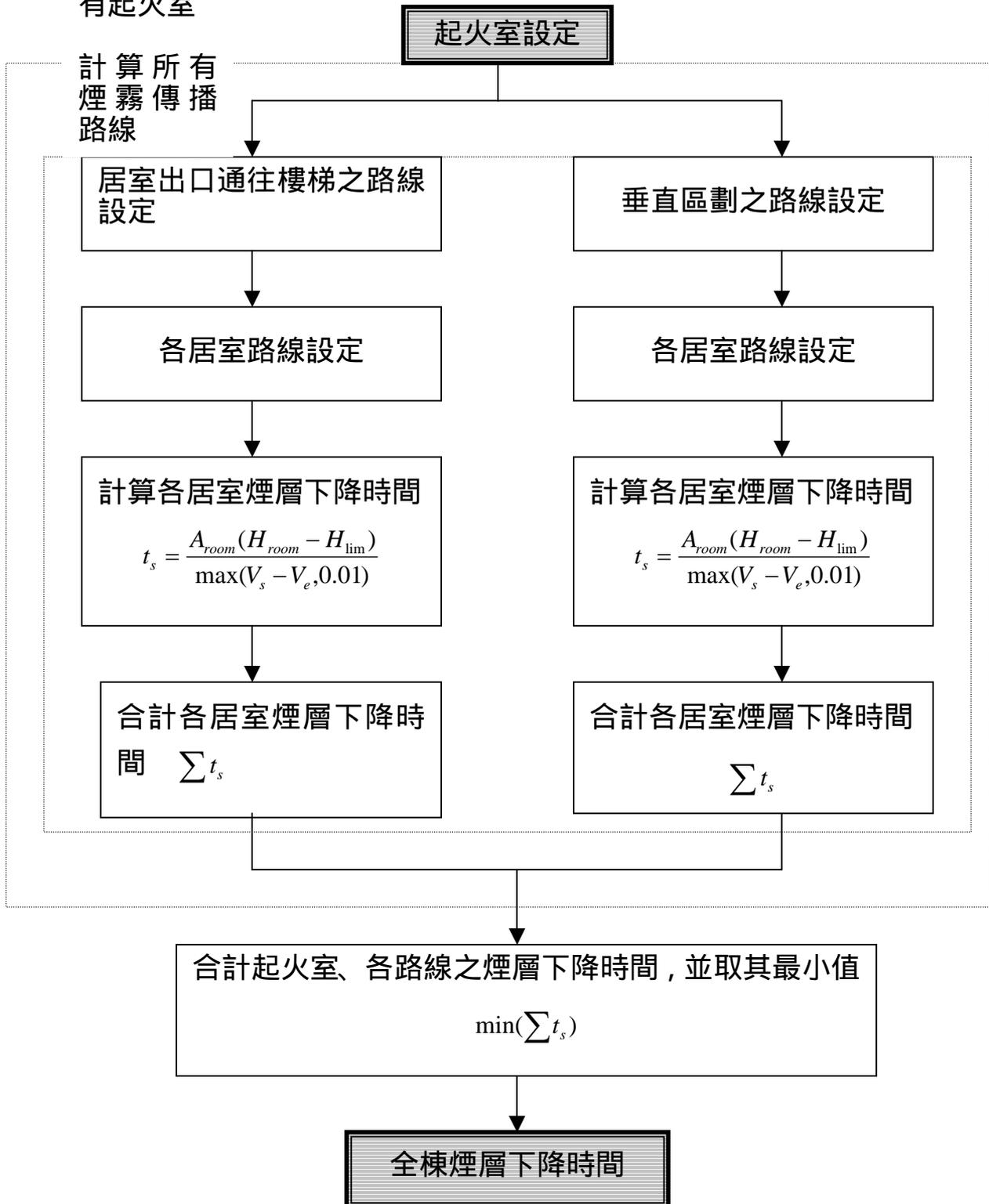


圖 4-9 整棟建築物煙層下降之計算流程

(一) 各居室煙層下降時間

各居室煙層下降時間的計算方法，其基本原理與前述樓層居室煙層下降時間之計算方法相同，但是起火室相鄰居室之煙層下降高度與前述之煙層的安全臨界高度值則有所差異。各居室煙層下降時間的計算方式如下所示：

$$t_s = \frac{A_{room} \times (H_{room} - H_{lim})}{\max(V_s - V_e, 0.01)}$$

t_s 樓層煙層下降時間 (分)

A_{room} 該居室的樓地板面積 (m²)

H_{room} 該居室自地面最高的位置至天花板間的平均高度 (m)

H_{lim} 煙層界限高度 (m)

V_s 發煙量 (m³/分)

V_e 有效排煙量 (單位 m³/分)

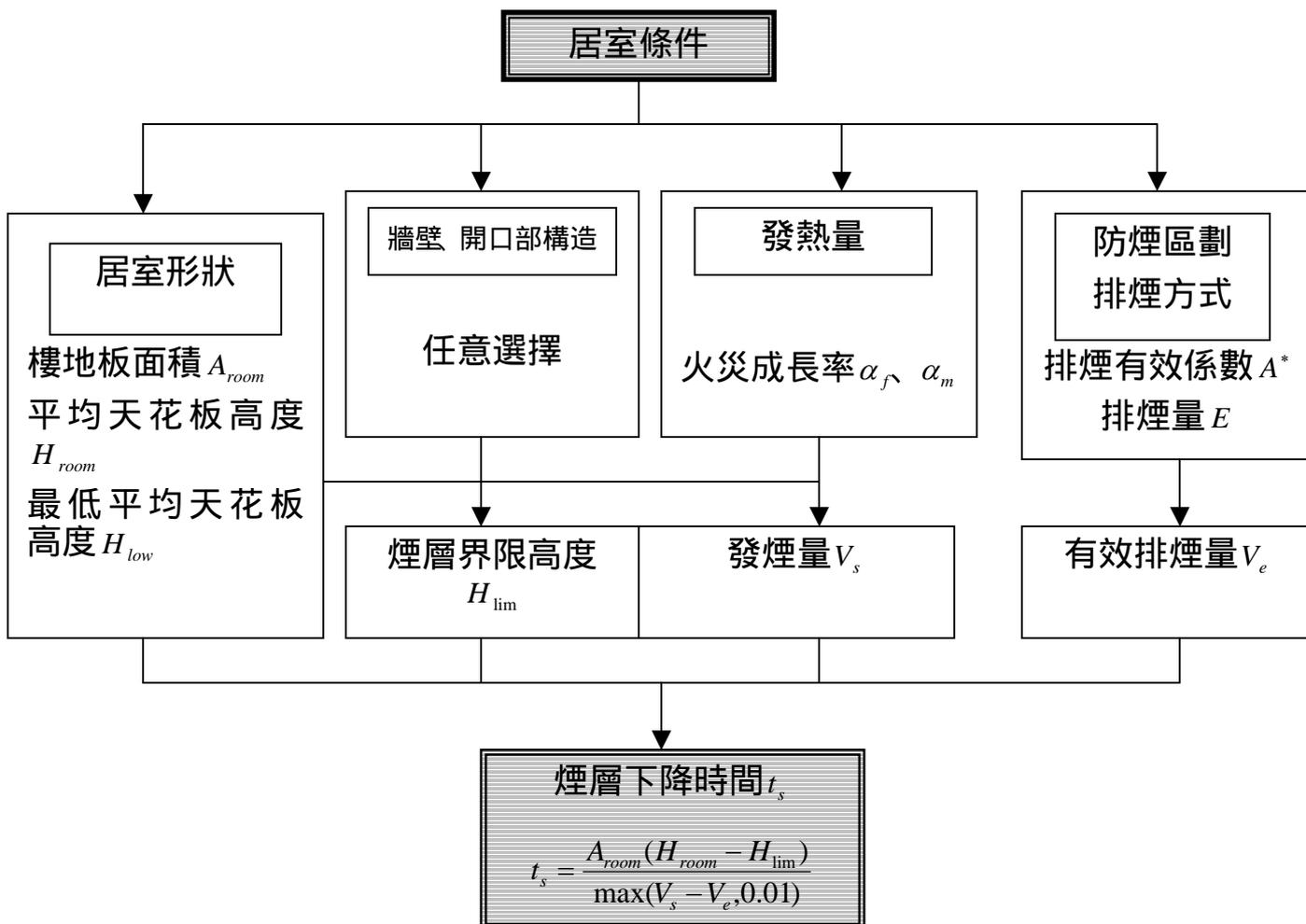


圖 4-10 各居室煙層下降時間之計算流程

(二) 煙層界限高度 H_{lim}

煙層下降界限高度因開口部構造不同而有所差異，詳如表 4-2 所示。基本上整棟建築物避難安全煙證之煙層下降界限高度與樓層避難安全驗證法所採取的安全臨界高度值相同，但其中與樓層避難安全驗證法不同的地方為其直通樓梯是否有安全梯間，而影響其煙層下降高度。

表 4-2 煙層界限高度

開口處的結構	臨界煙層高度
設置可常時關閉或隨時關閉的防火設備，且與煙霧探測器連動的自動關閉裝置	從該居室地面至各出口上端高度最大值中之 1/2 高度
其他	從該居室地面起至各出口上端的最大高度

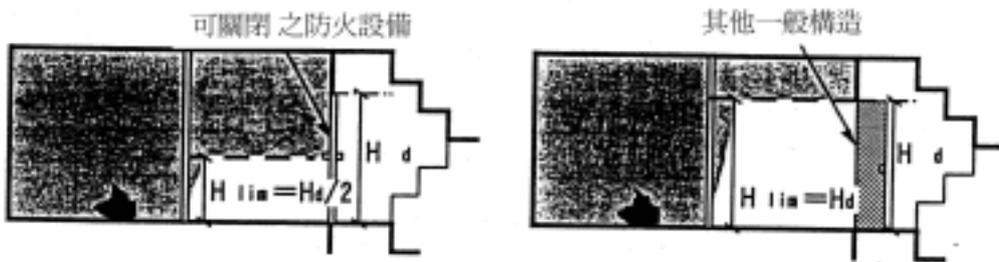


圖 4-11 通往樓梯間出口構造與煙層界限高度間之關係

(三) 發煙量 V_s

整棟建築物驗證方法的發煙量與樓層避難安全驗證法的計算方法相同，有關起火居室之發煙量，對於相同的居室用途之發煙量計算方法是相同的，起火居室以外之發煙量，則以起火居室流入的煙量計算之。

1、起火室之發煙量

$$V_s = 9((\alpha_f + \alpha_m)A_{room})^{\frac{1}{3}} \left(H_{low}^{\frac{5}{3}} + (H_{low} - H_{room} + H_{lim})^{\frac{5}{3}} \right)$$

V_s 發煙量 (m^3 /分)

α_f 該空間之可燃物量每一平方公尺的發煙量定值
(可燃物之火災成長率)

α_m 依該空間牆面或天花板部分之裝修材料樣式種類

所定之數值（內部裝潢之火災成長率）

A_{room} 該空間之樓地板面積（ m^2 ）

H_{low} 該空間樓地板最低點起算之天花板平均高度（ m ）

H_{room} 該空間基準點起算之平均天花板高度（ m ）

H_{lim} 煙層界限高度（ m ）

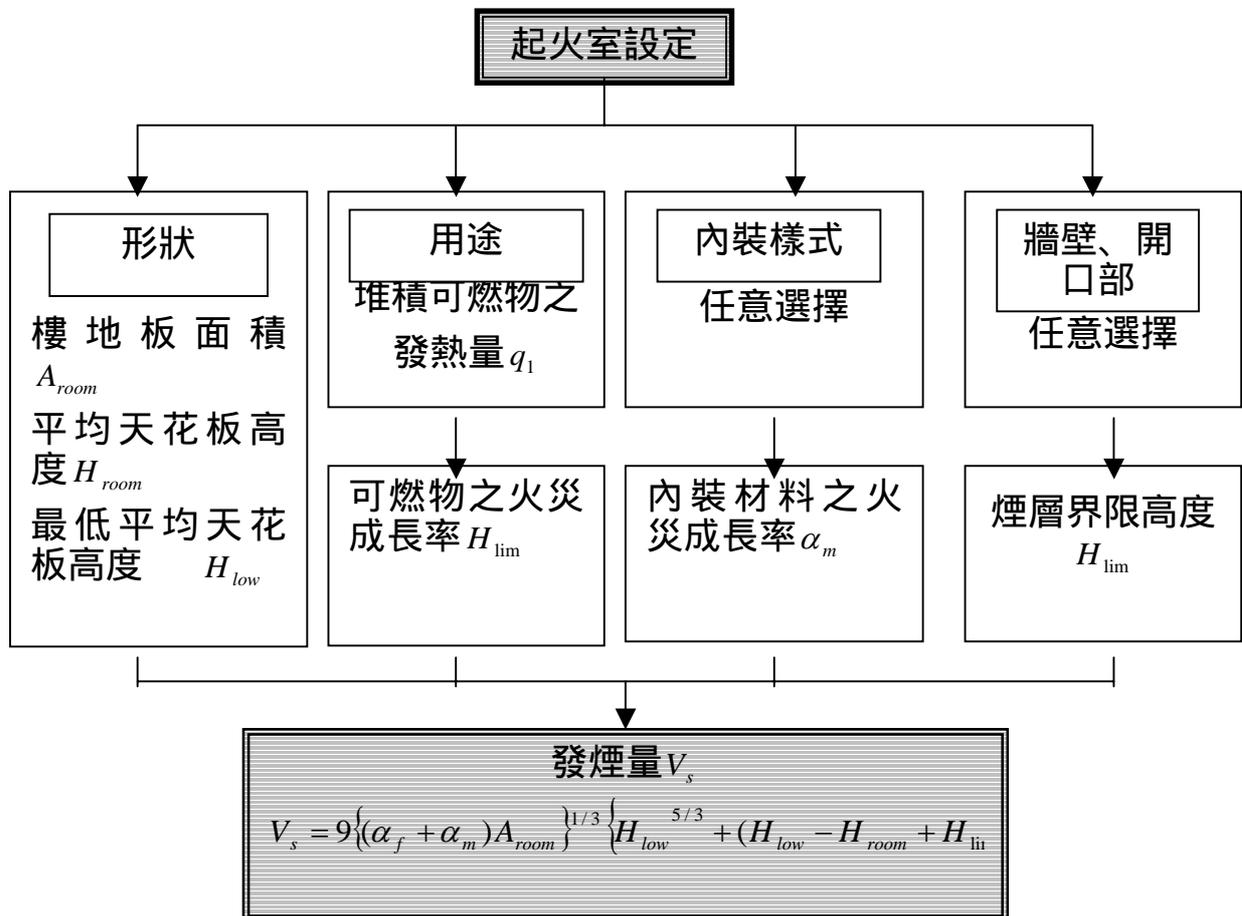


圖 4-12 起火室發煙量之計算流程

2、起火空間以外居室之場所

起火居室以外之場所，計算其起火居室排出的煙量，其不同場所煙產生量，是受到起火居室開口的構造、材質與設計不同而異，其數值之計算方法如表 4-3 所示。

表 4-3 起火室以外空間之發煙量

牆壁及其開口部的構造	煙霧產生量
耐火結構牆壁或不燃材料之牆壁開口設有具遮煙性能之防火設備	$V_s = 0.2A_{op}$
耐火構造牆壁或不燃材料之牆壁開口部有防火設備，且依各類場所消防安全設備設置標準第一八九條或建築技術規則設計施工篇第一一條設置其排煙設備者	$V_s = 0.2A_{op}$
耐火結構牆壁或不燃材料之牆壁開口設置防火設備者	$V_s = 2.0A_{op}$
其他構造等	$V_s = \max(V_{so} - V_e, 0)$

V_s 發煙量 ($m^3/\text{分}$)

V_{so} 利用計算式 3.45 計算之起火室發煙量 ($m^3/\text{分}$)

V_e 起火室之有效排煙量 (僅限於符合自然排煙相關規定，或自該居室地面起算高度 1.8m 以下牆面設有自動連動開啟排煙機或常開式進口之排煙設備) ($m^3/\text{分}$)

A_{op} 開口部面積之總合 (m^2)

(四) 有效排煙量 V_e

排煙設備之排煙量與樓層避難安全驗證法的有效排煙量計算方法相同，有效排煙量為防煙垂壁所圍成的防煙區劃下，其設在離地板面高於煙層安全界限高度以上的開口 (稱為有效開口) 之排煙能力表示為排煙量 E ，以及防煙區劃內有效排煙性能稱為排煙效果係數 A^* 。有效排煙量即為排煙量

E 及排煙效果係數 A^* 的乘積。

因有效開口部排煙能力所表示之排煙量 E 是受到開口的數量、煙控的方式、設置的位置等因素所影響，至於有效排煙效果係數則受到防煙垂壁設置的有無、設置的位置、防煙區劃的面積等因素所影響。但是有效排煙量 V_e 的計算是以防煙垂壁所形成的防煙區劃在 1500m^2 以下，且樓地板高度在安全界限高度以上才適用。

至於煙層下降時間的計算與全棟建築物煙層下降時間計算方法相同，因此煙層界限高度以上相對應的有效開口就必須分析，另外也要考量煙層界限高度以下所設置的送氣口。

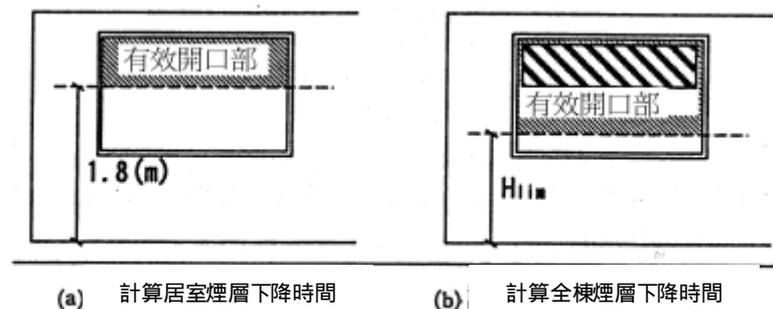


圖 4-13 有效開口

1、居室內部設有防煙垂壁之場所

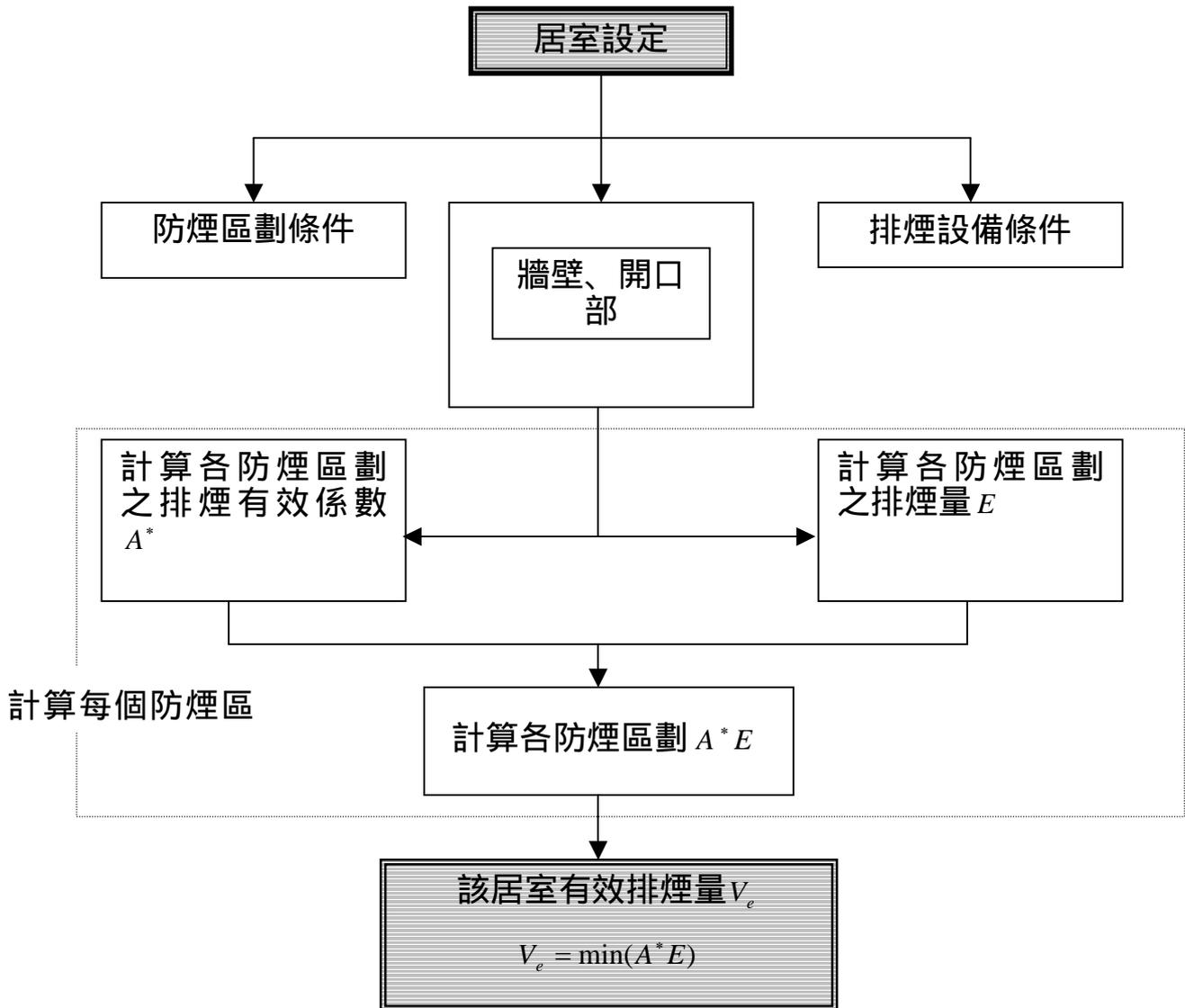
居室的有效排煙量是計算每個居室的排煙量 A^*E ，然後取其最小值，一般防煙垂壁可以抑制煙的流動，防煙區劃以外部分的排煙風口會較慢動作，另若防煙區劃以外的風口同時動作下，就將呈現出不同的有效排煙量。

$$V_e = \min(A^*E)$$

V_e 有效排煙量 ($\text{m}^3/\text{分}$)

A^* 排煙有效係數。

E 計算防煙區劃內所設置排煙設備之排煙量 (m³/分)



2、其他場所

居室內部若未予防煙區劃者，則其有效排煙係數 A^* 的計算較簡單，至於有效排煙量的計算公式如下所示：

$$V_e = 0.4 \left(\frac{\bar{H}_{st} - 1.8}{H_{top} - 1.8} \right) E$$

V_e 有效排煙量 (m³/分)

\bar{H}_{st} 自居室基準點起算至該空間煙層界限高度內有效開口部上端之平均高度 (m)

H_{lim} 煙層界限高度 (m)

H_{top} 從該居室基準點起算至天花板最大高度 (m)

E 計算防煙區劃內所設置排煙設備之排煙量 (m³/分)

(五) 排煙效果係數 A^*

排煙效果係數 A^* 的計算方法與樓層避難安全驗證法的排煙效果係數的計算方法相同, 其因有效排煙口的高度位置不同而有不同之計算方式。

1、有效排煙口的上端位於防煙垂壁下端的下方 ($\bar{H}_{st} < H_w$) 之場所

$$A^* = 0.4 \left(\frac{\bar{H}_{st} - 1.8}{H_{top} - 1.8} \right)$$

2、有效排煙口的上端位於防煙垂壁下端的上方 ($\bar{H}_{st} \geq H_w$) 之場所

$$A^* = 0.4 \left(\frac{\bar{H}_{st} - 1.8}{H_{top} - 1.8} \right) + 0.6 \left(1 - \frac{A_{sc}}{A_{room}} \right) \left(\frac{H_{st} - H_w}{H_{st} - 1.8} \right)^2$$

\bar{H}_{st} 自居室基準點起算至該空間煙層界限高度內有效開口部上端之平均高度 (m)

H_w 自該居室基準點起算至該防煙區劃垂壁下端之平均高度 (m)

A^* 排煙有效係數

H_{top} 從該防煙區劃內基準點起算至天花板之最大高度

(m)

A_{sc} 該防煙區劃之面積 (m²)

A_{room} 該空間之樓地板面積 (m²)

(六) 排煙量 E

排煙量 E 的居室與樓層避難安全驗證法的排煙量計算方法相同，依據防煙區劃內的排煙設備計算，但是造成避難上危險界限之煙層高度，居室部分採固定值 1.8m，此與整棟建築物避難安全驗證法之危險煙層界限高度，是採用直通樓梯出口的結構、關閉狀態所而決定之煙層高度安全界限值是有所差異的。

1、自然排煙方式之排煙量

$$E = \min \left[\sum \max \left\{ 19A_s \sqrt{h_s}, \frac{76A_s \sqrt{H_c - 1.8}}{\sqrt{1 + \left(\frac{\sum A_s}{\sum A_a} \right)^2}} \right\} \right]$$

A_s 該防煙區劃內所設置各煙層界限高度內有效開口部（隨著該有效開口部之開啟，且該開啟之防煙區劃內之有效開口中，距該有效開口部 30m 以內範圍者）之開口面積 (m²)

h_s 設於該防煙區劃內之煙層界限高度內有效開口部上端與下端之垂直距離 (m)

A_a 該居室內所設置各進氣口（隨著該有效開口部之開啟，限該開啟之居室內的進氣口）之開口面積 (m²)

H_c 該防煙區劃所設置各煙層界限高度內有效開口部中心基準點起算之平均高度 (m)

2、機械排煙方式之排煙量

$$E = \min \left[\sum \min \{ w, 3.9(H_c - 1.8) \} w^{2/3} \right]$$

H_c 該防煙區劃所設置各煙層界限高度內有效開口部中心基準點起算之平均高度 (m)

w 該防煙區劃所設置各煙層界限高度內有效開口部 (隨著該有效開口部之開啟, 距該有效開口部 30m 以內範圍者) 之排煙機可排氣能力 (m³/分)

3、第二種機械排煙方式 (特殊構造的排煙方式) 之排煙量

$$E = \min (s, 550A_s)$$

A_s 該防煙區劃內所設置各煙層界限高度之有效開口部之開口面積 (m²)

s 藉由該空間設置之送風機, 從該空間煙層界限高度內有效開口部排出空氣的能力 (m³/分)

第二節 實例應用

有關實例應用乃延續第三章第二節之樓層避難安全檢證法的案例，分析證棟建築物的避難安全，其避難安全檢證結果計算如下：

一、整棟建築物避難逃生所需時間之計算

表 4-4 樓層避難開始時間

該居室樓地板面積	A_{room}	(m^2)	1024	
該樓層樓地板面積	A_{floor}	(m^2)	1174	樓地板面積未考慮管道間部份
樓層避難開始時間	t_{start}	(min)	7.569	

表 4-5 樓面步行時間 (標準層水平部份)

最大步行距離	l_1	(m)	55.2	
步行速度	v	(m/min)	78	參考日本新修正建築基準法告示
標準層步行時間	$t_{travel-1}$	(min)	0.708	

表 4-6 樓梯部份步行時間

最大步行距離(1F 部份)	l_1'	(m)	16.8	樓梯部份步行距離的水平投影
樓層數	N_f	(樓)	29	
最大步行距離	L_1	(m)	487.2	
步行速度	v	(m/min)	47	參考日本新修正建築基準法告示
樓梯內部步行時間	$t_{travel-2}$	(min)	10.366	

表 4-7 避難層步行時間

最大步行距離	l_1	(m)	2.4	從梯間至屋外之避難距離
步行速度	v	(m/min)	78	參考日本新修正建築基準法告示
避難樓層步行時間	$t_{travel-3}$	(min)	0.031	

表 4-8 步行時間合計

步行時間合計	t_{travel}	(min)	11.104	
--------	--------------	---------	--------	--

表 4-9 通過出口所需時間

收容人員密度	p	(人/m ²)	0.125	參考日本新修正建築基準法告示
各樓層的人數	$\sum pA_{area}$	(人)	128	
樓層數	N_f	(樓)	29	
整棟建築物的避難人數	$\sum pA_{area}$	(人)	3712	
有效出口流量係數	N_{eff}	(人/min m)	80	
有效出口寬度	B_d	(m)	2.4	= 1.2 (寬) × 2 從梯間至屋外之出口
通過出口所需之時間	t_{queue}	(min)	19.333	

表 4-10 有效出口流量係數的計算

1F 樓梯間的面積	A_{st}	(m ²)	32	16m ² ×2
樓層數	N_f	(樓)	29	
樓梯間樓地面積之合計	$\sum A_{st}$	(m ²)	928	
避難人數	$\sum pA_{area}$	(人)	3712	
產生滯留之面積	$0.25 \sum pA_{area}$	(m ²)	928	
最小出口寬度	B_{neck}	(m)	1.2	從梯間至屋外出口的

				寬度
樓梯的寬度	B_{st}	(m)	1.2	
有效出口流量係數	N_{eff}	(人/min m)	80	

整棟建築物避難所需時間	$t_{start} + t_{travel} + t_{queue}$	(min)	38.006	
-------------	--------------------------------------	---------	--------	--

二、整棟建築物煙層下降時間之計算

整棟建築物煙層下降時間是指從起火室至走廊、樓梯等煙層流動路徑之各部份煙層下降時間的合計

表 4-11 起火室煙層下降時間 (標準層辦公室)

該居室樓地板面積	A_{room}	(m ²)	1024	
該居室天花板平均高度	H_{room}	(m)	2.7	
煙霧之產生量	V_s	(m ³ /min)	368.75	
居室門的高度	H_{door}	(m)	2	
煙層界限高度	H_{lim}	(m)	2	居室門的高度
有效排煙量	V_e	(m ³ /min)	0	蓄煙
煙層下降時間	t_{s1}	(min)	1.994	

表 4-12 標準層走廊煙層下降時間

開口面積	A_{op}	(m ²)	16.00	= 2m (寬) x 2m (高) x 4 (個)
煙霧之產生量	V_s	(m ³ /min)	368.75	起火室的發煙量
走廊樓地板面積	$A_{corridor}$	(m ²)	90.4	
走廊天花板高度	$H_{corridor}$	(m)	2.6	
挑煙室門的高度	H_{door}	(m)	2	
煙層界限高度	H_{lim}	(m)	1	梯間門高度的二分之一
有效排煙量	V_e	(m ³ /min)	0	蓄煙
煙層下降時間	t_{s2}	(min)	0.392	

表 4-13 標準層樓梯間 2 之煙層下降時間

開口面積	A_{op}	(m ²)	1.80	
煙霧之產生量	V_s	(m ³ /min)	0.36	= 2 A_{op}
梯間樓地板面積	$A_{corridor}$	(m ²)	5	
梯間天花板高度	$H_{corridor}$	(m)	2.6	
樓梯門的高度	H_{door}	(m)	2	
煙層界限高度	H_{lim}	(m)	1	梯間門高的二分之一
有效排煙量	V_e	(m ³ /min)	0.16	
煙層下降時間	t_{s3}	(min)	40.000	

表 4-14 機械排煙

排煙口的上方高度	H_{st}	(m)	2.6	
天花板高度的最大值	H_{top}	(m)	2.6	
排煙量	E	(m ³ /min)	0.4	
機械排煙量	w	(m ³ /min)	0.4	
排煙口中心點的高度	H_c	(m)	2.6	
有效排煙量	V_e	(m ³ /min)	0.16	

表 4-15 整棟建築物煙層下降時間

(標準層辦公室 標準層走廊 梯間 2 樓梯)

樓層煙層下降時間	$t_{s1} + t_{s2} + t_{s3}$	(min)	42.336	
----------	----------------------------	---------	--------	--

標準層辦公室 標準層走廊 梯間 2 樓梯之路徑煙層下降時間的計算。

表 4-16 起火室煙層下降時間

起火室樓地板面積	A_{room}	(m ²)	1024	
起火室平均天花板高度	H_{room}	(m)	2.7	
煙之產生量	V_s	(m ³ /min)	368.75	
辦公室開口高度	H_{door}	(m)	2	辦公室門的高度
煙層界限高度	H_{lim}	(m)	2	
有效排煙量	V_e	(m ³ /min)	0	
煙層下降時間	t_{s1}	(min)	1.944	

表 4-17 標準層走廊煙層下降時間

開口面積	A_{op}	(m ²)	16.00	= 2m(寬)×2m(高)×4(個)
煙之產生量	V_s	(m ³ /min)	368.75	起火室之發煙量
走廊樓地板面積	$A_{corridor}$	(m ²)	90.4	
走廊天花板高度	$H_{corridor}$	(m)	2.6	
樓梯門的高度	H_{door}	(m)	2	
煙層高度極限	H_{lim}	(m)	1.3	電梯門高度的二分之一
有效排煙量	V_e	(m ³ /min)	0	
煙層下降時間	t_{s2}	(min)	0.319	

表 4-18 標準層緊急升降機梯間煙層下降時間

開口面積	A_{op}	(m ²)	16.64	
煙之產生量	V_s	(m ³ /min)	3.33	= 0.2 A_{op}
走廊樓地板面積	$A_{corridor}$	(m ²)	48.64	
走廊天花板高度	$H_{corridor}$	(m)	2.6	
電梯間開口的高度	H_{door}	(m)	2	
煙層極限高度	H_{lim}	(m)	1	= $H_{door}/2$
有效排煙量	V_e	(m ³ /min)	1.9	
煙層下降時間	t_{s3}	(min)	56.296	

表 4-19 機械排煙

排煙口的上方高度	H_{st}	(m)	2.6	
天花板高度的最大值	H_{top}	(m)	2.6	
排煙量	E	(m ³ /min)	4.9	
機械排煙量	w	(m ³ /min)	4.9	
排煙口中心點的高度	H_c	(m)	2.6	
有效排煙量	V_e	(m ³ /min)	1.9	

表 4-20 整棟建築物煙層下降時間

(標準層辦公室 走廊 電梯間管道 電梯)

樓層煙層下降時間	$t_{s1}+t_{s2}+t_{s3}$	(min)	58.56	
----------	------------------------	---------	-------	--

表 4-21 起火室煙層下降時間 (1F 辦公室 2)

起火室樓地板面積	A_{room}	(m ²)	185.6	
起火室平均天花板高度	H_{room}	(m)	2.7	
煙之產生量	V_s	(m ³ /min)	208.7	
辦公室開口高度	H_{door}	(m)	2	
煙層界限高度	H_{lim}	(m)	2	居室門的高度
有效排煙量	V_e	(m ³ /min)	0	
煙層下降時間	t_{s1}	(min)	0.623	

表 4-22 1F 大廳煙層下降時間

開口面積	A_{op}	(m ²)	8.00	= 2m(寬)×2m(高)×2(個)
煙之產生量	V_s	(m ³ /min)	208.7	起火室之發煙量
大廳樓地板面積	$A_{corridor}$	(m ²)	430	
大廳天花板高度	$H_{corridor}$	(m)	2.7	
電梯開口的高度	H_{door}	(m)	2.6	
煙層高度極限	H_{lim}	(m)	1.3	電梯門高度之二分之一
有效排煙量	V_e	(m ³ /min)	187.0	
煙層下降時間	t_{s2}	(min)	27.707	

表 4-23 機械排煙

排煙口的上方高度	H_{st}	(m)	2.7	
天花板高度的最大值	H_{top}	(m)	2.7	
排煙量	E	(m ³ /min)	467.4	
機械排煙量	w	(m ³ /min)	792	
排煙口中心點的高度	H_c	(m)	2.6	
有效排煙量	V_e	(m ³ /min)	187.0	

表 4-24 1F 電梯管道煙層下降時間

開口面積	A_{op}	(m ²)	16.64	
煙之產生量	V_s	(m ³ /min)	3.33	= 0.2 A_{op}
電梯間樓地板面積	$A_{corridor}$	(m ²)	48.64	
電梯間天花板高度	$H_{corridor}$	(m)	2.6	
電梯間開口的高度	H_{door}	(m)	2	
煙層高度極限	H_{lim}	(m)	1	= $H_{door} / 2$
有效排煙量	V_e	(m ³ /min)	0.0	
煙層下降時間	t_{s3}	(min)	19.00	

表 4-25 整棟建築物煙層下降時間

(1F 辦公室 2 大廳 電梯間管道 電梯)

樓層煙層下降時間	$t_{s1} + t_{s2} + t_{s3}$	(min)	47.33	
----------	----------------------------	---------	-------	--

整棟建築物之避難安全檢證結果彙整詳如表 4-48，從表可知建築物若發生火災，整棟建築物之人員可安全避難逃生。

表 4-26 整棟建築物避難安全驗證結果

避難樓層	排煙方式	煙層下降時間之計算路徑	避難所需時間	安全容許時間	判定
辦公室	辦公室及走廊無排煙 梯間 2 機械排煙量為 0.4m ³ /min 電梯間機械排煙量為 4.9m ³ /min	辦公室 走廊 梯間 1	38.01	42.34	OK
		辦公室 走廊 電梯		58.56	OK
1F 辦公室	辦公室、電梯間無排煙 大廳機械排煙量為 187m ³ /min	辦公室 2 大 廳 電梯		47.33	OK

三、檢證結果

整棟建築物避難安全性能檢證結果可以確認達到安全，下列計畫方得以成立。

1、高層建築防火區劃

- (1) 高層建築防火區劃面積為 1000m² 的放寬限制（本案例各樓層居室除管道間外，其餘辦公室列為同一區劃）。
- (2) 內部裝修材料為不燃或耐燃材料的限制排除。

2、排煙設備

- (1) 辦公室、走廊及一樓電梯間未設排煙設備（採蓄煙方式）
- (2) 梯間 2 之機械排煙風量由 4m³/min 減為安 0.4m³/min（緊急升降梯間兼特別安全梯間依法規定應設置排煙設備）。
- (3) 辦公室的防煙區劃面積擴大（標準層之辦公室及走廊屬於同一防煙區劃）。

因此樓層避難安全檢證結果，一樓大廳應設置機械排煙設備，其風量需為法定風量之 1.67 倍，標準層之電梯間則需設置機械排煙，風量為 4.7m³/min，但一樓大廳的送氣口應保持常開，排煙口則需設置連動啟動裝置，緊急升降梯間兼特別安全梯間整棟避難安全檢證結果可將上列項目排除法規適用規定。

第五章 性能式設計法及驗證基準

一、前言

近年來隨著都市型態漸漸轉變，建築物亦朝向規模大型化、高層、構造特殊化、設備複雜化的趨勢發展。若不慎在人口稠密處發生火災，人們除了免不了會有恐慌逃避的心理之外，若再加上建築物本身防火特性不足，往往在一個小小的空間之中就會造成許多人員的傷亡。如在餐廳或 KTV 娛樂場所所造成大量傷亡即是明例。因此基於對人命保全的觀念，為避免火警發生時造成人員的傷亡，世界各國政府對於建築物及其內部所需的消防設施都定有相關的法規，以確保萬一火警發生時得以盡量減少或免除人員的傷亡為目的。

對於建築物及消防設施相關的法規，早先各國大多是以量化的型態行諸於條文，這也就是說基於消防安全的考量下，在建築規範的條文中是以明確的數字，來要求建築物完工後的外型、內部隔間大小、建築材料及相關消防、避難設施等等，而相關的審核單位也是以這些明確的數字來作為核發使用執照的依據。早期對於一般的建築物這樣的做法若能確切執行，對於保護建築物內的生命安全是能夠發揮一定作用。

但是科技隨著時代的演進，不但建築物的種類日新月異，建築物所需的建築材料及相關設施在這些年裏已有長足的進步。我們環顧近年來先進國家對於建築物防火安全的規範，已經改變了傳統式的規格性規範（prescriptive-based codes），而逐漸的朝向以科學為基礎的防火安全工程來加以研究，其可見到的成果即是將傳統的規格性規範逐漸轉換為功能性規範（performance-based codes）。此一轉變的主要目標，是希望在面對不斷設計出的新式建築以及不斷創新、改進的防火材料或技術時，能以科學的方法來解決現有的法規或標準無法去詳盡規範的建物，並進而使建築物在達到建築防火安全的同時，也讓設計者能透過自由選擇以採取可實現的防火安全措施。如

此不但可使設計者構思的自由度能充分發揮，同時也能讓有限資源達到最佳的運用，最後也能克服目前一些新式建築不適用於現行法規的現象。

因此，如果可以利用現今更優良之技術及安全措施，透過以科學為基礎的功能性的規範，來彌補建物不適用於規格性規範之現象，並改變以往一成不變的規格標準所造成之建物違規不適法規的現象。而從技術上將規格性法規轉換成功能性規定或找出可行的替代標準，亦可解決法規強制規定時無法獲得安全之疑慮。

環顧世界各國對於建築消防相關法規的規定，要求建築物防火安全的最終目標不外乎包含了以下幾點⁹：

- (一) 防止起火及火勢擴大，減少生命財物損失。
- (二) 防護建築物不致因火災造成損壞與波及鄰房。
- (三) 提供消防搶救人員於執行救災時之必要設施。
- (四) 保證安全疏散，確保生命安全。

由上述所列的築物防火安全的這些目標來看，其最主要的精神即是在於火災發生時，如何避免或減少生命財產的損失。所以對於以上的防火目標相對於法規上的訂定，我們可以分別從建築的結構、材料的防火性能、建物內部的防火區劃、內部裝修、防阻火災設備及避難對策等方面著手。而整體安全考量上，功能性法規的基本精神是容許使用任何具相同等級或更精品質、強度、防火能力、效率、耐用性和安全性之系統、方法或裝置來當成各種替代方案。當然功能性安全法規的要求必需是符合人性，同時也是可行的範圍為其前提。而所謂符合人性同時也是可行的例子如：建築物內欲鋪設地毯時，規定必須達到新的室內地板裝潢法規（如地毯的防火性能或者是可燃性等），對於材料這是屬於可行的要求範圍。相對的，

⁹ “建築技術規則性能防火法規轉換之研究”，內政部建研所，1998

當建物內部要重砌走廊牆壁時，若要求增加走廊的寬度，以達到法規規定新建走廊因避難疏散考量的最小寬度標準，這時就可能是個不實際的作法。但是若法規以功能性取向來作標準，讓重建的牆壁只要能夠達到新建築所要求的耐火時數標準，使火災發生時確保避難通道不受火勢侵襲，此時對這樣的問題倒是以新式材料或技術較可能實踐的範圍，而結果依然一樣能達到新建築確保生命安全的水準。

第一節 性能式設計法評估

目前國內消防法正處於轉型當中，由於舊法規在目前的建築型態並不能完全的適用，因此性能式設計乃因應而生，環顧世界各先進國家也已將性能設計列為重要發展之消防工程，並投入大量人力及金錢，無非是希望能找出符合自己國情所需的設計規範，提供政府及業者等相關單位有依據可尋，並進而保護人民生命及財產安全，基於以上種種因素，國內目前也正朝此方向進行，下面就提供性能式設計所需的評估流程規範以提供業者在自由設計時可遵行的法則。

分析的重要因素：

以下的幾個程序可以確保人們在發生火災時可以安全的從建築物裏完成避難安全所須的計算，這些項目包括：

- (一) 建立一個可以接受的準則
- (二) 選擇適當的火災模式/方法
- (三) 選擇火源的設計
- (四) 完成避難安全的計算
- (五) 說明不確定因素
- (六) 重複並真實性的檢驗

以下我們就要針對上述的每個程序詳加討論，而且每一個客觀並合乎實際的情況都必須拿來作評估。

一、建立一個可以接受的準則

一個性能式設計的法規最重要且必具備的首要條件就是可以確保建築物內所有的人員可以安全的經由出口來逃生。因此大部份的性能式設計必須包含出口的分析，而分析這個因子主要有以下兩

個部份：

- (一) 計算評估火災的成長也就是煙填充的時間，做為從出口逃生所需的時間。
- (二) 計算建築物內所有人員在最大曝露密度下其完成避難逃生所需的時間。

假使可利用的時間大於所需的時間，也就是表示建築物內所有的人員可以安全的逃生，這就是性能法規最主要的目的所在。

對於第一部份有關計算煙填充的部份，依照正常且保守的假設，當煙層到達人們頭部高度以下，逃生已經不可能（通常其高度約從地板起算 1.5 公尺），但實際上火災模式可以預測煙層密度增加的幅度（不論是上層或下層），因此某一特定的限制，不論是煙層高度或是可視度的距離都可以拿來作為依據，另一方面若火災成長的速度很緩慢，那麼就無需使用正常的火源設計；或者說，起火場所的浮力層並不多，那麼將不會有這麼多不同的保守假設。

實際上，人們可以繼續的穿越煙層來移動，假如他是夠冷靜並且有足夠的可視度，可以清楚看到前方，如此一來就必須把溫度以及煙層的密度合併出入口的模式來考慮，並提供有效結果（如圖 5-1）。

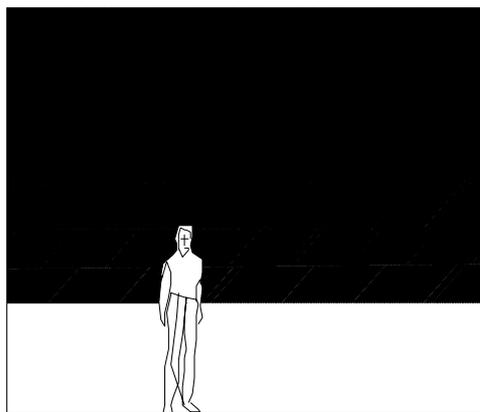


圖 5-1 人們可以穿越煙層的模式

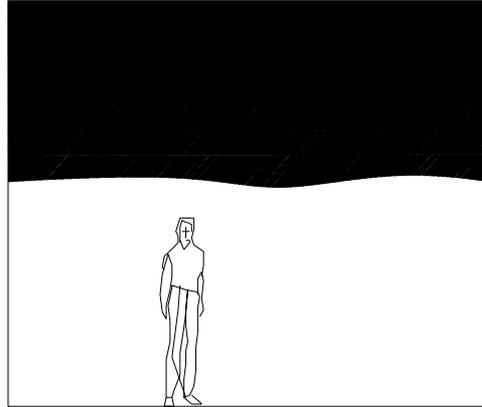


圖 5-2 保守假設當煙層到達人們的頭部高度以前是安全的

也有一些場所其出入口並不是性能設計最主要考慮的因素，或者至少它不是我們所考慮的唯一因素，在一些工業活動的場所（如核能發電廠、化學製造工廠等等），其性能設計訂定的主要目的是著眼於公共安全方面，也就是儘量去預防其設備或製程曝露在火場中，另一個場所就是人們的活動力受限的區域（如醫院、懲戒所或療養院等等）其性能法規就無法保護該場所的安全，以上兩個案例都只要計算煙填充所需的時間即可，因為此時性能法規可能只需要得知的是在設備或人們遭受損傷前的一個可被接受的時間評估。

基於以上的說明可以知道在這樣的一個模式使用時，考慮其相關的因素是非常重要的，並且在使用時也是非常有用地。

二、選擇適當的火災模式/方法

（一）火災模式

根據近年來的研究報告¹⁰知道有將近 62 種火災模式以

¹⁰ Friedman, R., Survey of Computer Models for Fire and Smoke (second edition), Factory Mutual Research Corporation, Norwood, MA, 1991.

及計算方法都可以應用到這裏（如附件），因此首先最重要的是必須決定那一個場所是適合的，而那一個場所不適合的，所以重點是如何去決定對一個完全不懂的模式它的假設和界限（條件）是否合理，並評估它和這個狀況的關係。

火災是一種動態過程，並參雜著物理以及化學的反應關係，所以預測就是給予一組狀況（情事）來知道它會怎麼發生，以使我們不再害怕跟恐懼，而最簡單的方法就是利用代數方程式。

通常整個或部份的發展可以從實驗數據的相互關係中知道，而這也正是評估不確定因素最重要的表示說明，因此若假設是對的情況之下，它們可以證明並提供一個非常有用的結果，尤其是使用在建立更複雜的模式之下，例如，Thomas' Flashover 的關係¹¹和 MQH 上煙層溫度的關係¹²通常都提供一個非常有用的工程計算。

一些公共場所的防火安全常處於危險狀況，它並不適用於只單獨依靠類似火源成長/煙填充計算的評估技巧而已，在這樣的情形之下火災模式的評估更應被使用，單一隔間模式只適用在一個單一連結的房間之條件下來使用，而假設使用到區域，那就必須針對更多超過單一隔間的評估模式來使用，這是因為相連的空間對火災的成長和發展流動會相互影響。

許多單一隔間的模式假設下部煙層的條件和四周圍的條件相同（例如 ASET¹³），而上下兩層的相互作用（混合）

¹¹ Thomas, P.H., Testing products and materials for their contribution to flashover in rooms, Fire and Materials, 5, 1981, pp 103-111.

¹² McCaffrey B.J., Quintiere, J.G., and Harkleroad, M.F., Estimating Room Temperatures and the Likelihood of Flashover using Fire Test Data Correlations, Fire Technology, 17, 1988, pp 98-119.

¹³ Cooper, L.Y. and Stroup, D.W., Calculating Available Safe Egress Time (ASET) - A Computer Program and Users' Guide, NBSIR 82-2578, Nat. Bur. Stand., Gaithersburg, MD 20899, 1982.

非常的少，(沒有機械排煙)所以此模式是適用的，然而，煙層相互混合的作用常發生在出入口的地方，因此多層隔間的模式更應考慮到底部煙層的質量及能量之交互作用。

在模式的評估中也必須包含可被燃燒氧氣的限度，這是很容易可以做到的(利用氧氣消耗原理為基礎)，並可以對通風控制燃燒獲得決定性的正確預測。對於多層隔間模式而言，一個模式來評估當它遇到充足的氧氣和溫度時，其未被燃燒的燃料和燃燒的燃料是相同的重要，假使模式的評估缺乏這些特徵則燃燒將只集中在起火房間，而其它區域的預測將不會準確。

一般而言熱傳問題的計算佔據了電腦很多的計算時間，所以許多模式都走捷徑，大部份的使用者可能都把熱損失視為一個常數，或使用者可接受的值“熱損失很少”(例如CCFM¹⁴)，熱損失對火災這門科目而言其實是非常重要的問題，因此在一個小房間或空間卻有著非常大的表面積，如果把這個主要來源簡化(省略掉)則分析會產生錯誤，在一個大的開放空間而言，若其沒有牆或牆乃利用很高的絕緣材料做成，那麼熱損失才可視為一常數，如此一來才可能產生較可接受的結果，但對大部份案例而言要得到較好的結果就必須採用較合適的熱傳模式。

其它的問題可能發生在大空間如挑高建築，氣體膨脹、能量以及質量稀釋的主要來源是因為四周圍空氣進入到煙流裏，基於此所以可以說在一個非常高的煙流，其空氣的進入量是被限制，但大多數模式的評估並不包含此項，而這可以引導我們來計算煙的溫度及密度，以及計算煙層體積和填充速率的關係，結合這兩項就可以預測逃生時可利用的時間

¹⁴ Cooper, L.Y. and Forney, G.P., The Consolidated Compartment Fire Model (CCFM) Computer Code Application CCFM. VENTS-Part 1: Physical Basis, NISTIR 4342, Nat. Inst. Stand. Tech., Gaithersburg, MD 20899, 1990.

是比正確值多還是少，在 CFAST¹⁵模式中，這個限制條件已經經由利用熱浮力而使煙流上升的最初限度高度來完成。

(二) 輸入數據

相對地，假如沒有把一些具有代表性的條件數據輸入來仔細分析，則對一個自認為正確的方法來使用將會產生很大的錯誤，火災大部份都具有危險的，下一節將詳細說明如何選擇一個火源設計。

再來最重要地就是要詳細說明一個火災其空氣的來源為何，有可能從門或窗戶被打開，也有可能從裝飾的裂縫後面或者從關著門的四周而來，大多數火災是由通風來控制它的燃燒速率，所以去掌握空氣來源做一個正確的預判是很重要的，而大部份新手經常發生的錯誤是沒有把空氣結合在其中，並且預測可能的燃燒速率。

其它重要數據項目還包括第二燃料項之起火點的特性以及天花板和牆材料的熱傳參數，在每一個案例中，性能式設計分析必須將所有的數據列表使用，而這些數據的來源可能要詳述是經由何種工具或測試方法來得到，或者是由那個公會組織所試驗及公佈的數據，並且要針對一些不確定的數據來加以討論以及最後的結論為何，都必須加以說明。

三、選擇火源的設計

選擇合適的火源設計進行火場預測分析或消防工程設計是相當重要的，就如同進行結構分析時必須採用適當的負荷一樣，攸關整個設計案分析是否趨近實際狀況。

¹⁵ Peacock, R.D., Forney, G.P., Reneke, P., Portier, R., and Jones, W.W., CFAST, the Consolidated Model of Fire Growth and Smoke Transport, NIST Technical Note 1299, Nat. Inst. Stand. Tech., Gaithersburg, MD 20899, 1993.

而選擇合適的火源成長設計的首要目的，是為了預測得知偵測器及撒水頭的作動時間；以及逃生避難開始的時間和人員最初的曝露時間，因此一個性能式設計必需選擇合適的火源成長模式，以便於分析出口這個重要的因子。

一般火源的設計需考慮隨時間變化的熱輸出值，在火災的初期階段，火源可充分地使氣流流動，因此其熱釋放率由燃燒體之型式數量及外型輪廓來決定，由國外文獻所收集的不同物質其個自之熱釋放率如表 5.1 所示。一般火源溫度隨時間變化可分成三個時期：成長期、穩態燃燒期及衰減期，如圖 5.3 所示。

由於火源的蔓延非常快，稍有不甚，當火源達到屋頂時，閃燃即會發生，此時整個區域的火勢即發展完成，當閃燃（flash over）發生後，煙會大量產生此刻的煙控系統已無效了。但是如果火源發生在大空間鄰接的小區域內，適當的煙控系統設計仍可將閃燃後經由窗或門進入大空間的煙流控制下來以避免煙流無限制地擴大。因此火源開始燃燒到閃燃發生前的這段成長期可說是消防工程設計的關鍵時期，此時的偵煙器、撒水頭及其他煙控系統必須能適時作動，人員的逃生避難也必須在此期間完成。

（一）閃燃前的火源

閃燃前的火源，如圖 5-3 中的火源成長期。1972 年 Heskestad¹⁶提出由實驗值發現火源成長期中，火源隨時間釋放的熱值與時間的冪次方成正比，所假設的火源熱釋放率如下列方程式所示：

$$Q = \alpha \cdot t^n \quad (5.1)$$

其中 Q：為熱釋放率（kW）

¹⁶ Heskestad, G., Similar Relations for the Initial Convective Flow Generated by Fire, FM Report 72-WA/HT-17, FMRC, Norwood, MA, 1972.

t : 點燃時間 (s)

: 火源成長係數 (kW / s²)

n : 1,2,3

由於大多數的燃燒火源 (除了可燃液體和其他物質外) 其熱釋放率隨時間變化的關係, 可利用理想化的拋物線方程式來表示, 也就是將式 (5.1) 中的 n 取 2 並且加入不同火源成長時間的觀念成為如下方程式所示 :

$$Q = \alpha \cdot t^2 = 1000 \left(\frac{t}{t_g} \right)^2 \quad (5.2)$$

其中 t_g : 典型火源成長時間 (s)

此式被通稱為 "T-squared fires", 被廣泛使用於火源成長模式, 同時透過火源成長時間 t_g 的定義: 有效燃燒成長至 1055kW (1000 BTU/s) 所需時間, 可將 T-squared 的火源區分成極快速 (Ultra-Fast) 快速 (Fast) 中等 (Medium) 及慢 (Slow) 四種成長曲線如圖 5-4 所示, 各種模式的火源成長係數和成長時間如表 5-2 所示。

以下就簡單敘述有關於何種物質它在燃燒時屬於 T-square 火源成長曲線中的何種類別: 適合慢速火源成長曲線包括厚的固體實心物件 (如實心木質桌子、梳妝檯或木櫃) 而中速火源則為低密度的實心燃料 (如沙發、軟椅之傢俱以及床墊等等) 適合快速火源成長曲線的包括薄的可燃性物質 (如紙張、硬紙板或箱子以及紡織品、布匹等等) 至於極快速火源的物質則包括一些易燃性的液體和一些老舊的沙發傢俱、床 或其他高速易揮發的燃料等等。

(二) 閃燃後的火源

此種情況的熱釋放率為

$$Q = H_c \cdot R \quad (5.3)$$

其中 H_c : 單位質量燃燒熱 (kJ/kg)

R : 單位時間燃燒質量 (kg/s)

上述中的 R 可定義為

$$R = 0.02 \left[A_0 \cdot (h_0)^{\frac{1}{2}} \cdot (A_t - A_0) \cdot \left(\frac{w}{d} \right) \right]^{\frac{1}{2}} \quad (5.4)$$

其中 A_0 : 空間中空氣可流入之開口 (窗或門) (m^2)

h_0 : 開口之高度 (m)

A_t : 空間中所涵蓋的面積 (牆、地板、天花板) (m^2)

w : 開口部之牆寬度 (m)

d : 開口部之牆深度 (m)

上述公式從實際實驗木屋而得，不過該式仍可運用於大部份型態的火源負載 (fire load)。通常火源負載一般可換算成等重量之木材，火源負載可以以 MJ 或 MJ/m² 表示，也可以用 kg 或 kg/m² 之木材來表示。

當火源負載過小時，方程式 (5.4) 可能導致 R 值之高估，因此在典型裝潢之居室、辦公室及購物中心我們可假設一般火源可在 20 分鐘內控制住時， R 可以以下式來加以修正：

$$R = \frac{L}{1200} \quad (5.5)$$

其中 L : 為總火源負載 (kg)

表 5-1 最大熱釋放率及其釋放時間

火源地點	火源等級	最大熱釋放率 (kw)	經過時間 (sec)
紙類	慢	18	400
電器類	中	290	640
綿織品	中	117	240
木材類	大	650	70

表 5-2 火源成長模式的係數

	成長係數	成長時間
T-Squared Fires	$\alpha(\text{kw/s}^2)$	$T_g(\text{s})$
緩慢(Slow)	0.002931	600
普通(Medium)	0.01127	300
快速(Fast)	0.04689	150
極快(Ultra Fast)	0.1878	75

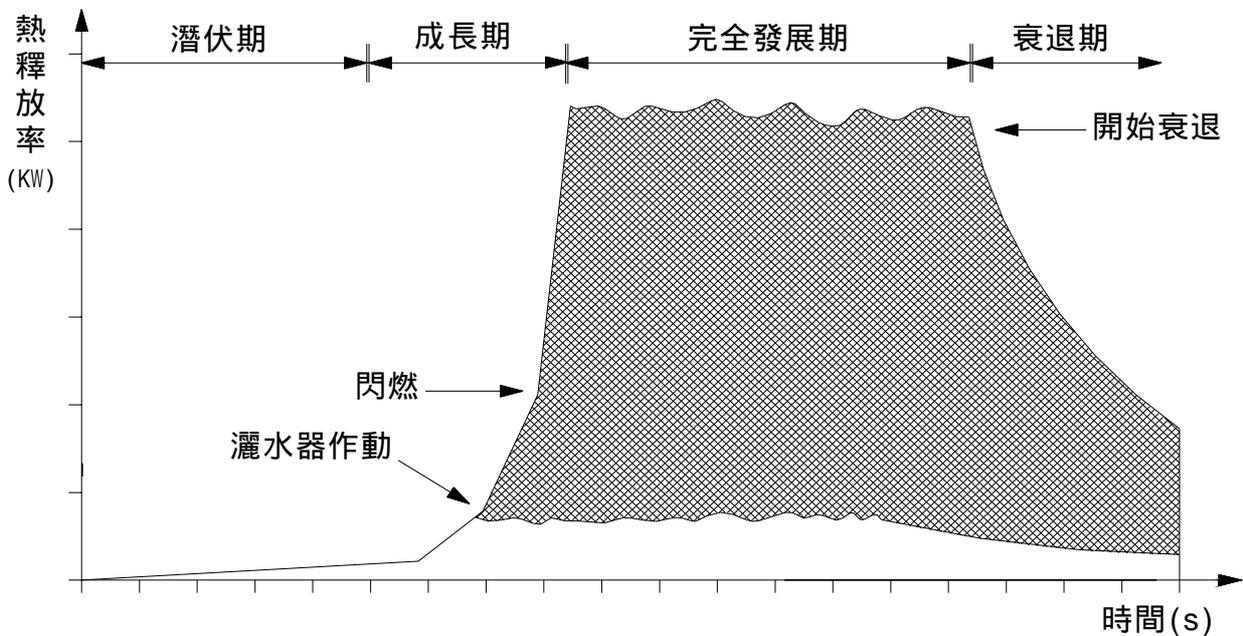


圖 5-3 燃燒火源溫度變化圖

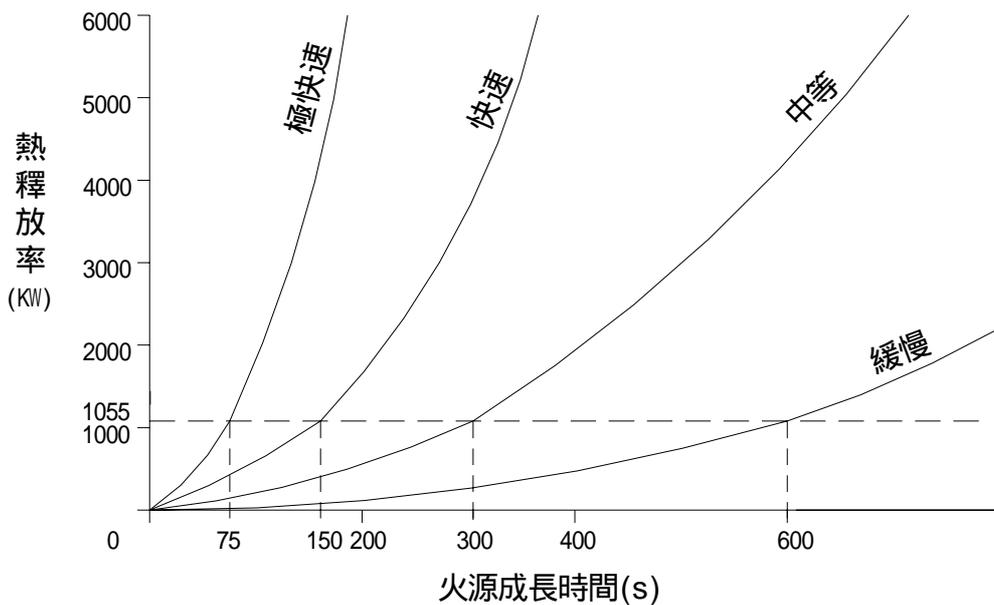


圖 5-4 T-squared 火源成長模式

四、完成避難安全的計算

由下面的述說計算可以完成建築物內人員逃生避難到一個安全區域前所須要的預測時間，並可以利用先前的步驟來比較可利用的時間是否足夠，無論避難的計算是採用模式來完成或利用手算的方式，它都必須說明下面幾個重要的因素，首先除非有人先看到火，不然在人們逃生避難前，偵測器偵測到火災的這一段時間必須加入，接下來就是除非有足夠的資訊得知發生火災，否則人們是不能採取任何避難動作，最後，人們才開始避難的行動，上面所敘述的時間在計算避難時間時都必須加進去，所以說無論避難計算是採用何種方式完成，但上面所考慮的各種因素都必須包含在內，如此才能建構出完整的避難計算程序，另外也可以參考 SFPE 手冊，其中 Paul's¹⁷和 Bryan's¹⁸收集並討論有關於此方面的議題。

¹⁷ Pauls, J., Section 1/Chapter 15, Movement of People, in SFPE Handbook of Fire Protection

（一）計算模式

下面所要討論的是有關於模式分析人們在緊急疏散的過程中通常會發生的一些概念問題，這些模式在完成避難計算的同時，是假設人們是在一個合理的確切條件之下，大部份的模式都沒有說明人們在發生火災時可能的行為，以及人們之間的相互作用（提供援助）這是很合理的，因為在大部份的公共場所人們之間並不相互認識，但在同一住宅區的人們以及在辦公大樓的同事們每天都在一起工作，就像一家人一樣，所以會相互的幫忙，同樣地，在文獻報告¹⁹裏也指出人們會對殘障者伸出援手，尤其是在辦公大樓的同事們，假使這樣的行為是被預期的，那麼模式分析就必須包含它，並且可能會延遲建築避難安全的結果。

（二）手算方式

很幸運地，大部份的避難計算問題通常都簡單到可以用手算的方式來完成，其中 Nelson 和 MacLennan²⁰發表了很多有關這方面的文章，而且在文章中有很多討論及建議，包括應考慮那些重要因素（如在一個非常擁塞的場所，人們該如何分配移動至門口或樓梯等等的相關問題）以及該如何去解決它。

五、說明不確定因素

對任何的預測問題而言，一定會有不確定的因素存在，而在計

Engineering, P.J. DiNunno, editor-in-chief, Society of Fire Protection Engineers, Boston, MA, 1988.

¹⁸ Bryan, J.L., Section 1/Chapter 16, Behavioral Response to Fire and Smoke, in SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, P.J. DiNunno, editor-in-chief, Society of Fire Protection Engineers, Boston, MA, 1988.

¹⁹ Julliet, E. Evacuating People with Disabilities, Fire Engineering, 146, 12, 1993.

²⁰ Nelson, H.E. and MacLennan, H., Section 2/Chapter 6, Emergency Movement, in SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, P.J. DiNunno, editor-in-chief, Society of Fire Protection Engineers, Boston, MA, 1988.

算方面其不確定的因素來自其使用的模式以及輸入的數據，就避難計算問題來說，任何人口數的改變都會造成其不確定因素的改變，在建築設計與規範方面，通常探討不確定因素的問題就是給予一個安全係數，如果所給予的安全係數足夠大，則無論考慮的不確定因素其所導致的誤差多大，它仍然在一個安全範圍內。

在預測煙填充時間時，應考慮在最危險的火災情境下來設計火源，因此在這種情況下就不須考慮安全係數，目前在避難計算的實例上，當避難人數是未知的變數時，通常考慮的安全係數取 2。

一個分析報告的結果必須包含不確定因素的討論，在這個討論中必須把所使用的代表數據提出來，以及在假設情況下所得到的數據其靈敏度為何也應一併做討論，假如其靈敏度並不容易顯現出來，則必須完成靈敏度的分析（改變數據的限制並且看結果是否有改變），經由上述對不確定因素的討論後才能證明所採用的模式或計算方式是否符合實際的狀況。

六、重複並真實性的檢驗

任何計算分析的最後一個步驟都是實際地檢驗，假如一個模式或計算方法所得到的結果與實際理論（邏輯）相違反，那可能就會造成錯誤，在案例分析中應該就很容易看清楚模式所產生的答案是否錯誤（如溫度的預測接近表面溫度的和），並且在這裡有一些剛開始看起來是錯誤的，但實際上並不是錯誤的（如對一個緊鄰隨著火勢成長之起火房間的空間而言，其內部溫度的變化會隨著由開口而進入內的冷空氣而變化），相反地，假如結果和理論是相同的，那麼由經驗中告訴我們它可能是正確地。

這也是一個可以考慮分析是否提出了所有重要情境以及可能發生類似相同事件的好時間，所有的假設情況在這裡都獲得了證明，並且所有的不確定因素以及可能會發生的一些情節在這一個階段都應該被明確的檢驗出來，經由如此重覆性的檢驗才能造就最符合實際情況及成功的性能式設計。

第二節 性能式設計程序

當有了上節的性能式評估方式後，在本節中將提供一完整的性能式設計程序，以供業者或相關單位發揮自由設計的理念，並提供法規另外一方面的思考法則。其性能式防火設計基本設計流程圖如圖 5-5 所示²¹。

經由此性能式設計的建議程序，可完成指定的特殊功能要求，其性能設計法則應包含以下項目²²：

一、建立防火設計原則

在進行性能式設計的同時，應先建立對建築物進行性能式防火設計的原則，此原則必需建立在實質上的需要而不是從假設而來，所以原則的敘述應以可量化的字眼來描述，例如因火災發生所造成的人員傷亡應低於 10 萬人次的百分之多少或所有人員應可自火場安全逃生或因防火災發生所造成的損失應限制在多少平方公尺的建築面積內。

從以上的說明可清楚知道建立防火設計原則，應以清楚的量化數字來說明。

二、性能設計目標

為了達成訂定的防火安全原則性需透過能設計目標為一連串的手段，包括防止結構體因高溫的損壞，起火點現場無人傷亡，逃生時間內人員不受火勢影響，防止火勢蔓延等。

三、性能設計標準

性能設計目標常需以工程設計完成，且以可量化的數據來評估其功能完成的等級，此時需依靠性能設計的標準，例如，溫度、輻射熱、暴露等級等可量化的項目。而此類項目的設計值則為火災模式計算重要的參考值，也是設計方案是否可行的重要參考依據。

²¹ " Performance-Based Goals, Objection and Criteria," Primer #1, NFPA, 1997.

²² NFPA'S Future in " Performance-Based Code and Standards," NFPA, 1995.

四、安全係數

此安全係數可根據性能設計標準來調整，不過調整後的安全係數必需能夠涵蓋火災模式預測的不準度及假設條件所帶來的誤差。

五、火災情境模擬

火災條件的假設需滿足該建築物的防火設計原則，而火災情境模擬所考慮的條件有：起火源、火載量、通風情況、人員分佈及位置、結構支撐及強度及室內設備裝修等。

六、火災模式

採用工程及物理模式來計算火勢的發生及延燒過程同時預測其可能的煙流量及溫度，由於此一過程相當複雜所以目前常以套裝軟體的方式配合前處理的數據輸入及後處理的圖形界面輸出，來分析建築內火勢的行為。

七、可行設計方案

此可行設計方案必需能夠達成最後建築物防火設計原則，且應以量化數據說明其所有的設計項目，以利後續的評估審議其是否能滿足該建築物的防火設計原則及目標。

八、評估審議

此為一審議機制用來確定設計方案是否滿足防火設計原則及目標，一般的審議機制可包括下列的步驟：

- (一) 確認經由防火設計方案的建築可符合防火設計原則及目標。
- (二) 確認該建築在施工過程當中，符合當初的設計項目及數據。
- (三) 確認完成防火設計方案的單位或團體為合格的設計者。
- (四) 確認該防火設計方案內所採用的預估模式測試方法及任何計算方法，正確且適當。
- (五) 確認該防火設計方案所採用的輸入數據正確，且用法正確。

評估審議的機制可確定建築物的防火安全設計如所提方案內

容（上述步驟二）如此才能符合防火安全原則（一）。且經由此審議的機制可同時確認設計單位是否符合條件要求（三）是否採用正確合適的計算方法（四）及輸入數據是否正確（五）。

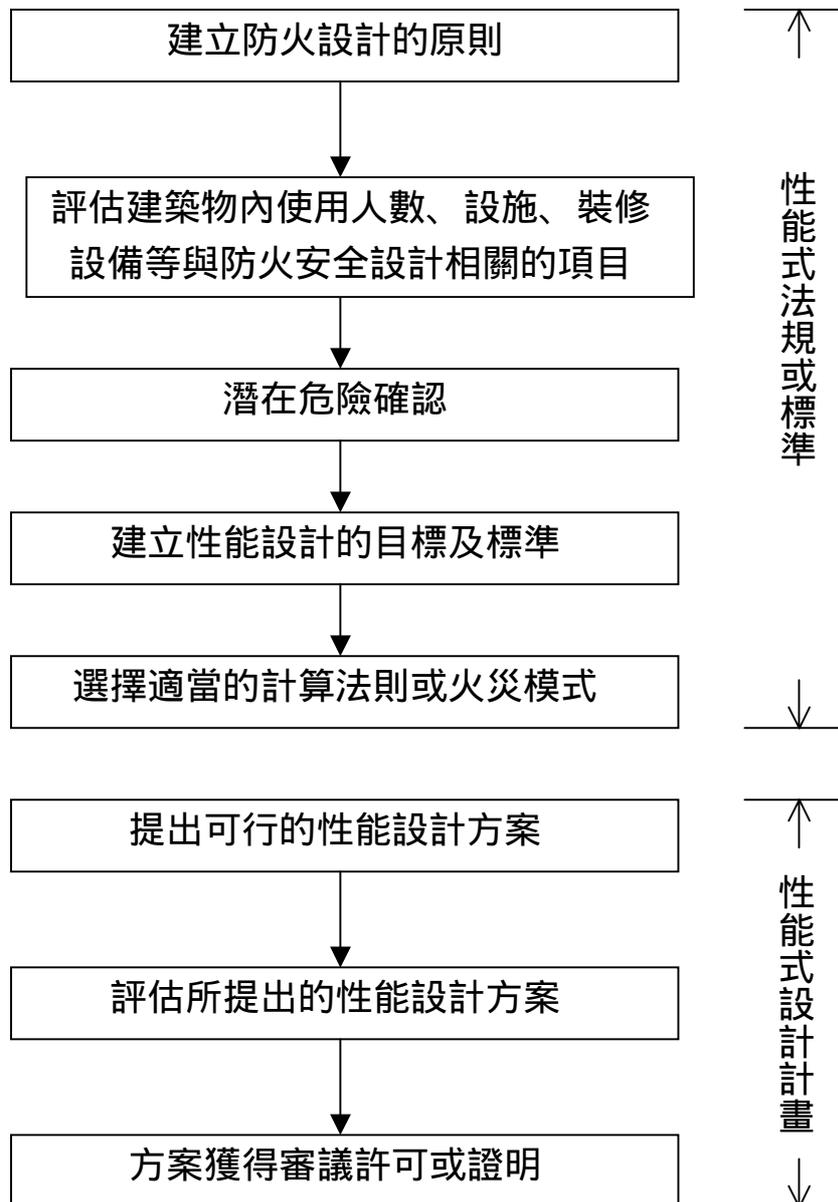


圖 5-5 性能式設計基本流程圖

第三節 驗證基準及審查作業程序

從事性能設計所需依靠的是合格以及受過專業訓練的人，來採用合適的模式方法及數據做設計分析，因此包括完善的評審制度，連貫的培訓教育，進一步防火工程技術發展等配套措施必須與性能式法規的制度同步進行，否則會產生頭重腳輕的現象，例如有好的工具無人會執行或有創意的設計但無合理的審議機制等皆會扼殺性能式設計的基本精神。

一般而言法規的制定是多層面的，所以法規的研擬過程應有各種相關領域的專業人士參與。例如，由於建築材料及消防設備的進步，非此一領域的人士，可能無法清楚器材特殊的性能與其限制。原有法規是經一定立法程序所核定，當要轉成以功能為取向的替代規定時，這樣的轉換或是替代是否合法，此時應有法界專業人士來加以評估其適法性的問題。新建的建築物及舊有建物的整修，這些不但是屬於經濟活動，同時其安全性也與社會大眾息息相關，所以有社會及經濟方面專長的人士加入，將更能評估法規制定對整體社會與經濟的影響。最後，如何整合各種專業人士的貢獻，並將成果付諸實行，此時政府相關單位可扮演起主導的力量。

當有了各項專長人士所組成的支援團隊之後，才能針對性能式設計案加以評估及審查：

現階段世界各先進國家對於性能設計的驗證基準，大多採用電腦的評估模式，一般其火災的評估模式區分為兩大類：即區域模式（Zone model）和場域模式（Field model）。Zone model 由於發展較早，已經過許多世界知名的火災研究機構進行實驗驗證，如美國的 NIST 及日本的 BRI，因此其使用的可信度較為各國所接受，至於 Field model 由於受限於電腦大量計算的速度限制，發展較遲，Field model 的模式驗證工作也較少，在使用上仍有許多限制與盲點未知。

其中由美國國家標準測試局，NIST（National Institute of Standards and Testing）所發展的 Zone model，CFAST 為較完整且功能較全的火災預測模

式，其可計算一多空間（multi-compartment）建築內火災延燒時煙產生量及其擴散的情形，CFAST 基本理論以燃燒物質量損失率或熱釋放率來詮釋火的變化。

CFAST 可計算火場每個空間中的煙層厚度改變，相對應的煙流溫度和煙流量，低層空氣的溫度改變及熱輻射效應等項目，這些項目皆為消防工程設計中不可或缺的重要數據。在較新的版本中（FAST），機械排煙系統及天花板頂端的排煙口效應也可一併模擬。CFAST 本身附有一相當容易操作的前處理模組，供使用者輸入各種火災模擬條件，如空間尺寸，換氣情況，熱釋放率，及質量損失等參數。計算完後，可藉由其本身的後處理模組 CPLOT 將各種結果數據系統化輸出，以利各式圖表的製作。CFAST 目前為許多世界各先進國家用來進行消防工程設計的工具，同時並與避難規劃相結合，也就是目前相當著名的 HAZARD 消防危害評估程式，如此一來即可進行完整的消防工程驗證。

另一評估基準即是採用場域模式（Field model），其乃是將建築物空間劃分成若干個細小格點，並且利用數值方法來求解守恆方程式的場模式能較仔細、正確的預測火災發生過程中，每個格點的速度、壓力、溫度及濃度值等。因此適用於複雜形狀、大空間建築中採用不同煙控系統的煙流動與沉積現象的驗證。

其中場域模式的驗證軟體可採用由美國國家標準局（National Institute of Standards and Technology）建築物與火災研究實驗室（Building and Fire Research Laboratory）研發之 FDS（Fire Dynamics Simulator）火災模擬軟體做為驗證工具。FDS 程式為以 Large Eddy Simulation（LES）為基礎，其中 LES 法是將流體物理量區分為大尺度（Grid Scale）與次格點尺度（Sub-Grid Scale, SGS）兩部份，對於大尺度物理量在 LES 中直接由 Navier-Stokes 方程式求解，而在次格點尺度內的物理量則需要模式化，因此利用 LES 法預測火災發生時氣流流動的主要重點在於在次格點尺度內流體運動的模式化，所以 FDS 是專門模擬受火災浮力驅動氣流流動的三維數值計算流體力學軟體。

以上僅提供目前世界先進國家最常用來驗證性能式設計案的工

具，當然驗證工具非常的多，但如何選擇合適的驗證工具就有賴於審查人員的專業素養及經驗而定。

而一般性能式設計案的申請及審查作業流程如圖 5-6 所示。其審查作業不外乎包括下面幾個項目：

- 一、確認經由防火設計方案的建築體可符合防火設計原則
- 二、確認該建築體在施工過程當中符合當初的設計項目及數據。
- 三、確認完成防火設計方案的單位或團體為合格的設計者
- 四、確認該防火設計方案內所採用的預估模式測試方法及任何計算方法為正確且適當
- 五、確認該防火設計方案所採用的輸入數據正確且用法正確

由以上章節可以很清楚得知，如果要從事性能式設計，所要評估的項目有那些、整個設計流程又該如何，而相關主管單位審查的作業程序等等都有相當程度的描述，這就是所謂的工欲善其事，必先利其器的道理所在，希望藉由此章節的規範來提供政府及相關業者在從事性能式設計時的一個準則。

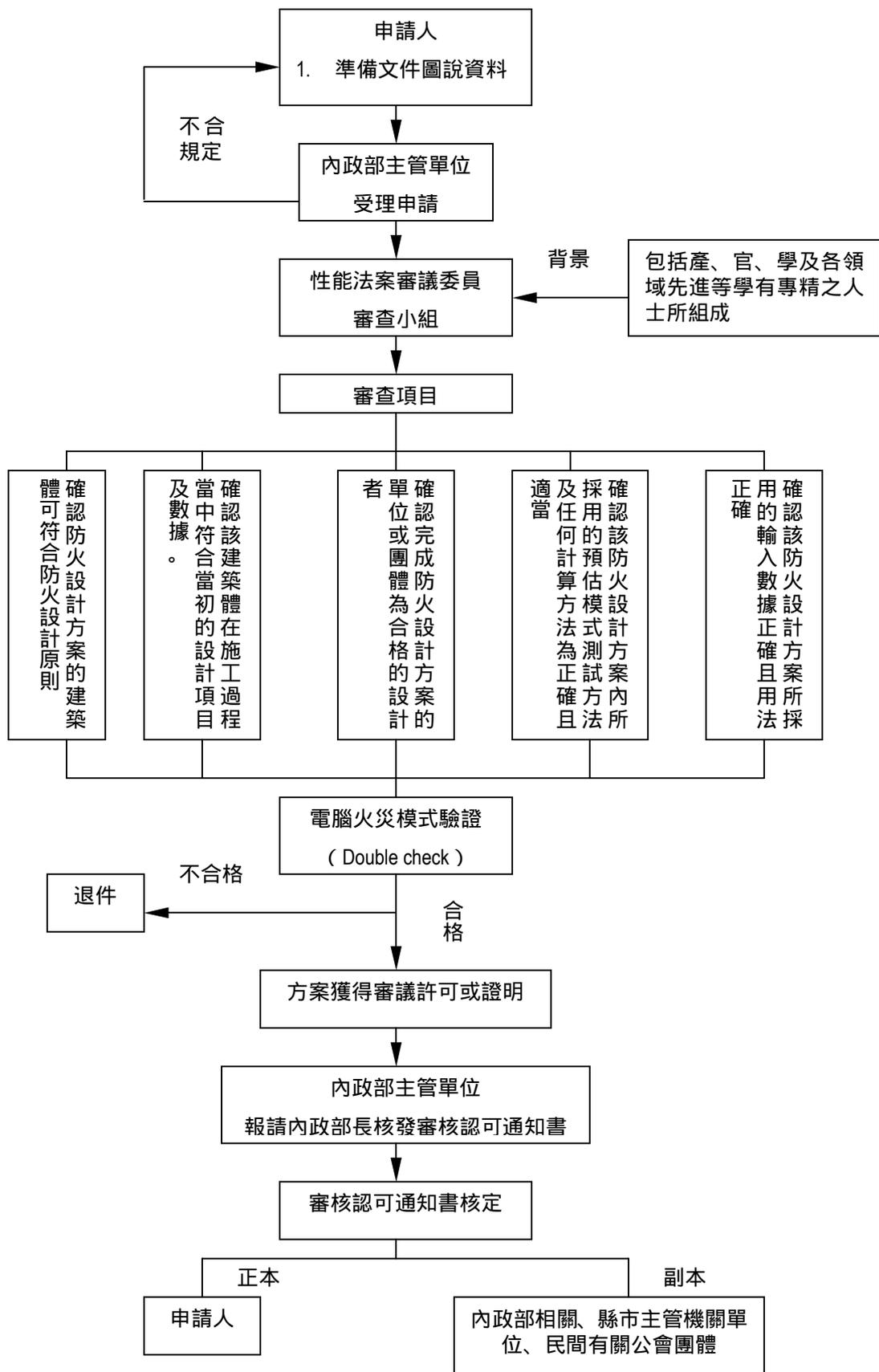


圖 5-6 性能式設計案之申請、審查流程圖

第四節 性能式案例分析

綜合上述之性能式評估及驗證法後，在本節將利用四個有關性能式設計之案例來說明其作法，這四個案例分別為日本新宿 NS 大樓、世紀高塔、芝浦 NSP 大樓以及東京巨蛋球場，下面就分別來說明其性能式設計的作法。

一、日本新宿 NS 大樓

建築物的概要（圖 5-7）如下所示：

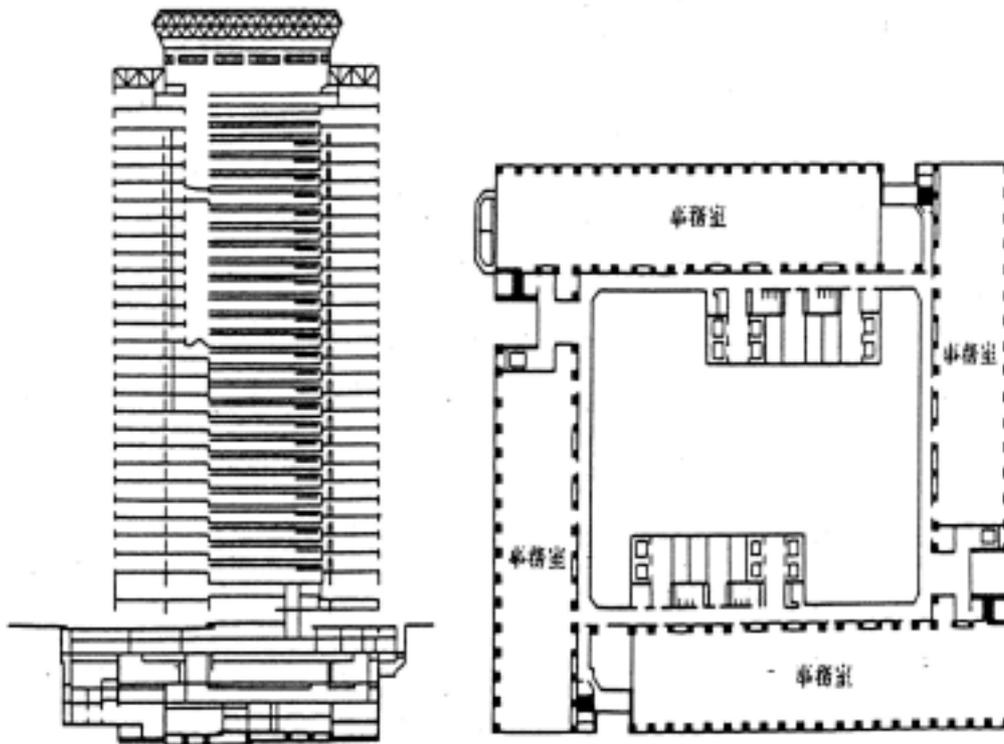
建築物名稱：新宿 NS 大樓

基地面積：14053 m²

建築面積：10905 m²

延伸面積：166768 m²

樓層數：地上三十層、地下三層、屋塔二層 建築物高度：121.45 m

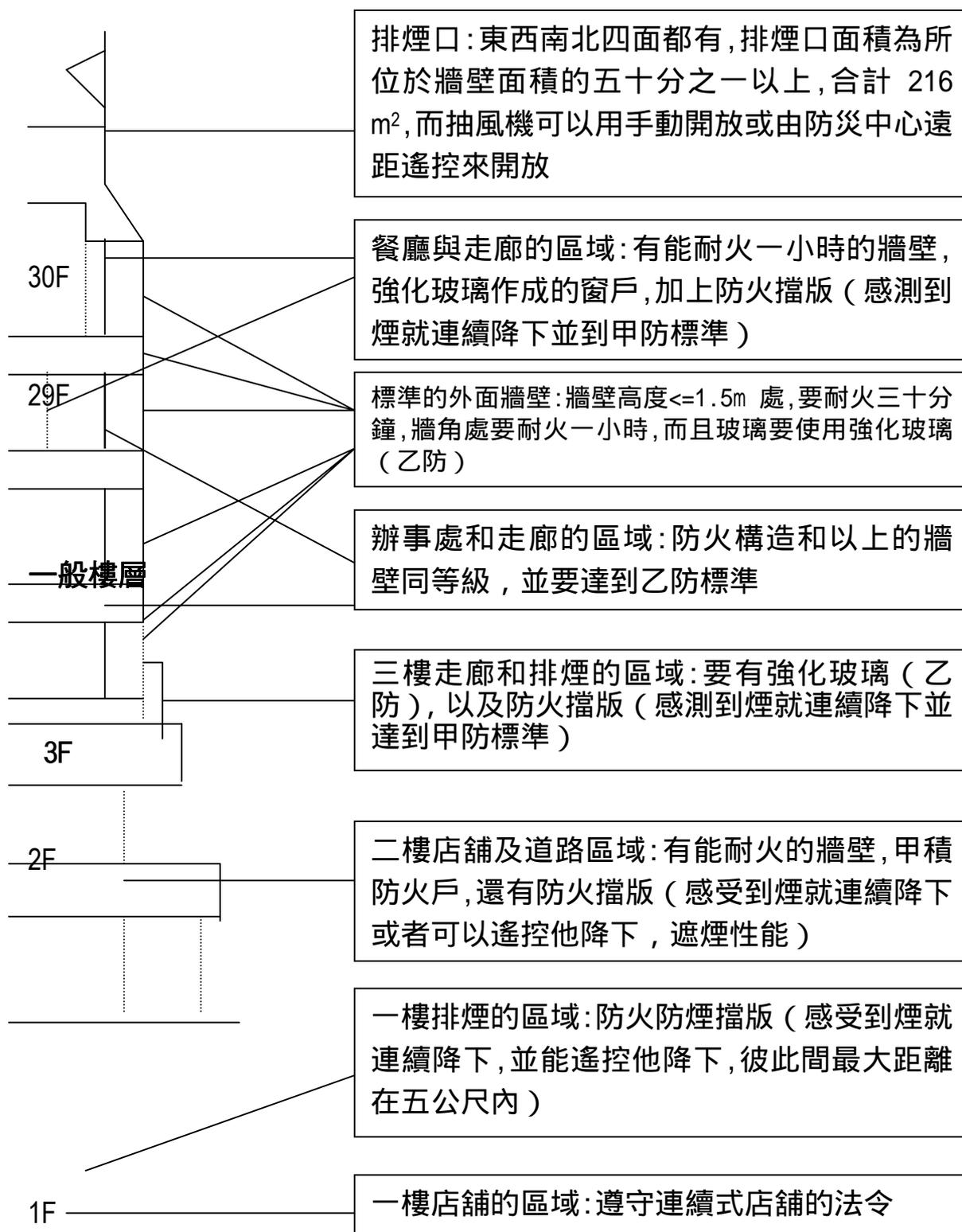


東西斷面圖

基準層 平面圖

圖 5-7 新宿 NS 大樓

(一) NS 大樓的排煙空間區域計畫



(二) 排煙計畫

在大屋頂下蓄排煙的空間為擁有 235 立方米巨大蓄煙空間的建築物，火災發生時具有蓄煙功能，且必要時在屋頂設置排煙口開始排煙的計畫，排煙口設置在屋頂的四周。

二、世紀高塔

建築物的概要（圖 5-8）如下所示：

建築物名稱：世紀高塔

基地面積：4009 m²

建築面積：2426 m²

延伸面積：26517 m²

樓層數：地上二十一層，地下三層

建築物高度：82 m

本建築物為南北各有一座高塔，兩塔並列配置而成，為地上二十一層，地下三層的建築物兩塔中間的部分高 72 m，一直到第十八層都設有中庭的空間，各階層的中庭中間有防火擋版和強化玻璃，防火區域是不開放而且彼此相鄰的。

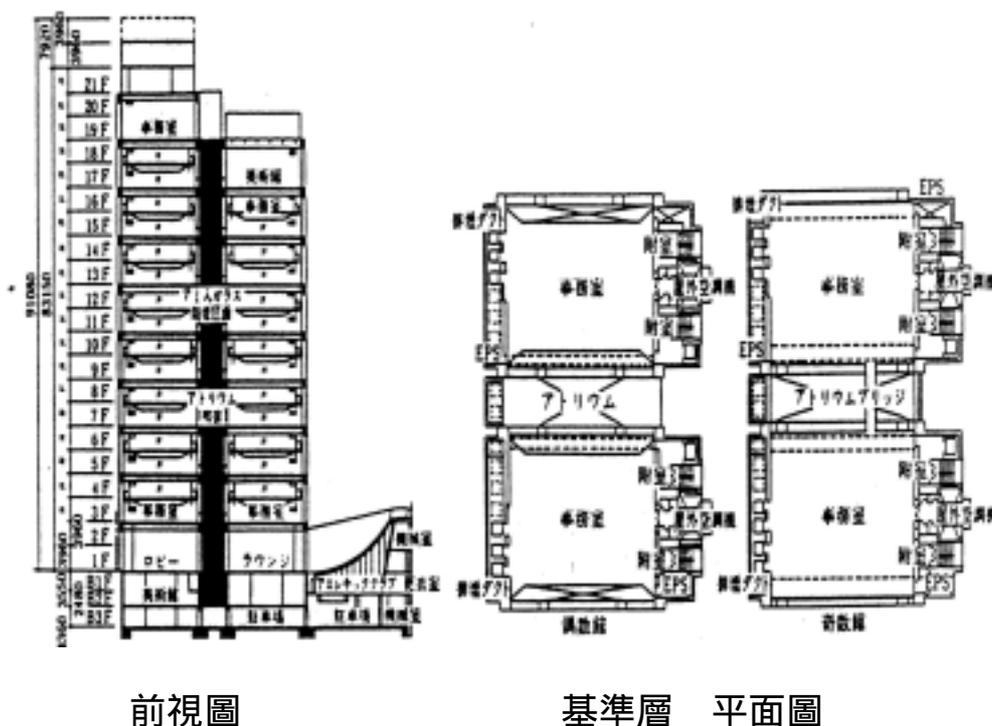


圖 5-8 世紀高塔

本建築物為了發生火災時的安全確保,因此都將以下安全的對策經過實驗和數值模擬來確認他的安全性。

(一) 避難計畫

本建築物有效的使用面積界限有 800 m² , 特別避難所有四個, 平均分配在每各地方, 能在火災發生時讓人在三十秒內到附室內避難。

(二) 煙的控制

建築物整體以兩層為一各控制煙的單位, 發生火災的樓層順風往上層延燒時, 下層樓開始排煙, 不是火災層的樓層採用從外面供給空氣的方式, 不是火災樓層的空氣是從中庭來供給的, 而火災樓層的空氣則被往外用至中庭(更正: 藉由中庭來達到將空氣供給給非火災樓層與把空氣從火災樓層中排出的功用), 火災樓層的關閉達到了煙的集中與分配的效果, 中庭與事務室間的防煙性能經過十分之一大小的模型實驗來確認安全性。

特別避難所的附室與一般乘座用逃生繩索的軸心皆採用加壓防煙方式, 而這方法的有效性則經過全棟大樓的壓力模擬測試過安全性。

(三) 延燒防止措施

在與火災層開始向上層樓延燒有關的中庭裡配置了兩層份的灑水設備。

三、芝浦 NSP 大樓

建築物的概要（圖 5-9）如下所示：

建築物名稱：芝浦 NSP

建築物總面積：167807 m²

主要用途：公司，商店，停車場

樓層數：地下 2 樓，地上 24 樓，頂樓
加蓋 2 層

佔地面積：26468 m²

樓高：98.8 m²

建築物面積：10650 m²

中庭斷面圖

複合商場中庭實景圖

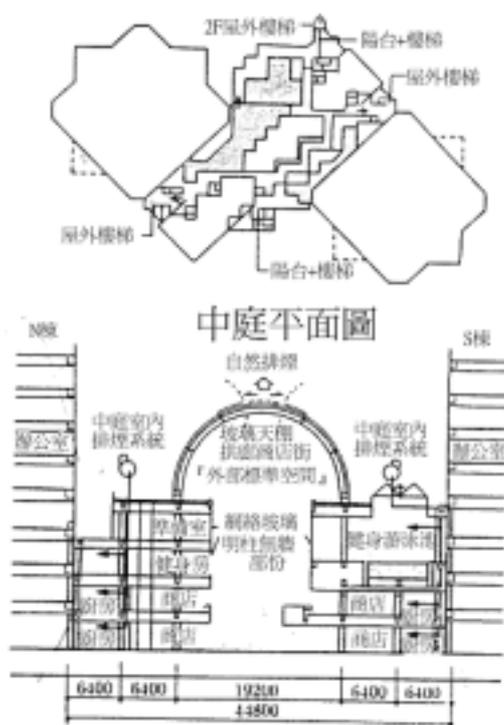


圖 5-9 芝浦 NSP 大樓

本案例為開發一筆適用於特定街區制度並分別為多數產權所有者所擁有的有價土地的工程施工計劃，其為一棟長 100 m 的中庭（atrium）與兩側各一高約 100 m 的辦公大樓所構成的。

該棟中庭與週邊地區、街道、運河等等的整備計劃相互結合，岸邊區域（water front）以打造適於人居的舒適空間為目標。合於特定街區制度之有效空地的中庭一樓通道即遵從上述意圖執行計劃，隨時任何人皆能夠自由利用此空間區域。此建築物概述如下所示。

中庭長 100 m，寬 20 m，高 30 m，總面積 9000 m²，任何人隨時皆能夠利用各項便利設施，另外兩棟辦公大樓補充了其他通道、餐飲部、販賣部、與服務台（service 特賣區）等功能，共有總總面積 4200 m²的商家，為了能夠實現中庭全面開放的原則，故除了未開業者外，其餘店家皆為開放區域。中庭部份依『外部標準空間』採用蓄煙與自然排煙適用於中庭的防災計劃，檢討實施於 7600 m²的開放空間之防火區劃以確保有利的總體安全性。具體的安全對策和檢討內容敘述如下。

中庭長 100 m，寬 20 m，高 30 m，總面積 9000 m²，任何人隨時皆能夠利用各項便利設施，另外兩棟辦公大樓補充了其他通道、餐飲部、販賣部、與服務台（service 特賣區）等功能，共有總總面積 4200 m²的商家，為了能夠實現中庭全面開放的原則，故除了未開業者外，其餘店家皆為開放區域。中庭部份依『外部標準空間』採用蓄煙與自然排煙適用於中庭的防災計劃，檢討實施於 7600 m²的開放空間之防火區劃以確保有利的總體安全性。具體的安全對策和檢討內容敘述如下。

（一）防火、防煙區劃

為了讓中庭面向店家部份的空間能夠具開放感而使了防火、防煙區劃受到限制，廚房等爐火使用部份則必需有防火區劃。此外根據火災所產生的煙層面向三、四樓明柱無牆部份的網絡玻璃區劃易受溫度影響，而受煙層溫度不少影響的一二樓防煙區劃必需使用不燃建材。

（二）避難計劃

位於中庭前端的避難路線以全館同時避難為前提，需鄰近屋外樓梯並與中庭內部的玻璃陽台區隔開來。

（三）防排煙區劃

中庭產生的蓄煙量達足夠的氣體體積時 (6700 m³) , 位於上方的排煙口和一樓的給氣口 (緊急時開放口) 開放 , 執行自然排煙。排煙口、進氣口的開放可由防災中心監視及遠端搖控設備所操縱。

就以上的防災計劃方法做安全性確認 , 對於避難時間與煙層特性狀態預測結果進行比較以確認安全性。

對於煙層特性狀態預測所得之有效蓄煙空間、室外氣流風動對排煙口的影響、煙層濃度等也進行檢討。

(四) 防止延燒

對一、二樓的開放商家到上層延燒的火燄長度危險性檢討皆做預測 , 設置新式標準化消防設備的消防水幕 (drencher) 。另外對於三、四樓商家也做火燄長度的安全性計算之確認動作。

四、日本東京巨蛋

建築物的概要 (圖 5-10) 如下所示 :

建築物名稱 : 本東京巨蛋

天花板面積 : 16463 m²

主要用途 : (主) 棒球場

樓層數 : 上六層 , 地下二層

(副) 多項的比賽場地

建築場地 : 112456 m²

建築面積 : 46755 m²

屋頂的高度 : 61.7m (運動場地域面積起)

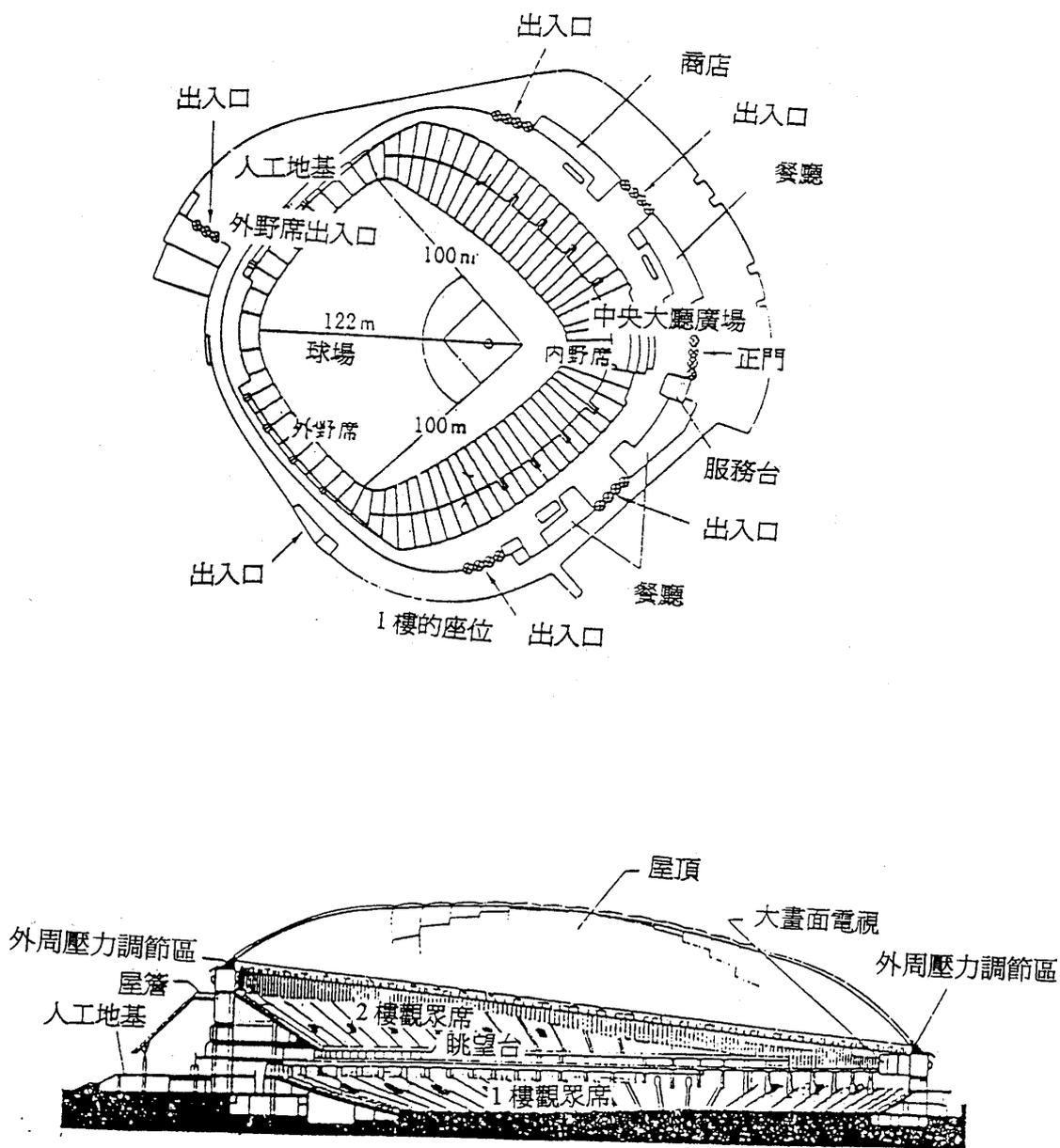


圖 5-10 日本東京巨蛋球場

像這種大規模建築物構造的防災計劃，在使用型態上大致可分成運動、集會、展示等三種型態，並個別地針對其主要危險原因檢討，檢討各種災害的主要原因而實施以下幾點對策：

(一) 預防火災與防止火勢擴大

除了館內禁止用火及禁止吸煙，館內之裝潢材料使用防火建材，觀眾席的座位材質也經過耐火試驗，確認是否安全。另外，於館內設置監控室進行監視，再配合裝設大空間自動火災感應系統以及消防炮系統，以檢測出初期火災發生及發揮滅火功用。

（二）防止火災燃燒擴大

在館內允許用火的場所要有加壓部分與非加壓部分皆要有劃分避難樓梯等防火區。

（三）避難

於體育館二樓水平範圍設置寬廣的局部空間以作為緊急避難場所。而在避難出口方面，避難樓梯皆均勻分開，並實施避難模擬演習，確認不會超過根據煙之性質形狀測出的避難時間為準而設定之容許避難時間。當避難門開啟時，會有大量空氣外洩，使避難路徑內形成負壓，會導致煙流竄入，故使用一加壓送風裝置，使避難門開啟時，避難路徑不會因負壓有煙流竄入，而影響到避難。

（四）煙控

為了討論在火災發生時煙的流動，事先設計建築大規模的實驗設備，並將改變火源發生速度和火勢位置之變動的實驗，收集煙流動和蓄煙情形等相關基本資料。按照此實驗資料來施行煙霧模擬，確認比賽場的天花板，上層聚集煙霧時，就算不排煙也不會妨礙避難。

（五）屋頂的防、耐火性

根據各種實驗結果及材料物理性質來設定火災發生時屋頂的鋼骨材料及防火披覆材料之耐火容許溫度，特別是針對防火披覆材料進行耐火試驗，火勢蔓延試驗外，根據表面耐火試驗（依據的 ASTM-E-84 準則）和雙重膜構造的標準加熱溫度曲線來做加熱試驗，並確認其防火性能。

通常對於內部火災方面，使用型態上大部份都是以可燃物為

最多的情況，預測比賽場地上方溫度，與上述的耐熱度做比較並確定沒有燃燒脫落及損壞情形。對於在附近的市區和相鄰的大樓是否會發生火災，量測屋頂表面溫度上升情況，確認火勢是否會蔓延。

(六) 消防工作

在地面上規劃設置避難路徑與緊急用車分離之環狀通路，使消防隊員可由沿此通路設置之四個入口進入。另外亦規劃氣密式通路，讓消防車能夠進入建築物的比賽場。

經由上述之四個性能式案例說明後可以知道，在自由設計的精神下每個案例的作法並不儘相同，但前題皆為符合安全的標準，其作法都為最符合該建築本身的需求，這樣一來不但可保障人員的安全更合乎經濟效率，而綜觀以上各案例性能式的作法即可知性能設計所必需依靠的專業及背景是很廣泛，因此唯有群策眾人之力方可成事，期藉由本章節之性能式設計說明供政府及業者做為參考。

第五節 經濟上的評估

以下利用一案例²³來說明不同設計團隊在性能式設計與定性式法規在價格上的比較，所欲探討的設計建築體為一四層樓的購物商場有 28000 平方公尺的樓地板面積，在其中間有一挑高中庭連接內部樓層，其平面如圖 5-11 所示，此購物中心分成許多小的商舖店面在二樓及三樓。頂樓及一樓則規劃為停車場，其內共有四個大型販售區面積為 2000 到 3500m²，20 個中型販售區面積為 600 到 1300m²，及 20 個小型販售區面積為 100 到 30m²，其分佈位置圖，如圖 5-11 所示，所有的販售區皆有展示櫃及無保護的開口通往主要走道。販售商品包括有衣服、電器用品、化妝品、書、日常用品、飲料等項目，在其購物中心內有二個餐廳，一位於 2 樓，一位於 3 樓，每一餐廳大約有 200 個座位；在挑高中庭下，在 2 樓及 3 樓各有一速食中心可提供各 50 個座位，每一樓層所有的詳細設施說明如下：

4 樓：停車空間、昇降機、樓梯、手扶梯。

2 及 3 樓：各販售區連接至挑高中庭，每一樓層有餐廳、2 處洗手間、3 處昇降梯空間可達至頂樓或一樓。

1 樓：有儲存空間、貨卡車進入及卸貨區及一般停車區。

每一樓層高度為 4.5 米，挑高中庭從頂樓停車區再往上延伸 3m 高。

²³ Performance-Based Design Analysis of a Shopping Mall, 3rd International conference on Performance-Based codes and Fire Safety Design Methods, volume2, Lund, Sweden, 2000.

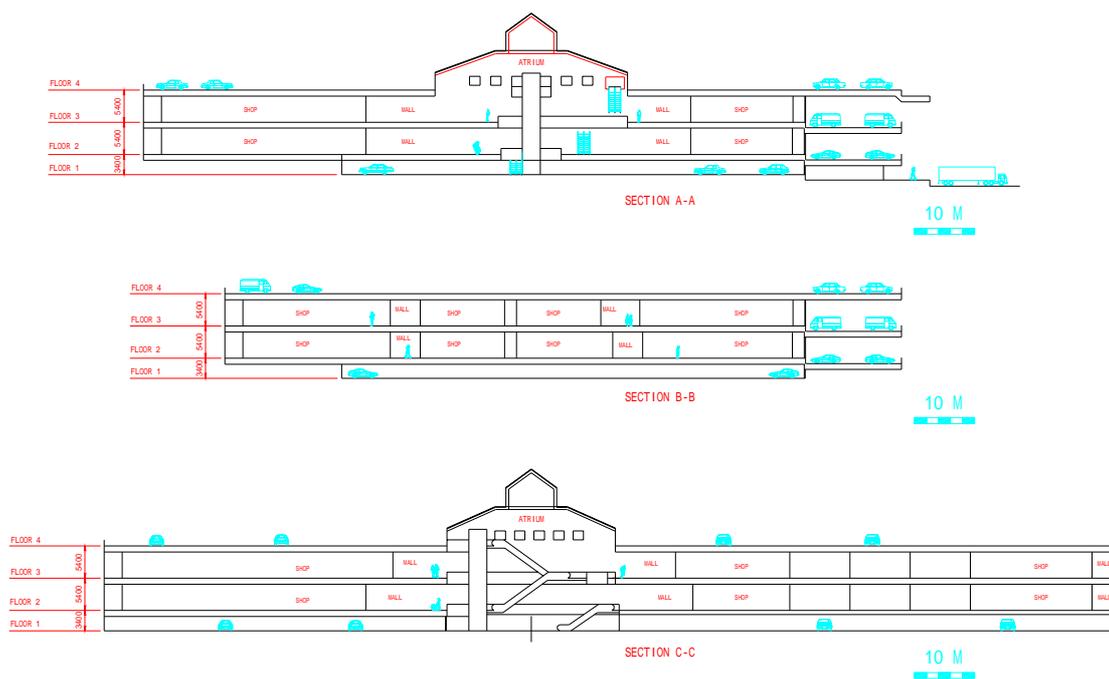


圖 5-11 案例設計所採用購物商場位置圖

一、紐西蘭團隊設計

若依定性式的解決方案，每年花在火災安全系統的保養費用大約在\$6700 紐西蘭幣左右，這些保養費用包括灑水系統、偵煙器、以及手控火警警報系統、氣控煙控系統，在挑高中庭的機械煙控、消防水管、消防栓系統、緊急照明和出口號誌等等。

而建築的結構，假設用混凝土來評估其價格，因此對於樓板及一些支撐結構沒有必要增加費用來達到其所需的防火等級，以下為定性式設計與性能式的設備價格說明。

(一) 定性式設計的設備價格

自動灑水系統	\$1,981,400.00
偵煙器	\$595,220.00
氣體控制煙控	\$10,000.00

消防水管	\$21,600.00
消防栓系統	\$24,000.00
消防人員升降梯控制	\$7,500.00
緊急照明設備	\$208,510.00
出口號誌	\$15,200.00
6 個樓梯井	\$1,419,370.00
防火門	\$38,000.00
升降通道的防火牆	\$118,800.00
防火閥	\$21,600.00
挑高中庭排放系統	\$200,000.00
走道上空調系統供應的替代空氣	\$310,000.00
環繞挑高中庭的欄杆	\$38,400.00
停車場的防火牆	\$151,200.00
總共(紐西蘭幣)	\$5,160,800.00

在性能式解決方案中不包括安全路徑的樓梯井，其應該歸在之前的定性式解決方案中，而可租販售的區域大約增加 2250m²，基本上每年的租金為\$800/m²，因此建築物每年增加的收入為 1,800,000 紐西蘭幣。

假設在挑高中庭有 4 個電扶梯和 2 個附加電扶梯，而在定性式的解決方案其建築物走道上的整個高度是用來讓購物者能經過樓層，而附加 7 個電扶梯的費用包含在功能式設計裡，用來比較價格，因此，這些設施對人們要移動到任何地方都有必要。

在功能式設計中每年花在火災安全系統的保養費用大約為\$7400，這些保養費用包括灑水系統、偵煙器及手控火警警報系統、消防水管、消防栓系統、可攜式火警滅火器，以及緊急照明設備、當然也包括每年\$1500 紐西蘭幣的人員測練費用。

(二) 性能式設計方案的設備價格

自動灑水系統	\$1,550,580.00
--------	----------------

消防人員升降梯控制	\$7,500.00
消防水管	\$21,600.00
緊急照明設備	\$119,790.00
消防栓系統	\$24,000.00
在樓梯井的排煙系統	\$216,000.00
在挑高中庭的排煙系統	\$200,000.00
在走道上的排煙系統	\$240,000.00
商店和走道上的防煙垂壁	\$230,080.00
挑高中庭的防煙隔板	\$92,000.00
樓梯井的防煙隔板	\$86,400.00
在挑高中庭的防煙垂壁	\$43,000.00
在樓梯井的防煙垂壁	\$40,000.00
走道上空調系統供應的替代空氣	\$310,000.00
可攜式滅火器	\$10,400.00
儲藏室的偵煙器	\$60,000.00
停車場的防火門 / 牆	\$177,700.00
升降梯的防火門 / 牆	\$67,200.00
樓梯	\$434,640.00
電扶梯(在挑高中庭要超過 4 個&走道上要超過 2 個)	\$350,000.00
總共(紐西蘭幣)	\$4,281,210.00

(三) 價格的比較

在火災安全設施的最始裝置費用方面，性能式比定性式設計便宜，大概可節省約\$879590 紐西蘭幣，而後續的保養費用都差不多，但性能式設計可增加租用空間，因此建築物每年都有額外增加收入。

1、美國團隊設計

針對性能式及定性式設計分別對最初裝置費用及使用週期間的保養費用，以及新增的稅收來比較價格上的差異，在這個研究案例中我們需評估工程上實際所需時

間及建築時間的關係以建立一個設計費用的估計，這個設計費用包含扣除每一個替代設計所節省下的費用。

這個定性式建築建構的價格約需\$56,000,000 US，包括：

一樓場車區域\$7,000,000

二樓販售區一骨架和混材（\$23,800,000）

三樓販售區一骨架和混材（\$23,800,000）

四樓場車區域（\$14,000,000）

這個分析考慮 3 種不同嘗試設計：自然煙控、可移動樓梯、降低結構的防火時效、上面每一項的嘗試設計無非是希望能將最初裝購及使用期間的保養費用降到最低，在這個案例中有 2 個可移動樓梯，可使這個區域變成可租賃地方，以便在建築使用期間可以增加這額外收入。

第一個嘗試設計方案，是採用自然通風系統來代替機械式煙控系統，這個結果可以省下購買排氣風扇及發電機的費用，並在挑高中庭的上方安裝 4 個自動排煙閥來替代，而用這個自然通風的設計其最初的購置費用大概可省下\$1,000,000US，其中不計使用期間的保養費。

第二個嘗試設計方案，是採用 2 個可移動的樓梯，其最初的價格可省下\$40,000US 所節省下的樓板面積有 150m²，可變為可租賃的場所，這個增加收入預估每年的租稅可達\$155,000US 其中不計使用期間的保養費。

第三個嘗試設計及建議降低結構的防火時效，包括更換耐火的鋼結構使其防火時效由 3 小時變為 1 小時，其中支持樓板及地板的鋼材其防火時效也由 2 小時降為 1 小時，這其中所省下的費用可達\$900,000US，其中不計

使用期間的保養費,表 5-3 各嘗試方案設計下所呈現的價格。

表 5-3 嘗試設計下的總價格表

費用	嘗試設計#1	嘗試設計#2	嘗試設計#3
建築費用	(\$56,000,000US)	(\$56,000,000US)	(\$56,000,000US)
自然通風方案	+\$1,000,000US		
可移動的樓梯		\$40,000+US \$155,000US/每年	
降低結構而			\$900,000US
總價格	(\$55,000,000US)	(\$54,640,000US)	(\$55,100,000US)

*以每年有效利率 10%來計算超過 20 年大約為\$1,319,600US

在完成工程及建築時間的分析上大約需花費\$85,000US,另外完成火災模式分析的費用大約為\$65,000US,其中包括建築圖的繪制及詳細說明書,最後必需和有關當局完成協商審查。

在以上三個可接受的設計方案裡,約可省下\$3,260,000US 比較後性能式的設計方案約可省下\$150,000US。

經由上述之案例可以知道在相同的設計案例中,不同設計者可擬定不同的安全設計目標,其所考量的重點不儘相同,但皆符合性能式設計的安全標準,經由上述性能式及定性式設計的價格比較後可以發現性能式設計在經濟上的優勢,也是因為如此世界各先進國家紛紛投入性能式設計的研究及發展。

第六節 未來研究方向

目前各先進國家於性能設計多朝向消防設施之研究，而全世界每年都因不可控制的火災而導致了生命與財產的損失，類似這樣的災害不勝枚舉，欲減少這些災害的方法，其比較顯著的方式就是儘可能降低爆炸與抑制火勢的蔓延。並且為了防止不可預期的火災事故，必須以現代的科技改善已過時或者不適用的消防安全設施。

自動撒水系統也許是控制建築物火災最可靠的消防設施，它之所以被廣泛使用的原因是因為它可以有效率的自動探測到火源並熄滅火勢。當建築物中都安裝了自動撒水器系統時，將會大量的降低因可怕的火災所造成的生命財產損失。美國能源部於 1980 年開始針對從 1952 到 1980 年期間的 600 個自動撒水系統作了完整的分析。根據此項報告指出安裝了自動撒水系統的建築物，在火場中的損失是沒有安裝此項消防設備建築物的五分之一。有安裝自動撒水系統的建築物中，至今還沒有造成任何人員的死亡。事實上，撒水器可以成功的控制或是撲滅火勢的機率高達 98 %，由於這樣高的成功率，使得大部分的保險公司都以低保險費來鼓勵建築物安裝自動撒水系統。

而一般可知火災所產生的煙霧最主要是由熱釋放率所引起，也由於撒水系統的作動而使得熱釋放率受到抑制而降低，因此若能掌控整個火災過程在撒水系統作動後的熱釋放率變化，即可得知煙產生量和逃生時間之關係。

當然在完成此過程之前必需先瞭解影響撒水系統作動的參數，如撒水頭與火源的相對位置、反應時間 (RTI) 的大小、熱釋放率以及密閉空間的大小等等，因此未來研究的方向可朝上述影響撒水系統作動的參數來推導出撒水系統與煙控模式的關係，並進而完成包含撒水系統的煙控簡算模式，以供逃生避難所需時間來確保人員安全。

第六章 結論與建議

第一節 結論

一、引進日本避難安全簡易評估模式

對於適用法規之避難安全性能驗證方法，應具有明確性、簡易性、可行性。明確性意指性能法規應規定具體明確避難安全評估方法，並有收容人員密度、步行速度、出口流量係數、堆積可燃物及裝修材料之發熱量、人員承受火災危害之極限值等相關評估參數之法定值，可供設計者及審查者明確界定參數應用是否符合法定安全標準。簡易性是指所建立之驗證方法能普遍地讓社會大眾理解，並容易驗算應用。可行性乃指該驗證法可以廣泛為的被設計者應用，並能讓審查者容易分析其設計內容是否能達到法規之安全性能。因日本所建立之避難安全驗證法，在評估方法上明確規定各種避難時間的驗算公式，而各項公式的函數在法規上則明確的界定其代表意義及應用方法，讓民眾易於理解並應用之，因此，本研究之避難安全驗證法遂主要採用日本避難安全驗證法之評估模式。

二、具避難安全性能者，得排除法規內容適用

避難安全驗證法的應用乃為突破建築防火避難安全法規等條款的不適用性，而其中之避難安全設施、防火區劃、排煙設備、內部裝修材料，包括走廊寬度、到達出口之步行距離、避難安全內裝材料的種類等設施之設計裝置目的乃為確保人命安全。因此，若經驗證建築物內發生火災時，上述設施即使未符合防火避難安全法規內容，其人員仍可在不受火災危害下避難至安全處所，則表示這樣的避難安全設計也可以達到確保人命安全之目的，所以得排除其原有法規條文的適用。

三、方法雖簡易可行，但有其適用範圍限制

本研究所應用之日本避難安全驗證法，因將許多繁複的建築空間、人類的行為及火災發展屬性予以限制簡化，以使其驗證法可以趨於簡易可行，所以在使用避難安全驗證法時應注意其使用限制條件之規定。該驗證法之應用限制在建築空間方面，限定應為防火、耐燃之建築物；在人員方面，規定所有人員應具有自力行動之避難能力；在火災發展方面，其火災模式為 t-square 成長，且火災僅為侷限於居室內未蔓延至其他居室之火災規模。

四、各種境況設計及參數、數據應用，均已考量必要的安全餘裕

從過去火災案例中發現，每一次火災發展的真實境況皆有所不同，隨著每棟建築物的建築結構、收容人員的使用狀態、安全管理措施的差異而改變；而避難安全驗證法的應用卻是以火災發展的情境為基礎，因此在避難安全驗證時，對於所假設的境況越接近真實狀態時，則其驗證結果就越接近真實狀態，對於人命安全確保的疑慮就越小，相對所應用的安全餘裕值就較小。反之，若假設境況若與實際境況有落差存在時，則會令人質疑其驗證結果的安全性，相對的需要設定較大的餘裕值。而日本之避難安全驗證法為顧及其假設條件與真實狀況之間的落差，其計算過程所應用之方程式及參數就先以較大的餘裕值進行推估，所以其避難驗證結果因已重複考量其安全餘裕，故只要避難人員可於容許時間內逃生即可判定為安全。

五、應循規定步驟，小心求證

有關進行樓層之避難安全驗證時，在避難開始時間計算時，應從其可能起火室之位置，探討所界定之居室範圍及樓地板面積區域，才能將該面積代入公式，計算出符合立法原意之避難開始時間。另要注意屬於睡眠狀態的場所其樓層避難開始時間較一般場所多二分鐘。避難行動時間包括步行時間及通過出口所需時間，計算時應合理分配人員使用出口，才能量測出其最大步行距離，求出最大步行時間；通過出口所需時間則應

詳細計算有效出口流量係數及有效出口寬度，才能得知人員是否可以在出口未受火災危害波及前進行安全的避難。至於避難容許時間的計算應注意其樓地板及天花板屬於規則水平形狀或有不規則高低起伏之落差，以明確界定容許煙層下降極限高度及容許煙蓄積之體積，然後才能應用公式計算發煙量及排煙量，並導入方程式求出避難安全容許時間。所以在應用避難安全驗證法時應依照規定之步驟，小心謹慎的計算求證之，才能合理的推估避難安全逃生之結果。

第二節 建議

一、性能式避難安全驗證制度之建立

避難是指火災發生時，建築物內人員往安全處所逃生之行為，一般分為起火居室避難、起火樓層避難及整棟建築物的避難，故需建立避難計劃、避難安全評估、煙控計劃、樓層及整棟建築物的避難安全設計，並加以驗證，以確定避難安全行動為可行的。

二、性能評估

為於火災發生時，如何避免或減少生命財產的損失，故防火目標相對於法規上達成比對分析與明定，是推動性能式設計與評估工作之重要課題。我們可以分別從建築的結構、材料的抗火性能、建物內部的防火區劃、內部裝修、防阻火災設備及避難對策等方面著手，其中參數的設計更是重要的依據。

三、性能設計的審查機制

從事性能設計所需依靠的是合格以及受過專業訓練的人，來採用合適的模式方法及數據做設計分析。一般而言法規的制定是多層面的，所以法規的研擬過程應有各種相關領域的專業人士參與。

參考文獻

中文部分

1. 丁育群、王鵬智，「各國建築物性能防火法規推動現況及展望」，內政部建築研究所 2000 年建築物性能防火法規研討會論文集，2000。
2. 何明錦、江崇誠，「建築物利用實態與人員避難行動特性調查研究（一）- 以【百貨商場】為例」，內政部建築研究所專題研究計劃成果報告，1999。
3. 沈子勝，「火災中人類避難相關理論分析研究」，警學叢刊，26 卷 6 期，1996。
4. 李立成，「建築物火災避難行為與空間安全特性之研究」，中央警察大學消防研究所碩士論文，1998。
5. 林慶元、林昕佑，「區域性醫療院所避難逃生設計之研究」，內政部建築研究所專題研究計劃成果報告，1997。
6. 林元祥，「建築物逃生系統可靠度評估與最佳化設計規劃」，中央警察大學學報，第 31 期，1997。
7. 林元祥、呂和樹，「建築物火災人員逃生危險度之電腦模擬評估」，中央警察大學學報，第 36 期，2000，pp457-470。
8. 林木榮、黃崇琦，「性能式火災安全設計發展之介紹」，財團法人工業技術研究院工安衛中心，2001
9. 吳俊毅，「運用 EXODUS 避難軟體進行避難所需時間之驗算 - 以地下車站為對象」，中央警察大學消防科學研究所碩士論文，2000。
10. 張仕獻，「群集步行速度調查與避難安全評估應用之研究」，中央警察大學消防研究所碩士論文，1999。
11. 黃文旭，「建築物避難通道安全性評估方法之研究 - 以電影院為例」，成功大學碩士論文，1988。

12. 劉東文,「集合住宅複合用途使用避難安全性之影響 - 從避難逃生設施供給面探討」,台灣科技大學工程技術研究所碩士論文,1998。
13. 鄭震崇,「地下捷運車站火災之人員避難安全性評估」,中央警察大學消防科學研究所碩士論文,2001。
14. 薛裕霖,「捷運地下車站起火延燒擴大防止對策之研究—以費氏曲線評估法為工具」,中央警察大學消防科學研究所碩士論文,2001。
15. 鍾基強,「性能式煙控與避難系統設計」,初版,全華科技圖書出版社,台北,2001。
16. 簡賢文、陳火炎、陳裕仁,「建築技術規則性能防火法規轉換之研究」,中央警察大學學報,第34期,1999,pp386-389。
17. 簡賢文,「建築物火災後調查與分析之研究 - 災例調查與防火避難相關理論」,警政學報第23期。
18. 簡賢文、沈子勝、楊艷禾,「建築物火災避難安全及煙控性能設計法之研究(二) 避難安全性能設計法部分」,內政部建築研究所研究計劃成果報告,2001。

外文部分

一、英文

1. Beck V., "Performance-based Fire Engineering Design and Its Application in Australia," in Y. Hasemi Ed., Fire Safety Science - Proceedings of the Fifth International Symposium, Symposium held at Melbourne, 3-7th 1997, London & New York: Hemisphere Publishing Co., PP.23-33.
2. Bell J. R., "137 Injured in New York City High Rise Building Fire", Fire Journal, March 1981, pp38-49.
3. Boyce Karen, Fraser-Mitchell Jeremy, Shields Jim, "SURVEY ANALYSIS

- AND MODELLING OF OFFICE EVACUATION USING THE CRISP MODEL”, Human Behaviour in Fire Proceedings of the First International Symposium, 1998, PP691-702.
4. Bukowski Richard W., , “Risk and Performance Standards” , Thirteenth Meeting of the Ujnr Panel on Fire Research Safety , 1996, pp79-88.
 5. Buchanan A. H., Fire Engineering Design Guide, University of Canterbury, New Zealand , 1994.
 6. BSI Technical Committee FSH/24, “Fire Safety Engineering in Building - Part1. Guide to the Application of Fire Safety Engineering Principles”, 1997.
 7. Bryan, J.L., Section 1/Chapter 16, Behavioral Response to Fire and Smoke, in SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, P.J. DiNenno, editor-in-chief, Society of Fire Protection Engineers, Boston, MA, 1988.
 8. Charters David, Holborn Paul, Townsend Neil “Analysis of the Number of Occupants, Detection Times and Pre-movement times”, Human Behaviour in Fire, Second International Symposium, 2001 , pp197-207.
 9. Carol A. Caldwell, Deborah L. Palmer, “HUMAN BEHAVIOUR THE PRACTISING FIRE ENGINEER”, Human Behaviour in Fire Proceedings of the First International Symposium, 1998, PP93-103.
 10. Cooper, L.Y. and Stroup, D.W., Calculating Available Safe Egress Time (ASET)-A Computer Program and Users’ Guide, NBSIR 82-2578, Nat. Bur. Stand., Gaithersburg, MD 20899, 1982.
 11. Cooper, L.Y. and Forney, G.P., The Consolidated Compartment Fire Model (CCFM) Computer Code Application CCFM. VENTS-Part 1: Physical Basis, NISTIR 4342, Nat. Inst. Stand. Tech., Gaithersburg, MD 20899, 1990.
 12. David Purser, “Human Tenability”, Fire & Risk Sciences Division, Building Research Establishment, UK, 2001.
 13. Fahy Rita F., Proulx Guylene, “Toward Creating a Database on Delay Times

- to Start Evacuations and Walking Speeds for Use in Evacuation Modeling”, Human Behaviour in Fire, Second International Symposium, 2001, pp175-183.
14. Friedman, R., Survey of Computer Models for Fire and Smoke (second edition) , Factory Mutual Research Corporation, Norwood, MA, 1991.
 15. Gwynne S. and Galea E. R., A Review of the Methodologies and Critical Appraisal of Computer Models Used in the Simulation of Evacuation From the Built Environment, Society of Fire Protection Engineers, 1997.
 16. Gordon E., “Engineering Analysis of Hazards to Life Safety in Fires : The Fire Effluent Toxicity Component” Human Behaviour in Fire- Proceedings of the International symposium, pp.621-629,1998
 17. Fruin J., “Pedestrian planning and design”, Metropolitan Association of Urban Designers and Environmental Planners, New York, 1971.
 18. Hadjisophocleous George V., Benichou Nouredine and Tamim Amal S., “Literature Review of Performance-based Fire Codes and Design Environment”, J. of Fire Prot. Engr., 9(1), 1998, pp12-40.
 19. Hankin B D, Wright R A, Passenger flows in subway, Operational Research Quarterly, Vol 9, pp81-88, 1958.
 20. Heskestad, G., Similary Relations for the Initial Convective Flow Generated by Fire, FM Report 72-WA/HT-17, FMRC, Norwood, MA,1972.
 21. International Standards Organisation, The Application of Fire Performance Concepts to Design Objectives, ISO CD 13387,1997.
 22. International Standards Organisation, Fire Safety Engineering-Life Safety, ISO/CD 13394, 1997.
 23. Julliet, E.Evacuating People with Disabilities, Fire Engineering, 146, 12, 1993.
 24. Kathy A. Notarianni and Paul S. Fischbeck ,”Dealing with Uncertainty to

- Improve Regulation”, Firesafety Design in the 21st Century , Second Conference. Pre-Conference Papers. Proceedings. Worcester Polytechnic Institute. June. 9-11, 1999, Worcester, MA, pp121-133,1999.
25. Kathy A. Notarianni, Paul Fischbeck, “ A METHODOLOGY FOR THE QUANTITATIVE TREATMENT OF VARIABILITY AND UNCERTAINTY IN PERFORMANCE-BASED ENGINEERING ANALYSIS AND/OR DECISION ANALYSIS WITH A CASE STUDY IN RESIDENTIAL FIRE SPRINKLERS”, Pacific Rim Conference and 2nd International Conference on Performance-Based Codes and Fire Safety Design Methods, May 3-9, 1998, Maui, Hawaii, PP225-239.
 26. Livesey G. E., Dongegan H. A., “a Consideration of Evacuation Attributes and their Functional Sensitivities” , Human Behaviour in Fire, Second International Symposium, 2001 , pp111-122.
 27. Meacbam Brian J., “Addressing Risk and Uncertainty in Performance-Based”, Fire Protection Engineering, Spring 2001, pp16-25.
 28. Madrzykowski Daniel, “OFFICE BUILDING FIRE RESEARCH PROGRAM: AN ENGINEERING BASED APPROACH TO FIRE SAFETY DESIGN”, Fire and Materials'98 International Conference, 5th, 1998, pp23-33.
 29. McCaffrey B.J., Quintiere, J.G., and Harkleroad, M.F., Estimating Room Temperatures and the Likelihood of Flashover using Fire Test Data Correlations, Fire Technology, 17, 1988, pp 98-119.
 30. National Fire Protection Association, Life Safety Code, NFPA101, 2000.
 31. Notarianni Kathy A., Fischbeck Paul S., “Dealing with Uncertainty to Improve Regulation”, Firesafety Design in 21st Century, Second(2nd) Conference,1999.
 32. Nelson, H.E. and MacLennan, H., Section 2/Chapter 6, Emergency Movement, in SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, P.J. DiNunno, editor-in-chief, Society of Fire Protection Engineers, Boston, MA, 1988.

33. NFPA'S Future in " Performance-Based Code and Standards," NFPA,1995.
34. Philip J. DiNenno, "Highrise and Mixed Use Facilities: Requirements, Experience, and Case Studies", 高層複合用途建築物之火災安全對策研討會 , 財團法人消防安全設備中心基金會 , 2001.
35. Powers R., "New York Office Building Fire", Fire Journal, January 1971, pp38-49.
36. Polus A, Schofer J L, Ushpiz A, Pedestrian flow and level of service, Journal of Transportation Engineerig, PROC ASCE, 109, pp46-47,1983.
37. Peacock, R.D., Forney, G.P., Reneke, P., Portier, R., and Jones, W.W., CFAST, the Consolidated Model of Fire Growth and Smoke Transport, NIST Technical Note 1299, Nat. Inst. Stand. Tech., Gaithersburg, MD 20899, 1993.
38. Pauls, J., Section 1/Chapter 15, Movement of People, in SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, P.J. DiNenno, editor-in-chief, Society of Fire Protection Engineers, Boston, MA, 1988.
39. "Performance-Based Goals, Objection and Criteria,"Primer #1, NFPA, 1997.
40. Society of Fire Protection Engineers Bethesda, Maryland, "SFPE Engineering Guide to Performance-Based Fire Protection", Published by the National Fire Protection Association, 2000.
41. The Building Regulation 1991 – Approved Document B, section B1, HMSO Publication, Londo.
42. Yoshifumi OHMIYA, "A RISK-BASED TRANSLATION OF FIRE RESISTANCE REQUIREMENT", Fifteenth Meeting of the UJNR Panel on Fire Research and Safety, 2000, pp197-198.
43. Zhao Longde, "A New Approach for Modeling the Occupant Response to a Fire in a Building" , J. of Fire Prot. Engr., 10(1), 1999, pp28-38.

二、日文

1. 大宮喜文、高山英之、荻原一郎、田中哮義、若松孝旺，「避難安全規定 關 研究 1 各國 避難 調查 比較」，日本火災學會研究發表會概要集，1987。
2. 大宮喜文，海老原學，野竹宏彰，諸外國 性能規定化 動向，火災，238，1999。
3. 小林正美，「建築空間 火災時 人間行動 人 何時避難 ？」，建築防災，日本建築防災協會，1991. 4。
4. 北後明彥，「避難計畫 避難計算 」，建築防災，日本建築防災協會，1997. 4。
5. 什本誠，「建築基準法改正 經緯 今後」，火災，Vol. 51 No. 1，2001. 2。
6. 田中哮義，「建築基準法性能規定化 評價 今後 展望」，火災，Vol. 51 No. 1，2001. 2。
7. 田中哮義，「建築物火災安全工學入門」，日本建築 - ，平成 5 年，1993。
8. 田中哮義、大宮喜文、高山英之、荻原一郎、若松孝旺，「避難安全規定 關 研究 2 居室 避難經路規定 分析」，日本火災學會研究發表會概要集，1987。
9. 北後明彥，「建築物 火災時 避難行動特性 關 研究」，神戶大學大學院自然科學研究科博士論文。
10. 矢代嘉郎，「避難安全 火災 建築物 防災對策 構成方法 關 研究」，千葉大學學位申請論文。
11. 吉田克之，「初步 避難計算」，建築防災，日本建築防災協會，1993. 7。
12. 吉田克之，「避難計算法 變遷 實際」，建築防災，日本建築防災協會，1991. 4。

13. 吉田克之,「米國 世界貿易 一避難行動」, 建築防災, 日本建築防災協會, 1993. 9。
14. 長谷見雄二,「建築火災 材料 燃燒性狀評價」, 建築防災, 日本建築防災協會, 1996. 10。
15. 長谷見雄二,「避難安全設計 成立 歷史 考」, 建築防災, 日本建築防災協會, 1991. 4。
16. 高木任之,「耐火建築物等的性能設計」, 近代消防, 第 469 號, 2000。
17. 高木任之,「建築基準法 性能規定化」, 火災, 238, 1999。
18. 高山英之、大宮喜文、荻原一郎、田中哮義、若松孝旺,「避難安全規定 關 研究 4 各國避難規定 確保避難性能 分析」, 日本火災學會研究發表會概要集, 1987。
19. 掛川秀史,「火災 基 避難安全評價手法 觀研究」, 研究論文。
20. 森田武,「六十九層超高層建築物的避難」, 近代消防, 第 466 號, 2000。
21. 荻原一郎,「避難安全驗證法 概要」, 火災, Vol. 51 No. 1, 2001. 2。
22. 荻原一郎、大宮喜文、高山英之、田中哮義、若松孝旺,「避難安全規定 關 研究 3 全館避難計算法」, 日本火災學會研究發表會概要集, 1987。
23. 荻原一郎、林廣明,「避難安全驗證法」, 防火設計 變特集, 2001, pp.140-154。
24. 荻原一郎、林廣明,「避難安全驗證法」, 建築技術, 日本建築防災協會, 2000.11。
25. 福井潔,「避難計畫 安全區劃」, 建築防災, 日本建築防災協會, 1997。

26. 避難行動專門委員會，「火災時 人間行動 避難安全性能評價」，火災，Vol. 51 No. 1，2001. 2。
27. 日本建設省住宅局建築指導課，「改正建築基準法（2 年目施行）之解說」，2000。
28. 日本火災學會廣島市基町高層住宅火災時 避難行動調查委員會，「廣島市基町高層住宅火災時 居住者 避難行動 火災」，1997。
29. 建設省建築研究所、日本建築 - ，「火災安全設計分科會」，建設省總合技術開發 - ，防 耐火能評價技術開發報告書，1997。
30. 建設省，「防 耐火性能評價方法 國際調和」，建設省總合技術開發 - ，防 耐火性能評價技術開發書，1999。
31. 日本建築 - ，「建築物 綜合防火設計法第 3 卷避難安全設計法」，1988。
32. 日本建築 - ，「新 建築防災計畫指針 建築物 防火避難計畫 解說書」，1995。
33. 日本建築 - ，「2001 年版避難安全驗證法 解說及 計算例 解說」，2001。

附錄一

在這附件中，將針對近年來世界所採用的火災模式進行收集整理及使用範圍與限制的說明。並依據火災的使用範圍分成 6 大類且列表加以說明。

- 一、附表 1 顯示分別由 7 個國家所發展的 31 種模式，運用在一區間所發生的火災，並且一般而言它們可以預測在不同的位置上時間對溫度及煙濃度的影響。
- 二、附表 2 所顯示的模式，分別由三個國家所發展的，它們可以計算火的燃燒時間，特別是在柱和樑上面。
- 三、附表 3 所顯示四種建築物疏散避難模式，分別由四個國家所發展出來。
- 四、附表 4 顯示出五種模式，分別由三個國家所發展的，它們最主要是計算撒水頭啟動時間或其它熱源探測時間。
- 五、附表 5 所顯示的三個模式分別由三個國家發展的，以火和撒水頭的交互作用為出發點。
- 六、附表 6 分別由四個國家所發展的八種特定火災預測模式。

附表 1 區劃火源的火災模式

電腦需求	模式名稱	發展國家	模式名稱	發展國家
個人電腦可執行	ASET	U.S.	FISCO-3L	德國/挪威
	ASET-B	U.S.	KOBRA-3D	德國
	BRI-2	日本		
	CCFM.VENTS	U.S.		
	CFAST	U.S.		
	CFIRE-X	德國挪威		
	COMPBRN-III	U.S.		
	COMPF2*	U.S.		
	DSLAYV	瑞典		
	FAST	U.S.		
	FIRST	U.S.		
	FPETOOL	U.S.		
	HARVARD	U.S.		
	MARKVI	U.S.		
	HAZARD I	U.S.		
	NRCC1	加拿大		
NRCC2	加拿大			
R-VENT	挪威			
Sfire-4*	瑞典			
個人電腦等級以上	CiFi	法國	BF3D	U.S.
	FISBA	法國	FLOW3D	英國
	MAGIC	法國	JASMINE	英國
			KAMELEON E-3D	挪威
			KAMELEON II	挪威
			PHOENICS	英國
			RM FIRE	加拿大
			UNSAFE	美國日本

*可模擬閃燃後特性

附表 2 阻燃時間預測模式

發展國家	模式名稱
加拿大	CIRCON;COFIL;COMPSL;INSTAI;INSTCO;RCCON; RECTST;SQCON; TCSLBM;WSHAPS
法國	NAT
瑞典	TASEF

附表 3 逃生避難模式

發展國家	模式名稱
U.S.	EXIT 89;HAZARDI (EXITT)
日本	EVACS
澳大利	EESCAPE
英國	EXODUS , SIMULEX

附表 4 熱偵測器啟動時間預測模式

發展國家	模式名稱
U.S.	DETECT-QS DETECT-T2 LAVENT (includes ceiling vents, draft curtains) TDISX
芬蘭	PALDET
瑞典	TASEF

附表 5 撒水頭與火勢成長交互作用預測模式

發展國家	模式名稱
U.K.	PADISM;SPLASH
德國/挪威	FISCO-3L
瑞典	TASEF

附表 6 特殊目的使用模式

發展國家	模式名稱	使用目的
U.S.	SMACS	Smoke in HVAC system
	ASCOS	Smoke control
	MFIRE	Mine ventilation network
	UFSG	Upward wall fire spread
	SPREAD	Wall fire spread
德國/挪威	FIREX-1.2	Hydrocarbon fires
加拿大	WALLEX	Window fire plume
	RISK-COST	Life and cost-multistory buildings

附錄二

模式使用摘要說明

以下將所收集整理的 60 種模式，依照其英文字母的排列順序簡扼說明其使用目的及範圍：

一、ASCOS (Analysis of smoke Control Systems) (煙控分析系統)

使用摘要說明：建築物穩定流量及產生壓力的計算程式。分析項目包括有：(1) 加壓的樓梯間 (2) 加壓的電梯 (3) 區域煙控系統 (4) 加壓的走廊。優點：輸入資料少。

二、ASET (Available Safe Egress Time) (有效的安全出口時間)

使用摘要說明：由煙層厚度、溫度及燃燒物來預測產生的能量及燃燒物的釋放率。

三、SET-B (Available Safe Egress Time-Basic)

一簡單單一房間煙擴散的模式，由火災時間、能量及物品熱釋放率能模擬煙層厚度、溫度、濃度。

四、BF3D

為 3D 的 Field 模式，可模擬一有限空間內熱浮力效應。

五、BRI2

二層的區域模型，可模擬多空間煙擴散的傳遞情形。

六、CCFM.VENTS(Consolidated Compartment Fire Model application code named VENTS) 多空間的火災模式，能模擬兩層環境 (接觸面層燃燒產物的高度、溫度、濃度)。在空間內可模擬機械及自然通風風和煙囪效應，在任何熱釋效率條件下。

七、AST (Version 1.3)

為區域模式，預測受到火災的多空間火場環境。

八、CFIRE-X

一種區域模式，對於隔間的火災，特別是液態碳氫化合物池的火災。

九、iFi

多空間的區域模式內煙的移動。

十、CIRCON

加強混凝土的圓柱對火災抵抗的時間計算模式。

十一、COFIL

以普通的混凝土填滿中空的圓柱鋼管對火災的抵抗阻擋計算的模式。

十二、COMPBRN III

區域模式用於隔間火災，採統計模式計算區劃空間內火源成長預測。

十三、COMPF2

簡單的區域模式，針對單一隔間，預測閃燃後火災的情況。

十四、COMPSL

計算暴露在火災中多層厚板的溫度。

十五、DETECT-QS (Detector Actuation-Quasi Steady)

此程式是計算在任意的熱釋效率的火災形勢天花板下熱探測器的啟動時間以任意的熱釋效率的火災形勢下。

十六、DETECT-T2 (Detector Actuation-Quasi Steady)

在 time squared 的熱釋效率下，預測天花板下熱探測器的啟動時間模式

十七、DSLAYV

在一區域模式裡以單一房間為基礎，計算熱及排煙量。

十八、EESCAPE (Emergency Escape)

火災時多層建築物的疏散模擬，經由樓梯的逃生路徑的最佳化分

析。

十九、EVACS

火災中使用者的逃生疏散模式。

二十、EXIT89

為高層建築的疏散模式，處理一個大量人口的疏散預測模擬。

二十一、FAST (Version 18.5)

一種區域模式，可預測一個火場隔間時的火場情境。

二十二、FIRST (Version 1.2)

預測在封閉空間內的火災行為，包括氣體溫度、通過通風口之流量率、點燃狀況、氣體種類之濃度等。

二十三、FISBA

單一空間的區劃模式可預測火源成長及閃燃後的火場情境。

二十四、FISCO-3L

以個人電腦形式的計算模式，為單一空間環境的火災發展模式。

二十五、FLOW3D

為一般目的流體動力學計算程式。

二十六、FPETOOL

單一空間火災預測模式且有收集各種不同的火災計算方程組。

二十七、HARVARD MARK VI MULIT-ROOM Fire Simulation

一種區域模式，可作 10 個房間，20 個通風口，3 種火災型式，選擇單一地板火場的模擬。

二十八、HAZARD I (Version 1.1)

建築物內火災對人類的影響模式化。它結合專家的判決，使用

電腦基本運算及火災及煙對人的影響，評估建築物火災時使用人員所需的逃生時間。

二十九、INSTAI

為中空圓鋼柱對隔離阻擋火災的計算模式。

三十、INSTCO

充滿混凝土的圓管狀鋼柱對火災的隔離阻擋的計算模式。

三十一、JASMINE

一種計算有限空間內煙擴散的 field 模式。

三十二、KAMELEON FIRE E-3D

在有限範圍內可做暫態池袋火災計算 3 維的預測模式。

三十三、KAMELEON II

在複雜的幾何形體內能做煙及有毒氣體的移動的 3 維計算模式。

三十四、KOBRA-3D-VERSION 1.0

在一單一燃燒的空間內預測流體動態的 3 維計算模式。

三十五、LAVENT

一區域模式能預測天花板下垂壁鏈條受高溫煙流熔斷所需時間，此模式計算由煙流及熱輻射所造成的天花板的溫度分佈曲線，同時此模式可提供圖形分析。

三十六、MAGIC

雙空間區域模式可處理 24 個隔間，包括自然通風及機械式通風，其輸出包括煙層高度、煙溫、牆溫，及煙濃度。

三十七、MFIRE

模擬礦場的通風系統，可計算自然通風風扇以及火場狀況。

三十八、NAT

模擬結構體受火的熱影響。

三十九、NRCC1

單一隔間的火災成長模式。

四十、NRCC2

對於大型辦公室空間的火災成長模式。

四十一、PALDET

預測在天花板下撒水頭及火警探測器的反應時間。

四十二、PHOENICS

為一般目的、3 維、暫態的流體力學計算模式。

四十三、RADISM

為區域模式，含有上升煙層、灑水器及通風口的氣流分析。

四十四、RCCON

對方形強化混凝土柱的火災抵抗能力計算模擬。

四十五、RECTST

使用有限元素方法分析方形鋼柱對火的隔離抵抗。

四十六、RISK-COST

預期在多層建築體內火災時生命的危險及燃燒損失。

四十七、RMFIRE

在房間火災計算暫態煙的移動，屬 2-D 的計算模式，可輸出溫度、速度、壓力值。

四十八、R-VENT

由熱釋放率計算出單一空間的最佳排煙量以維持安全的煙層高度並呈現圖形結果。

四十九、SFIRE-4

採用質量能量平衡公式計算閃燃後的火場情境，輸出氣體溫度曲線，牆體溫度、氣流、燃燒能量釋放率等數據。

五十、SMACS

模擬建築物內裝設空調系統時煙的移動情況。

五十一、SMKFLWY

模擬建築物內單層區域煙的傳動情形。

五十二、SPLASH (Sprinkler Layer And Substracted Heat)

模擬撒水頭的水滴和火勢相互作用，為一種近似 field 模擬的模式。輸入撒水頭，走廊幾何大小，煙層的資料。輸出從煙到水滴粒子的熱傳量，撒水頭涵蓋之區域，水滴影響熱傳之變化，水滴的物理及熱軌跡等數據。

五十三、SPREAD

在牆上著火時的燃燒率及蔓延率的預測模式。

五十四、SQCON

計算方形強化水泥柱對火的阻抗輸入柱體尺寸、混凝土型態、強度、位置及強鋼的尺寸。輸出溫度、應力分佈等數據。

五十五、TASEF

使用有限元素法計算，暴露在火災中結構體的溫度，可設定多種的結構材料，熱性質。

五十六、TCSLBM

計算暴露在火災中組裝之混凝土樑 2 維溫度分佈。輸入板樑尺寸。輸出溫度分佈。

五十七、TDISX

預測運用在倉庫的撒水頭反應情況，輸入倉庫高度，火源直徑，撒水頭相關參數（溫度範圍，比熱，表面面積，溫度，

質量輸送損失因子)，撒水頭的位置（火源距離，天花板高度）。

五十八、UFSG

似炭及非炭物質向上燃燒及蔓延的預測模式。

輸入：(I) 原始物料的熱性質 (II) 熱分解溫度 (III) 燒焦傳導性 (IV) 分解熱

輸出：(I) 向上燃燒的蔓延率 (II) 熱釋放率 (III) 最大燃燒蔓延程度

缺點：燃燒及輻射程式並不完整。

五十九、MODIFIED UNDSAFE (3-D and 2-D)

採用有限差分的 3 維 field 模式可預測開放空間或有限範圍內的大場情境。輸入邊界條件及初始條件可得等溫線，速度分佈，壓力線等數據。

可運用在：(I) 飛機壓艙之火災 (II) 飛機庫之火災 (III) 有間隔空間煙填充計算 (IV) 在加熱線上煙流速擺動行為 (V) 有限空間開口部熱及煙的流動行為 (VI) 隧道火災 (VII) T 模型燃燒 (VIII) 噴口氣流 (IX) 建築物經由窗的火災傳播行為

六十、WSHAPS

利用有限元素法分析 W 型鋼對火的阻抗，輸入效鋼之尺寸，絕熱性，熱性質，鋼體強度，及負載量等。輸出為鋼體的耐火時效。