

4.5 綜合討論

將所有的模擬情境經 FDS 電腦分析結果，綜合彙整詳如表 4-21 及表 4-22 與圖 4-41 及圖 4-42 所示。旨在說明煙層下降危害時間的控制因子轉變的過程以及避難所需時間決定的參數。同時並以比較煙層下降危害時間與避難所需時間的差異，來決定防煙垂壁的適用長度，提供舊有建築物改善排煙設備時之依據。

決定煙層下降危害時間有兩項因素，其一為溫度達危害值的時間，其二為消光係數達危害值的時間，由表 4-21 可以觀察得知，單一區劃面積 200 m²在未設防煙垂壁與設置 50 cm 的防煙垂壁的場所，不論對應有效出口寬度在 1m 或 2m，其煙層下降危害時間的控制因子均為溫度控制，有效出口寬度在 1m 時，煙層下降危害時間分別為 110 秒、122 秒，有效出口寬度在 2m 時，煙層下降危害時間分別為 143 秒、146 秒。但在設置 80 cm 的防煙垂壁的場所，其煙層下降危害時間的控制因子則由溫度控制轉變成消光係數控制，煙層下降危害時間分別為 161 秒、170 秒。由以上時間數值比較可知，設置 80 cm 防煙垂壁相較於設置 50 cm 防煙垂壁的場所，其煙層下降危害時間可增長約 10%。

同樣，在單一區劃面積 300 m²以上場所，煙層下降危害時間的控制因子均為消光係數控制，且當消光係數值達到 0.5 的過程中，溫度若未達 80 °C 的危害值時，溫度因素即不再考慮。因此，由表 4-21 可知，在未設防煙垂壁與設置 50 cm 防煙垂壁的場所，其煙層下降危害時間絲毫沒有差異。由此可見，設置 50cm 防煙垂壁對防煙阻熱效果不佳。但在設置 80 cm 防煙垂壁時，防煙垂壁因有足夠的長度來阻擋高溫及煙層的擴散，相較於設置 50 cm 以下的防煙垂壁，其煙層下降危害時間可增長約 8~10%。

其後，人員避難安全則利用日本檢證法的評估方式來計算避難所需時間，其結果綜合彙整如表 4-22。由表列可以察覺到，影響避難所需時間的長短關鍵主要在於有效出口寬度的大小，有效出口寬度愈大，人員流動性愈快，相對地通過出口所使用的時間亦較短，若有效出口寬度愈小，人員流動性則愈慢，相對地通過出口所使用的時間則較長。因此，有效出口寬度與數量即為評估人員避難逃生最主要的關鍵參數(Critical Parameter)。

表 4-21 模擬情境之煙層下降與避難所需時間比較表

場所 面積 (m ²)	有效出口 面積 (m ²)	開口寬度 (m)	煙層下降時間(秒) 避難所需時間(秒)	防煙垂壁長度(cm)		
				0	50	80
200	2	1	191.62	(110, 149)	(143, 154)	(199, 161)
200	4	2	124.95	(122, 146)	(146, 150)	(187, 170)
300	2	1	274.64	(-, 208)	(-, 208)	(-, 225)
300	4	2	174.64	(-, 208)	(-, 211)	(-, 226)
400	2	1	356.67	(-, 286)	(-, 284)	(-, 314)
400	4	2	223.33	(-, 290)	(-, 292)	(-, 314)
500	2	1	438.05	(-, 367)	(-, 378)	(-, 418)
500	4	2	271.39	(-, 377)	(-, 374)	(-, 426)

註：(溫度達危害值時間，消光係數達危害值時間)

表 4-22 模擬情境之避難所需時間計算表

居室 編號	高度 m	寬長 比	實際 長寬 m×m	實際 面積 m ²	人口 密度 人/m ²	避難 人員 人	有效 出口 個	出口 寬度 m	步行 速度 m/秒	出口 流率 人/m/s	步行 距離 m	開始 時間 秒	步行 時間 秒	通過	避難
														出口 時間 秒	所需 時間 秒
1	3.2	1:2	20×10	200	1.0	200	1	1.0	1.0	1.5	30	28.28	30	133.33	191.62
2	3.2	1:2	20×10	200	1.0	200	1	2.0	1.0	1.5	30	28.28	30	66.67	124.95
3	3.2	1:3	30×10	300	1.0	300	1	1.0	1.0	1.5	40	34.64	40	200	274.64
4	3.2	1:3	30×10	300	1.0	300	1	2.0	1.0	1.5	40	34.64	40	100	174.64
5	3.2	1:4	40×10	400	1.0	400	1	1.0	1.0	1.5	50	40	50	266.67	356.67
6	3.2	1:4	40×10	400	1.0	400	1	2.0	1.0	1.5	50	40	50	133.33	223.33
7	3.2	1:5	50×10	500	1.0	500	1	1.0	1.0	1.5	60	44.72	60	333.33	438.05
8	3.2	1:5	50×10	500	1.0	500	1	2.0	1.0	1.5	60	44.72	60	166.67	271.39

再從不同有效開口寬度、不同面積、不同長度的防煙垂壁等三項因素之對應關係，來討論煙層下降危害時間與避難所需時間之間比較的意義，如圖 4-41 與圖 4-42 所示。

圖 4-41 為有效開口寬度為 1m 時，不同面積、不同長度的防煙垂壁所得的煙層下降危害時間與避難所需時間的關係圖，藍色代表未設防煙垂壁之煙層下降危害時間曲線，紫色代表設置 50 cm 防煙垂壁之煙層下降危害時間曲線，黃色代表設置 80 cm 防煙垂壁之煙層下降危害時間曲線，淺藍色為避難所需時間曲線。由曲線圖可以觀察到，不論場所內有無設置防煙垂壁，煙層下降危害時間曲線均在避難所需時間曲線的下方，由此可知，當場所之有效開口寬度為 1m 時，因開口寬度不足以提供人員在容許時間內完成避難逃生。因此，此種配置對人員避難確有困難。

圖 4-42 為有效開口寬度為 2m 時，在不同面積、不同長度的防煙垂壁所得的煙層下降危害時間與避難所需時間的關係圖。由曲線圖可以觀察到，除面積 200 m²時，在無設置防煙垂壁的場所，避難安全有困難外，其餘情境的煙層下降危害時間曲線均在避難所需時間曲線的上方。由此可知，當場所之有效開口寬度為 2m 時，由於開口寬度可提供人員在容許時間內完成避難逃生。因此，此種配置對人員避難應屬安全。

再從圖 4-42 發覺在單一區劃面積 300 m²以上的場所，當熱釋放量在 500kw 時，設置 50cm 的防煙垂壁與未設置防煙垂壁，其煙層下降危害的時間差異不大，且在有效開口寬度在 2m 時，兩者的煙層下降危害時間曲線均在避難所需時間曲線上方，此現象是否表示未設置防煙垂壁亦對人員避難安全無慮或者係設置 50cm 的防煙垂壁其對防煙阻熱毫無效果所致？有待進一步探討。

首先針對未設置防煙垂壁時對人員避難安全無慮之部分來討論，探究其原因乃本研究係以假設火勢規模為小火（熱釋放量為 500kw）進行分析比較，同時又因場所面積寬廣，在熱量小的情況下溫度無法急速增加到足以危害到人員傷亡的程度。所以，在大面積且熱釋放量小的情況下，危害因子都是由消光係數來控制。因此，造成設置 50cm 的防煙垂壁與未設置防煙垂壁兩者的煙層下降危害時間相近的原因。雖然如此，但對於不同高度的防煙垂壁，即使煙層下降危害時間相同，可是所對應的溫度值則有明顯的差異。由資料顯示，在未設有防煙垂壁的情況，當消光係數達到危害值時，溫度有較高的現象，而設置有防煙垂壁的情況，溫度則較低。

同時考量一般營業人常有在場所內堆置營業用物品(易燃物品)的習慣，然此舉無形中增加了場所之火載量，一但發生火災會使燃燒擴大並增大火勢規模及熱釋放量。因此在此種情況之下，設置 50cm 或 80cm 的防煙垂壁，何者對防煙阻熱的效果孰佳，有需要再以不同熱釋放量(500kw、750kw、1500kw、3000kw)，不同面積(200 m²、300 m²、400 m²、500 m²)，不同防煙垂壁長度(50cm、80cm)，有效開口寬度為 2m 等條件建立 32 種情境模式，如表 4-23 所示，進行模擬分析比較在不同同面積與不同熱釋放量的情況下，兩者不同高度的防煙垂壁孰對防煙阻熱效果較佳，以確定何者對避難安全較有保障。茲將分析結果，彙整如表 4-24~4-27 及圖 4-43~4-46，分別陳述於後。

表 4-23 不同熱釋放量對不同面積與防煙垂壁模擬情境模式

面積(m ²)	200		300		400		500	
防煙垂壁長度(cm)	50	80	50	80	50	80	50	80
熱釋放量(kw)	500		750		1500		3000	

表 4-24 200 m²不同熱釋放量對應不同防煙垂壁之危害時間比較表

防煙垂壁長度 (cm)		50			80			兩者比較
煙層下降危害時間(秒)		溫度 控制	消光係 數控制	(a) 控制 因子	溫度 控制	消光係 數控制	(b) 控制 因子	(b)-(a) 秒
熱釋放量 kw	500	146	150	146	187	170	170	24
	750	78.1	91.7	78.1	88.7	108	88.7	10.6
	1500	37.9	54.1	37.9	54.9	58.6	54.9	17
	3000	24.9	36.5	24.9	34.9	36.2	34.9	10

表 4-24 為單一區劃面積 200 m²場所，在不同熱釋放量對應不同防煙垂壁之煙層下降危害時間的之比較表。由表可知，在熱釋放量 500kw 時，設置 50cm 防煙垂壁的場所，危害因子受溫度控制，其煙層下降危害時間為 146 秒。而設置 80cm 防煙垂壁的場所，危害因子轉為受消光係數控制，其煙層下降危害時間為 170 秒。兩者均大於避難所需時間 124.95 秒，避難均屬安全。再由兩者危害時間比較得知，設置 80cm 防煙垂壁較 50cm 防煙垂壁的場所可多出 24 秒的避難逃生時間。

同樣在熱釋放量 750kw 時，設置 50cm 防煙垂壁的場所，危害因子受溫度控制，其煙層下降危害時間為 78.1 秒。而設置 80cm 防煙垂壁的場所，危害因子亦為溫度控制，其煙層下降危害時間為 88.7 秒。再由兩者危害時間比較得知，設置 80cm 防煙垂壁較 50cm 防煙垂壁的場所，雖可多出 10.6 秒的避難逃生時間，但兩者均小於避難所需時間 124.95 秒。顯示在此火源下，會危及人員避難安全。因此，在改善的場所不容許有熱釋放量 750kw 以上的火源發生。

在熱釋放量 1500kw 時，設置 50cm 防煙垂壁的場所，危害因子受溫度控制，其煙層下降危害時間為 37.9 秒。而設置 80cm 防煙垂壁的場所，危害因子亦為溫度控制，其煙層下降危害時間為 54.9 秒。再由兩者危害時間比較得知，設置 80cm 防煙垂壁較 50cm 防煙垂壁的場所，雖可延長 17 秒，但兩者均遠小於避難所需時間 124.95 秒。顯示在此火源下，大部分人員無法避難逃生。因此，在改善的場所不容許有熱釋放量 1500kw 以上的火源發生。

在熱釋放量 3000kw 時，設置 50cm 防煙垂壁的場所，危害因子受溫度控制，其煙層下降危害時間為 24.9 秒。而設置 80cm 防煙垂壁的場所，危害因子亦為溫度控制，其煙層下降危害時間為 34.9 秒。再由兩者危害時間比較得知，設置 80cm 防煙垂壁較 50cm 防煙垂壁的場所，雖可延長 10 秒，但兩者均遠小於避難所需時間 124.95 秒。顯示在此火源下，場所會迅速陷入火海中，人員無法避難逃生。因此，在改善的場所不容許有熱釋放量 3000kw 以上的火源發生。

表 4-25 300 m²不同熱釋放量對應不同防煙垂壁之危害時間比較表

防煙垂壁 長度 (cm)		50			80			兩者比較
煙層下降 危害時間(秒)		溫度 控制	消光係 數控制	(a) 控制 因子	溫度 控制	消光係 數控制	(b) 控制 因子	(b)-(a) 秒
熱釋放量 kw	500	—	211	211	—	226	226	15
	750	—	132	132	—	153	153	21
	1500	85.7	65	65	—	79.5	79.5	14.5
	3000	50.4	42.1	42.1	65.8	53.8	53.8	11.7

表 4-25 為單一區劃面積 300 m²場所，在不同熱釋放量、不同防煙垂壁之煙層下降危害時間的比較關係。由表可知，在熱釋放量 500kw 時，設置 50cm 防煙垂壁的場所，危害因子受消光係數控制，其煙層下降危害時間為 211 秒。而設置 80cm 防煙垂壁的場所，危害因子亦為受消光係數控制，其煙層下降危害時間為 226 秒。兩者均大於避難所需時間 174.64 秒，避難均屬安全。再由兩者危害時間比較得知，設置 80cm 防煙垂壁較 50cm 防煙垂壁的場所可多出 15 秒的避難逃生時間。

在熱釋放量 750kw 時，設置 50cm 防煙垂壁的場所，危害因子受消光係數控制，其煙層下降危害時間為 132 秒。而設置 80cm 防煙垂壁的場所，危害因子亦為消光係數控制，其煙層下降危害時間為 153 秒。再由兩者危害時間比較得知，設置 80cm 防煙垂壁較 50cm 防煙垂壁的場所，雖可多出 21 秒的避難逃生時間，但兩者均小於避難所需時間 174.64 秒。顯示在此火源下，會危及人員避難安全。因此，在改善的場所不容許有熱釋放量 750kw 以上的火源發生。

在熱釋放量 1500kw 時，設置 50cm 防煙垂壁的場所，危害因子受消光係數控制，其煙層下降危害時間為 65 秒。而設置 80cm 防煙垂壁的情況，危害因子亦為消光係數控制，其煙層下降危害時間為 79.5 秒。再由兩者危害時間比較得知，設置 80cm 防煙垂壁較 50cm 防煙垂壁的場所，雖可延長 14.5 秒，但兩者均遠小於避難所需時間 174.64 秒。顯示在此火源下，大部分人員無法避難逃生。因此，在改善的場所不容許有熱釋放量 1500kw 以上的火源發生。

在熱釋放量 3000kw 時，設置 50cm 防煙垂壁的場所，危害因子受消光係數控制，其煙層下降危害時間為 42.1 秒。而設置 80cm 防煙垂壁的場所，危害因子亦為消光係數控制，其煙層下降危害時間為 53.8 秒。再由兩者危害時間比較得知，設置 80cm 防煙垂壁較設置 50cm 防煙垂壁的場所，雖可延長 11.7 秒，但兩者均遠小於避難所需時間 174.64 秒。顯示在此火源下，場所會迅速陷入火海中，人員無法避難逃生。因此，在改善的場所不容許有熱釋放量 3000kw 以上的火源發生。

表 4-26 400 m²不同熱釋放量對應不同防煙垂壁之危害時間比較表

防煙垂壁 長度 (cm)		50			80			兩者比較
煙層下降 危害時間(秒)		溫度 控制	消光係 數控制	(a) 控制 因子	溫度 控制	消光係 數控制	(b) 控制 因子	(b)-(a) 秒
熱釋放量 kw	500	—	292	292	—	314	314	22
	750	—	182	182	—	210	210	28
	1500	137	94.6	94.6	—	111	111	16.4
	3000	94	63.1	63.1	—	80.2	80.2	17.1

表 4-26 為單一區劃面積 400 m²的場所，在不同熱釋放量、不同防煙垂壁之煙層下降危害時間的比較關係，由表可知，在熱釋放量 500kw 時，設置 50cm 防煙垂壁的場所，危害因子受消光係數控制，其煙層下降危害時間為 292 秒。而設置 80cm 防煙垂壁的場所，危害因子亦為受消光係數控制，其煙層下降危害時間為 314 秒。兩者均大於避難所需時間 223.33 秒，避難均屬安全。但由兩者危害時間比較得知，設置 80cm 防煙垂壁較 50cm 防煙垂壁的場所可多出 22 秒的避難逃生時間。

在熱釋放量 750kw 時，設置 50cm 防煙垂壁的情況，危害因子受消光係數控制，其煙層下降危害時間為 182 秒。而設置 80cm 防煙垂壁的情況，危害因子亦為消光係數控制，其煙層下降危害時間為 210 秒。再由兩者危害時間比較得知，設置 80cm 防煙垂壁較 50cm 防煙垂壁的場所，雖可多出 28 秒的避難逃生時間，但兩者均小於避難所需時間 223.33 秒。顯示在此火源下，會危及人員避難安全。因此，在改善的場所不容許有熱釋放量 750kw 以上的火源發生。

在熱釋放量 1500kw 時，設置 50cm 防煙垂壁的情況，危害因子受消光係數控制，其煙層下降危害時間為 94.6 秒。而設置 80cm 防煙垂壁的情況，危害因子亦為消光係數控制，其煙層下降危害時間為 111 秒。再由兩者危害時間比較得知，設置 80cm 防煙垂壁較 50cm 防煙垂壁的情況，雖可延長 16.4 秒，但兩者均遠小於避難所需時間 223.33 秒。顯示在此火源下，大部分人員無法避難逃生。因此，在改善的場所不容許有熱釋放量 1500kw 以上的火源發生。

在熱釋放量 3000kw 時，設置 50cm 防煙垂壁的場所，危害因子受消光係數控制，其煙層下降危害時間為 63.1 秒。而設置 80cm 防煙垂壁的場所，危害因子亦為消光係數控制，其煙層下降危害時間為 80.2 秒。由兩者危害時間比較得知，設置 80cm 防煙垂壁較 50cm 防煙垂壁的場所，雖可延長 17.1 秒，但兩者均遠小於避難所需時間 223.33 秒。顯示在此火源下，場所會迅速陷入火海中，人員無法避難逃生。因此，在改善的場所不容許有熱釋放量 3000kw 以上的火源發生。

表 4-27 500 m²不同熱釋放量對應不同防煙垂壁之危害時間比較表

防煙垂壁 長度 (cm)		50			80			兩者比較
煙層下降 危害時間(秒)		溫度 控制	消光係 數控制	(a) 控制 因子	溫度 控制	消光係 數控制	(b) 控制 因子	(b)-(a) 秒
熱釋放量 kw	500	—	374	374	—	426	426	52
	750	—	247	247	—	287	287	40
	1500	—	126	126	—	156	156	30
	3000	—	86.4	86.4	—	108	108	21.6

表 4-27 為 500 m² 單一區劃面積場所，在不同熱釋放量、不同防煙垂壁之煙層下降危害時間的比較關係，由表可知，在熱釋放量 500kw 時，設置 50cm 防煙垂壁的場所，危害因子受消光係數控制，其煙層下降危害時間為 374 秒。而設置 80cm 防煙垂壁的場所，危害因子亦為受消光係數控制，其煙層下降危害時間為 426 秒。兩者均大於避難所需時間 271.39 秒，避難均屬安全。再兩者危害時間比較得知，設置 80cm 防煙垂壁較 50cm 防煙垂壁的場所可多出 52 秒的避難逃生時間。

在熱釋放量 750kw 時，設置 50cm 防煙垂壁的情況，危害因子受消光係數控制，其煙層下降危害時間為 247 秒。而設置 80cm 防煙垂壁的場所，危害因子亦為消光係數控制，其煙層下降危害時間為 287 秒。但其中設置 50cm 防煙垂壁的煙層下降危害時間小於避難所需時間 271.39 秒，顯然安全可慮。但是設置 80cm 防煙垂壁的煙層下降危害時間大於避難所需時間，避難安全上無障礙。再由兩者危害時間比較得知，設置 80cm 防煙垂壁較 50cm 防煙垂壁的場所可多出 40 秒的避難逃生時間。顯示當設置 50cm 防煙垂壁的場所，在此火源下會危及人員避難安全。因此，在改善的場所不容許有熱釋放量 750kw 以上的火源發生。

在熱釋放量 1500kw 時，設置 50cm 防煙垂壁的場所，危害因子受消光係數控制，其煙層下降危害時間為 126 秒。而設置 80cm 防煙垂壁的場所，危害因子亦為消光係數控制，其煙層下降危害時間為 156 秒。再由兩者危害時間比較得知，設置 80cm 防煙垂壁較 50cm 防煙垂壁的場所，雖可延長 30 秒，但兩者均遠小於避難所需時間 271.39 秒。顯示在此火源下，大部分人員無法避難逃生。因此，在改善的場所不容許有熱釋放量 1500kw 以上的火源發生。

在熱釋放量 3000kw 時，設置 50cm 防煙垂壁的場所，危害因子受消光係數控制，其煙層下降危害時間為 86.4 秒。而設置 80cm 防煙垂壁的場所，危害因子亦為消光係數控制，其煙層下降危害時間為 108 秒。再兩者危害時間比較得知，設置 80cm 防煙垂壁較 50cm 防煙垂壁的場所，雖可延長 21.6 秒，但兩者均遠小於避難所需時間 271.39 秒。顯示此種火源讓場所迅速陷入火海中，人員無法避難逃生。因此，在改善的場所不容許有熱釋放量 3000kw 以上的火源發生。

綜合上述，針對本研究主要之模擬情境係假設熱釋放量為 500kw 之最小火源，目的在探討場所內有、無設置防煙垂壁，對煙層下降危害時間有無延長的效果。由圖 4-41 與圖 4-42 可知，在未設防煙垂壁與設置 50 cm 的防煙垂壁的場所，其所造成的煙層下降危害時間值，並沒有明顯差異，兩者曲線幾乎重疊。此現象可以說明，設置 50 cm 的防煙垂壁實際上等同毫無效果可言。再由圖 4-43~圖 4-46 可知，當熱釋放率逐漸增大時，不同高度的防煙垂壁所得的煙層下降危害時間曲線，會逐漸趨近避難所需時間曲線甚至在避難所需時間曲線的下方。此趨勢可驗證，當熱釋放率增大到某一熱量時（750kw）縱使設有 80cm 的防煙垂壁亦無法達到人員避難安全的要求。若又以 200 m²之單一區劃場所為例，當熱釋放量達到約 600kw 左右，則只有設置 80 cm 的防煙垂壁尚可提供較寬裕的時間讓人員進行避難。

綜上結論，在單一區劃面積的場所，以每 100 m²區隔為一防煙區劃，設置 80cm 的防煙垂壁，對於防煙阻熱的效果較佳，且有效出口寬度應在 2m 以上時，同時對營業用堆置物品亦需嚴格控管，這樣對場所內的人員避難安全才有保障。



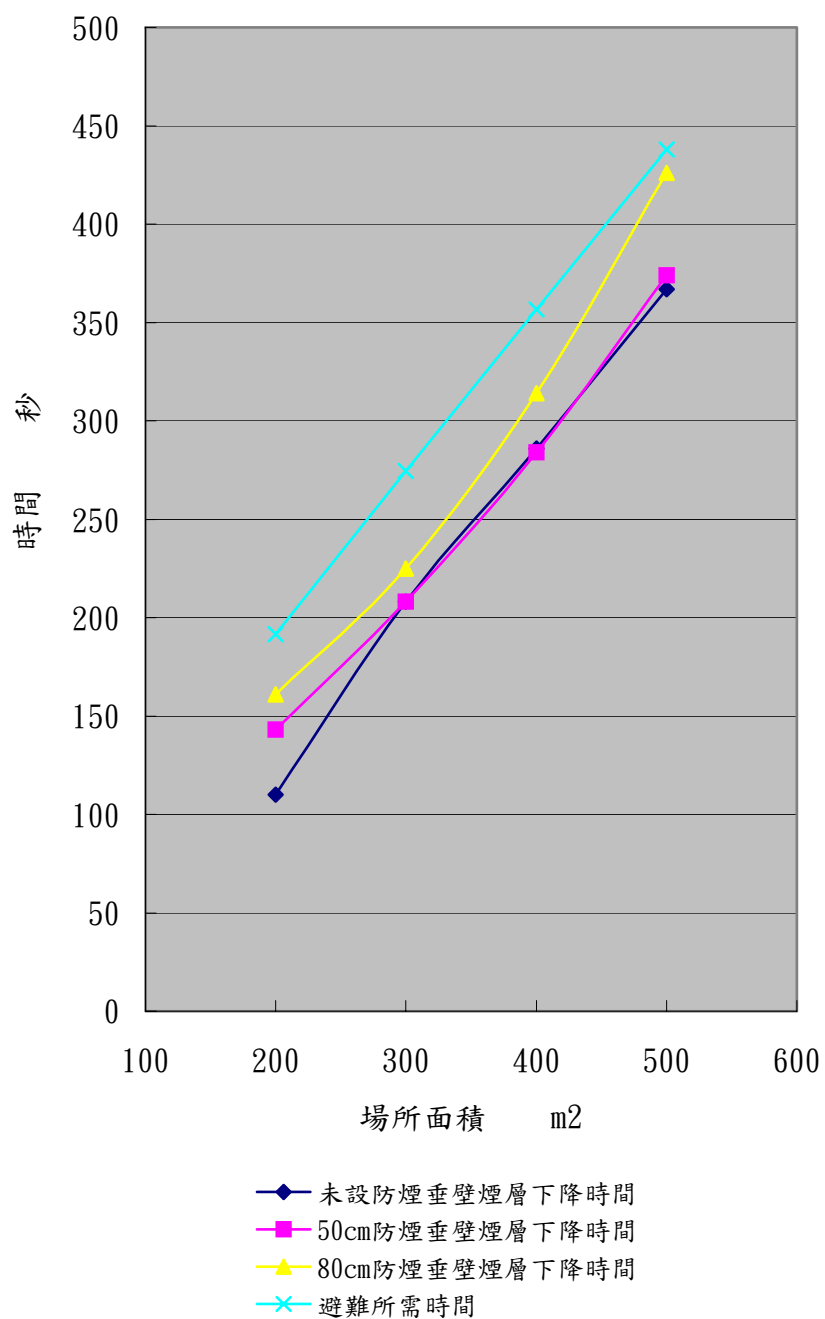


圖 4-41 W=1m 煙層下降危害時間與避難所需時間關係圖

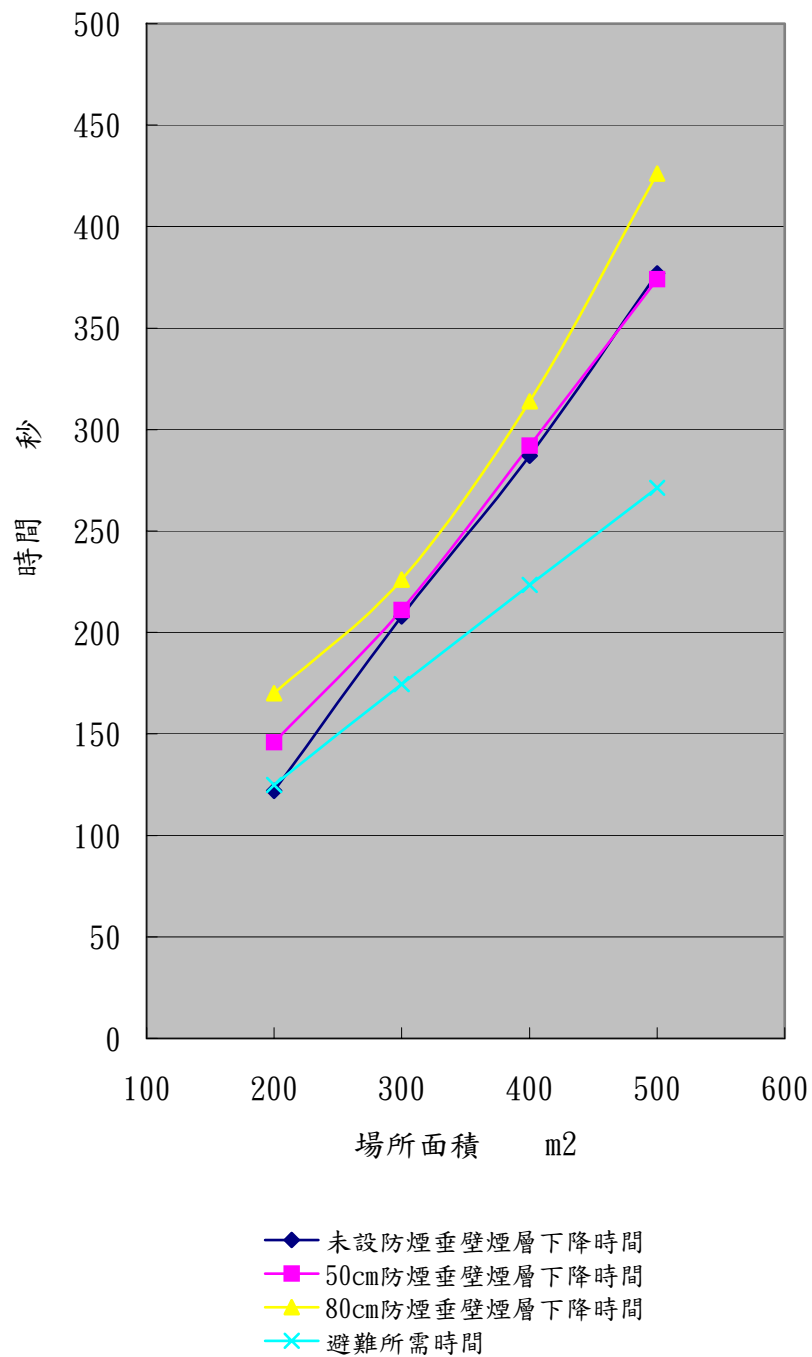


圖 4-42 W=2m 煙層下降危害時間與避難所需時間關係圖

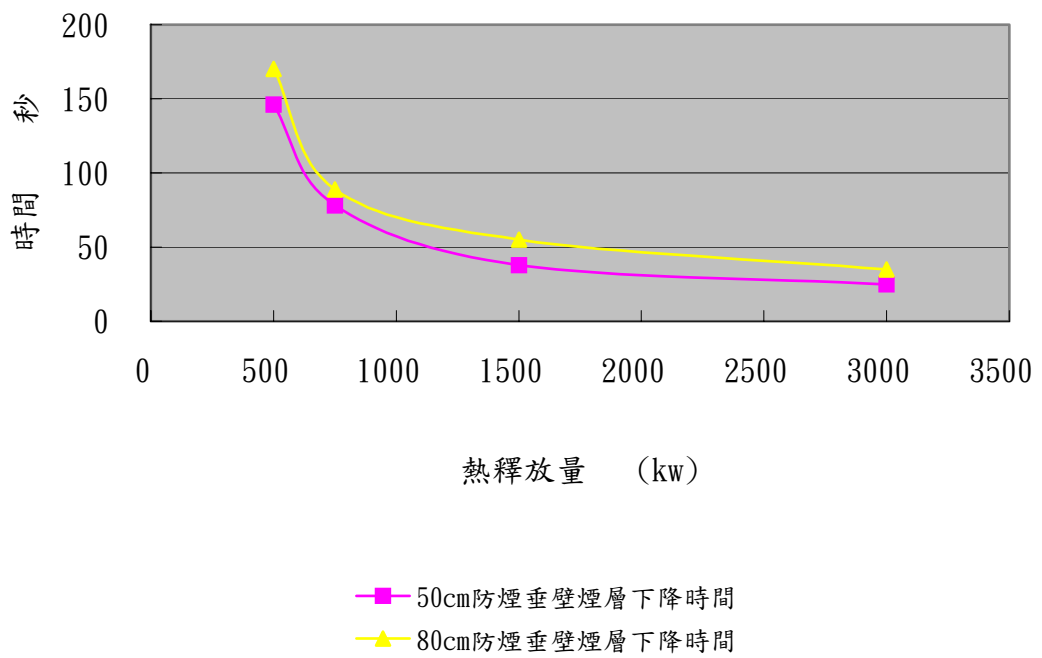


圖 4-43 200 m²之不同熱釋放量與防煙垂壁的時間比較圖

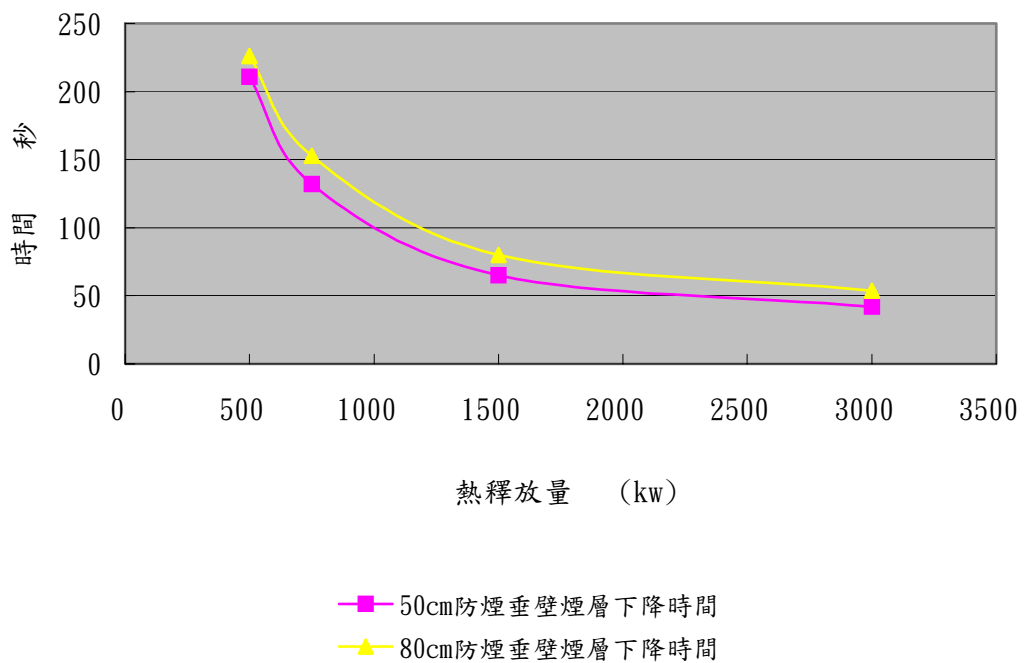


圖 4-44 300 m²之不同熱釋放量與防煙垂壁的時間比較圖

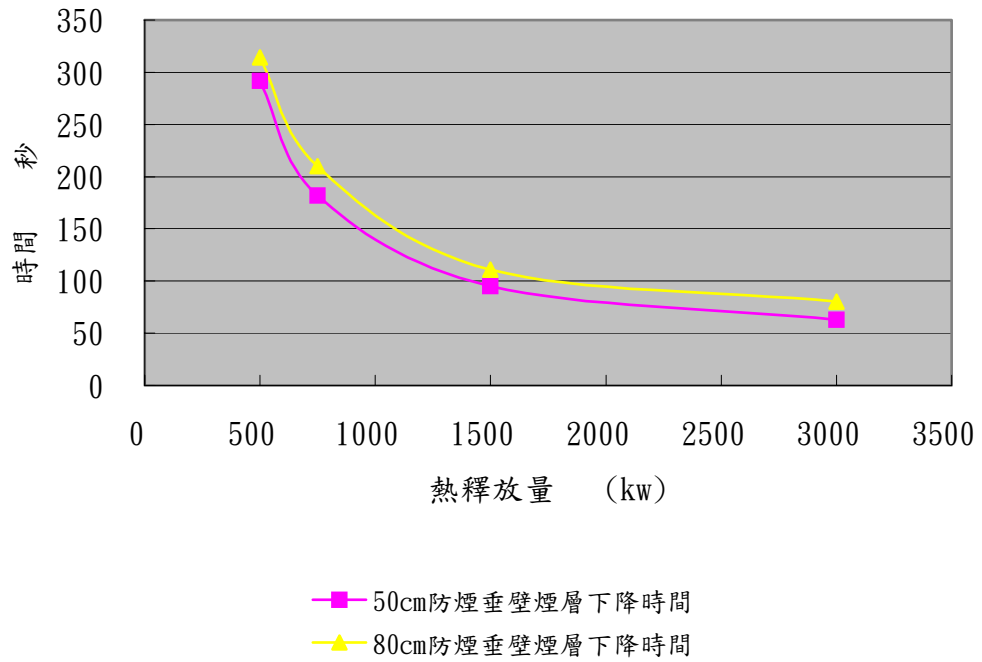


圖 4-45 400 m²之不同熱釋放量與防煙垂壁的時間比較圖

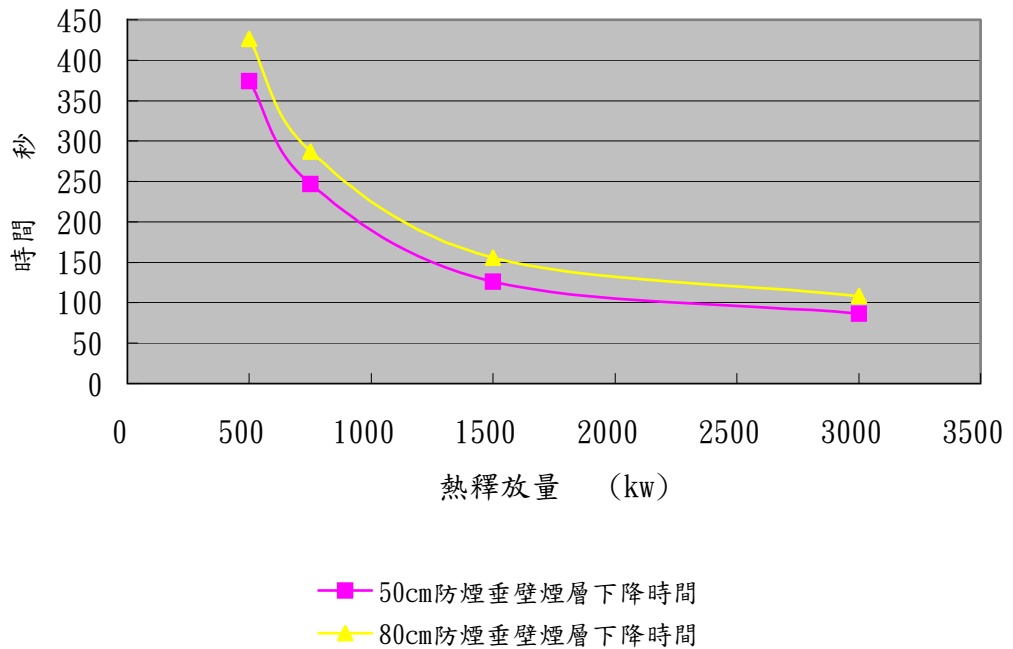


圖 4-46 500 m²之不同熱釋放量與防煙垂壁的時間比較圖