

深耕服務分享會

弘光科技大學 環安系 呂牧蓁

業界媒合



精密機械

- 工具機組裝
- 機械設計與製圖
- 咖啡豆研磨機開發



環保工程

- 環境影響評估
- 施工與監工



老人安養機構

- 緊急應變規劃
- 緊急應變模擬
- 人因工程



深耕服務機構



北區日照中心



研習研究內容

- 本研究試圖了解老人安養機構疏散行為的模擬動態特性，探討火災危害及預測疏散時間，希望能夠協助老人安養機構能有最佳疏散時間，做為此類場所規劃緊急避難逃生之參考。
- 照護人員的職業安全健康問題多為肌肉骨骼、車禍、身心壓力疾病與感染性疾病風險。基於照顧者也要受到照顧，故將探討該職場之人因危害評估，並嚐試尋求改善之道。

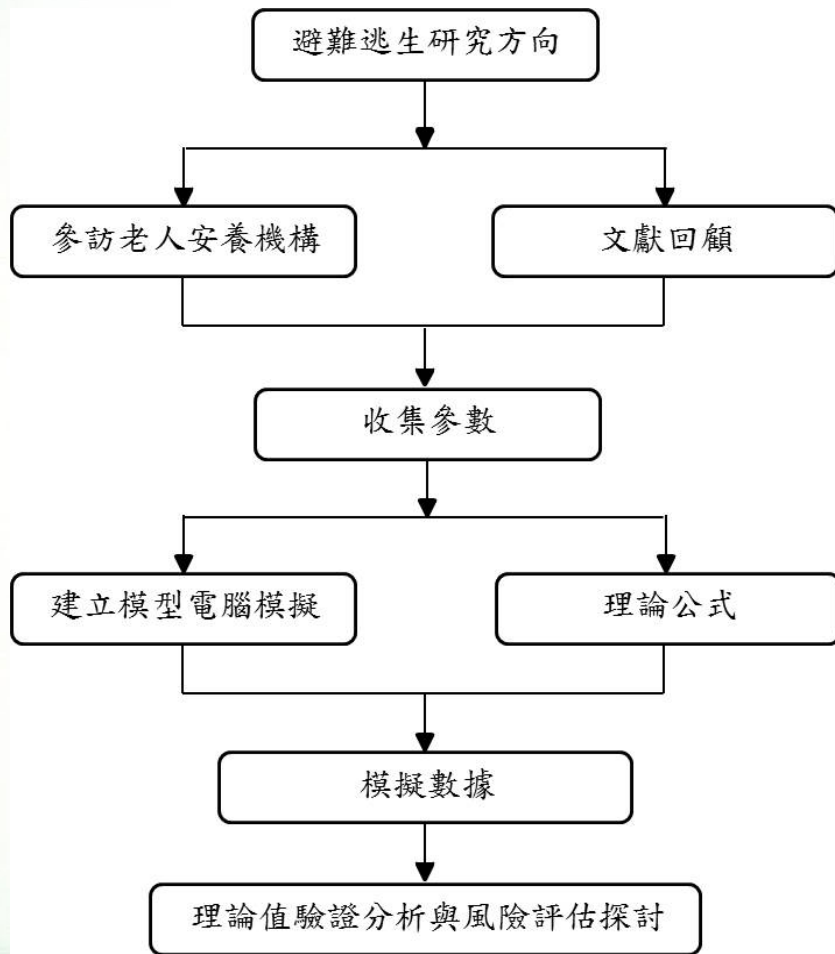


研習成果



老人安養機構疏散逃生之風險評估
Risk Assessment of an Adult-Care
Facility in the Emergency Evacuation

研究架構與方法－研究架構



研究架構與方法－研究方法

- 設定有十名看護以及五十四名老人，分布在建築物的一樓及二樓。人員之行為參數設定如表3-1。
- 有四種不同情境進行
模擬代號設定為：6L、5L、4L及3L。
- 看護安排在一樓及二樓，且二樓最少安排兩位
代號設定為：Leader，（1F配置看護，2F配置看護）。
- 二樓老人進行帶領避難疏散逃生之任務，共10位
代號設定為：Disable，有3D~10D之分別。所有情境及看護配置如表3-2至表3-6。



研究架構與方法－研究方法（續）

- 在每一種個別之情境下，我們運行十次後，得到平均值，並記錄個情境中不同任務時的總疏散時間。
- 範例說明：
- 以6L6D (0, 6) 說明，即二樓六位看護，去助行二樓之六位老人疏散逃生。
- 以5L8D (1, 4) 說明，即二樓五位及一樓一位看護，去助行二樓之八位老人疏散逃生。
- 以4L10D (1, 3) 說明，即二樓三位及一樓一位看護，去助行二樓之十位老人疏散逃生。



研究架構與方法－研究方法（續）

表3-1 看護與老人共64名疏散模型參數

參數	員工 (女性)	老人(男)	老人(女)	2F老人	
人數	10	22	22	9 (3男4女)	1女
年齡 (Age)	30	70	70	70	80
身高 (m)	1.600	1.700	1.600	1.600	1.600
體重 (kg)	55.000	65.000	55.000	60.000	60.000
水平步行速度 (m/s)	1.200	0.750	0.750	0.600	0.600
耐性 (s)	1000	1000	1000	1000	1000
反應時間 (s)	0	0	0	120-480	120-480
敏捷程度	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
位置	1F/2F	1F	1F	2F	2F

研究架構與方法—模擬模型

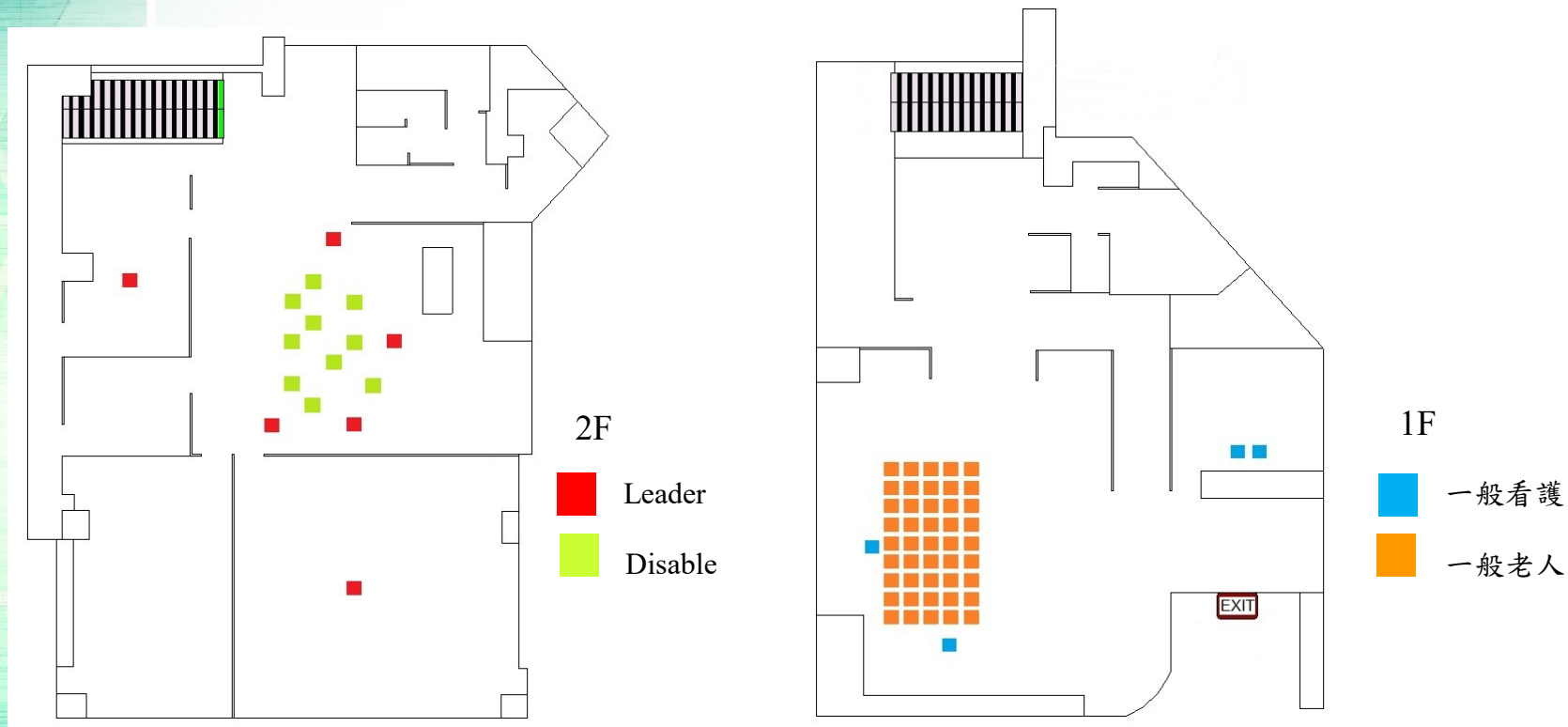


圖3-1 老人安養機構模型與人員位置圖 (以6L10D (0, 6) 為範例)



研究架構與方法－Togawa理論公式

- Togawa公式為日本學者Togawa K. 提出之避難疏散逃生時間公式（沈，1996）。Togawa公式之方程式為如（3-1）所示：

$$T_e = \frac{1}{N'B'} \left[N_a - \sum_{i=1}^n \int_0^{T_0} N_i(t) B_i \phi_i(t) dt \right] + T_0$$

- （3-1）式為避難疏散逃生所需時間一般式，若以 K_S 代表避難疏散逃生人員的位置，到最遠的一個樓梯口或出口之距離，以 V 代表人員之步行速度，以及後來跟上的避難疏散逃生人員也有連續性的流動行為是可將該式簡化為（3-2）：

$$T = \frac{N_a}{B'N'} + \frac{K_S}{V}$$



研究架構與方法－Togawa理論公式（續）

- (3-2) 式：
$$T = \frac{N_a}{B'N'} + \frac{K_S}{V}$$

表3-7 (3-2) 公式中之參數

N_a	=	避難疏散逃生總人數
N'	=	第二個樓梯口或出口其人員通過之數量
B'	=	第二個樓梯口或出口之寬度
K_S	=	避難疏散逃生人員與樓梯口或出口的最遠距離
V	=	人員之步行速度
T	=	避難疏散逃生時間



研究架構與方法—Togawa理論公式（續）

- （3-2）公式中包含兩個部分的疏散逃生時間計算，第一部分的計算，為避難疏散逃生人員總數（人）去除以避難疏散逃生人員流量（人/公尺×秒）乘上樓梯口貨出口之寬度（公尺）。第二部分的計算則是避難疏散逃生人員移動之最遠距離（ K_s ），去除上避難疏散逃生人員的移動速度（ V ）。將簡化公式內的兩部分計算後相加，即求得避難疏散逃生人員所需的總避難時間。



研究架構與方法—Togawa理論值探討（續）

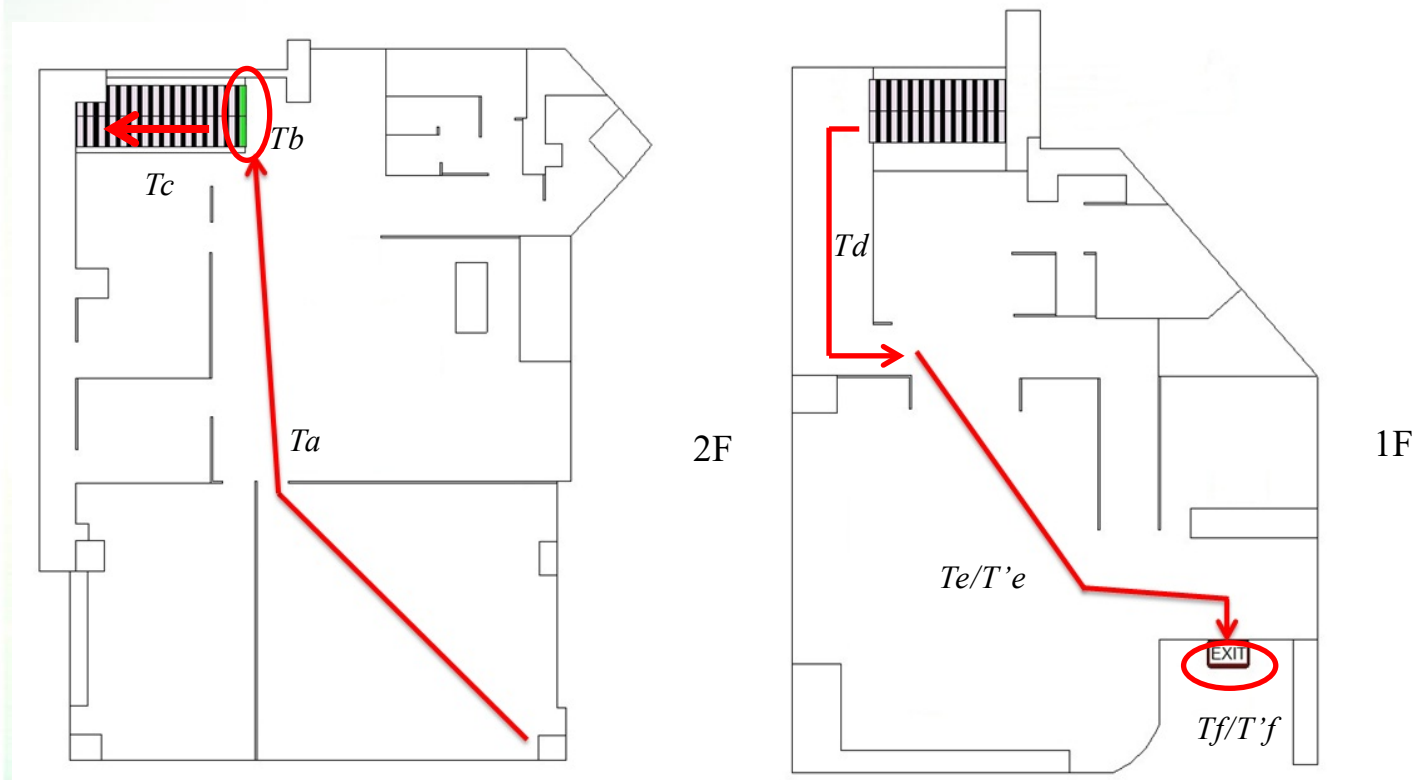


圖3-2 Togawa理論公式疏散時間 T_a 、 T_b 、 T_c 、 T_d 、 $T_e/T'e$ 、 $T_f/T'f$



疏散逃生模擬

- 自行疏散逃生分析結果
- 看護協助二樓行動不便老人疏散逃生之介紹
- 6L6D-10D分析結果
- 5L5D-10D分析結果
- 4L4D-10D分析結果
- 3L3D-10D分析結果



第四章 疏散逃生模擬

一 自行疏散逃生分析結果 (續)

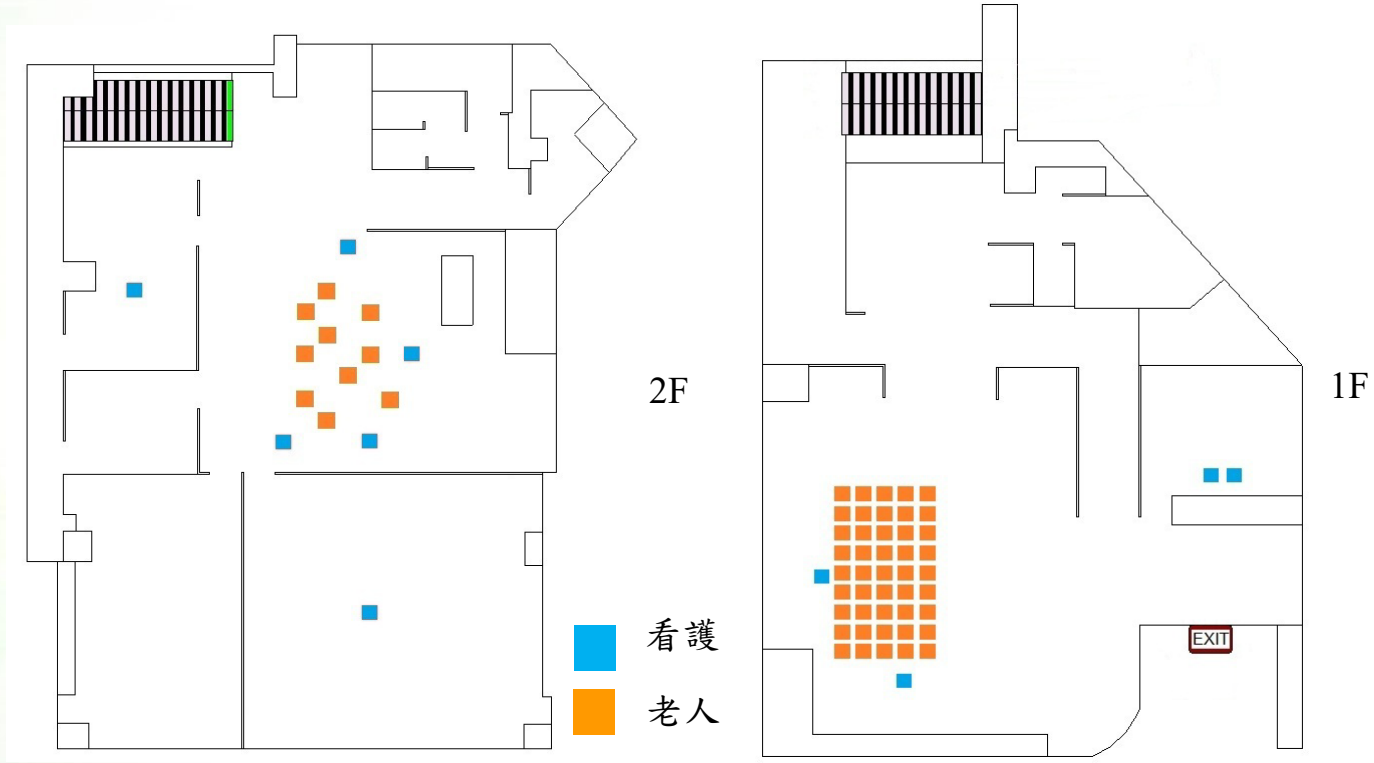


圖4-1 自行疏散逃生配置



疏散逃生模擬

一看護協助二樓行動不便老人疏散逃生之介紹 (續)

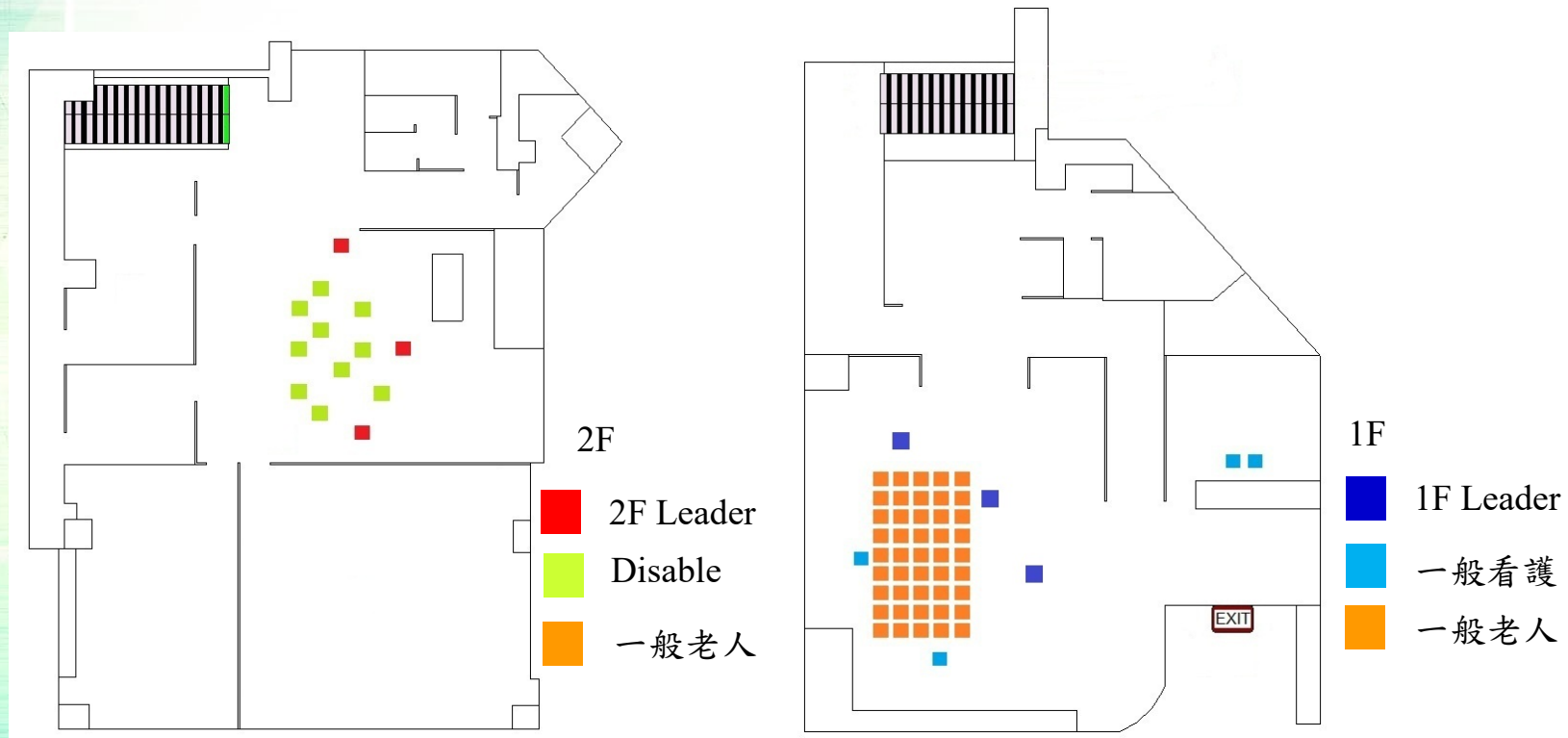


圖4-2 6L6D (3, 3) 模擬範例，時間點00:00



第四章 疏散逃生模擬

一看護協助二樓行動不便老人疏散逃生之介紹 (續)

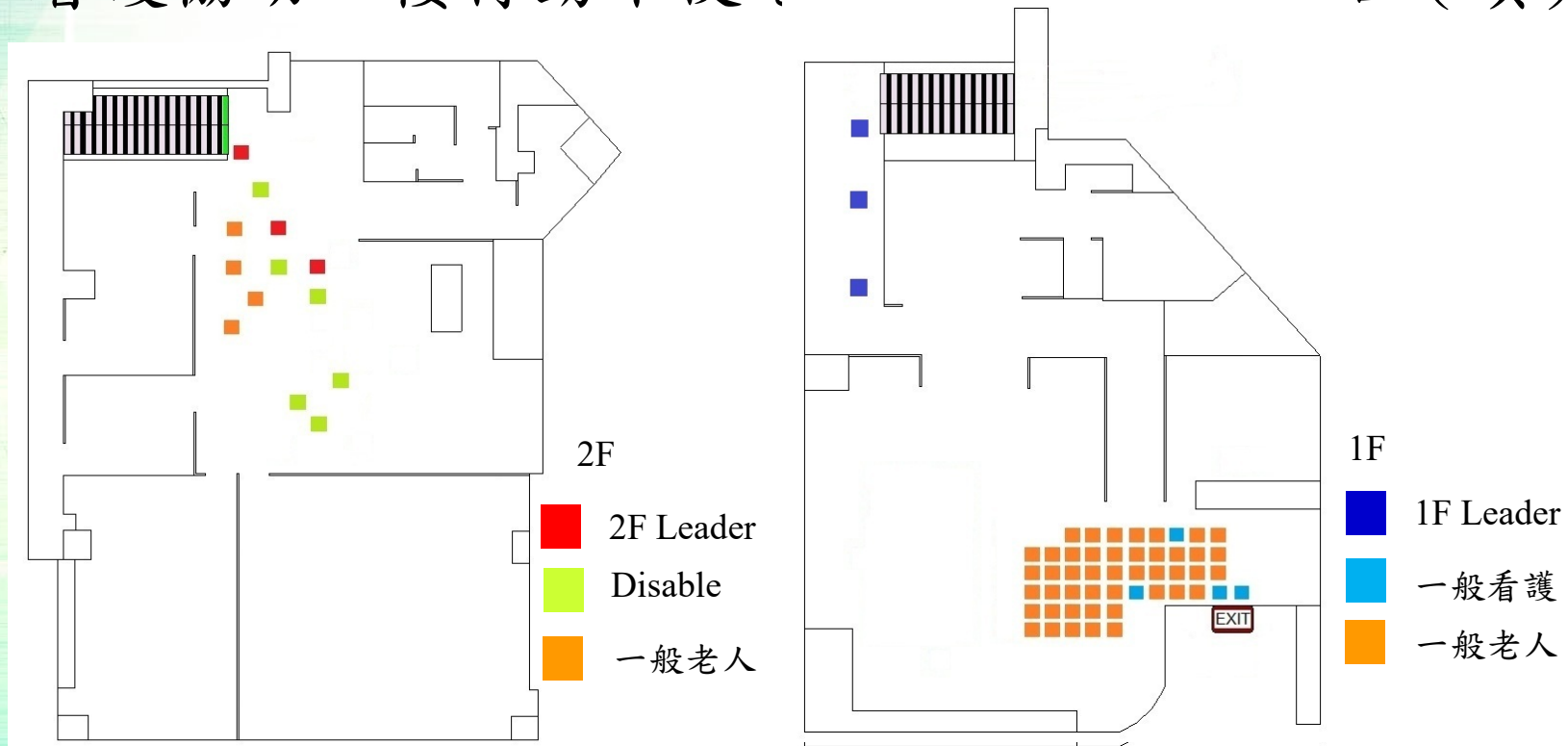


圖4-3 6L6D (3, 3) 模擬範例，時間點00:11



第四章 疏散逃生模擬

一看護協助二樓行動不便老人疏散逃生之介紹 (續)

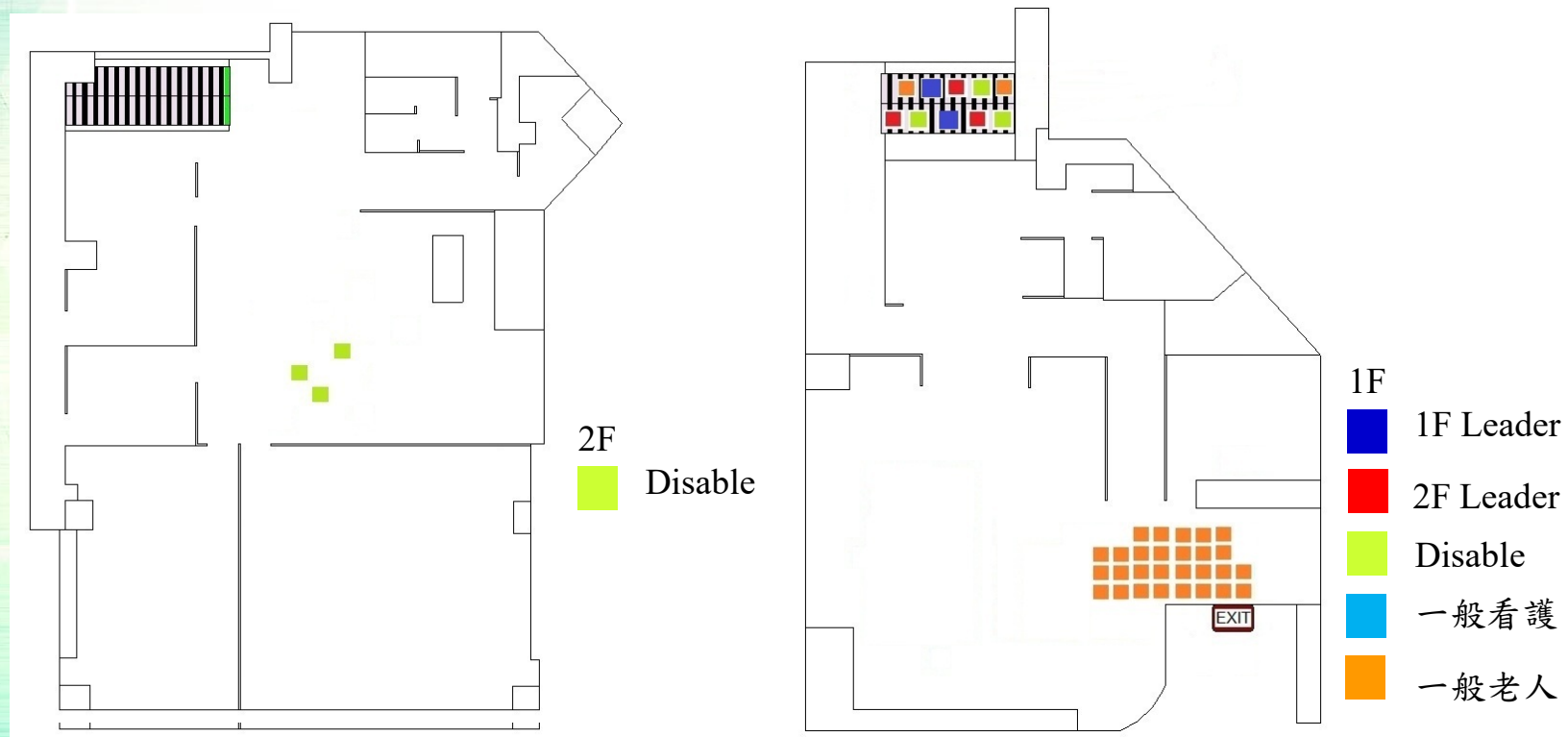


圖4-4 6L6D (3, 3) 模擬範例，時間點00:25



第四章 疏散逃生模擬

一看護協助二樓行動不便老人疏散逃生之介紹 (續)

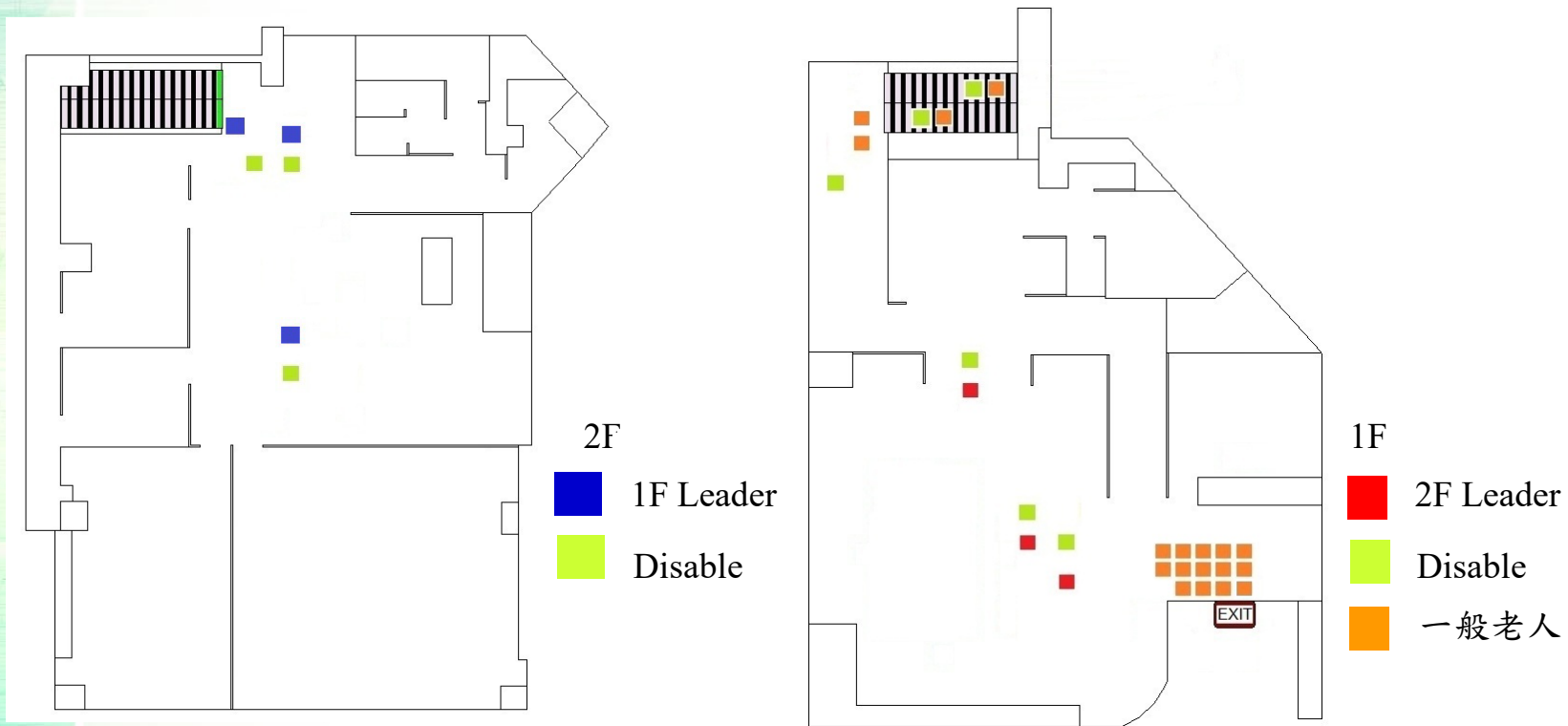
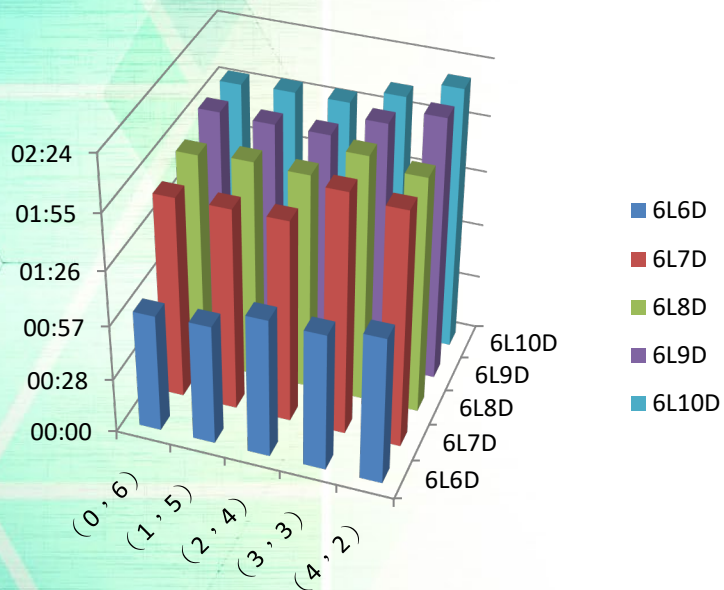


圖4-5 6L6D (3, 3) 模擬範例，時間點00:41



第四章 疏散逃生模擬—6L6D-10D分析結果

(A)



(B)

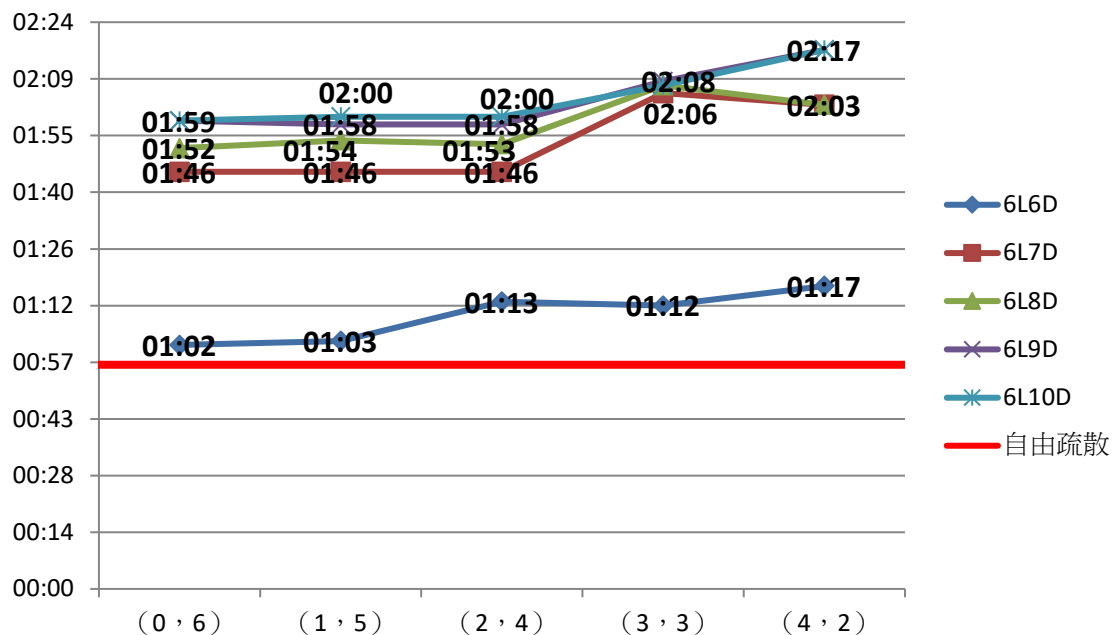


圖4-6 (A) (B) 六位助行看護於各類配置之平均總疏散時間圖



第四章 疏散逃生模擬－3L3D-10D分析結果（續）

(C)

(D)

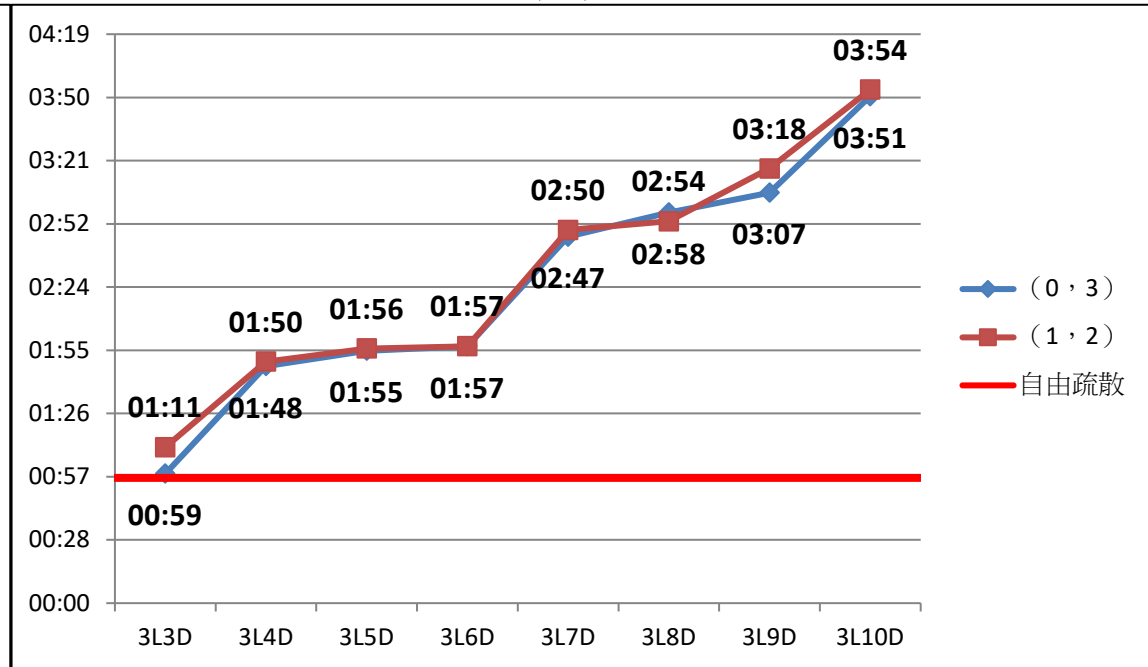
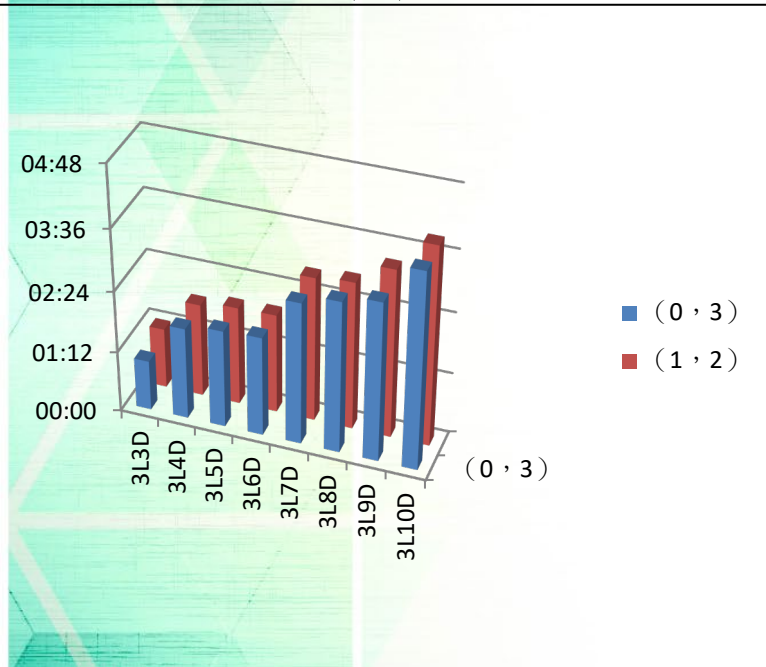


圖4-9 (C) (D) 三位助行看護於各類配置之平均總疏散時間圖



風險評估

- 理論值與疏散時間比較
- 火災燃燒危害之風險評估
- 本研究結果之風險評估



第五章 風險評估—理論值與疏散時間比較（續）

表5-1 情境2各配置總疏散時間與理論值之比較

配置	(0, 6)	(1, 5)	(2, 4)	(3, 3)	(4, 2)
6L6D	01:02	01:03	01:13	01:12	01:17
6L7D	01:46	01:46	01:46	02:06	02:03
6L8D	01:52	01:54	01:53	02:08	02:03
6L9D	01:59	01:58	01:58	02:09	02:17
6L10D	01:59	02:00	02:00	02:08	02:17



風險評估－火災燃燒危害之風險評估

- 本研究中，我們以CFAST火災軟體進行火災模擬，並以本研究之老人安養機構空間配置模擬，起火點位於二樓之空間，使用兩種火災模式（圖5-1至圖5-3），以沙發（圖5-4至圖5-6）及衣櫥（圖5-7至圖5-9），試著瞭解在火災發生的當下，該老人安養機構之空間火災中危害發生的時間速率（秒），結果示於表5-4至，來判斷本研究之老人安養機構疏散逃生時間是否足夠。



風險評估

一 火災燃燒危害之風險評估 (續)

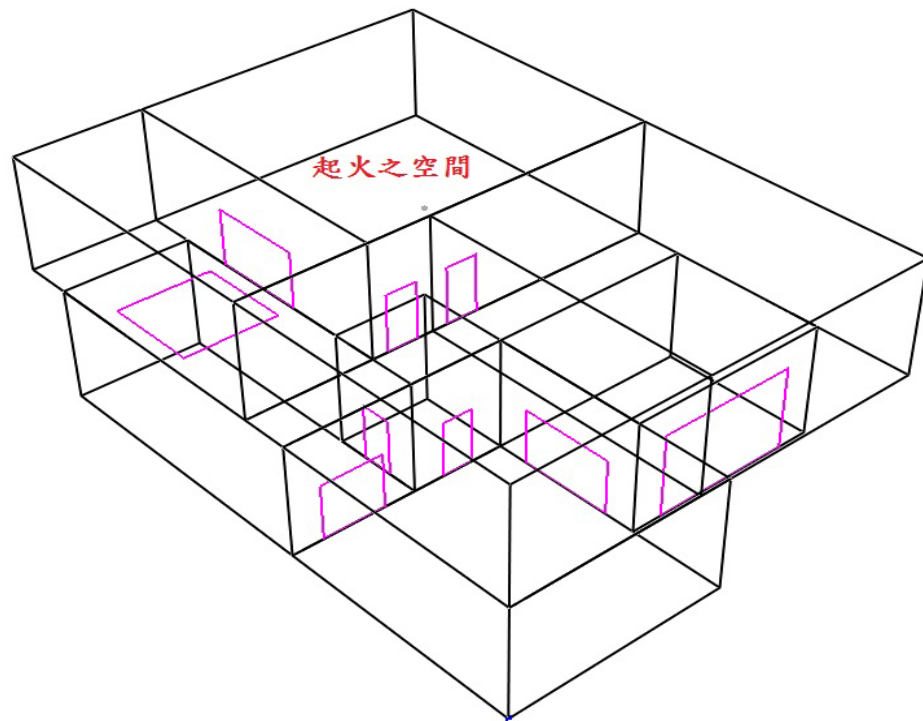


圖 5-1 CFAST模擬火災-空間配置



風險評估

—火災燃燒危害之風險評估（續）

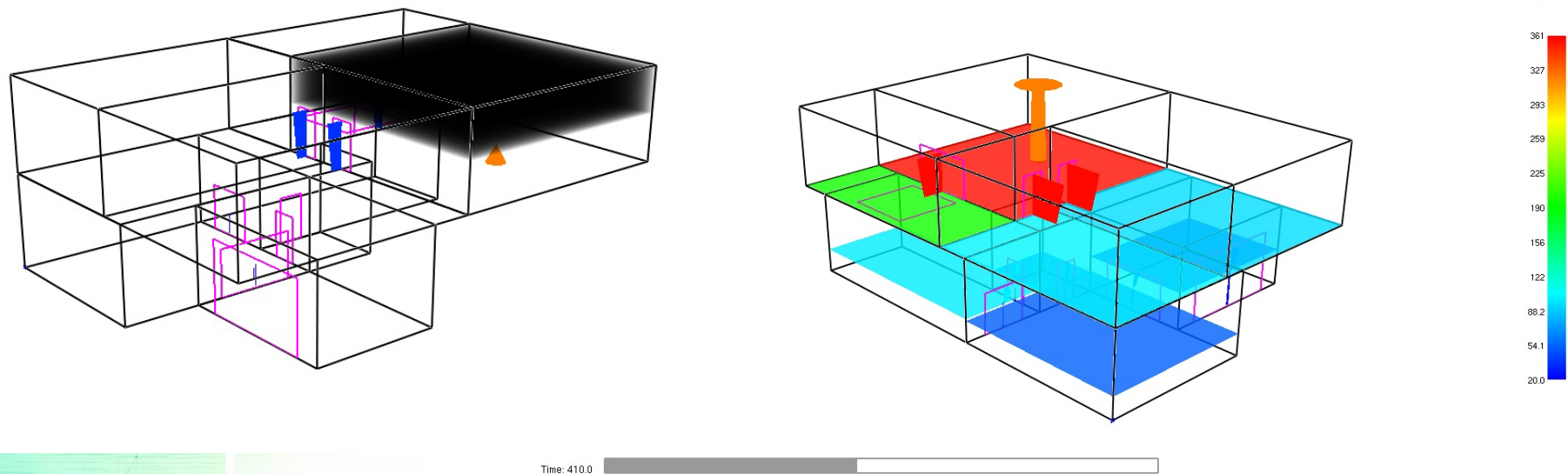


圖 5-2 CFAST模擬火災-沙發燃燒及煙塵



風險評估

— 火災燃燒危害之風險評估 (續)

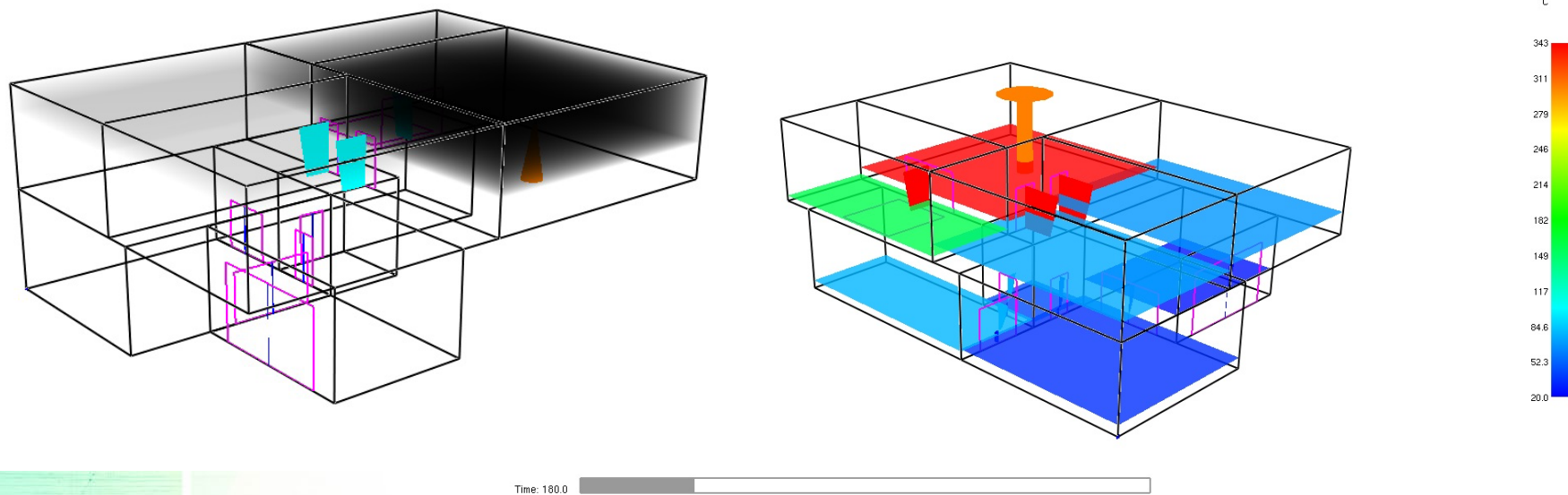


圖 5-3 CFAST模擬火災-衣櫥燃燒及煙塵



風險評估

— 火災燃燒危害之風險評估 (續)

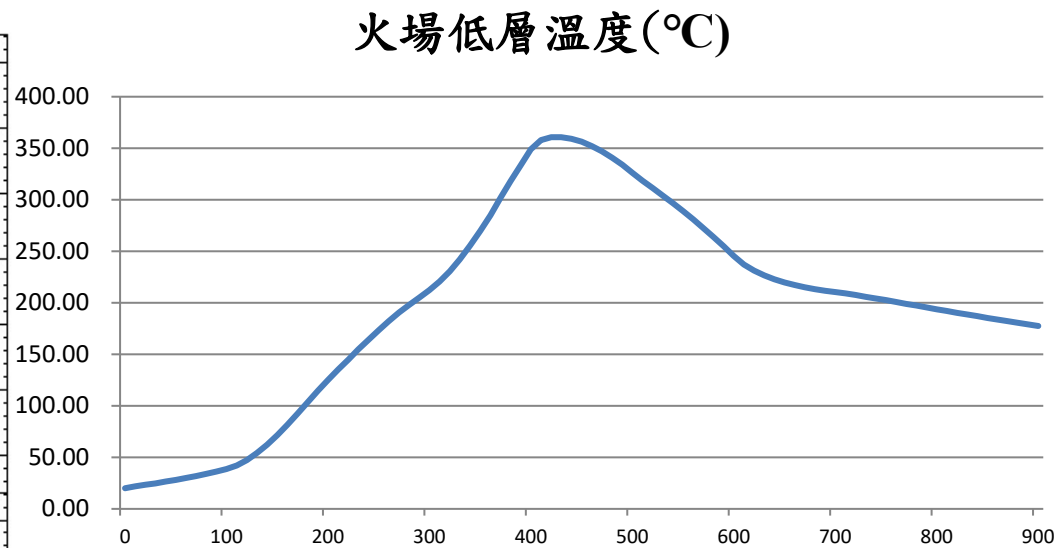
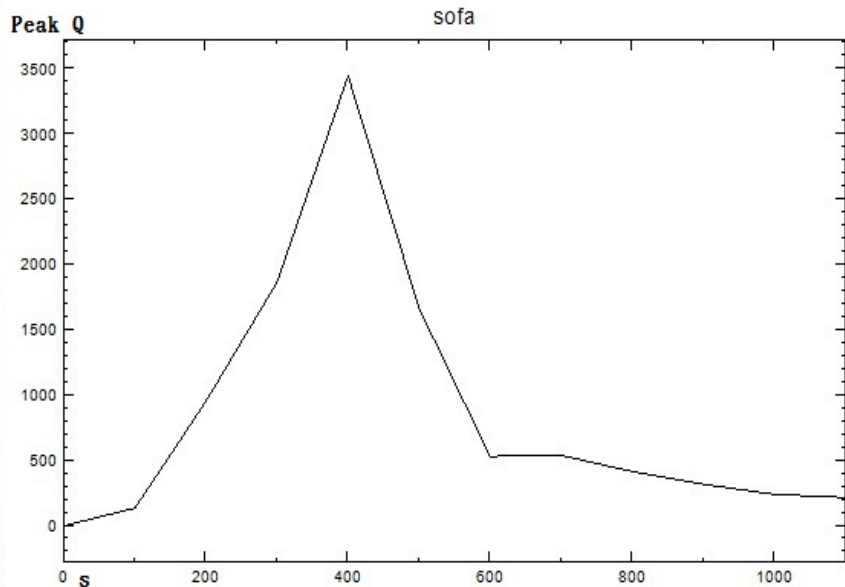


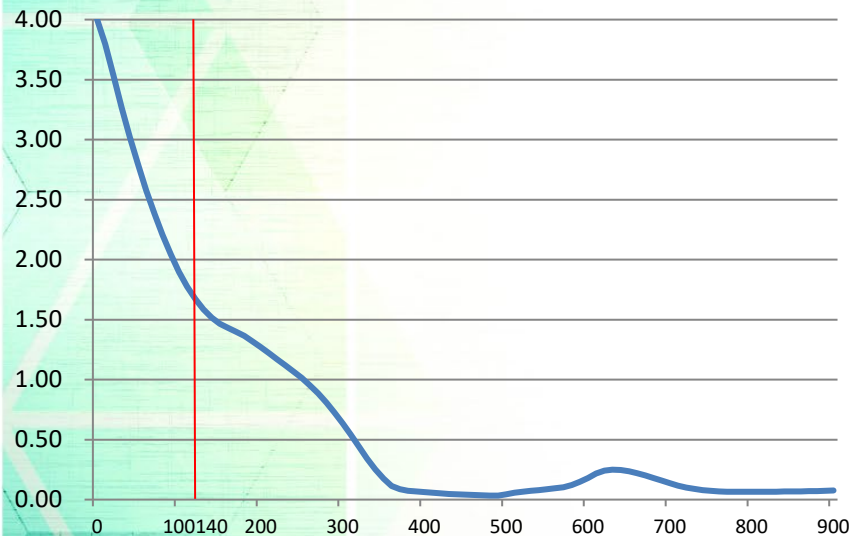
圖 5-4 設計火源-沙發之起火點燃燒及火場低層溫度



風險評估

一火災燃燒危害之風險評估 (續)

煙塵距離地面高度(m)



低層氧氣濃度(%)

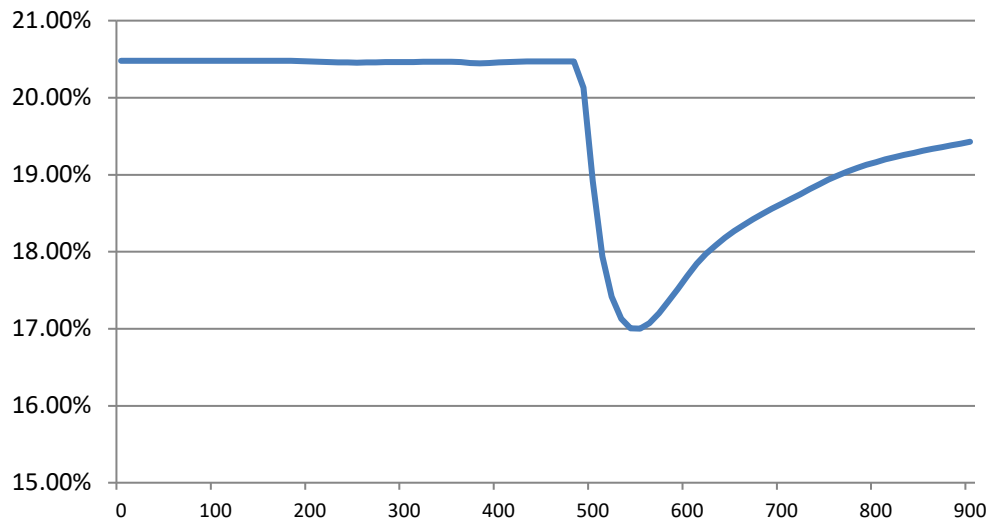


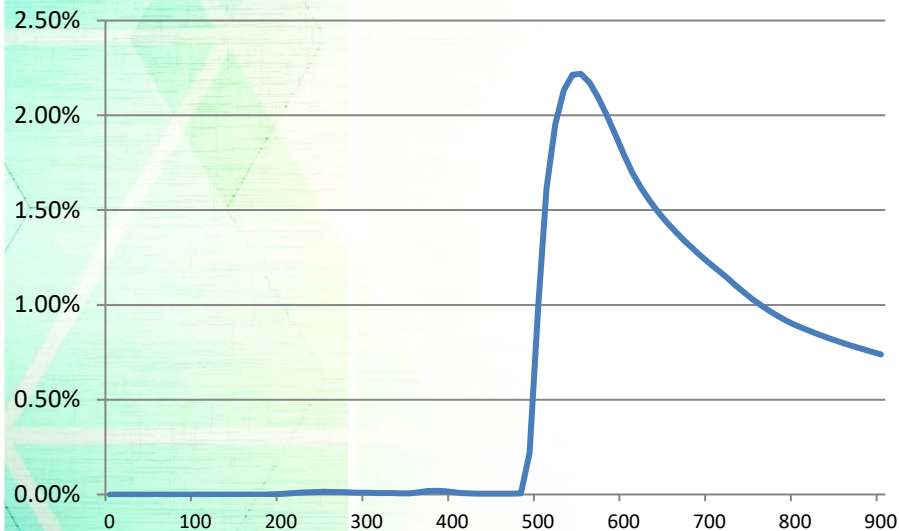
圖 5-5 設計火源-沙發之煙塵距離地面高度及低層氧氣濃度



風險評估

—火災燃燒危害之風險評估（續）

低層二氧化碳濃度(%)



低層一氧化碳濃度(ppm)

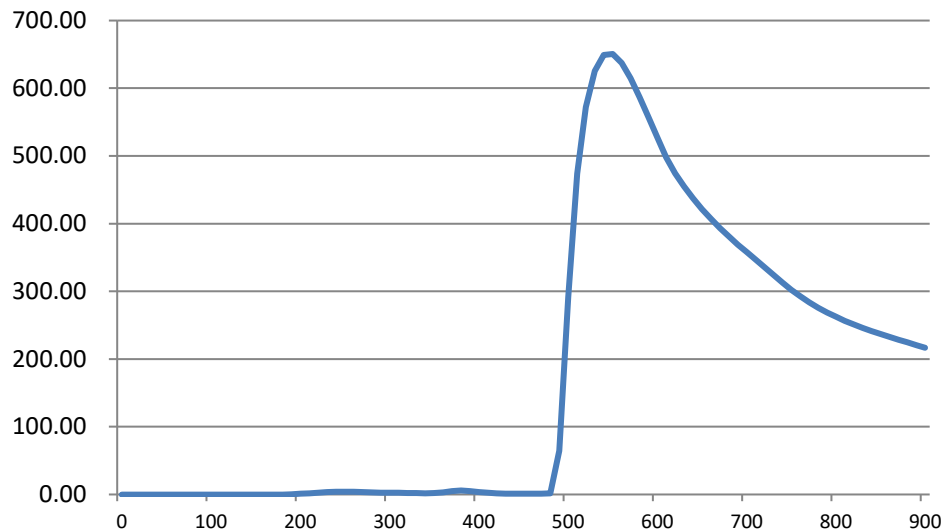
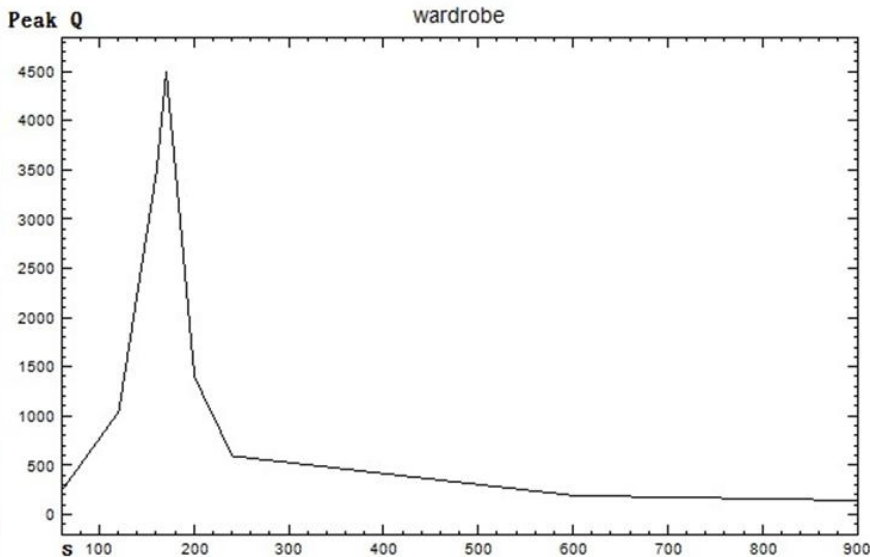


圖 5-6 設計火源-沙發之低層二氧化碳一氧化碳及濃度



風險評估

—火災燃燒危害之風險評估（續）



火場低層溫度(°C)

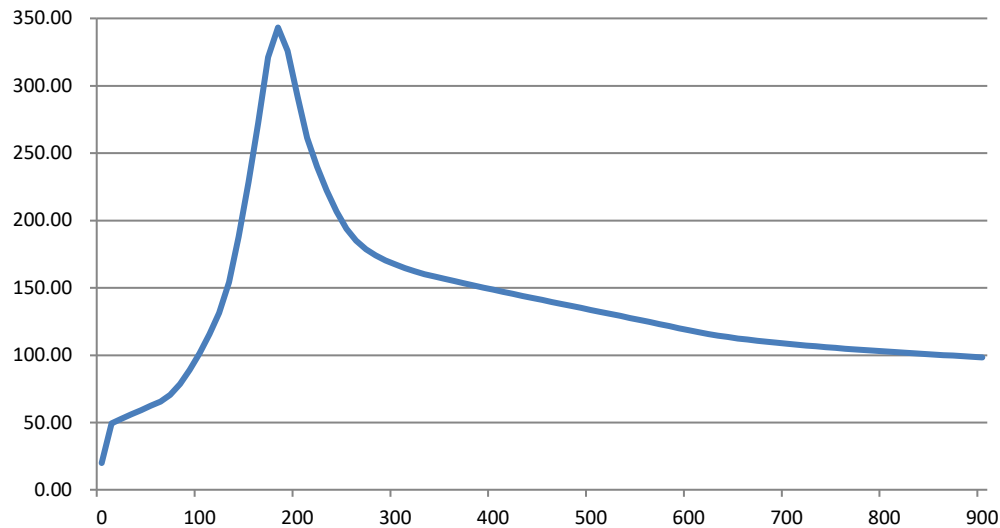


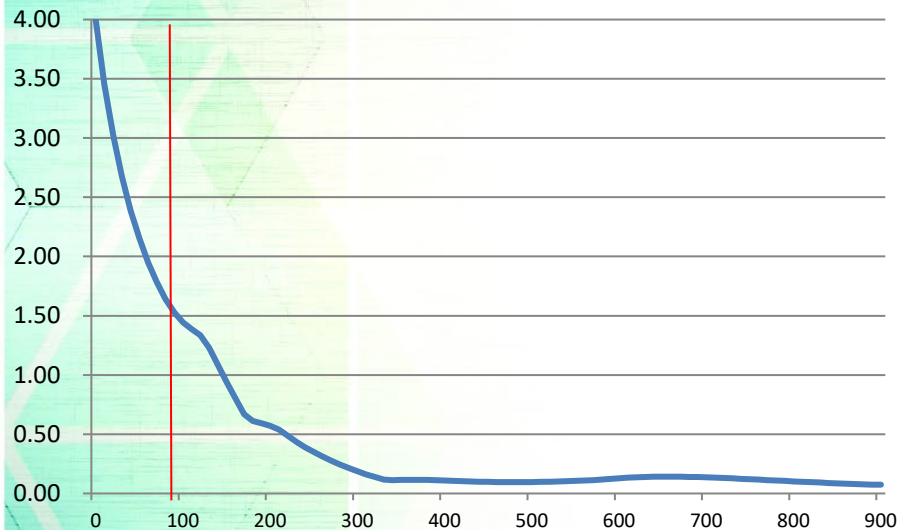
圖 5-7 設計火源-衣櫃之起火點燃燒及火場低層溫度



風險評估

—火災燃燒危害之風險評估（續）

煙塵距離地面高度(m)



低層氧氣濃度(%)

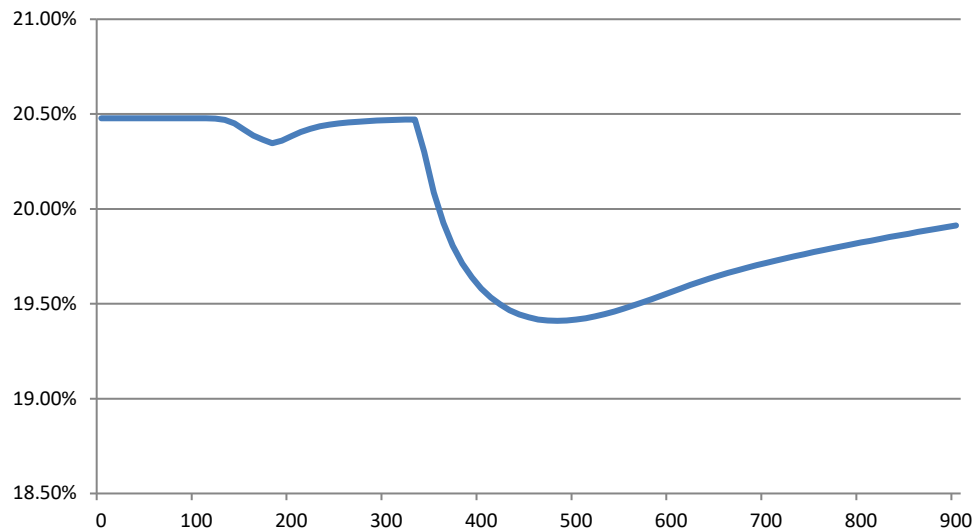


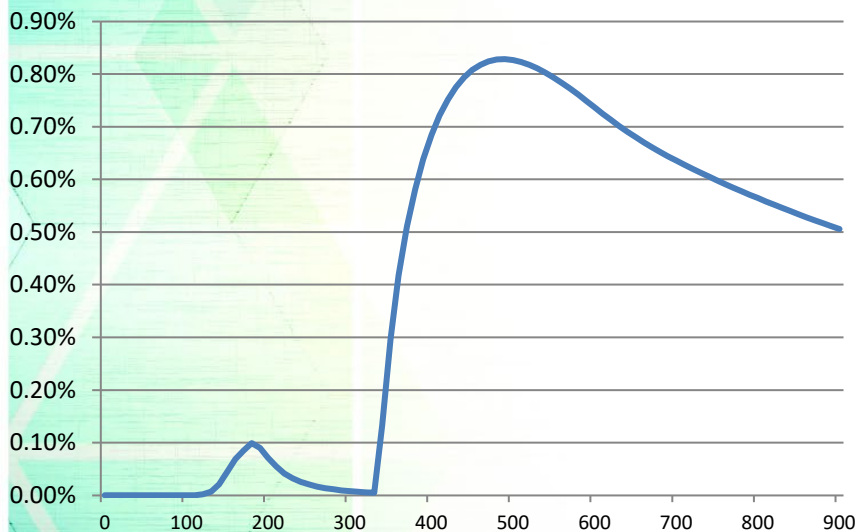
圖 5-8 設計火源-衣櫃之煙塵距離地面高度及低層氧氣濃度



風險評估

—火災燃燒危害之風險評估（續）

低層二氧化碳濃度(%)



低層一氧化碳濃度(ppm)

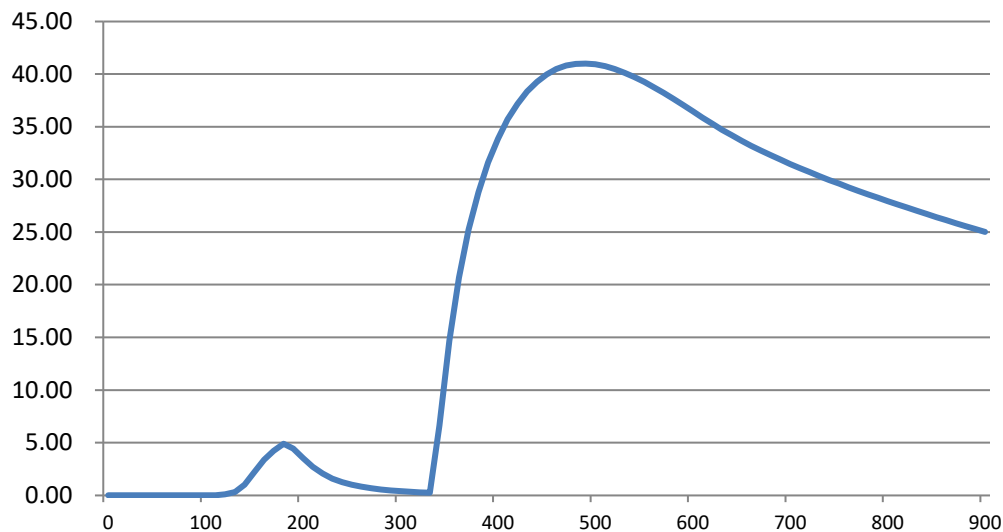


圖 5-9 設計火源-衣櫃之低層二氧化碳一氧化碳及濃度



風險評估

一 火災燃燒危害之風險評估 (續)

表5-5 沙發燃燒危害與理論值及情境1疏散時間之比較

火災危害	火場溫度	煙塵高度	O ₂ 濃度	CO ₂ 濃度	CO濃度
疏散時間	升溫至	下降至	低於	高於	高於
ASET	50度	1.5公尺	21%	1%	400ppm
RSET	120秒	140秒	500秒	500秒	510秒
理論值	安全	安全	安全	安全	安全
自行疏散	安全	安全	安全	安全	安全



風險評估

一 火災燃燒危害之風險評估 (續)

表5-6 沙發燃燒危害與情境2各配置總疏散時間之比較

火災危害 ASET		火場溫度	煙塵高度	O ₂ 濃度	CO ₂ 濃度	CO濃度
		升溫至	下降至	低於	高於	高於
疏散時間 RSET		50度	1.5公尺	21%	1%	400ppm
		120秒	140秒	500秒	500秒	510秒
6L6D	(0, 6)	安全	安全	安全	安全	安全
	(1, 5)	安全	安全	安全	安全	安全
	(2, 4)	安全	安全	安全	安全	安全
	(3, 3)	安全	安全	安全	安全	安全
	(4, 2)	安全	安全	安全	安全	安全



風險評估

一 火災燃燒危害之風險評估 (續)

表5-7 沙發燃燒危害與情境2各配置總疏散時間之比較

火災危害 ASET		火場溫度	煙塵高度	O ₂ 濃度	CO ₂ 濃度	CO濃度
		升溫至	下降至	低於	高於	高於
疏散時間 RSET		50度	1.5公尺	21%	1%	400ppm
		120秒	140秒	500秒	500秒	510秒
6L7D	(0, 6)	安全	安全	安全	安全	安全
	(1, 5)	安全	安全	安全	安全	安全
	(2, 4)	安全	安全	安全	安全	安全
	(3, 3)	有風險	安全	安全	安全	安全
	(4, 2)	有風險	安全	安全	安全	安全



風險評估

一 火災燃燒危害之風險評估 (續)

表5-8 沙發燃燒危害與情境2各配置總疏散時間之比較

火災危害 ASET 疏散時間 RSET		火場溫度	煙塵高度	O ₂ 濃度	CO ₂ 濃度	CO濃度
		升溫至 50度 120秒	下降至 1.5公尺 140秒	低於 21% 500秒	高於 1% 500秒	高於 400ppm 510秒
6L8D	(0, 6)	安全	安全	安全	安全	安全
	(1, 5)	安全	安全	安全	安全	安全
	(2, 4)	安全	安全	安全	安全	安全
	(3, 3)	有風險	安全	安全	安全	安全
	(4, 2)	有風險	安全	安全	安全	安全



火災危害 ASET 疏散時間 RSET		火場溫度	煙塵高度	O ₂ 濃度	CO ₂ 濃度	CO濃度
		升溫至	下降至	低於	高於	高於
		50度	1.5公尺	21%	1%	400ppm
		120秒	140秒	500秒	500秒	510秒
4L7D	(0, 4)	安全	安全	安全	安全	安全
	(1, 3)	有風險	安全	安全	安全	安全
	(2, 2)	有風險	安全	安全	安全	安全
4L8D	(0, 4)	安全	安全	安全	安全	安全
	(1, 3)	有風險	安全	安全	安全	安全
	(2, 2)	有風險	安全	安全	安全	安全
4L9D	(0, 4)	有風險	有風險	安全	安全	安全
	(1, 3)	有風險	有風險	安全	安全	安全
	(2, 2)	有風險	有風險	安全	安全	安全
4L10D	(0, 4)	有風險	有風險	安全	安全	安全
	(1, 3)	有風險	有風險	安全	安全	安全
	(2, 2)	有風險	有風險	安全	安全	安全

風險評估

一 火災燃燒危害之風險評估 (續)

表5-18 沙發燃燒危害與情境5各配置總疏散時間之比較

火災危害 ASET 疏散時間 RSET		火場溫度	煙塵高度	O ₂ 濃度	CO ₂ 濃度	CO濃度
		升溫至	下降至	低於	高於	高於
		50度	1.5公尺	21%	1%	400ppm
3L9D	(0, 3)	有風險	有風險	安全	安全	安全
	(1, 2)	有風險	有風險	安全	安全	安全
3L10D	(0, 3)	有風險	有風險	安全	安全	安全
	(1, 2)	有風險	有風險	安全	安全	安全



風險評估

一 火災燃燒危害之風險評估 (續)

表5-19 衣櫃燃燒危害與理論值及情境1疏散時間之比較

火災危害	火場溫度	煙塵高度	O ₂ 濃度	CO ₂ 濃度	CO濃度
疏散時間	升溫至	下降至	低於	高於	高於
ASET	50度	1.5公尺	21%	1%	400ppm
RSET	10秒	90秒	350秒	350秒	未高於
理論值	有風險	安全	安全	安全	-
自行疏散	有風險	安全	安全	安全	-



風險評估

一 火災燃燒危害之風險評估 (續)

表5-20 衣櫃燃燒危害與情境2各配置總疏散時間之比較

火災危害 ASET		火場溫度	煙塵高度	O ₂ 濃度	CO ₂ 濃度	CO濃度
		升溫至	下降至	低於	高於	高於
疏散時間 RSET		50度	1.5公尺	21%	1%	400ppm
		10秒	90秒	350秒	350秒	未高於
6L6D	(0, 6)	有風險	安全	安全	安全	-
	(1, 5)	有風險	安全	安全	安全	-
	(2, 4)	有風險	安全	安全	安全	-
	(3, 3)	有風險	安全	安全	安全	-
	(4, 2)	有風險	安全	安全	安全	-



風險評估

一 火災燃燒危害之風險評估 (續)

表5-21 衣櫃燃燒危害與情境2各配置總疏散時間之比較

火災危害 ASET		火場溫度	煙塵高度	O ₂ 濃度	CO ₂ 濃度	CO濃度
		升溫至	下降至	低於	高於	高於
疏散時間 RSET		50度	1.5公尺	21%	1%	400ppm
		10秒	90秒	350秒	350秒	未高於
6L7D	(0, 6)	有風險	有風險	安全	安全	-
	(1, 5)	有風險	有風險	安全	安全	-
	(2, 4)	有風險	有風險	安全	安全	-
	(3, 3)	有風險	有風險	安全	安全	-
	(4, 2)	有風險	有風險	安全	安全	-



風險評估

一 火災燃燒危害之風險評估 (續)

表5-22 衣櫃燃燒危害與情境2各配置總疏散時間之比較

火災危害 ASET		火場溫度	煙塵高度	O ₂ 濃度	CO ₂ 濃度	CO濃度
		升溫至	下降至	低於	高於	高於
疏散時間 RSET		50度	1.5公尺	21%	1%	400ppm
		10秒	90秒	350秒	350秒	未高於
6L8D	(0, 6)	有風險	有風險	安全	安全	-
	(1, 5)	有風險	有風險	安全	安全	-
	(2, 4)	有風險	有風險	安全	安全	-
	(3, 3)	有風險	有風險	安全	安全	-
	(4, 2)	有風險	有風險	安全	安全	-



風險評估

一 火災燃燒危害之風險評估 (續)

表5-32 衣櫃燃燒危害與情境5各配置總疏散時間之比較

火災危害 ASET 疏散時間 RSET		火場溫度	煙塵高度	O ₂ 濃度	CO ₂ 濃度	CO濃度
		升溫至	下降至	低於	高於	高於
		50度	1.5公尺	21%	1%	400ppm
3L9D	(0, 3)	有風險	有風險	安全	安全	-
	(1, 2)	有風險	有風險	安全	安全	-
3L10D	(0, 3)	有風險	有風險	安全	安全	-
	(1, 2)	有風險	有風險	安全	安全	-



結論

1. 老人安養機構收容行動不便之高齡人口應訂定上限：

在老人安養機構疏散逃生中，其疏散逃生會屈就於高齡人口的反應能力與步行速度，又高齡人口的這些行動力都較一般人差，也需要較多疏散逃生時間。甚至有些高齡人口也可能無法進行垂直移動的疏散逃生。因此須輔助才能進行疏散逃生行動，不管是上下樓梯或水平移動時都需要協助。看護帶領老人之任務次數越多，其時間就較長。



結論（續）

2. 若要將行動不便之高齡人口安排在二樓以上，須適當安排看護人數與位置：

我們選擇控制看護的位置，試圖了解對於疏散時間所產生之影響，以看護位置去看平均總疏散時間，影響疏散時間較大的因素，是因為看護帶領行動不便老人到出口的距離以及移動的次數（安排看護帶領老人之任務），若看護一開始就獲得一齊偕同老人離開（不帶領，各自離開），其平均總疏散時間會是最小；若以帶領方式去看平均總疏散時間，安排看護帶領越多次行動不便老人到出口（帶領老人並往返老人與出口之間，以及增加任務次數），其平均總疏散時間會越大，如表6-1說明6L、5L、4L及3L逃生速度之比較。



結論（續）

3. 火災危害逃生風險評估：

該老人安養機構之空間火災中，火場溫度升溫迅速，人員很快會被濃煙困住，氧氣濃度不足，二氧化碳及一氧化碳也都隨著濃煙發散一定之危險濃度，因此，可進行疏散逃生時間並不充裕來。其風險評估結果有不符合，倘若真實發生火災，將會出現危害安全疏散逃生之風險，說名本研究之老人安養機構，在火災危害逃生風險評估中，疏散逃生時間不足夠。



結論（續）

4. 改善老人安養機構設施以增加可用避難時間：
 - a. 使老人安養機構設施符合「建築技術規則」建築設計施工篇第88條「內部裝修限制」之規定。
 - b. 安裝自動撒水設備。

5. 若要安排老人安養機構配當人數及收容容量，可使用避難逃生模擬軟體進行分析參考。



結論（續）

6. 所以，為了老人安養機構之疏散逃生安全觀念，本研究對某老人安養機構的疏散逃生之分析，希望能夠提供老人安養機構，一組適合配置之數據，讓該老人安養機構能夠有最適合之支配當，以及能達到最佳疏散逃生時間，其實際案例得進一步探討。



研習經驗談



深耕服務的益處

- Sabbatical year
- 深度研習
- 實務學習
- 寫論文
- 寫書



服務單位媒合

- 執行產學合作計畫
- 了解實務現場需求
- 提升業界所需技術能力
- 創造業界需求
- 證照



感謝聆聽

