

#### 4.4 單一區劃面積 $A=500\text{ m}^2$ 對應有效開口寬度的避難探討

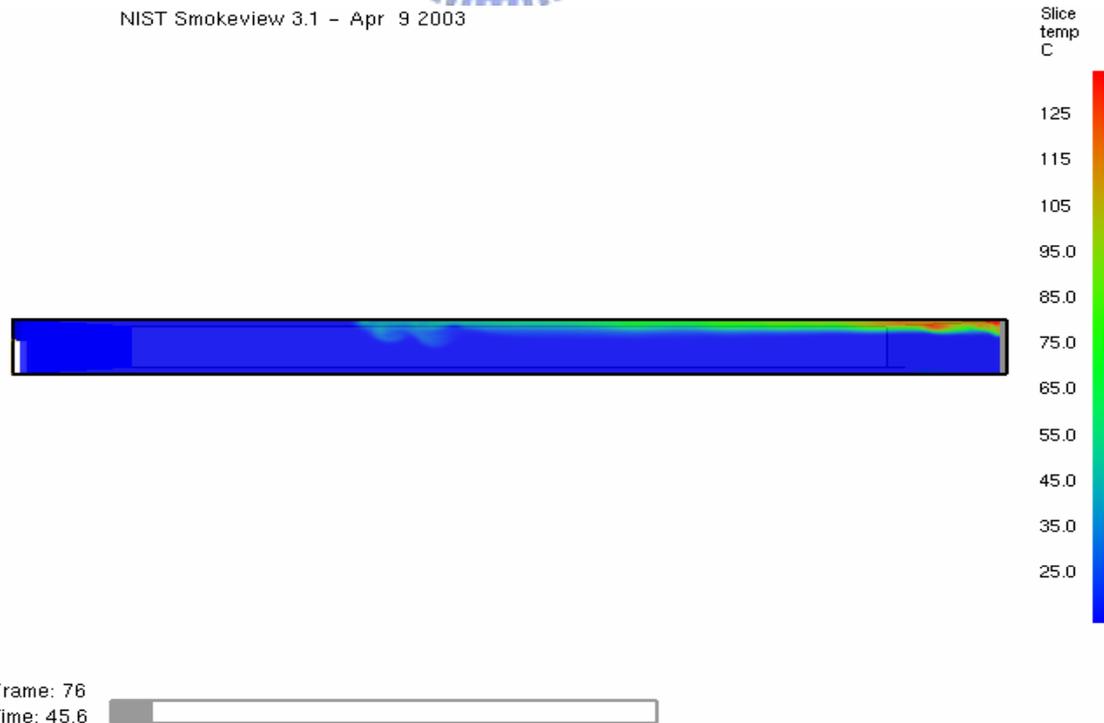
##### 4.4.1 單一區劃面積 $A=500\text{ m}^2$ 對應有效開口寬度 $W=1\text{m}$

因(1)、熱流接觸第一道防煙垂壁前與(2)、熱流接觸第一道防煙垂壁時以及(3)、熱流接觸第一道防煙垂壁後等三種狀況已在單一區劃面積  $200\text{ m}^2$  場所中詳細陳述過，因內容相同本章節不再贅述。

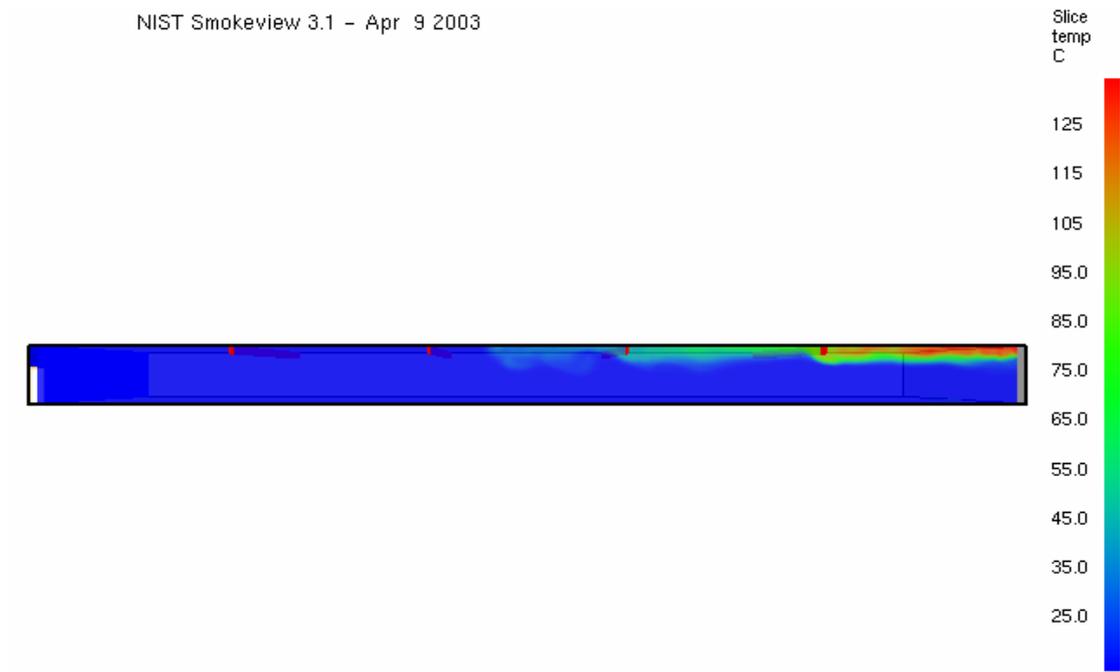
##### (4)、熱流流動歷時 $2\sqrt{A}$ 秒

以  $500\text{ m}^2$  單一區劃面積而言，察知火災發生至屋內人員開始避難前所需的時間為  $2\sqrt{A}$  ( $t_1$ )，需時 44.72 秒。茲比較不同防煙垂壁的溫度分布，如圖 4-32 所示，可觀察得知，在不設防煙垂壁的情況，高溫正逐漸擴散到出口，此時監測點的溫度值為  $25^\circ\text{C}$ ，消光係數值為  $5.13 \times 10^{-212}$ 。而在 50cm 防煙垂壁的情況，高溫越過第二道防煙垂壁正準備向第三區劃擴散，此時監測點的溫度值為  $25^\circ\text{C}$ ，消光係數值為  $7.54 \times 10^{-255}$ 。而在 80cm 防煙垂壁的情況，高溫大部分阻隔於第一區劃內，部份高溫僅越過第一道防煙垂壁，此時監測點的溫度值為  $25^\circ\text{C}$ ，消光係數值為  $6.35 \times 10^{-275}$ 。以上所述，不論在有、無防煙垂壁的場所，雖然高溫均尚未達到出口側，但可以由消光係數值比較，在火災初期，愈長的防煙垂壁對阻熱防煙的效果愈佳。

##### a、無防煙垂壁



b、50cm 防煙垂壁



c、80cm 防煙垂壁

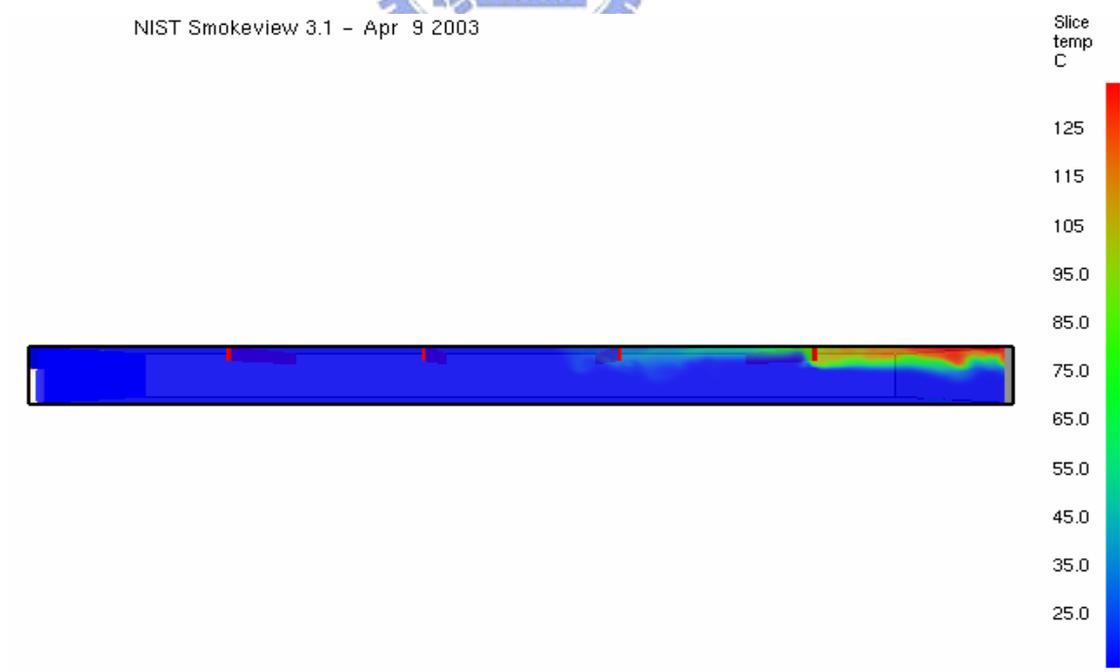


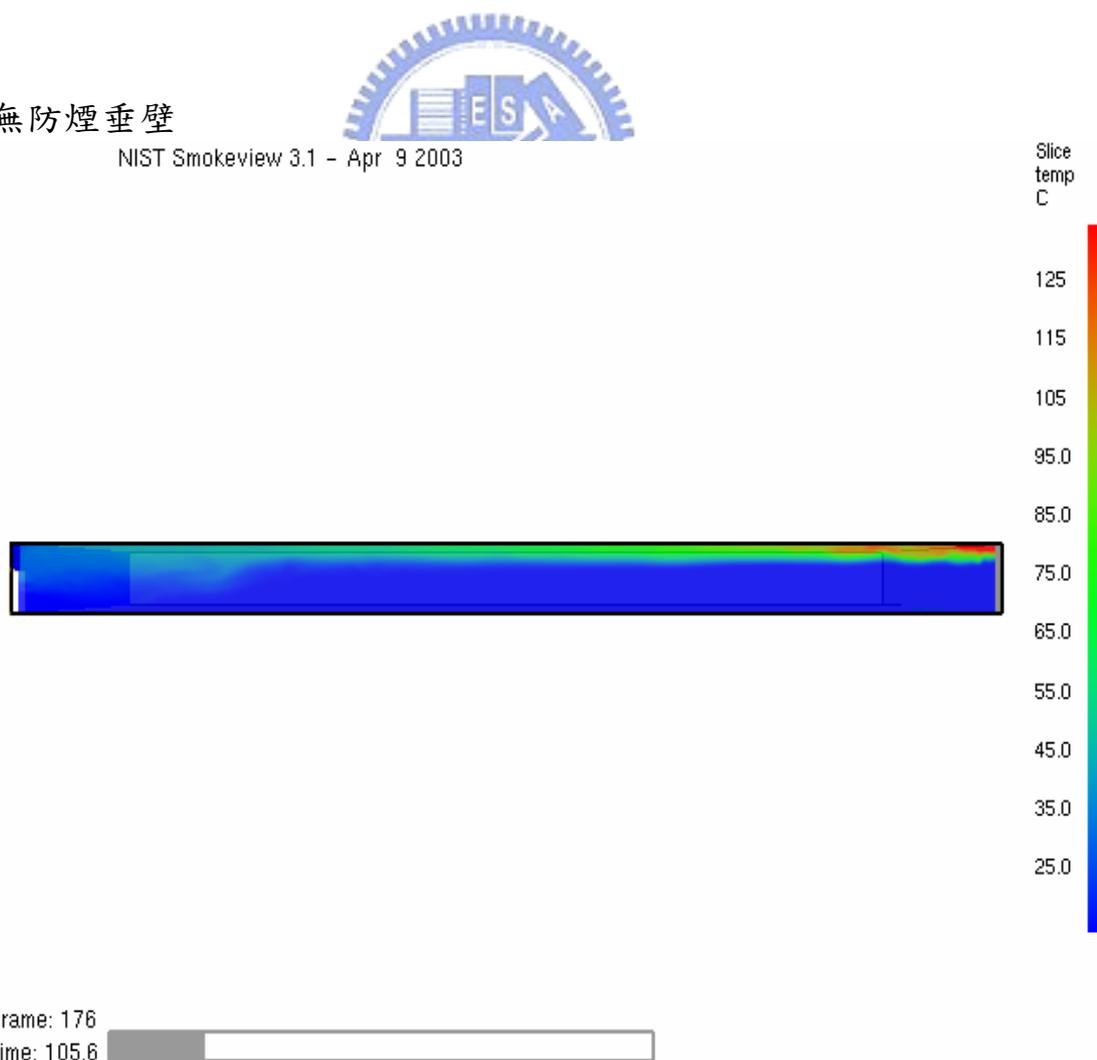
圖 4-32 單一區劃面積 500 m<sup>2</sup>溫度分布圖 (1)

(5)、熱流流動歷時在  $2\sqrt{A} + L / v$  秒

其次將火災發生至屋內人員開始避難前所需得時間 $t_1$  ( $2\sqrt{A}$ ) 再加上步行所需時間 $t_2$  ( $L / v$ 等於步行距離 $L$ 除人員步行速度 $v=1\text{m/秒}$ ) 為 60 秒，則在歷時 104.72 秒時，再比較不同防煙垂壁的溫度流動分布情形。

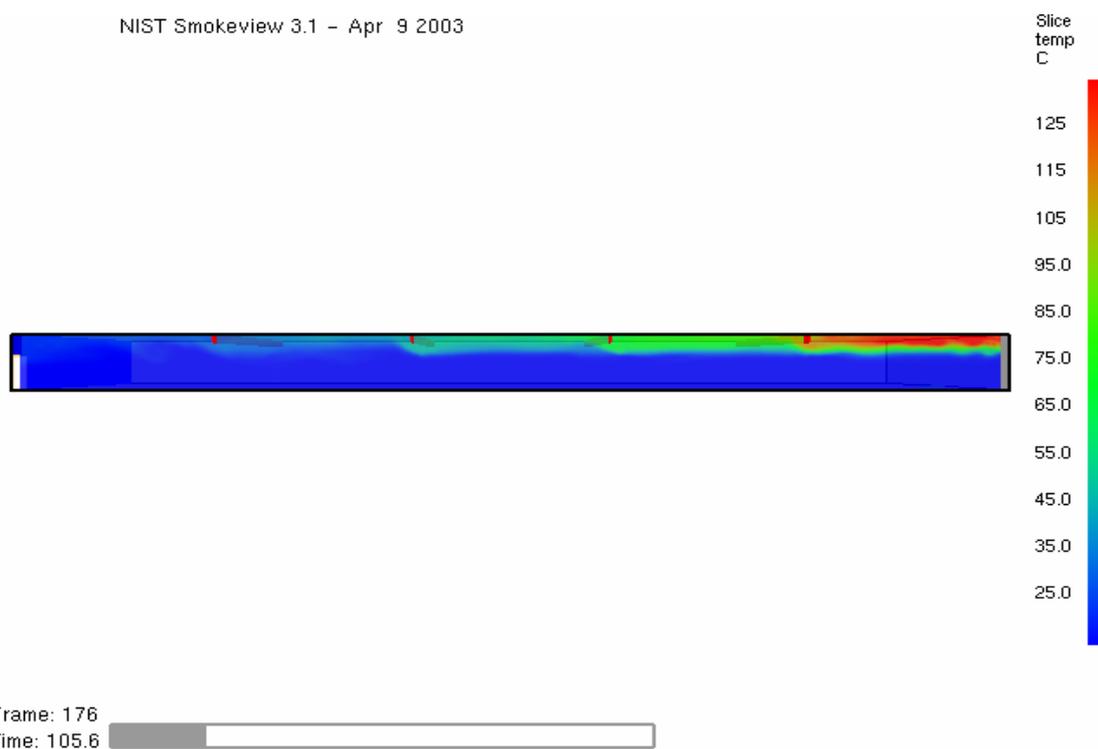
由圖 4-33 可知，在不設防煙垂壁的情況，高溫已擴散到出口側，此時監測點的溫度值為  $41.3^\circ\text{C}$ 。而在 50cm 防煙垂壁的情況，高溫越過第三道防煙垂壁已向第四區劃擴散中，此時監測點的溫度值為  $25.2^\circ\text{C}$ 。而在 80cm 防煙垂壁的情況，高溫大部分阻隔於第一區劃內，部份高溫越過第二道防煙垂壁進入第三區劃，但因受制於防煙垂壁之故，高溫被阻隔於第三道防煙垂壁前，此時監測點的溫度值為  $25^\circ\text{C}$  (在 141 秒時，溫度才開始上昇，此時溫度為  $25.3^\circ\text{C}$ )。由此可知，防煙垂壁會阻擋熱流向前擴散的趨勢，使高溫持續蓄積於第一區劃 (發生起火區劃) 內。由此可知，設置防煙垂壁愈長則防煙阻熱的效果更佳。

a、無防煙垂壁



### b、50cm 防煙垂壁

NIST Smokeview 3.1 - Apr 9 2003



### b、80cm 防煙垂壁

NIST Smokeview 3.1 - Apr 9 2003

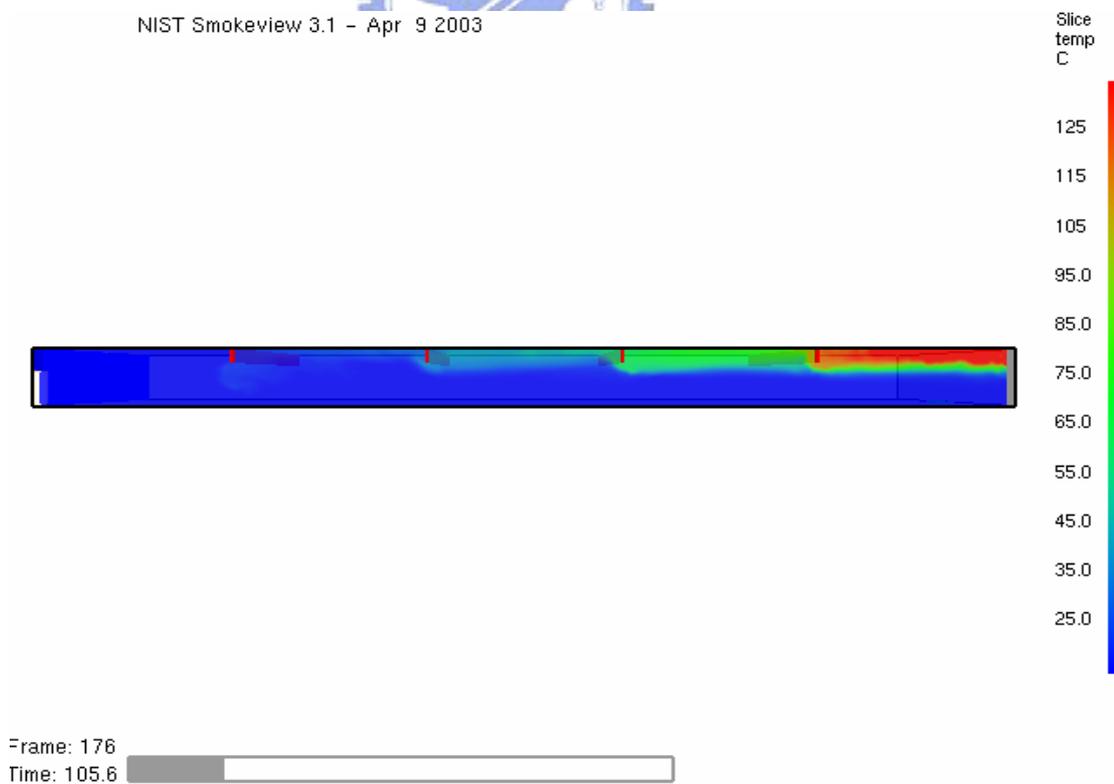
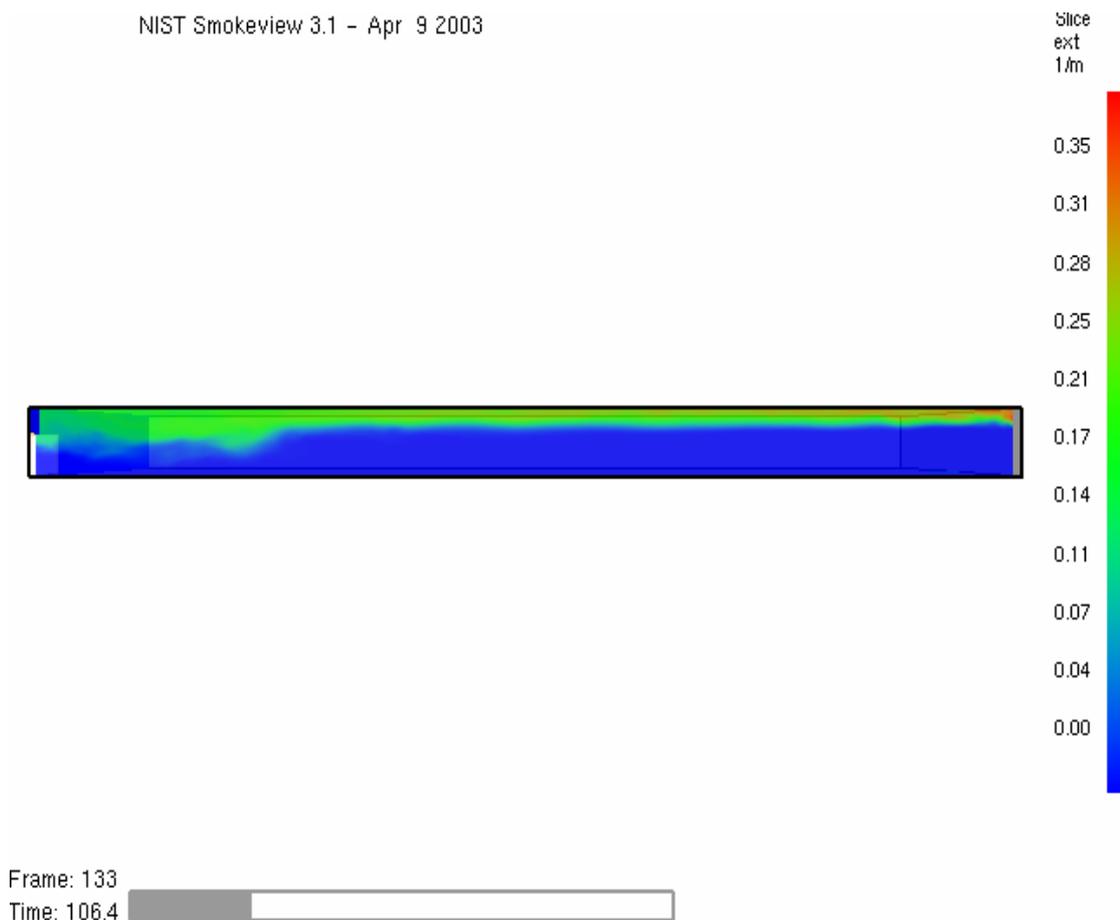


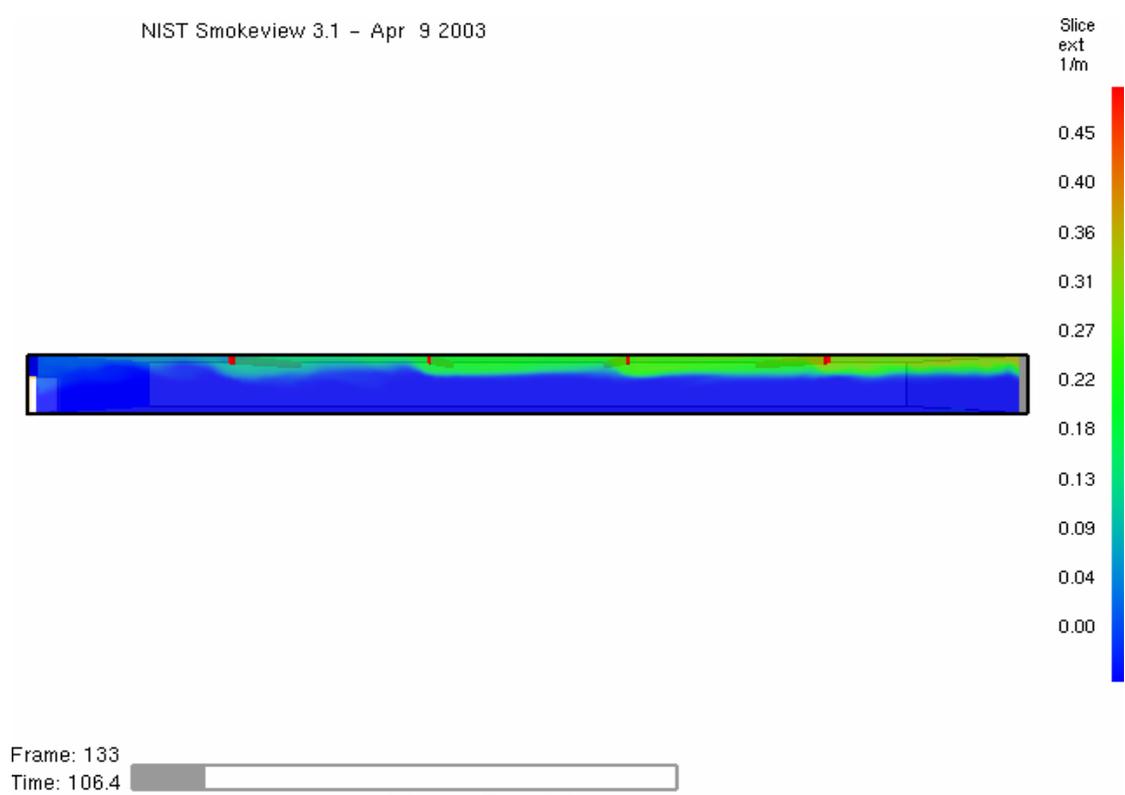
圖 4-33 單一區劃面積 500 m<sup>2</sup>溫度分布圖 (2)

另在單一區劃面積 500 m<sup>2</sup>其煙層下降之危害因子，經FDS電腦分析結果均為消光係數控制。茲比較不同防煙垂壁的消光係數分布情形，由圖 4-34 可知，在歷時 104.72 秒，在不設防煙垂壁的情況，濃煙已擴散到出口側，此時監測點的消光係數值為 0.12。而在 50cm防煙垂壁的情況，濃煙越過第四道防煙垂壁且小部份已擴散到出口側，此時監測點的消光係數值為 0.0058。而在 80cm防煙垂壁的情況，濃煙大部分阻隔於第一至第三區劃內，極小部份高溫越過第三道防煙垂壁進入第四區劃內，但尚未大量擴散至出口側，此時監測點的消光係數值為  $8.42 \times 10^{-77}$ 。由上所述，在相同時間點設有較長防煙垂壁的場所，濃煙因受到防煙垂壁的阻擋有減緩向前擴散的趨勢，濃煙亦如高溫持續蓄積於第一區劃（發生起火區劃）。由此可知，防煙垂壁愈長防煙阻熱的效果愈佳。

#### a、無防煙垂壁



b、50cm 防煙垂壁



c、80cm 防煙垂壁

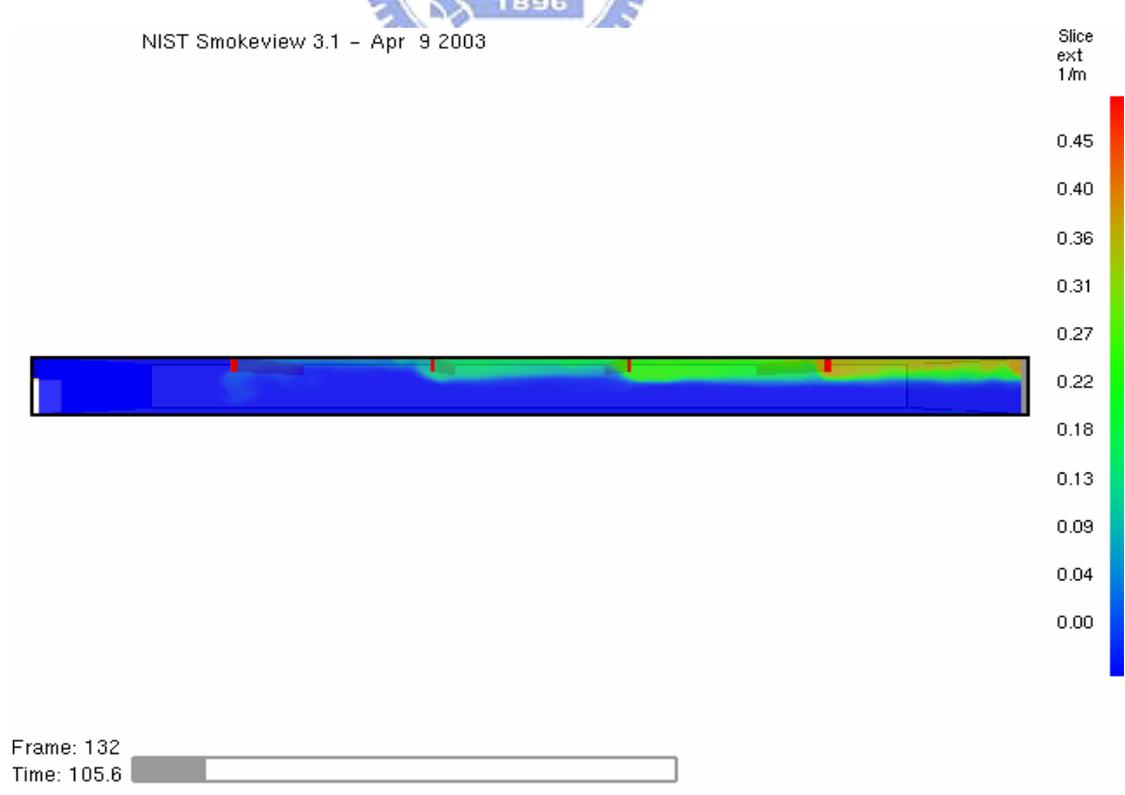


圖 4-34 單一區劃面積 500 m<sup>2</sup>消光係數分布圖(1)

(6)、煙層下降至危害時間與避難所需時間比較

以上所述僅說明防煙垂壁對防煙阻熱的功能，但尚無法確認避難活動是否安全。因此，需將以上所得的時間 ( $t_1+t_2$ ) 再加上人員通過出口所需的時間 ( $t_3$ ) 即為避難所需時間 ( $T$ )，然後再與煙層下降危害時間 ( $t_s$ ) 做比較，以判斷避難活動是否安全。

人員通過出口所需要的時間的求法為場所內總人員除以出口寬度以及出口流率。當有效出口寬度為 1m 時，所得到人員通過出口所需時間為  $500 \div 1.5 \div 1 = 333.33$  秒。因此，在單一區劃面積  $500 \text{ m}^2$  之避難所需時間合計為 438.05 秒。其個別之避難檢視計算經彙整如表 4-16 所示。

表 4-16  $A=500 \text{ m}^2$ 、 $W=1\text{m}$  之避難所需時間計算一覽表

編號	居室	寬長	實際	實際	人口	避難	有效	出口	步行	出口	步行	開始	步行	通過	避難
	高度	比	長寬	面積	密度	人員	出口	寬度	速度	流率	距離	時間	時間	出口	所需
	m	約	m×m	M <sup>2</sup>	人/m <sup>2</sup>	人	個	m	m/秒	人/ m/s	m	秒	秒	秒	秒
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

在單一區劃面積  $500 \text{ m}^2$  之煙層下降危害時間是經由 FDS 電腦分析所得的結果，如表 4-17 所列。由各項資料可以得知，煙層下降危害時間的控制因子均為消光係數控制。溫度在達到危害情境時均未達到  $80^\circ\text{C}$  的危險值，且當消光係數達 0.5 時溫度即不再考慮。因此，在不設置防煙垂壁時煙層下降危害時間為 367 秒，此時監測點溫度為  $52.4^\circ\text{C}$ 。同樣在設置 50cm 防煙垂壁時煙層下降危害時間為 378 秒，此時監測點溫度為  $45.5^\circ\text{C}$ 。而設置 80cm 防煙垂壁時，煙層下降危害時間為 418 秒，此時監測點溫度為  $40^\circ\text{C}$ 。

表 4-17  $A=500 \text{ m}^2$ 、 $W=1\text{m}$  之煙層下降與避難所需時間比較表

有效出口面積 (m <sup>2</sup> )	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
2	1	438.05	( -, 367 )	( -, 378 )	( -, 418 )

註：(溫度達危害值時間，消光係數達危害值時間)

由以上所述可以發覺，避難所需時間的關鍵在於出口寬度的大小，出口寬度愈大，人員流動性愈快，相對地避難所需的時間亦較短。而煙層下降危害時間能否延長的關鍵則在於設置防煙垂壁的長度。因此，若以無防煙垂壁場所的煙層下降危害時間值當做基準值，則在設置 50cm 防煙垂壁絲毫沒有效果，而設置 80cm 防煙垂壁則僅能相對延長約 10 % 的時間。

綜上可知，彙整如圖 4-35 所示在單一區劃面積  $500 \text{ m}^2$ ，若有效出口寬度為 1m 時，避難所需時間為 438.05 秒。在此情境下，不論有無設置防煙垂壁，其避難所需時間均小於煙層下降危害時間。因此，此種配置無法讓場所內全部人員通過出口到達安全區域，亦即場所之有效出口寬度若為 1m 時，對人員避難安全有虞。

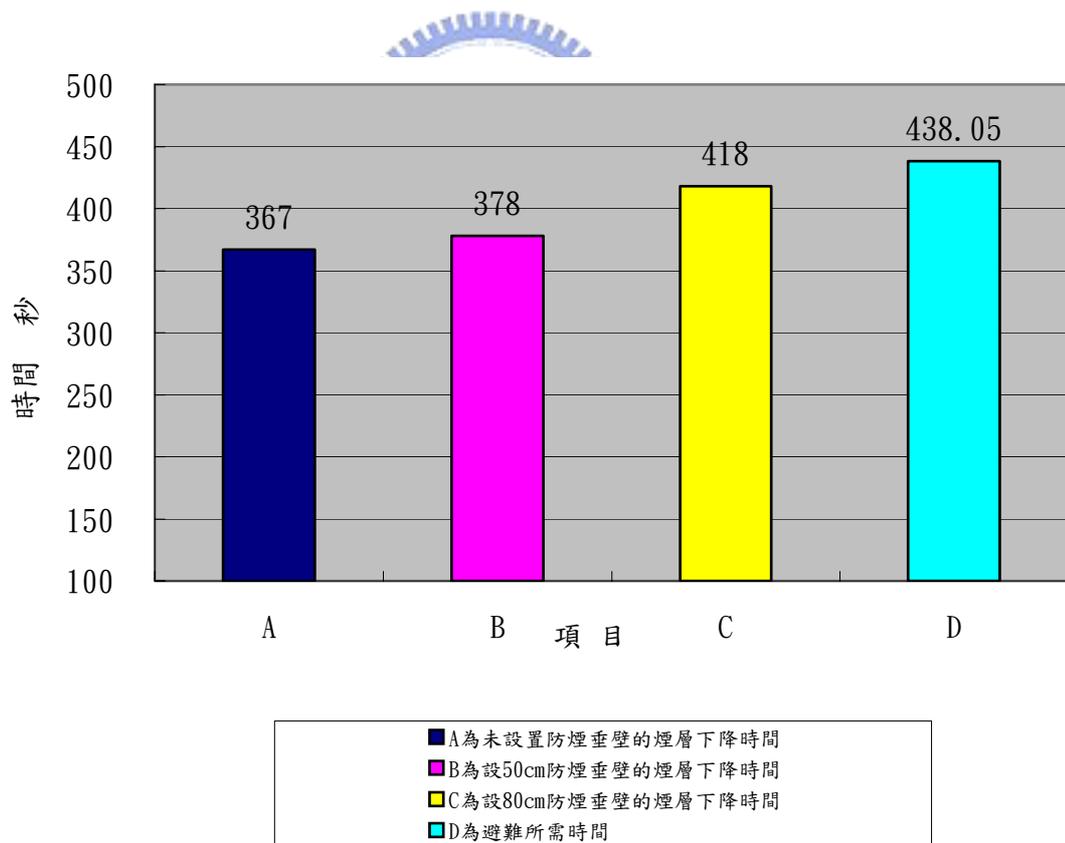


圖 4-35 A=500  $\text{m}^2$ 、W=1m 之時間比較圖

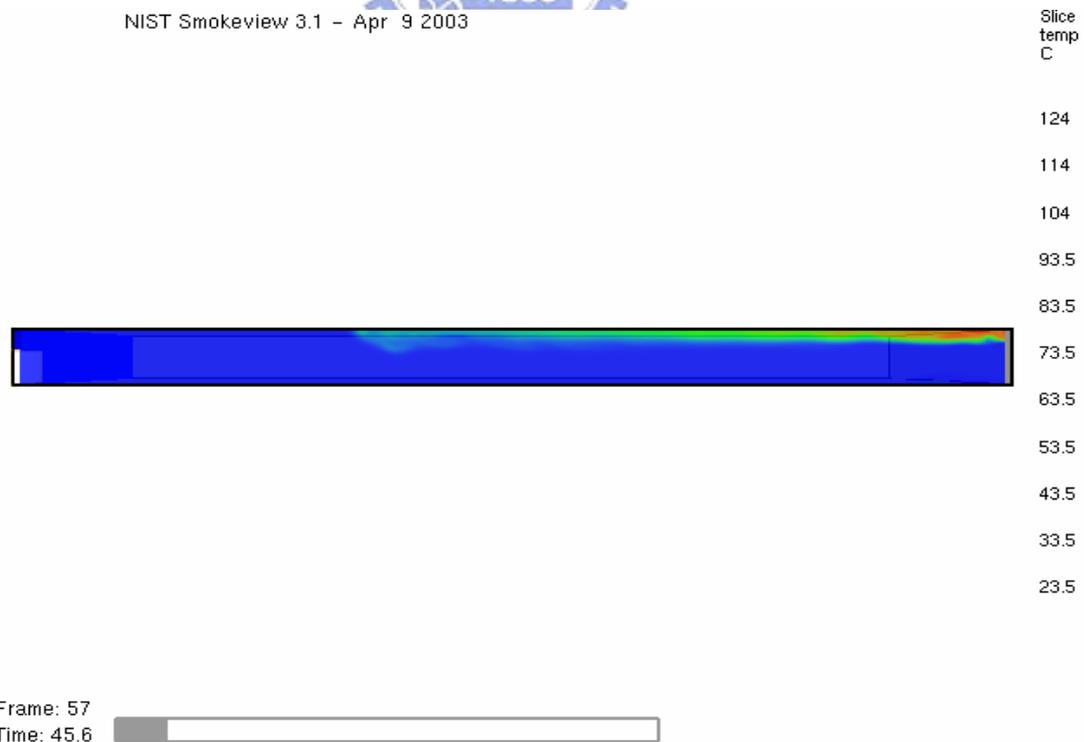
#### 4.3.2 單一區劃面積 $A=500\text{ m}^2$ 對應有效開口寬度 $W=2\text{m}$

因(1)、熱流接觸第一道防煙垂壁前與(2)、熱流接觸第一道防煙垂壁時以及(3)、熱流接觸第一道防煙垂壁後等三種狀況已在在單一區劃面積  $200\text{ m}^2$  場所中以詳細陳述過，因內容相同本章節不再贅述。

#### (4)、熱流流動歷時在 $2\sqrt{A}$ 秒

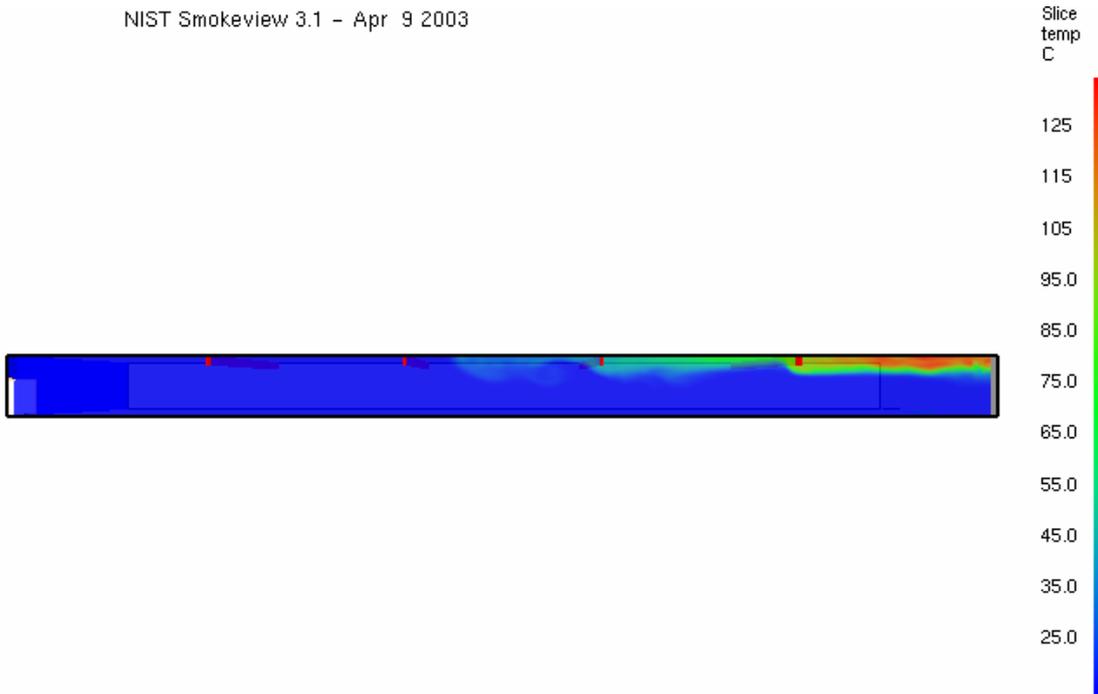
以  $500\text{ m}^2$  單一區劃面積而言，察知火災發生至屋內人員開始避難前所需的時間為  $2\sqrt{A}$  ( $t_1$ )，需時 44.72 秒。茲比較不同防煙垂壁的溫度分布，由圖 4-36 可知，在不設防煙垂壁的情況，高溫正逐漸擴散到出口側，此時監測點的溫度值為  $25^\circ\text{C}$ ，消光係數值為  $1.95 \times 10^{-213}$ 。而在 50cm 防煙垂壁的情況，高溫越過第二道防煙垂壁正準備向第三區劃擴散，此時監測點的溫度值為  $25^\circ\text{C}$ ，消光係數值為  $4.08 \times 10^{-254}$ 。而在 80cm 防煙垂壁的情況，高溫大部分阻隔於第一區劃內，僅小部份高溫越過第一道防煙垂壁，此時監測點的溫度值為  $25^\circ\text{C}$ ，消光係數值為  $7.32 \times 10^{-276}$ 。以上說明，在火災初期，高溫均尚未達到出口側。但同理可由消光係數值得知，愈長的防煙垂壁阻熱防煙的效果較佳。

#### a、無防煙垂壁



b、50cm 防煙垂壁

NIST Smokeview 3.1 - Apr 9 2003

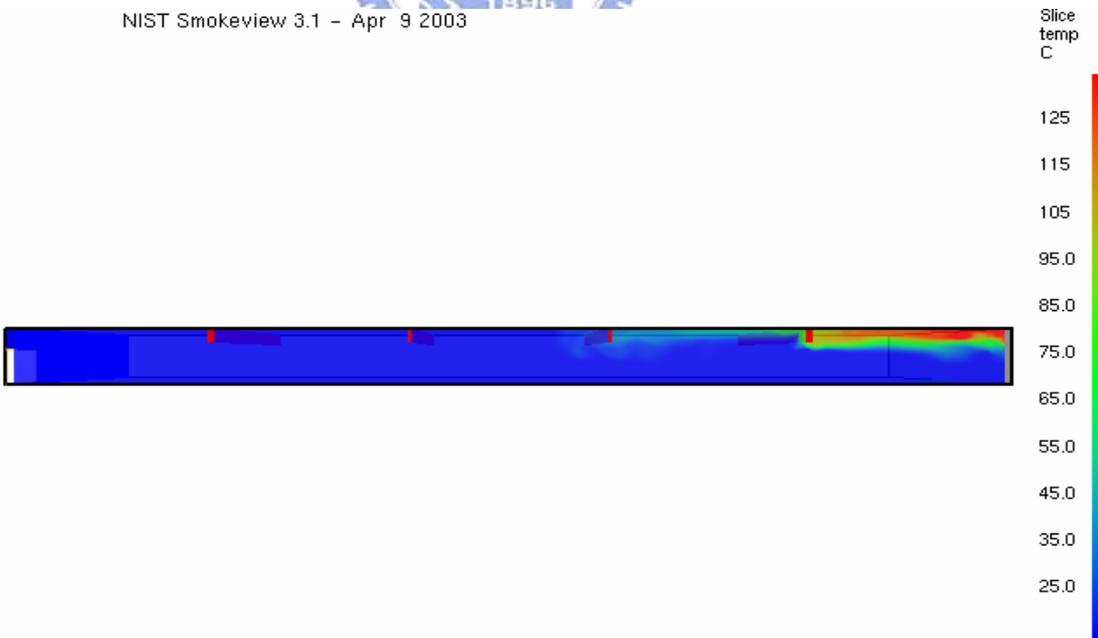


Frame: 57  
Time: 45.6



c、80cm 防煙垂壁

NIST Smokeview 3.1 - Apr 9 2003



Frame: 56  
Time: 44.8



圖 4-36 單一區劃面積 500 m<sup>2</sup>溫度分布圖 (3)

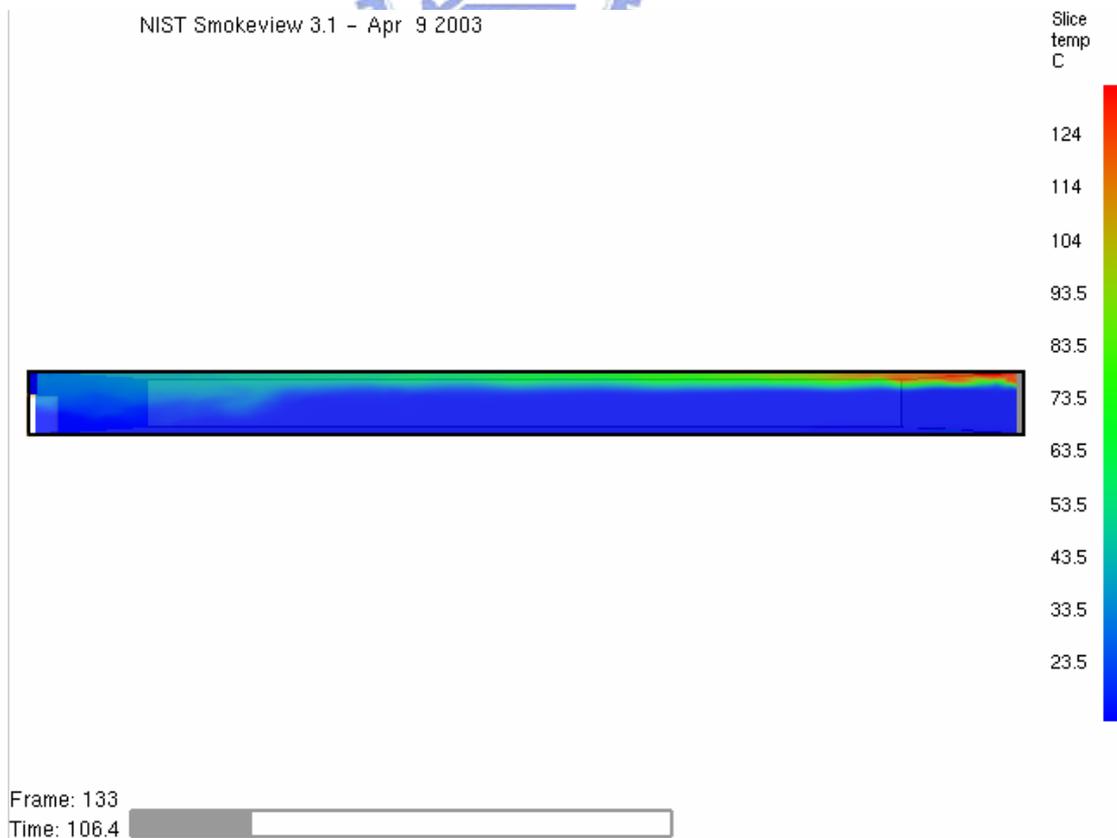
(5)、熱流流動歷時  $2\sqrt{A} + L / v$  秒

其次將火災發生至屋內人員開始避難前所需得時間 $t_1$  ( $2\sqrt{A}$ ) 再加上步行所需時間 $t_2$  ( $L / v$ 等於步行距離 $L$  除人員步行速度 $v=1\text{m/秒}$ ) 為 60 秒，則在歷時 104.72 秒時，再比較不同防煙垂壁的溫度流動分布情形。

由圖 4-37 可知，在不設防煙垂壁的情況，高溫已擴散到出口側，此時監測點的溫度值為  $41^\circ\text{C}$ 。而在 50cm 防煙垂壁的情況，高溫越過第三道防煙垂壁正準備向第四區劃擴散中，此時監測點的溫度值為  $25^\circ\text{C}$  (在 106 秒時溫度才開始上昇，此時溫度  $27.1^\circ\text{C}$ )。而在 80cm 防煙垂壁的情況，高溫大部分阻隔於第一區劃，部份高溫越過第二道防煙垂壁進入第三區劃內，但因受制於防煙垂壁之故，高溫被阻隔於第三道防煙垂壁前，此時監測點的溫度值尚未上昇為  $25^\circ\text{C}$  (在 143 秒時，溫度才開始上昇，此時溫度  $25.2^\circ\text{C}$ )。以上所述，雖然數值與開口寬度為 1m 有明顯不同，但同樣可以觀察到熱流受到防煙垂壁的阻擋有減緩向前擴散的趨勢，高溫蓄積於第一區劃 (發生起火區劃) 內。因此可知，設置較長的防煙垂壁對防煙阻熱的效果更加明顯。

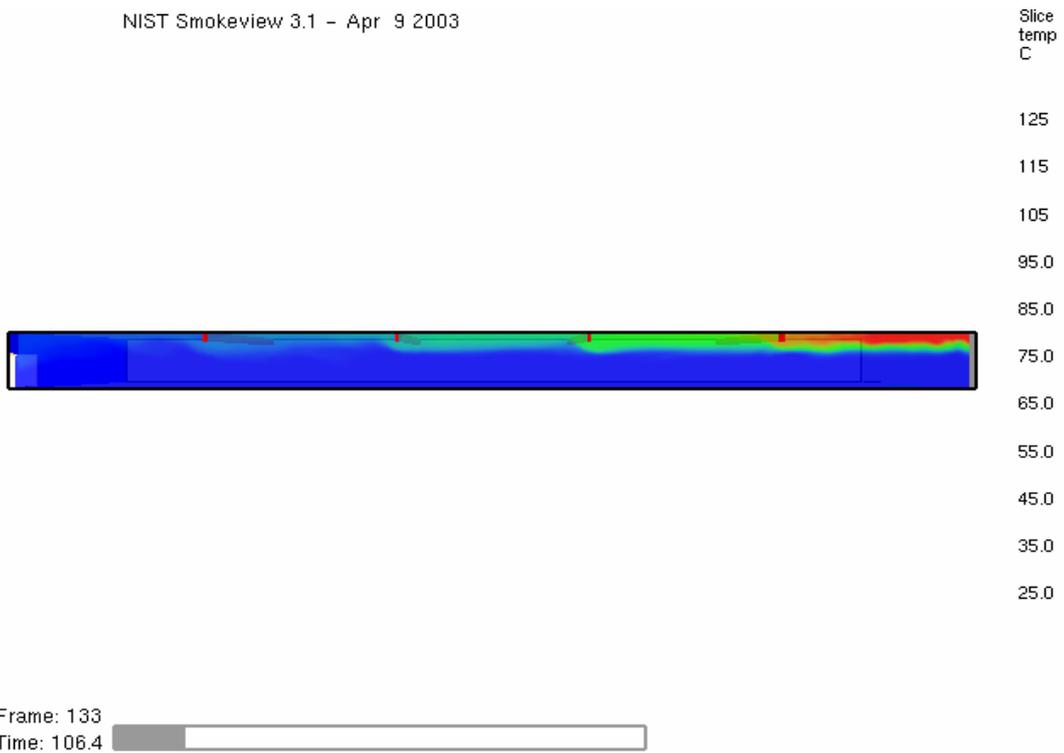


a、無防煙垂壁



b、50cm 防煙垂壁

NIST Smokeview 3.1 - Apr 9 2003



c、80cm 防煙垂壁

NIST Smokeview 3.1 - Apr 9 2003

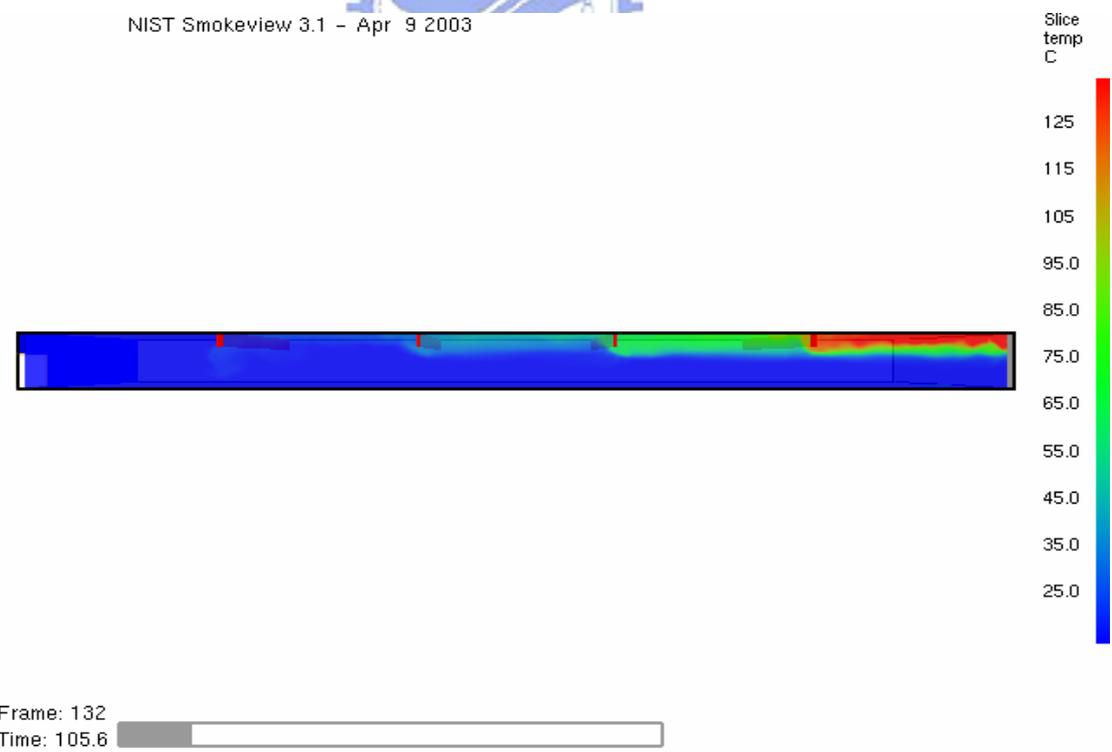
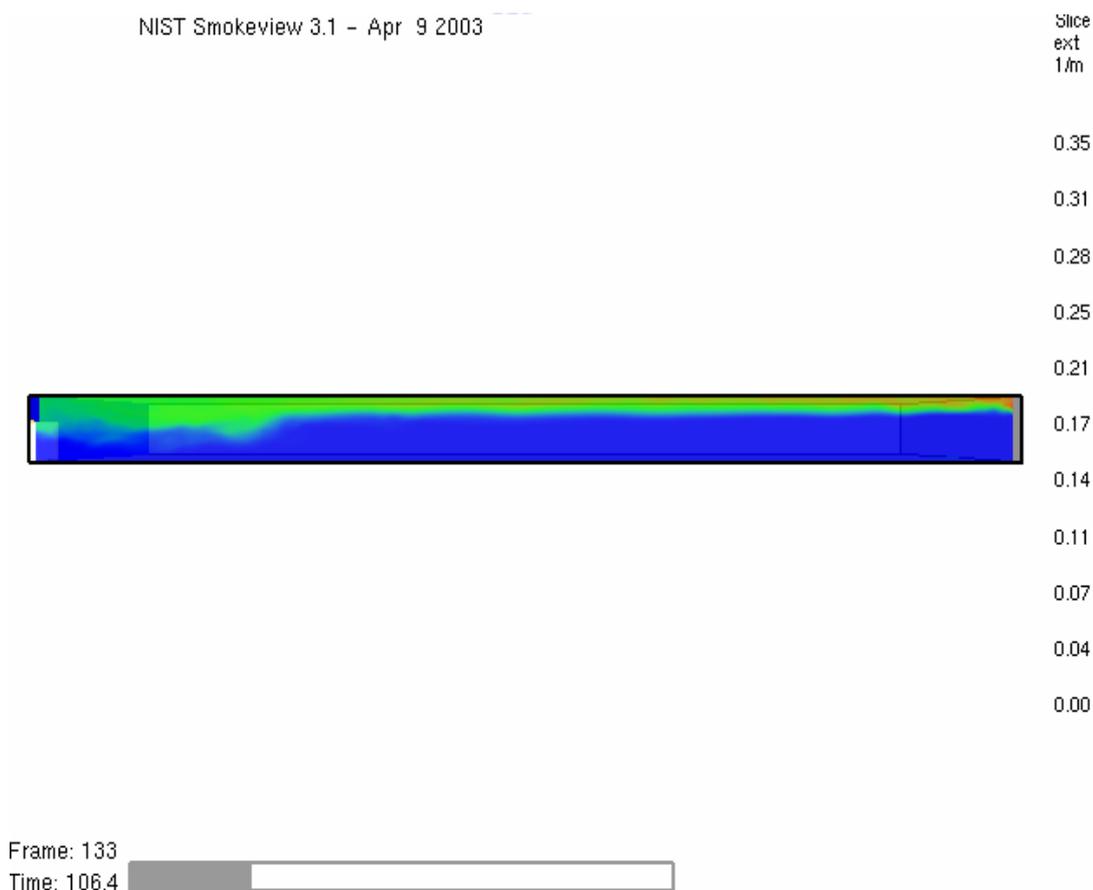


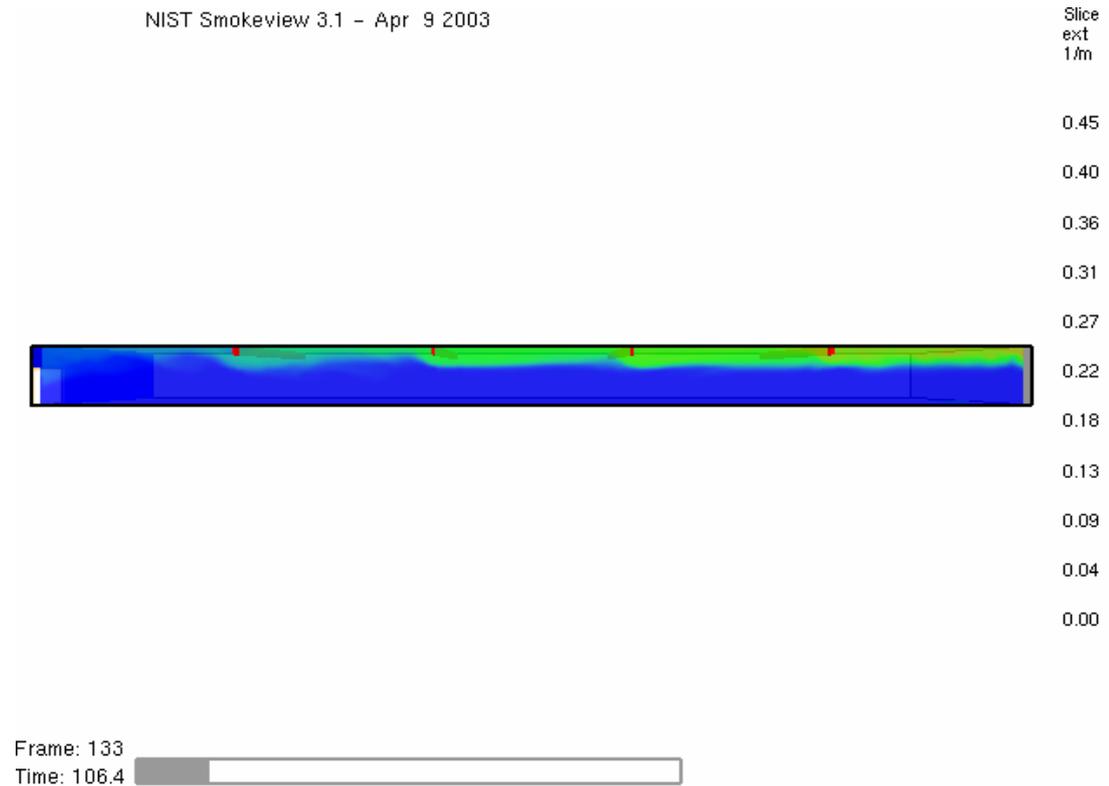
圖 4-37 單一區劃面積 500 m<sup>2</sup>溫度分布圖 (4)

另在單一區劃面積 500 m<sup>2</sup>其煙層下降之危害因子，經FDS電腦分析結果均為消光係數控制，比較不同防煙垂壁的消光係數分布情形，由圖 4-34 可知，在歷時 104.72 秒時，在不設防煙垂壁的情況，濃煙已擴散到出口側，此時監測點的消光係數值為 0.108。而在 50cm防煙垂壁的情況，濃煙越過第四道防煙垂壁且小部份已擴散到出口側，此時監測點的消光係數值為 0.00509。而在 80cm防煙垂壁的情況，濃煙大部分阻隔於第一至第三區防煙區劃內，極小部份高溫越過第三道防煙垂壁進入第四區劃，但尚未大量擴散至出口側，此時監測點的消光係數值為  $1.97 \times 10^{-81}$ 。由上所述在相同時間點，設置較長防煙垂壁的場所，濃煙因受到防煙垂壁的阻擋有減緩向前擴散的趨勢，濃煙亦如高溫持續蓄積於第一區劃（發生起火區劃）內。由此可知，防煙垂壁愈長對防煙阻熱的效果愈佳。

#### a、無防煙垂壁



b、50cm 防煙垂壁



c、80cm 防煙垂壁

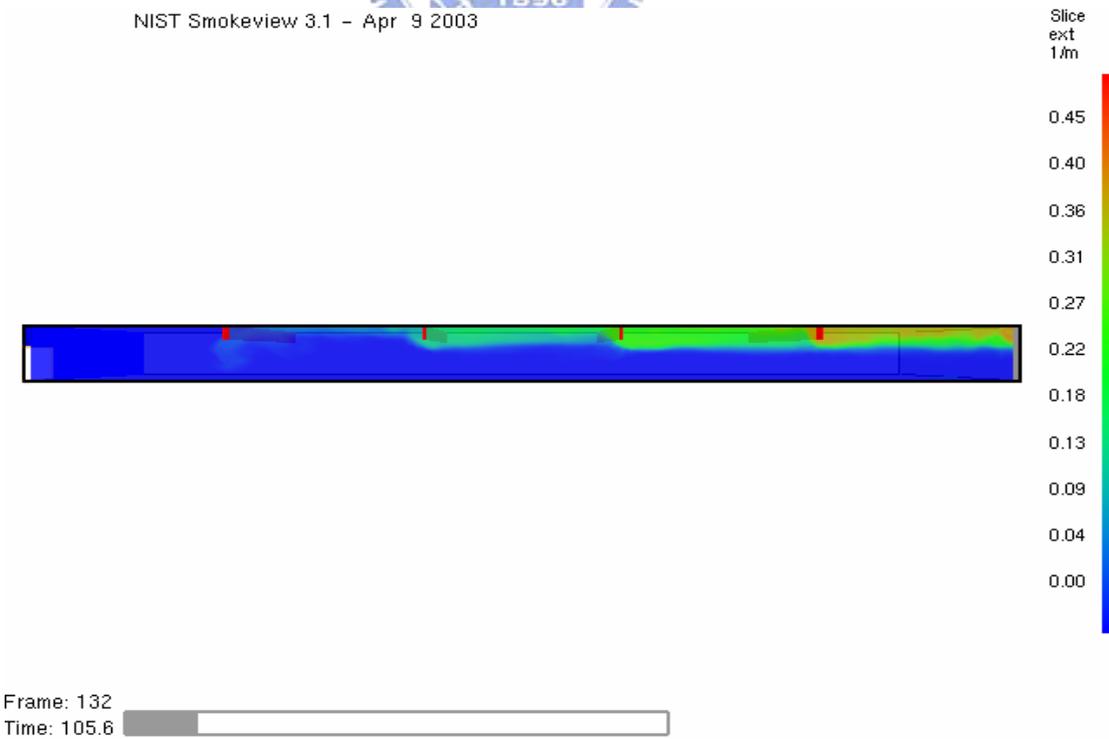


圖 4-38 單一區劃面積 500 m<sup>2</sup>消光係數分布圖 (2)

(6)、煙層下降至危害時間與避難所需時間比較

以上所述僅說明防煙垂壁對防煙阻熱的功能，但尚無法確認避難活動是否安全。因此，需將以上所得的時間 ( $t_1+t_2$ ) 再加上人員通過出口所需的時間 ( $t_3$ ) 即為避難所需時間 ( $T$ )，然後再與煙層下降危害時間 ( $t_5$ ) 做比較，以判斷避難活動是否安全。

人員通過出口所需要的時間的求法為場所內總人員除以出口寬度以及出口流率。當有效出口寬度為 2 m 時，所得到人員通過出口所需時間為  $500 \div 1.5 \div 2 = 166.67$  秒。因此，在單一區劃面積  $500 \text{ m}^2$  之總避難所需時間合計為 271.39 秒。其個別之避難檢視計算經彙整如表 4-18 所示。

表 4-18 A=500 m<sup>2</sup>、W=2m 之避難所需時間計算一覽表

編號	居室	寬長	實際	實際	人口	避難	有效	出口	步行	出口	步行	開始	步行	通過	避難
	高度	比	長寬	面積	密度	人員	出口	寬度	速度	流率	距離	時間	時間	出口	所需
	m	約	m×m	M <sup>2</sup>	人/m <sup>2</sup>	人	個	m	m/秒	人/m/s	m	秒	秒	秒	秒
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

在單一區劃面積  $500 \text{ m}^2$  之煙層下降危害時間，經由 FDS 電腦分析結果如表 4-19 所列。由各項資料可以得知，煙層下降危害時間的控制因子均為消光係數控制，溫度在達到危害情境時均未達到  $80^\circ\text{C}$  的危害值，且當消光係數達 0.5 時溫度即不再考慮。因此，在不設置防煙垂壁時煙層下降危害時間為 377 秒，此時監測點溫度為  $52.7^\circ\text{C}$ 。同樣在設置 50cm 防煙垂壁時煙層下降危害時間為 374 秒，此時監測點溫度為  $44.36^\circ\text{C}$ 。而設置 80cm 防煙垂壁時，煙層下降危害時間為 426 秒，此時監測點溫度為  $39.8^\circ\text{C}$ 。

表 4-19 A=500 m<sup>2</sup>、W=2m 之煙層下降與避難所需時間比較表

有效出口面積 (m <sup>2</sup> )	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
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)

由以上所述可以發覺，避難所需時間的關鍵在於出口寬度的大小，出口寬度愈大，人員流動性愈快，相對地避難所需的時間亦較短。而能否延長煙層下降危害時間的關鍵則在於設置防煙垂壁的長度。因此若以無防煙垂壁場所的煙層下降危害時間值當做基準值，在設置 50cm 防煙垂壁絲毫沒有效果，而設置 80cm 防煙垂壁則僅能相對延長約 11 % 的時間。

綜上可知，彙整如圖 4-39 所示，在單一區劃面積  $500\text{ m}^2$ ，若有效出口寬度為 2m 時，其避難所需時間為 271.39 秒。由資料可知，場所內人員皆能順利通過出口。可是當設置 50cm 防煙垂壁其效果與未設置防煙垂壁的情況無異。顯然設置 50cm 防煙垂壁無法發揮其防煙阻熱的功能，為安全起見應以採用設置 80cm 的防煙垂壁安全性較高。

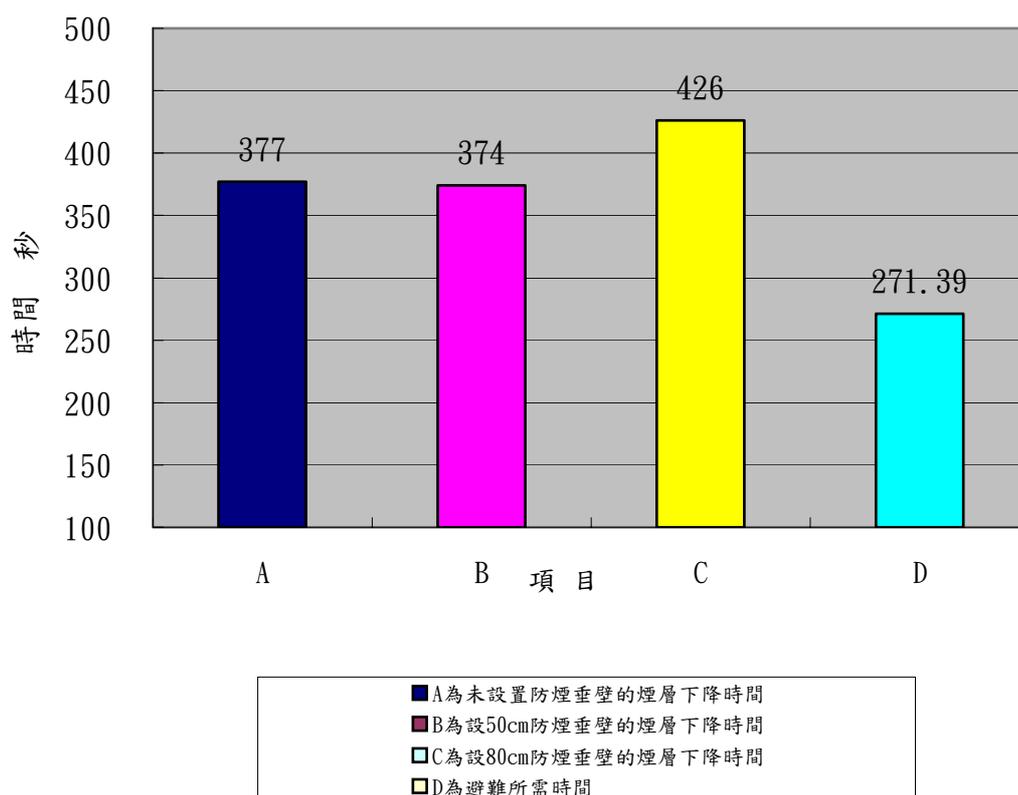


圖 4-39 A= $500\text{ m}^2$ 、W=2m 之時間比較圖

#### 4.4.3 單一區劃面積 A=500 m<sup>2</sup>比較分析

綜合以上電腦分析的結果，彙整如表 4-20，在單一區劃面積 300 m<sup>2</sup>對應不同出口寬度其避難效果的比較，說明如下：

(1)、未設防煙垂壁的場所，在對應有效開口寬度 2m 時，煙層下降危害時間為 377 秒，較對應有效開口寬度 1m 時為 367 秒，增加 10 秒。

(2)、在設有 50cm 防煙垂壁的場所，對應有效開口寬度 2m 時，煙層下降危害時間為 374 秒，較對應有效開口寬度 1m 時為 378 秒，反而減少 4 秒。

(3)、在設有 80cm 防煙垂壁的場所，在對應有效開口寬度 2m 時，煙層下降危害時間為 426 秒，較對應有效開口寬度 1m 時為 418 秒，增加 8 秒。

因此，對於相同面積相同防煙垂壁的配置，開口的大小對於煙層下降危害時間增加有限，但對於相同面積、不同防煙垂壁的配置，則在 80cm 的防煙垂壁，相對延長煙層下降危害時間較明顯。

再從避難活動方面來討論，由圖 4-40 可以得知，若有效出口寬度為 1m 時，不論有無設置防煙垂壁，煙層下降危害時間均小於避難所需時間 438.05 秒。此種配置，無法讓全部人員通過出口逃生，避難安全有虞。若採用有效出口寬度為 2m 時，則因為出口寬度增大，加快人員通過出口，相對縮短避難逃生的時間，此時避難所需時間僅 271.39 秒，因此，不論有無設置防煙垂壁的情況，人員避難均無困難。

然在未設防煙垂壁與設置 50cm 的防煙垂壁的場所，兩者之煙層下降危害時間非常接近，顯然設置 50cm 的防煙垂壁無法發揮其防煙阻熱的功能，而設置 80cm 的防煙垂壁的場所，因煙層下降危害時間較前兩者均增長，安全性較高。因此，針對單一區劃面積 500 m<sup>2</sup>的配置，應以有效出口寬度 2m，且採用 80cm 的防煙垂壁為宜。

表 4-20 A=500 m<sup>2</sup>煙層下降與避難所需時間比較表

有效出口面積 (m <sup>2</sup> )	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
2	1	438.05	( - , 367 )	( - , 378 )	( - , 418 )
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)

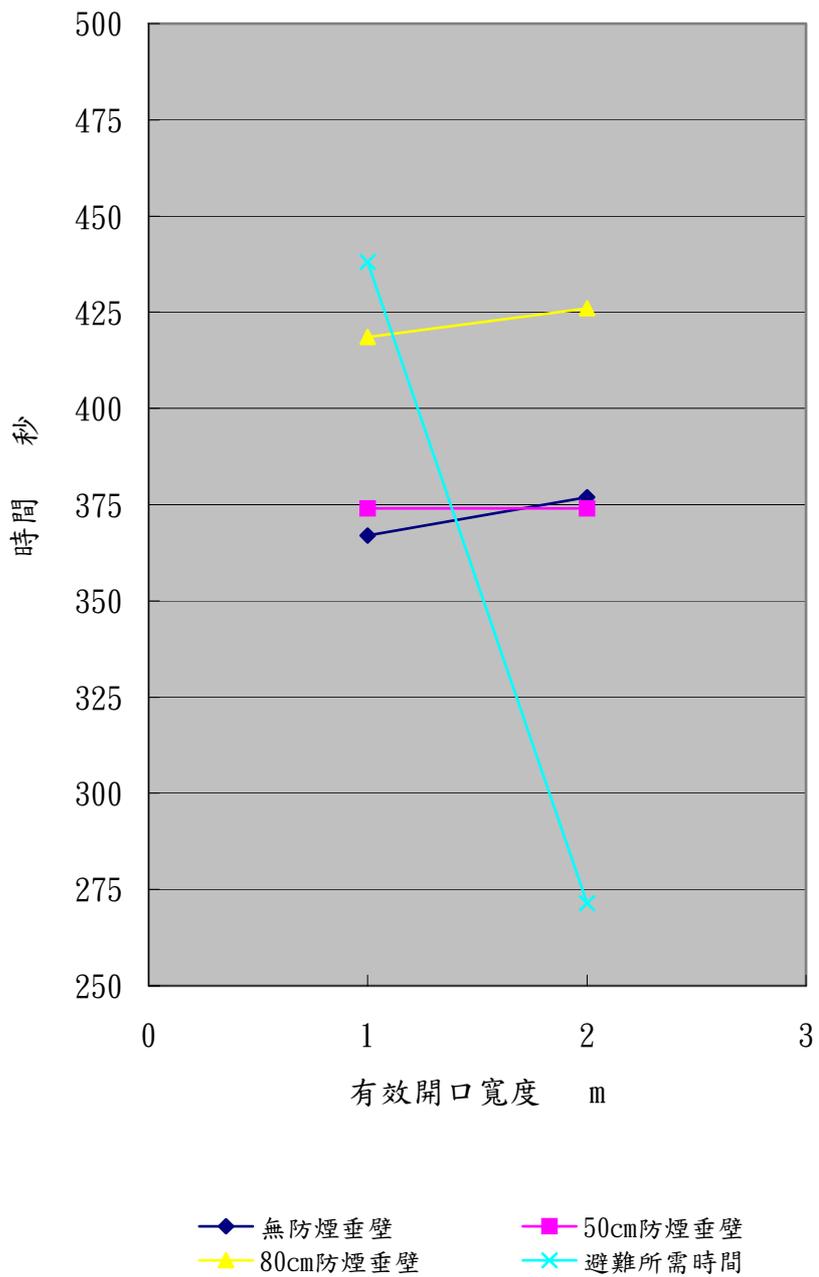


圖 4-40 單一區劃面積 500 m<sup>2</sup>煙層下降與避難時間比較圖