建築材料耐燃試驗納入發煙量實驗研究

內政部建築研究所自行研究報告

中華民國 110 年 12 月

（本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見）

目次

表次.....V
圖次.....VII
第一章 緒論.....5
第一節 研究緣起與背景.....5
第二節 研究目的及方法.....5
第三節 預期成果.....6
第二章 文獻分析與研究.....7
第一節 近年國內火災統計.....7
第二節 熱煙危害.....10
第三節 各國建築材料燃燒性試驗方法.....12
第三章 熱釋放率及煙動態量測實驗.....25
第一節 圓錐量熱儀試驗法.....25
第二節 煙量測系統校正.....29
第三節 試體規劃及試驗結果.....32
第四節煙產生率分級之探討.....47
第四章 結論與建議.....51
第一節 結論.....51
第二節 建議.....51
附錄一 研究業務協調會.....53
附錄二 期中審查會議.....55
附錄三 期末審查會議.....59
附錄四 TAF 認證證書.....63
參考書目.....65

表次

表 2-1 106 年至 108 年火災次數統計表.....7
表 2-2 106 年至 108 年各類火災統計表.....8
表 2-3 107、108 年火災死亡因素統計表.....9
表 2-4 ASTM E84 試驗結果分級表.....13
表 2-5 BS 476-7 耐燃等級.....15
表 2-6 歐洲建築材料燃燒性能試驗方法.....16
表 2-7 煙分級表.....17
表 2-8 中國裝修材料燃燒性等級.....18
表 2-9 中國建築材料燃燒性能試驗方法.....19
表 2-10 煙產生、燃燒滴落物/微粒和煙毒性等級表.....20
表 2-11 日本耐燃材料試驗方法.....21
表 2-12 日本耐燃材料判定條件.....22
表 2-13 CNS 6532 試驗方法及判定基準.....23
表 2-14 CNS 14705 判定基準.....24
表 2-15 b 參數.....24
表 3-1 耐燃級別及判定條件.....32
表 3-2 耐燃一級試驗試體說明.....33
表 3-3 耐燃二級試驗試體說明.....34
表 3-4 耐燃三級試驗試體說明.....35
表 3-5 試體一試驗結果表.....36
表 3-6 試體 2 試驗結果表.....36
表 3-7 試體 3 試驗結果表.....37
表 3-8 試體 4 試驗結果表.....37
表 3-9 試體 5 試驗結果表.....38

表 3-10 試體 6 試驗結果表.....38
表 3-11 試體 7 試驗結果表.....39
表 3-12 試體 8 試驗結果表.....39
表 3-13 試體 9 試驗結果表.....40
表 3-14 試體 10 試驗結果表.....40
表 3-15 試體 11 試驗結果表.....41
表 3-16 試體 12 試驗結果表.....41
表 3-17 試體 13 試驗結果表.....42
表 3-18 試體 14 試驗結果表.....42
表 3-19 試體 15 試驗結果表.....43
表 3-20 試體 16 試驗結果表.....43
表 3-21 試體 17 試驗結果表.....44
表 3-22 試體 18 試驗結果表.....44
表 3-23 試體 19 試驗結果表.....45
表 3-24 試體 20 試驗結果表.....45
表 3-25 試體 21 試驗結果表.....46
表 3-26 煙分級比較表.....47
表 3-27 耐燃級數影響比較表.....48
表 3-28 煙量測系統支出概估表.....49

圖次

圖 2-1 108 年 A、A2 及 A3 類火災發生次數.....7
圖 2-2 ASTM E84 試驗裝置.....13
圖 2-3 BS 476-7 試驗裝置.....15
圖 2-4 試驗示意圖(SBI).....17
圖 3-1 圓錐量熱儀裝置圖.....26
圖 3-2 圓錐量熱儀裝置(CONE).....26
圖 3-3 排氣系統.....28
圖 3-4 煙量測系統剖面圖.....28
圖 3-5 雷射光源.....29
圖 3-6 濾光片.....29
圖 3-7 濾光片 0.308 校正報告.....30
圖 3-8 濾光片 0.806 校正報告.....31
圖 3-9 零值(ZERO)校正.....31
圖 3-10 密度 0.308 校正.....31
圖 3-11 密度 0.806 校正.....32
圖 3-12 試體 1 試驗結果曲線圖.....36
圖 3-13 試體 2 試驗結果曲線圖.....37
圖 3-14 試體 3 試驗結果曲線圖.....37
圖 3-15 試體 4 試驗結果曲線圖.....38
圖 3-16 試體 5 試驗結果曲線圖.....38
圖 3-17 試體 6 試驗結果曲線圖.....39
圖 3-18 試體 7 試驗結果曲線圖.....39
圖 3-19 試體 8 試驗結果曲線圖.....40
圖 3-20 試體 9 試驗結果曲線圖.....40

圖 3-21 試體 10 試驗結果曲線圖.....41
圖 3-22 試體 11 試驗結果曲線圖.....41
圖 3-23 試體 12 試驗結果曲線圖.....42
圖 3-24 試體 13 試驗結果曲線圖.....42
圖 3-25 試體 14 試驗結果曲線圖.....43
圖 3-26 試體 15 試驗結果曲線圖.....43
圖 3-27 試體 16 試驗結果曲線圖.....44
圖 3-28 試體 17 試驗結果曲線圖.....44
圖 3-29 試體 18 試驗結果曲線圖.....45
圖 3-30 試體 19 試驗結果曲線圖.....45
圖 3-31 試體 20 試驗結果曲線圖.....46
圖 3-32 試體 21 試驗結果曲線圖.....46

摘要

關鍵字：室內裝修材料、耐燃性試驗、煙產率

一、研究目的

室內裝修材料若著火，會釋放熱、煙及有毒氣體，對人員逃生及財物損失都是極大威脅，因此防火安全需對這些材料著火時產生的熱、煙及有毒氣體予以總量管制，並以各種防火試驗法進行檢測。我國現行耐燃性級別係依據 CNS 14705-1「建築物室內裝修材料之耐燃性試驗法」進行試驗，其耐燃性判定僅對熱釋放量及有無產生防火上有害之貫穿至背面之龜裂及孔穴予以規定，但未包含發煙量。為保障民眾生命安全，標檢局於 109 年 11 月參考 ISO 5660-1 對 CNS 14705-1 進行修訂，增加煙產率測試方法，但未有判定基準。為使我國建材耐燃分級評定更加完善，乃參考歐洲（EN 13823，以 SBI 單材耐燃試驗儀測試）建築材料之發煙量分級制度，與我國之室內裝修材料耐燃試驗方法(CNS 以 CONE 圓錐量熱儀測試)進行試驗比較分析，探討結果之相關性，並提出耐燃材料分級發煙量之容許值建議，以提升我國室內裝修材料防火安全性。

二、研究方法及過程：

1. 蒐集國外對建築材料其燃燒性試驗依據的標準及判定要求，以彌補我國標準規範的不足，促進提升我國室內裝修材料防火安全性。
2. 參考國際標準 ISO 5660-1 其煙產生率（動態量測）試驗要求進行設備能量的提升。
3. 對國內使用之室內裝修材料進行實驗，以探討其耐燃等級、熱釋放與煙產生量之相關性。

三、重要發現：

1. 彙整本研究共計 21 次的試驗結果發現，材料的熱釋放率與煙產生率二者發展的趨勢是有顯著一致性。而熱釋放量及總煙產生量不一定是正比關係，高總熱釋放量低總煙產生量、低總熱釋放量卻有較高煙產生量、高總熱釋放量、高煙產生量的結果都因材料的特性有所不同。
2. 參考歐洲（EN 13823）與中國（GB/T 5464）之試驗方法及要求，以煙量測設備之體積流率與管徑比值作大尺度推導至小尺度之結果提出耐燃材料其發煙量容許值之建議，後續仍還需以實驗進行驗證。

3. 概估設備圓錐量熱儀所增設之煙遮蔽率量測系統每年需增加之成本支出，以作為日後本項實驗設施技術服務收費標準修訂之參考。

四、主要建議事項：

立即可行之建議:煙建築物室內裝修材料耐燃性級別之判定增加發煙量之分級。

主管機關：內政部營建署、經濟部標準檢驗局

協辦機關：內政部建築研究所

火災發生材料因燃燒產生之大量濃煙是災現場追成死亡之主要原因,因此耐燃材料不僅要限制其熱釋放率、延燒性外，其燃燒所生成的發煙量也應進行限制，是為防火安全中第一道防線，也是最有效的方法之一。

ABSTRACT

keywords：interior finish material of buildings, fire retardant grade test, smoke yield

If interior finish material of buildings catch fire, they will release heat, smoke and toxic gases, which is a great threat to personnel escape and property loss. Therefore, for fire safety, it is necessary to control the total amount of heat, smoke and toxic gases generated by these materials when they catch fire, and detect them by various fire test methods. The current flammability level in Taiwan is tested according to CNS 14705-1 "test method for flammability of building interior decoration materials". The determination of flammability only specifies the heat release and whether there are cracks and holes through the back that are harmful to fire prevention, but does not include the amount of smoke. In order to ensure the safety of people's lives, the Bureau of standards and inspection revised CNS 14705-1 with reference to ISO 5660-1 in November 2020 to increase the test method of smoke yield, but there is no judgment benchmark. In order to improve the fire resistance classification evaluation of building materials in Taiwan, the smoke emission classification system of building materials in Europe (EN 13823, tested with SBI single material fire resistance tester) is compared with the fire resistance test method of interior decoration materials in Taiwan (CNS tested with cone calorimeter), the correlation of the results is discussed, and the allowable value of smoke emission of fire resistance materials is put forward, In order to improve the fire safety of interior decoration materials in Taiwan.

第一章 緒論

第一節 研究緣起與背景

隨著現代工業發展和城市化進程的發展，建築物外牆和各種新型內部材料的種類日益多樣化，並且隨著火災負荷的增加，它們正逐漸成為危險因素。一般火災延燒會籍由室內裝修材料開始擴大，隨時間火災歷程可分為引燃時期、成長期、全盛期及衰退期，材料因熱分解所產生的可燃性氣體在高處蓄積，一旦與空氣之混合氣濃度到達燃燒界限時，且溫度已達引燃點，則會爆發使整個室內頓時陷入火海之中，也就是閃燃現象。為了阻止火勢在短時間發展到不可收捨的地步，耐燃材料功能即是火災初期要能防止著火發生、阻止火焰迅速延燒及燃燒成長或受高溫或燃燒時不易產生大量濃煙及有毒氣體。

在火災發生時常伴隨著大量的濃煙，濃煙中除燃燒所產生之碳粒、殘渣、餘燼外、還伴隨著大量的有毒氣體如鹽酸（HCL），H_2S，CO 及 CO_2 等，其中尤以一氧化碳的傷害最大，由於人體吸入一氧化碳會導致體內紅血球失去運輸氧氣的功能，因此空氣中如含有微量的一氧化碳即會導致人體機能失去正常運作，產生暈眩、嘔吐感並刺激受害者的眼和肺，造成視力模糊和智力低下而做出錯誤的逃生選擇或減緩逃生速度，從火災死亡統計資料得知而低能見度和吸入有毒氣體是造成死亡的主要原因。在火災現場如果有大量燃燒性能良好的材料則釋放出的煙霧會更大，如果火很小通常不會有足夠的煙濃度導致人死亡。

依消防署歷年統計資料顯示，國內火災案件以建築物火災造成死亡為首位，而建築物火災中死亡罹難因素以火勢延燒過盛及濃煙阻礙而錯失逃生先機佔第 2 大原因。因此，火災中要解決的問題是材料的易燃性及熱釋放率，因為它是控制著火勢強度的主因，而材料只有在大量燃料時才會產生大量煙霧。但建築師和土木工程師無法知道建築材料燃燒後是否會產生大量的煙量，因此必須在使用前端把關將材料的級別與使用範圍予以限制，是為防火安全的基本要求。

第二節 研究目的及方法

火災起火或擴大延燒速率常與使用易燃性的室內裝修材料有關，所以使用具

耐燃性能的裝修材料是防火安全中第一道防線，也是最有效的方法之一。然而耐燃材料不僅要有阻緩火勢擴大、延燒，增長逃生時間的效果外，還要考慮煙的發生及燃燒氣體的成分問題，故在於耐燃材料的性能檢測上應分別以著火性、發熱性、發煙性和毒性進行評估。

室內裝修是指在室內空間內，因此依室內空間的組成可分為室內裝面裝修、天花板裝修及地坪裝修，建築技術規則建築設計施工編 88 條的規定，建築物依用途、層數、樓地板面積等條件其內部裝修材料應符合不同耐燃等級之要求，現行耐燃性級別依據標準為 CNS 14705-1「建築物室內裝修材料之耐燃性試驗法」進行試驗，其耐燃性判定僅對熱釋放量及有無產生防火上有害之貫穿至背面之龜裂及孔穴予以規定，但未測試煙產生率。相關研究中認為煙毒與發熱具有正相關，故控制熱釋放率應也要同時控制煙毒生成[1]，為保障民眾生命安全，標檢局於 109 年 11 月對 CNS 14705-1 發審修訂，本次修訂將參考 ISO 5660-1 納入煙產率之內容。本研究將參考國際標準 ISO 5660-1 熱釋放率（圓錐量熱儀法）及煙產生率（動態量測），提升現有設備能量並精進試驗方法，確保設備符合標準要求及充實試驗技術。本研究方法為：

4. 蒐集國外對建築材料其燃燒性試驗依據的標準及判定要求，以彌補我國標準規範的不足，促進提升我國室內裝修材料防火安全性。
5. 參考國際標準 ISO 5660-1 其煙產生率（動態量測）試驗要求進行設備能量的提升。
6. 對國內使用之室內裝修材料進行實驗，以探討其耐燃等級、熱釋放與煙產生量之相關性。

第三節　預期成果

1. 依 ISO 5660-1 完成設備校正，並取得 TAF 認證。
2. 初步建立室內裝修材料煙產生率實驗數據。
3. 增加檢測試驗項目，提升實驗中心收入效益。

第二章 文獻分析與研究

第一節 近年國內火災統計

內政部消防署為使火災態樣及財物損失完整呈現，自 106 年起擴大火災統計範圍[2]，將火災發生次數分為 A1 類：指造成人員死亡之火災案件、A2 類：指造成人員受傷、涉及糾紛、縱火案件或起火原因待查之火災案件， A3 類則指非屬 A1、A2 類。火災發生次數統計結果於 106 年為 3 萬 464 次，107 年為 2 萬 7,922 次，108 年則為 2 萬 2,866 次，其中屬 A1 類有 116 次，占當年火災次數的 0.5%；A2 類 1,289 次，占 5.6%；A3 類 21,461 次，占 93.9%，如表 2-1。

表 2-1 106 年至 108 年火災次數統計表

單位：人次

	106年	107年	108年
A1	143	125	116
A2	1,429	1,309	1,289
A3	28,892	26,488	21,461
合計	30,464	27,922	22,866

（本研究製作）

圖 2-1 108 年 A、A2 及 A3 類火災發生次數

(資料來源：[2])

內政部消防署將火災類型分為六大類，包含建築物、森林田野、車輛、船舶、航空及其他，依 106 年至 108 年統計（表 2-2）結果以森林田野火災件數最多，但對民眾而言建築物的防火安全影響最大，故應特別著重於建築物場所發生之火災案件，在 3 年統計中其建築物火災都是居高不下，108 時發生 8,003 次更

是最高，占總火災數 35.0%。

表 2-2 106 年至 108 年各類火災統計表

單位：人次

	106年	107年	108年
建築物	9,094	8,765	8,003
森林田野	13,241	9,289	4,443
車輛	1,506	1,343	1,309
船舶	40	36	26
其他	6,583	8,489	9,085
合計	30,464	27,922	22,866

（本研究製作）

依統計結果火災死亡罹難因素以「判斷力及體力等條件不足」及「逃生障礙」為二大因素，其中「逃生障礙」的濃煙阻礙又為主要死亡原因，如表 2-3。因煙上升的速度約等於人小跑步的速度，煙的流動比我們想像的還快，且成分中含有大量的碳素微粒子，使得能見度降低逃生的人看不見緊急出口和避難口，而無法逃出火場而死亡。

表 2-3 107、108 年火災死亡因素統計表

單位：人次

		107年	108年
逃生障礙	火勢延燒過盛	44	28
	濃煙阻礙	32	38
	逃生通道阻塞	9	9
	出入口加鎖	6	3
	其它	3	5
	合計	94	83
判斷力或體力等條件不足	熟睡	30	27
	藥物、酒精	8	7
	嬰幼兒1-6歲	1	2
	生病、殘疾	60	40
	其它	13	11
	合計	112	87
錯失逃生先機	搶救財物	1	1
	撲滅火勢	15	7
	救助人命	2	1
	驚慌失措	12	3
	其他	12	17
	合計	42	29
豪無逃生反應時間	氣體爆炸	7	6
	其他	18	16
	合計	25	22
二次進入火場	搶救財物	1	1
	其他	4	1
	合計	5	1
二次進入火場	引火自焚	24	24
	燒崇炭	1	25
	引爆瓦斯	7	1
	其他	8	3
	合計	40	53

（本研究製作）

建築物火災過程中材料燃燒及產生濃煙為造成死亡的主要原因，在火場中可燃物因氧化作用而迅速放熱增溫，引起極速猛烈的燃燒，依據美國國家防火協會（NFPA）對煙的定義，煙是指"材料發生燃燒或熱分解時所釋放出散播於空氣中

之固態懸浮物、液態微粒子、未燃燒完全之焦油液滴、二氧化碳及其他氣體，煙是火災燃燒過程中一項重要的產物，其能見度〔Visibility〕、毒性及溫度是避難者能否逃出發生火災之建築物，以及消防人員能否找出火災、撲滅火災的影響因素[3]。火災現場的濃煙嗆傷，經常比火災直接燒傷造成的死亡還多，許多人會因吸入濃煙而喪命,而最主要的致命傷害都集中在肺部。且煙會讓人驚慌狀況,因為它有視線遮蔽及刺激效應，因此煙在許多逃生途徑上，煙往往比溫度更早達到令人難以忍受程度。

第二節 熱煙危害

火災有四個過程，即物品引燃、燃燒產生熱及煙、起火處的熱及煙傳送到人及其他物品、熱及煙對人及其他物品的影響，因此火場中的對人的危害有：1.煙毒，火災時人命的傷亡通常是先吸入含有一氧化碳和有毒氣體的濃煙，尤其一氧化碳和血紅素結合的親合力比氧高出 200 倍以上,血紅素與一氧化碳結合後可阻斷體內的氧氣運送及利用，直接造成組織缺氧而死亡。2.熱，火災產生的高溫會造成燒（燙）傷、熱虛脫、脫水及呼吸道水腫，除了火焰，火場中的濃煙溫度亦常是高溫狀態。3.火焰，火焰是火災造成人體灼傷的主要原因，但通常是人命傷亡間接原因。煙反而常為火災時人員亡的主要原因，其影響時間比火災更久，煙對人體的害主要來自其本身的高溫、毒性及遮蔽。因此在評估火災現場的危害程度及避難容許時間應包含有熱量、排煙、煙毒、刺激物及毒氣等考慮因子[4] 。

煙是火災發生時無可避免的一種產物。在火場中，可燃物因氧化作用而迅速放熱增溫，引起極速猛烈的燃燒。燃燒過程中更有一種「熱分解反應」或被稱為【熱解】的現象產生。熱解係指物質由於溫升而產生無氧化的一種不可逆化學分解，會造成大量煙氣產生。火場煙霧通常由下列三種型態所組成：

1.從燃燒物質中釋放出高溫蒸氣與有毒氣體。

2.已分解和凝固的未燃燒物質(煙的顏色從淺色到黑色不均)。

3.大量的空氣被火焰加熱進而造成渦旋型式的流動。

火災時對人體造成傷害的熱源主要為輻射熱及熱對流，人在 65°C 中，大約可忍受 20-40 分鐘，在 120°C 中大約只可忍受 15 分鐘，生存極限之呼吸水平溫

度（Breathing level temperature）約為 131°C。Purser 研究中提及人體容忍輻射熱極限為 2.5kW/m^2，也就相當於煙層溫度約 200°C，人體容忍時間小於 30 秒[5]。當人暴露於濃度過高的熱煙中時間過長則容易導致吸入過多氣體而導致昏迷、休克，嚴重甚至會造成死亡，因濃煙中含有一氧化碳（CO）、氰化氫（HCN）、氨（NH_3）、鹽酸（HCL）及二氧化硫（SO_2）等有毒氣體，其中最普遍的為一氧化碳中毒，一般人習慣於在大氣之 21%氧氣濃度下自在活動，當氧濃度低至 17%，肌肉功能會減退，此為缺氧症(Anoxia)現象，在 10-14%氧氣濃度時，人雖仍有意識，但易出現錯誤判斷力，當氧濃度在 6～8%時，若呼吸停止於 6～8 分鐘內將導致快速的意識喪失和死亡[6]。另煙霧中大多為有機煙粒及酸性氣體，上升速度為每秒3到5公尺，容易在建築物內流竄擴散，煙霧所含微粒子會阻絕光線、降低逃生避難時的能見度，並刺激眼睛、影響視線阻礙逃生避難，或造成恐慌而影響正常判斷力。逃生時若可視距離為 20-30m 時，對不熟悉建築物動線的人會有避難障礙，可視距離為 3m 時，是感覺昏暗的濃度避難人員需摸黑前進，可視距離為 1~2m，幾乎看不見前方，可視距離低於 1m，火災旺盛期之濃度，可能連誘導燈也看不見，因此基本上避難人員最少需要 8～10m 的可視距離才能通過煙區，而當人員因視線不良無法辨識避難路線時，往往因避難不及而造成嚴重傷亡。[7]

C.L. Chow, W.K. Chow and Z.A. Lu 研究指出火場中煙霧中的毒性可分為兩種類型，第一類為窒息劑或產生麻醉作用的有毒物質，可導致中樞神經系統抑制，意識喪失或最終死亡，影響取決於累積劑量。窒息物包括一氧化碳（CO），氰化氫（HCN）和二氧化碳（CO2）。第二類是刺激物，感覺刺激主要是指眼睛和上呼吸道的刺激，氯化氫（HCl）是最重要的鹵酸，由聚氯乙烯（PVC）的熱分解形成， HCl 既是強力的感覺刺激物，又是強烈的肺刺激物。C.L. Chow, W.K. Chow and Z.A. Lu 提出使用毒性指數 LC50 評估建築材料的適用性，它是一種統計方法，是衡量一定時間內煙毒對人體產生不同影響的濃度（單位為 gm^{-3}），以作為評估建築材料的適用性。他們以圓錐量熱儀試驗對木材和塑料兩組材料進行試驗，以確定 LC50 和部分暴露劑量（FED）。結果顯示聚氯乙烯（PVC）具有最小的 LC50 值，具有很高的毒性，聚甲基丙烯酸甲酯（PMMA）的 LC50 值較高，並且似乎沒有那麼大的毒性，而進行測試時木材並沒有發出太多的煙霧。由結果得知 LC50

的值在評估材料、制定設計指南或選擇材料時對於防火安全考量時非常有用[8]。

若能先對使用之室內裝修材料作煙氣毒性基準測試其結果可應用於改善火災安全性評估，MARCELO M. HIRSCHLER 在研究中指出毒性基準試驗可用於兩個目的，首先它們可以用於搜索（非常罕見的）含有超毒物的煙霧。第二，它們可用於生成數據以進行火災危險評估，目標都是解決導致火災危險的因子。火災隱患是多種火災特性的綜合結果，包括可燃性，火焰蔓延，釋放總熱量，熱釋放率，煙遮蔽性和煙毒性，與火災隱患相關的最重要屬性是熱釋放率，因為熱釋放的峰值速率代表著最大火勢。選擇產品或材料以進行更嚴格的毒性危害檢查的一種快速篩選方法是計算其潛在毒性與質量損失率參數的比率，該比率可以稱為產品毒性危害參數（PTHP）。獲得有關毒性危害的初步信息的一種簡單方法是將潛在毒性與平均質量損失率和著火時間結合起來，合併計算出產品毒性危害參數[9]。

$$PTHP = \frac{\text{Avg. Product Mass Loss Rate}}{\text{Toxic Potential x Time to Ignition}}$$

柯博仁等[10]研究中建構火災避難安全隨機型評估模式，界定參數及預估機率分配，以一 200 ㎡ 商場面積，再以電腦程式進行多次模擬，以比較有無自動撒水系統人員避難失敗機率值之變化情形。由電腦模結果顯示，無論居室設置撒水系統與否，五項火災致命因子皆以能見度下降為火災威脅人命安全的主因，餘依序為輻射熱通量、煙層溫度、一氧化碳濃度及碳氧血紅蛋白濃度。

第三節　各國建築材料燃燒性試驗方法

室內裝修材料若著火，會釋放熱、煙及有毒氣體，對人員逃生及財物損失都是極大威脅，因此防火安全需對這些材料著火時產生的熱、煙及有毒氣體予以總量管制，並以各種防火試驗法進行檢測。各國對其防火性能有嚴格的要求也均有訂定測試的方法和分級標準，並考慮燃燒時煙產生量及煙毒性的釋放，同時對不同防火等級可應用在哪類建築及使用的範圍進行限制。

一、美國

依美國國際建築規範（IBC）進行：

1. ASTM E84 建築材料表面燃燒特性測試方法進行火焰傳播速率試驗（Standard Test Method for Surface Burning Characteristics of Building Materials），所用設備為一長 7.62 m、開口端橫截面積為 0.45 m×0.30 m 的內襯耐火磚的鋼槽，槽側有窗口，測定時將試樣置於鋼槽頂下，並由槽內壁支持，在槽中形成一平頂。點燃試樣後根據火焰通過視窗時每 15 秒記錄火焰傳播距離，以估計火焰傳播速率，依其實驗結果的火焰延燒指數（FSI 值）和烟密度（SDI）將材料分成 A、B、C 3 個等級[11]。A 級為 0＜FSI＜25 且 SDI＜450；B 級為 26＜FSI＜75 且 SDI＜450；C 級為 76＜FSI＜200 且 SDI＜450（表 2-4），FSI 值越小的材料，火災危險性越小，高層建築應採用 FSI＜25 的材料。

表 2-4 ASTM E84 試驗結果分級表

Class	Flame Spread Index	Smoke Developed Index
A	0-25	0-450
B	26-75	0-450
C	76-200	0-450

（本研究製作）

圖 2-2 ASTM E84 試驗裝置

（資料來源：Intertek

https://roof.atlasrwi.com/flame-spread-and-smoke-development-astm-e84/)

2. NFPA 259 建築材料的潛熱性能試驗方法（Standard Test Method for Potential Heat of Building Materials）測得之熱釋放量不應超過 22.7 MJ/M^2。潛熱性能為建築材料的一種燃燒性能數據，用以限制材料使用的厚度及密度，以減少建築火災發生時材料可釋放的熱量。

二、英國

英國建築防火安全規範（ADB）中對建築材料的防火要求依據建築的類別、高度及邊界的不同分別有不同的要求，且英國的材料燃燒分級與歐盟的分級制都可使用。當建築的邊界線超過 1 m 時，同一棟建築物隨距地面高度不同可以採用不同等級的材料。英國材料防火等級 Class 0 是英國建築條例所批准文件中特別規定的防火標準，對於超過一定高度的建築其材料需使用符合 Class 0 級要求，以減少火災發生的風險。Class 0 級需要同時符合 BS 476-6 及 BS 476-7 Class 1 要求方可评定為 Class 0 级：

1. BS 476-6 火焰傳播指数試驗（Fire tests on building materials and structures. Method of test for fire propagation for products)：試驗時將樣品暴露在距離為 3mm 的 14 個管式噴燈下。該燈熱量為 530J/S。試驗 2 分 45 秒後，將 2 個電加熱器的總功率調為 1800W ，至試驗 5 分鐘時，將功率降至 1500 W ，隨後維持此功率不變，直至試驗結束，總試驗時間為 20 分鐘。其结果以火焰傳播指数表示，分別計算 3 個時段，(0-3）分鐘、(4-10）分鐘及(11-20)分鐘火焰傳播指数 i（即 i1、i2、i3)，並以總火焰傳播指数 I （即 I=i1+i2+i3）評估， I 值越高的材料，其阻燃性越低。

2. BS 476-7 火焰表面延燒試驗及分級方法 (Fire tests on building materials and structures. Method of test to determine the classification of the surface spread of flame of products)：試驗方法為一輻射板在距離試體起始 75 mm 處，其輻射强度為 32.5kw/m^2與噴燈的火焰高 75-100 mm，在同一方向施加於試體進行（圖 2-2)，記錄 1.5 分鐘及 10 分鐘樣品火焰延燒長度，等級分為，Class 1、Class 2、Class 3 及 Class 4，4 個等級，Class 4 屬火災高危險性材料，不允許用於建材。

表 2-5 BS 476-7 耐燃等級

火焰蔓延等級評估				
等級	1.5 min 火焰蔓延長度		10 min 火焰蔓延長度	
判定方法 級別	長度限制 (mm)	單片長度限制 (mm)	長度限制 (mm)	單片長度限制 (mm)
BS476-7 Class 1	165	165+25	165	165+25
BS476-7 Class 2	215	215+25	455	455+45
BS476-7 Class 3	265	265+25	710	710+75
BS476-7 Class 4	超過 class 3 要求			

（本研究製作）

圖 2-3 BS 476-7 試驗裝置

（資料來源：[12]）

3. 英國 Class 0 評定要求：首先進行 BS 476-7 火焰表面延伸等級測試，必須達到 Class 1 級，樣品測試達到 BS 476-7 中的 Class 1 級之後，接著進行 BS 476-6 火焰傳播指數測試，要求火焰傳播總指數 I≤12 並且單個分指數 i≤6。

三、歐盟

歐洲依 EN 13501-1 建築產品和部件燃燒性能分類-第 1 部分: 根據燃燒試驗反應的試驗（ Fire classification of construction products and building elements - Part 1: Classification using date form reaction to fire tests）將建築物材料的燃燒性能區分為 7 個等級，並附加煙產生量（S1、S2、S3）、燃燒滴落物（D0、D1、D3）及煙毒性（T0、T1、T2）。

表 2-6 歐洲建築材料燃燒性能試驗方法

試驗方法		分級	附加
A1	EN ISO 1182 不燃性試驗;和	1.爐內溫升△T≦30℃ 2.質量損生率△m≦50% 3.持續燃燒時間 t_f=0	
	EN ISO 1716 熱量試驗	PCS：總燃燒熱值 1.均質或非均質產品的主要部份 PCS≦2 MJ/kg 2.非均質產品的外部次要組分 PCS≦2 MJ/kg 3.非均質產品的內部次要部份 PCS≦1.4 MJ/kg 4.整體產品(PCS)≦2 MJ/kg	
A2	EN 13823 SBI 試驗;和	1.火災成長速率 FIGRA≦120W/S 2.火焰橫向延燒 LFS<樣品邊緣 3.THR 600s≦7.5MJ	煙產生 火焰微粒
	EN ISO 1182 不燃性試驗;或	1.爐內溫升△T≦50℃ 2.質量損生率△m≦50% 3. 持續燃燒時間 t_f≦20 秒	
	EN ISO 1716 熱值試驗	PCS：總燃燒熱值 1.均質或非均質產品的主要部份 PCS≦3 MJ/kg 2.非均質產品的外部次要組分 PCS≦4 MJ/kg 3.非均質產品的內部次要部份 PCS≦4 MJ/kg 4.整體產品(PCS)≦3 MJ/kg	
B	EN 13823 SBI 試驗;和	1.FIGRA≦120W/S 2.LFS<樣品邊緣 3.THR600s≦7.5MJ	煙產生 火焰微粒
	EN ISO 11925-2 可燃性試驗	點火時間為 30 秒於試驗 60 秒時 Fs≦150mm	
C	EN 13823 SBI 試驗;和	1.FIGRA≦120W/S 2.LFS<樣品邊緣 3.THR600s≦15MJ	煙產生 火焰微粒
	ISO 11925-2 可燃性試驗	點火時間為 30 秒於試驗 60 秒時 Fs≦150mm	

D	EN 13823 SBI 試驗;和	火災成長速率 FIGRA≤750W/S	煙產生 火焰微粒
	ISO 11925-2 可燃性試驗	點火時間為 30 秒於試驗 60 秒時火焰高度 Fs≤150mm	
E	ISO 11925-2 可燃性試驗	點火時間為 15 秒於試驗 60 秒時火焰高度 Fs≤150mm	火焰微粒
F	未能达到 E 级要求		

（本研究製作）

煙測試方法：EN 13823 SBI 單材耐燃試驗[13]：

燃燒室的尺寸為長 3m、寬 3m、高 2.4m（圖 2-3），由兩個成直角的垂直翼組成的試樣暴露於直角底部的主燃燒器產生的火焰中，火焰由丙烷氣體燃燒產生，丙烷氣體通過砂盒燃燒器並產生（30.7±2.0）kW 的熱輸出。試驗時間為 20 分鐘並由整個試驗過程進行評估，性能參數包括火災成長率（FIGRA）、總熱釋量（THR）、熱釋放率（HRR）、總產煙量（TSP）及煙產生率（SMOGRA），其分級如表 2-7：

表 2-7 煙分級表

級別	煙產生率（SMOGRA）	總產煙量（TSP_{600S}）
S1	≦30 m^2/s	≦50 m^2
S2	≦180 m^2/s	≦200 m^2
S3	=s1 或 s2 以外	

（本研究製作）

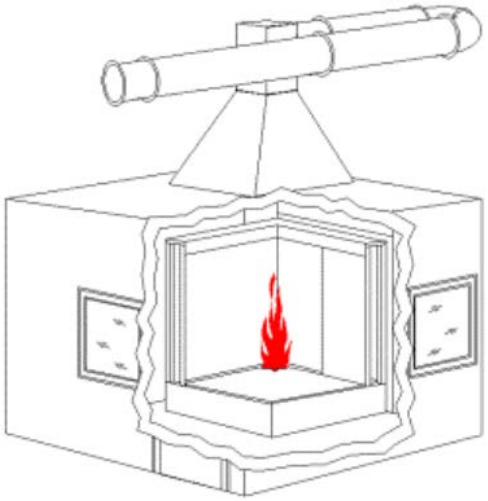


圖 2-4 試驗示意圖(SBI)

（資料來源：[14]）

四、新加坡

依新加坡消防規範[15]，對於消防安全產品或材料可接受的測試標準包含EN及BS,有關牆壁及天花板飾面材料於年度監督測試採用與CoC(Certification of Conformity 為新加坡的安全認證）上市時材料測試相同的測試方法及等級，可接受的標準包含BS 476-4 或BS 476-11 或BS 476-7 或BS 476-6 & BS 476-7 或EN 13501-1。

五、中國

依中國國家標準「建築內部裝修設計防火規範」[165]規定內部裝修設計則應採用不燃性材料和難燃性材料，避免採用燃燒時產生大量濃煙或有毒氣體的材料。試驗方法依「GB 8624 建築材料及制品燃燒性能分級」要求進行實驗 [17]，其劃分為A、B_1、B_2及B_3 四個等級，並與歐盟標準分級及判定（A1、A2、B、C、D、E、FF）有對應關係，即符合A1、A2則為A級，符合B、C則為B_1級，符合D、E則為B_2級，符合F則為B_3級性能要求（如表2-8），另應附加煙產生特性（s1、s2、s3）、燃燒滴落物/微粒等級（d0、d1、d2）和煙毒性等級（t0、t1、t2）(如表2-9)。

表 2-8 中國裝修材料燃燒性等級

裝修材料燃燒性能	等級
不燃	A
難燃	B_1
可燃	B_2
易燃	B_3

（本研究製作）

表 2-9 中國建築材料燃燒性能試驗方法

等级		试验方法	附加
A 級	A1	GB/T 5464 不燃性試驗 和 GB/T 14402 燃燒熱值試驗	煙產生特性等級 燃燒滴落物/微粒等級 煙毒性等級
	A2	GB/T 20284 單體燃燒驗 和 GB/T 5464 不燃性試驗 或 GB/T 14402 燃燒熱值試驗	
B1 級	B	GB/T 8626 可燃性試驗 和 GB/T 20284 單體燃燒試驗	
	C	GB/T 8626 可燃性試驗 和 GB/T 20284 單體燃燒試驗	
B2 級	D	GB/T 8626 可燃性試驗 和 GB/T 20284 單體燃燒試驗	煙產生特性等級 燃燒滴落物/微粒等級
	E	GB/T 8626 可燃性試驗	
B3 級	F	未能达到 E 级要求	

（本研究製作）

表 2-10 煙產生、燃燒滴落物/微粒和煙毒性等級表

煙產生等級及判定（GB/T 20284 試驗）		
s1	s2	s3
SMOGRA ≤ 30m^2/s 且 TSP600s ≤ 50m^2	SMOGRA ≤ 180m2/s 且 TSP600s ≤ 200m^2	未達到 s2
燃燒滴落物/微粒等級及判定（GB/T 20284 試驗）		
d0	d1	d2
600s 內無燃燒滴落物/微粒	600s 內燃燒滴落物/微粒 持續時間不超過 10s	未達 d1
煙毒性等級及判定（GB/T 20285 試驗）		
t0	t1	t2
煙濃度≥25.0 mg/L	煙濃度≥6.5 mg/L	未達 t1

（本研究製作）

六、日本

為達成國際化的目標，日本自1993年起對建築法規開始有較大規模的修定，日本依《建築基準法》及《建築基準法施行令》將建材分為不燃材料、準不燃材料及難燃材料3個等級，測試目標針對材料在火災初期不會助長火勢及材料燃燒時所產生之氣體不會對人員之避難逃生造成傷害或阻礙。其試驗方法及判定準則為[18]：

表 2-11 日本耐燃材料試驗方法

等級	裝飾材	試驗方法	
不燃材料	無	圓錐量熱儀試驗 及 基材試驗	
	有	圓錐量熱儀試驗 及 煙毒性試驗	擇一組進行
		基材試驗 及 煙毒性試驗	
準不燃材料	無	圓錐量熱儀試驗 及 模型箱試驗	
	有	圓錐量熱儀試驗 及 煙毒性試驗	擇一組進行
		模型箱試驗及 煙毒性試驗	
難燃材料	無	圓錐量熱儀試驗 及 模型箱試驗	
	有	圓錐量熱儀試驗 及 煙毒性試驗	擇一組進行
		模型箱試驗及 煙毒性試驗	

（本研究製作）

表 2-12 日本耐燃材料判定條件

試驗方法	判定條件
圓錐量熱儀試驗： 不燃材料（加熱時間20分鐘） 準不燃材料（加熱時間10分鐘） 難燃材料（加熱時間5分鐘）	1.總熱釋放量未超過 8 MJ/㎡。 2.各試體最大熱釋放率無持續 10 秒以上超過 200 kW/㎡。 3.試體無有害貫穿至背面之龜裂及孔穴。
基材試驗：加熱時間 20 分鐘	1.最高爐溫與最終爐溫差不大於 20℃。 2.試體重量損失不超過 30%。
煙毒性試驗：加熱時間 6 分鐘	老鼠行動停止時間不低於 6.8 分。
模型箱試驗： 準不燃材料（加熱時間10分鐘） 難燃材料（加熱時間 5 分鐘）	1.總熱釋放量未超過 30 MJ/㎡。 2.最大熱釋放率未超過 140 kW/㎡。

（本研究製作）

七、我國耐燃標準沿革

1.69 年 10 月 29 日由經濟部中央標準局訂定公布 CNS 6532《建築物室內裝修材料之耐燃性試驗法[19]，為參考日本工業規格 JIS A 1321-1975 《建築物の內裝材料及び工法の難燃性試驗方法》訂定，主要用於測定建材從火災初期至盛大期，或者閃燃前之燃燒性，藉以評估對火災之助長關係，另外考慮避難安全，所以亦評估材料之發煙性。CNS 6532 需進行的試驗項目如表 2-13

其中有關發煙係數（C_A）試驗方法為：將加熱期間所卜笙生之煙收集於容積 $2m^3$之集煙箱中，並經攪拌均勻後，由吸引管吸入光量測定裝置，並由下式求得每單位面積之發煙係數，C_A愈大發煙量愈大。在 CNS 6532 中規定，耐燃 3 級材料之 C_A值應在 120 以下，耐燃 2 級之 C_A應在 60 以下，耐燃 1 級 C_A應在 30 以下（表 2-13）。

$$C_A=240\ \log_{10}(I_0/I)$$

其中，

I_0：加熱試驗開始時之光強度（Lux）

I：加熱試驗中之光強度最低值（Lux）

表 2-13 CNS 6532 試驗方法及判定基準

級別	試驗方法	判定
1 級	基材試驗	加熱時間內爐內最高溫度未超過 810℃。
	表面試驗 試驗 20 分鐘	1.無貫穿試體全厚之熔化、體背面之龜裂。 2.加熱結束後應無 30 秒以上之殘留火焰。 3.排氣溫度曲線，應不超過標準溫度曲線。 4.發煙係數（C_A）小於 30。
2 級	表面試驗 試驗 10 分鐘	1.1~3 點與 1 級相同。 2.發煙係數（C_A）小於 60。
3 級	表面試驗 試驗 6 分鐘	1.1~3 點與 1 級相同。 2.發煙係數（C_A）小於 120。

（本研究製作）

2. 因應歐美等國家均積極以國際標準組所研訂的試驗方法 ISO 5660 進行研究，日本也於 1988 年新修訂建築基準法也將 ISO 5660 列為室內裝修材料耐燃等級評驗的方法之一，為順應國際潮流，標檢局於 91 年 12 月 9 日制定公布 CNS 14705《建築材料燃燒熱釋放率試驗法》[20]，為參考 ISO 5660-1 制定，其判定準則如表 2-14，且自 98 年 7 月 1 日起採用 CNS 14705「建築材料燃燒熱釋放率試驗法-圓錐量熱儀法」及 CNS 6532「建築物室內裝修材料之耐燃性試驗法」併行，併行期間 2 年。

表 2-14 CNS 14705 判定基準

耐燃等級	時間（分）	判定
1 級	20	● 總熱釋放為 8 MJ/㎡ 以下。 ● 最大熱釋放率無持續 10 秒以上超過 200 kW/㎡。 ● 無防火上有害之貫穿至背面之龜裂及孔穴。
2 級	10	
3 級	5	

（本研究製作）

3.102 年 11 月 29 日公布 CNS 14705-1《建築材料燃燒熱釋放率試驗法》[21]，參考 ISO 5660-3 於耐燃 1 級要求加入 b 參數的計算，其判定方法改為「總熱釋放量為 8 MJ/㎡ 以下，或總熱釋放量為 15 MJ/㎡ 以下，且依 CNS 14705-3 之 A.2 計算所得 b 參數為 -0.4 以下」。此評估方法以 CNS 14705 數據預測全尺度房間角落試驗 CNS 15048（ISO 9705）之性能，其計算試為：

$$b = 0.01\dot{q}''_{avg} - 1 - \frac{t_{ig}}{t_b}$$

$\dot{q}''_{avg}$ ：輻照度 50 kW/m^2 之平均熱釋放量(kW/m^2)

t_{ig} ：引燃時間(s)

t_b ：持續燃燒火焰期間(s)

如 b ≦-0.4，則 CNS 15048 對應的測試在 300 kW 燃燒輸出時不閃燃，符合此條件的材料無法助成閃燃。

表 2-15 b 參數

b 參數	對應全尺度曝火試驗特性
b ≦-0.4	無法助成閃燃。
b ≦0	有限的火災危險，此材料產生的火災風險將不顯著。
b ＞0	閃燃。

（本研究製作）

4.因應現行之耐燃性測試未試煙產生率，為保障民眾生命安全，標檢局於 109 年 11 月 15 日發審本標準以納入煙產生率試驗[22]，目前草案審議中。

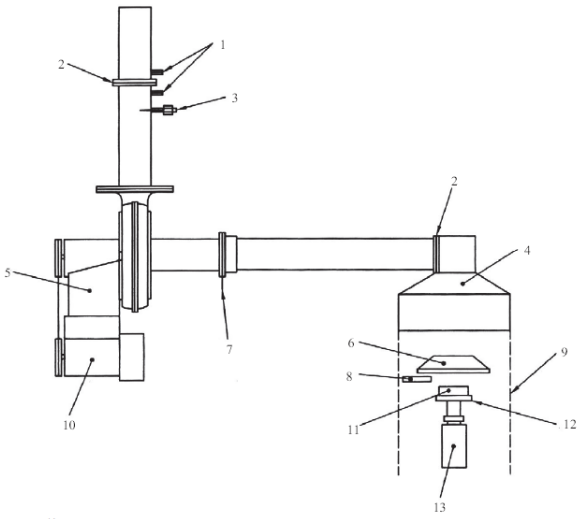
第三章 熱釋放率及煙動態量測實驗

室內裝修是指在室內空間內，因此依室內空間的組成可分為室內裝面裝修、天花板裝修及地坪裝修，在我國建築技術規則建築設計施工編 88 條的規定有詳列材料之耐燃性能要求。現行主管機關之燃性測試則依 CNS 14705-1 執行，主要量測材料之熱釋放率，但未測試煙產生率。為保障民眾安全，標檢局參考 ISO 5660-1 2015 年版修訂 CNS 14705-1（草-修 1090235），納入煙產生率量測。為能使防火實驗中心現有設備能符合修訂完成後之標準要求，本研究將採購設備提升現有試驗能量及完成各元件查核及校正作業以確保設備符合標準要求，並進行試驗建立基本實驗數據。

第一節 圓錐量熱儀試驗法

壹、CNS 14705-1（草-修 1090235）（ISO 5660-1 2015 年版）建築材料燃燒熱釋放率試驗

1. 試驗設備：圓錐量熱儀，主要裝置包含圓錐輻射電熱器、稱重裝置、排氣系統、氣體取樣設備、氧氣分析儀、數據收集與分析系統、煙遮蔽率量測系統等等（圖 3-1、3-2）。



說明

1 氣體差壓計
2 限流孔板
3 熱電偶(位於煙道中心處)
4 集煙罩
5 排風機
6 圓錐輻射電熱器
7 氣體取樣環
8 引燃器
9 側屏
10 排風馬達
11 試體
12 不銹鋼試體承盤
13 稱重裝置

圖 3-1 圓錐量熱儀裝置圖

（資料來源：CNS 14705-1）

圖 3-2 圓錐量熱儀裝置(CONE)

（資料來源：內政部建築研究所防火實驗中心）

2. 熱釋放率量測：方法為材料在圓錐輻射電熱器穩定熱通量（50 kW/m^2）作用下，材料對火反應過程中釋放出的熱量及放熱速率，其基本原理是採用材料燃燒時消耗氧氣原理，即材料燃燒期間氧氣消耗質量與熱釋放量間的比例關係，其關係為：每消耗 1 kg 氧氣約可釋出（13.1 ×10^3）kJ 熱量，以模擬材料的實際火災狀況，同時測定材料的點火性、熱釋放及質量損失等等結果。熱釋放率計算式為：

$$\dot{q}(t)=(\frac{\Delta h_c}{r_0})\times(1.10)\times C\times\sqrt{\frac{\Delta p}{T_e}}\times\frac{X_{O2}^0-X_{O2}}{1.105-1.5X_{O2}} \quad \text{.....(2)}$$

式中，$\dot{q}(t)$：熱釋放率於時間為 t 之讀數(kW)(4)

註(4)試體之 $\Delta h_c/r_o$ 若無更精確之數值，則選定為(13.1×10^3)kJ/kg，X_{O2}^0則為氧氣分析儀在 1 min 基本資料收集期間之讀數平均值。

式中，

C ：限流孔板差壓計校正常數($m^{1/2}\cdot g^{1/2}\cdot K^{1/2}$)

$\dot{q}_b$ ：校正燃燒器甲烷之熱釋放率(kW)

T_e ：限流孔內氣體之絕對溫度(K)

Δp ：限流孔壓差(Pa)

X_{O2} ：氧氣分析儀讀數，為氧氣所占之摩爾比例

X_{O2}^0 ：氧氣分析儀起始讀數，為氧氣所占之摩爾比例

3. 煙產生率量測：為標檢局修訂 CNS 14705-1：2019 審議中新增列的項目，煙遮蔽率係依穿過排氣風道內的煙之雷射光強度分率測出（圖 3-3 及 3-4），並依據布格定律計算消光係數，而煙產生率則以消光係數與排氣風道內煙的體積流率之乘積計算出，再加上測試時間之積分計算出煙產量。計算式為：

消光係數（k）

$$k = \ln(I_0/I)L^{-1}$$

I：通過煙霧後之光線強度

I_o：原始之入射光強度

L：煙霧的路徑長度（m）

每單位面積之煙產生率

$$P_{s,A} = A^{-1}k\dot{V}_s$$

A：試體曝火表面積

V_s：量測點煙之體積流率

每單位面積煙總產生量

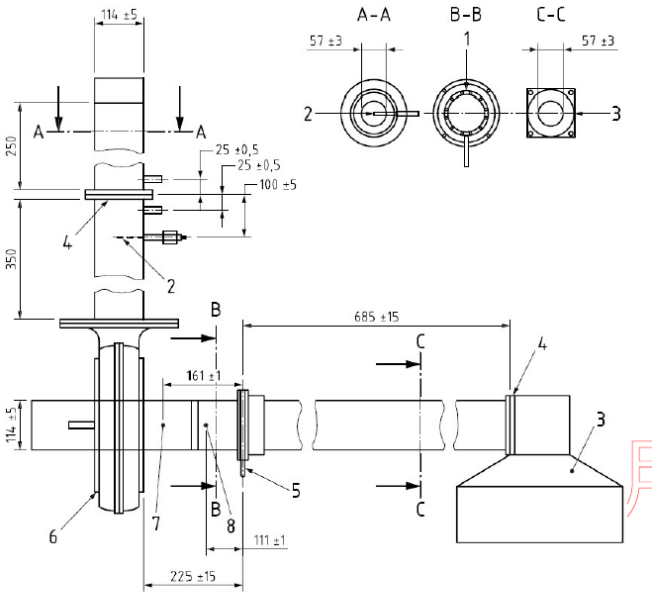
$$S_{A,1} = A^{-1}\sum_{i=s}^{i=f}\dot{V}_s k\Delta t$$

式中，i 的 s 與 f 指開始與結束期間的平均值，

無焰階段：s 指試驗開始，f 指持續火焰開始之時間。

有焰階段：s 指持續火焰開始之時間，f 指有焰階段結束之時間。

△t：引燃時間

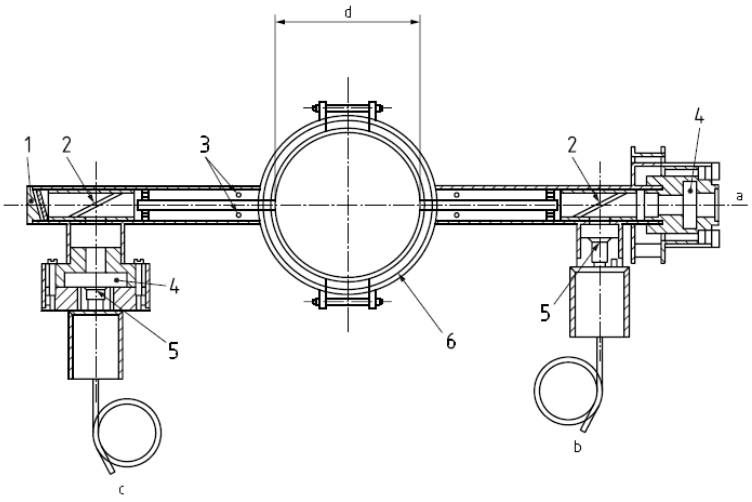


說明

1 氣體取樣環探測器
2 熱電偶
3 集煙罩
4 限流孔板
5 氣體取樣環探測器(取樣孔對著風機)
6 風扇
7 煙溫度量測熱電偶位置
8 煙遮蔽量測器位置

圖 3-3 排氣系統

（資料來源：CNS 14705-1 草-修 1090235）



1 端蓋
2 光束分離器
3 吹驅氣孔
4 濾光片插槽
5 乳白色玻璃
6 陶瓷纖維封裝
a 氦-氖雷射光束(0.5 mW)
b 連接至補償偵檢器
c 連接至主偵檢器
d 光徑

圖 3-4 煙量測系統剖面圖

（資料來源：ISO 5660-1）

第二節 煙量測系統校正

為使現有設備能符合 CNS 14705-1 審議中（草-修 1090235）（ISO 5660-1 2015 年版）新增項目，本研究依據 5660-1(2015) 增設煙量測系統及進行校正。

1. 雷射光度計：其雷射光度計為二個光偵測計的雙光束設計，一偵測計量測衰減之光輻射量，第二具偵測計僅量測光源強度，無涉及任何介入的煙，籍由此二訊號之比率，可在量測系統中產生高穩定度，煙遮蔽率則為計算其吸收與擴散二者之總衰減率。

圖 3-5 雷射光源

（資料來源：內政部建築研究所防火實驗中心）

2. 濾光片：為煙遮蔽率量測系統之光度計校正使用，使用之濾光片為 2 片中性密度玻璃濾片，不得為覆層玻璃型因可能升高雷射光之干擾效應，其標稱光密度分別為 0.308 與 0.806（圖 3-6），依標準要求在 632.8nm 的雷射光波長下校正，其校正結果為 0.3066 及 0.8043（圖 3-7 及 3-8），符合原廠建議值 0.95~1.05 範圍內。

圖 3-6 濾光片

校 正 報 告
Report of Calibration

報 告 編 號
Report Number ： 21A043015

校 正 結 果
Calibration Results

波長 (nm)	量測值 Reading Abs	不確定度 Uncertainty Abs
600.0	0.3066	0.0048
605.0	0.3060	0.0048
610.0	0.3053	0.0048
615.0	0.3046	0.0048
620.0	0.3044	0.0048
625.0	0.3047	0.0048
630.0	0.3057	0.0048
632.8	**0.3066**	**0.0048**
635.0	0.3072	0.0048
640.0	0.3089	0.0048
645.0	0.3106	0.0048
650.0	0.3118	0.0048
655.0	0.3124	0.0048
660.0	0.3123	0.0048

(本頁以下空白 Null below)

圖 3-7 濾光片 0.308 校正報告

校 正 報 告
Report of Calibration

報 告 編 號
Report Number ： 21A043014

校 正 結 果
Calibration Results

波長 (nm)	量測值 Reading Abs	不確定度 Uncertainty Abs
600.0	0.8254	0.0048
605.0	0.8210	0.0048
610.0	0.8159	0.0048
615.0	0.8106	0.0048
620.0	0.8065	0.0048
625.0	0.8041	0.0048
630.0	0.8037	0.0048
632.8	**0.8043**	**0.0048**
635.0	0.8047	0.0048
640.0	0.8064	0.0048
645.0	0.8076	0.0048
650.0	0.8071	0.0048
655.0	0.8043	0.0048
660.0	0.7990	0.0048

(本頁以下空白 Null below)

圖 3-8 濾光片 0.806 校正報告

3. 遮蔽率量測系統查驗：雷射光度計之校正是使用具有不同衰減值的 2 個光學濾片，插入光度計內特殊設計的溝槽內以確認 2 光束是否平衡。先在雷射光器和補償光電二極管（雷射光器旁邊）之間放置“煙霧零全遮光”確認消光係數（100%穿透率）之零值（圖 3-9），再以 0.308 與 0.806 中性密度濾片校正，其光密度校正因子需在 0.95 和 1.05 之間（圖 3-10 及 3-11）。

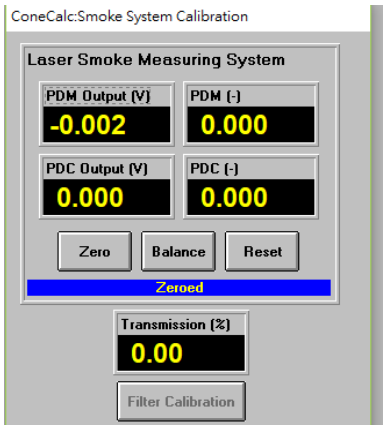


圖 3-9 零值(ZERO)校正

（本研究製作）

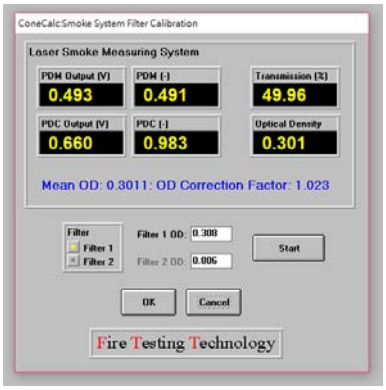


圖 3-10 密度 0.308 校正

（本研究製作）

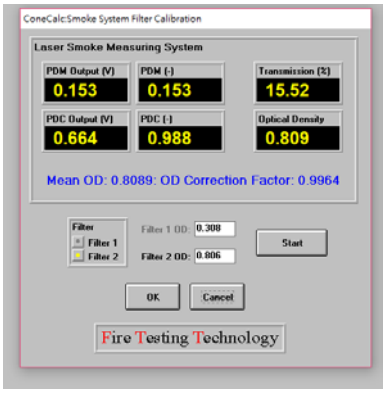


圖 3-11 密度 0.806 校正

（本研究製作）

第三節 試體規劃及試驗結果

本研究依據 CNS 14705-1 進行建築物室內裝修材料的熱釋放率及總熱釋放量試驗，其加熱時間及耐燃級別判定則依據 CNS 14705-1 附錄 B.2（表 3-1），並參照 CNS 14705-2 評估材料於通風良好的火災中所造成的煙產生率與煙產生量。

表 3-1 耐燃級別及判定條件

耐燃等級	1 級	2 級	3 級
加熱時間	20 分鐘	10 分鐘	5 分鐘
判定	(1)總熱釋放量為 8 MJ/㎡ 以下，或總熱釋放量為 15 MJ/㎡ 以下，且 b 參數為 -0.4 以下。	(1) 總熱釋放為 8 MJ/㎡ 以下。	
	(2) 最大熱釋放率無持續 10 秒以上超過 200 kW/㎡。 (3) 無防火上有害之貫穿至背面之龜裂及孔穴。		

壹、試體

試體採用國內常用之建築材料共 21 件進行試驗，包含石膏板、岩棉板、纖維水泥板、碳酸鎂板、矽酸鈣板、隔熱發泡材、鍍鋅鋼板及珪藻土等材料進行耐燃 1 級測試，木芯板、PVC 板進行耐燃 2 級測試，矽酸鈣板表面噴塗 PU 材料進

行耐燃 3 級試驗，試體基本資料如表 3-2、3-3 及 3-4 所示。

1. 耐燃一級試驗：

表 3-2 耐燃一級試驗試體說明

編號	名稱	厚度 mm	成分	外觀
試體1	硬質石膏板	9	石膏、紙、纖維	
試體2	岩棉板	15	可溶性礦纖、有機黏著劑、無溶劑分散液、黏土、真珠岩、紙漿	
試體3	烤漆鋼板包覆岩棉	50	烤漆鋼板、岩棉	
試體4	纖維水泥板	12	水泥、矽砂、耐火材料、纖維	
試體5	纖維水泥板面貼熱固性樹脂裝飾板	3.7	3mm 纖維水泥板、0.7mm 熱固性樹脂裝飾板、玻璃纖維、水泥粉	
試體6	碳酸鎂板面貼聚丙烯	3.3	3.2mm 碳酸鎂板、0.12mm 聚丙烯、木屑、樹脂	
試體7	矽酸鈣板	6	石灰質原料、矽酸質原料、纖維	
試體8	矽酸鈣板面貼美耐板	5	4 mm 矽酸鈣板、樹脂、0.8 mm 美耐板	
試體9	矽酸鈣板面貼天然木皮	4.3	4 mm矽酸鈣板、0.3 mm 天然木板、膠合劑	

試體 10	矽酸鈣板面貼天然木皮	6.3	6 ㎜矽酸鈣板、0.3 ㎜木皮、黏著劑	
試體 11	矽酸鈣板面貼聚丙烯	9.2	矽酸質原料、石灰質、有機纖維、無機纖維	
試體 12	隔熱發泡材	50	矽、石墨	
試體 13	鍍鋅鋼板包覆 PU 發泡材	50	鍍鋅銅板、聚氨基甲酸酯發泡材	
試體 14	隔熱硬質發泡板	30	硬質 PU 樹脂、二氧化矽、氫氧化鋁、耐燃劑	
試體 15	日本珪藻土	6.1	珪藻土、消石灰、矽砂、珍珠石及木纖維	
試體 16	聚氯乙烯合成樹脂瓦	2.7	PVC、ASA	
試體 17	夾板	3	夾板	

2. 耐燃二級試驗

表 3-3 耐燃二級試驗試體說明

編號	名稱	厚度 ㎜	成分	外觀
試體 18	隔熱發泡材面貼鋁箔	20.2	純鋁箔、PIR、底材	
試體 19	木芯板	15	木芯板	

試體 20	PVC 抗靜電板	6	雙層 PVC	[redacted]

3. 耐燃三級試驗

表 3-4 耐燃三級試驗試體說明

編號	名稱	厚度 mm	成分	外觀
試體 21	矽酸鈣板表面噴塗 PU	22	矽酸鈣板及聚氨酯	

貳、試驗結果

由 21 組試驗結果觀察試體在受熱過程而產生之熱釋放及燃燒時所生成的煙之間關係：

1. 熱釋放率及煙產生率：試體當熱釋放量開始增加時，煙量也會開始增多，二者峰值處也相當一致，如試體 1 石膏板(圖 3-12)、試體 2 岩棉板(圖 3-13)、試體 5 纖維水泥板面貼熱固性樹脂裝飾板（圖 3-16)、試體 6 碳酸鎂板面貼聚丙烯及試體 21 矽酸鈣板表面噴塗 PU 等。另試體 6 碳酸鎂板面貼聚丙烯(圖 3-17)、試體 13 鍍鋅鋼板包覆 PU 發泡材（圖 3-24)、試體 16 聚氯乙烯合成樹脂瓦（圖 3-27)、試體 17 夾板（圖 3-28)、試體 19 木芯板（圖 3-30）及試體 20 PVC 抗靜電板（圖 3-31）等試體在加熱過程中都有產生 2 個或多個峰值，其熱釋放率及煙產生率二者發展的曲線也很相同。由此可以得知材料的熱釋放率與煙產生率二者發展的趨勢是有顯著一致性。
2. 總熱釋放量及總煙產生量：試驗結果得知材料之熱釋放量及總煙產生量不一定是正比關係，像是高總熱釋放量低總煙產生量：試體（5）纖維水泥板面貼熱固性樹脂裝飾板其總熱釋放量為 22.6 MJ/㎡、總煙產生量為 1.3 ㎡（表 3-9)，試體（17）夾板其總熱釋放量為 33.1 MJ/㎡、總煙產生量為 2.4 ㎡，試體（表 3-21)，試體（19）木芯板其總熱釋放量為 39.4（MJ/㎡)、煙產生

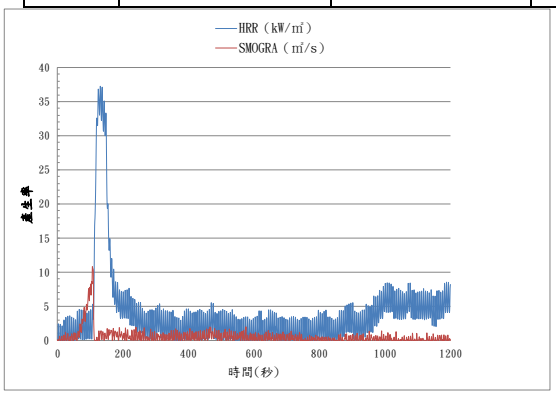
量為 1.6 ㎡（表 3-23）。有些試體是低總熱釋放量卻有較高煙產生量，如試體（12）隔熱發泡材，總熱放量為 0.7 MJ/㎡，但有 3.8 ㎡的總煙產生量（表 3-16）。另外也有高總熱釋放量、高煙產生量之材料，如試體（16）聚氯乙烯合成樹脂瓦其總熱釋放量為 31.6 MJ/㎡、總煙產生量為 35.3 ㎡（表 3-20），及試體(20)PVC 抗靜電板其總熱釋放量為 16.8 MJ/㎡、總煙產生量為 28.4 ㎡（表 3-24）。

3. 耐燃一級試驗結果：加熱時間為 20 分鐘。

（1）試體 1：硬質石膏板

表 3-5 試體一試驗結果表

符合級別	熱釋放率 HRR（kW/㎡）	總熱釋放量 THR（MJ/㎡）	煙產生率 SMOGAR（㎡/s）	總煙產生量 TSP（㎡）
1	3.74 kW/㎡	4.5 MJ/㎡	0.6 ㎡/s	0.7 ㎡



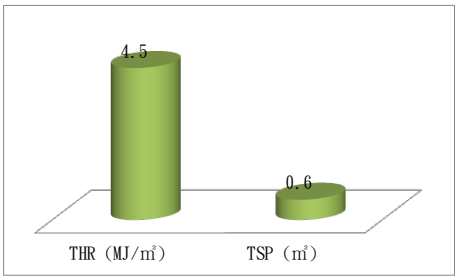


圖 3-12 試體 1 試驗結果曲線圖

（2）試體 2：岩棉板

表 3-6 試體 2 試驗結果表

符合級別	熱釋放率 HRR（kW/㎡）	總熱釋放量 THR（MJ/㎡）	煙產生率 SMOGAR（㎡/s）	總煙產生量 TSP（㎡）
1	4.24	5.1	3.0	0.4

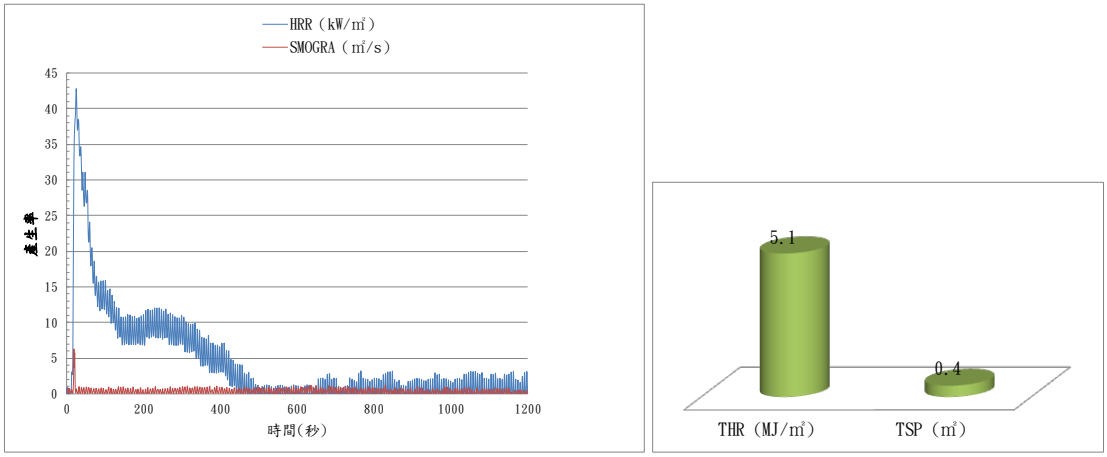


圖 3-13 試體 2 試驗結果曲線圖

（3）試體 3：烤漆鋼板包覆岩棉

表 3-7 試體 3 試驗結果表

符合級別	熱釋放率 HRR（kW/㎡）	總熱釋放量 THR（MJ/㎡）	煙產生率 SMOGAR(㎡/s)	總煙產生量 TSP（㎡）
1	0.78	0.9	7.5	0.9

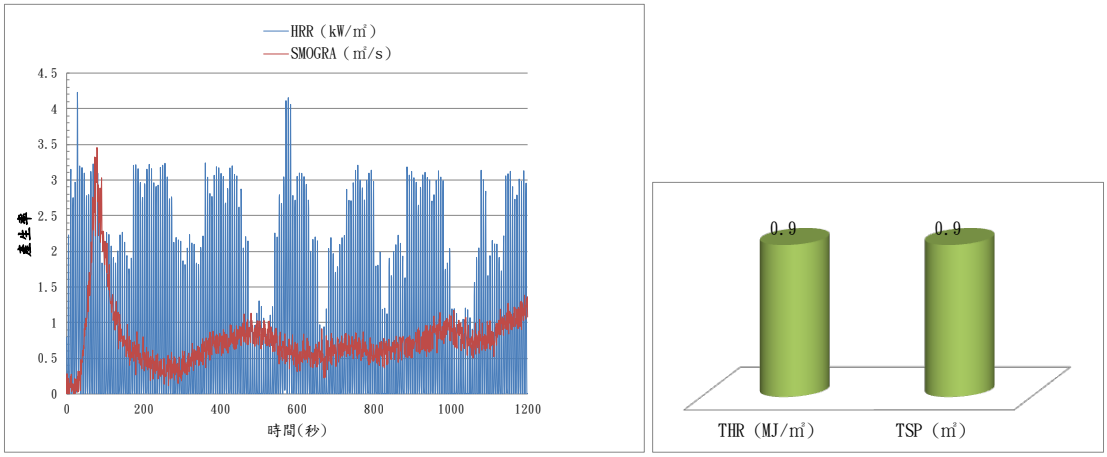


圖 3-14 試體 3 試驗結果曲線圖

（4）試體 4：纖維水泥板

表 3-8 試體 4 試驗結果表

符合級別	熱釋放率 HRR（kW/㎡）	總熱釋放量 THR（MJ/㎡）	煙產生率 SMOGAR(㎡/s)	總煙產生量 TSP（㎡）
1	4.4	5.3	0.1	0.1

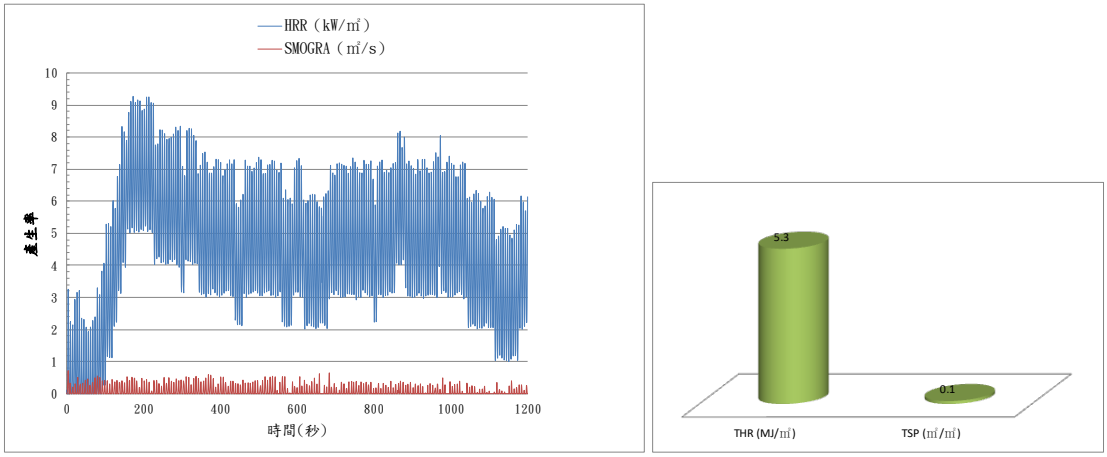


圖 3-15 試體 4 試驗結果曲線圖

（5）試體 5：纖維水泥板面貼熱固性樹脂裝飾板

表 3-9 試體 5 試驗結果表

符合級別	熱釋放率 HRR（kW/㎡）	總熱釋放量 THR（MJ/㎡）	總煙產生率 SMOGAR(㎡/s)	總煙產生量 TSP（㎡）
非耐燃	18.83	22.6	1.1	1.3

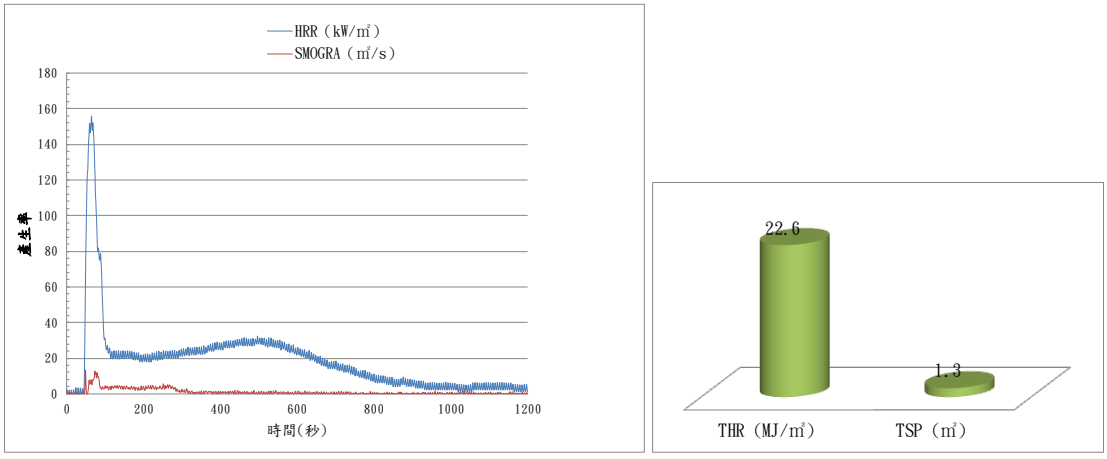


圖 3-16 試體 5 試驗結果曲線圖

（6）試體 6：碳酸鎂板面貼聚丙烯

表 3-10 試體 6 試驗結果表

符合級別	熱釋放率 HRR（kW/㎡）	總熱釋放量 THR（MJ/㎡）	煙產生率 SMOGAR(㎡/s)	總煙產生量 TSP（㎡）
1	6.84	8.2	0.7	0.9

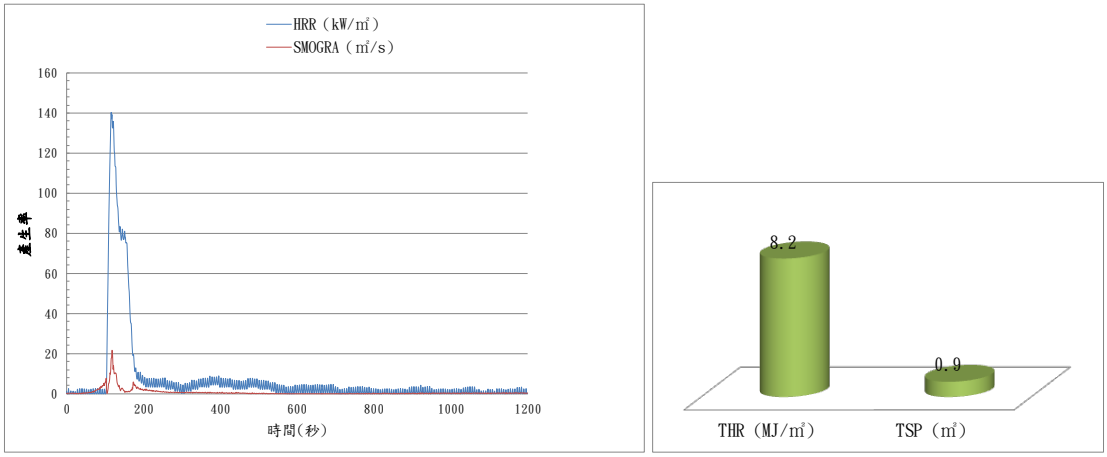


圖 3-17 試體 6 試驗結果曲線圖

（7）試體 7：矽酸鈣板

表 3-11 試體 7 試驗結果表

符合級別	熱釋放率 HRR（kW/㎡）	總熱釋放量 THR（MJ/㎡）	煙產生率 SMOGAR(㎡/s)	總煙產生量 TSP（㎡）
1	3.78	4.5	0.3	0.3

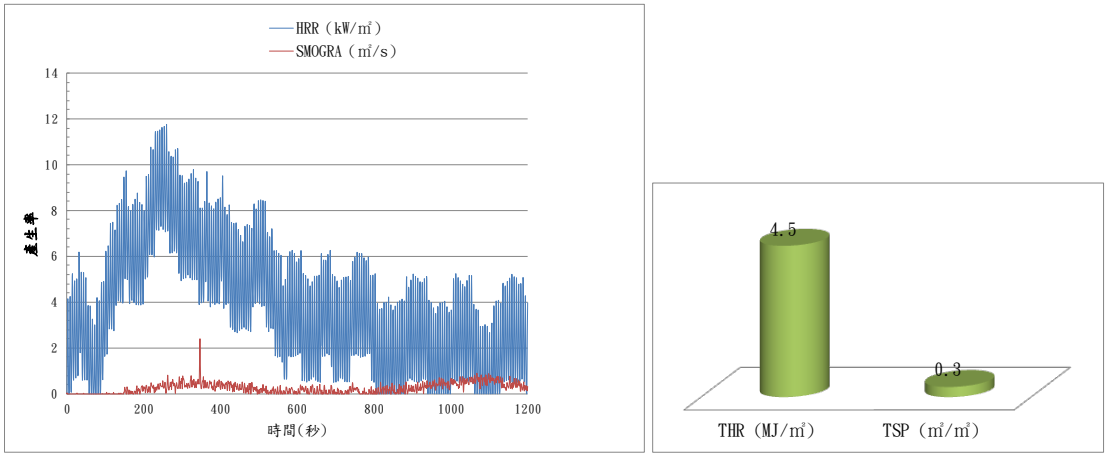


圖 3-18 試體 7 試驗結果曲線圖

（8）試體 8：矽酸鈣板面貼美耐板

表 3-12 試體 8 試驗結果表

符合級別	熱釋放率 HRR（kW/㎡）	總熱釋放量 THR（MJ/㎡）	煙產生率 SMOGAR(㎡/s)	總煙產生量 TSP（㎡）
非耐燃	15.56	18.7	2.7	3.3

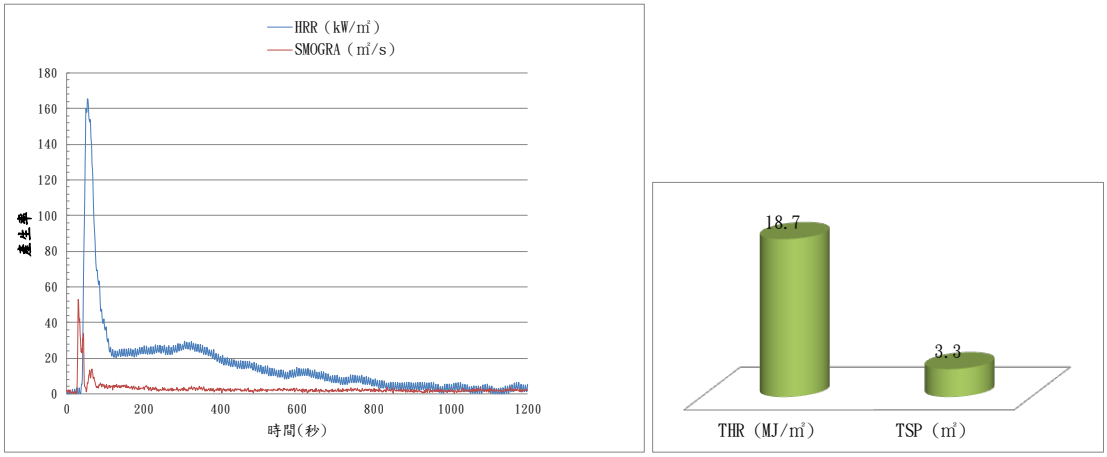


圖 3-19 試體 8 試驗結果曲線圖

（9）試體 9：矽酸鈣板面貼天然木皮

表 3-13 試體 9 試驗結果表

符合級別	熱釋放率 HRR（kW/㎡）	總熱釋放量 THR（MJ/㎡）	煙產生率 SMOGAR(㎡/s)	總煙產生量 TSP（㎡）
1	8.52	10.2	4.9	5.7

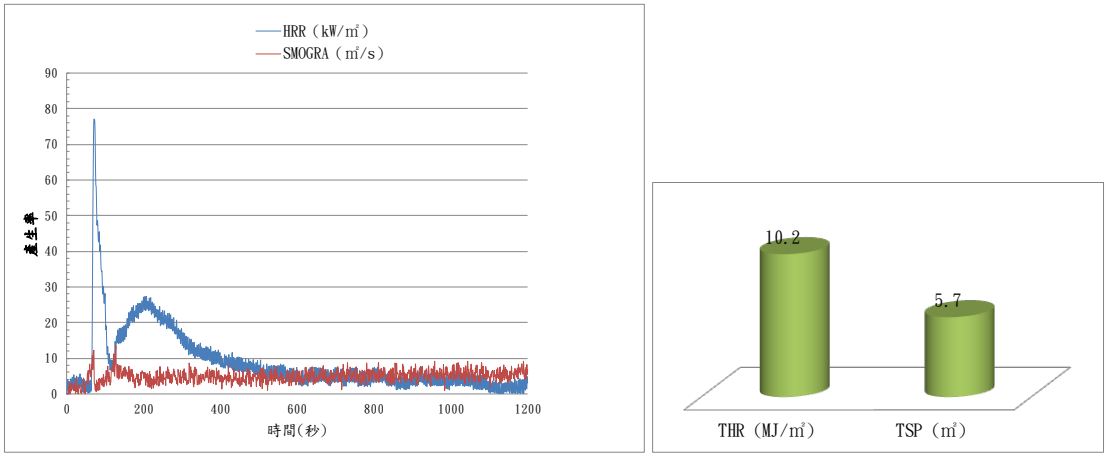


圖 3-20 試體 9 試驗結果曲線圖

（10）試體 10：矽酸鈣板面貼天然木皮

表 3-14 試體 10 試驗結果表

符合級別	熱釋放率 HRR（kW/㎡）	總熱釋放量 THR（MJ/㎡）	煙產生率 SMOGAR(㎡/s)	總煙產生量 TSP（㎡）
1	4.99	6.0	1.6	1.9

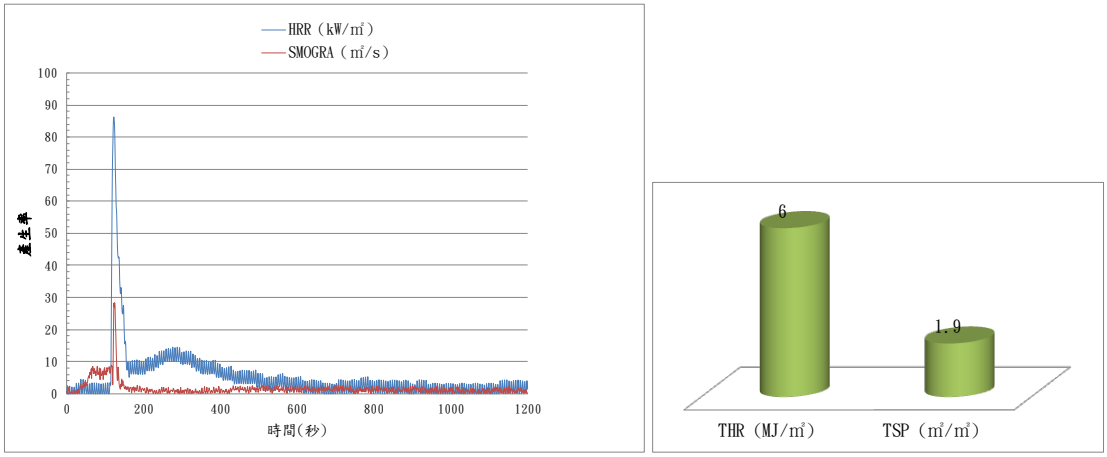


圖 3-21 試體 10 試驗結果曲線圖

（11）試體 11：矽酸鈣板面貼聚丙烯

表 3-15 試體 11 試驗結果表

符合級別	熱釋放率 HRR（kW/㎡）	總熱釋放量 THR（MJ/㎡）	煙產生率 SMOGAR(㎡/s)	總煙產生量 TSP（㎡）
1	7.71	9.3	0.8	0.9

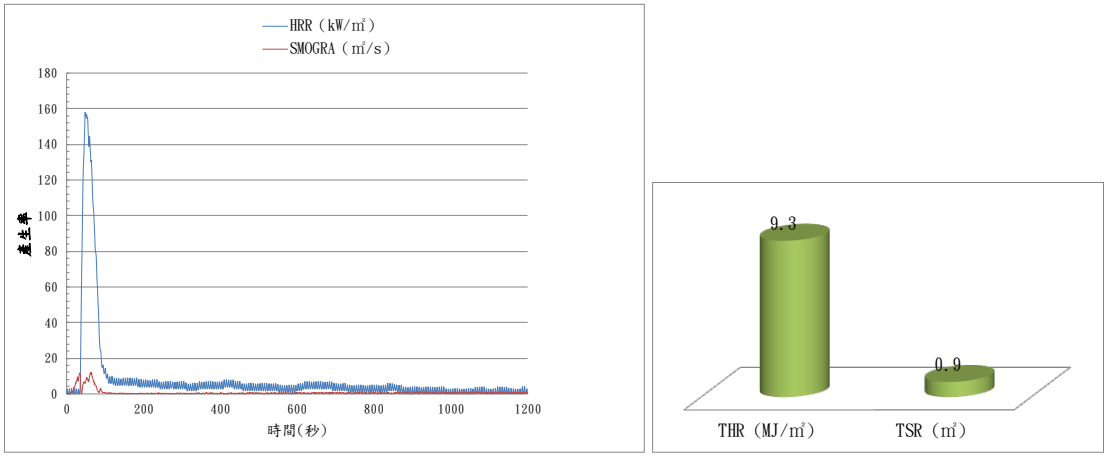


圖 3-22 試體 11 試驗結果曲線圖

（12）試體 12：隔熱發泡材

表 3-16 試體 12 試驗結果表

符合級別	熱釋放率 HRR（kW/㎡）	總熱釋放量 THR（MJ/㎡）	煙產生率 SMOGAR(㎡/s)	總煙產生量 TSP（㎡）
1	0.62	0.7	3.2	3.8

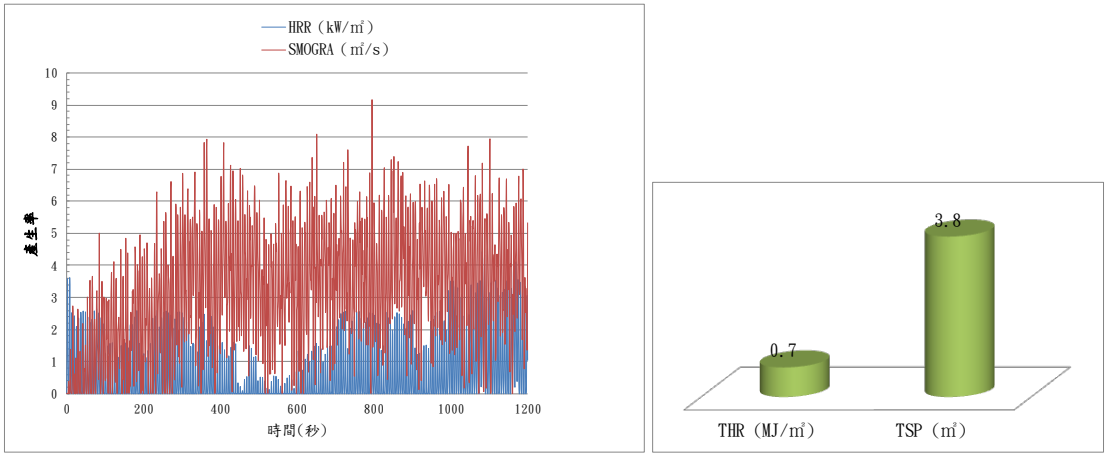


圖 3-23 試體 12 試驗結果曲線圖

（13）試體 13：鍍鋅鋼板包覆 PU 發泡材

表 3-17 試體 13 試驗結果表

符合級別	熱釋放率 HRR（kW/㎡）	總熱釋放量 THR（MJ/㎡）	煙產生率 SMOGAR(㎡/s)	總煙產生量 TSP（㎡）
1	4.64	5.6	2.9	3.5

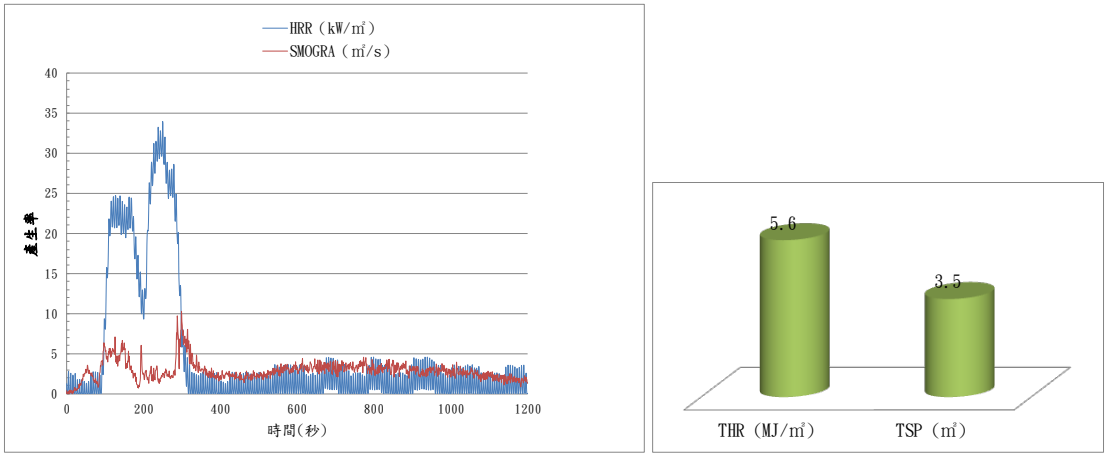


圖 3-24 試體 13 試驗結果曲線圖

（14）試體 14：隔熱硬質發泡板

表 3-18 試體 14 試驗結果表

符合級別	熱釋放率 HRR（kW/㎡）	總熱釋放量 THR（MJ/㎡）	煙產生率 SMOGAR(㎡/s)	總煙產生量 TSP（㎡）
非耐燃	48.39	58.1	6.0	7.2

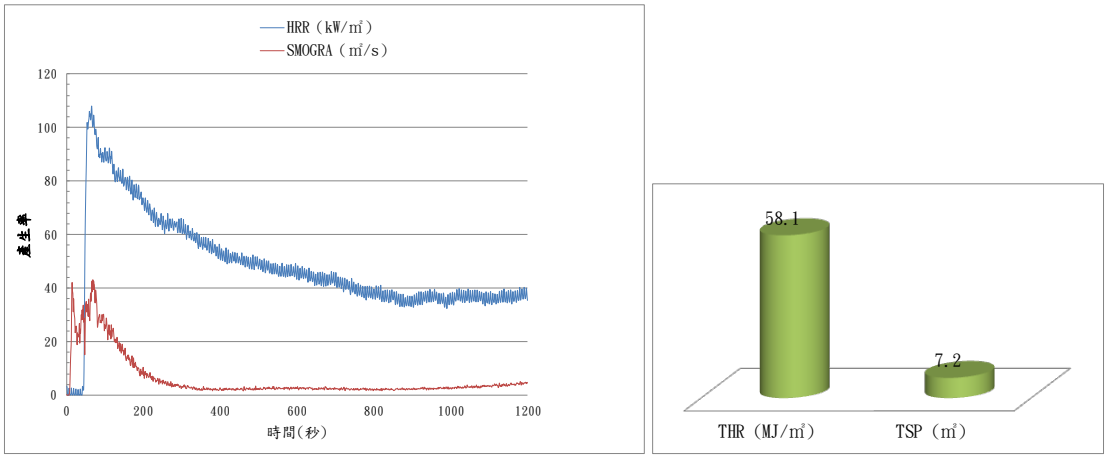


圖 3-25 試體 14 試驗結果曲線圖

（15）試體 15：日本珪藻土

表 3-19 試體 15 試驗結果表

符合級別	熱釋放率 HRR（kW/㎡）	總熱釋放量 THR（MJ/㎡）	煙產生率 SMOGAR(㎡/s)	總煙產生量 TSP（㎡）
1	2.06	2.5	0.2	0.2

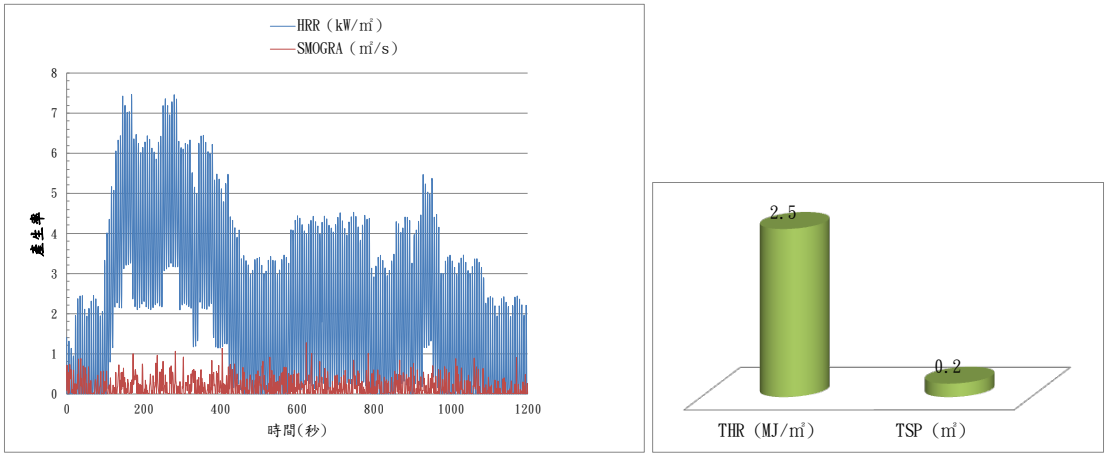


圖 3-26 試體 15 試驗結果曲線圖

（16）試體 16：聚氯乙烯合成樹脂瓦

表 3-20 試體 16 試驗結果表

符合級別	熱釋放率 HRR（kW/㎡）	總熱釋放量 THR（MJ/㎡）	煙產生率 SMOGAR(㎡/s)	總煙產生量 TSP（㎡）
非耐燃材	26.34	31.6	29.4	35.3

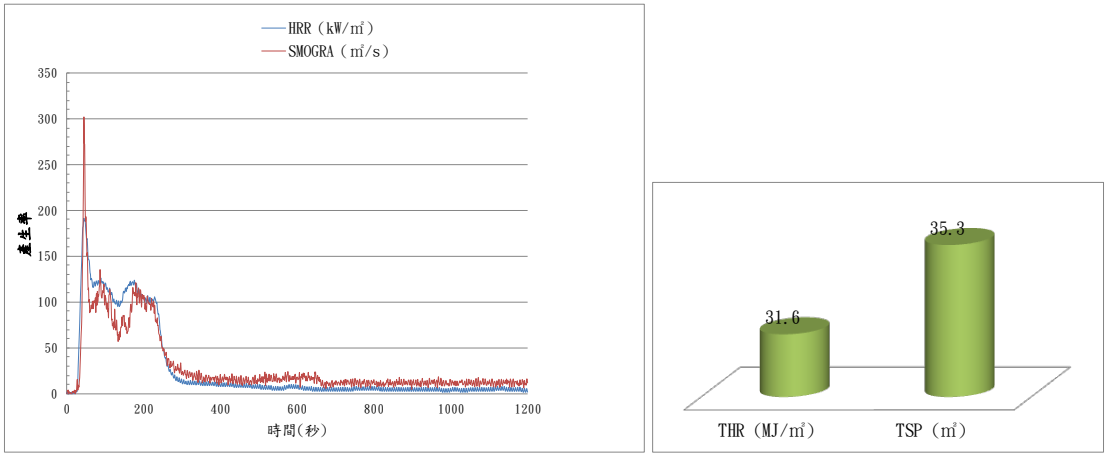


圖 3-27 試體 16 試驗結果曲線圖

（17）試體 17：夾板

表 3-21 試體 17 試驗結果表

符合級別	熱釋放率 HRR（kW/㎡）	總熱釋放量 THR（MJ/㎡）	煙產生率 SMOGAR(㎡/s)	總煙產生量 TSP（㎡）
非耐燃材	27.54	33.1	2.0	2.4

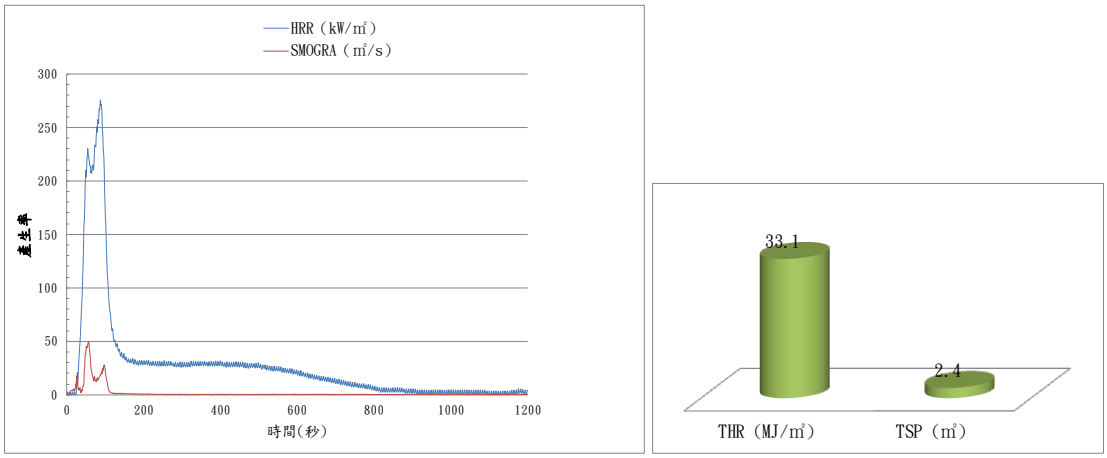


圖 3-28 試體 17 試驗結果曲線圖

4. 耐燃二級試驗結果：加熱時間為 10 分鐘。

（1）試體 18：隔熱發泡材面貼鋁箔

表 3-22 試體 18 試驗結果表

符合級別	熱釋放率 HRR（kW/㎡）	總熱釋放量 THR（MJ/㎡）	煙產生率 SMOGAR(㎡/s)	總煙產生量 TSP（㎡）

2	0.88	0.5	0.3	0.2

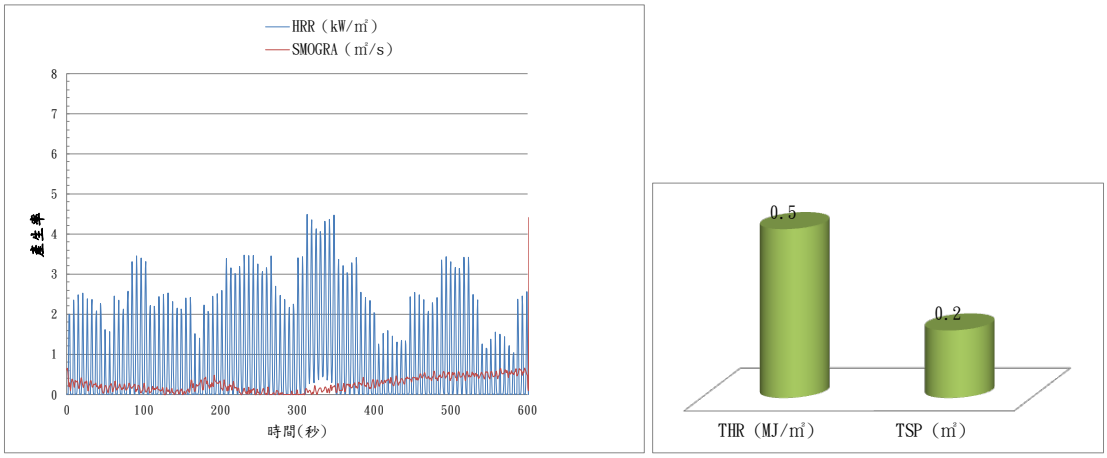


圖 3-29 試體 18 試驗結果曲線圖

（2）試體 19：木芯板

表 3-23 試體 19 試驗結果表

符合級別	熱釋放率 HRR（kW/㎡）	總熱釋放量 THR（MJ/㎡）	煙產生率 SMOGAR(㎡/s)	總煙產生量 TSP（㎡）
非耐燃	65.66	39.4	2.6	1.6

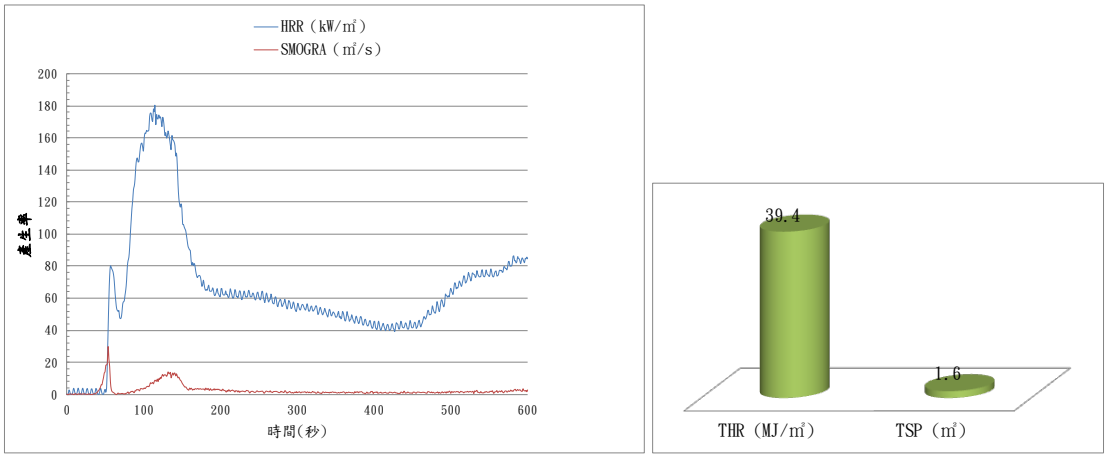


圖 3-30 試體 19 試驗結果曲線圖

（3）試體 20：PVC 抗靜電板

表 3-24 試體 20 試驗結果表

符合級別	熱釋放率 HRR（kW/㎡）	總熱釋放量 THR（MJ/㎡）	煙產生率 SMOGAR(㎡/s)	總煙產生量 TSP（㎡）
非耐燃材	28.09	16.8	47.3	28.4

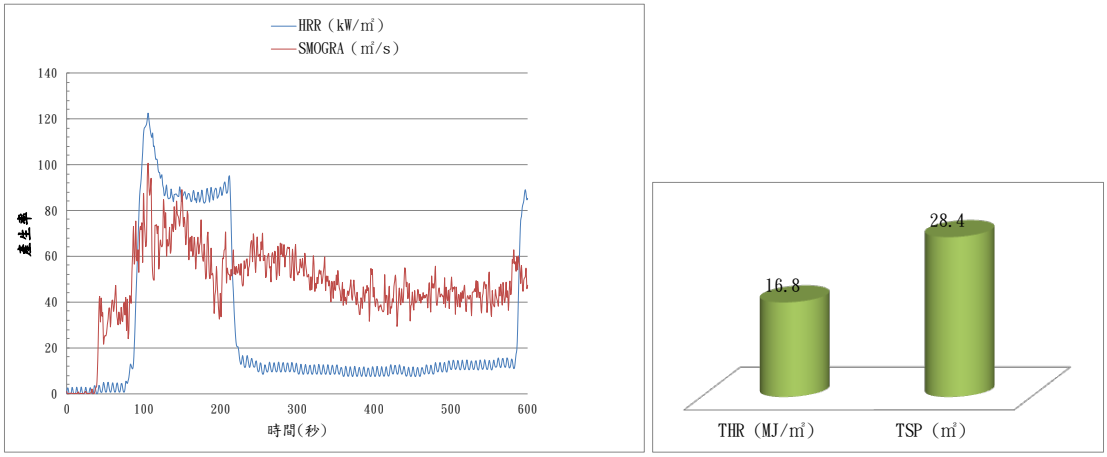


圖 3-31 試體 20 試驗結果曲線圖

5. 耐燃三級試驗結果：加熱時間 5 分鐘。

矽酸鈣板表面噴塗 PU

表 3-25 試體 21 試驗結果表

符合級別	熱釋放率 HRR（kW/㎡）	總熱釋放量 THR（MJ/㎡）	煙產生率 SMOGAR(㎡/s)	總煙產生量 TSP（㎡）
3	22.49	6.8	6.6	2.0

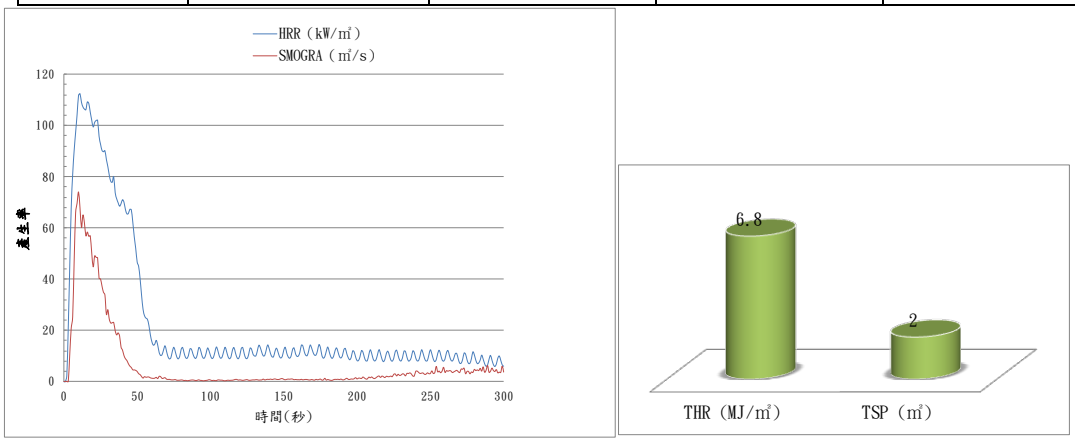


圖 3-32 試體 21 試驗結果曲線圖

第四節煙產生率分級之探討

1. 發煙量分級：

試體因受熱過程而產生之燃燒熱、熱釋放率及燃燒時所生成的煙量，在對於評估室內火災及人員逃生機率極為必要，本次參考歐洲(EN 13823)與中國(GB/T 5464)之材料燃燒試驗方法、設備差異、計算原理及其煙分級制度，與我國試驗方法（CNS 14705-1 草案）進行比較分析（表 3-22)，提出我國耐燃材料發煙量之建議，本次建議之煙容許值僅以煙量測設備之體積流率與管徑比值作大尺度推導至小尺度之結果，後續仍還需以實驗進行驗證：

表 3-26 煙分級比較表

	我國	歐洲與中國
標準	CNS 14705-1 草案	EN 13823、GB/T 5464
試驗方法	圓錐量熱儀	單材耐燃測試儀
試體尺寸	邊長為 100(+0/-2)mm正方形。 厚度 50 mm以下。	長翼與短翼構成角落： 短翼：495±5×1500±5mm。 長翼：1000±5×1500±5mm。 厚度：200(+0/-10)mm 以內。
發煙量分級	無	s1=SMOGRA≦30 m^2/s 且 TSP_{600S}≦ 50 m^2； s2=SMOGRA≦ 180 m^2/s 且 TSP_{600s}≦200 m^2； s3=s1 或 s2 以外。
煙產生率之計算		
煙產生率（SPR）	$\frac{V_S}{L}\ln(\frac{I_O}{I})$ V_S：體積流率=0.024±0.002 m^3/s 管徑：114±5 mm $SPR=0.2105\ln(\frac{I_O}{I})$	$\frac{V}{L}\ln(\frac{I_0(300_S\sim900_S)}{I})$ V：體積流率=0.6±0.05 m^3/s 管徑：315±5 mm $SPR=1.905\ln(\frac{I_O}{I})$
	二者之體積流率與管徑之比值為 9.05 倍（1.905/0.2105)，帶入公式得知總煙產生（TSP）及煙產生率（SMOGRA）。	
總煙產生（TSP）	（1）BS EN 13823 s 1：TSP≦50 m^2（單材耐燃測試儀）， **換算之值為：TSP≦5.5 m^2（圓錐量熱儀）**	

	（2）BS EN 13823 s 2：TSP≦200 ㎡（單材耐燃測試儀）， **換算之值為：TSP≦22.1 ㎡**
煙產生率（SMOGRA）	（1）BS EN 13823 s 1：SMOGRA≦30 ㎡/s（單材耐燃測試儀）， **換算之值為：SMOGRA≦3.3 ㎡（圓錐量熱儀）** （2）BS EN 13823 s 2=SMOGRA≦180 ㎡/s（單材耐燃測試儀）， **換算之值為：SMOGRA≦19.9 ㎡/s（圓錐量熱儀）**
	SMOGRA 計算式： BS EN 13823：SMOGRA：SPR(300s~900s 平均值)x10000（單材耐燃測試儀） **係數修正為：SMOGRA=SPRx1000（圓錐量熱儀）**

2. 對現級耐燃分級之影響：

承上，參考 BS EN 13823 及 GB/T 5464 及修正計算式後提出我國室內裝修耐燃材料發煙量之建議為：耐燃 1 級總煙產生量（TSP）≦5.5 ㎡、耐燃 2 級總煙產生量（TSP）≦22.1 ㎡；耐燃 1 級煙產生率（SMOGRA）≦3.3 ㎡、耐燃 2 級煙產生率（SMOGRA）≦19.9 ㎡/s。對於現行已符合 CNS 14705-1 試驗之耐燃性級別之材料，因加入發煙量的要求將造成之影響，如表 3-27，項次 3 烤漆鋼板包覆岩棉原及項次 9 矽酸鈣板(4mm)面貼天然木皮(0.3mm)等二項產品，原本是符合耐燃 1 級的材料，當加入發煙量之判定，其結果將未能符合耐燃 1 級的要求。

表 3-27 耐燃級數影響比較表

項次	名稱	熱釋放率HRR（kW/㎡）	總熱釋放量THR（MJ/㎡）	符合級別	煙產生率SMOGAR（㎡/s）	總煙產生量TSP（㎡）	修正級別
1	硬質石膏板	3.74	4.5	1	0.6	0.7	1
2	岩棉板	4.24	5.1	1	3.0	0.4	1
3	烤漆鋼板包覆岩棉	0.78	0.9	1	7.5	0.9	未符合1級
4	纖維水泥板	4.4	5.3	1	0.1	0.1	1
6	碳酸鎂板面貼聚丙烯	6.84	8.2	1	0.7	0.9	1
7	矽酸鈣板	3.78	4.5	1	0.3	0.3	1
9	矽酸鈣板(4mm)面貼天然木皮(0.3mm)	8.52	10.2	1	4.9	5.7	未符合1級
10	矽酸鈣板(6mm)面貼天然木皮(0.3mm)	4.99	6.0	1	1.6	1.9	1
11	矽酸鈣板(9mm)面貼聚丙烯（0.12mm）	7.71	9.3	1	0.8	0.9	1
12	隔熱發泡材	0.62	0.7	1	3.2	3.8	1
13	鍍鋅鋼板包覆PU發泡材	4.64	5.6	1	2.9	3.5	1
15	日本珪藻土	2.06	2.5	1	0.2	0.2	1
18	隔熱發泡材面貼鋁箔	0.88	0.5	2	0.3	0.2	2

3. 增加之試驗成本：

依據圓錐量熱儀新增設之煙遮蔽率量測系及每年需進行的設備調校項目，概估需增加之固定支出如表 3-22，且金額會隨每年物價而調漲。

表 3-28 煙量測系統支出概估表

項次	項目	金額(元)	說明
1	雷射光度計	160，000	雷射光源壽命為 10,000 小時，需常開機，故約每年需更換。
2	雷射光度計安裝及煙偵測計查證	20,000	依 ISO ISO 5660-1 10.3.1 光學元件重新組裝後應施行。
3	濾光片校正	10,000	依 ISO 5660-1 10.3.1 每年應施行校正。
4.	圓錐量熱儀整體測試調校及查證	90,000	元件更新後需進行設備查驗，以確保試驗結果之品質。
	合計	280,000	

第四章 結論與建議

第一節 結論

為因應標檢局於 109 年 11 月對 CNS 14705-1 發審修訂其內容為參考 ISO 5660-1 納入煙產率之內容，本研究參考國際標準 ISO 5660-1 熱釋放率（圓錐量熱儀法）及煙產生率（動態量測）完成現有設備能量之提昇，以確保設備符合標準要求。並參照 ISO 5660-2（CNS 14705-2）建築材料燃燒熱釋放率試驗法-第 2 部煙產生率進行試驗，最終提出以下結論：

1. 完成煙量測系統之採購、安裝，並依 ISO 5660-1（2005）進行校正，設備圓錐量熱儀其測試能量已符合標準之要求。
2. 已取得 ISO 5660-1 熱釋放率及煙產生率 TAF 認證。
3. 彙整本研究共計 21 次的試驗結果發現，材料的熱釋放率與煙產生率二者發展的趨勢是有顯著一致性。而熱釋放量及總煙產生量不一定是正比關係，高總熱釋放量低總煙產生量、低總熱釋放量卻有較高煙產生量、高總熱釋放量、高煙產生量的結果都因材料的特性有所不同。
4. 參考歐洲（EN 13823）與中國（GB/T 5464）之試驗方法及要求，以煙量測設備之體積流率與管徑比值作大尺度推導至小尺度之結果提出耐燃材料其發煙量容許值之建議，後續仍還需以實驗進行驗證。
5. 概估設備圓錐量熱儀所增設之煙遮蔽率量測系統每年需增加之成本支出，以作為日後本項實驗設施技術服務收費標準修訂之參考。

第二節 建議

建議一

立即可行之建議:煙建築物室內裝修材料耐燃性級別之判定增加發煙量之分級。

主管機關：內政部營建署、經濟部標準檢驗局

協辦機關：內政部建築研究所

火災發生材料因燃燒產生之大量濃煙是災現場追成死亡之主要原因，因此耐燃材

料不僅要限制其熱釋放率、延燒性外，其燃燒所生成的發煙量也應進行限制，是為防火安全中第一道防線，也是最有效的方法之一。

附錄一 研究業務協調會

會議結論	處理情形
本安題目建議修正為「建築材料耐燃試驗納入發煙量實驗研究」，以切合研究內容之規劃方向。	題目已作修正。
建議對不同耐燃等級之裝修材料進行發煙量實驗，俾建立材料發煙量之基本數據。	將對不同材料及不同耐燃等級之材料進行實測。

附錄二 期中審查會議

委員意見	處理情形
中華民國全國建築師公會 江建築師支川： 1. 建議可對不同的材料、厚度及形狀以不同溫度進行試驗，以了解不同熱源對材料發煙量的影響及變化。 2. 木造建築使用之木頭可否進行耐燃試驗?	1. 本研究案乃依據 CNS 14705-1 及參考 ISO 5660-1 進行熱釋放及煙產生率量測，因此試體尺寸、厚度及形狀等都合乎標準要求。 2. 耐燃試驗惟測試種類除室內裝修材料外會再增加其他種類，如木頭或隔熱材等。
蔡簡任研究員銘儒： 1. 火災造成人員傷亡最主要原因為煙，以往耐燃材料測試標準 CNS 6532 判定基準包括發煙量，後來由 CNS 14705 取代後，判定基準已無發煙量，建議比較各國建材性能級數之判定基準（含發煙量）之標準，在試驗量測標準方法與 ISO 5660-1：2015 之發煙量量測比較，以提出國內耐燃建材判定納入發煙量基準建議。 2. 建材燃燒發煙量、發煙率及煙灰產生值（soot yield）隨火災成長變化，而這些數據為煙控、避難性能設計電腦模擬及驗證重要參數，建議加以探討，並提供評定機構評定參考。 3. ISO 5660-1：2015 及 ASTM E 1354：	1. 將參考歐洲（EN 13823）與中國（GB/T 5464）對材料燃燒發煙量分級制度，與我國試驗方法進行比較分析，提出我國耐燃材料對煙容許值之建議。 2. 本案進行 21 次建築材料試驗，並對其熱釋放及煙產生量進行比對，以了解相互間成長關係。 3. 將依增設的設備及物價上漲等因素，納入成本考量研提技術服務收費標準修訂建議。

2017 皆已將燃燒量熱及煙合併，目前國家標準仍區分為 CNS 14705-1 及 CNS 14705-2，建議再檢視 ISO 5660-1：2015＋ISO 5660-1：2015/AMD 1：2019，加以提出修訂及整併 CNS 14705-1 及 CNS 14705-2 草案，及 CNS 14705-1 附錄 B.4 判定納入發煙量基準。 4. 建議檢討收費標準，將光度計（壽命以時數計）、2 片遮光片（含校正）之成本納入計算。此外，輻射熱計已漲價將其納入修正收費標準。	
王副研究員鵬智： 1. ASTM E84 分為 A、B、C 三級，採 FSI 值，有關煙密度如何律定 SDI<450，又 EN 13501-1 煙產生率與判定級別皆分別訂定，本案是否亦採分別訂之。 2. ISO 5660-1 與 CNS 14705-1 之關係為何？取得 TAF 認證是否為標檢局或營建署指定性能實驗室有關?	1. 本案參考歐洲 EN 13823 發煙量之分級制度，並與我國試驗方法進行比較分析，提出耐燃材料對煙容許值之建議。 2. 修訂中之 CNS 14705-1 乃依據 ISO 5660-1(2015)不變更技術內容修訂，實驗中心已取得 ISO 5660-1：2015 TAF 認證，待 CNS 14705-1 完成修訂公佈實施，即可提出 TAF 及營建署指定實驗室增項申請。
王聘用研究員天志： 1. 簡報第 8 頁，一氧化碳中毒，但內容卻是缺氧的反應，請補充說明。	1. 一氧化碳在血液中與血紅素結合後，會阻斷氧氣和血紅素結合並阻礙體內的氧氣運送及利

2. 報告書表 2-1，108 年合計數字及百分比欄位有誤，請修正。 3. 預期成果”初步建立室內裝修材料煙產生率實驗數據”，惟報告書或簡報未見實驗規劃，請補充說明。 4. 試驗納入發煙量，請收集分析煙產生率判定的基準，也要事先研析是否會對現行的合格產品分級造成影響，請一併分析補充說明。	用，造成組織缺氧，以上說明將補充於報告中，以便能更清楚敘述。 2. 本案共計完成 21 項材料試驗，且依試驗結果探討加入發煙量判定後對耐燃級別之影響。
詹聘用副研究員家旺： 1. 報告書第 24 頁圖 3-4 煙量測系統剖面圖係參考 ISO 5660-1 圖示，建議將各位置英文說明以中文呈現。 2. 報告書第二節第 1 點煙遮蔽率量測系統說明係指雷射光度計，建議修正為雷射光度計系統；第 3 點光度計查驗建議修正為煙遮蔽率量測系統校正以對應說明及圖 3-9~圖 3-11 所示。 3. 本案預期成果為提升現有設備檢測能量並取得 TAF 認證，建議將 TAF 認證相關文件納入研究報告中。	感謝委員意見，圖說修正為中文說明，其餘已依委員意見修正。
李副研究員其忠 報告書 23 頁 s 定義是否有誤，請確認。	感謝提醒，內容已作修正。
蔡組長綽芳： 1. 由火災現場得知煙的重要性，近年國內	1. 本案乃依據 CNS 14705-1 附錄 B 進行試驗及耐燃級數分類，因此

廣泛推廣應用 CLT 構材，但在防火安全上都僅注重防火時效的表現，對發煙量少有討論，本案是否也適用於檢視木構造之發煙量。 2. 若裝修材料耐燃等級加入發煙量之判定是否會影響原有級別。	試體選用以室內裝修材為主。 2. 已參考歐洲 EN 13823 其煙的分級制度提出國內標準訂定之建議並依此建議比較對原有耐燃級數之影響。

附錄三 期末審查會議

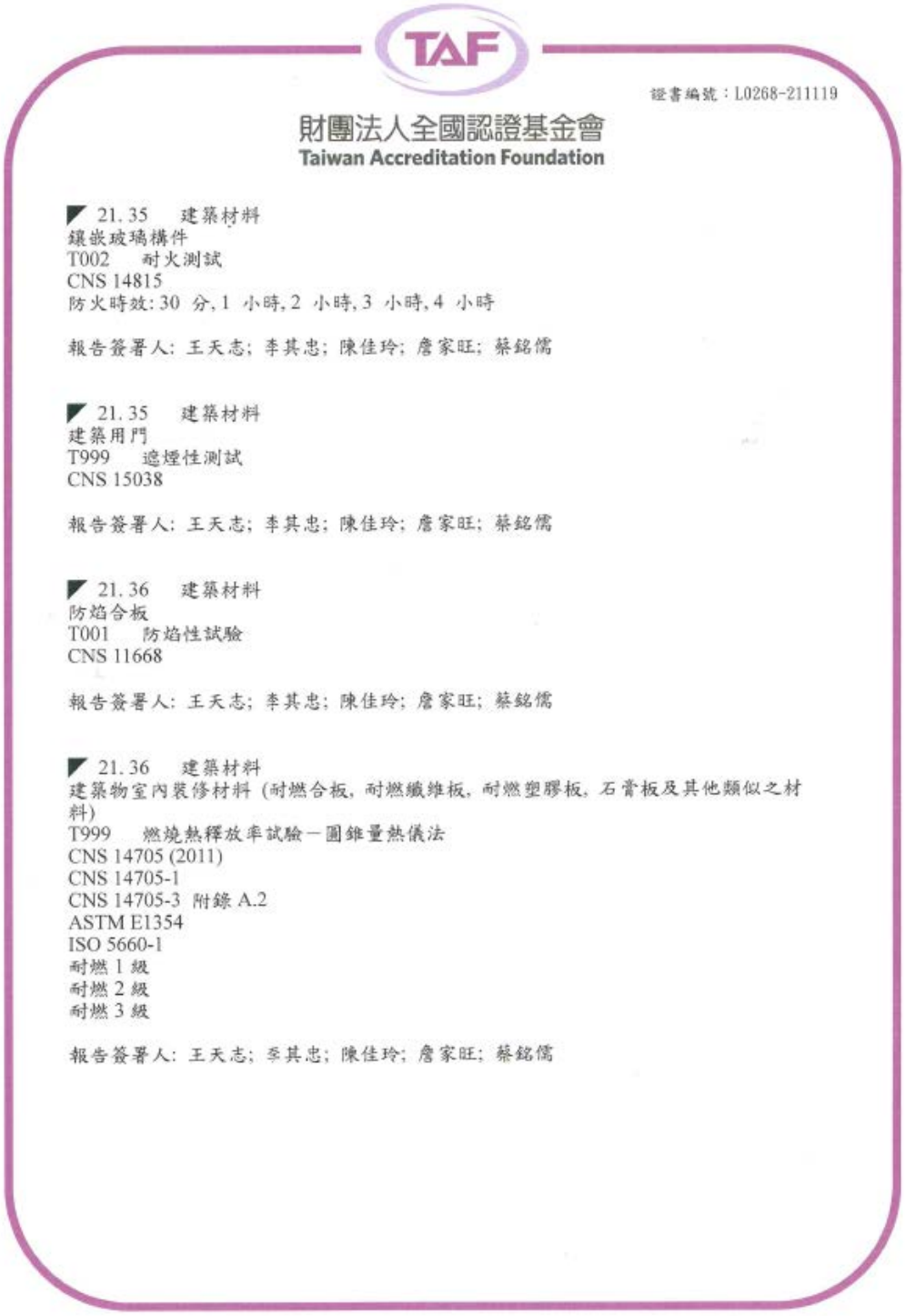
委員意見	處理情形
中華民國全國建築師公會 江建築師支川： 1. 報告中實驗數據可否依其發煙量進行排序以更清楚了解哪些屬高發煙量之材料，有利日後選用材料時參考。 2. 火災現場燃燒的不僅天花板或牆面之裝修材料，室內使用之家具如沙發、窗簾也會燃燒，因此可否將室內會使用的材料或家具皆納入未來燃燒發煙量之研究範圍。 3. 木造建築使用之不同材種（如櫸木、檜木、）或不同形狀（如板狀、塊狀）其燃燒結果及發煙量是否不同，可否納入未來之研究	對於木構造使用的不同材種、建築使用的各種材料或室內裝璜用家具、窗簾、櫃子等發煙量數據，可於後續研究中予以建立，以提供煙控或避難性能設計電腦模擬之參數。
財團法人台灣建築中心郭工程師全豐 有關裝修材料的耐燃性評定由 CNS 6532 轉換為 CNS 14705-1 後，評定機構的專家學者擔心由原 CNS 6532 試驗法考量比較多的煙危害，變更為 CNS 14705-1 後只考量材料的熱釋放率，但火災現場煙往往也是死亡的原因，故目前國家標準也準備加入煙的量測有助於材料的提昇是很好的方向，但煙的分級如何落實到國內的耐燃一到三級，仍有待本研究是否有機會建議出更好的台灣的材料分級。	謝謝委員指導。

蔡簡任研究員銘儒： 1. 目前 ISO 5660-1：2015 為 ISO 5660-1：2002 及 ISO 5660-2：2002 合併，實驗中心今年度 TAF 延展認證已通過 ISO 5660-1:2015 認證，後續應推動 CNS 14705-1 及 CNS 14705-2 合併，合併後 CNS 14705-1 附錄 B 判定級數如何納入發煙基準。 2. 建築逃生避難性能有關材料發煙量與標準發煙量關係及納入試驗要求，可提供數值摸擬之重要要參數。 3. EN 13823 為 SBI 單材燃試驗 與 CONE 圓錐量熱儀試驗之尺度有差異，分級應有試驗比對為宜不宜逕行引用。	1. 後續研究可對各種建築用材料進行試驗，建立本土材料之熱釋放及發煙量之數據，以提供數值摸擬之參數。 2. 本研究其發煙量之建議值為參考歐洲（EN 13823）規範以煙量測系統之體積流率及管徑尺寸差異之比值初步推算結果，對於試體尺寸及試驗時間等因子未予以考慮，報告書中會加以說明清楚，未來還需作進一步分析探討並加以實驗驗證。
王聘用研究員天志： 1. 研究內容詳實，符合預期成果。 2. 請於附錄補充實驗中心已取得煙產生率的 TAF 認證資訊。 3. 報告書表 2-6，在 A1 類材料，僅進行不然性試驗和熱量試驗，反倒未要求煙產生性質，請了解其原因? 4. 報告第三章第四節煙產生率分級之探討，已列出建議 CNS 分級判定之數值，建議於附錄新增本項分級判定數值之詳細計算及驗證過程，同時請說明歐規計算公式，Io 似乎僅取 300~900 秒，與 CNS 一、二、三級的試驗時間能否	1. 實驗中心通過 ISO 5660-1:2015 TAF 認證資料將補充於附錄四中。 2. 若國內現行材料耐燃級數加入發煙量判定後之影響程度，可於後續研究中建立較多試驗數據加以討論。 3. CNS 14705-1 數據擷取時間耐燃一級為 1200 秒、二級 600 秒、三級 300 秒，與 EN 13823 擷取 600 秒不同，可於後續研究再多加探討其相關性。

類比? 5. 未來耐燃檢測如果加入發煙量判定，若依本研究參考歐洲標準所擬訂的發煙量容許值，對國內現行材料耐燃級數及業界的影響建議後續研究應再深入探討。 6. 報告內容文句、錯字，會後再提供給計畫主持人參考修正。	
王副研究員鵬智： 1. 本案已建議發煙量分級，後續應邀請相關業界、評定機構及主管機關研議參考。 2. 發煙量分級將用於各類材料耐燃等級，是否考量複合性材料的影響，實驗數據似乎複合性材料不符合級等的比例較高。	若國內現行材料耐燃級數加入發煙量判定後之影響程度，可於後續研究中建立較多試驗數據加以討論。
李副研究員其忠 本次建議之煙量判定值由大尺度結果推論至小尺度，僅為線性比例縮小推導之結果，尚有其他因素影響，有進一步討論空間，需有實測試驗結果予以驗證。	本案發煙量之建議值為參考歐洲(EN 13823）規範以煙量測系統之體積流率及管徑尺寸差異之比值初步推算結果，對於試體尺寸及試驗時間等因子未予以考慮，報告書中會加以說明清楚，未來還需作進一步分析探討並加以實驗驗證。
蔡組長綽芳： 1 CNS 6532 包含發煙量判定，未來可對符合 CNS 6532 之耐燃材料進行 CNS	1. 本案推導之發煙量未考慮試體尺寸、試體燃燒方向及試驗時間等因子，未來還需作進一步分析

14705-1 試驗並與本研究建議之發煙量進行比對，以了解二者判定結果之差異，未來若能在分級上能找到相對應的關係，將可減少分級爭議。 2 國內木構造建築迅速發展但木構造之防火試驗並未包含發煙量的限制，後續可對集成材及 CLT 之發煙量加以探討。 3 本案推導之發煙量允許值未來應進行實驗予以驗證，為能有實質應用成果，可邀請主管機關及評定中心進行座談以確認可行性方向。	探討並加以實驗驗證。 2. 對於木構造使用的集成材及 CLT 之發煙量，可於後續研究中試驗建立數據，以了解木構造火災時其材料之危險性。

附錄四 TAF 認證證書



證書編號：L0268-211119

財團法人全國認證基金會
Taiwan Accreditation Foundation

◤ 21.35　建築材料
鑲嵌玻璃構件
T002　耐火測試
CNS 14815
防火時效: 30 分, 1 小時, 2 小時, 3 小時, 4 小時

報告簽署人: 王天志; 李其忠; 陳佳玲; 詹家旺; 蔡銘儒

◤ 21.35　建築材料
建築用門
T999　遮煙性測試
CNS 15038

報告簽署人: 王天志; 李其忠; 陳佳玲; 詹家旺; 蔡銘儒

◤ 21.36　建築材料
防焰合板
T001　防焰性試驗
CNS 11668

報告簽署人: 王天志; 李其忠; 陳佳玲; 詹家旺; 蔡銘儒

◤ 21.36　建築材料
建築物室內裝修材料 (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)
T999　燃燒熱釋放率試驗－圓錐量熱儀法
CNS 14705 (2011)
CNS 14705-1
CNS 14705-3 附錄 A.2
ASTM E1354
ISO 5660-1
耐燃 1 級
耐燃 2 級
耐燃 3 級

報告簽署人: 王天志; 李其忠; 陳佳玲; 詹家旺; 蔡銘儒

參考書目

[1]蔡匡忠，我國建築材料耐燃試驗法之未來發展，消防與防災科技雜誌 NO.26 24～26，2006。

[2]109 消防白皮書，109，內政部消防署。

[3]氣候天氣災害研究中心，火災災害與防災，http://www.wcdr.ntu.edu.tw/-28779287972879723475332873845028797.html。

[4]W. D. WOOLLEY and M. M. RAFTERY, SMOKE AND TOXICITY HAZARDS, Journal of Hazardous Materials, 1 (1975/76) 215-222 21, 1976.

[5]Purser, D. A., Toxicity Assessment of Combustion Products, SFPE Handbook of Fire Protection Engineering. 5th Edition, National Fire Protection Association, 2016.

[6]丁俊智，火災煙控系統之應用，中興工程季刊·105 期，2009。

[7]鍾基強，「建築機械通風與空調設備防火防煙性能基準及驗證研究」，內政部建築研究所，2014。

[8]C.L. Chow, W.K. Chow, Z.A. Lu., Assessment of Smoke Toxicity of Building Materials, International Association for Fire Safety Science, 2004.

[9] MARCELO M. HIRSCHLER. (1991). Smoke Toxicity Measurements Made so that the Results Can BeUsed for Improved Fire Safety, JOURNAL OF FIRE SCIENCES, VOL. 9-JULYIAUGUST 1991.

[10] 柯博仁、吳榮平、周柏年、林元祥，火災避難逃生系統功能函數之建構與評估，中央警察大學警學叢刊第 50 卷第 3 期，108。

[11] ntertek TEST REPORT, KOMMERLING USA INC, 2019.

[12] BRE Global Test Report P108017-1000 Issue 1, 2019.

[13] BS EN 13823 Reaction to fire tests for building products-building

products excluding floorings exposed to the thermal attack by a single burning item, BS EN Eurocodes, 2010.

[14]陳俊勳，歐體單材耐燃（SBI）測評研究，行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告，2002。

[15]CODE OF PRACTICE FOR FIRE PRECAUTIONS IN RAPID TRANSISYSTEMS 2017, Singapore Civil Defence Force, 2017.

[16] 建築內部裝修設計防火規範，中華人民共和國公安部，2017。

[17] GB 8624，建築材料及制品燃燒性能分級，中國國家準化管理委員會，2012。

[18] 防耐火性能試験・評価業務方法書，一般財団法人建材試験センター，平成 29 年。

[19] 經濟部標準檢驗局，CNS 6532 建築物室內裝修材料之耐燃性試驗法，1980。

[20]標準檢驗局，CNS 14705 建築材料燃燒熱釋放率試驗法，2002。

[21]經濟部標準檢驗局 CNS 14705-1 建築材料燃燒熱釋放率試驗法-第 1 部：圓錐量熱儀法，2013 。

[22]經濟部標準檢驗局 CNS 草-修建築材料燃燒熱釋放率試驗法-第 1 部：熱釋放率(圓錐量熱儀法)及煙產生率(動態量測)，2019。