

增設水滅火設備之同等滅火效能
評估基準之可行性研究

資料蒐集分析報告

內政部建築研究所協同研究報告

中華民國 109 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)

10915B0003

增設水滅火設備之同等滅火效能 評估基準之可行性研究

計畫主持人：鄭元良

協同主持人：鍾基強

研究員：陳又嘉

研究助理：黃祥志、陳進澤

研究期程：中華民國 109 年 03 月至 109 年 12 月

內政部建築研究所協同研究報告

中華民國 109 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)

增設水滅火設備之同等滅火效能評估基準之可行性研究

目次

表次.....	III
圖次.....	V
摘要.....	IX
第一章 緒論.....	1
第一節 研究背景與研究範圍.....	1
第二節 研究目的.....	4
第三節 研究內容.....	6
第四節 研究方法與進度說明.....	8
第二章 文獻分析與研究.....	11
第一節 水自動滅火設備種類.....	11
第二節 撒水頭類型與滅火原理.....	16
第三節 熱煙危害與煙流特性.....	22
第四節 國內外相關文獻分析.....	25
第五節 國內外自動撒水設備規範彙整分析.....	29
第三章 全尺寸性能實驗.....	67
第一節 全尺寸實驗空間規劃.....	68
第二節 實驗設備與材料規格說明.....	70
第三節 實驗規劃與實驗結果.....	78
第四節 實驗結果分析.....	107
第四章 結論與建議.....	141
第一節 結論.....	141
第二節 建議與後續研究方向.....	143
參考書目.....	145
附錄 審查回應表.....	149

表次

表 1-1 國內外撒水頭檢測規範表	5
表 1-2 各部份之研究內容表	8
表 1-3 研究進度及預期完成之工作項目表	10
表 2-1 自動撒水設備設置種類	12
表 2-2 自動撒水設備作動流程	12
表 2-3 低壓細水霧之滅火原理介紹表	15
表 2-4 密閉式撒水頭種類及說明	17
表 2-5 感熱元件種類	18
表 2-6 撒水頭作動溫度與顏色區分表	19
表 2-7 標稱流量特性係數(K 值)	19
表 2-8 煙霧濃度與可視距離的關係表	23
表 2-9 人體承受危害程度之指標分析表	23
表 2-10 人體暴露在有毒氣體之情況	24
表 2-11 各國簡易自動撒水設備規範	34
表 3-1 實驗空間撒水頭數量表	70
表 3-2 水道連結型撒水頭_規格表	71
表 3-3 一般型撒水頭_規格表	72
表 3-4 細水霧撒水頭_規格表	73
表 3-5 熱電偶線規格	74
表 3-6 火警探測器_設備規格表	76
表 3-7 氣體量測設備規格表	77
表 3-8 水自動滅火設備實驗總表	78
表 3-9 火警探測器偵知時間表_水道連結型	109
表 3-10 撒水時間與火場最高溫度對照表(水道連結型)	111

表 3-11 撒水前後之撲滅情況(水道連結型)	116
表 3-12 火警探測器偵知時間表_一般型	117
表 3-13 撒水時間與火場最高溫度對照表(一般型)	119
表 3-14 撒水前後之撲滅情況(一般型)	124
表 3-15 火警探測器偵知時間表_細水霧	125
表 3-16 撒水時間與火場最高溫度對照表(細水霧)	126
表 3-17 撒水前後之撲滅情況(細水霧)	131

圖次

圖 1-1 107 年起火建築物樓層高分析圖	1
圖 1-2 研究流程圖	9
圖 2-1 乾式與濕式自動警報閥與各式撒水頭	13
圖 2-2 水道連結式撒水頭之裝設示意圖	14
圖 2-3 撒水頭與熱煙氣之熱傳示意圖	20
圖 3-1 全尺寸實驗空間平面圖	68
圖 3-2 實驗空間現況示意圖	69
圖 3-3 撒水頭防護半徑覆蓋圖	70
圖 3-4 水道連結型撒水頭實體圖	71
圖 3-5 水道連結型撒水頭實體圖	72
圖 3-6 水道連結型撒水頭實體圖	73
圖 3-7 無紙式紀錄器數據收集系統主機及量測畫面	74
圖 3-8 煙層量測設備裝設示意圖	75
圖 3-9 火警探測器實驗現場裝設圖	76
圖 3-10 氣體量測設備現場裝設圖	77
圖 3-11 實驗一_溫度量測曲線圖(距離地面 3.0m 處)	80
圖 3-12 實驗一_溫度量測曲線圖(距離地面 1.0m 處)	80
圖 3-13 實驗一_煙層高度曲線圖	81
圖 3-14 實驗一_氧氣量測曲線圖	81
圖 3-15 實驗一_一氧化碳量測曲線圖	82
圖 3-16 實驗一_二氧化碳量測曲線圖	82
圖 3-17 實驗二_溫度量測曲線圖(距離地面 3.0m 處)	83
圖 3-18 實驗二_溫度量測曲線圖(距離地面 1.0m 處)	83
圖 3-19 實驗二_煙層高度曲線圖	84

圖 3-20 實驗二_氧氣量測曲線圖	84
圖 3-21 實驗二_一氧化碳量測曲線圖	85
圖 3-22 實驗二_二氧化碳量測曲線圖	85
圖 3-23 實驗三_溫度量測曲線圖(距離地面 3.0m 處)	86
圖 3-24 實驗三_溫度量測曲線圖(距離地面 1.0m 處)	86
圖 3-25 實驗三_煙層高度曲線圖	87
圖 3-26 實驗三_氧氣量測曲線圖	87
圖 3-27 實驗三_一氧化碳量測曲線圖	88
圖 3-28 實驗三_二氧化碳量測曲線圖	88
圖 3-29 實驗四_溫度量測曲線圖(距離地面 3.0m 處)	89
圖 3-30 實驗四_溫度量測曲線圖(距離地面 1.0m 處)	89
圖 3-31 實驗四_煙層高度曲線圖	90
圖 3-32 實驗四_氧氣量測曲線圖	90
圖 3-33 實驗四_一氧化碳量測曲線圖	91
圖 3-34 實驗四_二氧化碳量測曲線圖	91
圖 3-35 實驗五_溫度量測曲線圖(距離地面 3.0m 處)	92
圖 3-36 實驗五_溫度量測曲線圖(距離地面 1.0m 處)	92
圖 3-37 實驗五_煙層高度曲線圖	93
圖 3-38 實驗五_氧氣量測曲線圖	93
圖 3-39 實驗五_一氧化碳量測曲線圖	94
圖 3-40 實驗五_二氧化碳量測曲線圖	94
圖 3-41 實驗六_溫度量測曲線圖(距離地面 3.0m 處)	95
圖 3-42 實驗六_溫度量測曲線圖(距離地面 1.0m 處)	95
圖 3-43 實驗六_煙層高度曲線圖	96
圖 3-44 實驗六_氧氣量測曲線圖	96

圖 3-45 實驗六_一氧化碳量測曲線圖	97
圖 3-46 實驗六_二氧化碳量測曲線圖	97
圖 3-47 實驗七_溫度量測曲線圖(距離地面 3.0m 處)	98
圖 3-48 實驗七_溫度量測曲線圖(距離地面 1.0m 處)	98
圖 3-49 實驗七_煙層高度曲線圖	99
圖 3-50 實驗七_氧氣量測曲線圖	99
圖 3-51 實驗七_一氧化碳量測曲線圖	100
圖 3-52 實驗七_二氧化碳量測曲線圖	100
圖 3-53 實驗八_溫度量測曲線圖(距離地面 3.0m 處)	101
圖 3-54 實驗八_溫度量測曲線圖(距離地面 1.0m 處)	101
圖 3-55 實驗八_煙層高度曲線圖	102
圖 3-56 實驗八_氧氣量測曲線圖	102
圖 3-57 實驗八_一氧化碳量測曲線圖	103
圖 3-58 實驗八_二氧化碳量測曲線圖	103
圖 3-59 實驗九_溫度量測曲線圖(距離地面 3.0m 處)	104
圖 3-60 實驗九_溫度量測曲線圖(距離地面 1.0m 處)	104
圖 3-61 實驗九_煙層高度曲線圖	105
圖 3-62 實驗九_氧氣量測曲線圖	105
圖 3-63 實驗九_一氧化碳量測曲線圖	106
圖 3-64 實驗九_二氧化碳量測曲線圖	106
圖 3-65 密閉濕式撒水頭_火場溫度分析	109
圖 3-66 火警探測器偵知時間圖(水道連結型)	110
圖 3-67 撒水時間與火場溫度對照圖(水道連結型)	111
圖 3-68 溫度變化圖(水道連結型_2.0m)	113
圖 3-69 溫度變化圖(水道連結型_1.0m)	113

圖 3-70 煙層遮蔽率變化圖(水道連結型_2.0m)	115
圖 3-71 煙層遮蔽率變化圖(水道連結型_1.0m)	115
圖 3-72 火警探測器偵知時間圖(一般型)	118
圖 3-73 撤水時間與火場溫度對照圖(一般型)	119
圖 3-74 溫度變化圖(一般型_2.0m)	121
圖 3-75 溫度變化圖(一般型_1.0m)	121
圖 3-76 煙層遮蔽率變化圖(一般型_2.0m)	123
圖 3-77 煙層遮蔽率變化圖(一般型_1.0m)	123
圖 3-78 火警探測器偵知時間圖(細水霧)	125
圖 3-79 撤水時間與火場溫度對照圖(細水霧)	127
圖 3-80 溫度變化圖(細水霧_2.0m)	128
圖 3-81 溫度變化圖(細水霧_1.0m)	129
圖 3-82 煙層遮蔽率變化圖(細水霧_2.0m)	130
圖 3-83 煙層遮蔽率變化圖(細水霧_1.0m)	130
圖 3-84 二氧化碳(CO ₂)濃度變化(水道連結型)	133
圖 3-85 二氧化碳(CO ₂)濃度變化(一般型)	133
圖 3-86 二氧化碳(CO ₂)濃度變化(細水霧)	133
圖 3-87 各實驗二氧化碳濃度降低比例	134
圖 3-88 一氧化碳(CO)濃度變化(水道連結型)	136
圖 3-89 一氧化碳(CO)濃度變化(一般型)	136
圖 3-90 一氧化碳(CO)濃度變化(細水霧)	136
圖 3-91 各實驗一氧化碳濃度降低比例	137
圖 3-92 氧氣(O ₂)濃度變化(水道連結型)	139
圖 3-93 氧氣(O ₂)濃度變化(一般型)	139
圖 3-94 氧氣(O ₂)濃度變化(細水霧)	139

摘要

關鍵詞：長照機構、火警偵煙設備、水自動滅火設備

一、研究緣起：

依國內 107 年 10 月 17 日修正《各類場所消防安全設備設置標準》第 17 條應設置自動撒水設備場所之規定中，對於第 12 條之部分各類使用場所要求設置自動撒水設備；而 12 條第一項第九款所定場所，其樓地板面積合計未達 1,000m² 者，得設置水道連結型自動撒水設備或與現行法令同等以上效能之滅火設備。但對於同等以上效能之評估，因目前國內尚未有明確的滅火效能相關規範及評估標準，雖以藉由相關研究得知，所有的水滅火系統均能有效控制火勢，但各種系統之間，仍缺少相關基準以供判定滅火效能。因此，本研究團隊將參考國外水滅火設備之撒水頭燃燒試驗等規範與標準，進行文獻蒐集與比較分析，提供未來國內設置相關測試基準之依據。

去年度已進行全尺度居室火災探測及滅火設備之實驗與驗證分析研究。於實驗過程中發現，偵煙探測器偵知火災的反應時間比撒水頭熔斷時間快，故藉由偵煙探測器偵知火災後連結啟動開放式自動撒水設備，其啟動時間快於密閉濕式自動撒水設備。同時由去年度研究之初期評估得知，若將水道連結型自動撒水設備由密閉濕式系統改為開放式系統，可在火災初期以偵煙探測器偵知火災後即刻作動，且所有撒水頭皆會同時撒水，可快速抑制火勢並降低室內溫度與有害氣體濃度，於降溫、降低有害氣體濃度、降低濃煙遮蔽率等實驗量測項目上，效果優於密閉濕式。

本研究將延續去年度之實驗結果，進一步探討水自動滅火系統撒水對於居室空間有害氣體濃度變化之影響與評估開放式撒水系統啟動時機之滅火效果，研究成果亦可應用及推廣至目前尚未設置水滅火系統的防火區劃空間，例如：低層住宅空間、小型安養機構、醫院小型空間、低層部小型商業空間等，加強該空間防火安全。但開放式系統主要動作流程係平時管內無水，作用時由探測器自動啟動或經由手動操作啟動，整個放水區域同時撒水，此種滅火方式勢必造成較大的水損傷害。若長照機構裝設開放式系統且誤動作時，恐有造成財產損失與住民傷害之虞。舉例說明，假設機構內部無法自主行動或需仰賴供氧設備之住民，若受開放式系統誤動作撒水，則可能影響其供氧設備運作或致使住民因水嗆到，恐非相關業者所能承擔之責任，故開放式撒水系統啟動時機至關重要，需要進一步分析、探討。

二、研究方法與過程：

水自動滅火設備之同等滅火效能評估基準之訂定可行性，為現今主要的課題也是本研究目的之一。我國《密閉式撒水頭認可基準修正規定》所規定的試驗項目有耐洩漏、環境溫度、衝擊、裝配載重、框架永久變形量、易熔元件之強度、玻璃球之強度、釋放機構之強度、振動、水鎚、腐蝕、動作、感度熱氣流感應、放水量...等。與其他各國撒水頭試驗項目之最大差異，主要在於我國與日本僅進行撒水分布試驗，而美國與中國除撒水分布試驗外，還針對撒水頭進行燃燒試驗。燃燒試驗主要為驗證相同燃燒物的情況下，不同撒水系統之滅火效果，當不同撒水系統撲滅相同燃燒物，便可判定其具備同等滅火效能。故本研究團隊引用國外撒水頭燃燒試驗相關規範及標準，進行文獻蒐集與比較分析，提供未來國內設置相關測試基準之參考依據。

去年度研究已初步證實當水道連結型自動撒水設備若為開放式系統，在降溫、降低有害氣體濃度、降低濃煙遮蔽率等實驗量測項目上，效果可能優於密閉濕式。故本研究團隊將深入探討水自動滅火系統撒水對於居室空間有害氣體濃度變化之影響，以及評估開放式撒水系統啟動時機之滅火效果。計畫實施上，本研究方法主要以「文獻蒐集與分析」、「實測研究」為主，茲分述如下：

(一)文獻蒐集與分析

本研究團隊參考國外撒水頭燃燒試驗等相關規範與標準，進行文獻蒐集與比較分析，提供未來國內設置相關測試基準之依據，並可作為各水自動滅火設備之間，同等滅火效能評估之判斷基準。

(二)實測研究

預計於雲林科技大學實驗場進行全尺寸實驗，用以評估密閉式自動撒水設備若改以開放式系統設計之滅火效果，並加以整理開放式撒水系統之啟動時機與滅火效果。

三、重要發現：

1. 我國與其他國家(中國、美國)進行的撒水頭試驗之最大差異在於除撒水頭機能檢測、撒水分佈測試外，還增加一個項目：燃燒試驗。本研究團隊針對【UL1626】與【ISO6182-10】之國外水滅火設備的撒水頭燃燒試驗相關規範及標準中的燃燒試驗內容，進行文獻比較與分析，作為未來我國設立滅火效能評估基準之參考。
2. 在本研究全尺寸實驗空間與設計實驗條件下，依據實驗結果與實驗觀察，水道連結型自動撒水設備改設為開放式系統，無論是由光電或定溫探測器作為連結，皆具控火效果(有抑制火勢但無完全

滅火)；細水霧自動撒水設備、一般型自動撒水設備改設為開放式系統，無論是由光電或定溫探測器作為連結，皆具控火效果且皆能完全撲滅火源。

3. 利用火警探測器並連動水自動滅火設備，可在短時間內抑制火勢、降低室內溫度、有害氣體濃度，且居室內人員若認為有需要或已救援完成，可藉由手動啟動裝置自行提早啟動開放式水道連結型自動撒水設備。
4. 當開放式系統係連結光電式局限型偵煙探測器(一種)者，因偵知啟動時間較早，故室內有害氣體濃度降低比例較高(有害氣體濃度約降低 64~95%)。而開放式系統係連結定溫式局限型偵熱探測器(一種)者，其偵知反應時間較晚，可提供人員較充裕的逃生時間，避免過早作動撒水而延緩逃生速度。因此，及早啟動撒水設備雖有助於抑制火災、降低室內有害氣體濃度，但可能造成人員避難與救助上的障礙；延後啟動撒水設備雖可延遲因撒水而造成人員避難與救助障礙的時間，但仍需確保火勢仍在控制範圍中。
5. 若預計設置開放式撒水系統之場所，其規劃重點為：
 - (1)若要求盡早控制火勢避免災害擴大，可考量設置開放式撒水系統以光電(一種)連動啟動，此設置方式較適合設置於無人員常駐之場所(如：機房、儲藏室等)，但如有人員需進行避難，建議仍需考慮初期避難時撒水之影響。
 - (2)開放式撒水系統以定溫(一種)連動啟動者，相較於以光電(一種)連動啟動者，因撒水作動時間延後，故溫度、CO 與 CO₂ 濃度等環境條件較差。然而根據實驗結果，在本研究全尺寸實驗空間(30m²)與微火源的情境設定下，在撒水設備啟動後仍有控制

火勢或滅火的現象。但此種設置方式，較適合設置在居室內部有大量行為弱勢者的場所(如：安養機構、醫院等)，或需提供較充裕人員避難與救助時間需求而延後撤水之特定場所。

- (3)若為爭取無自主避難能力住民之救援時間，避免因過早啟動撤水而影響救援行動而設置開放式撤水系統並採定溫(一種)連動啟動者，為使能在火災初期及早偵知到火災發生，該空間仍需設置光電(一種)探測器。

四、主要建議事項：

建議一

立即可行之建議：建立撤水設備撤水頭滅火性能之驗證方式

主辦機關：內政部消防署

協辦機關：內政部建築研究所、財團法人消防安全中心基金會、

財團法人中華民國消防技術顧問基金會

依據《各類場所消防安全設備設置標準》第 17 條規定：「未達 1000 m² 場所得設置水道連結型自動撤水設備或與現行法令同等滅火效能之滅火設備...」，本研究已針對【UL1626】與【ISO6182-10】之國外水滅火設備的撤水頭燃燒試驗相關規範及標準中的燃燒試驗內容，進行文獻比較與分析，建議後續研究可參考其內容並建立全尺寸實驗模型，作為未來我國設立撤水頭滅火性能之參考

建議二

立即可行之建議：進行居室內物品產生火勢蔓延或複合型燃燒物等實驗變數之空間危害氣體濃度全尺寸實驗

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：內政部營建署、內政部消防署

本研究為求燃燒物定性且定量，且必須為易燃物，故所使用的燃燒物均採用同樣材質與規格之泡棉床墊。每次實驗燃燒一張同規格床墊，其燃燒過程中 CO₂ 生成量有限，此外實驗中並不考慮火勢蔓延或複合型燃燒物等實驗變數，故實驗過程中產生的 CO、CO₂ 濃度較低，但實際火災燃燒物組成十分複雜，非僅一張床墊所能代表，居室空間危害氣體濃度仍有深入討論之重要性，建議後續研究可將火勢蔓延或複合型燃燒物等實驗變數納入。

Abstract

Keywords : healthcare facility 、 fire alarm equipment 、 water suppression system

1. Research origin :

According to the provisions of Article 17 of the "Standards for the Installation of Fire Safety Equipment in Various Places" on October 17, 107, the provisions of the establishment of automatic sprinkler equipment. Automatic sprinkler equipment is required for some of the various use places in Article 12 ; where the total floor area of the site specified in Article 12, Paragraph 1, Subparagraph 9 is less than 1,000m², waterway-linked automatic sprinklers or fire-extinguishing equipment with the same or higher efficiency as the current laws and regulations may be installed. However, for the evaluation of efficiency above the same level, because there are no clear fire-extinguishing efficiency-related specifications and evaluation standards in Taiwan, although it is known through related research that all water fire-extinguishing systems can effectively control fires, there is still Lack of relevant benchmarks to determine firefighting effectiveness. Therefore, the research team will refer to the specifications and standards of the sprinkler combustion test of foreign water fire extinguishing equipment, conduct literature collection and comparative analysis, and provide the basis for setting relevant test standards in China in the future.

The experiment and verification analysis of full-scale indoor fire detection and fire extinguishing equipment have been carried out last year. In the course of the experiment, it was found that the reaction time of the smoke detector to detect a fire is faster than the fusing time of the sprinkler. Therefore, the activation time of the open automatic sprinkler device after the smoke detector detects the fire is faster than that of the closed wet type automatic sprinkler. At the same time, it was learned from the initial evaluation of last year's research that if the waterway-linked automatic sprinkler is changed from a closed wet system to an open system, it can be activated immediately after detecting the fire with a

smoke detector in the early stage of the fire, and all sprinklers Water will be sprayed at the same time, which can quickly suppress the fire and reduce the indoor temperature and harmful gas concentration. The effect is better than the closed wet method in terms of cooling, reducing the concentration of harmful gases, and reducing the rate of smoke shielding.

This research will continue the experimental results of last year, further explore the influence of water sprinkling of automatic water fire extinguishing system on the changes in the concentration of harmful gases in the room space and evaluate the fire extinguishing effect of the open sprinkler system when it is started. The research results can also be applied and extended to the current situation where no water is installed. The fire zoning space of the fire extinguishing system, such as: low-rise residential space, small nursing facility, small hospital space, low-rise small commercial space, etc., strengthen the fire safety of the space. However, the main action flow of the open system is that there is no water in the pipe at ordinary times. When it is activated, it is automatically activated by the detector or activated by manual operation. The entire water discharge area is sprinkled at the same time. This fire extinguishing method is bound to cause greater water damage. If the long-term care facility is equipped with an open system and malfunctions, it may cause property damage and injury to the residents. For example, suppose the residents of the organization who cannot act autonomously or need to rely on oxygen supply equipment, if they are sprinkled by the open system disoperation, it may affect the operation of their oxygen supply equipment or cause the residents to choke on the water, which may not be the responsibility of the relevant industry. Responsibility, therefore, the timing of the start of the open sprinkler system is very important and requires further analysis and discussion.

2.Research method and process :

The feasibility of establishing equivalent fire-fighting effectiveness evaluation criteria for water automatic fire extinguishing equipment is now the main subject and one of the objectives of this research. The test items specified in my country's "Closed Sprinkler Approval Standard

Amendment Regulations" include leakage resistance, ambient temperature, impact, assembly load, permanent deformation of the frame, the strength of fusible components, the strength of the glass ball, the strength of the release mechanism, and the vibration, Water hammer, corrosion, motion, sensitivity, hot air flow induction, water discharge... etc. The biggest difference between sprinkler head test projects in other countries is that my country and Japan only conduct sprinkler distribution tests, while the United States and China conduct combustion tests on sprinkler heads in addition to sprinkler distribution tests. The combustion test is mainly to verify the fire extinguishing effect of different sprinkler systems under the same burning material. When different sprinkler systems extinguish the same burning material, it can be judged that they have the same firefighting efficiency. Therefore, the research team cited foreign sprinkler head combustion test related specifications and standards, conducted literature collection and comparative analysis, and provided reference for setting relevant test standards in Taiwan in the future.

Last year's research has preliminarily confirmed that if the waterway-linked automatic sprinkler is an open system, the effect may be better than the closed wet type in terms of cooling, reducing the concentration of harmful gases, and reducing the smoke shielding rate. Therefore, the research team will thoroughly explore the influence of water spraying from the automatic water extinguishing system on the changes in the concentration of harmful gases in the room space, and evaluate the fire extinguishing effect when the open water spraying system is activated. In terms of the implementation of the plan, this research method mainly focuses on "document collection and analysis" and "measured research", which are described as follows:

(1) Literature collection and analysis

The research team refers to related standards and standards such as foreign sprinkler combustion tests, conducts literature collection and comparative analysis, provides the basis for setting relevant test standards in the future, and can be used as a judgment

for the evaluation of equivalent fire extinguishing effectiveness among various automatic water fire extinguishing equipment. Benchmark.

(2) Field research

It is expected to conduct a full-scale experiment in the experimental field of Yunlin University of Science and Technology to evaluate the fire extinguishing effect of the closed automatic sprinkler equipment if it is changed to an open system design, and to sort out the start time and fire extinguishing effect of the open sprinkler system.

3.Important findings :

- (1) The biggest difference between the sprinkler head test conducted in my country and other countries (China, the United States) is that in addition to the sprinkler function test and sprinkler distribution test, there is also an additional item: combustion test. This research team compares and analyzes the literature on the relevant specifications and combustion test content of the sprinkler head combustion test of foreign water fire extinguishing equipment in [UL1626] and [ISO6182-10], which will serve as a reference for my country to establish fire-fighting effectiveness evaluation standards in the future.
- (2) Under the full-scale experimental space and design experimental conditions of this research, based on experimental results and experimental observations, the waterway-connected automatic sprinkler is changed to an open system, whether it is connected by photoelectric or constant temperature detectors, all are controlled Fire effect (suppressing the fire but not completely extinguishing the fire); the water mist automatic sprinkling equipment and the general automatic sprinkling equipment are changed to an open system, whether it is connected by photoelectric or constant temperature detectors, all have a fire control effect and both Can completely extinguish the fire source.
- (3) The use of fire detectors and automatic water extinguishing

equipment can suppress the fire, reduce the indoor temperature, and the concentration of harmful gases in a short time. If the indoor personnel think that it is necessary or the rescue has been completed, they can start the device earlier by themselves Start the open-channel connection type automatic sprinkler.

- (4) When the open system is connected with a photoelectric limited smoke detector (first type), because the detection start time is earlier, the indoor harmful gas concentration is reduced by a higher proportion (the harmful gas concentration is reduced by about 64-95%). The open system is connected with a fixed-temperature limited-type heat detection detector (first type), and its detection response time is relatively late, which can provide personnel with ample escape time and avoid premature actuation and splashing of water and delay the escape speed. Therefore, although the early activation of the sprinkler can help suppress fires and reduce the concentration of harmful indoor gases, it may cause obstacles to the evacuation and rescue of people; delaying the activation of the sprinkler can delay the time of evacuation and rescue obstacles caused by the sprinkling of water. But still need to ensure that the fire is still under control.
- (5) If an open sprinkler system is expected to be installed, the planning focus is :
 - (a) If it is required to control the fire as soon as possible to avoid the expansion of the disaster, consider setting up an open sprinkler system to start with a photoelectric (first type) linkage. This setting method is more suitable for setting up in places where no personnel are permanent (such as: computer rooms, storage rooms, etc.), but If there are people who need to evacuate, it is recommended to consider the impact of splashing water during the initial evacuation.
 - (b) The open sprinkler system starts with constant temperature (first type) linkage, compared to the one with photoelectric (first type) linkage start, because the sprinkling action time is delayed, the

environmental conditions such as temperature, CO and CO₂ concentration are worse. However, according to the experimental results, under the full-scale experimental space (30m²) of this research and the setting of the micro-fire source, there is still a phenomenon of controlling the fire or extinguishing the fire after the sprinkler is started. However, this setting method is more suitable for setting up in places where there are a large number of vulnerable people in the interior of the room (such as nursing institutions, hospitals, etc.), or specific places that need to provide ample time for refuge and rescue of people and delay watering.

- (c) In order to obtain the rescue time for residents without the ability to evacuate themselves, to avoid premature start of sprinkling and affecting rescue operations, an open sprinkler system and a constant temperature (first type) linkage starter are used to enable early detection of fire. Knowing that a fire occurs, the space still needs to be equipped with photoelectric (first type) detectors.

4.Main recommendations :

Suggestion I

Immediately feasible proposal: Establish a verification method for the fire extinguishing performance of the sprinkler of the sprinkler

Organizer: Fire Department, Ministry of the Interior

Co-organizers: Construction Research Institute of the Ministry of the Interior, Fire Safety Center Foundation, and the Republic of China

Fire Technical Advisory Foundation

According to Article 17 of the "Standards for the Installation of Fire Safety Equipment in Various Places": "Waterway-linked automatic sprinklers or fire-extinguishing equipment with the same fire-fighting efficiency as the current laws and regulations may be installed in places less than 1000 m²...", this research has targeted [UL1626] Compare and analyze the literature with the relevant specifications of the sprinkler combustion test of the foreign water fire extinguishing equipment and the combustion test content in the standard [ISO6182-10]. It is recommended

that follow-up research can refer to the content and establish a full-scale experimental model for future China Reference for setting up sprinkler fire extinguishing performance

Suggestion II

Immediately feasible suggestion: Conduct full-scale experiments on the concentration of hazardous gases in space, such as fire spreading or compound combustion of indoor objects

Organizer: Institute of Architecture, Ministry of Interior

Co-organizers: Ministry of Interior Construction and Construction,
Ministry of Interior Fire Department

The purpose of this research is to determine the qualitative and quantitative nature of the combustibles, and they must be combustible. Therefore, the combustibles used are all foam mattresses of the same material and specifications. Each experiment burns a mattress of the same specification, and the amount of CO₂ generated during the combustion process is limited. In addition, the experiment does not consider the experimental variables such as fire spread or compound combustion, so the concentration of CO and CO₂ produced during the experiment is relatively low. However, the composition of actual fire combustion products is very complicated, and it is not only represented by a mattress. The concentration of hazardous gases in the room space is still important for in-depth discussion. It is recommended that subsequent studies include experimental variables such as fire spread or compound combustion products.

第一章 緒論

第一節 研究背景與研究範圍

近年來，因人口數急遽上升，加上土地面積有限，建築物有越來越密集的現象。當發生火災時，若消防人員或消防設備無法在第一時間控制火勢，將會造成生命財產的損失程度增加。內政部消防署於107年全國火災統計分析【1】中提到，107年共計發生27,922次火災，其中建築物火災共計8,765次，占列第二。若以建築物層數區分(圖1-1)，以樓層數1~5層的建築物占約整體建築物火災的78.8%(共計6,910次)，顯見依法免設置水自動滅火設備之場所，應有重新考量、改善增設水自動滅火設備之必要性。

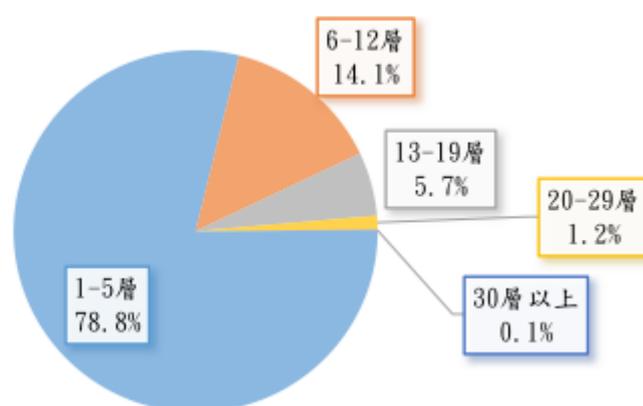


圖 1-1 107 年起火建築物樓層高分析圖
(資料來源:參考書目【1】)

依照《各類場所消防安全設備設置標準》規定，各類場所都有其消防規範，其中自動撒水系統可快速控制火源，並於火災初期控制火勢，降低室內溫度以避免閃燃或擴大災害範圍。然而目前日本與我國所採用的水道連結型自動撒水設備均為密閉濕式系統。當火災發生時，需等待熱煙上升到天花板，從而使撒水頭周圍環境溫度達作動條件，方可作動撒水。

根據去年度研究成果，初步提出即使環境溫度已達《密閉式撒水頭認可基準》中所要求之氣流溫度，但若氣流速度未能一併滿足，則有可能導致延遲撒水頭作動反應時間之假設。此外，水道連結型自動撒水設備若改以開放式系統設計，在降溫、降低有害氣體濃度、降低遮蔽率等實驗量測項目上，依據過去研究評估，其效果可能優於密閉濕式。因此，本研究團隊將深入探討水自動滅火設備撒水對於居室空間有害氣體濃度變化之影響，同時評估開放式撒水系統啟動時機之滅火效果。期許本年度之研究成果可應用及推廣至目前尚未設置或依法免設置水自動滅火設備之建築物場所，例如：低層住宅空間、小型安養機構、醫院小型空間、低層部小型商業空間等，加強其防火安全。

一般而言，撒水頭滅火效能完全取決於撒水頭的【撒水量】與【撒水覆蓋範圍】及【安裝位置】。其中撒水量及撒水範圍為火場滅火的主要元素，依據不同撒水防護半徑、熱響應時間、撒水量均會影響撒水頭的性能。各國家的撒水頭規範中，其要求的測試項目不同，本研究團隊將比較各國撒水頭標準(例如：密閉式撒水頭認可基準、UL1626住宅撒水頭規範、ISO6182-10)，並找出最適合國內使用之消防安全規範為本研究的重點之一。學者陳凱炫【2】利用水道連結型撒水頭、上下兩用型撒水頭及優美型撒水頭，三者各別依據 UL 1626 住宅撒水頭規範中的燃燒試驗進行全尺寸實驗。實驗結果發現，雖撒水頭通過台灣密閉式撒水頭認可基準，但在實驗過程中，因火場溫度超過標準，致使撒水頭不符合 UL1626 規範。因此該學者表示，因我國僅進行撒水分布試驗，未要求進行燃燒試驗，可能使撒水頭無法有效發揮其滅火效能，存有滅火不易而造成人身財產受到危害的潛在風險。

本研究範圍係針對 102 年前所設立《各類場所消防安全設備設置標準》第 12 條第 1 項第 1 款第 6 目之「醫院、療養院、榮譽國民之家、長期照顧服務機構（限機構住宿式、社區式之建築物使用類組非屬 H-2 之日間照顧、團體家屋及小規模多機能）、老人福利機構（限長期照護型、養護型、失智照顧型之長期照顧機構、安養機構）、護理機構（限一般護理之家、精神護理之家、產後護理機構）。」等場所為主要研究對象。然上述場所之服務或收容對象的應變能力與逃生避難行為皆屬弱勢，對於火災初期之滅火亦無能為力，災害擴大後也無法自行避難逃生。因此若無法早期發現並立即採取滅火動作，將造成濃煙漫延擴散、災情擴大的情況發生，所以平時對於住房寢室的安全防護、消防安全管理及消防訓練皆應確實執行。

但國內目前僅於《水道連結型自動撒水設備設置基準》第三點中提及「各直轄市、縣（市）政府依原有合法建築物防火避難設施及消防設備改善辦法第二條及第二十五條規定，檢討前款所列場所設置自動撒水設備時，採用水道連結型自動撒水設備得視為同等滅火效能之滅火設備」，除此之外，國內目前尚無滅火效能之相關規範及評估標準，雖藉由相關研究可知所有的水滅火系統均能有效控制火勢，但各種系統之間並無相關基準可供判定滅火效能，恐將限制水自動滅火設備的選擇，故本研究團隊將針對國外水滅火設備之撒水頭燃燒試驗規範及標準，進行文獻蒐集，作為未來我國增列相關滅火效能評估基準之參考。

第二節 研究目的

確立水自動滅火設備之同等滅火效能評估基準為現今主要的課題也是本研究目的之一。我國《密閉式撒水頭認可基準修正規定》所規定的試驗項目有耐洩漏、環境溫度、衝擊、裝配載重、框架永久變形量、易熔元件之強度、玻璃球之強度、釋放機構之強度、振動、水鎚、腐蝕、動作、感度熱氣流感應、放水量...等。與其他各國撒水頭試驗項目之最大差異，主要在於我國與日本僅進行撒水分布試驗，而美國與中國除撒水分布試驗外，還針對撒水頭進行燃燒試驗。燃燒試驗主要為驗證相同燃燒物的情況下，不同撒水系統之滅火效果，當不同撒水系統撲滅相同燃燒物，便可判定其具備同等滅火效能。

彙整各國撒水頭檢測項目如表 1-1。我國主要依據消防署 106 年發布之《密閉式撒水頭認可基準修正規定》及 CNS 11254《密閉型自動撒水頭》、CNS 11255《密閉型自動撒水頭檢測法》進行相關檢測；日本依據《密閉式撒水頭技術規則省令》及《密閉式撒水頭檢定細則》進行相關檢測，中華人民共和國依據 GB 5135.1《自動噴水滅火系統 第一部分：洒水噴頭》、GB 5135.15《自動噴水滅火系統 第 15 部分：家用噴頭》進行相關檢測；美國依據 UL 199《消防自動撒水頭標準》、UL 1626《住宅用消防撒水頭標準》及 FM 2030《住宅用消防自動撒水頭認證標準》。期望本年度對於及早偵知及抑制火災的研究，能大幅度減少未來長照機構發生火災所造成的財物損失與人力傷亡。

本研究預期目標如下：

1. 完成國外水滅火設備的滅火效能評估基準相關規範及標準的文獻內容比較分析。
2. 完成開放式撒水系統之滅火效果評估。
3. 完成開放式撒水系統啟動時機之滅火效果評估。
4. 完成水滅火系統撒水對於居室空間有害氣體濃度變化影響之探討。

表 1-1 國內外撒水頭檢測規範表

國家	檢測規範	撒水頭 燃燒試驗
台灣	<ol style="list-style-type: none"> 1. 密閉式撒水頭認可基準修正規定 2. CNS 11254 《密閉型自動撒水頭》 3. CNS 11255 《密閉型自動撒水頭檢測法》 	<p>無</p> <p>(僅有撒水分布 試驗)</p>
日本	<ol style="list-style-type: none"> 1. 《密閉式撒水頭技術規則省令》 2. 《密閉式撒水頭檢定細則》 	<p>無</p> <p>(僅有撒水分布 試驗)</p>
中國	<ol style="list-style-type: none"> 1. GB 5135.1 《自動噴水滅火系統 第一部分:洒水噴頭》 2. GB 5135.15 《自動噴水滅火系統 第 15 部分:家用噴頭》 	<p>有</p>
美國	<ol style="list-style-type: none"> 1. UL 199 《消防自動撒水頭標準》(Standard for Automatic Sprinkler for Fire-Protection Service) 2. UL 1626 《住宅用消防撒水頭標準》(Standard for Automatic Sprinkler for Fire-Protection Service) 3. FM 2030 《住宅用消防自動撒水頭認證標準》(Approval Standard for Residential Automatic Sprinkler for Fire protection) 	<p>有</p>

(資料來源：參考書目【3】【4】【5】【6】【7】)

第三節 研究內容

一般而言，評估火場內部人員生命安全之因子，主要以「溫度」及「火場能見度」兩者為主【8】。為使火災發生時，維持火場環境溫度與能見度可滿足人員逃生無虞的情況下，撒水設備為目前市面較為常見且有效的消防設備。撒水不僅能快速降低火場環境溫度，其噴撒物(水)對於建築物或避難人員也無直接危害。根據參考文獻及官方資料，國內早期所設立的小型老人福利機構(收容人數未滿 50 人)，依法可能僅需設置火警探測器及滅火器，無需設置自動滅火設備。即使是面積達 500m² 以上之機構發生火災狀況，機構內除滅火器外應依規定設有室內消防栓，但在照護人力原本就吃緊的情況下，光是通報消防機關及搶救住民就已經分身乏術，第一時間恐難以使用室內消防栓進行滅火。

有鑑於此，於 107 年 10 月 17 日修正《各類場所消防安全設備設置標準》第 17 條應設置自動撒水設備場所之規定中，對於供第 12 條第一款第六目之場所，修正為不限樓地板面積均應設置自動撒水設備，同條第三項規定上述場所其樓地板面積合計未達 1,000m² 者，得設置水道連結型自動撒水設備或與現行法令同等以上效能之滅火設備。但國內目前尚無「同等滅火效能」之相關規範及評估標準，造成樓地板面積合計未達 1,000m² 之安養長照機構業者，除法定自動撒水設備及水道連結型自動撒水設備外，並無其他滅火設備可供合法選用安裝。故本研究將針對國外水滅火設備的撒水頭燃燒試驗相關規範及標準進行文獻蒐集之比較及分析，以作為滅火效能評估基準之參考。

目前日本與我國所採用的水道連結型自動撒水設備均為密閉濕式系統，當物品受微火源引燃的情境下，甚至可能只有產生煙而無明火，即使環境溫度已達認可基準之氣流溫度，若是氣流速度未能一併滿足，也有可能導致延遲密閉濕式撒水頭作動反應時間。在此情況下，若能以開放式撒水系統配合偵煙探測器連動啟動或手動啟動，應可及早啟動撒水設備進行滅火，以減少人員傷亡。

本研究將延續去年度之實驗結果，進一步探討水自動滅火系統撒水對於居室空間有害氣體濃度變化之影響與評估開放式撒水系統啟動時機之滅火效果，研究成果亦可應用及推廣至目前尚未設置水滅火系統的防火區劃空間，惟開放式滅火系統為整個放水區域同時撒水，勢必造成較大的水損傷害。若安裝於長照機構之開放式系統誤動作，恐有造成財產損失與住民傷害之虞，恐非相關業者所能承擔之責任。同時，從近幾年相關的火災案例顯示，所設置的消防設備雖符合消防法規，但仍造成不小傷亡，顯見裝設之相關設備尚未能達到最佳的安全要求以及滅火能力，仍有大量檢討改善的空間，故本研究將探討水滅火系統撒水對於居室空間有害氣體濃度變化之影響及評估開放式撒水系統啟動時機之滅火效果，期望本年度對於開放式撒水系統抑制火災效果的研究，能減少安養及長照服務機構因發生火災所導致的損失及傷亡。

第四節 研究方法及進度說明

本年度將分成兩部份進行研究，首先第一部分為針對國外水滅火設備的撒水頭燃燒試驗相關規範及標準進行文獻蒐集與比較分析，作為未來滅火效能評估基準之參考；第二部分將以全尺寸實驗方式，評估水滅火系統撒水對於居室空間有害氣體濃度變化之影響及開放式撒水系統啟動時機之滅火效果，各部份研究內容如表 1-2 所示。

表 1-2 各部份之研究內容表

項目		研究內容
第一部份	文獻回顧	<ol style="list-style-type: none"> 1. 蒐集國外水滅火設備的撒水頭燃燒試驗相關規範及標準。 2. 進行資料統整及分析。 3. 國外水滅火設備的滅火效能評估基準相關規範及標準的文獻內容比較分析。
第二部份	實測研究	<ol style="list-style-type: none"> 1. 規劃全尺寸實驗進行實驗測試及驗證。 2. 評估一般水自動滅火系統及水道連結型自動撒水設備若為開放式撒水系統之滅火效果。 3. 整理開放式撒水系統之啟動時機與滅火效果。 4. 水滅火系統撒水對於居室空間有害氣體濃度變化影響之探討

(資料來源：本研究整理)

本研究流程圖如圖 1-2 所示：

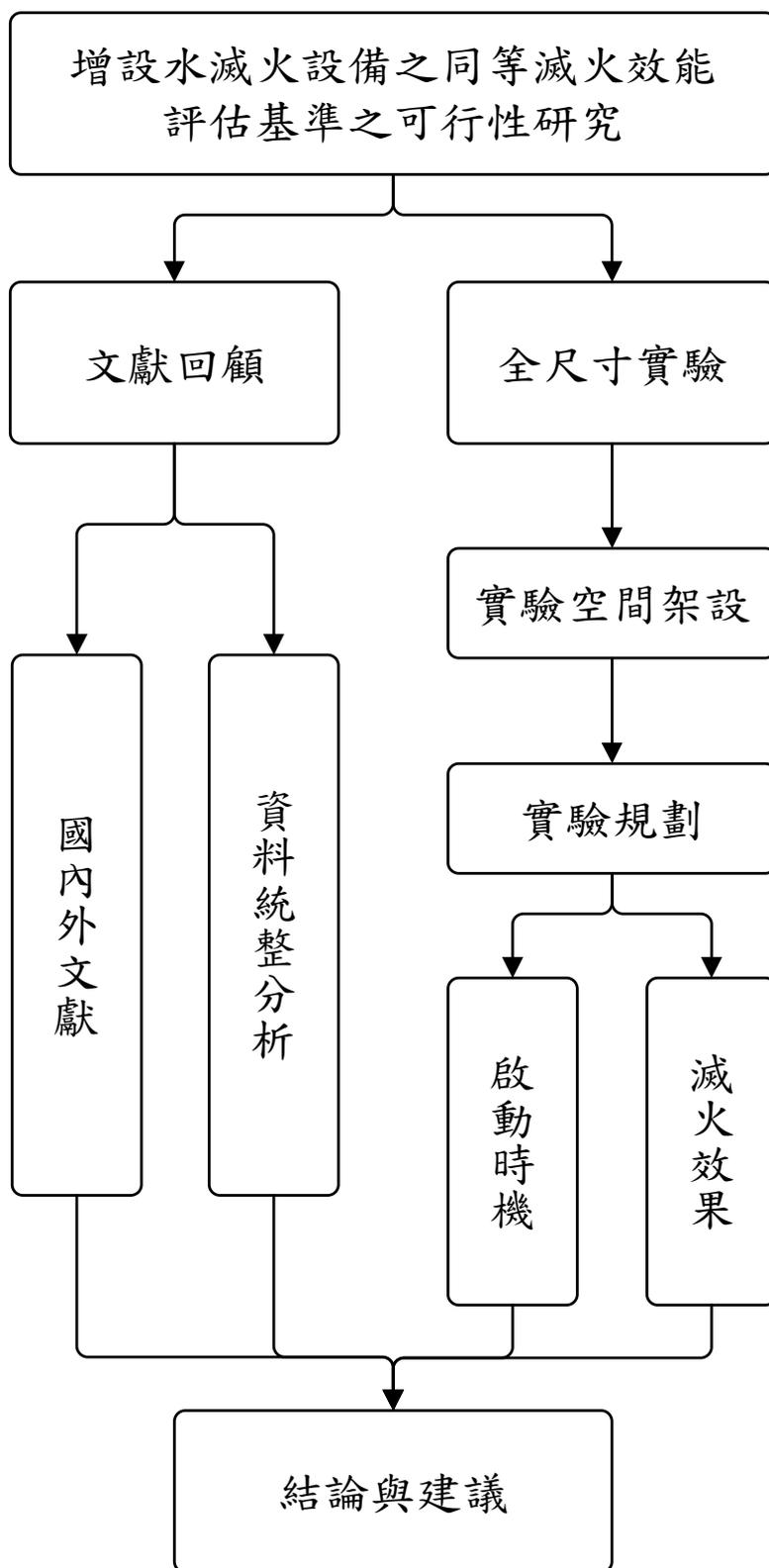


圖 1-2 研究流程圖

(資料來源：本研究整理)

本研究執行進度及預期完成之工作項目如下表所示：

表 1-3 研究進度及預期完成之工作項目表

工作項目	第 1 個月	第 2 個月	第 3 個月	第 4 個月	第 5 個月	第 6 個月	第 7 個月	第 8 個月	第 9 個月	第 10 個月	第 11 個月	備註
蒐集文獻及資料整理	■											
全尺寸實驗空間建構			■									
第一次學者專家座談會					■							
全尺寸實驗設備架設與測試				■								
期中簡報						■						
實驗數據分析						■						
第二次學者專家座談會									■			
期末簡報										■		
結案報告整理										■		
預定進度 (累積數)	5%	10%	20%	30%	45%	60%	70%	75%	85%	95%	100%	

(資料來源：本研究整理)

第二章 文獻分析與研究

第一節 水自動滅火設備種類

107年10月17日修正《各類場所消防安全設備設置標準》第17條規定：「第一項第九款所定場所，其樓地板合計未達1,000m²者，得設置水道連結式自動撒水設備或與現行消防法令同等以上效能之滅火設備或採用中央主管機關公告之措施。」不過對於水道連結型自動撒水設備或同等以上效能之滅火設備之實際滅火效果，有必要以全尺寸實驗來驗證其滅火性能。

本研究將針對三種不同的水自動滅火設備(一般自動撒水、水道連結型、低壓細水霧)，透過全尺寸實驗進行測試其滅火性能，並分析將系統改設為開放式系統之效果。

● 一般型自動撒水

自動撒水設備為在防護區域上方，依規定距離裝設撒水頭，並利用管路配件將所有撒水頭連接。自動撒水設備主要構成組件包含：水源、加壓送水裝置(重力水箱式、壓力水箱式或消防幫浦式)、送水口、撒水頭、流水檢知裝置(自動警報逆止閥、乾式閥、預動作閥等)、啟動裝置及一齊開放閥、補助撒水栓(含栓箱消防水帶、放水瞄子等)、配管、緊急電源。

自動撒水設備工作原理為平時將自來水儲存至消防水箱內，利用泵浦加壓維持水管內部壓力，當偵煙探測器(或感知撒水頭)偵測到啟動溫度或煙層濃度後，從而激發加壓送水裝置，遂由撒水頭噴出水流，以抑制火勢蔓延、撲滅初期火災。自動撒水設備依種類可分為密閉濕式、密閉乾式、開放式、預動式，如表2-1、2-2所示。

表 2-1 自動撒水設備設置種類

種類	選用原則
密閉濕式	最普遍使用之種類。除寒帶地區、精密電腦機房、開放舞台外均適用。
密閉乾式	適用於寒冷地區，管線內部貯水有結冰之虞之場所。
開放式	適用於密閉式撒水設備無法有效滅火且有迅速擴大火勢之虞之場所。
預動式	採雙層感應確認，有效防止誤動發生，適用於電腦等精密電氣室。

表 2-2 自動撒水設備作動流程

種類	作動流程
密閉濕式	平時管內儲滿高壓水，撒水頭作動時，即由撒水頭將水撒出。
密閉乾式	平時管內儲滿高壓空氣，撒水頭作動時先排空氣，隨即撒水。
開放式	平時管內無水，作動時由探測器火感知撒水頭自動或手動啟動一齊開放閥，隨即整個放水區域同時撒水。
預動式	平時管內儲滿低壓空氣，以感知裝置啟動流水檢知裝置，讓水流入二次測配管，撒水頭立即排水。

(表 2-1、2-2 資料來源：本研究整理)



圖 2-1 乾式與濕式自動警報閥與各式撒水頭
(資料來源：【9】)

● 水道連結型自動撒水設備

依《各類場所消防安全設備設置標準》第十七條規定，擬具「水道連結型自動撒水設備設置基準」，並明文規定水道連結型自動撒水設備用詞定義、適用範圍、設置類型、設置規定及自來水事業審核等。水道連結式自動撒水設備為利用場所內自來水系統連結水箱、增壓給水裝置、撒水配管、水道連結型撒水頭之簡易自動撒水滅火設備等等所組成，如圖 2-2 所示。裝設水道連結式自動撒水設備時，可排除設置標準第四十四條至第四十六條、第五十條至第五十五條、第五十七條至第六十條之配管、配件、屋頂水箱、竣工時之加壓試驗、配置、放水量、放水壓力、流水檢知裝置、水源容量、加壓送水裝置、送水口及緊急電源等規定，但假如撒水頭放水壓力未符規定者，應設增壓

供水裝置或其他有效增壓措施。另外其水源容量需滿足以四顆水道連結型撒水頭持續放水二十分鐘以上。考量到場所火載量並非大型公眾使用場所之火載量，目前各國簡易自動撒水設備與住宅型撒水頭之水量與放射量的設置要求比傳統撒水頭小，水源容量需求也隨之下降。因此水源配置可依現場需求加以規劃。

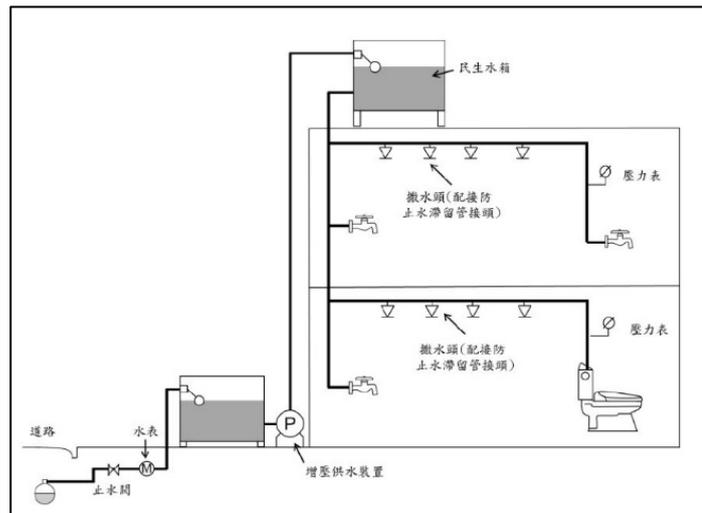


圖 2-2 水道連結式撒水頭之裝設示意圖

(資料來源：本研究整理)

由參考文獻【10】得知，在裝設簡易自動撒水設備之成本考量上，除蓄水塔、受信總機或探測器等等為機構原有設備外，還需選購幫浦約 17,000 元、電磁閥約 4,500 元、配電控制盤約 8,000 元、閘閥電線迴路等另料約 2,000 元，金額共計約 32,000 元不等。另外架設所需工資，經由訪談與詢問從事此業務之專業消防公司人員，得知實務上架設工資，以一般小型老人福利機構 3~5 人房之空間大小為例，每房約需 5,500 元之費用，同時小型老人福利機構每年應執行二次之消防安檢及其設備維護費用約 15,000~20,000 元。因此，簡易式自動撒水設備裝設成本不僅可能較一般法規要求之自動撒水系統低廉，也能達到提升小型老人福利機構之建築物消防滅火能力，同時兼顧經濟效益等成本考量，提升其裝設可行性與業主接受度。

● 低壓細水霧自動撒水設備

水霧滅火系統是在自動撒水系統的實務基礎上發展應用，具有安全可靠、經濟實用、適用範圍廣，抑制火源成長效率高等優點。低壓細水霧常見為四種滅火原理，分別為冷卻作用、窒息作用、乳化作用、稀釋作用，各滅火作用之工作原理如表 2-3 所示。該系統不僅能夠撲滅固體火災，尚可撲滅液體火災和電氣火災。

水霧滅火系統的工作原理為利用水霧噴頭在一定水壓下將水流分解成細小水霧滴進行滅火及防護冷卻的一種固定式滅火系統。低壓細水霧的設備構件主要由消防水源、加壓送水裝置、配管、一齊開放閥組、過濾裝置和水霧噴頭等組成。在火場中，藉由產生水霧來冷卻燃燒物的溫度並且降低燃燒物的燃燒速率，可用於控制火勢。然而使用低壓細水霧進行滅火時，可能會阻礙排煙系統的功能，而排煙系統也可能影響低壓細水霧的滅火效能。

表 2-3 低壓細水霧之滅火原理介紹表

冷卻作用	利用水霧噴頭噴出霧狀微小水霧，均勻分佈在燃燒表面上，使水霧吸收大量蒸發潛熱，達到燃燒表面溫度降低，提高冷卻效果。
窒息作用	當水霧接觸到高溫時將迅速形成大量水蒸汽，因水蒸汽體積急遽膨脹，遮擋火源所需氧氣，達到窒息目的。
乳化作用	在噴出之水霧內攪拌油面層，使油氣擴散至水霧中，使可燃性油類表面上形成一層不燃性乳化層，阻擋可燃性油類繼續蔓延燃燒，達到滅火目的。
稀釋作用	噴出之水霧內含有極性溶液等水溶性可燃液體，藉由使火場燃點提高，造成無法繼續燃燒。

(資料來源：本研究整理)

第二節 撒水頭類型與滅火原理

水自動滅火設備於火場中扮演著重要的角色，其不同類型撒水頭所應用及使用場所也不盡相同。目前國內大部分使用的撒水頭只僅通過《密閉式撒水頭認可基準》所規定的材質試驗、玻璃球試驗、腐蝕試驗及撒水分布試驗等項目，卻沒有進行燃燒測試之項目。學者陳凱炫【2】利用水道連結型撒水頭、上下兩用型撒水頭及優美型撒水頭，三者分別依據 UL 1626 住宅撒水頭規範中的燃燒試驗進行全尺寸實驗。實驗結果發現，撒水頭雖有通過台灣《密閉式撒水頭認可基準》規定，但在實驗過程中，火場溫度超過 UL1626 標準，致使撒水頭不符合 UL1626 規範。因此該學者表示，若我國僅進行撒水分布試驗，而未要求進行撒水頭燃燒試驗，則可能使撒水頭無法有效發揮其滅火功能於各類場所，對人身財產可能存有危害風險。

火災發生【11】常常會遇到僅啟動單一撒水頭滅火的狀況，或因為撒水頭感知靈敏，造成多顆撒水頭同時撒水。國內的撒水頭設置標準中，並沒有最小間距的要求，常常造成工程人員或一般民眾誤以為撒水頭越密越好，然而過密的撒水頭配置不僅造成資源浪費，也會影響撒水頭間的撒水感知。學者蘇鴻奇【12】提到把 4 個作動溫度 68°C 的撒水頭設置在天花板下，周圍環境屬空氣熱傳，4 個撒水頭的平均作動溫度平均在 130°C~140°C 左右。此現象證明，即使撒水頭旁空氣溫度達到作動標準，仍須一段時間才能使撒水頭爆裂。

表 2-4 密閉式撒水頭種類及說明

種類	說明	撒水頭樣式
向上型	向上安裝型，迴水板向上呈現傘形	 <p>向上型</p>
向下型	向下安裝型，迴水板較為平整	
兩用型	向上向下皆可安裝使用	
側壁型	安裝於牆面，撒水時向側向噴出	
隱藏型	為增加美觀，配合天花板裝飾顏色增加隱藏蓋，動作時隱藏蓋先行掉落，撒水頭才動作	
優美型	為增加美觀，配合天花板裝飾顏色裝置於天花板內之撒水頭	

(資料來源：參考書目【13】)

撒水頭作動原理主要受火場熱煙氣柱的影響，火源產生熱煙氣柱受浮力作用而上升至天花板，並快速向四周擴散，故大部分撒水頭皆安裝於天花板附近，確保熱氣通過撒水頭可及時激發撒水頭啟動。撒水頭內部設有一感熱元件，又被稱為 Link。感應元件主要以對溫度較為敏感的材料所製成。一般而言，火災發生到撒水頭開始動作的反應時間長短，主要取決於火源初始位置以及火源與撒水頭的相對位置、起火室空間尺寸、燃燒物特性、撒水頭靈敏度與材質等等條件。學者董賢聲【14】曾提到，假設所有情境條件皆相等時，則撒水頭感熱元件的溫度與損壞時間成反比，所以普遍撒水頭採用 FMRC(Factory Mutual Research Corporation)提出的感應時間指數 RTI(Response Time Index)作為分類標準，區分撒水頭對各類火災情境的反應時間快慢。

表 2-5 感熱元件種類

種類	說明	撒水頭
玻璃球型	使用玻璃球作為感知元件，到達動作溫度時玻璃球會破裂而動作	
易熔元件型	使用易熔金屬（一般為錫）作為感知元件，到達動作溫度時易熔金屬會融化而造成元件動作	

(資料來源：參考書目【13】)

表 2-6 撒水頭作動溫度與顏色區分表

玻璃球型撒水頭		易熔元件型撒水頭	
標示溫度(°C)	工作液色標	標示溫度(°C)	支撐臂色標
57	橙	未滿 60	黑
68	紅	60 以上 未滿 75	無
79	黃	75 以上 未滿 121	白
93	綠	121 以上 未滿 162	藍
100	綠	162 以上 未滿 200	紅
121	藍	200 以上 未滿 260	綠

(資料來源：參考書目【15】)

表 2-7 標稱流量特性係數(K 值)

標稱流量特性係數(標稱 K 值) LPM/(kgf/cm ²) ^{1/2} (GPM/(psi) ^{1/2})	流量特性係數 K(±5%)	
	LPM/(kgf/cm ²) ^{1/2}	GPM/(psi) ^{1/2}
20(1.4)	19~21	1.3~1.5
27(1.9)	25.7~28.4	1.8~2.0
30(2.1)	28.5~31.5	2.0~2.2
40(2.8)	38~42	2.6~2.9
43(3.0)	40.8~45.2	2.8~3.2
50(3.5)	47.5~52.5	3.3~3.7
60(4.2)	57~63	4.0~4.4
80(5.6)	76~84	5.3~5.8
114(8.0)	108.3~119.7	7.6~8.4

(資料來源：參考書目【15】)

如圖所示，將撒水的感熱元件假設為一個圓柱，並垂直放在天花板下幾公分處，這些感熱元件都很小，但具有相當高的熱傳導性，感熱元件的能量平衡方程式如下：

$$m_l c_p \frac{d(T_l)}{dt} = q_{conv} + q_{cond} + q_{rad} \quad (2.1)$$

公式 2.1 說明，其中：

m_l ：熱感測元件之質量，kg。

c_p ：熱感測元件之比熱，kJ/kg*k。

T_l ：熱感測元件之溫度，°C。

q_{conv} 、 q_{cond} 和 q_{rad} 分別代表對流、傳導與輻射熱傳。

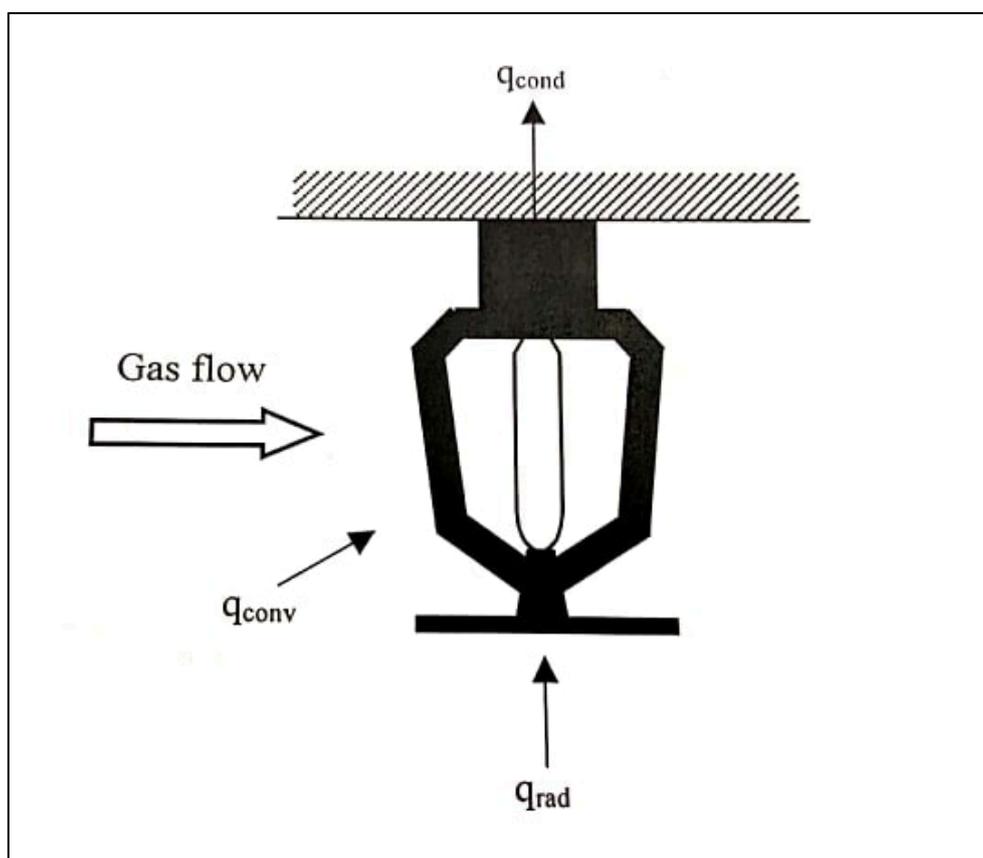


圖 2-3 撒水頭與熱煙氣之熱傳示意圖

(資料來源：參考書目【14】)

水自動滅火設備其噴撒物主要以水為主，但根據其噴撒量、噴撒壓力與液滴粒徑等參數不同，產生不同的滅火原理，茲說明如下：

表面冷卻：

當固定體積的水分割成細小液滴時，隨表面積與熱交換面積增加，加快與火場空間的熱交換速度，使火場溫度快速下降。一般而言，液滴尺寸越大，對火源的抑制效果更佳。此外，工作液體的初始溫度更為關鍵，當流體溫度與燃燒物之溫差越大，其熱交換量越大、冷卻效果越佳；反之，則對火源的抑制效果甚微【16】。

氧氣置換：

當液體受熱而氣化為水蒸氣時，其體積膨脹約為原來的 1,680 倍。若火場為密閉空間，則水蒸氣的產生將擠壓到原先空間內部的氧氣，從而達到阻絕火源所需的氧氣供應。此時，空間因含氧量過低而燃燒終止。滅火效果將視水蒸氣與氧氣間的置換速度【17】。

稀釋/乳化：

若火源為水溶性液體時，液滴將溶於火源而產生稀釋作用，使火源性質改變，致使火源燃燒速率降低以減緩火勢蔓延。乳化作用主要發生當液滴直接接觸不溶於水的可燃液體(例如：油)時，因液滴撞擊造成可燃液體表面產生攪拌作用，此時液體表面將形成一乳化層。乳化層因具有不易燃燒的特性，使液態火源無法持續進行燃燒而熄滅。對於某些輕質油類，乳化層僅存於液滴攪動當下，而若液體屬於黏性較大的重質油類，乳化層則可維持一段時間，乳化層持續時間的長短將影響火勢復燃的機率【18】。

第三節 熱煙危害與煙流特性

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：

- 一、從燃燒物質中釋放出高溫蒸氣與有毒氣體
- 二、已分解和凝固的未燃燒物質(煙的顏色範圍從淺色到黑色不均)
- 三、大量的空氣被火焰加熱進而造成渦旋型式的流動

火災中煙流會造成能見度降低而阻礙人員避難逃生。能見度的高低取決於煙的成份、濃度、微粒的大小與多寡、分佈情況、照明設備及人員現場的心理狀態。火場高溫熱煙如果濃度過高或暴露在其中的時間過長則容易導致吸入過多煙氣而導致昏迷、休克，嚴重甚至會造成死亡。

此類煙氣大多為有機煙粒及酸性氣體，如遭受 HCl 此種氣體刺激會快速引起眼睛、呼吸道及肺的疼痛，接著造成呼吸困難等症狀。在未達閃燃點前火災中所產生的痲痺性有毒氣體其成份主為一氧化碳與氰化物。火災中除有毒氣體外，高溫煙流所伴隨的高溫也會經由對流、傳導效應與輻射效應對人體造成皮膚及呼吸道灼傷，而濃煙微粒也會使人員在避難路線上遭受封阻。基本上避難人員最少需要 8~10m 的可視距離才能通過煙區，而當避難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。建研所於 2014 年提出在避難逃生路徑上，當避難人員進行避難時，於距離地面 1.8m 高處之可視距離對避難人員的影響說明，如表 2-8 所示。

表 2-8 煙霧濃度與可視距離的關係表

可視距離	狀況說明
20-30m	煙霧剛發生時之淡薄濃度，煙霧探測器開始有反應，此時對不熟悉建築物動線的人會有避難障礙
5m	對於熟悉建築物動線的人亦會有避難障礙
3m	感覺昏暗時的濃度，避難人員需摸黑前進
1~2m	幾乎看不見前方
低於 1m	火災旺盛期之濃度，幾乎完全看不見，誘導燈也看不見

(資料來源：【19】)

如果暴露於上述煙流小於五分鐘內，還不至於吸入過量的痲痺性有毒氣體而昏厥，但仍需注意樓層上方之高溫煙流的熱輻射效應，依舊會對人體造成嚴重的傷害。當皮膚在超過 1.7 KW/m^2 的環境下便會受到傷害，依傷害程度不同可分為輕度、重度灼傷，嚴重者甚至於死亡。熱輻射值達 3.0 KW/m^2 時，皮膚暴露超過 10 秒就會造成傷害，而達 7.0 KW/m^2 時，暴露超過 2 秒即會燒傷。人體暴露在一般有毒氣體之情況如下表 2-9 所示。人體能承受危害程度的指標分析，如下表 2-10 所示。

表 2-9 人體承受危害程度之指標分析表

	承受極限
火場溫度	氣流溫度需低於 60°C
有毒氣體	CO 濃度需低於 1400ppm CO ₂ 濃度需低於 50,000ppm
煙層濃度	能見度不得低於 8m
熱輻射值	不得超過 1.7 KW/m^2

(資料來源：【20】【21】)

表 2-10 人體暴露在有毒氣體之情況

一氧化碳濃度(ppm)	症狀
100(0.01%)	8 小時內尚無感覺
400~500(0.05%)	1 小時內尚無感覺
600~700(0.07%)	1 小時內感覺頭痛、噁心、呼吸不暢
1000~2000(0.2%)	2 小時內意識朦朧、呼吸困難、昏迷、痙攣、 逾 2 小時即死亡
3000~5000(0.5%)	20~30 分鐘內即死亡
10000(1%)	1 分鐘內即死亡
二氧化碳濃度(%)	症狀
1~2%	數小時內安全
3~4%	1 小時內安全
5~7%	30 分鐘~1 小時即有危險
20% 以上	短時間內即可死亡

(資料來源：【22】)

第四節 國內外相關文獻分析

對於火災發生的原因，學者 Ahrens【23】統計 1999 到 2002 年美國地區老人養護機構火災之災害起源，其結果顯示：超過三分之一是由廚房之烹調材料引起；電線走火占 12%；床墊、被褥占 6%；換洗衣物占 4%，其中又因床墊、被褥、換洗衣物等所引起之火災造成之傷亡最為慘重。

對於高齡者的移動速度，學者陳玠佑【24】於 2009 年研究得出老人與病患的避難步行時間比一般人多花 2~2.5 倍的時間。由此可知，高齡人口進行疏散避難是極為不方便，並需安排額外的看護人員協助帶領疏散逃生，才能達到較佳的疏散時間。

而對於消防安全設備的使用上，學者 Zhang【25】等人調查美國地區老年人住戶的消防安全設備及相關危險因素，結果發現老人住宅內裝設電器安全開關有 56%、滅火器有 18%、防火毯有 10%，而住宅內安裝偵煙式探測器則有 72%，但有將近四分之一的老年人從未注意過逃生動線。由此可知，當發生火災，消防安全設備的有效性對於老年人來說是非常重要的，不安全的居住環境可能造成老人住宅火災率的上升。

林鴻志【26】在 2005 年的研究中指出，台灣地區已邁入高齡化社會，安養及養護機構如雨後春筍般因應設立。良好的居住條件應將周遭設施及使用者的使用情況納入考量。因此在長照機構的規劃設計上，必須先行瞭解該機構內部的防火避難與居民特性，且對於生理逐漸退化之高齡者日常行為更是設計重點所在，必需兼顧高齡者行為特性與避難安全性，提高安養及長照機構的初期滅火能力、及早偵知火災能力，並同時確保安全可靠的避難逃生。內政部建築研究所於 104

年提出「老人福利機構防火及避難安全參考手冊」，提供經營者及設計者之改善參考，藉由手冊的推廣提升國內相關機構的火災安全，建立安全照護及養護環境。

各國對於自動撒水設備的設置規範，美國要求老人福利機構皆要裝自動撒水系統。日本則根據「消防法施行令」【27】第二章消防設備第三節第二款消防設置基準的規範中，第十二條規定第六項場所類別，即老人福利機構設置場所之樓層達十一樓以上或樓層總面積達 275m^2 以上之建築物則應設置自動撒水設備。第十二條中亦指出其防火目標對象或該部分為防火建築物，則撒水頭之防護半徑為2.3公尺以下，但高感度噴頭為總務省視該撒水器之效能所規定之距離。

對於支撐用梁柱等主要建築結構而言，防火區劃應具有三小時以上之防火時效，防煙垂壁應具有一小時以上之防火時效。但在 The BOCA National Building Code 【28】規定，新建與擴建之建築防煙垂壁等相關構造至少需具有2小時以上之防火時效，並要求常閉式防火門應有自動關閉功能，以及常開式防火門需設置火災連動關閉裝置。依據日本「建築基準法施工篇」【29】樓層總面積超過 $1,500\text{m}^2$ 者，需以標準規定之防火結構地板、牆壁或特定防火設備進行區劃，且遇一般火災開始燃燒後約一小時內，火焰不會有延燒情況發生。

由於國內對於老人福利機構的安全性仍存在雖合法但無法確保安全之窘境，學者李惠閔【30】在2015年的研究中發現，當災民以「手動滅火設備（滅火器、室內消防栓）」進行滅火時，受火災規模、人為因素等影響，約有40%火災件數是無法撲滅；而「自動撒水設備」卻高達92%火災件數均能撲滅，顯示該設備具有非常高的可靠性；同時「警報設備」、「排煙設備」在火災發生時，高達60~70%能

正常發揮功能。另外對於安全設備的重要性，學者張慧蓓【31】在避難安全影響因素中發現，主動式安全設備比被動式消防安全設備更顯得重要。學者洪展賢【32】研究發現，若未設置自動撒水設備則無法有效延長避難或待救時間，容易造成重大死傷。

對於手動滅火設備之研究，學者雷明遠【33】在 2015 年研究發現，滅火設備可以降低小型火災（例如垃圾桶起火）發展成大型火災的機率，同時適當地安全使用滅火器，可有效控制火災成長，大幅地降低場所內其他人員所承受的危害風險。此外，如消防栓等類似之滅火設備的場所，需經由已受訓之人員或消防員使用該種設備，不應期待讓未經訓練之人員使用消防栓滅火，故對於手動式滅火設備需要加強其教育訓練，以達發生災情時可被快速應用。

對於自動撒水設備之研究，學者張慧蓓【31】在 2010 年研究老人養護機構之安全管理，以 FDS 火災模擬軟體模擬結果得知，無撒水系統情況下，在點火後 200 秒之熱釋放率高達 1000kW。反之，若裝設撒水頭(K 值為 115 LPM/bar^{1/2}；壓力為 1 kgf/cm²的撒水頭、2 馬力的幫浦)作為抑制火勢設備。從該學者模擬結果發現，啟動撒水頭可降低室內溫度至 150°C 以下，且其設置費用僅消防幫浦的三分之一，不但符合經濟效益，並能增加救援時間，保障生命安全。

學者劉芸蓁【34】在 2012 年研究老人機構防火煙控避難性能改善技術研究，其實驗結果得知，火源若處於撒水頭正下方，當撒水頭燒破即能有效滅火，故床位等可燃物位置應設計接近於撒水頭。此外採用預動式撒水頭較開放式撒水頭為佳，因探測器作動時，試驗空間正在產生煙層，此時啟動撒水頭將會造成亂流情形，同時應在場所內部設置常閉式安全門，減少火煙進入老人機構居室之其他空間，並有

效增加老人救援時間。

學者謝明諺【10】以原有的消防栓系統之消防蓄水池或一般民生用蓄水塔作為水源供應，透過幫浦與配管，並利用自動警報系統連動簡易式自動撒水設備，可達初期滅火之效。且該研究中所設計之簡易式自動撒水設備實際滅火能力，可於單顆一般反應型撒水頭之撒水情況下，對距離 2.3 公尺處，熱釋放率達 288.99 kW 之 A 類木框架火災達成滅火之效。

對於提升撒水頭的滅火效能，除安裝位置外，撒水頭的撒水量亦相對重要，在 1990 年，學者丘澄彬【35】使用木框架做為模擬家具進行燃燒及滅火實驗，發現撒水量大於臨界水量時，會有最佳的滅火效果。且該研究指出，在火源已完全成長時進行滅火，滅火效果不隨撒水量增加而增加，此現象說明當火源達到完全成長後，相比於火源完全成長前更難以控制，因此，撒水頭啟動時間快慢尤其重要。

學者蔡匡忠【36】發現，自動撒水系統可在火災初期有效的抑制或撲滅火源，且根據該學者模擬結果研究發現，假設火警探測系統有延誤作動的情況而致使火勢擴大到 20MW 才激發撒水頭作動，但若實際撒水密度(ADD)大於必要噴水密度(RDD)，仍可有效抑制或撲滅火勢。且學者蘇鴻奇【37】，在天花板下設置 4 個作動溫度 68°C 的撒水頭進行試驗，因環境空氣熱傳遞使 4 個撒水頭作動於環境平均溫度 130°C ~140°C，證明了即使撒水頭旁空氣溫度達到作動標準，仍須一段時間才能使撒水頭爆裂。為探討影響撒水頭反應的參數，學者 H.Ingason【38】於 1998 年，藉由撒水頭的玻璃球本身溫度變化、接口(fitting)的熱損失及玻璃球破裂所需要的能量進行研究，從研究中發現，考慮兩個參數以上的結果，會比參考一個參數的結果來的準確。

第五節 國內外自動撒水設備規範彙整分析

消防撒水系統在火場中扮演著重要的角色，不同類型的撒水頭所使用的場所也不盡相同。目前國內大部分消防撒水頭皆僅經過 UL 199 消防用自動撒水頭 (Automatic Sprinklers for Fire-Protection Service) 的材質、玻璃球、腐蝕及撒水分布試驗等測試項目。根據我國《密閉式撒水頭認可基準》所規定的試驗項目為：耐洩漏、環境溫度、衝擊、裝配載重、框架永久變形量、易熔元件強度、玻璃球強度、釋放機構強度、振動、水錘、腐蝕、動作、感度熱氣流感應、放水量... 等等。因此，目前我國主要以撒水頭本身機能進行試驗，卻未對撒水頭進行相關燃燒試驗。

燃燒試驗主要目的為驗證在相同燃燒物的情況下，各種撒水設備之滅火效果，若不同撒水設備撲滅相同燃燒物，便可認為其具有同等滅火效能。因此，本研究團隊將蒐集國外水滅火設備的撒水頭燃燒試驗相關規範及標準，進行資料統整及分析，以作為未來我國設立水滅火設備之同等滅火效能評估基準之可行性研究與評估基準，減少浪費不必要或多餘的實驗成本及時間。各國自動撒水規範如下說明：

台灣自動撒水設備基準回顧

國內於 107 年 10 月 17 日修正《各類場所消防安全設備設置標準》第 17 條應設置自動撒水設備場所之規定中，規定下列場所或樓層應設置自動撒水設備，與住宅比較相關類別：

- 在十層以下建築物之樓層，供第十二條第一款第一目所列場所使用，樓地板面積合計在三百平方公尺以上者。
- 供同款其他各目及第二款第一目所列場所使用，樓地板面

積在一千五百平方公尺以上者。

- 建築物在十一層以上之樓層，樓地板面積在一百平方公尺以上者。
- 十一層以上建築物供第十二條第一款所列場所或第五款第一目使用者；總樓地板面積在一千平方公尺以上之地下建築物。
- 高層建築物。
- 供第十二條第一款第六目所定榮譽國民之家、長期照顧服務機構(限機構住宿式、社區式之建築物使用類組非屬 H-2 之日間照顧、團體家屋及小規模多機能)、老人福利機構(限長期照護型、養護型、失智照顧型之長期照顧機構、安養機構)、護理機構(限一般護理之家、精神護理之家)、身心障礙福利機構(限照顧植物人、失智症、重癱、長期臥床或身心功能退化者)使用之場所。

對於第 12 條第 1 款第 6 目之場所，若該場所其樓地板面積合計未達 $1,000\text{m}^2$ 者，得設置水道連結型自動撒水設備或與現行法令同等以上效能之滅火設備。此外第 46 條規定，撒水頭設置所需間距以反應時間分為快速反應型撒水頭(第一種感度)各層任一點至撒水頭之水平距離在 2.3m 以下，防火構造建築可增加為 2.6m 以下；一般反應型撒水頭(第二種感度)各層任一點至撒水頭之水平距離在 2.1m 以下。但防火構造建築物，其水平距離，得增加為 2.3m 以下。第二款第七目、第五款第一目等集合住宅場所得採用小區劃型撒水頭(第一種感度為限)，任一點至撒水之水平距離在 2.6m 以下，且任一撒水頭之防護面積在 13m^2 以下。

中華人民共和國自動撒水設備基準回顧

中華人民共和國《建築設計防火規範》【39】第 8.3.4 條中，規定單層或多層大、中型幼兒園及總建築面積大於 500m² 的老年人安養建築應設置自動滅火設備，並宜採用自動噴水滅火系統。參考《自動噴水滅火系統設計規範》【40】第 4.2.9 條之規定：醫院、療養院的病房及治療區域，且凡為老年、少兒、殘疾人的集體活動場所，設置自動噴水滅火系統時，宜採用快速響應噴頭(響應時間指數 $RTI \leq 50(m \cdot s)^{0.5}$ 的閉式噴頭)，且該系統應為濕式系統，同上第 4.2.10 條之規定：住宅建築和非住宅類居住建築採用家用噴頭。參考《建築設計防火規範》【41】第 8.3 條自動滅火系統規定一類高層公共建築、二類高層公共建築、建築高度高於 100m 的住宅；大、中型幼兒園，總建築面積大於 500m² 的老人安養建築，皆宜採用自動噴水滅火系統。

參考《自動噴水滅火系統設計規範》【42】其中第 5.0.1 條之規定提到民用建築濕式系統設計淨空高度不可小於 8 公尺，噴水強度依火災危險等級區分，從輕危險級到嚴重危險級，噴頭強度從 4(L/min*m²) 到最大 16(L/min*m²)。系統最不利點處的噴頭工作壓力不應低於 0.05MPa。同上第 6.1.2 條則規定密閉系統的噴頭，其公稱作動溫度宜高於環境最高溫度 30°C。

另參考中華人民共和國《簡易自動噴水滅火系統應用技術規程》【43】，第 2.0.1 條中指出簡易自動噴水滅火系統之定義與試用範圍，其定義：由響應時間指數 $RTI \leq 50(m \cdot s)^{0.5}$ 的密閉式撒水噴頭、供水管網和控制組建等組成，並能在火災時自動噴水滅火的系統。

美國自動撒水設備基準回顧

美國 NFPA 13 《Standard for the Installation of Sprinkler Systems》【44】第 5-4.5.1 條規定：住宅建物及毗鄰通道應安裝符合其表列規範之住宅型撒水頭，且有關 NFPA 13D 之設置需求，即「在單戶及雙戶住宅和廠房之撒水頭系統安裝標準」；或 NFPA 13R 之設置需求，即「四層樓以下居住住宅之撒水頭系統安裝標準」，均符合的情況下，准予使用住宅型撒水頭。而其所謂住宅型撒水頭，為符合 NFPA 13 第 1-4.5.1 節(a)(1)項標準的一種快速反應式撒水頭($RTI \leq 50(m \cdot s)^{0.5}$)，其性能經具體調查，能提高起火房間的生存率並防護住宅。

UL 為美國保險聯合實驗室 (Underwriter Laboratories Inc.) 的簡寫。成立於 1894 年，為非營利且為公共安全做試驗的專業機構，且為美國從事安全試驗和鑑定最具權威的民間機構，此機構採用各種科學方法來測試各種材料、裝置、設備及建築的安全規範，並編寫及發行相對的標準，有助減少及防止生命財產的損失，其最終目的是為市場提供相當安全水平標準的商品，進而提升人身健康和財產安全。

依據 UL1626 住宅用消防撒水頭規範(Standard for Residential Sprinklers for Fire-Protection Service)中【45】所提到的試驗內容，其使用撒水頭需經過美國認可安裝標準(美國消防協會(NFPA)出版的《NFPA 13 自動撒水滅火系統安裝標準》、《NFPA 13D 單戶及雙戶居室廠房自動撒水滅火基準安裝標準》及《NFPA 13R 低層住宅自動撒水滅火系統安裝標準》。其中 NFPA 13 所包含的燃燒試驗，可依照 UL199 之規定進行木堆燃燒試驗，撒水頭需要經過一連串的強度測試，以提升撒水頭在每個環境中的通用操做性能。透過嚴苛的實驗要求，確保撒水頭在每一種環境中，皆可發揮預期功效。

日本自動撒水設備基準回顧

日本《消防法施行令》【27】第 12 條的撒水設置基準規範中，原規定老人福利機構設置場所，其總面積達 1000m² 以上之建築物者應設置自動撒水設備，後於平成 21 年(西元 2009 年) 4 月 1 日將該規定修正為老人福利機構設置場所總面積達 275m² 以上之建築物者應設置自動撒水設備。平成 24~25 年間，因日本發生數起避難弱者火災事故，故於平成 27 年(西元 2015 年) 4 月 1 日將該規定修正為只要是老人福利機構，無論面積大小均需設置自動撒水設備。又於平成 28 年(西元 2016 年) 4 月 1 日修訂《特定設施水道連結型撒水設備設置基準》，規定醫療場所及社會福利設施等場所，其基準面積(總面積扣除非居室及免設撒水設備之居室面積)未達 1000m² 之防火建築物，可依規定設置水道連結型撒水設備。

表 2-11 各國簡易自動撒水設備規範

國家	日本	美國	中國大陸	台灣
相關標準	特定設施水道連結型撒水設備設置基準	NFPA 13R NFPA 13D	簡易自動噴水滅火系統	水道連結型自動撒水設備設置基準
對象	1.老人福利機構 2.救護設施 3.幼兒園	NFPA 13D： 在一、兩單位之住宅場所或活動房屋內之撒水頭系統之安裝標準 NFPA 13R： 高度在四層樓以下之有人居住住宅內安裝撒水頭標準之安裝標準	1. 建築面積小於 500 m ² 的小型歌舞娛樂放映遊藝場所場所。 2. 建築面積小於 1000m ² 的商業設施。 3. 建築面積小於 500 m ² 的生產作業場所。 4. 三層樓以下之旅館、招待所 5. 居住場所。	老人福利機構、身心障礙福利機構、護理之家機構、長期照顧機構、住宅場所。
樓地板面積	基準面積未達 1000m ²		承對象欄所述	未達 1000m ²
撒水頭類型	水道連結型撒水頭	住宅型撒水頭	快速反應型撒水頭	水道連結型撒水頭
放水量	15L/min 以上	18L/min 以上	依認可規定	30L/min 以上
放水壓力	1.5kgf/cm ² 以上 (21.3psi 以上)	0.5kgf/cm ² 以上 (7.11psi 以上)	0.5kgf/cm ² 以上 (7.11psi 以上)	0.5kgf/cm ² 以上 (7.11psi 以上)
作動數量	同時放射 4 顆	同時放射 4 顆	採最大居室面積最小採 50m ² 計	同時放射 4 顆
作動時間		同時放射 30 分鐘	同時放射 30 分鐘	同時放射 20 分鐘

(資料來源：參考書目【4】【46】)

上述各國規範中，我國《密閉式撒水頭認可基準》及日本《密閉式撒水頭技術規則省令》、《密閉式撒水頭檢定細則》主要針對撒水頭本身機能強度進行相關試驗，試驗項目包含：易融元件強度測試、玻璃球強度測試、迴水板強度測試、耐洩漏、環境溫度、衝擊、裝配載重、框架變形試驗、玻璃球加載試驗、釋放機構強度試驗、水鎚試驗、放水量...等等。

我國與其他國家(中國、美國)進行的撒水頭試驗之最大差異在於除上述自動滅火機能檢測、撒水分佈測試外，還增加一個項目【燃燒試驗】。燃燒試驗主要為驗證相同燃燒物的情況下，各種撒水設備之滅火效果，若不同撒水設備撲滅相同燃燒物，便可認為其具有同等滅火效能。本研究團隊將蒐集國外水滅火設備的撒水頭燃燒試驗相關規範及標準，進行文獻比較與分析，作為未來我國設立滅火效能評估基準之參考，減少浪費不必要或多餘的實驗成本及時間。本研究將比較【UL1626】與【ISO6182-10】之燃燒試驗內容，節錄如下：

規範	UL1626		ISO 6182-10 : 2014(E)	
	條文	內容	條文	內容
原文	46	Fire Test	6.18	Fire performace
	46.1.1	When fire tested as described in 46.1.2 – 46.4.1, a residential sprinkler shall limit temperatures as specified in 46.1.1 (a) – (d) when tested at each rated spacing referenced in the installation instructions. Additionally, a maximum of two residential sprinklers shall operate. The sprinklers shall limit temperatures as follows :		When fire-tested as described in 7.18, sprinklers shall meet the following requirements :
中譯	46	燃燒試驗	6.18	燃燒試驗
	46.1.1	參照第 46.1.2 至 46.4.1 條，進行燃燒試驗(fire test)時，住宅型撒水頭的啟動溫度需符合 46.1.1 (a) - (d) 之規定。且撒水頭設置需參照安裝指南。此外，單次實驗最多同時啟用兩顆住宅型撒水頭。撒水頭啟動溫度限制如下說明：		參照第 7.18 條中對於燃燒試驗之說明，撒水頭應符合下列條件：

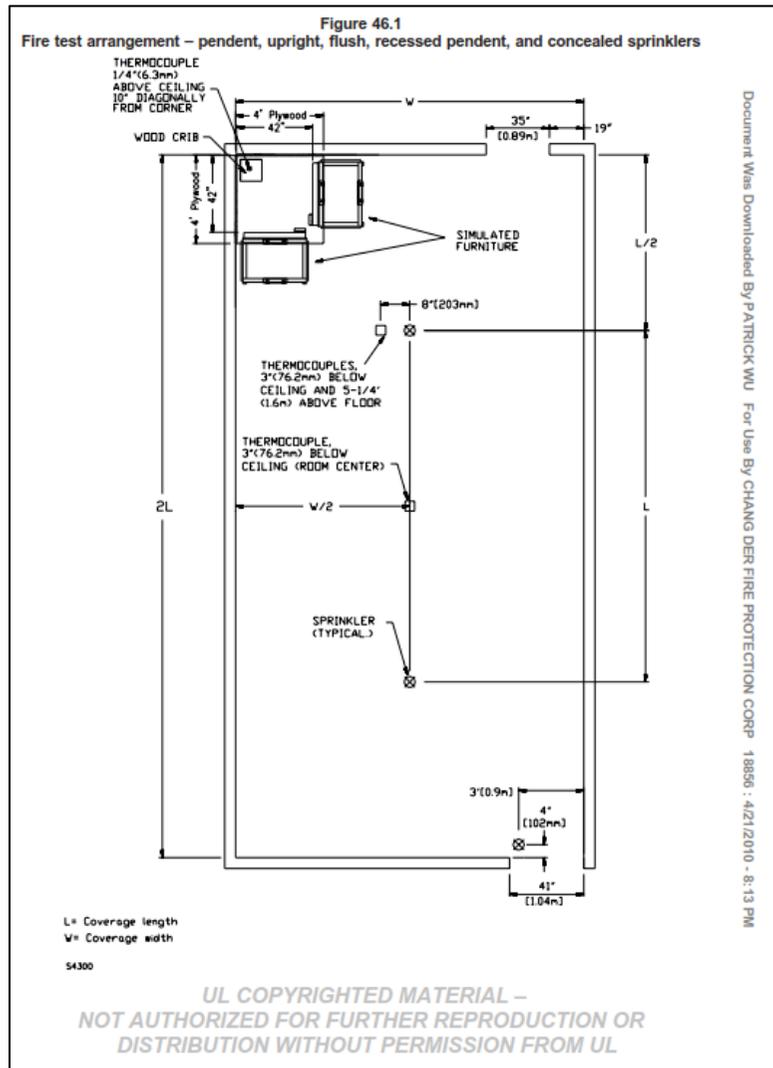
備註：粗體文字為兩者規範差異之處。

規範	UL1626		ISO 6182-10	
	條文	內容	條文	內容
原文	46.1.1 (緒)	a) The maximum temperature 3 inches (76 mm) below the ceiling at either location as illustrated in Figures 46.1 to 46.3 shall not exceed 600°F (316°C). b) The maximum temperature 5-1/4 feet (1.6 m) above the floor shall not exceed 200°F (93°C). c) The temperature at the location described in (b) shall not exceed 130°F (54°C) for more than any continuous 2-minute period. d) The maximum ceiling material temperature 1/4 inch (6.4 mm) behind the finished ceiling surface shall not exceed 500°F (260°C).	6.18 (續)	a) Maximum temperature for 76 mm below the ceiling shall not exceed 315°C. b) Maximum temperature for 1.6 m above the floor shall not exceed 93°C. c) Temperature at the location described in item b shall not exceed 54°C for more than any continuous 2-min period. d) Maximum ceiling material temperature for 6.0 mm behind the finished ceiling surface shall not exceed 260°C.
中譯	46.1.1 (緒)	a) 距離天花板下方 3 inch (76mm)處，最高溫度不得超過 600°F(316°C)，如圖 46.1 至 46.3 所示。 b) 距離地面 5-1/4 ft (1.6m) 處，最高溫度不得超過 200°F (93°C)。 c) 距離地面 5-1/4 ft (1.6m) 處，溫度不得持續 2 分鐘以上，高於 130°F (54°C)。 d) 天花板外側 1/4 inch (6.4mm) 處，建材最高溫度不得超過 500°F (260°C)。	6.18 (續)	a) 距離天花板下方 76mm 處，最高溫度不得超過 315°C。 b) 距離地面 1.6m 處，最高溫度不得超過 93°C。 c) 距離地面 1.6 米處，溫度不得持續 2 分鐘以上，高於 54°C。 d) 天花板外側 6.0mm 處，建材最高溫度不得超過 260°C。

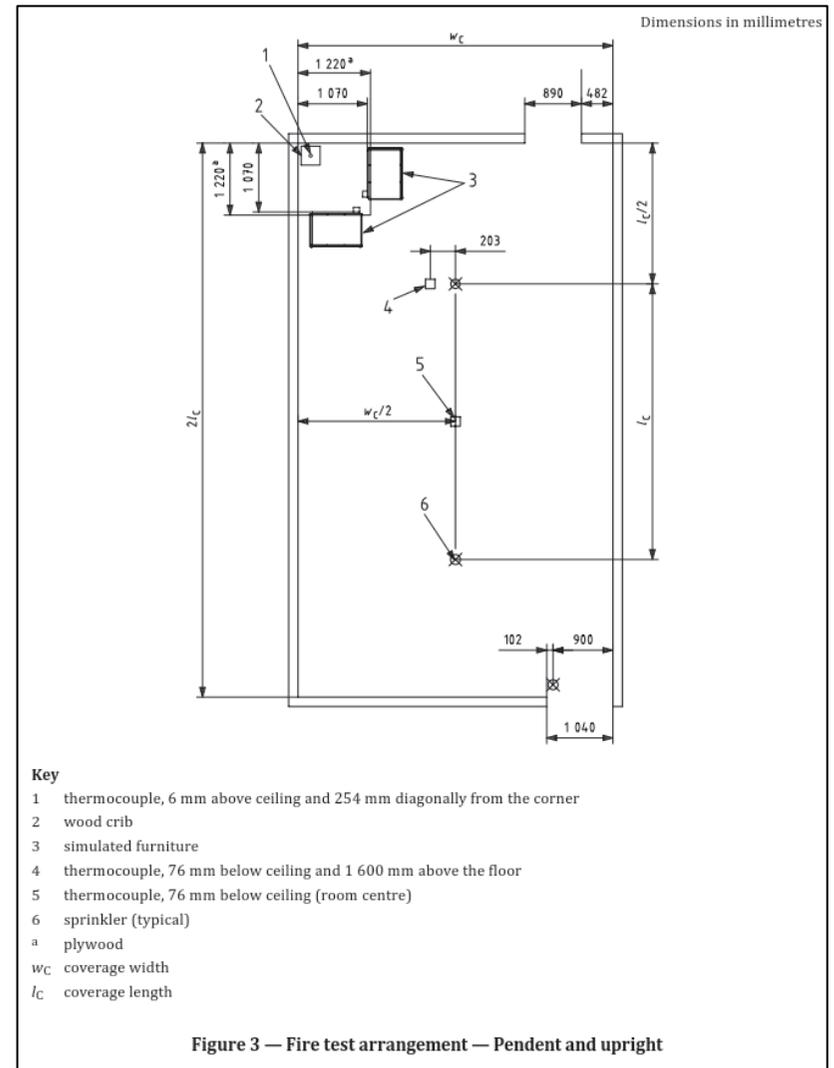
備註：粗體文字為兩者規範差異之處。

規範	UL1626		ISO 6182-10	
	條文	內容	條文	內容
原文	46.2 46.2.1.1	Test arrangement Pendent, upright, flush, recessed pendent, and concealed sprinklers are to be subjected to the fire test arrangement in Figure 46.1, and sidewall sprinklers are to be subjected to both fire test arrangements in Figures 46.2 and 46.3.	7.18.20	Pendent or upright sprinklers shall be subjected to the fire test arrangement shown in Figure 3, and sidewall sprinklers shall be subjected to both fire test arrangements shown in Figures 4 and 5.
中譯	46.2 46.2.1.1	環境配置 下垂型、直立型、內凹式、懸掛式和隱藏式撒水頭進行燃燒試驗，應參照圖 46.1 配置；側壁式撒水頭應參照圖 46.2 和 46.3 進行配置。	7.18.20	下垂型、直立型撒水頭燃燒試驗需參照圖 3 進行配置；側壁式撒水頭進行燃燒試驗，應參照圖 4 和 5 進行配置。

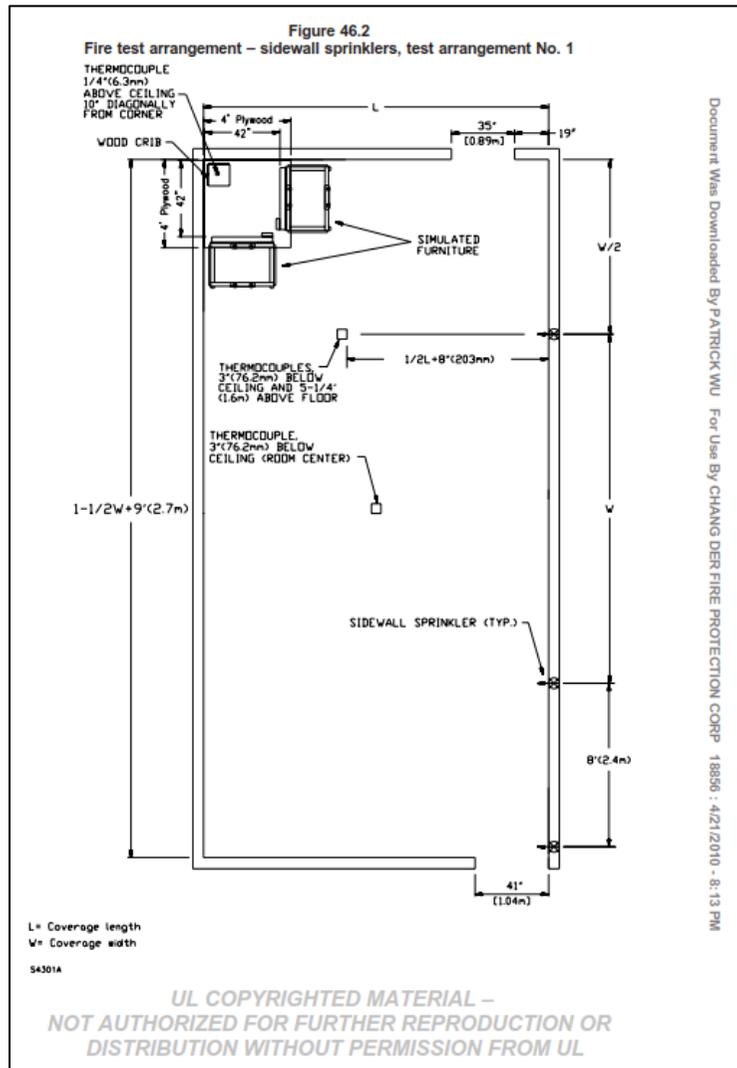
備註：粗體文字為兩者規範差異之處。



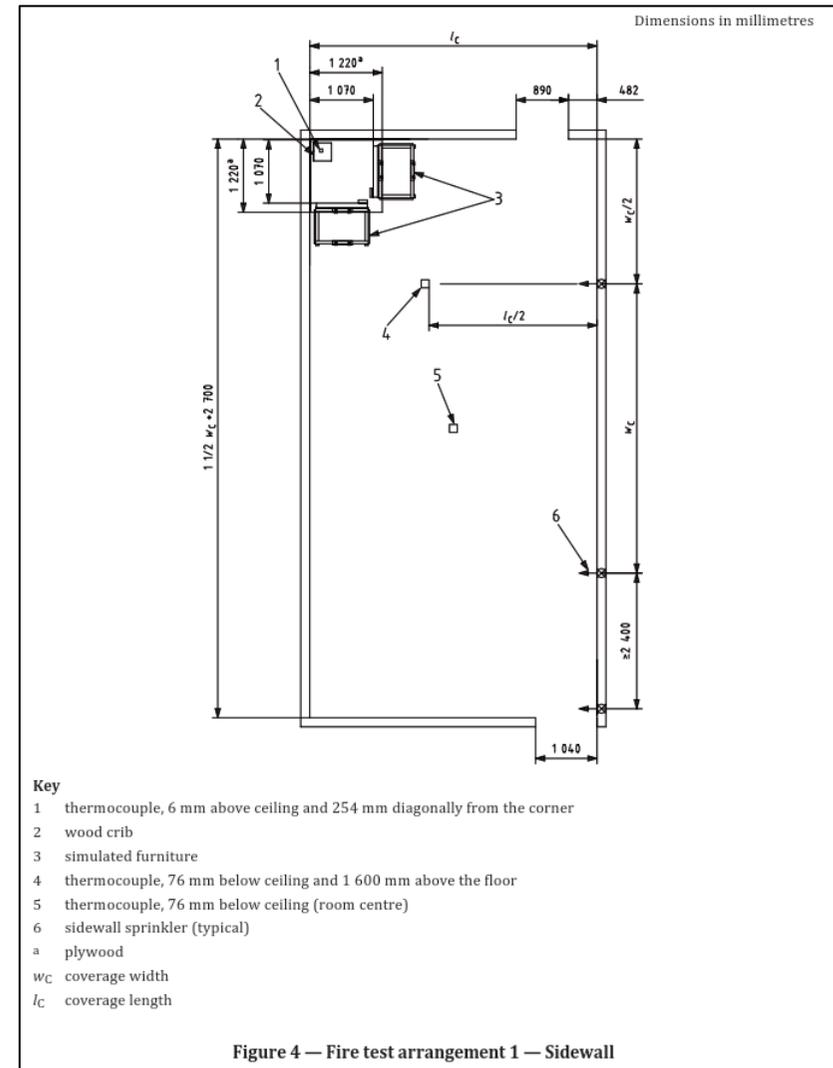
備註：上圖為 UL1626_Figure46.1



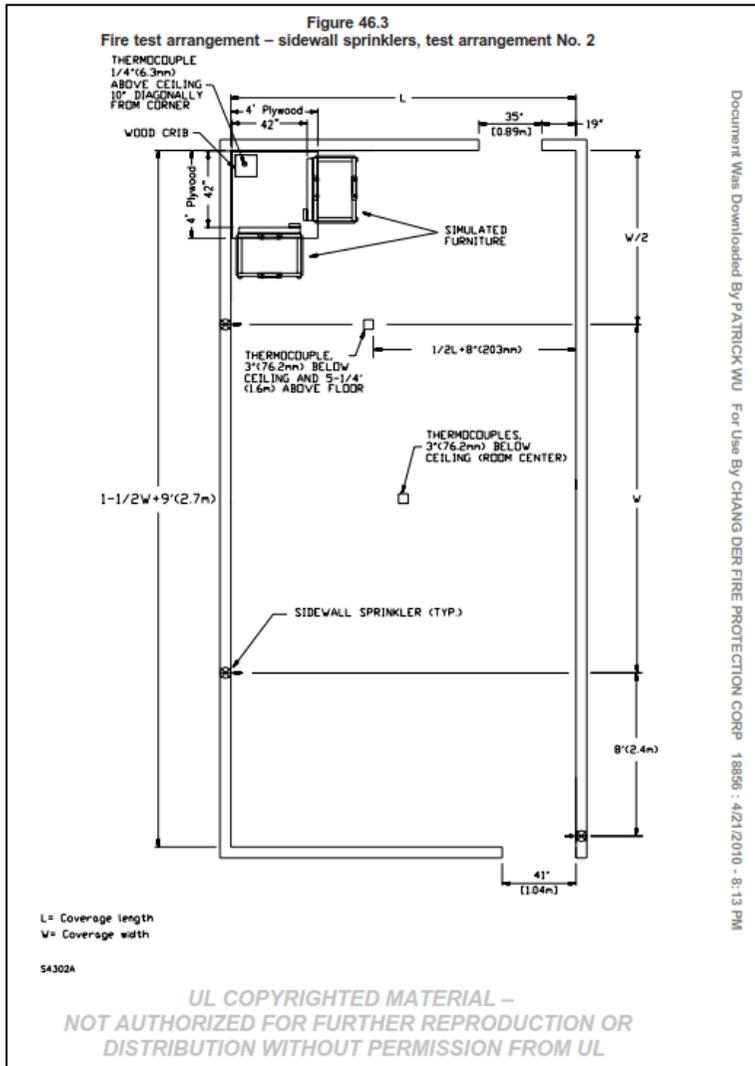
備註：上圖為 ISO6182-10_Figure3



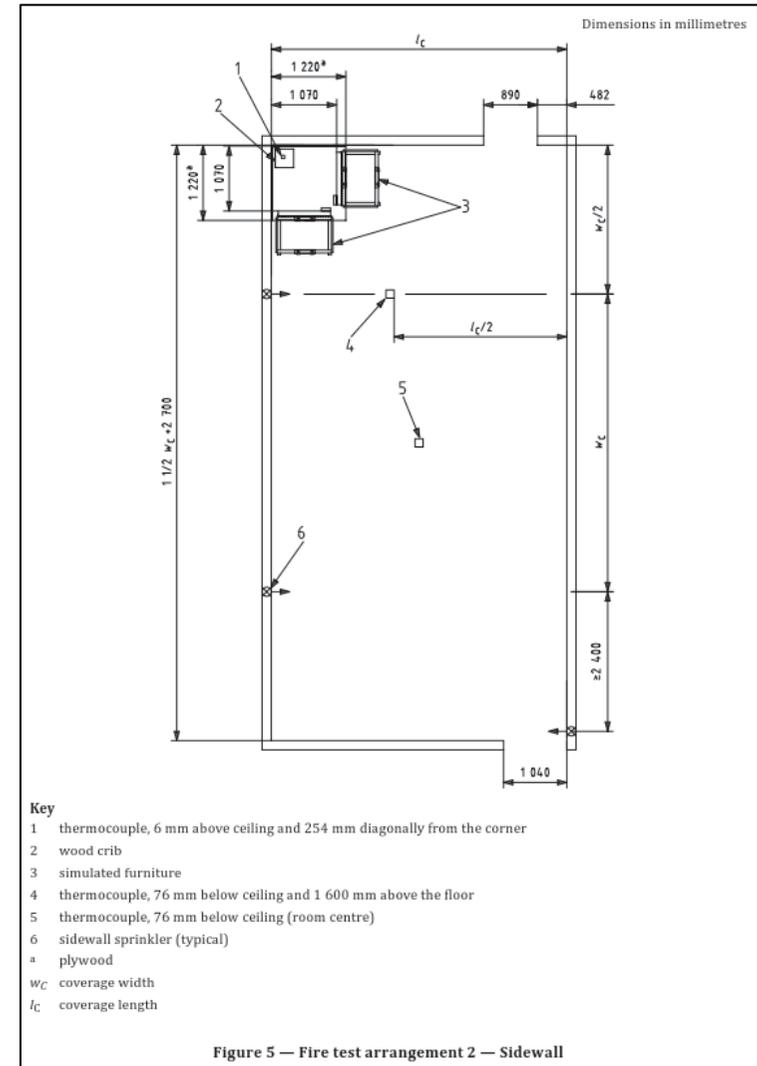
備註：上圖為 UL1626_Figure46.2



備註：上圖為 ISO6182-10_Figure4



備註：上圖為 UL1626_Figure46.3



備註：上圖為 ISO6182-10_Figure5

規範	UL1626		ISO 6182-10	
	條文	內容	條文	內容
原文	46.2.2	Test room	7.18.2	The test room dimensions for pendent, upright, flush, recessed pendent, and concealed sprinklers shall be the sprinkler coverage width by twice the sprinkler coverage length. The test room dimensions for sidewall sprinklers shall be the sprinkler coverage length by 1-1/2 times the sprinkler coverage width plus 2.7 m. The room shall have a 2.4m high ceiling.
	46.2.2.1	The test room dimensions for pendent, upright, flush, recessed pendent, and concealed sprinklers are to be the rated sprinkler coverage width by twice the rated coverage length by a nominal 8 foot (2.4 m) high ceiling. The test room dimensions for sidewall sprinklers are to be the rated sprinkler coverage length by 1-1/2 times the rated sprinkler coverage width plus 9 feet (2.7 m) by a nominal 8 foot (2.4 m) high ceiling. See Figures 46.1 – 46.3.		
中譯	46.2.2	測試空間	7.18.2	針對下垂、直立、內凹式、懸掛式和隱藏式撒水頭測試空間要求，該空間長為撒水器撒水半徑的兩倍，寬為撒水頭撒水半徑。針對側壁型撒水頭的測試空間要求，該空間長為撒水頭撒水半徑的 1-1/2 倍，再加上 2.7 米，寬為撒水頭的撒水半徑，且空間高為 2.4 米。
	46.2.2.1	針對下垂、直立、內凹式、懸掛式和隱藏式撒水頭的測試空間要求，該空間長為兩倍的撒水頭撒水半徑，寬為撒水頭的撒水半徑，空間層高 8 英尺 (2.4 米)。針對側壁型撒水頭的測試空間要求，該空間長為撒水器撒水半徑的 1-1/2 倍，再加上 9 英尺 (2.7 米)，寬為撒水器撒水半徑，該空間層高 8 英尺 (2.4 米)，如圖 46.1~46.3。		

備註：粗體文字為兩者規範差異之處。

規範	UL1626		ISO 6182-10	
	條文	內容	條文	內容
原文	46.2.2.2	The test room ceiling is to be covered with acoustical panels or gypsum board attached to furring strips. Acoustical panels used in the 4 by 4 foot (1.2 by 1.2 m) area directly over the fire source are to measure 2 by 4 foot (0.6 by 1.2 m), be 1/2 inch (12.7 mm) thick, have a density of $13.5 \pm 1.5 \text{ lb/ft}^3$ ($216 \pm 24 \text{ kg/m}^3$), and have a maximum flame spread index of 25 when tested in accordance with the Standard for Test for Surface Burning Characteristics of Building Materials, UL 723. For each test, new acoustical panels in the 4 by 4 foot (1.2 by 1.2 m) area directly over the fire source are to be installed.	7.18.3	The test room ceiling shall be covered with cellulosic acoustical panels or gypsum board, attached to furring strips. The acoustical panels shall measure 600mm×1200 mm×12.7mm thick, shall have a density of $(216 \pm 24) \text{ kg/m}^3$, and shall have a maximum flame spread index of 25.
			7.18.2	For each test, new acoustical panels shall be installed in the 1.2m×1.2m area directly over the fire source.
中譯	46.2.2.2	以木條固定吸音板或石膏板在火源上方天花板4×4英尺(1.2m×1.2m)區域。根據《建築材料表面燃燒特性測試標準》(UL 723)，吸音板尺寸為2×4 foot (0.6×1.2m)，厚度為1/2 inch (12.7m)，密度為 $13.5 \pm 1.5 \text{ lb/ft}^3$ ($216 \pm 24 \text{ kg/m}^3$)，最大火燄擴散指數為25。每次測試皆需更換火源正上方4×4foot (1.2×1.2m)區域內的吸音板或石膏板。	7.18.3	以木條固定吸音板或石膏板於測試空間的天花板。吸音板尺寸為600mm×1200mm；厚度為12.7mm；密度為 $216 \pm 24 \text{ kg/m}^3$ ；最大火燄擴散指數為25。
			7.18.2	每次測試皆需更換火源正上方1.2×1.2m區域內的吸音板或石膏板。

備註：粗體文字為兩者規範差異之處。

規範	UL1626		ISO 6182-10	
	條文	內容	條文	內容
原文	46.2.2.3	The test room is to have provisions for ventilation through two door openings on opposite test room walls. Each opening is to be 7 feet 4 inches (2.2 m) high, which provides for an 8 inch (200 mm) lintel above the openings. The door widths are to be as specified in Figures 46.1 – 46.3.	7.18.4	The test room shall have provisions for ventilation through two door openings on opposite test room walls. Each opening shall be 2.2 m high, which provides for a 200 mm lintel above the openings. The door widths shall be as specified in Figures 3 to 5.
中譯	46.2.2.3	測試房間的兩相對應之牆面，需各自設置通風口。每個通風口高 7feet 又 4inch (2.2 米)，在通風口上有 8 inch (200mm) 的門楣。門的寬度依圖 46.1~46.3 的規定。	7.18.4	測試房間需要兩個通風口並設立在相對應的牆面。每個通風口的高度為 2.2m，在通風口上有 200mm 的門楣。門的寬度依照圖 3-5 的規定。

備註：粗體文字為兩者規範差異之處。

規範	UL1626		ISO 6182-10	
	條文	內容	條文	內容
原文	46.2.2.4	Douglas fir, 3-ply panels measuring 4 by 8 feet (1.2 by 2.4 m) are to be placed on two of the test room walls extending out from a common corner. One panel is to be placed on each wall. See Figure 46.4. The panels are to be 1/4 inch (6.4 mm) thick with each ply constructed of Douglas fir. The plywood panels are to be conditioned at 70 ±5°F (21 ±2.8°C) and 50 ±10% relative humidity for at least 72 hours prior to test. They are to be placed on the walls by being attached to 1/2 inch (12.7 mm) thick wood furring strips. The Douglas fir plywood panels shall have the burning characteristic properties specified in Table 46.1.	7.18.5	Douglas fir 3-ply panels measuring 1.2m×2.4 m shall be placed on two of the test room walls extending out 1.2m from a common corner. The panels shall be approximately 6.4 mm thick. The plywood panels shall be conditioned at (21 ±3)°C and (50±10)% relative humidity for at least 72 h prior to the test. They shall be placed on the walls by being attached to 12.7 mm thick wood furring strips. The Douglas fir plywood panels shall have the burning characteristic properties specified in Table 5.
中譯	46.2.2.4	將尺寸為 4×8 feet (1.2×2.4m) 的三層板(松木)放置在實驗空間延伸至同一角落的兩面牆上。每面牆上各放置一片木板，如圖 46.4 所示。三層板中的每一層的木板厚度為 1/4inch (6.4mm)。測試前，膠合板需放置在溫度 70±5°F (21±2.8°C) 且相對濕度 50±10% 的環境至少 72 小時。利用 1/2 inch (12.7mm) 厚的木條將其固定在牆面上。松木膠合板的燃燒特性如表 46.1 所示。	7.18.5	將尺寸為 1.2×2.4m 的三層板(松木)放置在實驗空間延伸至同一角落的兩面牆上。在每面牆上放置一片木板。如圖 46.4。三層板中的每一層的木板厚度為 6.4mm。在測試之前，膠合板需放置在 21±3°C 以及相對濕度 50±10% 的環境下至少 72 小時。利用 12.7mm 厚的木條將其固定在牆面上。松木膠合板燃燒特性如表 5 所示。

備註：粗體文字為兩者規範差異之處。

規範	UL1626		ISO 6182-10	
	條文	內容	條文	內容
原文	46.2.3	Fire source	7.18.6	The fire source is to consist of a wood crib and simulated furniture. The wood crib is ignited with a pan of heptane and the simulated furniture is ignited using two 150mm long by 6.4mm diameter cotton wicks soaked in heptane. (See Figure 3 for pendent or upright sprinklers and Figures 4 and 5 for sidewall sprinklers) for placement of the fire source. See Figure 15 for detail of the fuel package.
	46.2.3.1	The fire source is to consist of a wood crib and simulated furniture. The wood crib is to be ignited with a pan of heptane and the simulated furniture is to be ignited with two 6 inch long by 1/4 inch (6.4mm) diameter cotton wicks soaked in heptane. See Figure 46.1 (pendent, upright, flush, recessed pendent, and concealed sprinklers) or Figures 46.2 and 46.3 (sidewall sprinklers) for placement of the fire source in the test room.		
中譯	46.2.3	火源	7.18.6	火源是由木堆與模擬傢俱所組成。木堆由裝有庚烷的火盤引燃；模擬傢俱則由兩個浸泡在庚烷的長 150mm、直徑 6.4mm 的棉芯引燃。下垂、直立撒水頭之測試空間火源放置，如圖 3 所示；側壁式撒水頭之測試空間火源放置，如圖 4 和 5 所示。燃料組成細節應參考圖 15。
	46.2.3.1	火源是由木堆與模擬傢俱所組成。木堆由裝有庚烷的火盤引燃；模擬傢俱則由兩個浸泡在庚烷的長 6inch、直徑 1/4inch (6.4 毫米) 的棉芯引燃。下垂、直立、內凹式、懸掛式和隱藏式撒水頭之測試空間火源放置如圖 46.1 所示。側壁式撒水頭之測試空間火源放置如圖 46.2 和 46.3 所示。		

備註：粗體文字為兩者規範差異之處。

規範	UL1626		ISO 6182-10	
	條文	內容	條文	內容
原文	46.2.3.2	The wood crib is to weigh 5.5 to 7 pounds-mass (2.5 to 3.2 kg) and is to be dimensioned approximately 12 by 12 by 6 inch high (300 by 300 by 150 mm). The crib is to consist of four alternate layers of four trade size 2 by 2 inch [nominal 1-1/2 by 1-1/2 inch (38.1 by 38.1 mm)] kiln-dried spruce or fir lumber 12 inches (300 mm) long. The alternate layers of the lumber are to be placed at right angles to the adjacent layers. The individual wood members in each layer are to be evenly spaced along the length of the previous layer of wood members and stapled.	7.18.8	The wood crib is to weigh 2.5 to 3.2 kg and is to be dimensioned 305mm×305mm×152mm high. The crib is to consist of four alternate layers of four trade size 38.1mm×38.1mm kiln-dried spruce or fir lumber 305 mm long. The alternate layers of the lumber are to be placed at right angles to the adjacent layers. The individual wood members in each layer are to be evenly spaced along the length of the previous layer of wood members and stapled.
中譯	46.2.3.2	木堆重量為 5.5 至 7 lb (2.5 至 3.2kg)，尺寸為 12x12x6 inch (300×300×150mm)。木堆由四層木材交互放置所組成，每層均利用 4 根尺寸為 2×2 英寸[標稱為 1-1/2 × 1-1/2 英寸 (38.1×38.1mm)]，長度為 12inch (300mm) 的雲杉或冷杉組成。各層木板放置方式皆垂直於相鄰層且沿著上一層的長邊平均間隔放置並釘合。	7.18.8	木堆的重量為 2.5 至 3.2kg，尺寸為 305mm×305mm×152mm。木堆由四層木材交互垂直放置所組成，每層均利用 4 根尺寸為 38.1mm×38.1mm，長度 305mm 的雲杉或冷杉組成。每一層的木棒間隔平均放置並釘合。

備註：粗體文字為兩者規範差異之處。

規範	UL1626		ISO 6182-10	
	條文	內容	條文	內容
原文	46.2.3.3	After the wood crib is assembled, it is to be conditioned at a temperature of 220 ±10°F (104±5°C) for not less than 24 hours or more than 72 hours. Following the conditioning, the crib is to be placed in a plastic bag and stored at room temperature for at least 4 hours before being used in a test.	7.18.9	After the wood crib is assembled, it is to be conditioned at a temperature of (104±5)°C for not less than 24 h or more than 72 h. Following the conditioning, the crib is to be placed in a plastic bag and stored at room temperature for at least 4 h before being used in a test.
中譯	46.2.3.3	組裝木堆後，其溫度需控制在 220±10°F (104±5°C)環境中，不少於 24 小時或高於 72 小時。進行測試前，木堆應放入塑膠袋，並存放於室溫至少 4 小時，方可進行測試。	7.18.9	組裝木堆後，其溫度需控制在 104±5°C 環境中，不少於 24 小時或高於 72 小時。進行測試前，木堆應放入塑膠袋，並存放於室溫至少 4 小時，方可進行測試。

備註：粗體文字為兩者規範差異之處。

規範	UL1626		ISO 6182-10	
	條文	內容	條文	內容
原文	46.2.3.4	The wood crib is to be placed on top of a nominal 12 by 12 by 4 inch high (300 by 300 by 100mm) , 12 gauge (0.10 inch (2.5 mm)) steel test pan (see Figure 46.4) positioned on the floor in a corner of the test enclosure. The wood crib is to be 2 inches (50 mm) from each wall. See Figure 46.1 (pendent, upright, flush, recessed pendent, and concealed sprinklers) or Figures 46.2 and 46.3 (sidewall sprinklers).	7.18.9 (續)	The wood crib is to be placed on top of a nominal 300mm×200mm×100mm high, 6 mm thick, steel test pan positioned on the floor in a corner of the test enclosure. The wood crib is to be positioned 5mm from each wall.
中譯	46.2.3.4	木堆放置在 12×12×4 inch (300×300×100mm)、厚度為 Ga.12 (0.10 inch (2.5mm)) 的鋼盤上 (如圖 3-4)，並置於測試空間角落且與各面牆壁間距 2 inch (50mm)。，如圖 46.1 (下垂、直立、內凹式、懸掛式和隱藏式撒水頭) 或圖 46.2 和 46.3 (側壁式撒水頭) 所示。	7.18.9 (續)	木堆放置在 300 mm×200 mm×100mm、厚 6mm 的鋼盤上，並置於測試空間角落且與各面牆壁間距 5mm。

備註：粗體文字為兩者規範差異之處。

規範	UL1626		ISO 6182-10	
	條文	內容	條文	內容
原文	46.2.3.5	The simulated furniture is to consist of two 3 inch (76 mm) thick uncovered pure polypropylene oxide polyol, polyether foam cushions having a density of 1.70 to 1.90 lb/ft ³ (27.2 to 30.4 kg/m ³) and measuring 32 by 30 inches (810 by 760 mm). Each foam cushion is to be glued to a 33 by 31 inch (840 by 790 mm), nominal 1/2 inch (12.7 mm) thick plywood backing using an aerosol urethane foam adhesive. The foam cushion is to be glued on the plywood to provide for a 1/2 inch (12.7 mm) space along the sides and a 1 inch (25 mm) space at the bottom as illustrated in Figure 46.4.	7.18.10 7.18.11	The simulated furniture is to consist of two 76 mm thick uncovered pure polypropylene oxide polyol, polyether foam cushions having a density of 27.2 kg/m ³ to 30.4 kg/m ³ measuring 810mm×760 mm. Each foam cushion is to be glued to a 840×790mm×12.7 mm thick plywood backing using an aerosol urethane foam adhesive. The foam pad is glued to the plywood backing leaving a 12.7 mm space on both sides and a 25 mm space along the bottom.
中譯	46.2.3.5	模擬傢俱由兩塊 3 inch (76mm) 厚的純聚環氧丙烷多元醇組成，聚醚泡沫墊密度為 1.70 至 1.90 lb/ft ³ (27.2 至 30.4 kg/m ³)，尺寸為 32×30 inch (810×760 mm)。利用氣溶膠聚氨酯泡沫黏合劑將泡沫墊黏在尺寸為 33×31 英寸 (840×790mm)，厚度為 1/2inch (12.7mm) 的膠合板膠合板背面，各邊保留 12.7mm 的空間，底部保留 1 inch (25mm) 的空間，如圖 46.4 所示。	7.18.10 7.18.11	假想傢俱由兩塊 76mm 厚的純聚環氧丙烷多元醇組成，聚醚泡沫墊(polyether foam cushions)密度為 27.2~30.4 kg/m ³ ，尺寸為 810×760 mm。 使用氣溶膠聚氨酯泡沫黏合劑將泡沫墊黏在 840mm×790mm×12.7mm 的膠合板上。泡沫墊應黏在膠合板上，各邊預留 12.7mm 的空間，底部預留 25mm 的空間，如圖 46.4 所示。

備註：粗體文字為兩者規範差異之處。

規範	UL1626		ISO 6182-10	
	條文	內容	條文	內容
原文	46.2.3.5 (續)	The foam cushion and plywood backing assembly is to be conditioned at 70 ±5°F (21 ±2.8°C) and 50 ±10% relative humidity for at least 24 hours prior to test. Prior to each test, the foam and plywood backing assembly is to be placed in a steel frame to provide support for holding each assembly in the vertical orientation. The polyether foam shall have the burning characteristic properties specified in Table 46.2.	7.18.11	The foam cushion and plywood backing assembly shall be conditioned at 21°C±2.8°C and (50 ±10)% relative humidity for at least 24 h prior to test. The foam and plywood backing assembly is to be placed in a steel frame to provide support for holding each assembly in the vertical orientation.
中譯	46.2.3.5 (續)	在測試之前，泡沫墊與膠合板控制於 70±5°F(21±2.8°C) 與相對濕度 50±10%的條件至少 24 小時。每次測試之前，泡沫墊和膠合板需放在鋼架上，用以固定垂直方向的受力。聚醚泡沫燃燒特性如表 46.2 所示。	7.18.11	在測試之前，泡沫墊與膠合板控制於 21±2.8°C 與相對濕度 50±10%的條件至少 24 小時。泡沫墊和膠合板需放在鋼架上，用以固定垂直方向的受力。

備註：粗體文字為兩者規範差異之處。

規範	UL1626		ISO 6182-10	
	條文	內容	條文	內容
原文	46.2.3.6	The entire fire test package is to be placed on top of a 1/4 inch (6.4 mm) thick cement board sheathing or equivalent noncombustible sheathing material having dimensions of 4 by 4 feet (1.2 by 1.2m). For each test, a new or dried sheathing shall be used. See Figure 46.4.	7.18.11 (續)	The entire fire test package is to be placed on top of a nominal 6 mm thick cement board sheathing or equivalent noncombustible sheathing material having dimensions of 1.2m×1.2m). For each test, new or dried sheathing shall be used.
中譯	46.2.3.6	整體燃燒測試物應放置於 4×4feet (1.2×1.2m)，厚度為 1/4 inch (6.4mm) 的水泥板或不可燃材料上。每次測試時皆應使用全新或乾燥的測試物，如圖 46.4。	7.18.11 (續)	整個燃燒測試的樣品應放置於 1.2m×1.2m，厚度為 6.0mm 的水泥板或不可燃材料上。每次測試時皆應使用全新或乾燥的測試物。

備註：粗體文字為兩者規範差異之處。

規範	UL1626		ISO 6182-10	
	條文	內容	條文	內容
原文	46.2.4	Sprinkler installation	7.18.12	Three sprinklers are to be installed in the test room for each fire test. Two are to be installed at their maximum length and width coverage dimensions, and the third is to be installed near the doorway farthest from the fire.
	46.2.4.1	Three residential sprinklers are to be installed in the test room for each fire test. Two are to be installed at the rated length and width coverage dimensions, and the third is to be installed near the doorway furthest from the fire. For all sprinkler styles, the third sprinkler installed near the doorway shall be as follows:		
中譯	46.2.4	撒水頭安裝	7.18.12	每次燃燒試驗應安裝三個住宅型撒水頭在測試空間。兩個安裝在覆蓋長度和覆蓋寬度的範圍內，第三個安裝在離火源最遠的門口附近。
	46.2.4.1	每次燃燒試驗應安裝三個住宅撒水器在測試空間。兩個安裝在覆蓋長度和覆蓋寬度的範圍內，第三個安裝在離火源最遠的門口附近。安裝於門邊的各類型撒水頭應符合下列需求：		

備註：粗體文字為兩者規範差異之處。

規範	UL1626		ISO 6182-10	
	條文	內容	條文	內容
原文	46.2.4.1	a) The same heat responsive element and temperature rating as the other sprinklers within the room; and b) Installed such that the center of the heat responsive element is: <ol style="list-style-type: none"> 1) 2 inches (50.8 mm) below the ceiling for pendent, upright, flush, recessed pendent, and concealed sprinklers; and 2) 4 inches (102 mm) below the ceiling and 2 inches (50.8) from the wall for sidewall sprinklers. 	7.18.12	The third sprinkler in near the door shall have the same heat-responsive element and temperature rating as the other sprinklers within the room. For pendent, upright, flush recessed pendent and concealed pendent sprinklers, the third sprinkler is to be located 51 mm below the ceiling. For sidewall sprinklers, the third sprinkler shall be located 102 mm below the ceiling.
中譯	46.2.4.1	a) 空間所有噴頭的熱敏元件與額定溫度值皆應相同; b) 熱敏元件中心安裝位置: <ol style="list-style-type: none"> 1) 下噴式、直立，沖水式，嵌入懸掛式和隱藏式撒水器應設置於天花板下 2 inch (50.8 mm)。 2) 側壁型撒水頭，應設置於天花板下方 4 英寸(102 mm)，且距離牆壁 2 inch (50.8 mm)。 	7.18.12	設置於門邊的第三顆撒水頭應與空間內其他撒水頭使用相同的熱敏元件與額定溫度值。下噴式、直立，沖水式，嵌入懸掛式和隱藏式撒水器撒水頭應設置於天花板下 51 mm。側壁型撒水頭，應設置於天花板下方 102 mm。

備註：粗體文字為兩者規範差異之處。

規範	UL1626		ISO 6182-10	
	條文	內容	條文	內容
原文	46.2.4.1	The two residential sprinklers nearest the fire source are to be installed in reducing pipe fittings having a 1 inch (25 mm) inlet and an outlet the same size as the sprinkler inlet and be supplied with water through 1 inch (25 mm) piping. The minimum nipple length leading to the sprinkler fitting shall not be less than 10 inches. Dry-type sprinklers are to be tested using the shortest available length and the longest available length, if the K-factor for the longest length deviates by more than 5 percent from the shortest available length. See Figures 46.1 – 46.3.	7.18.13	Sprinklers are to be installed in pipe fittings having a 25 mm inlet and an outlet the same size as the sprinkler inlet, and are to be supplied with water through 25 mm piping.
中譯	46.2.4.1	距離火源最近的兩顆住宅型撒水頭將安裝在進出口皆為 1 inch (25mm) 的減壓管接頭中，且輸水管管徑為 1 inch (25mm)。轉接頭的螺紋長度至少需 10 inch。乾式撒水頭可使用最長或最短的長度，假設最大長度的 K 係數超過最小長度的 5%時，請參見圖 46.1-46.3。	7.18.13	撒水頭將安裝在進出口皆為 25mm 的管接頭中，且輸水管管徑為 25mm。

備註：粗體文字為兩者規範差異之處。

規範	UL1626		ISO 6182-10	
	條文	內容	條文	內容
原文	46.2.4.2	Pendent and upright sprinklers are to be installed with their deflectors located 3 inches (76 mm) below the ceiling or as specified in the installation instructions if other than 3 inches (76 mm) is specified. A pendent sprinkler also intended to be installed as a recessed pendent sprinkler shall be tested in the most recessed position in lieu of 3 inches (76 mm) below the ceiling. Flush and concealed sprinklers are to be installed in their intended location as specified in the installation instructions.	7.18.12	Pendent and upright sprinklers are to be installed with their deflectors located 76 mm below the ceiling unless another distance is specified in the installation instructions. A pendent sprinkler also intended to be installed as a recessed sprinkler shall be tested in the most recessed position in lieu of 76 mm below the ceiling. Flush and concealed sprinklers are to be installed in their intended location as specified in the manufacture's installation instructions.
中譯	46.2.4.2	下垂、直立式撒水頭 (含迴水板)安裝在天花板下方 3 inch (76mm) 處。若超過 3 inch (76mm)，則參照安裝指南裝設。此外，隱藏式撒水頭可依自身需求位置來代替天花板下方 3 inches (76 mm) 處進行測試。齊平式、隱藏式撒水頭需參照安裝指南設置於其預定位置。	7.18.12	除安裝指南要求的設置距離外，下垂、直立式撒水頭 (含迴水板)需安裝在天花板下方 76mm 處。隱藏式撒水頭可依自身需求位置來代替天花板下方 76 mm 處進行測試。齊平式、隱藏式撒水頭需參照製造商安裝指南設置於其預定位置。

備註：粗體文字為兩者規範差異之處。

規範	UL1626		ISO 6182-10	
	條文	內容	條文	內容
原文	46.2.4.2 (續)	Pendent, upright, flush, recessed pendent and concealed sprinklers are to be tested in two orientations. One test is to be orientated such that the sprinkler frame arms or deflector pins are parallel to the short room wall and a second test is to be conducted with the sprinkler frame arms or deflector pins rotated 90 degrees.	7.18.13	Pendent, upright, flush, recessed pendent and concealed sprinklers are to be tested in two orientations. One test is to be conducted such that the sprinkler frame arms or deflector pins are parallel to the short room wall and a second test is to be conducted with the sprinkler frame arms or deflector pins rotated 90°.
中譯	46.2.4.2 (續)	下垂、直立、齊平、嵌入下垂式和隱藏式撒水頭需進行兩種方向的測試。第一種測試的方向為撒水頭框架平行於空間最短的那面牆，第二種測試則將撒水頭框架旋轉90度。	7.18.13	下垂、直立、齊平、嵌入下垂式和隱藏式撒水頭需進行兩種方向的測試。第一種測試的方向為撒水頭框架平行於空間最短的那面牆，第二種測試則將撒水頭框架旋轉90度。

備註：粗體文字為兩者規範差異之處。

規範	UL1626		ISO 6182-10	
	條文	內容	條文	內容
原文	46.2.4.3	Recessed and concealed sprinklers having vented escutcheons are to be installed in the most recessed position and tested in a manner that does not inhibit airflow through the escutcheons (unblocked) and in a manner that inhibits airflow through the escutcheons (blocked) by placing an 8-inch thick (203 mm), R-25 fiberglass insulating batt entirely around and over the top of the sprinkler, and against the ceiling in such a manner that the air flow through the escutcheon vents are inhibited by the insulation.	7.18.14	Recessed and concealed sprinklers having vented housing assemblies are to be installed in the most recessed position and tested in a manner that does not inhibit airflow through the housing assembly (unblocked) and tested in a manner that does inhibits airflow through the escutcheons (blocked) by placing a 200 mm thick R-25 fiberglass, or equivalent, insulating batt entirely around and over the portion of the sprinkler that is located above the ceiling or behind the wall.
中譯	46.2.4.3	具有通風孔罩的下垂式和隱藏式撒水噴頭，應安裝在隱藏位置，其測試情況分別為不抑制通過風孔罩的氣流（未堵塞），以及抑制通過風孔罩（堵塞）的氣流。其中，測試抑制風孔罩的方式為，將位於天花板上方的撒水噴頭完全包覆 8 inch（203 mm）厚的 R-25 玻璃纖維或類似的絕緣棉絮。	7.18.14	具有通風孔罩的下垂式和隱藏式撒水噴頭，應安裝在隱藏位置，其測試情況分別為不抑制通過風孔罩的氣流（未堵塞），以及抑制通過風孔罩（堵塞）的氣流。其中，測試抑制風孔罩的方式為將位於天花板上方或牆後的撒水噴頭上完全包覆 200 mm 厚的 R-25 玻璃纖維或類似的絕緣棉絮。

備註：粗體文字為兩者規範差異之處。

規範	UL1626		ISO 6182-10	
	條文	內容	條文	內容
原文	46.2.4.4	<p>A sidewall sprinkler shall be tested, using both test arrangements referenced in Figures 46.2 and 46.3, in a manner as follows:</p> <p>a) With its deflector located 4 inches (100 mm) below the ceiling; and</p> <p>b) With its deflector located at the maximum distance below the ceiling as specified in the installation instructions if the maximum distance exceeds 6 inches (150 mm) below the ceiling.</p>	7.18.12	<p>Sidewall sprinkler are to be installed with their deflector located 100 mm below the ceiling and at the maximum distance below the ceiling as specified in the installation instructions if the maximum exceeds 152 mm below the ceiling ; see 7.18.13 for sprinkler pipe sizes.</p>
中譯	46.2.4.4	<p>應使用圖 46.2 和 46.3 中提到的兩種試驗方法，按下列方式測試側壁型撒水頭：</p> <p>a) 迴水板設置於天花板下方 4 inch (100mm) 處；</p> <p>b) 如果最大距離超過天花板下方 6 inch (150mm)，則迴水板應按照安裝指南設置於天花板下方之最大距離。</p>	7.18.12	<p>側壁型撒水頭的迴水板應設置於天花板下方 100 mm 處，但若最大距離超過天花板下 152 mm 時，則迴水板應參照安裝指南設置於天花板下方之最大距離。撒水頭管路規格參見圖 7.18.13。</p>

備註：粗體文字為兩者規範差異之處。

規範	UL1626		ISO 6182-10	
	條文	內容	條文	內容
原文	46.3	Test method	7.18.18	Sprinklers intended for use in dry systems shall be tested with the water discharge delayed 15s after the first sprinkler operates. The test room is to have an ambient air temperature of (27 ±3)°C measured at the thermocouple located 76 mm below the ceiling. All water from previous testing shall be removed such that there is no visible water on the floor, ceiling, or walls.
	46.3.1	Sprinklers intended for use in dry systems are to be tested with the water discharge delayed 15 seconds after the first sprinkler operates. The test room is to have an ambient air temperature of 80 ±5°F (27 ±3°C) measured at the thermocouple located 3 inches (76 mm) below the ceiling. See Figures 46.1 – 46.3. All water from previous testing shall be removed such that there is no visible water on the floor, ceiling, or walls.	7.18.15	
	46.3.2			
中譯	46.3	測試方法	46.3.1	乾式撒水頭應在撒水頭啟動後 15 秒開始撒水。
	46.3.1	乾式撒水頭應在撒水頭啟動後 15 秒開始撒水。	46.3.2	測試空間之天花板下 76 mm 處，以熱電偶測量之環境溫度應為 27±3°C。確認地板、天花板、以及牆面，都無水氣殘留。
	46.3.2	測試空間之天花板下 3 inch (76mm) 處，以熱電偶測量之環境溫度應為 80±5°F (27±3°C)，參見圖 46.1-46.3。確認地板、天花板、以及牆面，都無水氣殘留。		

備註：粗體文字為兩者規範差異之處。

規範	UL1626		ISO 6182-10	
	條文	內容	條文	內容
原文	46.3.3	The temperatures at each thermocouple location are to be continuously recorded during the test using 20 AWG (0.52 mm) chromel-alumel thermocouples or thermocouples providing equivalent temperature measuring results. When water impingement impacts the thermocouple measurement, the thermocouples are to be shielded from water impingement using metallic tape attached to the wire. The tape is to be formed into an umbrella shape, large enough to protect the thermocouple ends.	7.18.16	The temperatures at each thermocouple location shall be continuously recorded during the test using 0.8mm diameter chromel-alumel thermocouples or thermocouples providing equivalent temperature measuring results. The thermocouples shall be shielded from water impingement of water from the sprinklers.
中譯	46.3.3	在實驗過程中，使用 20 AWG (0.52 mm) 鉻鎳鋁合金熱電偶或支援等效溫度量測之熱電偶，持續記錄每個熱電偶溫度值。為避免受水而影響熱電偶測量結果，故熱電偶應在線芯纏繞金屬膠帶以防止受到水氣影響。金屬膠帶為繖形形狀且大小足以保護熱電偶末端。	7.18.16	在實驗過程中，使用 0.8 mm 鉻鎳鋁合金熱電偶或支援等效溫度量測之熱電偶，持續記錄每個熱電偶溫度值。為避免受水而影響熱電偶測量結果，故熱電偶應在線芯纏繞金屬膠帶以防止受到水氣影響。金屬膠帶為繖形形狀且大小足以保護熱電偶末端。

備註：粗體文字為兩者規範差異之處。

規範	UL1626		ISO 6182-10	
	條文	內容	條文	內容
原文	46.3.4	Sixteen ounces (0.5 L) of water and eight ounces (0.24 L) of heptane are to be placed in a pan directly below the wood crib located 2 inches (50 mm) from the wall panels.	7.18.17	The wood crib shall be ignited a pan of heptane and the simulated furniture is to be ignited with two 150mm long by 6.4mm diameter cotton wicks soaked in heptane. One half litre of water and 0.25 l of heptane shall be placed in the pan directly below the wood crib. The heptane in the pan located beneath the crib shall be ignited and the heptane soaked cotton wicks shall be ignited immediately following the heptane pan ignition.
	46.3.5	The heptane in the pan located beneath the crib is to be ignited and the heptane soaked cotton wicks placed on bricks are to be ignited immediately following the heptane pan ignition.		
中譯	46.3.4	將 16 ounces (0.5 liter) 水和 8 ounces (0.24 liter) 庚烷倒入放置於距離牆面 2 inch(50 mm) 木堆正下方的火盆中。	7.18.17	木堆將以裝有庚烷的火盆引燃，而模擬傢俱則會以兩根浸滿庚烷的棉芯(長度為 150mm，直徑為 6.4mm 直徑)引燃。將 0.5 升的水與 0.25 升的庚烷倒入置於木堆下方的火盆。當木堆下方火盆中的庚烷被點燃時，將伴隨放置於磚塊上之被浸滿庚烷的棉芯。
	46.3.5	當木堆下方火盆中的庚烷被點燃時，將伴隨引燃放置於磚塊上之浸滿庚烷的棉芯。		

備註：粗體文字為兩者規範差異之處。

規範	UL1626		ISO 6182-10	
	條文	內容	條文	內容
原文	46.3.6	The fire test is to be conducted for 30 minutes after the ignition of the wood crib, unless after 10 minutes, all the combustibles are extinguished or only the wood crib is sustaining combustion at which point the test is to be terminated. The water flow to the sprinklers is to be the minimum flow rate specified in the installation instructions for the sprinkler coverage area tested.	7.18.19	The fire test shall be conducted for 30 minutes after the ignition of the wood crib, unless after 10 minutes, all the combustibles are extinguished or only the wood crib is sustaining combustion at which point the test shall be terminated. The water flow rate for the test shall be the minimum specified in the manufacturer's installation instructions for the sprinkler coverage area tested and not less than the flow values specified in Table 6. In addition, the water flow rate shall be the same for single and multiple operating sprinklers.
中譯	46.3.6	單次燃燒試驗共計執行 30 分鐘，但若在引燃 10 分鐘後，所有可燃物被撲滅或僅剩木堆仍持續燃燒時，則此時實驗可終止。撒水頭的流量設計應參考安裝手冊，對應防護半徑所需最小流量。	7.18.19	單次燃燒試驗共計執行 30 分鐘，但若在引燃 10 分鐘後，所有可燃物被撲滅或僅剩木堆仍持續燃燒時，則此時實驗即可結束。撒水頭的流量設計應按照製造商安裝手冊，對應其防護半徑所需最小流量且不低於表 6 規定的流量值。此外，進行單顆或多顆撒水頭測試，各撒水頭測試水量都應相同。

備註：粗體文字為兩者規範差異之處。

規範	UL1626		ISO 6182-10	
	條文	內容	條文	內容
原文	46.3.6 (續)	In addition, for sprinklers having a pressure rating greater than 175 psig (1.2 Mpa), tests are to be conducted at the maximum rated spacing using a flow corresponding to a pressure of 75 psig (517 kPa) less than the rated pressure.	7.18.22	For sprinklers having a pressure rating greater than 1.2 Mpa(12 bar), tests are to be conducted at the maximum rated spacing using a flow corresponding to a pressure of 0.5MPa(5 bar) less than the rated pressure.
中譯	46.3.6 (續)	此外，對於額定壓力大於 175 psig (1.2Mpa) 的撒水頭，應在最大額定間距下進行試驗，最小需使用 75 磅/平方英寸 (517Kpa) 壓力。	7.18.22	此外，對於額定壓力大於 1.2Mpa(12 bar)的撒水頭，應在最大額定間距下進行試驗，最小需使用 0.5Mpa(5 bar)壓力。

備註：粗體文字為兩者規範差異之處。

規範	UL1626		ISO 6182-10	
	條文	內容	條文	內容
原文	46.4 46.4.1	Supplementary test When sprinkler coverage areas exceed 12 by 12 feet (3.7 by 3.7 m), and the sprinkler has not been investigated for a 12 by 12 foot (3.7 by 3.7 m) area using the same or a lesser flow rate as the next larger rated coverage area, the tests specified in 46.1.1 – 46.3.6 are to be repeated in a room size corresponding to a 12 by 12 foot (3.7 by 3.7 m) coverage area, using a water flow rate corresponding to the minimum flow rate required for the next larger coverage area.	7.18.21	When sprinkler coverage areas exceed 3.6m×3.6m, and the sprinkler has not been investigated for a 3.6m×3.6m area using the same or a lesser flow rate as the next larger rated coverage area, the tests specified in 7.18.1 to 7.18.21 shall be repeated in a room size corresponding to a 3.6m×3.6m coverage area, using a water flow rate corresponding to the minimum flow rate required for the next larger coverage area.
	46.4 46.4.1	補充測試 當撒水頭防護面積超過 12ft×12ft (3.7m×3.7m)，且該撒水頭尚未探討以相等或較小流量來測試 12ft×12ft (3.7m×3.7m) 防護面積時，可依據圖 46.1.1-46.3.6 中的房間尺寸模擬 12×12 英尺 (3.7×3.7 米) 的防護面積進行測試，以換算更大防護面積下，最小流量需求。	7.18.21	當撒水頭防護面積超過 3.6m×3.6m，且該撒水頭尚未探討以相等或較小流量來測試 3.6m×3.6m 防護面積時，可依據圖 7.18.1-7.18.21 中的空間尺寸模擬 12×12 英尺 (3.7×3.7 米) 的防護面積進行測試，以換算更大防護面積下，最小流量需求。

備註：粗體文字為兩者規範差異之處。

第三章 全尺寸性能實驗

本研究團隊深入研究當水自動滅火設備改設為開放式撒水系統之實際滅火效果，同時分析泡棉床墊起火對於居室空間有害氣體濃度變化之影響。期望本年度對於開放式撒水系統抑制火災之效果研究，能夠減少安養及長照服務機構發生火災所造成的財物損失與人員傷亡，同時研究成果也期望可推廣並應用至目前尚未設置水自動滅火設備之建築場所。

去年度已進行全尺度居室火災探測及滅火設備之實驗及驗證分析，並由實驗過程發現，利用偵煙探測器連動啟動撒水設備(細水霧撒水設備)，其啟動時間快於密閉濕式系統(一般自動撒水設備與水道連結型自動撒水設備)。因此本研究探討若將以密閉濕式系統設置的撒水設備改設為開放式系統之實際滅火效果。預計於雲林科技大學實驗室進行一系列全尺寸實驗，並加以分析開放式系統的啟動時機與滅火效果。本研究開放式撒水系統啟動時機之研究分析，預計選用六種市面上常見的火警探測器進行實驗，搭配不同火警探測器作為水自動滅火設備連結啟動設備之滅火效果差異。最終根據實驗結果，評估較適合作為開放式系統連結啟動設備的火警探測器，達到啟動時機有延長受困人員逃生時間的效果，且滅火效果也能有效抑制火勢成長。

第一節 全尺寸實驗空間規劃

本研究主要探討密閉居室發生火災時，設置不同水自動滅火設備，對火場煙流沉降與有毒氣體之危害影響。本研究討論將密閉濕式水自動滅火設備改設為開放式系統之滅火效果，實驗空間為長 7.5m × 寬 4m × 高 3m(面積約 30m²)，依據各類場所消防安全設備設置標準第 46 條第三項之規定，任一點至撒水頭之水平距離在 2.6m 以下，撒水頭間距在 3m 以上，且任一撒水頭之防護面積在 13m² 以下。實驗空間及撒水頭配置圖如圖 3-1、3-2 所示。

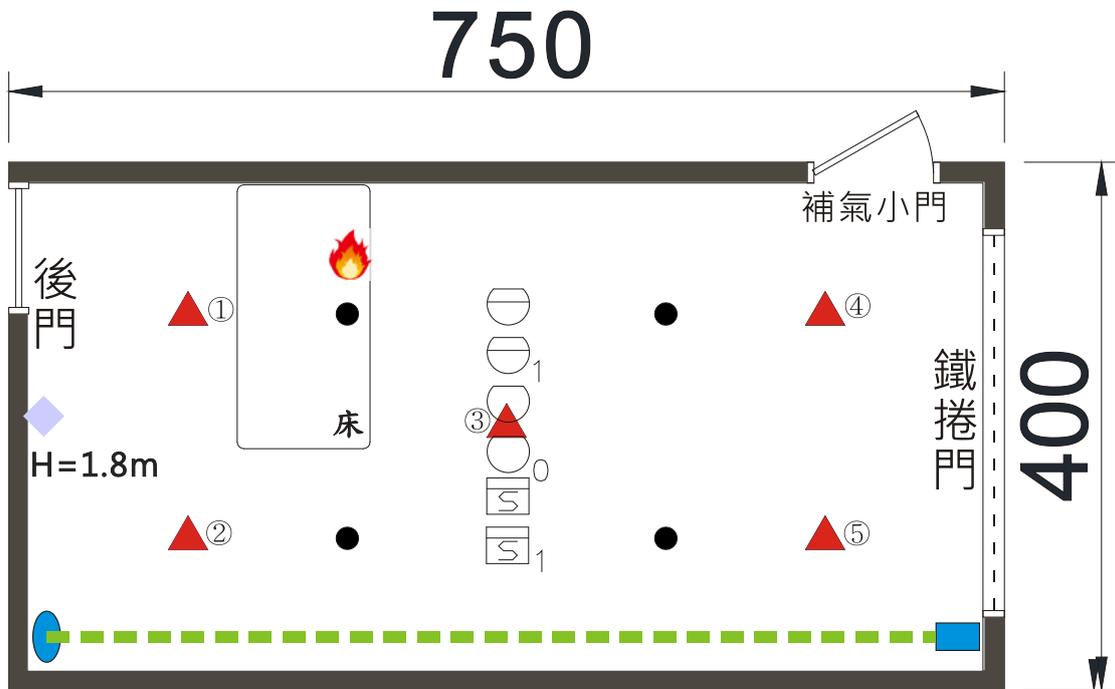


圖 3-1 全尺寸實驗空間平面圖

(資料來源：本研究整理)

圖例	
⊖	差動式局限型探測器(2種)
⊖ ₁	差動式局限型探測器(1種)
○	定溫式局限型探測器(1種)
○ ₀	定溫式局限型探測器(特種)
⊞	偵煙式局限型探測器(2種)
⊞ ₁	偵煙式局限型探測器(1種)
●	撒水頭安裝位置
▲	熱電偶樹
🔥	火源位置
◆	氣體濃度探測器
■	雷射煙層發射端
●	光敏式接收端





圖 3-2 實驗空間現況示意圖
(資料來源：本研究整理)

第二節 實驗設備與材料規格說明

一、撒水設備規劃：

依《各類場所消防安全設備設置標準》第46條第二款之規定，快速反應型撒水頭（第一種感度），各層任一點至撒水頭之水平距離在2.3m以下。但防火構造建築物，其水平距離得增加為2.6m以下。本研究以防護半徑為2.6m為基準來規劃撒水頭位置，繪製撒水頭防護網，確立撒水頭設置數量，如圖3-3所示：

表 3-1 實驗空間撒水頭數量表

撒水頭類型	防護半徑	所需撒水頭數量(顆)
水道連結型	2.6m	4

細水霧	2.6m	4
一般型	2.6m	4

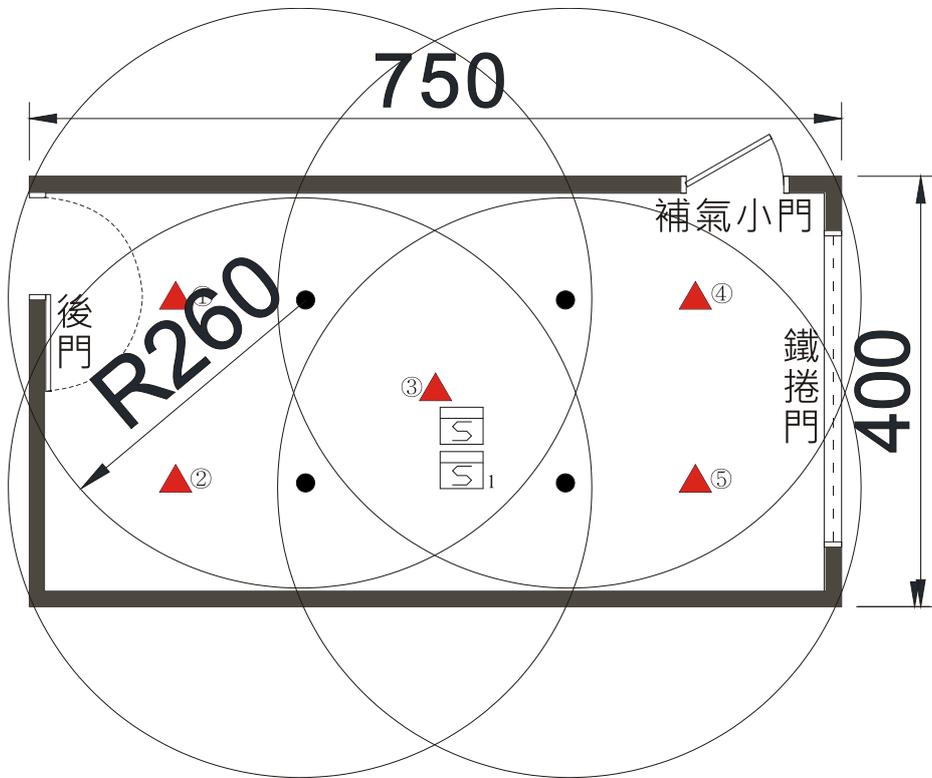


圖 3-3 撒水頭防護半徑覆蓋圖

(資料來源：本研究整理)

(1) 水道連結型自動撒水設備：

本研究團隊之水道連結型撒水設備所採用的撒水頭為第一種感度易熔元件型水道式撒水頭，其標稱溫度為 72°C，依據《密閉式撒水頭認可基準修正規定》，易熔元件型撒水頭作動溫度應在標示溫度之 97~103% 之間，即為 69.8~74.1°C 之間。在試驗氣流溫度 135°C，氣流速度 1.8m/s 的條件下，若室溫設定為 30°C，其動作時間依《密閉式撒水頭認可基準修正規定》第 10 頁公式計算，應在 26 秒內。本研究水道連結型撒水頭規格如下說明：

表 3-2 水道連結型撒水頭_規格表

項目	數值/說明
標稱溫度	72 (°C)
防護半徑	2.6 (m)
防護面積	13 (m ²)
放水量	43 (LPM)
設備啟動方式	易熔金屬_感溫熔斷啟動

(資料來源：本研究整理)

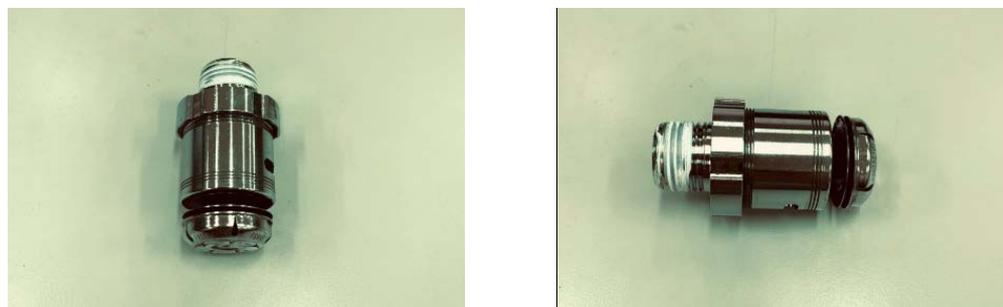


圖 3-4 水道連結型撒水頭實體圖

(資料來源：本研究整理)

(2) 一般型自動撒水設備：

本研究團隊之一般型水自動滅火設備所採用的撒水頭為一般反應型(第二種感度)玻璃球式撒水頭，其標稱溫度為 68°C，依據《密閉式撒水頭認可基準修正規定》，玻璃球式撒水頭作動溫度應在標示溫度之 95~115%之間，即為 64.6~78.2°C之間。在試驗氣流溫度 197°C，氣流速度 2.5m/s 的條件下，若室溫假定 30°C，其動作時間依《密閉式撒水頭認可基準修正規定》第 10 頁的公式計算，應在 65 秒內。本研究一般型撒水頭規格如下說明：

表 3-3 一般型撒水頭_規格表

項目	數值/說明
標稱溫度	68 (°C)
防護範圍	2.3 (m)
防護面積	13 (m ²)
流量特性係數	80 (LPM)
設備啟動方式	玻璃球破裂啟動

(資料來源：本研究整理)



圖 3-5 水道連結型撒水頭實體圖

(資料來源：本研究整理)

(3)細水霧撒水設備：

細水霧自動撒水設備啟動條件係藉由偵煙探測器偵知火災後連動啟動，而非透過溫度感知固定溫度啟動。本研究所採用之細水霧撒水頭規格如下說明：

表 3-4 細水霧撒水頭_規格表

項目	數值/說明
啟動壓力	4 (kg/cm ²)

流量特性係數	7 (LPM)
設備啟動方式	火警探測器連動

(資料來源：本研究整理)



圖 3-6 水道連結型撒水頭實體圖

(資料來源：本研究整理)

二、溫度量測設備：

火源附近架設熱電偶樹(Thermocouple Tree)，量測火場溫度變化。熱電偶規格為 K-type，直徑為 0.3mm，最高量測溫度為 1,000°C，詳細熱電偶規格如表 3-4 所示。熱電偶樹裝設位置以距離地面 1.0m 處為第一點，而後每隔 0.5m 設置一點，一串熱電偶樹共計五個量測點，本實驗空間共設置 5 束熱電偶樹。為避免訊號受煙流或溫度影響，本研究團隊於熱電偶線外層包覆一隔熱材料。

表 3-5 熱電偶線規格

規格	圖示
<ul style="list-style-type: none"> ◎ 規格：0.32mm × 2C ◎ 材質：鐵氟龍 Teflon ◎ 適用：K TYPE ◎ 量測溫度範圍：≤1,000°C 	

(資料來源：本研究整理)

三、數據收集系統：

數據擷取裝置主要功能為將實驗過程中，熱電偶(溫度)及煙層量測設備(遮蔽率)之量測數值進行即時傳輸並記錄。因此所選用的數據收集系統需滿足高頻率且多點數據收集，同時兼備大容量的儲存空間，本研究數據收集系統如圖 3-7 所示。

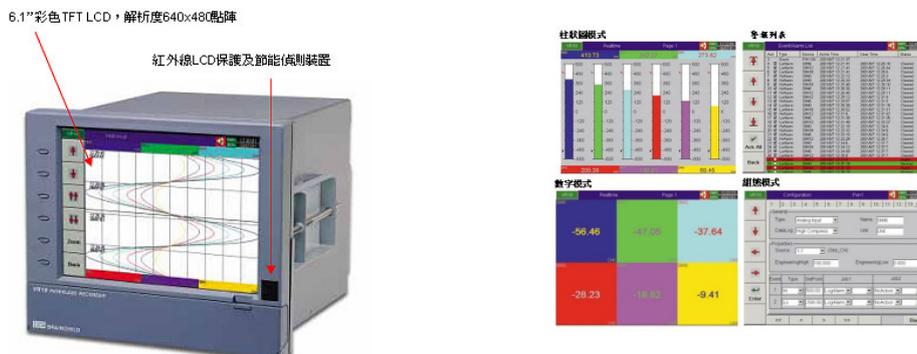


圖 3-7 無紙式紀錄器數據收集系統主機及量測畫面

(資料來源：本研究整理)

四、影像收集系統

為完整保存實驗過程作為後續火場情況分析使用。本研究在實驗空間周遭架設相機以錄製實驗情形。錄製內容包含火源燃燒的情形、撒水頭的作動情形、煙層沉降狀況等。

五、煙層量測設備

本研究團隊於實驗空間內設置煙層量測設備，用以量測實驗空間火場煙層隨時間的變化量。煙層量測設備主要部件可分為發射端與接收端，採用「雷射煙層量測設備—光敏電阻法」，運用 Beer-Lambert 定律(平行單色可見光能量之衰減原理)。當光源受煙層遮蔽時，將造成接收端電壓值變化，而後經計算轉換相應遮蔽率。煙層量測設備設置以離地 1.0m 為第一點，每隔 1.0m 加設一點，共計 3 點，其煙層量測設備架設方式如圖 3-8 所示。



(左)發射端



(右)接收端

圖 3-8 煙層量測設備裝設示意圖

(資料來源：本研究整理)

六、火警探測器

本研究主要探討將原密閉濕式水自動滅火設備改設為開放式系統之滅火效果分析。一般而言，開放式系統主要以火警探測器作為連結啟動設備，本研究團隊收集市面常見的火警探測器，包含偵煙式、定溫式、差動式等類型，詳細火警探測器設備規格如表 3-6、圖 3-9 所示。

表 3-6 火警探測器_設備規格表

項次	類型	圖示
一	偵煙式探測器(一種)	
二	偵煙式探測器(二種)	
三	定溫式探測器(特種)	
四	定溫式探測器(一種)	
五	差動式探測器(一種)	
六	差動式探測器(二種)	

(資料來源：本研究整理)

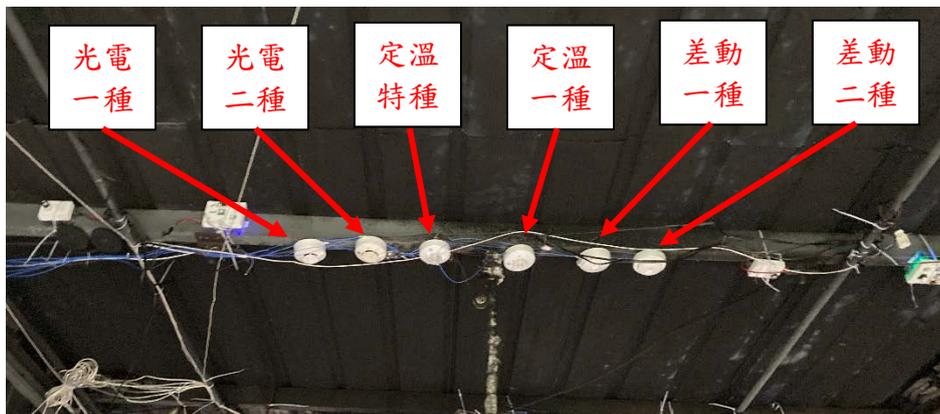


圖 3-9 火警探測器實驗現場裝設圖
(資料來源：本研究整理)

七、氣體量測設備

本研究為瞭解水滅火系統撒水對於居室空間有害氣體濃度變化影響之探討，本研究將在實驗空間的牆面之距離地面 1.8m 處，設置氧氣、一氧化碳及二氧化碳的偵測器，以量測實驗過程中氣體濃度變化，作為後續評估待援住民與救援人員室內危害氣體濃度變化之指標，實際裝設情況如圖 3-10 所示。

表 3-7 氣體量測設備規格表

項次	類型	量測範圍
一	一氧化碳_量測設備	0 ~ 1,000 (PPM)
二	二氧化碳_量測設備	0 ~ 10,000 (PPM)
三	氧氣_量測設備	0 ~ 25(%VOL)

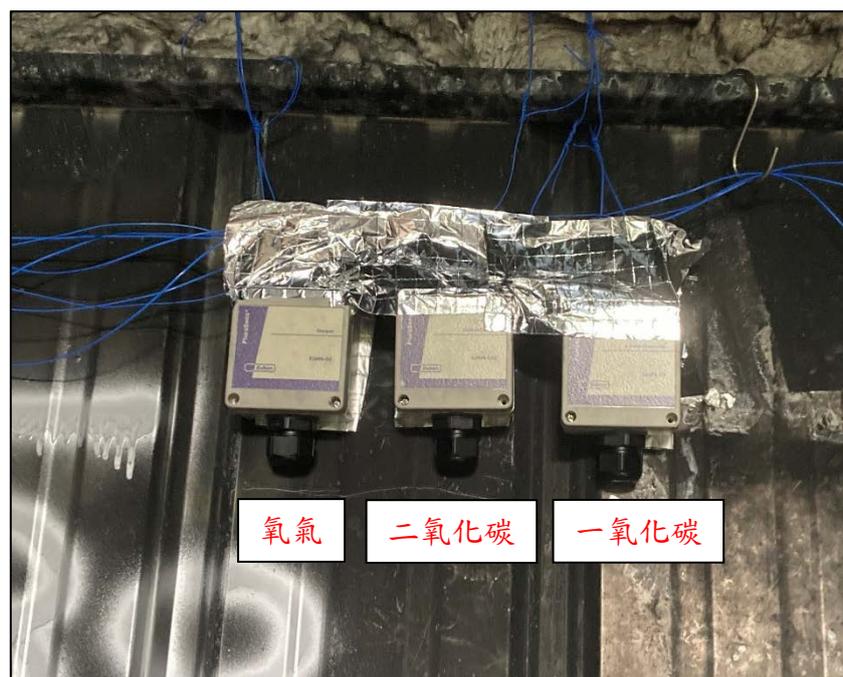


圖 3-10 氣體量測設備現場裝設圖
(資料來源：本研究整理)

第三節 實驗規劃與實驗結果

本研究團隊係透過全尺寸實驗，探討水自動滅火設備由密閉濕式系統改設為開放式系統之滅火效果變化，以及對居室空間有害氣體濃度變化與火場環境的影響。期望本年度對水自動滅火設備之設置系統實際效果加以瞭解，以期迅速發現火源且有效控制火勢之方案，減少建築物發生火災時之人員傷亡及財物損失。

本年度全尺寸實驗規劃如下：

表 3-8 水自動滅火設備實驗總表

項目	撒水設備種類	系統類型	啟動條件
實驗一	無撒水	—	—
實驗二	水道連結型	密閉濕式	感溫金屬熔斷起動
實驗三	水道連結型	開放式	以光電一種連結起動
實驗四	水道連結型	開放式	以定溫一種連結起動
實驗五	一般自動撒水	密閉濕式	感溫金屬熔斷起動
實驗六	一般自動撒水	開放式	以光電一種連結起動
實驗七	一般自動撒水	開放式	以定溫一種連結起動
實驗八	細水霧	開放式	以光電一種連結起動
實驗九	細水霧	開放式	以定溫一種連結起動

(資料來源：本研究整理)

實驗操作步驟：

- (一)安裝熱電偶線、火警探測器、雷射煙層量測設備，同時將電腦及實驗設備與數據收集系統連結。實驗開始前，再次確認訊號源傳輸及紀錄是否正常。
- (二)實驗開始：利用手持式打火機，將打火機火源接觸床墊之床緣進行引火，時間固定為十秒。
- (三)紀錄從點火開始至火源撲滅或熄滅之實驗數據，內容包含溫度、煙層遮蔽值、CO 氣體濃度、CO₂ 氣體濃度、撒水頭啟動時間、火警探測器啟動時間。
- (四)火源撲滅或實驗超過 15 分鐘時，即為實驗結束。
- (五)實驗結束後，開啟排煙設備及各出入口，將起火室內熱煙排出室外，當所有量測數值回歸初始條件且各種火警探測器均更換為新品後，即可進行後續實驗。

實驗一_溫度結果

實驗一	
撒水設備種類	無撒水設備
撒水頭_作動設定	—
撒水頭_總放水量	—
撒水頭_放射壓力	—

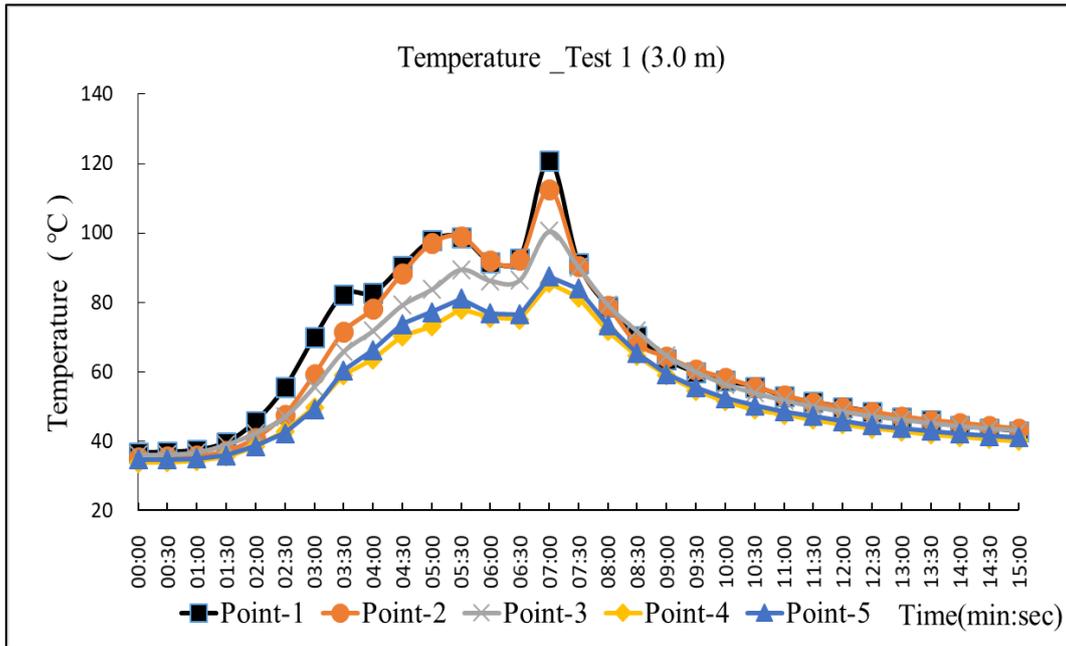


圖 3-11 實驗一_溫度量測曲線圖(距離地面 3.0m 處)

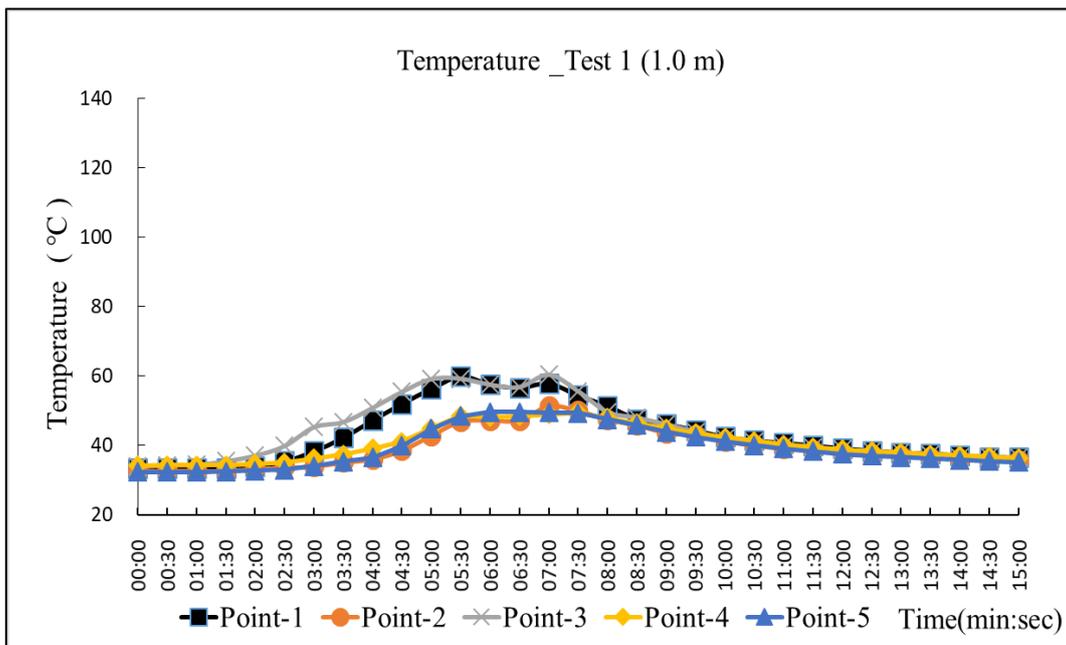


圖 3-12 實驗一_溫度量測曲線圖(距離地面 1.0m 處)

(圖 3-11、圖 3-12 資料來源：本研究整理)

實驗一_煙層、氧氣結果

實驗一	
撒水設備種類	無撒水設備
撒水頭_作動設定	—
撒水頭_總放水量	—
撒水頭_放射壓力	—

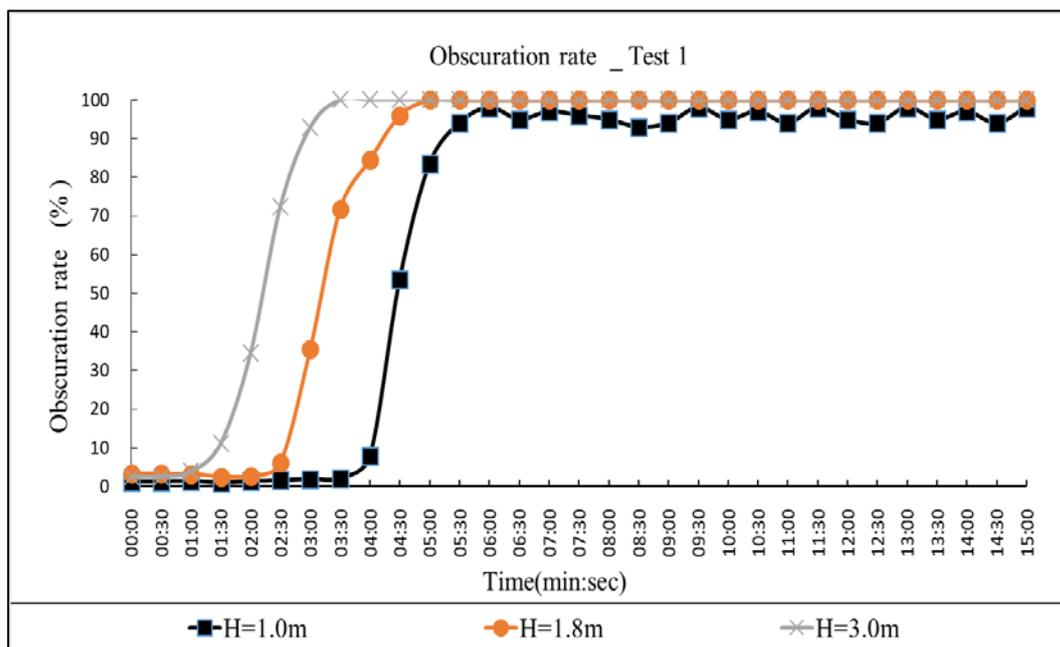


圖 3-13 實驗一_煙層高度曲線圖

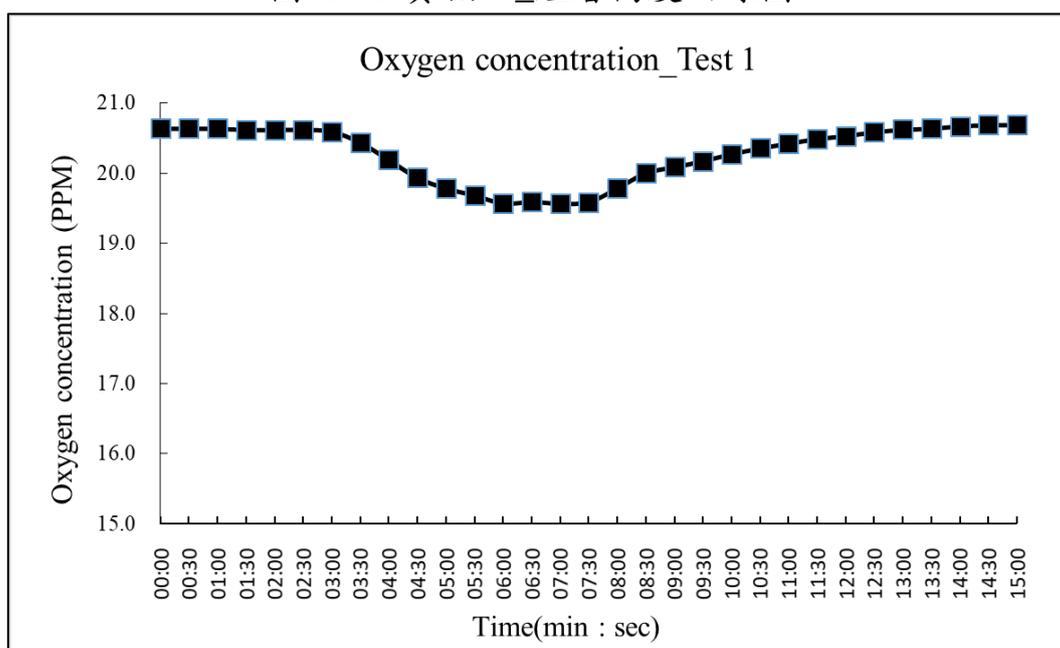


圖 3-14 實驗一_氧氣量測曲線圖

(圖 3-13、圖 3-14 資料來源：本研究整理)

實驗一_一氧化碳、二氧化碳結果

實驗一	
撒水設備種類	無撒水設備
撒水頭_作動設定	—
撒水頭_總放水量	—
撒水頭_放射壓力	—

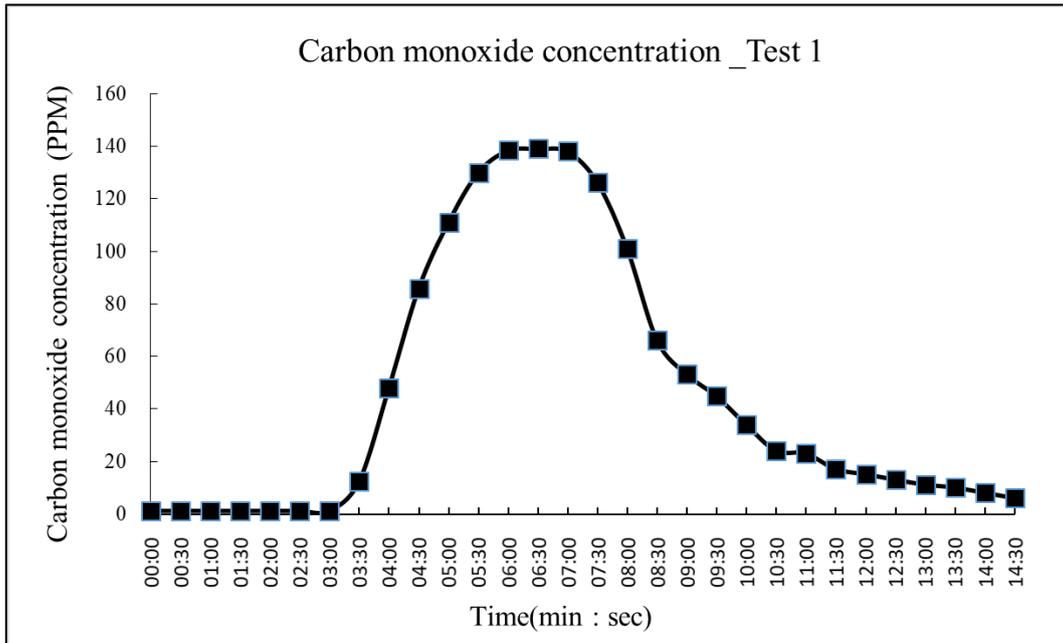


圖 3-15 實驗一_一氧化碳量測曲線圖

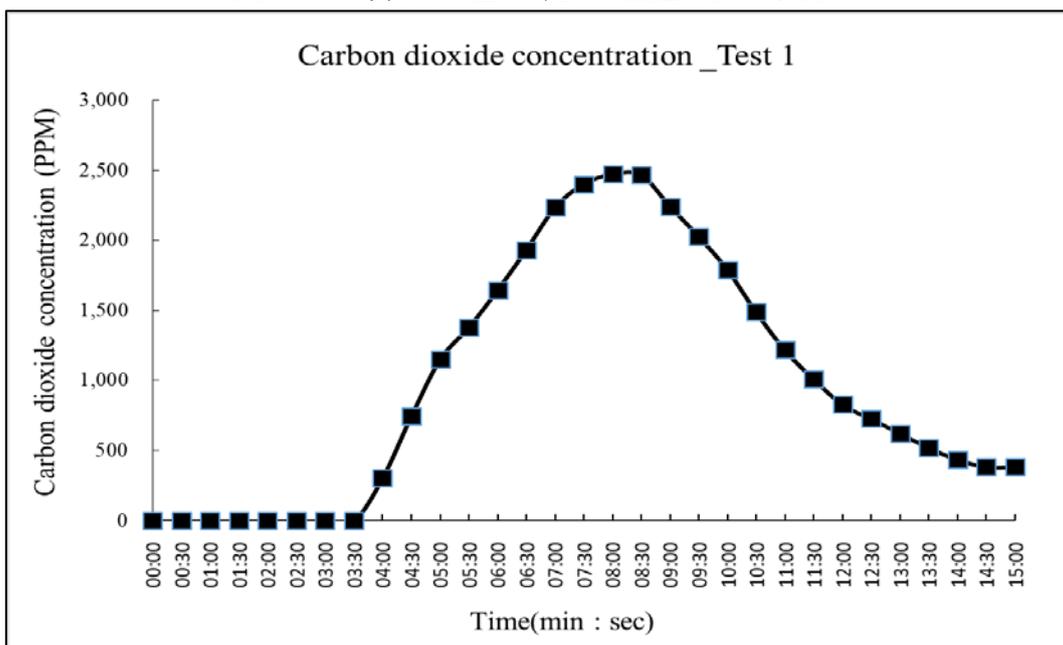


圖 3-16 實驗一_二氧化碳量測曲線圖

(圖 3-15、圖 3-16 資料來源：本研究整理)

實驗二_溫度結果

實驗二	
撒水設備種類	水道連結型(密閉濕式系統)
撒水頭_作動設定	感溫金屬熔斷
撒水頭_總放水量	43LPM
撒水頭_放射壓力	1.5 kg/cm ²

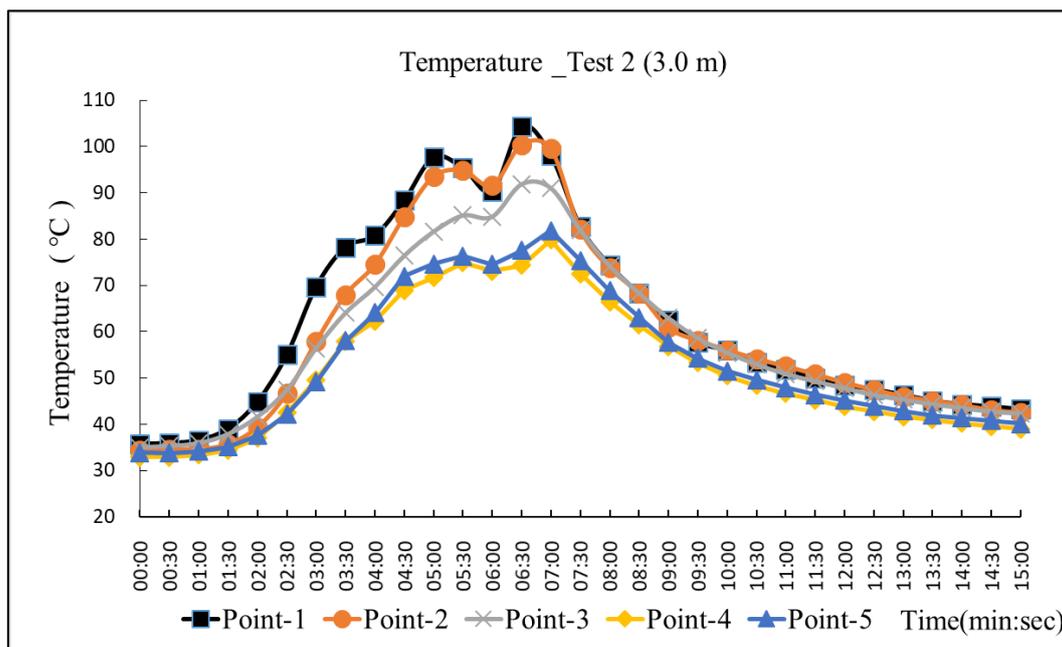


圖 3-17 實驗二_溫度量測曲線圖(距離地面 3.0m 處)

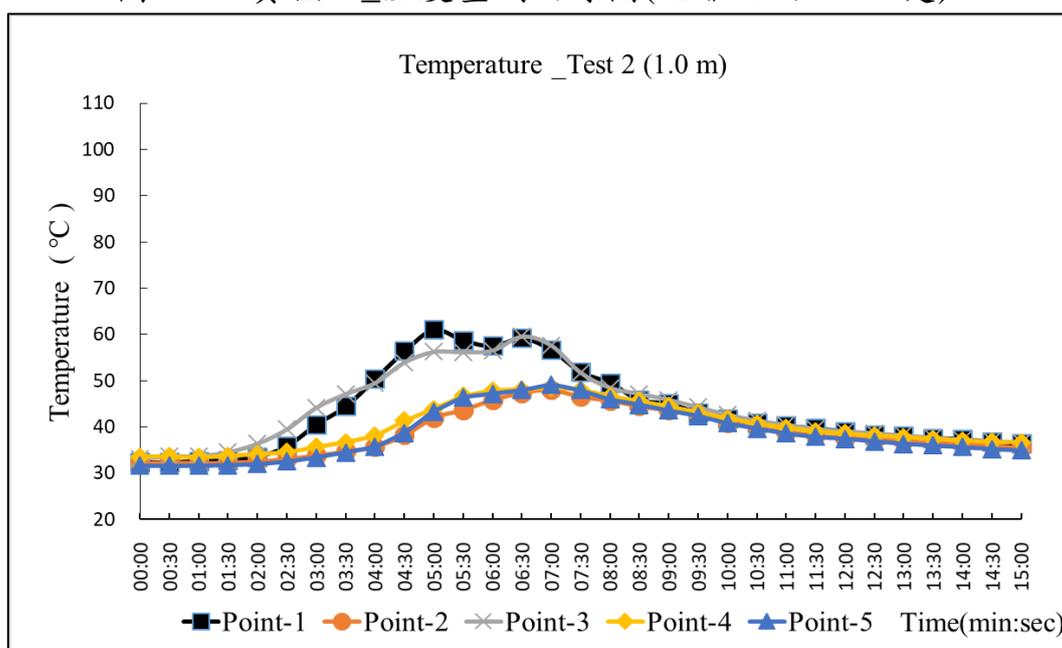


圖 3-18 實驗二_溫度量測曲線圖(距離地面 1.0m 處)

(圖 3-17、圖 3-18 資料來源：本研究整理)

實驗二_煙層、氧氣結果

實驗二	
撒水設備種類	水道連結型(密閉濕式系統)
撒水頭_作動設定	感溫金屬熔斷
撒水頭_總放水量	43LPM
撒水頭_放射壓力	1.5 kg/cm ²

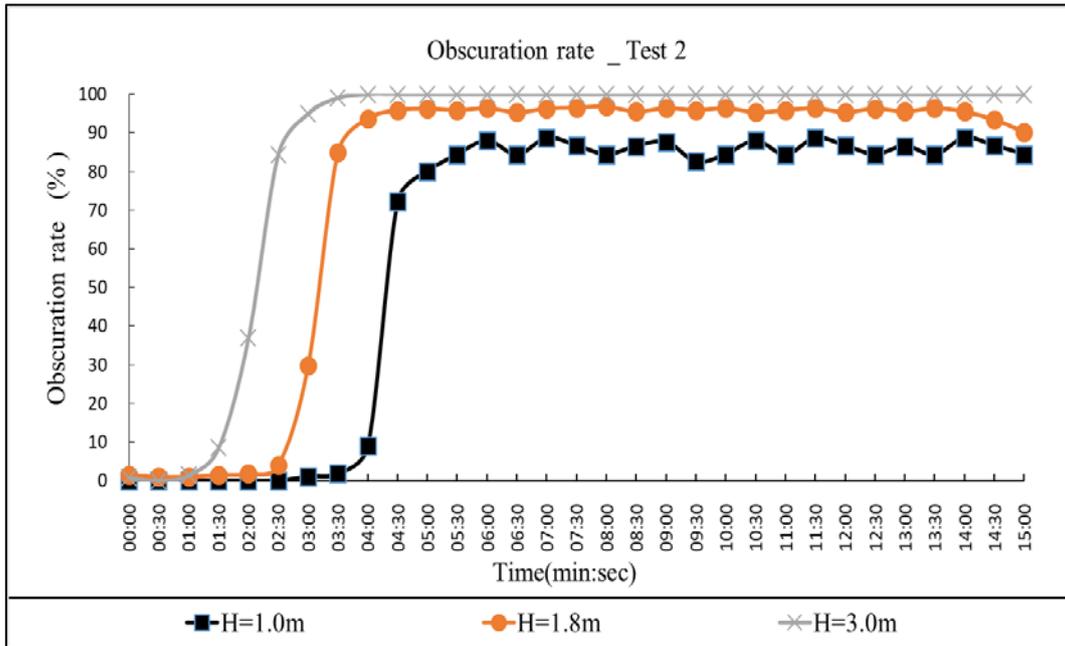


圖 3-19 實驗二_煙層高度曲線圖

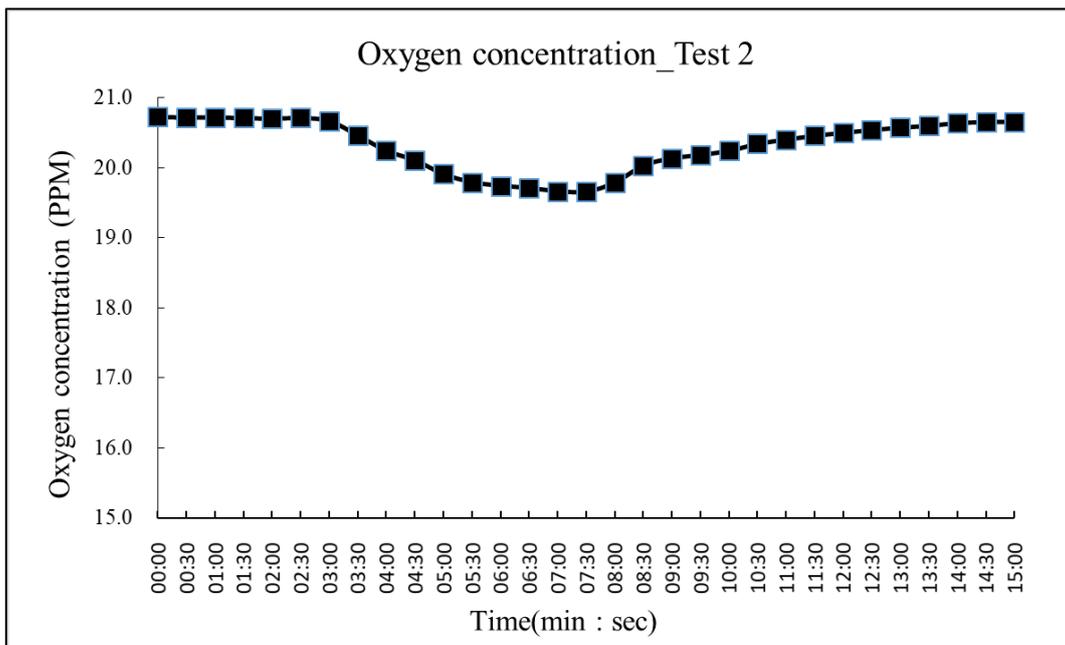


圖 3-20 實驗二_氧氣量測曲線圖

(圖 3-19、圖 3-20 資料來源：本研究整理)

實驗二_一氧化碳、二氧化碳結果

實驗二	
撒水設備種類	水道連結型(密閉濕式系統)
撒水頭_作動設定	感溫金屬熔斷
撒水頭_總放水量	43LPM
撒水頭_放射壓力	1.5 kg/cm ²

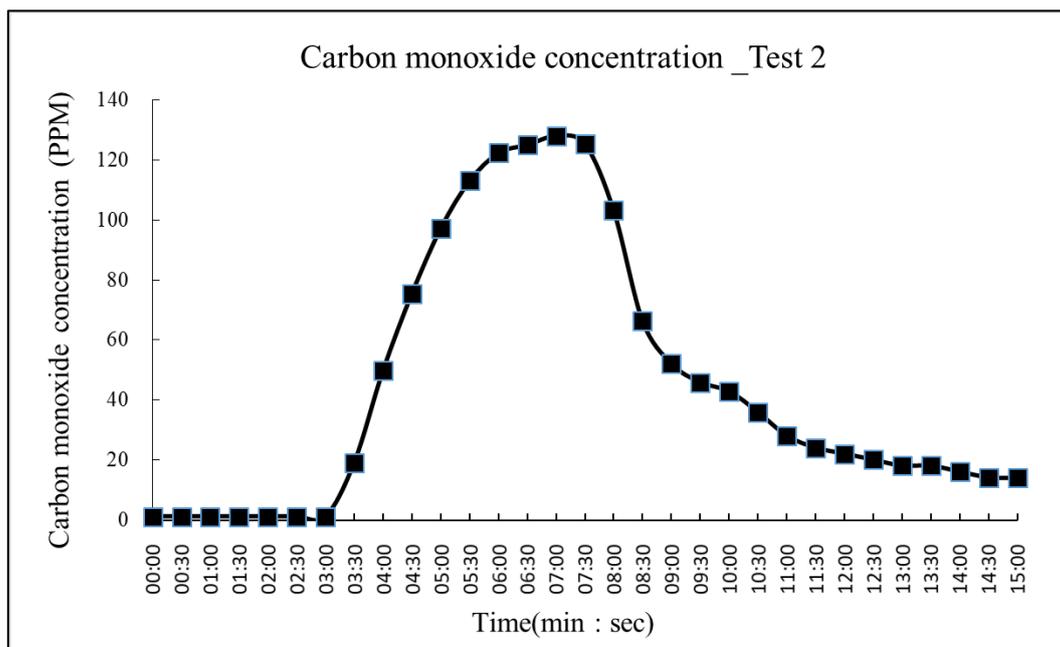


圖 3-21 實驗二_一氧化碳量測曲線圖

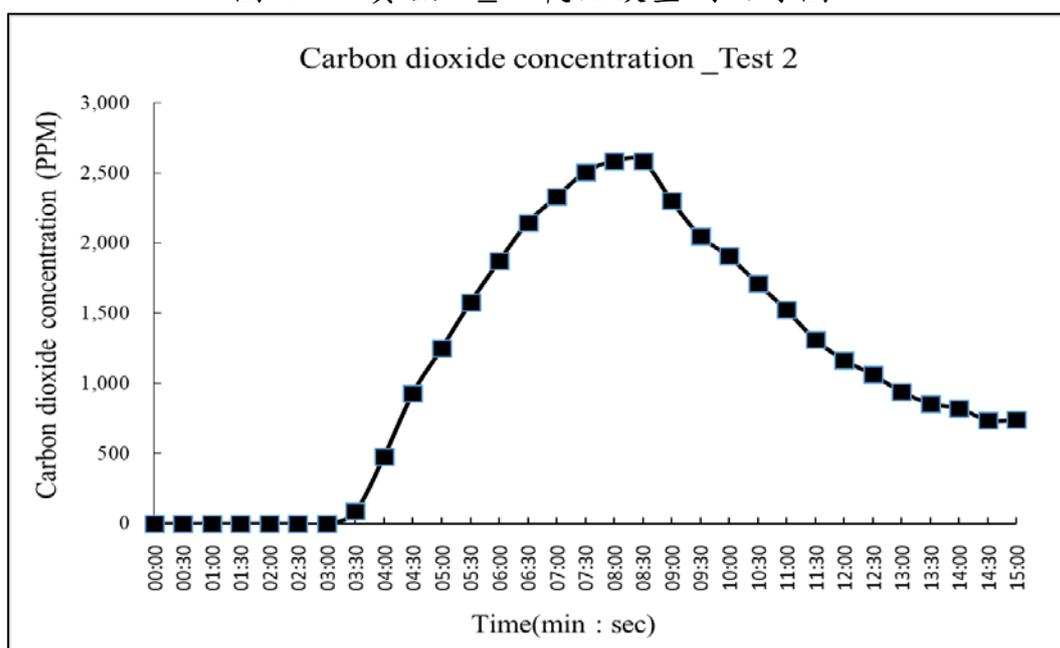


圖 3-22 實驗二_二氧化碳量測曲線圖

(圖 3-21、圖 3-22 資料來源：本研究整理)

實驗三_溫度結果

實驗三	
撒水設備種類	水道連結型(開放式系統)
撒水頭_作動設定	以光電一種連結啟動
撒水頭_總放水量	43LPM
撒水頭_放射壓力	1.5 kg/cm ²

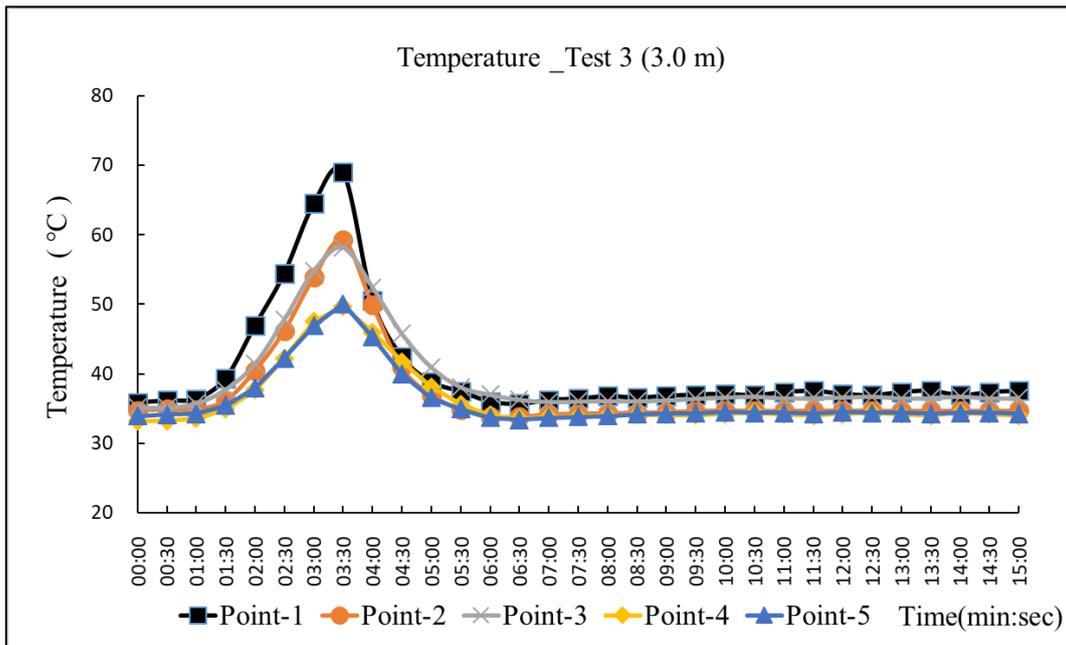


圖 3-23 實驗三_溫度量測曲線圖(距離地面 3.0m 處)

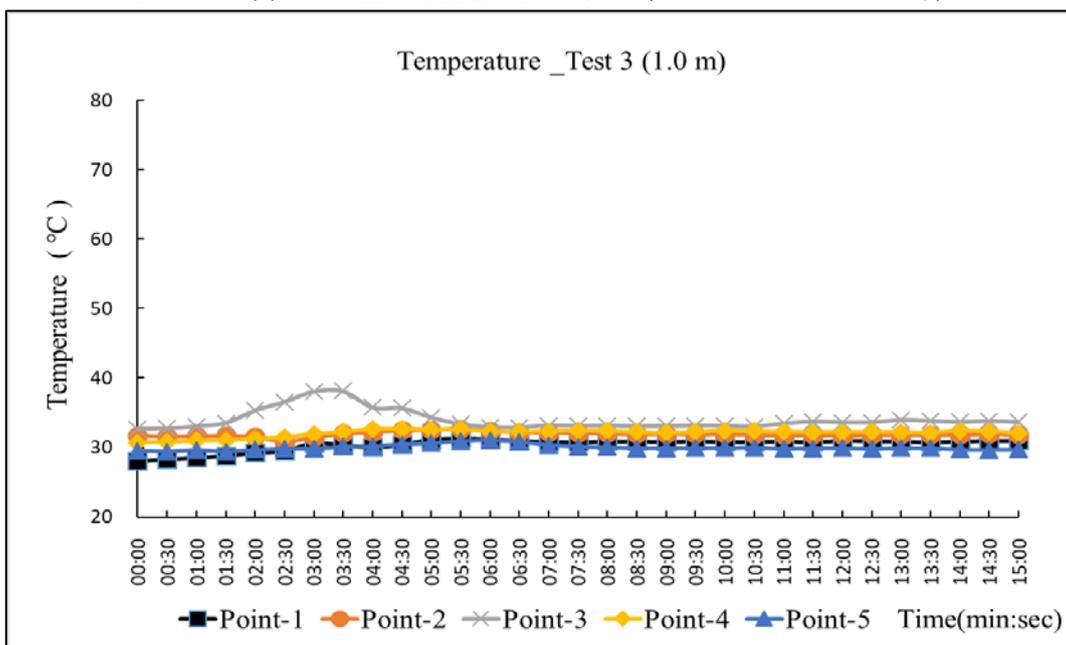


圖 3-24 實驗三_溫度量測曲線圖(距離地面 1.0m 處)

(圖 3-23、圖 3-24 資料來源：本研究整理)

實驗三_煙層、氧氣結果

實驗三	
撒水設備種類	水道連結型(開放式系統)
撒水頭_作動設定	以光電一種連結啟動
撒水頭_總放水量	43LPM
撒水頭_放射壓力	1.5 kg/cm ²

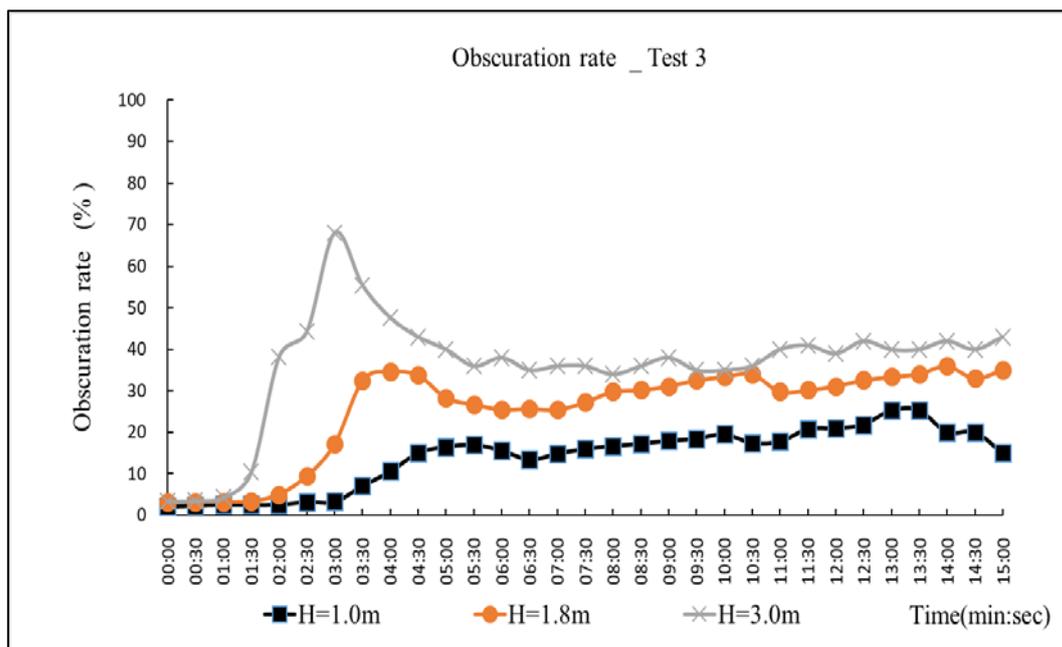


圖 3-25 實驗三_煙層高度曲線圖

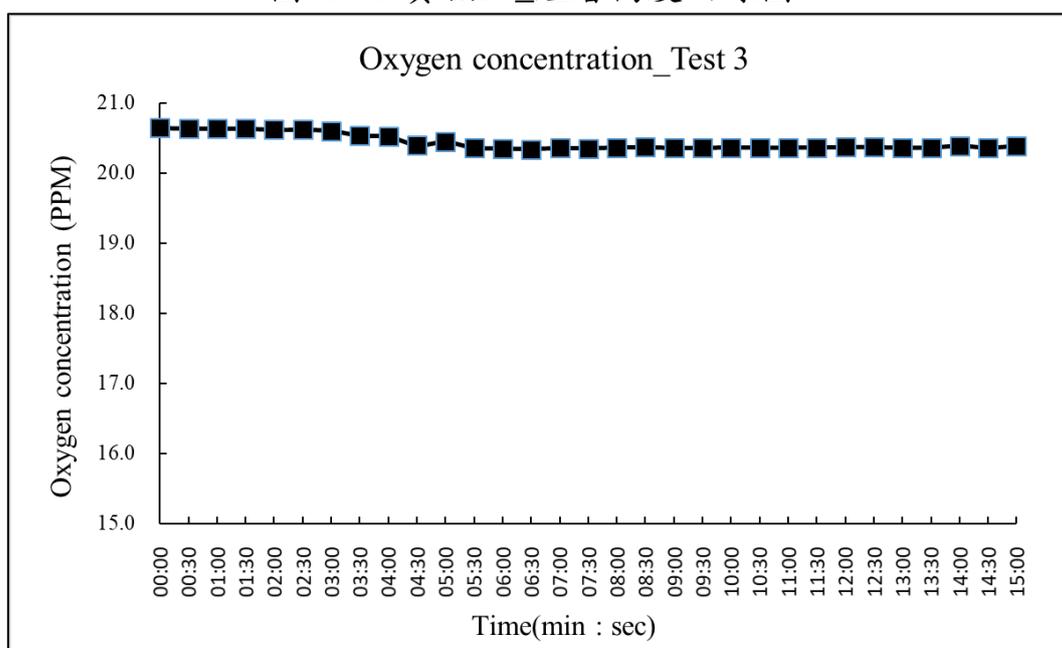


圖 3-26 實驗三_氧氣量測曲線圖

(圖 3-25、圖 3-26 資料來源：本研究整理)

實驗三_一氧化碳、二氧化碳結果

實驗三	
撒水設備種類	水道連結型(開放式系統)
撒水頭_作動設定	以光電一種連結啟動
撒水頭_總放水量	43LPM
撒水頭_放射壓力	1.5 kg/cm ²

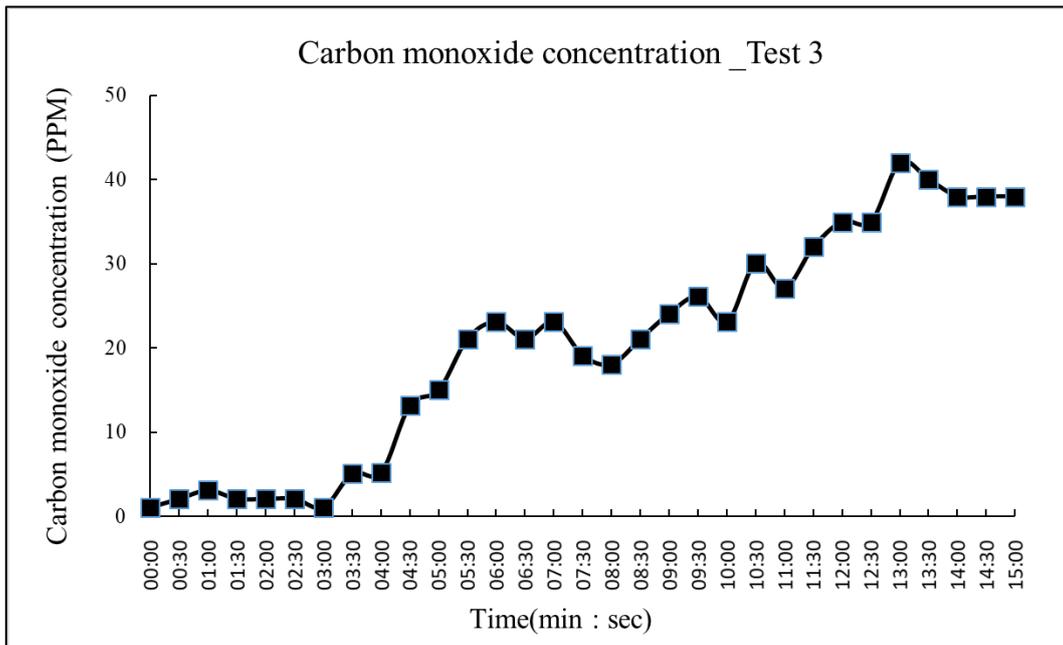


圖 3-27 實驗三_一氧化碳量測曲線圖

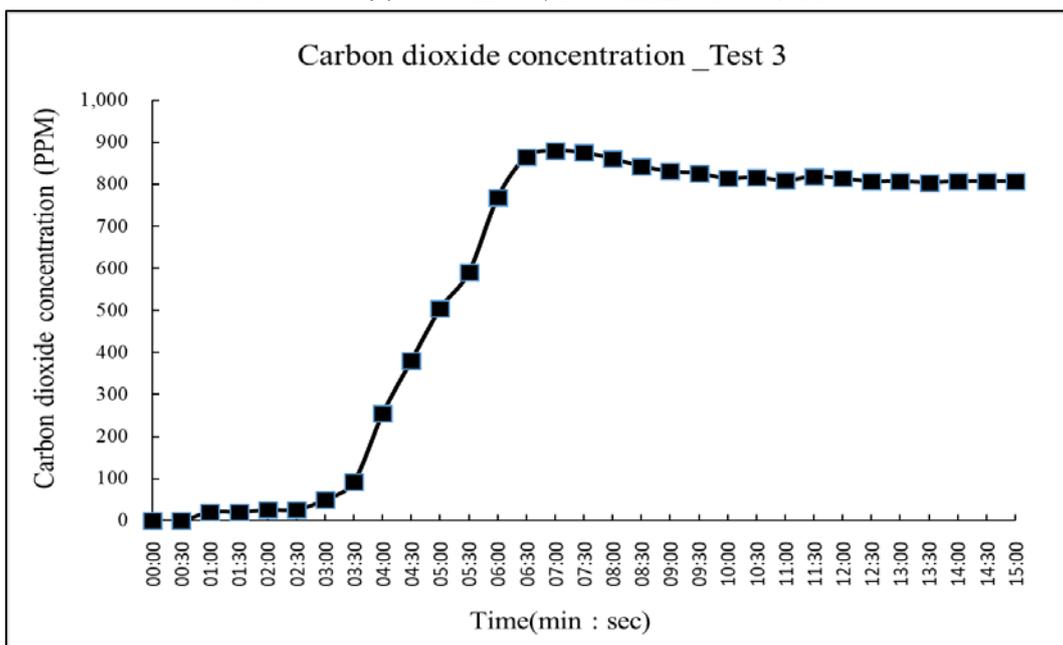


圖 3-28 實驗三_二氧化碳量測曲線圖

(圖 3-27、圖 3-28 資料來源：本研究整理)

實驗四_溫度結果

實驗四	
撒水設備種類	水道連結型(開放式系統)
撒水頭_作動設定	以定溫一種連結啟動
撒水頭_總放水量	43LPM
撒水頭_放射壓力	1.5 kg/cm ²

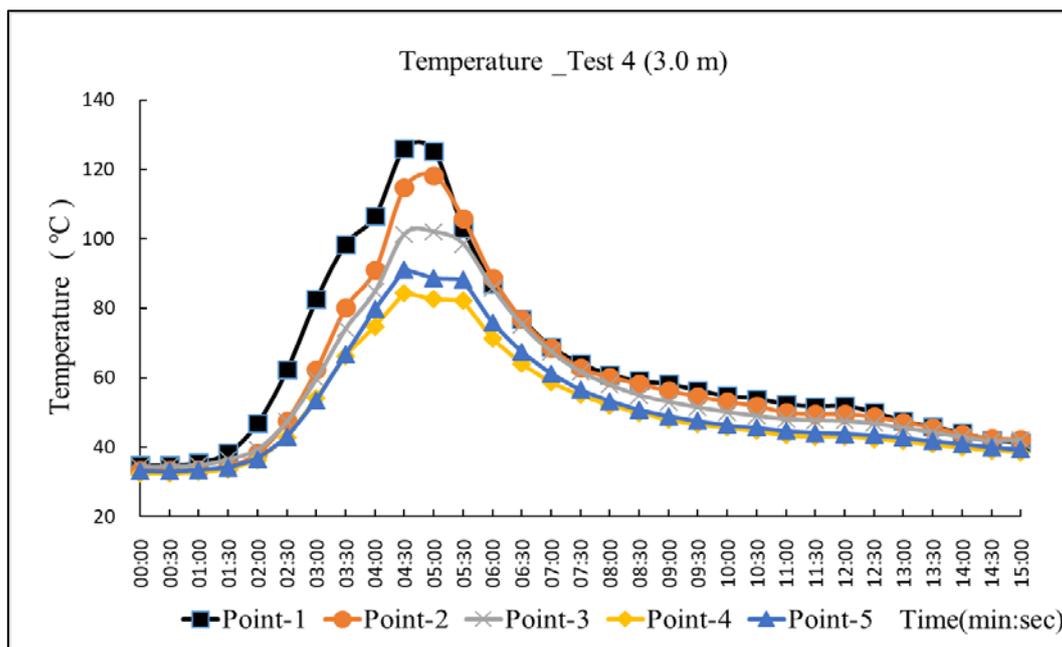


圖 3-29 實驗四_溫度量測曲線圖(距離地面 3.0m 處)

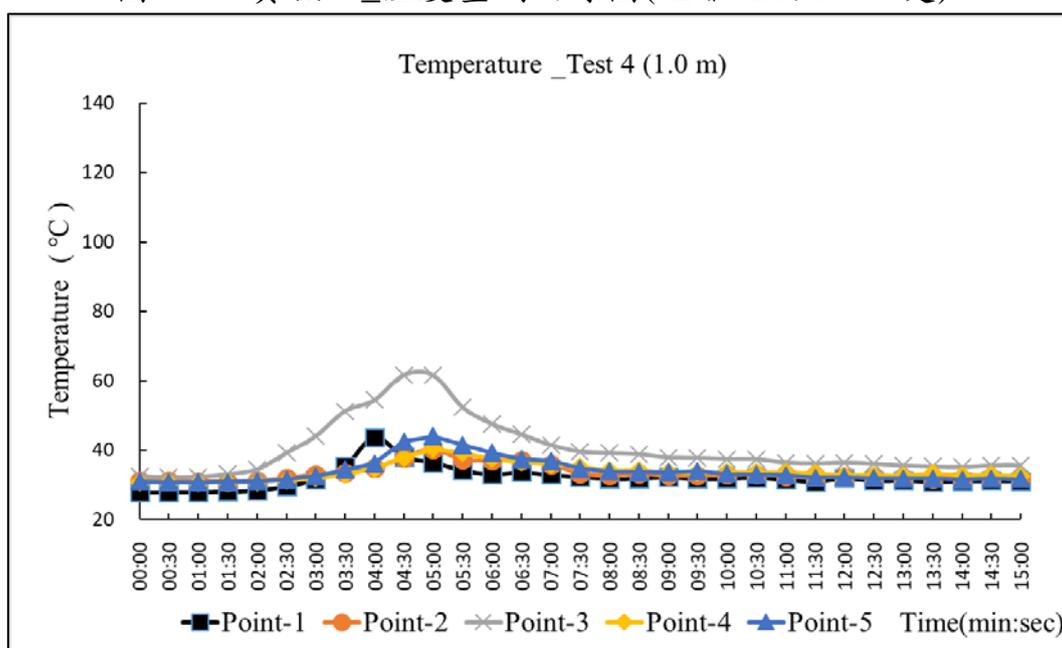


圖 3-30 實驗四_溫度量測曲線圖(距離地面 1.0m 處)

(圖 3-29、圖 3-30 資料來源：本研究整理)

實驗四_煙層、氧氣結果

實驗四	
撒水設備種類	水道連結型(開放式系統)
撒水頭_作動設定	以定溫一種連結啟動
撒水頭_總放水量	43LPM
撒水頭_放射壓力	1.5 kg/cm ²

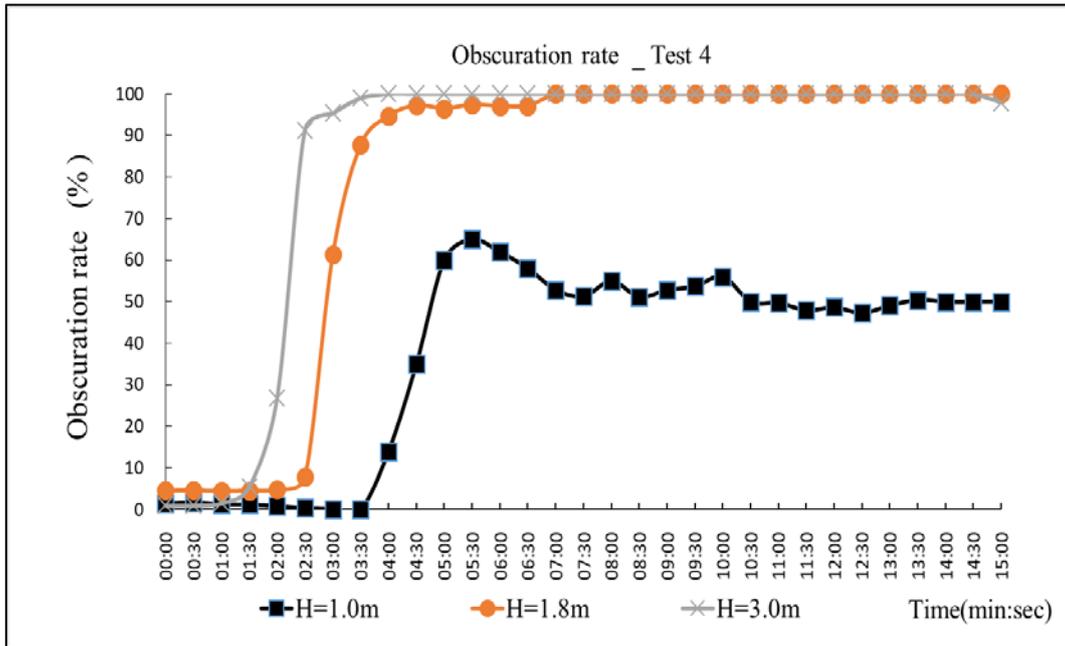


圖 3-31 實驗四_煙層高度曲線圖

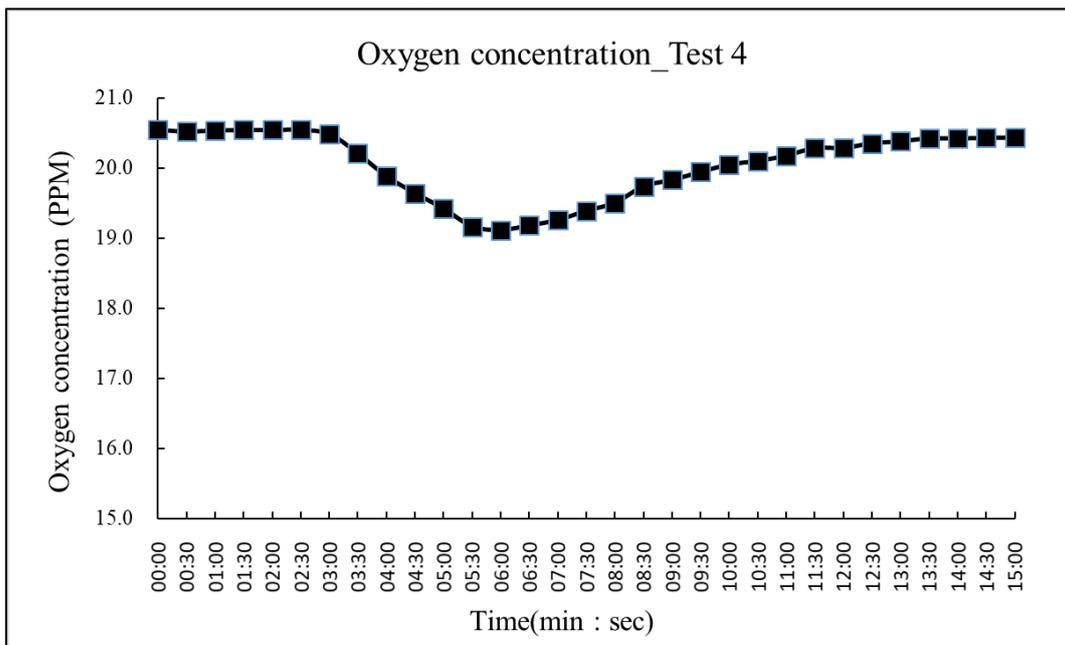


圖 3-32 實驗四_氧氣量測曲線圖

(圖 3-31、圖 3-32 資料來源：本研究整理)

實驗四_一氧化碳、二氧化碳結果

實驗四	
撒水設備種類	水道連結型(開放式系統)
撒水頭_作動設定	以定溫一種連結啟動
撒水頭_總放水量	43LPM
撒水頭_放射壓力	1.5 kg/cm ²

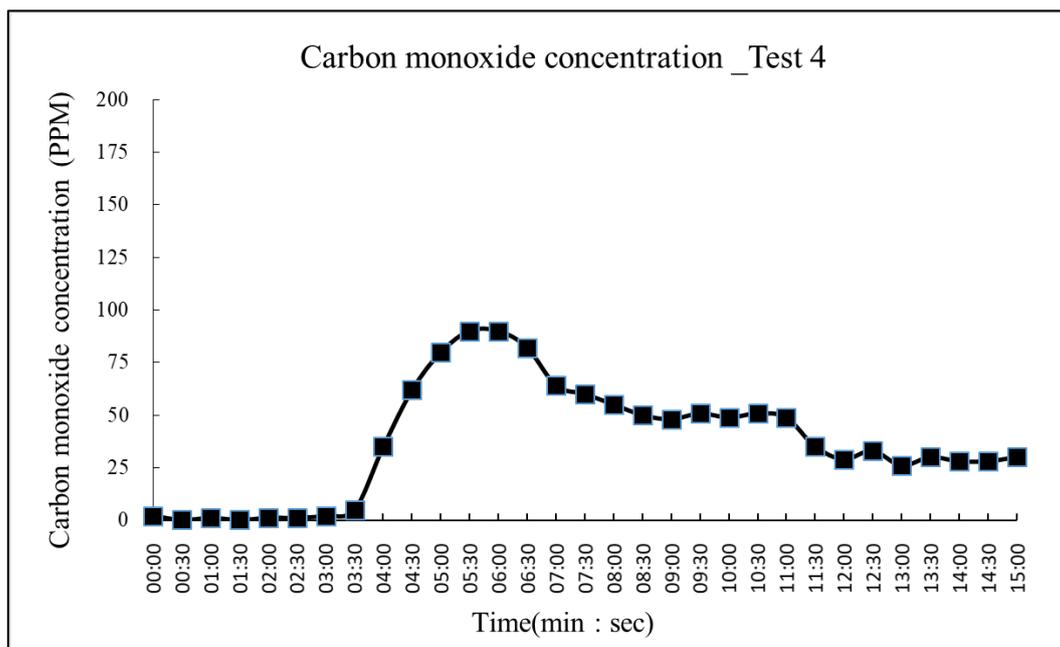


圖 3-33 實驗四_一氧化碳量測曲線圖

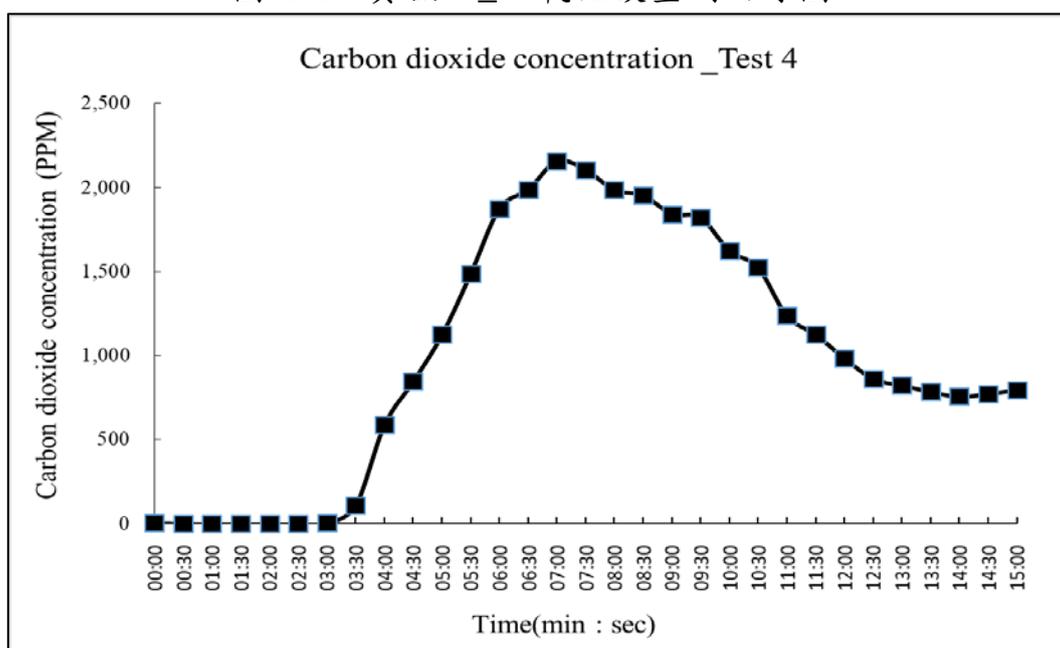


圖 3-34 實驗四_二氧化碳量測曲線圖

(圖 3-33、圖 3-34 資料來源：本研究整理)

實驗五_溫度結果

實驗五	
撒水設備種類	一般型自動撒水(密閉濕式系統)
撒水頭_作動設定	玻璃球破裂啟動
撒水頭_總放水量	80 LPM
撒水頭_放射壓力	1 kg/cm ²

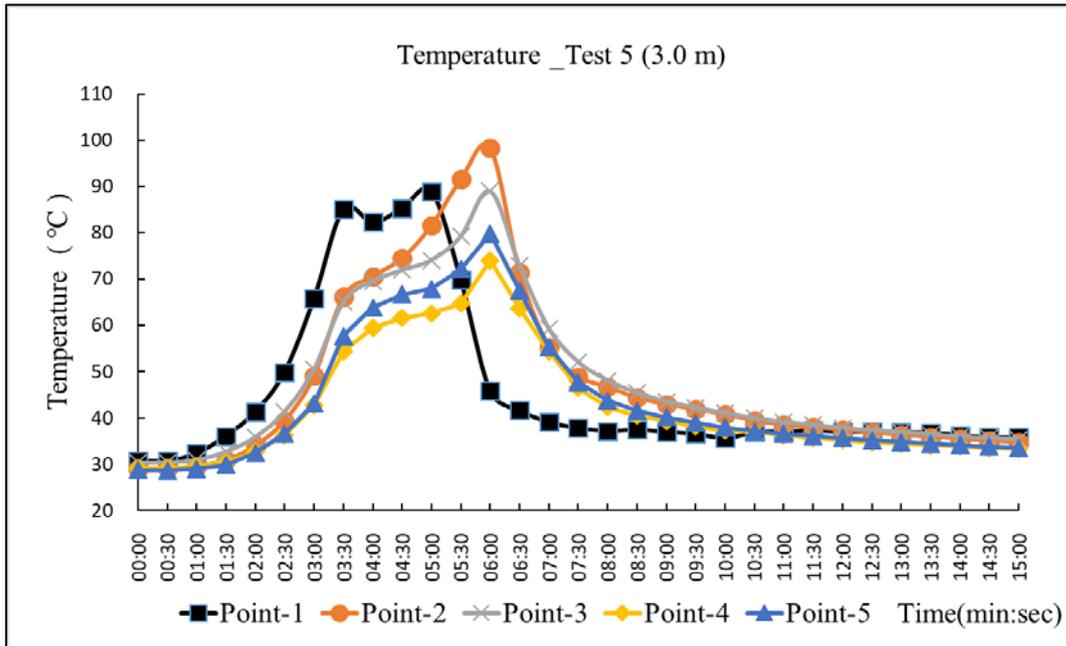


圖 3-35 實驗五_溫度量測曲線圖(距離地面 3.0m 處)

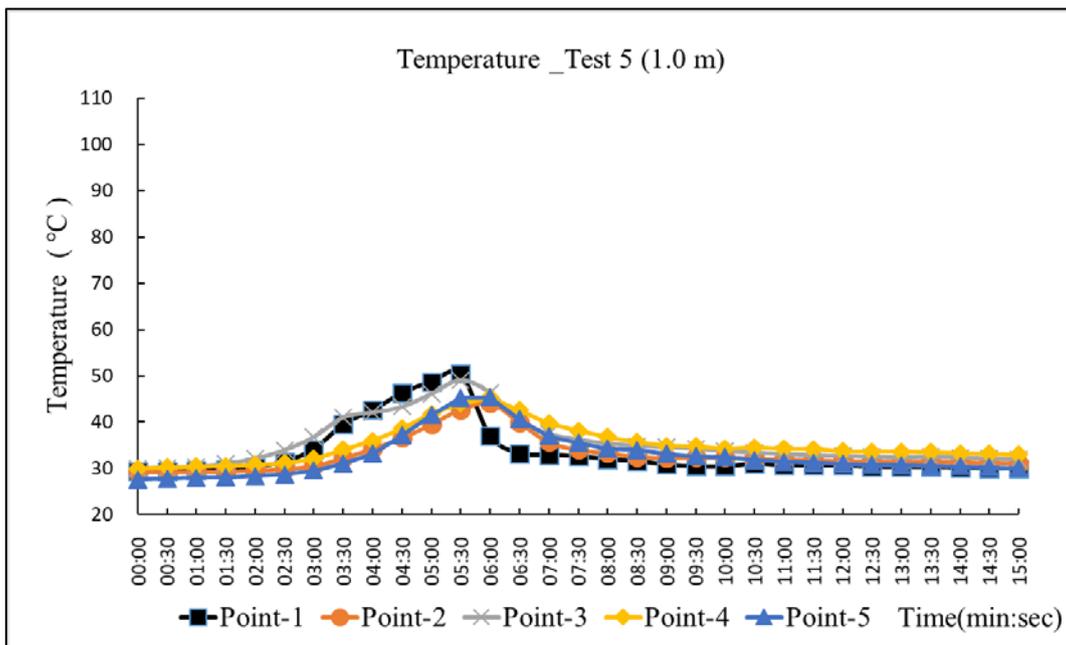


圖 3-36 實驗五_溫度量測曲線圖(距離地面 1.0m 處)

(圖 3-35、圖 3-36 資料來源：本研究整理)

實驗五_煙層、氧氣結果

實驗五	
撒水設備種類	一般型自動撒水(密閉濕式系統)
撒水頭_作動設定	玻璃球破裂啟動
撒水頭_總放水量	80 LPM
撒水頭_放射壓力	1 kg/cm ²

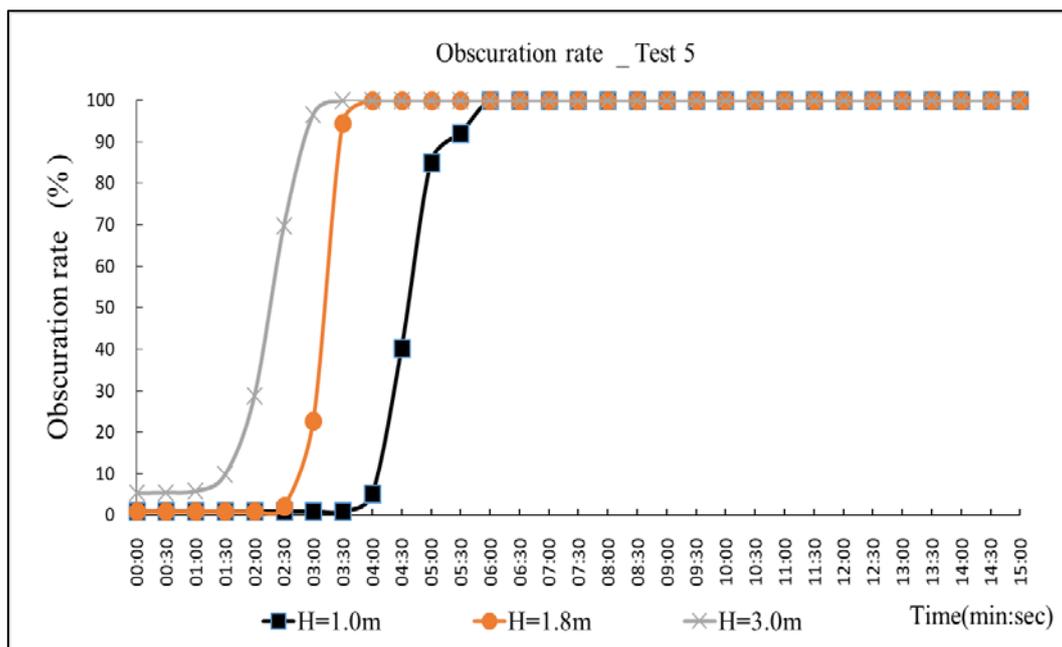


圖 3-37 實驗五_煙層高度曲線圖

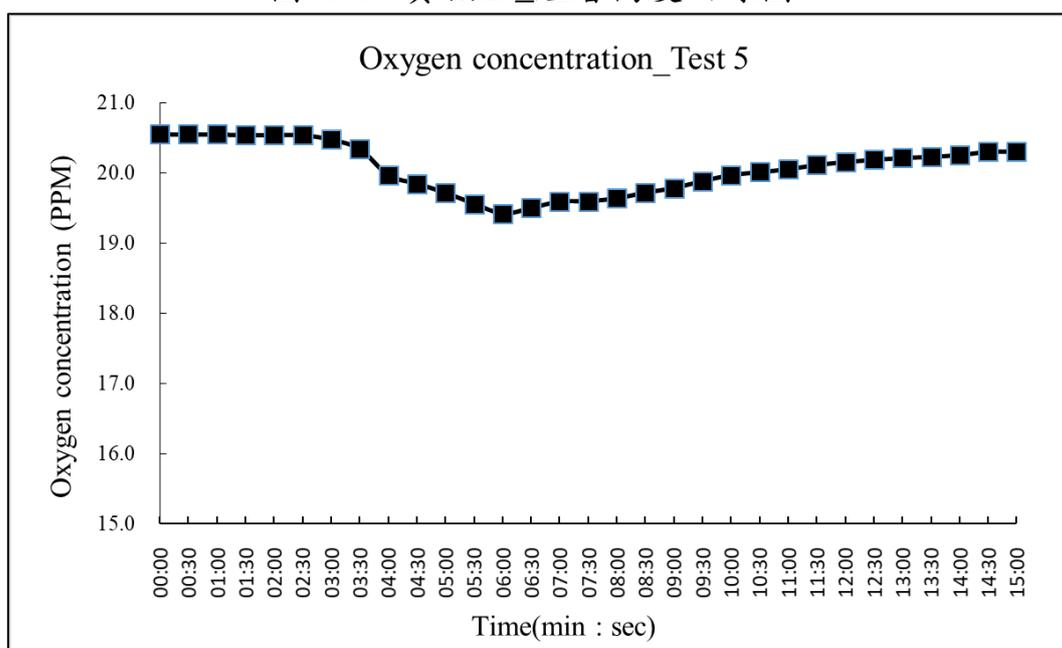


圖 3-38 實驗五_氧氣量測曲線圖

(圖 3-37、圖 3-38 資料來源：本研究整理)

實驗五_一氧化碳、二氧化碳結果

實驗五	
撒水設備種類	一般型自動撒水(密閉濕式系統)
撒水頭_作動設定	玻璃球破裂啟動
撒水頭_總放水量	80 LPM
撒水頭_放射壓力	1 kg/cm ²

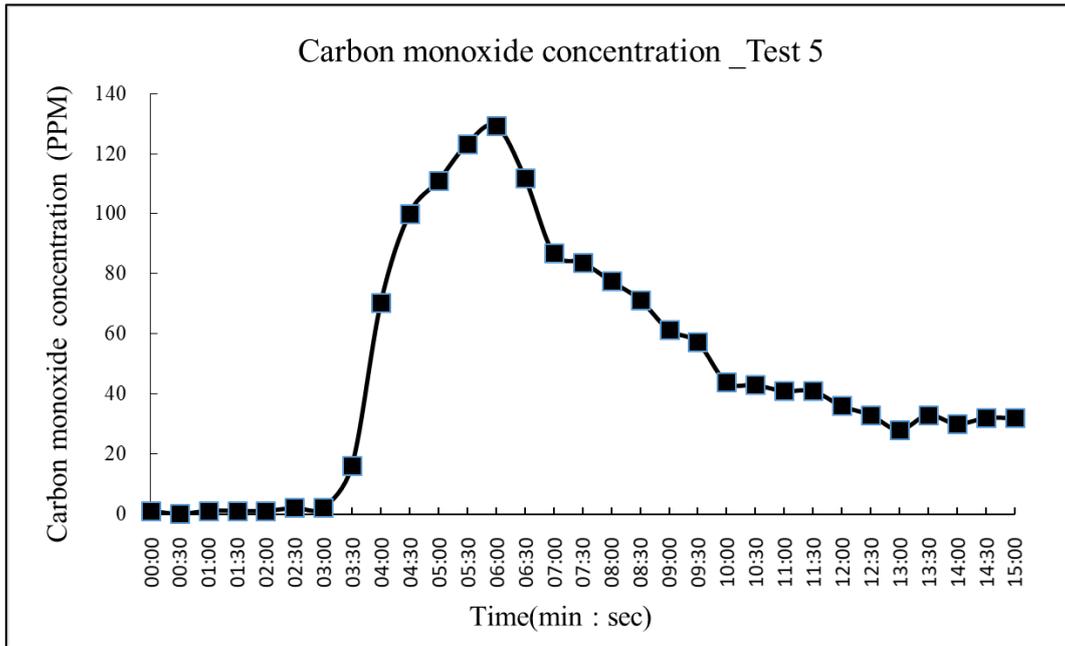


圖 3-39 實驗五_一氧化碳量測曲線圖

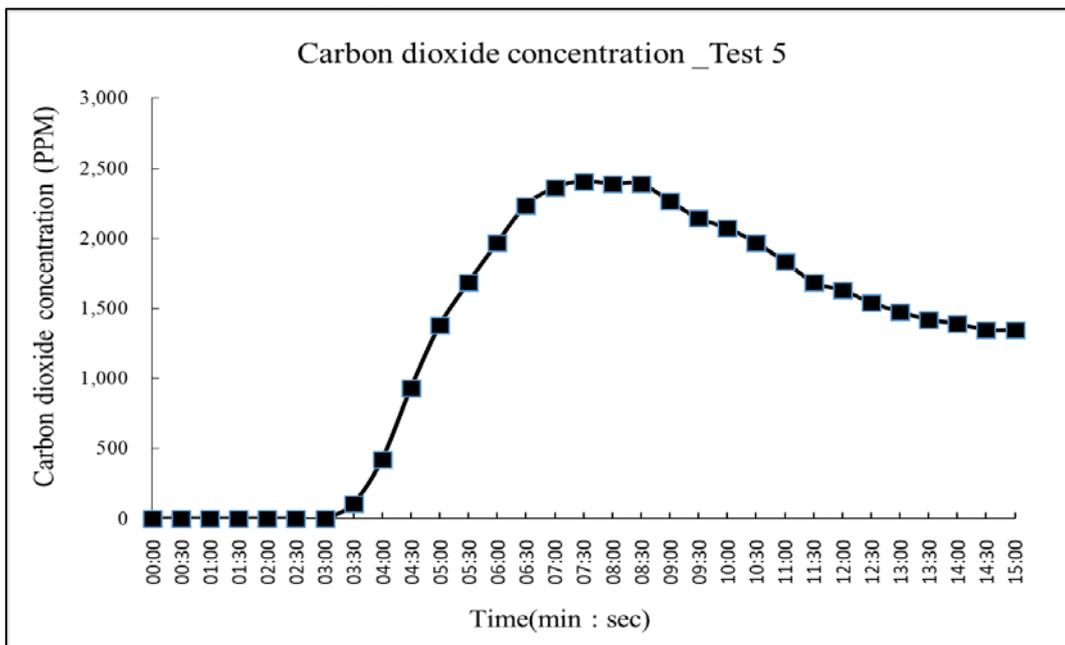


圖 3-40 實驗五_二氧化碳量測曲線圖

(圖 3-39、圖 3-40 資料來源：本研究整理)

實驗六_溫度結果

實驗六	
撒水設備種類	一般型自動撒水(開放式系統)
撒水頭_作動設定	以光電一種連結啟動
撒水頭_總放水量	80 LPM
撒水頭_放射壓力	1 kg/cm ²

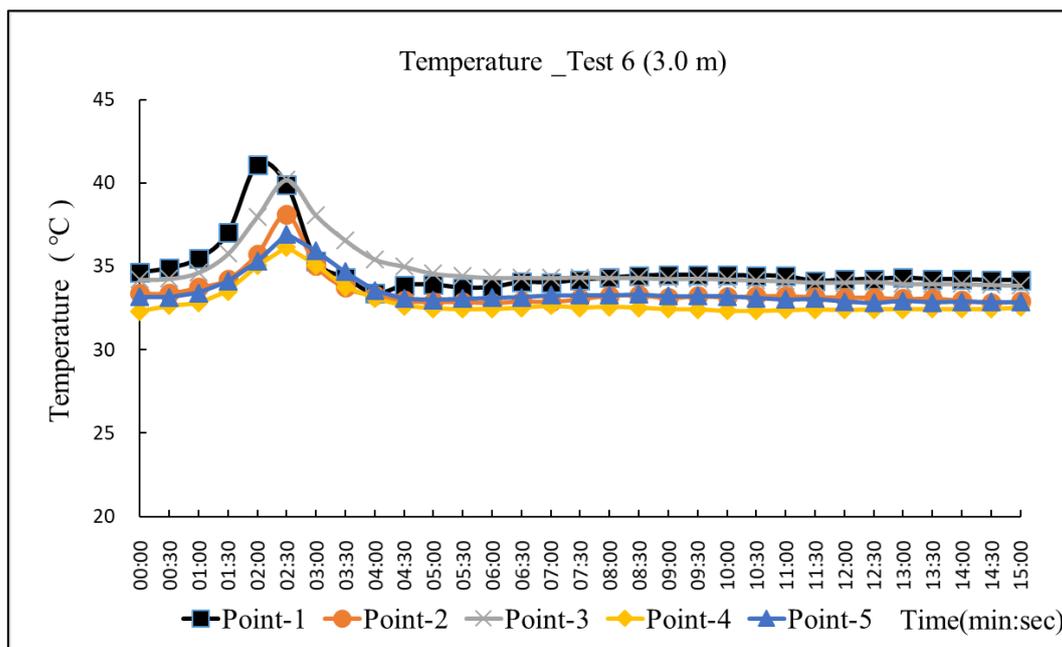


圖 3-41 實驗六_溫度量測曲線圖(距離地面 3.0m 處)

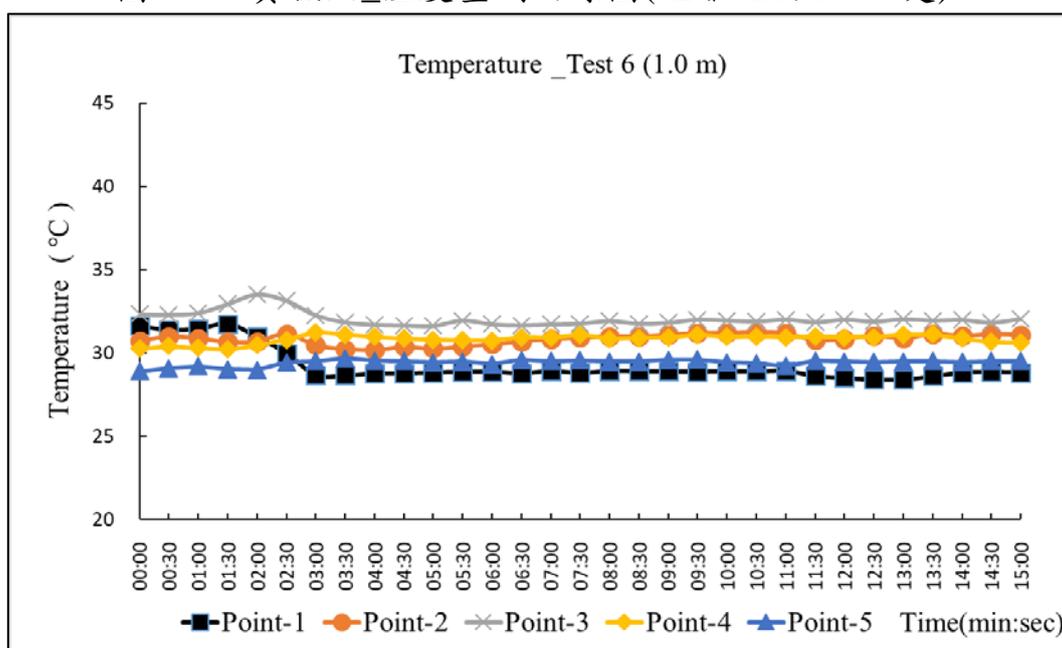


圖 3-42 實驗六_溫度量測曲線圖(距離地面 1.0m 處)

(圖 3-41、圖 3-42 資料來源：本研究整理)

實驗六_煙層、氧氣結果

實驗六	
撒水設備種類	一般型自動撒水(開放式系統)
撒水頭_作動設定	以光電一種連結啟動
撒水頭_總放水量	80 LPM
撒水頭_放射壓力	1 kg/cm ²

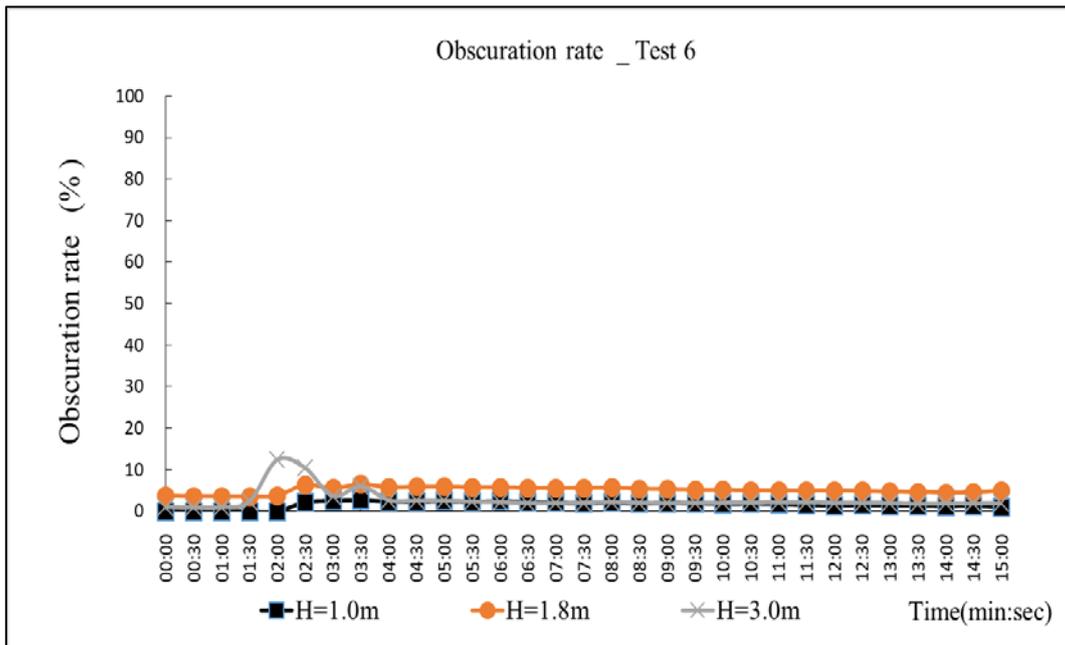


圖 3-43 實驗六_煙層高度曲線圖

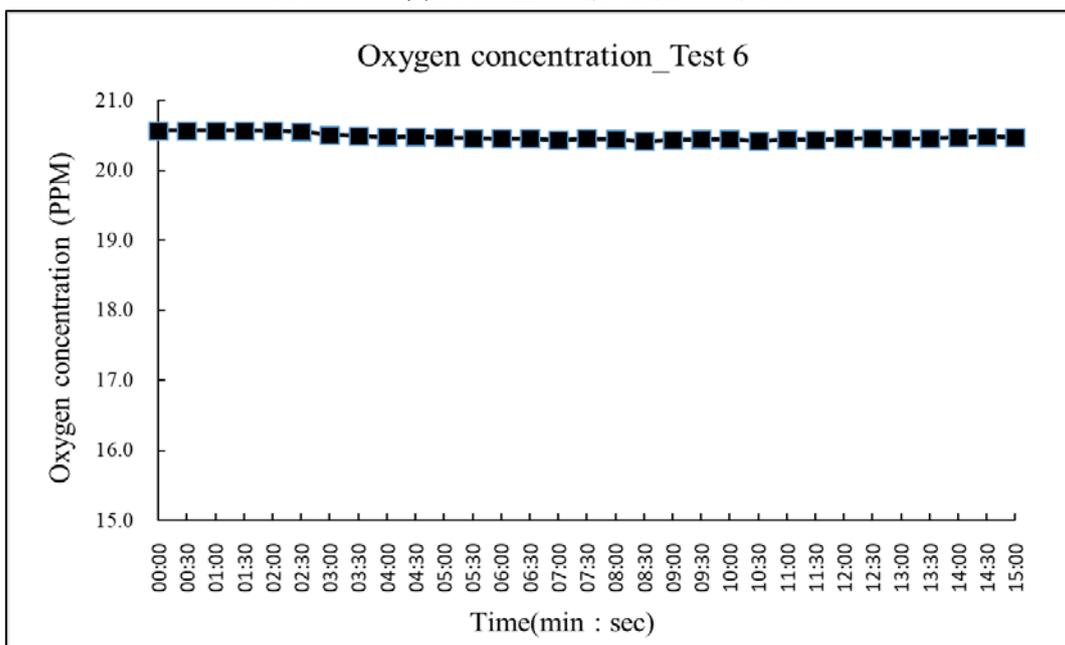


圖 3-44 實驗六_氧氣量測曲線圖

(圖 3-43、圖 3-44 資料來源：本研究整理)

實驗六_一氧化碳、二氧化碳結果

實驗六	
撒水設備種類	一般型自動撒水(開放式系統)
撒水頭_作動設定	以光電一種連結啟動
撒水頭_總放水量	80 LPM
撒水頭_放射壓力	1 kg/cm ²

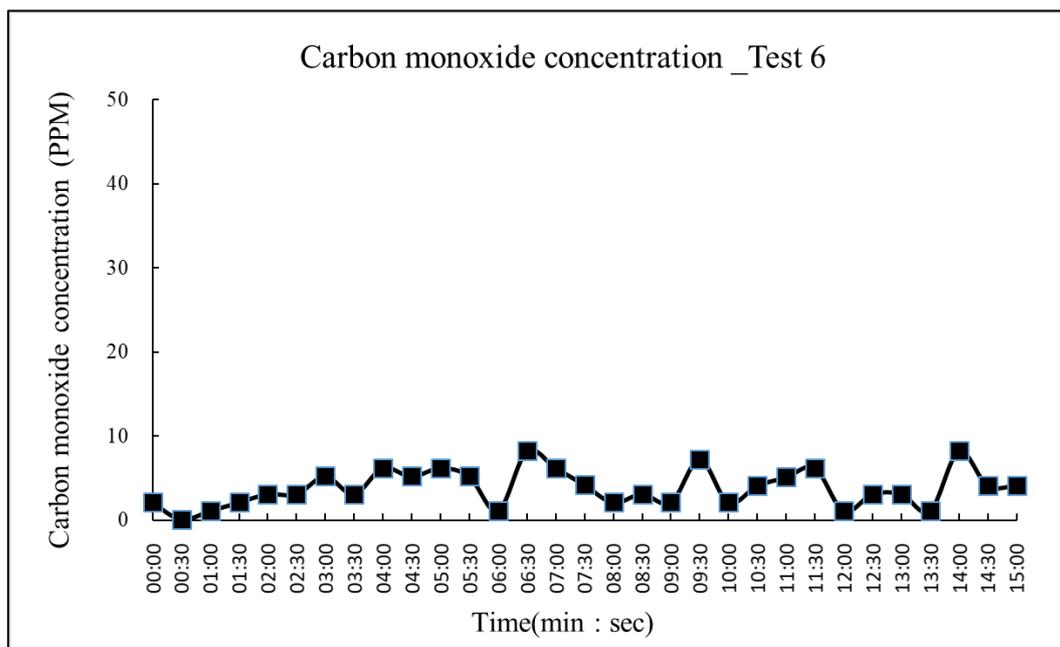


圖 3-45 實驗六_一氧化碳量測曲線圖

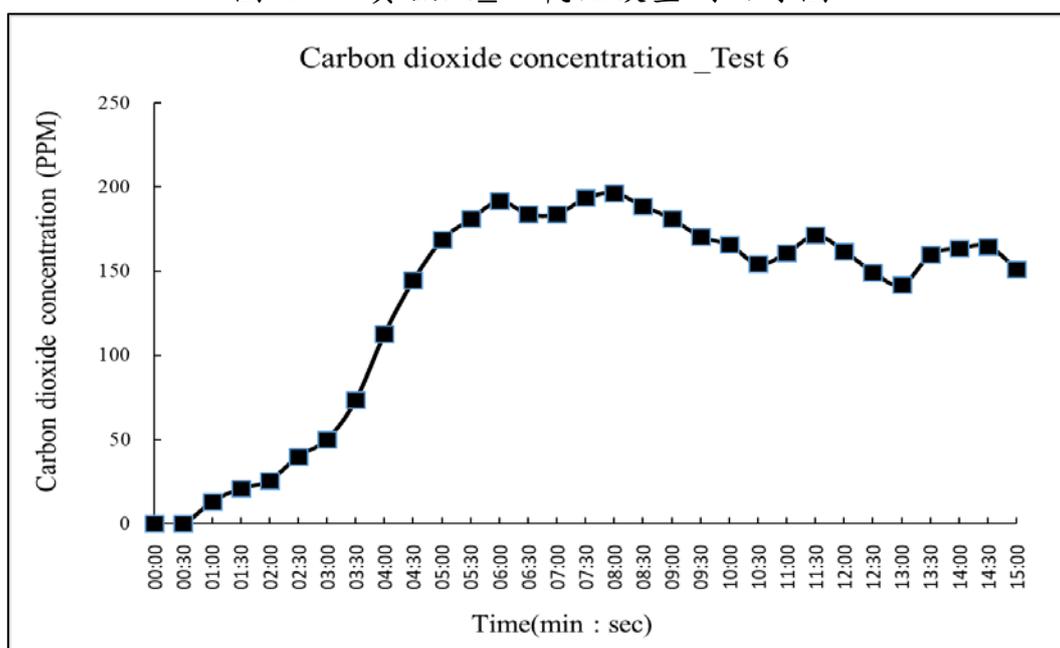


圖 3-46 實驗六_二氧化碳量測曲線圖

(圖 3-45、圖 3-46 資料來源：本研究整理)

實驗七_溫度結果

實驗七	
撒水設備種類	一般型自動撒水(開放式系統)
撒水頭_作動設定	以定溫一種連結啟動
撒水頭_總放水量	80 LPM
撒水頭_放射壓力	1 kg/cm ²

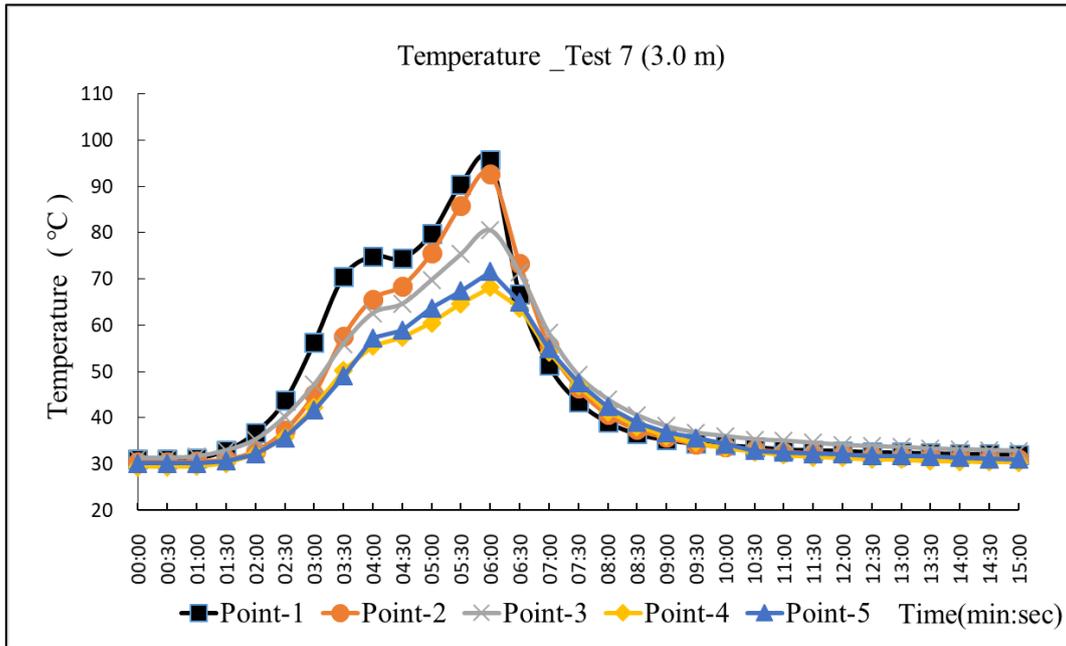


圖 3-47 實驗七_溫度量測曲線圖(距離地面 3.0m 處)

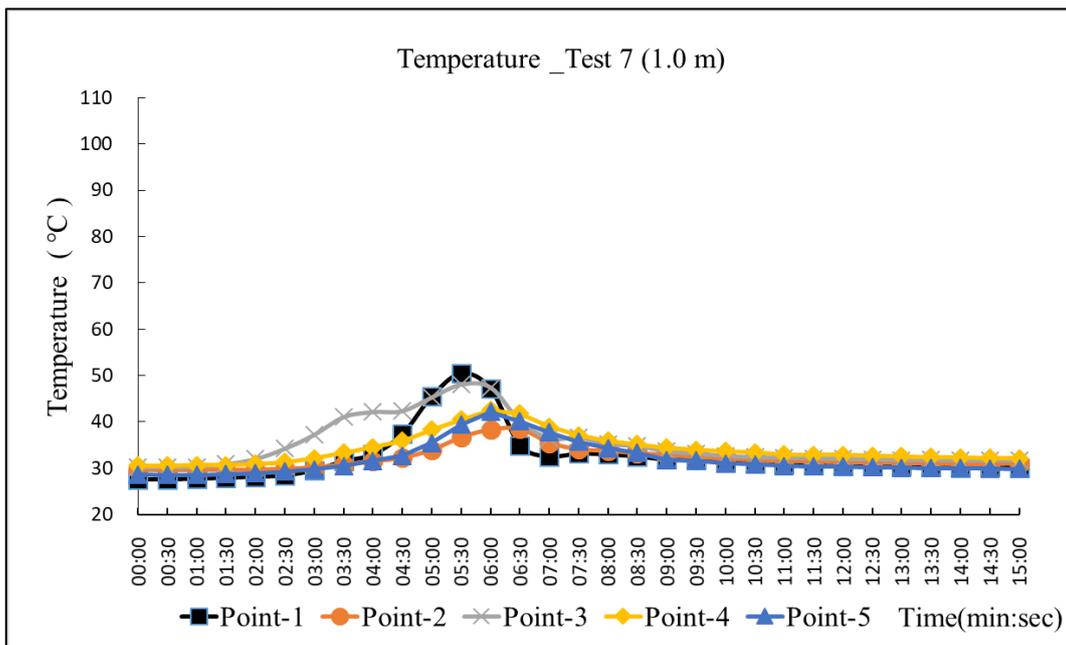


圖 3-48 實驗七_溫度量測曲線圖(距離地面 1.0m 處)

(圖 3-47、圖 3-48 資料來源：本研究整理)

實驗七_煙層、氧氣結果

實驗七	
撒水設備種類	一般型自動撒水(開放式系統)
撒水頭_作動設定	以定溫一種連結啟動
撒水頭_總放水量	80 LPM
撒水頭_放射壓力	1 kg/cm ²

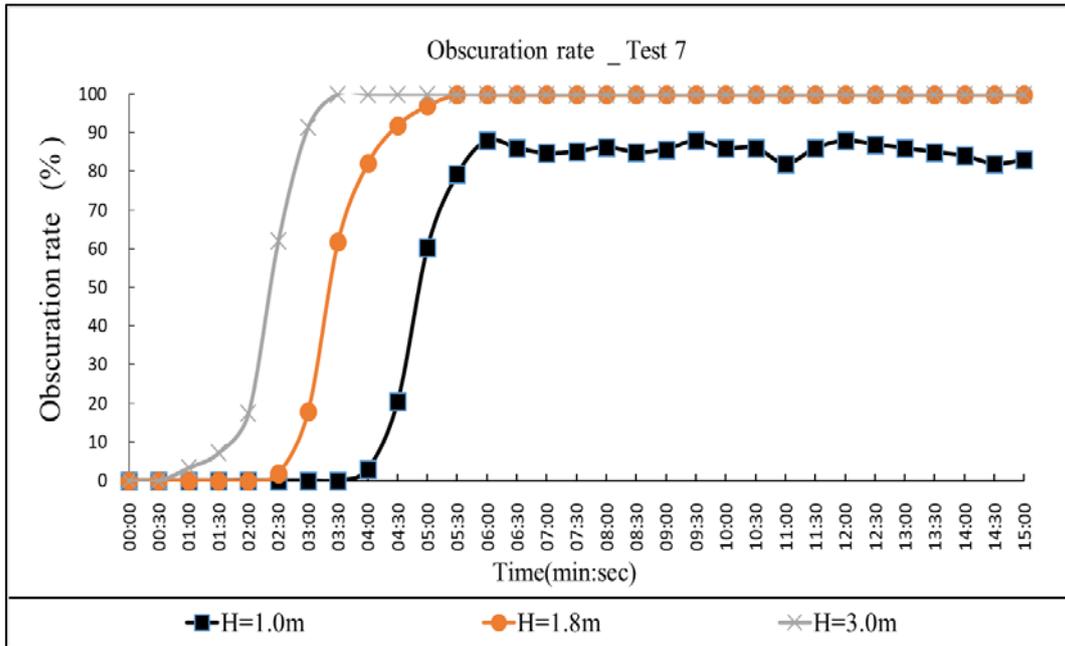


圖 3-49 實驗七_煙層高度曲線圖

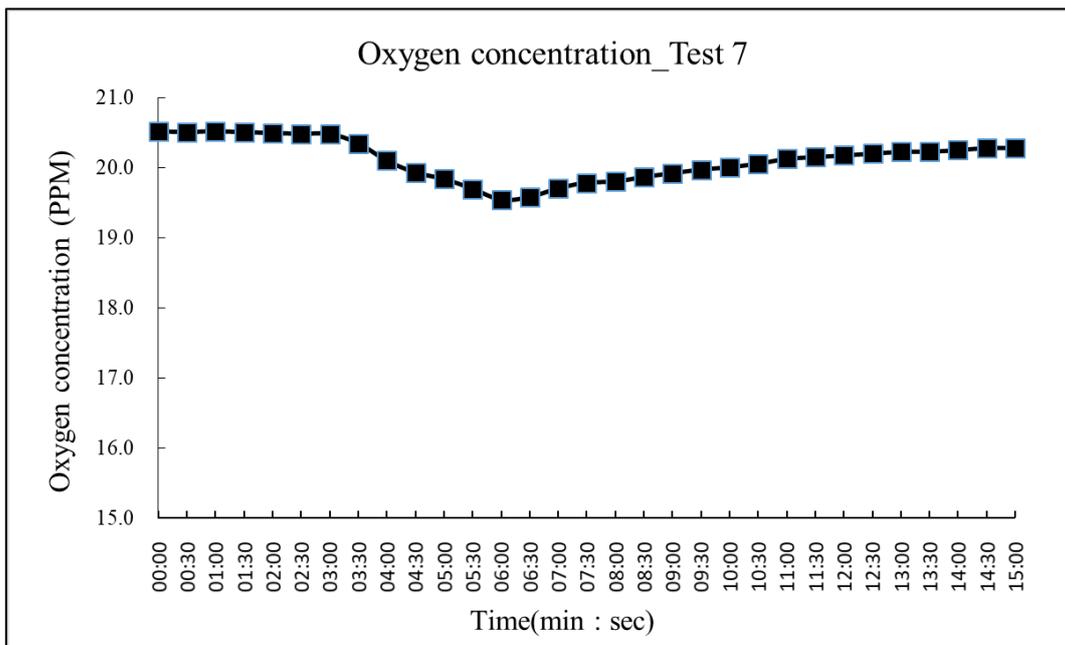


圖 3-50 實驗七_氧氣量測曲線圖

(圖 3-49、圖 3-50 資料來源：本研究整理)

實驗七_一氧化碳、二氧化碳結果

實驗七	
撒水設備種類	一般型自動撒水(開放式系統)
撒水頭_作動設定	以定溫一種連結啟動
撒水頭_總放水量	80 LPM
撒水頭_放射壓力	1 kg/cm ²

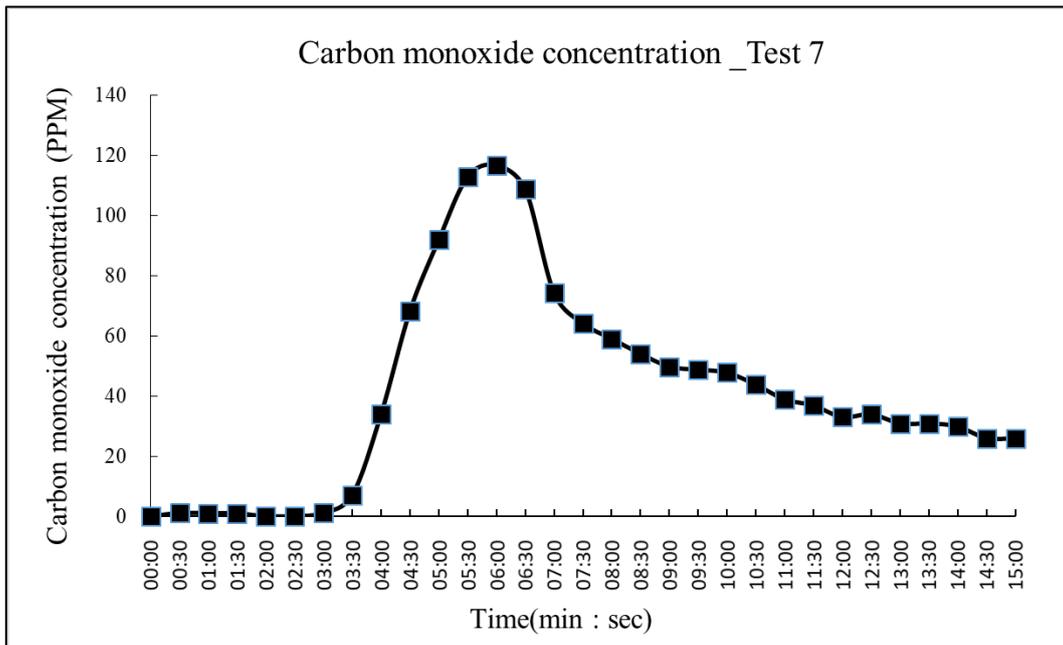


圖 3-51 實驗七_一氧化碳量測曲線圖

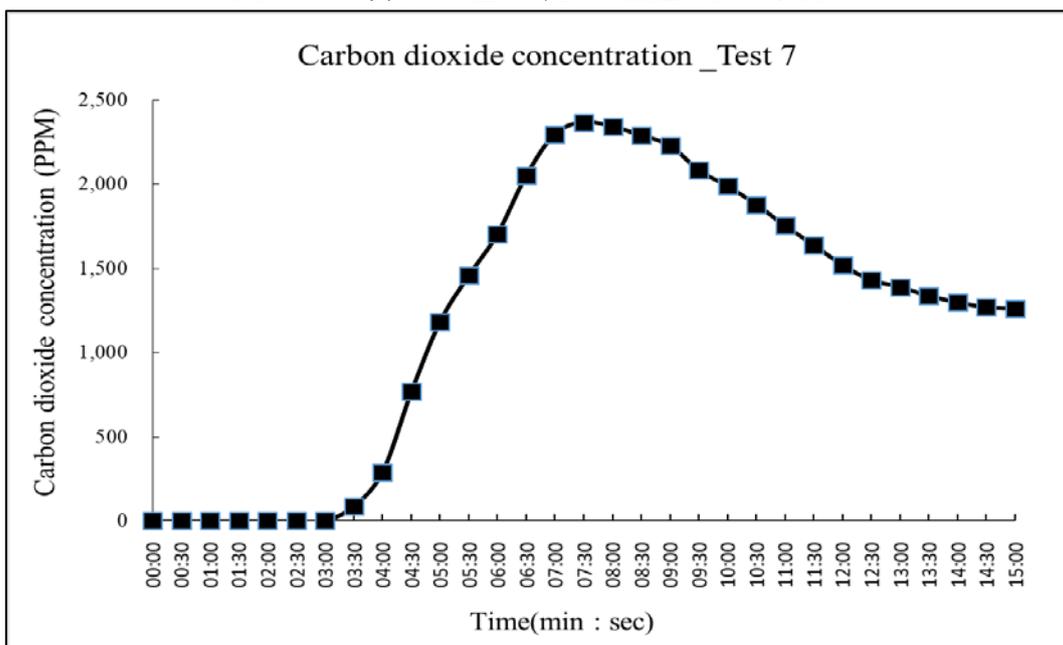


圖 3-52 實驗七_二氧化碳量測曲線圖

(圖 3-51、圖 3-52 資料來源：本研究整理)

實驗八_溫度結果

實驗八	
撒水設備種類	細水霧(開放式系統)
撒水頭_作動設定	以光電一種連結啟動
撒水頭_總放水量	7 LPM
撒水頭_放射壓力	4 kg/cm ²

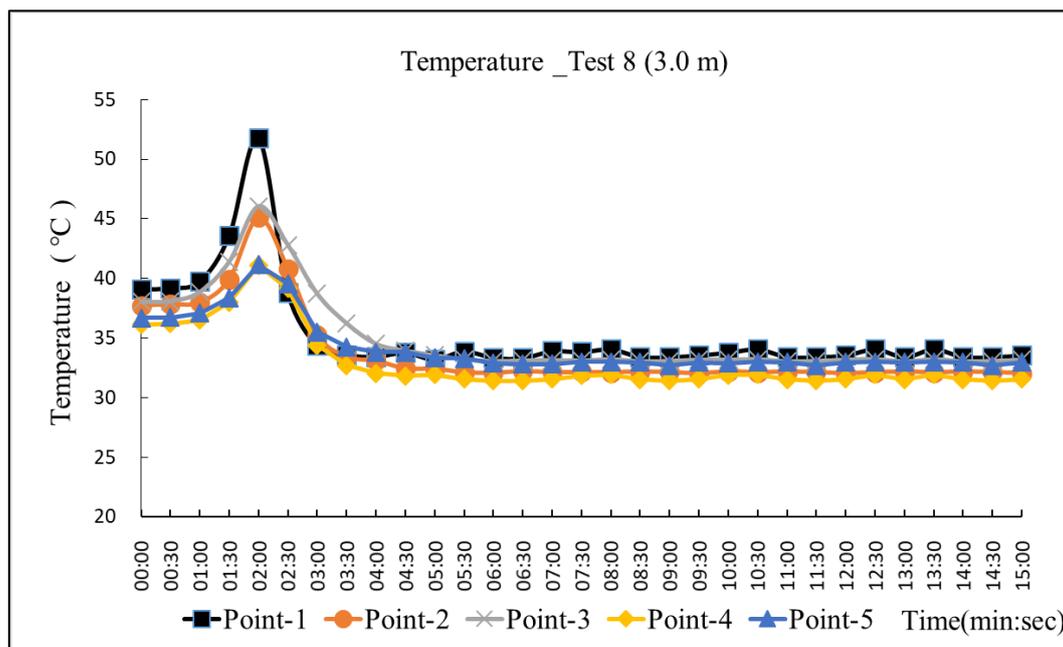


圖 3-53 實驗八_溫度量測曲線圖(距離地面 3.0m 處)

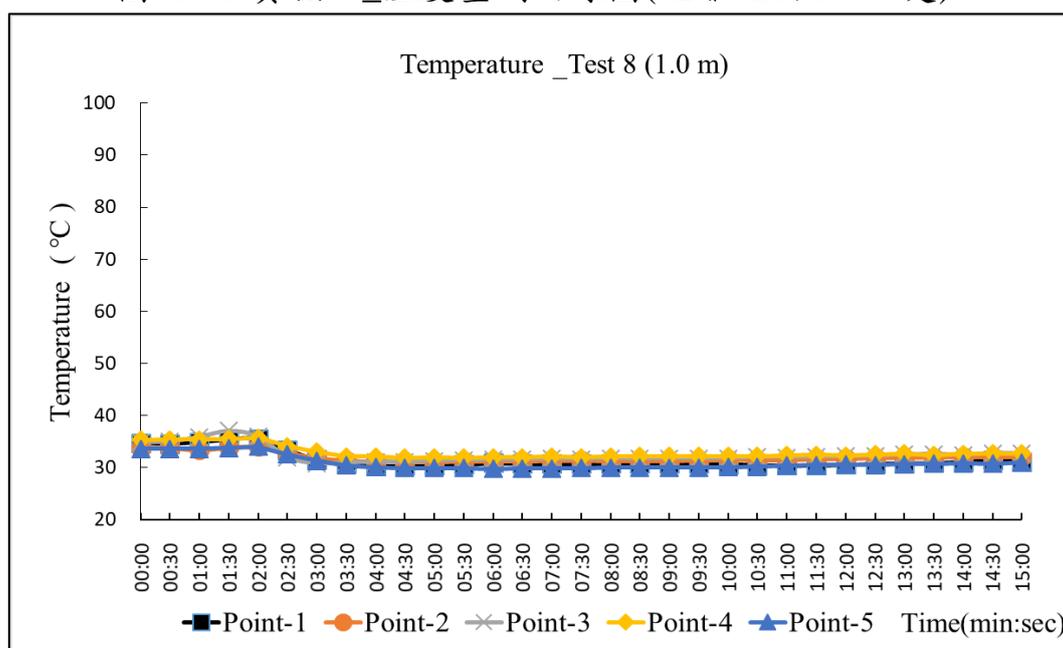


圖 3-54 實驗八_溫度量測曲線圖(距離地面 1.0m 處)

(圖 3-53、圖 3-54 資料來源：本研究整理)

實驗八_煙層、氧氣結果

實驗八	
撒水設備種類	細水霧(開放式系統)
撒水頭_作動設定	以光電一種連結啟動
撒水頭_總放水量	7 LPM
撒水頭_放射壓力	4 kg/cm ²

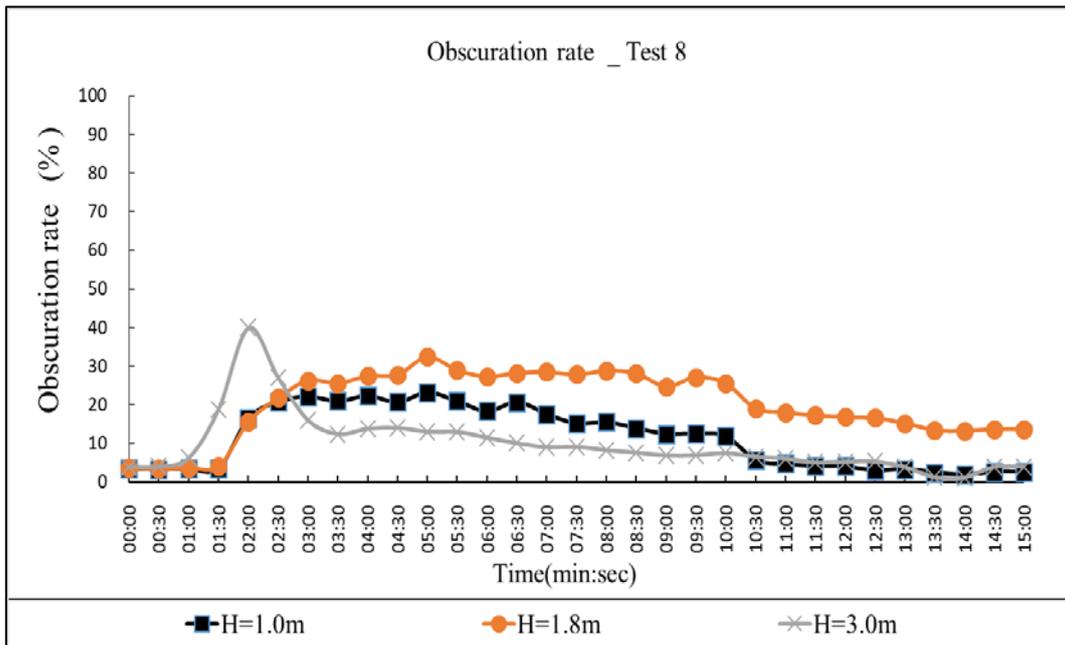


圖 3-55 實驗八_煙層高度曲線圖

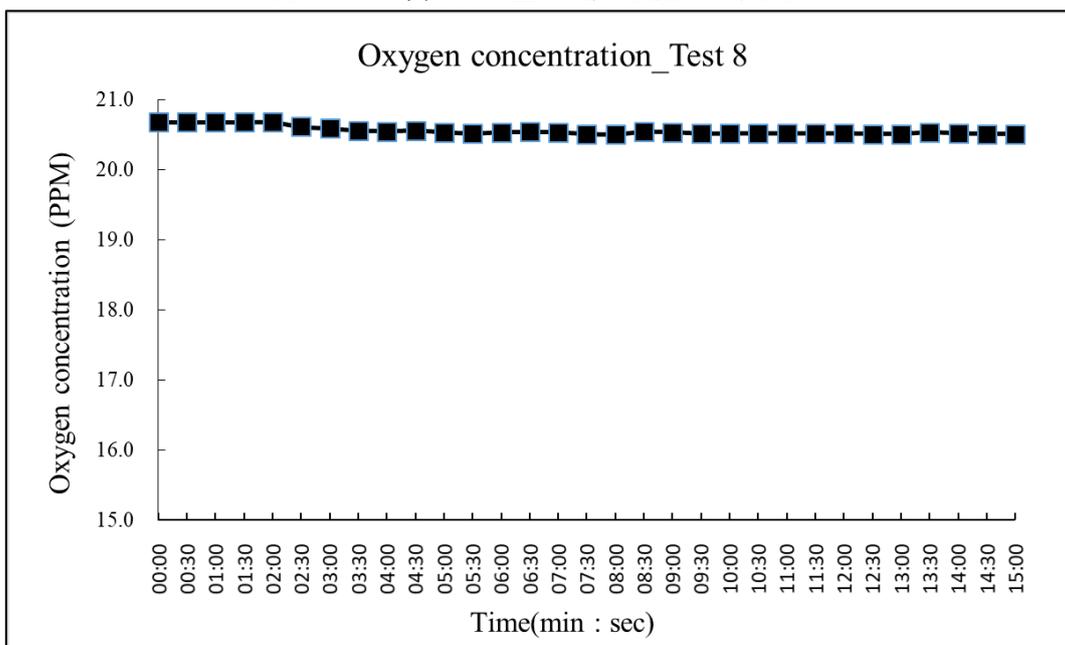


圖 3-56 實驗八_氧氣量測曲線圖

(圖 3-55、圖 3-56 資料來源：本研究整理)

實驗八_一氧化碳、二氧化碳結果

實驗八	
撒水設備種類	細水霧(開放式系統)
撒水頭_作動設定	以光電一種連結啟動
撒水頭_總放水量	7 LPM
撒水頭_放射壓力	4 kg/cm ²

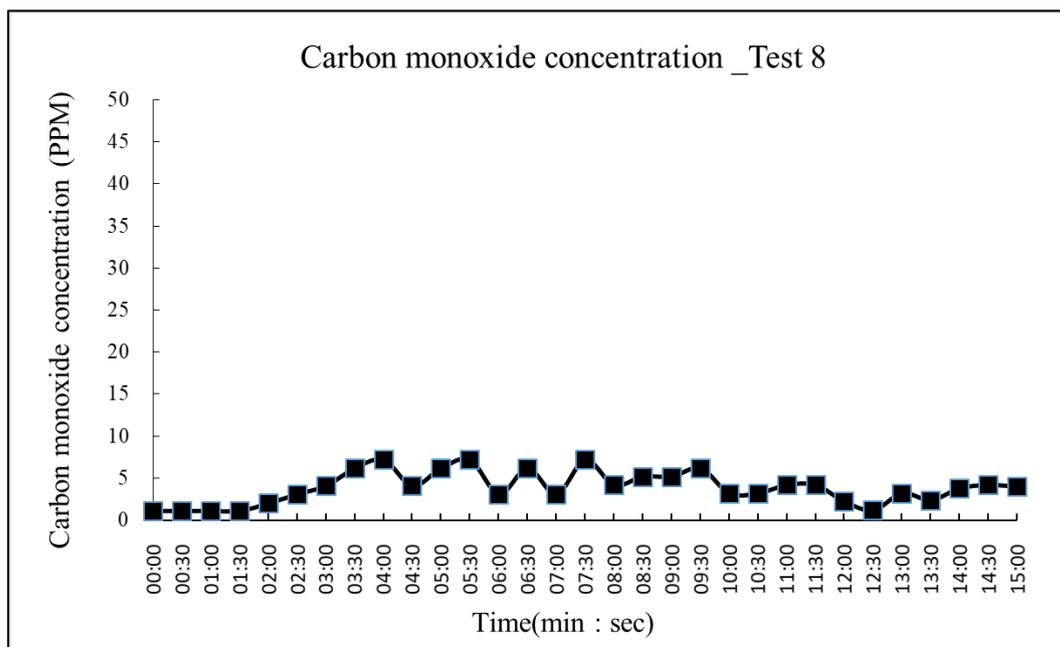


圖 3-57 實驗八_一氧化碳量測曲線圖

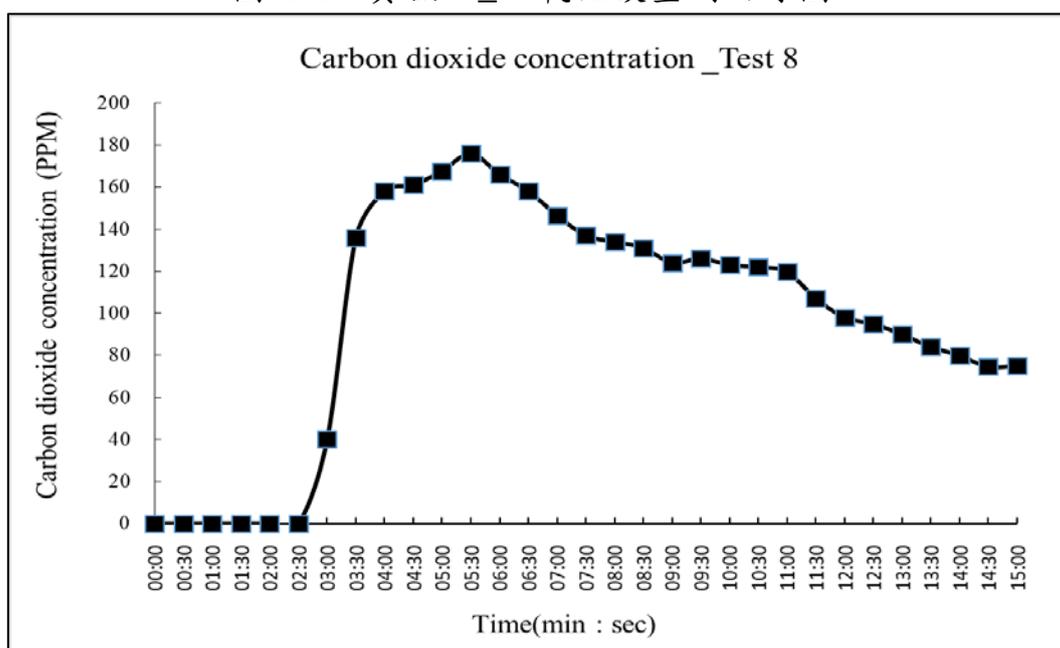


圖 3-58 實驗八_二氧化碳量測曲線圖

(圖 3-57、圖 3-58 資料來源：本研究整理)

實驗九_溫度結果

實驗九	
撒水設備種類	細水霧(開放式系統)
撒水頭_作動設定	以定溫一種連結啟動
撒水頭_總放水量	7 LPM
撒水頭_放射壓力	4 kg/cm ²

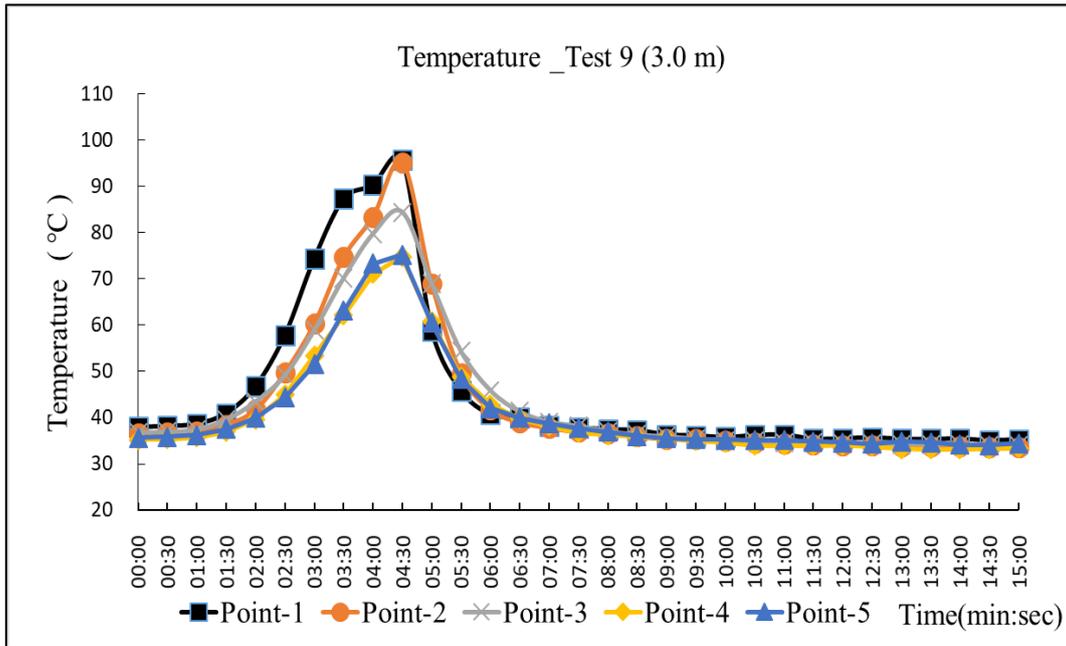


圖 3-59 實驗九_溫度量測曲線圖(距離地面 3.0m 處)

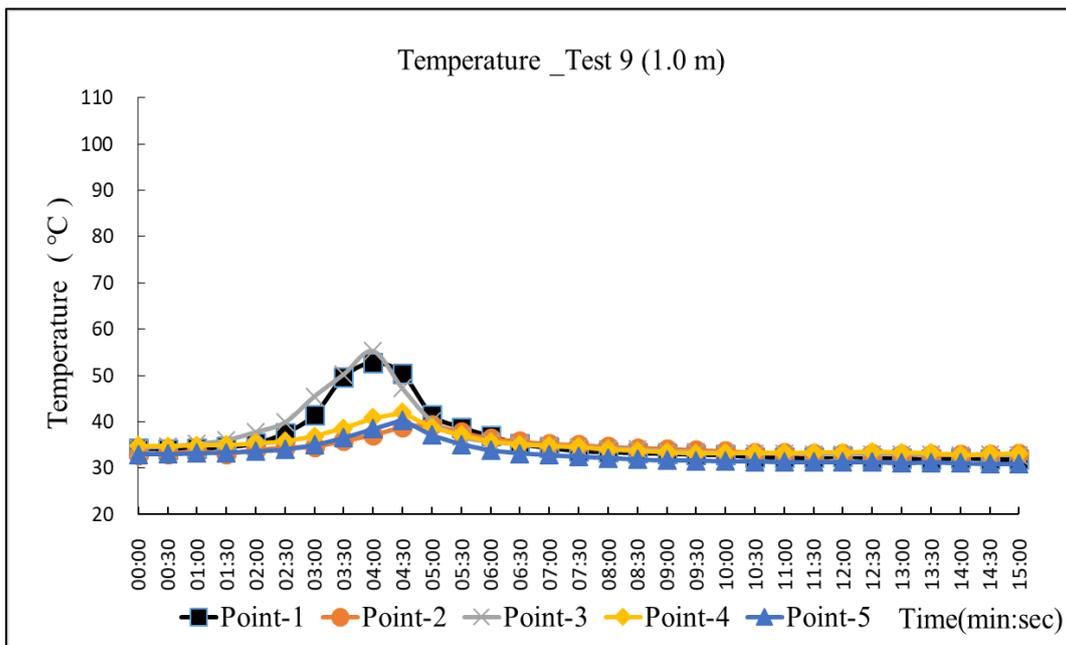


圖 3-60 實驗九_溫度量測曲線圖(距離地面 1.0m 處)

(圖 3-59、圖 3-60 資料來源：本研究整理)

實驗九_煙層、氧氣結果

實驗九	
撒水設備種類	細水霧(開放式系統)
撒水頭_作動設定	以定溫一種連結啟動
撒水頭_總放水量	7 LPM
撒水頭_放射壓力	4 kg/cm ²

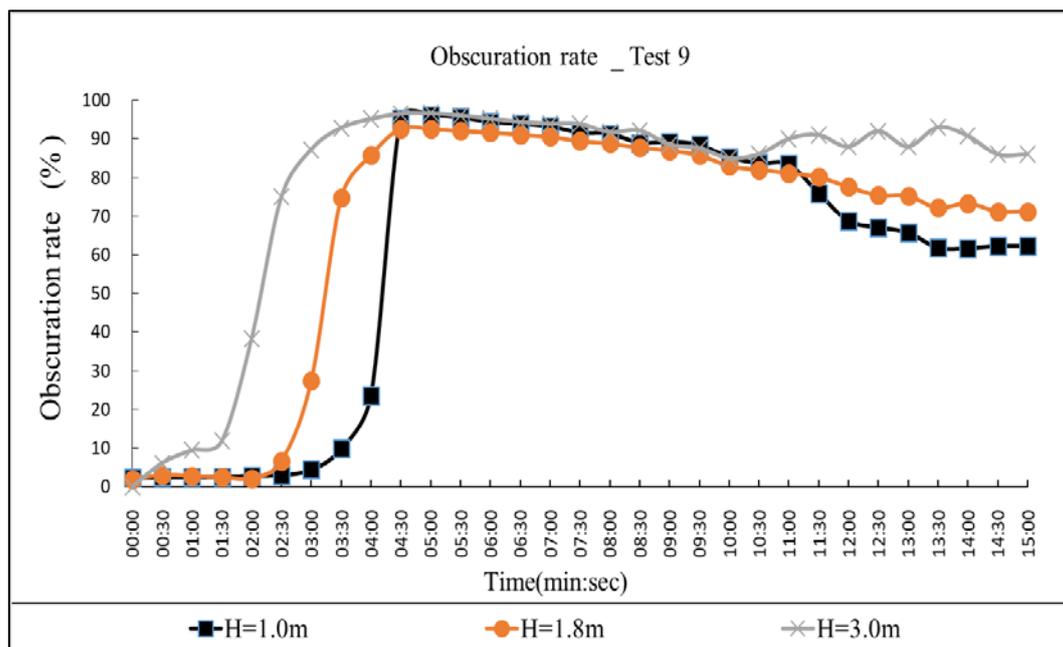


圖 3-61 實驗九_煙層高度曲線圖

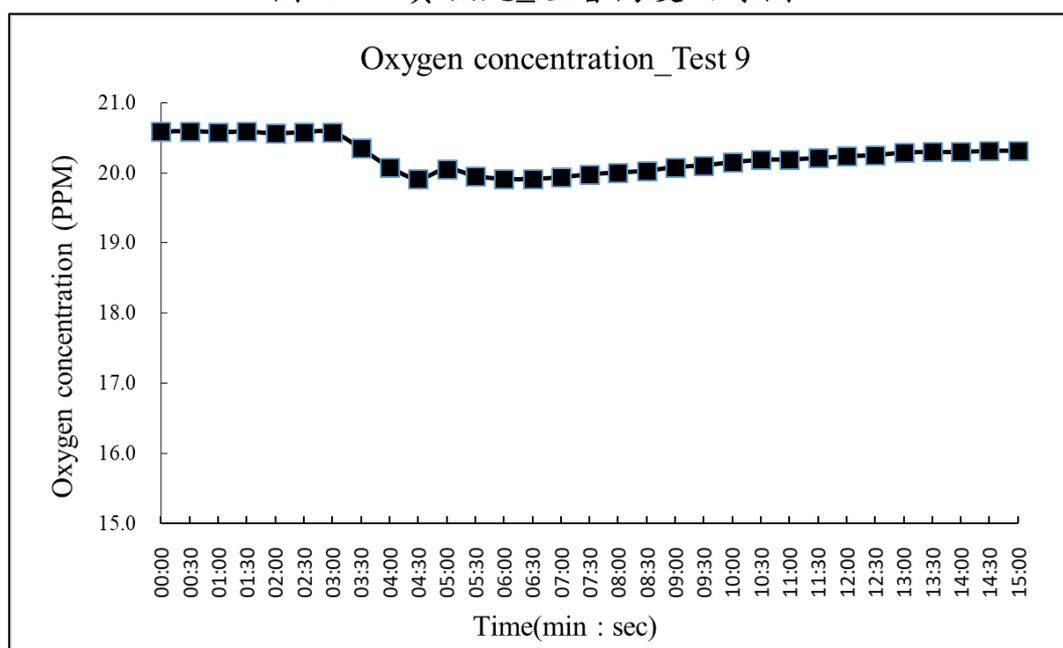


圖 3-62 實驗九_氧氣量測曲線圖

(圖 3-61、圖 3-62 資料來源：本研究整理)

實驗九_一氧化碳、二氧化碳結果

實驗九	
撒水設備種類	細水霧(開放式系統)
撒水頭_作動設定	以定溫一種連結啟動
撒水頭_總放水量	7 LPM
撒水頭_放射壓力	4 kg/cm ²

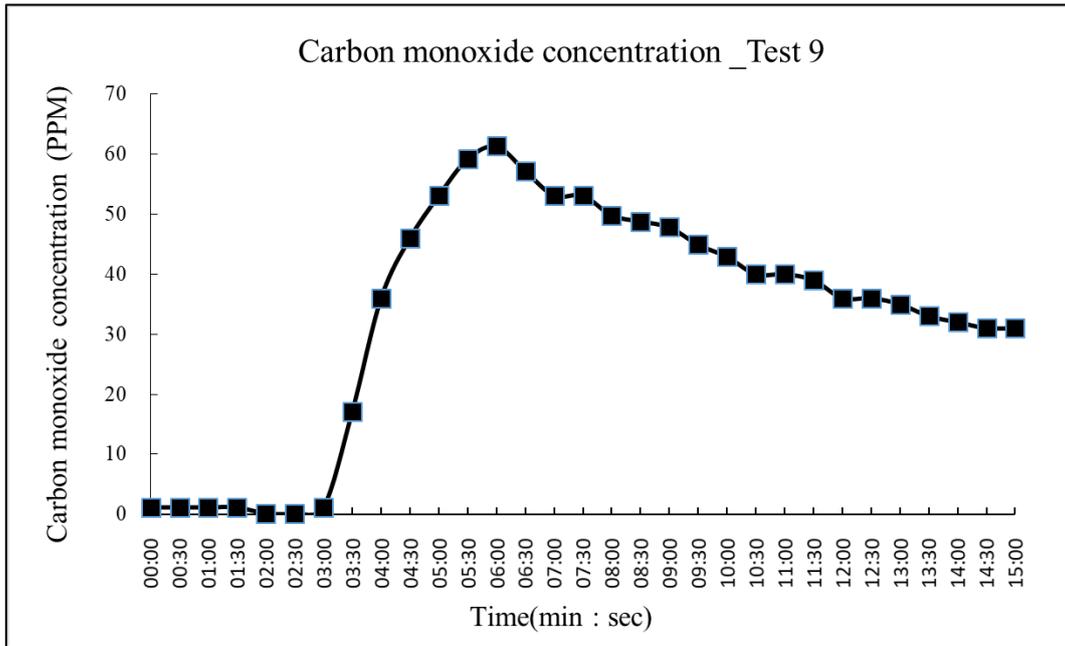


圖 3-63 實驗九_一氧化碳量測曲線圖

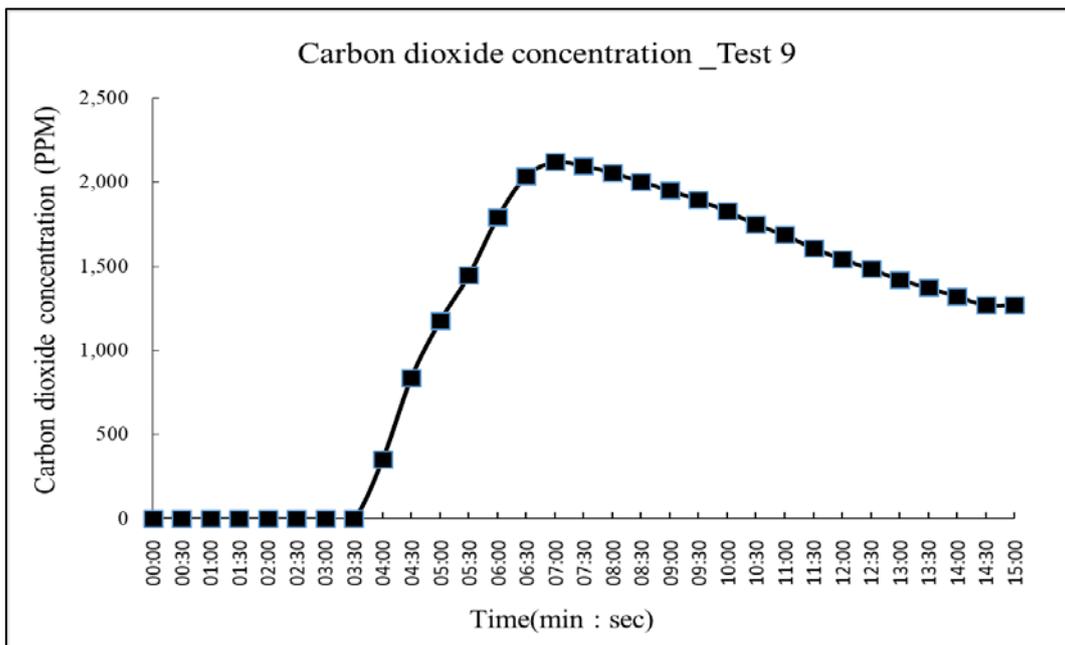


圖 3-64 實驗九_二氧化碳量測曲線圖

(圖 3-63、圖 3-64 資料來源：本研究整理)

第四節 實驗結果分析

本研究之全尺寸實驗主要係為了評估一般水自動滅火系統及水道連結型自動撒水設備若為開放式撒水系統之啟動時機與滅火效果，以及水滅火系統撒水對於居室空間有害氣體濃度變化影響之探討，依據實驗所觀察到的現象與量測之數值，全尺寸實驗結果分析如下：

一、開放式撒水設備之滅火效果分析

一般而言，火警救援行動除需控制火勢外，另一重要目的為救助受困人員的生命安全。而撒水設備的啟動時機尤為重要，當撒水頭作動撒水時，可能會造成救援行為與受困民眾逃生過程的阻礙。

本研究延續去年度研究成果，探討密閉濕式水自動滅火設備改設為開放式系統的滅火效果，並分析各情境之火場居室情況(如：火場煙流、溫度、有害氣體濃度分析等項目)，試圖找出設置開放式系統較佳的連結方式，基於維持內部人員生命安全的條件下，提高水自動滅火設備抑制火勢的能力，同時延長逃生人員的逃生安全時間。

根據去年度研究結果得知，當住房寢室遭受人為縱火(火勢成長極快)等情境時，任何類型的水自動滅火設備皆會在 21 秒內啟動撒水，此時水自動滅火設備不管是密閉濕式系統或開放式系統，其滅火效果差異甚小。然而建築物火災的起火原因大多以老舊電器走火為主，此種情境的火勢成長速度一般較為緩慢，此時密閉濕式系統與開放式系統之間，將產生明顯的作動時間與滅火效果差異。

因此，本研究為探討將密閉濕式系統改設為開放式系統之實際效果，將以火勢成長速度緩慢的情況作為主要研究對象，搭配三種水自動滅火設備加以討論及分析何種火警探測器較適合作為撒水設備的連結啟動設備，也藉由作動時間的差異，分析比較啟動時機。

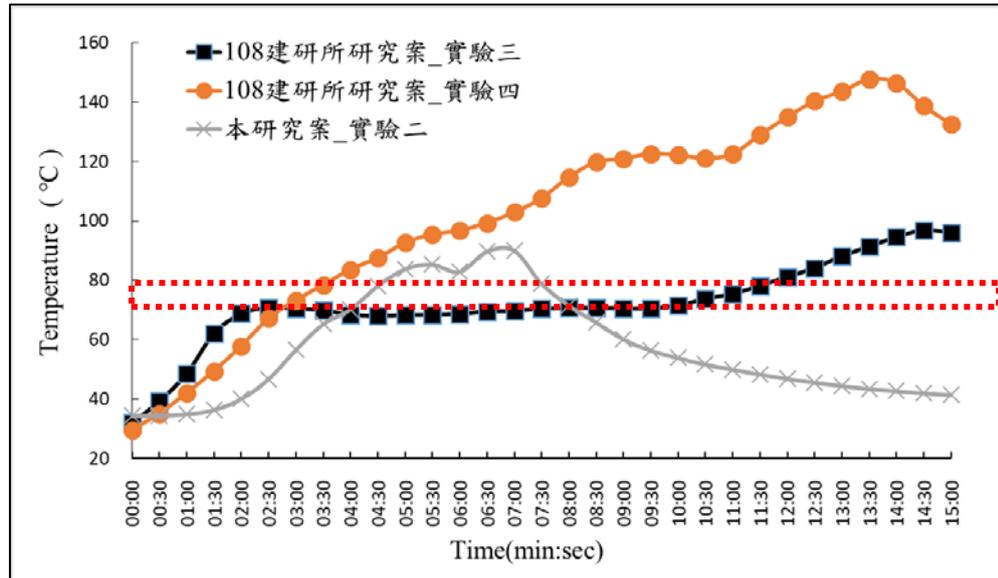
壹、水道連結型自動撒水設備

(1) 火警探測器偵知時機

本研究團隊為瞭解密閉濕式系統與開放式系統間的滅火效果差異，同步規劃密閉濕式與開放式之全尺寸實驗。實驗二採用水道連結型密閉濕式撒水系統，採用的水道連結型撒水頭為第一種感度、易熔元件型水道式撒水頭，其標稱溫度為72°C，依據《密閉式撒水頭認可基準修正規定》，易熔元件型撒水頭作動溫度應在標示溫度的97~103%之間，即為69.8~74.1°C之間，然而本研究實驗二至實驗結束前，撒水頭皆未啟動。

本研究所使用的水道連結型撒水頭與108年度建研所「長照機構全尺度居室火災探測及滅火設備之實驗及驗證分析」研究案所使用的水道連結型撒水頭規格相同，本研究實驗二與該案實驗三與實驗四實驗設定類似，均為火勢成長緩慢(小火)的情境，三者實驗過程中，撒水頭皆未能啟動。

因此本研究團隊初步判斷造成該密閉濕式撒水頭未啟動的原因，可能是因火場火勢較小，使得通過撒水頭的氣流速度不足所致，即使環境溫度已達認可基準之氣流溫度，但若氣流速度未能一併滿足啟動所需條件，則可能延遲密閉濕式水道連結型自動撒水設備之撒水頭作動反應。故由此研判，密閉濕式水道連結型自動撒水設備在火勢成長速度較為緩慢的火場情境下，啟動時間可能略遲於開放式水道連結型自動撒水設備。



撒水頭之啟動溫度規定範圍

圖 3-65 密閉濕式撒水頭_火場溫度分析

(資料來源：本研究整理)

本研究係探討密閉濕式水自動滅火設備改設為開放式系統之實際滅火效果分析，開放式系統一般是利用火警探測器作為連結啟動，本研究團隊蒐集市面上較為常見的六種火警探測器(光電式偵煙探測器(一、二種)、定溫式偵熱探測器(特、一種)、差動式偵熱探測器(一、二種)進行實驗設置，火警探測器偵知時間實驗結果如表3-9所示。

表 3-9 火警探測器偵知時間表_水道連結型

設備種類 \ 項次		實驗二 (密閉濕式)	實驗三 (開放_光電)	實驗四 (開放_定溫)
光電式	一種	01:49	01:36	01:33
	二種	02:18	02:30	02:08
定溫式	特種	04:53	—	03:36
	一種	05:29	—	03:59
差動式	一種	02:31	02:48	02:24
	二種	03:01	—	02:38

(資料來源：本研究整理)

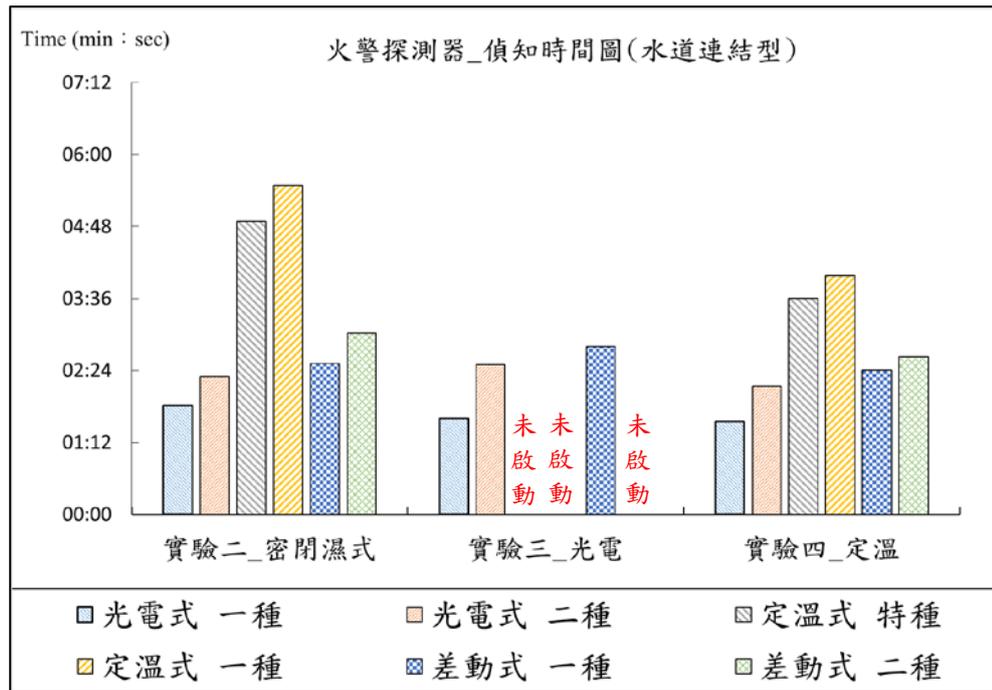


圖 3-66 火警探測器偵知時間圖(水道連結型)
(資料來源：本研究整理)

(2) 溫度方面

由表3-9、圖3-66得知，在火勢成長緩慢的情況下，以光電式偵煙探測器偵知反應速度最快，差動式偵熱探測器次之，定溫式偵熱探測器則為最慢偵測到火災發生。

一般而言，開放式系統大多以光電式二種火警探測器作為連結設備，本研究團隊希冀開放式系統除能具備提早撲滅火勢的效果外，若該建築場所容納大量行動不便的行為弱勢者，也應能提供人員安全逃生的時間。因此，本研究團隊對於開放式系統之實驗規劃，將分別以最早啟動(光電式一種)與最晚啟動(定溫式一種)之火警探測器作為水自動滅火設備的啟動連結設備，探討水自動滅火設備容許的延遲或提早之啟動撒水區間，並比較其滅火效果。

實驗三(最快啟動)為採光電一種火警探測設備作為連結

水道連結型撒水設備之啟動連結設備；實驗四(最慢啟動)為採定溫特種火警探測設備作為水道連結型撒水設備啟動設備。由實驗結果發現，實驗三在實驗過程中，距離地面3m處的最高溫度為69°C左右；實驗四在實驗過程中，距離地面3m處的最高溫度126°C左右，而密閉濕式系統則在實驗過程中，火場最高溫度為104°C。

表 3-10 撒水時間與火場最高溫度對照表(水道連結型)

實驗項目		項次	撒水時間 (min:sec)	火場最高溫度(3m) (°C)
無撒水			—	121
水道 連 結 型	實驗二(密閉濕式)		—	104
	實驗三(光電一種)		01:36	69
	實驗四(定溫一種)		03:59	126

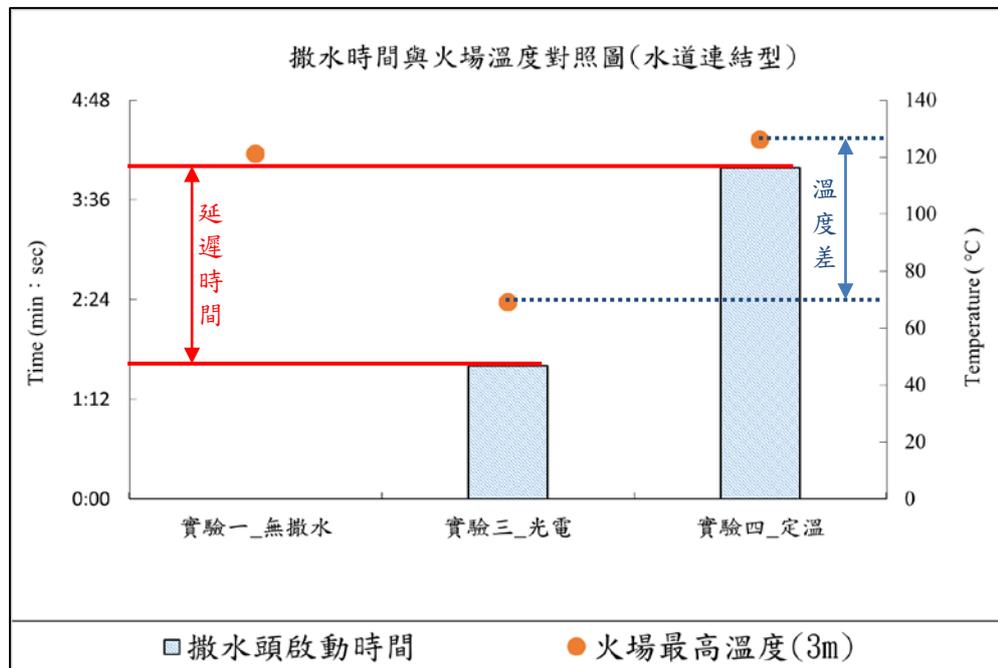


圖 3-67 撒水時間與火場溫度對照圖(水道連結型)
(資料來源：本研究整理)

綜合上述結果，以密閉濕式為基準時，當採用光電一種

作為連結啟動設備時，可快速抑制火勢並降低室內溫度，對於火勢成長較為緩慢的情況有實質性的幫助。由表3-10、圖3-67得知，當採用定溫一種作為連結啟動設備相對於利用光電一種作為撒水設備啟動時間，有明顯的延遲撒水效果(延遲143秒)，然而其距離地面3m處的溫度，由69°C上升至126°C，溫度成長約83%，恐有對人員造成高溫傷害的風險存在。

一般而言，人員生存極限溫度約為131°C，但當室內溫度高於60°C時，人員便難以忍受而造成逃生行為遲緩。本研究團隊係探討人員逃生過程之安全性，將深入探討距離地面2.0m及1.0m處的溫度變化，並以火場溫度60°C作為衡量基準進行分析。由圖3-68、圖3-69可知，無裝設水自動滅火設備的情況(實驗一)，距離地面2.0m處之溫度最高會達到76.8°C；實驗二雖有裝設密閉濕式水道連結型撒水頭，然而實驗過程中並未被啟動，因此溫度成長趨勢與實驗一雷同。實驗三採用光電一種作為撒水設備啟動連結設備，距離地面2.0m處的溫度最高僅達38.1°C；實驗四採用定溫一種作為撒水設備啟動連結設備，距離地面2.0m處的溫度最高達69°C。

對於距離地面1.0m處的位置，所有實驗皆維持在60°C以下，因此建議人員逃生過程應以低姿勢進行逃生，免於受到火場高溫危害。此外啟動撒水設備有助於快速降低火場溫度，雖各實驗之間的撒水啟動時間不同，但相對於無撒水的情況下，仍有10~50%的溫度控制效果。本研究主要探討開放式系統的啟動時機與效果，不管採用最快(光電式探測器)或最慢(定溫式)皆可有效降低火場溫度，且開放式系統可配合居室空間內部人員特性配置進行選用，例如在無人員常駐的場所

(機房、儲存室)，可配合光電一種在最短時間內啟動撒水設備滅火；而在大量人員常駐的場所，可以光電一種盡早偵知火災發生，再配合定溫一種啟動撒水設備，在基於環境條件仍處於人員可安全逃生下，延長人員逃生及救援的時間。

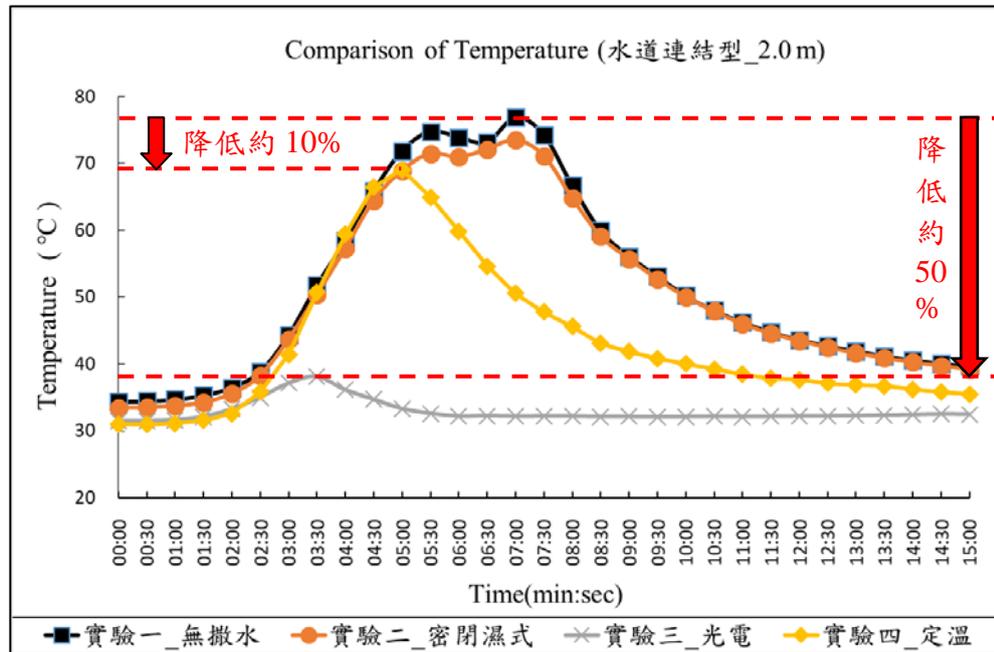


圖 3-68 溫度變化圖(水道連結型_2.0m)

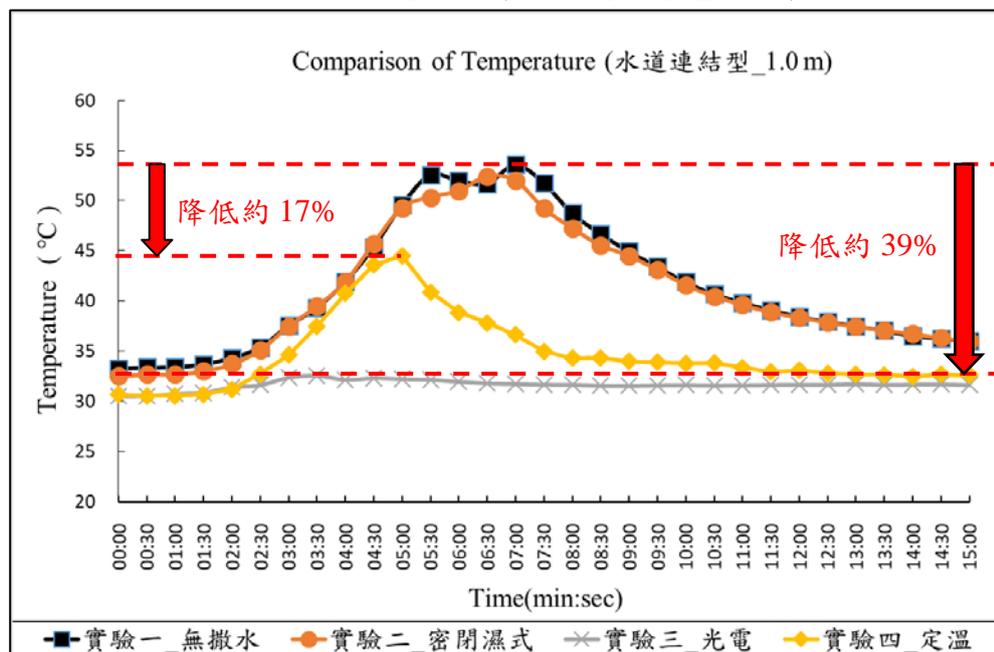


圖 3-69 溫度變化圖(水道連結型_1.0m)

(圖 3-68、圖 3-69 資料來源：本研究整理)

(3) 煙層遮蔽率比較：

煙控系統設計大多以離地1.8m位置作為安全高度設置，其意義為使人員可於火場保持站立姿勢逃生，但對於安養機構等類似場所，無法自主避難的住民其臥床高度約離地1.0m左右。因此，若要確保火場環境處人員可達生命安全無虞的條件，應加以考量離地1.0m處的火場特性。本研究為瞭解水自動滅火設備若改設為開放式系統之滅火效果，除瞭解其控溫效果外，是否可改善火場環境使人員更加安全為本研究重點所在，本研究將以距離地面1.0m及2.0m的煙層遮蔽率變化情況加以分析，實驗結果茲說明如下：

由圖3-70、圖3-71發現，在無裝設任何水自動滅火設備(實驗一)的情況下，距離地面2.0m處約在5分鐘左右，達完全遮蔽(100%)；距離地面1.0m處約6分鐘左右，達完全遮蔽(100%)。實驗二雖有設置採水道連結型自動撒水設備(密閉濕式系統)，但實驗過程中撒水設備未能啟動撒水，煙層變化趨勢與無設置撒水設備相似。

本研究團隊對於開放式系統之實驗規劃，將分別以最早啟動(光電式一種)與最晚啟動(定溫式一種)之火警探測器作為水自動滅火設備的啟動連結設備，探討水自動滅火設備容許的延遲或提早之啟動撒水區間，並比較其滅火效果。由圖3-70、圖3-71得知，實驗三(最快)為採光電一種火警探測設備作為連結水道連結型撒水設備之啟動連結設備，可在火勢尚未成長前快速抑制或撲滅火勢，由實驗結果得知，距離地面2.0m處之最大遮蔽率為36%，距離地面1m處之最大遮蔽率為

25%；實驗四(最慢)為採定溫一種火警探測設備作為水道連結型撒水設備啟動設備，因撒水設備啟動時間過晚，煙層不管距離地面2.0m，煙層遮蔽率高於90%，不利於人員逃生。綜合實驗結果，固然作動撒水有明顯控制溫度的效果，但若啟動時機過晚，此時火場空間能見度已然不佳，若在加上水氣影響，將使人員逃生環境更加惡劣。

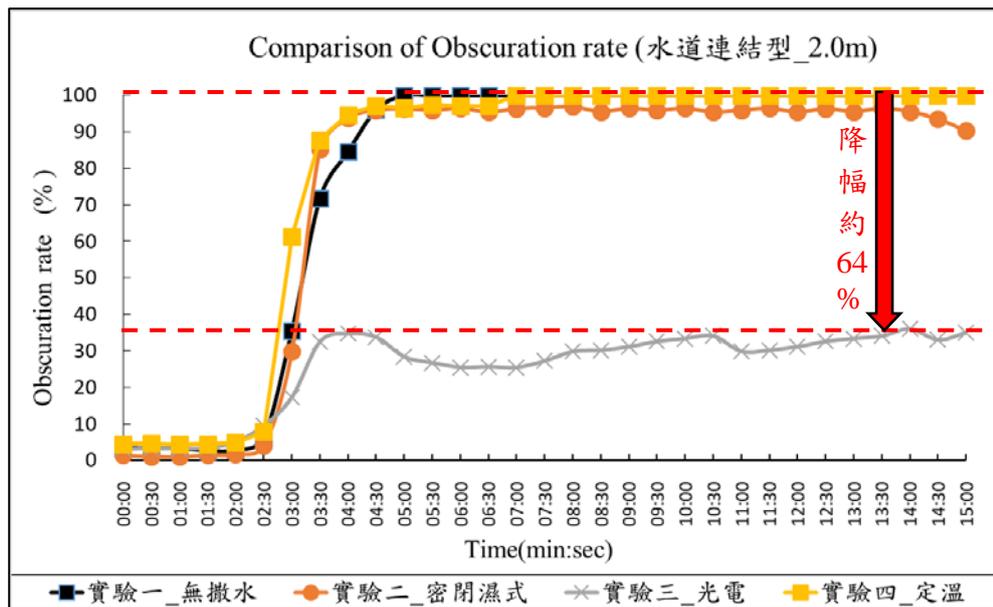


圖 3-70 煙層遮蔽率變化圖(水道連結型_2.0m)

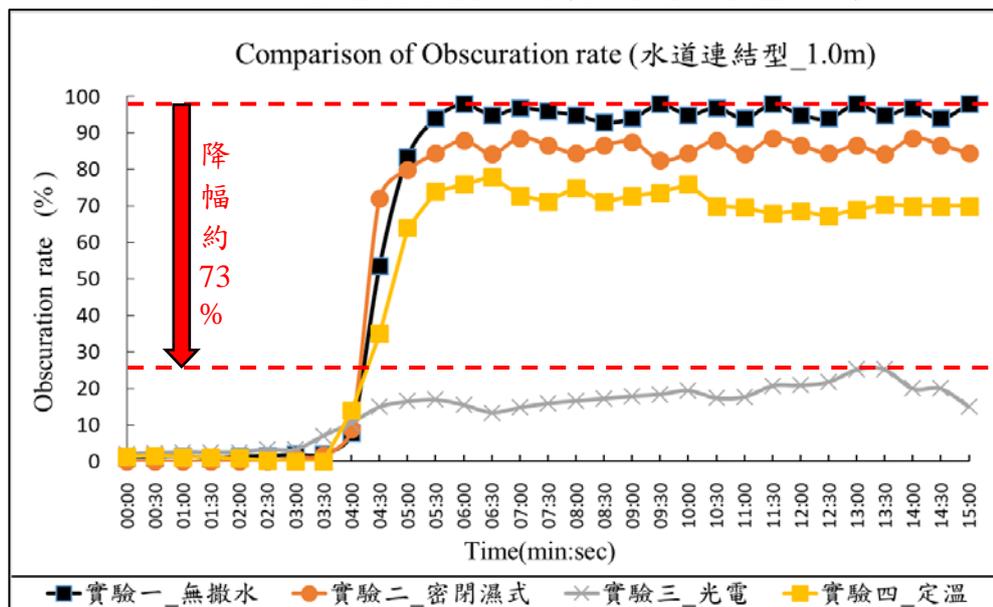


圖 3-71 煙層遮蔽率變化圖(水道連結型_1.0m)

(圖3-70、圖3-71資料來源：本研究整理)

(4) 啟動時機對抑制火勢效果比較：

本研究團隊係透過全尺寸實驗，探討水自動滅火設備由密閉濕式系統改設為開放式系統之滅火效果變化，由表3-11發現，水道連結型自動撒水設備改設為開放式系統，無論是由光電或定溫探測器作為連結，皆具控火效果(實驗三與實驗四在撒水10分鐘後，有抑制火勢但無完全滅火)。此外，開放式系統有一特色，可提供居室人員自主判斷，當其認為有必要或完成救援行動時，可逕自啟動撒水裝置，抑制火勢成長。

表 3-11 撒水前後之撲滅情況(水道連結型)

	撒水前 5 秒情況	撒水後(10 分鐘)
實驗二		未作動撒水
實驗三		 雖無完全滅火，但火勢變小
實驗四		 雖無完全滅火，但火勢變小

(資料來源：本研究整理)

貳、一般型自動撒水設備

(1) 火警探測器偵知時機

本研究團隊為瞭解密閉濕式系統與開放式系統間的滅火效果差異，同步規劃密閉濕式與開放式之全尺寸實驗。實驗五採用一般型自動撒水設備(密閉濕式系統)，採用的一般型撒水頭為一般反應型(第二種感度)、玻璃球式撒水頭，其標稱溫度為68°C，依據《密閉式撒水頭認可基準修正規定》，玻璃球式撒水頭作動溫度應在標示溫度的95~115%之間，即為64.6~78.2°C之間。實驗五實驗過程中，於點火後5分26秒破裂撒水，此時天花板溫度約為77.5°C，符合密閉式撒水頭認可基準之規定。

一般而言，開放式系統主要借助火警探測器作為連結啟動，本研究團隊蒐集市面上較為常見的六種火警探測器(光電式偵煙探測器(一、二種)、定溫式偵熱探測器(特、一種)、差動式偵熱探測器(一、二種))進行實驗設置，一般型自動撒水設備之實驗結果如表3-12所示。

表 3-12 火警探測器偵知時間表_一般型

設備種類 \ 項次		實驗五 (密閉濕式)	實驗六 (開放_光電)	實驗七 (開放_定溫)
光電式	一種	02:20	01:46	02:12
	二種	02:37	—	02:43
定溫式	特種	05:16	—	05:42
	一種	05:38	—	06:12
差動式	一種	02:38	—	02:53
	二種	02:56	—	03:19

(資料來源：本研究整理)

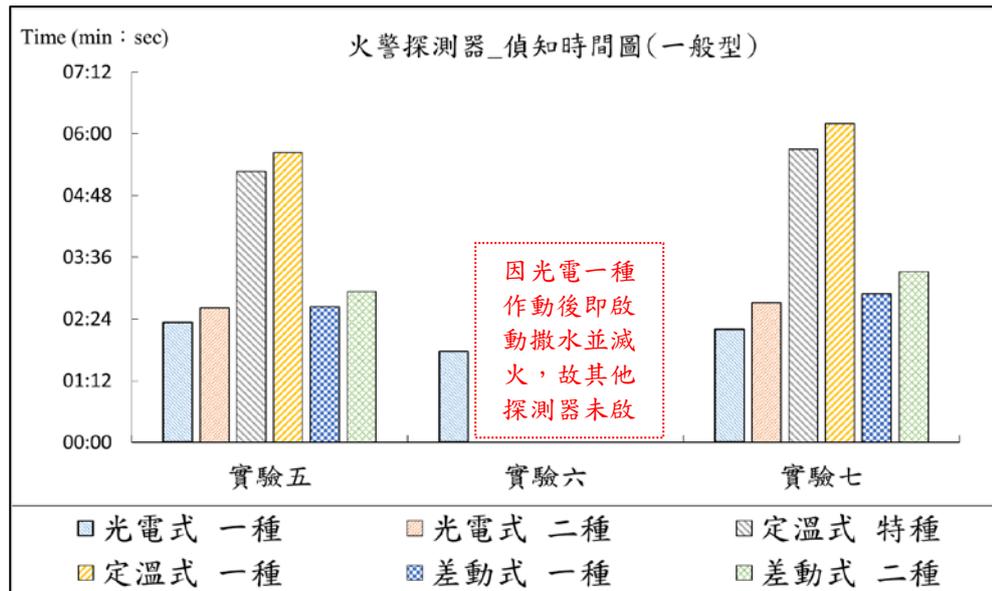


圖 3-72 火警探測器偵知時間圖(一般型)
(資料來源：本研究整理)

(2) 溫度方面

由表3-12、圖3-72得知，在火勢成長緩慢的情況下，以光電式偵煙探測器偵知反應速度最快，差動式偵熱探測器次之，定溫式偵熱探測器則為最慢偵測到火災發生。此外，前兩者探測器偵知反應時間差異不大，而定溫式偵熱探測器有明顯慢於兩者探測器的現象。

一般而言，開放式系統大多以光電式二種火警探測器作為連結設備，本研究團隊希冀開放式系統除能具備提早撲滅火勢的效果外，若建築場所容納大量行動不便的行為弱勢者，也應能提供人員安全逃生的時間。因此，本研究團隊對於開放式系統之實驗規劃，將分別以最早啟動(光電式一種)與最晚啟動(定溫式一種)之火警探測器作為水自動滅火設備的啟動連結設備，探討水自動滅火設備容許的延遲或提早之啟動撒水區間，並比較其滅火效果。

實驗六(最快啟動)為採光電一種火警探測設備作為連結一般型自動撒水設備之啟動連結設備；實驗七(最慢啟動)為採定溫一種火警探測設備作為一般型自動撒水設備之啟動設備。由實驗結果發現，實驗六在實驗過程中，距離地面3m處的最高溫度為41°C左右；實驗七在實驗過程中，距離地面3m處的最高溫度96°C左右，而密閉濕式系統(實驗五)則在實驗過程中，火場最高溫度為98°C。

表 3-13 撒水時間與火場最高溫度對照表(一般型)

實驗項目		項次	撒水時間 (min:sec)	火場最高溫度(3m) (°C)
無撒水			—	121
一般型	實驗五(密閉濕式)		05:26	98
	實驗六(光電一種)		01:46	41
	實驗七(定溫一種)		06:12	96

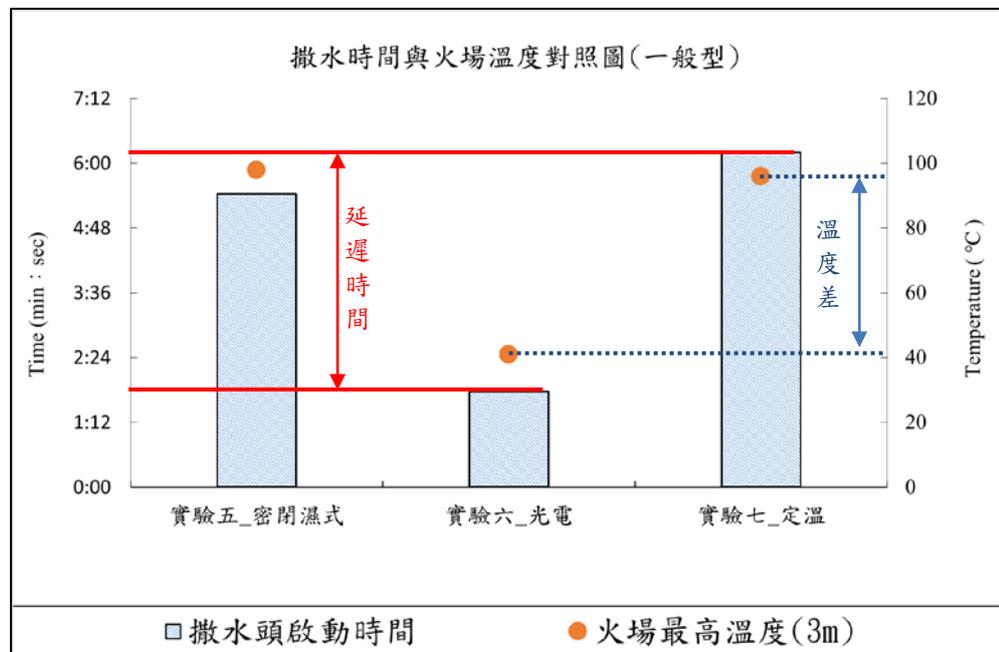


圖 3-73 撒水時間與火場溫度對照圖(一般型)
(資料來源：本研究整理)

綜合上述結果，以密閉濕式為基準時，當採用光電一種作為連結啟動設備時，可快速抑制火勢並降低室內溫度，對於火勢成長較為緩慢的情況有實質性的幫助。由表3-13、圖3-73得知，當採用定溫一種作為連結啟動設備相對於利用光電一種作為撒水設備啟動時間，有明顯的延遲撒水效果(延遲266秒)，然而其距離地面3m處的溫度，由41°C上升至96°C，溫度成長約134%，恐有對人員造成高溫傷害的風險存在。

一般而言，人員生存極限溫度約為131°C，但當室內溫度高於60°C時，人員便難以忍受而造成逃生行為遲緩。本研究團隊係探討人員逃生過程之安全性，將深入探討距離地面2.0m及1.0m處的溫度變化，並以火場溫度60°C作為衡量基準進行分析。由圖3-74、圖3-75可知，無裝設水自動滅火設備的情況(實驗一)，距離地面2.0m處之溫度最高會達到76.8°C；實驗五為裝設一般型自動撒水設備(密閉濕式系統)，距離地面2.0m處之溫度最高達65.3°C。實驗六採用光電一種作為撒水設備啟動連結設備，距離地面2.0m處的溫度最高僅達32.2°C；實驗七採用定溫一種作為撒水設備啟動連結設備，距離地面2.0m處的溫度最高僅達58°C。

對於距離地面1.0m處的位置，所有實驗皆維持在60°C以下，因此建議人員逃生過程應以低姿勢進行逃生，免於受到火場高溫危害。此外啟動撒水設備有助於快速降低火場溫度，雖各實驗之間的撒水啟動時間不同，但相對於無撒水的情況下，皆有14~58%的溫度控制效果。本研究主要探討開放式系統的啟動時機與效果，不管採用最快(光電式探測器)或最慢(定溫式)皆可有效降低火場溫度，且開放式系統可配合居室

空間內部人員特性配置進行選用，例如在無人員常駐的場所(機房、儲存室)，可配合光電一種在最短時間內啟動撤水設備滅火；而在大量人員常駐的場所，可以光電一種盡早偵知火災發生，再配合定溫一種啟動撤水設備，在基於環境條件仍處於人員可安全逃生下，延長人員逃生及救援的時間。

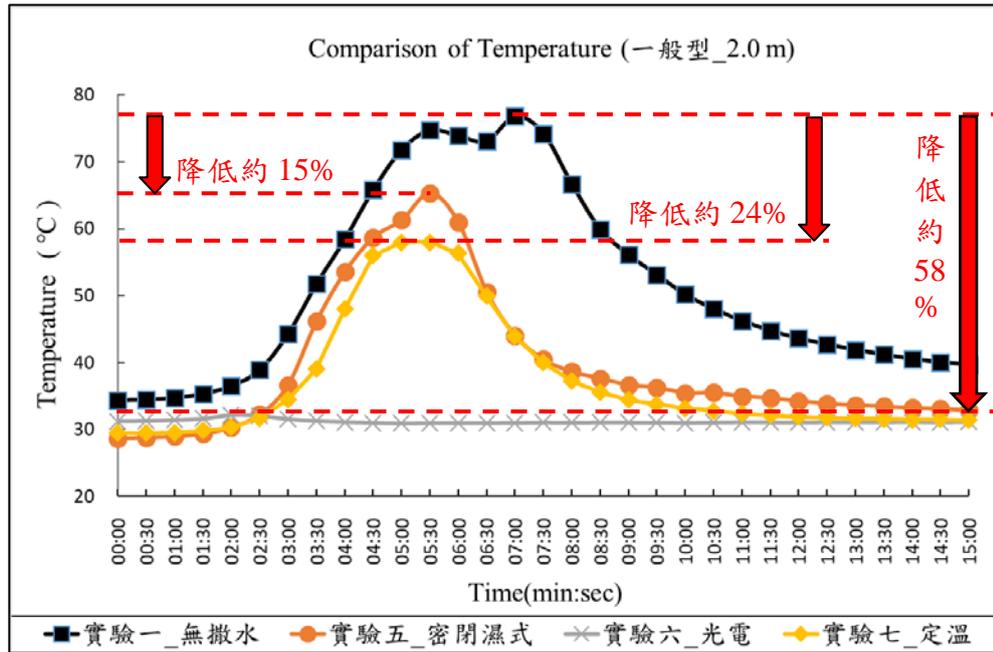


圖 3-74 溫度變化圖(一般型_2.0m)

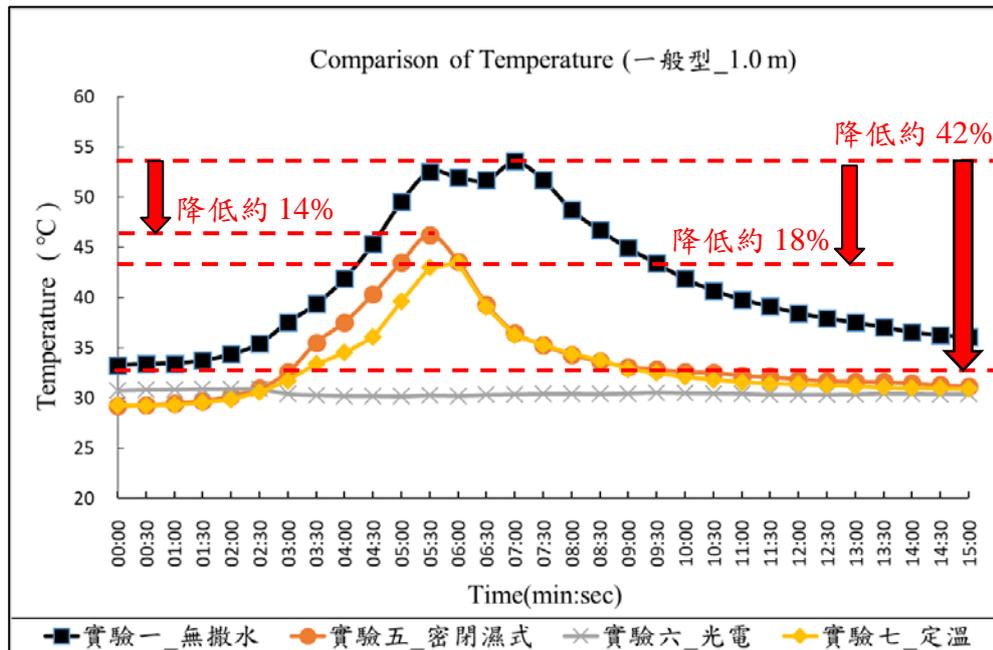


圖 3-75 溫度變化圖(一般型_1.0m)

(圖 3-74、圖 3-75 資料來源：本研究整理)

(3) 煙層遮蔽率比較：

煙控系統設計大多以離地1.8m位置作為安全高度設置，其意義為使人員可於火場保持站立姿勢逃生，但對於安養機構等類似場所，無法自主避難的住民其臥床高度約離地1.0m左右。因此，若要確保火場環境處人員可達生命安全無虞的條件，應加以考量離地1.0m處的火場特性。本研究為瞭解水自動滅火設備若改設為開放式系統之滅火效果，除瞭解其控溫效果外，是否能改善火場環境使人員可安全逃生為本研究重點所在，本研究以距離地面1.0m及2.0m的煙層遮蔽率變化情況加以分析，實驗結果茲說明如下：

由圖3-76、圖3-77發現，在無裝設任何水自動滅火設備(實驗一)的情況下，距離地面2.0m處約在5分鐘左右，達完全遮蔽(100%)；距離地面1.0m處約6分鐘左右，達完全遮蔽(100%)。本研究團隊對於開放式系統之實驗規劃，將分別以最早啟動(光電式一種)與最晚啟動(定溫式一種)之火警探測器作為水自動滅火設備的啟動連結設備，探討水自動滅火設備容許的延遲或提早之啟動撒水區間，並比較其滅火效果。

實驗六(最快)為採光電一種火警探測設備作為連結一般型撒水設備之啟動連結設備，可在火勢尚未成長前快速抑制或撲滅火勢，由實驗結果得知，距離地面2.0m處之最大遮蔽率為6.6%，距離地面1m處之最大遮蔽率為2.8%；實驗七(最慢)為採定溫一種火警探測設備作為一般型撒水設備啟動設備，因撒水設備啟動時間過晚，煙層不管是距離地面2.0m或1.0m處，煙層遮蔽率皆高於80%，不利於人員逃生。綜合實

驗結果，固然作動撒水有明顯控制溫度的效果，但若啟動時機過晚，此時火場空間能見度已然不佳，若在加上水氣影響，將使人員逃生環境更加惡劣。

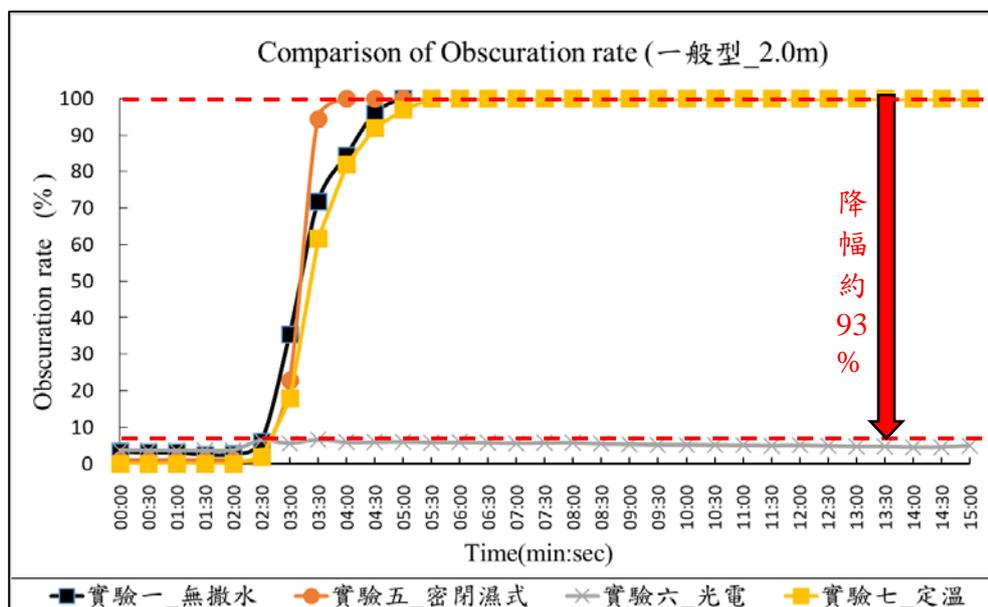


圖 3-76 煙層遮蔽率變化圖(一般型_2.0m)

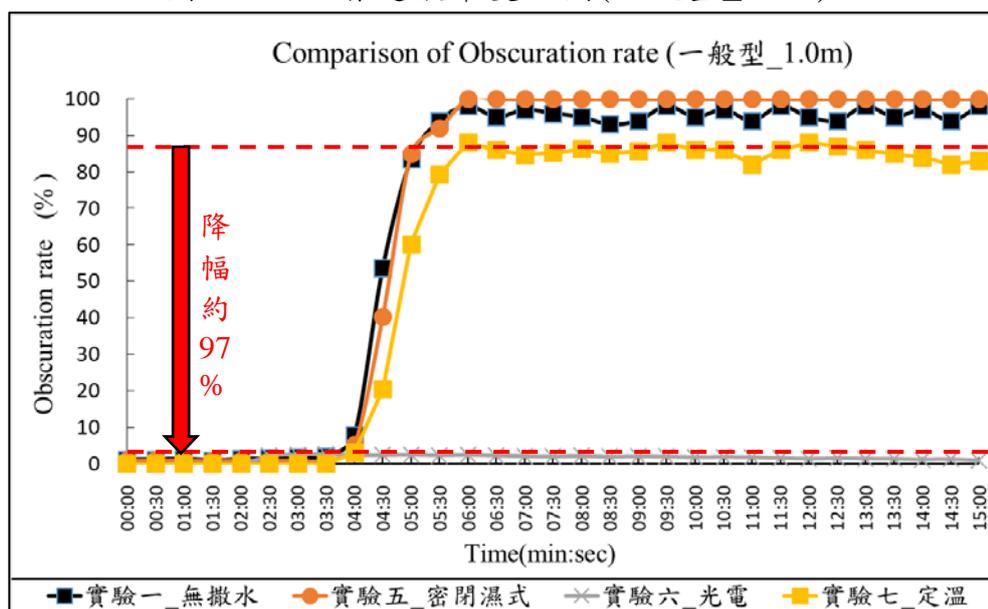


圖 3-77 煙層遮蔽率變化圖(一般型_1.0m)

(圖3-76、圖3-77資料來源：本研究整理)

(4) 啟動時機對抑制火勢效果比較：

本研究團隊係透過全尺寸實驗，探討水自動滅火設備由密閉濕式系統改設為開放式系統之滅火效果變化，由表3-14發現，一般型自動撒水設備改設為開放式系統，無論是由光電或定溫探測器作為連結，皆具控火效果且實驗六及實驗七皆能完全撲滅火源。此外，開放式系統有一特點，可提供居室人員自主判斷，當其認為有必要或完成救援行動時，可逕自啟動撒水裝置，抑制火勢成長。

表 3-14 撒水前後之撲滅情況(一般型)

	撒水前 5 秒情況	撒水後(1 分鐘)
實驗五		 完全滅火，能見度差
實驗六		 完全滅火，能見度佳
實驗七		 完全滅火，能見度差

(資料來源：本研究整理)

參、細水霧自動撒水設備

(1) 火警探測器偵知時機

細水霧自動撒水設備本身屬開放式系統，一般情況下，細水霧自動撒水設備大多與光電式偵煙探測器(二種)連結使用。然而本研究主要為瞭解開放式系統在不同啟動時機下的滅火效果，故本研究團隊將蒐集市面較為常見的六種火警探測器(光電式偵煙探測器(一、二種)、定溫式偵熱探測器(特、一種)、差動式偵熱探測器(一、二種)進行實驗設置。細水霧撒水設備之全尺寸實驗結果如表3-15所示。

表 3-15 火警探測器偵知時間表_細水霧

設備種類		項次	實驗八 (光電一種)	實驗九 (定溫一種)
光電式	一種		01:40	02:08
	二種		—	02:16
定溫式	特種		—	04:04
	一種		—	04:24
差動式	一種		—	02:29
	二種		—	03:01

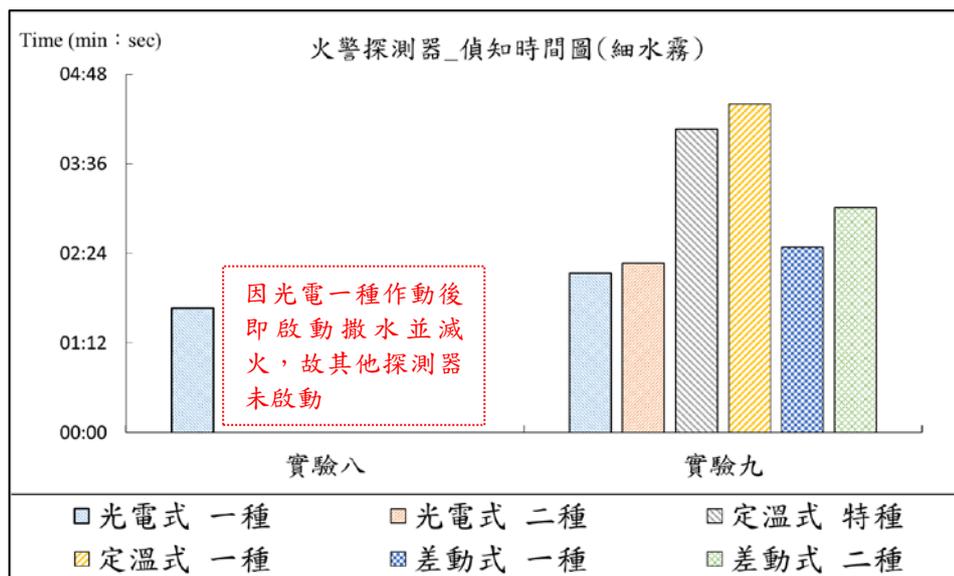


圖 3-78 火警探測器偵知時間圖(細水霧)

(資料來源：本研究整理)

(2) 溫度方面

借鏡本研究【水道連結型】與【一般型自動撒水設備】之實驗結果，以光電式偵煙探測器偵知反應速度最快，差動式偵熱探測器次之，定溫式偵熱探測器則為最慢偵測到火災發生。本研究團隊希冀開放式系統除能具備提早撲滅火勢的效果外，若該建築場所容納大量行動不便的行為弱勢者，也應能提供人員安全逃生的時間。因此，本研究團隊分別以最早啟動(光電式一種)與最晚啟動(定溫式一種)之火警探測器作為水自動滅火設備的啟動連結設備，探討水自動滅火設備容許的延遲或提早之啟動撒水區間，並比較其滅火效果。

由表3-16、圖3-79得知，實驗八(最快)為採光電一種火警探測設備作為細水霧自動撒水設備之啟動連結設備；實驗九(最慢)為採定溫一種火警探測設備作為細水霧自動撒水設備之啟動設備。實驗八在實驗過程中，距離地面3m處的最高溫度為52°C左右；實驗九在實驗過程中，距離地面3m處的最高溫度96°C左右。為同步瞭解細水霧設備的抑制火勢效果，將加入無撒水情境(實驗一)加以分析，無設置撒水設備下，火場最高溫度為121°C。

表 3-16 撒水時間與火場最高溫度對照表(細水霧)

實驗項目		項次	撒水時間 (min:sec)	火場最高溫度(3m) (°C)
無撒水			—	121
細水霧	實驗八(光電一種)		01:40	52
	實驗九(定溫一種)		04:24	96

(資料來源：本研究整理)

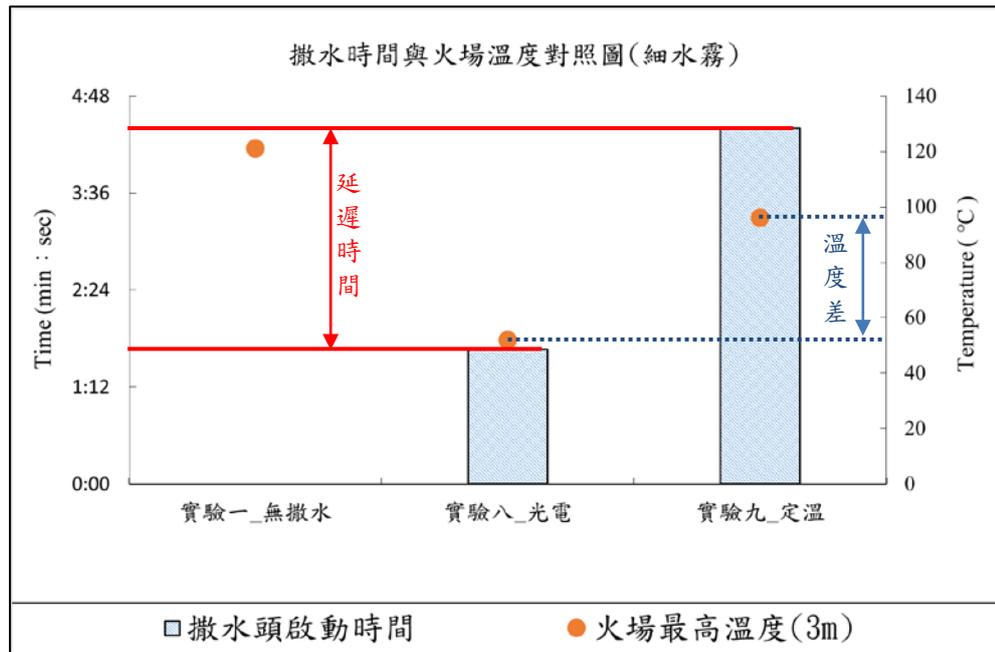


圖 3-79 撒水時間與火場溫度對照圖(細水霧)
(資料來源：本研究整理)

綜合上述結果，採用光電一種作為連結啟動設備時，可快速抑制火勢並降低室內溫度，對於火勢成長較為緩慢的情況有實質性的幫助；當採用定溫一種作為連結啟動設備相對於利用光電一種作為撒水設備啟動時間，會有明顯延後撒水的效果(延遲164秒)，然而其距離地面3m處的溫度，由52°C上升至96°C，溫度成長約85%，恐有對人員造成高溫傷害的風險，因此是否有延後撒水的必要，應將室內人員特性與室內環境性質納入討論，若過度延後撒水可能會使火勢擴大，反而不利於救災。

一般而言，人員生存極限溫度約為131°C，但當室內溫度高於60°C時，人員便難以忍受而造成逃生行為遲緩。本研究團隊係探討人員逃生過程之安全性，將深入探討距離地面2.0m及1.0m處的溫度變化，並以火場溫度60°C作為衡量基準進行分析。由圖3-80、圖3-81可知，無裝設水自動滅火設備

的情況(實驗一)，距離地面2.0m處之溫度最高會達到76.8°C；實驗八採用光電一種作為撒水設備啟動連結設備，距離地面2.0m處的溫度最高達38.5°C；實驗九採用定溫一種作為撒水設備啟動連結設備，距離地面2.0m處的溫度最高達64.7°C。

對於距離地面1.0m處的位置，所有實驗皆維持在60°C以下，因此建議人員逃生過程應以低姿勢進行逃生，免於受到火場高溫危害。此外啟動撒水設備有助於快速降低火場溫度，雖各實驗之間的撒水啟動時間不同，但相對於無撒水的情況下，皆有14~58%的溫度控制效果。本研究主要探討開放式系統的啟動時機與效果，不管採用最快(光電式)或最慢(定溫式)皆可有效降低火場溫度，且開放式系統可配合居室空間內部人員特性配置進行選用，例如在無人員常駐的場所(機房、儲存室)，可配合光電一種在最短時間內啟動撒水設備滅火；而在大量人員常駐的場所，可利用光電一種達到盡早偵知火災發生的效果，在搭配定溫一種啟動撒水設備，基於環境條件仍處於人員可安全逃生下，延長人員逃生及救援的時間。

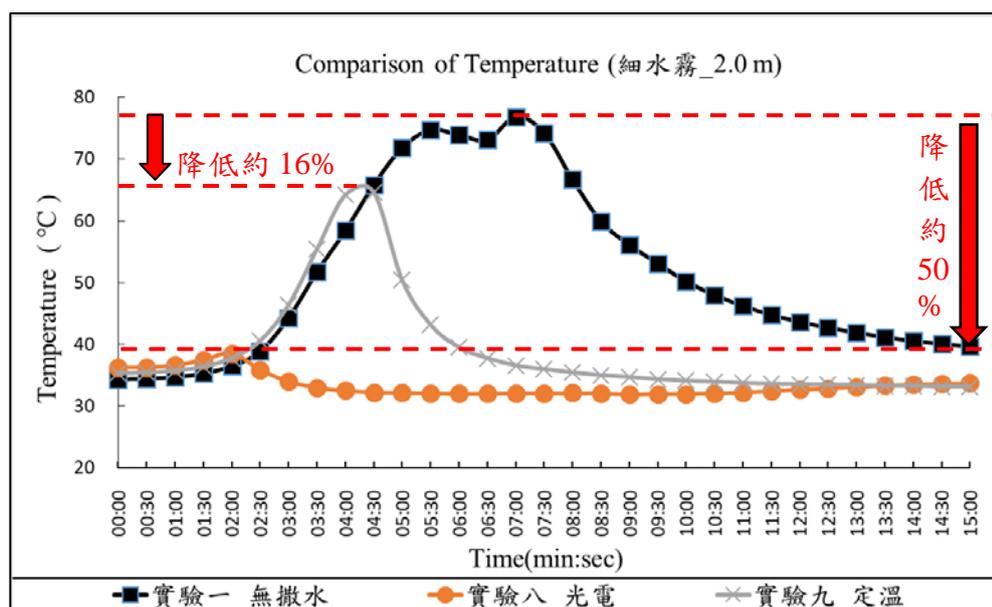


圖 3-80 溫度變化圖(細水霧_2.0m)

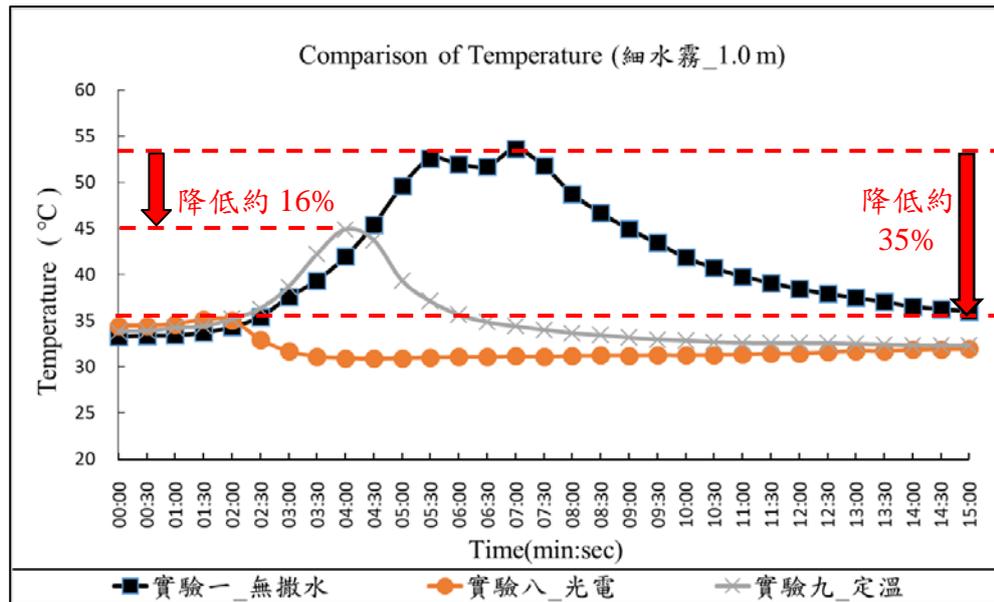


圖 3-81 溫度變化圖(細水霧_1.0m)

(資料來源：本研究整理)

(3) 煙層遮蔽率比較：

煙控系統設計大多以離地1.8m位置作為安全高度設置，其意義為使人員可於火場保持站立姿勢逃生，但對於安養機構等類似場所，無法自主避難的住民其臥床高度約離地1.0m左右。因此，若要確保火場環境處人員可達生命安全無虞的條件，應加以考量離地1.0m處的火場特性。本研究為瞭解水自動滅火設備若改設為開放式系統之滅火效果，除瞭解其控溫效果外，是否能改善火場環境使人員可安全逃生為本研究重點所在。

由圖3-82、圖3-83發現，無裝設任何水自動滅火設備(實驗一)的情況下，距離地面2.0m處約在5分鐘左右，達完全遮蔽(100%)；距離地面1.0m處約6分鐘左右，達完全遮蔽(100%)。實驗八為採光電一種火警探測設備作為細水霧自動撤水設備之啟動連結設備，由實驗結果得知，距離地面2.0m處之最大遮蔽率為32.3%，距離地面1m處之最大遮蔽率為

23.2%；實驗九(最慢)為採定溫一種火警探測設備作為細水霧自動撒水設備啟動設備，因撒水設備啟動時間過晚，煙層不管是距離地面2.0m或1.0m處，在實驗開始4~5分鐘後，煙層遮蔽率高於80%，此時不利於人員逃生，但是由圖3-82、圖3-83發現，實驗九的煙層遮蔽率在達高峰後，開始隨時間下降，表示細水霧自動撒水設備具有『滌煙』的效果。

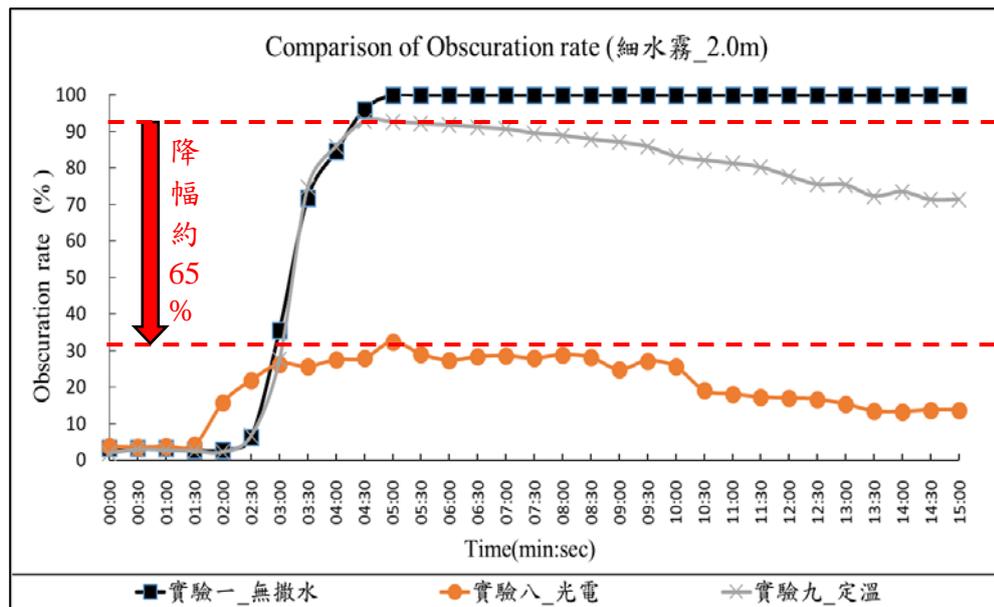


圖 3-82 煙層遮蔽率變化圖(細水霧_2.0m)

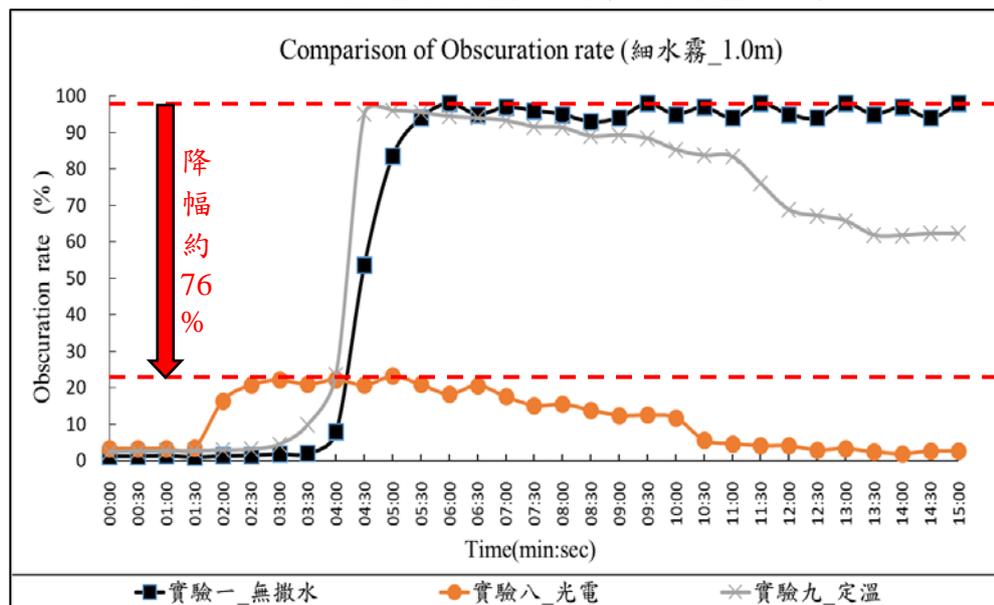


圖 3-83 煙層遮蔽率變化圖(細水霧_1.0m)

(圖3-82、圖3-83資料來源：本研究整理)

(4) 啟動時機對抑制火勢效果比較：

本研究團隊係透過全尺寸實驗，探討水自動滅火設備由密閉濕式系統改設為開放式系統之滅火效果變化，由表3-17發現，細水霧自動撒水設備改設為開放式系統，無論是由光電或定溫探測器作為連結，皆具控火效果且實驗八及實驗九皆能完全撲滅火源。此外，開放式系統有一特點，可提供居室人員自主判斷，當其認為有必要或完成救援行動時，可逕自啟動撒水裝置，抑制火勢成長。

表 3-17 撒水前後之撲滅情況(細水霧)

	撒水前 5 秒情況	撒水後(1 分鐘)
實驗八		
實驗九		

(資料來源：本研究整理)

二、居室空間氣體濃度之影響分析

本研究目的主要為瞭解水自動滅火設備當採用開放式系統設置之滅火效果，以及各水自動滅火設備啟動對居室空間之火場煙流與危害氣體的影響。彙整本年度全尺寸實驗結果，茲說明如下：

1. 有害氣體方面(CO₂)：

由參考書目【22】得知，當CO₂濃度超過10,000PPM時，便會對人體產生危害，但由圖3-84至圖3-86發現，本研究全尺寸實驗之實驗過程中，CO₂數值最高僅3,000PPM左右，短時間內應不致於對人體造成傷害。

但因本研究全尺寸實驗為求燃燒物定性定量，且必須為易燃物，故所使用的燃燒物均採用同樣材質與規格之泡棉床墊。每次全尺寸實驗燃燒一張床墊，其燃燒過程中CO₂生成量有限，且本研究並不考慮火勢蔓延或複合型燃燒物等實驗變數，故實驗過程中產生的CO₂濃度主要作為火災初期水自動滅火設備啟動對居室空間之危害氣體的影響評估之用。

由圖3-84至3-86得知，不管裝設哪種水自動滅火設備，皆可使室內空間CO₂量低於無撒水情況。此外，開放式系統並採光電一種作為連結啟動設備時，可在最短時間內作動撒水，有效控制火勢外，對於火場溫度、煙層、危害氣體皆有明顯幫助。而當開放式系統並採定溫一種作為連結啟動設備時，雖與無撒水情況相比，仍有改善之作用但差異較小。依據實驗結果可知，撒水設備作動，室內有害氣體濃度均會降低，但以撒水系統採開放式並連結光電式局限型偵煙探測器(一種)，室內有害氣體濃度降低幅度較大。

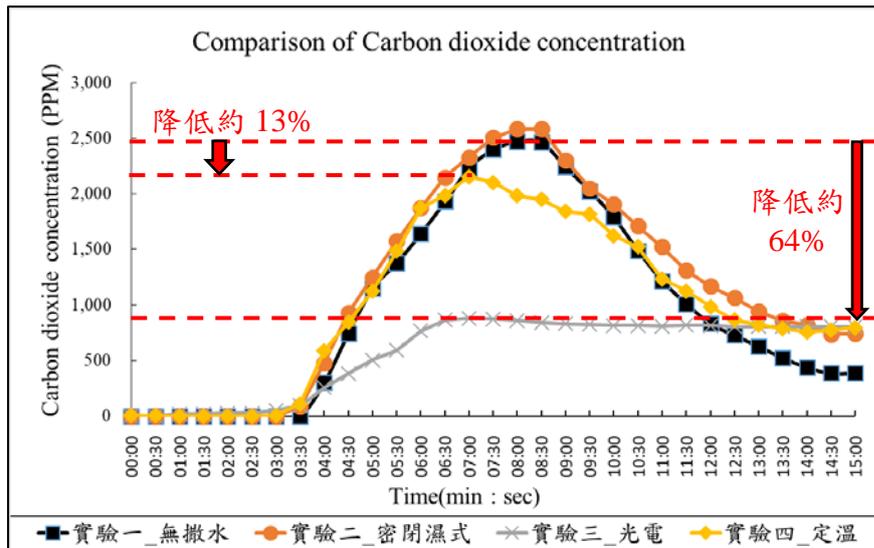


圖 3-84 二氧化碳(CO₂)濃度變化(水道連結型)

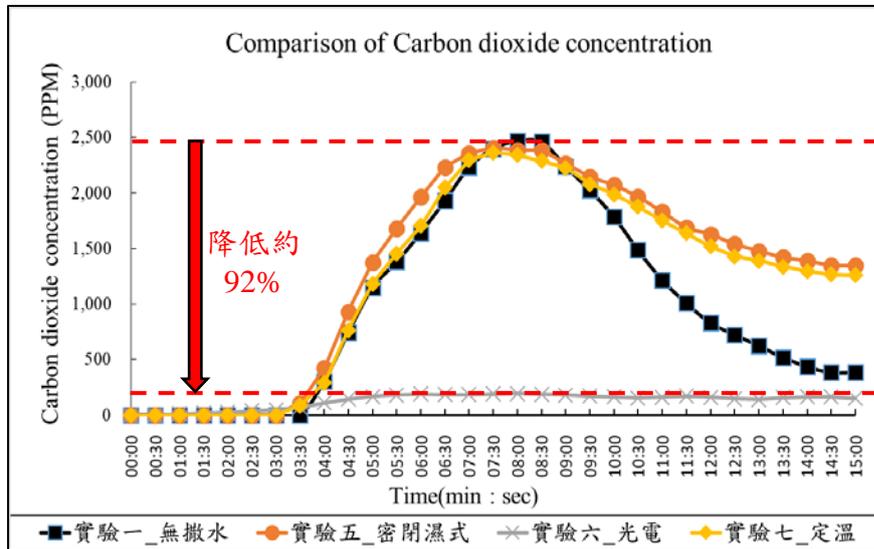


圖 3-85 二氧化碳(CO₂)濃度變化(一般型)

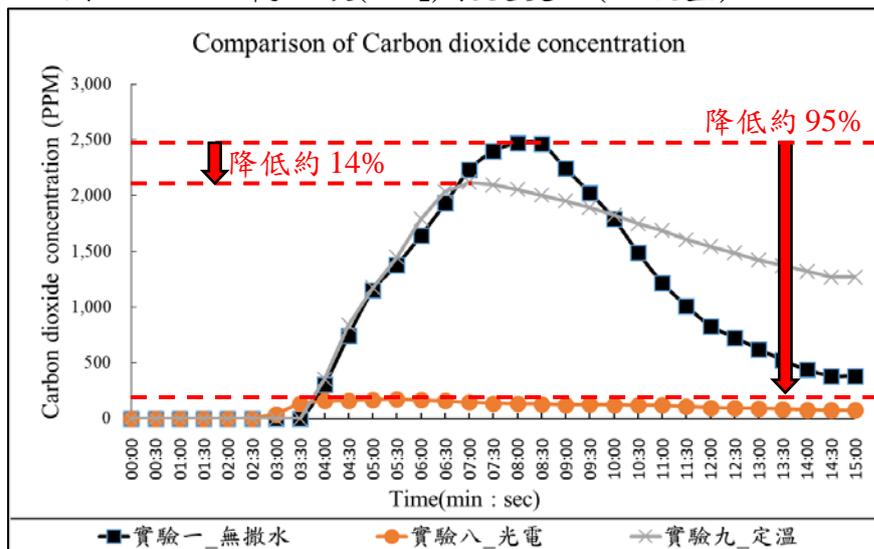


圖 3-86 二氧化碳(CO₂)濃度變化(細水霧)

(圖 3-84~圖 3-86 資料來源：本研究整理)

為深入瞭解各種水自動滅火設備之間，對於居室空間內部危害氣體濃度之影響，本研究團隊將全尺寸實驗結果依撒水設備類型進行分類，整理如圖3-87所示。降低比例的計算方式，為將各情境之二氧化碳濃度最高值與無撒水情境之二氧化碳濃度最高值進行比較。

以光電一種作為開放式系統之連結啟動設備時，水道連結型撒水設備可達64%的改善效果；一般型自動撒水設備可達92%的改善效果；細水霧自動撒水設備可達95%的效果。

若以定溫一種作為開放式系統之連結啟動設備時，水道連結型撒水設備可達13%的改善效果；一般型自動撒水設備可達4%的改善效果；細水霧自動撒水設備可達14%的效果。

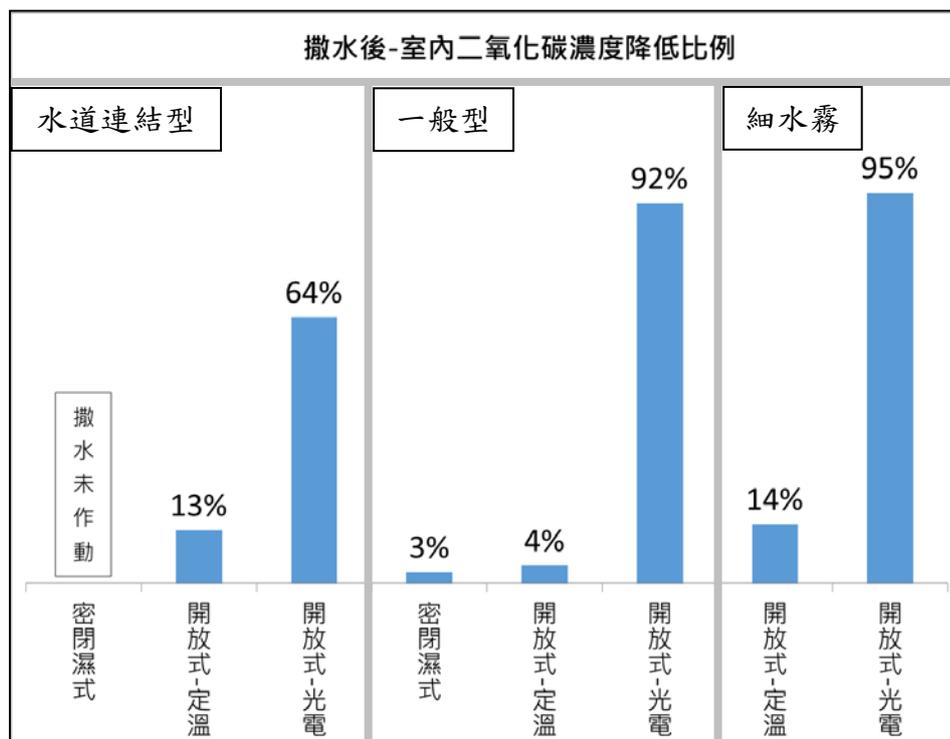


圖 3-87 各實驗二氧化碳濃度降低比例
(資料來源：本研究整理)

2. 有害氣體方面(CO)：

由參考書目【22】得知，當CO濃度超過200PPM時，便會對人體產生危害，但由圖3-88至圖3-90發現，本研究全尺寸實驗之實驗過程中，CO數值最高僅140PPM左右，短時間內應不致於對人體造成傷害。

但因本研究全尺寸實驗為求燃燒物定性定量，且必須為易燃物，故所使用的燃燒物均採用同樣材質與規格之泡棉床墊。每次全尺寸實驗燃燒一張床墊，其燃燒過程中CO生成量有限，且本研究並不考慮火勢蔓延或複合型燃燒物等實驗變數，故實驗過程中產生的CO濃度主要作為火災初期水自動滅火設備啟動對居室空間之危害氣體的影響評估之用。

由圖3-84至3-86得知，不管裝設哪種水自動滅火設備，皆可使室內空間CO量低於無撒水情況。此外，開放式系統並採光電一種作為連結啟動設備時，可在最短時間內作動撒水，有效控制火勢外，對於火場溫度、煙層、危害氣體皆有明顯幫助。而當開放式系統並採定溫一種作為連結啟動設備時，雖與無撒水情況相比，仍有改善之作用但差異較小。依據實驗結果可知，撒水設備作動，室內有害氣體濃度均會降低，但以撒水系統採開放式並連結光電式局限型偵煙探測器(一種)，室內有害氣體濃度降低幅度較大。

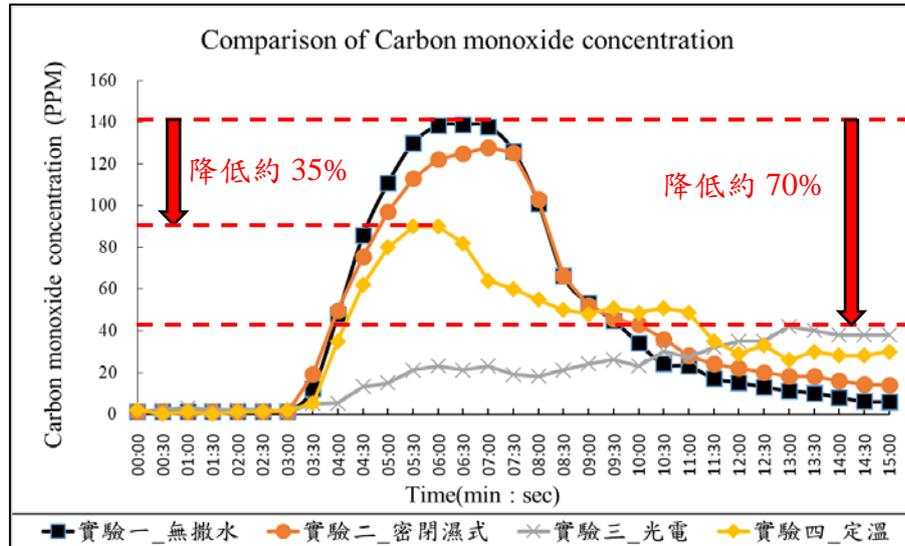


圖 3-88 一氧化碳(CO)濃度變化(水道連結型)

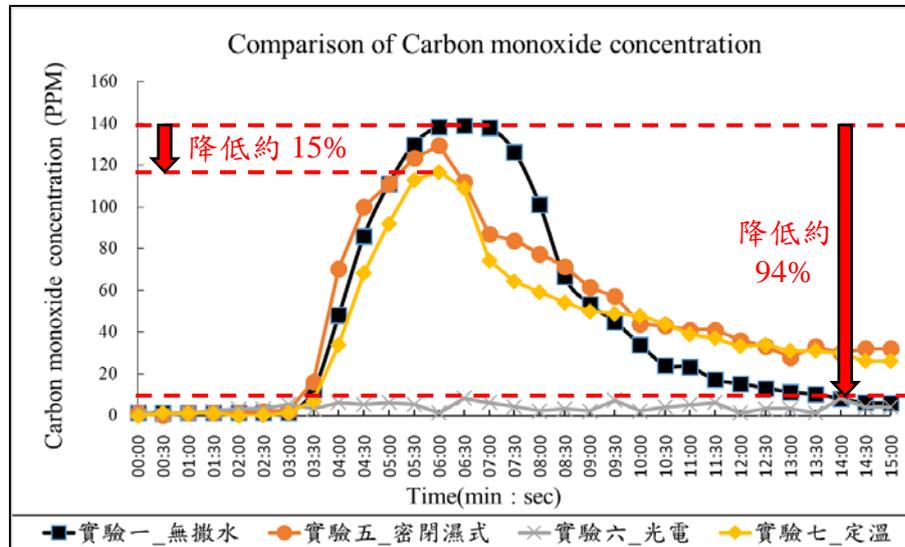


圖 3-89 一氧化碳(CO)濃度變化(一般型)

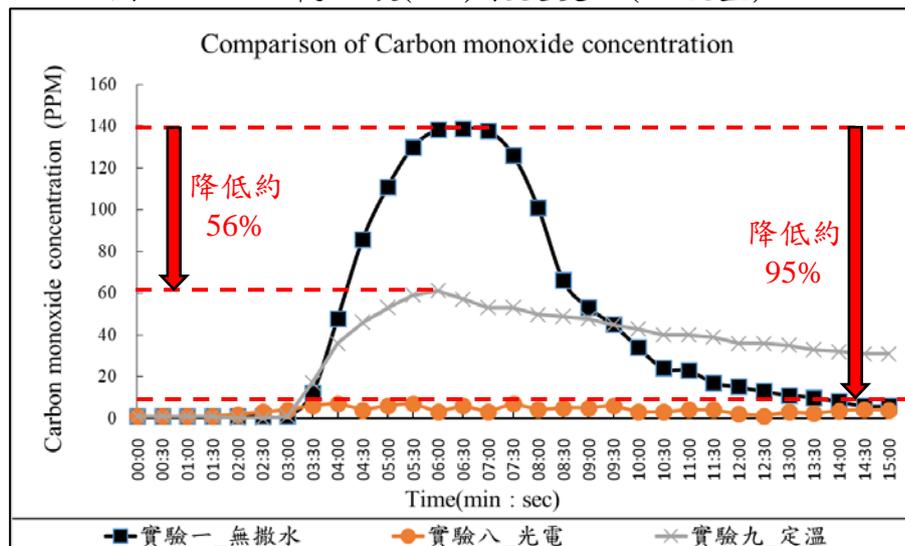


圖 3-90 一氧化碳(CO)濃度變化(細水霧)

(圖 3-88~3-90 資料來源：本研究整理)

為深入瞭解各種水自動滅火設備之間，對於居室空間內部危害氣體濃度之影響，本研究團隊將全尺寸實驗結果依撒水設備類型進行分類，整理如圖3-91所示。降低比例的計算方式，為將各情境之一氧化碳濃度最高值與無撒水情境之一氧化碳濃度最高值進行比較。

以光電一種作為開放式系統之連結啟動設備時，水道連結型撒水設備可達70%的改善效果；一般型自動撒水設備可達94%的改善效果；細水霧自動撒水設備可達95%的效果。

若以定溫一種作為開放式系統之連結啟動設備時，水道連結型撒水設備可達35%的改善效果；一般型自動撒水設備可達15%的改善效果；細水霧自動撒水設備可達56%的改善效果。

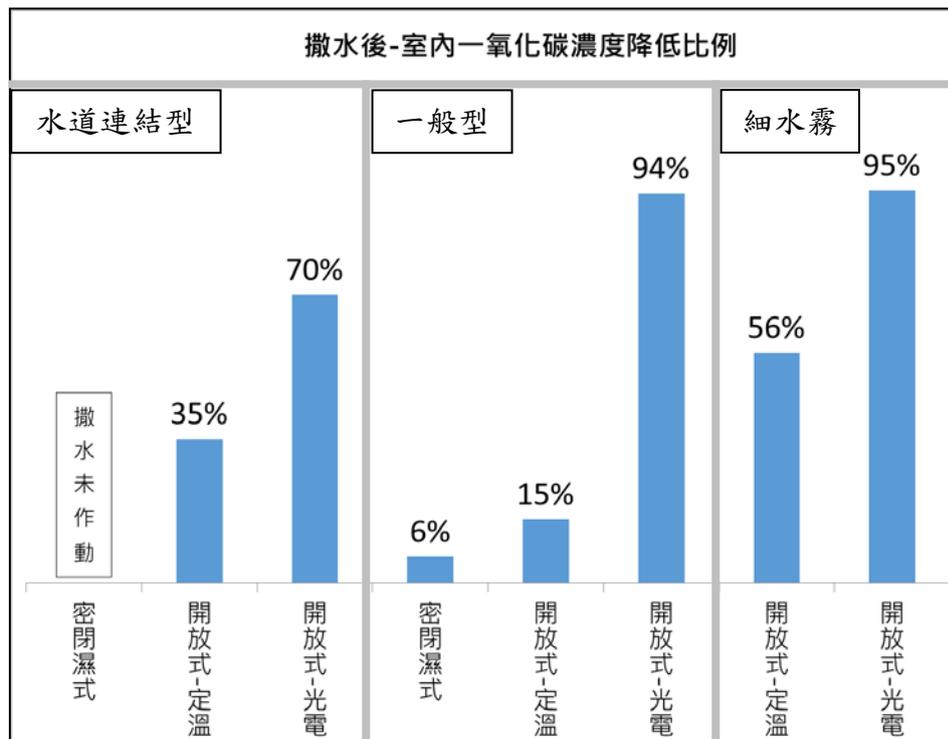


圖 3-91 各實驗一氧化碳濃度降低比例
(資料來源：本研究整理)

3. 室內氧氣濃度方面(O₂)：

依行政院勞工委員會訂定之《缺氧症預防規則》，當空氣中氧氣濃度未滿百分之十八之狀態稱為缺氧，缺氧之初期症狀為：顏面蒼白或紅暈、脈搏及呼吸加快、呼吸困難，目眩或頭痛等；缺氧之末期症狀為：意識不明、痙攣、呼吸停止或心臟停止跳動等。

由圖3-92至圖3-94發現，彙整本研究之全尺寸實驗結果，雖各情境啟動撒水設備的時間不同，使氧氣濃度產生些許差異，但均維持在19%以上，意指火場空間氧氣充足，不致於造成人員缺氧。然而當採用開放式系統並以光電一種作為連結設備時，不管是採用何種水自動滅火設備，皆能將氧氣濃度維持在20%以上。由此可知，越早啟動撒水設備，可大幅度降低火場的危害程度，但是否需提前啟動撒水設備，仍需考量該居室空間是否有救援的需求。

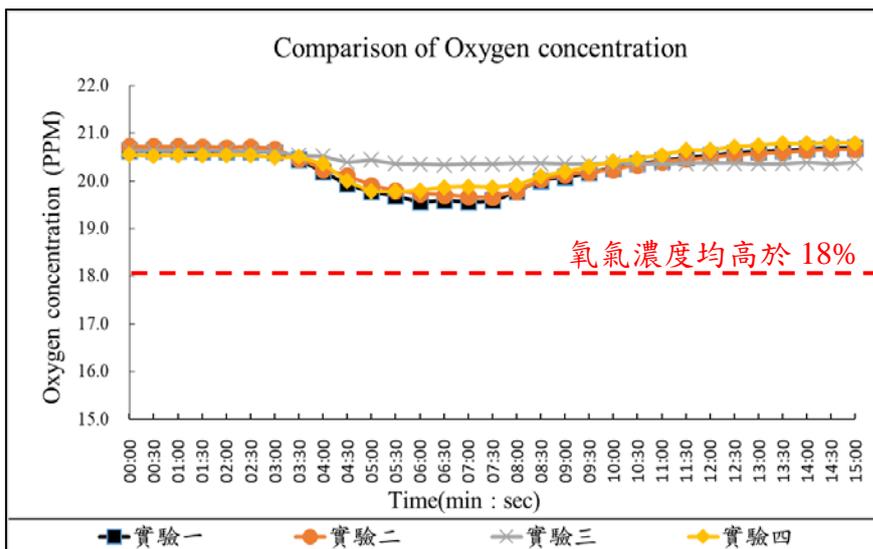


圖 3-92 氧氣(O₂)濃度變化(水道連結型)

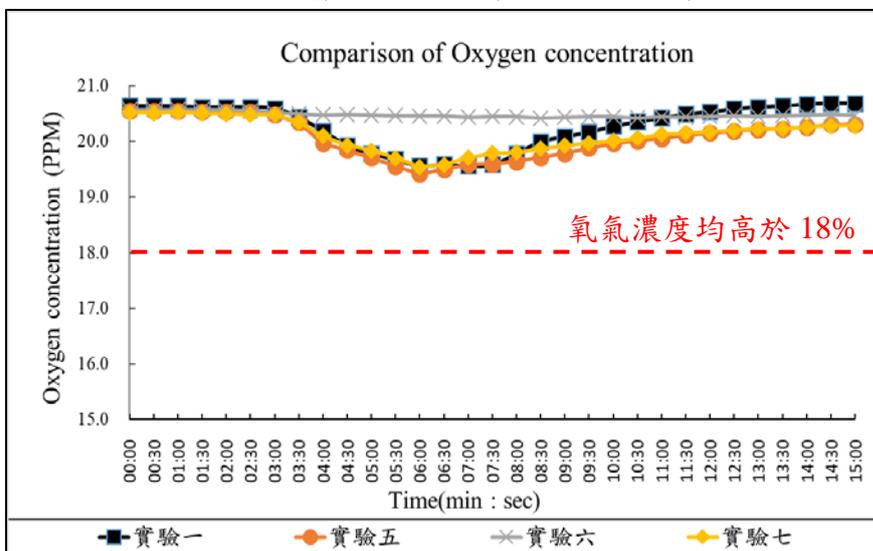


圖 3-93 氧氣(O₂)濃度變化(一般型)

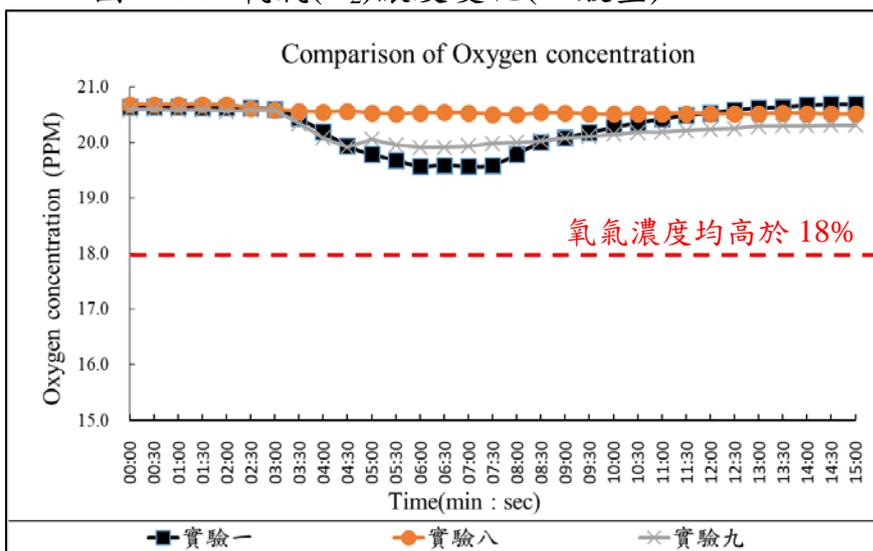


圖 3-94 氧氣(O₂)濃度變化(細水霧)

(圖 3-92~3-94 資料來源：本研究整理)

第四章 結論與建議

第一節 結論

- 一、 確立水自動滅火設備之同等滅火效能評估基準為現今的課題之一，我國與其他國家(中國、美國)進行的撒水頭試驗之最大差異在於除撒水頭機能檢測、撒水分佈測試外，還增加一個項目：燃燒試驗。燃燒試驗主要為驗證相同燃燒物的情況下，各種撒水設備之滅火效果，若不同撒水設備撲滅相同燃燒物，便可認為其具有同等滅火效能。

本研究團隊於報告書第二章，針對【UL1626】與【ISO6182-10】之國外水滅火設備的撒水頭燃燒試驗相關規範及標準中的燃燒試驗內容，進行文獻比較與分析，作為未來我國設立滅火效能評估基準之參考，減少浪費不必要或多餘的實驗成本及時間。

- 二、 目前日本與我國所採用的水道連結型自動撒水設備均為密閉濕式系統，當物品受微火源引燃的情境下，甚至可能只有產生煙而無明火，即使環境溫度已達認可基準之氣流溫度，若是氣流速度未能一併滿足，也有可能導致延遲密閉濕式撒水頭作動反應時間。在此情況下，若能以開放式撒水系統配合火警探測器連動啟動或手動啟動，或許可及早啟動撒水設備進行滅火，以減少人員傷亡。本研究探討水自動滅火系統撒水對於居室空間有害氣體濃度變化之影響與評估開放式撒水系統啟動時機之滅火效果。綜合本研究實驗結果，總結如下：

1. 在本研究全尺寸實驗空間與設計實驗條件下，依據實驗結果與實驗觀察，水道連結型自動撒水設備改設為開放式系統，無論是由光電或定溫探測器作為連結，皆具控火效果

(有抑制火勢但無完全滅火)；細水霧自動撒水設備、一般型自動撒水設備改設為開放式系統，無論是由光電或定溫探測器作為連結，皆具控火效果且皆能完全撲滅火源。

2. 居室空間受微火源引燃初期(火勢成長速度緩慢)，雖已產生些許煙霧但整體環境溫度並不高，密閉濕式系統可能無法在火災初期便作動撒水。由實驗結果得知，利用火警探測器並連動水自動滅火設備，可在短時間內抑制火勢、降低室內溫度、有害氣體濃度，且居室內人員若認為有需要或已救援完成，可藉由手動啟動裝置自行提早啟動開放式水道連結型自動撒水設備。
3. 當開放式系統係連結光電式局限型偵煙探測器(一種)者，因偵知啟動時間較早，故室內有害氣體濃度降低比例較高(有害氣體濃度約降低 64~95%)。而開放式系統係連結定溫式局限型偵熱探測器(一種)者，其偵知反應時間較晚，可提供人員逃生的時間，避免過早作動撒水而延緩逃生的速度。因此，及早啟動撒水設備雖有助於抑制火災、降低室內有害氣體濃度，但可能造成人員避難與救助的障礙；延後啟動撒水設備雖可延遲因撒水而造成人員避難與救助障礙的時間，但仍需確保火勢仍在控制範圍中。
4. 若預計設置開放式撒水系統之場所，其主要目的與規劃概念為：
 - (1)若要求盡早控制火勢避免災害擴大，可考量設置開放式撒水系統以光電(一種)連動啟動，此設置方式較適合設置於無人員常駐之場所(如：機房、儲藏室等)，但如

有人員需進行避難，建議仍需考慮初期避難時撒水之影響。

- (2) 開放式撒水系統以定溫(一種)連動啟動者，相較於以光電(一種)連動啟動者，因撒水作動時間延後，故溫度、CO 與 CO₂ 濃度等環境條件較差。然而根據實驗結果，在本研究全尺寸實驗空間(30m²)與微火源的情境設定下，在撒水設備啟動後仍有控制火勢或滅火的現象。但此種設置方式，較適合設置在居室內部有大量行為弱勢者的場所(如：安養機構、醫院等)，或需提供較充裕人員避難與救助時間需求而延後撒水之特定場所。
- (3) 若為爭取無自主避難能力住民之救援時間，避免因過早啟動撒水而影響救援行動者，而設置開放式撒水系統並採定溫(一種)連動啟動時，為能在火災初期可及早偵知火災發生，該空間仍須設置光電(一種)探測器。

第二節 建議與後續研究方向

本研究綜合本年度的研究成果與經驗，提出以下未來較具有研究價值的課題，供有關主管機關參考。

建議一

立即可行之建議：建立撒水設備之撒水頭滅火性能之驗證方式

主辦機關：內政部消防署

協辦機關：內政部建築研究所、財團法人消防安全中心基金會、

財團法人中華民國消防技術顧問基金會

依據《各類場所消防安全設備設置標準》第 17 條規定：「未達

1000 m²場所得設置水道連結型自動撒水設備或與現行法令同等滅火效能之滅火設備...」，本研究已針對【UL1626】與【ISO6182-10】之國外水滅火設備的撒水頭燃燒試驗相關規範及標準中的燃燒試驗內容，進行文獻比較與分析，建議後續研究可參考其內容並建立全尺寸實驗模型，作為未來我國設立撒水頭滅火性能之參考

建議二

立即可行之建議：進行居室內物品產生火勢蔓延或複合型燃燒物等實驗變數之空間危害氣體濃度全尺寸實驗

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：內政部營建署、內政部消防署

本研究為求燃燒物定性且定量，且必須為易燃物，故所使用的燃燒物均採用同樣材質與規格之泡棉床墊。每次實驗燃燒一張同規格床墊，其燃燒過程中 CO₂ 生成量有限，此外實驗中並不考慮火勢蔓延或複合型燃燒物等實驗變數，故實驗過程中產生的 CO、CO₂ 濃度較低，但實際火災燃燒物組成十分複雜，非僅一張床墊所能代表，故居室空間危害氣體濃度仍有深入討論之重要性，建議後續研究可將火勢蔓延或複合型燃燒物等實驗變數納入。

參考書目

- 【1】 內政部消防署，107年全國火災統計分析，107年
- 【2】 陳凱炫，雲林科技大學碩士論文，住宅用撒水頭滅火性能基準實驗研究。
- 【3】 NFPA 13,2013, Standard for the Installation of Sprinkler Systems.
- 【4】 鍾基強，2018，內政部建築研究所，老人福利機構火警探測、自動撒水設備驗證基準及避難器具檢討之研究。
- 【5】 「自動噴水滅火系統 第一部分:洒水噴頭」，2003，中華人民共和國國家標準，GB 5135.1，中華人民共和國國家質量監督檢驗檢疫總局與中國國家標準化管理委員會。
- 【6】 「自動噴水滅火系統 第15部分:家用噴頭」，2008，中華人民共和國國家標準，GB 5135.1，中華人民共和國國家質量監督檢驗檢疫總局與中國國家標準化管理委員會。
- 【7】 UL 199,2004, Standard for Automatic Sprinkler for Fire-Protection Service.
- 【8】 SFPE, Handbook of Fire Protection Engineering 4th Edition, US A, 2008.
- 【9】 李明智，2016，「水系統滅火設備安裝施工及使用功能查驗方法之研究」，內政部建築研究所，台北。
- 【10】 謝明諺，2011，「國內小型老人福利機構設置簡易型自動撒水設備之研究」，長榮大學職業安全與衛生研究所碩士論文。
- 【11】 田蒙潔，趙清德，2009，「自動撒水系統 Automatic Sprinkler Systems」，詹氏書局。
- 【12】 蘇鴻奇，「撒水頭作動時間的實尺寸分析」，2008年。
- 【13】 洪文傑，密閉式撒水頭認可基準適用性之研究，國立交通大學碩士論文，民國100年8月。
- 【14】 董賢聲，水系統效應對性能式煙控設計之模型研究與實驗驗證，國立雲林科技大學工程科技研究所博士班，民國九十四年一月。
- 【15】 內政部消防署，密閉式撒水頭認可基準修正規定，106年7月4日。
- 【16】 Mawhinney, J. R, A closer look at the fire extinguishing properties of watermist,International Symposium on Fire Safety Science, 4th , 1994.
- 【17】 Qin, J., W. K. Chow, Bench-scale tests on PMMA fires with water mist,

- Polymer Testing 24, 39-63,2005.
- 【18】 林素玲,水霧粒徑對滅火效應影響評估之研究，碩士論文，雲林科技大學，機械工程研究所，2004。
- 【19】 鍾基強，2014，「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，台北。
- 【20】 SFPE Handbook.
- 【21】 L. T. Wong, Hazard of thermal radiation from a heated fire shutter surface to a standing person.
- 【22】 陳弘毅、紀人豪，2016，「火災學」，鼎茂圖書出版股份有限公司。
- 【23】 Ahrens, M., “ Selections from US fires in selected occupancies: homes,Quincy, MA : National Fire Protection Association, Fire Analysis andResearch Division, 2006
- 【24】 陳玠佑，2009，「弱勢人員防火避難等待空間規劃原則初探」，內政部建築研究所。
- 【25】 Zhang, G.C., Lee, A.H., Lee, H.C., and Clinton, M., “Occupant Behavior and Evacuation during the Chicago Cook County Administration Building Fire,” Journal of Fire Protection Engineering, Vol. 16, No.4, 2006, pp.283-309.
- 【26】 林鴻志，2005，「安養、養護機構建築物防火避難設施設置規定之研究」，中華大學建築與都市計畫研究所碩士論文。
- 【27】 日本消防法施行令，2008。
- 【28】 BOCA,“The BOCA National Building Code,” Building Official Code and Administrators International, 1999。
- 【29】 日本，建築基準法施工篇。
- 【30】 李惠閔，2015，「老人福利機構消防安全設備之適用性與有效性研究-以高雄市老人福利機構為例」，國立高雄應用科技大學土木工程與防災科技研究所博士論文。
- 【31】 張慧蓓，2010，「老人養護機構安全管理之研究—中小型居室消防安全分析」，國立高雄應用科技大學人力資源發展系碩士論文。
- 【32】 洪展賢，2018，「簡易式自動撒水設備應用於老人福利機構之探討」，東南科技大學營建科技與防災研究所在職專班碩士論文。
- 【33】 雷明遠，2015，「行動弱勢者照護機構火災風險自主檢核指南之研究」，

內政部建築研究所。

- 【34】 劉芸蓁，2012，「老人機構防火煙控避難性能改善技術研究」，長榮大學職業安全與衛生研究所碩士論文
- 【35】 丘澄彬，1990，「水對固態燃料組列之火焰抑制研究」，成功大學機械工程學系碩士論文。
- 【36】 蔡匡忠等人，2008，「自動撒水滅火設備與區劃延燒驗證研究」，內政部建築研究所。
- 【37】 蘇鴻奇等人，2008，「撒水頭作動時間的實尺寸分析」，中華民國建築學會「建築學報66期增刊(技術專刊)」，61~74頁。
- 【38】 H. Ingason , Investigation of Thermal Response of Glass Bulb Sprinklers using Plunge and Ramp Test, Fire Safety journal,vol.30,p71-93,1998.
- 【39】 「建築設計防火規範」，中華人民共和國國家標準，GB 50016-2014，，中華人民共和國住房和城鄉建設部與中華人民共和國國家質量監督檢驗檢疫總局聯合發布。
- 【40】 「自動噴水滅火系統設計規範」，中華人民共和國國家標準，GB 50084-2017，中華人民共和國住房和城鄉建設部與中華人民共和國國家質量監督檢驗檢疫總局聯合發布。
- 【41】 「建築設計防火規範」，中華人民共和國國家標準，GB50016-2014，中華人民共和國住房和城鄉建設部與中華人民共和國國家質量監督檢驗檢疫總局聯合發布。
- 【42】 「自動噴水滅火系統設計規範」，中華人民共和國國家標準，GB50016-2014，中華人民共和國住房和城鄉建設部與中華人民共和國國家質量監督檢驗檢疫總局聯合發布。
- 【43】 「簡易自動噴水滅火系統應用技術規程」，中國工程建設標準化協會標準，CECS 219:2018中國計劃出版社。
- 【44】 NFPA 13, 2013, Standard for the Installation of Sprinkler Systems。
- 【45】 UL News UL通訊，2015，UL1626住宅用消防撒水頭規範介紹。
- 【46】 林璟汶、周中祺、劉品鑄，2011，「簡易式自動撒水系統-經濟的安全守護者」，電機月刊，第二十一卷第十期，PP.2-8。

附錄 審查回應表

一、期初審查（評審會議）回應表

項次	評選委員意見	廠商回應
1	建議本研究案可先擬定「同等效能」之判定項目或準則，再設置實驗方法或分析方式，去比較各設備性能之優劣。可朝水道連結式比較(1)快速反應撒水頭(2)撒水頭之設定溫度(3)撒水頭之水平距離等之性能。	感謝委員意見，本研究將以ISO 標準及其他國外水滅火設備的撒水頭燃燒試驗相關規範，進行文獻蒐集之比較及分析，以作為滅火效能評估基準之參考。
2	有害氣體可分析煙及養老中心病房會產生之致命氣體分析即可。	感謝委員意見，後續研究中，將以電腦模擬分析居室內最大量之有害氣體濃度與煙層高度，以作為對住民危害程度之參考。
3	使用開放式系統，大量放水著重滅火效能，但對人員之避難逃生影響，需詳細考慮。	感謝委員意見，本案主要係在密閉濕式撒水系統與開放式撒水系統兩者之間，找出避難需求時間後，控制系統進行撒水。
4	簡報第 5 頁陳述機構未依法規規定設置防火消防設備之結論過於牽強，建議修正。	感謝委員意見，文獻蒐集引用之文字將依據委員意見更新修正。
5	簡報第 8 頁建議補充說明居室氣體濃度或煙塵高度對住民之危害性比較。	感謝委員意見，後續研究中，將以電腦模擬分析居室內最大量之有害氣體濃度與煙層高度，以作為對住民危害程度之參考。
6	建議比較認可基準規定與火	感謝委員意見，將依據委員意

	警探測器、撒水頭實際啟動機制之性能規格。	見比較認可基準規定與火警探測器、撒水頭實際啟動機制之性能規格。
7	開放式撒水應用在小空間時，系統架構上可能增加大量開放閥之使用，有無進階之建議。	感謝委員意見，在系統架構上，可考量各居室獨立配置撒水系統，除可彈性使用既有空間外，亦可避免增加大量開放閥之使用。
8	請增加探討中小型長照機構的各種滅火、排煙方式。	感謝委員意見，本研究後續預計進行之全尺寸實驗，將以不同設備之間的搭配組合進行相關實驗，如偵煙探測器+開放式水道連結型撒水系統，或差動式探測器+開放式水道連結型撒水系統等。
9	研究擬以開放式或其他簡易設備為實驗對象，證明與既有規定之設備具有同等以上效能，是否考慮以既有的滅火效能規範之試驗方法來說明同等效能？	感謝委員意見，本研究之同等滅火效能評估主要以參考ISO標準為主，以利未來我國可與國際接軌建立相關試驗機制。
10	創意回饋之補充說明。	感謝委員意見，本案創意回饋內容主要係在密閉濕式撒水系統與開放式撒水系統兩者之間，找出避難需求時間後，控制系統進行撒水。
11	避難有關因素，是否僅專注在實驗對象之設備可能發生之特殊危害因素，以利收斂。	感謝委員意見，避難有關因素，將依據委員意見僅專注在實驗對象設備可能發生之特殊危害因素，以利收斂。
12	從簡報可得知開放式、密閉式撒水設備的啟動時間、拖曳導致煙層下降速度的變動，撒水壓力滅火效能及放水時間等	感謝委員意見，本案主要係在密閉濕式撒水系統與開放式撒水系統兩者之間，找出避難需求時間後，控制系統進行撒

	<p>因素互有影響，如何從人員避難安全的目的，取得最佳解可能是最大挑戰，建議於研究過程可以花較多時間加以考量。</p>	<p>水。後續研究將依據委員意見著重於取得撒水與避難交互之影響。</p>
13	<p>目前安排「FDS 數值模擬」和「實測研究」兩者在研究中的關係如何安排應用，建議加以說明。</p>	<p>感謝委員意見，本案將以實測研究之空間建立 FDS 數值模擬之模型，並以實際實驗參數建立電腦模擬邊界條件。以第一次實驗比對電腦模擬結果並確認電腦參數之正確性後，將以電腦模擬分析居室內最大量之有害氣體濃度與煙層高度，以作為對住民危害程度之參考。</p>

二、期中審查回應表

委員	委員評選意見	廠商回應
王教授金樹	<ol style="list-style-type: none"> 1. 報告書第 60 頁，水自動滅火設備中有包括細水霧，但今天報告內容卻沒有，請說明？ 2. UL 1626 及 ISO 6182 為住宅型，其與新設與既有之長照設施在 fire test 是否有區別。 3. 簡報第 23 頁，電腦模擬 O₂ 濃度不下降？試問如何補氣？否則應下降。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝委員意見，細水霧滅火設備相關研究資料後續將補充納入期末報告。 2. 感謝委員意見，本研究緣起係因《各類場所消防安全設備設置標準》第 12 條第 1 款第 6 目之場所，樓地板面積合計未達 1,000m² 者，得設置水道連結型自動撒水設備或與現行法令同等以上效能之滅火設備。主要評估對象係滅火設備，並無區別新設或既有機構。 3. 感謝委員意見，本案期中報告模擬結果，在有撒水的情境下，氧氣濃度約由 21% 下降至 19.5%。（因期末報告之全尺寸實驗已有藉由設備量測室內氣體濃度，故報告中原有電腦模擬內容刪除。）
何教授明錦	<ol style="list-style-type: none"> 1. 本研究屬延續性研究，文獻收集豐富。FDS 模擬亦頗 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝委員意見。 2. 感謝委員意見，依據實驗結果，若為爭取

	<p>具參考價值。</p> <p>2. 唯就第 103 頁小結所述，為避免濃煙妨礙救援，建議不宜過早啟動水自動滅火設備，則如何有效控制感知與動作時間，須再妥為研析。</p> <p>3. 為減少水損，對防護範圍規劃、安裝位置、撒水量及動作時間之關連性允宜再深入研究，並作具體建議。</p>	<p>無自主避難能力住民之救援時間，避免因過早啟動撒水而影響救援行動者，可考慮設置開放式撒水系統並採定溫(一種)連動啟動，且為能在火災初期可及早偵知火災發生，該空間仍須設置光電(一種)探測器。藉由兩種火警探測器作動之時間差，減少因撒水設備啟動而導致避難或救援障礙。</p> <p>3. 感謝委員意見，本研究主要係針對完成開放式撒水系統啟動時機之滅火效果評估，撒水頭之安裝與規劃均應依據《各類場所消防安全設備設置標準》相關規定設計安裝。</p>
<p>張理事長敬 桐</p>	<p>1. 研究目標建議考量工程應用之檢討。</p> <p>2. 工程應用考量方向如下，建議參考(可行性評估)。</p> <p>(1)既有撒水頭之選用規格之限制(動作溫度)。</p> <p>(2)不同撒水系統</p>	<p>1. 感謝委員意見。</p> <p>2. 感謝委員意見，本研究主要係針對完成開放式撒水系統啟動時機之滅火效果評估，撒水頭之安裝與規劃均應依據《各類場所消防安全設備設置標準》相關規定設計安裝。</p>

	<p>型式之動作流程（運轉時間）。</p> <p>(3) 撒水系統設備之整合、適用性（優缺點分析）。</p> <p>(4) 滿足或優於法令之檢討（滅火性能）。</p> <p>(5) 避免系統誤動作之措施（水損風險）。</p> <p>(6) 防護分區（開放式、預動式）面積（設備數量將影響工程造价及維護成本）。</p> <p>3. 撒水系統動作流程影響動作時機，建議整理對應關係。</p>	<p>3. 感謝委員意見，本研究主要係針對完成開放式撒水系統啟動時機之滅火效果評估，藉由不同火警探測器作動之時間差，減少因撒水設備啟動而導致避難或救援障礙。故撒水系統動作流程仍應依據《各類場所消防安全設備設置標準》相關規定設計規劃。</p>
<p>曾教授俊達</p>	<p>1. 水道連結型自動撒水設備若為開放式系統，效果可能優於密閉濕式，此研究成果若證屬實，則可補強水道連結型自動撒水設備效能，此研究方向立意正確。</p> <p>2. 開放式撒水系統配合偵煙探測器作動雖然反應時間快，但建議是否考量增</p>	<p>1. 感謝委員意見，因開放式系統係連結火警探測器偵知火災後啟動撒水系統，故在小火情境下，開放式撒水系統作動時間略快於密閉濕式撒水系統。</p> <p>2. 感謝委員意見，依據實驗結果，若為爭取無自主避難能力居民之救援時間，避免因過早啟動撒水而影響</p>

	<p>強火警示確認機制，例如：複數顆以上偵煙探測器反應後才啟動開放式撒水系統等，以防因水造成二次傷害。</p> <p>3. 實驗成果未來係提供制定規範或標準，建議實驗設計條件與參數參考既有規範或標準，例如實驗空間尺寸可參考 ISO 9705，ISO 9705 大尺度 2.4×3.6×2.4 m³ 的空間試驗。</p> <p>4. 建議確認研究範圍，以增研究成果的焦點，包括主題副標題的增註，如：長照機構增設水滅火設備之同等效能估基準之可行性研究。</p>	<p>救援行動者，可考慮設置開放式撒水系統並採定溫(一種)連動啟動，且為能在火災初期可及早偵知火災發生，該空間仍須設置光電(一種)探測器。藉由兩種火警探測器作動之時間差，減少因撒水設備啟動而導致避難或救援障礙，同時也盡量減少因水造成二次傷害之可能。</p> <p>3. 感謝委員意見，依據 ISO 6182-10 內 7.18.2 之規定，實驗空間尺寸之長應為撒水頭撒水半徑的兩倍，寬為撒水頭撒水半徑。</p> <p>4. 感謝委員意見，已依據委員意見補充修正研究範圍，但題目副標題的增註有其執行上的困難，請委員見諒。</p>
<p>衛生福利部 護理及健康 照護司 王 助理員曉玲</p>	<p>報告提及有關細水霧設備之部分，希望研究團隊提供參考。</p>	<p>感謝委員意見，細水霧滅火設備相關研究資料後續將補充納入期末報告。</p>
<p>內政部營建 署 孫研究 員立言</p>	<p>濃煙離地 1 m、2 m 之界定依據或理由為何？</p>	<p>感謝委員意見，煙控系統設計大多以離地 1.8m 位置作為安全高度設置，其</p>

		<p>意義為使人員可於火場保持站立姿勢逃生，但對於安養機構等類似場所，無法自主避難的住民其臥床高度約離地 1.0m 左右。因此，本研究增加考量離地 1.0m 處的火場特性。</p>
<p>內政部消防署 楊科長 艷禾</p>	<p>本研究已採用電腦模擬及實尺寸實際驗證實驗，建議因應現行建築物樓層避難求，可以再就樓層模擬及實驗結果再予分析。</p>	<p>感謝委員意見，人員避難與樓層模擬分析非本研究範圍，將依據委員意見考量納入後續研究建議之中。</p>
<p>中華民國全國建築師公會 林建築師 少夫</p>	<p>電腦模擬及實驗完成後，是否能提出「同等」效能等級列表。</p>	<p>感謝委員意見，本研究目的之一主要係完成國外水滅火設備的滅火效能評估基準相關規範及標準的文獻內容比較分析，滅火效能評估基準之建立將納入後續研究建議之中。</p>
<p>社團法人台灣長期照顧發展協會全國聯合會 吳監事 第明</p>	<p>1. 大量撒水可能造成長者二次傷害，確實是要重視的課題，若能協助提出對長者傷害最小的撒水設備，將是長照機構長者一大福音。</p>	<p>1. 感謝委員意見，依據實驗結果，若為爭取無自主避難能力住民之救援時間，避免因過早啟動撒水而影響救援行動者，可考慮設置開放式撒水系統並採定溫(一種)連動啟動，且為能在火災初期可及早偵知火災發生，該空間仍須設置光電(一種)探測</p>

		<p>器。藉由兩種火警探測器作動之時間差，減少因撒水設備啟動而導致避難或救援障礙，同時也希望可以盡量減少因水造成二次傷害之可能。</p>
<p>社團法人中華民國老人福利機構協會 賴理事 添福</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 計畫中有提到細水霧之研究 (p.65、p.76)，但今天的簡報中沒有提到，希望研究團隊可以提供其比較標準給機構參考。 2. 試驗中以最小個人房之 7 m² 為研究標的，但以法規而言，是以小型機構 5 m² 為最多。 3. 水道連結型撒水設備除須考量滅火效果外，其最大問題在於設置安裝，因為要保持 2.4 噸的水壓，其設置位置需慎重考量。 4. 自動撒水涉及啟動時間，如果太早啟動可能妨礙救援，及造成個案之二次傷害，如何取得最適時機？ 5. 氧氣含量涉及人員生理需求外，也可 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝委員意見，細水霧滅火設備相關研究資料後續將補充納入期末報告。 2. 感謝委員意見，本研究之全尺寸實驗空間為長 7.5m×寬 4m×高 3m，面積約 30m²，應可符合相關規定。 3. 感謝委員意見，因各環境之空間限制條件均不同，建議可視機構空間條件選用適合之設備。 4. 感謝委員意見，依據實驗結果，若為爭取無自主避難能力住民之救援時間，避免因過早啟動撒水而影響救援行動者，可考慮設置開放式撒水系統並採定溫(一種)連動啟動，且為能在火災初期可及早偵知火災發生，該空間仍須設置光電(一種)探測器。藉由兩種火警探

	<p>能影響火災之起滅，兩者之值如何取得平衡？是否會因此影響到排煙設備？</p> <p>6. 報告書第 65 頁，簡易撒水設備之價格以小型機構、10 個房間來計價，70,000 元是否價格過低？希望研究團隊能提供各式裝置之成本，以利選擇。</p>	<p>測器作動之時間差，減少因撒水設備啟動而導致避難或救援障礙，同時也希望盡量減少因水造成二次傷害之可能。</p> <p>5. 感謝委員意見，在本研究實驗空間與實驗規劃的條件下，雖各情境啟動撒水設備的時間不同，使氧氣濃度產生些許差異，但均可維持在 19% 以上。排煙設備與氧氣濃度之關係非本研究範圍，將依據委員意見考量納入後續研究建議之中。</p> <p>6. 感謝委員意見，已依據委員意見重新檢視並修正相關內容。</p>
<p>雷研究員明遠</p>	<p>1. 水道式撒水設備在國內消防界存在不同看法，主要疑慮為放水密度僅 2.21 mm/min，相較於歐美國家消防法規規定，尚不足以使用於護理之家、長照機構等空間。</p> <p>2. 美國法規中住宅用撒水頭 (residential sprinkler) 是否等同我國，日本水道連</p>	<p>1. 感謝委員意見，本研究目的之一主要係針對完成開放式撒水系統啟動時機之滅火效果評估，水道式撒水設備放水量仍應依據《水道連結型自動撒水設備設置基準》相關規定設計規劃。</p> <p>2. 感謝委員意見，依據 NFPA 13D 與 13R，美國法規中住宅型撒水頭放水量為</p>

	<p>結式撒水頭，建請就系統組成、性能等比較分析予以釐清。</p>	<p>18LPM，作動時間為30min；水道連結型撒水頭放水量為30LPM，作動時間為20min；放水壓力兩者均為0.5 kgf/cm²以上，作動數量兩者均為同時放射四顆。</p>
<p>蔡組長綽芳</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 研發適用於長照機構開放式撒水系統，最重要的關鍵是如何在與火警探測器連動及允許手動的前提下，決定啟動時機（時間），並重整自主消防避難活動的 SOP。 2. 啟動時機（時間）必須兼顧避免住民撒水嗆傷、控制火煙在可安全避難的煙層高度、濃度、溫度情境下，全室安全避難。 3. 承上，目前模擬啟動時間集中於 2 分鐘左右，大概只能模擬早期與火警探測器連動的情境，建議在 2 分鐘後每 30 秒增加一次模擬，直至目前設定起火後 4 分鐘的極限避難時間為止， 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝委員意見，依據實驗結果，若為爭取無自主避難能力住民之救援時間，避免因過早啟動撒水而影響救援行動者，可考慮設置開放式撒水系統並採定溫（一種）連動啟動，且為能在火災初期可及早偵知火災發生，該空間仍須設置光電（一種）探測器。藉由兩種火警探測器作動之時間差，減少因撒水設備啟動而導致避難或救援障礙。居室內人員若認為有需要或已救援完成，可藉由手動啟動裝置自行提早啟動開放式撒水設備。 2. 感謝委員意見，因實際火災情況難以預估，人員避難還是必須仰賴現場工作人員平時訓練與臨場反

	<p>探討最佳啟動時間，以供後續實尺寸實驗參考。</p>	<p>應。藉由兩種火警探測器作動之時間差，僅能在火災初期盡可能減少因撒水設備啟動而導致避難或救援障礙。</p> <p>3. 感謝委員意見，因實際火災狀況與火勢大小均難以預估，不建議以延後固定時間啟動撒水設備，以避免災害擴大。故本研究藉由兩種火警探測器作動之時間差，探討啟動時機。</p>
--	------------------------------	---

三、期末審查回應表

委員	委員評選意見	廠商回應
王教授金樹	<ol style="list-style-type: none"> 1. 依研究成果，如採光電型偵測(約1.5min)先通知，但採局部先撒水，等人員疏散後，約4min，不論何種撒水，採全區撒水為最佳安全。 2. 請問本次也裝設住警器，其大約多久可產生警報作用？ 3. 請問本次之床設置，補氣是否符合ISO 6182-10？ 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝委員意見。 2. 感謝委員意見，因住警器性能與光電(二種)、定溫探測器類似，但僅能示警無法連動啟動撒水設備，故本研究全尺寸實驗中無規劃設置住警器。 3. 感謝委員意見，本研究分為兩個部分，其中第一部分為針對國外水滅火設備的滅火效能評估基準相關規範及標準(ISO 6182-10與UL1626)的文獻內容所進行之比較分析。第二部分主要係為了探討開放式撒水系統啟動時機之滅火效果，以及水滅火系統撒水對於居室空間有害氣體濃度變化影響，進行全尺寸實驗。兩部分為各自獨立之內容，全尺寸實驗之規畫設計與ISO 6182-10無關。
何教授明錦	<ol style="list-style-type: none"> 1. 蒐集國內外相關規範內容完整，實驗 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝委員意見。 2. 感謝委員意見，報告

<p>(書面意見)</p>	<p>比對資料成果完整，所提結論建議亦多已符合預期成果，值得肯定。</p> <p>2. 唯期中報告後所作之細水霧實驗，雖圖表數據資料完整，但其縱軸刻度似未與其他撒水設備種類一致化，易致誤判。建議盡可能實驗圖表之 X 及 Y 軸刻度採一致化以利比對。</p> <p>3. 細水霧實驗結果似未與其他類型實驗做綜合比對，建請再予以補充說明。</p>	<p>中 X 及 Y 軸刻度已盡量採一致性方式呈現，惟部分圖面若 Y 軸採相同刻度呈現恐無法辨識，故此時將採利於辨識之方式呈現數據結果。</p> <p>3. 感謝委員意見，本研究全尺寸實驗之各項實驗數據均有相互比較分析。</p>
<p>曾教授俊達</p>	<p>1. 研究成果與進度符合預期成果。</p> <p>2. 請說明國內「滅火器認可基準」其燃燒物是採「木堆架」，而本案實驗所採之燃燒物為「泡棉」之原因。</p> <p>3. 水自動滅火設備(一般自動撒水、水道連結型、低壓細水霧)設備系統內容、設備空間要求及價格均不同。建議：研究針對三種不同滅火效能實驗分析</p>	<p>1. 感謝委員意見。</p> <p>2. 感謝委員意見，本研究之全尺寸實驗規畫設計主要是為了貼近真實之安養機構空間情境，故不採用木堆架而採用安養機構使用之床墊作為燃燒物。</p> <p>3. 感謝委員意見，因水自動滅火設備之設備內容與空間要求均不相同，故無法完全列出其設備之價格細目，僅能概略敘述，各機構與設計單位可</p>

	<p>列表說明，以利建築主管機關，建築從業者(建築師公會、室內裝修公會)與機構(老人福利機構)理解相關運用特性與限制。</p>	<p>依需求與空間現況委請廠商評估報價。</p>
<p>簡教授賢文</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 本案或許可以先釐清研究對象空間之火災防護共識目標，而避免只站在消防設備實驗室滅火性能高下之比較。例如開放式對正面臥床的老病住民之照護品質與救援活動之負面相依性。 2. 日本政府推動水道連結無自動撒水設備之緣起、目標與過程，或可加以檢討分析，特別是對於原有合法建築物供長照機構使用之需求。 3. 長照機構(住宿型)24hr有專責人員在照護，第一時間就會應變，建議考量這一重要真實之評估因子。 4. 光電式探測器連動之可靠度尚待探討 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝委員意見，將依據委員意見考量納入後續研究建議。 2. 感謝委員意見。 3. 感謝委員意見，本研究目的之一為探討撒水設備的啟動時機，即是為了探討及早啟動撒水設備雖有助於抑制火災、降低室內有害氣體濃度，但可能造成人員避難與救助的障礙；以及延後啟動撒水設備雖可延遲因撒水而造成人員避難與救助障礙的時間，但仍需確保火勢仍在控制範圍中。研究的出發點係基於協助值班人力進行救援，同時比較撒水設備之性能。 4. 感謝委員意見，設備之可靠度均需仰賴日常保養維護，本研究僅針對正常情況進行分析與探討。

	或考量。	
許建築師宗熙	<ol style="list-style-type: none"> 1. 同一空間同時設置定溫及光電探測器時，開放式撒水系統之起動以何者為準。 2. 撒水系統啟動早，煙害降低，提高水損，啟動晚煙害提高，降低水損及有利避難救助但煙害提高，兩者間的平衡點有無定量的基準。 3. 密閉濕式系統不宜，應採開放式系統，現行法令同等以上效能之滅火設備經由燃燒試驗來證實，但看不到相關規範及測試基準或評估基準。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝委員意見，若開放式撒水系統設置在需提供較充裕人員避難與救助時間需求而延後撒水之特定場所(如：安養機構、醫院等)，該空間建議同時裝設光電(一種)與定溫(一種)探測器。藉由光電(一種)探測器及早偵知火災以爭取反應時間，並由定溫(一種)探測器連動開放式撒水系統自動撒水或是手動啟動撒水。 2. 感謝委員意見，因災害發生的原因與狀況均不同，故撒水與救助兩者之間無法以研究得到一平衡點，僅能提供方案，由業者考量成本與環境條件後自行選擇。 3. 感謝委員意見，本研究分為兩個部分，其中第一部分為針對國外水滅火設備的滅火效能評估基準相關規範及標準 (ISO 6182-10 與 UL 1626) 的文獻內容所進行之比較分析，該文獻內

		<p>容可作為未來相關規範與測試基準建立之參考。第二部分主要係為了探討開放式撒水系統啟動時機之滅火效果，以及水滅火系統撒水對於居室空間有害氣體濃度變化影響進行全尺寸實驗。兩部分為各自獨立之內容。</p>
<p>內政部消防署 張組長 裕忠</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. P.27 自動撒水設備設置費用僅消防幫浦之三分之一，建議能作比較清楚說明，因現行自動撒水設備起動方式多為幫浦方式。 2. P.73 本研究一般型自動撒水設備啟動為玻璃球方式；惟P.78 實驗五卻以感溫金屬熔斷啟動，請釐清。 3. 建議考量開放式撒水，探測器誤動作即全區撒水問題，納入後續研究。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝委員意見，將調整修改相關內容以避免造成誤解。 2. 感謝委員意見，實驗五應為玻璃球破裂啟動，已依據委員意見重新檢視修正。 3. 感謝委員意見，設備之可靠度均需仰賴日常保養維護，本研究僅針對正常情況進行分析與探討，將依據委員意見考量納入後續研究建議。
<p>中華民國全國建築師公會 曹建築師書生</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 現行法令消防設備已有規定，如採用同等滅火效能設備取代，應作比較才有同等效能作用。 2. 實驗室場域標準是 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝委員意見，本研究其中一部分為針對國外水滅火設備的滅火效能評估基準相關規範及標準 (ISO 6182-10 與 UL 1626)

	<p>否依照法令?應作一點說明。</p>	<p>的文獻內容所進行之比較分析，該文獻內容可作為未來相關規範與測試基準建立之參考。</p> <p>2. 感謝委員意見，本研究之全尺寸實驗空間尺寸依據實際現勘場地之類似空間進行規劃，各床間距均符合相關規定。</p>
<p>中華民國消防設備師公會全國聯合會 劉消防設備師大衛</p>	<p>1. 實驗內容有定溫及偵煙定性規劃，實驗有多種不同撒水規劃的定量，還加上有、無撒水實驗，結果明顯清楚。</p> <p>2. CO 100ppm 或 CO₂ 2500ppm 濃度對人體傷害不大，其實主要是床墊泡棉燃燒後產生的氰化氫 HCN，只要 10ppm 人就意識不清倒地，應嚴格管制這類泡棉，建議應把 HCN 濃度列入量測。</p>	<p>1. 感謝委員意見。</p> <p>2. 感謝委員意見，將依據委員意見考量納入後續研究建議。</p>
<p>雷研究員明遠</p>	<p>本案結論提出設置開放式撒水系統之消防設備規劃概念，可否進一步提出與密閉型撒水系統在火災探測、滅火等時間點差異比較</p>	<p>感謝委員意見，由於實驗數據單位基準不同，如℃、%、ppm等，且數據眾多，無法用同一單位之X/Y軸呈現，為求易於辨識圖面，故僅能將各式圖</p>

	圖。	面分開標示。
<p>蔡組長綽芳</p>	<p>本案結論主張由光電一種偵煙探測器警示火災發生，再以定溫一種偵溫探測器連結啟動水道連結式開放式灑水系統。可能必須注意兩件事：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 起動撒水時間會不會比既有溼式密閉系統晚，且火勢、煙層下降及溫度等是否在安全範圍，建議就不同空間大小等不同情境加以檢核，以確保避難安全。 2. 開放式撒水設備即具有手動啟動撒水的優勢，所以手動啟動可能介入的時機為何，建議依量化分析結果，歸納可能情境，以供自衛消防演練參考。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝委員意見，依據《密閉式撒水頭認可基準修正規定》與《火警探測器認可基準》，密閉濕式撒水頭與火警探測器反應時間標準語規定並不一樣，且火源位置、火源大小、燃燒物種類...等不同均會影響設備作動情況，故密閉濕式撒水頭與火警探測器反應時間不應相互比較。 若開放式撒水系統設置在考量需提供較充裕人員避難與救助時間需求而延後撒水之特定場所(如：安養機構、醫院等)，該空間才建議同時裝設光電(一種)與定溫(一種)探測器。藉由光電(一種)探測器及早偵知火災以爭取反應時間，並由定溫(一種)探測器連動開放式撒水系統自動撒水或是手動啟動撒水。 一般場所仍建議依據《各類場所消防安全設備設置標準》進行規劃設計。

		<p>2. 感謝委員意見，設置開放式撒水設備與手動啟動撒水裝置後，並不影響原有自衛消防演練，可照原先方式進行演練，避免相關工作人員產生混亂。僅需告知在起火室救援完成後，若行有餘力且撒水設備尚未自行啟動的情況下，可採手動啟動。</p>
--	--	--

增設水滅火設備之同等滅火效能評估基準之可行性研究

出版機關：內政部建築研究所

電話：(02) 89127890

地址：新北市新店區北新路 3 段 200 號 13 樓

網址：<http://www.abri.gov.tw>

編者：**鄭元良、鍾基強、陳又嘉、黃祥志、陳進澤**

出版年月：109 年 12 月

版次：第 1 版

ISBN：978-986-5450-28-1（平裝）