

# 불이란 무엇인가

李 承 煒

<技術研究部 次長>

불의 本質, 그리고 그 擴散方法에 대하여 概念이 있는 사람이라면 火災豫防의 重要性에 대하여도 어느 程度 理解가 있으리라고 생각된다.

예를 들어 “火災豫防活動은 별로 必要한 것이 아니다. 그런 豫防活動에 使用할 돈이 있다면 그 돈의 折半程度를 들여서 消防車와 같은 鎮火設備를 擴充해 놓는 편이 오히려 더 經濟的인 것이다”는 式的 主張을 하는 사람들이 있다.

그러나 불의 여러 가지 固有한 性質中 플래시오버(flashover) 現象 한 가지만 두고 보더라도 如斯한 主張은 매우 危險하다는 事實이 드러난다.

本稿는 美國 켄터키 大學 外에 3團體가 主催한 第8回 “消防 세미나”(Eighth Systems Building Seminar: Planning and Design of Tall Buildings with Emphasis on Fire and Life Safety Systems, June 5-6, 1972)에서의 렉스포드 윌슨氏의 開會演說 一部를 번역한 것이다.

렉스포드 윌슨氏는 美國의 著名한 火災問題專門家로서 現在 매서추세츠州 윌스리힐즈에서 FIREPRO라는 團體의 代表로 奉職하고 있다.

原來的 發表文은 이의 3倍程度 分量이 되나 플래시오버 關係部分만을 간추려서 번역하였다. 플래시오버 現象은 四方이 터지지 아니하고 닫혀진 房과 같은 곳에서 火災가 發生할 경우 初期에는 사람 눈에 띄지 않고 서서히 그올며 타 들어가다가 갑자기 擴散되는 現象을 가리킨다. 이런 現象은 결코 特殊한 경우에만 發生하는 것이 아니라 아주 흔한 現象으로서, 火災를 發見할 무렵에 가서는 이미 結算을 수 없는 事態가 되는 것이 通例이다.

一部 專門家를 자처하는 사람들 중에도 이를 flashover 아닌 flushover라고 表記하거나 그 現象이 어떤 것인지에 대하여 전혀 모르는 例가 많은 것은 유감스러운 일이다.<編輯者註>

여러분과 함께 앞으로 이들 간 火災가 建物에 주는 衝擊이라는 問題를 가지고 깊이 研究해 보고자 합니다. 그러기 위해서는 “火災” 그 自體에 관하여 考察하고, 또한 불의 매커니즘을 살펴 보고, 그것이 항상 어떻게 作用하는가를 觀察하는 것이 妥當하다고 생각하는 것입니다.

오랫 동안 人間은 불을 神學的인 問題로 다루어 왔으니 곧 믿음과 所望과 사랑이라는 어프르

치가 使用되어 왔던 것입니다. 믿음은 불이 전혀 일어나지 않으리라는 믿음이고, 所望은 실사 불이 나더라도 그 規模가 적었으면 하는 所望이고, 사랑은 火災로 인한 死傷者에 대한 사랑입니다.

불은 物理的이고 化學的인 것입니다. 그것은 人間이 마치 橋梁이나 建物, 航空機等을 設計하는 것 같이 完全히 設計할 수 있는 것입니다.

다시 말해서 불은 人間에 의해 支配될 수 있다는 말입니다. 불을 人間에게 利益을 주는 友好的인 狀態로 가두어 두기 위해서 많은 努力이 기울어져 왔습니다. 그러나 이러한 努力이 果然 어떠한 結果를 맺었으며 現在 어떠한 狀態에 있습니까?

우선 “消防體系”(fire protection system)에 대해 살펴 봅시다. 現在 이 房 안에 계신 모든 분들은 불을 支配하려는 人間の 努力의 一翼을 擔當하고 계신 분들입니다. 그러나 우리 大部分은 全體 消防體系中 극히 一部分에 대한 知識만을 가지고 있을 뿐이라고 해도 過言이 아닐 것입니다.

“消防體系”는 調查研究活動, 技術能力, 豫防能力, 그리고 發火, 그 다음에는 鎮火活動과 再調查活動을 통한 批評的인 피드백(feedback)을 통틀어 말하는 것입니다. 이것이 “消防體系”라는 것입니다.

오늘 이 時間 모임에서는 發火의 모먼트와 即時로 이에 따르는 火災의 크기와 速度라는 側面을 살피고자 합니다. 또한 불의 種類라는 側面에 關係된 反應, 速度 그리고 이 各各의 比較에 대해서도 살펴 보고자 합니다.

이 世上에는 酸素가 充填되어 있는 宇宙 艙으로부터 可燃性液體貯藏所 및 電氣가 通하고 있는 電氣器具에 이르기까지 여러 種類의 物品에서 發生하는 多樣한 型의 火災가 있습니다. 그러나 이 이야기를 進行시키기 위한 우리들의 思考에 세 가지 制限을 設定하기로 합니다. 即 우리가 論하고자 하는 것이 (1) A級의 普通火災이고, (2) 建物內에서 타는 불이며, 그 後에 (3) 裸燭으로 되었다는 세 가지 想定입니다. 거듭 말씀 드립니다. A級의 普通火災, 建物內의 燃燒, 그 後에 裸燭狀態——이 세 가지입니다.

자, 이제 이 研究의 첫 段階로 財産被害에 있어서의 한 要素로서의 “時間”이라는 面을 살펴 봅시다. 아시다시피 每年 消防署에 申告되지 않으나 消火器 程度로 鎮壓되는 火災는 數千件

이나 됩니다. 여러분은 「원 뉴요크 플라자」(One New York Plaza)에서 發生한 첫 번째 火災에 관하여 잘 알고 계실 것입니다. 그러나 같은 場所에서 6週日後에 다시 일어난 두 번째 火災에 대하여는 잘 모르고 계실 것입니다. 한편, 여러분 중의 어떤 분은 火災를 發見한 사람이 發火後 不過 數分 以內에 이를 申告하였으나, 實際로 消防隊가 現場에 到着하였을 무렵에는 벌써 火焰이 四面八方으로부터 치솟고 있었음을 目擊한 例가 있다는 것을 잘 알고 계실 줄 믿습니다.

대체 이 경우 이 火災가 爆發的으로 擴散하게 될 만한 어떤 要素라도 있었다는 말입니까? 現場에 있던 사람들이 火災發生後 오랜 時間을 지체하였음을 火災調查班에게 숨겼단 말입니까? 어떻게 그런 火災가 그리 急速하게 廣大되었다는 것입니까? 자, 이제 典型的인 한 例를 살펴 봅시다.

月曜日 저녁——저녁 食事が 막 끝난 後——復活節 쇼핑客들의 殺到를 기다리는 이 商店의 門은 열렸습니다. 그러나 이 商店의 貯藏係員이 建物の 밑층인 地下室에 들어섰을 때 이상한 냄새를 맡게 되었습니다. 그리고 物品貯藏室로부터 煙氣가 나오는 光景을 目睹하였습니다. 그는 위층으로 뛰어 올라가 支配人을 찾았습니다.

支配人은 그의 報告를 듣자 警報器(都市到處에 있는 速報設備를 말함)를 누르려고 앞문으로 뛰어갔습니다. 마침 그곳을 巡察하는 警察巡察車를 發見하고 火災發生事實을 알렸습니다. 巡察員은 곧 警察用警報(速報)器로 뛰어가 警察 데스크에 消息을 알렸습니다. 이를 받아 데스크의 警査는 消防署에 電話를 걸어 火災發生事件을 알렸습니다. 消防隊員들은 消防車를 몰고 火災現場으로 달려갔으며, 義勇消防隊員들도 出動을 하였습니다. 불自動車가 늘어서고 호스가 펴지고 물을 뿜었으나 이때쯤 되어서는 이미 建物 밑층이 맹렬한 불에 휩싸여 接近하기조차 困難한 지경이 되었습니다.

增員의 要請, 12個 엔진組와 5個 사다리組 隊

員들의 많은 노력에도不拘하고, 또한 20個의 호스를 사용하여 물을 뿜어 냈음에도不拘하고 火災는 30分後에 지붕을 崩壞시킬만큼 커졌으며 40分後에는 벽마저 崩壞시켰습니다. 鎮火作業은 約 20時間이나 되어도 끝나지 않았습니다. 마지막으로 엔진組가 歸隊한 것은 무려 發火後 24時도 더 넘은 때였습니다.

이 事件을 評價함에 있어 우리는 물이 맨 처음 불에 뿜어진 場所에서 機械的인 活動이 언제 始作되었느냐 하는 그 時間에 대하여 비상한 關心을 갖게 되는 바입니다. 이 時間이야말로 寸刻을 다투는 時間이기에——. 자, 이제 이 時間의 자(尺)의 前面을 擴大하여 重大한 瞬間——. 즉 發火로부터 물이 맨 처음 불에 뿜어진 시간에 이르기까지를 살펴 봅시다. 이 發火에서 첫번째 藥劑가 불에 放出된 때까지의 時間을 “反射時間(Reflex Time)”이라고 부릅시다.

發火時부터 貯藏係員이 처음 무엇인가 異常이 있음을 發見할 때까지 1分 30秒가 經過되었습니다. 貯藏係員은 이제 警戒心을 가지고 本能的으로 한 번 훑어봄으로써 체크를 한 後 충동적으로 支配人에게 알려려는 反應을 취합니다. 그는 支配人에게 뛰어가 그를 찾아 報告를 합니다. 支配人이 門 앞의 巡察隊員에게 뛰어 갑니다. 55秒라는 時間이 더 흘렀습니다. 巡察隊員이 들고 묻고, 理解한 후 警察署 콜박스로 달려갑니다. 박스에 이르러 이를 열고 데스크의 警査의 對答을 기다린 後 메시지를 傳합니다. 데스크 警査는 消防署에 電話를 하고, 消防署當直은 電話를 받습니다. 65秒라는 時間이 追加되었습니다.

消防隊員들이 消防車에 올라가 잘하면 30秒內에 出發합니다. 불을 켜고 모퉁이를 몇 개 돌아 1마일을 달려가서 그 建物 앞에 到達합니다. 消防署를 떠난 後 2分 30秒라는 時間이 더 흘렀습니다. 호스가 내려지고 이어지고 建物 안으로 끌여지고——이렇게 1分30秒라는 時間이 더 計算됩니다. 消火栓이 열리고 消防車 펌프가 稼動되고 문을 열어 호스로 放水하는 데 또 1분이 걸립

니다.

자, 이 경우에 “反射時間”을 살펴 보되, 모든 이에게 “疑心”의 特權을 주고 時間上 가장 짧은 變을 擇하자면 實際적으로 9分이라는 理想的인 時間이 나옵니다. 그러나 이 9分 동안에 火災는 어떻게 進行이 되었다는 말입니까?

우리는 모두 外部의 制限을 받지 않는 火災의 一般的 時間溫度曲線에 대해서 잘 알고 있습니다. 即 (1) 火災가 發生하여 그을며 타 나가다가, (2) 裸焰狀態로 變합니다. 만약 (2)의 狀況에 있고 適當한 可燃物이 있다면 火災는 擴散되고 溫度는 上昇하여, (3) 結局 모든 普通의 可燃物이 自由燃燒(free burning)라는 樣相을 띠게 됩니다. (4) 그러나 (3)의 段階에서 거기에 있는 燃料의 總量이 減少되고 火災가 서서히 식어져서, (5) 드디어 그을며 타 들어가는 段階가 끝날 때까지 繼續됩니다. (1)에서부터 (2)段階까지는 짧게는 20밀리秒, 길게는 14時間까지 걸립니다. 그러나 이 그을며 타들어 가는 期間은 一定하지 아니하며 이 段階에서는 裸焰狀態도 혼잡합니다. 여기에서 決定的인 時間은(火災의 結果라는 見地에서 보면) (2)에서 (3)까지의 段階라고 하겠습니다.

그러면 이 時間을 擴大하여 2個의 로스엔젤리스 學校에서 實施한 테스트로부터 얻은 結果를 挿入準用해 봅시다. (中略) 實驗에서 木材 더미는 5分後에 華氏 500度(260°C)에 達하였는데 보통 標準時間溫度曲線은 2 $\frac{1}{2}$ 分만에 華氏 500度(260°C)에 到達합니다. 그런데 倉庫의 實驗에서는 不過 1分數秒만에 이 溫度에 達했던 것입니다. 木材에서 5分 안에 500度라니! (中略)

그 商店의 貯藏係員이 무엇인가 異常한 짐새를 發見했을 때는 이미 發火後 1分 30秒 以上이 지난 後였다는 말입니다. 萬若 火災擴散(팔레트 火災 커브) 그래프中 가장 늦은 것을 使用한다 해도 火災周圍溫度는 적어도 華氏 95度(35°C) 以上이 된다는 것입니다.

支配人이 門 앞의 巡察隊員에게 말을 傳했을

무렵의 倉庫溫度는 이미 150度(66°C), 消防署의 當直員이 電話를 들었을 무렵에는 火災場所는 이미 260度(127°C)가 되었다고 할 수 있습니다. 이 程度에 이르렀을 때는 水分이 可燃性物質로부터 모두 없어져 버리고 可燃物의 豫熱이 始作되었다고 하겠지요.

消防車가 消防署의 入口를 벗어날 무렵에 360度(182°C)를 記錄했고, 商店 門 앞에 이르렀을 때는 800度(427°C)쯤 되었습니다. 地下室의 可燃部分에서는 매운 煙氣와 가스가 發生하고 貯藏室에서는 플래시오버 現象이 始作되었습니다. 물이 地下室階段에 뿌러지기 前 溫度는 1300°度(705°C)에 達하고 地下室에는 主 플래시오버 現象이 發生한 것입니다. (中略)

아마도 여러분 中에는 플래시오버 現象이라는 單語에 接한 일이 없는 분도 제실 줄 믿습니다. 萬若 이런 現象을 손수 目擊한 분이라면 이런 現象에 대해 說明을 들으실 必要가 없을 줄 압니다. 이는 火災가 發生하는 房에서 일어나는 現象입니다.

最初의 地點(또는 根源) 燃燒가 그 周邊의 可燃物을 消費시키고 이에 따라 에너지가 더운 空氣形態를 發生, 壁을 따라 天井으로 올라 가게 만듭니다. 塗中에 壁 및 天井에서 可燃物이 있다면, 또는 房 안 다른 높은 곳에 可燃物이 있다면 이것들은 아마도 華氏 212°度 即 섭씨 100度 以上에 達하게 될 것입니다. 水分에서 나오는 蒸氣가 마르게 되면 可燃性 가스가 可燃物로 떨어져 나오게 되는데, 이 可燃性 가스가 天井面의 산소와 섞여서 점차 增加, 이 溫合氣體가 燃燒 無限線에 達하게 됩니다.

이런 段階에 이르면 發火地點의 불은 이러한 可燃性蒸氣를 通하여 每分當 2~3피트 程度로 擴大됩니다. 이 巨大한 可燃性 가스 的 구름은 發火한 房의 溫度를 約 華氏 750~850度 即 섭씨 500度 以上으로 올려 놓습니다. 房 안에 있는 마루까지를 包含한 可燃物은 이 氣를 사방으로 흩어지게 하고 불을 뒷받침해 주는데, 이 狀

態에 와서는 불이 많은 量의 酸素를 必要로 하게 됩니다.

플래시오버의 좋은 實例는 第2次世界大戰中에 建設된 英國의 建物에서 施行된 테스트 中에서 發見할 수 있습니다. 이 建物들은 아주 높은 火災死亡率을 記錄하기 始作했습니다. 그래서 이런 原因을 糾明키 위한 調查研究가 行하여졌습니다. 上部에서 찍힌 일련의 寫眞들은 建物의 發火前 및 19分後의 光景을 보여 주었는데 寫眞들은 지붕의 붕괴와 壁이 무너져 내리기 始作함과 그리고 마루위 침실의 가스 그래프를 보여 주었습니다. 또한 下部에서 찍은 일련의 寫眞들은 同一한 建物의 同一한 內容物의 同一한 火災場面을 보여 주었는데 다만 다른 點은 可燃性 파이버드 壁과 天井이 3/8인치 두께의 積심(석고) 보드로 덮여 있었었습니다. 上部에서 찍은 寫眞들에서 우리는 플래시오버가 發火後 4分後에 일어나며 酸素含量이 18퍼센트에서 다음 3分 안으로 3퍼센트以下로 떨어지면 人間의 判斷力이 급격히 影響을 받는다는 事實을 記憶하여야 합니다.

이와 같이 酸素가 制限된 火災가 大量의 二酸化炭素를 產出하고 이어서 一酸化炭素를 만들어 냅니다. 이러한 낮은 酸素含量, 높은 CO<sub>2</sub> 및 CO 含量의 합쳐진 카테일은 20秋 안으로 致命的으로 됩니다. 더욱 重要한 것은, 이 셋 中 하나라도 單獨의 方向感覺을 잃게 하고, 判斷力을 잃게 하며, 比較的 낮은 層에서는 各個人의 心理反應에 支障을 준다는 事實입니다.

그러나 낮은 層에서 찍은 일련의 寫眞들을 檢討해 보면 플래시오버가 24分 안으로 일어나지 않으며 酸素의 量도 이 24分 동안에는 火災가 난 곳 마루 위에 짙은 煙氣가 쌓여도 16% 以下로는 떨어지지 않는다는 것입니다.

파이버보드 플래시오버의 가스 그래프 擴散은 왜 可燃性 파이버보드가 오늘날 建物內에서 使用하는 建材中 가장 危險한가를 說明해 줍니다.

이 建材는 壓縮한 엑셀시오(excelsio=wood

wool)로서 불로부터 아주 적은 에너지만 받아도 많은 可燃性 가스를 放出합니다. 여기에서 플래시오버 現象이 아래 居室에서 생겼을 때 얼마나 劇적으로 酸素含量이 떨어지고 CO 含量이 늘어나는지를 관찰해 봅시다. 그 當時 英國에서 높은 死亡率을 낸 이 建物들이 다른 建物들에 비해서 어떤 問題라도 있었다는 말입니까?

1961년, 커넥티컷주 하트포드市的 耐火構造로 된 病院에서 火災가 發生하였는데 그 火災는 점심 시간에 地下室과 一層 사이의 쓰레기 슈트에서 始作이 되었습니다. 熱과 煙氣가 슈트 안에 꼭 차서 가장 脆弱한 部分인 9層으로 번져가기 始作하였으며 結果적으로 불이 9層으로 쏟아져 들어왔는데, 이 層에는 A級 天井이 있어서 人命被害가 發生하지 않은 것으로 推測이 됩니다. 그러나 火煙이 쓰레기 슈트로부터 나와서 이 病院 複道の 可燃性 파이어보드로 된 天井에 닿았고 이것이 더욱 번져 複道 끝 쪽으로, 그리고 2分內에 마루로 내려 번져서 結局 16名이 목숨

을 잃었던 것입니다. (中略)

反復해서 말씀 드리건대 4層以上の 建物은 반드시 區劃化, 燃料制限, 또는 外部의 助力 없는 自動消火設備 計劃이 반드시 되어 있어야 한다는 말씀입니다. 消防署는 하나의 協調—또는 도움—하는 기관에 지나지 않습니다. 建物과 그 計劃은 根本적으로 外部의 도움 없이 消火될 수 있게 만들어져야 한다는 사실입니다.

이번의 이 高層建物問題에 관한 會議과 지난 2年間の 會議를 돌이켜 볼 때에 우리는 일찌기 조지 산타야나가 한 말을 記憶하게 됩니다. “過去를 잊는者는 이를 反復할 運命을 가지고 있는 者다.” 消防分野에 관하여 우리는 다음과 같이 말할 수 있겠지요. “問題點을 보지 못하는 者는 그것을 反復할 者이다.”

저의 이 짧은 말이 여러분께서 여러 問題點을 약간 다른 角度에서 관찰하시는 데 도움이 되었으면 多幸이겠습니다.

<끝>

## <新開發品>

# 熱 傳 達 장 치

지난 5月 26日부터 31日까지 서울에서 개최된 영국산업과학기술 교육전시회에서 PA형 륜사가 선보인 공학교육보조장치 가운데 실험용 2상 열전달장치가 있었다.

이 장치는 핵 및 膜蒸餾을 유리실린더 내부에서 명확하게 볼 수 있도록 설계되어 있다. 끓는 액체냉매에 대한 냉매 열전달은 가변전기 가열소사로 된다.

수냉식 응축기가 출열, 처리압력 및 온도를 조절하며 불안정부분은 물론이거니와 정상상태 핵 또는 膜蒸餾상태가 무한계 상태로 유지될 수 있다.

문의처 : PA Hijton Ltd, Horsebridge Mill, Kings Somborne, Stock-bridge, Hampshire SO20 6PX, England.