불과 防火에 관한 오늘의 科学

李 炳 昊
〈韓國科學技術院 敎授・工博〉

불은 有史 以前부터 使用해 왔으나 불의 科學은 最近 10年來에야 비로소 그 生態가 밝혀지기 시작했다.

目 次

1. 火災—莫大한 損失
2. 可燃度—曖昧한 尺度
3. 불의 三要素와 燃燒曲線
4. 불의 物理
5. 複雜한 熱分解過程
6. 早期探知—被害最小化
7. 불길의 傳播機構—불길의 生態
8. Model 實驗
9. 專門防災研究所 設立必要性

우리들은 潛在的 불씨의 環境 속에서 살고 있다. 우리의 衣類, 우리의 建物, 우리의 都市全體가 모두 燃料들의 幾何學的配置이다. 事實上現代科學의 所産인 新 plastic이나 各種液體 燃料들이 生活의 便宜를 增進하고 있다. 그들은 새로운 有力한 불씨이다. 또 우리는 21%의 酸素를 含有하고 있는 空氣속에 살고 있어서 酸化劑 속에 살고 있다. 게다가 우리 生活에는 熱이 恒常必要하다. 여기서 불의 危險이 우리 環境에서 떠날 날이 없다. 그러나 불의 科學은 想像以外로 어렵다. 아직 防火의 技術은 未洽한 實情이다.

1. 火災—莫大한 損失

火災에 의한 財産被害만을 考慮한다면, 1981年度 우리나라는 132億5千萬원, 1982年度에는 131億5千萬원에 達한다. 그리하여 國民 1人當 約 1,000원(1.5$)에 該當하는 財産損失을 火災로 인하여 가져온 셈이다. 美國의 경우에는 훨씬더 커서 1973年度에 31億$, 國民 1人當 15$ 程度로 우리나라의 그것보다 10倍를 上廻한다. 美國은, 一般的으로, 技術的으로 先進國에 비하여 이토록 火災被害額數가 큰것은 그들의 生活水準이 높아서 生活의 便宜를 가져오는 各種電氣自動機具들이 모두 火災의 潛在力을 가지고 있기 때문이다. 그래서 引火性이 훨씬많은 木材建築을 비롯하여 여러가지 不利한 與件인데도 不拘하고 日本의 火災被害額은 美國의 折半밖에 안된다. 日本은 1971年度에 國民 1人當 2.6$에 그친다. 이리하여 防火意識 보다도 生活水準의 向上에 따라 火災被害額은 大體로 增加하는 傾向을 가지고 있다.

이 火災에 의한 財産被害額 말고 人命被害를 보면 우리나라는 1981年度에 人命被害 999名,

1982年度에 971名으로 集計되어, 約 1年에 1,000名의 목숨을 앗아갔다. 1973年度 美國大統領報告書에 의하면 1972年度 美國은 12,000名이 火災로 死亡했고, 300,000名이 甚한 火傷을 입었다고 되어 있다.

이밖에도 財產被害와 人命被害말고 火災로 말미암은 生產性의 損失이라든지, 消防署의 運營費, 火災保險等 모두 合하면 1972年度 美國은 1,140億弗에 該當하는 代價를 치르었다고 報告하고 있다. 이 額數는 美國 GNP의 約 1%에 該當한다. 이 數値에는 山火의 被害는 안들어있는데 美國은 山火의 被害面積이 New Jersey州의 面積에 該當한 被害(4百80萬에이커)를 年年히 입고 있다.

이와같이 火災에 의해서 높은 損失被害를 입고 있는 것은 美國이 그들의 優秀한 消防施設과 裝備 그리고 그 先進技術에도 不拘하고 高度의 生活水準이 火災를 誘發할 수 있는 機會를 많이 가지고 있기 때문이다.

2. 可燃度—曖昧한 尺度

勿論 科學과 技術의 活用으로써 이 火災被害額數를 줄일 수는 있을 것이다. 그러나 오늘날 講究해야할 두가지 問題가 있다.

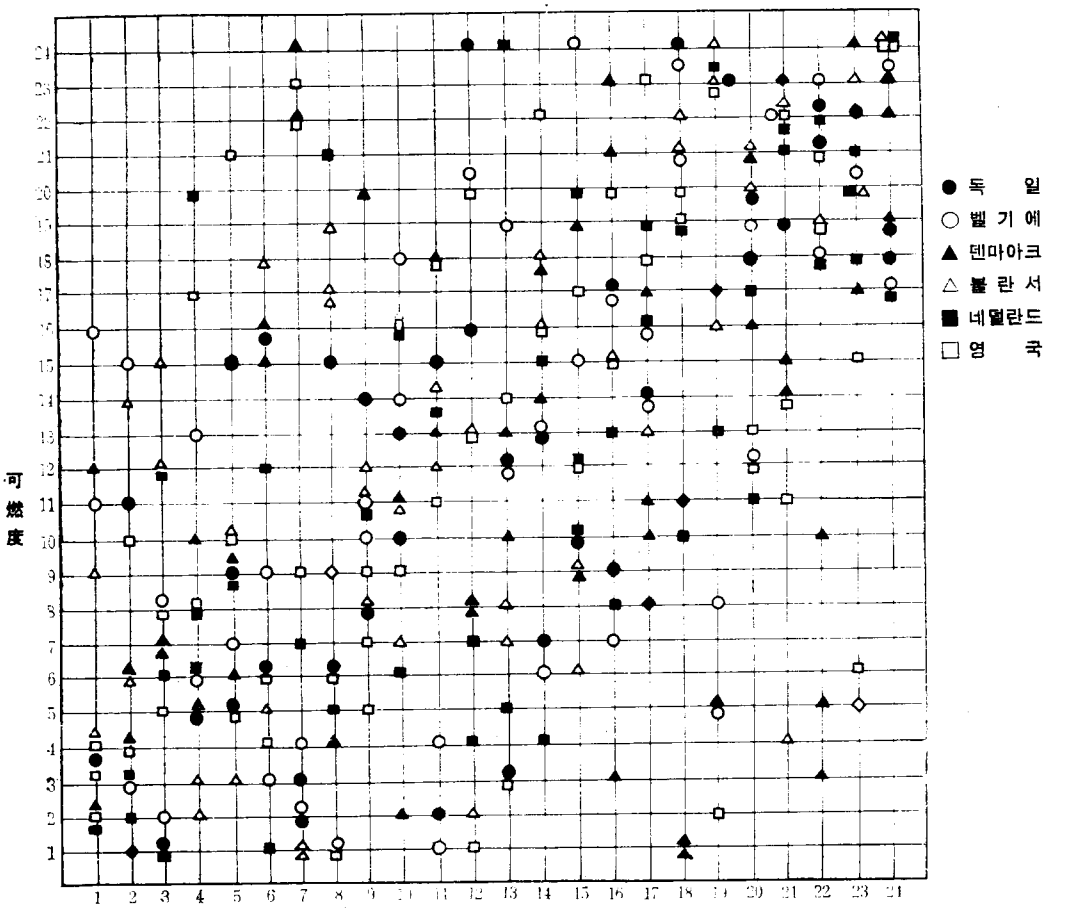
첫째는 원치 않는 불의 燃燒物理學이요, 둘째는 現在 使用되는 防火와 鎭火技術이 分明히 不足하다는 것이다. 眞實로 여러 世紀를 두고 經驗에서 얻어진 防火數値資料는 믿을 수가 없다. 그래서 防火에 대한 知識도 防火器具의 發展에 不拘하고 옛날보다 그리 進展이 없는 셈이다.

한가지 例를 들면 1960年代에 獨逸, 벨기에, 덴마아크, 佛蘭西, 네델란드 및 英國等 西方 6個國이 24種의 壁被服材料의 可燃度에 대하여 各己自國의 標準等級을 實驗에 의해서 매겼는데, 그 結果는 엄청나게 分散이 되어 있어 거이 一致性을 찾아볼 수 없다. 例를들어 18番째의 材料—phenolic-foam으로 만든 材料는 獨逸에서는 24種의 材料中 가장 安全한 材料(引火度가낮은)로 되어 있으나, 덴마아크에서는 不安全한 材料(引火度가 높은)로 되어 있고, 또 7번째의 acrylic-sheet의 材料는 덴마아크에서는 가장 安全한 材料(引火度가 가장 낮은)로 되어 있으나, 獨逸에서는 세번째로 가장 引火度가 높은 材料로 試驗結果 等級을 매기고 있다는 點을 보아 그들의 Data가 얼마나 信賴度가 弱한가를 알수 있다.

이들 國家들의 基準等級이 같은 材料에 대해서 다르다는 것은 무엇을 뜻하는가? 그것은 바로 불에 대해서 어떤 材料가 무슨 特性을 가지고 있는가를 누구나 잘 모르고 있다는 端的인 表示가 된다. 勿論各國의 試驗値는 最善의 判斷으로 멀어졌더라도 物理的으로 嚴格한 基礎 위에서 確立된 것은 아니라는 것을 뜻한다.

더 改良된 方法이 나오면, 建物의 불에 대한 基本 性質이 무엇인가를 알아낼수 있는 試驗裝置와 測定方法을 알아낼수 있을 것이다. 事實上 우리가 簡單히 생각해 보더라도 알수 있는 것은 所謂 "可燃度"를 나타내는데 單一變數의 數値로 表示 하려는 것 부터가 根本的으로 잘못된 것이다. 우리들이 잘 알고 있듯이 campfire를 지피는데 한개의 장작만 가지고는 不可能하다. 적어도 두개 以上 더 많은 개수의 장작일수록 잘 불이 지핀다는 것을 알고 있다. 即 單한개피의 장작은 根本的으로 불붙기가 어렵고, 여러개피의 장작의 모둠 全體가 可燃度의 等級을 가늠하는 것이다.

結局에 建物의 可然度의 規定도 單一材料로서가 아니라 室(방)이라든가 建物을 單位로해서 可燃度를 매겨야 할 것이다. 그런데 現在로서는 室을 單位로 해서 可燃度의 等級을 매기는데도 그(科學的) 基礎가 되어 있지 않다. 이러한 可燃度의 等級이 室에 대해서 매겨지려면 먼저 그 室을 構成하는 各材料와 空間配置等에 대한 各種引火試驗이 先行되어야 한다. 即 發火點試驗,



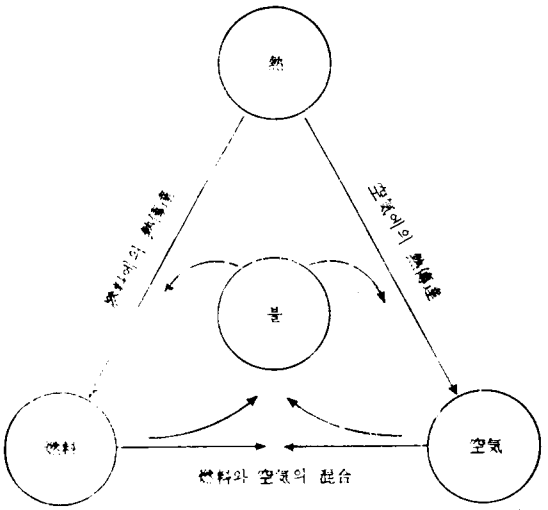
〈그림 1〉 可燃度에 대한 各國의 Data(分散이 심해서 信賴性이 없다.)

불길의 傳播速度, 煤煙과 有毒 gas의 發生 및 其他 特性을 測定해야 하며, 이들을 綜合해서 주어진 室에 대한 綜合的인 引火度(可燃度)를 매길수 있어야 하며, 따라서 建物全體의 可燃度를 매길수 있도록 되어야만 할 것이다.

3. 불의 三要素와 燃燒曲線

불의 要素는 燃料, 空氣 및 熱이다. 燃料와 空氣는 거이 어디서나 密接하게 언제든지 混合될수 있다. 그러나 불은 이 燃料—酸化劑의 system을 點火나 摩擦에 의해서 加熱하지 않고서는 일어나지 않는다. 또는 熱이 새로운 燃料에 供給되어 그 發火點以上으로 溫度를 올리므로써 불은 번지게 된다. 그래서 불을 끄려면 적어도 이들 3要素中 어느 하나를 떼어내야 한다. 即 뜨거운 燃料를 冷却하던가, 燃料와 空氣를 遊離하던가 해야 불은 꺼진다.

이러한 불의 生理에 대한 單純한 생각은 正確하고도 有用하지만, 그러나 이들을 어떻게 定量化하여 各種建築資材의 可燃度에 대한 基準을 定하며, 各國의 共通尺度로 삼아야할 것이냐가 問題이다. 이제 불에 대한 定量的 理解에의 한 出發點이 마련됐다. 여지껏 알려진것과 또 앞으

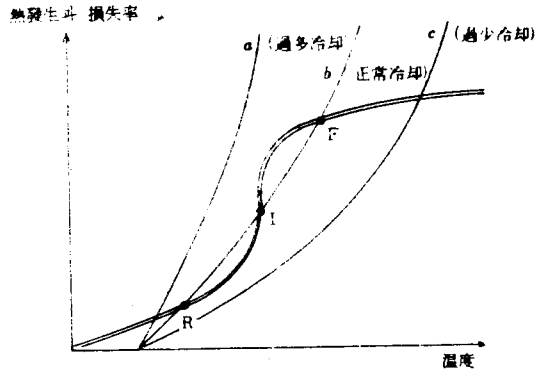


〈그림 2〉 불의 要素

불의 要素는 燃料, 空氣 및 熱이다. 이들은 三角關係를 가진다. 燃料와 空氣는 到處에서 混合될 수 있으나, 熱이 加해지기 까지는 불은 일어나지 않는다. 불이 일단 일어나면, 그 熱이 充分히 燃料와 空氣에 돌아감으로써 燃料를 氣化하고 空氣와 섞어져서 그 混合物은 계속 불붙게 된다.

로 남은 문제 即 點火, 熱分解, 消火劑, 煤煙과 有毒 gas, 感知와 對流의 分野에 남아있는 問題들을 說明하기로 한다.

點火에 있어서는 왜 燃料와 空氣가 數年間接觸해 있으면서도 뚜렷한 反應 없이 그대로 있다가 局部的으로 加熱되면 그 平衡을 엎어뜨리고 불이 나는가 하는 問題이다. 이것은 化學反應의 性質이다. 그런데 化學反應의 速度는 溫度가 올라갈수록 促進되어 어느 最大値에 달한다. 한편, 어떤 物質이라도 周圍보다 더 높은 溫度를 갖게되면 언제나 熱의 傳導, 對流와 輻射로 그를 冷却하려한다. 이들 關係를 表示하면 〈그림 3〉과 같다. 거기에 세개의 平衡點이 있다. R는 室溫, F는 發火點, I는 點火點이다. 이들은 그 點에서 燃料와 空氣사이의 化學反應에서 생기는 熱이 正確히 喪失되는 熱과 balance를 이루는 點이다. 이 中에서 R點과 F點은 力學的으로 安定한 平衡點이고, I點은 不安定한 平衡點이다.



〈그림 3〉 點火의 物理的 條件

點火에는 어떤 物理的 條件이 必要하다. 二重曲線은 불에서 燃料와 空氣의 反應에서 發生하는 熱을 表示하고, R는 室溫(正常平衡點), F는 發火點이며, 이 溫度에서 燃料와 空氣가 다할때까지 계속된다. I는 不安定한 點火點이다. (a)는 冷却이 過多하여 불이 꺼지고마는 경우, (b)는 보통 冷却의 경우, (c)는 冷却이 안되어 點火는 거의 自然發火의 경우이다.

萬一 I點에서 balance가 若干이라도 깨지면, 即燃料의 溫度가 I點 以上으로 若干이라도 올라가면 反應에서 發生하는 熱이 喪失되는 熱보다 超過하여, 燃料溫度는 계속 上昇해서 外部의 아무런 도움없이 F點까지 도달하게 된다. 그리하여 불은 더욱 氣昇을 부리게 된다. 反對로 I點에서 溫度가 若干 떨어져 balance가 깨지게되면 燃料溫度도 계속 떨어져서 室溫으로 冷却케된다. I點은 不安定한 點火點이며, 그 以上에서는 溫度가 자꾸만 올라간다. 그리하여 불이 잘 붙는다.

F點에서 高溫은 Energy放出速度를 높인다. 同時에 熱損失速度도 높인다. 萬一 溫度上昇이 높으면 反應速度도 增加하여 熱을 빨리 發生하나 熱損失 速度는 더욱 빨라져서 燃料는 冷却되어 熱의 發生과 損失의 balance를 維持하려는 安定한 平衡點 F로 내려온다. 이때에 불은 安定한 力學的 平衡狀態를 유지하려 한다.

4. 불의 物理

한 방의 구석에 불이 일어나면 그 室內의 모든 것을 태운다. 物質의 溫度가 上昇함에 따라, 그

物質을 構成하는 原子나 分子가 運動 Energy를 增加한다. ($K.E=1/2mv^2=kT$) 그리하여 固體에 原子가 激熱하게 振動하여 그 運動 Energy가 그들 原子나 分子間의 化學的 結合力을 凌駕하기에 이르면, 結合이 깨져서 熱分解가 일어난다. 이리하여 結局 gas로 된다. 이러한 物質의 熱分解가 建物을 構成하는 物質의 點火와 燃燒의 初期段階의 本質的 過程을 이룬다.

이러한 點火의 見地에서 불에 安全한 材料를 選出하려면, 앞서 말한 化學反應速度와 熱損失速度를 試驗할수 있는 裝置를 만들어내야 한다. 熱損失의 過程은 그런대로 充分히 알려져 있다 손치드라도, 點火에 責任을 지고 있는 主人公인 化學反應過程은 너무도 複雜하다.

나무가 타는 것을 仔細히 觀察한 사람은 누구나 그 表面이 검어지는 것을 보았고, 균열에서 피어 오르는 gas를 보고 균열이 트는 소리를 들었고, 불꽃으로서 타서 表面에 쌓이는 빛나는 炭層을 보았을 것이다. 거기서 눈에 보이지 않는 化學的, 物理的 過程은 큰 cellulose(纖維素)와 Lignin(木質素)이, 熱分解로 말미암아 작은 分子의 gas로 되어 나무속으로 侵透하여, 一部는 凝結되거나 局部的으로 蓄積되어 나무에 龜裂을일으키고, 때로는 빨갛게 타는 炭片을 밖으로 튕겨 내기도 한다. 또 炭은 그가 생길때에 收縮되어 더욱 龜裂을 가져오기도 한다.

이러한 過程을 定量的으로 評價하기란 이만저만 어려운 일이 아니다. 化學反應率과 反應熱量을 測定해보면, 나무의 크기와 形狀에 依存함을 알수 있는데, 더욱 銳敏한 것은 그속에 含有되어 있는 微量의 鑛物性不純物이다. 게다가 나무 自體의 分解物들이 또한 燃燒過程을 左右한다. cellulose가 熱分解하면서 내는 熱量은 88cal/gr의 吸熱反應으로부터 400cal/gr의 發熱反應에 이르기까지 無數한 反應이 介在한다. 이들의 影響을 化學的 分解速度와 自己觸媒等으로 說明하려고 여러사람들이 애를 썼으나 尙今 定量的으로 이 可燃度를 推定할 수 있는 正確한 方法을 發見하지 못하고 있는 實情이다.

若干의 不純物의 添加에 대한 熱分解의 敏感度가 오늘날 消火劑의 硏究에 基本이 되고 있다. 可燃物質이 火焰에 대한 感受性을 둔하게 만드는 物質로 處理되고 있다. 이에 關聯되는 化學反應過程의 複雜性이, 아직은 어떤 化學物質이 주어진 燃料의 燃燒를 늦추는지의 推定을 가로막고 있다. 그러나 이미 알려진 것은 窒素化合物, 燐化合物, Halogen 化合物, 砒素化合物, Potassium 化合物들 中에서 어떤것은 여러 物質에 대해서 點火나 燃燒를 늦추어 준다는 事實이 알려져 있다.

可燃性 gas를 多量으로 發生하는 것으로부터 熱分解를 막고, 炭과 蒸氣의 發生을 도와주는 消火劑는 cellulose와 plastic 材質의 有毒性에 甚大한 影響을 미친다. 이러한 作用效能의 實證은 容易하다. 即 織物이나 其他材料에 單鹽基性 ammonium phosphate를 塗布하여 크게 可燃性을 죽인 例도 있다. 요즘은 카페트에 보통 이런 種類의 遲延劑(retardant)를 使用하여 處理한 것을 많이 推奬하고 있다. 이리하여 衣類라든가, 寢臺 cover라든가 curtain 等에 應用하여 防火性을 높일수 있기 때문에, 이와같은 retardant (遲延劑) 處理가 안된 것을 팔수 없도록 法的 措置의 必要가 생겼다.

煤煙과 有毒 gas가 火災發生時에 많이 나온다. 그것은 火災時에 充分한 量의 空氣가 供給되지 않아 不完全燃燒를 이르키는 수가 많고, 또 熱分解된 生成物이 點火까지 이르지 못하여 타버리지 못하기 때문이다. 이 두가지 경우에는 어느 것이나 작은 물방울이나 粒子로 되어 있는 煤煙이나 gas가 불로부터 멀리 떨어져 나간다. 이들이 萬一 點火되면 타서 壁이나 바닥 또는 家具 위에 가라 앉거나 傷處를 남긴다. 또 이 煤煙이나 gas는 室內에 있던 사람들이 불을 避해 나오려는 것을 가로막는 危險한 障碍物이 되기도 한다. 事實上 많은 사람들이 불에 타 죽는데, 대개 이 火災의 희생자들의 大部分은 불길이

그들에게 미치기도 前에 그 煤煙과 有毒 gas를 마시고 죽는 것이다.

5. 複雜한 熱分解過程

이 熱分解過程의 複雜性은 煤煙에 나타나는 여러가지 化合物의 生成에 起因한다. cellulose에서 나오는 煤煙을 chromatographic으로 分析해보면 175種의 서로 다른 有機化合物이 含有되어 있다 한다. 그 中 150種은 밝혀졌지만 나머지 25種은 아직 分明히 알지 못하고 있는 實情이다. 어떤 特定한 火災時에 發生하는 生成物들은 燃料와 불의 形狀에 依存하고, 또 燃料의 化學的 性質이나 消火劑나 그것에 含有되어 있는 不純物의 化學的 性質에 따라 달라진다. 新發明의 建築資材를 쓸때에는 새로운 煤煙公害가 번지는 法이다. 아직도 火災時에 發生하는 有毒 gas의 調査와 그들의 人間에 대한 影響같은 것을 밝혀야할 것도 山積해 있다. 同時에 煤煙의 發生을 制御 한다는 것과, 有害한 生成物이 火災時에 덜 나오는 建築資材를 選擇토록하는 것도 重要한 對策의 一部가 될 것이다.

6. 早期 探知—被害 最少化

불이 絕對로 안일어나게 한다는 것이 도저히 不可能한다면, 가장 바람직한 것은 불이 일어나자마자 일찍 探知하는 것이다. 現在 使用되는 探知裝置는 뜨거운 gas나, 溫度의 急上昇率이나, 불꽃의 閃光이나, 煤煙에 의한 光의 遮斷 또는 煤煙粒子의 存在에 의해서 作動되도록 되는 것들이다.

대개 測定의 世界에서는 測定機器는 人間의 感覺보다 뛰어나 있지만, 불의 探知에 있어서만은 人間의 感覺이 器機보다 優秀하다. 아직 담배연기와 장작이 타는 煙氣와, 電氣家庭用品이 타는 煙氣의 냄새를 人間의 코와 같이 區別할 수 있는 探知器는 없다. 그러나 將次는 Sneafer같은 냄새를 區別하는 電子裝置의 개발로 人間의 코를 代身할 날이 있을 것이다. 그러나 그러기 以前에 먼저 建築資材의 熱分解에서 生成되는 化合物에 대해서 더많은 것을 배워야 한다.

7. 불길의 傳播機構(불길의 生態)

불이 붙어서 放出하는 熱은 gas를 膨脹하여 위로 올라가게 한다. 이것이 浮力對流인데, 이 作用 때문에 新鮮한 空氣(O_2가 많이 들어 있는)를 불길쪽으로 끌어당긴다. 그리하여 불을 피뜨리게 한다. 이 對流는 同時에 연기도 運搬하고 熱을 불로부터 探知器 쪽으로 或은 人間의 코쪽으로 나른다. 또한 有毒 gas와 煤煙도 날라다가 室內에 있는 사람들의 人命을 危殆롭게 하고 建物의 다른 部分을 破壞한다.

對流는 比較的 簡單한 動力學的 過程이므로 computer를 使用하여 流體力學的으로 計算할 수 있게 되었다. 그리하여 對流에 의한 gas의 移動狀況을 詳細히 알아낼수 있게 되었다. 요새는 円形室內의 바닥에 있는 한 뜨거운 場所에서 일어나는 對流의 簡單한 경우에 流線을 寫眞을 찍어 그의 類似性으로 부터 推定하는 方法도 나왔다. 이로부터 불의 問題의 一部를 理解할 수 있게 되었다. 그러나 不幸이도 이들 進展에도 不拘하고 우리들은 實際 불의 行動을 推定하기란 尙今 멀었다.

왜 그렇게 어려운가는 于先 두가지 問題가 남아 있기 때문이다. 첫째는 가장 簡單한 二次元의 對流問題의 計算에도 相當한 computing time이 걸려서 相當한 電算費用이 드는데, 實際火災의 경우는 三次元의 問題이며 同時에 繼續 움직이기 때문에 計算自體도 어렵고 費用이 엄청나게 많이든다. 그리고 一定한 流型으로 火災는 實際로 일어나지 않기 때문에 그야말로 千態萬象이다. 이런것들이 이 問題를 科學者로 하여금 주춤하게 하는 까닭이다.

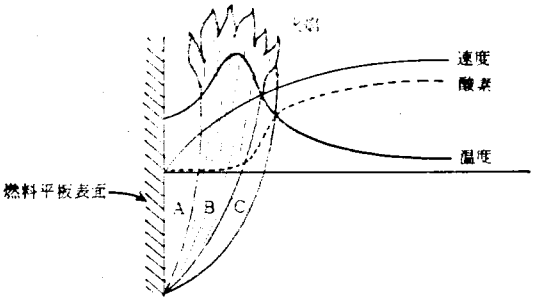
둘째로, 實際火災에서 對流는 單一hot spot에서 일어나는 簡單한 浮力對流가 아니다. 많은 化學反應이 火焰속에서 進行된다. 많은 火焰이 gas를 고루 加熱한다. 壁은 徐徐히 加熱되어 gas의 流動은 層流가 아니라 非定常流인 turbulent(亂流)인 것이다.

이러한 效果들이 合해져서 더욱 複雜化되어 現在의 大型 computer로서도 精確한 解를 얻을 수가 없다. 오늘날 불속의 對流를 計算하는 硏究는 올바른 場所에 올바른 時間에 複雜한 效果를 加味하여 充分히 精確한 解答이 實際性을 갖도록 하는 方向으로 模索中에 있다.

불타는 速度는 一般 對流問題로 具體化되지 못하고 있다. 그러나 보다 簡單한 環境下에서 愼重히 硏究되고 있다. 萬一 鉛直壁이 定常的으로 타고 있다면, 그 煤煙速度는 計算할수 있다. 이와같은 壁에서는 火焰이 表面을 덥지만, 一般的으로 表面에 接觸하지는 않는다. 火焰에 의해서 加熱된 燃料는 熱分解한다. 그리하여 發生한 gas들은 燃料 밖으로 나와가지고 酸素와 混合해야 탈수 있다. 空氣中의 酸素는 火焰에 의해서 消費된다. 그리하여 表面 바로 이웃에는 酸素는 소진되어 없다. 火焰 바로 밑에 있는 燃料로 부터 나오는 蒸氣는 火焰을 表面에서 밖으로 불어내어, 火焰으로부터 燃料表面으로 傳達되는 熱이 熱分解에 의해서 燃料 gas를 充分히 發生하도록 거리를 유지해 준다. 이 燃料表面으로 傳達되는 熱과 火焰으로 傳達되는 熱 사이의 balance가 化學反應速度와는 相關없이 燃燒速度를 左右한다.

火焰속에서는 燃料와 酸素가 反應하여 燃燒의 뜨거운 生成物을 낸다. 뜨거워서 그들은 密度가 낮아져서 空氣보다 가볍고, 그래서 對流에 의해서 上方으로 運搬된다. 그러므로 火焰을 通해서 溫度와 速度가 달라진다.

이들의 效果는 모두 壁(燃料面)에 隣接한 얇은 層에서 일어나므로 流體力學에서의 境界層理論으로 計算할 수 있다. 이렇게 計算된 結果



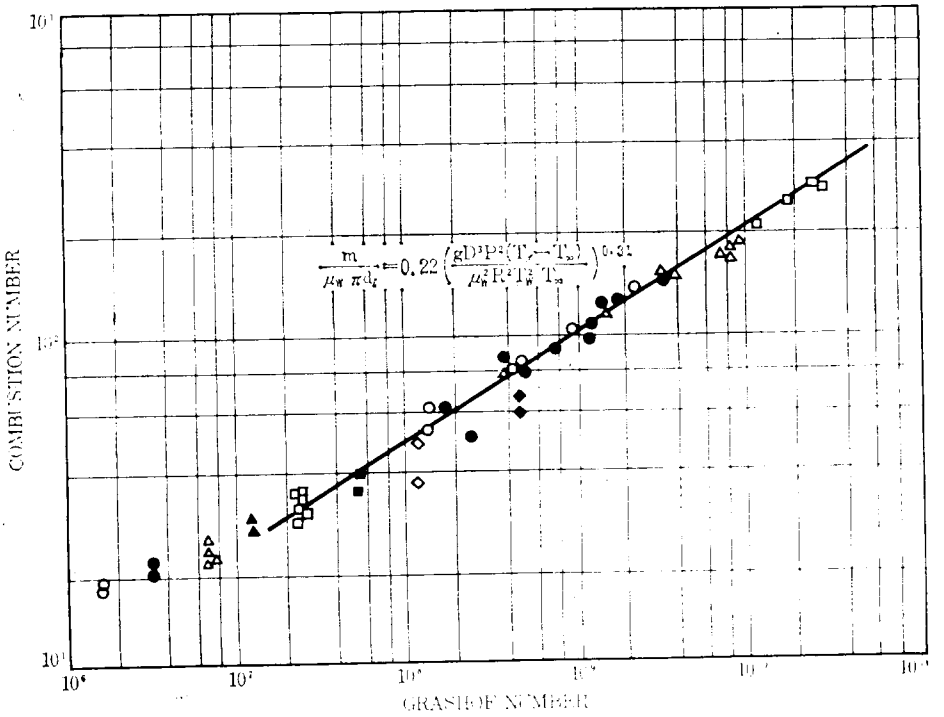
〈그림 4〉 强制對流, 燃燒에 있어서 境界層
A: 燃料擴散層, B: 燃燒層, C: 酸素擴散層

는 實際와 잘 맞는다.

그러나 燃料의 燃燒面이 방에 의한 壁面만큼 넓어지면 燃燒層은 甚한 亂流로 되어, 精確한 計算은 벌써 不可能하게 된다. 그러나 略算의 結果는 流速과 混合速度는 燃燒過程을 左右한다고 나타낸다. 그러므로 燃燒速度가 반드시 擴散과 燃料와 空氣를 混合하는 速度의 動力學的 過程에만 依存한다. 이 槪念은 鉛直圓筒이 空氣中에서 타는 경우에 잘 一致한다. 이때에 여러 寸數의 圓筒에 대해서 實驗한 Data를 Grashof number $Gr\left(\equiv\frac{g\beta\Delta T(p^2D^3)}{\mu^2R^2T^2}\right)^*$에 대해서 plot한 것이 〈그림 5〉이다. 그랬더니 같은 線上에 떨어지는 것을 알수 있다. Grashof number는 浮力에 의해서 생기는 gas의 對流의 重要性을 나타내는 한 眞理의 尺度이다. 19世紀 獨逸工學者 Franz Grashof의 功績을 기리기 爲하여 부친 無次元의 數이다. 여러가지 材料에 대한 이와같은 curve를 가지고서 불이 얼마나 빨리 탈수 있으며, 따라서 建物이 얼마나 빨리 타서 쓰러지는가를 最近에 이르러서야 밝혀지기 시작했다.

불의 科學에서 또 하나의 重要한 最近의 發展은 燃燒速度(=燃料表面 單位길이 幅當의 質量/Gas의 粘性係數)와 Grashof number 사이의 簡單한 關係이다. Grashof number는 試片의 길이의 3乘에, gas 壓力의 2乘을 곱한 것에 比例

* g=重力常數, β=fire gas의 熱膨脹係數, ΔT=周邊과 gas의 平均溫度差, p=壓力, D=圓筒의 直徑, μ=粘性係數, R=gas常數, T=溫度



〈그림 5〉 Plexiglas tube의 內部燃燒速度와 Grashof數의 關係
Combustion Number $= m/\mu_w \pi d$ (∝ 燃燒速度)
Grashof Number $= \frac{gD^3p^2(T_f - T_\infty)}{\mu^2_w R^2 T^2_w T_\infty}$, W = wall.

하지, 試片의 길이나 gas壓力에 따로따로 比例하는 것은 아니다. 이 事實을 利用하여 우리들은 Pressure tank속에 들어 있는 작은 試驗片으로부터 火災時의 實物의 큰 建物이 타는 것을 simulation할 수 있다. 即 p^2D^3만 같기만 하면 큰 것이나 작은 것이나 불타는 擧動은 같아지기 때문에 壓力을 크게 하면 試片의 크기를 얼마든지 작게해도 같은 現象이 일어난다. 이러한 硏究들이 美國에서 Factory Mutual Research Corporation과 Harvard大學이 共同 project로 1973年以來 繼續遂行中에 있다.

8. Model 實驗

이와같은 Model Test와 科學的 理解는 不願의 大火災로 다스릴수 있는 物理法則이 무엇인가를 알아낼수 있으며 드디어는 實際規模의 實驗을 代身할 수 있을 것이다. 앞서 말한바와 같이 可燃性이나 引火度 같은 槪念이 單一物質의 單一物理變數로 나타낼수는 없으며, 그것은 아무래도 室全體나 建物全體의 性質이어서 여러變數의 複合的인 무슨數, 即 Grashof number 같은 것으로 나타내야 마땅하다는 것이 自明해졌다.

Harvard의 Emmons교수 group이 어떤 寢室을 가지고 實驗을 해본 일이 있다. 그들이 Bedroom을 擇한 것은 사람들이 잠들어 있을때 불이나서 生命을 잃는 主要原因이 되기 때문이다. 보통 Bed에서 電線이 短絡되어 가지고 約 8分이면 불이나서, 온 방에 불이 퍼져 가지고 煙

氣의 水準은 위로부터(天井으로부터) 방바닥으로 내려오고, 불은 窓이나 門밖으로 펑하는 소리를 내며 터져 나온다. 이것을 Flashover라 한다.

Emmons의 實驗에서는 Flashover가 훨씬 더디 일어나고, 그대신 Bed에 불이 붙어서 침대틀에 徐徐히 번져 가지고, 방바닥에 깔려 있는 양탄자로 옮겨간다. 이들 모두가 불길에 휘 말려서 불길이 터져, Flashover time이 17分35秒로 걸렸다.

Flashover time(불길이 터지는 時間)이 가장 重要하다. 그때에는 방안에 있는 모든 것은 그 價値가 破壞되고 만다. 이 Flashover time까지 방안에 있던 사람은 安全하게 방밖으로 기어나올수 있다. 萬一에 그 경우에 서 있다면 致命的이다. 왜냐하면 방의 折半 높이 以上은 벌서 뜨거운 煙氣로 가득차 있기 때문이다. 이들을 한번 들여 마셨다면 深刻한 生理損傷을 받게 마련이다. 아직은 이 狀況이 무엇 때문인지, 또 어떤 解毒劑를 써야할런지 모르고 있다. 또 그들의 實驗結果에서는 불길이 한쪽 구석에 갇혀 있고 煙氣가 折半 以上의 높이로 차 있다가(flash-over) 터져 나오기 까지는 單 5秒 以內이며, 아무런 事前 警告도 없이 삽시간에 일어났다. 이러한 危險 때문에 아무리 安全하게 보이는 경우라도 일단 나왔다가 불붙는 방안에 다시 들어가는 것은 絕對禁物이다.

Harvard陣容의 實驗에서 Flashover가 왜 더디 일어났는지 그 原因을 모르고 있다. 그 答은 앞으로 더 硏究가 必要하다. 그러나 그들의 觀測에서 한개의 hint가 떠오른 것은 방안(바닥)에 여러곳에 놓인 종이 쪼각들이 8分이면 點火가 됐다는 事實이다. 그러나 6分半만에야 bed 옆에 있던 plastic-fibre curtain이 熱에 녹아 방바닥으로 떨어졌다. 萬一 그것들이 그대로 걸려 있었더라면, 約 8分이면 타기 시작했을 것이다. 방안에는 이미 뜨거워진 熱에 이들로부터 나오는 燃燒熱이 겹쳐서 Flashover가 일어나게될 것이다. 아마도 이와같이 可燃性 curtain 代身 耐火性 curtain으로 바꾼 것이 Flashover를 더디 만들었다면, 그늦어진 時間은 17分35秒－8分＝9分35秒에 不過하지만, 이러한 遲延時間이 여러 人命과 財産을 火災에서 効果的으로 건질수 있는 充分한 時間的 餘裕를 준다.

9. 專門 防災硏究所 設立의 必要性

人間事에 있어서 이토록 浪費的이요 破壞的인 힘을 가진 불(火災)은 問題의 한 主人公이다. 消防署를 維持하는 費用, 消防法을 制定하는 費用, 消防官의 訓練費用, 防火를 爲한 對策과 戰略을 꾸미는 費用, 保險金을 支拂하는 費用, 그밖에 決斷하는데 必要한 事前 科學的 知識을 얻기爲하여 支拂해야 할 費用等等 이만저만이 아니다. 불은 豫告없이 일어나기 때문에 消防官이나 防火工學者는 現在 알려진 모든 知識을 徹底히 알고 있어야 한다. 그러려면 여러 分野에서 많은 專門家를 데려다가 여러해 동안 硏究와 訓練을 시켜서, 都市生活環境에 불에 대한 安全對策을 마련토록 모든 知識과 技術을 提供해 주어야 한다. 여기에 防災硏究所의 設立意義가 있는 것이다. 火災被害額數가 每年 數百億원에 이르는 莫大한 것이기 때문에 이에 대한 科學的 對策과 耐火材料의 輸出産業에도 크게 注目할 때가 왔다. 따라서 協會가 非常한 關心을 가지고 그防災專門硏究所를 설립, 有能한 科學者를 物色動員하여 先進硏究에 拍車를 加하고 있는 것은 無限 多幸한 일이 아닐수 없다. 이것이 또한 先進祖國創造의 길이기도 하다. ※

〈參考文獻〉

1. H.W. Emmons, Heat Transfer in Fire, J. Heat Transfer vol. 95, No. 2, May 1973/145
2. Proc. of a symposium on "The Role of

Chemistry in Fire problem," Fire Research Abstracts and Reviews, NAS, vol. 13, No. 3, 1971.
3. Peterson, R., and Emmons H.W., "Stability of Laminar Flames" Physics of Fluids vol. 4, No. 4 (1961) pp. 456~464
4. Emmons, H.W. "Fluid Mechanics of Combustion" 13th symposium (international) on Combustion, Combustion Institute 1971, pp. 1~8.
5. Gross, D., "Experiments on the Burning of Cross Piles of Wood," J. of Research, NNS, vol. 66C No. 2(1962) pp. 99.
6. Block, J.A., "A theoretical and Experimental Study of Non-Propagating Free-Burning Fires," 13th symposium (International) on Combustion, Combustion Institute, (1971) pp. 971~978.
7. Thomas, P.H., "The size of Flames from Natural Fires," 9th Symposium (International) on Combustion, Combustion Institute (1963) pp. 844~859.
8. Lee, S.L., and Emmons, H.W., "A Study of Natural convection above a Line Fire," J. Flnid Mech; vol. 11, No. 3, (1961) pp. 353~368.

철 저 한 점 검
신 속 한 보 상