

# 室火災의 数学Model과 Simulation

崔 首 一  
 <防 災 研 究 部>

## 1. 序 論

火災는 住居가 發生한 이후 生活을 위협하는 災害였음에도 불구하고 그 메커니즘이 研究된 것은 비교적 최근의 일이다. 말할 필요도 없이 火災에는 燃燒, 氣流, 傳熱 等 그 하나만을 취급해도 古典的인 方法으로 다루기 어려운 諸過程이 交錯하여 關係하기 때문에 그것을 綜合的으로 理解하려는 의욕을 상실하였다 해도 무리가 아닌데, 이러한 事情은 최근의 大型電子計算機 및 數值計算技術의 開發과 普及으로 바뀌어지고 있다. 여기에서는 이리하여 새로운 전환기를 맞은 火災性狀研究, 그 가운데서도 數值實驗을 中心으로 하는 室火災의 數學 Model의 現況을 關聯되는 防火對策의 움직임과 함께 紹介한다.

## 2. 火災 Simulation Model의 現況

火災의 數學 Model은 火災의 進展過程을 支配하는 方程式을 써서 火災의 擴大를 豫測하려는 것이다. 火災가 아무리 복잡한 현상이라 하더라도 그것을 구성하는 개개의 현상을 定式化할 수 있다면 火災全體의 舉動은 그것을 풀므로써 추적할 수 있다. 낙관적인 견해를 미국, 일본 등의 몇몇 Group이 Model開發을 진행하고 있는데 定式化의 方針은 各양각색이며 通常 Control

Volume Model (CV Model), Partial Differential Field Model (PDF Model), 確率 Model의 3種類로 分類된다. 火災空間의 모양은 火源, 煙氣層 等의 Zone으로 나누면 理解하기 쉽다는 것이 經驗적으로 알려져 있는데 CV Model은 이렇게 分割한 各各의 Zone(예컨대 그림 1)에 대해 熱이나 物質의 收支式을 세워 各 Zone의 狀態의 變化를 追跡하려 하는 것으로 다음의 예 이외에도 田中<sup>2)</sup> Model이 있다.

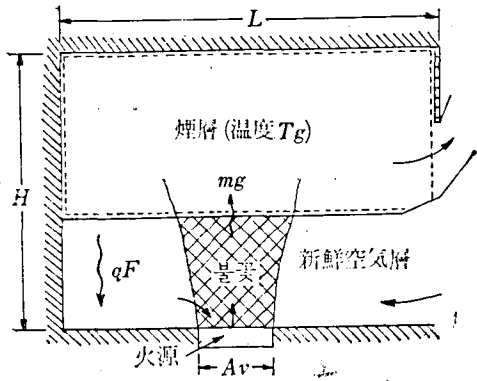
PDF Model은 Zoning을 행하지 않고 氣流, 傳熱 等의 基礎方程式을 풀어 火災室의 狀態의 變化를 豫想하려고 하는 것으로(가령 그림 3). 下記例외에 筆者의 것<sup>3)</sup>이 있다. 確率 Model은 火災의 進展過程을 確率論의으로 定式化하는 것인데 지금 그 예는 적다. 이런 Model의 現況을 미국에서의 代表的인 Project에 따라 紹介한다.

### 1) Quintiere Model<sup>3)</sup>

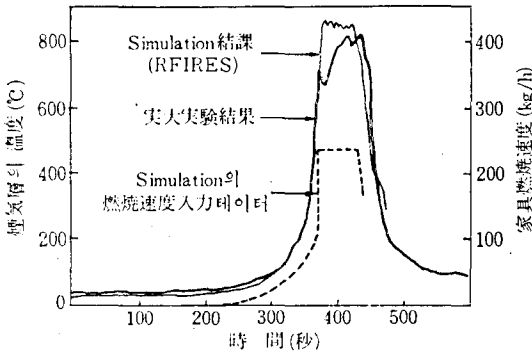
NBS의 Quintiere는 火災室을 그림 1과 같이 Zone으로 分割하여 各 Zone의 熱物質收支式에서 成立한 Model을 提案하여 居室의 1/10정도의 모형에 대해 Model의 定常解와 實驗結果 사이에 一致가 잘됨을 表示하고 있다.

### 2) Harvard-Computer Fire Code<sup>4)</sup>

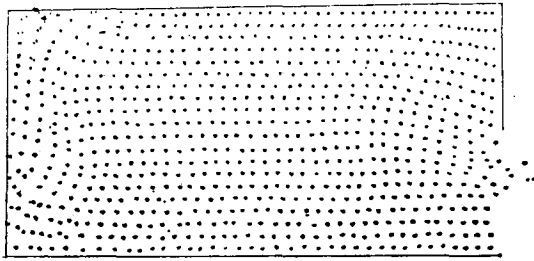
Harvard대학의 Emmons가 開發한 침실 火災의 모델, Zoning의 方針은 1)과 거의 같은데 모델은 복잡하고 일반적이나 Emmons는 實物火



(그림 1) 室火災 Zoning 例



(그림 2) 室火災의 數值實驗과 實物實驗의 比較



(그림 3) UNSAFE의 計算例(氣流分布)

실험도 실시하여 실험에서 얻은家具의 연소 속도 데이터를 入力로 하여 數值實驗을 행하여 室溫, 煙層두께 등은 實物實驗結果와 잘 一致함을 나타내고 있다. 비슷한 것에 ITRI의 Waterman의 Model RFI-RES<sup>3)</sup>가 있으며 이것도 같은 水準에 달하고 있다(그림 2).

### 3) UNSAFE<sup>3)</sup>

Notre Dame 대학의 Yang의 Model로 PDF Model에 속한다. 같은 시도는 근래 환경 공학 분야에서도 행해지고 있는데 화재를 다루는 경우는 온도 변화가 크기 때문에 공기의 팽창 수축을 고려할 필요가 있다. 이 Model에서는 傳熱過程을 일층 정밀하게 표현하기 위해서 가스 輻射의 計算도 병행하여 시도하고, 건축 공간의 1/20 정도의 모형 실험과 定性的으로 잘 일치하는 豫測을 가능케하고 있다.

### 3. 왜 數學 Model인가?

이상과 같이 현재 개발되고 있는 數學 Model은 火災의 進展過程의 豫測 또는 再現을 目標로 하고 있으며 再現性이라는 點에서는 實物規模에서의 部分的成功(Model 2)과 모형에서의 상당히 좋은 성과(Model 1, 3))가 이미 얻어지고 있다. 火災數值實驗을 가능케 하는 技術의 背景은 물론 전자 計算기에 의하는 바가 근래 火災性狀研究中 이러한 方法이 Close-up되게 된 이유는 火災 그 자체가 갖는 特質에 기인한다.

火災에 극한하지 않고 어떤 現象을 손쉽게 알기 위해서는 實物實驗을 하면 좋은데, 火災의 경우는 1회의 實驗으로 實驗對象物이 消失되어 버리기 때문에 계통적인 지식을 얻는데 필요한 回數의 實驗을 하기 위한 비용과 노력은 적지 않다.

이러한 難點을 피하는 方法으로서는 모형실험이 이용되고 있다. 모형실험에 의한 實物實驗의 現象의 推定에는 着案하는 現象에 대한 相似則의 파악이 불가결한데 相似條件은 現狀의 種類에 따라 各양 各색이다. 그런데 火災 특히 그 초기과정에는 극히 수많은 現象이 관련되어 있으며 그런 相似則을 동시에 만족시키는 모형 실험은 원리상 불가능해진다. 그래서 모형 실험은

화재 기류 등 화재의 부분적인 측면의 연구·시험에 대해서는 유력한 方法이라도 防火對策 諸分野의 다양한 요구에 따르는 데는 限界가 있으리라고 생각된다. 이처럼 火災性狀에 대한 다른 方法의 限界가 最近의 防火對策의 動向을 앞에 두고 분명해지고 있다는 것이 火災의 數學에 눈을 돌리도록 한 思想的 背景이 되고 있다.

#### 4. 火災의 數學 Model의 問題點

그러나 이상의 경위에서도 볼 수 있는 것처럼 火災의 數學 Model이 close-up된 것은 그것이 수요와 調和했다고 하기보다는 다른 方法의 難點이 눈에 띄게 되었다는 소위 消去法의 選擇의 結果이며 數學 Model의 內容이 充分히 事前 評價되고 있다고는 말할 수 없다. 이후 數學 Model에 숙련됨에 따라서 다른 방법과 같이 關聯 諸分野의 수요와의 Gap과 맞부딪칠 可能性도 있을 것이다. 그러면 火災性狀研究에 대한 關聯 諸分野의 수요란 도대체 어떤 것일까?

防火對策의 주요 관심은 세계적으로는 오랫동안 건축물의 耐火性에 향했다. 그런데 火災性狀研究에 요구됐던 것은 室火災의 火災 전성기의 時間溫度曲線의 復元 또는 豫想이었는데 이 문제는 1960년대에 대체로 解決되었다.<sup>7)</sup>

이에 의해 耐火設計의 合理化와 火災性狀의 體系的 理解에 대한 통찰력이 전개되어 各種 防火性能試驗方法을 合理的인 근거를 갖는 方向으로 改善하려고 하는 움직임도 활발해졌다. 그리고 시험 방법의 合理化로 火災時의 建築部材 等の 加熱, 燃燒條件을 명백히 함은 基本的인 것이다. 한편 合成化學製品等 燃燒性, 毒性이 높은 材料가 內裝, 家具材料로써 普及된 결과 防火對策上 人命安全性이나 때로는 財產保護가 강조되는 경향이 있는데 그 경우는 火災 전성기보다 훨씬 Flash over에 이르는 火災初期쪽으로 對策上的 관심이 쏠리는 것이 자연스럽고 화재 초기의 性狀의 평가나 화재탐지에 강렬한 관심이 기

울게 되었다. 그런데 火災의 初期性狀이 室의 모양, 居住狀況等에 左右된다는 것은 분명해졌고, 이런 점에서 數學 Model의 方向의 問題點도 논의되고 있다. 즉 火災의 數學 Model은 精確度 改善에 따라 복잡한 계산을 요구하는 경향이 있는데 그러한 계산은 實物實驗 정도는 아니라 하더라도 상당한 노력과 경비를 요하는 것으로 생각된다. 그와 같이 火災의 進展을 규정하는 실내의 상황은 상당히 번덕스럽게 변화하기 때문에 火災의 初期性狀에 관한 체계적인 지식을 얻는데는 극히 수많은 경우에 대해 계산을 반복하여야 한다.

이러한 論點에서 火災의 數學 Model을 비판하는 것은 용이하지만 火災性狀을 定量的으로 파악하는 方法으로서 종래의 方法의 難點이 해결되지 않고, 그외의 유력한 方法이 나타나고 있지 않은 現在로서는 이방법 이상으로 유력한 화재성상을 파악하는 길을 찾는다는 것은 不可能에 가깝다. 數學 Model의 難點은 火災性狀把握方法으로서 보다는 그것을 防火對策에 쓸모있게 적용시킨 다음 노출된다고 보아야 할 것이며 數學 Model의 地位를 定着시키기에는 그것을 媒介로 하여 防火對策上 有用한 지식을 끌어내기 위한 方法 또는 그러한 방법이 開發될 수 있다는 통찰력이 필요하다.

Bullen은 이러한 立場을 강조하여 화재가 확대될 수 있는 정도가 數學 Model로 부터 解析의 으로 얻어질 수 있다는 것을 나타내고<sup>8)</sup> Quintiere는 數值實驗을 하지 않아도 먼저 소개한 Model의 定常解로 Flashover의 發生限界가 얻어지는 것을 示唆하고 있다. 이런 研究는 어느 편인가 하면 火災의 數值實驗에 대해서 批判적인 立場에서 행해진 것인데 결과적으로는 數學 Model의 可能性을 開拓하는 性格의 것이다. 이리하여 火災의 一部 始末을 豫測하려고 하는 야심에서 비롯된 火災의 數學 Model은 具體的인 문제에 직면하여 보다 완비된 체계를 갖추고 있는 셈인데 數值實驗과 관련된 경위와 문제점의

대부분은 火災와는 무관계한 다른 분야에서도 공통적인 현상이다. 數値實驗이나 數値計算에 대해서는 수많은 분야에 應用可能한 方法이 정미되고 있는데 應用上의 문제점에 대해서도 검토되어 方法의 整備가 도모되면 좋을 것으로 생각된다.

< 註 >

- 1) Tanaka, T., BRI Research Paper No. 70, 1977.
- 2) Hasemi, Y., BRI Research Paper No. 69, 1977.
- 3) Quintiere, J.G., NBSIR 78-1511, 1978.

- 4) Emmons, H.W., Home Fire Project Tech. Rep. No. 25, 1978.
- 5) Waterman, T. et al., IITRI for NBS. Grant 5-9018, 1976-79.
- 6) Lloyd, J.R. et al., 16th Int. Symp. Comb., Boston, 1976.
- 7) Kawagoe, K., BRI Research Paper No. 29, 1967.
- 8) Bullen, M.L., BRE Current Paper 41/78, 1978. Vol 95 No. 1159 pp. 33-34 日本「建築雜誌」에서.

< 끝 >

< 海外 新製品 >

消防手용 카메라

EEVP4221시리즈로 알려진 이 카메라는 소방수용으로 특별히 설계된 종류로는 유일한 것.

무게 4kg에 쓰고 버리는 12V배터리로 작동되며 최소 1시간 연속 작동한다. 배터리 수명이 끊어지기 약 15분전에 카메라의 지시계가 소방수에게 경보를 발한다.

이 카메라는 대상의 熱映像을 가시상으로 변환 시킴으로써 작동한다.

이것은 연기속에 침투하는 적외선 輻射波長을 소방수가 카메라의 종합모니터로 볼 수 있는 TV타이프의 상으로 변환시키는 집전기 비디콘관의 조합으로 가능하다.