



氣象與消防

鄭子政

Meteorology Used for the Prevention on Fire Disasters

Kenneth T. C. Cheng

ABSTRACT

This paper first gives the general achievement of the International Civil Defense Organization on the prevention of fire disasters during the last two decades, and also on an historical review of the development of the science on fire prevention in this country. An analysis has been made on the meteorological environment during the occurrence of fires. The frequency of fires was to be found highest during the winter when the anticyclone moves down to the subtropical latitudes. Big fires generally associated with moderate breeze of northwest air currents. The prevailing wind direction accompanied with the fires frequently different at different localities in conformity with its topographia features. Some typical situations as related to the weather phenomenc of the effect of foehn and lightning to the fires have also been discussed to some extent. Forest fires frequently induced great damages and big economic losses to a country. Fire forecasts are made in many countries under the assumption of some physical and environmental factors. The method used for making the forecast of forest fires under the Taiwan Forest Service Administration has been introduced. The diurnal and seasonal distribution of the frequency of forest fires has made a preliminary study in his concluding remarks.

消防本質與範疇

『消防』名詞原延襲於日本，其諒蓋在消災於無形；防患於未然。消防為一項防災科學，實不僅限於救火與防火任務而已。左傳宣公十六年『凡火、人火曰火，天火曰災』。可見自古早已認識自然災害，與人為災害的區分。防災科學研究，在近年來由於科學發展，其概括範疇至為廣泛。目前在日本有國家防災研究中心（National Research Center for Disaster Prevention），其地址在東京銀座（Ginza-Higashi 6-1; Bosai-Center）。防災研究範圍在一般火災以外，尚有地震、海嘯、輻射防護等項類皆屬之。在歐美方面亦屬如是。但其隸屬方面則歸於民防組織（Civil Defense）。在歐美近年分外偏重於戰時防護工作。美國於一九五八年曾擴大宣傳輻射防護工作，印行宣傳小冊達三千一百萬冊，並曾

訓練三百六十九萬二千一百七十六人有關於衛生、醫務、警務、輻射防護等項專業人員⁽¹⁾。又稱救火工作與民防工作原屬於不可分離⁽²⁾。消防是一種緊急措施，必須有熟練技巧，乃能於倉猝之間，應變裕如。在一般火場受困人員之撤離不過二分鐘光景，而在多層次高樓亦不過以四分鐘時限⁽³⁾。因此消防教育與訓練，實為在一都市中保衛公眾生命與財產重要的措施。在一房屋失慎時，須緊閉門窗，以防止火勢之急速蔓延。因氧氣為助燃主要的因素，此種常識應為一般人士所熟知。使救火人員有較多之時限，以從事於滅火任務。任何建築物在設計之初，不能盡注意於風雨氣候之防護，光線與空氣之需要，兼須考慮及於安全的因素⁽⁴⁾，始得稱為完善之建築。由於民防無論在平時或戰時對於個人、國家或整個世界安全有密切的關係，因而有國際民防組織（International Civil

Defence Oiganization) ，其地址在瑞士日內瓦 (7, Bd. Jagues-Dalcroze, Geneva) 。該組織自成立迄今已有二十年歷史，且發行彙刊一種。對於各國民防與消防之活動記載頗多。近年人類戰爭武器研究亦日益發達，長程火箭附帶原子彈頭可在於千里以外引發，其速率在二十五秒鐘內，到達六千英里，民防之重要性亦更隨之劇增。

火災形成的要件：失火現場必須具有燃料存在，此燃燒物質不論其屬於固體、液體或氣體皆足以引發燃燒之現象。其次則為空氣，即在空氣成分中有充分氧氣以助長燃燒。在平常空氣成分中含有百分之二十一比例的氧氣，於燃燒發生時，空氣中含氧最低成分須有百分之十五，始能有助燃作用。又其次須有火種以引發其燃燒。引發火種泰半為人為的因素，可能為未全熄滅的餘燼，但可能為閃電的火花；可能由於輻射的熱能；可能由於摩擦的生熱，亦可能起於化學的作用。此三者相聚在一起，乃有失火現象，因此如需撲滅火災，三者必須撤除其一。換言之，即撤去燃燒物質，或排除空氣，或由滅火管降低火場熱量。記得曩在少年時讀杜牧所作阿房宮賦：『六王畢，四海一，蜀山兀，阿房出。覆壓三百餘里，隔離天日。……負棟之柱，多於南畝之農夫，架梁椽，多於機上之工女，……直欄橫檻，多於九土之城郭。……楚人一炬，可憐焦土。由此可以想見，當年阿房宮建築，均屬於木材建築而為燃料物質，一遭火種引發，遂使一代建築文化產物，付諸蕩然，徒留後人憑弔無處。汽油 (Gasoline) 為易於揮發物質，其汽體密度較重於空氣的三倍至四倍。倘汽油盛器未加嚴密封閉，汽油汽體即沉降於盛器周圍下層，若有餘燼落下，即能有引發火災之可能。普通汽油汽體與空氣混合可能引發火焰之差比為百分之一點四至七點七點八。因而在實驗室中，星星之火，可能爆發為一室

氣溫 (攝氏)	0 度	4 度	8 度	10 度	16 度	20 度	30 度	40 度	50 度
水汽含量 (每立方公尺克數)	4.85	6.37	8.28	9.41	13.65	17.31	30.39	51.12	83.06

相對濕度則為一地區空氣中水汽含量與空氣在達飽和時的差比，以百分計算之。因之，當氣溫在攝氏 20 度，而在毛髮濕度表指示相對濕度為百分之七十時，亦即顯示在每立方公尺空氣中所含水汽量克數僅達其飽和時百分之七十。而在達其飽和絕對濕度 17.31 克數時空氣中尚有百分之三十吸濕的能力。各種物質對於吸濕飽和能力 (Avidity of saturation) 亦有差別。譬如混凝土 (Concrete) 僅能吸濕百分之十二

之災。在木工場中鉋床附近木屑遍地，而鉋床摩擦生熱，亦屬於須加分外防範之地。在電流導入室內之處，倘保險絲負荷過重，每亦易於引發火種而起燃燒現象。滅火器內部結構每儲藏二氧化碳，因其比較空氣約重一倍有半，因而在二氧化碳射出時，替代空氣中之氧氣，遂使局部空氣中助燃能力消失，而終令火焰熄滅⁽⁵⁾。一般滅火器內所貯存之化學藥品為重碳酸鈉 (Sodium bicarbonate) 與硫酸 (Sulfuric acid) 其化學上程序 ($\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$) 在此二種藥物相化合時，即放出二氧化碳，而形成硫酸鈉。硫酸有高度腐蝕性，因此對於救火人員有相當的損害。滅火器的效應雖在半分鐘內可以發生，但重碳酸鈉溶液與硫酸須在適當溫度之下混合，始得發揮其高度效率。在華氏 40 度 (攝氏 4.4 度) 時即顯出遲鈍現象，在華氏 38 度 (攝氏 3.3 度) 時即有沉澱；而在華氏 32 度 (攝氏 0 度) 時凝結，且在滅火器中不能有抗凝液體 (Antifreeze solution) ，滅火器亦有採用硫酸鋁 (Aluminum Sulfate) 與重碳酸鈉相混合之結構，其在化學作用之過程 ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{Al}_2(\text{OH})_3$) 亦為排出二氧化碳與硫酸鈉 (Sodium Sulfate) 及氫氧化鋁 (Aluminum trihydroxide) 其效用原理相同，亦有採用四氯化碳 (Carbon tetrachloride) (CCl_4) 專用以制止油質火焰之燃燒作用。因此在失火現場不同之環境，往往須採用不同滅火之器械。

火災發生之氣象環境：在大氣下層對流層 (Troposphere) 中為空氣中所含水汽的淵藪。空氣中實際所含水汽的多寡，悉以空氣溫度的高低為衡量的準繩，在氣溫增高時空氣中所含水汽分量加多；在氣溫降低時，空氣中的水汽含量減少。一般而言，在水面飽和時水汽的密度，通稱飽和絕對濕度，大致如下表：⁽⁶⁾

，磚為百分之三二；皮革為百分之六十；木材為百分之二五至三十；而布匹為百分之十五至三十。⁽⁷⁾因此在不同之濕度環境，及其物質本體吸濕能力上的差別，於是產生其助燃能力的高下。中村清二所著火災之科學一文⁽⁸⁾中曾列舉燃料之乾燥度，以線香在不同濕度之環境下，測驗其燃燒時間的長短。因知在相對濕度百分之三十時，其燃燒時間為一分二十秒；在相對濕度百分之六十時為一分二十五秒，而在相對濕度百

分之九十時爲一分三十秒。顯示燃料乾燥度高時則較易於焚燒；而在燃料乾燥度低時則較難於焚燒。由此可見，在久旱時期，火災的頻率增高；而在霖雨時期，火災的頻率降低。據中村調查東京一年各月中所發生火災次數，以在冬季爲較多而在夏季爲較少。一年各月平均相對濕度亦以六月至十月爲較大，平均皆在百分之八十以上；自一二月至三月間，平均相對濕度皆在百分之七十以下。1年中火災頻率最高月份爲二月，平均相對濕度亦屬於最小爲百分之六二。

鈴木清太郎⁽⁹⁾對於火災發生頻率與各項氣象要素，如濕度、氣溫，降水量與氣壓等項之關係皆有所論列。其統計日本火災次數分佈與各月濕度之關係，大致與中村清二研究的結果，大體相互吻合。鈴木又發見於大陸高氣壓南下之後，天氣寒冷而乾燥人多生火取暖，每易於惹起火災，且因西北強風怒號，一旦火災發生之後，往往火勢蔓延範圍甚廣。火災頻率亦屬於最高；至於五、六月間，溫帶低氣壓接踵而至，梅雨連綿，空氣潤濕因而火災發生頻率亦驟頓減。至於夏季在颶風盛行季節，則由於降水量較多，火災頻率遂亦趨於最低。由日本東京三十年中火災之記錄與平均氣溫及平均濕度作相關係數之研究。⁽⁹⁾求得氣溫與火災頻率的相關係數爲負 0.70；而火災頻率與濕度的相關係數亦爲負 0.54。又尋出降水量與火災頻率的相關係數亦爲負 0.54。東京市發生火災次數與平均風速之關係，所得相關係數爲正 0.23，在西北風盛行時，發生火災之面積較爲廣大。調查函館歷年火災與風向及風速之關係，發見大火災發生時之風速，大抵在平均風速每秒一〇至一五公尺之間，亦即在蒲氏風級五級或六級左右。大火災與風向之關係每因地域而有差異，福岡大火以西北風居多，而函館以東及東南風居多。一日間濕度的變化常以午後爲最低，火災的發生，無論其爲林火或家火，皆以在此時間爲多。一日中另一多生火災時間則在子夜，此點或係由於人爲疏忽所導致之結果。一九七二年日本政府報告：平均每天有三人死於火災，每天財物損失達八二萬一千四百美元。每隔九分鐘即有一次火災，火災主因爲不慎疏忽所致。每一千次火災中有二二名罹難者，此爲世界最高紀錄，一九七三年十一月二九日日本熊本大洋百貨公司七層大廈火災中死亡人數達一〇一人之多。火災發生因果之分析與氣象因素之關係，每須經過實驗之考查，而後始得下較正確之推斷，而不能輕加論評。

氣流在迎風山坡滑上時每發生絕熱冷卻現象，因

此雲雨多凝降於迎風山坡，等待氣流滑過山頂之後而向背風山坡滑下時，每發生絕熱增溫現象，而雲消雨散。空氣經過壓縮過程，每一千公尺，氣溫可升高攝氏六度以上。在山區此種地方性風，稱爲焚風。在瑞士阿爾卑斯山亢東 (Canton) 地方，居民約不過一二萬人左右。該處在焚風發生時，北坡與南坡氣溫可相差至攝氏十七度以上，空氣中濕度可頓減去百分之五十左右，山中積雪於短時間內消失。此時火災極易發生，因此亢東地方在焚風來時，特殊警規嚴禁火食。可見火災發生與氣象環境關係之深切⁽¹¹⁾。

世界上每年有雷雨日數最多之處，首推南美亞馬孫河上游卡勞烏里 (Carauari) 地方年有二百零六天。雷雨中常帶閃電，因而常發生閃擊。凡高處地方受閃擊之機會較低處爲多。於美國在一年中雷雨次數約在二十五次至四十五次，而閃擊在五百英尺高度上以建築之次數，每年以百分之四乘其建築物之高度而增加。紐約帝國大廈高度一千二百五十英尺，於三年中受閃擊次數達六十八次。⁽¹²⁾閃電常能引起火災，閃電時間愈久，脈衝電流強度增加，每易引起物質燃燒，尤其在森林之中⁽¹³⁾。森林火災往往因閃電引發火種而起。此皆爲足以發人猛省的氣象環境。

森林火災與防護：森林爲國家富源之一種，亦爲物質建設之潛力，而火災則爲培植林業之大敵。一朝森林火災發生，火勢範圍擴張至廣，損害至重。在美國西部每年因閃擊而引起的森林火災每年約有六千次⁽¹⁴⁾。所幸大部火種未能蔓延成災，而爲暴雨所撲滅。林森火災之起因於自燃 (Spontaneous combustion) 作用而產生者實屬罕有，大抵皆由於人爲因素或由閃擊所產生。在瑞典森林火災三分之一皆起因於閃電作用。一九六一年美國太平洋沿岸西北西區五六五一次森林火災中有三〇六三次屬於閃擊所引發。

⁽¹⁵⁾約居其森林火災總次數之百分之五十四。森林於火災之後，常使林地土質轉劣，而變成次等林相。臺灣森林火災調查⁽¹⁶⁾自民國四十一年至四十八年間計發生火災一三〇九次，平均每年有一六四次。其間以四十四年森林火災次數最多有四二六次。以地域而論，臺中林區爲森林火災發生最多之區域。而在一九五五年二月臺中平均最高氣溫亦爲自一九五一年至六〇年十年間之最高年份。臺灣平均每十萬公頃林地，每年約有八次之火災。森林火災的蔓延，純視乎風向的轉變，風速的大小，降水密度與降水量的多寡及在森林中地面枯枝落葉層次乾濕之狀況而定。因此預測森林火災的發生端以天氣狀況爲衡量的標竿。一般導致森

林火災的要件：(一)空氣濕度須在百分之四十以下；(二)在火災發生前數日降雨量須在一點三公厘(〇・〇一英寸)以下；但在火災之日風力須在蒲氏風級四級以上。此外尚須考慮到：(一)森林的型類為落葉林或常綠林；(二)森林中潮濕程度；(三)地面落葉覆蓋狀況；(四)降水與蒸發累積的效應；(五)森林中濕度與空氣流動之狀態；與(六)森林中地面的最高溫度。綜合前述各項因素，因得釐訂一種燃燒指數(Burning Index)⁽¹⁶⁾推測森林火災發生的機率，並發佈豫告，以加強防護措施。就空氣中相對濕度；在枯枝落葉層(Litter)表面由濕度表測得所含濕氣之百分比，因而推定森林火災可能發生的程度如下：

林火危險程度	相對濕度 (百分比)	落葉層含濕量 (百分比)
一、無危險	七十以上	二十六以上
二、可能危險	六十至六十九	十九至二十五
三、輕微危險	五十至五十九	十四至十八
四、相當危險	四十至四十九	十一至十三
五、危險	三十至三十九	八至十
六、極端危險	二十九以下	二至七

在森林中，地面枯枝落葉層若在經過一週以上的乾旱時期，其所含濕氣可降低至百分之三左右。一般而言，在百分之十已屬於相當危險，但須在百分之二十五以上始能免於危險。測量森林中一般燃料濕度指標(Fuel Moisture Indicator)，常採用若木質棒竿，插入於森林中地面上，而曝露於自然氣象環境中。此類木棒直徑半英寸，插入土中，而拔出地面高度約六英寸。木棒在烘乾時淨重一百克，當木棒吸收土壤及其環境中濕氣，其重量隨之增加。按美國太平洋西北林務管理局所訂定的含濕差距為自零至五十。以衡量森林中燃料濕度比例之變化。臺灣省林務局亦有測量燃料濕度之規定，惟其所依據之法則不一。⁽¹⁸⁾由氣象因素與環境因素變化相互參合之結果，以發佈火災天氣豫告，而提早作防範措施使森林火災得消失於無形，亦實為林務安全上重要的保障。

火災之週期在中國史書及方志中，每將一地火災之紀錄列入於災異誌中。惜乎此項記載至今乏人整理，無法引證其週期之變化。鈴木清太郎曾將日本史書所載一千三百八十餘年火災的記載分析得十五年，七十年與一百年的週期。查大英百科全書所記載倫敦大火年代，有公元七八九年、九八二年、一〇八六年、一六六六年、一七九四年及一八六〇年。其間隔年數為一八四年、一〇四年、三百八十年、一百二十八

年及六十七年。大火發生年代間相隔年數參差零亂，似尚無週期之可尋。

火災頻率在一年中的分佈，鈴木調查日本小火以一月份為最高，以十月份為最低；大火以三月份為最高，亦以十月份為最低，雷火則以七月份為最高，一月份為最低。臺灣西部之林火以三月為最高，以八月為最低；而在臺灣東部之林火則以七月為最高，而以一月份為最低。⁽¹⁹⁾臺灣森林火災發生之主因以屬於清除林地，引火開墾而釀成火災居多。臺灣西部林火之分佈，顯然可見。至於臺灣東部林火季節之分佈，似乎屬於高山族人狩獵吸煙餘燼所引發。火災發生頻率的周期變化固然與氣候的季節與異常天氣變化有相因之關係，然而頗難引以為週期變化圓滿之解釋。

結語：火災的起因要不外乎自然的與人為的二方面。自然因素所生的災害尚得就各種因素，加以分析，而採用豫告方法，以提早防護。至於人為的因素，則惟有加強灌輸國民防災知識⁽²⁰⁾，提高火災危險之警覺，使火種散播的機會絕滅。在澳大利亞於有關單位發佈火災警告後，對人民之將未熄滅煙蒂隨地亂拋，視為違法。在防範火災發生以後的措施，則須在加強消防組織與訓練，並充實現代消防的設備，使人民的生命財產增益安全的保障，森林資源得以滋長，而國家的財富能以發旺。今日國內經濟日見發展，高樓大廈四起，消防知識之宣揚與消防組織之加強，實不容緩。

引用文獻

- (1) United States Civil Defence In Figures-Bulletin of the International Civil Defence Organization No. 47. May, 1959.
- (2) Collaboration of Fire-Brigade Within Civil Defence Bull. I.C.D.O. No. 48, p. 5.
- (3) Fire Instruction and Fire Drills, I.C.D.O. Bull. No. 55, p. 5.
- (4) The Problem of Safety In Housing, I.C.D.O. Bull. No. 59, p. 1.
- (5) The Fire Extinguishers, I.C.D.O. Bull. No. 69, p. 3-4.
- (6) List. R.J.: Smithsonian Meteorological Tables, 6th. Rev. ed. pp. 382-383.
- (7) Fight Against Damage Caused by Humidity, I.C.D.O. Bull. No. 94, p. 5-6.
- (8) 中村清二：「火災之科學」一九三五年八月岩波書店出版防災之科學第五卷第三頁至二〇頁

(下接第14頁)