

出國報告（出國類別：實習）

## 赴美國消防學院實習火場指揮與 控制報告

服務機關：內政部消防署、臺南市政府消防局

姓名職稱：主任蕭煥章、科長林謙哲

派赴國家：美國

出國期間：102年4月19日至5月2日

報告日期：102年7月29日

## 摘要

有鑑於目前消防單位面對之災害情境日益複雜，特別前往美國消防學院 (National Fire Academy, NFA)，實習事故現場指揮與控制運作(Command and Control of Incident Operations, CCIO)，課程實施主要運用事故現場指揮系統，並規劃 11 項不同類型與大小規模之災害模擬情境，由授課講師實作引導每位學員輪流應用 ICS 架構與各項職務與工作任務，藉以訓練現場指揮官、指揮幕僚、作業幕僚及救災人員在面臨災害搶救分秒必爭的時間壓力及災害狀況不確定之狀況下，如何最有效實施各項災害指揮及管理與應變作業。

## 目次

壹、 前言與目的.....	1
貳、 行程表.....	1
參、 美國緊急事故訓練中心(NETC, National Emergency Training Center) .....	2
肆、 拜會美國消防署 (USFA)、消防學院(NFA)、緊急事故管理學院 (EMI) .....	8
伍、 美國消防學院 (National Fire Academy, NFA) 開設課程.....	9
陸、 事故現場指揮與控制運作(Command and Control of Incident Operations, R0312)課程實習過程.....	13
柒、 國際製程安全研討會發表專文.....	28
捌、 心得及建議事項.....	30
附錄.....	33

# 赴美國消防學院實習火場指揮與控制報告

## 壹、前言與目的

本署訓練中心為強化國家消防救災與災害防救訓練需求，於 100 年起即針對「消防人員訓練系統規劃」與「災害防救人員訓練系統規劃」委進行專案研究，在消防救災與災害防救訓練上已逐步建立起一定的訓練運作機制，有鑑於目前消防單位面對之災害情境日益複雜，無論是國際上層出不窮發生的恐怖主義毀滅性爆炸事件，抑或是大型廠房危險性化學物質洩漏、火災、爆炸事故，以及大規模區域淹水、地震等天然事故等，在在考驗第一線消防救災人員面對不同型態規模等級災害現場應變指揮與災害處理能力，因此特別規劃前往美國消防學院(National Fire Academy, NFA)位於國家緊急事故訓練中心(National Emergency Training Center, NETC)，研習事故現場指揮與控制運作(Command and Control of Incident Operations, CCIO)，美國消防學院規劃之事故現場指揮與控制運作研習為一週之課程，課程實施主要採運用事故現場指揮系統(Incident Command System, ICS)，並規劃十一項不同類型與大小規模之災害模擬情境，由授課講師實作引導每位學員輪流應用 ICS 架構與各項職務與工作任務，藉以訓練現場指揮官、指揮幕僚、作業幕僚及救災人員在面臨災害搶救分秒必爭的時間壓力及災害狀況不確定之狀況下，如何最有效實施各項災害指揮及管理與應變作業。

## 貳、行程表

表 1 行程表

日期	行程	備註
4 月 19 日 (五)	行程	
4 月 20 日 (六)	(桃園-洛杉磯-華盛頓-馬里蘭州愛密茲堡)	
4 月 21 日 (日)	消防學院實習火場指揮與控制	
4 月 22 日 (一)	消防學院實習火場指揮與控制	
4 月 23 日 (二)	消防學院實習火場指揮與控制	
4 月 24 日 (三)	消防學院實習火場指揮與控制	
4 月 25 日 (四)	消防學院實習火場指揮與控制	
4 月 26 日 (五)	消防學院實習火場指揮與控制	
4 月 27 日 (六)	行程與資料整理	
4 月 28 日 (日)	(馬里蘭州-華盛頓-德州聖安東尼)	

4 月 29 日 (一)	參加美國化學工程師協會 (American Institute of Chemical Engineers) 2013 年春季會議暨第 9 屆國際製程安全研討會 (9th Global Congress on Process Safety)	
4 月 30 日 (二)		
5 月 01 日 (三)	返程與資料整理 (德州聖安東尼-洛杉磯-桃園)	
5 月 02 日 (四)		
5 月 03 日 (五)		

## 參、美國緊急事故訓練中心(NETC, National Emergency Training Center)

### 一、訓練中心沿革

美國緊急事故訓練中心 (National Emergency Training Center, NETC) 位於美國馬里蘭州愛密茲堡，所在園區原為 St. Joseph's College 的校區，是由羅馬天主教教會歸化為美國公民的 St. Elizabeth Ann Seton 於 1809 年建立，1973 年結束營運並與鄰近的專供女性進修的天主教 Mt St Mary's University 合併。該園區已有超過 200 年的歷史，多棟主要建築物興建於 1830 年代興建並精心保存迄今，甚至在蓋茲堡戰役期間曾分別為聯盟與同盟部隊所佔領使用，也曾扮演著醫院照料作戰傷兵角色。

聯邦緊急事故管理署 (Federal Emergency Management Agency, FEMA) 於 1979 年 3 月取得該園區，於 1980 年 1 月 21 日設置國家消防學院開始提供訓練，在同年將原位於密西根州 Battle Creek 的前民防整備學院，也在 1981 年 1 月移至該園區重新啓用，並更名為緊急事故管理學院 (Emergency Management Institute, EMI)。基於對歷史建築與宗教的保存，各項宗教符號、十字架、教堂與祭壇均予以留存，更讓園區留下歷史的印記與莊嚴的感覺，另為紀念全美國因公殉職消防員，也設置有國家消防員殉職紀念碑供受難親友每年聚會憑弔使用。

NETC 是屬於聯邦緊急事務管理署與美國國土安全部專提供給消防與緊急應變人員等相關專職人員的訓練基地，NETC 提供全國各州緊急事故管理與整備從業人員免費的訓練課程，並由美國消防署 (USFA) 負責管理，由消防學院 (NFA) 與緊急事故管理學院 (EMI) 提供教育訓練，透過領導、宣導、協調與支援，致力減少火災與相關緊急事故所造成的生命和財產損失。

## 二、訓練中心內部建築物相關設施與服務：

### (一) 貼心的機場接送服務：

訓練中心提供以下 3 處機場學員專人專車接送服務：1.雷根機場(Ronald Reagan National Airport)、2.巴爾的摩華盛頓機場(Baltimore/Washington International Airport)、3.杜勒斯機場(Dulles International Airport)。



圖 1 FEMA 專用接送車輛

### (二) 熱誠的報到接待服務：

學員報到櫃台位於 C 棟大廳，接待人員當場拍製識別證，並熱忱招呼與分配宿舍，詳細說明教室、餐廳、圖書室、福利社等校園配置相對位置。



圖 2 報到櫃臺

### (三) 乾淨清爽的住宿環境：



宿舍提供舒適冷暖空調系統，每人一間房間，並配置電視、無限上網服務、洗衣、房間清潔等服務。



圖 3 住宿房間

(四) 多樣美味的餐飲服務：

餐廳用餐空間古典高雅寬敞明亮，每天供應 3 餐，並提供多樣美式食物供學員選擇。



圖 4 用餐餐廳

(五) 美麗典雅的校園環境：

校園腹地寬敞，樹種多元，時值初春百花盛開齊放，景色優美宜人。



圖 5 百花齊放的美麗校園

(六) 莊嚴肅穆的殉職消防人員紀念碑：

園區內建置有因公殉職消防人員紀念碑與 911 消防紀念雕像，供學員與參訪人員瞻仰緬懷，每年 10 月間並邀請所有因公殉職家屬前往學院辦理紀念追思大會。



圖 6 因公殉職消防人員紀念碑



圖 7 911 消防紀念雕像



(七) 專業敬業的教學師資與教學設施：

教學師資皆為現職或退休之消防專業人員，以 ICS 為教學核心架構，並由教師親自引導，依多種災害情境帶領學員實施教災兵棋推演與模擬，再輔以救災理論教學，園區內備有多間模擬實驗室與情境推演電腦動畫中控室。



圖 8 救災兵棋推演與模擬教室



圖 9 情境推演電腦動畫



圖 10 救災兵棋推演與模擬中控室



圖 11 教師親自引領學員實施救災兵棋推演

(八) 莊重榮耀的結訓典禮:

結訓當日除了本班 CCIO 的所有學員外，尚有火災調查班等班期約百位學員一起結訓，並一一唱名上臺由消防學院院長 Dr. Denis Onieal 親自頒授結訓證書。



圖 12 院長 Dr. Denis Onieal 親自頒授主任蕭煥章結訓證書



圖 12 院長 Dr. Denis Onieal 親自頒授科長林謙哲結訓證書

肆、拜會美國消防署 (USFA)、消防學院(NFA)、緊急事故管理學院(EMI)



## 一、拜會美國消防署 (United State Fire Administration, USFA)：

拜會署長 Ernest Mitchell, Jr，副署長 Glenn A. Gaines 及消防學院院長 Denis Onieal，並洽談兩國未來消防訓練持續合作事宜，並獲致肯定與繼續支持的共識。

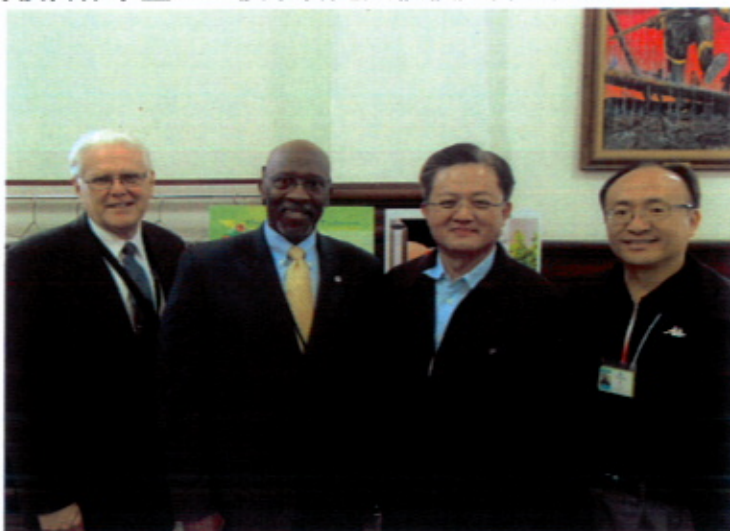


圖 13 USFA 署長 Ernest Mitchell, Jr.(左二)及 NFA 院長 Denis Onieal(左一)



圖 14 USFA 副署長 Glenn A. Gaines(左一) 及 NFA 院長 Denis Onieal(左二)

## 二、拜會美國緊急事故管理學院(EMI)：

拜會院長 Tony Russell，並洽談邀請來臺指導與未來我國派員前往 EMI 接受災害防救教育訓練課程之合作事宜，並亦獲致肯定與支持的共識。



圖 15 EMI 院長 Tony Russell(右一)及 NFA 副院長 Kirby Kiefer(中間)

## 伍、美國消防學院 (National Fire Academy, NFA) 開設課程

### 一、行政發展課程 (Executive Development Curriculum)

(一) 行政發展 (Executive Development) (R0123)

(二) 行政領導 (Executive Leadership) (R0125)

### 二、管理科學課程(Management Science Curriculum)

(一) 緊急服務成功溝通 (Communications for Emergency Services Success) (R0107)

(二) 消防與救護組織戰略議題 (Strategic Organizational Issues in Fire and EMS) (R0331)

(三) 消防與救護組織有效領導方法 (Effective Leadership Skills for Fire and EMS Organizations)  
(R0332)

(四) 社區復原的大眾協助管理 (Administration of Public Assistance for Community Recovery)  
(R0335)

### 三、緊急救護課程(Emergency Medical Services Curriculum)

(一) 緊急救護服務熱門研究議題 (Hot Topics Research in Emergency Medical Services) (R0139)

(二) 緊急救護服務事故現場運作 (Emergency Medical Services Incident Operations) (R0147)

(三) 緊急救護服務管理 (Management of Emergency Medical Services) (R0150)

(四) 緊急救護服務進階領導議題 (Advanced Leadership Issues in Emergency Medical Services)  
(R0151)

(五) 緊急救護服務：特別運作 (Emergency Medical Services: Special Operations) (R0152)

(六) 緊急救護服務：品質管理 (Emergency Medical Services: Quality Management) (R0158)

#### 四、緊急事故管理課程(Incident Management Curriculum)

- (一) 消防主管執行降低地區災害風險(Conducting Local Risk Reduction by Company Officers)(R0186)
- (二) 多重火警訊號的指揮與控制決策(Command and Control Decision Making at Multiple Alarm Incidents)(R0297)
- (三) 消防服務運作緊急事故管理行政分析(Executive Analysis of Fire Service Operations in Emergency Management)(R0306)
- (四) 消防局對天然與人為災害的指揮與控制(Command and Control of Fire Department Operations at Natural and Man-Made Disasters)(R0308)
- (五) 事故運作的指揮與控制(Command and Control of Incident Operations) (R0312)
- (六) 消防局對特定危害的指揮與控制(Command and Control of Fire Department Operations at Target Hazards)(R0314)
- (七) 火災滅火系統的緊急運作(Fire Protection Systems for Emergency Operations)(R0227)

#### 五、緊急事故計畫與資訊管理課程(Planning and Information Management Curriculum)

- (一) 消防服務財政管理(Fire Service Financial Management)(R0333)
- (二) 全國火災報案系統:計畫管理(National Fire Incident Reporting System: Program Management)(R0491)
- (三) 緊急資源分配計畫:含括標準(Emergency Resource Deployment Planning: Standards of Cover)(R0492)
- (四) 行政執行計畫(Executive Planning)(R0506)

#### 六、危險物品管理課程(Hazardous Materials Curriculum)

- (一) 危險物品現場操作(Hazardous Materials Operating Site Practices) (R0229)
- (二) 化學物品緊急應變(Chemistry for Emergency Response)(R0233)
- (三) 危險物品事故管理(Hazardous Materials Incident Management)(R0243)
- (四) 危險物品事故進階生命維持應變(Advanced Life Support Response to Hazardous Materials Incidents)(R0247)
- (五) 計畫管理特別運作(Special Operations Program Management)(R0254)



## 七、火災/縱火與爆炸調查課程(Fire/Arson and Explosion Investigation Curriculum)

- (一) 火災動態與模式的實際應用(Practical Applications of Fire Dynamics and Modeling)(R0204)
- (二) 火災/縱火原因調查(Fire/Arson Origin-and-Cause Investigations) (R0206)
- (三) 法庭質問與交叉詰問技術(Interviewing-Interrogation Techniques and Courtroom Testimony)(R0208)
- (四) 刑事證據蒐集(Forensic Evidence Collection)(R0214)
- (五) 電器方面火災調查(Electrical Aspects of Fire Investigation)(R0255)

## 八、火災預防管理課程(Fire Prevention: Management Curriculum)

- (一) 降低社區風險戰略領導(Leadership Strategies for Community Risk Reduction)(R0200)
- (二) 降低社區風險行政分析(Executive Analysis of Community Risk Reduction) (R0274)
- (三) 展現火災預防計畫價值(Demonstrating Your Fire Prevention Program's Worth)(R0378)
- (四) 降低風險文化價值(Cultural Competence in Risk Reduction)(R0394)
- (五) 青少年縱火犯預防與介入(Youth Firesetting Prevention and Intervention)(R0629)
- (六) 公共政策發展與執行(Developing and Implementing Public Policy) (R0670)
- (七) 火災預防計畫有效管理(Managing Effective Fire Prevention Programs) (R0671)

## 九、火災預防技術課程(Fire Prevention: Technical Curriculum)

- (一) 性能設計基礎評估(Evaluating Performance-Based Designs)(R0108)
- (二) 建成環境的火災防範(Fire Protection for the Built Environment) (R0135)
- (三) 火災防範熱門議題研究(Hot Topics Research in Fire Protection) (R0138)
- (四) 防火檢查理論(Fire Inspection Principles)(R0220)
- (五) 火災滅火系統的緊急運作(Fire Protection Systems for Emergency Operations)(R0227).
- (六) 展現火災預防計畫價值(Demonstrating Your Fire Prevention Program's Worth) (R0378)
- (七) 降低風險文化價值(Cultural Competence in Risk Reduction)(R0394)

## 十、火災預防：防火宣導課程(Fire Prevention: Public Education Curriculum)

- (一) 展現有效防火宣導計畫(Presenting Effective Public Education Programs) (R0116)
- (二) 消防主管執行降低社區風險(Conducting Local Risk Reduction by Company Officers) (R0186)
- (三) 改變美國家庭風險(Changing American Family at Risk)(R0348)

- (四) 社區領導教育:一周(Community Education Leadership—One Week)(R0353)
- (五) 展現防火計畫價值(Demonstrating Your Fire Prevention Program's Worth)(R0378)
- (六) 降低風險文化價值(Cultural Competence in Risk Reduction)(R0394)
- (七) 青少年縱火犯預防與介入(Youth Firesetting Prevention and Intervention) (R0629)
- 十一、救災人員健康安全管理課程(Responder Health and Safety Curriculum)**
  - 安全計畫運作(Safety Program Operations)(R0154)
- 十二、教育訓練計畫課程(Training Programs Curriculum)**
  - (一) 消防服務課程設計:一周(Fire Service Course Design—One Week)(R0129)
  - (二) 訓練計畫管理(Training Program Management)(R0342)
  - (三) 21 世紀消防與救護訓練幹部的訓練(21st Century Training for Fire/EMS Training Officers)(R0354)
- 十三、義消激勵發展計畫課程(Volunteer Incentive Program)**
  - (一) 領導與行政管理(Leadership and Administration) (R0810)
  - (二) 消防幹部起火原因決斷(Fire Cause Determination for Company Officers) (R0811)
  - (三) 危險物品事故管理(Hazardous Materials Incident Management)(R0814)
  - (四) 地區訓練幹部的挑戰(Challenges for Local Training Officers)(R0815)
  - (五) 社區教育領導(Community Education Leadership)(R0816)
  - (六) 安全計畫運作(Safety Program Operations)(R0822)
  - (七) 成功戰略管理(Management Strategies for Success) (R0824)
  - (八) 消防局特定危害指揮與控制(Command and Control of Fire Department Operations at Target Hazards)(R0825)
  - (九) 展現有效大眾教育計畫(Presenting Effective Public Education Programs) (R0826)
  - (十) 火災滅火系統的緊急運作(Fire Protection Systems for Emergency Operations) (R0827)
  - (十一) 事故運作的指揮與控制(Command and Control of Incident Operations) (R0831)
  - (十二) 降低社區風險戰略領導(Leadership Strategies for Community Risk Reduction) (R0833)
  - (十三) 緊急救護服務事故現場運作(Emergency Medical Services Incident Operations) (R0847)

## 陸、事故現場指揮與控制運作(Command and Control of Incident Operations, R0312)課程實習過程

### 一、Unit 1：導論

CCIO 課程設計目的旨在強化消防同仁，面對不同規模、類型與複雜程度之災害事故時，應具備的救災指揮與決策管理方法，其重點包含：

- (一) 如何於各式災害狀況中運用現場指揮管理系統(Incident Command System, ICS)?
- (二) 如何於各類型災害事故中決定採取何種救災策略與救災戰術運用?
- (三) 如何有效運用各項災前訪查資訊協助進行現場救災決策作業?
- (四) 如何有效管理各項救災活動俾以強化現場人員與救災作業安全?

### 二、Unit 2：ICS(Incident Command System)的應用

#### (一) ICS 的發展歷史

在 1970 年代以前，美國各地消防局均運用各自發展之救災系統進行災害現場救災指揮管理作業，不過，這些未臻完整的救災指揮管理系統經過 40 年的演化後，逐漸開展成以下幾種 ICS 體系：

1. Fire RESources of California Organized for Potential Emergencies (FIRESCOPE) ICS
2. Fire Ground Command(FGC) System
3. Combinations of ICS and FGC
4. Integrated Emergency Management System (IEMS)
5. National Fire Service Incident Management System Consortium
6. National Incident Management System (NIMS)

#### (二) FIRESCOPE Incident Command System

1970 年代美國南加州森林大火造成國家級災難性災害，當時州政府與聯邦政府為數眾多之相關救災權責單位，咸認必須組成一個功能完整的聯合救災組織，才能有效打擊森林大火，而這個組織就是為人熟知的 FIRESCOPE。FIRESCOPE 組成初期是由聯邦政府資金挹注成立，其主要任務係在處理因應大規模森林野火及衍生的複合性災害事故中，所產生的一籮筐救災問題與困難，這些問題包含：

1. 指揮作業程序紊亂
2. 救災資源管理與調度不當

3. 缺乏共同一致之救災語言

4. 欠缺共通化之通訊計畫

當時經過一系列的會議反覆召開討論終於發展出 ICS 並為各救災單位所採用，而加州野火搶救成功處理的經驗，也逐漸應用在建築物火災搶救，最後甚至被採納應用到目前之全災害(all-risk)應變系統。ICS 的特色就是其管理系統適用於任何規模與任何類型的災害事故，並且適用於任何規模與任何類型的機關與單位。

在 1986 年，美國消防學院(NFA)支持 FIRESCOPE ICS 並在該學院所開設之所有消防課程中均運用 ICS 為標準消防救災管理系統；而 FEMA 制定的 Incident Management System(IMS)也正式採用 FIRESCOPE ICS，並實際應用於任何聯邦層級參與之災害應變上。2004 年美國國土安全部(DHS)公布施行 National Incident Management System (NIMS)，美國消防學院(NFA)所規劃之救災管理課程也同步採用 NIMS。

(三) ICS 特色如下:

1. 共通化之防救用語
2. 模組化、彈性化之組織架構
3. 共通化之通訊體系
4. 單一化之指揮系統(Unity of Command)
5. 統合化之指揮系統(Unified command)
6. 行動化之作業計畫(IAP)
7. 效率化之救災人力資源管理(Span of Control)
8. 安全化之安全控管(personnel Accountability)

### 三、Unit 3：災害現場指揮決策(Command Decision Making)

災害現場指揮程序(Command Sequence)三大步驟為：(一)災情評估、(二)策略與戰術、(三)執行救災行動計畫。

表 2 災害現場指揮決策表

步驟 (Steps)	結果 (Outcomes)
決斷 (Sizeup)	問題確認 (Problem identification)
戰略與戰術 (Strategy and tactics)	執行計畫 (Action plan)
執行行動計畫 (Implementing the action plan)	任務 (Tasks)

## (一) 災情評估

災情評估是進行蒐集與分析事故資訊的重要過程，對於救災指揮決策成功與否有重大影響。現場救災指揮官透過災情評估的過程，可以請處辨識事故現場存在那些亟待解決的救災問題？一位成功的救災指揮官必須知道：(一)應往何處去察看事故以及(二)要觀察什麼重點？

基本上，災情評估三階段概分為：

### 1. 災前事故資訊收集(Preincident Information)

災前事故資訊收集有助於指揮官執行初期災情評估及後續決策與行動作業，顧名思義，災前事故資訊收集係於平時(災前)即前往標的建築物或設施，蒐集重要救災相關資訊，包含建築物使用類別、建築材質、人命危害性、火災行為模式、水源位置、消防設備、樓層配置、周圍環境狀況等，俾利指揮官在到達現場前，能了解目前現場發生什麼狀況？以及將有可能發生什麼狀況？

### 2. 初期災情決斷(Initial Sizeup)

救災指揮官必須評估各項災情狀況，辨識各項潛在之重要問題，前往正確的地點，找尋重要的救災線索與軌跡，一旦未能辨識各項潛在風險與問題，則恐將導致錯誤的決策產生。

表 3 執行災情評估的重要參考因子「WALLACE WAS HOT」

Water 水源	Weather 天候	高度 Height
Apparatus/Personnel 設施/人力		
Life 生命安全		
Location/Extent 地點/範圍	Auxiliary appliances 應用設施	Occupancy 人口
Area 區域		
Construction 建築結構	Special hazards 特別危害	Time 時間
Exposures 暴露情形		



### 3. 持續性災情決斷(Ongoing Sizeup)

因為災害事故的發展是屬於動態性的，隨時都有可能衍生新的災害狀況，因此指揮官必須持續針對各項災害狀況持續進行評估，並檢視目前災害作業與行動是否得宜，並隨時反問自己?(一)目前現場災害狀況是否已排除?以及(二)規劃執行中之救災戰術是否得宜?

#### (二) 戰略與戰術

戰略是控制災情所必需的整體性計畫與問題解決方案，也是制定救災行動計畫(Action Plan)的重要基礎，通常指揮官普遍運用 Lloyd Layman 的七項策略與戰術因子 RECEO-VS：

表 5 Lloyd Layman 七項策略與戰術因子「RECEO-VS」

Rescue 人命救助	Ventilation 通風排煙 Salvage 財物保全
Exposures 暴露物	
Confinement 侷限火勢	
Extinguishment 滅火	
Overhaul 殘火處理	

現場救災指揮官在制定救災行動計畫(Action Plan)之前，必須明確陳述救災戰略，讓現場救災人員清楚了解指揮官的救災想法，一位指揮官完成救災戰略的擬定，即代表以下幾項救災成功與否的重要元素已經經過指揮官的評估與考量：

- 1.重要的救災線索與資訊已經完成蒐集與評估建立
- 2.可能面臨之救災問題已經完成辨識作業
- 3.可資運用之各式救災資源已經完成需求評估
- 4.救災優先順序已經設定完成
- 5.救災計畫已經開始著手制定

#### (三) 制定救災行動計畫(Action Planning)

##### 1.選擇戰術

救災戰術是達成策略目標的救災作業，例如：

- 將火勢侷限在起火的房間戰略(confinement strategy)
- 執行人命搜索作業戰略(rescue strategy)

- 確保起火建築物樓梯通道之安全性戰略(rescue strategy)
- 實施救援與侷限火勢戰略(rescue and confinement strategy)
- 侷限火勢延展戰略(confinement strategy)

救災指揮官依據戰略之優先順序，決定所使用戰術的先後次序，而救災人員依據指示之救災戰術執行救災作業。

## 2. 制定救災行動計畫

如果戰略是救災問題解決方案的“what”，則戰術代表“how”、“who”、“where”、“when”，通常救災行動計畫必須納入 ICS 指揮體系架構圖(ICS organizational structure)、通訊計畫(communication plan)與救災人員緊急醫療計畫(medical plan)。

## 3. 執行救災行動計畫

災害現場指揮程序(Command Sequence)的第三步驟是救災行動計畫的執行，救災人員在這個階段必須很清楚在救災行動計畫中所扮演的腳色，以及妥善運用各項救災資源。每一個“Group”或“Division”必須清晰掌握指揮官所下指令的“what”、“when”、“where”，而指揮官在執行救災行動計畫的過程中，也必須隨時監控救災作業、評估救災行動進展，以及進而決斷是否須及時修改救災行動計畫。

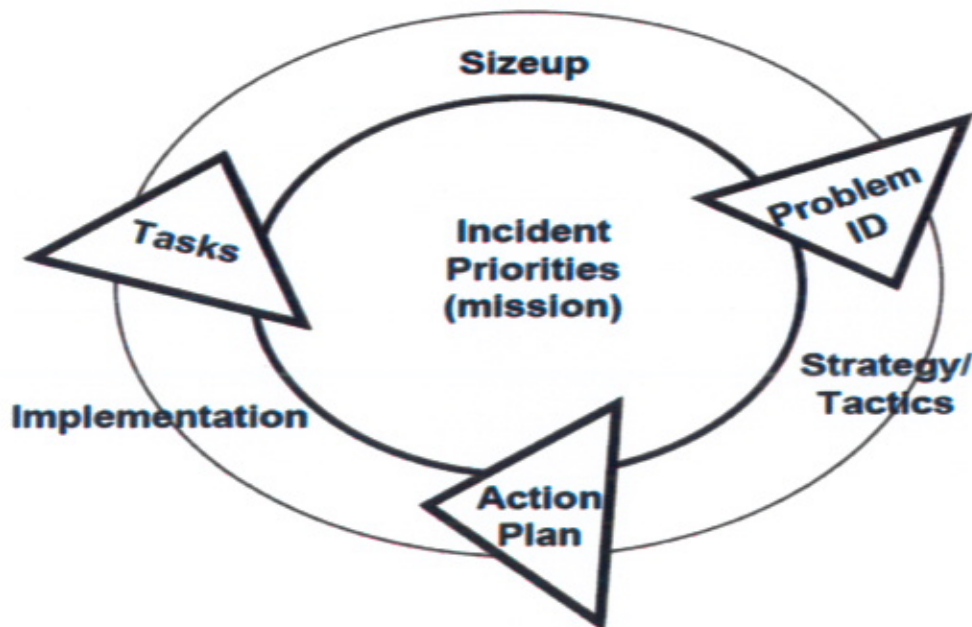


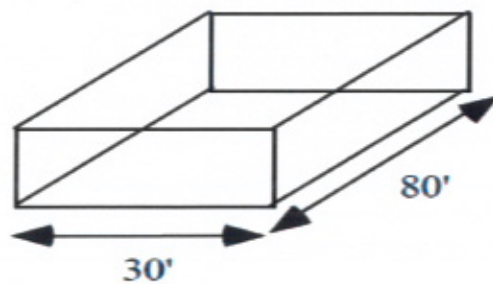
圖 16 災害現場指揮程序表

#### 四、Unit 4：災前準備(Preincident Preparation)

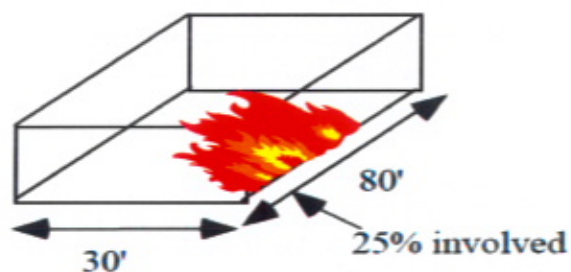
##### (一) 建築物火災消防放水量(Fire Flow)計算

1.基本公式：

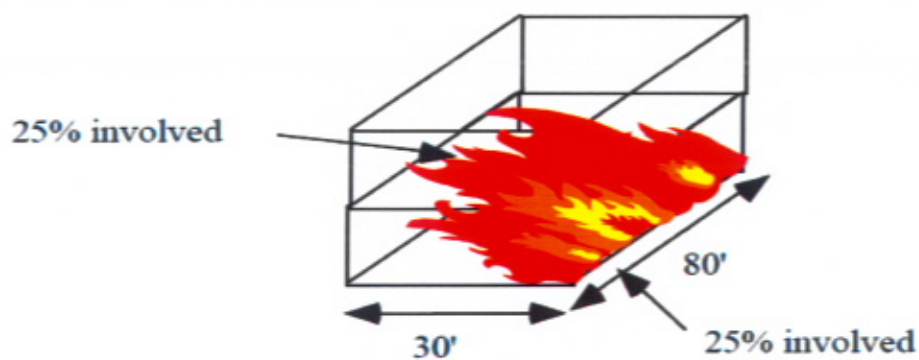
$$\text{gpm} = \frac{\text{Length} \times \text{Width}}{3}$$



$$\frac{30 \times 80}{3} = 800 \text{ gpm}$$



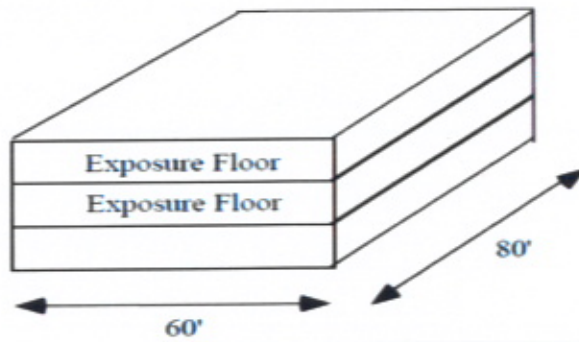
$$\text{gpm} = 800 \text{ gpm} \times .25 = 200 \text{ gpm}$$



$$\text{gpm} = 200 \text{ gpm} \times 2 = 400 \text{ gpm}$$

2.建築物災前調查放水量需求計算公式：

(1) 建築物內部防護所需放水量：起火樓層上方樓層逐樓增加 25%之放水量



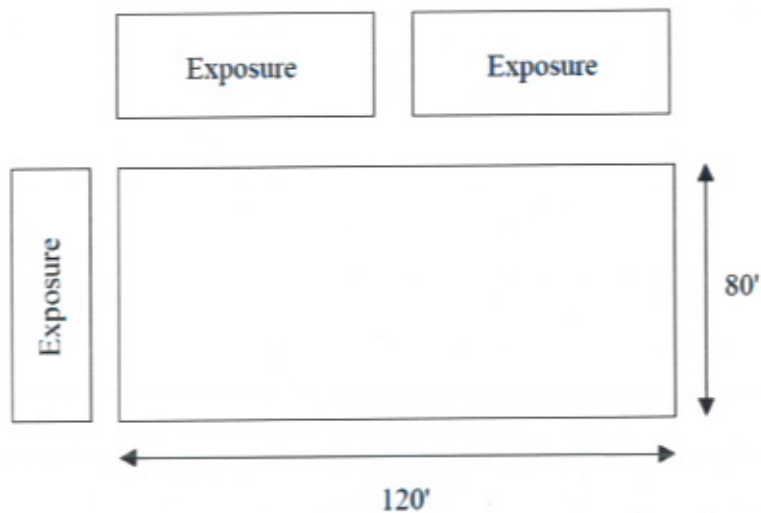
$$\text{gpm} = \frac{60 \times 80}{3} + \frac{(60 \times 80 \times .50)}{3}$$

$$\text{gpm} = 1,600 + (1,600 \times .50)$$

$$\text{gpm} = 1,600 + 800$$

$$\text{gpm} = 2,400 \text{ gpm}$$

(2) 建築物外部周界防護所需放水量：起火建築物旁之每側防護對象逐側增加 25%之放水量。



$$\text{gpm} = \frac{60 \times 80}{3} + \frac{(120 \times 80 \times .50)}{3}$$

$$\text{gpm} = 3,200 + (3,200 \times .50)$$

$$\text{gpm} = 3,200 + 1,600$$





$$\text{gpm} = 4,800 \text{ gpm}$$

(二) 救災資源能量需求矩陣(Resource Capability Matrix)

表 6 救災資源能量需求矩陣

**RESOURCE CAPABILITY MATRIX**

**Sample Completed**

	Arriving Engine	Arriving Engine	Arriving Engine	Arriving Engine	Arriving Truck	Arriving Chief	
Number of Units Responding	E-33	E-34	E-18	T-33	T-26	BC-1	Total Personnel On Scene
Personnel Responding	4	3	3	3	3	1	17
Line Sizes	1 1-3/4"	1 1-3/4"	1 1-3/4"	---	---	---	
	180	180	180				
							
							Total GPM Delivery Capability
Total Company GPM	180	180	180	0			540
<b>AVERAGE GPM PER PERSON</b>							32

<b>Hoseline/Personnel Ratio</b>		
<u>Hoseline Size</u>	<u>GPM</u>	<u>Personnel Needed</u>
1-1/2	100	2
1-3/4	180	2
1-3/4	240	3
2-1/2	250	4+



(三)、快速取得應用災前防護計畫 (Quick Access Prefire Plan)

表 7 火災前防護計畫

<b>Quick Access Prefire Plan(建築物火災災前防護計畫書)</b> <b>Maryland Chemical Company(馬里蘭化學公司)</b>				
建築物位址: <i>4200 Russell Street</i>				
建築物描述: <i>Largest building in complex 40' x 210', one-story, ordinary</i>				
屋頂結構描述: <i>Ridgepole and rafter, 1" x 6" sheathing, metal covering</i>				
樓地板結構描述: <i>Concrete slab</i>				
建築物使用類型: <i>Chemical Distribution Company</i>		初期應變需求能量: <i>4E, 1 Truck, 1 Medic, 1 Hazmat, 1 BC</i>		
存在人員安全風險危害: <i>Toxic vapors, explosions, shrapnel</i>				
可用救災水源位置: <i>Hydrant area both ends of Worcester Street</i>		可用水源出水量: <i>10,000 gpm</i>		
<b>預估消防救災出水量需求表(GPM)</b>				
<b>Level of Involvement</b>	<i>10%</i>	<i>25%</i>	<i>50%</i>	<i>100%</i>
<b>Estimated Fire Flow</b>	<i>420</i>	<i>1,050</i>	<i>2,100</i>	<i>4,200</i>
<i>*Fire flow based on the largest building with two exposures.</i>				
火災行為預測分析: <i>Rapid horizontal spread fed by fuels and oxidizers</i>				
預劃消防戰術與策略: <i>Rescue, exposures, confinement, ventilation</i>				
預期遭遇之嚴重問題: <i>Possible evacuation of buildings in the area, unable to control fire, conflagration hazard</i>				
<input type="checkbox"/> <b>Standpipe:</b> <i>No</i>	<input type="checkbox"/> <b>Sprinklers:</b> <i>No</i>	<input type="checkbox"/> <b>Fire Detection:</b> <i>No</i>		

#### (四) 救災現場通訊聯絡(Incident Scene Communications)

##### 1. 災情初報(Brief Initial Report)

範例：

**Engine 12 arrived location Side A of a 60 by 80, one-story office building.**

**Have fire and smoke coming from Side C, approximately 25 percent involved, no immediate life hazard.**

**Engine 12's crew is making an interior attack from Side A and starting primary search.**

**Captain Engine 12 is Command.**

##### 2. 實施無線電通報之重要性與限制

救災指揮官到達現場時宜儘快找到助手協助處理無線電通訊接收與回覆，然後儘速將重心投入規劃救災策略與戰術，而非頻繁接收與回覆無線電，無線電的適當使用雖有利於指揮官救災通訊指揮，但不當使用也會造成指揮官困擾，影響救災指揮決策。爲了避免不必要的通訊造成指揮官困擾，下對上之通訊宜在下列情形下爲之：

- (1) 當被指派之救災任務已完成時
- (2) 當被指派之救災任務無法達成時
- (3) 當需要額外救災資源或支援之請求時
- (4) 當遇緊急狀況需向上報告時

#### (五) 救災人員安全維護

消防人員面對日益複雜之救災環境，如高層建築物、大型廠房、危險物品外洩、建築結構等諸多救災影響變數，嚴重影響救災人員生命安全，爲確保維護救災人員安全，每一消防單位均需研議規劃救災現場救災人員安全維護責任點名機制(emergency scene personnel accountability system)，除加強進行安全維護規範運用訓練外，應徹底落實應用在火場救災，從事故發生至狀況解除人車歸隊，都應貫徹執行救災人員安全維護責任，否則指揮官將無法有效掌握識別救災人員身份與作業地點，更無法掌握受困或受傷人員數量與身份識別，至有關救災人員安全維護責任相關規範請參考：

1. NFPA 1500, Standard on Fire Department Occupational Safety and Health Program
2. NFPA 1561, Standard on Fire Department Incident Management System



## 五、Unit 5：跨部門救災資源整合與救災相互支援(Interagency and Mutual Aid)

### (一) 跨部門救災資源整合

有效的運用救災支援協定與落實機關間協力合作，是大規模災害管理的重要基礎，而整合緊急事故管理系統(Integrated Emergency System)是一套整合各單位救災功能與災害處理作業的方法，其操作過程與重點如下：

1. 災害危險度分析(hazard analysis):了解社區災害潛勢、災害發生的機率以及災害發後的危害規模。
2. 救災能量評估(capability assessment):確認所需之救災資源、現有之救災資源數量以及從他轄可能獲取之資源。

一旦已經完成社區災害危險度分析及救災能量評估，下一步驟就是要計劃如何：(一)減輕災害之危害度以及(二)增加救災資源能量，例如整合相關警政、工務、社會、民間救難團體等相關協力單位之救災人力與資源。

### (二) 救災相互支援(Mutual Aid)

救災相互支援協定(Mutual Aid)的目的，是機關間爲了在災害發生時，能相互連繫支援並協同運用救災資源而設計之制度，內容應考量下列事項：

- 1.正式之具體協議救災事項(含書面或口頭協議)
- 2.救災權責劃分
- 3.救災作業規範
- 4.無線電使用等之通訊規範
- 5.協同訓練等相關規範

## 六、Unit 6：救災戰術運用(Tactical Company Operations)

救災戰術作業是災害現場指揮作業很重要的關鍵要素，概分雲梯車作業(Truck Work)、水箱車作業(Engine Work)、救助作業(Rescue Work)、緊急救護作業(EMS Work)等四大類：

- (一) 雲梯車作業(Truck Work)：重點包含強制性進入、搜索、通風排煙。
- (二) 水箱車作業(Engine Work)：重點包含水源供應、現場救災車輛配置、攻擊方式、攻擊部署位置。

(三) 救助作業(Rescue Work)：重點包含鎖定待救者、協助脫困、移至安全處所、RIC(救災同仁受困現場時啟動之快速反應救助編組)。

(四) 緊急救護作業(EMS Work)：傷患照護、救災同仁照護、救護隊(ICS 之 Medical Group) 之救災管理。

表 8 戰術運用功能分類表

**Tactical Functions**

<p><b>Structure fires</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Entry</li> <li>• Ventilation</li> <li>• Search</li> <li>• Fire attack</li> <li>• Water supply</li> <li>• Rapid Intervention Crews (RICs)</li> <li>• Victim removal</li> <li>• Rehab</li> <li>• EMS care</li> </ul> <p><b>Wildland fires</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fire attack</li> <li>• Water supply</li> <li>• Containment</li> </ul> <p><b>Hazmat releases</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Isolate/Deny entry</li> <li>• Set up zones</li> <li>• Identify project</li> <li>• Entry</li> <li>• Decon</li> <li>• RICs</li> <li>• Spill/Leak control</li> <li>• Rehab</li> <li>• EMS care</li> </ul> <p><b>Fire alarms sounding</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigation</li> <li>• Above actions as necessary</li> </ul>	<p><b>Vehicle crashes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hazard control</li> <li>• Vehicle stabilization</li> <li>• Victim access</li> <li>• Disentanglement</li> <li>• Victim removal</li> <li>• Rehab</li> <li>• EMS care</li> </ul> <p><b>Emergency medical incidents</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Scene stabilization</li> <li>• EMS care</li> </ul> <p><b>Cave-ins/Collapses</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hazard control</li> <li>• Scene stabilization</li> <li>• Victim access</li> <li>• Disentanglement</li> <li>• Victim removal</li> <li>• Rehab</li> <li>• EMS care</li> </ul> <p><b>Smoke or unusual odors</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Entry</li> <li>• Investigation</li> <li>• Ventilation</li> <li>• Above actions as necessary</li> </ul> <p>Other situations (follow the same pattern)</p>
--	---

## 七、Unit 7：設計與實施模擬救災兵推模組(Simulation Modules)

設計一套良善之救災兵推模組並予以落實訓練，有助於救災人員相互腦力激盪，相互探討、學習，並調整與修正既存於腦中之思考框架，形成更進化成熟之具體救災觀念。茲以馬里蘭化學公司(Maryland Chemical Company)火災事故為例進行模擬：

### (一) 情境分析

#### 1. 情境一概述：

據報馬里蘭化學公司廠房內一處單層之化學物質分裝儲藏倉庫發生火災，廠長告知現場救災指揮官(IC)現場存放之物質為硝酸鈉。

表 9 硝酸鈉物質安全資料表

純物質：

中英文名稱：硝酸鈉(SODIUM NITRATE)
同義名稱：智利硝石、生硝、鈉鹼硝石(NITRATE OF SODA、NITRIC ACID, SODIUM SALT、NITRATINE、CHILEAN NITRATE)
化學文摘社登記號碼 (CAS No.): 7631-99-4
危害物質成分 (成分百分比): 100

三、危害辨識資料

最重 要危 害與 效應	健康危害效應：會刺激眼睛、呼吸系統。吞食可能引起腸胃炎、腹痛、腹瀉及多尿。胃裡的細菌將硝酸鹽轉變為亞硝酸鹽時，在某些狀況下會造成變性血紅素血症。
	環境影響：—
	物理性及化學性危害：為一強氧化性物質。與還原劑或可燃物反應的熱可能引發火災
	特殊危害：—
	主要症狀：咳嗽、胸部不適、呼吸短促、頭痛和暈眩、紅、癢、痛、腸胃炎、腹痛、腹瀉及多尿、發紺、痙攣、麻痺或昏迷。
	物品危害分類：5.1 (氧化性物質)

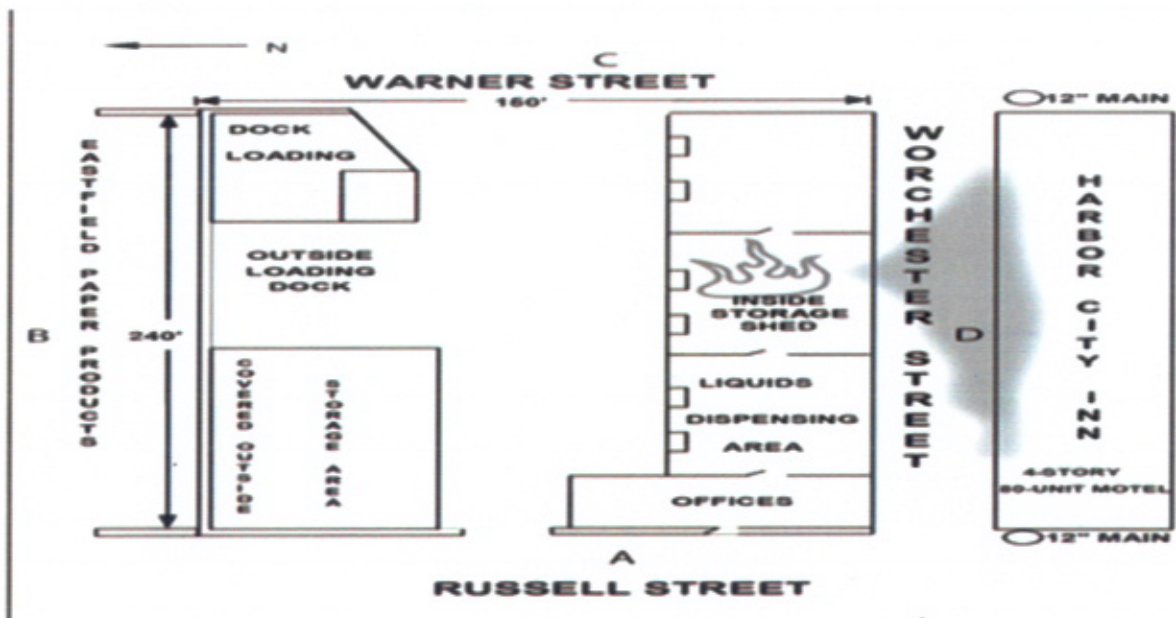


圖 17 馬里蘭化學公司起火位置平面圖

2. 情境二概述：

一部正在工廠中作業的液氨槽車因卸載管線脫落分離，導致氨氣蒸氣雲形成，並往鄰近住宅區方向傳播。



表 10 氨物質安全資料表

純物質：

中英文名稱：氨(AMMONIA)
同義名稱：液氨 (AMMONIA ANHYDROUS)
化學文摘社登記號碼 (CAS No.): 7664-41-7
危害物質成分 (成分百分比): 100

三、危害辨識資料

嚴重	健康危害效應：腐蝕性氣體，吸入會引起肺部傷害可能致命，液化氣體會引起凍傷和腐蝕眼睛和皮膚。
變態	環境影響：在大氣中會與硫酸根離子結合，或經雨水沖刷而快速地進入土中。
物理與化學危害	物理性及化學性危害：非可燃性氣體，但高溫下會分解形成可燃性氮氣和毒性氣體。火場中的壓力容器可能會破裂、爆炸。
特殊危害	特殊危害：—
主要症狀	皮膚灼傷及凍瘡、眼睛出血、眼皮腫脹、刺激感
物品危害分類	2.3 (毒性氣體)，8 (腐蝕性物質)

(二) 災情研析與預判

經檢視災區情勢後，綜合分析與研判以下幾點應注意之救災重點:

- 1.應緊急救援與疏散廠區人員與附近住宅區之民眾
- 2.應儘速鎖定火點並侷限火勢發展
- 3.需部署多條水線救災與防護火場周圍暴露物
- 4.不適合進行通風排煙作業
- 5.實施除汗作業
- 6.IC 必須與廠房重要代表性人員接觸了解廠區狀況
- 7.確實掌握還有何種化學物質可能會受到波及
- 8.需有進行大量傷病患應變處置之心理準備
- 9.水可能不適用做滅火用途，滅火藥劑之調度要考量
- 10.化學物質之毒性與爆炸特性可能會阻礙救災作業之進行



Open shed storage area



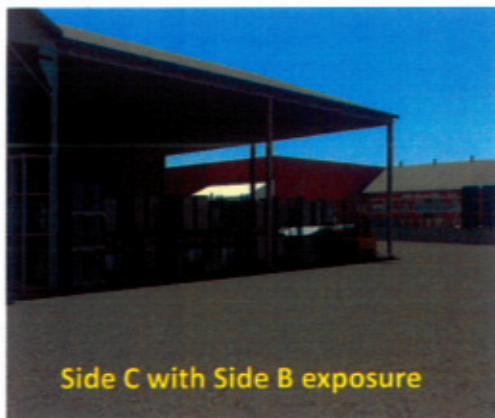
Side A



Side A and the hotel



Side B



Side C with Side B exposure



Street View Side A/D Corner & Hotel

圖 18 馬里蘭化學公司起火狀況 3D 動態圖

### (三) 解決方案

#### 1. 侷限與撲滅火勢

(1) 戰術方案：運用大口徑水線或放水砲攻擊火點並防止火勢蔓延

(2) ICS 組織運用方案：指定一樓救災分區(Division 1)與視災情決定內外部周界防護分區(Exposure Divisions)數量與位置

#### 2. 人員救援與疏散

(1) 戰術方案：

受傷者予以救出並實施減傷分類與處置，其餘廠內人員與鄰近社區民眾實施緊急疏散，並通知鄰近旅館與商家關閉暖氣、通風及空調系統(HVAC System)。

(2) ICS 組織運用方案：

指定救援分組(Rescue Group/Branch)、醫療分組(Medical Group/Branch)與疏散分組(Evacuation Group)

#### 3. 危害性化學物質外洩之處理

(1) 戰術方案：儘可能防堵化學物質持續外洩或控制在最小區域範圍內。

(2) ICS 組織運用方案：指定化學物質外洩防堵分組(Containment Group)

#### 4. 液氨外逸之處理

(1) 戰術方案：關閉槽車液氨控制閥門，阻止液氨持續逸散。

(2) ICS 組織運用方案：指定危險物品處理分組(HAZMAT Group)

### 柒、國際製程安全研討會發表專文

參加美國化學工程師學會 (American Institute of Chemical Engineers) 2013 年會假美國德州聖安東尼，所舉辦第九屆國際製程安全 (Process Safety Progress) 研討會中，與美國東北大學 (Northeastern University, Boston) 化學工程學系 (Department of Chemical Engineering) Dr. Ronald J. Willey 教授共同發表「A Focus on Fire Fundamentals Including Emergency Response Training at the National Fire Agency in Taiwan」(詳如附錄)，該文章共同作者包括 Roy E. Sanders, Arcady Kossoy 與雲林科技大學徐啓明教授。

參加美國化學工程師學會為美國三大學會之一，每一年的年會與研討會均吸引相當多的會員與會，並發表各項研究論文，此次有機會與 Dr. Ronald J. Willey 教授共同發表，是雲林科技大學徐啓明教授的安排與引薦參訪訓練中心，而由 Dr. Ronald J. Willey 教授倡議共同投稿與參



加此一專文發表，也藉由此一專文的發表，讓美國化學工程師學會成員瞭解臺灣的努力與發展，也成功將訓練中心運作模式推向國際社會。報告重點與錄影請參閱網站：

<http://www.aiche.org/ccps/resources/chemeondemand/conference-presentations/focus-on-fire-fundamentals-including-emergency-response-training-national-fire-agency-taiwan>



圖 19 主任蕭煥章於研討會發表「A Focus on Fire Fundamentals Including Emergency Response Training at the National Fire Agency in Taiwan」與介紹臺灣訓練概況



圖 20 與 Dr. Ronald J. Willey 教授及主持人員共同合影

該研討會專文報告先由 Dr. Ronald J. Willey 教授就燃燒與化學理念進行介紹，其後由訓練中心主任蕭煥章進行訓練中心運作與說明，會後深獲與會人員贊同與稱讚，咸認應經實際操作訓練後，才能針對各項災害情境進行應變與處理。

捌、心得及建議事項：

## 一、心得：

(一) 完成訓練課程：4/21 至 4/26 的 Command and Control of Incident Operations，有如在腦力激盪 (Brainstorm) 般訓練算是圓滿完成，語文、溝通、決斷與現場指揮理論及架構是最大的收穫，在院長 Dr. Denis Onieal 親自頒發結訓證書，也特別在結訓時介紹來自中華民國臺灣 Taiwan, Republic of China 的兩位受訓學員，共計有四個教授班 100 位來自全美的消防人員共同結訓，算是圓滿告一段落。

(二) 建立與美國消防學院更深情誼：

1. 在院長 Dr. Denis Onieal 的協助支持下，消防學院已提供全套指揮官訓練教材 (包括學生手冊、教官手冊、情境演練手冊、電腦演練情境與授課簡報檔)，將置放於中心圖書儲藏空間，提供教官與學員參考使用。

2. 院長與副院長 (Dr. Kirby Fiefer) 慨然要把學院十幾年來編輯與開辦的各種訓練班期與中心分享，在後續年度除了還要接受我國派員前往消防學院受訓外，也要派遣最好的教官來臺灣進行消防指揮專業訓練指導，如此的誠意、如此的熱情，原還為如何針對消防幹部訓練傷透腦筋之際，院長十幾年功力的灌頂，想必是全國消防人員的福氣啦...。

3. 院長也協助提供六位可以派遣來臺灣擔任指揮控制訓練優秀教官的名冊，預計在協調其中兩位教官在年底前來臺，以相同授課教材與模式進行施教，這一次共同參訓的我國代表當然成為助教 (Student Instructors)，預期與日本東京指揮官訓練教材，共同研商編輯成為屬於我國的初階指揮官教材。

4. 未來預計將繼續朝向此一模式，逐年在美國消防學院的協助下，派遣種子教官前往該學院逐年進階研習，同時也邀請該課程授課教官來臺進行同樣課程施教，藉由該兩名成員擔任助教下，逐年建構完成屬於本土性的指揮官訓練教材與課程。

(三) 與美國緊急事故管理學院建立起第二次接觸：受訓期間也抽空拜會同屬訓練中心基地內的拜會緊急事故管理學院 (Emergency Management Institute, EMI) 院長，院長待人相當可親與和氣，一番深談與瞭解我國所處災害地理環境後，初步允諾參照美國消防學院模式，未來也可以提供 2 名緊急應變同仁申請前往該學院研修，與美國緊急事故管理人員共同參加受訓，也預期邀請該學院教官採用與消防學院模式來臺進行施教。

(四) 拜會美國消防署署長與副署長：



- 1.美國緊急事故訓練中心是由美國消防署（USFA）進行管理，消防署也設置於該中心，也藉這一次受訓機會，拜訪美國消防署署長，同時也取得美國消防署出版的所有光碟與出版品。
- 2.在餐廳與熱情又客氣的美國消防署長（Ernest Mitchell）（政務官）、副署長（Glenn A. Gaines）（事務官）及瑞士消防參訪貴賓共進午餐，院長特別向美國消防署長介紹臺灣消防進步狀況，也把消防學院與我國消防合作的狀況向署長說明，當然也把握這個機會進一步向美國消防署長、副署長推介臺灣狀況，也誠摯邀請美國消防署長能抽空到臺灣參訪與指導。
- 3.餐後受美國消防署副署長邀請到辦公室聚會，這一位在 921 地震便與臺灣結下很深情誼的副署長，就是當初受命派遣來臺救災 Fairfax 都市搜救隊的消防局長，因為有這一份情誼更與院長毫不保留的要全力協助臺灣消防，同時他想在美國全面推動消防職業道德與倫理（Ethic），也分享他對孔夫子思想的認知與 3D 數位指揮訓練的期待。

## 二、建議事項：

- （一）逐年編列前往美國 NFA 與 EMI 訓練經費預算：就該二學院所開設專業訓練課程，逐年選派優秀幹部依程序申請前往該二學院研習並擔任種子教官，提升臺灣消防與災害防救專業領域與知識。
- （二）逐年編列邀請該二學院優秀教官來臺授課：於受訓同時同步遴選優秀授課教官，於授課後邀請來臺開設同樣授課課目與內容，前往美國參加訓練培訓者為學生助教，將美國經驗引進臺灣，並同時由參與受訓者進行本土化教材研修編輯，建立屬於我國消防與災害防救訓練專業教材。
- （三）指揮與控制訓練模式融入指揮官訓練課程：已逐年在日本東京消防廳協助編輯完成屬於我國初階指揮官訓練課程中，再加入本次受訓指揮與控制訓練模式，此外也進一步結合到今年度即將委託開發的火災情境訓練 3D 模式中，使能應用訓練中心已建置 3D 訓練軟體，開發建置屬於我國指揮官可操作訓練的訓練模式與教材內容。
- （四）邀請美國緊急事故管理學院院長來臺指導：今年年底本署災害管理組即將規劃辦理國際災害防教研討會，規劃邀請緊急事故管理學院院長來臺參與論文發表與指導，以期建立與該學院更深情誼與溝通橋樑。
- （五）運用各項與國際學者合作機會發表訓練成果：本署訓練中心屢有國際各領域知名專家學

者參訪與共同研討，未來將進一步把握此一機會，與國際專家學者合作，除協助建立專屬訓練課程教材外，並共同進行國際研究論文撰寫與發表，以增加與國際合作交流機會。

## A Focus on Fire Fundamentals Including Emergency Response Training at the National Fire Agency in Taiwan

Ronald J. Willey  
Department of Chemical Engineering  
Northeastern University, Boston, MA 02115  
[r.willey@neu.edu](mailto:r.willey@neu.edu)  
Jack, Huan-Chang Hsiao  
Training Center National Fire Agency, Ministry of the  
Interior, Executive Yuan, Taiwan, Republic of China  
[jack@nfa.gov.tw](mailto:jack@nfa.gov.tw)

## Additional co-authors

- Jack, Huan-Chang Hsiao, Dir. Training Center National Fire Agency Min. of the Interior R.O.C.,
- Roy E. Sanders, Consultant
- Arcady Kossoy, Cheminforh Bt. Petersburg Ltd,
- Min-Chi Shu, National Yunlin University of Science and Technology

## The Fire Triangle



Original Source: Harry Troup's Fires and Explosions FUNDAMENTALS and DESIGN CONSIDERATIONS  
SACHE faculty workshop 2003

## Remember this quote

- The following is extracted from Trevor Kletz "What Went Wrong"
- "THE IGNITION SOURCE IS ALWAYS FREE"**

## Ignition Sources

- Many potential sources exists for ignition
- Hot surfaces such as automobile exhaust, electric motors, overheated bearings
- Arcs from electrical switches
- Static charge buildup due to a material transfer
- Open flame from either a torch, or off-site burner

## Which condition is more hazardous at 70°F?

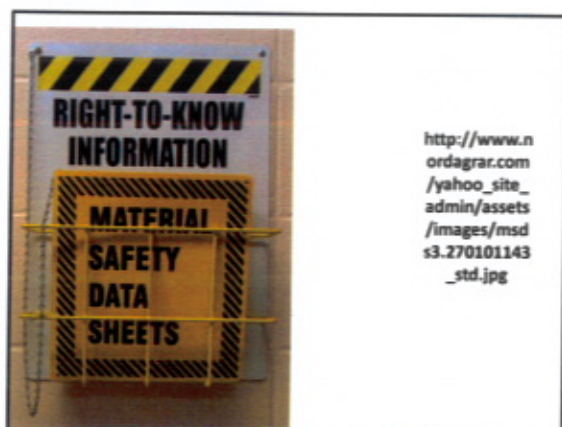
- Gasoline stored in an automobile fuel tank?
- or
- Ethanol stored in an automobile fuel tank?

### The answer is complex

- Consider this "Thought Experiment"
- Imagine bringing a flame near the filler neck of each storage tank, what would happen?

### Fire fundamentals "assist" our understanding

- **BEFOREHAND...** let's conduct a simple hazard analysis, using the SDS (MSDS) to help us



### "Conditions"

- Both scenarios have "fuel" mixed with air
- The fuel's vapor concentration is related to the vapor pressure of the fuel

### Temperature influence

- Temperature influences the vapor pressure
- At 70°F, the vapor pressure of gasoline is ~600 mmHg
- The vapor pressure of ethanol is 47 mm Hg

### Relative Concentrations

- gasoline 75% in air
- ethanol 6 % in air

### So what do we think now?

- Let's return to the SDS

13

### SDS Section 5: Fire Fighting Measures : Gasoline

- Flash Point: = -45°F
- Autoignition Temperature >530°F
- Lower Explosive Limit (vol%) 1.4%
- Upper Explosive Limit (vol%) 7.6%

<http://facilities.fl.edu/documents/forms/MSDS/gasoline-all-grades-9250.pdf>  
accessed March 24, 2013

14

### SDS Ethanol (Section 6)

- Flash point: 16.6°C (61.88°F)
- Autoignition Temperature: 363°C (685°F)
- Explosion Limits,
- Lower Explosive Limit (vol%) 3.3
- Upper Explosive Limit (vol%) 19

<http://www.nalwa.org/ethanol.pdf> Accessed March 24, 2013

15

### Summary

- Gasoline, because the mixture within the tank is above the flammable limit, will burn at the nozzle where the mixture and air mixes to a composition that is below 7.6% gasoline in air
- DO NOT ATTEMPT THE VERIFICATION

16

### Ethanol

- on the other hand, the ethanol mixture within the tank is flammable!
- a flash will occur and if the nozzle is restricted, the tank can explode
- the nozzle actually relieves the pressure

17

### Are you storing any pure

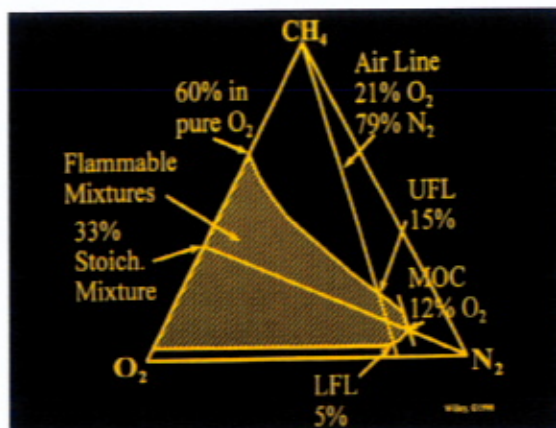
- ethanol or methanol within your facilities?
- what fire prevention methods are being taken?

18



### A broader view of flammability

- Triangular diagrams similar to the next figure are helpful in guidance where mixtures are flammable and are not



### Two "case histories"

- 1) Ignition source: Static electricity from flowing materials
- 2) Contact with a surface that was above the AIT

### Production of polystyrene from styrene

- Event happened in 1966
- 11 men killed
- Building demolished by a very powerful explosion
- Static electricity is one explanation for the ignition source



### Autoignition Temperature

- Lowest temperature that a fire will occur without any ignition source.
- Involved diethyl ether, a common solvent, AIT 160°C
- Carbon Disulfide is one of the few chemicals that is lower ~90°C

### Laboratory

- Researcher conducting a catalytic reaction within a closed flask holding ether
- Added the reactant too fast, temperature rose rapidly, vaporized the ether

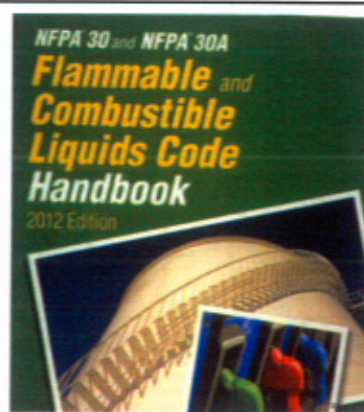
### Ether vapor relieved directly into fumehood

- Ether contacted a hot surface within the hood and then flashed
- Researcher had the hood sash up, and thus was hit in the face with the flames
- Fortunately, the researcher had safety glasses on and the flash was milliseconds in length

The initiation source is free!

### Further insights into hazard analysis with flammables

Consult  
NFPA  
Handbooks



### NFPA Flammability Ratings

- NFPA diamond NFPA 704
- NFPA flammable liquids NFPA 30



### Both ratings Classify with

- Flash Point Temperature
  - Demarcation values
  - (73°F, 100°F, 200°F)
- Boiling Point Temperature
  - Demarcation values
  - (73°F, 100°F, 140°F)

### NFPA 704 (The NFPA Diamond)

Number	Description	Example
Red - 0	Will not burn	Carbon dioxide
Red - 1	Must be heated in order to ignite. Flash point exceeds 90°C or 200°F (NFPA 30 Class IIIA)	mineral oil
Red - 2	Moderate heat or relatively high ambient temperature is required for ignition. Flash point between 38°C or 100°F and 93°C or 200°F (NFPA 30 Class II and IIIA)	diesel fuel
Red - 3	Liquids or solids that readily ignite at most ambient temperature conditions. Liquids have a flash point below 23°C (73°F) and boiling point at or above 38°C (100°F) or flash point between 23°C (73°F) and 38°C (100°F) (NFPA 30 Class I B and I C)	gasoline
Red - 4	Rapidly or completely vaporizes at normal temperature and pressure or readily disperses in air and readily burns. Flash point below 23°C (73°F) (NFPA 30 Class I A)	hydrogen, propane

NFPA 704 or the Fire Diamond, Retrieved December 24, 2012 from <http://chemistry.about.com/od/safety/signalsandsymbols/a/NFPA-704-Or-The-Fire-Diamond.htm>

### NFPA 30 Ratings Discussed

Class	Description	Example
Class I A	Flash point is below 22.8°C (70°F) or ambient temperature and a boiling point below 37.8°C (100°F) (NFPA 704 - Red 4)	butane
Class I B	Flash point is below 22.8°C (70°F) or ambient temperature and a boiling point above 37.8°C (100°F) (NFPA 704 - Red 3)	hexane
Class I C	Flash point is between 22.8°C (70°F) to 37.8°C (100°F) and a boiling point above 100°F (NFPA 704 - Red 3)	heptane
Class II	Flash point is between 37.8°C (100°F) to 60°C (140°F) (NFPA 704 - Red 2)	decane
Class III A	Flash point is between 60°C (140°F) to 93.3°C (200°F) (NFPA 704 - Red 2)	phenol
Class III B	Flash Point above 93.3°C (200°F) (NFPA 704 - Red 1)	heat transfer fluid

R. P. Benedetti and P. E. May, NFPA 30 and NFPA 30A Flammable and Combustible Liquids Code Handbook 2012 edition, National Fire Protection Association, Quincy, MA, 2012.

### Fire Inspectors will use NFPA 30 & 46 to determine maximum allowable container capacity

- Example – storage in laboratories
- Glass Container:
  - 1A no more than 500 ml
  - 1B no more than 1 Liter
  - 1C no more than 4 liters



### Broader thoughts on Fire prevention

### Where is the isolation valve?

- Assess the hazard beforehand
- Lives and property can be saved when done right
- Deaths and damage can result when a fuel isolation valve cannot be found
- Should the valve operate remotely?

### Simplistic fire prevention assessment techniques

- Is the space inside or outside?
- Is fuel normally present?
- Is this fuel source normally liquid or a gas at ambient temperature?
- If a gas, at what pressure?

### Indoors Considerations

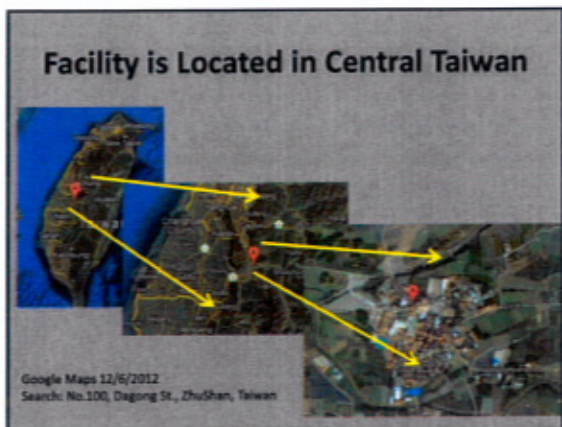
- When you perform an assessment indoors look for these key fire prevention items
  - Overhead fire sprinklers.
  - The presence of emergency fire extinguishers for small fires
- Should a large fire breakout, would you expect your personnel to extinguish this fire?
  - If yes, they should be trained.
  - If yes, where are the fire hoses located relative to the personnel and to the potential areas that may contain a fire?

### Outdoors Considerations

- Is there a potential for a large release a flammable?
- Are flammable detectors appropriately placed and spaced throughout the facility?
- Are fire monitors required?

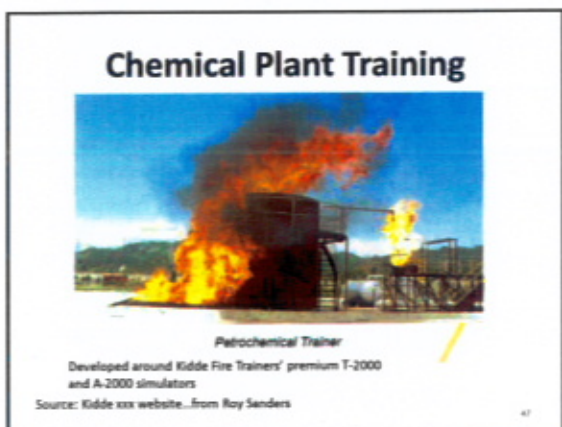
### Example of Emergency Response Training

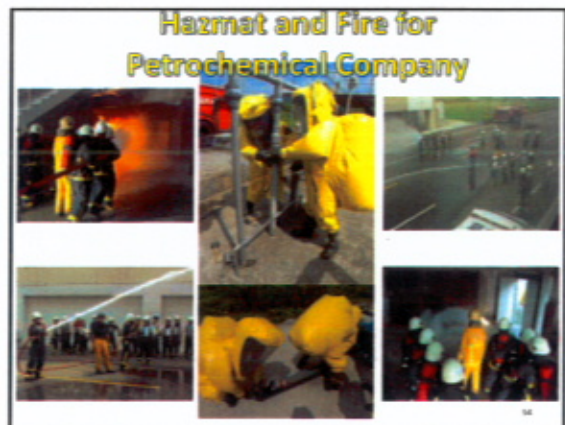
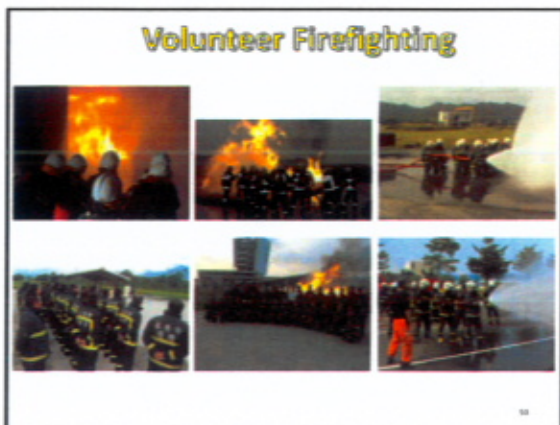
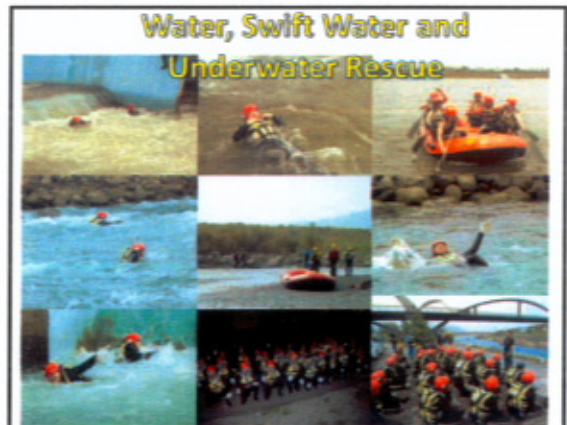
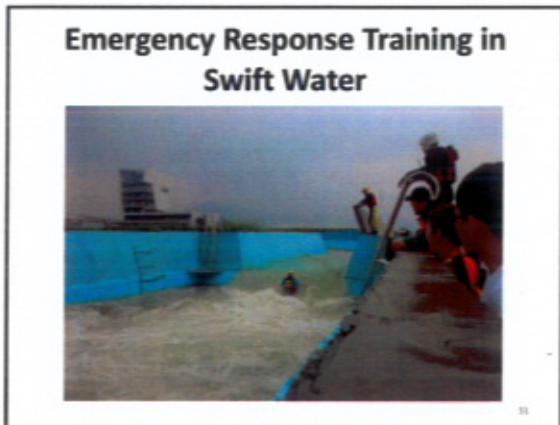




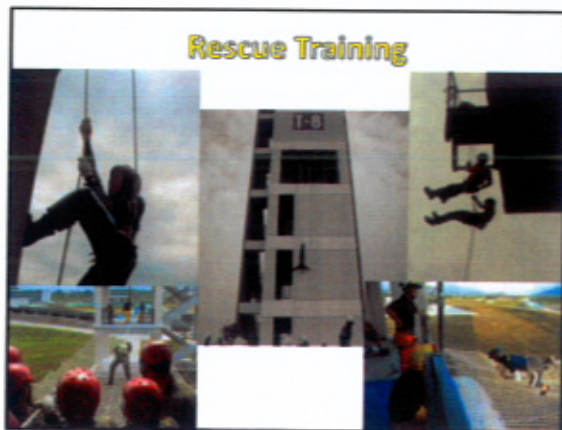
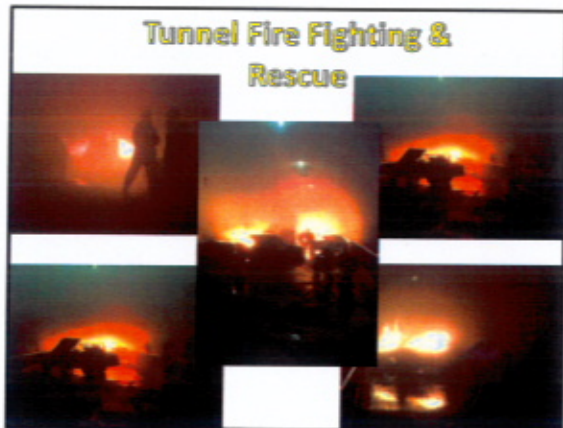
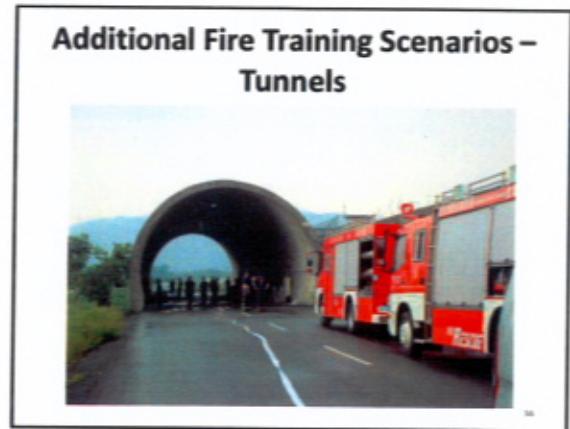
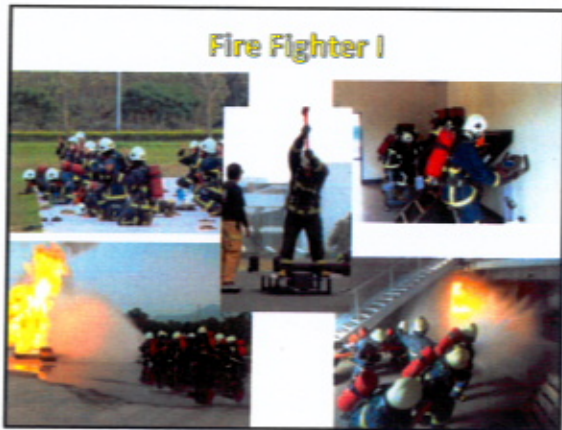
### Courses in Training Center, NFA, MOI.

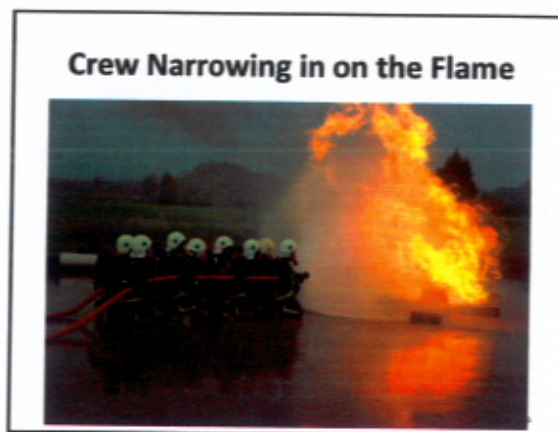
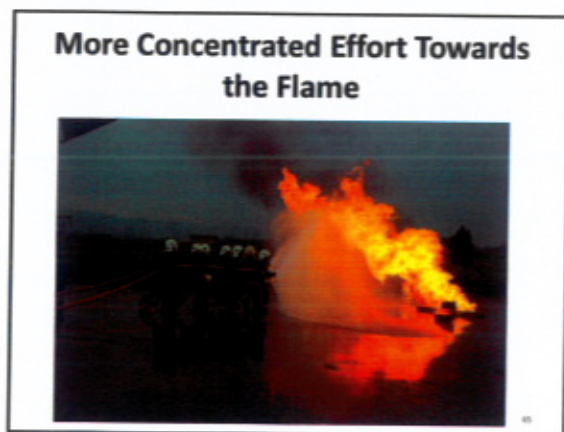
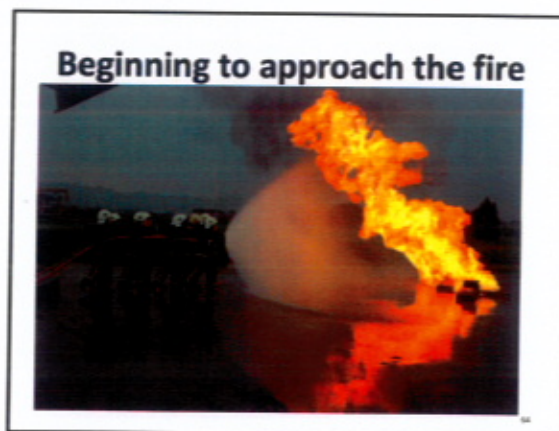
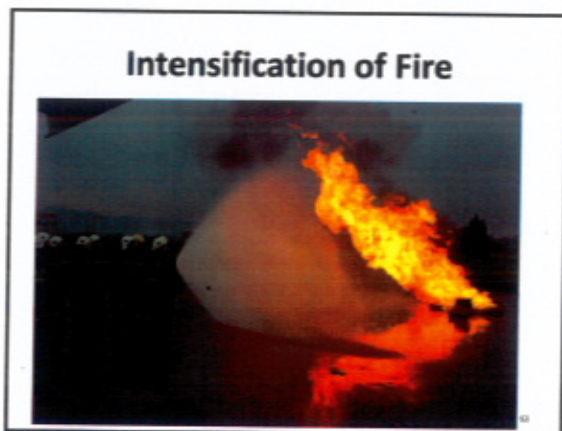
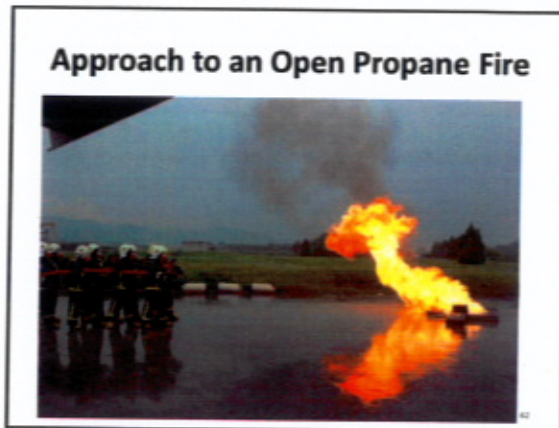
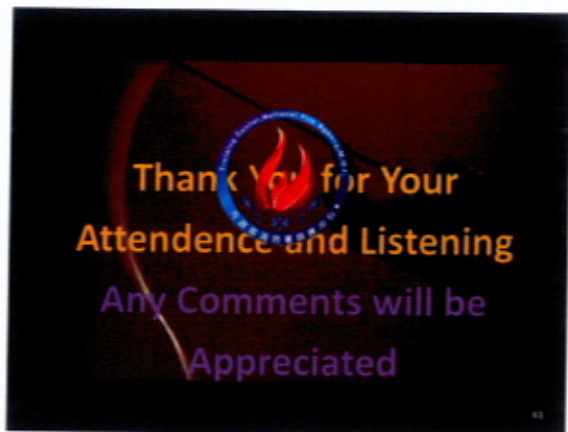
Years	Classes	Trainees	Trainees by Daily
2010	140	7,599	53,290
2011	262	11,145	90,767
2012	313	11,271	92,706
2013 (Expected)	236	10,398	122,030













**Close to extinguishment  
approximately 30 seconds into the  
training exercise**



**All out**



**Warehouse Scenario**



**And Chemical Tanker Truck  
Incident Response**



*Highway Accident Trainer*

Source: Kiddie xxx website...from Roy Sanders

**Questions**