

# 鋰離子電池儲能系統的消防安全：國際案例比較與應變措施分析

賴柏翰  
健行科技大學土木工程系空間資訊與防災所研究生

詹益臨  
健行科技大學土木工程系副教授

## 摘要

本研究透過比較國際火災案例、各國儲能系統的消防規範及應變措施，探討消防人員對鋰離子電池儲能系統(ESS)的全面現況。研究發現，ESS火災事故主要由電池不穩定性、系統設計問題及消防設備設置不足等因素引起；法規的制定速度無法跟上ESS技術發展和設置增長，國內規範不足仍借鑒國際標準；在韓國、美國和台灣在應對ESS事故的應急措施中存在差異。基於以上研究結果，本文提出三點建議：提高ESS安全意識，制定有效緊急應對計劃、加快法規和標準的制定速度以及事故應變應學習彼此的經驗和方法，以提高ESS事故的應對效率和安全性。

關鍵詞：鋰離子電池儲能系統、消防安全、應變措施

## 一、前言

隨科技進步，人類對能源的需求不斷增加，在大量使用化石燃料所產生的溫室氣體造成全球暖化和極端氣候的問題日益嚴重。為了實現減碳目標，我國致力於能源轉型，制定2025年再生能源發電占比達到20%的目標，但再生能源具有間歇性、易受天候影響以及時間限制等獨特性，因此無法穩定發電，為解決此問題，需要依賴「儲能系統」之調節。目前國際上儲能系統大多以鋰離子電池為主，鋰離子電池在性能上雖具有優勢，但相對不穩定性，一旦發生短路時可能會導致熱失控現象，進而引發連鎖反應，擴散至其他電池並有爆炸的風險。近年來，隨著能量密度和容量的需求不斷提高，鋰離子電池儲能站引發火災的事件在世界各地陸續發生，對民眾生命和財產造成嚴重損失，甚至有多位消防人員受傷，消防及相關安全問題逐漸成為隱憂。鑑於國內儲能技術正在起步，各法規和應變措施尚未成熟，若國內發生嚴重的火災事件，深怕無法完善處置，因此本研究透過收集國內外火災事故案例、儲能系統設置規範和標準及各國的搶救作業流程三大主題進行分析與比較，以作為提升國內消防機關對鋰離子電池儲能站之應變參考。

## 二、文獻回顧

### 2.1 火災事故案例

時間	火災事故案例
2017年迄今	韓國累計超過30起儲能火災事故 2017：1起、2018年：16起、2019年：11起、2020年：2起、2021年：2起
2019年4月	美國亞利桑那州儲能火災，產生爆炸，4名消防員受傷
2020年7月	台北內湖儲能貨櫃測試中起火，損失粗估6000萬元
2021年4月	中國北京大紅門儲能電站火災，產生爆炸，3死1傷
2021年7月	澳洲特斯拉大型儲能系統火災，延燒4天
2022年3月	台中龍井太陽能光電儲能案場火災

### 2.2 各國儲能系統之消防法規

#### 2.2.1 韓國

標準/認證	內容
KS標準	為各產業的產品制定標準
KC認證	為各產業的產品制定認證規範
KFS 412 鋰離子電池儲能系統 (ESS) 安全管理指南	提供ESS之最低要求，適用於總容量超過20KWh的各種室內或戶外安裝的ESS
鋰離子儲能系統安裝維護技術指南	針對工業設施安裝儲能設施、高壓設備及安裝後維護管理提供規範指導
KFSC 607	規範蓄電設施應設置何種消防設備以及如何設置

#### 2.2.2 美國

標準/認證	內容
UL 9540	儲能系統的安全標準(常規電氣測試、環境測試、溫升測試)
UL 9540A	儲能系統熱失控蔓延的情況進行評估，包括電芯、模塊、機櫃、安裝層級測試。
UL認證	儲能系統個子系統(電芯、電池組、電池管理系統等)的標準要求
NFPA 855	要求儲能產品須通過UL認證外，進一步規範消防設備的設置等

#### 2.2.3 台灣

標準/認證	內容
各類場所消防安全設備設置標準	各類場所的消防設備要求
公共危險物品及可燃性高壓氣體製造儲存處理場所設置標準暨安全管理辦法	危險物品及可燃性高壓氣體場所消防設備要求
提升儲能系統消防安全管理指引	儲能系統的火災風險評估、消防安全設備設置及緊急應變計畫制定
戶外電池儲能系統案場驗證技術規範	藉由本技術規範降低事故發生機率，以及侷限當事故發生時災害發生範圍，減少事故造成的衝擊，進而確保併網型儲能系統設置之安全性

### 2.3 各國現有消防應變措施

國家	主要依循	應變措施
韓國	儲能系統火災響應程序SOP 238	供現場指揮官能快速且高效的進行應對。該程序提供了事故現場確認、防護措施和滅火攻擊等應變流程，以應對可能發生的危險情況
美國	NFPA 855	附文中提及儲能系統事故的消防注意事項(操作)，提供消防員及應急人員須了解資訊，以能有效應對儲能系統事件
台灣	搶救電動車與儲能系統安全指導原則	旨在提供消防人員在搶救初期應注意的安全事項，以避免消防人員受傷

## 三、實施方法

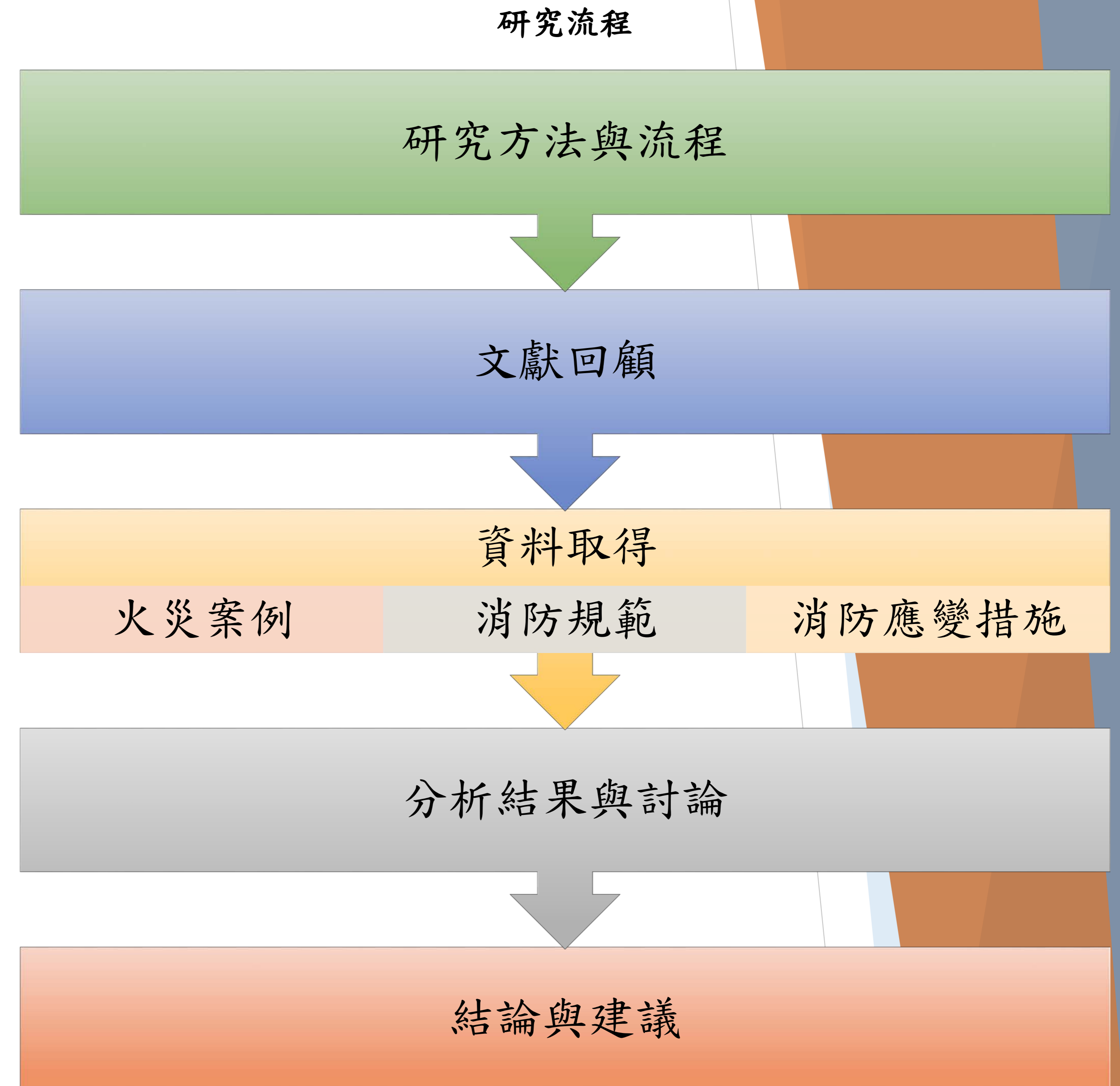


圖3.1 研究流程

## 四、案例研究結果分析及討論

### 4.1 事故案例分析比較

根據各國的火災調查結果，事故發生原因可歸納為電池本身、系統結構、管理和監控三大類型。不論鋰電池儲能系統中使用何種形式的電池，都可能因電池不穩定性、系統設計問題以及消防設備設置問題等因素，在充放電過程中發生故障。這種故障可能導致熱失控，並產生易燃、易爆和有毒氣體蓄積於內。由於業者和救災人員對於鋰電池燃燒危險特性的不了解，以及缺乏應變措施且不當執行，可能在救災行動中造成嚴重的人員傷亡。

### 4.2 各國消防法規分析比較

深入探討及比較各國儲能系統之消防法規條文，發現雖然儲能系統的技術開發、設置蓬勃發展，但相對應的法規範仍正在研擬中，訂定速度無法跟上。國內儲能發展較他國緩慢，儲能系統相關的安全要求，在國內尚未有訂定或不足者，皆依NFPA、UL等國際標準為依據，以期在發展推動中亦能兼顧安全、減輕事故發生機率。

### 4.3 各國現有消防應變措施分析比較

韓國、美國及台灣在應對儲能系統事故的應變措施有共通之處，如在事前計劃中，需對於設施運行及應急計畫程序有一定瞭解，以及對潛在危害進行識別。此外，各地區也強調在響應程序中需要隔離受影響的電池或電池模組或整個系統，並聯繫系統運行和維護的負責人。

相異之處：在韓國和美國，響應程序著重於確保現場安全，需要進行空氣監測、防護措施和滅火攻擊等應變流程。而在台灣則著重在消防人員的安全，在搶救初期提供了注意事項，以避免意外傷害發生。

## 五、結論與建議

1. 能源儲存系統(ESS)相關的火災事故主要是由電池不穩定性、系統設計問題以及消防設備設置不足等因素引起。營運商和救援人員可能缺乏對ESS燃燒危險特性和適當的緊急應對措施的了解，進而導致嚴重的傷亡。因此，提高ESS安全意識，制定有效的緊急應對計劃，以減少火災事故的發生概率和影響是至關重要的。

2. 法規和標準的制定速度無法跟上ESS技術的發展和設置的增長。國內ESS發展較其他國家緩慢，缺乏相關的安全要求和標準。因此，需要借鑒國際標準，如NFPA、UL等，並根據國情制定相應的安全要求和標準。

3. 韓國、美國和台灣在應對ESS事故的應急措施中有相同之處，包括對設施運行和應急計劃程序的瞭解，對潛在危害的識別和對受影響的電池或電池模組或整個系統進行隔離。然而，在應對程序中也存在差異，例如韓國和美國著重於現場安全，需要進行空氣監測、防護措施和滅火攻擊等應變流程，而台灣則更注重消防人員的安全，在搶救初期提供了注意事項，以避免意外傷害發生。因此，各地應該學習彼此的經驗和方法，以提高ESS事故的應對效率和安全性。



健行科技大學

Department of civil Engineering, Chien Hsin University of Science and Technology

2023

土木工程與防災研討會

