

永續發展趨勢下的消防因應策略

Firefighting Response Strategies under the Trend of Sustainable Development

圖、文：嘉南藥理大學公共安全與消防系 消防科技防災中心 蘇銘宏、蔡百豐
嘉南藥理大學公環境資源管理系 環境產學合作中心 錢紀銘

一、前言

工業革命是人類在近代發展史上一次相當重要的生產力變革，雖然手工勞動轉為機械生產可以大幅度提升生產效率並降低成本，但刺激消費的結果卻也造成資源耗竭、污染與生態破壞，因此，在 1960 - 1970 年代環境與發展間的關係漸漸受到國際的廣泛關注。為了解決此一問題，聯合國世界環境與發展委員會（World commission on environment and development, WCED）在 1987 年所發表的「我們共同的未來」報告中提出永續發展的概念，而其內涵是指滿足當代人類的需求時，不能損害後代滿足其需求的能力，並強調經濟發展、社會公平與環境保護需並重。在 1992 年巴西里約所舉行的地球高峰會更提議將永續發展納入全球政府政策、教育與企業行為規範，希望永續發展能制度化與政策化。2015 年聯合國更發表「翻轉世界：2030 年永續發展議程」文件提出永續發展目標（Sustainable development goals, SDGs），其中包括 17 項核心目標及 169 項具體目標，作為全球發展共同願景。

我國對於全球的永續發展趨勢也是十分關注，行政院國家永續發展委員會在 2016 年即參考聯合國 SDGs 研訂「臺灣永續發展目標」，其中包括 18 項核心目標、143 項具體目標及 336 項對應指標。由此永續發展全面進入一般民眾的日常生活並深受影響，其中有許多以前從未接觸或瞭解的領域，這也包括對日常生活非常重要的消防領域。例如以

往鋰金屬主要應用於航太、化工、醫療等特定領域，一般民眾生活中極少直接接觸到，但是在永續發展趨勢中，新能源的開發與應用則使鋰相關儲能產品進入大家的日常生活中，大幅增加一般民眾的生活便利性，但是鋰電池所引發的火災卻不是傳統滅火器或消防設備可以及時撲滅，同時電池電解液中的六氟磷酸鋰遇熱，更會在空氣中與水蒸氣作用分解產生毒性氫氟酸氣體，直接或間接提高消防人員在滅火時的潛在風險。因此，在面對永續發展創新材料應用所衍生防災趨勢則須開發新技術或新產品以為因應。

有鑑於此，國際消防安全科學協會（The international association of fire safety science, IAFSS）在其所提出「IAFSS 2030 火災安全世界議程」的期刊論文提出人類社會所面臨 2 大挑戰領域：（1）氣候變遷、韌性與永續性，（2）人口成長、都市化與全球化。在這 2 大領域中皆含有待研究的重要火災安全議題（Clark et al., 2024）。其中有關消防安全與永續發展（Fire safety and sustainability）的議題包括：

1. 低環境衝擊的消防安全材料：探索或開發在火災中不造成持續性環境污染或燃燒後不具長效毒性殘留的材料。
2. 具防火安全特性的能源儲存或節能材料：研發火災安全結構下的能源儲存方式，如電池或其他儲能系統，強調既安全又節能。
3. 火災所引發災難事件的环境影響評估

程序：主要就火災事件對空氣、水質、土壤及生態系統造成的負面影響進行分析研究，包括煙塵排放、污染物擴散路徑等。

4. 消防安全、救災作業、間接損失等成本的經濟衝擊分析：檢視火災安全投入（如消防基礎設施投資）帶來的節省效益，同時評估火災造成的經濟間接損失，如生產中斷、重建成本等。
5. 新型防火材料對環境的毒性研究：系統性評估環境永續或節能建築與消防材料燃燒後或受熱降解後，釋放具環境與人體危害化學物質的特性。
6. 火災測試方法革新：建立創新環境永續或節能消防材料的測試方法。
7. 消防安全工程之風險研究：透過定量風險評估，將環境永續因素納入整體風險分析，以便於規劃以預防和降低火災風險為導向的工程設計方案。

面對上述諸多前所未面對過的議題，需要以創新性的研究工具進行探討，諸如：人工智慧、大數據或新興科技等科技工具協助革新火災預防、偵測、應變與決策模式，以符合未來消防安全與永續發展的需求。

二、永續發展對消防安全之影響

就臺灣而言，我國 98 % 以上的能源都是依賴進口，且高度依賴石化能源，為能減緩對全球環境變遷的影響，所以擬定能源轉型計畫，並規劃以減碳、調增天然氣能源占比、發展綠色能源等為主要發展方向，其能源政策目標為到 2025 年可再生能源佔總發電量的 20 %，此來源主要聚焦於風力與太陽能發電，因此，政府推展諸多鼓勵或補助政策鼓勵公民營機構配合政策建置風力與太陽能發電設施，

但是太陽能發電設施有火災或受到鄰接物熱輻射，即會產生電流，對執行救災的消防人員可能產生感電危害，其配置之儲能設施在火災中亦有可能產生毒性氣體，此類火災對消防人員在救災時所面對的潛在風險急劇增加，因此，為避免消防人員於救災過程（如入室搶救、破壞作業、射水滅火等）造成危害，內政部消防署於 2014 年訂定「消防機關搶救太陽光電發電設備火災指導原則」，並於 2019 年修正，以作為面對災難事件因應作為的依據。

此外，永續發展趨勢亦促使永續建築為成長最快的產業之一，因此，永續建築設計也成為一個建築業相對新興的藍海，此即常為人知的節能減碳綠建築，其建材與設計也不斷地創新改變，但對其耐火性能卻缺乏全面性的瞭解（Huang & Shen, 2021; McNamee et al., 2025）。未來消防領域產官學界在配合永續發展時勢必需要持續推動各項創新研究與策略規劃，以面對可能的消防風險。

根據聯合國 2024 年的水資源發展報告指出，全球約有一半人口會面對嚴重缺水問題（Nations, 2024）；世界經濟論壇（World Economic Forum：WEF）更引用一篇發表於 2005 年的研究指出，在全球 146 個國家中，臺灣的人均淡水分配量排名全球第 18 低，屬於全球「淡水資源匱乏」區域（Hope, 2024）。政府為了因應此一困境，也規劃開源、節流、調度、備援等四大策略，並逐步轉向循環水利用、智慧水管理與氣候調適以解決未來可能發生的水資源短缺問題，其中開源部分包括高單價水費的海水淡化廠及既有廢汙處理水的再生利用，顯示未來低成本的水資源已不復存在。

此一特殊水資源條件相當不利於火災事件的救災作業，但是一般民眾對於缺水滅火

卻沒有太多認知，感覺住家附近都有消防栓自來水可以滅火，這主要導因於目前自來水法中規定自來水事業應無償提供自來水作為消防用水所引起的錯覺，對於未設置消防栓區域即有可能發生局部缺乏消防用水，或者未來高價自來水或缺水時代所面臨消防用水問題皆應提早規劃消防用水水源多元化策略，目前消防相關法規僅對消防用水之設置、蓄水及其附屬等硬體設施進行規範，並未對其來源進行統一規範，目前僅在消防專用蓄水池規範水池所儲存用水無腐敗、浮游物、沉澱物等情形。此情形對於未來消防用水的多元化水源易形成一般民眾誤解或消防人員的困擾。

臺灣目前缺水狀況較為嚴重的地區主要為離島，以金門為例，其自來水每度成本約 58.6 元，較臺灣本島每度 11 元有高達 5.33 倍差，更突顯離島水資源的珍貴，事實上，不僅其自來水貴，有時尚可能面臨無水可用的窘境，為解決此一困境，金門縣政府消防局即規畫設置污水消防栓及海水消防栓系統，以為因應（林政宏，2016）。未來本島或離島地區建議整體規劃除自來水以外多元消防用水水源，尤其可配合目前政府再生水資源發展政策，設置再生水消防栓，以提升水資源利用效率，而所推動的再生水消防用水的水質也建議一併進行規範，以消除民眾疑慮。

■ 三、結論

在面對全球永續發展的趨勢中，無人可自外於此發展洪流，消防人員也必須面對創新性設計、管理與材質所衍發的挑戰，未來消防領域需大量導入人工智慧、大數據或新興科技等科技工具以解決未來所可能面臨的問題。此外，對於水資源高價化與缺水危機，亦應規劃多元化消防水質水源策略，尤其配

合目前政府所推動再生水資源發展政策。

參考文獻

- 1.Clark, S. A., Archer, J. N., Stephens, S. L., Collins, B. M., & Hankins, D. L. (2024). Realignment of federal environmental policies to recognize fire' s role. *Fire Ecology*, 20(1), 74. <https://doi.org/10.1186/s42408-024-00301-y>
- 2.Hope, A. (2024). When The Chips Are Down: Taiwan' s Water and Energy Conundrum. *China Brief*, The JAMESTOWN foundation-Global Reasearch & Analysis, 24(7).
- 3.Huang, Y. H., & Shen, T. S. (2021). An Article on Green Firefighting Equipment in Taiwan. *Sustainability*, 13(22), 12421.
- 4.McNamee, M., Meacham, B., Węgrzyński, W., & Yoshioka, H. (2025). Special Issue: Fire Safety & Sustainability-Challenges & Opportunities-Guest Editorial. *Fire Technology*, 61(1), 1–2. <https://doi.org/10.1007/s10694-024-01697-4>
- 5.United Nations (2024). The United Nations World Water Development Report 2024: Water for Prosperity and Peace, United Nations Education Scientific and Cultural Organization.
6. 林政宏，(2016)，金門縣消防局節水成效經驗分享，*消防月刊*，9 月號，pp.35。