

跨行政區界毒性化學物質災害應變支援機制之 研究—以桃園市工三工業區為例

The Study on The Response Support Mechanism of Toxic Chemical Disaster Across Administrative Boundaries— Taking Gong-San Industrial Park as an Example

張創雄 Chuang-Hsiung Chang^{*}

吳榮平 Zong-Ping Wu^{**}

漆家圓 Chia-Yuan Chi^{**}

摘要

工業區的成立與運作，是臺灣重要的經濟命脈，然而，工業區內各工廠內在製造、儲存、或運輸過程中，使用的各式化學物品種類繁多，也伴隨著化學災害事故的災害風險，特別是毒性化學物質。為避免毒性化學物質災害發生後持續擴大，優勢的應變能量能否及時投入，至關重要。由於目前對於毗鄰行政區界的工業區，發生災害時的應變支援機制，多以集結單一縣（市）政府轄內的消防救災單位為主，較缺乏跨域協力合作救災的概念。因此，本研究以桃園市龜山區工三工業區的毒性化學物質-鄰苯二甲酸二（2-乙基己基）酯的洩漏情境進行模擬。研究發現，在連續外漏擴散最遲在 40 分鐘之內，有毒氣體環境具有威脅生命之濃度的危害範圍，將越過龜山區的行政區界，飄入新北市林口區，成為擴及兩行政區規模的災害事故。因此，本研究建議，工業區通報流程應重新檢視並規劃及早啟動；於初期救災時考慮納入跨轄資源，以優勢救災能量投入相關應變作業；至於跨行政區之間的災害應變支援機制應預為規劃，以排除指揮、通訊、及勤務分工等問題，影響救災成效。

^{*}中央警察大學防災所研究生，目前服務於新北市政府消防局。

^{**}國立臺北大學都市計劃研究所都市與區域規劃博士，中央警察大學防災研究所副教授。

^{**}中央警察大學防災所研究生，目前服務於臺中市政府消防局（通訊作者）。

關鍵字：ALOHA、跨域合作、災害應變、防救災能量

Abstract

The establishment of industrial park is an important factor for Taiwan's industrialization. However, various factories in industrial zones use a wide variety of chemicals in the processes of manufacturing, storage, or transportation. Under such circumstances, it results in disasters risk, especially toxic Chemical material. In order to avoid continuous expansion after the occurrence of toxic chemical disasters, it is very important to strengthen the response capacity. As for the current disaster response mechanism for industrial areas adjacent to administrative boundaries, most of them focus on gathering adjacent firefighting and disaster relief units within the jurisdiction of various local governments. It lacks the concept of cross-administrative boundary cooperation for disaster relief. In this study, a case study simulation of the leakage scenario of a factory in Gongsan Industrial Park, Guishan District, Taoyuan City was carried out. The study found that the continuous leakage of the poisonous gas which has a life-threatening concentration hazard range will cross the administrative district boundary of Guishan District and float into Linkou District, New Taipei City within 40 minutes at the latest. That is, it will become an expanding scale disaster accident between two administrative districts. The study suggests that the notification process of the industrial park should be re-examined and started early; the initial disaster relief action should consider to include resources across administrative boundaries and use the superior disaster relief energy to invest in relevant emergency operations. As for the disaster relief response mechanism between administrative regions, it should be planned in advance to eliminate problems such as command, communication, and division of labor, which will affect the effectiveness of disaster relief.

Keywords: ALOHA, Cross-boundary Cooperation, Disaster Respond, Capability of Disaster Prevent and Rescue

壹、前言

一、研究背景與動機

為促進工業發展，透過國土規劃及相關用地的編定，政府在國內選定適合的區位成立工業區，提供價廉且容易取得的土地，供相關產業生產鏈的集中化管理，以奠定我國工業化的基礎。林口工業區的開發與拓展，就在上述的環境背景下成立，並促進了林口地區的工業發展，也讓都市化過程中毗鄰市區的工廠，有適宜的用地可以進行工廠的籌建或遷移。1975年「林口特定區計畫」劃定的工業區有5處（工一工業區尚未進行開發）（新北市政府地政局，2023），其中位於桃園市龜山區的工三工業區比鄰新北市林口區，近交流道口，因其交通便利性而成為工廠設廠的優先選擇。隨著各式產業進駐，因應製程需求，各式化學物質的使用也漸趨頻繁，如何輔導工業區內眾多工廠就化學物品的防災管理，以及災害發生時之正確應變，已成為政府部門長久以來的重要課題。

二、選定區域緣由

全臺毗鄰行政區界之間的工業區計有21處（如圖1），幾乎涵蓋全臺各縣市，而本次研究區域選定桃園市工三工業區，係因其位處新北市與桃園市兩個行政區交界地帶，雖然在經濟層面相關人力資源與產業鏈連結上有地理區位上的優勢，一旦事故發生時，相應的救災資源供給也不虞匱乏。但，現今國內對於災害應變的跨域協力機制，多僅只於針對大規模的天然災害，如地震、颱風等災害，對於如毗鄰行政區界工業區跨域救災應變的溝通協調及資源整合上，較少著墨，就操作面上，也有其困難性，如：指揮通訊的扞格、任務分工的困難等。特別是近年來發生過幾起重大工業區的火災、爆炸甚至是毒性化學物質外洩事故，因為災害本身具一定的特殊性，個別地方政府難以在短時間內調及足夠因應的救災資源，造成長時間的延燒，引發民怨。

為完善跨行政區界毒性化學災害時，場所及公部門應變之機制，本研究將透過 ALOHA 軟體模擬毒性化學物質洩漏，探討其對於毗鄰行政區界工業區影響速度及範圍，同時檢視我國目前對於毒性化學物質災害跨域應變支援機制是否足以因應，續以跨域合作的核心概念，提出未來的因應策略建議。



圖 1、毗鄰行政區之工業區分布情形

資料來源：研究者自行繪製

貳、毒化物災害應變協力合作

當災害發生，如何及時投入相應的救災資源，將影響後續的災情發展及損害程度。災害防救法將「災害防救」定義為：災害之預防、災害發生時之應變及災後之復原重建等措施。其中所謂災害應變，即是災害來臨時，機關所採行的各項應變措施，但在同法並未針對防救災應變做明確定義（內政部，2022），僅於第二十七條至第三十五條就災害應變措施擬具相關規定，包含：指揮體系的動員（災害防救法第三十條）、協力合作的機制（災害防救法第三十五條）、人員物資的徵調、徵用、徵購（災害防救法第三十一條）、以及救災資源資料庫的建立（災害防救法施行細則第十八條）等。

在時代更迭的環境下，災害呈現多元化、複合化的發展，在災害發生當下，

公、私部門間具有連續性且互相影響，密不可分，無論公部門還是私部門，在規劃災害防救相關的業務、宣導、教育、及資源整備等，都不應有獨力而為之的想法。因此，為了統合救災資源，更有效率地導入災害現場，以科學知識為基礎，提早分析災害的各種情境變化及其背後所帶來的風險與衝擊，可以在災害衝擊前及災害發生當下，以快速的災害情資的串接，進行精準的災害應變決斷，提升政府的防救災效能（中央災害防救委員會，2018）。

一、協力合作

「合作」與「協力」常有不同說法，Hord（1986）及 Borthwick（1994）認為「合作」是指不同參與者共同行動，以完成一個共同工作，過程中透過其中一方的努力可以協助彼方達成目標。Waugh 和 Streib（2006）認為「協力」是一種共事行為，通常會透過資訊分享、溝通及分享權力等方式，形成共同互動關係（張哲維，2018：7），其具有解決問題，增強彼此能力、提升公共利益功能。

合作與協力對於災害應變防救災機制上，兩者都不可或缺，楊永年（2015）認為防救災系統是由不同領域之間協力合作而行，每次大型災害都需仰賴系統內部與外部的治理與連結。以毒化物洩漏、土石滑崩或是水患此類具有在地理上連續不可分的災害性質為例，具有無法經由行政邊界來進行圍堵的客觀現實，尤其在邊陲地帶，為避免災情擴大，此時更需要不分行政區域的鄰近救災應變單位投入。然而，災害應變單位是由劃定的行政區界各自管理，例如：消防單位的派遣與出勤人員車輛是歸於各縣市所管轄，各自有災害現場指揮的機制和通訊裝備，若是沒有事前的協調、整合，臨災時將難以發揮協力合作下的應變能量展現（Huck, A., Monstadt, J., & Driessen, P., 2020）。

災害型態亦朝多元化和複合化發展，災害應變初期更首重時效，如何在短時間調集、統合各項有利的救災資源，投入災害現場，以優勢的救災量能，抑制可能的災情變化，就災害整備與應變方面，跨域合作協力治理才可以將寶貴的救災資源整合發揮最大的救災效益。

二、我國毒化災應變支援機制

(一) 應變分工

中小企業對我國國家經濟產值經濟發展貢獻良多，在工廠發生重大事故時，若以一己之力對於事故防護、應變及清理復原及作業人力應對上極其嚴峻（張致焯，2019：）。特別是毒性化學物質本身帶有高毒性、生物累積或致癌等特性，倘若稍有操作不慎釀災，對人身安全及環境生態都將產生極大傷害。目前國內毒化災災害發生初期，大多係透過民間業者內部自主應變通報為主，倘災情無法控制才會進一步透過政府毒災防救體系進行聯合救災任務（如圖 2 所示）。

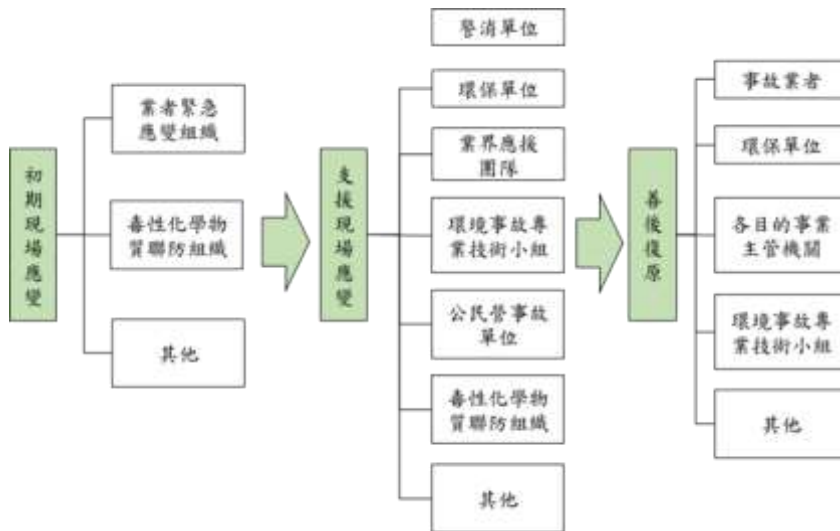


圖 2、毒化災應變概況

資料來源：張致焯（2019）

(二) 跨域支援應變

目前國內毒化災應變的法源，主要根據「毒性及關注化學物質管理法」第五章有關事故預防與緊急應變的相關規定辦理，其精神以自主管理為主，要求業者建立自主的緊急應變的機制，整合彼此相應的救災資源，並輔以區域聯防，由主管機關進行輔導事宜，期能發揮集體力量，落實災害初期應變之目的，以防制毒性化學物質事故可能導致的大規模環境污染，甚至危及周遭人命安全（行政院環境保護署，2020）。

基於企業社會責任及環境保護之原則，企業本身針對「製造」、「使用」、「貯

存」、「運送」第一類至第三類毒性化學物質者，須自行籌組或加入全國聯防組織。藉由業者相互支援與協助，提升整體事故應變能量，並將相應的聯防組織分為三種級別（如表 1），就可能受災的情境的區分，以落實平時整備預防及災害發生時之迅速應變，有效達到事故管控、降低災損及避免二次危害，創造企業與環境保護雙贏局面（行政院環境保護署，2022）。

表 1、毒性及關注化學物質聯防組織籌組現況

| 項次 | 分類 | 組成 | 家數 |
|------------------------|---------|--|----------------------|
| 1 | 全國性聯防組織 | 由跨越二個直轄市、縣（市）運送行為相關業者組成，主要依業者屬性及化學品供應鏈進行籌組 | 約 860 家 (90 餘組) |
| 2 | 地區性聯防組織 | 主要由同直轄市、縣（市）內之製造、使用、貯存等相關業者組成，各地區依其區域或運作特性進行分組 | 約 3,300 家 (70 餘組) |
| 3 | 國防部聯防組織 | 因應其本身機密特性，由國防部自籌 | 約 30 餘家 (1 組) |
| 合計全國共約 4,300 家 (170 組) | | | |

資料來源：行政院環境保護署毒物及化學物質局 (2022)

有關政府部分，「毒性化學物質災害防救業務計畫」中業已訂定災情擴大需請求跨縣市支援時，須由地方政府視災害規模請求鄰近地方政府支援機制。若災害區域跨越二個以上直轄市、縣（市）行政區，且地方政府無法因應時，才由環保署或中央毒災應變中心協調處理。然而，災害發生初期，工業區內部廠家於災情通報及應變，往往會傾向傳遞「無害」訊息，向外表示目前工廠運作正常，以減少周遭居民恐慌及反感（黃志偉，2022：83）。因此「毒性及關注化學物質管理法」第 41 條基於提升公部門救災單位介入時效時間以及保護人民生命財產安全為出發點，規定業者在事故發生至遲於 30 分鐘內，需報知事故發生所在地之直轄市、縣（市）主管機關。可以預期毒化災事故初期應變中，災情資訊傳遞透明性，將是能否第一時間抑制災害發展的關鍵之一，倘轄區環保、消防等應變單位反應時間較晚啟動，鄰近地方政府支援時間亦將遞延。

三、毒性化學物質—鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)

(一) 理化特性及應變方式

鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯屬於法定的第一及二類毒性物質，是無色至黃色油狀液體，有輕微氣味，主要用作塑膠的增塑劑，廣泛運用於聚氯乙烯製品、氯乙烯共聚物。其具有高熱穩定性和低揮發速率，但是在特殊情況下可能會引起危害反應，如與硝酸鹽類、強氧化劑、強鹼、強酸等物質不相容（如表 2）。因此，必須注意避免熱、火花和引火源，以及與上述物質接觸。

表 2、鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯物理及化學特性

| | | | |
|--------------|--|-----|--------------|
| 外觀 | 透明淡色油狀液體 | 氣味 | 無味 |
| 熔點 | -55°C | 沸點 | 386°C |
| 蒸氣壓 | 0.01 mmHg @20°C | 密度 | 0.9861 (水=1) |
| 溶解度 | 0.005g/100ml (水) | 閃火點 | 218°C |
| 揮發速率 | 極低 | 安定性 | 正常狀況下安定 |
| 特殊狀況下可能之危害反應 | 1.硝酸鹽類、強氧化劑：火災和爆炸危害。 2.強鹼、強酸：不相容物質。 | | |
| 應避免之狀況 | 熱、火花、引火源 | | |
| 止漏、除污方式 | 以木屑、活性炭、砂土及通用型吸收棉等吸收體為之 | | |
| 滅火冷卻方式 | 1.一般：二氧化碳、化學乾粉、泡沫、水 2.大火：一般泡沫、大量水霧 | | |

資料來源：行政院環境保護署毒物及化學物質局 (2022)

該物質一旦經由人體攝入，可能症狀有咳嗽、咽喉疼痛、噁心、頭痛、濕疹、結膜發紅、腹痛、腹瀉、生殖器官受損。為避免人員攝入，在進行緊急應變時應特別注意個人的安全防護措施（如表 3），並且提防因外部引火源引發火災爆炸。並應選用適當應變器材設備進行預防檢查、洩漏控制或緊急應變。

表 3、針對鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯的個人防護裝備

| 個人防護設備使用範圍 | 設備規格 |
|------------------|---|
| 空氣中氧氣濃度低於 19.5%者 | (1) 正壓式全面型自攜式呼吸防護具 (SCBA)。 (2) 非氣密式連身型化學防護衣 (B級)。 (3) 進火場消防衣 (著火時)。 (4) 化學安全護目鏡、防護面罩、防滲手套、防護鞋 (靴)。 |
| 空氣中氧氣濃度高於 19.5%者 | (1) 化學濾罐全面型呼吸防護具。 (2) 逃生型自攜式呼吸防護具。 (3) 非氣密式連身防護衣 (C級)。 (4) 化學防濺護目鏡、護面罩、防滲手套(耐化式)、防護鞋 (靴)。 |

資料來源：研究者自行整理

(二) 歷史災例

2021 年，台中市龍井區發生一宗嚴重的鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯洩漏事故(詳見表 4)。雖然此次事故僅限於洩漏情況，且洩漏範圍僅集中於貨櫃內部，但在應變人員採用多種器材進行止漏及防堵的努力下，仍然未能有效阻止洩漏的蔓延。最終透過業者搬移槽體才完成應變作業，如未能即時妥善處置，可能造成對人員健康或環境造成不良影響，而這次災害造成的面積達 6.5 坪，事故處理過程長達 13 小時之久。業者違反毒性及關注化學物質管理法第三十七條第一項及第十三條第二項之規定，即「未積極預防致發生事故，未指派專業應變人員或委託專業應變機關」及「未向地方環保機關申請登記擅自運作」，在此次事故中共實際裁處了 21 萬元的罰款。

表 4、鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)洩漏事故

| 事故名稱 | 事故簡述 |
|----------------|--|
| ○○股份有限公司貨櫃洩漏事故 | 當日上午貨櫃司機使用堆高機移動，運送鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯時不慎戳破包裝容器發生二甲酸二(2-乙基己基)酯洩漏，本起事故屬毒性化學物質洩漏事故，環保局獲報立即派員趕赴現場應變支援約一小時後抵達，歷經 13 小時回收廢棄液遂解除狀況。 |

資料來源：研究者自行整理

參、研究方法

本研究以位處新北市與桃園市兩個行政區交界地帶的工三工業區為研究範圍，利用美國海洋大氣署為模擬毒化物洩漏事件蒸氣雲以及擴散範圍的後果模擬分析所發展出 ALOHA 軟體進行化學物質洩漏情境模擬。後續透過 ArcGIS 地理資訊系統及結合工三工業區防災應變計畫，檢視毒化災事故時，相關的跨行政區界救災應變單位的通報及應變之防救災策略，提出未來的因應策略建議。

一、研究區資料蒐集

(一) 地理位置

工三工業區位於桃園市龜山區，該區北為林口區，東為泰山區，新莊區、樹林區，南為鶯歌區，是桃園市十三區相接最多區的行政區（如圖 3）。全區總面積 72.0177 平方公里，占桃園市總面積 5.9%。

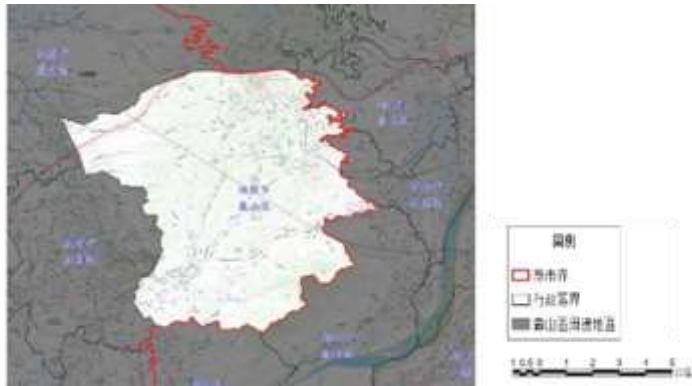


圖 3、龜山區行政區域圖

資料來源：研究者自行繪製

(二) 人口數

由於近年來都市發展迅速，自 2022 年以來，桃園市龜山區人口數增加了 31,683 人，人口成長率為 22.69%（龜山區戶政事務所，2022）。其中，工三工業區坐落於人口數最多的樂善里，附近更有林口長庚醫院及飯店，鄰近林口區南勢里人口亦為全台第五多，倘有毒化物質相關的災害發生，未即時控制其災害規模，將直接影響到附近眾多民眾的生命財產安全。

(三) 產業發展狀況

工三工業區屬於都市計畫乙種工業區，占地 119.31 公頃，自 1982 年 2 月開發完成至今，共有 59 家廠商進駐，產值約 547.3 億元，總就業人口高達 7,713 人，相關行業別類別比例如圖 4 所示。



圖 4、工三工業區廠商類別

資料來源：經濟部工業局林口工業區服務中心（2022）

二、災害情境想定

工三工業區內有運作化學品場所南亞塑膠工業股份有限公司、中興電工機械股份有限公司等 12 間，其中 9 間場所運作毒性化學物質（如表 5），○○地毯股份有限公司之鄰苯二甲酸二（2-乙基己基）酯運作量達 37.63 公噸，屬於運作量最高之物質，因此選定○○地毯股份有限公司為情境場所（如圖 5）。另根據文獻回顧得知，鄰苯二甲酸二（2-乙基己基）為高熱穩定性和低揮發速率之物質，但在特殊情況下，可能會與硝酸鹽類、強氧化劑、強鹼、強酸等物質發生危害反應，在作業時亦應注意避免熱、火花和引火源，以免火災發生時，在高溫環境下會產生化學物質洩漏擴散的情況。

表 5、工三工業區毒性化學物質場所及運作量

| 場所名稱 | Cas No. | 化學物質 | 運作量（公噸） |
|--------------|-----------|-----------------|----------|
| ○○地毯股份有限公司 | 117-81-7 | 鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯 | 37.63 |
| ○○○科技股份有限公司 | 7664-41-7 | 氨 | 0.0879 |
| ○○塑膠工業股份有限公司 | 79-34-5 | 1,1,2,2-四氯乙烷 | 0.087288 |

| 場所名稱 | Cas No. | 化學物質 | 運作量 (公噸) |
|---------------|-----------|------|------------|
| ○○藥廠股份有限公司 | 75-05-8 | 乙腈 | 0.025184 |
| ○○塑膠工業股份有限公司 | 98-95-3 | 硝苯 | 0.01 |
| ○○菸酒股份有限公司 | 7778-50-9 | 重鉻酸鉀 | 0.00003 |
| ○○○○○藥廠股份有限公司 | 75-09-2 | 二氯甲烷 | 0.0000532 |
| ○○生物科技股份有限公司 | 75-05-8 | 乙腈 | 0.005691 |
| ○○○○○藥廠股份有限公司 | 67-66-3 | 三氯甲烷 | 0.00123912 |

資料來源：整理自環保署化學局 (2022)



圖 5、○○地毯股份有限公司位置圖

資料來源：研究者自行繪製

因此，本次研究的災害情境想定，是當林口工三工業區某工廠發生火災時，因火勢延燒造成化學物質儲存桶受高溫下破損，導致化學物質洩漏，此時場所人員初期應變失敗，且通報作業亦依照「毒性及關注化學物質管理法」規定，於發現災害後，至遲三十分鐘內完成通報所在地之直轄市、縣(市)主管機關，並請求公部門應變單位到場支援。據此檢視於災情持續發展時，相關應變資源支援速度及能量是否能有所因應。

三、研究限制

「毒性及關注化學物質管理法」第 41 條規定事故發生後業者必須在最遲 30 分鐘內向該事故地點所在的直轄市、縣（市）主管機關報告。如果所在地區的環保、消防等應變單位啟動時間較晚，可能導致相鄰地方政府的支援時間延遲。因此，將「在發現災害後 30 分鐘內進行通報」作為研究限制，並要求公共部門應變單位提供現場支援。從這一想定出發，我們將檢視在災情持續發展時，相關應變資源的支援速度和能量是否能夠因應。因此，本研究將 30 分鐘定為研究限制，以確保在同一時間序列上進行內容檢視，減少研究所受影響的變數。

四、災害態樣模擬分析

本研究為估算鄰苯二甲酸二（2-乙基己基）酯外洩可能造成的後果，據以作為規劃相應緊急應變處置的行動增減以及應變計劃的參考依據，使用 ALOHA 進行後果模擬，分析毒化物洩漏在一小時內可能危害區域及濃度，並利用 ArcGIS 地理資訊系統的圖資套疊分析，呈現林口工三工業區 OO 地毯股份有限公司，一旦發生大量鄰苯二甲酸二（2-乙基己基）酯外洩時的視覺化的災害態樣情境。模擬參數之氣溫、風速、風向、濕度等天候資料係依據中央氣象局之氣候資料服務系統（CWB Observation Data Inquire Service, CODiS），提取近五年（2018 年至 2022 年）並綜整平均後得出（如表 6）。

表 6、使用在 ALOHA 模擬設定參數的統計資料

| | |
|--|--------------------------------|
| 物質名稱：鄰苯二甲酸二（2-乙基己基）酯 Di(2-ethylhexyl)phthalate (DEHP) | 單一運作最大可能存在量：15（噸） |
| 容器型式：PVC 膠料桶 $(2.5\text{m})^2 \times 3.1416 \div 4 \times 3.7\text{m} = 0.93\text{m}^3$ | 經常存量（以重量或容積單位表示）： 10 噸-15 噸 |
| 毒化物運作之溫度、壓力、可能之洩漏型態：液態 | |
| 含量(%W/W)：95%-100% | 使用用途：作為塑化劑 |
| 運作溫度(°C)：常溫 | 運作壓力：1 (atm) |
| 洩漏高度：0.2 (m) | 洩漏條件：卸料過程洩漏（液態） |
| 相對溼度(%)：80 | 地表粗糙度：城鎮或森林 |
| 破孔孔徑：長方形 10cm×2.5cm (容器桶徑 0.58m、容器桶高 0.88m) | 洩漏位置：桶身 |

資料來源：研究者自行整理

肆、資料分析與結果

一、ALOHA 模擬擴散範圍

(一) 背景氣象環境

假設在氣溫 21.74 度、濕度 80.6%、風速 1.5 (m/s)、風向為東南東 (ESE) 的氣象背景環境下，工廠內存放之鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯的 PVC 膠料桶存放，因卸料過程不慎，造成出現破孔孔徑為長方形 10cm×2.5cm。

(二) 洩漏情境想定

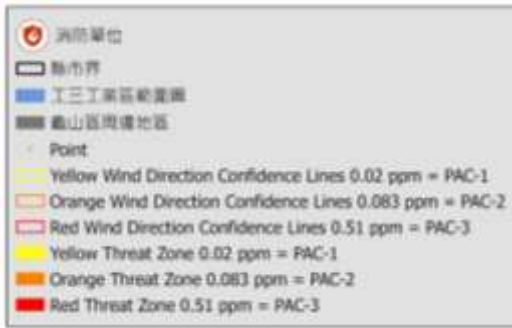
根據前項的背景氣象環境及外洩情境，模擬在事故發生後的第 5 分鐘、10 分鐘、20 分鐘、30 分鐘、40 分鐘、50 分鐘、60 分鐘的擴散情形及可能受影響範圍，並圖資套疊功能將擴散模擬的預估可能危害範圍。

(三) 洩漏毒性效應參考指標

本研究採用的毒性效應參考指標為化學品保護行動準則 (Protective Action Criteria for Chemicals, PACs) 指標濃度數值，共分為人暴露在有毒氣體環境具有威脅生命之濃度 (PAC-3)、人暴露在有毒氣體環境可能產生不可恢復之傷害/影響逃生之能力 (PAC-2)、人暴露在有毒氣體環境會感到短暫不適或刺激性輕微症狀 (PAC-1) 三級。

(四) 後果模擬分析

模擬工三工業區內工廠存放之鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯外洩時，在氣溫 21.74 度、濕度 80.6%、風速 1.5(m/s)、風向為東南東(ESE)、破孔孔徑為長方形 10cm×2.5cm 等模擬背景下，卸料過程導致洩漏 (液態)，在連續擴散 5 分鐘、10 分鐘、20 分鐘、30 分鐘、40 分鐘、50 分鐘、60 分鐘，均有明顯影響範圍，並將擴散模擬的預估可能危害範圍套疊至 ArcGIS 後呈現如圖 6 所示。



比例尺與圖例



第 5 分鐘



第 10 分鐘



第 20 分鐘



第 30 分鐘



第 40 分鐘

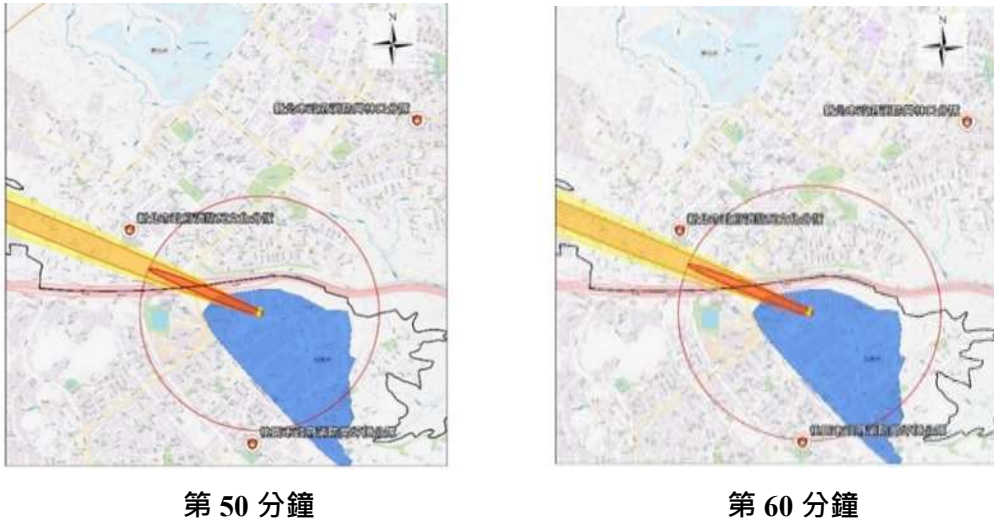


圖 6、後果模擬危害影響範圍

資料來源：研究者自行繪製

在連續擴散 5 至 60 分鐘的後果模擬分析，最嚴重濃度值 PAC-1 危害距離（紅色範圍）由 762 公尺逐漸擴散至 8,100 公尺，此時影響範圍已擴及到較為繁榮、人口數多的林口重劃區，連續洩漏時間與危害距離分析詳如表 7 所示。

表 7、時間與危害距離分析列表

| 危害距離（公尺） 連續洩漏時間（分） | 黃色範圍 | 橘色範圍 | 紅色範圍 |
|-----------------------|--------------------|---------------------|--------------------|
| | PAC-3 （0.02ppm） | PAC-2 （0.083ppm） | PAC-1 （0.51ppm） |
| 5 | 122 | 337 | 762 |
| 10 | 237 | 684 | 1,600 |
| 20 | 495 | 1,500 | 3,700 |
| 30 | 674 | 2,100 | 5,100 |
| 40 | 824 | 2,600 | 6,000 |
| 50 | 953 | 3,000 | 6,900 |
| 60 | 1,200 | 3,700 | 8,100 |

資料來源：研究者自行整理

二、火山爆發災害監測

在現有毒化災應變支援機制下，於接獲業者報案後，初期救災是由所轄地方政府消防局進行初期穩定災情及人命搜救作業，並結合後續到場環保署環境事故專業技術小組進一步執行毒化物應變處理、監測及樣品分析，提供救災人員做為救災策略擬定之參考（行政院環境保護署毒物及化學物質局，2022）。因此，消防單位及環境事故專業技術小組到場時間為業者通報災害發生後，影響災害應變成敗的重要節點。而警政單位，因其勤務性質係透過鄰近巡邏人員及機動人力前往災區支援交通管制及人員疏散部分，並非直接至第一線執行滅火、防堵洩漏等工作，因此於本研究僅針對消防及環境事故專業技術小組據點位置進行評估。另國軍及其他應變單位則需透過中央毒災應變中心通知後始才集結應變，亦不列入本研究討論。

本研究將以事故危害影響擴大前（跨越行政區界），鄰近工三工業區可於初期及時抵達並且具備一定救災能量的單位應變速度及能量為基礎（如表 8），利用 ALOHA 模擬擴散情形，據以檢視相應救災資源的調集對策（內政部消防署，2022）。

表 8、鄰近單位應變資源及速度表

| 應變資源種類 | | 鄰近單位應變資源數量及應變速度 | | | | | |
|--------|----------|-----------------|----|----|----------|----|------------|
| 分類 | 資源項目 | 桃園市政府消防局 | | | 新北市政府消防局 | | 北區環境事故技術小組 |
| | | 坪頂 | 龜山 | 迴龍 | 文化 | 林口 | 桃園隊 |
| 個人防護裝備 | A 級化學防護衣 | 4 | 4 | 2 | 5 | 8 | 8 |
| | C 級化學防護衣 | 8 | 6 | 6 | 0 | 0 | 150 |
| | 防毒面具 | 28 | 30 | 18 | 0 | 0 | 150 |
| 偵檢器材 | 五用氣體偵測器 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| | 雷射測距儀 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 車輛 | 消防車 | 6 | 5 | 4 | 5 | 4 | 0 |
| | 救護車 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 0 |

| 應變資源種類 | 鄰近單位應變資源數量及應變速度 | | | | | |
|------------------------------|--------------------|-------|-------|------|-------|-------|
| | 應變人員數 (總數/每日上班) | 26/13 | 30/15 | 18/9 | 29/14 | 21/10 |
| 預估到達距離 (km) | 1.8 | 9.7 | 8.3 | 2.2 | 3.8 | 1.7 |
| 所需時間 (min) 估算 (平均車速 36km) | 3 | 16.2 | 13.8 | 3.8 | 6.3 | 3 |
| 接獲報案至抵達現場時間 (出勤要求+車程時間) | 4.3 | 17.5 | 15.1 | 5.1 | 7.6 | 13 |

註：出勤要求：消防白天 80 秒、環境事故專業技術小組 10 分鐘。

資料來源：研究者自行整理

以目前桃園市政府消防局鄰近三個消防分隊到場時間分析(如圖 7)，除轄區坪頂消防分隊可於通報後 4 分鐘左右抵達外，此時離事故發生已逾 34 分鐘，其餘單位皆須於 13 分鐘以上才會抵達事故地點，由前述圖 6 的 ALOHA 模擬擴散(第 30、40 分鐘)可知，毒化物擴散範圍早已逾兩行政區界線，影響範圍擴及龜山區及林口區居民。

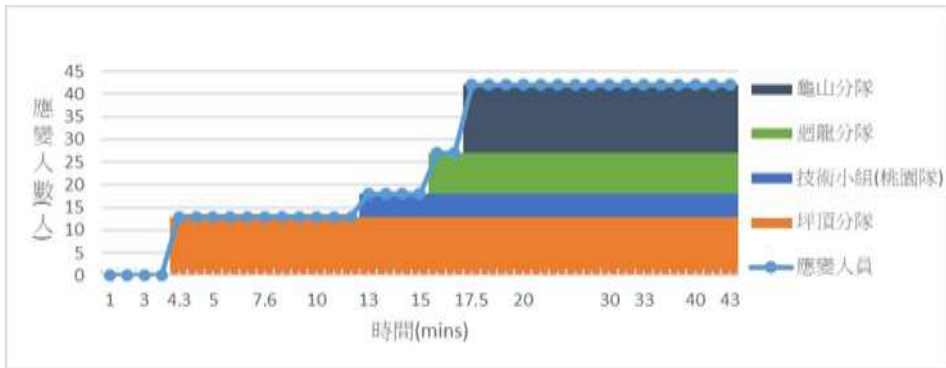


圖 7、通報後桃園市到場能量及時序圖

資料來源：研究者自行繪製

後續加入新北市政府消防局消防分隊進行分析(如圖 8 所示)，文化及林口消防分隊可分別於 5.1 分鐘、7.6 分鐘抵達，結合前述 ALOHA 模擬擴散結果可知，此時擴散範圍已靠近兩區行政界線，及時救災應變或有機會將洩漏程度控制於界線範圍內，進一步縮小毒化物擴散範圍及速度。

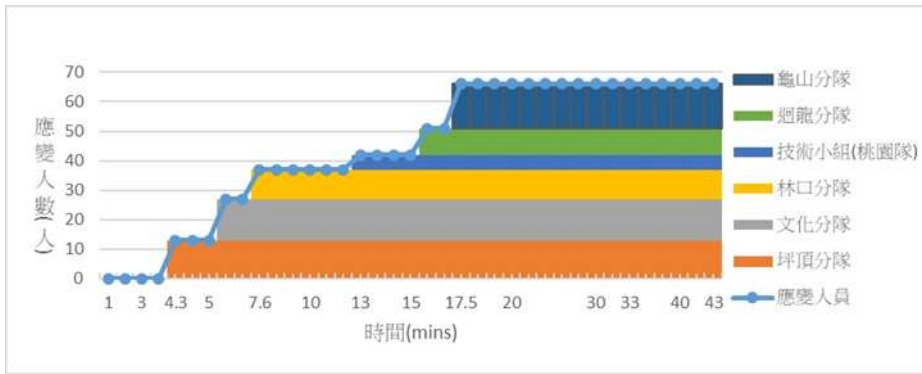


圖 8、通報後桃園市及新北市到場能量及時序圖

資料來源：研究者自行繪製

伍、結論與建議

一、結論

(一) 毒化物洩漏影響範圍將迅速跨越兩行政區界線：

經 ALOHA 軟體模擬後果分析發現，洩漏量多寡、破孔大小及風速、風向條件均會影響危害擴散範圍及方向，火災事故導致揮發之毒性化學物質在大量洩漏時，在短時間內，其影響距離甚至能達到數公里以外。以本研究為例，洩漏後最遲到第 40 分鐘，最嚴重濃度值 PAC-1 危害距離，即已越過桃園市龜山區與新北市林口區行政界線，形成跨行政區界的重大災害衝擊

(二) 鄰近支援單位調動數量及速度將直接影響救災效能：

該工業區主管機關屬桃園市政府轄區，若桃園市政府消防局在事故初期，第一梯次優先調動鄰近 3 個消防分隊，惟於事故發生後 15 分鐘內，可能僅有桃園市政府消防局坪頂消防分隊 1 個分隊，以及最多 13 名消防人力的救災能量可以投入救災；若能事前審度可能災情的變化，將新北市政府消防局林口地區所設置的 2 個消防分隊進行共同派遣，則可能倍增到 3 個分隊，最多達 37 名消防人力可以及時投入，如此一來，初期應變人員數量、應勤的救災資源及個人防護裝備，將較原有派遣方式為多。

因此，政府部門如何協助企業自源頭進行管理，落實業者平時設備之檢查

保養及強化自主防救災能量，透過加強員工平時通報與應變教育訓練，不僅可以減少意外事故的發生，更可以避免災時對公共安全造成更大的危害。除外，如何透過鄰近地方政府事先，完備跨域合作的機制，有效建構跨行政區界的災害應變合作機制，才可在事故發生初期，即能調集有效的救災資源，及時投入救災能量最大化，將有助於強化類似災例的應變效能。

二、建議

(一) 建構跨行政區界救災動員機制

由於全臺類似桃園市龜山區工三工業區，這種位處縣市政府行政區界上的工業區即有 21 處，幾乎涵蓋全台各縣市。根據本研究的模擬分析，鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯因高溫火災影響導致毒化災洩漏後，最快 20 分鐘內即可跨越桃園市與新北市交界，危及人口成長快速的龜山地區及毗鄰的林口地區。因此，除了現行針對如地震這類型天然災害的大規模消防救災動員應變規劃與演練外，毒化災，甚至是大型火災爆炸事故等人為災害，都應考慮建構跨行政區界消防救災動員的應變支援機制。

(二) 強化跨行政區界公部門之災害應變指揮溝通

跨行政區界彼此之間的指揮體系及通訊障礙是必須克服的難題，特別是現場指揮、無線通訊和勤務分工。這部份必需經過事前的規劃、律定和演練，並從演練中找出問題的所在並設法在事故發生前得到解決，讓事故現場的救災行動，彼此間溝通順暢，任務分工也適才適所。如此，才能在事故發生初期，即可投入優勢的各項救災資源進入相對的應變作為，阻止災情的進一步惡化，以化解可能的災害衝擊。

(三) 提升企業內部事故通報效能

依現行法令毒性化學物質的作業場所於 30 分鐘內通報即可免於受罰。但，災害應變的成效，往往取決於事故通報的時效，特別是一些特殊的災害事故，相對的應變裝備、機具、器材等都有特別的要求，若非常時接觸的事故類型，一般在出勤前的應勤裝備、機具、及器材的調集、檢點，也需消耗一段時間。

雖然在消防法的修正草案中，將針對石油煉製業等場所，於火災爆炸、危險物品漏逸時，應立即依規定方式完成通報之規定，並有相關的罰則。但是，「立即依規定方式完成通報」的概念，並無具體的量化數據，而且，消防機關

對於事涉民眾生命財產安全的工安事故，是否也可接受「於 30 分鐘內通報即可免於受罰」的彈性空間？在未來立法與執法的過程中，若未明確規範，勢必引發更多的爭議。

(四) 重新檢視工業區防災計畫通報流程

目前在企業或是林口工業區服務中心相關防災應變計畫中，並未明確寫出災害發生時之權責規定，建議可以將細部流程繕寫完整。另工業區平時與鄰里間建立良好溝通管道，強化危害發生擴及鄰近住宅區的緊急通報時效，保障民眾知的權利，特別是事涉毒性化學物質，資訊的不透明更容易引發民眾的恐慌，並對後續地區產業的發展，特別是工業區的開發與維運，都可能加深周遭居民的負面觀感。

參考文獻

- Borthwick-Duffy, S. A. (1994) Epidemiology and prevalence of psychopathology in people with mental retardation. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 62 (1): 17-27. doi : <https://doi.org/10.1037/0022-006X.62.1.17>
- Hord, S. M. (1986) A Synthesis of Research on Organizational Collaboration. *Educational Leadership*, 43 (5), 22-26.
- Huck, A., Monstadt, J., and Driessen, P. (2020) Building urban and infrastructure resilience through connectivity: An institutional perspective on disaster risk management in Christchurch, New Zealand ,*Cities* ,98. doi : <https://doi.org/10.1016/j.cities.2019.102573>.
- Waugh, William and Streib, Gregory. (2006) Collaboration and Leadership for Effective Emergency Management. *Public Administration Review*, 66. doi : <https://doi.org/10.1111/j.1540-6210.2006.00673.x>.
- 中央災害防救委員會（2018）*災害防救基本計畫*，臺北市：行政院。
- 中央氣象局氣候資料服務系統（2022）*觀測資料查詢系統*，2022年10月20日取自於 <https://e-service.cwb.gov.tw/HistoryDataQuery/>。
- 內政部消防署（2022）*救災資源資料庫（EMIC）*。
- 行政院環境保護署（2020）*毒性及關注化學物質危害預防及應變計畫作業辦法*。

行政院環境保護署（2022）*毒性化學災害防救業務計畫*。

行政院環境保護署毒物及化學物質局（2022）*毒性及關注化學物質安全資料表*，2022年11月20日取自於 <https://www.tcsb.gov.tw/sp-toch-form-1836-d2186d4258fb4a58b72393f99e4e1292-1.html>。

張致焯（2019）*毒性化學物質跨區域聯防組織應變能量驗證及強化之探討*，國立交通大學工學院產業安全與防災學程碩士論文，未出版，桃園市。

張哲維（2018）*我國中央災害應變中心前進協調所運作問題與對策探討*，中央警察大學防災研究所碩士論文，未出版，桃園市。

黃志偉（2022）*石化產業緊急應變機制之研究-以雲林離島式基礎工業區為例*，中央警察大學防災研究所碩士論文，未出版，新竹市。

新北市政府地政局（2023）*林口工一市地重劃區介紹*，2023年1月10日取自於 <https://www.land.ntpc.gov.tw/cp.aspx?n=8826>。

楊永年（2015）*防救災的跨領域合作*，*科學發展月刊*，512：60-64。

經濟部工業局林口工業區服務中心（2022）*工三工業區簡介*，2022年12月20日取自於 <https://www.moeaidb.gov.tw/iphw/linkou/index.do?id=10>。

臺中市政府環境保護局（2021）*110年度臺中市毒性及關注化學物質防災體檢計畫期末成果報告（定稿本）*，2022年10月20日取自於 <https://www.epb.taichung.gov.tw>。

龜山區戶政事務所（2022）*人口統計*，2022年12月20日取自於 <https://www.guishan-hro.tycg.gov.tw/>。

環保署化學局（2022）*跨部會化學物質資訊平台*，2022年10月20日取自於 <https://chemicloud.epa.gov.tw/ChemiCloud/index.html>。