

國軍通用 82 式清除劑效能檢測研究



作者備役少將傅瓊厚，陸軍官校正 72 年班、化校正規班 37 期、美國化學兵學校高級班 81 年班、國防大學陸軍學院 86 年班、戰研班 87 年班及戰爭學院 91 年班。歷任排長、分隊長、連長、營長、教官組長、總隊長、指揮官、司令部組長、教育長、化校校長、化學兵處長等重要職務，現職為國防大學理工學院研究生。

提要

- 一、「對抗看不見的敵人 - 化生放核威脅」為國軍化學兵部隊國土防衛作戰主要任務，消除作業則是降低化生放核污染傷害效應最重要手段，而其中消除藥劑效能更是影響除污作業成敗的關鍵。
- 二、國軍通用 82 式清除劑為民國 85-88 年間採購，本研究採對照組方式實施化學定量、定性分析，藉由高階儀器分析部隊 82 式清除劑藥劑降解現況，提供國軍作為運用 82 式清除劑執行除污作業藥劑調配參考。
- 三、運用紫外光-可見光光譜儀、紅外光光譜儀及高效能液相層析儀分析 82 式清除劑樣品，各批次樣品峰值與自配標準樣品圖譜並無太大差異，研判 82 式清除劑目前尚屬穩定狀態。
- 四、測量 82 式清除劑樣品 pH 值及導電度測試均有紅移現象，且受庫儲環境、溫濕度及空氣中二氧化碳等影響，實驗樣品 pH 值及導電度均有降低，顯示清除劑仍在持續降解中，軍品整備部門宜採購新品，以維部隊除污能量。

關鍵詞：82 式清除劑、界面活性劑

前言

自民國 22 年「對抗看不見的敵人-化生放核武器」產生的殺傷及危害效應，是國家賦予化學兵部隊無可旁貸的職責，面對具有多樣性挑戰及複雜的威脅環境，作業人員必須依賴「偵檢測儀器的靈敏度，適當防護裝備的保護力，消除藥劑的除污效能」等關鍵要項，才有能力在戰力完整的情形下完成艱難任務，其中重



圖 1 國軍通用 82 式清除劑及消除劑
資料來源：陸軍司令印頒，輕型消毒器操作手冊(91 年版)

中之重又以除污藥劑的效能為首要，唯有快速有效降低化生放核污染威脅，才能確保防衛作戰軍事戰力完整，多維維護民眾及國土安全。

國軍化學兵部隊化生放核除污及再浸染作業早期皆是參據美軍準則規範及作法，很長一段時間除污作業訓練及演習使用「超級漂白粉(Super Tropical Bleach, STB)、DS2(Decontamination Solution 2)與熱肥皂水(Hot Soap Water)」等鹼性物質，民國 80 年間中共核生化威脅日趨嚴峻，當時陸軍規劃採購「簡單、快速、有效」新一代除污藥劑與裝備，原屬意採購國外生產 LDS(Light Decontamination System)新式消除裝備，因年度預算排擠效應遂改變採購策略，由原先國外採購轉為國內自行研發生產，委託當時聯勤總司令部 204 廠研發新型 T4-86 輕型消毒器，搭配中山科學研究院(以下簡稱中科院)研發新型 82 式除污藥劑(如圖 1)，歷經多年重要演訓、核化災演習及防疫環境消毒任務驗證，82 式除污藥劑快速、有效的性能確實提升國軍各部隊消除能量，減輕消除作業負荷及維護作業官兵安全，至後續換裝新型 MD-105 重型消毒車、MDS-106 輕型消毒器等裝備，仍以中科院 82 式除污藥劑為系統通用規格。

中科院生產 82 式除污藥劑係由清除劑及消除劑兩種藥劑組成，兩者可單獨使用亦可混合運用，有關「消除劑」效能檢測已有多篇文章探討故不再贅述，惟查閱相關文獻及論文資料庫迄今尚無專篇論文研究「清除劑」，以化解部隊除污作業確效疑慮，本研究定位於補實國軍通用除污作業藥劑效能檢測拼圖的最後一塊短板，藉科學儀器及方法分析目前部隊使用 82 式清除劑藥效實況，提供軍備及作訓部門主管機關參據。

研究動機

國軍化生放核裝備整備預算獲得不易，常因「建軍目標難列急需、兵力整建優先不高、聯戰效能發揮有限、軍品效期短品項多、專用通用維持不易、大量採購有效期短及廢品處理環保法規」等因素影響關鍵軍品採購與換裝進程，當前普世價值咸認為化生放核威脅不可能發生，實際面化生放核威脅則是隨時可能發生，民國 108 年橫掃全球新冠病毒 COVID-19 即是最佳警示例子。

化學兵裝備具備軍事、救災及民生防護等多重功能，平時即必須完成完善

整備，依威脅、任務擬定計畫適時完成除污裝備換裝，¹如若裝備效能弱化臨場則不足以執行危險任務，甚至導致國民對國軍能力不信任。

統計我國近十年國防軍備預算編列(如表 1)所列，民國 101-110 年預算額度逐年大幅提升，化生放核軍備採購預算每年雖有編列卻僅是維持最低需求額度，占全國軍軍備預算總額度不到 1%，化學兵部隊預算獲得亦不成比例。以近年間最高峰預算民國 106 年為例，全國軍軍備預算總額度為 1,119.9 億元，涉及化生放核軍備預算編列 14.6 億元換裝新式「輕消器、重消車及防護面具」等裝備，所占比例達總額 1%以外，其餘各年度預算額度均未達 1%，化生放核防護軍備得來確實彌足珍貴。

表 1 國防軍備民國 101-110 年預算統計表

年度	國防軍備預算額度	化生放核預算	占百分比
101 年	593.5 億元	4.7 億元	0.79%
102 年	854.2 億元	2.6 億元	0.30%
103 年	1,028.7 億元	8.6 億元	0.84%
104 年	1,086.5 億元	5.1 億元	0.47%
105 年	1,160.8 億元	3.9 億元	0.34%
106 年	1,119.9 億元	14.6 億元	1.30%
107 年	993.7 億元	3.9 億元	0.39%
108 年	1,020.5 億元	3.3 億元	0.32%
109 年	1,102.9 億元	2.2 億元	0.20%
110 年	1,119.8 億元	1.1 億元	0.10%

資料來源：中華民國國防部網站，<https://www.mnd.gov.tw/Publish.aspx>，檢索

日期：民國 110 年 3 月 30 日。

國軍自民國 85 年起，分年採購中科院生產 82 式藥劑組，目前國軍各部隊

1. 國軍化學部隊原配賦除污裝備「T4-86 輕型消毒器、重型消毒器、動力噴灑器」等超齡使用，裝備效能不足維護困難，因優先等級不高爭取換裝多年困難重重，歷經多方不斷努力協調，終獲核准納案換裝新品，歷經「招標、製作、戰測、撥裝」等採購過程，民國 106 年完成新式「MDS-106 輕型消毒器、MD-105 重型消毒車、生物偵檢車、新式防護面具」等換裝任務，在 COVID-19 抗疫中得到驗證，裝備適時更新才能有效肆應化生放核威脅的終極考驗。

庫儲藥劑數量仍多，計畫部門雖然已依部隊演訓用量及藥劑效期耗量，採用分年補充方式撥發國軍各部隊使用，以避免戰備存量一次全部大量逾越效期。然自 85 年首批採購藥劑至今，雖經多年正常演訓消耗，各部隊消除藥劑存量迄今仍維持相當存量，若一次後送銷毀將造成大量廢棄物及廢液，不僅造成戰力間隙且須花費高額處理費用，諸多事項顯示部隊 82 式藥劑現況已是一項急須解決的問題。

國軍當時採購 82 式藥劑組依據使用裝備之不同設計兩類包裝，第 1 類為配合 T4-86 輕型消毒器撥發部隊，每具隨裝配發一組 20 公升 82 式清除劑及 2.5 公斤 82 式消除劑藥劑，第 2 類為輕便消毒器專用 500 毫升 82 式清除劑及 130 公克 82 式消除劑，其最初採購數量及經費概估如表 2 所列，目前查詢資料庫及實品註記生產時間，多為民國 85-88 年間製造物資，藥劑標示有效期限 3 年，時至今日 82 式消除劑已逾有效期限 25 年餘，確有必要瞭解其目前性能，以為部隊執行戰備任務整備參考依據。

表 2 國軍通用 82 式藥劑數量及經費概估統計

類別	使用裝備	單價	數量	小計	合計
第 1 類	輕型消毒器	10 萬元	593 組	5,930 萬元	6591.9 萬元
第 2 類	輕便消毒器	1,094 元	6,050 組	661.9 萬元	
附註	不含部隊裁撤後繳回數量。				

資料來源：作者自製。

研究目的

本研究目的是以為部隊解決現存實際問題為宗旨，查詢目前國軍部隊庫儲各類消除藥以 82 式清除劑為主，且其中多數已逾效期達 25 年以上，由於直接影響化學兵部隊執行戰備任務，探究該藥劑目前實際藥效降解情形有其迫切需要及研究價值，故以 82 式清除劑主要成分分析作為研究標的。

為確保本研究能獲得具體可行結論，依常規實驗定量、定性實驗程序擬定嚴謹實驗步驟，採行下列方式進行實驗：

一、運用高階儀器分析現存樣品。

- 二、自配標準樣品比對樣品效能。
- 三、擬定標準定量定性分析程序。
- 四、研究有效簡單操作調配方式。
- 五、添加價廉低毒安全化學藥品。
- 六、有效提升 82 式清除劑效能。

將研究結果提供國軍計畫及軍品採購部門參考，以補充作法納入後續新品補給作業規定，及提供教學及部隊作為訓練教材，以保障部隊核生化防護除污效能確實有效，達成維護國軍保存關鍵戰力，保障民眾安全之全民國防目的。

研究方法

本研究實驗樣品以國軍部隊庫儲 82 式清除劑為主，為使研究成果達成預期研究目標，採集部隊現有民國 85 年、87 年、88 年三個年份生產清除劑共 5 個樣品，研究方法如下：

- 一、查詢相關 82 式清除劑可能配方，經文獻探討及分析各成分作用，依據配方完成自配樣品，作為目標樣品藥效實驗比對標的。
- 二、運用「紫外光-可見光光譜儀(Ultraviolet/Visible Spectrophotometer, UV-Vis)、傅立葉紅外光光譜儀(Fourier-transform infrared spectroscopy, FTIR)、高效能液相層析儀(High performance liquid chromatography, HPLC)」等高階精密儀器，透過標準檢測、檢驗程序，定量定性分析 82 式清除劑內含成分，以確認目前藥劑穩定度情形。
- 三、運用酸鹼度測定計(pH Meter)及導電度測定計 (Conductivity Meter)測量實驗樣品酸鹼度及導電度，並計算、分析與標準樣品之間差異，做為調整 82 式清除劑藥劑配比依據。
- 四、依 82 式除污藥劑原設計混合比例，選定「價廉、低毒、安全」化學品，並計算鹼性物質添加劑量，有效提升 82 式清除劑除污效能，以確保符合原設計功能。

文獻探討

一、82 式清除劑探討

本研究的對象 82 式清除劑是中科院化學所依據國軍核生化除污作業須要開發新型藥劑，制定對裝備及設施新穎消除作業規範，採行「先將裝備污染物清

除後，再進行消除作業程序」，經運用真實糜爛性化學戰劑驗證，清除效果符合作戰需求。

中科院研製 82 式除污藥劑式係採用先清除、再消除設計理念，依國軍通用裝備操作手冊該藥劑可於 1 分鐘內完成化學及生物污染除污反應，因內含界面活性劑故對於消除標的物細小凹縫內化學戰劑均可以達成快速清除目的，具有「除污反應時間短，作業程序簡單」特性，82 式藥劑與其他消除劑作業效能分析如表 3 所列。

表3 國軍通用82式藥劑與各類除污藥劑消除作業時間比較表

區分	作業準備時間	作業人數	反應時間	產生污水
82式清除劑及消除劑	10分鐘	2人	1分鐘	少量
DF-200	15分鐘	2人	≥15分鐘	少量
STB超級漂白粉	60分鐘	2人	≥30分鐘	大量
附註	消除裝備以輕消器MDS-106為評量基準。			

資料來源：作者自製。

二、界面活性劑(Surfactants)探討

(一)界面活性劑特性

界面活性劑構造可依功能分為親油端與親水端，長形親油端可抓住油脂，當圓形親水端和水結合之後，原本油水分離的界面便消失無蹤讓兩個原本不會反應的物質產生作用(活性)，沖洗後就順便把油污帶走，達到清潔的目的，化學戰劑多為酯類物質，生物病毒的細胞鞘液亦含有酯類，這種脂肪鞘具有排水作用，可以保護病毒。以冠狀病毒為例，其核心遺傳物質周圍有一個外鞘，由雙層脂肪與蛋白質尖峰構成，肥皂分子會破壞病毒外層的脂肪層。病毒鞘被肥皂分子破壞，病毒就無法再產生作用。清除劑中添加界面活性劑，可達到去油、抓住毒性化學物質及破壞病毒外鞘作用。

(二)界面活性劑分類

1.陰離子性界面活性劑(Anionic Surfactant)：

陰離子界面活性劑係指溶於水後可以解離成陰離子的界面活性劑，可以

帶磺基、硫酸根、羧基等官能團，屬於有機化合物，有疏水的尾部和親水的頭部。其能降低水的表面張力，是一種設計用來清潔的產品，能產生乳化、起泡、增溶(使油等難以溶於水的物質的溶解度增大)等作用。陰離子界面活性劑是目前界面活性劑產量最大，但不能與陽離子界面活性劑混用，以免產生沉澱而失去效用。其分類包括：皂性清潔劑(肥皂)及合成清潔劑(非皂性清潔劑)，因為製作工序簡單、成本不高，故在產量和用量都相當大。主要用途為「清潔、護膚、乳化」，在日常應用和工業用途上有很大的價值。²

2.陽離子性界面活性劑(Cationic Surfactant)：

陽離子性界面活性劑係指界面活性劑在水溶液中呈陽離子性者稱之。陽離子性界面活性劑一般很容易吸著在帶負電的固體表面而具柔軟性、帶電防止性、殺菌性等性質。其主要是含氮有機胺衍生物，由於其分子中的氮原子含有一對電子，故能以氫鍵與酸分子中的氫結合，使氨基帶正電荷。因此，其在酸性介質中才具有良好的界面活性；而在鹼性介質中容易析出而失去界面活性。除含氮陽離子界面活性劑外，目前尚有含硫、磷、砷等元素的陽離子界面活性劑。陽離子界面活性劑具有良好的「殺菌、柔軟、抗靜電、抗腐蝕」等作用，以及「乳化、潤濕」性能，也常常用於相轉移催化劑(Phase Transfer Catalyst, PTC)。但很少單獨做為洗滌劑，因許多基質的表面在水溶液中，特別在鹼性水溶液中通常帶有負電，在應用過程中，帶正電的界面活性劑會在基質表面形成親水基向內、疏水基向外的排列，使基質表面疏水而不利於洗滌，甚至產生負面作用。陽離子界面活性劑的主要應用領域是利用其結構上的特點，使用於其他特殊方面。

3.兩性界面活性劑(Amphoteretic Surfactant)：

兩性界面活性劑是因水溶液的 pH 使界面活性劑本身產生呈陰離子性、陽離子性的共存狀態，一般常使用者幾乎為羧酸鹽型，可以再分類為氨基酸型、甜菜鹼型(羧酸基甜菜鹼、磺基甜菜鹼、磷酸脂甜菜鹼型)及

2. 蘇裕昌，〈界面活性劑的基礎及應用〉，VOL,19 No.1 漿紙技術雜誌 (2015)，頁 8-14~24-29。

咪唑啉型。甜菜鹼型兩性界面活性劑，最大的特點是無論在酸性、中性或鹼性的水溶液中都能溶解，滲透力、去污力及抗靜電等性能也較好。因此，是較佳的乳化劑、柔軟劑，對皮膚或眼睛刺激性小，被廣泛應用在提升洗淨性、起泡性的補助藥劑。咪唑啉型界面活性劑(Midazoline Amphoteric Surfactant)具有高效、無毒、低刺激性，且有優良生物降解特性。

兩性型界面活性劑，在使用上特點是呈鹼性時表現為陰離子界面活性劑，呈酸性時，表現為陽離子界面活性劑。惟陽離子性和陰離子性處於平衡的等電點時，親水性變小生成沉澱，印染工業主要用作織物柔軟劑、滲透劑、淨洗劑、抗靜電劑等，廢水處理則並廣泛運用於化學工業廢水、廢液處理，民生污水處理。

4.非離子性界面活性劑(Nonionic Surfactant)：

非離子性界面活性劑被水溶解也不呈離子性，具有使用「簡便性、具滲透性、乳化/分散性、洗淨性」等性能，近年來非離子性界面活性劑的使用量急劇增加，與陰離子性界面活性劑並列為主力的界面活性劑。

三、自配標準樣品界面活性劑探討

物理除污是從表面去除化學及生物戰劑，包括「水，熱空氣、風化及界面活性劑」。目前使用的界面活性劑可分為三類：陰離子界面活性劑、陽離子界面活性劑、非離子界面活性劑。運用界面活性劑的目的不是對化學及生物戰劑(CB Agents)或工業毒性化學物質(TIM)解毒，而是將其溶解成可以解毒的溶液。就性能而言，陰離子界面活性劑比陽離子或非離子界面活性劑更強大。

油包水微乳液是大致成球形的水微滴，表面塗有界面活性劑，是一種透明或半透明、熱力學穩定、各相同性的兩種分散體，具有由表面活性分子的界面膜穩定的一種或兩種液體的不混溶液體。其是由球形水微滴表面塗覆界面活性劑的表面膜，例如十二烷基硫酸鈉(SDS)、丁醇(BuOH)，並分散在油的連續相(例如己烷)。其他合適的表面非排他性包括十六烷基三甲基銨氯化物(CTAC)及聚氧乙烯醚，例如聚氧乙烯異辛基苯基醚(Triton X-100)。美國化學專利 US 7,442,677 B1 研究認為十二烷基硫酸鈉(SDS)、聚氧乙烯異辛基苯基醚(Triton

X-100)皆是對化學、生物戰劑具有相當作用的界面活性劑。³

實驗樣品 82 式清除劑為鹼性物質，所以為維持或提升 82 式清除劑鹼性，必須選擇適量鹼性化學物質作為添加對象，常用強鹼化學物質以氫氧化鈉(NaOH)、氫氧化鉀(KOH)、氧化鈣(CaO)、氫氧化鈣(Ca(OH)₂)為標的，探討文獻對於強鹼物質運用於消除化學及生物戰劑的相關研究，其中以氫氧化鈉(NaOH)較佳。

氫氧化鈉(NaOH)、氫氧化鉀(KOH)、氧化鈣(CaO)、氫氧化鈣(Ca(OH)₂)等化學物質與水混合會產生高濃度的氫氧根離子。這些化合物在溶液中時，是與化學試劑反應的有效水解劑，其中氫氧化鈉是溶液中使用最廣泛的鹼，因其具有這些化合物中最高的溶解度，氫氧化鉀次之，氧化鈣和氫氧化鈣的溶解度則是最低。⁴

氫氧化鈉與持久性及神經性 G 系化學戰劑的解毒反應主要是鹼性水解，在與神經性毒劑 GB 的反應中，氫氧鍵破壞磷-氟鍵並形成磷-氧鍵，故氫氧根離子對 GB 非常有效，但對於神經毒劑 VX 則效能不佳，因為 VX 關鍵鍵是磷-硫鍵，雖然氫氧根離子會破壞 P-S 鍵，但有一個競爭反應會取代乙氧基(ethoxyl)帶有羥基(hydroxyl)，形成甲基硫代膦酸酯(美軍代號 EA2192)化合物，此種化合物與 VX 化學戰劑毒性相當，根據反應條件最多可產生 14%的 EA2192。此外，VX 化學戰劑在氫氧化物等鹼性溶液中的溶解度低，室溫溫度條件下其反應速度亦低。

氫氧根離子對糜爛性化學戰劑 HD 同樣具有解毒效用，其與 HD 反應中氫氧根離子取代氯原子產生鹽酸，由於 HD 在水性體系(如氫氧化物)中的溶解度很低，大部分反應是發生在 HD 與水之間的界面，因反應速度太慢而無法達到解毒目的，通常必須運用能夠提高反應速率的技術，包括攪拌及將反應混合物升溫至 100 °C。

氫氧化鈉(NaOH)也可以溶解在有機溶劑中形成非常有效的消除藥劑，最著

3. "Activated peroxide solution with improved stability useful for the decontamination of chemical warfare agents", US PATENT Patent No.: US 7.442,677 B1, Date of Patent: Oct. 28, 2008, pp.1-4.

4. "Guide for the Selection of Chemical, Biological, Radiological, and Nuclear Decontamination Equipment for Emergency First Responders Preparedness Directorate Office of Grants and Training Guide", U.S. Homeland security 2nd Edition pp.29-31.

名即是「除污解決方案 2 或 DS2」，該溶液是由二亞乙基三胺(DETA)70%、2-甲氧基乙醇(也稱為乙二醇單甲醚，EGME)28%和、NaOH2%調和而成，在該溶液中 NaOH 與 EGME 反應形成乙醇鹽，添加 DETA 後，任何游離鈉離子都會與 DETA 迅速結合，導致氫氧根離子高反應性，有效增加鹼性溶液的強度。目前 DS2 正在被替換，因其對環境及人員健康有影響，國軍已開發新型消除劑。

實驗藥品

為求實驗具備可信度，研究目的在探討國軍部隊現存 82 式清除藥劑活性，及活化再利用可行性。原產製單位中科院研製配方所使用成分研判為工業大量生產化學品，本文結論若可採添加少量鹼性化學品以活化早期生產藥劑效能，應以不會造成部隊負擔為考量基準，且取得容易及價格低廉之化學品為主，因此本研究所用藥品皆是以坊間可取得一般化工原料，實驗所用藥品說明如下。

一、實驗標的樣品

以國軍部隊現有庫儲 82 式清除劑為研究標的，經訪談各軍司令部計畫、採購單位，以及中科院研發、製造部門，並廣泛調查國軍各部隊目前庫儲現品實況，計取得下列製造日期批次樣品，如圖 2 所列。

(一)850613(批號：8527)。

(二)850614(批號：8528)。

(三)850617(批號：8529)。

(四)870105(批號：8701)。

(五)881102(批號：8901)。



圖 2 國軍通用 82 式清除劑各批次製造日期及數量

資料來源：作者自製。

二、實驗標的樣品特性分析

本研究對象 82 式清除劑為中科院參考美軍及北大西洋公約組織(North Atlantic Treaty Organization, NATO)國家發展的消除作業藥劑，鑒於國軍長久以來所使用消除劑如超級漂白粉(Super Tropical Bleach, STB)及 DS2(Decontamination Solution #2, DS2)，⁵對裝備外表油漆、金屬均有很強腐蝕性，以及對作業人員及環境亦有相當危害，故中科院化學所依據國軍核生化除污作業須要開發新型藥劑，並制定對裝備及設施新穎消除作業規範，運用新型藥劑配方，改良美軍消除程序「初洗、噴藥、反應、清洗」，採行「先將裝備污染物清除後，再進行消除作業程序」，經運用真實糜爛性化學戰劑驗證，清除效果符合作戰需求。

依據文獻資料所顯示 82 式清除劑係由「乳化劑、抗腐蝕劑、pH 值調節劑、陰離子界面活性劑、陽離子界面活性劑及水」等多種成分混合而成，主要成分包括「水、偏矽酸鈉(Sodium Metasilicate)、界面活性劑 Surfactant 960SN、二乙二醇丁醚(Diethylene Glycol Monobutyl Ether)」，中科院以實毒實驗其清除速率較美軍 MIL-87936 清除劑與德國 KUCHER 公司 RM-54 清除劑效果更佳，且對於作業人員皮膚無刺激性，解決長久以來無法對精密裝備實施消除作業困境，可用於精密裝備表面清除作業，經實驗不會造成裝備損壞，運用界面活性劑乳化及起泡效用，可快速達到清除目的，平時可使用於裝備及車輛清洗作業。⁶以輕便消毒器作業為例，12 公升僅須添加 500 毫升 82 式清除劑，即可達到除污效果，噴灑時間及面積如表 4 所列。

5. 超級漂白粉(Super Tropical Bleach, STB)及 DS2(Decontamination Solution #2)為美軍制式消除車輛消除劑，國軍部隊也使用相當長一段時間，就當時化學工業水平及戰時需要，此二種消除劑反應迅速有效，生產容易物美價廉，但對人員、裝備，尤其是環境其實是傷害很大，甚至對人員有致癌風險，科技進步確實反應在化學材料上，界面活性劑運用即是最好的例證，人類科展發展應該兼顧永續生態，戰時可以忽略，但平時就應將其納入考慮重點。

6. 蔡石良，〈八二式清除劑與消除劑簡介〉《核生化防護學術季刊》，第 6 卷 51 期，85 年 2 月 16 日，頁 40。

表 4 輕便消毒器使用 82 式清除劑作業能量表

區分	使用裝備	使用藥劑	噴灑時間	噴灑面積
1.	輕便消毒器	82式清除劑	11.5分鐘	95平方米
2.	輕便消毒器	STB、DS2	3-6分鐘	24平方米
附註	使用STB容易沉澱，阻塞消毒器管路，影響作業時效。			

資料來源：作者自製。

三、82 式清除劑安全資料(SDS)

82 式清除劑添加偏矽酸鈉、二乙二醇丁醚及界面活性劑 960SN，經查詢文獻資料庫對於上述藥品均有提列安全資料表，經彙整及摘錄健康危害效益，計有「進入人體途徑、健康危害效應及暴露之徵兆及症狀」等三項，彙整注意事項如表 5 所列，提供各單位參考，故使用 82 式清除劑應穿著防護裝具，以確保人員安全。

表 5 國軍部隊 82 式清除劑化學成分安全資料摘要表

區分	方式及效應分析
進入人體途徑	吸入、皮膚接觸、吞食。
健康危害效應	1.急性： (1)吸入會引起咳嗽和鼻子、喉嚨及肺部的刺激。 (2)可能刺激皮膚，引起灼傷及皮膚炎。 (3)接觸眼睛可能引起疼痛，暫時輕度至中度刺激、疼痛、紅腫、灼傷、造成眼睛傷害。 (4)食入會引起食道刺激、胃痛、嘔吐和腹瀉、呼吸與心跳加速、低血壓、暈迷，影響腎功能或死亡。 2.慢性： (1)反覆及長期皮膚接觸可能引起皮膚炎(紅、浮腫、痛癢及皮膚龜裂)。 (2)可能引起過敏性皮膚炎及濕疹。
暴露之徵兆及症狀	可能引起刺激，咳嗽、起喘、皮膚炎、腹瀉、噁心、嘔吐、腹痛、灼傷、胃痛、呼吸困難。

資料來源：<http://orglab.thu.edu.tw/>，檢索日期：民國 110 年 3 月 23 日。

四、自配標準樣品主要藥劑成分

82 式清除劑原配方使用界面活性劑 960SN 係屬於壬基酚環境荷爾蒙，因

於現行環保法規對於壬基酚使用限制，且此種界面活性劑目前市售化學品已無法取得，經市場商品查訪及諮詢化學品供應商意見，遂以文獻探討所得資訊改選用特性、效能概略相同兩種界面活性劑調配本實驗自配驗標準品，所使用藥劑如圖 3 於后所列：

(一)偏矽酸鈉：帝一化工，CAS NO. 10213-79-3，純度未標示。

(二)磷酸三鈉：帝一化工，CAS NO. 10101-89-0，純度 98%。

(三)磷酸：帝一化工，CAS NO. 7664-38-2，純度 85%。

(四)二乙二醇丁醚：帝一化工，CAS NO. 112-34-5，純度 99%。

(五)三乙醇胺：帝一化工，CAS NO. 102-71-6，純度 85%。

(六)界面活性劑：

1.帝一化工，十二烷基聚氧乙醚硫酸鈉 (Sodium Polyoxyethylene Lauryl Ether Sulfate，商品名稱：EMAL #20 起泡劑)，CAS NO. 68585-34-2 / 68891-38-3 / 9004-82-4，純度 28%。

2.帝一化工，商品名稱 Triton X-100，CAS NO. 9002-93-1，純度 97%。

(七)甲醇：默克股份有限公司，CAS NO. 67-56-1，液相層析級。

(八)試劑水：電阻率達 18.2 MΩ-cm，現取現用。



圖 3 本研究實驗用藥品包裝實品照片

資料來源：<https://shop.dechemical.com.tw/>，檢索日期：民國 110 年 3 月 30 日。

五、實驗儀器

為檢測 82 式清除劑定量定性分析、量測 pH 值及導電度，本研究使用儀器包括「紫外光-可見光光譜儀(Ultraviolet/Visible Spectrophotometer, UV-Vis)、傅立葉紅外光光譜儀(Fourier-transform infrared spectroscopy, FTIR)、高效能液相層析儀(High performance liquid chromatography, HPLC)」等高階精密儀器(如圖 4-6)，以及運用酸鹼度測定計(pH meter)及導電度測定計 (Conductivity Meter) (如圖 7-8)，量測 82 式清除劑穩定度及降解情形。



圖 4 紫外光-可見光分光光譜儀



圖 5 傅立葉紅外光光譜儀光譜儀

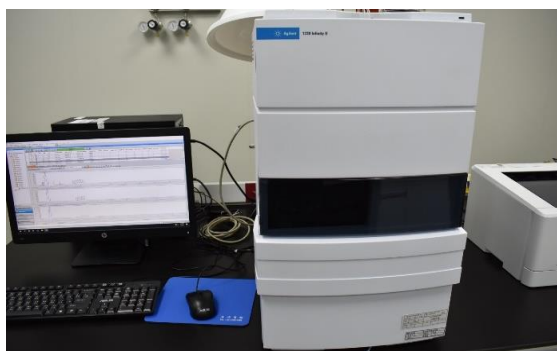


圖 6 高效能液相層析儀



圖 7 酸鹼度測定計



圖 8 酸鹼度測定

實驗設計及步驟

一、實驗設計(如圖 9)

二、實驗步驟

(一)紫外光-可見光光譜分析

以試劑水為背景及稀釋溶劑，取得波長範圍 190~600 奈米之紫外光-可見光光譜圖，掃描速度 480 奈米/分、取點間隔 1.0 奈米、狹縫寬度 1.0 奈米、溶液樣品光徑長 1.0 奈米。

(二)紅外光光譜分析

液態樣品直接滴於 ATR 視窗晶體表面、固態樣品以瑪瑙研鉢研磨後，加壓覆蓋於 ATR 視窗晶體表面，掃描波數範圍 $4000 \sim 650 \text{ cm}^{-1}$ 之紅外光光譜，掃描次數 8 次、光譜解析度 4 cm^{-1} 。

(三) 高效能液相層析分析

依紫外光-可見光光譜分析所得之最適宜檢測濃度結果，將樣品以試劑水稀釋，樣品經孔隙大小為 0.22 微米、親水性聚四氟乙烯濾膜過濾後，再以高效能液相層析儀檢測，層析條件為流動相 100% 試劑水、流速 1.0 毫升/分，檢測波長為 198 奈米、220 奈米、274 奈米。

(四) 酸鹼度及導電度測量

82 式清除劑之酸鹼度及導電度測量方式為直接取原液進行分批次量測，為避免單一瓶清除劑因個別保存因素造成測量代表性偏差，故各批號清除劑儘可能取 3 瓶做代表，若無法取得 3 瓶，至少須有一瓶，每瓶測 3 次後平均以作為該批號量測值。自配清除劑標準劑亦調配出 3 瓶，以避免單一測量造成數據偏差，每瓶同樣測定 3 次後平均做為自配標準清除劑參考數值。

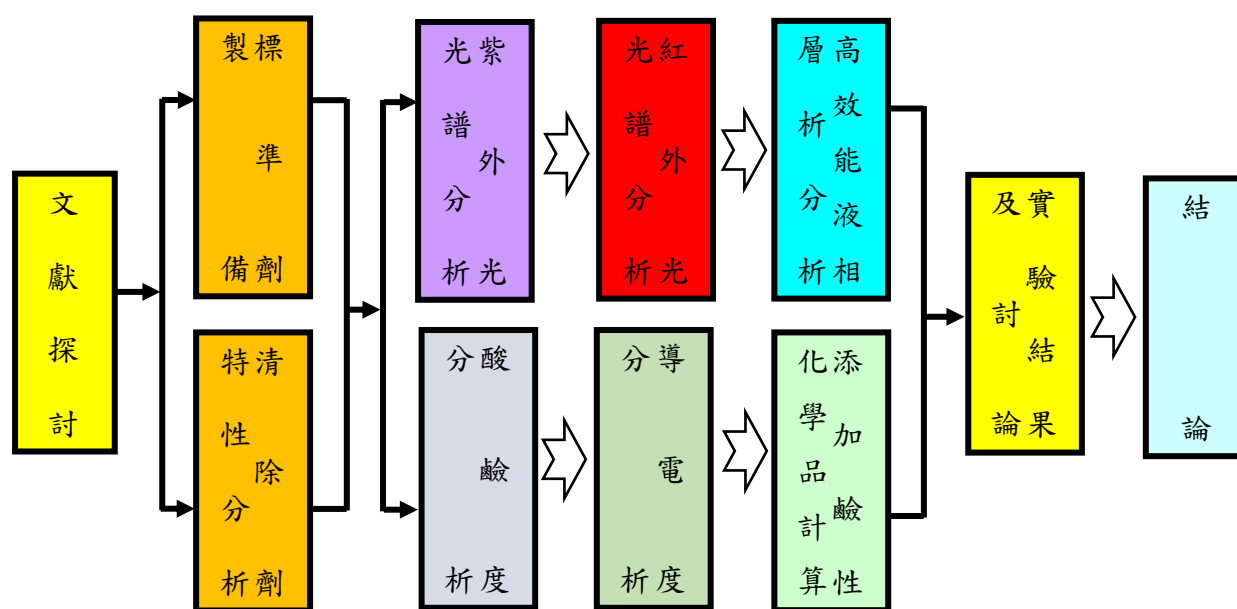


圖 9 本研究實驗設計流程圖

三、儀器分析實驗樣品

(一) 紫外光-可見光光譜分析

1. 機型：PerkinElmer Lambda 25。

(1)參考及稀釋溶劑：去離子水。

(2)自配標準樣品清除劑配製：依據文獻蒐集結果，研判 82 式清除劑成分如表 6 所列，並將採購化學藥品按配方比例完成標準品調配。

自配清除劑調配過程發現將所有藥劑混合完成後再加注界面活性劑，易造成水溶液產生有沉澱物現象，歷經數次調整程序後發現，除三乙醇胺外，其餘藥劑先行混合，再加入三乙醇胺，最後按比例加注離子水，才能產生外觀清澈水溶液。

表 6 國軍通用 82 式清除劑各成分研判表

項次	化學品	CAS NO.
1.	偏矽酸鈉	10213-79-3
2.	磷酸三鈉	10101-89-0
3.	磷酸	7664-38-2
4.	二乙二醇丁醚	112-34-5
5.	三乙醇胺	102-71-6
6.	界面活性劑-EMAL #20	9004-82-4
7.	界面活性劑-Triton X-100	9002-93-1
附註	自配標準樣品1(1~5+6)；自配標準樣品2(1~5+7)。	

資料來源：作者自製。

2.82 式清除劑波長範圍量測：

為取得清除劑水溶液紫外光-可見光波長範圍特徵吸收圖譜，先將 82 式清除劑以去離子水稀釋後進行紫外光-可見光光譜儀掃描，稀釋比例按 1/400、1/300、1/200、1/100、1/50、1/40、1/30、1/20、1/10（清除劑/去離子水）製成 9 種樣品，各批次紫外光-可見光光譜圖如圖 10 所示，圖譜中主要可見到 2 處吸收峰分別為 198 奈米及 274 奈米、以及 220 奈米 1 處側肩峰。隨著濃度增加(稀釋比例降低)，波長 198 奈米的吸收峰會出現紅移且波形變得寬廣，當稀釋比例低於 1/100 之後，此吸收峰會與波長 220 奈米側肩峰會合成一寬廣吸收。另將不同吸收峰之吸收度對稀釋比例作圖，圖 11 為取吸收波長 198 奈米處吸收峰，結果顯示吸收度與稀釋比例具線性範圍約為稀釋比例 1/200 以下，之後隨著濃度提升吸收度漸趨飽和；圖 12 為取吸收波長 220 奈米處側肩峰，

結果顯示吸收度與稀釋比例具線性範圍約為稀釋比例 1/100 以下，之後隨著濃度提升吸收度漸趨飽和；圖 13 波長 274 奈米處吸收峰，結果顯示吸收度與稀釋比例具線性範圍約為稀釋比例 1/20 以下。

分析自配標準樣品清除劑 EMAL#20 溶液的紫外光-可見光光譜圖及稀釋比例關係圖(如圖 14-15)，圖中顯示光譜吸收皆出現在波長短於 240 奈米範圍，要出現明顯吸收波長甚至在短於 210 奈米以下，此結果明顯與 82 式清除劑（不論製造日期）所得之紫外光-可見光光譜圖有明顯落差，82 式清除劑在波長 220 奈米處會出現側肩峰、波長 198 奈米、274 奈米處會出現吸收峰，推測可能是原配方採用的界面活性劑 960SD 應含有芳香環結構，故再另外調配標準樣品界面活性劑 Triton X-100 聚乙二醇單辛基苯基醚(Polyethylene Glycol-p-isooctylphenyl Ether)進行研究。

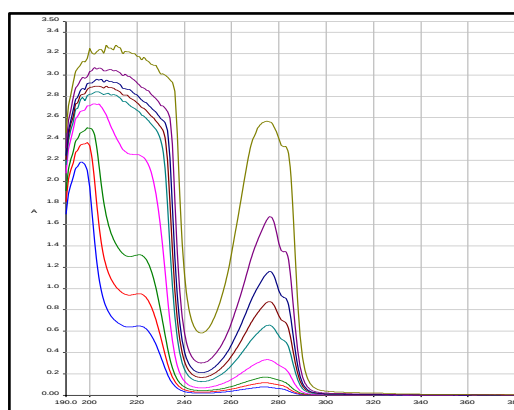


圖 10 82 式清除劑各批次不同濃度 UV 光譜圖

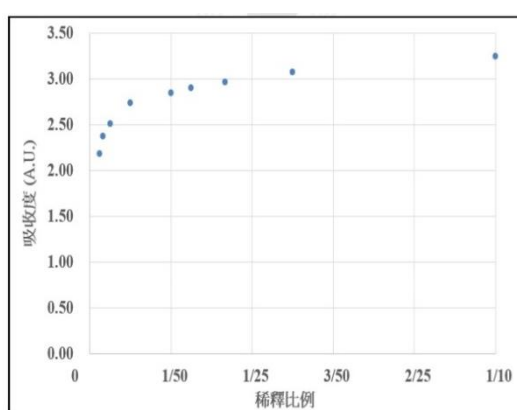


圖 11 82 式清除劑各批次波長 198nm 波峰吸收度 vs.稀釋比例關係圖

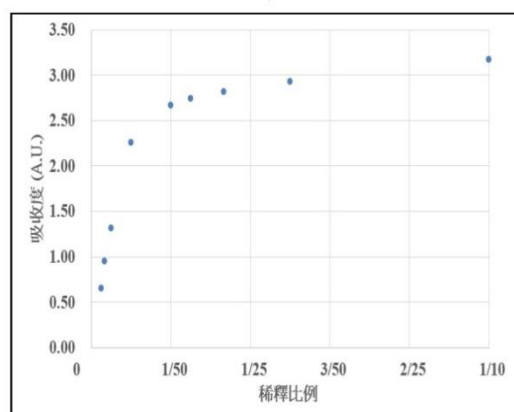


圖 12 82 式清除劑各批次波長 220nm 側肩波峰吸收度 vs.稀釋比例關係圖

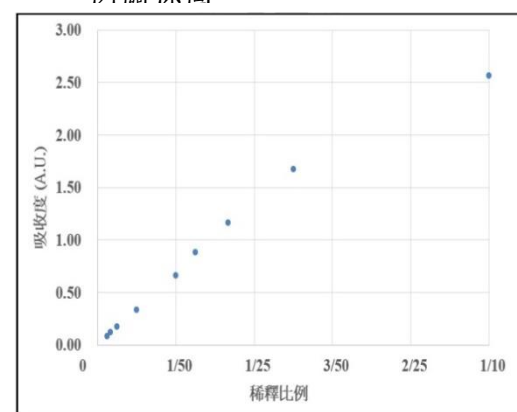


圖 13 82 式清除劑各批次波長 274nm 波峰吸收度 vs.稀釋比例關係圖

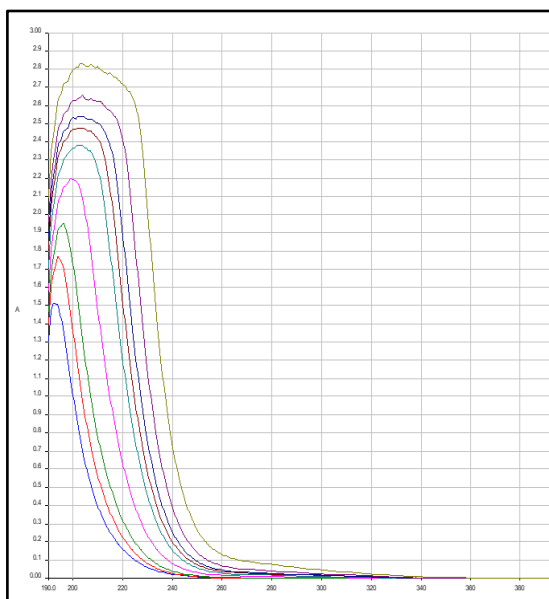


圖 14 自配清除劑 EMAL #20
不同濃度溶
液 UV 光譜圖

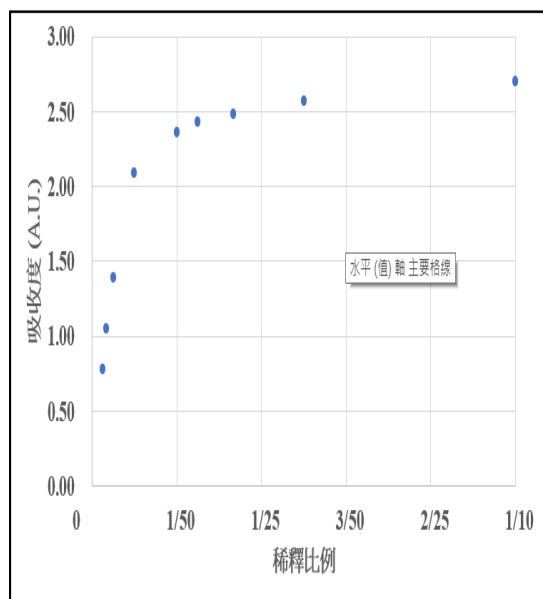


圖 15 自配清除劑 EMAL#20
波長 194nm 波峰吸收度 vs.
稀釋比例關係圖

分析界面活性劑 Triton X-100 與前述採用界面活性劑 EMAL#20 化學鍵差異主要為苯環結構，於配置溶液以探討其紫外光-可見光光譜圖，考量原界面活性劑原料濃度僅為 30%，換算清除劑中界面活性劑含量約為 1.2%，因此探討 Triton X-100 溶液濃度亦配製為 1.2%。圖譜中可見到在波長 196 奈米及 275 奈米出現 2 處吸收峰，及在波長 221 奈米處出現一側肩峰(如圖 16)，進一步將此 2 處吸收峰及 1 處側肩峰吸收度對稀釋比例做圖 (如圖 17~19)，由圖中顯示波長 196 奈米、221 奈米及 275 奈米處吸收度呈線性範圍分別為稀釋比例高於 1/200、1/100 及 1/20。

(二)紅外光光譜分析

1.機型：PerkinElmer Fronter 100 搭配 PIKE ATR 配件，晶體材質為鍺。

2.樣品配製：

實驗樣品製作兩種樣品，一為原液 82 式清除劑，以原性狀液態直接上機分析；另一為原液經過 50 °C 烘箱乾燥 12 小時以上乾燥處理後，再以瑪瑙研鉢研磨後上機分析，分析所得圖譜 82 式清除劑各批次原液如圖 20，乾燥如圖 21。自配清除劑同樣製作兩種樣品：EMAL#20 原液如圖 22，乾燥如圖 23；Triton X-100 原液如圖 24、乾燥如圖 25。

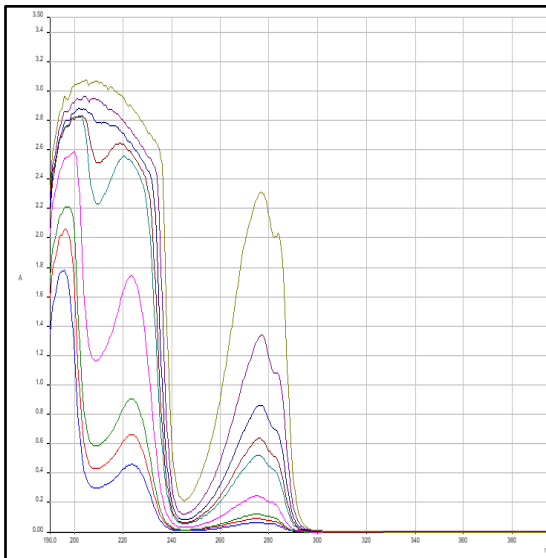


圖 16 自配清除劑 Triton X-100 不同濃度溶液 UV 光譜圖

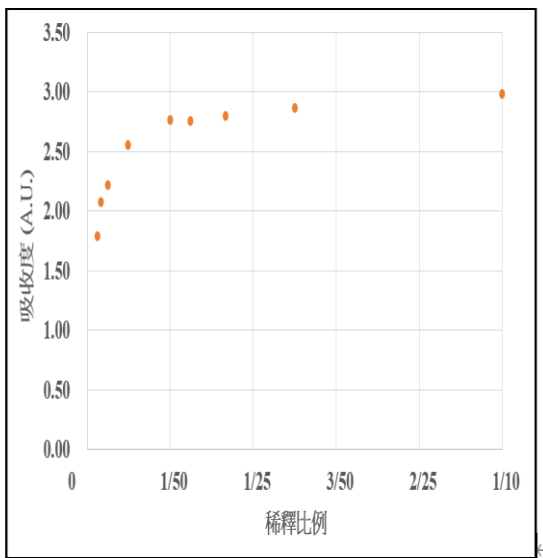


圖 17 自配清除劑 Triton X-100 波長 196nm 波峰吸收度 vs.稀釋比例關係圖

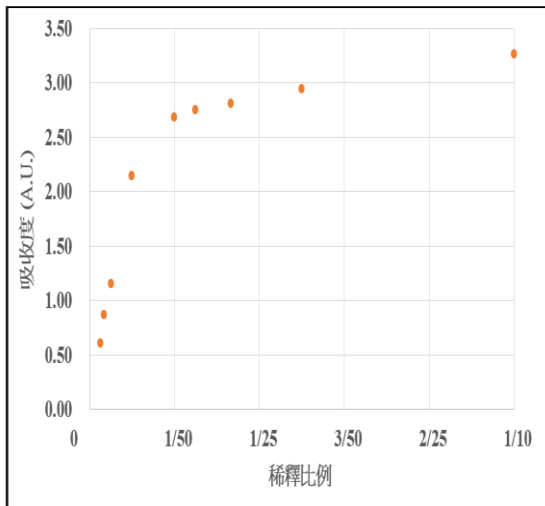


圖 18 自配清除劑 Triton X-100 波長 221nm 側肩波峰吸收度 vs.稀釋比例關係圖

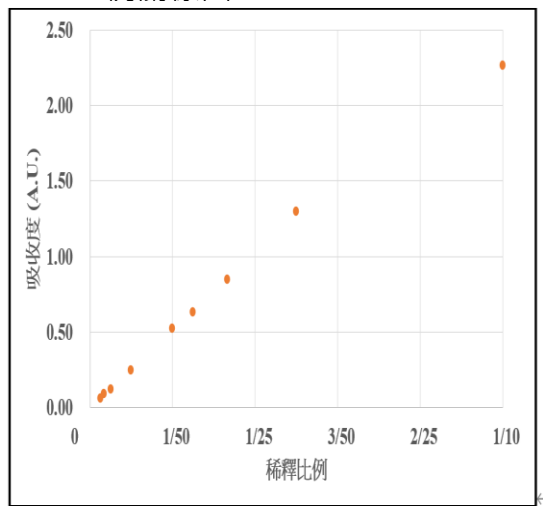


圖 19 自配清除劑 Triton X-100 波長 275nm 波峰吸收度 vs.稀釋比例關係圖

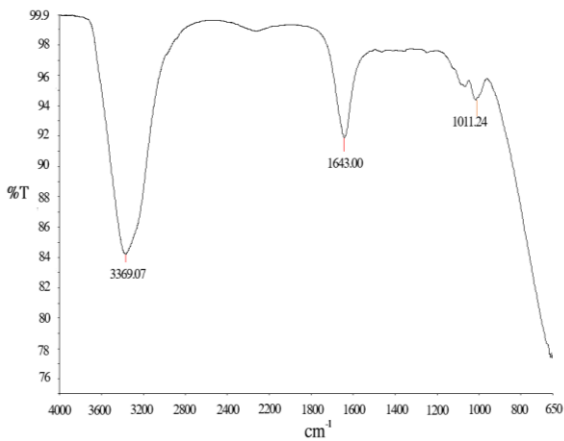


圖 20 82 式清除劑各批次(原液) FTIR 光譜

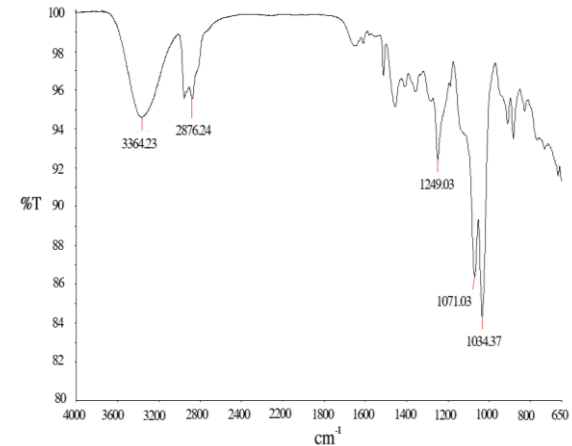


圖 21 82 式清除劑各批次(乾燥) FTIR 光譜

(1)檢測範圍：4000～650 cm^{-1} 。

(2)掃描次數：8 次。

(3)解析度：4 cm^{-1}

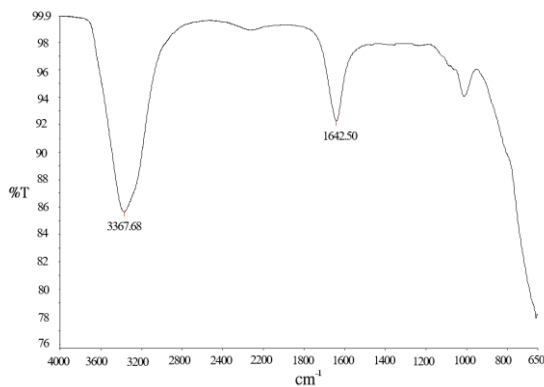


圖 22 自配清除劑 EMAL #20 (原液)FTIR 光譜圖

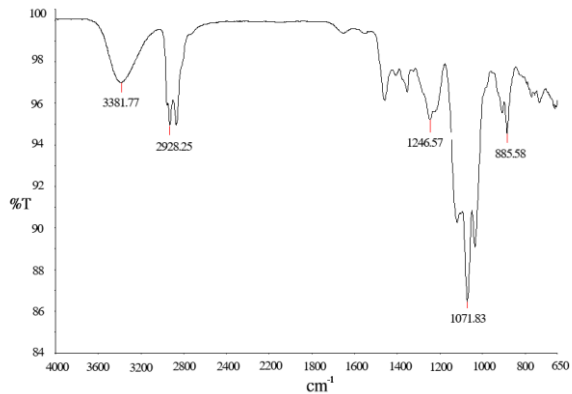


圖 23 自配清除劑 EMAL #20 (乾燥)FTIR 光譜圖

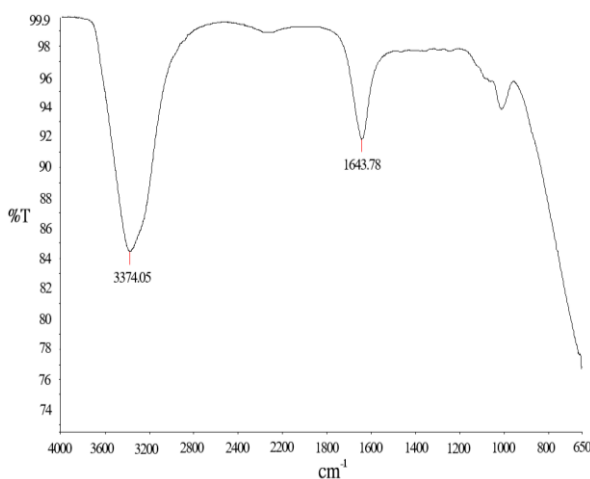


圖 24 自配清除劑 Triton X-100(原液) FTIR 光譜圖

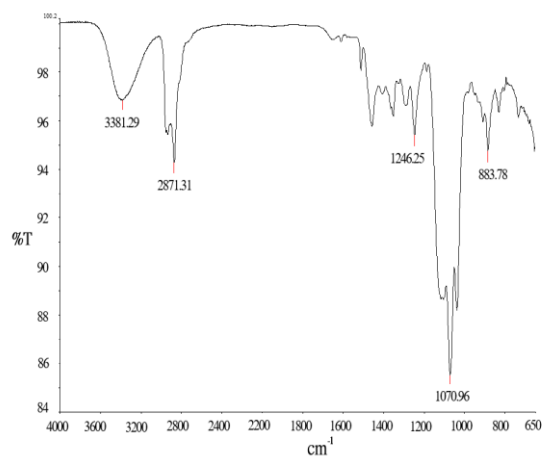


圖 25 自配清除劑 Triton X-100(乾燥) FTIR 光譜圖

(三)高效能液相層析分析

為確認 82 式清除劑各年度樣品目前實際降解情形，以及與自配樣品之間差異性，除前面已完成紫外光-可見光光譜儀及紅外光光譜儀分析外，另外再調製樣品運用高效能液相層析儀(High Performance Liquid Chromatography, HPLC)實施分析，以作為 82 式清除劑調配比例依據。

實驗將每個年度所生產製造 82 式清除劑、自配標準樣品及界面活性劑 Triton X-100 分別調製成稀釋 10 倍、50 倍等 2 種樣品實施分析，分析結果 85 年 3 個樣品分析圖如圖 26，87-88 年樣品分析圖如圖 27，自配標準樣品及界面活性劑 Triton X-100 分析圖如圖 28 所示，因樣品僅在 274nm 處有明確分析反應，故針對 274nm 產出積分報告。

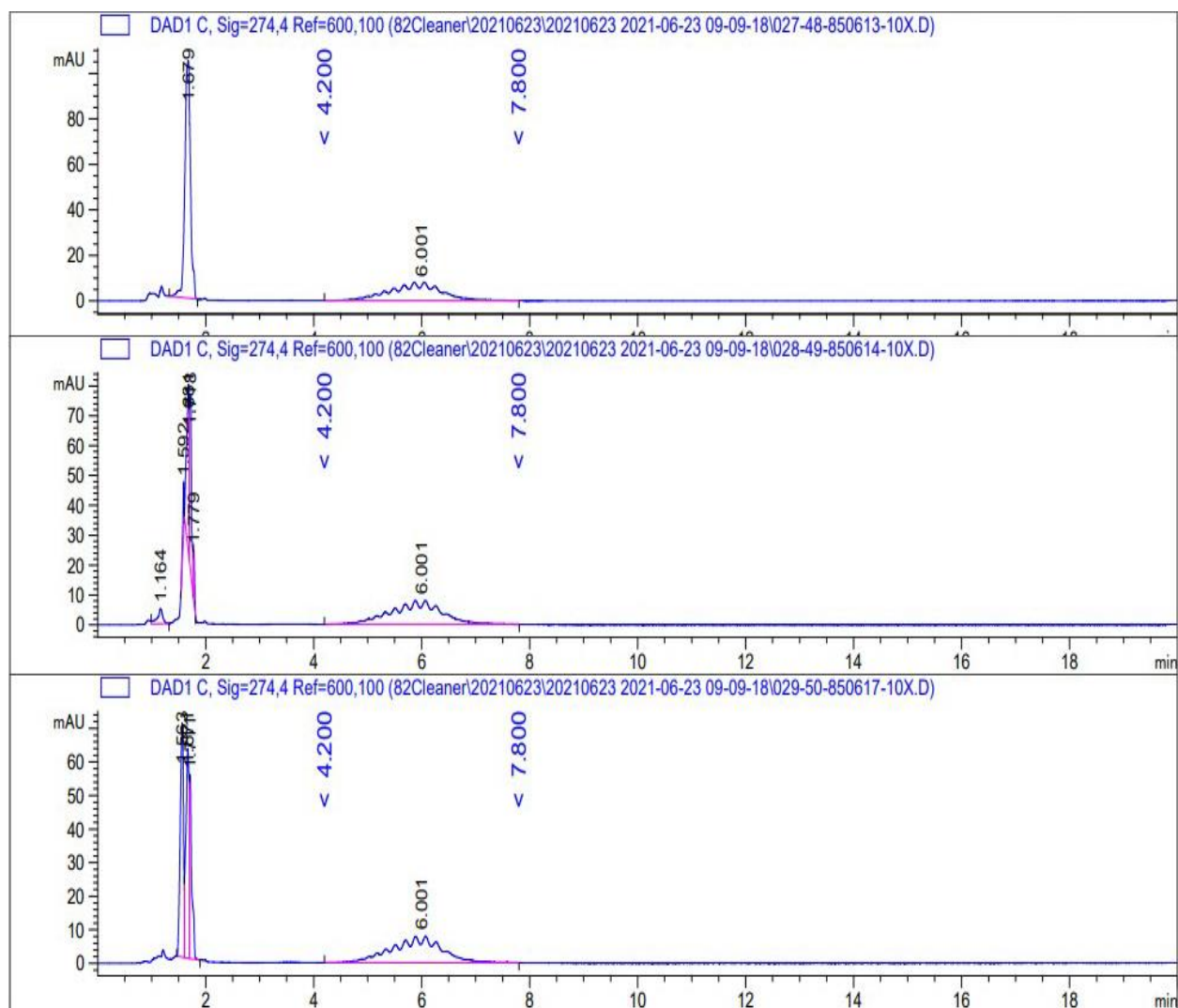


圖 26 82 式清除劑 85 年各批次 HPLC 分析圖
資料來源:作者實驗所得。

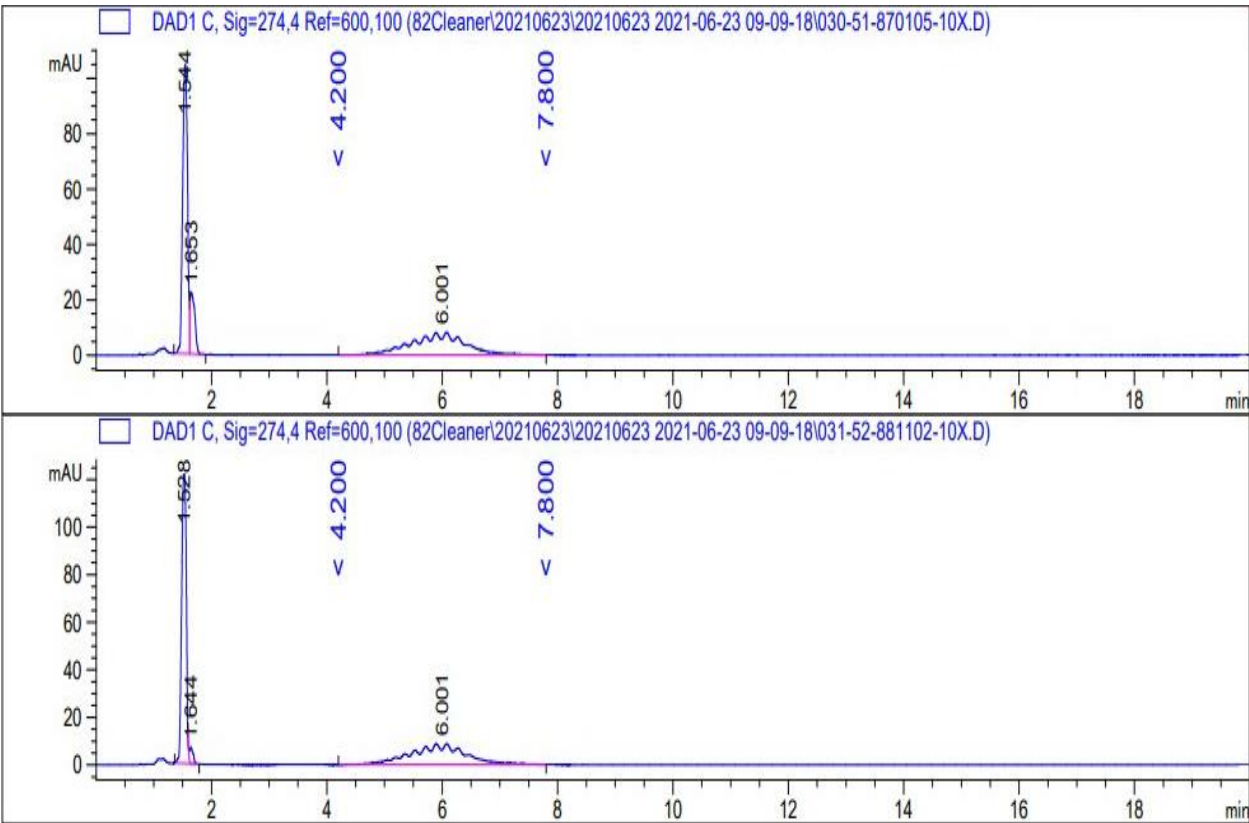


圖 27 82 式清除劑 87-88 年樣品 HPLC 分析圖
資料來源:作者實驗所得。

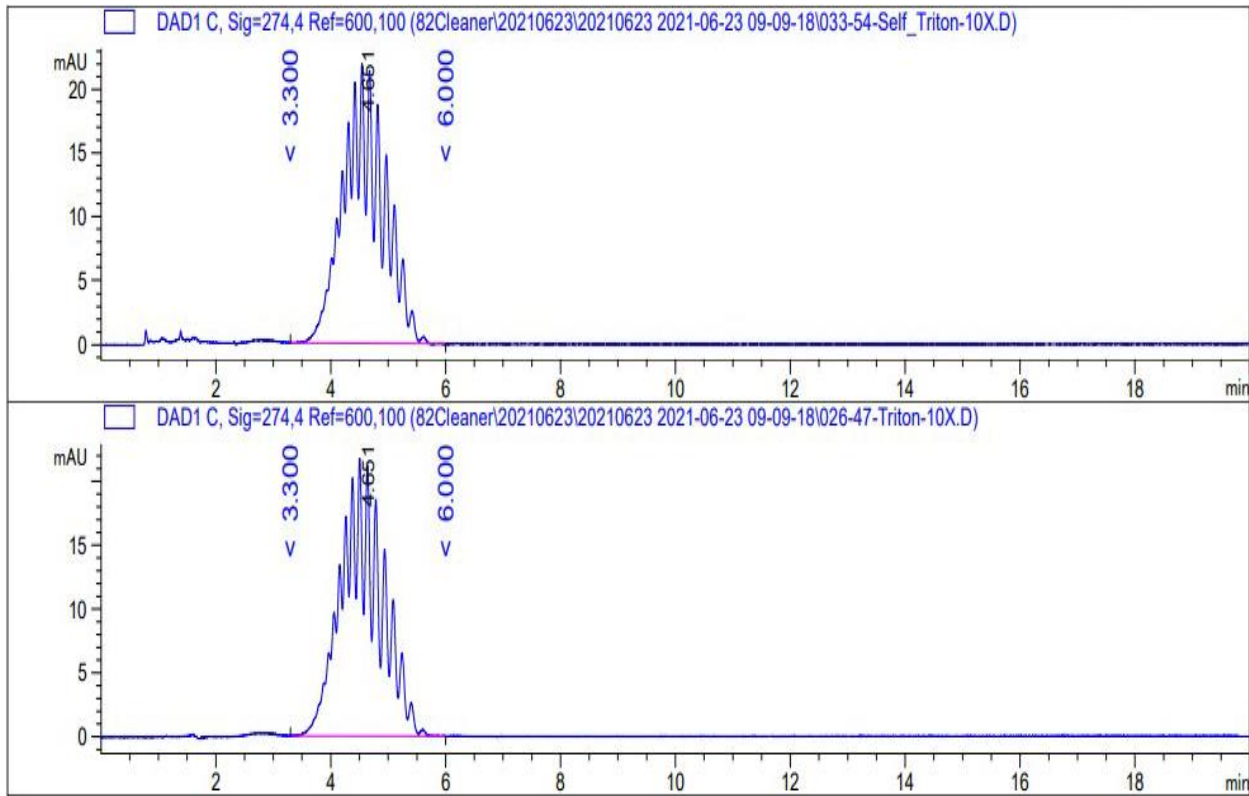


圖 28 自配標準樣品及界面活性劑 Triton X-100 HPLC 分析圖
資料來源:作者實驗所得。

依實驗儀器高效能液相層析儀產出分析報告顯示，波峰面積(數據統計如表 7)，經統計以界面活性劑 Triton X-100 最高，自配標準樣品 Triton X-100 次高，85 年 6 月生產 82 式清除劑則最低，數據顯示自配標準樣品定量結果為 85-88 年生產 82 式清除劑的兩倍，合理推論雖 85-88 年生產樣品目前狀態尚屬穩定，但其化學成分仍然有降解情形，甚至較自配標準樣品效能評估僅達二分之一，若按原設計比例調配消除藥劑，可能無法達到中科院原先配方設計消除效果。

表 7 82 式清除劑各年度、自配樣品 HPLC 274nm 數據表

項次	樣品	波峰面積	備考
1.	82式清除劑-850613	500.46194	274nm
2.	82式清除劑-850614	497.27820	274nm
3.	82式清除劑-850617	490.8983882	274nm
4.	82式清除劑-870105	502.38629	274nm
5.	82式清除劑-881102	548.15070	274nm
6.	自配樣品Triton X-100	972.25610	274nm
7.	界面活性劑Triton X-100	973.92041	274nm

資料來源：作者自製

(四)酸鹼度測定

利用酸鹼度計直接測量不同製造日期批號之清除劑的酸鹼度，為避免單瓶包裝保存因素造成測量數值之偏差，已儘可能每批號取得 3 瓶、每瓶測量 3 次後平均作為該批號清除劑的酸鹼度。統計 3 個年度各 5 樣品及自配清除劑 3 個樣品酸鹼度量測數值，分別求取各批次 pH 數值（數據統計如表 8），85 年批次所生產 82 式清除劑 pH 平均值已降至 11.58，最高 pH 值為 11.65；87 年所生產 82 式清除劑 pH 值平均值為 11.56；而 88 年生產 82 式清除劑 pH 值最低，目前 pH 平均值已降至 11.47。

總計 85-88 年間生產清除劑目前 pH 值位於 11.47 至 11.65 之間，實驗自配樣品清除劑 pH 值位於 12.18 至 12.20 之間，兩者 pH 值差距 0.61 至 0.55，顯示 82 式清除劑目前仍維持相當偏鹼性，顯示庫儲之清除劑酸鹼度不同製造日期並未呈現特殊偏酸或偏鹼的趨勢，推測庫儲清除劑酸鹼度的差異可能來自不

同原料批號或製造期間調配比例些微落差所產生的差異。

自配標準樣品清除劑 EMAL #20 或清除劑 Triton X-100 的酸鹼度平均值為 12.18 至 12.20 間，與庫儲之 82 式清除劑比較均呈現鹼性，推測剛出廠 82 式清除劑具有偏鹼的特性，清除劑會隨著出廠時間的增加與庫儲空氣中的二氧化碳產生結合，造成鹼度的下降。

表 8 國軍通用 82 式清除劑各批次及自配樣品酸鹼度分析

製造日期 (批號)	實測pH值			平均值	批號平均值
850613 (8527)	11.63	11.65	11.65	11.64	11.65
850613 (8527)	11.64	11.66	11.64	11.65	
850614 (8528)	11.60	11.61	11.60	11.60	11.60
850617 (8529)	11.49	11.49	11.49	11.49	11.49
870105 (8701)	11.53	11.56	11.60	11.56	11.56
870105 (8701)	11.52	11.59	11.57	11.56	
881102 (8901)	11.44	11.47	11.46	11.46	11.47
881102 (8901)	11.47	11.52	11.53	11.51	
881102 (8901)	11.40	11.43	11.45	11.43	
EMAL #20-1	12.14	12.12	12.11	12.12	12.18
EMAL #20-2	12.22	12.21	12.20	12.21	
EMAL #20-3	12.20	12.20	12.20	12.20	
Triton X-100-1	12.17	12.16	12.16	12.16	12.20
Triton X-100-2	12.22	12.22	12.22	12.22	
Triton X-100-3	12.21	12.21	12.21	12.21	

資料來源：作者自製。

依實驗設計須適度提升及還原清除劑鹼度，故須適量添加具備消除效果鹼性化學品，依文獻蒐集目前針對化學戰劑具有良好中和反應效果 - 氫氧化鈉 NaOH 為佳，添加物經查詢市售商品以容易取得手工肥皂製作 45%氫氧化鈉溶液較為便利，可以強化清除劑去污效果，計算 82 式清除劑酸鹼值採最低平均值 $11.43 \approx 11.5$ ，自配樣品則採 $12.20 \approx 12.5$ 為基準，其算式如下：

擬將 82 式清除劑酸鹼值自 pH11.5 調整為 12.5，計算基準以輕便消毒器專

用瓶裝 82 式清除劑 500ml 為例：

45% NaOH_(aq)：45g NaOH in 55g H₂O

NaOH 分子量 = 40g/mol

$$\text{莫耳濃度} = \frac{45\text{g}/40\text{g/mol}}{0.055\text{t}} = 20.45\text{M}$$

原〔OH⁻〕= 0.5X10^{-2.5} = 1.58x10⁻³ mol

調整後〔OH⁻〕= 0.5X10^{-1.5} = 1.58x10⁻² mol

假設加入 45% NaOH(aq)為 X 公升，算式如下：

$$X \cdot 20.45\text{M} = 1.58 \times 10^{-2} \text{ mol} - 1.58 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$X = 0.00054\text{l} = 0.54 \text{ ml}$$

求得 82 式清除劑每 500 毫升須添加 0.54ml 液態 45% NaOH

(五)導電度測定

為避免單瓶包裝保存因素造成測量數值之偏差，本實驗已盡可能將收集的 82 式清除劑樣品、每瓶測量 3 次後平均作為該批號清除劑的導電度數。每批次樣品導電度測量結果如表 9，數值顯示現有庫儲之 82 式清除劑導電度平均落在 19.93 至 20.47 mS/cm 之間，導電度並無明顯隨著出廠時間較久而上升或下降的趨勢，推測庫儲清除劑導電度的差異同樣來自不同原料批號或調製比例落差所產生的差異。

表 9 82 式清除劑各批次及自配標準樣品導電度測量統計

製造日期(批號)	原始測值(mS/cm)			平均值	批號平均值
850613 (8527)	20.00	20.11	20.00	20.04	20.01
850613 (8527)	19.96	19.99	20.01	19.99	
850614 (8528)	20.04	19.98	20.01	20.01	20.01
850617 (8529)	20.25	20.36	20.39	20.33	20.33
870105 (8701)	19.83	19.96	19.93	19.91	19.93
870105 (8701)	19.91	19.95	19.98	19.95	
881102 (8901)	20.33	20.44	20.43	20.40	20.46
881102 (8901)	20.26	20.33	20.36	20.32	
881102 (8901)	20.60	20.71	20.74	20.68	

EMAL #20-1	25.41	25.42	25.42	25.42	25.39
EMAL #20-2	25.41	25.42	25.49	25.44	
EMAL #20-3	25.29	25.33	25.32	25.31	
Triton X-100-1	23.53	23.59	23.63	23.58	23.65
Triton X-100-2	23.61	23.66	23.67	23.65	
Triton X-100-3	23.69	23.71	23.76	23.72	

資料來源：作者自製。

比較新配自配標準樣品清除劑 EMAL #20 及 Triton X-100 的導電度分別為 25.39 mS/cm 及 23.65 mS/cm，兩者間的差異研判主要來自於 EMAL #20 是離子型界面活性劑，而 Triton X-100 是非離子型界面活性劑。

庫儲 85-88 年間生產製造 82 式清除劑皆是使用同配方單一種壬基酚界面活性劑，目前其導電度確實皆較自配樣品清除劑明顯降低，推測其產生影響原因同樣可能來自於庫儲環境空氣中的二氧化碳，二氧化碳會與清除劑成分中離子型化合物結合而減少離子，進而降低導電度，顯示包裝材料無法有效阻絕空氣中二氧化碳，後續採購新品如改用較佳材料容器應可改善此一現象發生機率。

統計 82 式清除劑 3 個年度樣品及自配標準樣品導電度量測數值，分別求取各批次導電度平均數值，85 年各批次平均導電度值已降至 20.01mSv/cm，最高導電度僅為 20.33mSv/cm；87 年樣品導電度值為三個年度樣品中最低 19.93mSv/cm；88 年生產樣品導電度值為所有樣品中最高 20.47mSv/cm。

總計 85-88 年間生產清除劑目前導電度位於 19.93mSv/cm 至 20.47mSv/cm 之間，實驗自配樣品清除劑導電度值位於 23.65 至 25.39mSv/cm 之間，兩者導電度值差距 3.72-4.92mSv/cm，自 85 年生產至今已 25 年，平均每年導電度降低 0.1488 mSv/cm，據顯示 82 式清除劑目前仍在持續降解中，目前開封所見 82 式清除劑顏色清澈，但底部仍有水溶液常見懸浮沉澱物情形。

結果及討論

一、定量討論

第一部分比較分析取得 3 個不同年份製造日期之 82 式清除劑的紫外光光譜圖(如圖 29)，圖中顯示 2 個主要的吸收能帶，分別落在 190~240 奈米及 255~285 奈米之間，疊圖可見三個不同製造日期的清除劑中造成吸收峰的成分與

濃度幾乎概略相同，表示不論 85-88 年間那一年生產清除劑目前狀態尚屬穩定；而自配清除劑樣品 EMAL#20 僅有一個吸收能帶落在 190~235 奈米之間。

第二部分 82 式清除劑與自配清除劑 EMAL#20 在 190 到約 240 奈米之間具有寬廣的吸收能帶(如圖 30)，比較配方所提供之組成成分紫外光光譜圖，推測造成此吸收能帶主要是因為三乙醇胺成分，加上偏矽酸鈉與磷酸根離子所組成；但 82 式清除劑在 255~285 奈米間具有寬廣吸收能帶，而在各組成成分之紫外光光譜圖及自配清除劑之紫外光光譜圖中皆未顯現。

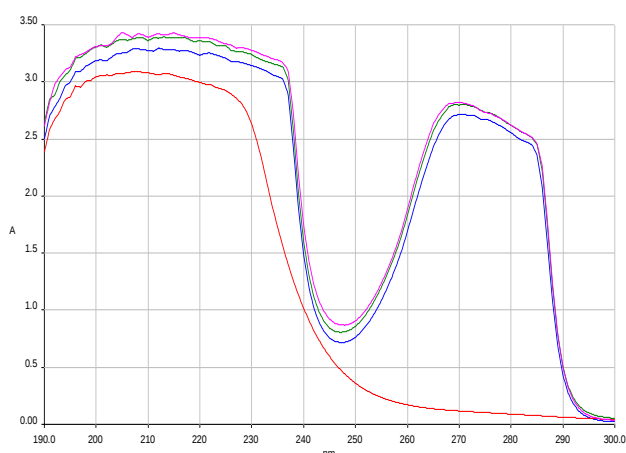


圖 29 82 式清除劑各批次與自配樣品 EMAL#20 UV 光譜疊圖

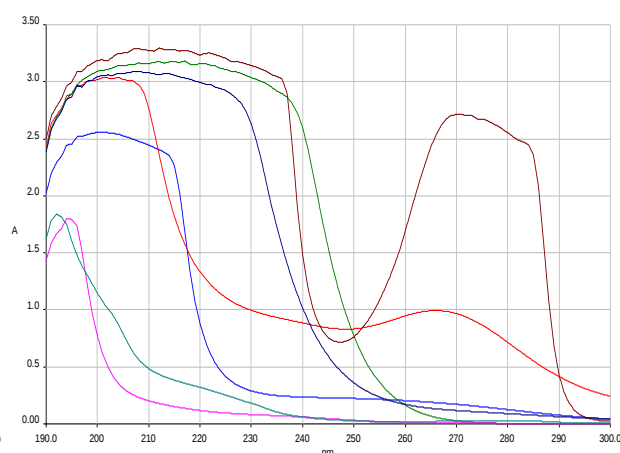


圖 30 82 式清除劑各批次與自配樣品 EMAL#20 各單一成分 UV 光譜疊圖

第三部分 82 式清除劑與自配清除劑 EMAL #20，稀釋比例為 1/200 溶液之紫外光-可見光光譜圖如圖 31 表示，藍色等 5 條線分別為 82 式清除劑-850613、850614、850617、870105、881102 等 5 個批號，紫外光-可見光光譜圖範圍中所見主要有三處吸收峰，波峰最大值分別落在 198 奈米、220 奈米與 274 奈米處，5 個製造批號所呈現的吸收峰峰型與吸收度無明顯差異；紅色線為自配清除劑 EMAL#20 之紫外光-可見光光譜圖，光譜圖僅具有一處吸收峰最大值落在 196 奈米處，由此推測自配清除劑 EMAL#20 成分與 82 式清除劑有明顯差異，應不宜作為比對 82 式清除劑標準樣品。

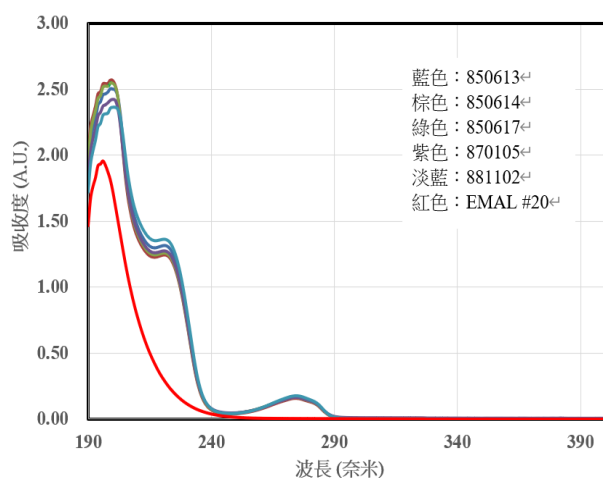


圖 31 82 式清除劑各批次與自配樣品 EMAL#20 UV 光譜疊圖

第四部分 82 式清除劑與自配清除劑 Triton X-100、稀釋比例為 1/200 溶液之紫外光-可見光光譜圖(如圖 32)，藍色等 5 條線分別為 82 式清除劑 850613、850614、850617、870105、881102 等 5 個批號，紫外光-可見光光譜圖範圍中所見主要有三處吸收峰，波峰最大值分別落在 198 奈米、220 奈米與 274 奈米處，5 個製造批號所呈現的吸收峰峰型與吸收度無明顯差異；紅色線為自配清除劑 Triton X-100 之紫外光-可見光光譜圖，光譜圖出現三處吸收峰同樣落在 198 奈米、220 奈米與 274 奈米處，與實驗樣品 82 式清除劑相同，且這 3 處波峰之吸收度亦與各式 82 式清除劑接近，推測 82 式清除劑所選用的界面活性劑應具苯環結構，因此 Triton X-100 界面活性劑調配標準樣品與 82 式清除劑實施分析應具相對可信度。

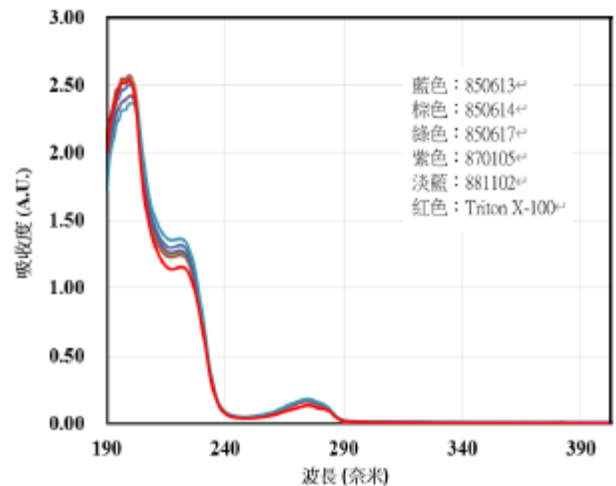


圖 32 82 式清除劑各批次與自配樣品 Triton X-100 UV 光譜疊圖

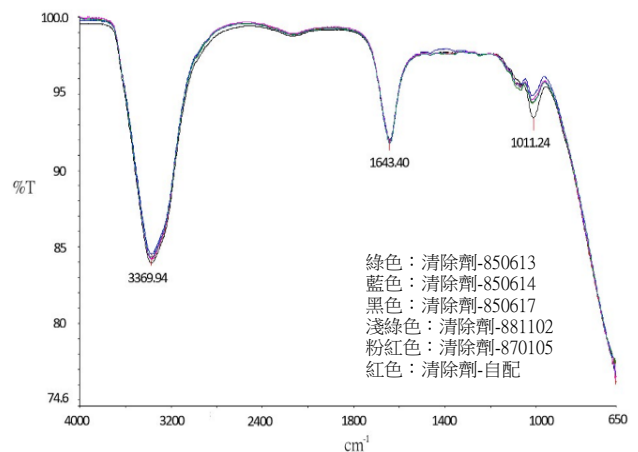


圖 33 82 式清除劑各批次(原液)與自配清除劑紅外光光譜疊圖

二、定性討論

第一部分如圖 33 所顯示在波數約 3369cm^{-1} 與 1643cm^{-1} 處為原液中含量最多成分-水的 OH 伸縮震動吸收峰，比較取得 3 個不同批號與自配清除劑光譜圖，此兩處吸收峰峰型特徵與強度幾乎一致，顯示水在清除劑中所占含量為絕對多數。圖譜中出現較明顯差異處為波數約 1011cm^{-1} 處吸收峰，此峰歸因為 82 式清除劑成分中所含的偏矽酸鈉 Si-O 伸縮震動

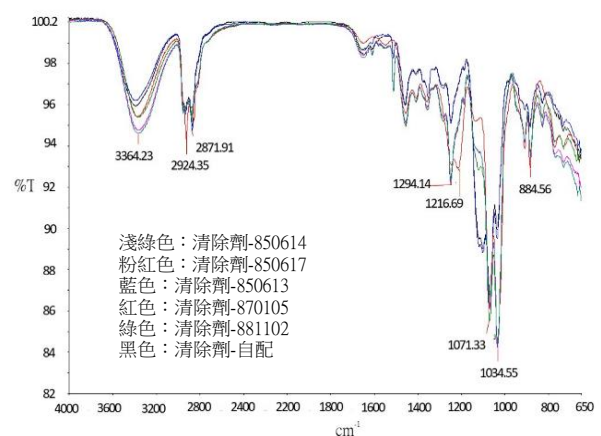


圖 34 82 式清除劑各批次(乾燥)與自配清除劑紅外光光譜疊圖

、或是磷酸根的 P-O 伸縮震動，吸收度以自配標準樣品消除劑最大、樣品 881102 與 870105 兩者次之、850613 為最弱，顯示庫儲 82 式清除劑中的化學成分仍會隨時間增加而逐漸降解。

第二部分本實驗乾燥脫水處理的 82 式清除劑紅外光光譜圖(如圖 34)，未見到偏矽酸鈉的 Si-O 與磷酸根離子的 P-O 特徵吸收峰，分析係因為清除劑經乾燥除水後上述成分分離析出，測得光譜僅顯示「二乙二醇丁醚、三乙醇胺及界面活性劑」等高沸點液態成分混合物。

第三部分比較分析 3 個不同年度生產日期的 82 式清除劑，經乾燥除水後的紅外光光譜圖，圖譜顯示 850613 日生產的清除劑其 3364cm^{-1} 處的 OH 伸縮震動較其他生產日期為弱，但觀察整體紅外光光譜圖，三個不同年分生產日期的紅外光光譜圖並無明顯結構上的差異，顯示 82 式清除劑目前尚屬穩定。

結論與建議

本研究選用國軍通用 82 式清除劑等 5 種逾效期清除藥劑，實驗區分 3 個部分，第一部份為定量實驗。利用紫外光-可見光分光光譜儀分析，分析藥劑的效能，結果顯示 82 式清除劑目前藥性尚屬穩定。因該藥劑目前仍具偏鹼性(pH 值 11.47 至 11.65)，鹼性物質具有中和油脂及污染物能力。

第二部分 82 式清除劑定性實驗。本研究自製標準樣品與實驗樣品之間並無太大差異，目前 82 式清除劑 5 種實驗樣品水溶液外觀仍然清澈(如圖 35)，僅有微量沉澱物現象，經由紅外光光譜儀儀器分析從峰值的變化觀察結果，分析 85-88 年間生產 82 式清除劑各成份目前尚處於穩定狀態，與自配標準樣品官能基並無太大差異



圖 35 82 式清除劑水溶液圖

，整體來說雖然藥劑有效期限為 3 年，但直至 25 年後今日，經實驗分析 82 式清除劑性能尚屬穩定。

第三部分 82 式清除劑酸鹼度及導電度實驗。本研究經實際劑量實驗樣品酸鹼度及導電度，數值改變幅度不超過 10%，目前藥劑仍屬偏鹼性；以通用性而言，清除劑仍具有除污效能，建議加入適量液鹼，以維持原設計鹼度。依實驗

HPLC 積分報告 82 式清除劑藥劑調配用量宜調整為二倍，因此推算 82 式清除劑調配作業應該每 500 毫升添加濃度 45%氫氧化鈉 0.54 毫升，適度強化清除劑鹼性，以提升清除劑整體除污效能，亦不增加部隊太大負擔，且濃度 45%氫氧化鈉溶液取得容易、價廉且安全，對於部隊而言是實屬較可行方案，故依實驗所得結論研擬 82 式藥劑調整比例修正建議如表 10。

表 10 輕便消毒器 82 式藥劑調配比例修正建議表

區分	藥劑調配比例	藥劑配比
原準則比例	消除劑：清除劑：水	1：4：95
實驗修正比例	消除劑：清除劑：水	1：8：91
添加氫氧化鈉 (濃度為45%)	消除劑：清除劑：水：NaOH	1：8：91：1
附記	1.本表係以國軍通用輕便消毒器調配乙次作業量藥劑為計算基準。 2.作業準則原律定輕便消毒器調配藥劑82式清除劑每次使用乙瓶500毫升，經實驗宜調整為2瓶1,000毫升。 3.氫氧化鈉添加量以每500毫升添加0.54毫升為基準。	

資料來源：作者自製。

以通用性而言，經以上實驗瞭解中科院生產 82 式清除劑如未開封、未受潮、無破損及未添加其他物質，則藥劑的效能仍可能處於穩定狀態，各部隊執行消除任務使用 82 式消除劑及清除劑仍是可靠的選項，但畢竟生產年代已久遠，確有必要採購新品。本實驗結論提供國軍計畫、採購及教訓部門參考，並轉發及提供各部隊做為除污作業調配藥劑參考，以節約國家公帑、發揮部隊裝備最大效能，並儘速申購及配發新品，以確保部隊具備「對抗看不見」敵人戰備任務能力。

參考文獻

- 一、蘇裕昌，〈界面活性劑的基礎及應用〉《漿紙技術雜誌》，VOL,19 No.1，2015。
- 二、蔡石良，〈八二式清除劑與消除劑簡介〉《核生化防護學術季刊》，第 6 卷 51 期，85 年 2 月 16 日。
- 三、“Activated peroxide solution with improved stability useful for the decontamination of chemical warfare agents”, US PATENT Patent No.: US 7.442,677 B1, Date of Patent: Oct. 28, 2008.
- 四、“Guide for the Selection of Chemical, Biological, Radiological, and Nuclear Decontamination Equipment for Emergency First Responders Preparedness Directorate Office of Grants and Training Guide”, U.S. Homeland security 2nd Edition.