

以新型冠狀病毒特性探討化學兵消毒作業之研析

作者簡介



作者黃惠琳中尉，畢業於國防大學理工學院化材系 108 年班、化訓中心正規班 111 年班，歷任排長、副連長、訓練官。現任化訓中心防護課程組教官。

提要

- 一、面對新型冠狀病毒的威脅，即使化學兵部隊已有 SARS、登革熱、禽流感等消毒經驗，但仍須作好萬全的準備，除了了解新型冠狀病毒特性及各式消毒方式之外，亦須針對冠狀病毒消毒原理實施探討，並以國內外學者針對各式消毒藥劑對新型冠狀病毒消毒數據實施實驗及分析，期供相關執行單位作業之參據。
- 二、本文針對新型冠狀病毒之特性、種類、適合生存環境及相關資訊實施探討，進而延伸對應不同之細菌及病毒需先期完成哪些調查，方可在消毒作業中進展順遂且確實達到有效之效果。
- 三、因應現代地球村概念，不同類型之新興病毒活躍於世界各地，且加上人口流動快速傳播例大大提升，化學兵針對病毒特性及種類不同，先期完成病毒相關條件調查及探討，了解對於消毒作業過程有效之相關資訊，進而選擇「因地制宜」之消毒方式實施，並方能迅速且有效達成任務。

關鍵詞：新型冠狀病毒、消毒作業、化學兵

前言

2019 年 COVID-19 的出現震驚了整個世界，不只是影響了人類的健康，而且改變了世界經濟、政治、社會、教育、人際關係等的現行作法，也改變現代人的思維，在人身自由與生命之間，大家必須衡量輕重緩急並作出選擇。兩年多前，沒有人會想到一個小小的中國海鮮市場群聚事件，會讓人類生活受影響且持續感染擴散並朝「流行化」進行中。執行消毒任務中，化學兵正在面對看不見的敵人，除了擬定好相關防疫管制作為外，消毒防疫也是非常重要的一環。

國軍協助中央及地方政府執行消毒防疫已行之有年，不論是 SARS、登革熱、禽流感或是天然災害過後，均可以在各場「戰疫」中看見化學兵的身影。

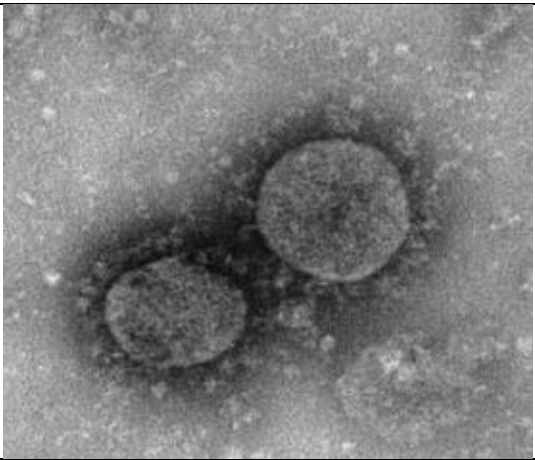
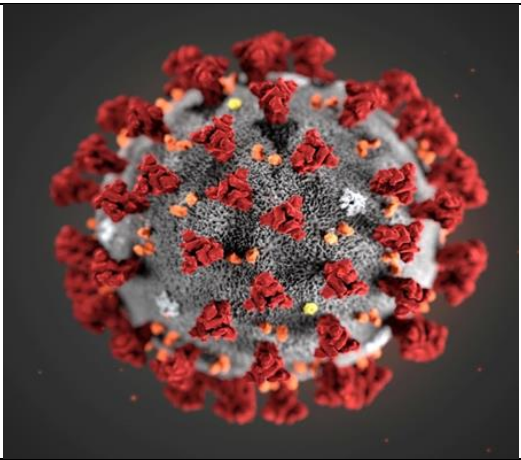
面對新型冠狀病毒的威脅，即使已有多次消毒經驗，仍須作好萬全的準備，除了了解新型冠狀病毒特性及各式消毒方式之外，亦須針對冠狀病毒消毒原理實施探討，並以國內外學者針對各式消毒藥劑對新型冠狀病毒消毒數據實施實驗及分析，期供相關執行單位作業之參據。

本文研究目的，係依據新型冠狀病毒特性及消毒方式，探討以何種消毒作法或藥劑能在最短時間且有效率達成消毒成果，以學者研究資料及實驗數據提出具體建議，從中探討以提供未來規劃化學兵部隊消毒及精進防疫作為。

冠狀病毒特性

一、病毒簡介

新型冠狀病毒 SARS-CoV-2 屬冠狀病毒科 (Coronavirinae) 之 beta 亞科。冠狀病毒科 (Coronavirinae, CoV) 是造成人類與動物疾病的重要病原體，為一群有外套膜之單股正鏈「核糖核酸 (Ribonucleic acid, RNA) 病毒，外表為圓形且在電子顯微鏡下可看到類似皇冠的突起因此得名。冠狀病毒會引起人類和脊椎動物的疾病，屬於人畜共通傳染疾病。人類感染冠狀病毒以呼吸道症狀為主，包括鼻塞、流鼻水、咳嗽、發燒等一般上呼吸道感染症狀，但嚴重急性呼吸道症候群冠狀病毒(SARS-CoV)、中東呼吸症候群冠狀病毒(MERS-CoV) 與新型冠狀病毒 SARS-CoV-2 感染後比一般人類冠狀病毒症狀嚴重，部分個案可能出現嚴重的肺炎與呼吸衰竭等。

圖 1 新型冠狀病毒電子顯微鏡照片	圖 2 新型冠狀病毒超微結構型態圖
	
資料來源：中國疾病預防控制中心，新型冠狀病毒感染的肺炎	資料來源：美國疾病控制與預防中心 (CDC, Centers for Disease Control and Prevention)

二、冠狀病毒變異株

(一)冠狀病毒基因定序及分類

冠狀病毒的基因組大小是 RNA 病毒中基因組大小位居前列者，蛋白質可分為結構蛋白及非結構蛋白，前者包括刺突蛋白 (S，又稱棘蛋白)、包膜蛋白 (E)、膜蛋白 (M) 和核殼蛋白 (N) 等四種，部分冠狀病毒還能合成而具有血細胞凝集素酯酶 (HE)；後者則由一多聚蛋白自我切割而成的 15 種蛋白，為病毒 RNA 複製及轉錄所需。這些蛋白除維持病毒結構，還有促進感染與抵抗宿主免疫反應等功能。而其中刺突蛋白 (S) 可與宿主細胞表面的受體 (ACE2) 結合，使病毒包膜和宿主細胞的膜融合以感染細胞，進而引發免疫反應。

冠狀病毒依基因組成序列分為甲型、乙型、丙型與丁型等四個屬，其中甲型與乙型冠狀病毒為感染哺乳動物，丙型與丁型冠狀病毒則以感染鳥類為主。目前已知可感染人類的冠狀病毒共有 7 種，其中有 4 種 (人類冠狀病毒 229E、人類冠狀病毒 OC43、人類冠狀病毒 NL63 與人類冠狀病毒 HKU1) 可引發普通感冒，另外 3 種為導致嚴重疾病的嚴重急性呼吸道症候群冠狀病毒 (SARS-CoV)、中東呼吸症候群冠狀病毒 (MERS-CoV) 與嚴重急性呼吸道症候群冠狀病毒 2 型 (SARS-CoV-2)，均曾在全球各地造成疫情。¹

(二)冠狀病毒突變原因

COVID-19 的病毒 SARS-CoV-2，最大特徵是表面像皇冠的刺突蛋白，它就是和人體細胞結合的關鍵「鑰匙」，也是引發免疫反應的重要抗原。病毒內有承載遺傳訊息的 RNA，基因體長約 3 萬個核苷酸，分有多種功能區段；RNA 的結構較雙股螺旋且立體的 DNA 來得不穩定，因此在複製的過程中頻繁出錯後，重重錯誤累積下來就形成了突變，進而影響病毒特性，除此之外，SARS-CoV-2 其上的棘蛋白結構也會因突變而有所變化，能對應結合人體細胞表面的抗原 ACE2，親和力一旦提升，病毒就能加速進入人體，傳染力因此增強。

¹陳潔、柯皓翔，〈COVID-19 病毒變身全解析〉，報導者 THE REPORTER，<<https://www.twreporter.org/a/sars-cov-2-variants>>，(檢索日期 112 年 5 月 18 日)。

而刺突蛋白的突變分成兩個區域，前段突變會讓病毒更容易與人體結合；後段則是進一步讓病毒融入人體細胞，加速病毒傳播。目前科學家從變異株中發現，刺突蛋白變異可能造成傳播力提升及降低抗體中和力；病毒更容易跟 ACE2 受體結合，或能更加快速融入細胞並進入體內，讓病毒輕易傳散出去；另外病毒可能逃避人體的免疫攻擊，因此大多數造成大規模傳染的新型冠狀病毒變異株皆為多點突變造成傳播效益大增且致使疫苗的保護力下降。

(三)冠狀病毒變異株

目前我們常聽到的 5 大變異株，分別為 Alpha、Beta、Gamma、Delta 和 Omicron。以下逐一簡單介紹：²

1. Alpha變異株 (B.1.1.7)

為最早出現且流行比例最高的變種病毒株，因其刺突蛋白兩個區域皆發生變異，使 Alpha 更容易與人體結合，且傳播率較最原始病毒株高出 60%以上，R0 值約為 4 左右。³

2.Beta變異株 (B.1.351)

Alpha 於英國現蹤的同時，南非出現了 Beta 變異株。傳播率比原始病毒株高出 50%左右，R0 值落在 3.75 左右，稍低於 Alpha。關鍵的是，Beta 的部分變異點證實對疫苗保護力產生影響，疫苗對 Beta 變異株的保護力也是最低的。

3.Gamma變異株 (P.1)

Gamma 變異株特別地方在於，最早發現地點巴西瑪瑙斯，在疫情爆發之初當地就已經有了一波大爆發，當地科學家甚至認為達四分之三的民眾都已經被感染，已達群體免疫；不料 2020 年底竟再次爆發大流行，才發現第二次流行的是一全新的變異株，此波變異甚至在巴西造成超過 35 萬人死亡。

² 陳潔、柯皓翔，〈 COVID-19 病毒變身全解析 〉，報導者 THE REPORTER，<<https://www.twreporter.org/a/sars-cov-2-variants>>，(112 年 5 月 18 日)。

³R0 (Basic Reproduction Number) 全名為「基本傳染數或基本再生數」，是流行病學評估傳染病控制成效的重要指標。當病毒進入無抵抗力的族群中，也就是在所有人都無免疫力的情況下，平均一名確診者從染疫到康復或死亡期間，能傳染給幾個人的數值。R0 值越大並非代表病毒越毒，而是病毒的繁殖速度越快，人與人之間的傳染力越強，疫情的傳播就越難控制。

4.Delta變異株 (B.1.617.2)

截至 2021 年 12 月，Delta 變異株是全球較為強勢的病毒株，主要是它的傳播力是各種病毒株之冠、而感染者的臨床症狀也出現改變（後被 Omicron 超越），其 R0 值高達 7。相較於其他變異株，Delta 的重症率較高、痊癒較緩慢，也更容易感染兒童和年輕族群。

5.Omicron變異株 (B.1.1.529)

2021 下半年，Omicron 變異株 (B.1.1.529) 橫空殺出，Omicron 的突變位點共有 37 個，其中 15 個集中在棘蛋白結構上的受體結合區域，也是病毒與人類細胞 ACE2 受體結合區域，導致 Omicron 傳播力大增，且疫苗保護力降低。且目前 Omicron 也持續變異中，其有諸多亞型，如 BA.1、BA.2、BA.3、BA.4 及 BA.5 等，BA.2 的傳播率比原始的 Omicron 更高，但嚴重度並沒有增加，目前 BA.2 亞型，已經被 BA.5 給取代。

三、傳播途徑及潛伏期

(一)傳播途徑

- 1.依據目前證據顯示，當SARS-CoV-2感染者呼吸、說話、唱歌、運動、咳嗽或打噴嚏時，會釋放出含有病毒的大小不一飛沫顆粒，細小粒徑的飛沫核 (droplet nuclei) 可以在空氣中懸浮數分鐘至數小時，而較大粒徑的飛沫 (droplet) 會快速地沉降，使病毒可以透過吸入、直接或間接觸途徑傳播，如吸入或含有病毒的呼吸道飛沫及氣膠粒 (aerosol)、帶有病毒的飛沫直接噴濺於眼、口、鼻黏膜或手部直接碰觸到帶有病毒的飛沫，或間接碰觸帶有病毒的物體表面，使手部遭受病毒汙染後再觸碰眼、口、鼻黏膜。
- 2.有部分動物的冠狀病毒會讓動物出現腹瀉症狀，可在糞便中找到病毒，可能藉此造成病毒傳播。⁴

(二)潛伏期

⁴衛生福利部疾病管制署，〈嚴重特殊傳染性肺炎疾病介紹〉，<<https://www.cdc.gov.tw/Category/Page/vleOMKqwuEblMgqaTeXG8A>>，（檢索日期 112 年 5 月 18 日）。

依據世界衛生組織公告資訊，感染新型冠狀病毒至發病之潛伏期為 1-14 天（大部分為 5-6 天），而若存在於水中之冠狀病毒可存活時間也可達 1-14 天左右。

四、新型冠狀病毒適合生存條件

不論何種類型之病毒皆因宿主改變及脫離宿主而導致本體暴露於大氣下造成活性下降或毒性降低，本節次探討不同因素對病毒產生之影響及病毒適合生存及保持活性的環境，以下根據環境條件影響病毒生存提出探討：

(一)溫溼度

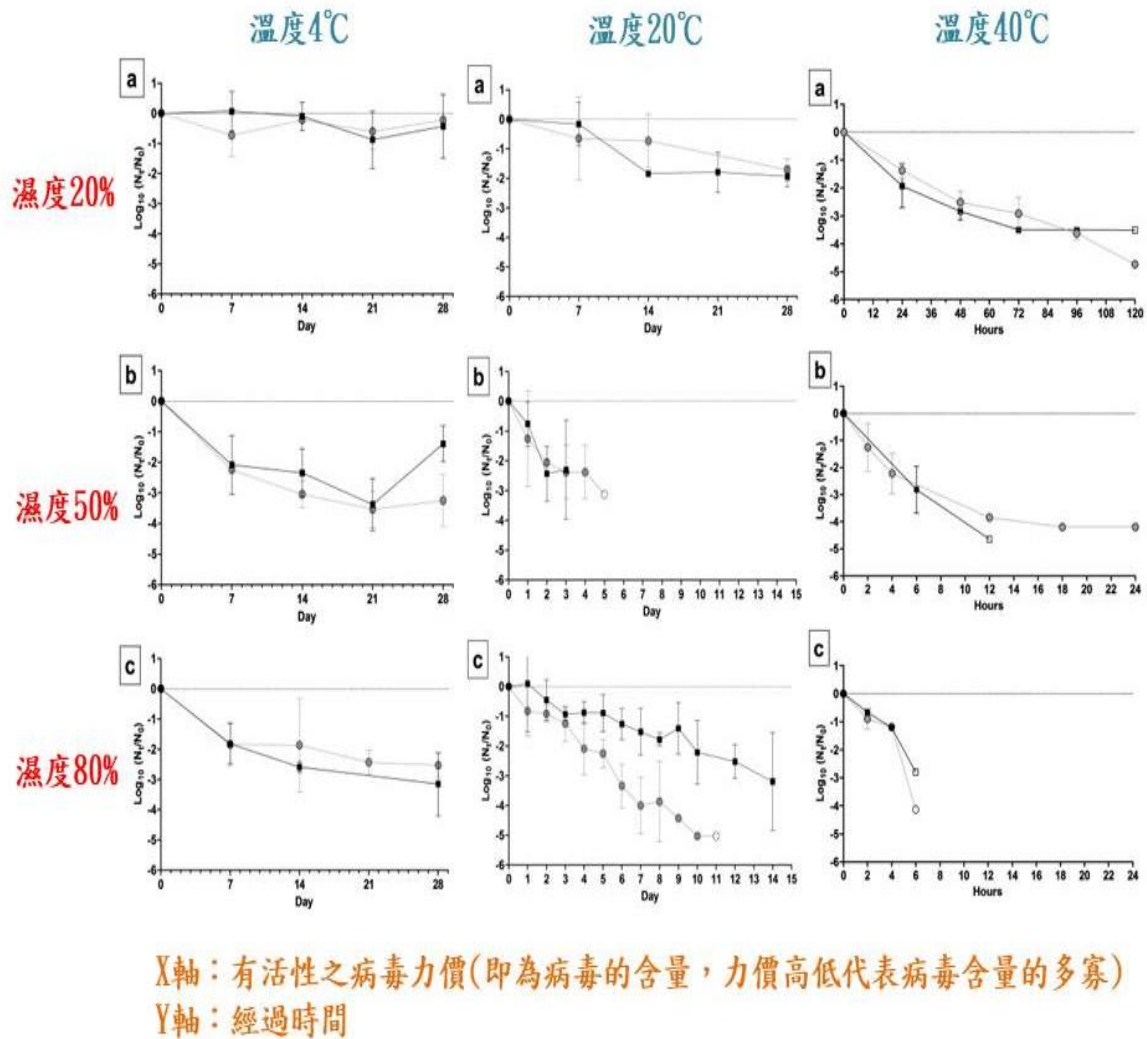
評估病毒在環境中存活之活性取決於該病毒周遭之環境變數差異，而根據美國微生物協會之研究，以兩種冠狀病毒及不同氣溫（4°C、20°C、40°C）及相對濕度（20±3%、50±3%、80±3%）進行實驗。⁵

此階段分為兩部分實施探討，分別為溫度及濕度。首先為溫度部分，由實驗結果可得知不論何種濕度下，低溫狀況下病毒可有效保持活性並可存活較長時間，且由圖顯示濕度較溫度對病毒之影響較低；而濕度部分，也可依據斜率看出高濕環境下也容易導致病毒活性降低。（如圖 3）

由圖 3 可知依實驗結果顯示，高溫造成病毒外部結構遭受破壞，高濕環境則影響病毒之傳染性強度，因此低溫低濕較有利病毒生存，而高溫高濕環境使病毒活性降低並減少傳染力，惟在實際生活中，病毒的起始量有高有低，若起始量越高，則病毒完全失活越難。

⁵Lisa M.Casanova、Soyoung Jeon、Mark D.Sobsey，〈Effect of Air Temperature and Relative Humidity on Coronavirus Survival on Surfaces〉，美國微生物學會（ASM），〈<https://journals.asm.org/doi/10.1128/AEM.02291--09>〉，（檢索日期 112 年 5 月 18 日）。

圖 3 兩種動物冠狀病毒不同溫溼度條件對冠狀病毒活性影響



資料來源：Lisa M.Casanova、Soyoung Jeon、Mark D.Sobsey，〈Effect of Air Temperature and Relative Humidity on Coronavirus Survival on Surfaces〉，美國微生物學會（ASM），<<https://journals.asm.org/doi/10.1128/AEM.02291--09>>，（112年5月18日）。

(二)紫外線

日光中含有三種紫外線，分別為 UVA、UVB 及 UVC，第一類紫外線 UVA，照射到地表上大部分屬這一類，能穿透皮膚造成老化出現皺褶及斑點；第二類紫外線 UVB，會破壞皮膚的 DNA 導致曬傷並可能引發皮膚癌；第三類紫外線 UVC，波長較短強度較強，能夠殺死人體及病毒分子之基因物質，自 1878 年人類已可以製造 UVC 作為殺菌方法，大量使用在醫院、飛機、工廠等，飲用水消毒過程也應用 UVC 確保可殺死對氯氣等有抗體之寄生蟲，但日常照射的太陽光中幾乎沒有 UVC 的行蹤，因為地球的臭氧層把 UVC 隔絕在外，換

言之，以日常的太陽光是無法有效對冠狀病毒實施殺菌，因此日照光線強度對病毒生存較無影響。⁶

(三)水

普遍認為廢水管道一直是將冠狀病毒傳播到地下水系統及飲用水中的主要途徑，研究顯示確診病患胃腸道同時存在冠狀病毒感染，常在糞便中排出，而冠狀病毒可於糞便樣本中存活達 22 天，甚至較呼吸道 (13-20 天)、血清 (11-21 天) 存活時間更長，病毒可在 20°C 汗水中存活 2 天，4°C 存活 14 天，更特別是及使病毒被消毒後仍可在 8 天後於污水中檢測到 RNA 片段，即便冠狀病毒於水中可長期生存，但依河流中發現之冠狀病毒 RNA 對培養細胞之實驗顯示，冠狀病毒不具傳染性，證實冠狀病毒在水中活性較低且於水中感染冠狀病毒之潛在健康風險較低。⁷

(四)不同物體表面停留時間

《新英格蘭醫學雜誌》研究顯示新型冠狀病毒 (SARS-CoV-2) 在氣溶膠中和各種環境表面存活時間，並與 SARS 冠狀病毒 (SARS-CoV-1) 相比較，並使用貝葉斯回歸模型計算病毒活性衰變速度。研究使用五種物體表面分別為直徑小於 5 微米的氣溶膠中、銅表面、紙板表面、不鏽鋼及塑膠表面，病毒力價 (Virus Titer)⁸直接決定病毒之感染能力，也決定病毒失去活性之難易程度，濃度越高越容易導致感染且失活越難，圖 4 為其研究成果。⁹

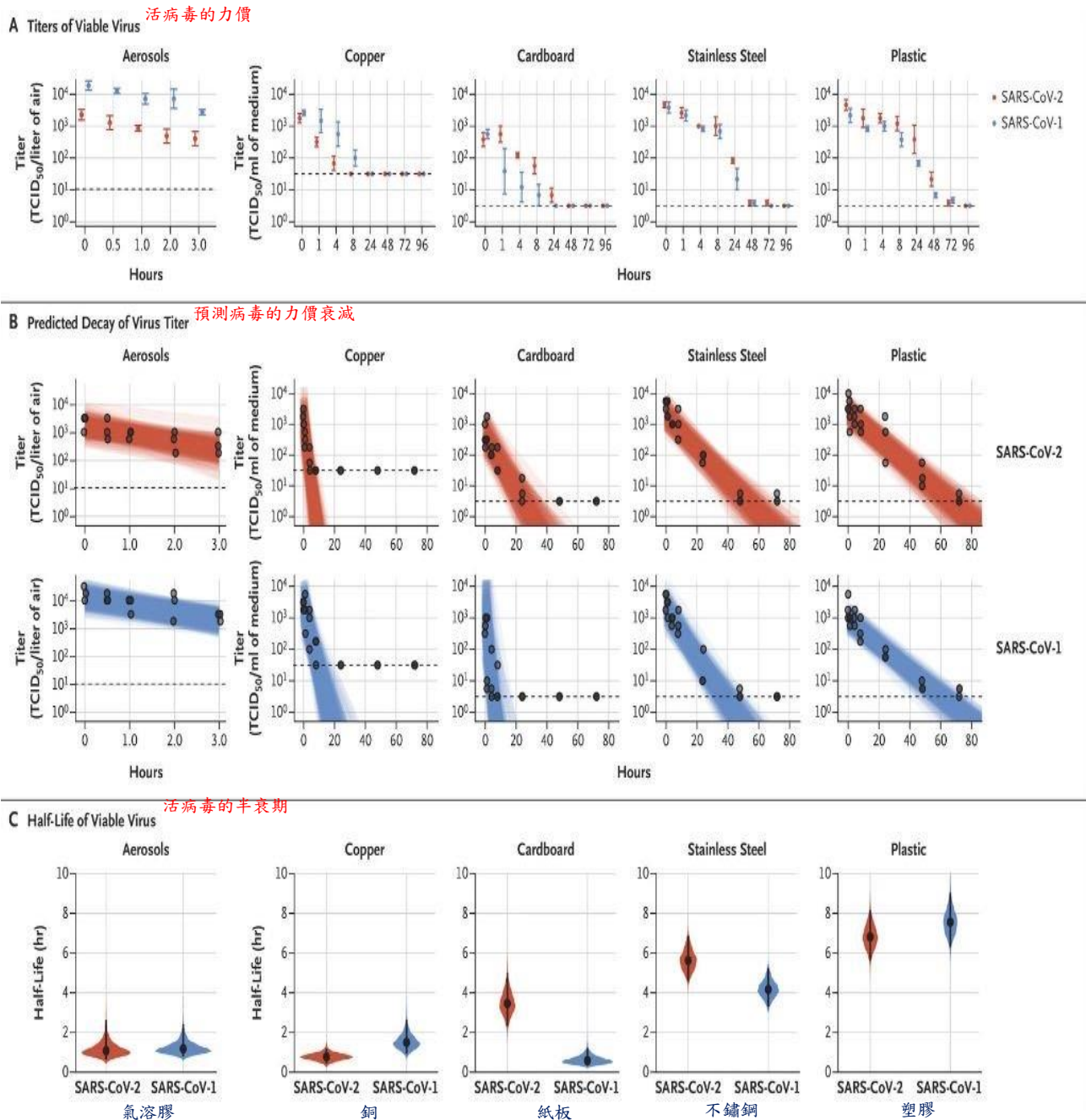
⁶Zaria Gorvett，〈Can you kill coronavirus with UV light?〉，BBC Future，〈<https://www.bbc.com/future/article/20200327-can-you-kill-coronavirus-with-uv-light>〉，(檢索日期 112 年 5 月 18 日)。

⁷Hai Nguyen Tran、Giang Truong Le，〈SARS-CoV-2 coronavirus in water and wastewater: A critical review about presence and concern.〉，PubMed Central，〈<https://www.ncbi.nlm.gov/pmc/articles/PMV7528884/>〉，(檢索日期 112 年 5 月 18 日)。

⁸病毒力價 Virus titer) 即為病毒的含量，力價高低代表病毒含量的多寡。

⁹〈Aerosol and Surface Stability of SARS-CoV-2 as Compared with SARS-CoV-1〉，新英格蘭醫學期刊 (The New ENGLAND JOURNAL of MEDICINE)，〈<https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/nejmc2004973>〉，(檢索日期 112 年 5 月 18 日)。

圖 4 Viability of SARS-CoV-1 and SARS-CoV-2 in Aerosols and on Various Surfaces



資料來源：〈Aerosol and Surface Stability of SARS-CoV-2 as Compared with SARS-CoV-1〉，新英格蘭醫學期刊 (The New ENGLAND JOURNAL of MEDICINE)，<<https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/nejmc2004973>>，(112年5月18日)

依據研究顯示，在氣溶膠中，新型冠狀病毒與 SARS 病毒結果相似，在 3 小時實驗過程中皆能檢測到有感染力之病毒，但其感染濃度略有降低，在塑

膠表面有感染力之新型冠狀病毒可存活 72 小時，不鏽鋼表面可存 48 小時，紙板表面 24 小時後即檢測不到有感染力之新型冠狀病毒，銅表面 4 小時後即檢測不到有感染力之新型冠狀病毒，因此新型冠狀病毒在不同環境表面中穩定排名為塑膠表面、不鏽鋼表面、紙板表面、銅表面。

生物疫病消毒作業研析

一、消毒藥劑使用

(一)DF-200 泡沫藥劑

DF-200 泡沫藥劑為一水溶性消除藥劑，經氧化過程，發揮藥劑消除效果，可以泡沫、液狀或霧狀型態實施消除，適合於密閉空間使用，其中以泡沫化之消除效果最佳，可迅速的中和緩解消除化學戰劑、工業毒性化學物質及生物病原體，藥劑可在 1 分鐘內快速完成調配使用，並可附著於垂直或天花板表面，能以肉眼分辨泡沫藥劑是否完全覆蓋於染毒區域，30 分鐘後泡沫自然消失，無二次污染之虞。

組成共區分 A、B、C 等 3 種藥劑，A 劑為水溶性界面活性劑，含有 8 種成分物質，PH 值為 10.7 屬於強鹼性溶液；B 劑為氧化劑，PH 值為 2.5-3.5 屬於強酸性溶液；C 劑為反應促進劑，主要成分為二醋酸甘油酯，屬於一般性有機溶劑，惟具有吸濕性，宜適當緊閉儲存在乾裸通風處，三種藥劑皆為不燃性物質及非有害物質，化學穩定度高，藥劑儲存溫度宜在 4°C-49°C 之間，有效期限為 5 年。可有效消毒生物病原種類如 H5N1 流感病毒、SARS 非典型性肺炎冠狀病毒、天花病毒、炭疽桿菌等。

圖 5 DF-200 泡沫藥劑照片



資料來源：作者提供。

(二)酒精

又稱為乙醇，主要藉由讓細菌或病毒的蛋白質脫水、凝固、變性，使病毒失去活性、造成死亡而達到消毒效果。而酒精為常見市售針對細菌及病毒實施消毒的消毒藥劑，卻並非濃度越高越有效，濃度 95%的酒精會將快速地將病毒表面的蛋白質套膜變性凝固，反而無法滲入細菌及病毒內部以達殺菌效果，對其而言，內部仍有活性，而濃度 70-78%的酒精都可以穿透細菌及病毒，是病菌內部蛋白質變性而失去活性，故殺菌效果較為顯著。

另外根據《Scientific Reports》發表之研究，比較各種不同濃度酒精之消毒成效，研究成果顯示濃度 40%以上的酒精，針對不同病菌皆有明顯殺菌效果，意味著想要快速實施消毒，酒精是一個非常好的選擇，濃度較低之酒精仍然對病毒有效，例如 40-50%酒精常應用於預防褥瘡；25-50%可用於物理退熱，但若為了確保安全性，普遍認為 75%酒精可以最迅速消毒，惟酒精並非適用於所有病毒，例如腸病毒、諾羅病毒等，使用酒精無法有效消毒，因為此類病毒為外圍為無脂質之蛋白質外殼，一般親脂性的酒精無法將其溶解，而冠狀病毒外圍為脂質套膜，酒精可有效使其脫水、變性，進而達到消毒之效果。

(三)次氯酸鈉

次氯酸鈉 (Sodium hypochlorite) 是一種具有強氧化能力的化學物質，為漂白水的主要成分，在水中會分解成鈉離子(Na^+)及次氯酸根離子(ClO^-)，並和水反應後轉變為次氯酸 (HClO)。消毒原理是抑制蛋白質正常作用或破壞結構導致變性，次氯酸鈉雖具有良好的抗病毒效果，但是因對皮膚、黏膜和呼吸道具有刺激性，不建議用於皮膚消毒，較適合用於大面積的家居環境清潔。另高濃度的次氯酸鈉穩定性較佳，但受到光線照射及高溫會分解產生氯氣，因此存放應置於陰涼處，且對金屬具腐蝕性，並容易與其他化學物質反應，使用時必須注意。

一般市面上漂白水多未標示濃度，但大部分濃度為 5-6%，依據「COVID-19 社區防疫公共環境消毒指引」，漂白水消毒時使用濃度為 0.1% (1000ppm) 之漂白水即可，即以市售漂白水與水之比例為 1：50，稀釋後存放時間越長分解量越多，且降低殺菌效果，因此建議於 24 小時內使用完畢。

(四)次氯酸水

主要成分為次氯酸 (HClO)，是一種弱酸性的溶液，化學結構與漂白水 (次氯酸鈉， NaClO) 類似，但卻是不同化學物質，消毒原理是透過噴灑到微生物上時，成分中的次氯酸會產生氧化還原反應，達到破壞微生物的細胞機能，進而導致微生物死亡，達到殺菌目的，但化學性質不穩定，其自身會產生氧化還原反應，遇光及熱會影響其性質，儲存上應使用不透光容器，並應盡速使用完畢以避免消毒效果降低，同時因稀釋後接近無色無味，應放置於孩童接觸不到之處，且應於外包裝上清楚標示，因此換句話說，是一種會因為存放容器、存放時間及光照而逐漸失去殺菌效力的溶液。

次氯酸水之濃度會影響消毒功效，過低濃度在消毒上成效較不顯著，以環境消毒而言，濃度 100-300ppm 左右、PH 值 5.5-6.5 較為理想，另可用於食具及蔬果消毒，建議濃度為 20-90ppm，不過並非所有食材及食具皆可使用次氯酸消毒，使用前須先確認產品濃度及適用範圍。

(五)二氧化氯

二氧化氯是一種人工製造的氣體，對細菌、病毒、黴菌的細胞壁有較強的吸附和穿透能力，能抑制蛋白質合成，達到抑菌、殺菌效果，同時是一種對

環境、人體和動物較友善之綠色消毒劑，常用於自來水消毒，也是合法之食品洗潔劑。¹⁰

低濃度的二氧化氯即有不錯消毒效果，50-150ppm 可以用來擦拭器具、設備消毒，若是用來浸泡消毒餐具，約 10-50ppm 即可達到效果，消毒後再用清水沖洗，並且使用時要配戴手套，若用於室內消毒二氧化氯溶液或氣體時，須將室內空間封閉充分作用及揮發後通風在進入，盡量避免停留於室內。

(六)含有氯己定 (Chlorhexidine) 製品

氯己定為一種外用抗菌劑，廣泛用來消毒及清潔傷口，根據美國公共衛生研究員資料顯示，含有氯己定 (Chlorhexidine) 成分漱口水可有效防治冠狀病毒複製，在研究結論中提出，「氯己定為預防新冠病毒指南中一個簡單又安全之加入 (Addition)，並可能在減少疾病傳播方面發揮重要作用」，意指氯己定可有效抑制病毒傳播，惟目前較普遍使用在牙醫診療消毒。

(七)過氧化氫 (Hydrogen peroxide, H₂O₂)

3%的過氧化氫屬於中程度消毒劑，6%穩定型的則屬於高程度消毒劑；濃度提高至 6-25%可作為滅菌劑，惟過氧化氫在低濃度下易氧化，而新鮮使用時會產生氧氣氣泡。少數國家已批准非接觸式使用汽化過氧化氫等霧化消毒劑於醫療環境中，但此種藥劑有造成人體眼睛、呼吸道及皮膚傷害之可能，建議僅於空間淨空後執行。

綜合評估以上制式及非制式消毒藥劑，考量取得容易度、執行大規模消毒作業所需數量及價格等等，仍以漂白水較佳，其不僅容易取得且便宜，其調製步驟也僅須完成計算及稀釋較不易發生危安，並且對大多數病毒及細菌皆能有效破壞細胞結構使其活性降低，能有效且快速達到消毒效果。

二、消毒裝備選用

支援縣市政府專案消毒任務場域複雜且多元，須靈巧運用各裝備優點與特性，以最佳效率來達成任務，在支援縣市政府執行新型冠狀病毒消除時，裝備選用依部隊消除裝備 MD-105 重型消毒車、MDS-106 輕型消毒器、背負式消毒器及氣霧式消毒器等 4 項裝備。

¹⁰葉懿德，〈「二氧化氯」消毒水遭搶瘋，你用對了嗎？〉，康健雜誌，<<https://www.commonhealth.com.tw/article/81032>>，(檢索日期 112 年 5 月 18 日)。

(一)MD-105 重型消毒車

MD-105 重型消毒車配賦化學兵部隊，乃化生放核狀況下實施三級消除作業之主要裝備，可對寬廣道路、廣大地區、建築物、裝備等實施消除任務另車邊沐浴裝置與緊急沖淋洗眼器，可執行人員沐浴及除汙作業。執行消毒作業時，可將重消車 A、B 槽藥箱分別加入 100 公升含氯量 5%漂白水及 900 公升清水，共 2,000 公升，重消車運用方式如下：

- 1.針對進出道路良好之污染區周邊實施消毒。
- 2.協助實施汲水作業。
- 3.開設車邊沐浴裝置與緊急沖淋洗眼器執行人員沐浴作業。¹¹

在執行消毒作業時主要針對寬度 8 公尺以上重要道路實施消毒，作業執行時為 4 人 1 組，由車長、駕駛及 2 員噴灑手組成，使用車前噴灑器實施車前噴灑，另後方 2 員作業人員使用噴槍針對行進間隙實施消毒，作業時須注意重型消毒車有迴轉半徑之限制，故執行作業時務必確保地面均有消毒藥劑覆蓋。

圖 6 MD-105 重型消毒車消毒



資料來源：作者提供。

¹¹羅斯鴻，〈因應新型冠狀病毒-國軍消毒防疫作為之研析〉，《陸軍學術雙月刊》，第五十六卷第 572 期。

(二)MDS-106 輕型消毒器

輕型消毒器可於化生放核狀況下實施人員、裝備、車輛與建築物消除作業，為國軍二、三級消除作業之主要裝備，本次執行消毒作業時大多以市售含氯 5%漂白水混合冷水稀釋，若一次輕型消毒器水囊作業量 500 公升計算，則需要漂白水 10 公升，濃度為 1,000ppm，再使用冷水噴槍實施噴灑，惟使用完畢後，必須使用大量清水對輕消器管路實施清洗，避免藥劑腐蝕管路而導致裝備損壞，輕消器運用方式如下：

1. 搭配載具，可對大型車輛無法到達之地區實施消毒。
2. 執行室內、外及環境消毒作業。
3. 裝備自我消毒作業。

在本次執行消毒作業時，主要搭配載具，可對大型車輛無法到達之地區實施消毒，以裝備最大噴灑距離限制下，針對寬度 8 公尺以下之較小道路及可以車輛進出之街道巷弄實施消毒，一般執行時為 4 人 1 組，由車長、駕駛及 2 員噴灑手組成。

圖 7 MDS-106 輕型消毒器搭載悍馬車消毒



資料來源：作者提供。

(三)背負式消毒器

背負式消毒器主要使用於車輛無法到達之地區、室內(外)環境消毒作業及作業人員自身消毒作業。背負式消毒器藥劑容量為 25 公升，為避免藥劑過滿導致藥箱上扣環因長期使用出現腐蝕或龜裂現象導致漏藥狀況發生，故一般作業時藥箱裝填 8 分滿(20 公升)藥劑即可。執行消毒作業時，藥箱內加入 18 公升清水及 2 公升 5%漂白水，共 20 公升，背負式消毒器運用方式如下：

- 1.車輛無法到達之地區實施消毒。
- 2.室內、外及環境消毒作業。
- 3.作業人員自身消毒作業。
- 4.裝備消毒作業。

在本次執行消毒作業時主要以不易車輛進出公共場所及社區由作業人員徒步實施消毒，一般執行以 2 人為 1 組，1 員擔任引導手，1 員擔任噴灑手。

(四)氣霧式消毒器

與背負式消毒器之運用概為相同，差異之處在於氣霧式消毒器噴灑出之藥劑微粒粒徑較背負式消毒器小，可有效懸浮遇空氣中充分混和及作用，其藥箱容量 12 公升，並設計快速出水開關及定點式流量選擇鈕，容易控制噴霧流量，氣霧式消毒器運用方式如下：

- 1.實施密閉、開放性空間消毒。
- 2.作業人員自身消毒作業。
- 3.裝備消毒作業。

一般執行室內消毒為 2 人 1 組，1 員擔任引導手、1 員擔任噴灑手，可單獨執行裝備消除作業。

圖 8 氣霧式消毒器消毒



資料來源：作者提供。

三、消毒程度影響

不同病毒對應到不同種類的藥劑會產生不一樣的作用，需依照病毒調整藥劑選用，而不同濃度的藥劑也對病毒作用程度不同，而滅菌、消毒、除菌等名詞，分別的定義、使用的對象及反應作用程度也不盡相同。

(一)滅菌 (Sterilize)

滅菌泛指在醫療院所等環境中，一種破壞或消除所有形式微生物的過程，並可通過物理或化學方法完成，常見滅菌方式有紅外輻射、過氧化氫氣體、乾熱櫃、加壓蒸氣等，這些高強度的滅菌方式對於手術室、實驗室或是醫院等相關環境是必須的，而由於存潛在的風險和複雜性，大多數滅菌方式只能由專業人員完成。

(二)消毒 (Disinfect)

根據美國疾病管制與預防中心 (CDC) 表示，消毒過程可以除去物體或表面上將近 100% 之有害病原微生物，但不一定可以清潔 (Clean) 髒汙的表面或清除細菌，但在清潔後殺死表面的細菌，有助於進一步降低感染風險。

(三)除菌 (Sanitize)

除菌指將物體表面上細菌數量降低到公共衛生標準判斷的安全等級，但不會殺死或消滅細菌，除菌過程中可以包含清潔及殺菌，但通常比殺菌溫和一

些。而除菌劑通常使用在食物接觸表面，因為與其他滅菌劑、消毒劑相比含有較少的刺激性的化學物質。而針對消毒及除菌的差別，依據美國國家環境保護局 (EPA) 之標準，消毒劑必須可以殺死 99.999%之細菌，而除菌及則是 99.9%，雖然在字面上看起來差異十分微小，但在實質上卻可以減少感染及傳播病抑制病毒散佈的程度。¹²

四、綜合建議

(一)確實了解病毒特性

孫子兵法云「知己知彼，百戰不殆」，在面對敵人前必先了解其特性及弱點，以化學兵而言，面對國際交流日趨頻繁，針對各式種類的生物疫病消毒作業，須考量到病毒活性高低受環境因素、存在物體表面等影響，不同類型的病毒對於消毒藥劑使用之選定也不同，因此在執行任務前必須了解病毒結構能力、喜好環境、限制及消毒藥劑針對不同類型病毒之消毒原理等相關特性，才能在擬定相關行動方案，進而能以最短時間達成最佳消毒效果。

(二)選定不同消毒方式

在執行相關生物疫病消毒作業程序時，針對不同消毒藥劑調製的濃度也會對生物病原有不同程度的危害，而化學兵在消毒作業前須先了解不同區域、環境在「消毒」程度上不同的要求，舉例而言：醫療院所和一般公共場所、普通路邊水溝和化糞池等等，在消毒程度上可以概分為滅菌、殺菌、消毒、清潔等，化學兵部隊應依照該消毒目標的病毒多寡及需要做到什麼程度，判定選定的藥劑濃度及相關的消毒方式，而非針對每個地區皆使用相同種類及濃度藥劑進行消毒。

(三)妥善完成事前整備

在消毒任務執行前須事先與相關部門取得聯繫並了解周遭環境是否有病毒存活率高、高度傳染性之範圍，需針對部分依據病毒特行而推斷出之重點區域進行消毒，如不易曬到太陽區域、家庭排放之廢水水溝、特定表面之物

¹²美國疾病管制與預防中心 (CDC)，〈Guideline for Disinfection and Sterilization in Healthcare Facilities〉(2008)，<<https://www.cdc.gov/infectioncontrol/guidelines/disinfection/introduction.html>>，(檢索日期 112 年 5 月 18 日)。

體或診所周遭易有氣溶膠產生之區域，都必須列入重點消毒區域，而非一視同仁將所有區域都按照同樣程度實施藥劑噴灑。

(四)詳盡規劃作業流程

在了解病毒特性及相關重點消毒區域後，則須妥善編組並確實規畫完整之作業流程，包含作業前、中、後及使用消毒藥劑、裝備等，並與相關政府部門研討消毒作業流程是否合理且有無缺漏，擬定詳盡整備、消毒作業及撤收復原之計畫，在周延的計畫下方能確保任務執行順遂且有效。

結語

化學兵執行各地方政府防疫消毒任務已行之有年，在執行各項任務均已建立既有流程及相關整備措施，而化學兵長年支援消毒任務在行動準據部分均以同一套流程及觀念實施消毒，甚至造成基層幹部在對於消毒認知上產生錯誤觀念，一廂情願認為「生物疫病消毒就只有這種作法」之想法去執行各項任務。而因應現代地球村概念，不同類型之新興病毒活躍於世界各地，且加上人口流動快速傳播例大大提升，化學兵針對病毒特性及種類不同，先期完成病毒相關條件調查及探討，了解對於消毒作業過程有效之相關資訊，進而選擇「因地制宜」之消毒方式實施，並方能迅速且有效達成任務。

參考文獻

一、書籍論文

- (一)國防部陸軍司令部，《陸軍化生放核災害救援手冊》，中華民國 108 年 10 月 31 日。
- (二)國防部陸軍司令部，《化學兵通用裝備操手冊》，中華民國 105 年 10 月 25 日。
- (三)國防部陸軍司令部，《MD-105 重型消毒車操作手冊》，中華民國 106 年 10 月 19 日。
- (四)曾傳皓，〈化學兵支援生物疫病消毒防疫作為之研究 - 以「新型冠狀病毒 (COVID-19)」〉，《陸軍 109 年化學兵戰術戰法研討會》，2020 年 11 月 25 日。
- (五)羅斯鴻，〈因應新型冠狀病毒-國軍消毒防疫作為之研析〉《陸軍學術雙月

刊》，第五十六卷第 572 期。

(六)張藏能、侯勝茂，〈新型冠狀病毒肺炎(COVID-19)與 SARS 經驗回顧〉，
《臺灣醫學》，2020 年，Vol.63，No.4。

二、報章網路

(一)Lisa M.Casanova、Soyoung Jeon、Mark D.Sobsey，〈Effect of Air Temperature and Relative Humidity on Coronavirus Survival on Surfaces〉，美國微生物學會 (ASM)，<<https://journals.asm.org/doi/10.1128/AEM.02291--09>>，(檢索日期 112 年 5 月 18 日)。

(二)Zaria Gorvett，〈Can you kill coronavirus with UV light?〉，BBC Future，<<https://www.bbc.com/future/article/20200327-can-you-kill-coronavirus-with-uv-light>>，(檢索日期 112 年 5 月 18 日)。

(三)〈Aerosol and Surface Stability of SARS-CoV-2 as Compared with SARS-CoV-1〉，新英格蘭醫學期刊 (The New ENGLAND JOURNAL of MEDICINE)，<<https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/nejmc2004973>>，(檢索日期 112 年 5 月 18 日)。

(四)Hai Nguyen Tran、Giang Truong Le，〈SARS-CoV-2 coronavirus in water and wastewater: A critical review about presence and concern.〉，PubMed Central，<<https://www.ncbi.nlm.gov/pmc/articles/PMV7528884/>>，(檢索日期 112 年 5 月 18 日)。

(五)陳潔、柯皓翔，〈COVID-19 病毒變身全解析〉，報導者 THE REPORTER，<<https://www.twreporter.org/a/sars-cov-2-variants>>，(檢索日期 112 年 5 月 18 日)。

(六)葉懿德，〈「二氧化氯」消毒水遭搶瘋，你用對了嗎?〉，康健雜誌，<<https://www.commonhealth.com.tw/article/81032>>，(檢索日期 112 年 5 月 18 日)。

(七)美國疾病管制與預防中心 (CDC)，〈Guideline for Disinfection and Sterilization in Healthcare Facilities〉(2008)，<<https://www.cdc.gov/infectioncontrol/guidelines/disinfection/introduction.html>>，(檢索日期 112 年 5 月 18 日)。