

禽流感防護消毒作業研究

作者簡介

作者劉明哲中校，中正理工學院應化所碩士、國立交通大學環境工程研究學博士，領有環保署甲、乙級毒性化學物質及甲級廢水處理專責證照；歷任排長、化學官、分析組長等職，現任陸軍化學兵處核生化防護研究中心副主任。

提要

- 一、威脅全球的禽流感疫情，正以驚人的擴散速度，侵入歐洲、非洲地區，截至2006年3月1日已造成27國出現禽鳥感染病例、7國出現174個人類感染與94個死亡病例，死亡率超過五成，各國莫不驚恐H5N1病毒的高致死能力。「防疫視同作戰」，肩負國家核生化消除任務的化學兵部隊，更應深入瞭解病毒真面目，研擬克敵致勝之道。
- 二、H5N1病毒存活力與擴散性極強，容易殘存在糞尿、有機物與氣膠中，四處沾染、擴散飛揚，整體除污作為必須先釐清其可能威脅與傳播途徑，妥善安全防護規劃後，考量存在環境的干擾，評估表面消毒與空氣消毒的確效性，選用適當的消毒（劑）系統與執行正確的作業執执行程序，方能遏止傳染蔓延。

壹、前言

2005年9月30日聯合國世界衛生組織(WHO)為因應威脅全球的禽流感疫情，特地任命英國防疫專家納巴羅博士(Dr. David Nabarro)負責協調各國防疫政策，共同防止禽流感蔓延，當時他即表示：「未來人類可能將有一億五千萬人將遭感染，至少740萬人死亡。」(註1)話猶在耳，2006年2月11日納巴羅博士更針對近日來由亞洲迅速擴大至歐洲、非洲各國的禽流感疫情(如圖一)再次提出警告：「禽流感病毒只要再經歷兩次變種，就將能具有人傳人的感染能力，導致流感大爆發，造成數百萬人死亡。」(註2)他並促請各國政府，為因應高病原性的H5N1病毒演變，盡力做好準備措施(註3)，如圖二。

註1 法新社 2005年9月30日於紐約聯合國總部報導：聯合國秘書長安南為對抗可能爆發的禽流感大規模傳染，29日正式任命世界衛生組織英國籍的公共衛生專家納巴羅博士，擔任聯合國預防禽流感與流行感冒的高級協調官。

註2 2006年2月13日聯合新聞網報導：衛生署疾病管制局顧問、國家衛生研究院臨床組主任蘇益仁表示，從土耳其的病例可知，目前感染力增加、死亡率大幅降低，顯示禽流感病毒逐漸適應人類這種受體，大流行恐無法避免，唯有加強監控，力求在疫期初期就能有效控制。

註3 禽流感病毒一般有高病原性(hghly pathogenic AI)，例如H5N1，以及低病原性(low-pathogenic AI)，例如H5N2。所謂A(H5N1)流感是A型流感病毒的亞型。



圖一、義大利野天鵝證實感染 H5N1 病毒(摘自法新社)



圖二、歐洲國家加強禽鳥疾病檢查(摘自路透社)

截至 2006 年 3 月 1 日為止，禽流感疫情已經造成全球近兩億禽鳥遭撲殺或死亡，27 國出現禽鳥感染病例、7 國出現 174 個人類感染與 94 個死亡病例，死亡率超過五成，【1】並有席捲歐洲、非洲地區之勢。世界衛生組織傳染病監控組在保加利亞召開的東南歐 8 國衛生會議中指出：「人類無法干預候鳥的季節性遷徙，因此各國科學家應立即將工作重點，轉移到如何防止病毒向人類的大規模傳播問題。」【2】

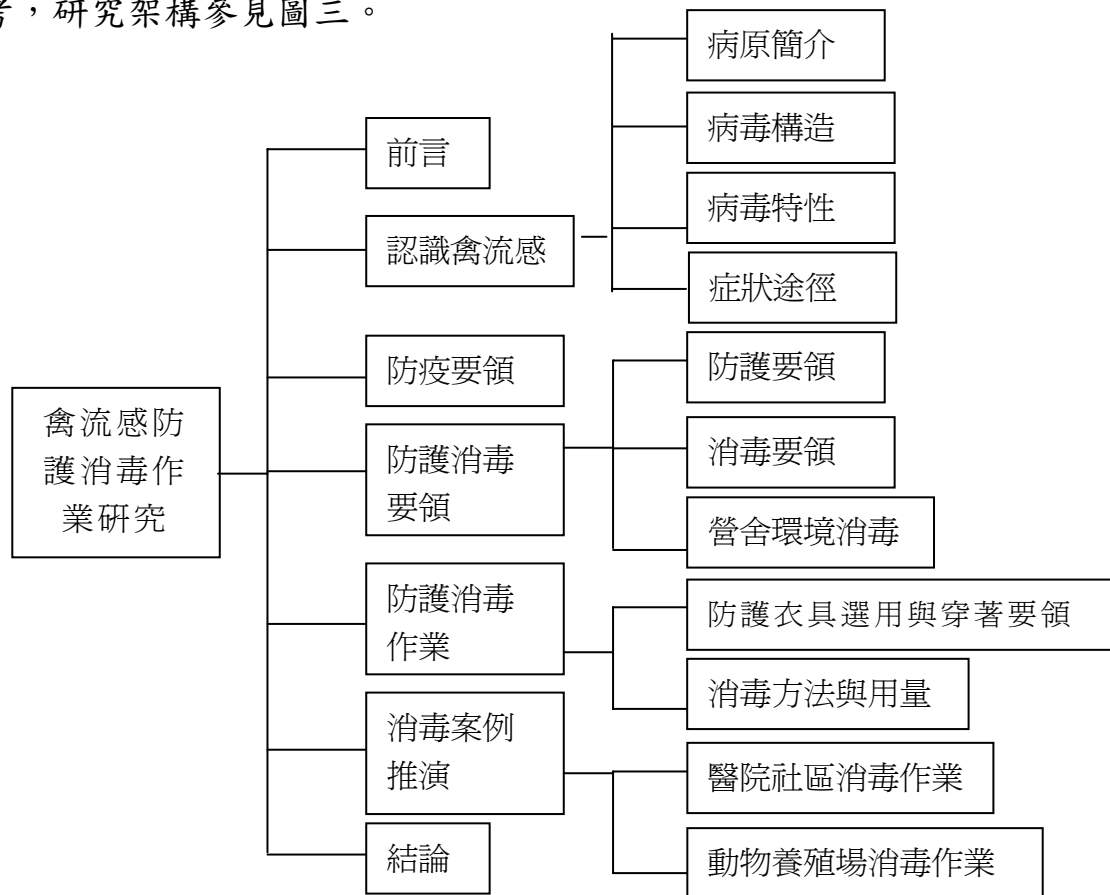
事實上，我國行政院衛生署早於 2005 年 8 月 19 日，由總統主持的國安高層會議中即提出報告：「一旦人傳人的流感大爆發，估算我國可能 530 萬人感染，7 萬多人住院，14000 多人死亡」。有鑑於 SARS 病毒曾帶給我國慘痛教訓與經驗，對於即將到來的禽流感病毒威脅，陳總統在國安會議上特別裁示：「防疫視同作戰，而作戰首重平時的準備與演練，各主政單位應於期限內完成相關防疫的作戰計畫與標準作業程序，並依據各種想定狀況儘速安排實地演練與驗證。」（註4）

回顧 SARS 期間，本軍化學兵署與相關化學兵部隊臨危授命，擔任榮總、和平、陽明醫院等疫區的防疫消毒作業，並一一圓滿達成任務，安定恐慌的社會民心，國軍化學兵於生化防護與消毒的專業能力，備受國人肯定【3】。面臨即將而來的禽流感防疫作戰，為能認清敵人（病毒）真相，筆者先蒐整禽流感病毒的結構特性與症狀途徑，仔細瞭解其病毒特性與傳播途徑，以利規劃確效消毒作為與程序；進而參酌世界衛生組織實驗室生物安全手冊中的防護消毒規範【4】、美國環保署(US. EPA.)與郵政中心(USPS.)處理國會山莊哈特(Hart)參議院辦公大樓、華盛頓特區的布雷特伍德(Brentwood)郵件中心以及新澤西州特頓市(Trenton)郵件處理中心等地的炭疽桿菌(註5)除污作業程序【5】，以及香港

註4 94 年 10 月 11 日陳總統召開「因應禽流感可能入侵防治對策」國安高層會議，除聽取行政院農委會及行政院衛生署分別就當前亞洲地區禽流感的疫情發展與入侵來台可能造成的危害、政府應採取的防治對策之簡報外並作裁示，國防部李傑部長亦參與該會議。

註5 炭疽桿菌(Bacillus anthracis)係一種專性嗜氧(obligate aerobic)革蘭陽性產孢子(spore-forming)桿菌。菌體長 1-8 微米、寬 1-1.5 微米，其形體如連結之竹桿狀，孢子大小約 1 微米。孢子經由皮下、呼吸道、或消化道感染宿主（如牛、羊、馬、豬等

地區禽流感消毒實際作業方式之後【6】，結合參與SARS應變救災經驗與近年來之消毒研究成果，研擬出禽流感防護消毒作業要領，最後並提供疫區消毒作業之狀況推演案例，期能提供本軍部隊日後參與禽流感防疫演習、應援作業時之參考，研究架構參見圖三。



圖三、研究架構圖

貳、本文

一、認識禽流感：

(一) 病原簡介

「禽流感」為禽鳥類流行性感冒(Avian Influenza A/(H5N1))之簡稱，其病原為禽流感病毒。野鳥是此類病毒的天然宿主，因此稱為禽流感或鳥流感的原因。此病毒於1961 年在南非從燕鷗中首次被分離出來。該病毒在候鳥中傳染性很強，並能對其產生致命力，特別是對抵抗力較差的雞鴨類家禽。1997年香港首次證實H5N1禽流感病毒亦能直接從禽類傳染給人類。至今人們並沒有此類病毒的抗體，因此導致18人發病即有6人死亡的悲劇，未來一旦發生人傳人的禽流感大流行，全世界將造成大量傷亡【7】。

草食動物)後，在宿主體內以繁殖生長體(vegetative form)存在，靠細胞莢膜(capsule)來抗拒白血球吞噬；並以水腫毒素(edema toxin)及致命毒素(lethal toxin)之合併作用，逃避被白血球吞噬及抑制白血球放出殺菌酵素，造成組織壞死，毒素及細菌進入血管內會擴散全身。細菌也可進入淋巴系統，引起淋巴腺腫。

禽流感的病毒抗原結構分為H和N兩大類，H代表Hemagglutinin（紅血球凝集素），有如病毒的鑰匙，用來打開及入侵人類或牲畜的細胞；N代表Neuramidinase（神經氨酸酶），是幫助病毒感染其他細菌的酵素。H的功用好比一把鑰匙，可以幫病毒打開被入侵者的細胞；N則是一種可以幫忙病毒感染細胞的酵素。不同H和N的組合，可以變化出不同的病毒，字母後的數字，代表病毒的類型。至今發現能由禽鳥傳染給人類的禽流感有三種：A型H5N1、A型H7N7及A型H9N2【8】。圖四為2005年間美國疾病管制與控制中心(CDC)公布A型H5N1病毒放大15萬倍後的電子顯微照片。



圖四、禽流感 H5N1 病毒照片(摘自美國疾病管制與控制中心網站)

(二) 病毒構造

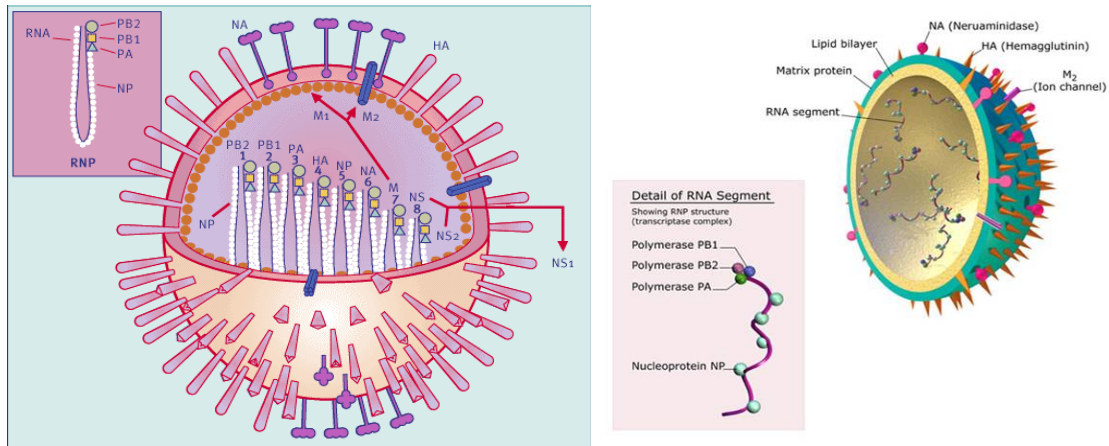
病毒(Virus)的構造很簡單，一般只由3至5個分子(Molecule)與去氧核糖核酸(Deoxy-ribose Nucleic Acid, 簡稱(DNA)或核糖核酸(Ribose Nucleic Acid, 簡稱RNA)和幾個蛋白質外膜組成。它沒有攝取營養的機能，也沒有生殖的能力，所以病毒自己並不能單獨成長或繁殖下代。病毒必須先進入活的細胞複製自己，才能夠生殖更多病毒。因為它表層蛋白質的獨特結構，病毒只能夠感染很少種類的生物。

流行性感冒病毒（流感病毒）屬於正黏液病毒科（Family Orthomyxoviridae）【9】。依核蛋白(nucleoprotein; NP)以及基質蛋白（matrix protein）抗原性上的差異，可以將流行性感冒病毒分為A、B、C三型(註6)【10】，在電子顯微鏡下呈球狀，其直徑大約為80-120nm(註7)。（如圖五）

註6 A型流感廣佈於人以及其他多種動物，B型只在人類發生，而C型可造成兒童輕微上呼吸道症狀且偶而可自豬分離得到。流感病毒具有套膜以及數段分節（A型及B型為八段，C型為七段）的負向單股RNA基因組（genome），各個分節的RNA基因由核蛋白包覆，並且與病毒聚合酵素（polymerase complex）共同組成各段分節的核糖核蛋白（ribonucleoprotein; 簡稱為 RNP）結構。

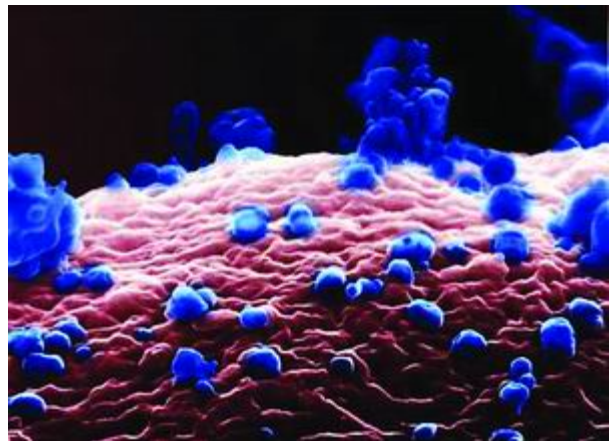
註7 禽流感H5N1病毒屬於RNA流感病毒，它與人類流感病毒的4500個氨基酸只有19個不同，一旦差異性降到10個氨基酸，禽流感就會突變。香港衛生防護中心化驗越南及泰國等地禽流感病人檢體時發現，亞洲這波禽流感H5N1病毒與1997年香港爆發的H5N1病毒已經

病毒粒子表面有10~12 nm的密集釘狀物或纖突覆蓋，病毒囊膜內有螺旋形核衣殼。流感病毒的兩種重要抗原(Antigen)為血球凝集素(Hemagglutinin, 簡稱HA)與神經胺酸酵素(Neuraminidase, 簡稱NA)。而HA與NA就是這些病毒發生變異主要的地方，HA又較NA常被觀察到有變異現象，且HA是病毒黏附在人體細胞上所必需的工具，因此HA比NA更重要，至今一共發現了16種HA(H1至H16)與9種NA(N1至N9)型態【8】。



圖五、流行性感冒病毒示意圖 (本圖摘自明日獸醫科學(vetscite)資料網)

2005年11月8日瑞典科技攝影師尼爾松，首度拍攝到禽流感病毒攻擊人類細胞的高解析度電子顯微照片(註8)，如圖六。照片顯示禽流感病毒能以血球凝集素(HA)逐一黏集附著在健康細胞上，再將本身的RNA遺傳物質注入，利用細胞核複製基因、破壞細胞組織，約48小時之後將完成大量複製程序(此時間內亦為抗流感藥物「克流感」的黃金投藥期，過了時限便難以抑制病毒增長)，病毒突破細胞後將再攻擊其他細胞，最後布滿所有器官的健康細胞，嚴重侵蝕細胞，導致器官衰竭壞死。



圖六、禽流感病毒攻擊細胞照片 (摘自瑞典《每日新聞報》網站)

出現突變，每個禽流感病毒有8條基因，其中一條主要基因與1997年的同一條基因相較已經有一成突變，整個病毒突變程度高達5%。

註8 2005年11月6日瑞典每日新聞報報導：該病毒樣本由世界衛生組織提供，取自於兩年前死於禽流感的一對香港父女。圖五照片中藍色的部分，就是H5N1禽流感病毒，紅色部分則是健康的細胞。

(三) 病毒特性

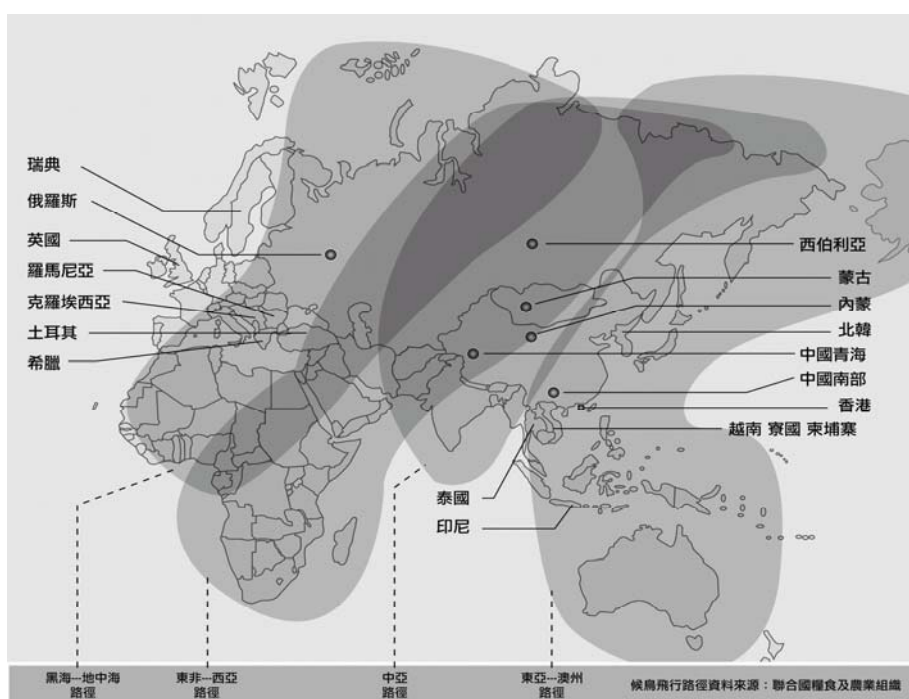
禽流感病毒不耐熱，陽光直射40-48小時，或以 56℃ 烹煮 3 小時，60℃ 烹煮 30 分鐘，或 100℃ 烹煮 1分鐘均可有效殺滅【9, 10】；故雞肉、雞蛋等食品應煮熟食用，不可生食。使用一般消毒劑亦可殺滅病毒，此外它對乙醚、氯仿、丙酮等有機溶劑，或是高熱及紫外線均敏感而易遭破壞。【7】。

根據2005年11月7日香港食物環境衛生署發表的禽流感病毒研究報告顯示，禽流感病毒離開禽鳥宿主身體後，低溫和糞便等有機物環境會產生保護作用，有利於病毒存活；在攝氏4度低溫環境下可在糞便中存活35天，攝氏37度下可存活6天【8】。此外，禽流感病毒在動物組織、糞便甚至水中都可長時期存活，病毒也能在受污染的表面，例如禽鳥籠舍中存活數周；染病禽鳥體內幾乎全身都帶有病毒，可存於雞蛋表面和雞蛋內【11】。

(四) 症狀途徑

人類遭禽流感病毒感染症狀與其他流行性感冒病毒相類似，主為發燒、倦怠、喉痛及咳嗽，嚴重者可導致病毒性肺炎、呼吸衰竭進而各器官衰竭死亡。普通季節性流感的潛伏期大約為2至3天，而H5N1型流感潛伏期為2至8天，也可能長達17天。世界衛生組織目前建議採用7天的潛伏期進行現場調查和監督病人的接觸【8】。

至於病禽遭感染時會呈現羽毛凌亂、食慾減退、過度口渴、精神沉鬱、產蛋停止及水樣下痢等症狀。成年的雞隻常會出現雞冠與肉垂腫大，眼睛周圍水腫，雞冠頂端呈現紫色淤斑【12】。染病禽鳥可自糞便中排出大量病毒，污染飛行過程中的棲息地及水源，再者，病禽可藉由直接或間接接觸到家禽而導致家禽致病，候鳥遷襲路線如圖七；人類在吸入到處飛揚而染有病毒的氣膠、塵土，或是接觸到染病禽鳥及其蛋品、遭病毒污染的環境水源、運送車輛與相關設備等，皆可能因此遭受感染(註9)。【11】



圖七 全球候鳥遷襲圖(摘自大紀元網站)

註9 聯合國糧農組織(The Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO)認為病毒傳入的主要風險是：帶進活畜、帶進已經被禽鳥傳染的物品如家畜和雞籠或飼

二、防疫要領：

預防流感的最好方法，就是增強自己的抵抗力，要有充足的睡眠和休息，飲食均衡、適量運動、注意營舍裡保持空氣流通和切勿吸煙。此外，心情的調適更能直接影響免疫能力，常能「存三好」：存好心、說好話、做好事；「戒三不」：不生氣、不憂慮、不緊張；「要五多」：多洗手、多喝溫開水、多防範、多運動、多歡喜；都能在不使用藥物下，有效提升官兵免疫能力。【13】

(一) 染病的活鳥和家禽的糞便中可能會帶有病毒，故應儘量避免接觸活鳥和家禽及其糞便。如曾接觸活鳥或家禽，要立刻用肥皂、清潔劑和清水洗手。進食家禽肉類和蛋類時應清洗乾淨後徹底煮熟。如有感冒症狀便要看醫生，並要戴上口罩，以防傳染他人。如果官兵患有感冒徵狀，應留在家中或營區中休養，避免前往擠迫和空氣不流通的公共場所【7】。簡列出下列要項提醒：

1. 人員操課時，儘量避免接觸禽鳥及其排泄物。
2. 若不慎接觸，應馬上以肥皂清潔雙手。
3. 食用禽肉及蛋類應徹底煮熟。
4. 平時應養成良好的衛生習慣，勤洗手，咳嗽及打噴嚏以紙巾掩住口鼻。
5. 均衡飲食、適量運動，以增強免疫力。
6. 若有發燒、咳嗽、喉嚨痛等類流感症狀，應立即戴上口罩，報告部隊主官，並儘快就醫。

(二) 聯合國糧農組織(UN. FAO)認為對於禽流感病毒的首要防疫措施，在於保持良好的衛生習慣，而對於病毒的監視與防制時，須掌握兩要項【11】：

1. 如果病毒尚未感染養殖區或村莊與地區時，防止病毒被帶入的監視措施稱為生物排斥(Bio-exclusion)。其防制原則是：
 - (1) 確定該病毒可能進入養殖單位的最重要途徑。
 - (2) 把注意力/行動集中於最重要的進入途徑。
 - (3) 保持防控活動強度，直到風險期結束為止。
2. 如果病毒已經傳給了畜群和進入了村莊或地區，防止病毒被帶出的防治措施稱為生物遏制(bio-containment)。其防制原則是：
 - (1) 將傳染遏制在飼養禽鳥單位內，從而減少對鄰近家禽、村莊、地帶和地區的風險。
 - (2) 一旦確定風險，立即採取撲殺行動，因為家禽可能在發現跡象之前，就已經受到感染。
 - (3) 確定和應用減少禽類間傳播的實際手段。

料、帶入剛經過家畜市場或雞鴨養殖場的髒的（被糞便污染過的）工作鞋、車輛和服裝。於病毒離開一個地區傳播到另一個地區的主要風險有：向市場銷售家禽、到過宅院養禽點的野生水禽遭感染後離開傳播、養禽人員或銷售人員將髒的工作鞋、服裝、雞籠帶到市場或養殖場。

(4) 將注意力/行動集中於病毒可能"離開疫點或村莊"，以及在家禽中傳播的最重要途徑。

(5) 即使遏制傳染的行為已經有助於撲滅傳染，仍隨時用心關照整個社區，並加快政府當局者的控制和根除工作。

三、防護消毒要領

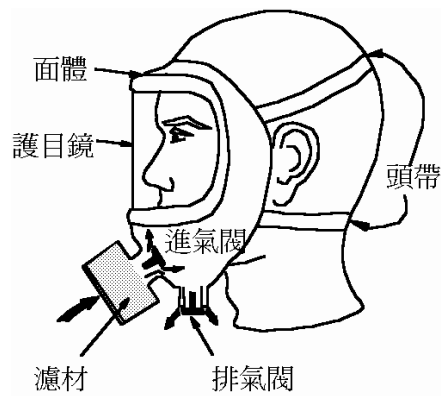
(一) 防護要領

在充分瞭解禽流感H5N1病毒的構造與傳染途徑之後，官兵便能在疫區執行各項消毒任務時，徹底掌握防護時的各項重點。防疫消毒人員的裝備與防護等級考量，可以美國職業安全健康委員會(US. OSHA.)公布的化學防護等級「C級」【14】，或是美國疾病管制與預防中心(US. CDC.)公布的生物防護等級「第三級」【15】，作為污染區中的防護等級參考。這個等級的防護要求包括全罩式連身防護衣、護目鏡、N95等級以上口罩或防護面具、防護手套、防護靴等裝備，如圖八。



圖八 國軍化學兵執行和平醫院消毒所著 C 級防護衣(作者提供)

基本上，目前尚未有該病毒演變為直接能藉由空氣傳播的研究報告，因此該病毒仍以存在於體液、糞便類介質，附著於氣膠或塵土上，在空氣中進行傳遞，其平均顆粒仍能保持在0.1微米(μm , 10-6m)的尺寸以上，因此能被一般具高效能吸收濾層(High Efficiency Particulate Absorbing, HEPA)的N95等級口罩有效防護。即使如此，如果防疫消毒人員必須長時間在疫區工作，為防止長時間配戴N95口罩時，容易導致護目鏡蒸氣附著而視線模糊，甚至汗水濕滑、口罩不易密閉緊貼臉部，仍建議必須配戴全面罩式的防護面具為宜，如圖九，目前本軍所使用的防毒面具即為此類型，具有良好生物防護能力。



圖九 全面式防護面具與構造圖(摘自勞工安全衛生研究所網站)

所謂動力過濾式面罩(Powered Air Purifying Respirator, PAPR)，雖然看來像是高等級的防護裝備，甚至容易被誤以為是化學防護A級的裝備。事實上，它並不能使用於空氣含氧率少於18 %的缺氧性環境，與存在超過立即致死濃度(IDLH)的化學品環境；它亦不屬於自供氧呼吸防護具，僅能視為與一般防毒面具同等級的C級化學防護裝備，特此提醒【16】！94年12月間衛生署禽流感反恐演習時，採樣人員即穿戴全面式動力過濾式面罩，搭配正壓式防護衣作業，如圖十所示。此外，穿戴此等級呼吸面具亦須妥善選用濾毒罐，與注意吸附飽和時間。如以和平醫院的SARS消毒為例，使用高濃度漂白水在密閉空間中作業，高溫的熱霧機能將漂白水生成氯氣與水氣，消毒現場氯氣對人體呼吸道的威脅，甚至大於病毒侵入身體的威脅，因此現場應選用能吸附氯氣的濾毒罐，方能有效保護消毒作業人員(註10)，如圖十一。一般廣用型與活性碳吸附濾毒罐，無法長時間吸收氯氣，並不適用。



圖十 94 年禽流感反恐演習穿戴全面式動力過濾式面罩作業(作者提供)

註10 其短時間暴露值(STEL)為3ppm，超過5ppm會覺得上呼吸道中等度刺激，超過30ppm立即感受到胸悶痛、嘔吐、呼吸困難、咳嗽，若是超過1000ppm極可能在數分鐘內死亡。

【氯氣中毒之臨床症狀，台北榮總葛謹醫師。

<http://www.pcc.vghtpe.gov.tw/old/docms/30202.htm>】



一般濾毒罐 (FR-64) 反恐濾毒罐(FR-15-CBRN) NATO 軍規濾毒罐(FR-C2A1)

圖十一 3M 防氣氣系列濾毒罐(摘自 3M 公司網站)

一旦病毒被證實具有空氣傳播能力後，病毒即可能以單一或群聚方式直接在空氣中散播，其大小約僅80-120奈米(nm, 10^{-9} m)，相當於0.08-0.12個微米，即可能穿越N95等級以上口罩及防護面具中的濾層，造成人員呼吸道感染，此時防護等級應提升到化學防護等級「B級」以上，或是生物防護等級「第四級」的防護要求，參見圖十二所示，此等級必須配戴「空氣呼吸鋼瓶」或是「輸氣管面罩」，參見圖十三所示，以對於呼吸道進行最高等級的防護，但是一旦穿著此等級裝備，操作時間將受鋼瓶限縮約僅剩下30分鐘，指揮官應更加妥善規劃消毒動線與人員編組，以利任務遂行。



圖十二 台北捷運毒氣演習所著之 A 防護衣(作者提供)



圖十三 輸氣管面罩及空氣呼吸鋼瓶(摘自 3M 公司網站)

(二) 消毒要領

世界糧農組織(FAO)認為病毒傳入的主要風險是：帶進活畜、帶進已經被禽鳥傳染的物品，例如家畜和雞籠或飼料、帶入剛經過家畜市場或雞鴨養殖場中髒污的（被糞便污染過的）工作鞋、車輛和服裝【11】。參見圖十四、圖十五。因此，上述這些環境與裝備物品，都是消毒人員在禽流感疫區執行消毒作業時的重要對象。再者，選用確效合適之消毒劑、消毒程序與區域規劃，均為十分重要的課題！



圖十四 裝備消毒作業(作者提供) 圖十五 車輛消毒作業(作者提供)

1. 消毒劑效能評選：

綜觀世界衛生組織(WHO)實驗室生物安全指引中表列消毒劑與建議濃度【17】，包括有氯氣(Cl_2)及次氯酸鈉(NaOCl)：0.1-0.5 % 有效氯含量；二異氰尿酸鈉(NaDCC)：0.1-0.5 % 有效氯含量；氯胺(Chloramine)：2 %；活化的二氧化氯(Active Chlorine dioxide)：0.05 %；甲醛(Formaldehyde)：5 %；乙醇(Ethyl alcohol)：70 %；過氧化氫(Hydrogen peroxide)：3 %。此外，WHO在飲用水品質控制的消毒專論中，亦將氯氣、氯胺、二氧化氯、臭氧與碘液，列為推薦之消毒劑，並詳細評估其效能；氯氣結合水後生成次氯酸與鹽酸，次氯酸對於細菌、病毒均有很好的殺滅能力，但其效能易受酸鹼度影響，通常合適之操作環境為pH6-pH8之間；氯胺的穩定性較

高，但是其殺菌性能較低；二氧化氯對於細菌、病毒、芽孢、真菌均有很好的殺滅能力，且不易受到酸鹼度與氨的干擾，使其作用性能更具優勢【18】【19】【20】，但是其操作技術較高、價格也較貴；臭氧具有最強的生物消毒能力，但是於環境中殘留能力很低，消毒性能無法持續，影響其使用範圍；碘液性能最為溫和、較不傷害皮膚組織，但其消毒性能尚屬中等【17】。上述民用型消毒劑各有其優缺點，就其消毒效能、經濟性與普遍性，仍以含氯消毒劑(漂白水、漂白粉、二氧化氯)較為實用；至於化學兵部隊常用之STB耐熱漂白粉與國造八二式消毒劑，亦屬於有效之氯系消毒劑，可在緊急狀況時，直接使用於疫區消毒。

對於一般環境、道路與物品表面消毒，可參考世界衛生組織與美國環保署於生物污染區中消毒使用的0.5%漂白水(濃度相當於5000ppm)，或是0.05%活化的二氧化氯消毒劑(濃度相當於500ppm)、保持與污染表面接觸30分鐘以上，作為消毒時的作業參考【17】【5】。然而，疫區中可能存在許多雞鴨糞便、尿液與泥沼的多重干擾，亦需視現場狀況，調整消毒劑用量，疫區環境干擾嚴重時可選用不受糞尿與有機物干擾的二氧化氯，或是直接以漂白粉、石灰粉長時間覆蓋消毒皆可。

2. 空氣消毒技術：

93年1月19日農委會曾在屏東舉辦了首次的禽流感疫情防疫演習，會中諸多專家學者均提出：撲殺後的檢拾過程中，作業人員的防護與病毒隨著空氣粉塵飛揚擴散問題，是必須更加嚴謹處理的重要程序，一旦不慎造成染病雞場中的病毒隨風擴散，對於疫情的控制會更加困難！

因此，對於撲殺程序的空氣滅菌作業，筆者參酌國外大規模雞場養殖作業中，常於加濕噴霧系統中添加低濃度二氧化氯溶液，使其瀰漫於養殖場空氣中，能有效殺滅空氣中病毒細菌含量，藉此強化雞隻的防疫能力【21】。此外，美國環保署(US. EPA.)曾將二氧化氯氣霧系統使用於炭疽桿菌(Anthrax)的消除上，成功地解除了國會山莊與郵政中心的生物染毒危機(註11)，這些作業經驗均公布於美國環保署網站【5】。

綜觀美國環保署在執行二氧化氯氣霧滅菌過程所掌握的要領為「區域管制」、「空間密閉」、「二氧化氯氣霧燻蒸」與「樣本確認」四個步驟【5】，將其運用於疫區撲殺作業程序與淨空消毒作業中，應能加強「養殖場疫區空氣滅菌」與「掩埋場場區的滅菌除臭」控制，遏止病毒隨空氣飛散，降低傳染作業人員與其他養殖場的機率，有效控制禽流感疫情。核生化防護研究中心近年來亦陸續發表空氣滅菌研究論文於歷屆廢水處理技術研討會、環境分析研討會、環境規劃管理技術研討會與安全衛生技術研討會中，提供許多二氧化氯氣

註 11 國環保署對於炭疽桿菌的消除程序有七項步驟：1.使用經過認可的清潔劑進行設備與設施表面清潔 2.使用泡沫塑料密封設施內所有的隙縫、孔洞、間隔與天窗 3.調整並維持室溫為華氏 75 度，相對溼度為 75 % 4.使用現有空調系統將二氧化氯氣體打入設施中 5.維持 750ppm 的二氧化氯氣體達 12 小時 6.採集化驗設施中 5000 個環境樣本確認安全性 7.完全通風後，再重新開放設施。

體與液體滅菌操作的相關條件與技術，可提供消毒部隊作業參考與諮詢【22】【23】【24】【25】。

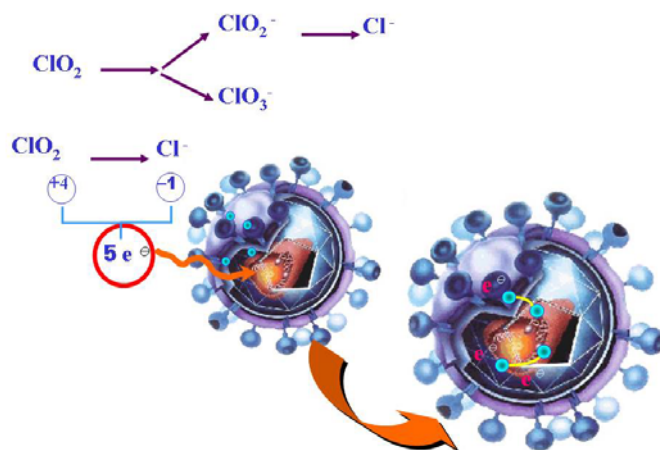
為再度驗證空氣消毒效能，筆者特地選擇範圍面積較大的區域(空間氣積約為 250m^3)，進行空氣消毒作業的驗證研究，實驗設計參照《核生化防護半年刊》第77期「二氧化氯生物除污滅菌效能研究」一文中所列條件【26】，結果顯示空間密閉60分鐘之後，使用0.05%活化的二氧化氯(500mg/L)溶液，無論是以民用型動力噴灑器每立方公尺噴灑20毫升，或是以EP808超音波氣霧機每分鐘噴出16毫升次微米級冷霧(噴霧60分鐘)，分別可達到95%與83.5%的懸浮菌落滅菌率。參見圖十六、圖十七。



圖十六 二氧化氯效能分析(作者提供) 圖十七 空氣菌落採集(作者提供)

此外，使用1.0 %漂白水(10000 mg/L)溶液，以民用型動力噴灑器每立方公尺噴入10毫升，可達到87.2 %的滅菌率；嚴格說漂白水成分為次氯酸鈉，其成分並不具氣體揮發性，其滅菌率的達成原因在於高濃度含氯液滴，產生菌落氣膠吸附消毒與沈降所致，與二氧化氯直接以氣體分子刺穿細胞病毒、氧化破壞酶系運作不同，漂白水對於環境中可能藏匿於細部孔洞病毒的消毒，效能必然不佳。

二氧化氯則具有搶奪5個電子的強勢氧化能力，並能以極微小的0.2 nm氣體分子狀態侵入病毒中，搶奪酶系的電子運作達到滅毒效果，其模擬圖示參見圖十八。這也驗證美國、日本、香港等地執行疫區空氣消毒時，為何仍然會選用活化後的二氧化氯溶液搭配漂白水執行消毒作業，其二者使用目的是有所不同的。



圖十八 二氧化氯氣體殺滅病毒模擬圖(邱奕展士官長繪製)

當使用動力噴灑器作業時，二氧化氯消毒劑的釋放速度快，但是水霧顆粒較大，二氧化氯氣體脫離水滴的效能，較低於次微米級的超音波氣霧，適用於大範圍疫區的空氣消毒，超音波氣霧機則較適用於中小範圍空間、或擺設有精密儀器設備的疫區，各有其運用時的考量，參見圖十九、圖二十。亦可使用分離式動力噴灑器直接將藥劑噴入疫區中，減少人員進入作業時間，提升安全防護作業。如圖二十一。



圖十九 動力噴灑器(作者提供) 圖二十 EP808 超音波氣霧機(作者提供)



圖二十一 分離式噴霧動力噴灑機(作者提供)

3. 營舍環境消毒：

平時營舍環境的物品表面消毒，可使用接觸法、擦拭法與浸泡法三種方式搭配進行。「接觸法」：以有效氯含量 0.1%次氯酸鈉漂白水(目前國內家庭用漂白水約為 5%次氯酸鈉溶液，工業用約為 10~12%次氯酸鈉溶液)，或是 0.025%活化的二氧化氯溶液，以噴霧罐噴灑於物體表面適量潤濕即可，至少保留 30 分鐘，再用清水擦拭，以免裝備遭受腐蝕，或不慎沾染傷害皮膚。活化的二氧化氯會自行揮發，如果用量不高，就不須再以水擦拭。「擦拭法」：營舍打掃乾淨後，以有效氯含量 0.1%次氯酸鈉漂白水，或是 0.025%活化的二氧化氯擦拭塗抹，作用時間不少於 60 分鐘，每天 1~2 次。地面可用有效氯含量 0.05%次氯酸鈉漂白水，或是 0.025%活化的二氧化氯溶液拖地，每天 2~3 次。「浸泡法」：使用有效氯含量 0.05%次氯酸鈉漂白水，或是 0.005%活化的二氧化氯，將器具或衣物浸泡，至少保留 20 分鐘，再以清水洗淨。

四、防護消毒作業

消毒工作應在疫情發生後及時有效地進行，消毒作業人員首先必須穿著適當之防護衣具。

(一) 防護衣具選用與穿著要領

1. 個人防護具：消毒作業人員應使用C級防護等級以上防護具。

- (1) 防護服：拋棄式防護服。
- (2) 呼吸防護具：N95 等級以上高效能防護口罩或適當防護面具。
- (3) 防護眼鏡：視野寬闊，透亮度好，有較好的防濺性能，彈力佳，可長時間帶佩戴。
- (4) 手套：醫用級乳膠手套。
- (5) 鞋套：為防水、防污染鞋套。
- (6) 長筒膠鞋。

2. 個人防護穿著要領

(1) 防護具著裝順序

步驟 1：戴口罩，一隻手托著口罩，扣於面部適當的部位，另一隻手將口罩帶戴在合適的部位，壓緊鼻夾，緊貼於鼻樑處。在此過程中，雙手不接觸面部任何部位。

步驟 2：穿防護服。

步驟 3：穿上鞋套或膠鞋。

步驟 4：戴上防護眼鏡，注意雙手不接觸面部。

步驟 5：戴上手套，將手套套在防護服袖口外面。

(2) 防護具卸裝順序

步驟 1：摘下防護鏡，放入消毒液(0.5%漂白水或 0.2%活化的二氧化氯溶液)中。

步驟 2：脫下鞋套或膠鞋，將鞋套反面朝外，放入醫療性廢棄物塑膠袋中，將膠鞋放入消毒液中。

步驟 3：脫掉防護服，將反面朝外，放入醫療性廢棄物塑膠袋中。

步驟 4：摘掉手套，將反面朝外，放入醫療性廢棄物塑膠袋中。

步驟 5：摘口罩，一手按住口罩，另一隻手將口罩帶摘下，放入醫療性廢棄物塑膠袋中，注意雙手不接觸面部。

3. 雙手清洗和消毒指引

(1) 雙手消毒的時機

- A. 接觸禽流感病人和疑似病人前後
- B. 接觸血液、體液、排泄物、分泌物和被污染的物品後
- C. 執行病患除污作業後
- D. 防護具著裝前及卸裝後

(2) 雙手消毒方法

雙手消毒可用具有消毒效果之洗手乳（異丙醇類、75%酒精等消毒劑）揉搓作用 1 至 3 分鐘，再以清水洗淨。

(二) 消毒方法與用量

應由受過專業訓練與具備消毒經驗的人員指揮執行，確實瞭解消毒劑的配製方法和消毒機具的操作方式，針對不同的消毒對象，採取適當的消毒作業。

1. 空氣消毒

- (1) 通風換氣，保持室內空氣流通，必要時應加強抽氣通風。
- (2) 氣溶膠噴霧消毒：0.5%過醋酸($C_2H_4O_3$)溶液($8\text{mL}/\text{m}^3$)或 500mg/L活化的二氧化氯(ClO_2)溶液($20\text{mL}/\text{m}^3$)至少作用 60 分鐘。

2. 地面消毒

地面用有效氯含量 500-1000mg/L 含氯消毒劑(例如次氯酸鈉漂白水)或 250-500mg/L活化的二氧化氯溶液拖地或噴灑($300\text{mL}/\text{m}^2$)，每天 2~3 次；病患痰液及遺棄物污染地面應及時用有效氯含量 2000mg/L的含氯消毒劑溶液消毒處理 60 分鐘。

3. 物體表面消毒

用有效氯含量 500-1000mg/L 含氯消毒劑或 250-500mg/L活化的二氧化氯溶液擦拭或噴灑($100\text{mL}/\text{m}^2$)，作用時間不少於 60 分鐘,每天 1~2 次。

4. 交通載具消毒

運載病患之交通工具（救護車、船等）以 0.1%過醋酸或 500mg/L活化的二氧化氯溶液噴霧消毒($50\text{mL}/\text{m}^2$)；用具（擔架床、隔離帳等）用有效氯含量 1000mg/L含氯消毒劑擦拭消毒，作用時間 60 分鐘以上。

5. 餐（飲）具消毒

煮沸消毒 15 分鐘或有效氯為 500 mg/L 的含氯消毒劑浸泡 20 分鐘後，再用清水洗淨。

6. 儲水設施

水塔、地下儲水槽或是冷卻水塔，可添加入含氯消毒劑使其有效氯達到 0.2-1.0 mg/L 的含量消毒之。

7. 垃圾

可燃物質儘量焚燒，也可噴灑有效氯 10000 mg/L 的含氯消毒劑，作用 60 分鐘以上。消毒後深埋。

8. 污水

處理污水，每 10 L 加入有效氯為 10000mg/L 的含氯消毒溶液 10 mL，或加漂白粉(次氯酸鈣)4 g。混勻後作用 1.5 小時~2 小時，餘氯為 4mg/L~6 mg/L 時即可。

9. 人與動物屍體消毒

動物屍體應焚燒或噴灑消毒劑後在遠離水源的地方深埋，要採取有效措施防治污染水源，病患屍體宜盡快火化。

五、消毒案例推演

未來化學兵部隊在支援疫區消毒時，勢必與其他政府主管機關聯合作業，所分配執掌多為安全防護作業諮詢、疫區管制作業諮詢、人員消除站與車輛消除站開設、疫區淨空消毒及染毒禽鳥清運銷毀作業等項目。在疫情擴大時，亦可能直接被指派成為接管疫區的第一線應變指揮官。

因此，對於現場應變指揮程序應稍具基本概念，現列舉美國加州緊急反應辦公室(Office of Emergency Service, OES)(註12)的專門訓練機構(California Specialized Training Institute, CSTI)提供的核生化事故災害處理12準則，能安全有效的管制掌控現場，僅此提供指揮者作為疫區規劃參考。其作業準則依序為安全(Safety)、隔離及禁止出入(Isolation and deny entry)、通報(Notification)、指揮/管理(Command/management)、辨識及評估(Identification & assessment)、規劃行動(Action planning)、個人防護設備(Protective equipment)、圍阻及控制(Containment & control)、保護行動(Protective actions)、除污及清理(Decontamination & cleaning)、棄置(Disposal)、紀錄(Documentation)【27】。

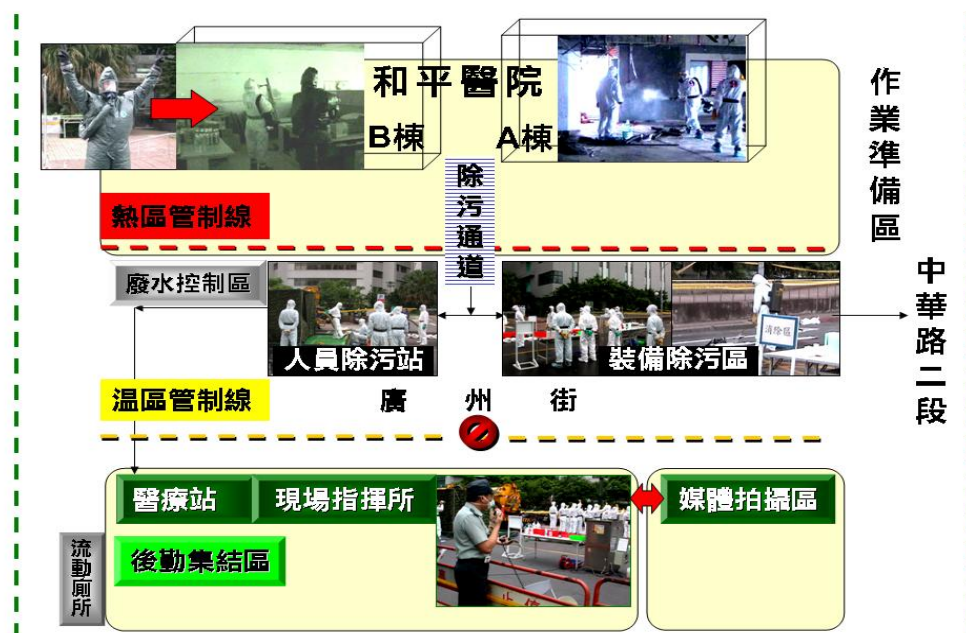
綜合上述防護消毒研究與作業程序要領，研擬兩則禽流感疫區消毒作業狀況推演提供參考：

(一) 醫院社區消毒作業

1. 先將禽流感病毒感染區(醫院、社區等)周圍地區進行管制封鎖，劃分為熱區(毒區)、暖區(除污區)與冷區(安全區)，指揮所設於上風處，暖區中架設除污走道，管制所有消毒人員裝備除污(註13)。周界管制與區域規劃參考圖二十二所示，國軍化學兵執行和平醫院淨空消毒現場管制情形。

註12 美國加州緊急反應辦公室成立於 1950 年，能啟動位於沙加緬度(Sacramento)的州立應變中心負責加州政府減災、整備、應變與處置工作。對於危害物質的處理有五個應變層級：第一應變通報層級(FRA)、第一應變執行層級(FRO)、技術層級(Tech)、專家層級(Spec)、指揮層級(IC)。

註13 洗靴池使用 10000 ppm 漂白水或 1000ppm 二氧化氯溶液；C 級防護裝備著裝人員直接由除污人員使用 500ppm 二氧化氯溶液進行噴灑消毒，所攜帶之除污裝備先置於暖區集中管制，待其冷卻後以 1000ppm 漂白水溶液或 200ppm 二氧化氯溶液噴灑消毒；所攜帶之通訊攝製裝備以 75%酒精噴灑消毒，或置入充滿 20ppm 臭氧氣體的除污櫃中消毒；人員



圖二十二 和平醫院淨空消毒現場管制圖(作者編繪)

2. 禽流感病患污染區域若無立即消毒需求，可將染病人員移置淨空 6 日後，再進行污染區整體消毒。
3. 偵察人員先著 C 級防護裝備進入熱區使用無線影像傳輸系統勘查攝錄，即時提供現場指揮官瞭解污染區現況，並將污染區域完成封閉。
4. 消毒作業人員應穿著 C 級以上防護衣具，先將區域內欲回收物品、高污染性物品取出(註14)。
5. 消毒作業人員應穿著 C 級以上防護衣具，配戴含氯吸收罐的全面罩式防護面具，進入熱區現場，由內而外、由下而上分組分區執行空氣消毒作業。使用 500ppm 二氧化氯溶液（每立方公尺至少噴灑 20mL）或是 0.5% 過醋酸 (C₂H₄O₃) 溶液（每立方公尺至少噴灑 8mL），封閉空間至少作用 30 分鐘。
6. 消毒作業人員再次進入現場，由內而外、由上而下分組分區執行地面與一般物體表面消毒作業。使用有效氯含量 1000ppm 漂白水或 500ppm 二氧化氯溶液噴灑（每平方公尺至少噴灑 300mL），使藥劑停留於表面至少 60 分鐘。儲水設施中添加加入 5 ppm 二氧化氯溶液，進行水質與管線消毒。

消除站內除提供肥皂洗滌身體之外，並添加 1-2ppm 二氧化氯於水囊中，確保作業人員洗滌水之安全。)

註14 精密物品以 75%酒精噴灑消毒，或置入充滿 20ppm 臭氧氣體的除污櫃中至少 10 分鐘，分別放置於暖區的暫存區中至少一個小時後，再以清水擦拭回收。一般物品以 1000ppm 漂白水溶液或 200ppm 二氧化氯溶液擦拭或噴灑消毒。床單、被服可煮沸消毒 30 分鐘，或用 250ppm 漂白水浸泡 30 分鐘。餐（飲）具以煮沸方式消毒 15 分鐘，也可用 500 ppm 漂白水浸泡 20min 後，再用清水洗淨。盛裝排泄物或嘔吐物的容器可用 5000ppm 漂白水或 1000ppm 的二氧化氯溶液浸泡 30 分鐘，浸泡時，消毒液要能滿溢過容器。剩餘食物飯菜應包裝後送焚燬或加入 20%的漂白粉漿至少 2 小時。垃圾若是可燃物質儘量焚燒處理，也可噴灑 10000 ppm 漂白水，至少作用 60 分鐘消毒後深埋。)

7. 運送病患或遺體糞便的交通載具，需以2000ppm漂白水或500ppm二氧化氯溶液消毒（每平方公尺至少噴灑50mL），使藥劑停留於表面至少60分鐘。病患遺體於噴灑10000ppm漂白水500 mL包裝密封後，儘速焚燬。
8. 現場回收污水、化糞池與可疑區域仍須最終檢查處理，每10 公升加入10000ppm漂白水、2000ppm二氧化氯溶液10 mL，或是加入漂白粉(次氯酸鈣) 4 公克，混和均勻後作用1.5 小時~2小時，保持4ppm~6 ppm的有效餘氯含量。
9. 由主管機關採樣驗證無病毒反應後，開放該區域。

(二)動物養殖場消毒作業

1. 先將禽流感病毒感染區(雞舍、豬舍、養鴨場等)周圍地區進行管制封鎖，劃分為熱區(染毒區)、暖區(除污區)與冷區(安全區)，指揮所設於上風處，暖區中架設除污走道，管制所有消毒人員裝備除污(註15)。
2. 偵察人員先著C級防護裝備進入熱區，使用無線影像傳輸系統勘查攝錄，即時提供現場指揮官瞭解污染區現況，並盡可能將污染區域完成封閉。
3. 消毒作業人員應穿著C級以上防護衣具，先將區域內欲回收物品取出，一般物品以1000ppm漂白水溶液或200ppm二氧化氯溶液擦拭或噴灑消毒。精密物品以75% 酒精噴灑消毒，或置入充滿20ppm臭氧氣體(O₃)的除污櫃中至少10分鐘，分別放置於暖區的暫存區中至少一個小時後，再以清水擦拭回收。
4. 消毒作業人員應穿著C級以上防護衣具，配戴具有含氯吸收罐的全面罩式防護面具進入熱區現場，由內而外、由下而上分組分區執行空氣消毒作業。使用500ppm二氧化氯溶液（每立方公尺至少噴灑20mL）或是0.5%過醋酸溶液（每立方公尺至少噴灑8mL），封閉空間至少作用30分鐘。
5. 消毒作業人員再次進入現場，由內而外、由上而下分組分區執行地面、一般物體與禽畜表面消毒作業。使用有效氯含量1000ppm漂白水或500ppm二氧化氯溶液噴灑（每平方公尺至少噴灑300mL），使藥劑停留於表面至少60分鐘。
6. 禽畜遺體清除作業人員應穿著C級以上防護衣具，配戴具有含氯吸收罐的全面罩式防護面具，進入熱區現場，由外而內、分組分區以不透水密封塑膠袋執行遺體包裝清運，後送焚燒。
7. 消毒作業人員第三度進入現場，由內而外、分組分區執行地面糞便與米糠吸收物消毒作業。使用有效氯含量5000ppm漂白水或1000ppm二氧化氯溶液噴灑（每平方公尺至少噴灑300mL），使藥劑停留於表面至少60分鐘。

註15 洗靴池使用 10000 ppm 漂白水或 1000ppm 二氧化氯溶液；C 級防護裝備著裝人員直接由除污人員使用 500ppm 二氧化氯溶液進行噴灑消毒。所攜帶之除污裝備先置於暖區集中管制，待其冷卻後以 1000ppm 漂白水溶液或 200ppm 二氧化氯溶液噴灑消毒。所攜帶之通訊攝製裝備以 75%酒精噴灑消毒，或置入充滿 20ppm 臭氧氣體的除污櫃中消毒。人員消除站內除提供肥皂洗滌身體之外，並添加 2ppm 二氧化氯於水囊中，確保作業人員洗滌水之安全。)

8. 禽畜糞便與吸收物清除作業人員應穿著C級以上防護衣具，配戴具有含氯吸收罐的全面罩式防護面具，進入熱區現場，由外而內、分組分區以不透水密封塑膠袋執行糞便與吸收物包裝清運，後送焚燒。
9. 消毒作業人員第四度進入現場，由內而外、分組分區執行地面與一般物體表面消毒作業。使有效氯含量1000ppm漂白水或500ppm二氧化氯溶液噴灑（每平方公尺至少噴灑100mL），使藥劑停留於表面至少60分鐘。儲水設施中添加加入5 ppm二氧化氯溶液，進行水質與管線消毒。
10. 現場回收污水、化糞池與可疑區域仍須最終檢查處理，每10 公升加入10000ppm漂白水、2000ppm二氧化氯溶液10 mL，或是加入漂白粉（次氯酸鈣）4 公克，混和均勻後作用1.5 小時~2小時，保持4ppm~6 ppm的有效餘氯含量。
11. 運送密封包裝的動物遺體與糞便的交通載具，需以2000ppm漂白水或500ppm二氧化氯溶液消毒（每平方公尺至少噴灑50mL），使藥劑停留於表面至少60分鐘。
12. 由主管機關採樣驗證無病毒反應後，開放該區域。

參、結論

禽流感H5N1病毒對於全球的威脅與日遽增，除了候鳥攜帶的天然擴散因素之外，恐怖行動者的人為刻意散播，恐怕更是各國與各大都市未來安全維護工作的一大考驗；本文中詳盡介紹病毒結構特性、防護作業要領、消毒作業指引與模擬案例研析，期能引發各界先進的新思維，及早完成禽流感防護消毒作業準備，好好地打一場漂亮的防疫保衛聖戰！

參考文獻

- 【1】WHO, Cumulative Number of Confirmed Human Cases of Avian Influenza A/(H5N1) Reported to WHO, 1 March 2006.
http://www.who.int/csr/disease/avian_influenza/country/en/index.html
- 【2】WHO, Epidemic and Pandemic Alert and Response, Disease Outbreak News,
<http://www.who.int/csr/don/en/index.html>
- 【3】賴政國，〈生化消毒劑之淺談比較。核生化防護學術半年刊〉，第 76 期，《桃園八德，陸軍化學兵學校，2003 年》，頁 51-62。
- 【4】WHO, Laboratory biosafety manual Third edition, World Health Organization, Geneva, pp.82-93(2004).
- 【5】US.EPA., Pesticides: Topical & Chemical Fact Sheets, Chlorine Dioxide,
<http://www.epa.gov/pesticides/factsheets/chemicals/chlorinedioxidefactsheet.htm#bkmrk7>
- 【6】鄒欽，禽流感的防護與消毒，廣東省疾病預防控制中心，消毒殺蟲研究所。
- 【7】行政院衛生署疾病管制局，禽流感防治網。<http://flu.cdc.gov.tw/>
- 【8】WHO, Avian influenza ("bird flu") - Fact sheet,
http://www.who.int/mediacentre/factsheets/avian_influenza/en/index.html
- 【9】農委會家畜衛生試驗所，禽流感資訊網。
<http://www.nvri.gov.tw/info-news/index.htm>

- 【10】US.CDC., Q and A About Avian Influenza and Avian Influenza A (H5N1) Virus,
<http://www.cdc.gov/flu/avian/index.htm>
- 【11】FAO, Avian Influenza - Questions & Answers,
http://www.fao.org/ag/againfo/subjects/en/health/diseases-cards/avian_qa.html
- 【12】FAO, Avian Influenza – Disease card ,
<http://www.fao.org/ag/againfo/subjects/en/health/diseases-cards/avian.html>
- 【13】給自己身心平衡的防護罩，防疫保健手冊，太極門氣功養生學會網站。
<http://www.taijimen.org>
- 【14】OSHA, Best practices for Hospital-based first receivers of victims from Mass Casualty Incidents,
http://www.osha.gov/dts/osta/bestpractices/html/hospital_firstreceivers.html
- 【15】US.CDC., Interim Guidance for Protection of Persons Involved in U.S. Avian Influenza Outbreak Disease Control and Eradication Activities, February 17(2006).
- 【16】Connecticut Department of Labor CONN-OSHA Quarterly,
<http://www.ctdol.state.ct.us/osha/qtly-fallr03.htm>
- 【17】WHO, Disinfection, 4: Technical aspects, WHO seminar pack for drinking water quality, pp.2-7(2000).
- 【18】Huang J, Wang L, Ren N, et al: Disinfection Effect of Chlorine Dioxide on Viruses, Algae and Animal Planktons in Water. Wat Res; 31(3), pp455-60(1997).
- 【19】USEPA, “Guidance Manual Alternative Disinfectants and Oxidants: 4. Chlorine Dioxide.”, US EPA 815-R-99-014, (April 1999).
- 【20】高碩實業有限公司，二氧化氯網站，<http://www.gosh.com.tw>
- 【21】N. Olsen, G. Kleinkopf, The Use of Chlorine Dioxide in Potato Storage, University of Adaho, pp825-828(1914).
- 【22】劉明哲、賴政國，“環境消毒劑-二氧化氯藥效試驗探討”，48期環保署環境檢驗季刊，p.16-23 (2003)。
- 【23】劉明哲、賴政國、盧明俊，“二氧化氯氣液滅菌效能研究”，第二十八屆廢水處理技術研討會，NO.55 (2003)。
- 【24】盧明俊、劉明哲、賴政國、樓震平、吳少白，“二氧化氯在醫院環境的氣液滅菌效能研究”，2004年第十七屆環境規劃與管理研討會。
- 【25】劉明哲、邱奕展、彭信晴、賴政國、盧明俊，“二氧化氯的生化消毒效能研究”，NO.12，2005安全衛生技術論文研討會。
- 【26】劉明哲，“二氧化氯(Chlorine Dioxide)生物除污滅菌效能研究”，77期核生化防護學術半年刊，p.78-93 (2004)。
- 【27】洪肇嘉，核生化攻擊事故的辨識及處理原則，核生化防護學術半年刊 75期，pp26~30，民國92年2月8日。