

天然災害後環境衛生實務

林嘉明

JIA-MING LIN

國立台灣大學公共衛生學院環境衛生研究所，台北市仁愛路一段1號

Institute of Environmental Health, College of Public Health, National Taiwan University, No. 1, Sec. 1, Jen-Ai Road, Taipei, Taiwan, R.O.C.

E-mail: jmlin@ha.mc.ntu.edu.tw

目標：集集大地震為台灣帶來百年罕見的大災難，此天然災害中斷平日建立的環境衛生保護網，為避免災後環境衛生的惡化，落實環境衛生實務是當務之急，亦是國家規劃未來防災計畫的重要課題，故欲對當前及未來提出實用性的建議，作為決策者及現場工作者，為解決災後環境衛生問題方便參考之用。**方法：**本報告收集曾經受災國家的經驗以及台灣921集集大地震之後數度進出災區之見聞，對於可能遭遇的環境衛生問題提出討論及應對措施。**結果與結論：**這些措施包括災前的準備及災後人口遷徙及／或人口臨時集中收容所的下列環境衛生措施：給水、廢棄物處理包括水肥處理、固體廢棄物處理等；收容所之雜項衛生措施，包括沐浴、洗衣、消毒及除蟲等；災區受難者之衛生教育原則等，這些側重傳統鄉村環境衛生的做法，亦然可以適用於都市受災後的情況。此外，都市受災後特有的環境衛生問題如建築物類廢物的清理、臨時廁所、公共給水系統的恢復，則可同時借鏡於近代曾出現大規模天災的都市經驗如阪神地震經驗之防災計畫。
(中華衛誌 2000；19(2)：144-158)

關鍵詞：天然災害、收容所、收給水、收廢棄物處理、收消毒及除蟲。

Environmental health practices for post-disaster

Objectives: The destructive Chichi earthquake in Taiwan obliterated the environmental health protective network which people were used to. In order to avoid degradation of environmental health in the stricken area and to prepare for future natural disasters, it has become urgent and important to discuss and fulfil environmental health practices. Thus, this report is intended to suggest some practical measures to counter post-disaster disorder in environmental health, for use by decision-makers and field workers as references. **Methods:** Upon reviewing the experiences of countries suffering repeated disasters and the information coming from the massive 21 Sept. 1999 Chichi earthquake in Taiwan (at 7.3 on the Richter scale), potential post-disaster problems in environmental health and practical countermeasures are discussed. **Results and Conclusions:** In addition to pre-disaster preparation, required practices for shelters and/or for the informal camping areas after a disaster include water supply, waste disposal for garbage as well as nightsoil, laundries, disinfection and disinfestation, and health education. Although most of these practical measures employ the principles for rural environmental health, they are also applicable to post-disaster situations in urban areas. In addition, it is worthwhile reviewing those lessons from the Osaka and Kobe earthquakes because of the problems such as handling the rubbish from the demolition of buildings, setting up mobile latrines, recovering the water supply system, and so on. (Chin J Public Health. (Taipei): 2000;19(2):144-158)

Key words: natural disaster, shelter, water supply, waste disposal, disinfection and disinfestation.

前言

台灣921集集大地震迄今已經月餘，此刻才來談環境衛生實務難免給人緩不濟急的印象，可是若同意地球是特殊的有機體，有其特別的生命週期，天災之後持續地為下一個可能發生的災難做準備則為時不晚。更何況世界上重覆受災國家所累積的經驗，認為天災之後環境惡化致疾病爆發之事，更容易發生於外來支援的熱心與關心退潮之後[1-3]。在此種認識之下，故不揣簡陋，就個人數度與學校、民間及政府機構進出災區之所見、所聞以及曾經受災國家之經驗等，提出檢討就教於先進。

雖然台灣過去有過各個類型的緊急事故以及年年會有的颱風、水災，但是921震災卻是百年來首次遭遇的最大規模的天然災害。此天然災害(natural disaster)與所謂的緊急事故(emergency)二者有所不同，緊急事故指任何需要緊急應變的一個事件，而天然災害是指自然界的破壞力量，大到足於形成災難，令每日習慣的生活型態突然中斷，使人類群體陷於無助及痛苦的狀態，以致於需要食物、衣服、庇護所、醫療照護與其他生活的必需，以及特別的防護措施等，用以對抗不利生存的環境因子與條件，往往需要來自災區以外或國際的援助[4]。

災害對一個社區的影響是多方面的，把它考慮為公共衛生問題是有許多理由[4-6]，包括：(1)無法預期的傷亡或疾病，超出地區醫療照顧的負荷而需要外界的協助；(2)破壞區域性的醫療體系，以致於無法有緊急反應或者癱瘓平日的健康照護活動，使區域性的疾病罹患率及死亡率升高；(3)改變環境及降低生活品質，提高傳染性疾病及環境危害的風險，終究提高疾病罹患率及死亡率；(4)影響受災社區居民的心理及社會行為，如焦慮、緊張及沮喪等；(5)災害可能因食物的匱乏，而導致嚴重的營養後果；(6)倘若引起人口的大量遷徙，亦可能伴隨著其後發生醫療照護不足、居住生活條件惡劣、傳染性疾病

流佈等等後續問題。921震災之後，以上各點除第5及第6點尚未明顯發生之外，其餘各點都已經受到普遍的關注。

災難的階段可劃分為：(1)災前預警期；(2)衝擊期：當災難衝擊時；(3)緊急期：當採取救生之方法時，此時期可以劃分：隔離時期(與外界中斷連繫，社區必須自給自足)以及匯集時期(來自外界的協助爆漲)；(4)復健期：提供暫時性的基本服務，恢復生活的基本面，避免二次災害；(5)重建期：永久性的回復正常。以上每一期持續的時間可能數秒亦可能長達數日或數年，而且一期緊接著一期地延續出現。以921震災而言，災前預警期(或說可以有的準備期)約長達數十年，衝擊期在9月21日凌晨1時47分發生時持續25秒，歷經的隔離期視通訊、交通恢復狀況及地理位置而異，短則24小時，長則數日甚至數週，之後則進入時間長達月餘的物質、人力匯集的緊急救援期，部份復健措施如組合屋則出現於一九九九年十月份的第一週，往後重建期可能長達三到五年甚至十年。憑著對各種天然災害的瞭解，針對每一期採取適當的行動，才能降低天然災害的影響。

一、災後環境衛生措施介入的時機以及決策

災後需求會因為天然災害的種類(地震、火山爆發、颱風、洪水)以及災難的階段而有不同。災後緊急期，相關部門(各級衛生及環保單位)在承受相當高的壓力之下又逢資訊缺乏時，常在假設下做了一些介入的措施，結果可能形成資源浪費，又錯過維護災區民眾健康的時機。災後種種措施介入時機及性質的不恰當，大部份是因為缺乏評估災後救援需求的純熟技法，因此有必要透過快速評估方式取得資訊，供決策者或領導者做決策，採取正確的應急措施，更重要的是建立長期的調查系統提醒當局注意延遲性的風險，是以極需要標準方法以應快速評估之用[1,4,7,8]。

發展評估衛生問題與需求的快速方法，以及將此快速評估方法教導給其他人員，理想上有賴流行病學家、環境衛生師、環境工

投稿日期：88年11月30日

接受日期：89年5月10日

程師、營養師以及病媒管制專家、以及國際支援團隊的技術官員等所組織的諮詢團隊。此快速評估方法可經由設計好的查核表，由適當的來源，快速收集資料，使決策者能獲得必要的資料，做適當的決策。**表一**示範建立收容所及解散收容所之決策依據[1]。

就環境衛生而言，措施介入的時機如**圖一**所示，自緊急救援期迄重建期可能因實際狀況的變化而有不同的介入，介入的範疇牽涉給水、垃圾處理、水肥處理、病媒管制以及瓦礫等建築拆除物之處理等等。

二、計畫、組織、人員訓練、協調及後勤支援[4]

救災如同作戰，種種介入當缺乏組織、協調，又沒有訓練有術的人員執行先前安排的計劃時，救災操作常失去導向、缺乏效率、遭遇失誤，使資源無法充分移動與應用，或者錯失移動資源的良好時機。

為減少失誤，中央救災主管機構應該於平時草擬適用於一般緊急狀況的作業計劃。計劃的大小決定於：預期的緊急狀況以及緊急狀況出現的頻次、有風險的民眾人數、災區的大小，譬如此作業計劃可假設是在為10000人分配必要的補給與設備，而且要在48小時內匯集在災區。作業計劃內容應該界定：目的、指揮與控制的架構、權利與責任的限制、聯絡的管道與義務、請求與供應額外資源的管路、作業的細節。與救災相關的每項服務(包括環境衛生的服務)應該依據已經描述的一般原則發展各目的作業計劃，譬如緊急環境衛生的作業計劃應該包括：(1)與

其他衛生部門及救災機構之有效聯絡；(2)環境衛生問題的評估、檢查與鑑別；(3)人員及設備的馬上移動；(4)控制或減少環境衛生危害的緊急行動；(5)供水、廢棄物處理等的緊急恢復；(6)評估公共衛生設施的損害並提出對策；(7)報告狀況及所採用的措施。

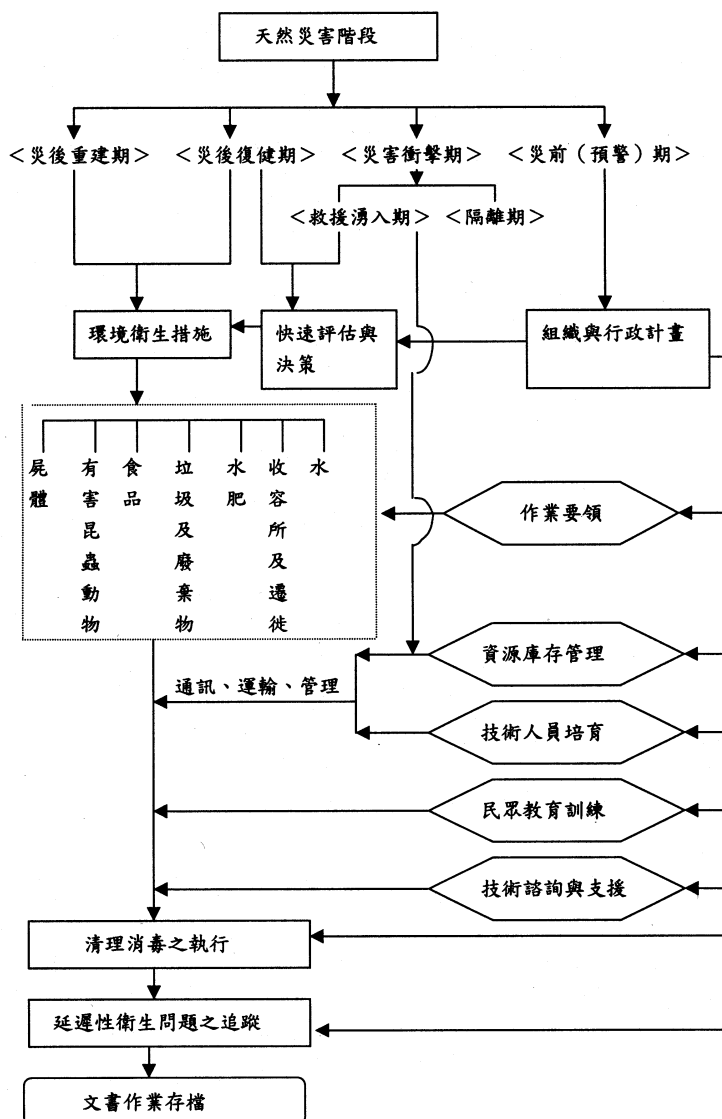
緊急時，環境衛生的基層組織樣本如**圖二**。組織要注意兩方面：(1)當小組成員在5-7名時，各層組織之監督者才能有效的監督與控制；(2)每個小組或作業單元應該在特定的區域服務[4]。假使災區分成數個作業區，而且每個作業區指派給一個工作小組，這樣會使作業運作順暢。

緊急災變時所需要的環境衛生人員決定於下列狀況：社區性質、受災人數、災區大小、需要服務的種類、運輸及通訊的有效性、可用人員之訓練與效率。如果災難過深而且專業的環境衛生人員不夠，人力可以由其他方面(如工業界、顧問公司、私人研究室、水公司、病媒管制公司等等)的衛生人員補充，但是需要接受入門的指導，而且在公共衛生專業者的監督下從事工作。可能的話，招集及訓練社團的年青人從事環境衛生的義務工作，針對特定的活動做在職訓練，並且在專業者的監督之下工作。

訓練強調特殊領域的需要，並且兼顧災變現場工作因時而變的需求來安排課程與練習。訓練內容必須減少理論、加強實用而且安排示範與練習，以便能使用為緊急而庫藏的設備與補給品。譬如服務於公共衛生的環境衛生人員可以針對給水、廢水廠與廢水系統之緊急操作與維修而給予實務的訓練。另

表一 依據狀況對收容營下決策的示範例

決策	依據狀況
1. 建立收容營	1. 區域有威脅生命的狀況；房屋損壞而且原有之地不可能提供其他庇護；以及(或者)自然遷徙。
2. 解散收容營	2. 收容營內有該疾病大流行之危險；有危及生命之虞；或者發現成立收容所之理由不足。
3. 提供健康及環境衛生服務	3. 收容所已建立而不可能立即解散；已偵測出或者預期疾病爆發；不衛生的狀況，以及／或者不能得到例行的醫療照護。



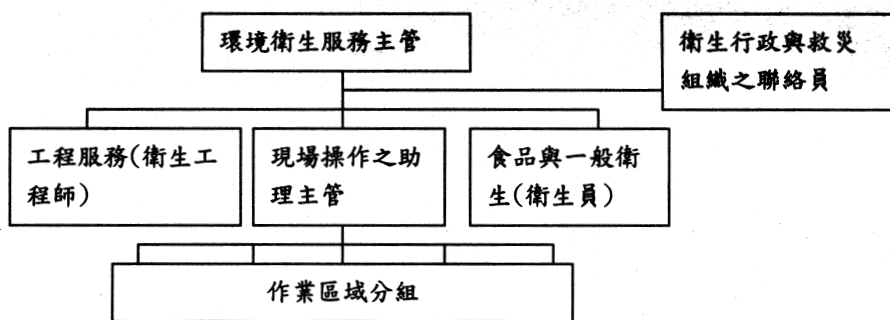
圖一 天然災害後環境清理與消毒體系

外，某些環境衛生人員可能接受特殊訓練：病蟲害之管制、廢棄物處理、集中飲食場所之食品衛生、急救醫療站之衛生以及類似的主題訓練。

就協調方面而言，衛生相關部門平時要與其他救災單位協調合作，詳細條列出救災需要的設備與補給。當然環境衛生部門本身不必擁有全部的品目，但是要有讓設備與補給能立即可得而且快速運輸到需要之處的機

制。譬如，重型設備通常可由軍隊或者快速道路工程部門或公共工程部門取得。某些補給品，如廚房設備、帳篷類庇護用設備等可以與救災相關的福利機構討論。重要的急難用設備與補給品應該庫存、規格標準化、定期檢查確認堪用、更新物品明細單。某些例行的環境衛生作業用設備不必庫存，但是應該經常預訂或者掌握其可能的來源。

對人員設備與補給品的運送方面，為使



圖二 環境衛生救災工作的基層組織架構樣本[4]

交通工具能最有效率地用於技術人員與專業助理，是故要減少被要求支援的人數。再者，只有使用適當的交通工具與充分的運輸支援，才能滿足「速度」這項緊急工作的要素。所需要交通工具的數目視許多因素而定，一般而言，5部吉普型(或野外休閒型)的汽車，2部3/4噸的卡車和1部3-4噸卡車會足夠100000人災區之環境作業[4]。

救災人員必須受到妥善的照顧，使他們能繼續有效的工作。工作者要在惡劣的環境長時間工作，即使最強壯的人也需要適當的休息與食物來補償耗盡的體力。他們必須有適當的生活起居處，能休息、沐浴而且每天能吃一餐熱食。環境衛生部門應為它自己所屬的人員做準備，依賴慈善福利機構取得食物與居所是不智且不公平的舉動，因為這些機構光是給災民提供居所與食物就已經夠受，是故包裝食物以及其他必要的紮營設備等應該列為庫存之緊急補給。

表二為大阪市震災防疫活動的協調與組織[9]。表三則為筆者於921震災後，鑒於協調民間、政府共同投入公共衛生活動之需，透過公共衛生學院曾經向中央提出的組織方案，據云因過分龐大未被採納，在此提出只為強調協調、組織、後勤支援之重要性。

三、環境衛生的措施及實用技術

(一) 飲用水

安全和適當的給水是災後重要的課題。參與急難救援之衛生人員的責任之一是確定

有給水設施而且方便接近。水的細菌數、物理及化學品質應該符合已經設定的標準。

用水的需求量視狀況而定，當需要集體撤離人員時，人員行進中之給水，乾旱炙熱地區預估每日每人至少六公升(約10瓶600cc.的礦泉水)，如果不可能使用運水車運水時，則教導人員煮沸沿途發現的飲水，或者分發消毒用的氯片或碘片。當人員正式或非正式集中而形成營區時，計算飲用、炊煮和基本清洗所需之最低水量時參考下列的數字：(1)田野醫院和急救站，40公升／人一天；(2)集團餐飲中心，20-30公升／人一天；(3)臨時庇護所及營區，15-20公升／人一天[4]。

除非安全給水來源嚴重缺乏，否則不要限制使用。假使缺水，應該執行配水、監督消耗及其他節約用水措施。一旦度過緊急狀況發生的前幾天之後，用水限制應該解除，因為用水與清潔有關，而清潔又與疾病的發生相關，在沒有限制下，用水量可能要接近100公升／人一天[1,4]。

1. 調查和選擇水源

在營區或社區居民聚集處的合理距離內的所有可能水源，應該周全的調查，可是調查的重要性不能過分強調，水處理更重要。在緊急狀況下所採用的最佳水處理，不外是淨水的傳統方法[10-12]，很顯然，最重要的還是選擇極少污染的水源。可能的水源包括都市給水系統、私有的給水系統、泉水、井水、地面水。在都市及鄉鎮等公共給水所及之處，首要之務是恢復公共給水設

表二 大阪市震災防疫活動環境衛生班之組織及任務

1. 環境衛生對策班

- (1) 接受環境保健部長之指令派到保健所；在保健所長之指揮下進入活動
- (2) 環境衛生對策班，由保健所、消毒所之職責構成
- (3) 一班的編組人員為3人(環境衛生監視員、指導員及衛生班員等)班數為67班
- (4) 僅由保健所及消毒所之職員無法應付時，必須向總部求援。

2. 環境衛生對策班之任務

對避難所、垃圾集中場實施必要的衛生管理及消毒，並且為確保區域之環境衛生，實施衛生對策。

- (1) 避難所之衛生管理、消毒：對收容避難所、臨時廁所等實施衛生管理之指導及消毒。
收容避難所之設立狀況，由區本部會同市民部共同向環境保健部提供情報。另外，臨時廁所之設置，其情報由環境事業部匯整向環境保健部提供。
- (2) 臨時垃圾集中場的衛生管理、消毒，生活廢棄物之處理，由環境衛生事業部實施。而且生活廢棄物之回收狀況，臨時垃圾集中場之狀況，也由環境事業部匯整情報，向環境保健部提供。
- (3) 污物污水流出地區之衛生管理消毒。地震破壞下水道、污物污水流出時，對流出區域實施管理與消毒。
- (4) 其他
 - a. 救護所醫療機關之衛生管理消毒
 - b. 受災房屋之衛生管理指導與消毒
 - c. 盛水槽式給水設施之衛生管理
 - d. 井水之消毒
 - e. 鼠蚊等衛生動物之驅除
 - f. 消毒用藥劑之分發

3. 防疫用材料設備等之調集與運送

環境衛生對策班，利用保健所儲備的防疫用資材，不足時，通知市本部，請求調集運送。

施，此時環境衛生人員所擔當的角色是反應、協調及追蹤[1,4,10]。當淨水廠、抽水站或配水系統嚴重損害，以至於短期內無法恢復供水，則應考慮其他水源及措施如表四。

2. 飲用水的加氯消毒

災後的飲用水除非經過檢驗，可假設為不安全的用水需要消毒[1]。用在水消毒的含氯化合物常可取得的有二種：(1)漂白粉(bleaching powder) (2)次氯酸鈣(calcium hypochlorite)

沒有加氯器時，水可以用批次法消毒(the batch method)；這種方法更可能用在緊急狀況。將已知濃度的氯溶液定體積加入一定體積的水中，批次溶液的濃度不要超過0.65%重

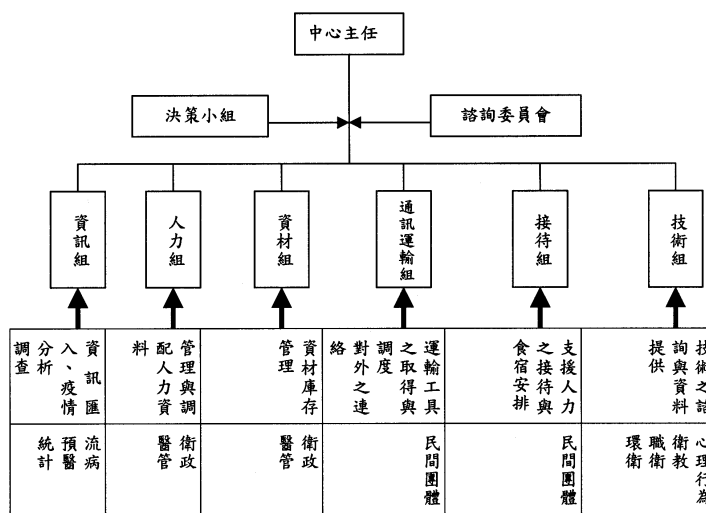
量比，因為此值大約為常溫下氯的溶解度極限。舉例說明，10g的普通漂白粉(強度25%)溶在5公升的水形成濃度500mg/L的儲備溶液(stock solution)，當消毒原水時，1體積的儲備溶液加入100體積的水，得到的濃度為5 mg/L，假使經過30分鐘的接觸後，餘氯濃度超過0.5 mg/L，則劑量可以減少[10]。在必要的接觸時間之後，可以加入化學藥劑，如活性碳或硫代硫酸鈉(sodium thiosulfate)等去除過量的氯，以改善水味。硫代硫酸鈉較適合於用在緊急加氯。一片含0.5公克的無水硫代硫酸鈉從500公升的水中去除1mg/L的氯[4]。

921震災後，曾見中寮鄉群醫中心醫療服

表三 成立921救災公共衛生中繼站之提議

88.9.27

1. 目的：結合政府與民間衛生人力有組織及有系統的協助政府從事災害後復建期與重建期的公共衛生活動
2. 建議位置：省政府黎明辦公室提借房舍，理由為聯外交通佳、接近災區、維生條件較佳
3. 功能：
 - (1)資訊匯集分析；(2)衛生人力管理及調配；(3)衛生資材之管理及調配；(4)救援人力與資財之接待管理；(5)救援交通工具連絡、調配；(6)救援衛生人員食宿休息之安排；(7)衛生技術諮詢支援
4. 組織架構、職責與專長：



5. 資源
 - (1)各大專院校公共衛生學系；(2)民間團體；(3)政府衛生環保單位
6. 成立步驟
 - (1)政府提供場地
 - (2)台灣大學公共衛生學院先期建立架構
 - (3)民間團體與政府提供支援
 - (4)商請各大專院校輪替交接經營

務站的護士，辛苦的分發小袋包裝的漂白粉給家戶做用水消毒之用。若以新鮮普通漂白粉(估計含次氯酸鈉量為30%)作為水消毒之用的含氯化合物，在不考慮原水氯需求量之時計算漂白粉的用量可以用下式[10]：

上式中，Q：普通漂白粉之需要量(g)
V：欲配置之溶液體積(L)

D：欲配置溶液之有效氯濃度(ppm)

A：所使用普通漂白粉含次氯酸鈉之重量百分比濃度(%)

估計新鮮普通漂白粉含次氯酸鈉量為30%，欲消毒一大水桶的水，使其有效餘氯最高達到2 ppm，若水桶為裝滿水提得動的大水桶(口徑38cm, 容水量約20公升)則需要半塑膠湯匙的漂白粉(約 10 公克)，至於口徑30 cm 的塑膠水桶(容水量約10公升)則需要加入半

表四 天然災害後可能使用的水源之選擇及需要的措施

可能的水源	需要的措施	優先順序
都市給水系統	<ol style="list-style-type: none"> 1. 設法回覆系統之運作。 2. 受修理的主管應該沖洗並且使用50mg/L 的氯溶液接觸24小時後排盡，再用可飲用的水沖洗。 3. 如需求很緊急或者修理之主幹管無法分離，消毒用溶液的濃度提高到100 mg/L，而接觸時間縮短到一小時。 4. 消毒後、主幹管恢復供水前，取水樣進行細菌及餘氯檢查。 	1
私有的給水系統	<ol style="list-style-type: none"> 1. 爭取災區鄰近，屬於寺廟、學校、食品廠、酒廠、食品與飲料廠，以及其他工業或農場之深水井或私有的淨水廠的合作。 2. 水源的水必須加氯消毒，再銜接配水系統或者移向用水的取水點。 	2
泉水和井水	<ol style="list-style-type: none"> 1. 當泉水被當作水源時，必須注意地層的結構。石灰石和某些岩石容易有孔洞和裂縫，震災後易導致地下水之污染，也容易受洪水之污染，因此要做好地點的選擇和預防污染的施工。 2. 專業的環境衛生人員調查井水或泉水週邊地區，提供的資訊包括污染的來源、地層結構(特別是土壤和岩石組成)、地下水之品質與數量、水流的方向等等。 3. 井水必須離任何污染源三十公尺以上，而且位置要高於所有的污染源；井的構造(井壁、引水管、人孔)及四周環境(水泥平台、排水溝渠)要符合衛生原則。 4. 井建造或修理之後應立即消毒。首先用100mg/L之氯溶液洗刷井壁，然後加入更強的氯溶液使餘氯濃度為50-100mg/L，攪拌靜置至少12小時，然後抽出井水，讓井水回填。當餘氯低於1 mg/L時，水即可被使用。 5. 上述部分外，泉水另加上數點考慮：(1)收集之設施要避免光線投入；(2)溢流口要位在適當處，以避免大雨時地面水進入；(3)人孔蓋及門必須上鎖；(4)用水前，收集腔應該使用氯液消毒；(5)在泉水週遭半徑50m的範圍要設圍籬，預防地表之污染。 	3
地面水	<ol style="list-style-type: none"> 1. 避免使用惡臭、深色或高度污染的水。可能的話，應該去除顏色、濁度和不純物。 2. 消毒處理之前，先過濾降低濁度及細菌數，也應該採取措施預防動物和人類的污染。 取水點應該位在承受污染水之支流的上游，幫浦取水要過篩，而且適當放置，以免自河床取入泥漿或者吸入漂浮之碎物。此設施可以是極簡單之設備例如可透水之鼓桶(drum)，固定於河流之中央。 	4

塑膠湯匙的普通漂白粉(約5 公克)。另外，亦可就地取材作成批次加氯設備，譬如使用圓形塑膠桶作一種簡單的設備，將塑膠桶倒轉，桶底切出一個洞，上置防塵罩。罐內裝一定濃度的氯溶液，液面上飄浮著浮板串接玻璃的T型管，再與柔軟的橡膠管(或塑膠管)銜接到桶蓋的出口[4]。T型管用來將罐中的溶液引出來，可測試數種不同開口的T形管以決定排出量。調整溶液的濃度以方便於輸送

氯的需求量。這種設計與醫院治療病人所用的點滴設備有異曲同工之妙。

連續加氯(continuous chlorination)，主要用於消毒井水及泉水，亦可應用於消毒其他形式的給水。如沒有加氯器時，控制施藥的設備可以使用圓柱型中空沒有上釉的陶土製容器，充填次氯酸鈣或漂白粉，作為劑量罐。被浸泡在水裡直到活性氯開始滲出，大約要12-24小時。活性氯滲出的量視化合物強

度、罐的多孔性以及罐與水的接觸面積等而定，加氯的適當性可以測量餘氯作判斷。用在儲水池的緊急加氯，為保證氯均勻分佈於儲水池，可以採用兩種途徑：(1)從進水管分流少量的水進入有劑量罐直立的小容器，當分流的水量與進水管之水量成一定的比例時，小容器之水位會隨著進入儲水池的水量升降，而劑量罐浸泡在水中之程度亦有起落，因而達到自動調節滲氯量之目的；(2)劑量罐可以泡在儲水池之排放道，這種方法亦應用於儲水槽及流量小於5 L/min的小型給水系統之水塔[4]。

(二) 臨時的收容營

災難發生時有可能出現種種狀況，促使災民自然的遷離原有的居住處，形成人口擁擠的非正式營區或者官方及民間團體建立的營區或收容所。921震災後各處的空曠地如公園、綠地、學校運動場、道路兩旁的人行道，災民搭建各式的帳棚形成營區、少數夾雜國軍提供的簡易帳篷、巨蛋、或統舖式簡易屋，很少數會願意使用堅固的建築物當作庇護所。這些非規畫中的人類聚集地，可能發生二次災害如疾病的傳播或火災等，其環境衛生需要受到緊密關注。

1. 帳棚營區

環境衛生人員規劃或巡視帳篷營區時需要檢點下列事項[4]：

- (1) 營區遠離蚊蟲孳生處所和垃圾處置區，接近幹道。
- (2) 容易排水，地表及地下水之條件也應該研究。地表覆背花草，避免或清除樹叢及過多的植物。
- (3) 選擇可以避免不良天候條件肆虐的地區，窪地與狹隘的谷地容易遭遇洪水。
- (4) 避免鄰近商業和工業區的地域。
- (5) 足夠的空間供人員庇護和建構必要的公共設施，每人大約應有30-40m²。
- (6) 優良及充沛水源之間的距離在合理範圍內。
- (7) 帳棚應沿道路兩旁成列，至少10m寬，以方便交通。
- (8) 帳篷內至少每人有3m²的空間。

- (9) 帳棚之間的距離至少8m。
- (10) 優先選擇供少數人居住的帳棚(小帳棚)。
- (11) 營區之居住區應該面對季節風。
- (12) 採取預防火災及爆炸的措施。
- (13) 帳篷要有適當的自然通風。
- (14) 要有防風的煤油燈或油燈，作室內及道路之照明。也可以提供電燈泡之燈籠及乾電池。
- (15) 在道路兩旁設儲水槽。儲水槽之容積要有200公升以上，視補充的頻率而定；距離居住區的距離不超過100m以上。每個儲水槽要有數個水龍頭方便配水。建議將儲水槽放在適當高度的木架上。
- (16) 每4-8個帳篷(約25-50人)要有加蓋的垃圾桶(容積50-100公升)。
- (17) 廁所或其他方式的水肥處理設施應該位在帳棚後方的區段方塊。
- (18) 每50人要有一雙側的盥洗台(長3m)。
- (19) 道路旁及帳篷週邊要有排水溝。飲用水供應點也應有適當的排水溝以免泥濘或污泥。
- (20) 紮營區若為長期使用，道路要舖柏油或水泥以免塵埃飛揚。
- (21) 依據特殊狀況之可行性設立衛生規則，並且嚴格考察。
- (22) 營區應分兩區：居住區及社區服務區(集體供食中心、田野醫院、娛樂等)。
- (23) 應避免大營區，將營區次分為不超過1000人的獨立單元。
- (24) 依據事先安排的行事曆定期清潔營區。

2. 建築物

若以建築物當作庇護場所則需要注意通風及臭味的排除。每小時每人新鮮空氣量為30m³。注意理想的溫度。考慮與建築物相關的下列各點[4]：

- (1) 睡床或床墊的人應至少有3.5m²的樓板面積或10m³的體積。如天花板鉤高可以使用雙層床。
- (2) 床或床墊之間的距離至少間隔0.75m。
- (3) 設置緊急逃生口；火災的危害及安全措施的清楚指引應該展示於明顯可見之處，滅火設備應適當維護。
- (4) 每100人有4-5m的盥洗台。盥洗台應男女

分開，而且每台有一個垃圾收集筒。在酷熱地區則每30人需要一個淋浴頭。

(5)爲了處理人類排泄物，可能的話，應該提供沖水的洗手間；廁所應該位在建築物的50m內，但要離開廚房或餐廳。

(6)每12-25人要設有一個50-100公升的有蓋垃圾桶。

四、水肥

「水肥」泛指人類糞便(即使不加水利用)已習定成俗。人類及動物的糞便被加水利用於保持土壤的肥沃由來已久。台灣地區利用水肥之盛亦延至民國七十年之初，目前水肥應用雖然不普遍，但是「水肥處理業」仍然以法定名詞出現，爲勞工安全衛生法適用範圍之行業。

921 震災後，民生維生系統之水電立即受到破壞，原來習慣使用的水洗式廁所無法使用，環保或民間團體提供的移動式廁所又很快的不敷使用，營區空曠地到處便溺成爲不可避免的問題，如埔里南仁國中千人聚集地或者少到數十人聚集的蕉園附近都曾經發生。各種簡易的水肥處理方式如淺溝式營廁(shallow trench latrines)、移動式廁所(mobile latrine)等，雖然不是最佳的選擇，但是不失是短時期的權宜安排，其規格、管理及特殊注意事項列如表五。至於較長期及較永久性的廁所則需要考慮深溝營廁(deep-trench latrine)、鑽孔營廁(bore-hole latrine)、糞坑廁所(pit privies)、沖水廁所(aqua or septic privies)[4]。

日本神戶震災水肥處理系統所規劃的設備包括水沖式廁所、臨時廁所、移動式廁所、下水道利用型臨時廁所等來進行各種避難者的水肥處理，如表六之整理，初期以每250人1座的比例設置，利用庫存儲備的臨時廁所、移動式廁所、銜接下水道之臨時廁所來對應，最後以每百人1座的比例來設置。在儲備數不足時，則以流通庫存及廣大區域支援來供應。臨時廁所的儲備以每250人1座的目標，設置三個地方的儲備基地，於室內經常儲備。另外，場所應考慮視覺障礙者的使用，而且設置於容易收集的場所並設圍牆牆

壁。以20 萬人的避難設計，需要2000座臨時廁所，儲備目標設爲800座[13]。

神戶震災水肥處理系統中之公共下水道接續型廁所，必須於平日選定地點(游泳池、學校、公園)埋設連接污水本管的污水管(直徑0.3m×15m)，且埋設部分要有設置5座左右的人孔。並且於儲備倉庫等預先保管搭棚子用之嵌板(可能2-3人組合)，而於災害來臨時可組合成移動型的便器。先於目標明顯處設置5個地方(公園兩處、學校三處)作爲示範。繼此之後，將以市區街道爲中心依廣大區域避難所、學校、公園之順序來配備。至於學校，以每2校中1校的比例來配備，最後約60校左右會完成[13]。

水肥收集後的處理，則依道路交通的狀況，於最近的下水道處理場處理。但是，一旦最近的下水道處理場不能使用時，緊急應變的原則爲考量環境基準而直接排入管渠。據云921震災之後政府每月必須花費650萬元台幣委託水肥處理業處理水肥，至於目前興建完成的組合屋之污水則與下水道連接或直接排入溪流。

五、一般固體廢棄物處理[1,4,9,13-15]

災後要處理的一般固體廢棄物可能包括：垃圾、動物糞便、動物屍體。固體廢棄物的不當處理與病媒傳染的疾病(vector-borne diseases)相關，所以必須有臨時措施，以便有效的貯藏、收集和處置垃圾與動物的排泄物。屍體應該儘速處置。假使災區是都市而且過去有適當的收集和處置服務，或者災區接近都市的垃圾服務系統，應該集中所有的努力去恢復或擴充原有既存的組織。

(一) 垃圾的貯存

爲加速垃圾的處置，建議提供不同容器作垃圾分類，區分可燃及不可燃(有機及無機)。貯存有機垃圾的容器應該可以洗滌、不透水而且有緊密覆蓋，材料要使用較重的材質。但是緊急狀況下，空的食物容器及拋棄式的防水紙袋可以作短暫的貯存容器。容器的容積不要超過100公升，建議每100人有3-4個容器，容器必須適當分布，使每一戶都

表五 天然災害後緊急狀況下之水肥處理

種 類	規 格	管 理	備 註
淺溝營廁	<ol style="list-style-type: none"> 1. 用普遍工具如鏟子挖掘出來的壕溝。 2. 溝30公分寬，90-150公分深，長度視使用的人數而定；每100人必須有3-3.5公尺的長度，男女需有不同的淺溝。 3. 必要時必須沿著溝的兩旁舖木頭或木板以方便行走，並且預防溝壁塌下。 4. 可用木叢、帆布或金屬板作藩籬以保持隱私。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 從溝裡挖掘出來的泥土應該堆在一旁。 2. 必須提供衛生紙或沐浴水(視當地風俗而定)。 3. 現場要有鏟子，而且教導使用營廁的人每次使用後要用泥土覆蓋。 4. 衛生隊每天要工作兩次，以控制蒼蠅及惡臭。 5. 當溝填到離地面30公分時，必須覆土、隆起與壓實。在淺溝被放棄之前，衛生人員應該確定淺溝已適當回填。 	
泰式廁所	<ol style="list-style-type: none"> 1. 使用陶土或瓷土製造的四方方便器，如同我們習見的洗手盆成漏斗狀，但出口管略為上彎。 2. 該便器架在坑洞上。 3. 可以視成一種改良式的淺溝營廁。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 便後用一杯水沖，沖入的水部份留在便器尾端的彎管，可達到水封防臭的目的，而流入坑洞的水則被泥土吸收達到固液分離的目的。 2. 坑洞滿後則覆土壓實，便器則可帶走另尋他處使用。 	柯源卿教授於921震災後來電，提醒泰國過去為防範腸系疾病流行而採用
移動式廁所		<ol style="list-style-type: none"> 1. 環境衛生人員負責監督槽內內容物的適當處置、沖洗及消毒。 2. 用在災後的緊急狀況，平常時可以用在鄰近都市中心無下水道的區域。在地下水位高的災區，使用移動式廁所是必要的。 	

表六 神戶震災水肥處理系統之水肥處理方法

1. 收容避難所

首先判斷被害狀況及避難者數目，避難所可否使用水洗式廁所等，以臨時廁所(含便槽)、移動式廁所的設置、下水道利用型臨時廁所等來進行避難者的水肥處理。

2. 廣大區域避難場所

在廣大區域避難場所中長期避難時，同時判斷被害情況、避難者數目、及可否利用水洗廁所等避難所狀況，以臨時設置廁所(含便槽)來處理避難者的水肥。

3. 留在自家避難者

由於生活必須管線受損使得水洗廁所的使用變成不可能者，可在公園等據點設置臨時廁所、處理水肥。

4. 事業單位

臨時設置廁所或移動型廁所等的儲備，以致災害時可以維持地區的衛生環境。

有方便接近的容器，容器應該離地置於木架上。大型的緊急供食中心，可以使用廚餘貯存庫(garbage stores)，此設施應有水泥構築的地板及牆壁，並具備排水溝及給水設施，而且應該每天沖洗。

(二) 垃圾收集

必須估計垃圾的數量、收集的頻率、收集用交通工具的數目和大小、人員的需求、最終處置方式以及處置的地點。緊急狀況下，可以動用各種形式的卡車。但是，有壓縮功能的垃圾車可以減少旅運的次數以及垃圾溢散的危害。一部10m³容積的卡車配置一名駕駛員及兩名助手，可以服務5000-8000人，每天跑3趟[4]。

(三) 垃圾的處置

垃圾的處置可能為衛生掩埋、掩埋、焚化和露天傾倒。大部分場合偏好使用衛生掩埋(sanitary landfill)作最終處理，可以向軍方或公共工程部門商借重型推土設備。垃圾壓實迅速覆土，然後再壓實，如此週而復始；有三種操作方法：(1)壕溝法(the trench method)(2)坡道法(the ramp method)(3)區域法(the area method)。但是緊急時，在衛生人員的監督下，亦可能採取掩埋、焚化和露天傾倒如表七。

在某些天然災害後，尤其是洪水時，處理動物屍體可能是最嚴重之負擔；掩埋緩慢又費力，當有許多屍體時，要掩埋所有的屍體相當困難，除非有重型的挖掘機器。焚化小動物如貓狗之屍體可行，但是較大之屍體的焚化有困難，除非建有焚化爐。故必須努力取得掩埋用之重型設備，要是設備不可得，應該混合使用埋葬與焚化，即埋葬內臟，而且以燃料油輔助焚化屍體。爲了有較好的管理，建議在適當地點的動物墳地集中處理，等待埋葬的屍體應該防肉食動物接近。

(四) 大阪神戶震災一般廢棄物清理計畫[9]

從環境保護及衛生觀點考量，優先對極度緊急的生活廢棄物著手，從可能優先進行的地區如住宅密度高的地區收集家庭垃圾等

開始作起，同時也應檢討因應道路交通狀況不同之夜間收集方式。對大量產生的垃圾，無法使用處理設施迅速處理以及處理設施搬入有困難時如道路交通中斷，交通堵塞狀況，可以利用公有未使用地設臨時集中處。臨時集中場，由市本部勘察狀況與相關部門協議選定。臨時放置場的位置一面考慮其周邊環境，訂定臨時放置場之衛生、防火對策，同時爲了確保必要的重機械及車輛的調度，也應致力於以民間爲對象之支援體系之確立。臨時集中處之垃圾，根據作業計畫，利用卡車運送，以焚化、粉碎及掩埋處置。作業需要之資材設備不足時向相關業者請求協助，特別必要的人員不足時，向其他都市請求援助。另外，對市民而言，透過大眾媒體宣導垃圾的收集計畫，呼籲遵守垃圾收集及排放區分的相關規定。

六、瓦礫等建築解體物的處理[9,13]

大阪震災廢棄物清理計畫中，關於全毀或半毀之房屋之解體，當大阪市本部提出決定以公費解體時，相關部門依「損壞房屋之解體、處理事務處理要領」爲基準，執行執掌的業務。解體處理後，可能的話在發生地就地分類可燃物及不可燃物。或者由市本部勘察與相關部門協議選定，利用公有地，按發生量設臨時集中場。在臨時集中場一時積集的，必要時應行粉碎處理，並且可能的話分類可燃物與不可燃物。就可燃物混入不可燃物而言，環境事業部與市本部共同調整確保在浮游選擇場，利用水面再分類。臨時集中場分類過的解體物其中可燃物利用市本部所屬設施處理。另外，對不可燃物，利用本市處置場以及其他事業處置。臨時集中場之解體物若本市處理設施處理能力不足時，向其他都市請求援助。作業需要的人員與器材，向關係業者請求協助，並且向財政部請求借用必要器材。特別必要的人員不足時，向其他都市請求援助。再者，對於自行解體受災建築物要提供處理的相關資訊。

神戶廢棄物處理系統對於分類、破碎、焚化處理方法進一步針對房屋的種類敘述如表八之摘錄。廢棄物是由解體房屋現場進行

表七 天然災後固體廢棄物之緊急處理

方 法	適用狀況	規格及(或)作法
掩埋 (burial)	有推土設備的小型營區	<ol style="list-style-type: none"> 1. 挖出寬1.5公尺、長2公尺的壕溝，供200人使用二週。 2. 每天結束使用時覆蓋20-30公分的泥土。 3. 當壕溝的內容回填到離地面40公分時，壕溝覆土壓實，另外挖新溝。 4. 壕溝的內容物隔4-6個月之後取出，用於耕作。
焚化 (incineration)	使用在掩埋不可行之處如急救站與醫院等含有病源物的垃圾	<ol style="list-style-type: none"> 1. 假使垃圾非常濕，需要加燃料油。 2. 網狀金屬籃子，放在圓形鐵桶或石頭的支架上成籃狀焚化爐，適用含有病源物的垃圾。 3. 用四塊浪形鐵板直立圍成方形，在離地適當的高度橫放數根鐵條作為爐架，並且在一面浪形鐵板做出爐口，這樣的焚化爐比較適合長期的用途，可以加少量的煤油以保證完全燃燒。 4. 焚化爐之構造基本上要注意：位在下風處；築於水泥或硬土構造的不滲透的地基；進氣口必須足夠大，成漏斗狀，向內縮小，以便產生鼓風的作用(blower effect)；爐架上之鐵棒應該鬆散；燃料添加門應該座落於適當的位置；灰口必須有足夠空間；掩蔽的焚化爐必須設夠長的煙囪。
露天傾倒 (open dumping)	這種方式必須避免，只有極端緊急狀況，在環境衛生人員的監督下執行	<ol style="list-style-type: none"> 1. 垃圾可以拖拉到適當的地方露天傾倒焚燒。 2. 罐類應該壓扁以防蚊蟲孳生。 3. 焚燒過的垃圾應該覆蓋以防蒼蠅及鼠類。

第一次的分類後，再收集至臨時放置場[13]。

解體工程及災害廢棄物的搬運，原則上由建築物所有者負責。而市政府會提供這些廢棄物的處理場以及有關處理處分的相關資料。

阪神大地震後，透過與政府協議公費負擔房屋拆除。在協議完成的公費負擔之政府制度下，其對傾倒房屋等的解體拆除實施流程如圖三。

七、災民衛生教育[4]

經驗顯示，衛生設施做為災後救濟工作的一部份，經常沒有達成它們的目的。因此，環境衛生人員應該積極參與教育災民，令他們會適當的使用衛生設施，符合個人衛生的原則以及保護社區的衛生。衛生教育有

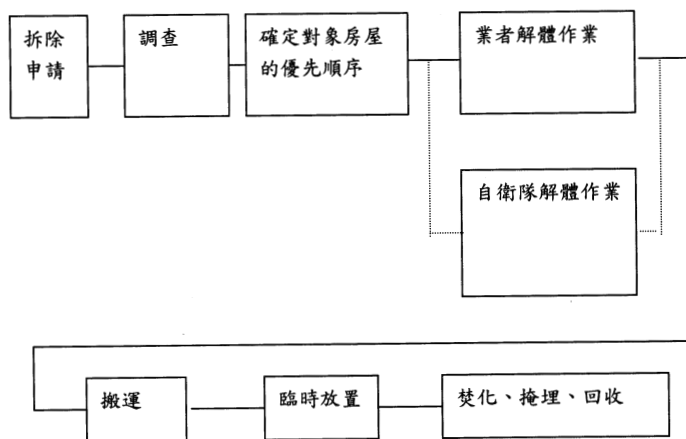
關的重點：

1. 教育應該建立在人們的信任與合作的基礎上，故為衛生工作者具備同情的心情與權威的態度是很重要的。
2. 使用容易瞭解的那一型的衛生設施，在不犧牲衛生的原則下，通常是設計簡單且易行的解決方案。假使不可避免的要使用複雜的設施，必須耐心且經常指導。
3. 現場的教育是最有效的。
4. 在短期的緊急救濟，沒有足夠時間教育時，對衛生設施的適當運作應該利用年輕的義工協助專業檢查員，建立系統化且定期的檢查。
5. 大眾教育的傳播在緊急時期已被證明相當有效。

衛生教育的領域：

表八 日本神戶震災計畫中建築物拆解物之處理

建築物的種類	分類方法	中間處理、最終處理方法
木造房屋	木材系列廢棄物，針對柱材、金屬、不燃物等大分類後，再運送至指定的臨時放置場。	1. 可燃物中，柱材等是可以全面回收的。其他的可燃物則在淨化中心焚化。必要時亦可設置臨時焚化爐。 2. 混凝土灰，則基本上均會以有用材料再度回收。 3. 大分類後所殘留的混合物(以土砂為主)，也儘可能再分類後進行必要的處理。
大樓、公寓等	公寓等所產生的混凝土系廢棄物、包括混凝土塊、金屬、可燃物的大型分類後，再送至臨時放置場。	如上回收再利用、焚化、填土掩埋。



圖三 建築解體物解體處理事業流程[9]

1. 避免使用受污染或可疑的飲用水。
2. 避免廢水。
3. 配水的合作。
4. 保護給水系統的合作。
5. 適當使用水肥處理設施，以及保持清潔所需要的合作。
6. 避免散佈垃圾，遵守適當收集的規則。
7. 合作減少昆蟲的族群。
8. 營區與避難所的清理。
9. 食物容器、碗盤、廚具等的清理。
10. 遵守個人衛生規則(包括人體與衣物)。
11. 動物糞便的適當收集。
12. 參與社區的清掃工作。

結 論

就天然災害對衛生及健康照護的後果而言，災害是天然力量在人類與其生存環境之間造成的一種巨大生態分裂，中斷平日建立的環境衛生保護網，使居民災後的生活品質下降，可能提高疾病罹患率及死亡率，需要格外努力克服，往往需要外來的援助而且有其急迫性與變化性，因此在災前平時擁有的準備期(或稱預警期)，衛生相關部門就需要根據可能的災害種類做好原則性的緊急作業計畫，強調組織、協調與後勤支援的重要性，進行教育訓練及必要設備的庫存；在災

後救援期、復健期與重建期，透過衛生團隊建立的快速評估方法取得資訊，以期依據環境惡化之實態下決策，實施必要的環境衛生措施。

災後緊急環境衛生措施包括大規模天災造成的人口遷徙及/或人口臨時集中之收容所的下列環境衛生措施：給水；廢棄物處理，包括水肥處理、固體廢棄物處理等；收容所之雜項衛生措施，包括沐浴、洗衣、消毒及除蟲等；災區受難者之衛生教育原則等，這些側重傳統鄉村環境衛生的做法，亦然可以適用於都市受災後的情況。此外，都市受災後特有的環境衛生問題如建築拆解物的清理與處置、臨時廁所的建置、公共給水系統的恢復，則可同時借鏡於近代曾出現大規模天災的都市經驗如阪神地震經驗之防災計畫。

致 謝

本篇整理88年10月22日國立台灣大學環境衛生研究所暨職業衛生與工業衛生研究所二所聯席書報討論口頭發表，大部份內容摘自「天然災害後環境清理與消毒體系研究」之研究報告，該項研究承行政院環境保護署EPA-88-U1J1-03-007專案支持方得以完成。研究過程中承蒙國立台灣大學環境衛生研究所宋鴻樟教授提供泛美衛生組織豐沛的資料，在此一併致謝。

參考文獻

1. Pan American Health Organization. Assessing needs in the health sector after floods and hurricanes. Technical Paper No-11, Washington: Pan American Sanitary Bureau, Regional Office of the World Health Organization, 1987.
2. Birley MH. An historical review of malaria, kala-azar and filariasis in Bangladesh in relation to the flood action plan, *Annals of Tropical Medicine and Parasitology*. 1993;**87**:319-34.
3. Howard MJ, Brillman JC, Burkle FM. Infectious disease emergencies in disasters, Emer-

- gency Medicine Clinics Of North America 1996;**14**:412-28.
4. Assar M. Guide To Sanitation in National Disaster. Geneva: World Health Organization, 1971.
5. Noji EK. The Public Health Consequences of Disaster. New York: Oxford University Press, 1997.
6. Schultz CH, Koenig KL, Noji EK. A medical disaster response to reduce immediate mortality after an earthquake. *The New England Journal of Medicine* 1996;**334**:438-43.
7. Logue JN, Melick ME, Hansen H. Research issues and directions in the epidemiology of health effects of disasters. *Epidemiologic Reviews* 1981;**3**:140-62.
8. World Health Organization. Rapid Assessment of Source of Air, Water, and Land Pollution. W.H.O. Offset Publication No. 62, Geneva: World Health Organization, 1982.
9. 大阪市防災會議：大阪市地域防災計畫(震災對策篇)。東京：國土廳防災局，1997(平成九年)；187-95。
10. 環保署：災害防救方案～災害後環境污染防治實施計畫。台北：行政院環保署，1996。
11. World Health Organization. Operation and Maintenance of Urban Water Supply and Sanitation System. Geneva: World Health Organization, 1994.
12. U.S. EPA. Office of Drinking Water. Manual of Small Public Water Supply System, Boca Raton, Florida: CRC Press Inc; 1992.
13. 神戶市防災會議：神戶市地域防災計畫(震災對策篇)。東京：國土廳防災局，1997(平成九年)；235-57。
14. Suess MJ. Solid Waste Management - Selected Topics. Denmark: World Health Organization, Regional Office for Europe Copenhagen, 1985.
15. Westlake K. Landfill Waste Pollution and Control, Chichester: Albion Publishing. 1995.