

第六章 實驗動物相關之環保管理

近來我國的環境污染問題普遍受到國民的重視，環境保護意識逐漸抬頭，而環境保護也成為國家重要施政之一。

實驗動物飼養過程中產生大量固體、液體和氣體的廢棄物，其中有些對人和動物有微生物性、化學性或放射性的危害，若未妥善處理不但影響動物實驗的準確性，也極易造成環境污染，直接或間接地影響工作人員或鄰近居民的生活品質和身體健康。要減少和避免實驗動物飼養過程中發生環保問題，應在動物設施設計時作周詳的規劃並加上營運後適當管理措施才能達到。

動物設施人員應具備有關環境保護之基本常識以便具備管理之基本能力，達到保護環境的目的。動物設施應配合機關內相關的環保安全組織，成立環保管理小組，訂定環保守則、綜理環保事宜，並針對工作人員進行教育訓練。

環保管理小組之職責可包括：

- 一、調查動物設施內多種污染之特性，包括種類、特性及數量。
- 二、擬定污染物之管理及處理計劃。
- 三、廢棄物收集貯存及標示。
- 四、人員有關環保之教育訓練。

實驗動物污染的預防

一、臭氣

實驗動物房舍出現的廢氣以氨氣為主，是動物糞尿排泄物經細菌分解所產生，另大型動物如狗、豬常有體臭，另外視不同區室常大量生成微塵或懸浮微粒，特別在清洗區、大動物區或更換墊料時為甚。封閉式的飼養方式或動物房舍若換氣不足或不良，動物房內將大量貯存臭氣，不僅影響動物也危害工作人員健康。為減少臭氣的影響可規劃動物實驗房舍為一棟獨立的建築或一層樓層，與辦公室及實驗室分開。動物室設置獨立空調系統或裝置脫臭設備，利用壓差，可以有效控制臭氣的外洩。空調設備需經常定期清潔保養，以維持最佳效率，對齧齒類動物而言降低飼養密度、增加墊料更換次數、增加動物室之換氣次數、使用具輔助換氣的隔離飼育盒、將盒子置於輔助容器中都可減少廢氣的產生和擴散。大型動物如狗、豬等增加清洗排泄物次數，保持室內乾燥，並且定期藥浴控制外寄生蟲感染，都是減少臭氣的方法。在清理廢棄墊料地方使用氣罩(hood)可大量減少微塵或懸浮微粒的產生。廢氣排放前需經處理去除對環境有害物質，譬如沖淋塔(spray tower)濕式處理、吸附劑吸附處理、靜電集塵和過濾處理等。霧氣及煙燻法消毒時(過乙酸用於無病原動物室、三聚甲醛用於空房間的消毒)，房舍的門窗、通氣口必須關閉密封以防外洩至其他樓層或戶外。

二、噪音

動物房舍中一些設備，例如飼育盒清洗機、空調機等，在運轉中往往會產生噪音。某些大型動物，如狗、豬、猴子等吼叫音量大，造成工作人員暴露在高分貝環境，若動物設施未合符標準，則四週也會受噪音影響。在設計動物房舍時應

考慮噪音問題。將人員休息區與動物飼養區及清洗區分隔，是減少人員與動物間互相干擾的最佳方法。在動物區中，易產生噪音的工作區，如洗滌區、維修區，應與動物飼養區隔開，另吵雜的動物如狗、豬、猴子等必須和較安靜的動物如啮齒類、兔子、貓等區隔飼養。動物房舍要使用隔音建材，如空心磚、混凝土牆，走道上的門窗隔絕性需良好，採用雙門式玄關。為避免影響週遭之安寧，外部窗戶採雙層玻璃設計。發出聲音的裝置如收音機、警報器不裝置動物房中。此外，訓練工作人員在工作過程中減少噪音的產生，譬如使用附有墊片、防撞片之推車或台車。工作人員亦應配戴保護裝備，預防聽力受損。

三、污水

在動物設施中，每日清洗籠舍、器械及地板會有大量廢水從動物室，洗籠機經水處理系統(一般為化糞池處理設施)處理後排放下水道。這些廢水主要含有動物排泄糞尿，經水處理系統處理後多符合排放標準可排入下水道，不會造成環保問題。實驗動物房舍及器械需定期清潔消毒，所使用的清潔消毒劑，一般含有抗菌物質、清潔劑、pH 緩衝劑、去毛劑、油質分解劑、和除臭劑等。任何清潔劑、消毒劑要依指示稀釋濃度使用，避免過量使用造成污水增加，使用後要徹底清洗，避免殘留物形成不溶性化合物，對動物有毒性。未稀釋的化學性消毒劑大部分對人類有潛在毒性，操作使用及儲藏皆需依產品指示說明執行。動物房舍中排水口位置、口徑大小、排水溝及地板斜度必須合乎標準，以避免排水困難造成積水。排水管與主幹道間之連接應直接，不宜太多彎曲。此外需定期檢查排水口是否因腐蝕破損而產生滲漏，使污水流入接鄰樓層。要注意廢水中動物毛髮會堵塞污水處理設施的管道，所以用自動糞尿沖水系統的動物房，應於廢水排水口處裝置截流設備，如濾網、鐵欄，收集大型便塊、毛髮，避免排水管路阻塞和大量糞便排入廢水處理系統。

感染性微生物動物實驗所產生的廢水，或許會含有致病微生物，威脅人體健康及環境衛生，此類廢水需經化學處理消毒(例如次氯酸鈉)或加熱高壓蒸氣滅菌處理後方能排放下水道。

四、廢棄飼墊料

墊料提供實驗動物造巢材料，具保溫、吸收排泄物和提供生活屏障的功能。廢棄墊料一般夾雜飼料及動物排泄物，稱之為廢棄飼墊料，是固體廢棄物中(包括墊料、動物排泄物、動物屍體、紙張及其他物品)最大宗。廢棄飼墊料屬事業單位產出廢棄物，須委託經環保主管機關核定之清運及處理單位進行清運處理，其廢棄物之量涉及廢棄物處理費用的高低，廢棄物之減量化為解決廢棄物污染問題之最佳途徑，因此盡量考慮產生量的減少，可依據最大動物飼養空間估算廢棄墊料的生產量，以安排貯存空間、運送工具和人力。其次，廢棄物清理、搬運、收集、儲存及處理應建立一套工作規範，一切操作按有關法令規定執行。

設置具抽氣功能的廢棄飼墊料收集裝置，避免飼墊料在清理過程中隨空氣散佈。在清理時要注意避免氣膠(aerosol)形成，工作人員要配備防護措施，如工作服、口罩、面罩、手套、長筒鞋等。不同污染程度的廢棄飼墊料，應以不同方式處理，包括一般性無害的、感染性或放射性的廢棄飼墊料。一般性無害的廢棄飼墊料，是指單純動物飼養所清除出來的廢棄墊料，可直接進行最終處理，常用方

法包括堆肥和苗圃處理、焚化或視作一般廢棄物掩埋。感染性廢棄墊料要以印有生物危害標誌的塑膠袋包裝密封，貯存在獨立具冷凍設備之場所，或以經環保主管機關規定之滅菌方式進行滅菌後方可視為無害性廢棄墊料，並以掩埋或焚化方式處理。放射性廢棄飼墊料要以印有黃色放射性物質標誌的塑膠袋包裝，於特定的容器中暫時貯存，待容器裝滿後由專門人員收集處理。

廢棄飼墊料應定期清理，不做長期儲存，動物房舍亦應設有足夠的貯存空間，貯存暫時無法立刻處理的廢棄物。廢棄物儲存區應與其他區室分隔，盡量遠離動物飼養區、人員作息區、動物運輸動線或主要動線上，以設在貨物裝卸區最為理想。廢棄物貯存室必須密閉，避免臭氣外洩和能防止蒼蠅、蟑螂、嚙齒類等侵入。廢棄物除以塑膠袋密封外應以貯存桶盛載避免搬運中洩漏、滲出、逸散、飛揚、散發惡臭，盛載廢棄物容器應選擇金屬或塑膠材料，堅固耐磨，貯存容器及設施應經常清洗保持清潔。

廢棄飼墊料之輸送清運，時間最好能避開動物設施繁忙時間，一般而言可選擇在上午或下午某一固定時間，每日清運一次。運送廢棄物的手推車四周應設藩籬圍封，清運過程要防止洩漏及翻覆意外事件發生，清運人員應穿上連身之塑膠衣服、雨靴及手套。

五、動物屍體

動物屍體是實驗動物設施產生主要廢棄物之一。動物房舍中必須設置容量充足的冷藏或冷凍設備以暫時貯存屍體。動物屍體一般可分為無害性動物屍體及感染性動物屍體，所謂無害性動物屍體是指未投藥、感染病原微生物或放射性物質的動物屍體，可以掩埋或焚化處理；感染性動物屍體是指經實驗過或經感染病原微生物之屍體，此部分屍體應該以裝載生物危害物質的塑膠袋妥善包裝，經環保主管機關規定之滅菌方式滅菌後，可以一般無害性動物屍體方法貯存、掩埋或焚化。另放射性動物屍體，應以裝載放射性物質的塑膠袋妥善包裝，利用專用烘箱，以 60-70°C 將屍體水分烘乾，為避免烘乾過程產生惡臭，可利用微波爐加熱使水份分離。經乾燥後的動物屍體可依廢棄放射性材料處理。

六、微生物病原

接種人類病原微生物的動物實驗以及若干感染實驗動物的微生物，譬如猴子的結核桿菌和 B 病毒，是人類感染的來源。因此飼養動物的房舍都應為封閉式的空間，減少室內污染物質直接散播到外界。此外設置合乎標準可進行傳染性病原微生物或致癌性化學物質實驗的動物房舍進行相關實驗。隔離動物房舍排放的空氣須經高效能空氣過濾裝置。

當動物離開動物設施在運送途中，如在走廊、電梯，可能讓不相關人員暴露在動物所散播感染微生物或過敏原中。為了維護動物本身及非相關人員的健康必須儘量避免將動物帶離動物房舍，因此在設計時要考慮設置動物處理室 (procedure room)，讓研究人員在動物房舍有工作空間，減少動物往返運送的頻率，動物如必須外送應使用設有濾網的運送箱或 microisolator cage，同時使用專用走道或電梯。確實遵守標準操作程序，避免人為因素造成病原微生物外流：1. 注意個人衛生，工作前後需洗手，2. 穿戴防護配備，如手套、口罩、實驗衣，3. 所有接觸生物危害物質的物件必須滅菌後再作處理，4. 感染性廢棄物應以可

燃容器密封貯存，標示為感染性廢棄物，於攝氏 5°C 以下冷藏，5. 小心使用針筒注射器，避免扎針，6. 良好飼養管理工作，保持動物房清潔，減少微生物生存空間，7. 建立害蟲控制計劃，定期執行。

七、實驗室廢液

因實驗需求或動物健康監測需求，常有實驗室廢液產出，例如已使用過之組織固定液（譬如福馬林）或消毒用之酒精等，此類廢液之濃度較高，不適合直接排放於污水道，須委託環保主管機關認可之清除及處理廠商處理。各種有機或無機廢液應以適當容器分類回收，並詳細填寫廢液標籤內容，黏貼於每一廢液桶上，以免因不同性質之廢液混合產生危害，另搬運過程中務必注意安全，儘可能由廢液產生人員進行搬運集中之工作。

參考文獻

1. 實驗室廢液處理及管理手冊(1989) 教育部環境保護小組 教育部印 台北 (民國七十八年)。
2. 蔡倉吾(1980) 第七章 動物實驗相關之環保管理 醫學相關科系環保通識教材 教育部編印 台北(民國六十九年)。
3. 實驗室安全衛生環保管理手冊(1997) 教育部環境保護小組 教育部印 台北 (民國八十六年)。
4. Guide for the Care and Use of Laboratory Animals. 2010. National Science Council, National Academy Press, USA.