

操作管理

實驗室及醫院之有害廢棄物管理措施

阮國棟* 吳漢松** 鄭文源**

一、前 言

國內環境保護單位草擬完成「事業放流水標準草案」，即將在民國七十六年公布施行，該草案將「學術及研究機構之實驗（或研究）室」及「一百床以上醫院及醫事檢驗院（所）」二個屬於特定場所之放流水列入管制。此二特定場所產生之有害廢棄物，雖然量少，但是種類繁多，變異性大，危害性亦大，因此，有害廢棄物的管制亦勢在必行。衡諸美、日各國，此二特定場所之被列管及執行防治措施，距今均有十年以上的歷史，本文旨在引介美、日各國在管實驗室及醫院有害廢棄物的法規背景、組織體系、以及有關廢棄物特性及處理、處置技術的一些經驗，藉供國內各界人士參考。

二、法規背景及執行現況

(一)我國：

衛生署環境保護局草擬之「事業放流水標準草案」中，已將「學術及研究機構之實驗（或研究）室及「一百床以上醫院及醫事檢驗院（所）」，二個屬於特定場所之放流水列入管制，並擬於七十六年發佈施行，前三年（七十六、七十七、七十八）採第一階段標準限值，第二階段限值自七十九年起，視實際情況再予以修正。茲將有關限值列於表1。

表1 學術研究機構實驗室及一百床以上醫療場所之放流水標準

| 項 目 | 事 業 名 稱 | 一百床以上醫院及 醫事檢驗院（所） | 學術及研究機構之 實驗（或研究）室 |
|----------------------|---------|----------------------|----------------------|
| 大腸菌 | | 50,000 | 300,000 |
| (每100毫升最大可能數不得超過之限值) | | (50,000) | (300,000) |
| 生化需氧量 (mg/l) | | 100(60) | 100(60) |
| 化學需氧量 (mg/l) | | 200(120) | 200(120) |
| 懸浮固體 (mg/l) | | 100(60) | 100(80) |

註：()值為第二階段擬實施之限值。

* 工研院化工所污染防治開發組正研究員

** 助理研究員

(二)美國⁽¹⁾：

美國大學及研究單位之所以努力改善本身處理有害廢棄物設施的原因，主要係因爲聯邦及州政府的立法越來越嚴。例如資源保育及回收法案 (RCRA) 於一九八〇年通過實施時，僅適用於每月產生有害廢棄物量在1000公斤以上者，但在一九八六年三月卅一日以後，每年產生量在100公斤以上至1000公斤以下者，均屬列管的對象。根據初步估計，美國由於此項RCRA法案的修正，將有1500個學校成爲新的列管對象。同時學術單位也必須遵守一九八〇年聯邦的全面環境對策、補償及責任法案 (通稱超級基金法案， Superfund)，根據這個法案，學術單位必須對過去不當的拋棄或掩埋有害廢棄物，負起昂貴之清理的責任。雖然Superfund 係針對公司，但美國已有明尼蘇達大學及北卡州立大學二所學校，列名在必須優先清除特殊有害廢棄物場所的名單中。學術單位也體認該法案的主要精神，亦即即使將有害廢棄物委託商業處理公司處理，若最後仍造成健康或環境的危害，產生者還是負有完全的責任。因此，大學及研究單位，對於選擇處理公司也就格外的謹慎小心。

最近，史丹佛大學爲了處理有害化學品及生物性廢棄物，共花費700萬美元，建造了三棟大樓連座的一個廢棄物處理中心，並在七十五年底正式啓用。其中一棟大樓用來處理含傳染性生物廢棄物（主要來自大學附屬醫院）、化學品廢棄物，以及設置一個焚化爐和一個實驗室（焚化爐的規模爲每小時處理0.5噸的固體及液體廢棄物，建造費包括爐體本身、煙的水洗設施及儀錶等，共85萬美元）。第二棟大樓則處理低放射性廢棄物，同樣擁許多實驗室及設備。第三棟大樓則爲行政辦公室與針對教授及學生進行有關安全訓練的中心。

上述三棟連座的大樓，可能是目前全美大學校園內，最大、最新而且功能最好的廢棄物處理中心之一。

(三)日本⁽²⁾⁽³⁾：

日本有公害政策基本法，各地方自治團體，亦有補充公害相關條例，以東京大學爲例，東大校園位於東京，因而有當地自治體之規制及指導。一九六九年，東京公害防治條例制定，東京大學即相繼展開「公害防治連絡會」、「廢棄物處理商談會」等全校性活動。一九七四年，「水質污染防治法施行令」及「廢棄物處理及清掃相關法律施行令」之修正，大學及研究機構被指定爲特定事業。一九七五年，東京大學設立環境安全中心。一九七七年編列預算要求設立實驗室廢棄物處理設施。一九七八年醫療類廢棄物亦包括在實驗廢棄物之處理業務上，（一九七九年五月十日，「水質污染防治法施行令」才指定300病床以上之醫院，列爲特定事業場所）。廢棄物處理設施之建造、操作至今已有七年之歷史，尤其可貴的是全校師生同心協力爲環境安全之實踐所做的努力，東京大學的做法在日本爲相當成功的案例，其他較大的46所國立大學，自一九七四年起，其實驗室廢液即受公害對策基本法管制，各大學亦逐漸設置類似的廢棄物處理設施⁽⁴⁾。

三、實驗室及醫院有害廢棄物之特性

(一)大學及研究機構：

一個工廠可能產生十幾種廢棄物，但一個學術研究單位，卻可能產生數千種廢棄物，而其中很多種，其量可能是幾公克而已。因工廠的製程較固定，所以廢棄物的組成就比較固定，而學術研究單位就不同，研究題目時常改變，只要一變，廢棄物的組成就會跟着變；廢棄物的量少、種類多及變化大是實驗室有害廢棄物的特徵，也是造成與工業界有害廢棄物處置上不同的困擾問題。

大學中產生之廢棄物與一般產業廢棄物不同，其廢棄物的量較少，但是其形態、成份及產生量的改變，受到時間、季節的變化很大，發生源亦分散極廣。

例如，自然科學系之實驗室，使用多種無機、有機試藥，其中有毒性極強之化學物質，有對人體健康不明之新化合物，也有放射性物質、細菌等之物理性與生物性危險性很高之物質。此等物質如蒸發到大氣中，或混入實驗室廢水中，受到稀釋混合後，則其處理將極困難，事實上甚至有不能處理的情形。另外，不同種類的廢液或廢溶劑如果混合，會產生有害的氣體，或危險性之發熱，這些問題都必需考慮到。

(二) 醫院及醫事檢驗所

由於醫院醫療設施的排放水與其他事業場所不同，含有滅菌消毒劑及病原性細菌等，而且很容易混入一般之排放水，故其對環境的影響非常大。一九七二年日本環境廳，一九七三～一九七四年都道府縣及一九七五年厚生省，對於醫療設施之排放水質調查結果如表2，結果水質都超過放流水標準很多，（當時醫療設施未被列為特定事業場所，故其放流水超過標準），超過放流水標準之醫療設施有90%。另外調查醫療設施之規模（病床數）與廢水量之關係，結果如圖1所示，即病床數與廢水量成正比。由於這些調查結果，使得水質污染防治法規中的對象增加了醫療設施。

表2 日本醫療設施排放水超過標準之比率 (1972~1975)

| 調查機關 水質項目 | 環境廳調查 | 厚生省調查 | 都道府縣調查 |
|--------------|-------|-------|--------|
| pH (氫離子濃度) | 17% | 10% | 12% |
| BOD (生化需氧量) | 39% | 30% | 27% |
| COD (化學需氧量) | 9% | — | — |
| SS (懸浮物量) | 2% | 8% | 5% |
| 大腸菌羣數 | 76% | 62% | 76% |
| 酚 | 17% | 6% | 5% |
| 鎘 | — | 1% | — |
| 氯化物 | — | 1% | — |
| 水銀 | 17% | 7% | 32% |
| 烷基水銀 | — | — | 11% |
| 正己烷抽出物 | — | — | 46% |

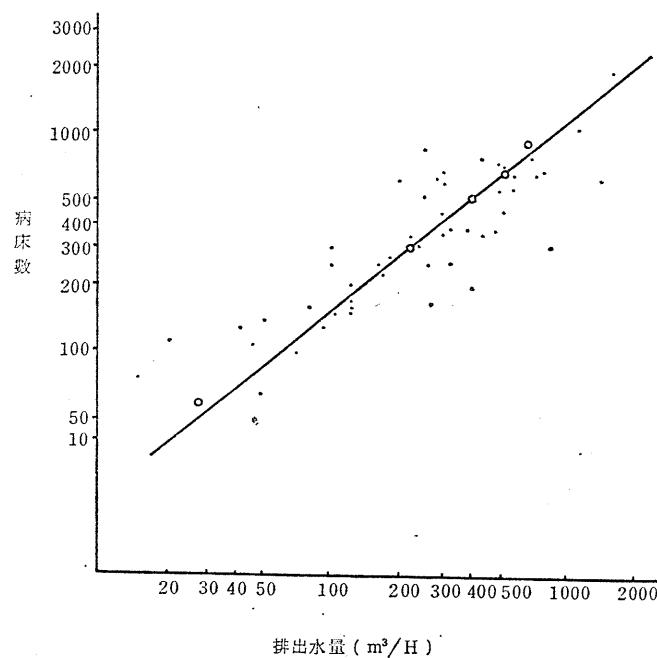


圖 1 醫療設施規模與排水量之關係

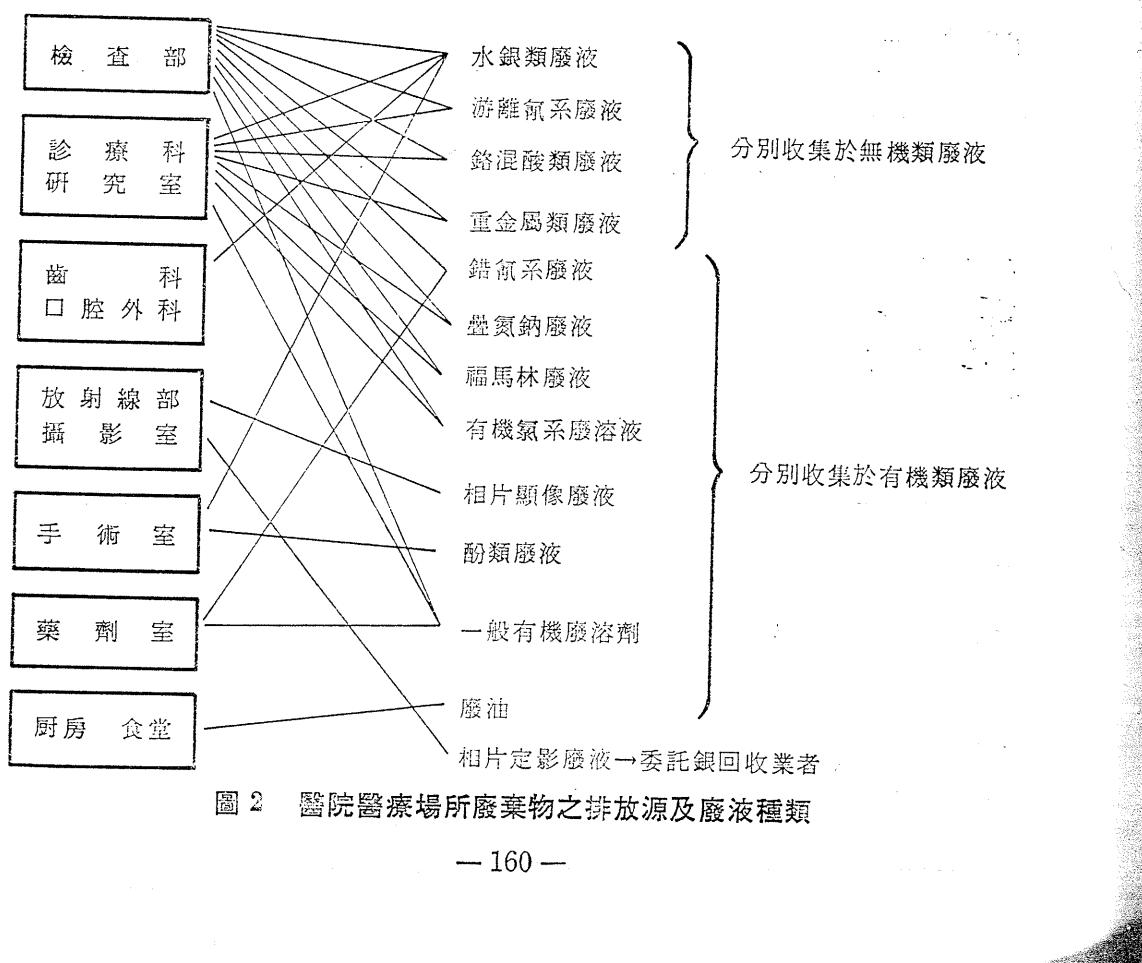


圖 2 醫院醫療場所廢棄物之排放源及廢液種類

臺灣地區醫院診療所總數約1萬2千家⁽⁵⁾，病床總數超過6萬床，平均每天每床會產2.78公斤的感染性事業廢棄物，每天總量即在174公噸以上。這些廢棄物的種類與成份都相當複雜，如有用過的針筒、外科手術切除的臟器或肢體和病人用過的器具及物品等，常帶具有危害性的病菌。至於廢水方面平均每天每床會產生600公升⁽⁶⁾，每天總量在36,000m³以上，這些廢水含有重金屬、有機溶劑及放射性物質，同時也帶有病菌，病原性微生物之污染，是防疫對策關係的重要問題，為防止醫院內部人員之感染，醫護人員的手及室內醫用器材、病患用具等均需加以消毒、滅菌。為了避免造成二次污染，對於醫療場所排出之廢棄物也應做適當之滅菌、消毒的措施，尤其是對殘留危險性高之微生物，如小兒麻痺症、肝炎病毒A、HB_s抗原等，更需做徹底嚴格管理。

醫院及醫療場所廢棄物之排放源中除了行政管理部門之廢棄物外，其他之診療、研究、醫院病房等均包括在內，醫院醫療場所之廢棄物排放源如圖2所示，主要排放源來自檢查部門、診療科及研究部門。

平常使用之化學物質有300~400種，但是此等廢液因可能混入病原性微生物，因此對此廢液的處理，增加很大的困難。

四、特定場所之污染問題

(一)美國之經驗

全美國每年產生之有害廢棄物約94萬噸，而學術單位實驗室每個月產生之量均在1000公斤以下，約佔全國有害廢棄物總量的0.4%。由於量少、種類多，變化大等特性，引起許多特殊的問題。例如美國環保署規定，所有的化學品如用掩埋處置，均須標示名稱。在一九八四年中，伊利諾大學產生了7300桶的廢棄物，其中含有2100種以上的化學品或混合物；麻州大學也同樣，處置大約2000種以上不同的化學品。鑑定一種廢棄物分析費用以30~50美元估計，在鑑定上就是一項昂貴、複雜而又耗時的工作。（在一九七七年，伊利諾大學處置100桶的廢棄物需2,000美元，但到了一九八二年，約需17,000美元，一九八五年，則需24,000美元）。

由於處理及處置費用日益高漲（每年上漲率至少10%以上），學校的廢棄物量又不斷的增加（例如伊利諾大學，一九八四年產生之廢棄化學品為27,500公斤，一九八五年則增加到37,000公斤），所以減量(reduce volume)及回收(recovery)就成為減輕財政負擔的唯一途徑。

研究機構或學校支付有害廢棄物處理的費用，其計算方式，會直接或間接影響研究人員對有害廢棄物處理的認真態度，例如各系所平均負擔費用的作法，不但不公平（英語系為何要支付與化學系一樣的費用？），而且會使化學系的師生失去減量、回收及正確處理有害廢棄物的雄心。

為減輕運送費用及單位廢棄物處理的人事成本，以規模較大的大學為中心，設置區域性集中處理中心似為可行的辦法。例如透過「明尼蘇達化學廢棄物協助計畫」下，明州有160所高等學校及20所專科學校的有害廢棄物，定期運送到五個區域處理中心，明尼蘇達大學即

扮演重要的協助角色，此種做法，使相對費用降低。另外學校之間廢棄化學品之交換計畫也是可行的辦法。

學術研究單位的廢棄物雖然量少，但因種類繁多，所以光是標示的紙上作業就很繁雜，以致造成很多私人廢棄處理公司，不願承接學校的委託工作。一家多年承攬華盛頓州立大學廢棄物處理的公司，最近不願再承接此工作，主要原因是大學主顧的業務僅佔該公司營運的1%，但99%的問題卻都是由大學的業務而來。

美國環保署訂定有關「急性有害廢棄物」管理的特別法規，例如氯化鈉、二硫化碳、二氧化砷及 fluorine、Mercury fulminate等，在不必申請許可執照的情況下，僅允許貯存少於1公斤的急性有害廢棄物，然而對於一般（非急性）有害廢棄物的規定，則為100公斤。此一規定，亦影響大學及小型研究機構的作業程序。

(二) 日本的經驗

原點處理和一併處理之配合

對於大學內產生的特殊廢棄物而言，各處、局、科、各實驗室等，對發生廢棄物的原地點，以安全的方法預先處理，為最優先被考慮的事情，亦即各實驗室對廢棄物需嚴格管理，依各實驗室等級，分別做適當的收集處理，這些事情是排放者的責任與處理原則。

廢棄物處理因需要勞力與費用，而無害化處理對策又為新觀念，故在實驗計畫建立初期，就需預知在實驗時會產生之廢棄物，並對廢棄物處理所需要的時間、經費加以了解，而有所準備。以東京大學為例，徹底進行原點處理，是各處、科或東京大學全校廢棄物處理的目標。而環境安全組織之對應方法，則為興建廢液倉庫，實驗室濃厚廢液、廢油、廢溶劑之回收，與安全化處理。環境安全委員會是學校的體制，也是校園計畫的一部份，環境安全中心之建立，將進行實驗室濃廢液、廢油、廢溶劑及有害固形廢棄物一併處理系統之設置，而校園之實驗廢棄物回收作業一併進行。

為確保東京大學環境的安全，自然科學系教職員及每一個學生，必需對每個場所之有害廢棄物的發生、排放及控制方法，深入的了解，同時對校內之原點處理和一併處理系統努力配合。

東京大學之廢棄物現況，到目前為止調查得不十分完全，故不能很正確的列出，但大概會產生之廢棄物的量和集中處理之系統如圖3所示。

一般之大學附屬醫院及醫療單位之廢棄物可分類為：

生活類廢棄物（非實驗排放水、尿水、垃圾、排煙等）；

實驗類醫療廢棄物（實驗廢水、廢油、廢溶劑、實驗用小動物遺體、有害固形廢棄物、排煙等）。

• 廢油、廢溶劑

東京大學除了燃料用之油類及溶劑外，每年大約尚須購買60噸。在一九七七年以前，廢油、廢溶劑均委託產業廢棄物處理業者處理，當時之實際處理量約20噸。另外由東京大學之放流水排水溝中所取得之水樣，以正己烷抽出物之量，推算放流水中之廢油、廢溶劑之量每年約20噸。另外之20噸則在實驗中分解或蒸發到大氣中，如下圖所示。

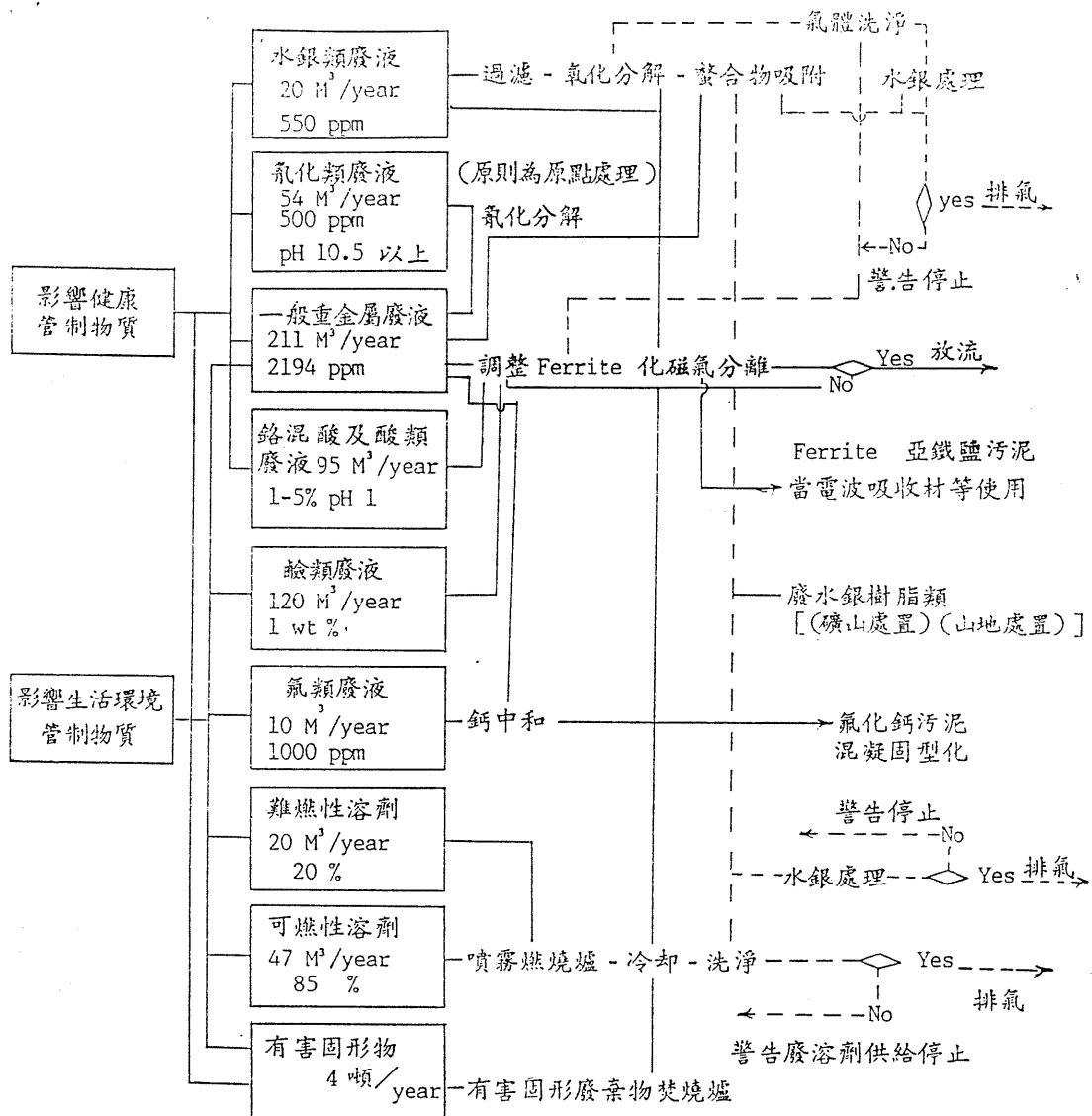


圖 3 東京大學有害實驗廢棄物之估計量和集中處理概圖



環境安全中心設置之實驗廢棄物處理設備可將有機廢液做燃燒處理，同時還有完善的廢油、廢溶劑之回收處理設施，可將混入排水溝之廢油廢溶劑完全回收。

• 固體廢棄物

東京大學產生之固體廢棄物，除醫院及農學院外，每年還約有 1,360 噸均委託業者搬出而掩埋在夢之島。

醫院及農學院之垃圾因含有實驗污染物，如過濾重金屬鹽類之濾紙、濾布及含汞、鉻等水銀系藥劑之紗布類，如混在一般垃圾中掩埋在夢之島，會有滲漏之危險，如以焚化法處理時，則產生之飛灰及蒸氣會擴大了重金屬的污染範圍，所以這些有害固形廢棄物，必需與一般之垃圾收集處理，當環境安全中心接到此等實驗廢棄物時，均以焚化法處理，同時並對排煙之洗滌水做適當處理。至於對水銀類之其他固體廢棄物，如螢光燈、乾電池等，亦與普通垃圾分開收集，委託專門處理水銀之業者處理。對於實驗室之試藥瓶類，則先清洗殘存物，後以破碎機破碎，再委託專門處理業者搬出處理。對於排水溝底部之污泥，分定期與不定期清理，清理出之污泥，先進行有害物溶出試驗，確定無害後，才委託業者搬出處理。至於醫療類生物實驗室排出之小動物遺體，每年約有 2 噸，目前的處理方式，也是委託專門業者處理。

• 氣體排放

氣體廢氣之排放，東京大學是受東京區之管制，由於實驗室之廢氣排放量很少，故目前並沒有法規之限制。對於暖氣用鍋爐排煙中之硫化物及氮氧化物的排放濃度，則正進行降低濃度之管制。廢棄排放由於不易一併處理，故須依賴發生源的原點處理，需靠大家共同的配合。

五、管理構想及組織體系

(一) 處理方式構想

當前最重要之工作是各大學及研究單位實驗廢棄物中有害物質的處理。對於教育、研究、醫療等場所排出的有害廢棄物處理。一般可分為二種，即一併處理方式（又稱集中處理法），及原點處理方式（又稱個別處理法）。

一併處理方式乃將廢棄物（有害物質），集中在一個地點處理。原點處理方式則對發生廢棄物之源點採個別處理，二個方法都有優劣點，東京大學的作法是取二個方法之優點靈活運用。互相配合實施處理。對於由醫院及研究實驗室排出之廢棄物，如以教學之觀點來看，採用原點處理之方式，可避免實驗者習慣將廢液往水槽倒⁽⁷⁾，對學生之教育及實驗室本身之經驗較好，但對研究機關及醫院單位則沒意義。

原點處理之方法是將廢棄物分別收集、貯存保管、中間處理搬運、處分及最後處理等作業過程來處理；對於廢棄物之發生源及廢棄物之性質，以排放者最清楚，故由排放者負責處理是最佳的方法。再者，每個實驗計畫在初期規劃時，就必需事先想好，實驗過程中會排出之廢棄物種類及其性質與數量，並預先將處理之方法列入實驗計畫中，在實驗結束後，不能只提出實驗成果報告，必需也要將排出之廢棄物的處理結果列入報告中，則此種方法對於環境安全教育有很大的幫助。

一併處理的方法是先收集各種不同廢棄物，再依其處理方法系統分類，全部處理作業均委託處理，由於處理公司對廢棄物的來歷及性質不清楚，故對處理系統之操作對策需花費較高的經費，而且因請專業公司處理，以致失去教育的機會，為其缺點。

原點處理與一併處理組合時，需先明確的劃分各個處理法之處理範圍及所負之責任。東大之原點處理範圍，為分別收集實驗之濃廢液、廢油、廢溶劑及固體廢棄物，然後作庫存、保管之作業。至於氯化類廢液，需要專門熟練的人員指導，先進行氯化分解之前處理。具強腐蝕性之酸性廢液，則先以碱類中和。

含有氣體廢棄物之排放地點，因受氣體性質的關係，不能行一併處理，故對有毒害之氣體或惡臭氣體做分解、吸附、洗滌等之處理，完全要在發生源處做原點處理。

關於廢棄物的處理責任範圍，在東大之環境安全管理規則中，規定產生廢棄物之事業者對本身產生的廢棄物有處理的義務責任，排放者必須負起最後的處理責任。

東京大學對於實驗室廢棄物處理之管理流程，如圖4所示。

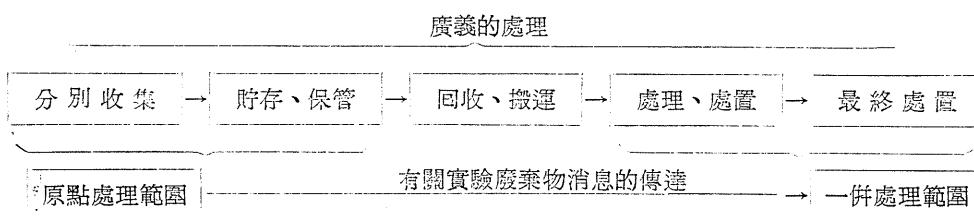


圖4 東京大學管理實驗廢棄物處理之流程

(二)管理組織體系

東京大學之管理組織體系很完整，可做為我國衛生署環保局制定各大學、研究單位及醫院管理組織之參考。東京大學於一九七四年成立環境安全委員會，其任務為防止教育、研究、醫療作業場所之公害發生，並負責有關環境安全之調查、研究、教育、訓練等計畫之擬定、及有害廢棄物之管理與處理計畫之規劃與實施、及環境分析、環境安全處置之指導與建議等。對於特別容易發生公害的單位，為其製作業務處理規程及安全操作手冊。

東大為了防止教職員、學生受到公害傷害及確保四週居民的生活環境品質，因而制定東京大學環境安全管理，和有害物質之管理及處理規則。

環境安全管理規則說明管制中心的體制，及校長和各部局長之任務，各單位之部、局長因是各單位獨立的首長，故是廢棄物處理的負責人，必需要負起「管理責任」，而各單位排放廢棄物者需負起處理之責任，是為「排放責任」。

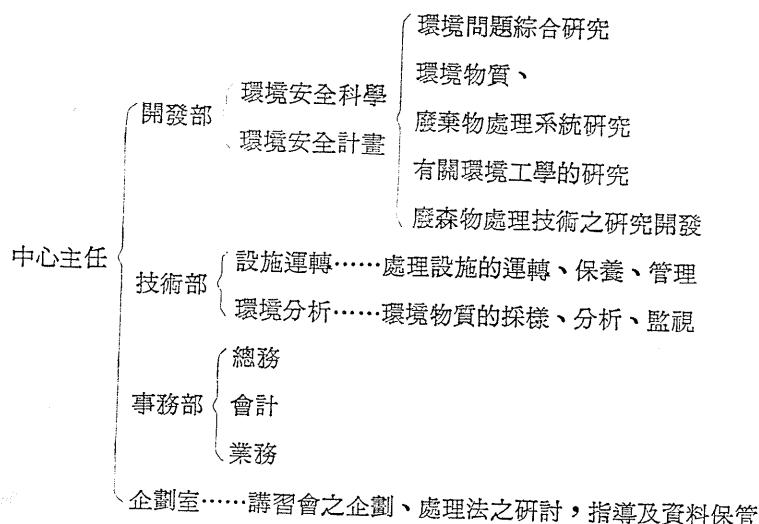
校長由環境安全委員會及環境管制中心協助管理全校環境安全，並指揮督導各部局長。

環境安全管制中心之業務如下：

- 1.一般性廢棄物處理方法之選定與執行，檢討與環境安全有關之科學技術與安全計畫，審查及推行環境公害相關法規。
- 2.控制有害廢棄物之發生源並降低排出量，及做降低有害化之處理，訓練全校人員如何處理廢棄物。

3. 規劃指導各研究場所，如何分別收集廢棄物及做回收處理。
4. 對分別收集到之廢棄物，負責一併處理之運轉及保養管理。
5. 管理大學內全部有關廢棄物處理之業務，查核環境安全處理方法及執行情形，環境水質、氣體分析與監視及有關記錄之保管。

環境安全中心之組織大概如下：



六、管理及處理技術

(一) 日本經驗

1. 有害廢棄物之分類及收集區分

東京大學對於有害廢棄物之發生源，必需進行原點處理，並依環境安全中心之規定進行回收及處理，其對廢棄物之分類及收集區分如表 3 所示；A～F 為無機類廢液，G～K 為有機類廢液，L 為有害固體廢棄物；對象欄是可處理之實驗廢棄物及收集時應注意事項；摘要欄說明不能處理之物，並改成另一分類；容器欄為指定塑膠容器之規格。

因廢溶液貯存及搬運時很容易造成容器破損，因而引起災變的很可能很大，故環境安全中心對於塑膠容器有規定，並將之分配到有關之單位。塑膠容器有10 l 和18 l 兩種，又各分紅、黃、綠、青、白五種顏色，合計有10種容器，分別收集不同之廢棄物。指定之塑膠容器如破損而引起事故，環境安全中心不負責任，故容器之搬運需小心謹慎。

指定之塑膠容器式樣如下：

- (1) 材料：聚乙烯。
- (2) 尺寸：
 - 10 l (340×185×250mm，厚1.5mm以上)
 - 18 l (340×185×405mm，厚1.7mm以上)
- (3) 圖案：扇形與環境安全中心之文字，在容量97.5%處刻「危」之標記。

2. 小型處理廠技術

表 3 實驗廢棄物分別收集之區分

| 分類 | 種類 | 對象 | 摘要 | 要 求 | 容 器 |
|----|---------------------------------|---|--|--------|--------|
| A | 水銀類廢液 無機水銀 有機水銀 含二次洗滌液 | 1.無機水銀類廢液標明「無機水銀」， 有機水銀類廢液標明「有機水銀」。 2.含氯化物時標「含氯化物」。 3.其他含重金屬時標「含砷素」、「含 銅」等。 | 1.金屬水銀、汞合金、廢水銀類試藥、藥劑等，由水銀專門 處理業處理。 2.含水銀類藥劑之濕布、濾紙、過濾水銀類廢液後殘渣，以 L分類為有害固體廢棄物。 | 黃色10 ℥ | 塑膠容器 |
| B | 氫系類廢液，含二 次洗滌液 | 注意：有沉澱物時須過濾或溶解。 1.游離氰溶液pH10.5以上者。 2.含重金屬需標明「含水銀」、「含銻」。 原則請見點處理 | 1.難分解性氰化錯合體，R ₄ Ag(CN) ₂ , R ₂ Ni(CN) ₄ , R ₄ Cu(CN) ₄ , RAu(CN) ₂ , R ₄ Fe(CN) ₆ , R ₄ Co(CN) ₆ 等電離常數 10^{-21} 以下為難燃有機金屬系廢液，列 入K分類。焚燒分解。 2.氰化錯合體固體物，氰類廢液為有害固體廢棄物 ，為L分類，焚燒分解。 3.有機氰化物（液）為難燃有機金屬類廢液，列入K分類。 4.發試劑（KCN, NaCN等）分別回收，應與中心商談室商 討。 | 10 ℥ | 塑膠瓶 |
| C | 氯氣溶液（氯氣化 鈣類廢液包括在內 ）含二次洗滌液 | 注意：①游離氯化鈣溶液如呈酸性時，將 生氯化氫之毒性氣體，故需控 制在酸性中保管與搬運。 ②如有沉澱物需先過濾。 發生～排出過程須說明，pH 須 標明。 | 1.此C類則氯化鈣，使成安定之鈣鹽而 沉澱，磷酸類溶液亦包括在內，需標 明「氟類」或「磷酸類」。 2.含重金屬時，需標明「含六價鉻」「 含鉻」。 | 10 ℥ | 綠色塑膠容器 |
| D | 酸及鉻化合物廢液 | 注意：吸入氯化氫蒸氣能致肺水腫，碰 到皮膚將生強烈性出血。 1.鹽酸、硫酸、硝酸等廢液及1~2次 洗滌液。 2.鉻酸、硫酸混合液之廢液及其1~2 次洗滌液。 | 1.鉻酸、磷酸混合廢液時，需將Cr ⁶⁺ 完全轉化為Cr ³⁺ 後列入 C分類。 2.含有害物質的鹽酸、硫酸之稀釋液（5%以下），以鹼 中和後加多量的水稀釋放流之 | 10 ℥ | 紅色塑膠容器 |

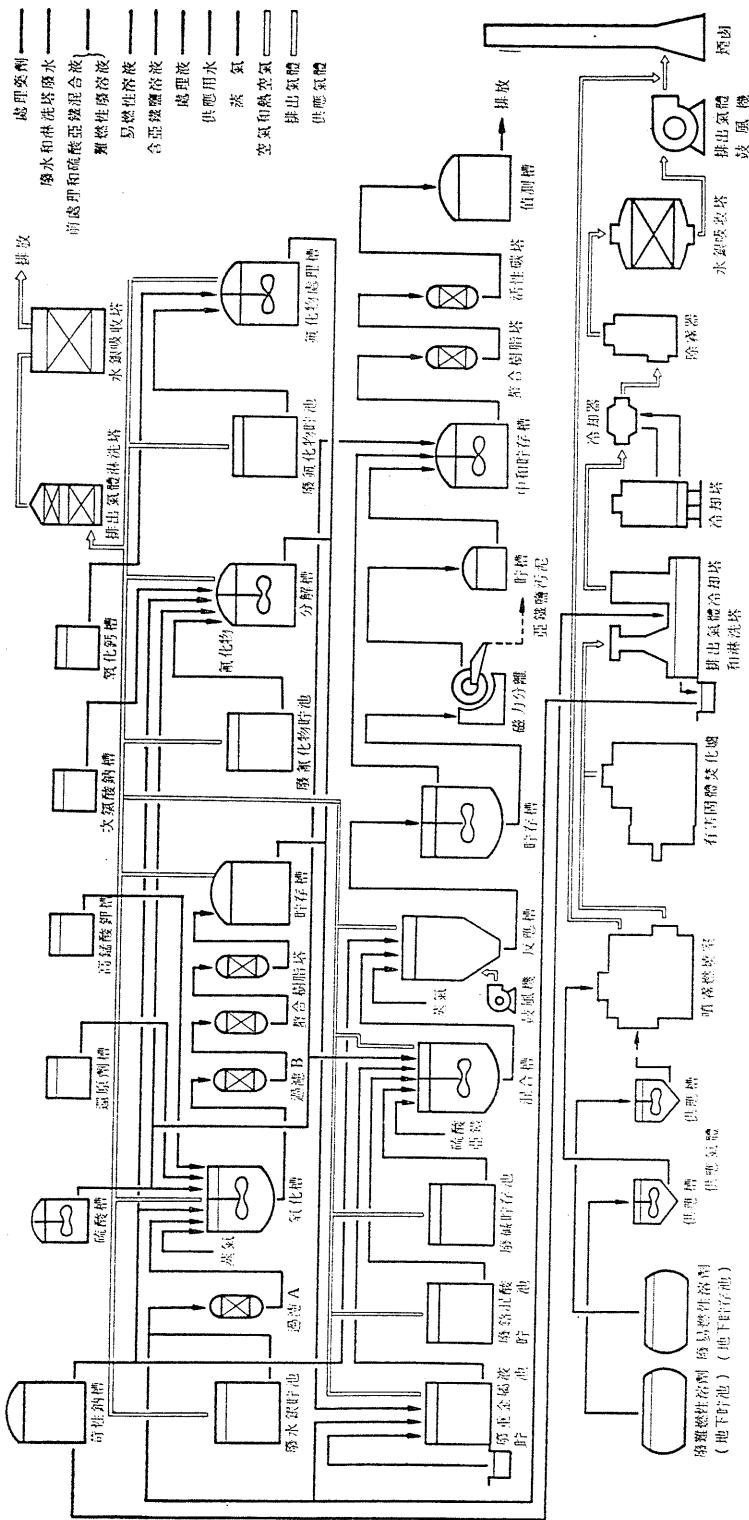


圖 5 東京大學環境科學中心，處理系統流程圖

大型工業使用之獨立密閉型式之處理設備，並不適合用來處理醫院及實驗室等小型機構產生之有害廢棄物。同時有害廢棄物之處理必需要以合適的機構來處理較好，例如「東京大學環境科學中心之實驗室固體廢棄物和廢溶液處理廠」，專門處理大學中實驗室、醫院及技術單位，經常性或偶而排出之廢棄物，效果很好，可供我國參考學習，其一般的處理流程如圖5所示，廢棄物之處理基本上是用下列之程序：

- 無機廢液——亞鐵鹽程序處理系統
- 有機廢液——噴霧燃燒處理系統
- 有害固體——二個合併的燃燒室和反射爐處理系統

(二)美國經驗

1. 實驗室容器桶 (Lab pack) 之使用

環保署在一九八五年初，雖然已經禁止使用土地掩埋法，處理有害液體廢棄物，但這並不影響環保署在一九八一年時的規定，即容許實驗室產生的液體及固體有害廢棄物，裝有實驗室容器桶 (Lab pack) 中，再利用土地掩埋法處置。實驗室容器桶為木製或鐵製，體積為55加侖 (drum)，如處理液體有害廢棄物時，只可放置15加侖體積的有害廢棄物 (需以瓶裝或罐裝)，其餘空間須用惰性吸附材料填充，一般使用蛭石 (vermiculite)，或用矽藻土與富樂土 (fuller's earth) 等。這些容器桶若用土地掩埋，須用金屬材料製；若使用焚化法處理，則需使用可燃性材料製。至於容器桶內並置的物質必須是可相容的；具有特殊危險性的物質，如有機過氧化物、反應性金屬、爆炸物等，不得放在容器桶中。目前，全美國的實驗室有害廢棄物，大都用土地掩埋法處置，因掩埋法比焚化法簡單又經濟，但此法也常受人詬病。

目前使用之容器桶，包括材料、填充料、運送、掩埋處置等費用，約需300~400美元 (比4年前之費用增加了2~3倍)。

2. 焚化處理：

焚化是有效但費用甚高 (建造費、熟練的人工、燃料、以及檢驗分析，試燒試驗、灰燼掩埋等) 的有害廢棄物處理方法，目前大的幾所學校，像 Univ. of Wisconsin, Univ. of Arizona, Univ. of California, Stanford Univ. 等均設置單獨的焚化爐，小學校則須聯合設置焚化爐，做為共同處理中心。

3. 蒸發法：

利用室外防雨之蒸發盤 (evaporating pans) 將液體有害廢棄物的水或溶劑蒸發，以降低體積，雖然耗時，但不失為經濟的方法，在 Southern Illinois Univ., Iowa State Univ. 及 Univ. of Arizona 等均曾使用此法。

4. 酸鹼中和法處理廢酸鹼溶液。

5. 蒸餾法回收溶劑等。

6. 各種物理、化學及生物去毒性方法。例如氰化物的氧化，有機磷劑的皂化 (saponification)，重金屬的化學沉降等。

7. 有爆炸性的過氧化物等化學品 (picric acid, organic peroxides, perchlorates, hy-

drazine compounds, etc.) 必須特別處理。在美國不能掩埋，許多公司也不處理這一類廢棄物，因此，處理費用高達每磅500美元。

8.化學品或廢棄物交換。

9.實驗室分析課程或試驗方法中的所用藥劑予以減量Princeton Univ. 及 Cornell Univ. 等均會將大一無機化學實驗及有機化學實驗中的分析方法用原先 5 分之 1 或 10 分之 1 的藥品用量來做測定。

七、結語

1. 實驗室及醫院之有害廢棄物管理，為勢之所趨，美、日二國且已有十年以上之經驗，國內環境保護單位亦已完成立法準備，並於近期內即將付諸實施。
2. 實驗室及醫院之有害廢棄物，其特性為量少，種類多，變化大，因此在管理及處理方面，均因此一特性而衍生許多問題，美、日二國面對此等問題的經驗，值得國內起步時做為借鏡。
3. 許多學校，特別是化學系，均已確認處理有害廢棄物的訓練為化學教育重要的一部分。
4. 個人對環境問題的不關心、不敏感以及認為處置廢棄物的規定是一種干擾學術活動自由的錯誤感覺，均將造成校園或研究單位推行有效處置廢棄物活動的主要障礙。在工業界，若有違反有害廢棄物處置原則或辦法的個人，可能遭到解雇的命運，但在研究單位的教授或資深研究人員，所受的約束卻很少。
5. 建立區域性有害廢棄物處理中心，似乎很適合目前臺灣的需要，因有害廢棄物處理需要豐富的知識和熟練的技術，並非非專任人員所能處理；同時集中處理，可節省成本，故非常適合國內需要。
6. 原點處理和一併處理組合的方法，是處理有害廢棄物最良好的方法，可以徹底的消除有害廢棄物的污染，唯實施前要明確劃分處理範圍及所負責任。
7. 對研究單位之管理，要其在提出計畫時，就需附帶說明，實驗時會產生之廢棄物，及廢棄物處理所需要的時間、經費。當計畫完成時，提出之研究成果報告，必需要說明廢棄物如何處理。
8. 醫院、醫療場所之廢棄物，不但含有重金屬的有害廢棄物，同時還含有病原菌微生物，所以更應嚴格管理。
9. 衛生署環保局必需馬上將各種有害廢棄物確實分類，並對收集、貯存及容器等做一詳細規定。同時對於實驗室及醫院部份量少濃度高之廢液，如於產生源分別處理並不合乎經濟效益，且管制上亦有困難，建議衛生署環保局配合工業主管機關，鼓勵、輔導民間業者成立有害廢棄物處理、回收中心。

八、參考資料

- (1) Howard J. Sanders, "Hazardous Wastes in Academic Labs," C & EN, PP. 21-31 Feb. 1986.

- (2) 環境安全指針，東京大學環境安全委員會，昭和56年度版。
- (3) Treatment and Disposal of Hazardous Wastes from Industry: Some Experiences, Report of the Symposium on Disposal & Recycling of Industrial Hazardous Wastes, Sponsored by the Asian Production Organization, Tokyo, Japan, 1982.
- (4) 46國立大學における廃液處理一覽表，日本化學會，化學教育 Vol. 28. No.2. Apr. 1980.
- (5) 感染性事業廢棄物，分五區設置焚化爐，聯合報76.2.3，第三版。
- (6) 張鎮南，「醫院廢水處理設施功能分析研究」，東海大學環境科技研究中心，七十四年九月。
- (7) 鄭幸雄，「檢驗室廢水處理之研究」，國立成功大學環境工程研究所，研究報告第五十二號，七十五年十二月。