

元培科技大學

非密封放射性物質場所
評估報告

中華民國九十三年六月

一、前言

元培科技大學因教學及研究需要，擬於該校成立壹間放射化學實驗室，使用放射性同位素進行相關教學及研究實驗工作，為避免對工作人員、學生及環境造成輻射傷害或污染，乃進行非密封放射性物質場所輻射安全評估。

二、使用之同位素

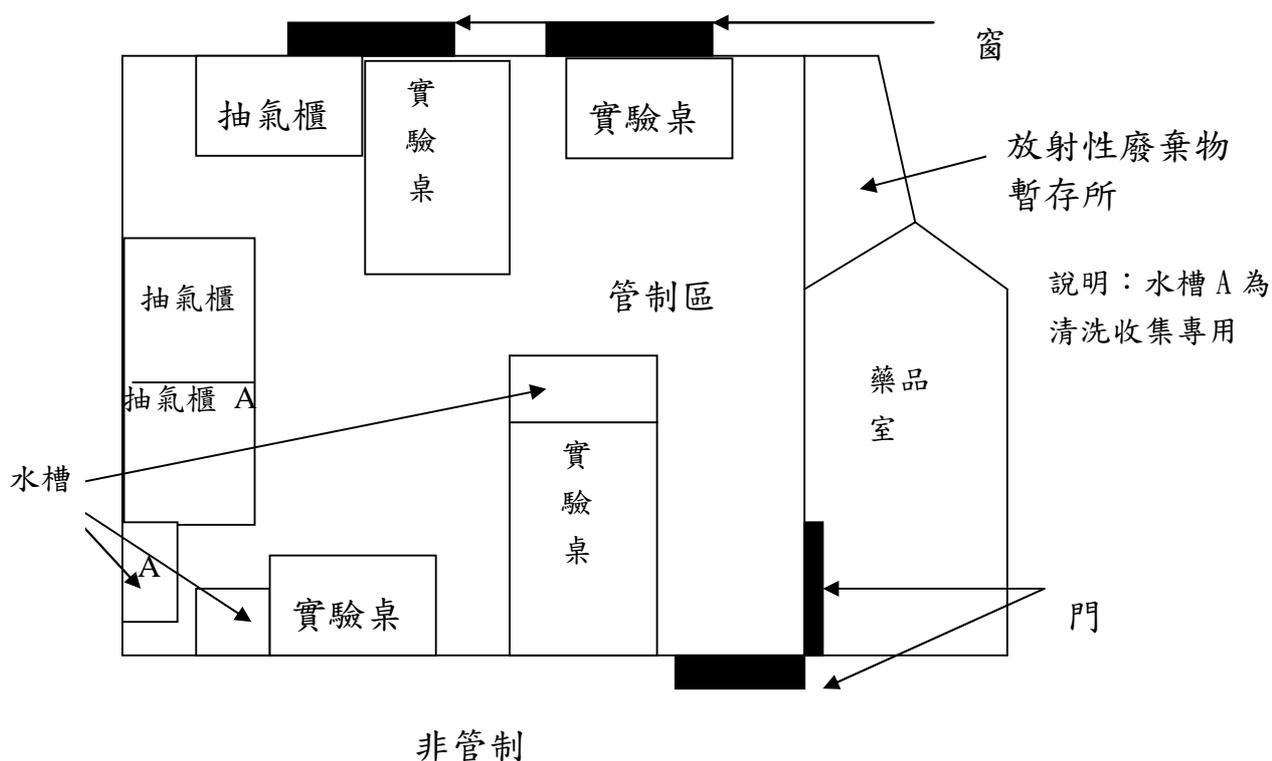
元培科技大學放射化學實驗室所提供擬使用放射性同位素之資料如下：

核種	最大持有量 mCi	最大持有量 Bq	豁免 管制量 Bq	半衰期	衰變方式 主要能量 MeV
H-3	10	3.70E+08	1.00E+09	12.26y	β^- 0.018
P-32	1	3.70E+07	1.00E+05	14.2d	β^- 1.71
S-35	10	3.70E+08	1.00E+08	87.2d	β^- 0.167
Cu-64	1	3.70E+07	1.00E+06	12.8h	β^- 0.57, β^+ γ 0.511
Ga-67	10	3.70E+08	1.00E+06	78h	EC γ 0.092
Ga-68	1	3.70E+07	1.00E+05	68min	β^+ γ 0.511
Sr-90	1	3.70E+07	1.00E+04	28y	β^- 0.54
Y-90	1	3.70E+07	1.00E+05	64.2h	β^- 2.25
Tc-99	10	3.70E+08	1.00E+07	2.12x10 ⁵ y	β^- 0.29
Tc-99m	200	7.40E+09	1.00E+07	6h	IT γ 0.14
I-125	20	7.40E+08	1.00E+06	60d	EC γ 0.035
I-131	10	3.70E+08	1.00E+06	8d	β^- γ 0.36
Re-186	10	3.70E+08	1.00E+06	3.7d	β^- γ 0.137
Re-188	1	3.70E+07	1.00E+05	16.7h	β^- γ 0.155
總合		1.06E10	1.13E09		

依上述核種資料之最大持有量與豁免管制量比值之和為 7850，故該校應申請使用許可證，並配置輻射防護師一名。

三、場所配置與環境簡述

本場所的配置如下圖所示：



(圖一)

元培科技大學放射化學實驗室位於一鋼筋混凝土建築物內，該實驗室設置於放射一館二樓（放射化學實驗室，Radiochemistry laboratory），以做為教學研究實驗之用。二樓實驗室空間大小為 50.3m^2 （詳如附圖一），實驗室四週之外牆均為 25cm 磚牆，內牆則為輕鋼架矽酸蓋板隔間，牆外空間為走道，上下樓板為 20 公分厚鋼筋混凝土，該實驗室內另設置放射性廢料暫存室，空間大小為 4.0m^2 （詳

如圖一)。

四、管制區分

1. 區分管制區域之目的為防止輻射污染擴散，便利輻射管制的有效措施，避免人員受到輻射傷害。實驗室內因操作放射性物質之故應列為管制區，實驗室內置儲放同位素之冰箱、操作台、放射性操作氣櫃、廢液暫存桶、不銹鋼廢料桶等。實驗室外圍之走道列為非管制區，可供一般人員走動，但應定期對該區域進行環境監測。
2. 管制區依游離輻射防護安全標準之第六條規定，工作人員全身有效等效劑量於連續五年內不超過 100 mSv，以每年 50 週，每週 40 小時計，此管制區域輻射限值建議應小於 10 $\mu\text{Sv/hr}$ 。
3. 非輻射作業場所依游離輻射防護安全標準之第十一條規定，一般人之年有效等效劑量不超過 1 mSv，以每年 50 週，每週 40 小時計算得知，此區域輻射限值建議應小於 0.5 $\mu\text{Sv/hr}$ 。

五、屏蔽規劃

1.實驗室屏蔽

假設本實驗室均可操作上述第二節各類放射性物質，在上

述各放射性物質中， H-3、P-32、S-35、Sr-90、Y-90、Tc-99 為純 β^- 衰變核種，Ga-68 為正子衰變核種，Tc-99m 為純 γ 衰變核種，其餘核種 Ga-67、I-125、I-131、Re-186、Re-188 為 β^- 、 γ ，Cu-64 為 β^- (38%)、EC(43%)與 β^+ (19%)衰變核種。

詳細實驗室平面圖(如圖一)所示，各類 γ 核種中，以 I-131 之能量最高(0.36MeV，10mCi)，Tc-99m 之使用量最大(0.14MeV，200mCi)，正子衰變之 Ga-68 之能量與活度最高(0.511MeV，1mCi)，考慮此三核種在最高單次使用量情況下，分別於 30 公分及 1 公尺處，以 MicroShield Code 計算點射源模式，並考慮增建因素時，其劑量率如下表所示：

核種 \ 距離	30 cm	100 cm
Ga-68	63.46 μ Sv/h	5.708 μ Sv/h
Tc-99m	1709.2 μ Sv/h	153.16 μ Sv/h
I-131	122.3 μ Sv/h	11.01 μ Sv/h

此劑量率若無屏蔽時頗高，因此在操作各核種時均應在鉛屏蔽內操作；該實驗室已購置 5 公分鉛磚置於氣櫃及操作桌上圍繞於擬操作之核種外，並使用 0.5 公分厚之鉛當量視窗檔板，再以 MicroShield Code 計算點射源模式，並考慮增建因素時，其劑量率在 0.5 公分鉛屏蔽時如下表所示：

核種 \ 距離	30 cm	100 cm
G-68	33.37 $\mu\text{Sv/h}$	2.985 $\mu\text{Sv/h}$
Tc-99m	1.858E-2 $\mu\text{Sv/h}$	1.655E-3 $\mu\text{Sv/h}$
I-131	80.16 $\mu\text{Sv/h}$	7.164 $\mu\text{Sv/h}$

若使用 β 核種時，以 Y-90 之能量最高 (2.25MeV)，考慮制動輻射之影響時，依保健物理手冊第 229 頁(鄭振華主編)說明，對一個裝有 1Ci 之 Sr90-Y90 源，其制動輻射約為 12mg 的 Ra 所釋出之加馬射線，即 1 米處約為 0.4075 $\mu\text{Sv/hr}$ ，在 5mCi 之操作劑量下為 2.0375E-3 $\mu\text{Sv/hr}$ ，已近乎背景值。另於操作 β -放射性核種時使用厚 1cm 壓克力盒或輻射擋板，足以阻擋 3MeV 以下貝他能量最大射程 (參考游離輻射防護叢萃，輻射屏蔽，圖 2，陳煥東)。

由上述計算及評估可說明，在實驗室之輻射安全屏蔽上使用足夠的鉛檔板、鉛磚屏蔽及壓克力製品已可使實驗室內之工作人員符合管制規定，故僅需在入口處張貼有關輻射標籤警語即可。

2.放射性廢料貯存室

實驗室所產生之固態、液態廢棄物均放置於廢料間，由上節之評估，使用 5mm 鉛牆可使牆外 1 米處輻射劑量降低至監測區標準。

六、人員管制與防護

本場所操作放射性物質之人員資格如下：

- (一)操作原子能委員會核發許可證之放射性物質或可發生游離輻射設備之人員，須取得原子能委員會核發之輻射安全證書，或取得原子能委員會所公佈之「放射性物質或可發生游離輻射設備操作人員管理辦法」第二條認可之輻射相關執業執照。
- (二)操作原子能委員會核發登記證之放射性物質或可發生游離輻射設備之人員，須在本校或其他大專院校取得輻射安全、保健物理、放射物理、輻射生物、輻射度量、輻射劑量或其他經原子能委員會認定之有關輻射防護相關科目達二學分以上證明，或取得原子能委員會認可之十八小時輻射防護訓練證明；且該證明應為最近六年內所接受之訓練或修習學分所取得者。
- (三)本校之教員、研究人員與學生，於校內操作放射性物質或可發生游離輻射設備前，已接受相關合格人員規劃之操作程序及輻射防護講習者，得在前項操作人員或持有輻射相關執業執照之人員指導下從事操作訓練。但操作原子能委員會核發許可證之放射性物質時，仍應在第一項合格人員之直接監督下為之。

前項操作程序及輻射防護講習，除本校依教育部核定課程所實施之相關操作訓練外，應將包括講習課程、指導人員及講習地

點等講習計畫先報經主管機關(原子能委員會)核准後實施。講習時數不得少於三小時。

七、輻射源之接收與申報

本場所使用的放射性物質，必須先取得原子能委員會轉讓許可後，始可進行相關放射性物質的運送、接收與相關實驗。放射性物質的運送必須考量放射性物質是否外洩之虞，加強包裝強度，其包裝表面與距離一公尺處的暴露率分別不得超過 200mR/h 與 10mR/h。表面擦拭試驗則不得超過 6600dpm / 300cm²。放射性物質運抵本場所，接收人員須檢視包裝的完整性，將接收日期與核種別、包裝型式加以紀錄，並保存之。放射性物質需依規定應於每年 7 月 1 日至 15 日及次年 1 月 1 日至 15 日之期間內，向原能會申報物質使用現況及操作人員異動情形。

八、廢液處理

本校放射性實驗室設有專用水槽，作為傾倒放射性廢液與清洗污染器皿之用，收集至 20 公升桶內暫存於廢料間，經稀釋或衰變至規定濃度以下，由輻防人員負責偵測後，低於排放濃度始得排放；或收集後委託上述專業單位送往核能研究所集中處理。排放處理紀錄應依相關法規規定保存。

九、廢氣處理

實驗室管制區內設置獨立之放射性質操作氣櫃，其通風出口應加 HEPA 過濾層與活性炭吸附層，以避免造成污染。氣櫃之門在打開 50 公分高時其氣體表面平均流速每分鐘不得低於 25 公尺，也不宜高於 60 公尺。為避免放射性污染的氣體流入其他實驗室，氣櫃應有獨立的排氣管道，管道上應依序裝設前置濾層、活性炭濾層與高率粒子絕對過濾層(HEPA)。另外為便於原能會執行檢查，在過濾裝置的前後端，應各一口徑為一吋之取樣口，其位置儘可能在濾層與排氣管道成直線的部位，依規定高效率粒子絕對過濾裝置對直徑 0.3 微米的放射性微粒，其 DOP 過濾率不得低於 99.5%，活性炭測試不低於 97%，氣櫃排氣功能及過濾率應委請核研所每年檢測一次，若過濾效果或流速不合格時應更換或檢修。

十、固態廢棄物處理

本校之固體廢料，按照廢料之性質，分別放置於腳踩試(step-on type)內襯無孔塑膠袋之鉛桶、或不鏽鋼、PE 桶內，待收集至一定量時，在輻射防護人員指導下分類包紮妥當，置入廢料區內待其衰變，並進行紀錄，再委託清華大學原子科學技術發展中心或核能研究所等專業單位處理。

十一、場所管理辦法與安全守則

(一) 管理辦法

1. 本場所執行實驗為：(1)有機化學合成；(2)放射化學標誌實驗；(3)放射化學特性分析。
2. 本場所為非密封放射性物質管制實驗室。
3. 除已經列管人員外，任何人欲借用本實驗室前，須向本校主管輻防業務的輻防委員會提出申請，經輻防委員會評估同意後，方可進行。
4. 借用實驗室從事實驗工作前，所使用的放射性物質，請提出原子能委員會非密封放射性物質使用許可證明。
5. 以上實驗所產生的放射性廢液、放射性固體廢料，亦須一併提出處理與處置辦法。
6. 實驗室應上鎖由專人管制，使用放射性物質時應登記備查。
7. 廢料貯存室應上鎖由專人管制。

(二) 安全守則

1. 非實驗室列管人員，嚴禁進入本實驗室。
2. 進入實驗室一律穿著長白色實驗衣。
3. 嚴禁在實驗室內飲食、吸煙、貯存食物及施用化粧品。
4. 無論上課與否，凡與工作無關之用品嚴禁攜入。
5. 進入實驗室內保持安靜，嚴禁在實驗室內大聲喧嘩、嘻鬧或追逐。

6. 放射性固體廢棄物須暫存於本實驗室暫存區。
7. 放射性液體廢棄物嚴禁直接傾倒入水槽，需使用20公升塑膠容器收集，並置入本實驗室暫存區。
8. 非指導老師允許或在旁指導，嚴禁擅自操作任何器械或攜出實驗室，凡實驗室內任何標有輻射標誌之器皿用具嚴禁攜往其他地區。
9. 使用器械須依使用規則或經老師指示進行，使用後歸定位，操作時若有疑問則立刻發問。
10. 絕不可用嘴吸管吸取任何放射性物質，操作放射性物質時應戴防水手套，避免皮膚直接污染。
11. 每次作放射性藥品的取出與調配後，應注意偵測手部是否有放射性污染。
12. 離開本實驗室去午餐、喝茶等及下課時，須先使用清潔劑洗滌雙手擦乾，手及衣服必須作污染偵測後，始得離去。
13. 放射性物質之操作檯(桌)或放射性物質處理盤均應襯以吸收紙，液體樣品應置於不易傾倒及破損之容器內。
14. 工作中被器具割傷時，應立即檢查，如發現污染應即予適當醫護處理及診治。

15. 工作場所應定期檢查，如有污染或發生任何意外事件時，須立即報告老師及輻防人員處理。

十二、討論與建議

1. 該實驗室工作場所之牆及地板表面，應使用塗以硬而無孔且易洗刷之油漆，實驗室及固體廢料室地板則應使用不易滲透且易執行除污之材料（如 Epoxy 漆或無縫地板）。
2. 實驗室應設有輻射偵測儀器，其功能須可偵測 β 、 γ 等核種，且應定期校正。
3. 實驗室管制區入口處除應貼有輻射警示標記與警語。
4. 實驗室內於明顯處應張貼工作安全守則及緊急應變計劃。
5. 為保障工作人員之安全，於操作放射性同位時應使用壓克力等可阻擋 β 之屏蔽設備，及使用鉛磚、鉛檔板以阻擋 γ 之屏蔽設備。一般而言，能量較高之核種，如 Ga-68 與 I-131 應在鉛磚內操作，其他低能核種應在鉛檔板內操作。