



國立中央大學104年度
實驗室輻射安全防護教育訓練

非密封射源輻射防護

量子輻射科技有限公司 總經理

陳皇龍

輻專高字第59號, 輻射防護師字第0484號

qrt.service@msa.hinet.net

alvin.chen@radiation.com.tw

日期 :2015.09.15



大綱

- 壹. 非密封射源定義
- 貳. 放射性同位素的產生與來源
- 參. 非密封射源的應用
- 肆. 常見非密封型射源
- 伍. 非密封射源的輻射防護
- 陸. 非密封放射性物質作業場所輻射安全法規



壹. 非密封射源定義

- 液態或氣態射源常不加密封而直接用為示蹤劑，稱為非密封射源。
- 放射性物質直接與周圍環境的介質接觸。
- 非密封射源如使用不當，則有可能造成擴散和污染，因此常選擇使用短半衰期且低活度的核種。

密封射源常選擇使用長半衰期且高活度的核種。

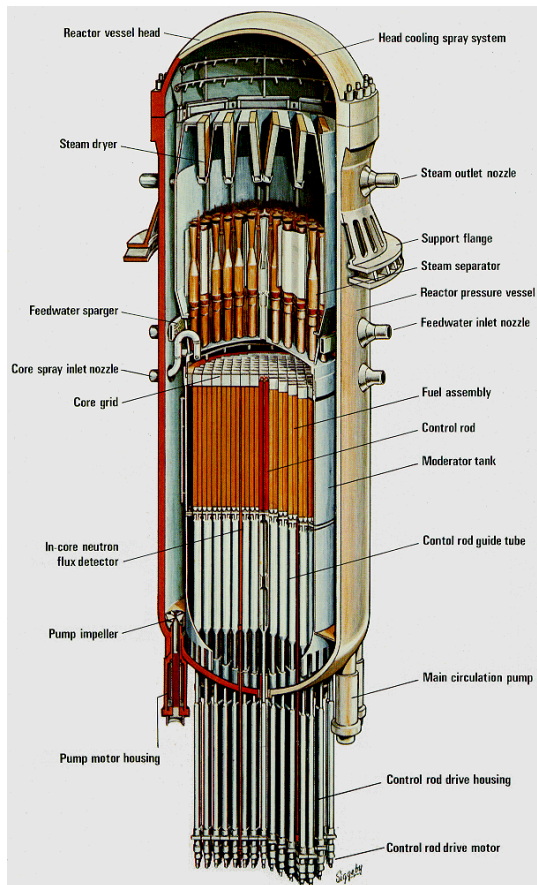


貳、放射性同位素生產與來源

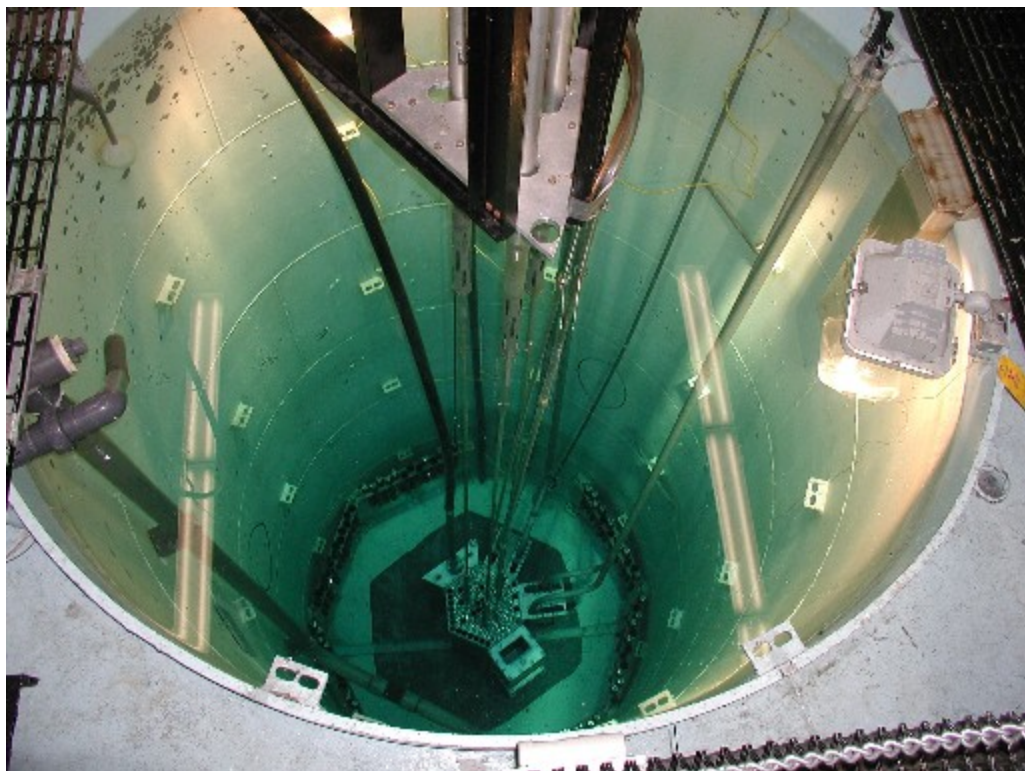
- **核反應器**中的高通量中子。在核反應器中(Reactor)，中子用來活化生成放射性元素。來自核反應器的典型的生成物如銨 (Tl) -201、鈷60。
 - 中子碰撞反應： $^{31}\text{P}(n,\gamma)^{32}\text{P}$, $^{98}\text{Mo}(n,\gamma)^{99}\text{Mo}$
 - 核分裂產物： $^{235}\text{U}(n,\text{ff})^{99}\text{Mo}$, ^{131}I
- **粒子加速器**(Accelerator)可人工製造放射性同位素。粒子碰撞反應如 $^{18}\text{O}(p,n)^{18}\text{F}$, $^{124}\text{Xe}(p,\alpha n)^{123}\text{I}$ 等。

放射性同位素的產生與來源

核能發電核反應器(爐)

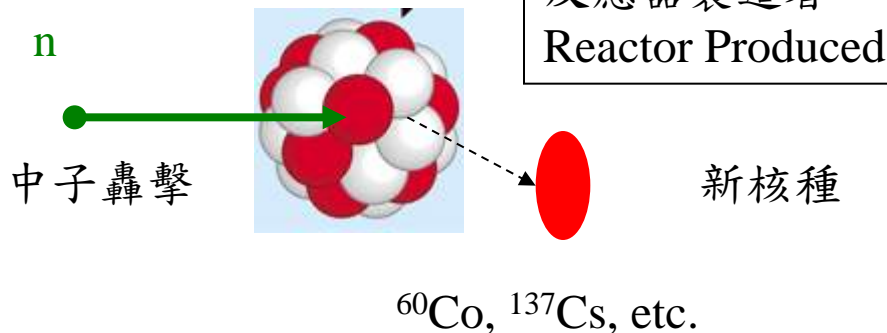
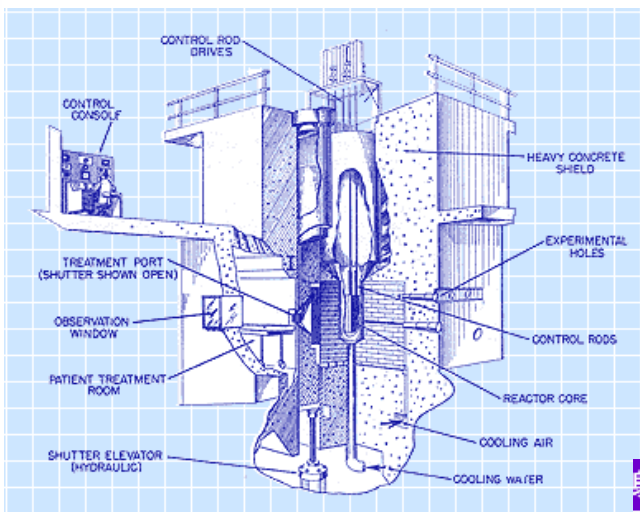


研究型小功率核反應器(爐)



人造放射性核種

核反應器
(原子爐)



放射性同位素	核反應	半衰期($t_{1/2}$)	應用
鈉-24	$^{23}_{11}\text{Na}(n, \gamma)^{24}_{11}\text{Na}$	14.6 小時	診斷醫學
鐵-59	$^{58}_{26}\text{Fe}(n, \gamma)^{59}_{26}\text{Fe}$	4.45 天	診斷醫學
鈷-60	$^{59}_{27}\text{Co}(n, \gamma)^{60}_{27}\text{Co}$	5.27 年	殺菌、放射治療
鉬-99	$^{98}_{42}\text{Mo}(n, \gamma)^{99}_{42}\text{Mo}$	66 小時	—
銻-99	$^{99}_{42}\text{Mo} \rightarrow ^{99}_{43}\text{Tc} + ^0_{-1}\text{e}$ (β 粒子)	6.03 小時	腦波掃描
磷-32	$^{31}_{15}\text{P}(n, \gamma)^{32}_{15}\text{P}$	14.3 天	放射治療
	$^{32}_{16}\text{S}(n, \gamma)^{32}_{15}\text{P}$		
硫-35	$^{34}_{16}\text{S}(n, \gamma)^{35}_{16}\text{S}$	87.4 天	—
	$^{35}_{17}\text{Cl}(n, \gamma)^{35}_{16}\text{S}$		

放射性同位素的產生與來源

自屏蔽體

迴旋加速器



熱鉛室



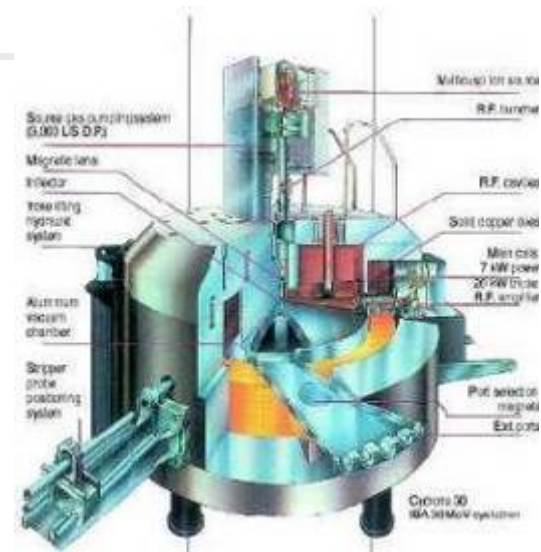
放射藥物合成器

人造放射性核種

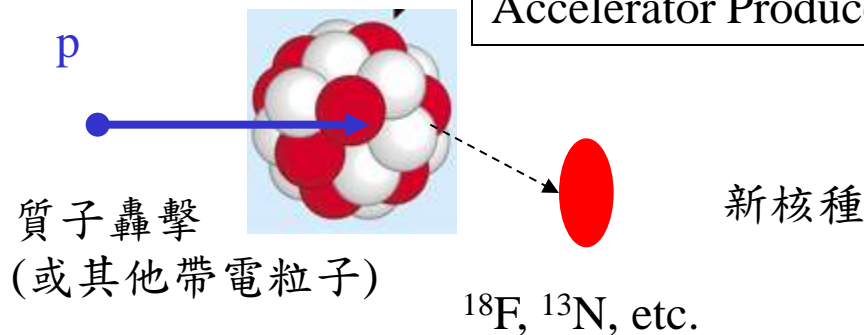
放射性同位素	核反應	反應式	半衰期(t)	醫學應用
碳-11	$^{10}\text{B}(d, n)^{11}\text{C}$	$^{10}\text{B} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^{11}\text{C} + {}^1_0\text{n}$	20.38 分	正子放射 造影生理 示蹤劑
	$^{12}\text{B}(d, 2n)^{11}\text{C}$	$^{12}\text{B} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^{11}\text{C} + 2{}^1_0\text{n}$		
	$^{14}\text{N}(p, \alpha)^{11}\text{C}$	$^{14}\text{N} + {}^1_1\text{p} \rightarrow {}^{11}\text{C} + {}^4_2\text{He}^{2+}$ (α 粒子)		
氮-13	$^{12}\text{C}(d, n)^{13}\text{N}$	$^{12}\text{C} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^{13}\text{N} + {}^1_0\text{n}$	9.96 分	正子放射 造影生理 示蹤劑
	$^{10}\text{B}(\alpha, n)^{13}\text{N}$	$^{10}\text{B} + {}^4_2\text{He}^{2+} \rightarrow {}^{13}\text{N} + {}^1_0\text{n}$		

氧-15	$^{14}\text{N}(d, n)^{15}\text{O}$	$^{14}\text{N} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^{15}\text{O} + {}^1_0\text{n}$	122 秒	正子放射 造影生理 示蹤劑
氟-18	$^{18}\text{O}(p, n)^{18}\text{F}$	$^{18}\text{O} + {}^1_1\text{p} \rightarrow {}^{18}\text{F} + {}^1_0\text{n}$	110 分	正子放射 造影生理 示蹤劑
鎵-67	$^{67}\text{Zn}(p, n)^{67}\text{Ga}$	$^{67}\text{Zn} + {}^1_1\text{p} \rightarrow {}^{67}\text{Ga} + {}^1_0\text{n}$	78.3 小時	腫瘤造影 生理示蹤劑
	$^{68}\text{Zn}(p, 2n)^{67}\text{Ga}$	$^{68}\text{Zn} + {}^1_1\text{p} \rightarrow {}^{67}\text{Ga} + 2{}^1_0\text{n}$		
碘-123	$^{127}\text{Te}(p, 2n)^{123}\text{I}$	$^{127}\text{Te} + {}^1_1\text{p} \rightarrow {}^{123}\text{I} + 2{}^1_0\text{n}$	13 小時	腫瘤造影 生理示蹤劑、 甲狀腺攝取 功能及造影 示蹤劑
鉈-201	$^{203}\text{Tl}(p, 3n)^{201}\text{Pb}$	$^{203}\text{Tl} + {}^1_1\text{p} \rightarrow {}^{201}\text{Pb} + 3{}^1_0\text{n}$	74 小時	心肌血流灌 注及肌肉造 影示蹤劑
	β 衰變 $\rightarrow {}^{201}\text{Tl}$	$^{201}\text{Pb} \rightarrow {}^{201}\text{Tl} + {}^0_{-1}\text{e}$ (β 粒子)		

迴旋加速器



加速器製造者
Accelerator Produced



核反應器與迴旋加速器產物的比較

Table 1.2 Summary of nuclear reactor and cyclotron processes

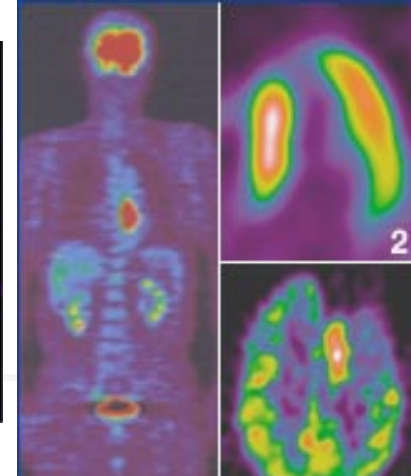
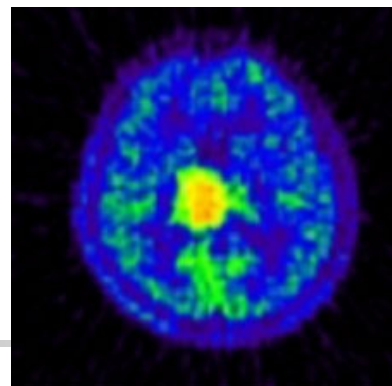
Property	Nuclear reactor	Cyclotron
Mode of production	Neutron bombardment	Charged particle bombardment
Major reactions	(n, γ), (n, p), (n, d), (n, f)	(d, n), (α , d), (α , np), (p, n)
Neutron-proton ratio	Neutron excess Proton deficient	Neutron deficient Proton excess
Mode of decay of daughter radio-nuclide	β^- ${}_0^1n \rightarrow {}_1^1p + {}_{-1}^0\beta + \bar{\nu}(\beta^- \text{ decay})$ ${}_1^1p \rightarrow {}_0^1n + {}_{+1}^0\beta + \nu(\beta^+ \text{ decay})$	β^+ , EC
Specific activity	(n, γ) low (n, f) high	High
Cost of production	Low	High
Chemical identity of starting material and product	(n, γ) same (n, f) different	Different

n/p

叁、非密封射源的應用

類	別	應	用	常用同位素或設施
診	1. 放射診斷	腦、胸、腹、手、腳、頭骨、胃腸、血管、脊椎等檢驗(解剖組織性診斷)。		一般 x 光或電腦斷層攝影。
	2. 骨骼密度測定 (bone densitometry)	測定 BMC (bone mineral content) 骨礦物質含量的測定，特別是 Ca 含量。		^{153}Gd ， ^{125}I ，x 光檢驗。
	核子醫學診斷： 1. 體內檢查(in vivo diagnosis)	生理功能性診斷： 1. 造影檢查，如肝、腎、骨、心臟、腦等掃描造影檢查。 2. 非影像檢查，如甲狀腺攝取、血容量、腎小球過濾率等。		$^{99\text{m}}\text{Tc}$ ， ^{131}I ^{67}Ga ， ^{123}I ， ^{201}Tl ， ^{18}F 等 SPECT 與 PET 造影診斷。
斷	2. 體外或試管檢查 (in vitro diagnosis)	放射免疫分析(RIA)：測定蛋白質、賀爾蒙、維他命、酵素、藥物、病毒等 (10^{-9} - 10^{-6}g)。		^{125}I 。
治	電子或其他粒子射線	腫瘤治療		電子或其他粒子加速器、反應器等
	1. 密封射源 (sealed source)	1. 遠隔治療：腫瘤治療或癌症治療。 2. 近接治療：各種腫瘤。 3. 內植治療：各種腫瘤。		^{60}Co ， ^{137}Cs 。 ^{60}Co ， ^{137}Cs ， ^{192}Ir ，管與針等。 ^{125}I ， ^{192}Ir ， ^{252}Cf 等。
	2. 非密封射源 (unsealed source)	內部治療(示蹤劑)技術應用： 卵巢癌(^{32}P)，甲狀腺癌(^{131}I)，肝癌(^{90}Y)。		^{32}P ， ^{131}I ， ^{90}Y ， ^{67}Cu ， ^{188}Re ， ^{211}At 等。
療		硼中子捕捉療法－腦瘤。		^{10}B 。

正子放射性 同位素核種性質



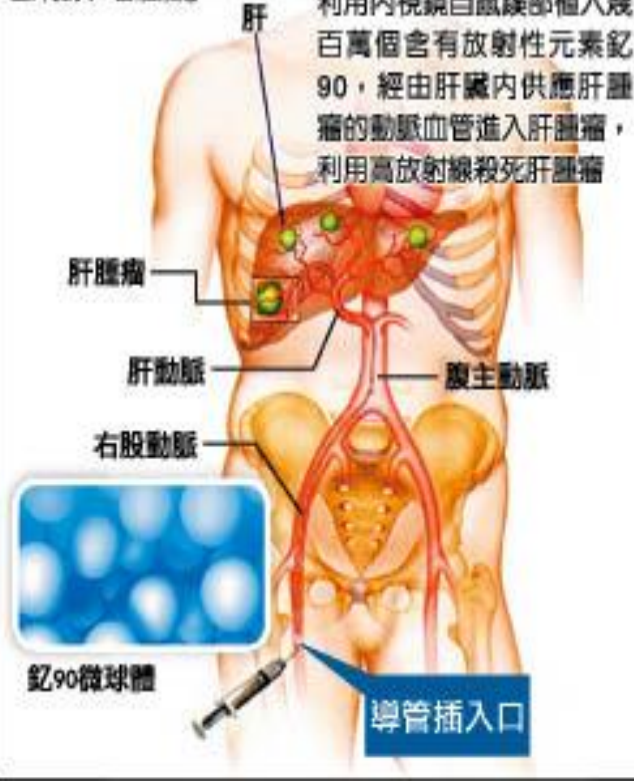
核種	輻射類別	β 最大能量 MeV	γ 能量 MeV	半衰期 min	核反應式	靶原料
^{18}F	β^+/γ	0.6335	0.511	110	$^{18}\text{O}(\text{p}, \text{n})^{18}\text{F}$	H_2^{18}O (95% enrichment)
					$^{20}\text{Ne}(\text{d}, \alpha)^{18}\text{F}$	$\text{Ne}+2\%\text{F}_2$
					$^{18}\text{O}(\text{p}, \text{n})^{18}\text{F}$	^{18}O enriched Gas with F_2 and Ar carrier
^{15}O	β^+/γ	1.72	0.511	2.1	$^{14}\text{N}(\text{d}, \text{n})^{15}\text{O}$	$^{14}\text{N}_2+\text{O}_2$ (0.5%) $^{14}\text{N}_2+\text{CO}_2$ (2.5%)
^{13}N	β^+/γ	1.19	0.511	10.0	$^{16}\text{O}(\text{p}, \alpha)^{13}\text{N}$	$\text{H}_2^{16}\text{O}+\text{ethanol}$ (5 mM)
^{11}C	β^+/γ	0.96	0.511	20.3	$^{14}\text{N}(\text{p}, \alpha)^{11}\text{C}$	$^{14}\text{N}_2$ Gas (99.9999%)

釷90選擇性體內肝腫瘤放射治療

釷90微球體內放射線療法示意圖

圖片提供：台北榮總

利用內視鏡自鼠蹊部植入幾百萬個含有放射性元素釷90，經由肝臟內供應肝腫瘤的動脈血管進入肝腫瘤，利用高放射線殺死肝腫瘤



核醫之父小故事

The Nobel Prize in Chemistry 1943



- 匈牙利籍赫畏希 (Georg Charles de Hevesy) 身體素弱，渡海至英國事師近代物理之父拉塞福，居然因暈船而病倒兩星期。在1911年拉塞福指定他去完成一件工作，他雖無法達成，卻很意外地有一項重大發現，即放射示蹤劑。
- 赫畏希對於他在曼徹斯特大學附近的住處屢表不滿，尤其是女房東提供的三餐。他總覺得經常吃剩飯剩菜，並非女房東所說的新鮮菜飯。
- 在一個星期天，他暗地的把放射性同位素(危險動作請勿模仿)滲入他未吃完的飯菜。隔了幾天，才偷帶了一個靜電計進入飯廳，居然有了反應，證實他所吃的是前幾天吃的剩飯剩菜。這一舉動使女房東啞口無言。這也就是上述的示蹤劑技術，後來用於核子醫學，因此他被尊稱為核醫之父。
- 約在十年前清華大學也以碘131為示蹤劑，證實國人飲食習慣中會互吃口水，這與赫畏希查剩菜有異曲同工之妙，也促進國人逐漸重視公筷公匙。
摘自原子能委員會-原子科學家列傳(民86年)

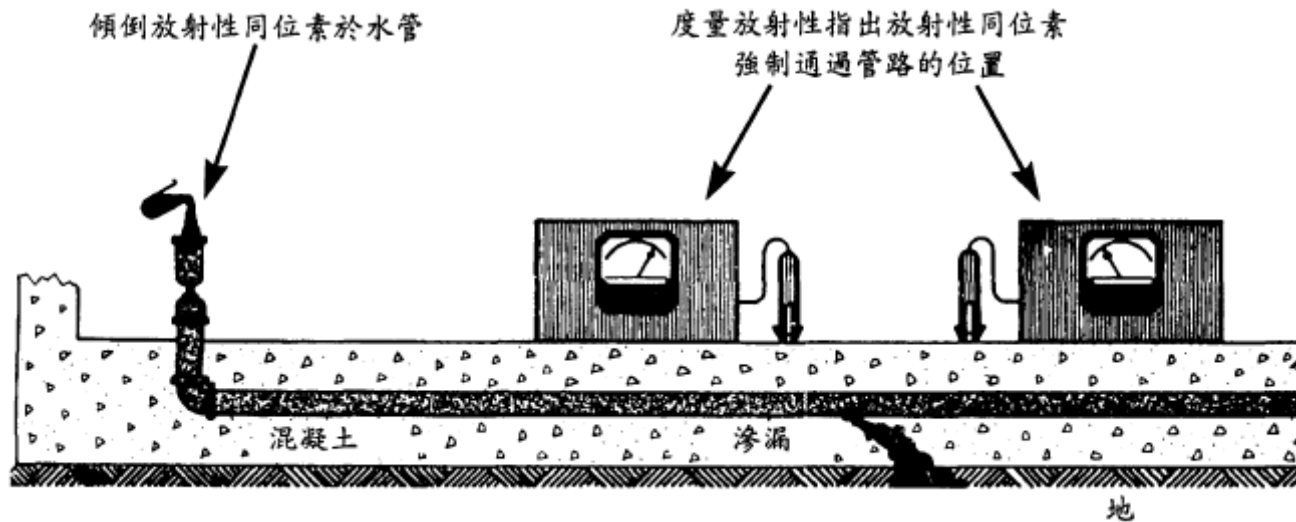
Nuclear Medicine



FIGURE 5. Possible prototype. Soma Weiss, MD (left), and Hermann Blumgart, MD (right), are pictured with apparatus that might be incomplete prototype of Blumgart-Yens detector. Role of Dr. Weiss is not documented. (Reprinted with permission of (4).)

- 1927年，Herman Blumgart和 Soma Weiss在患者的手臂注射氦氣的溶液，然後在另一隻手臂用 Wilson雲霧室（Wilson cloud chamber）測量血流速度。
- 1940年代，Myron Prinzmetal用放射性核種來測量它通過心臟所需的時間，這就可以量出心輸出量和心內分流的大小。

非密封射源的應用-工業



經由同位素在塔槽管路中的流動路徑與現象，可以計測工廠流體的流率、質量平衡、流體分布、漏泄(如應用的 ^{85}Kr 、 ^{41}Ar 、 ^{133}Xe 與 ^{79}Kr 等測定氣體管路的漏泄位置)、短路、旁路、反應槽的混合效率、滯留時間、腐蝕與表面現象、程序控制的動力變數、零件磨損度與通風設備的效率等。
(游離輻射防護薈萃-輻射防護協會)

非密封射源的應用-工業

Hermetically Sealed
Components

Tested By Radiflo®

- ◆ Transistors
- ◆ Diodes
- ◆ Electron tubes
- ◆ Bourdon tubes
- ◆ Bellows
- ◆ Resistors
- ◆ Capacitors
- ◆ Relays
- ◆ Sealed Missiles Assemblies
- ◆ Pressure Transducers



IsoVac Radiflo Mark VI
Kr-85 leakage Test Machine

- ◆ Squibs for Automotive Air Bags
- ◆ Inflators for Automotive Air Bags
- ◆ Cochlear implants *Bionics*
- ◆ Quartz crystals
- ◆ Sealed Temperature elements
- ◆ Gyros
- ◆ Carburetor floats
- ◆ Heart Pacemakers *Bionics*
- ◆ Switches
- ◆ High frequency Oscillators
- ◆ Carburetor floats



肆、常見非密封型射源

Table 1
Relevant Physical Data for Radionuclides Commonly Used in Nuclear Medicine

Radionuclide	Type of decay ^a	Principle emissions (keV)	Half-life	Half-value thickness (cm)		Production process
				Water	Lead	
Gallium-67	EC	γ 93, 185, 300	78.3h	4.7	0.07	Zinc-68 (p, 2n) Gallium-67
Krypton-81 m	IT	γ 190	13s	5.0	0.06	Generator, daughter of Rubidium-81
Technetium-99 m	IT	γ 141	6.02h	4.5	0.03	Generator, daughter of Molybdenum-99
Indium-111	EC	γ 173, 247	67.3h	5.1	0.07	Cadmium-112 (p, 2n) Indium-111
Iodine-123	EC	γ 159	13h	4.6	0.04	Tellurium-124 (p, 2n) Iodine-123
Iodine-131	Beta	β 606 γ 364	8.05d	6.3	0.25	Nuclear Fission
Xenon-133	Beta	β 346 X 30-36 γ 81	5.25d	3.9	0.01	Nuclear Fission
Thallium-201	EC	X 68-82 135, 167	73h	4.3	0.03	Thallium-203 (p, 3n) Lead-201 → Thallium-201

^aEC - Electron Capture IT - Isomeric Transition

放射實驗室使用之放射性同位素

Table 15.2 Radiological data for radionuclides encountered in laboratories

Radionuclide	Decay mode	Principal emission energy (MeV) (beta energies are maximum energies)	Half-life (hours, h; days, d; years, y)	1st tenth-value layer (mm Pb) ^a	Annual limit of intake ^b (MBq)
³² P	β	E_{β} 1.71	14.3 d	range 6000 air 6.5 mm perspex	6
³³ P	β	E_{β} 0.249	25.4 d	range 460 air 0.5 mm perspex	14
²² Na	β^+ , EC	E_{β} 0.546, E_{γ} 1.275, 0.511	2.60 y	37	6
²⁴ Na	β	E_{β} 1.392, E_{γ} 1.369, 2.754	15.0 h	59	38
⁴⁵ Ca	β	E_{β} 0.257	163 d	range 480 air 0.5 mm perspex	7
³⁵ S	β	E_{β} 0.167	87.4 d	range 240 air 0.3 mm perspex	142
¹²⁵ I	EC	E_{γ} 0.035, $E_{X/\gamma}$ 0.030 ave.	60.1d	0.06	1.3
³ H	β	E_{β} 0.0186	12.4 y	range 47 air <1 mm perspex	1111
¹⁴ C	β	E_{β} 0.156	5730 y	range 220 air 0.3 mm perspex	34
⁵¹ Cr	EC	E_{β} 0.320, E_X 0.005	27.7 d	7	526
⁵⁹ Fe	β	E_{β} 0.467, E_{γ} 1.099, 1.292	44.5 d	44	6
⁶⁵ Zn	β^+ , EC	E_{γ} 1.115 (chiefly)	244 d	42	5
³⁶ Cl	β	E_{β} 0.710 (chiefly)	3×10^5 y	range 2000 air	
	β^+ , EC			2.2 mm perspex	3

^{a,b}Footnotes as in Table 15.1.



伍.非密封射源的輻射防護

- 1.工作場所的分級及其分區要求
- 2.操作非密封射源的危險因素
- 3.體內曝露的輻射防護
- 4.非密封射源的輻射防護

1. 工作場所的分級及其分區要求

A、放射性核種的毒性分類

國際原子能總署(IAEA)建議依使用放射性同位素的種類、總活度及其操作方法等區分其危險性為四類。

放射毒性

放射核種

第一類(極毒)

α 放射性核種； $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$

第二類(高毒)

半衰期**30天以上**放射性核種(不包括 α 核種， ^3H 、 ^7Be 、 ^{14}C 、 ^{35}S 、 ^{55}Fe 、 ^{59}Fe 、與 ^{90}Sr)

第三類(中毒)

半衰期**30天以內**的放射性核種(不包括 α 核種， ^{18}F 、 ^{51}Cr 、 ^{71}Ge 與 ^{201}Tl)

第四類(低毒)

^3H 、 ^7Be 、 ^{14}C 、 ^{18}F 、 ^{51}Cr 、 ^{71}Ge 、 ^{201}Tl 、天然U及Th.

B、工作場所的分級即其所需裝備

甲級 (高活性操作室)

氣櫃
 手套箱
 更衣室
 特種除污設施
 劑量徽章
 蓋革及游離腔型測量計
 地區監測設備
 空氣監測設備
 無吸收性的工作檯面及地面
特種防護衣



乙級 (同位素操作室)

氣櫃
 手套箱
 除污設施
 劑量徽章
 蓋革及游離腔型測量計
 污染監測設備
特種防護衣



丙級 (化學操作室)

氣櫃
 劑量徽章
 蓋革測量計
 污染監測設備
工作衣



丁級 (一般操作室)

劑量徽章
 蓋革測量計
 污染監測設備
工作衣



2. 操作非密封射源的危害因素

- 非密封射源的特點
- a. 輻射直接曝露
- b. 體外曝露危害
- c. 表面污染
- d. 食入體內危害
- e. 滲入皮膚危害
- f. 場所內空氣污染危害
- g. 場所外環境污染



非密封射源的特點

- 使用或操作過程中，其物理化學性質可能變化，如加溫時固體可變成液體，液體又可變成氣體。
- 放在容器中的放射性物質，當容器損壞時液體、氣體就有漏出擴散之虞，使操作過程中的輻射危險性增加。
- 放射性物質攝入人體內而使體內受輻射照射時，稱為**體內曝露**。
- 放射性物質未攝入體內，但存在於周圍環境時，就構成**體外曝露**。
 - 體內曝露：某些 α 與 β 放射核種，常侷限於體內的一定組織器官，因高能量轉移而造成較大的生理危害。
 - 體外曝露：某些 α 與 β 放射核種因穿透力小，故體外曝露較不嚴重。體外曝露則須特別注意高穿透力的 γ 放射核種。



a. 輻射直接曝露

- 任何沾染放射性物質的物品，包括放射性物質本身、器皿、器械、針筒、服用放射藥品病人與排泄物、廢棄物等，均可能對人體產生直接輻射的危害。
- 操作非密封射源時，直接用手或近距離接觸射源的機會很多，所以不論所操作的是 γ 射源還是 β 射源或低能射源，均應特別注意皮膚和手部的防護。

長柄夾, 指環配章, 使用屏蔽



b. 體外曝露危害

- 任何表面上污染的放射性物質，均可能成為體外曝露源。
- 某些 α 與 β 放射核種因穿透力小，故體外曝露較不嚴重。體外曝露則須特別注意高穿透力的 γ 放射核種。



C. 表面污染

- 操作放射性物質的工作並非全部在密閉系統內，所以操作中可能出現潑灑、蒸發、溢出等現象。
- 在檢修、運輸和廢棄物處理過程中，都可能使污染轉移。
- 表面污染如果不能及時發現，則會對人員產生體內外曝露的危害。



d. 食入體內危害

- 在人身污染，特別是手部污染之後，用手拿取食物進餐，是導致食入危害的主要原因。
- 手上的污染可能轉移到體內的百分率稱食入因數。
- 食入因數約為2~10%，此與人們的飲食習慣有很大的關係。



e. 滲入皮膚危害

- 有不少可溶性的放射性核種，包括有機溶液和酸性溶液的化合物、以及一些氣態或蒸氣狀態的放射性同位素(如 I_2 ，HTO)，可以通過無損傷的皮膚進入體內。
- 通常，酸度愈高，放射性物質進入體內的比例也愈大(與酸度愈高對皮膚腐蝕加深有關)。
- 所以要特別注意做好皮膚防護。
- 操作氫的場所更容易發生污染。氫一旦污染體表後，進入體內速度很快。



f. 場所內空氣污染危害

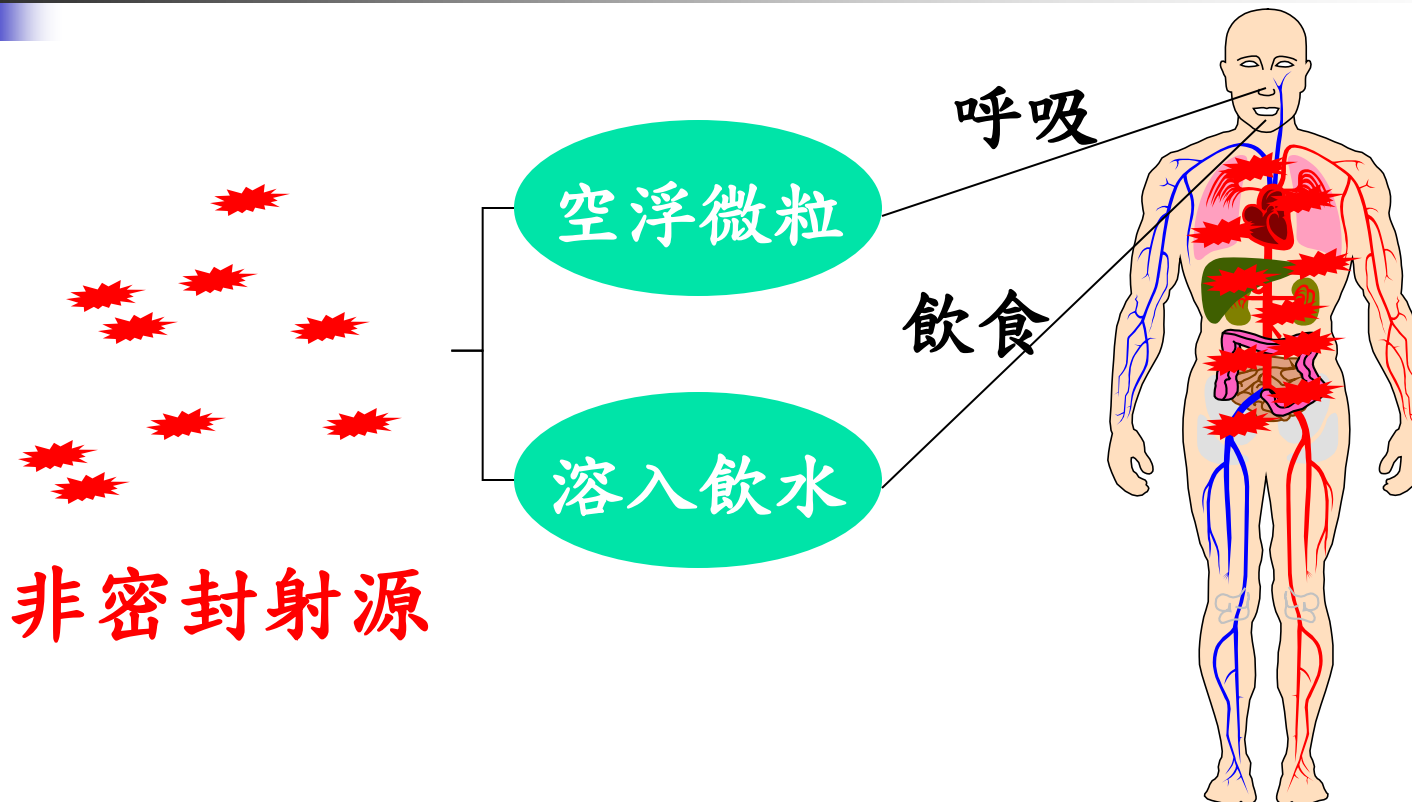
- 由表面放射性污染轉變成空氣污染，是導致放射性工作人員攝入放射性物質的重要途徑之一。
- 當然，具揮發性氣體、碘蒸氣、鈰氣(^{133}Xe , $^{85\text{m}}\text{Kr}$)，亦是造成空氣污染的主因。



g. 場所外環境污染與輻射源劑量偵測

- 使用和操作非密封射源過程中，總會有一些放射性物質隨廢水或廢氣進入環境，因而造成放射性物質外釋，導致場所外環境污染。
- 因為非密封射源常造成外溢污染，故工作進行前與完成工作後的輻射偵測，對以工作人員免以遭受體內外曝露，顯得格外重要。

體內曝露



輻射源污染體內，輻射由體內射入組織器官。

體內曝露的輻射防護

■ 放射性物質侵入體內的途徑

- 飲食
- 呼吸
- 皮膚吸收
- 傷口侵入

■ 防護方法

- 避免食入
- 減少吸入
- 避免在污染區逗留
- 加強除污工作



體內曝露的防護原則

體內曝露 防護法則



避免食入



減少吸入



增加排泄



避免污染



加強除污



體內曝露的防護-人員

- (1) 工作人員於工作時應按規定穿戴工作衣、手套、套鞋與人員劑量計，必要時應穿戴防護面具。
- (2) 嚴禁用嘴吸移溶液。
- (3) 嚴禁在實驗室內飲食、抽煙及使用化粧品。
- (4) 工作人員皮膚若有外傷，應避免從事非密封射源的操作，如必須操作，應將傷口妥善包紮。

體內曝露的防護 - 自行偵檢

- 離開可能有污染的區域時，應自行仔細偵檢髮、膚、衣、褲、鞋、襪有否污染。
- 離開輻射管制區時，再利用手足監測器作最後校驗。如發現皮膚污染，應即用肥皂輕洗，切忌重力抓、刮，以免有傷皮膚。
- 如仍洗不掉，則至保健物理人員或醫師求助





體內曝露的防範

- 放射性物質一旦侵入體內後，即每分每秒一直影響著器官和組織，不可能增加距離或加設屏蔽，也不可能等候其衰變或以任何方法減短其放射半衰期。
- 如欲減低體內曝露，除可設法減少吸收外，應增加排泄或防止滯留，以減短其生物半衰期，從而減短其有效半衰期。



陸. 非密封放射性物質作業場所 輻射安全法規要求

- 使用非密封輻射源輻射管制工作
- 輻射安全作業守則
- 輻射安全檢查紀錄表(測試報告)
- 接收及使用帳料半年報表
- 非密封放射性物質廢料處理
- 放射性廢氣與廢液排放申報
- 放射性污染事件處置程序
- 表面污染與環境劑量率偵測

登記(證)之新申請(非密封)

放射性物質與可發生游離輻射設備及其輻射作業管理辦法(以下簡稱**管理辦法**)第24條

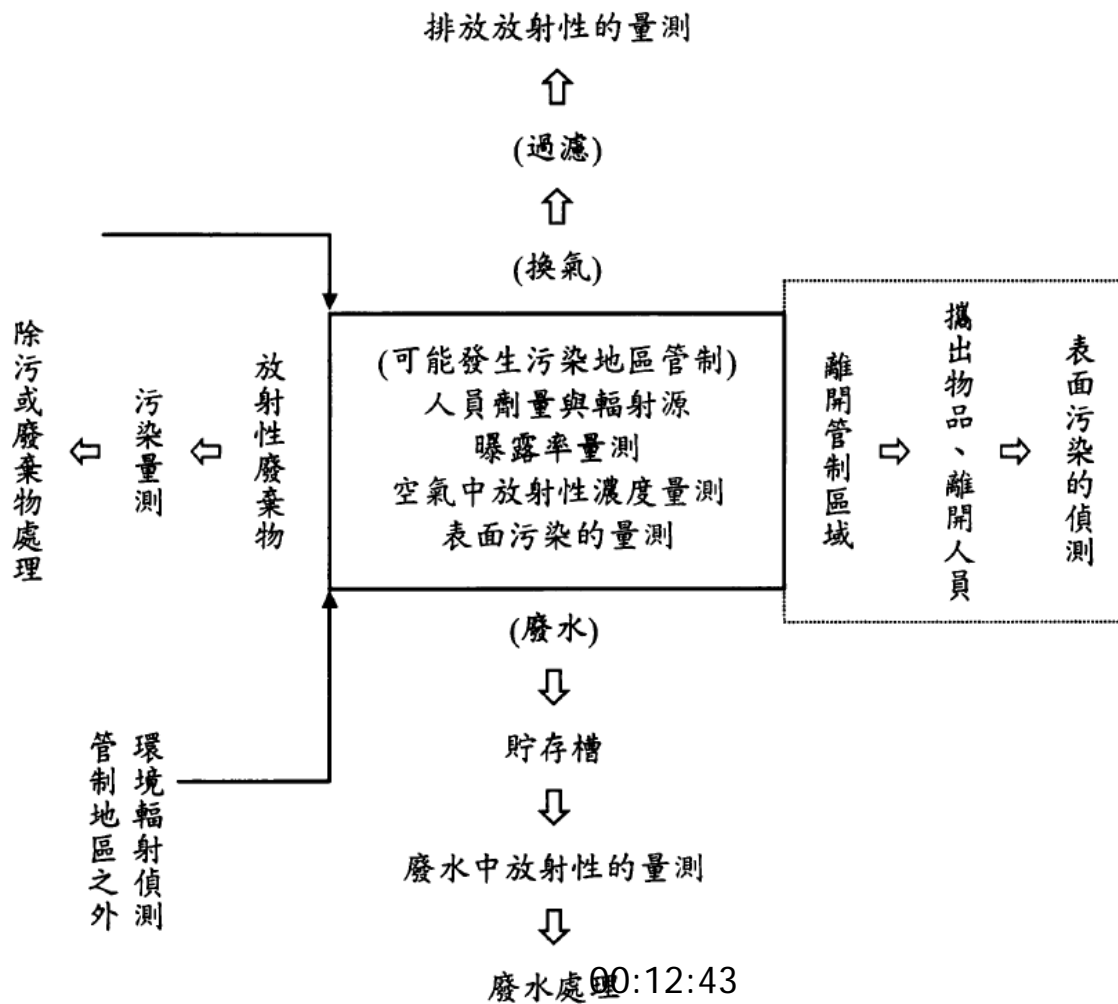
(經**審查合格**後，同意登記)

- 使用應申請登記備查之非密封放射性物質或分裝、標誌放射性物質者，申請人應填具申請書，並檢附下列文件，向主管機關申請審查合格後，同意登記：
 - 一、經核准設立或登記之證明文件影本。政府機關(構)免附。
 - 二、相關操作人員證明文件影本及在職證明。
 - 三、場所平面圖及屏蔽規劃。
 - 四、輻射防護計畫。
 - 五、從事標誌放射性物質者，應提送放射性物質之物理、化學性質及相關處理程序。

登記(證)之改裝(非密封)

- 放射性物質與可發生游離輻射設備及其輻射作業管理辦法(以下簡稱**管理辦法**)第26
- 經主管機關同意登記之放射性物質改裝時，設施經營者應於改裝前填具申請書，並檢附下列文件，向主管機關申請審查合格，發給改裝許可：
 - 一、場所平面圖及屏蔽規劃。
 - 二、相關操作人員證明文件影本。
 - 三、原領使用登記證。
- 設施經營者取得改裝許可後，始得依核准之場所平面圖及屏蔽規劃進行改裝工程。工程完竣後三十日內，應檢附下列文件，送主管機關審查合格後，同意登記：
 - 一、測試報告。
 - 二、符合第五十四條第一項規定之密封放射性物質者，應提送擦拭報告。

使用非密封輻射源輻射管制工作



非密封放射性同位素輻射安全作業守則

- 1、嚴禁在放射性物質操作場所**飲食、吸煙、存放食物或施用化妝品**。
- 2、不可**用嘴或吸管吸取放射性物質**。操作時應戴橡膠或PVC手套及實驗衣工作服，以避免皮膚污染，並須依使用核種輻類別及能量作適當之屏蔽。
- 3、工作人員**皮膚如有外傷時**應避免從事放射性作業，如必須工作時應將傷口妥善包紮，以免接觸到放射性物質。人員工作時應配戴個人佩章。
- 4、使用或處理**具揮發性或有昇華性之放射性物質**或廢料時，須在各放射性專用實驗室的氣櫃中操作。（此抽氣設備應定期更換濾材，並校驗抽氣流量及測試濾除或吸附效率。）
- 5、實驗所產生之**放射性廢棄物應按規定分類收集及處理**，尤其是放射性廢液須存放於專用塑膠桶中，嚴禁將廢液傾倒入水槽內。（實驗後產生之放射性廢料必須立處理，盛裝容器須有足夠之屏蔽能力且標示明確）。
- 6、操作放射性物質實驗時，桌面上及襯盤內要**鋪上吸水紙以防止污染**，液體樣品應置於不易傾倒及破損容器內。
- 7、工作人員應**經常檢查手、衣服及鞋子是否有污染**，工作完畢後應把雙手徹底洗淨，並應偵測工作場所(如實驗桌檯面、地面、水槽等處)及本身是否有輻射污染，若發現有任何污染狀況時即應立即進行除污。
- 8、實驗過程中若不慎攝入放射性同位素，或發生與放射性同位素有關之身體傷害時，即應通知輻射防護人員處理。

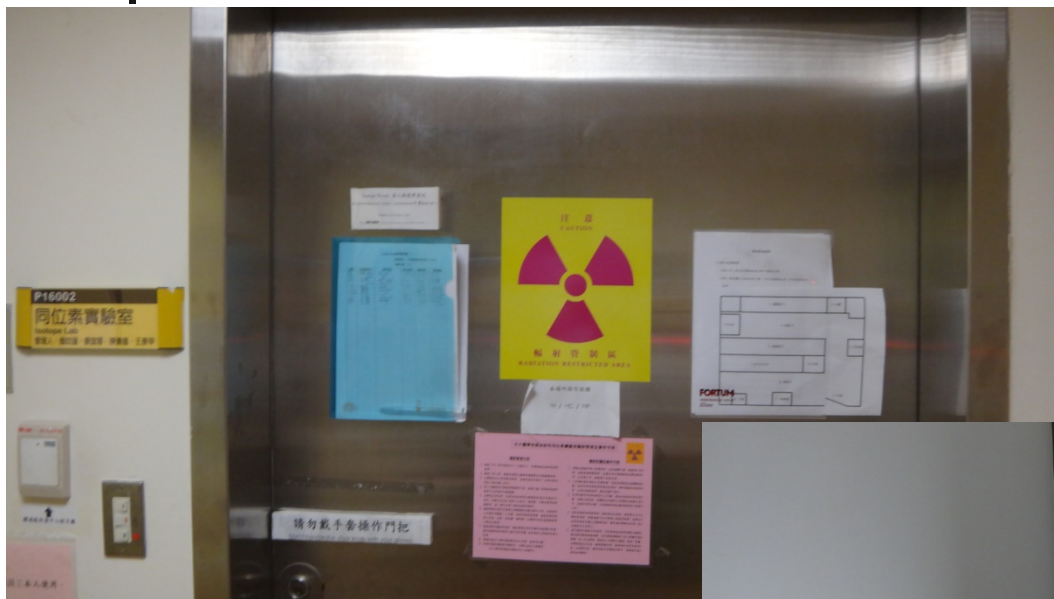
非密封放射性同位素輻射安全作業守則

- 9、操作人員應符合**資格**（經過相關訓練或測驗合格持有人員劑量徽章者）。
- 10、凡盛裝或儲存放射性物質之一切器具及操作器材，以及放射性物質操作場所或區域，均要用**輻射專用標籤**加以標示，不可使用代號或其他符號，以免他人誤用或誤入（放射性物質貯存場所及盛裝放射性物質之容器，應有適當輻射警示標誌與警語，並註明放射性物質的資料）。
- 11、使用放射性物質時，務必確實將使用情形登記在“放射性同位素**進出帳料紀錄表**”上，列入統計管制。
- 12、非密封放射性同位素實驗室須管制專屬專用，現場並備有**場所平面圖**，放射性物質之貯存場所或放置**儲櫃應上鎖**，其鑰匙應由專人保管。
- 13、在各專門從事非密封放射性同位素操作區內每次實驗後（或每週）要確實執行偵檢及清理工作（例如使用蓋格偵檢器或 smear test 偵測工作檯面或地面是否有污染並記錄之，經常保持操作環境之整潔並有專人管理等），並在各項登記簿上登記使用狀況。若有未按規定登記及偵檢者，必須取消其操作資格。
- 14、放射性物質移動的次數及空間越少越好，如需移動請盛入容器內以確保安全。
- 15、管制區內應配置經過定期校正之**輻射偵檢器**。
- 16、非密封放射性同位素操作管制區內須自行訂定**緊急意外事故處理程序**，且將其重點、聯絡人、聯絡電話等資料張貼告示於該管制區明顯易見之處。
- 17、輻射防護人員每季應進行安全檢查，檢查紀錄(詳附件二)存檔備查三年。

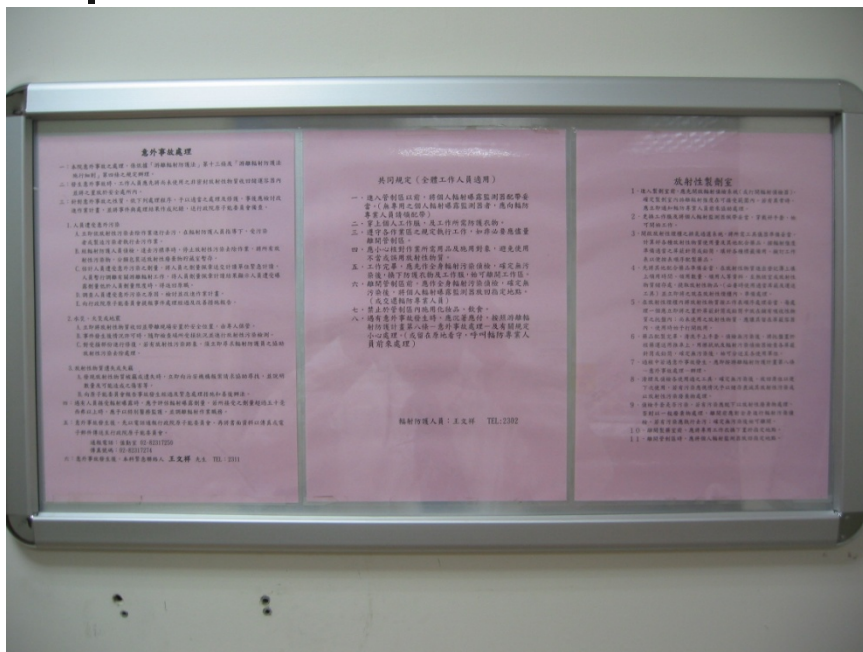
非密封放射性物質輻射安全測試報告

1	放射性物質作業場所已依「輻射工作場所管理與場所外環境輻射監測作業準則」第五條規定及評估報告為適當之圍離(管制)，進出口處應有適當之輻射示警標誌與警語。
2	輻射安全作業守則及意外事故處理程序，已張貼於放射性物質作業場所明顯處。
3	放射性物質之貯存場所、盛裝容器、清洗水槽及受污染之裝備，應有適當輻射示警標誌與警語，貯存場所及盛裝容器並應註明放射性物質之名稱及其物理、化學性質。
4	放射性物質之貯存場所(櫃)應上鎖，其鑰匙應由專人保管。
5	放射性物質之操作檯(桌)或放射性物質處理皿，均應襯以吸水紙，液體樣品應置於不易傾倒及破損之容器內。
6	<input type="checkbox"/> 備有專用貯存槽，做為收集俟處理放射性廢液之用(偵測及處理紀錄應留存備查)。 <input type="checkbox"/> 備有專用水槽，做為傾倒放射性廢液或清洗放射性污染器皿，且廢液經由密閉管道導入收集槽、污水排放系統或污水下水道(偵測及處理紀錄應留存備查)。
7	放射性廢料桶應具有防治污染擴散之設計(例如腳踩式)，桶內並襯以無孔之塑膠袋。
8	操作可能空浮或揮發性放射性物質之作業場所，經評估如應使用抽氣櫃及濾器組，應依規定定期執行流量及濾器組效率測試，且有關測試結果符合申報單位輻射安全評估報告之設計要求。
9	作業(貯存)場所不得有飲料、食物、香煙、化粧品、檳榔、口香糖等非必要物品。
10	比照本會依游離輻射防護法第三十二條公告之年度偵測項目，進行偵測，偵測結果應符合法規及申報單位訂定之管制基準(新申請案免驗本項目)。 【原能會發證前現場檢查人員請就輻射劑量率部分進行抽測】

進出口處應有適當之輻射示警 標誌與警語



輻射安全作業守則及意外事故處理程序



張貼輻射安全作業守則
緊急應變(意外事故)程序



張貼作業場所平面圖

專用水槽，做為傾倒放射性廢液或清洗放射性污染器皿

專用放射性廢水槽



非放射性廢水槽
嚴禁傾倒放射性廢液



放射性物質之貯存場所(櫃)應
上鎖，其鑰匙應由專人保管



放射性物質之操作檯（桌）放射性物質處理皿，均應襯以吸水紙

鋪設除污紙



鋪設除污紙



廢料桶採腳踏式



襯以無孔之塑膠袋



善用屏蔽

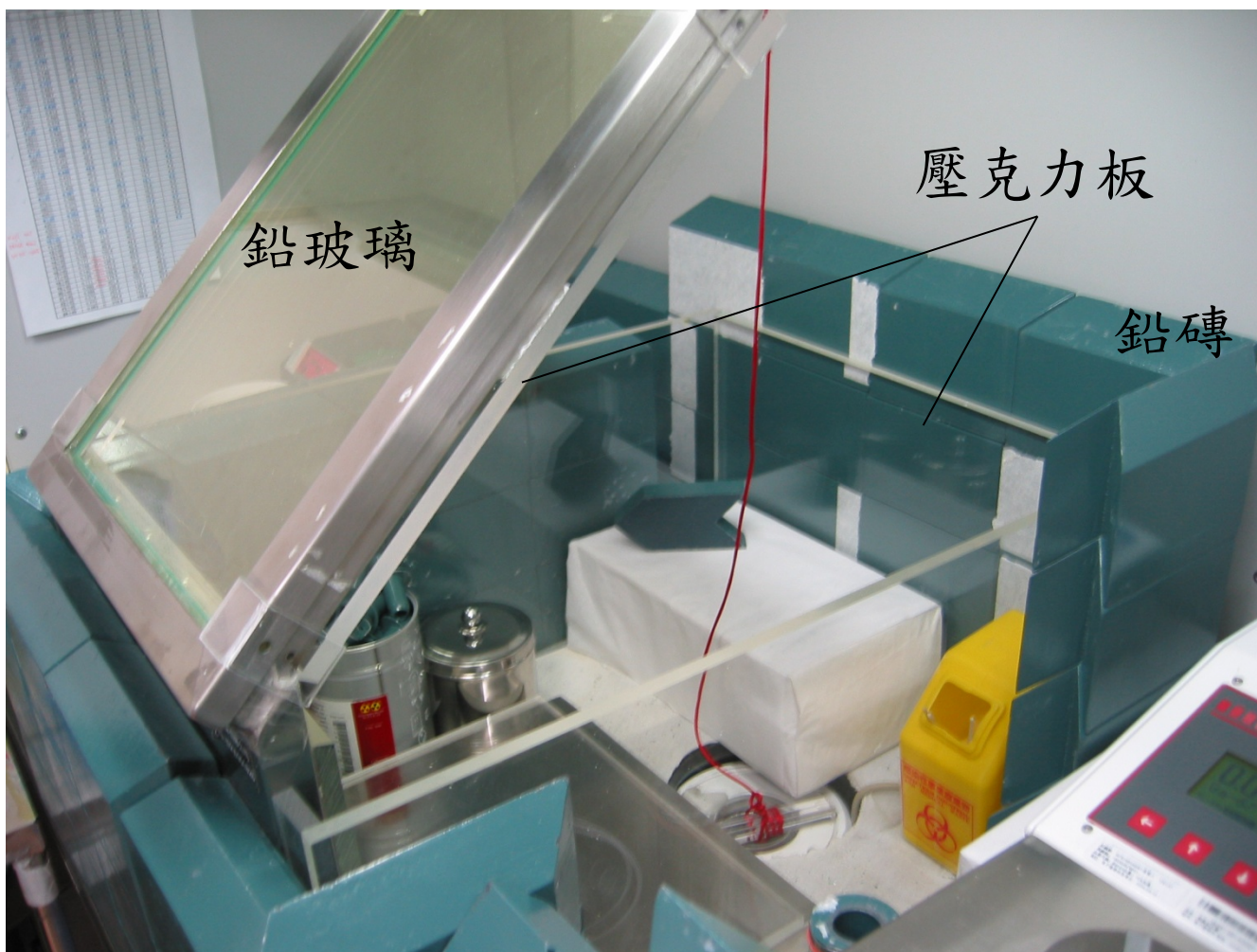


屏蔽



配置於針筒的放射藥物與鉛罐屏蔽

β 輻射與 γ 輻射屏蔽



個人防護用具

鉛屏風



鉛衣



鉛手套



鉛眼鏡



人員劑量偵測



體外曝露偵測

- *全身(胸部)劑量佩章或電子式劑量筆
- *手部(指環)劑量佩章



非密封放射性同位素 接收及使用帳料半年報表

醫用非密封放射性同位素接收及使用帳料半年報表

單位名稱：

(蓋單位印信)

同位素使用期間： 年 月至 年 月

填表日期：

頁次：

使用人：_____

核准日期文號	核種	化合物	核准數量 Bq/Kit	已輸入數量 Bq/Kit	實際使用數量 Bq/Kit	耗損量 Bq/Kit	剩餘數量 Bq/Kit	已核准尚未 輸入數量	備註

註：已申請核准（包含未完成採購程序），均需填寫。

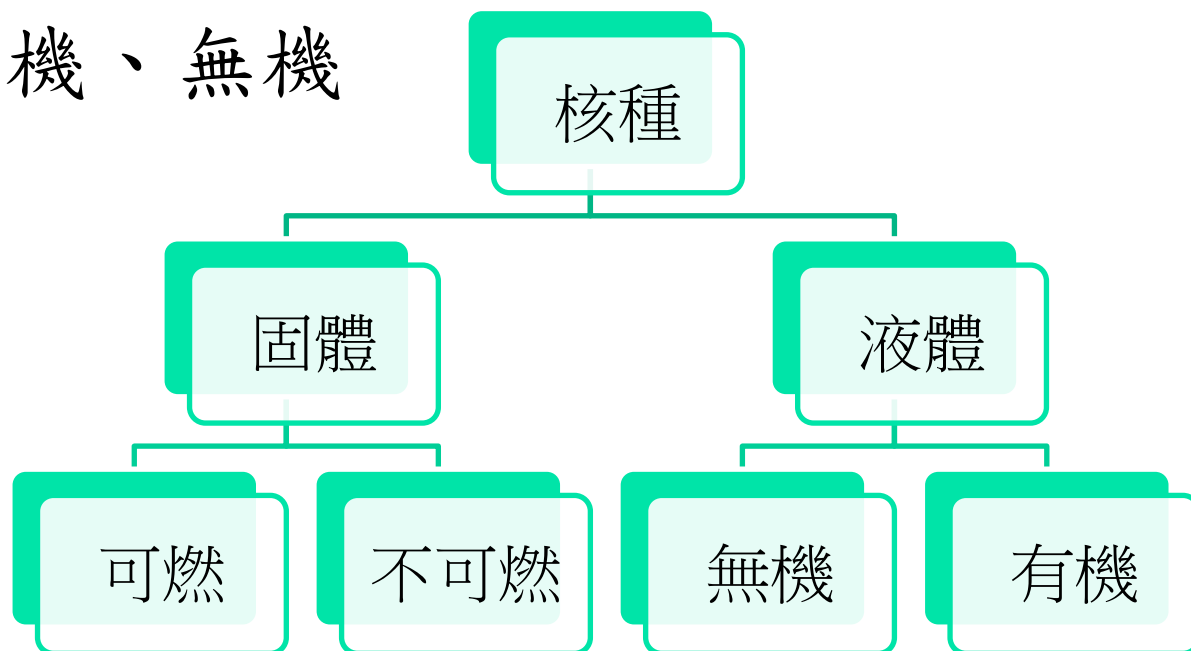
輻射防護人員簽章：_____

保存年限：兩二年

表單編號：

非密封放射性物質廢料處理

1. 區分核種
2. 區分液體、固體
3. 固體區分可燃、不可燃
4. 液體區分有機、無機



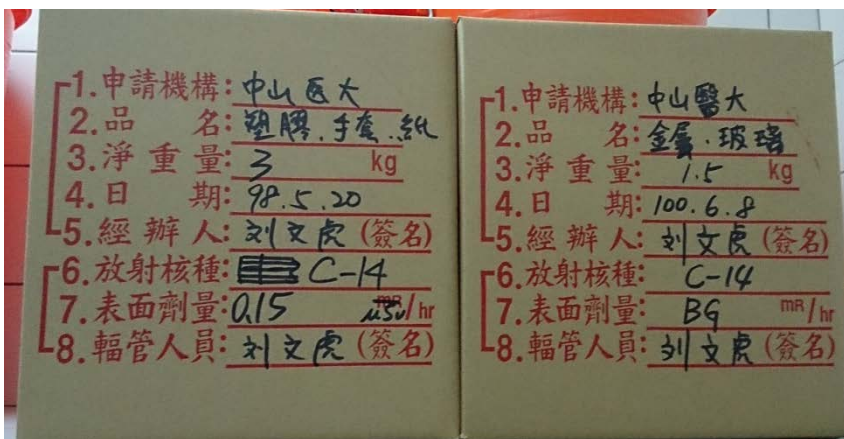
非密封放射性物質廢料處理

未區分可燃不可燃
玻璃塑膠通通放在一起

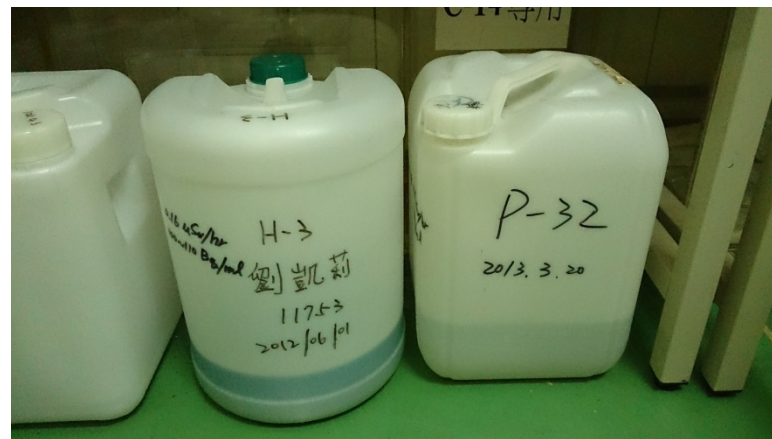


未區分核種
半衰期 ≥ 90 天
通通放在一起!

區分可燃、不可燃



區分核種



非密封放射性物質廢料處理費用

接收各類放射性廢棄物處理貯存及最終處置收費基準表

單位：新臺幣元

編號	收費項目	收費基準		備註
1	可燃固體放射性廢棄物處理貯存	每公斤	592	
2	無機液體放射性廢棄物處理貯存	每公升	16	
3	有機液體放射性廢棄物處理貯存	每公升	582	
4	無機含氫液體放射性廢棄物處理貯存	每公升	582	
5	有機含氫液體放射性廢棄物處理貯存	每公升	582	
6	放射性待除污物料處理	每公斤	379	
7	非燃固體放射性廢棄物(砂土類)處理貯存	每公斤	485	
8	非燃固體放射性廢棄物(水泥石塊類)處理貯存	每公斤	485	
9	非燃固體放射性廢棄物(玻璃類)處理貯存	每公斤	485	
10	非燃固體放射性廢棄物(金屬類)處理貯存	每公斤	485	

非密封放射性物質廢料處理費用

接收各類放射性廢棄物處理貯存及最終處置收費基準表

單位：新臺幣元

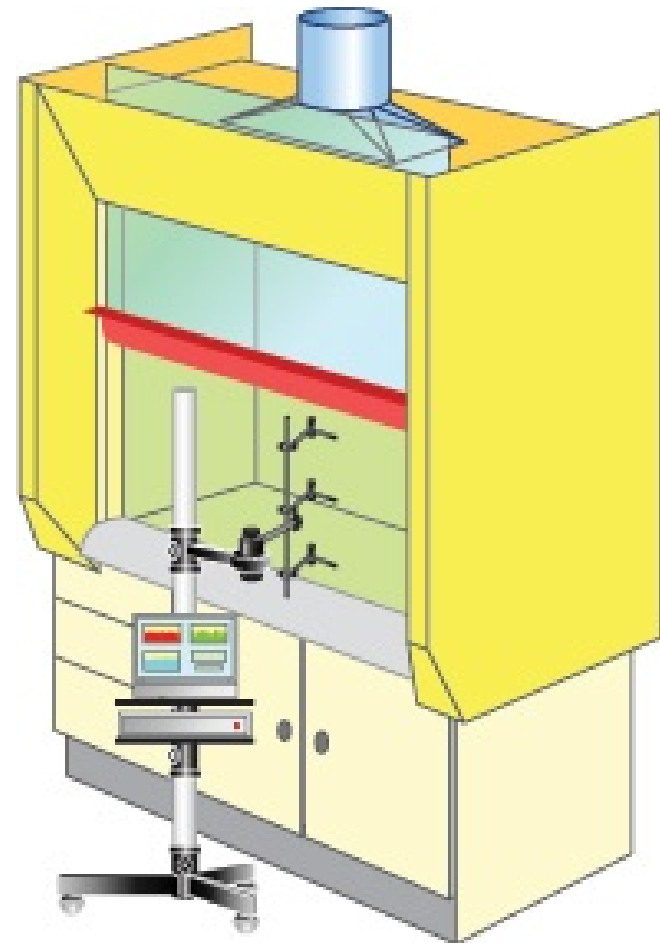
編號	收費項目	收費基準		備註
34	可燃固體放射性廢棄物最終處置	每公斤	39	
35	無機液體放射性廢棄物最終處置	每公升	6	
36	有機液體放射性廢棄物最終處置	每公升	27	
37	無機含氫液體放射性廢棄物最終處置	每公升	27	
38	有機含氫液體放射性廢棄物最終處置	每公升	27	
39	非燃固體放射性廢棄物(砂土類)最終處置	每公斤	256	
40	非燃固體放射性廢棄物(水泥石塊類)最終處置	每公斤	243	
41	非燃固體放射性廢棄物(玻璃類)最終處置	每公斤	296	
42	非燃固體放射性廢棄物(金屬類)最終處置	每公斤	315	

非燃固體放射性廢棄物(金屬類)每公斤處理貯存及最終處置收費=
 $485+315=800$ 元/kg

抽氣櫃、煙櫥



排氣煙櫃(放射性物質操作檯)

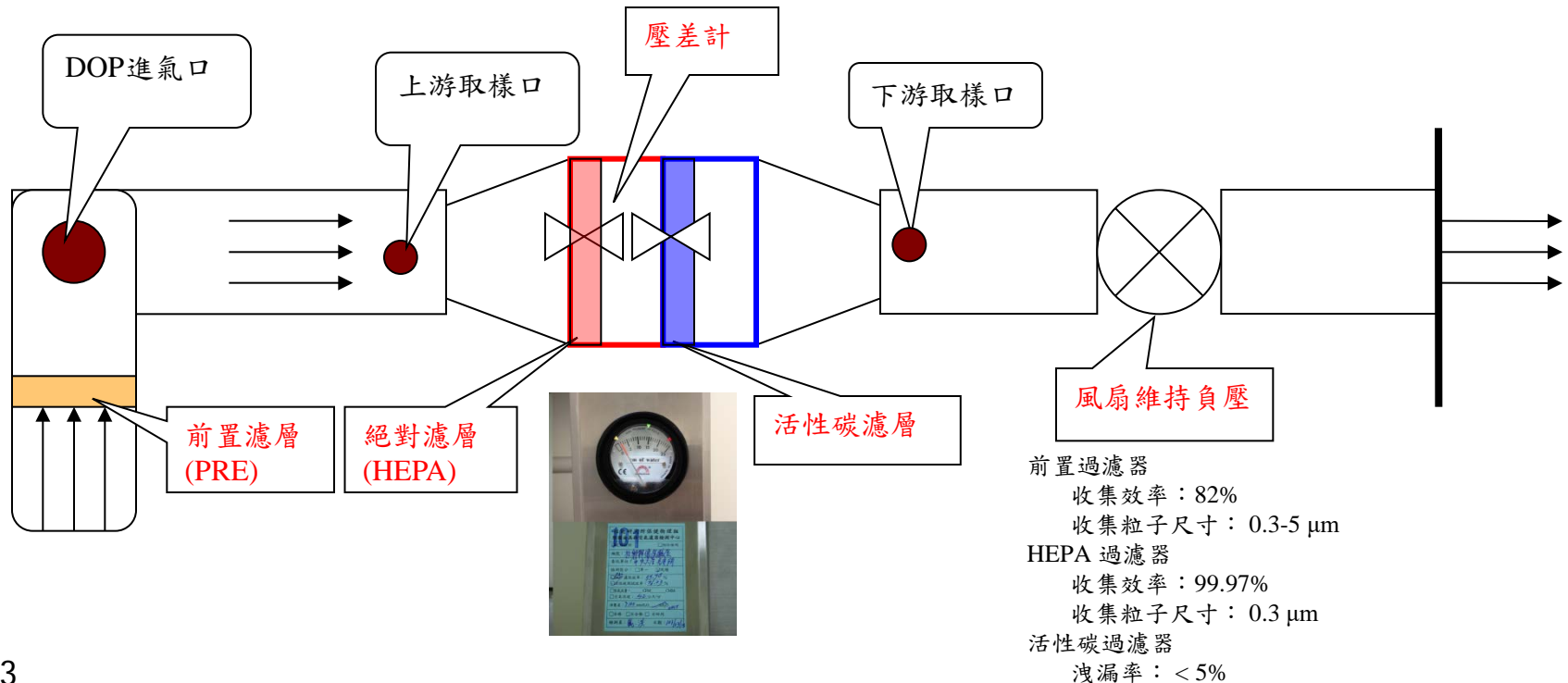


排氣與廢氣處理系統



放射性廢氣處理

- 非密封放射性物質作業場所的空氣壓力均採負壓設計，有各自獨立的空調及通風系統。為了除去空中灰塵，在進入室內空調系統的進氣端設置初級過濾器。另外考慮減少放射性氣體的排放和吸附灰塵，在管制區空調系統的出口端安裝PRE+HEPA過濾器和活性炭過濾器(如下圖示意)。



執行流量及濾器組效率測試

檢測名稱：空氣濾器系統現場檢測

檢測日期：民國 101 年 03 月 23 日

報告編號：RAFTC-101042

現場系統型式	高效率空氣濾器系統			
檢測地點	中央大學光電所			
檢測結果：				
項次	建置位置	濾除效率 (%)	煙櫥流速 (公尺/分)	備註
1	放射影像實驗室	99.98	42	符合委託需求
		【以下空白】		
說明：				
1. 依本所 HPD(RAFTC)-3-004-1.0 檢測作業程序書執行檢測。				
2. 濾器系統應定期更換濾器單元，以確保濾器系統之性能。一旦更換濾器後建議再申請檢測。				
3. 本項檢測結果，僅針對中央大學光電所放射性排氣櫃空氣濾器系統現場檢測負責。				
4. 建議：系統壓差表應更換較大指示範圍。				

表單編號：QAP-91005-001-1



放射性廢水暫存槽



排放物濃度及污水下水道排放物濃度 排放限度(Bq/m³)

附表四之二 一般人放射性核種排放管制限度

第一欄	第二欄	第三欄	第四欄	第五欄	第六欄
原子序	放射性核種	肺吸收類別	排放物濃度(貝克/立方米)		污水下水道排放物 月平均濃度 (貝克/立方米)
			空氣中	水中	
1	氫(Hydrogen)				
	氚水	F	1.99×10^4	5.07×10^7	5.07×10^8
		M	2.74×10^3		
		S	4.75×10^2		
OBT			2.17×10^7	2.17×10^8	

放射性廢氣與廢液排放申報

行政院原子能委員會 輻射防護管制系統 - Microsoft Internet Explorer

檔案(F) 編輯(E) 檢視(V) 我的最愛(A) 工具(T) 說明(H)

網址(D) http://secrip.aec.gov.tw/seclio/LICREG012-01.jsp

powered by YAHOO! SEARCH Web Search

行政院原子能委員會 ATOMIC ENERGY COUNCIL 輻射防護管制系統

管制規定 設備移轉 登記備查設備申報 網路定期申報 物質網路申報 教育積分申報 輔助說明 登出

半年度排放申報 (LICREG012)

排放報告申報 歷年申報資料

選取	項次	證照號碼	本次申報日期	本次申報期限	下次申報期限	申報進度	有效期限
<input type="radio"/>	1	醫物字第2100070號		098年07月15日	099年01月15日		106年01月22日
<input type="radio"/>	2	醫物字第2100013號		098年07月15日	099年01月15日		102年05月25日

排放報告申報

濺溢與除污

The essentials for decontamination

The Atomlab Decontamination Kit contains all the equipment needed to cope with a radioactive spill or routine decontamination problem in the laboratory. The drum serves as a container for the kit components and as a waste transfer/storage vessel.

Shipping Weight: 40 lb (18.5 kg)

Drum Dimensions: 20" d x 29.5" h (50.8 x 74.9 cm)

Contents of Kit:

Quantity	Item
1	30 gallon fiber drum
2 pr.	Coverall, Disposable
2 pr.	Shoe Covers, Disposable
2	Respirators
4	Filters
2 pr.	Gloves, Reusable
1 gal.	Radiacwash
1 box	Radiacwash Towelettes
1 bottle	Radiacwash Spray Mist, 1 liter
10	Poly Bags
1	12" Niptong
1 ea.	Sponge, mop, scrub brush, pail, rope, assorted signs

Shipping Weight: 40 lb (18.5 kg) Drum Dimensions: 20" d x 29.5" h (50.8 x 74.9 cm)



放射性污染事件處置程序

- A. 疏散
- B. 隔離
- C. 通知
- D. 偵檢
- E. 除污
- F. 再偵檢
- G. 除污人員偵檢
- H. 現場恢復

除污之原則

1. 由外往內、
2. 由高往低、
3. 由低污染往高污染
4. 面積愈小愈好

表面污染偵測



*表面污染分為--

- (1) 固著表面污染
- (2) 鬆弛表面污染



核研所門框污染偵檢器

*檢查方法--

(1) 偵檢器量測法--直接測量

常用偵檢器種類

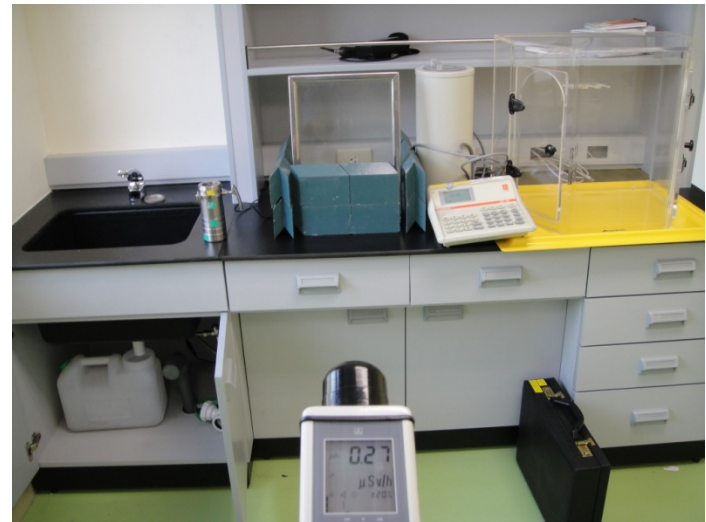
1. **可攜式偵檢器** (survey meter)
偵測空間輻射劑量及物體的表面污染
2. **地面偵檢器** (floor monitor)
大面積偵測污染
3. **手足偵檢器** (hand foot cloths monitor)
測量工作人員手足及穿著衣服表面污染

(2) **擦拭法** (smear test) --間接測量

*剪取計數器大小直徑的有韌性濾紙，在一定表面積(約 100 cm^2)的可能污染地表或物面上擦拭後，加予計數，即可求出被污染物表面的活度。

非密封放射性物質作業場所 (實驗室)輻防檢測

- 輻射劑量率偵測(作業場所，工作檯面，廢水管線)
- 污染偵測(活度)
- 廢棄物排放分析(核種分析與活度測量)



污染與環境劑量率偵測

- *Monitoring technique*
- *Monitoring records*

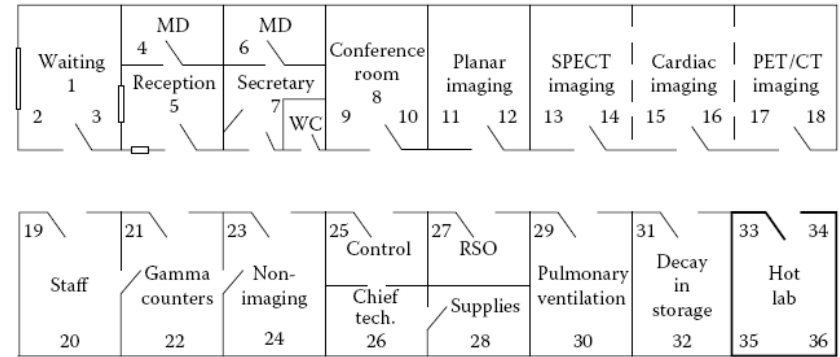


FIGURE 7.4 Map of an NM department showing symbolically 36 areas designated for routine monitoring and wipe-testing.

TABLE 7.1
Radiation Survey Record

Date _____	Instrument _____	Bkg. Range _____	
Areas	1. _____ mR/h	13. _____ mR/h	25. _____ mR/h
	2. _____	14. _____	26. _____
	3. _____	15. _____	27. _____

	12. _____	24. _____	36. _____

Comments:

Signature: _____

TABLE 7.2
Wipe-Test Survey Record

Date _____	Instrument _____	Bkg. _____ c/min	
Areas	1. _____ c/min	13. _____ c/min	25. _____ c/min
	2. _____	14. _____	26. _____
	3. _____	15. _____	27. _____

	12. _____	24. _____	36. _____

Comments:

Signature: _____

場所內偵測

空氣污染偵測

*檢查方法—抽氣法

利用定流量空氣抽氣取樣器，採集室內空氣中的放射性污染物質，加予計數，即可求出室內空氣污染的活度。



抽氣試驗：利用抽氣幫浦及濾紙抽氣，求出單位體積空氣有多少活性和DAC(推定空氣濃度)比較



許可證年度偵測項目 (非密封)

- 92年9月1日會輻字第0920022890號函公告
 - 每年至少偵測一次
 - 輻射防護管理組織或輻射防護人員審核簽章
- 非密封放射性物質作業場所 (格式)
 - 廢水偵測及分析其核種
 - 作業場所四週之輻射劑量 (率)
 - 作業場所及工作檯面污染偵測
 - 廢水管線偵測器裝備或屏蔽容器外四週之輻射劑量 (率)

非密封放射性作業場所 輻射安全評估-屏蔽計算

■ 計算過程說明-Rad Pro Calculator

The screenshot displays the 'RAD PRO CALCULATOR' software interface, version 3.26. The 'DOSE RATE ACTIVITY' tab is selected. The interface includes several input fields and checkboxes for configuring the calculation.

ISOTOPE DECAY | DOSE RATE ACTIVITY | U_PU GRAMS | CONVERSIONS | URANIUM ENRICHMENT | MDC/MDA

GAMMA EMITTERS | BETA EMITTERS | BREMSSTRAHLUNG | X-RAY DEVICES | ALARA | INVERSE SQUARE LAW

Select Calculation:
 Activity and Dose-Rate Shield Thickness

Enter Item ID:

Select Isotope (Point Source): **F-18**

Select Dose-Rate Units: **uSv/hr**

Select Activity Units: **mCi**

Select Distance Units: **Centimeters**

Select Coefficient:
 Attenuation (μ) Energy Absorption (μ_{en})

Select Activity Calculation:
 Activity to Dose-Rate Dose-Rate to Activity

Enter Activity: **10** mCi

Enter Distance: **100** cm

Calculated Dose-Rate: **11.032987717711** uSv/hr
10 mCi of F-18 at 100 Centimeters

Shielding Entries:
Select Shield Material: **Lead**

Select Thickness Units: **Centimeters**

Enter Shield Thickness: **1** cm

Use Buildup Factor (recommended)

Add Shielding

Buttons: Calculate, Start Excel, Show Workbook, Print, Exit

感謝聆聽！

