

行政院原子能委員會
放射性物料管理局
委託研究計畫研究報告

醫療廢棄物外釋評估

計畫編號:942005FCMA008

執行單位:行政院原子能委員會核能研究所

計畫主持人:張柏菁副研究員

報告日期:94.12.09

目 錄

1. 計畫目的.....	1
2. 計畫緣起.....	2
3. 執行方法與進度說明.....	3
3.1 執行方法.....	3
3.2 進度說明.....	5
3.3 執行情形.....	5
4. 評估結果說明.....	7
4.1 評估原則說明.....	7
4.2 申請核醫藥物之核種及持有量.....	8
4.3 國內醫療院所產生固體放射性廢棄物.....	10
4.4 國內醫療院所量測使用之直讀式輻射偵測器.....	16
4.5 固體放射性廢棄物包裝袋符合外釋比活度之表面劑量率評估... ..	18
5. 檢討.....	25
6. 結論與建議.....	26
6.1 建議.....	26
6.2 結論.....	28
7. 參考文獻.....	29
附件一、A 醫院申請使用非密封放射性物質之核種、活度.....	30
附件一、B 醫院申請使用非密封放射性物質之核種、活度(續).....	31
附件一、C 醫院申請使用非密封放射性物質之核種、活度(續).....	32
附件一、D 醫院申請使用非密封放射性物質之核種、活度(續).....	33
附件一、E 醫院申請使用非密封放射性物質之核種、活度(續).....	34
附件一、F 醫院申請使用非密封放射性物質之核種、活度(續).....	35
附件一、G 醫院申請使用非密封放射性物質之核種、活度(續).....	36
附件二、塑膠瓶廢料袋之表面劑量率的程式輸入檔及計算結果.....	49
附件三、試管廢料袋之表面劑量率的程式輸入檔及計算結果.....	51
附件四、1 L 針筒廢料袋之表面劑量率的程式輸入檔及計算結果.....	53
附件五、30 L 針筒廢料袋之表面劑量率的程式輸入檔及計算結果.....	55
附件六、60 L 針筒廢料袋之表面劑量率的程式輸入檔及計算結果.....	57
附件七 1L 紙類廢料袋之表面劑量率的程式輸入檔及計算結果.....	59
附件八 30L 紙類廢料袋之表面劑量率的程式輸入檔及計算結果.....	61
附件九 60L 紙類廢料袋之表面劑量率的程式輸入檔及計算結果.....	63

圖目錄

圖 1 固體放射性廢棄物收集方式與流程.....	10
--------------------------	----

表目錄

表 1 申請核醫藥物之核種及持有量.....	8
表 2 經常使用非密封放射性物質之核種、活度與特性.....	9
表 3 院方自行處理收集.....	12
表 4 藥商回收處理收集.....	13
表 5 產生固體放射性廢棄物種類及材質.....	14
表 7 正子中心(加速器)廢料量測結果.....	16
表 8 各核醫科廢料量測結果.....	17
表 9 包裝袋內之廢棄物所含核種及其輻射性質.....	18
表 10 塑膠袋內包裝容物之元素原子密度.....	20
表 11 推估塑膠瓶、試管廢棄物 ^{125}I 核種、活度濃度及總活度.....	20
表 12 針筒廢棄物各核種之活度.....	21
表 13 紙類、纖維類廢棄物各核種之活度.....	22
表 14 塑膠瓶、試管推估計算結果.....	23
表 15 針筒廢棄物推估計算結果.....	24
表 16 紙類、纖維類廢棄物包裝袋推估計算結果.....	24

醫療廢棄物外釋評估

摘 要

為落實「一定活度或比活度以下放射性廢棄物管理辦法」(以下簡稱廢棄物管理辦法)之施行，醫療院所使用非密封放射性物質從事診斷、治療工作，以及加速器運轉所產生之固體放射性廢棄物，得依廢棄物管理辦法之規定，將符合活度或比活度規定限值以下者，予以外釋。

本計畫之目的，在瞭解國內各醫療院所所產生固體放射性廢棄物之核種、活度、分類情形、收集方式、貯存及衰減到一定活度或比活度以下之處理狀況，評估於符合廢棄物管理辦法之活度或比活度規定限值時之表面劑量率，研擬「醫療院所放射性醫療廢棄物外釋評估、檢查項目、方法及其相關作業建議」，另評估以度量包裝表面輻射劑量率取代核種比活度分析之可行性，研擬相關參考作業程序，以供管制單位參考。

Assessment for the Release of Medical Radioactive Waste

ABSTRACT

In order to carry out the “Regulations on Clearance Level for Radioactive Waste Management (hereunder as the Waste Management Regulations),” the non-sealed radioactive materials used in diagnosis and treatment by medical institutes and solid radioactive waste produced from accelerators which are in accordance with the stipulations of clearance level given in the Waste Management Regulations shall be allowed for release.

This project aims to evaluate the surface dose rates of medical radioactive wastes as they meet the Waste Management Regulations according to the database of the solid wasted radionuclides produced by domestic medical institutes and their activity, classification methodology, collection procedures, storage and attenuation to under certain clearance levels to draft “Operation Recommendations for Release Evaluation, Inspection Items and Methodology for Medical Radioactive Wastes” and on the other hand, to perform evaluations on feasibility of measuring package surface dose rate rather than analyzing radionuclide clearance level to settle related operational reference procedures for use and reference of Competent Authority.

1. 計畫目的

醫療院所使用非密封放射性物質從事診斷、治療工作，以及加速器運轉所產生之固體放射性廢棄物，得依「一定活度或比活度以下放射性廢棄物管理辦法」(以下簡稱廢棄物管理辦法)之規定，將符合活度或比活度規定限值以下者，予以外釋。

本計畫目的為針對醫療院所使用之非密封放射性物質以及加速器設備於作業過程所產生之針管、試劑瓶、試管、器皿、吸管、外科手套、吸附紙、注射後病患止血之棉球、打針軟管、尿片等固體放射性廢棄物，進行活度或比活度外釋限值評估推導計算，探討外釋作業檢查項目、檢查方法及其相關作業規定。本計畫蒐集國內醫療院所所產生固體放射性廢棄物之核種、活度、分類情形、收集方式、貯存及衰減到一定活度(或比活度)以下之處理狀況等資料，以評估於符合廢棄物管理辦法之活度或比活度限值時之表面劑量率，並進行利用廢棄物包裝表面輻射劑量率量測以取代核種比活度分析之可行性評估，研擬相關作業程序，俾供管制單位參考。

2. 計畫緣起

國內各醫療院所使用非密封放射性物質從事診斷、治療工作，以及加速器運轉所產生之固體放射性廢棄物，得依「一定活度或比活度以下放射性廢棄物管理辦法」(以下簡稱廢棄物管理辦法)之規定，將符合活度或比活度規定限值以下者，予以外釋。而目前各醫療院所核醫相關部門，對於從事核醫診療、研究分析等所產生放射性廢棄物料雖有嚴謹管制措施，但其收集貯存管制措施和外釋排放基準各有所不同，主管機關為瞭解符合廢棄物管理辦法之活度或比活度規定限值時之表面劑量率，及評估以量測包裝表面輻射劑量率取代核種比活度分析之可行性，因此委託核能研究所進行相關研究，並研擬作業程序，以供管制單位參考。

本計畫執行期間承蒙高雄長庚醫院、阮綜合醫院、成大醫院、奇美醫學中心永康院區、奇美醫學中心柳營院區、義大醫院、台中榮民總醫院、中山醫學大學附設醫院、新光吳火獅紀念醫院、台北榮民總醫院等鼎力協助資料之蒐集，特表謝忱。

3. 執行方法與進度說明

3.1 執行方法

1. 採用之方法與原因

- (1) 針對國內各大醫療院所，因使用非密封放射性物質從事診斷、治療等作業流程所產生固體放射性廢棄物(如針管、試劑瓶、試管、器皿、吸管、外科手套、吸附紙、注射後病患止血之棉球、打針軟管、尿片等)，其形態、種類、材質及所含放射性核種等，進行資料調查、蒐集及統計分析，期能使評估層面更為廣泛且具代表性。
- (2) 蒐集國內各大醫療院所操作非密封放射性物質所產生之固體放射性廢棄物，其分類原則、收集方式、貯存及處理狀況，並瞭解內含放射性核種之活度衰減狀況及衰減到一定活度或比活度以下之處理方法，可作為表面劑量率評估及改進處理方式之參考依據。
- (3) 蒐集醫療院所之加速器經運轉使用所產生固體放射性廢棄物(如照射靶等)所含之核種。
- (4) 評估各大醫療院所固體放射性廢棄物包裝(袋)，其內容物符合廢棄物管理辦法之活度或比活度規定限值以下時之表面劑量率。
- (5) 評估醫療院所之加速器經運轉使用所產生固體放射性廢棄物，其符合廢棄物管理辦法之活度或比活度規定限值以下時之表面劑量率。

- (6) 評估以度量包裝表面輻射劑量率取代核種比活度分析，當作一般醫療廢棄物分類外釋之可行性。
- (7) 針對醫療院所操作含純貝他核種所產生之廢棄物，探討其當作一般醫療廢棄物外釋之可行性作法。
- (8) 進行醫療院所放射性醫療廢棄物外釋評估、檢查項目、方法及其相關作業研究，並提出建議。

2. 遭遇之困難及解決途徑

各醫療院所對於固體放射性廢棄物之收集貯存、包裝形式、體積大小，以及當作一般醫療廢棄物外釋之處理方式均有所不同，會增加評估計算之不確定度。

3. 重要儀器之配合使用情形

- (1) 低背景輻射污染偵檢儀器。
- (2) 低背景輻射強度偵測儀器。
- (3) 低背景輻射污染計數儀器。
- (4) 評估計算程式：

「點核仁積分法、組合幾何(CG)及幾何級進(GP)增建因數加馬屏蔽分析程式 QADCG/INER-3」。

3.2 進度說明

工作項目	年 月												備註	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1.蒐集相關資料											■			
2.導則建立與實務應用評估											■			
3.檢查程序書之研究											■			
4.期末報告												■		
工作進度估計百分比(累積數)	%	%	%	%	%	%	%	%	%	40%	80%	100%		
預定查核點	第四季：完成檢查程序及成果報告													
說明：1.工作項目請視計畫性質及需要自行訂定。預定進度以粗線表示其起迄日期。 2.「工作進度百分比」欄係為配合管考作業所需，累積百分比請視工作性質就以下因素擇一估計訂定：(1)工作天數，(2)經費之分配，(3)工作量之比重，(4)擬達成目標之具體數字。 3.每季之「預定查核點」，請在條形圖上標明※符號，並在「預定查核點」欄具體註明關鍵性工作要項。														

3.3 執行情形

- 94.10.19~94.10.21 赴南部地區之高雄長庚醫院、阮綜合醫院、成大醫院、奇美醫學中心永康院區、奇美醫學中心柳營院區等醫療院所之核子醫學部門，以及阮綜合醫院、義大醫院正子中心蒐集相關資料。
- 94.10.27~94.10.28 赴中部地區之台中榮民總醫院、中山醫學大學附設醫院等醫療院所之核子醫學部門，以及中山醫學大學附設醫院正子中心蒐集相關資料。

3. 94.11.01～ 以電話詢問方式針對北部地區之新光吳火獅紀念醫院、台北榮民總醫院等醫療院所之核子醫學部門蒐集相關資料。

4. 評估結果說明

4.1 評估原則說明

醫療廢棄物外釋評估計畫為評估國內各大醫療院所，因使用非密封放射性物質從事診斷、治療等作業流程所產生固體放射性廢棄物(如針管、試劑瓶、試管、器皿、吸管、外科手套、吸附紙、注射後病患止血之棉球、打針軟管、尿片等)，其形態、種類、材質及所含放射性核種等其分類原則、收集方式、貯存及處理狀況，並瞭解內含放射性核種之活度衰減狀況及衰減到一定活度或比活度以下之處理方法，並評估探討以度量包裝表面輻射劑量率取代核種比活度分析之可行性，進而研擬相關作業參考程序建議與簡易計算評估推導方法。

本計畫作業因時程緊迫，無法對國內各大醫療院所執行核醫診療等作業相關單位進行全面性的資料蒐集與實地訪問，故採取選擇中、南部中大型醫院，包括高雄長庚醫院、阮綜合醫院、成大醫院、奇美醫學中心永康院區、奇美醫學中心柳營院區、台中榮民總醫院、中山醫學大學附設醫院等七所醫療院所之核子醫學部門進行實地訪查，北部地區則參考台灣大學附設醫院、台北榮民總醫院、新光醫院等三所醫學中心之核醫科提供之非密封放射性物質作業場所評估報告，並佐以電話詢問新光吳火獅紀念醫院、台北榮民總醫院，以瞭解其醫療放射性廢棄物處理情形。

另實地訪問蒐集醫療院所之正子加速器經運轉使用所產生固體放射性廢棄物，計有阮綜合醫院正子中心、義大醫院正子中心、中山醫學大學附設醫院正子中心共三個單位。

4.2 申請核醫藥物之核種及持有量

1. 國內各核醫科申請持有核醫藥物之核種及持有量如表 1，經常使用非密封放射性物質之核種、活度與特性如表 2。蒐集各醫院申請持有核醫藥物詳如附件一。

表 1 申請核醫藥物之核種及持有量

核種	持有活度(GBq)	核種	持有活度(GBq)	核種	持有活度(GBq)
^{99m}Tc	37~444	^{82}Rb	14.8	^{14}C	0.185~7.4
^{67}Ga	1.11~5.55	^{90}Sr	18.5	^{11}C	11.1~74
^{131}I	3.33~44.4	^{111}In	0.185~3.7	^{15}O	18.5
^{57}Co	0.037~0.74	^{123}I	0.925~18.5	^{68}Ga	3.7~7.4
^{45}Ca	0.074~0.555	^{188}Re	3.7~37	^{58}Co	0.037~
^3H	0.111~0.555	^{113m}In	1.85~3.7	^{86}Rb	0.037~0.074
^{35}S	0.111~0.74	^{201}Tl	1.11~18.5	^{90}Y	0.37~3.7
^{13}N	14.8~18.5	^{51}Cr	0.074~0.555	^{198}Au	3.7
^{18}F	5.55~18.5	^{125}I	0.074~0.925	^{186}Re	3.7~7.4
^{47}Ca	0.37	^{75}Se	0.333	^{89}Sr	0.74~2.96
^{59}Fe	0.037~0.185	^{32}P	0.111~3.7	^{33}P	0.111~0.37
^{36}Cl	0.37	^{54}Mn	0.37	^{123}I	3.7
^{133}Xe	5.18~3.7	^{133}Ba	0.037	^{153}Sm	0.37~7.4
^{64}Cu	7.4	^{62}Cu	7.4	^{67}Cu	3.7
^{22}Na	0.111	^{212}At	3.7	^{188}W	7.4

表 2 經常使用非密封放射性物質之核種、活度與特性

使用情形	核種	最大使用活度(Bq)	半化期	衰變形式	放射加馬、貝他能量 (MeV)	型態
經常使用	⁶⁷ Ga	1.48×10 ⁸ (4mCi)	3.261 天	EC	γ:0.0933 (37 %) γ : 0.185 (20 %) γ : 0.300 (17 %) γ : 0.394 (4.6 %)	液態
	⁸⁹ Sr	1.48×10 ⁸ (4mCi)	50.5 天	β ⁻ , No γ	β : 1.49 (100 %)	液態
	^{99m} Tc	11.1×10 ⁸ (30mCi)	6.01 小時	IT β ⁻	γ : 0.141 (89 %)	液態
	¹¹¹ In	1.85×10 ⁷ (0.5mCi)	2.83 天	EC	γ : 0.171 (90 %) γ : 0.245 (94 %)	液態
	¹²⁵ I	1.4×10 ⁵ (0.0038 mCi)	60.1 天	EC	γ : 0.0272(39.2%) γ : 0.0275(73.2%) γ : 0.0312(25.4%) γ : 0.0355(0.7%)	液態
	¹³¹ I	11.1×10 ⁸ (30mCi)	8.04 天	β ⁻	γ : 0.082 (2.6 %) γ : 0.284 (6.1 %) γ : 0.364 (81 %) γ : 0.637 (7.3 %) γ : 0.723 (1.8 %)	錠劑
	²⁰¹ Tl	1.11×10 ⁸ (3mCi)	72.91 小時	EC	γ : 0.306 (0.27 %) γ : 0.322 (0.28 %) γ : 0.135 (2.8 %) γ : 0.167 (11 %)	液態
	¹⁸ F	37×10 ⁷ (10mCi)	109.8 分	β ⁺	γ : 0.511 (97 %)	液態
較少使用	¹⁴ C	0.74×10 ⁶ (0.02mCi)	5730 年	β ⁻ , No γ	β : 0.156(100%)	膠囊
	³² P	7.4×10 ⁷ (2mCi)	14.28 天	β ⁻ , No γ	β : 1.71(100%)	液態
	³⁵ S	4.44×10 ⁶ (1.2mCi)	87.4 天	β ⁻ , No γ	β : 0.167(100%)	液態
	⁵¹ Cr	3.7×10 ⁶ (0.1mCi)	27.704 天	EC	γ : 0.32(10%)	液態
	¹¹ C	74×10 ⁷ (20mCi)	20.39 分	β ⁺	γ : 0.511(100 %)	液態

備註：其餘表 1 所列申請之非密封放射性物質甚少使用或未使用。

2. 正子中心加速器運轉產生放射性物質

靶體材質：99.9% Ag (活化物)

靶體材質： H_2^{18}O (98% enrichment)

反應式： $^{18}\text{O}(\text{p},\text{n})^{18}\text{F}$

4.3 國內醫療院所產生固體放射性廢棄物

針對國內各大醫療院所，因使用非密封放射性物質從事診斷、治療等作業流程所產生固體放射性廢棄物(如針管、試劑瓶、試管、器皿、吸管、外科手套、吸附紙、注射後病患止血之棉球、打針軟管、尿片等)，其形態、種類、材質及所含放射性核種等，以及所產生之固體放射性廢棄物，其分類原則、收集方式、貯存及處理狀況情形，進行資料蒐集及統計分析結果。

1. 收集方式與分類原則

各醫療院所產生固體放射性廢棄物其收集方式與分類原則如圖 1 所示。

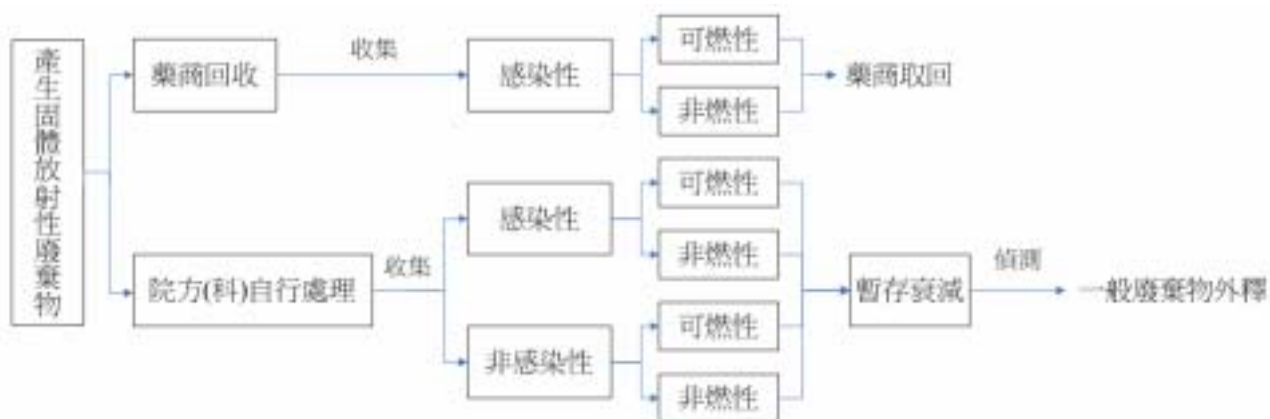


圖 1 固體放射性廢棄物收集方式與流程

通常固體放射性廢棄物的產生，其收集採藥商回收(屬 Unit-Dose 針劑)與院方自行處理(核醫科、醫研部、RIA 放射免疫分析、PET 正子掃瞄)二種收集方式，再經以分類感染性與非感染性及依材質分類為可燃性和非

可燃性分別收集暫存衰減，經偵測合格後以一般醫療廢棄物外釋，由特定廠商或院方自行焚化處理。放射性廢棄物核種收集情形可參考表 3 院方自行處理收集、表 4 藥商回收處理收集。

表 3 院方自行處理收集

醫院	單一核種收集 ⁽¹⁾									多核種集中收集				依半化期長短分類			
	¹²⁵ I	¹³¹ I	^{99m} Tc	⁵¹ Cr	¹⁸ F	³² P	³⁵ S	³ H	²⁰¹ Tl					更短	短	中	長
A 醫院	*		*		*											⁶⁷ Ga ²⁰¹ Tl	
B 醫院 ⁽²⁾	*	*		*						^{99m} Tc	⁶⁷ Ga	²⁰¹ Tl					
C 醫院																	
D 醫院 ⁽³⁾	*									^{99m} Tc	⁶⁷ Ga	²⁰¹ Tl	¹³¹ I			³² P	³⁵ S
E 醫院 ⁽⁴⁾										^{99m} Tc	⁶⁷ Ga	²⁰¹ Tl	¹³¹ I				
F 醫院 ⁽⁵⁾					*	*	*	*		^{99m} Tc	⁶⁷ Ga	²⁰¹ Tl			^{99m} Tc	⁶⁷ Ga ²⁰¹ Tl	
G 醫院	*				*					^{99m} Tc	⁶⁷ Ga	²⁰¹ Tl			^{99m} Tc	⁶⁷ Ga ²⁰¹ Tl	
H 醫院 ⁽⁶⁾	*	*	*						*	^{99m} Tc	⁶⁷ Ga	²⁰¹ Tl					

說明：

1. 單一核種收集屬針頭、針筒、vial、雜物等之收集。
2. B 醫院多核種集中收集放射性廢料屬點滴管、吸附紙、擦手紙、薄塑膠帶、棉球、尿布片、紗布等雜物。
3. D 醫院多核種集中收集放射性廢料屬點滴管、吸附紙、擦手紙、薄塑膠帶、棉球、尿布片、紗布等雜物。
4. E 醫院多核種集中收集放射性廢料屬點滴管、吸附紙、擦手紙、薄塑膠帶、棉球、尿布片、紗布等雜物。
5. F 醫院依半化期長短分類收集放射性廢料屬 vial，集中收集放射性廢料屬點滴管、吸附紙、擦手紙、薄塑膠帶、棉球、尿布片、紗布等雜物。
6. H 醫院單一核種收集屬 vial 放射性廢料，集中收集放射性廢料屬點滴管、吸附紙、、尿布片、紗布等雜物及針頭、針筒。

表 4 藥商回收處理收集

醫院	單一核種收集					多核種集中收集					依半化期長短分類			
	⁹⁹ Mo	¹³¹ I	^{99m} Tc	⁵¹ Cr	¹⁸ F						更短	短	中	長
A 醫院	*		*			⁶⁷ Ga ²⁰¹ Tl							⁶⁷ Ga ²⁰¹ Tl	
B 醫院	*				*	^{99m} Tc	⁶⁷ Ga	²⁰¹ Tl						
C 醫院						^{99m} Tc	⁶⁷ Ga	²⁰¹ Tl	¹³¹ I	¹²³ I				
D 醫院						^{99m} Tc	⁶⁷ Ga	²⁰¹ Tl	¹³¹ I					
E 醫院			*		*								⁶⁷ Ga ²⁰¹ Tl	
F 醫院	*													
G 醫院														

說明：

藥商回收處理多屬針頭、針筒、⁹⁹Mo 孳生器。

2. 產生固體放射性廢棄物種類與材質

產生固體放射性廢棄物種類可分為針管、試劑瓶、試管、器皿、吸管、外科手套、吸附紙、注射後病患止血之棉球、打針軟管、尿片等；材質可分為塑膠類、玻璃類、橡膠類、金屬類、紙類、其他等。

詳細分類情形如表 5

表 5 產生固體放射性廢棄物種類及材質

作業 \ 材質	非燃性				可燃性		
	塑膠類	玻璃類	橡膠類	金屬類	紙類	塑膠類	其他
注射掃描	注射筒 點滴管 試劑瓶(vial)	試劑瓶	外科手套	針頭	吸附紙 擦手紙	薄塑膠帶	棉球 尿布片 紗布
RIA	試劑瓶(vial) 試管器皿(kit) 吸筆頭	試劑瓶 (vial)	外科手套		吸附紙 擦手紙	薄塑膠帶	棉球
製劑室 (熱核室)	試劑瓶(vial)	試劑瓶 (vial)	外科手套		吸附紙 擦手紙		
正子掃描	注射筒 點滴管	試劑瓶 (vial)	外科手套	針頭	吸附紙 擦手紙		棉球 尿布片
正子 加速器	試劑瓶(vial) 試管器皿(kit) 吸筆頭	試劑瓶 (vial)	外科手套	靶	吸附紙 擦手紙		

3. 外釋處理標準與方式

經統計，目前國內各醫院有關非密封放射性物質使用產生固體放射性廢棄物，經收集貯存衰減後以一般醫療廢棄物外釋處理，其採用標準方式概分為：

(1) 低於小產源管制比活度

以每包裝袋內之收集物，自截止收集日止計算包裝內核種比活度，低於小產源管制比活度值。

(2) 低於豁免管制活度濃度

以特定塑膠袋(感染或非感染)收集包裝滿袋，自截止收集日起，經貯存衰減計算至各核種之低於豁免管制活度濃度，且經偵測表面為背景值。

(3) 依各核種半化期

以特定塑膠袋(感染或非感染)收集包裝滿袋，自截止收集日起，經貯存衰減以收集核種計算 5~10 半化期，且經偵測表面為背景值。

(4) 以長期衰減

以特定塑膠袋(感染或非感染)收集包裝滿袋，自截止收集日起，經長時間貯存衰減(1~2 年以上)，且經偵測表面為背景值。

(5) 由專業單位處理

如 ^3H 、 ^{14}C 等極長半化期之核種(半化期大於 100 天)經收集後委由專業單位(如核研所)處理。

各醫院使用情形如表 6 所示。

表 6 各醫院以一般醫療廢棄物外釋處理採用方式

醫院	低於小產源 管制比活度	低於豁免管 制活度濃度	依各核種 半化期	長期衰減	外釋處理方式	
					特定廠商	焚化
A		依各核種	10 半化期		*	
B			10 半化期		*	
C			10 半化期		*	
D		依各核種			*	
E		依各核種			*	
F	依各核種				*	
G			5-10 半化期		*	
H				偵測背景	*	

4.4 國內醫療院所量測使用之直讀式輻射偵測器

國內各醫療院所量測使用之直讀式輻射偵測儀器，廠牌種類、型號眾多，其偵測頭、偵測能量適用範圍、反應時間、能量依持性等特性均各有所不同；以訪視中南部之各醫院為例，其廠牌型號各不同，均為蓋格偵測頭(GM Tube)且由合格校驗單位校正合格，經以核研所校驗合格使用之塑膠閃爍低能量輻射偵測器(ATOMTE/AT-1121)與蓋格輻射偵測儀器量測比較結果如表 7、表 8。

表 7 正子中心(加速器)廢料量測結果

醫院單位	儀器廠牌	型號	序號	偵測位置	偵測結果($\mu\text{Sv/h}$)
A	FAG	FH40GL	016935	靶頭表面	5120
INER	ATOMTE	AT-1121	4297		6950
I	SE	inspcclor	11114	靶頭貯槽表面	4.3
INER	ATOMTE	AT-1121	4297		6.16
G	LUDLUM	3	153974	靶頭貯槽表面	180
INER	ATOMTE	AT-1121	4297		184
INER	Automess	AD-4	85576		220

表 8 各核醫科廢料量測結果

醫院單位	儀器廠牌	型號	序號	偵測位置	偵測結果 ($\mu\text{Sv/h}$)	備註
A	FAG	FH40F2	8253	廢料包	0.65	
INER	ATOMTE	AT-1121	4297	表面	0.72	
B	Victoreen	190-SI	107722	vial 廢料	3.6	
INER	ATOMTE	AT-1121	4297	包表面	4.8	
C	LUDLUM	14C	57414	vial 廢料	40	
INER	ATOMTE	AT-1121	4297	包表面	40	
D	CYPHER5000	5000	501590	廢料桶	2.37	
INER	ATOMTE	AT-1121	4297	表面	1.14	
E	SE	inspecclor	38483	廢針頭	0.79	
INER	ATOMTE	AT-1121	4297	罐口	0.81	
F	Victoreen	498	727M	廢料鉛	6.7	
INER	ATOMTE	AT-1121	4297	箱口	8.5	
INER	Automess	AD-4	85576		6.8	
F	Victoreen	498	727M	vial 廢料	0.1	醫研部
INER	ATOMTE	AT-1121	4297	包表面	0.08	
INER	Automess	AD-4	85576	(β 核種)	0.12	
G	LUDLUM	3	153974	廢料鉛	56	
INER	ATOMTE	AT-1121	4297	箱口	51	
INER	Automess	AD-4	85576		52	

4.5 固體放射性廢棄物包裝袋符合外釋比活度之表面劑量率評估

1. 醫療院所固體放射性廢棄物分類

(1) 塑膠 (塑膠瓶、試管、針筒等)。

(2) 紙類、纖維類(尿布、紗布、吸附紙等)。

2. 包裝袋內之廢棄物的幾何形狀、物理性質及元素組成：

程式計算需包裝袋內之廢棄物的幾何形狀、物理性質及元素組成，此二類之幾何形狀、廢棄物物理性質及元素組成：

(1) 包裝袋內之廢棄物所含核種及其輻射性質如表 9

表 9 包裝袋內之廢棄物所含核種及其輻射性質

核種	半化期	衰變形式	放射加馬、貝他能量 (MeV)
^{18}F	109.8 m	β^+	γ :0.511(194%)
^{67}Ga	3.261 天	EC	γ :0.0933(37%) γ :0.185(20%) γ :0.300(17%) γ :0.394(4.6%)
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	6.01 小時	IT, β^-	γ :0.141(89%)
^{125}I	60.1 d	EC	γ :0.0272(39.2%) γ : 0.0275(73.2%) γ :0.031(25.4%) γ :0.0355(6.7%)
^{131}I	8.04 天	β^-	γ :0.0802(2.6%) γ :0.284(6.1%) γ :0.364(81%) γ :0.637(7.3%) γ :0.723(1.8%)
^{201}Tl	72.91 小時	EC	γ :0.0306(0.27%) γ :0.0322(0.28%) γ :0.135(2.8%) γ :0.167(11%)

(2) 幾何形狀

以之 1、30、60 公升塑膠袋盛裝滿醫療院所固體放射性廢棄物 (1 公升塑膠袋指容量 1 公升以上盛裝 1 公升之放射性廢棄物)，塑膠袋內包容物以球型幾何評估劑量率最為保守，模擬之球型的半徑分別為，

$$\begin{aligned} \text{(a). } 1 \text{ 公升塑膠袋之半徑} &= (1 \times 10^3 \text{ cm}^3 / (4/3\pi))^{1/3} \\ &= 6.20 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(b). } 30 \text{ 公升塑膠袋之半徑} &= (30 \times 10^3 \text{ cm}^3 / (4/3\pi))^{1/3} \\ &= 19.3 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(c). } 60 \text{ 公升之半徑} &= (60 \times 10^3 \text{ cm}^3 / (4/3\pi))^{1/3} \\ &= 24.3 \text{ cm} \end{aligned}$$

(3) 塑膠袋內包容物密度

(a). 塑膠(塑膠瓶、試管等)

塑膠瓶: $2.5 \text{ kg}/11781 \text{ cm}^3$ ，密度 = 0.212 g/cm^3

試管: $1.7 \text{ kg}/15840 \text{ cm}^3$ ，密度 = 0.107 g/cm^3

針筒: $0.4 \text{ kg}/1413 \text{ cm}^3$ ，密度 = 0.283 g/cm^3

(b). 紙類、纖維類(尿布、紗布、吸附紙)假設均為紙類。

密度 = $30 \text{ g}/200 \text{ cm}^3 = 0.15 \text{ g/cm}^3$

註：以上數據均採用 A 醫院核醫科之統計數據。

(4) 塑膠袋內包容物密度之元素組成

塑膠為聚乙烯組成，其基本化學式為 CH_2 ；紙類基本化學式則由美國報紙化學式之平均組成得到，為 $\text{C}_8\text{H}_{9.64}\text{O}_{3.75}$ 。程式計算所需之塑膠袋內包裝容物之元素原子密度如表 10。

表 10 塑膠袋內包裝容物之元素原子密度(g/cm³)

元素	H	C	O
塑膠瓶	0.053	0.159	0.
試管	0.0268	0.0803	0.
針筒	0.0708	0.212	0.
紙類	0.0165	0.0822	0.0513

(5) 廢棄物的核種、活度濃度及總活度

- (a) 塑膠瓶、試管僅有 ¹²⁵I 核種，則其活度濃度(活度濃度採用「一定活度或比活度以下放射性廢棄物管理辦法」之附表「一定活度或比活度以下放射性廢棄物之限值」中「每年外釋一公噸以下之廢棄物比活度限值」欄所列)及總活度如表 11。

表 11 推估塑膠瓶、試管廢棄物 ¹²⁵I 核種、活度濃度及總活度

包容物種類	活度濃度(Bq/g)	1 公升袋之總活度(MBq)	30 公升袋之總活度(MBq)	60 公升袋之總活度(MBq)
塑膠瓶	10 ³	0.212	6.36	12.72
試管	10 ³	0.107	3.21	6.42

總活度=活度濃度×密度×廢料袋體積

1 公升袋之塑膠瓶總活度 = 10³Bq/g×0.212g/cm³×1×10³cm³=0.212 MBq

30 公升袋之塑膠瓶總活度 = 10³Bq/g×0.212g/cm³×30×10³cm³=6.36 MBq

60 公升袋之塑膠瓶總活度 = 10³Bq/g×0.212g/cm³×60×10³cm³=12.72 MBq

1 公升袋之試管總活度 = $10^3 \text{Bq/g} \times 0.107 \text{g/cm}^3 \times 1 \times 10^3 \text{cm}^3 = 0.107 \text{ MBq}$

30 公升袋之試管總活度 = $10^3 \text{Bq/g} \times 0.107 \text{g/cm}^3 \times 60 \times 10^3 \text{cm}^3 = 3.21 \text{ MBq}$

60 公升袋之試管總活度 = $10^3 \text{Bq/g} \times 0.107 \text{g/cm}^3 \times 60 \times 10^3 \text{cm}^3 = 6.42 \text{ MBq}$

(b) 針筒廢棄物含有除 ^{125}I 外之其他表列核種，其各核種之活度如表 12。

表 12 針筒廢棄物各核種之活度

核種	活度濃度 (Bq/g)*	1 公升袋 總活度(MBq)	30 公升袋 總活度(MBq)	60 公升袋 總活度(MBq)
^{18}F	1.E+1	2.83E-3	0.0849	0.170 ⁺
^{67}Ga	1E+2	2.83E-2	0.849	1.70
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	1E+2	2.83E-2	0.849 ⁻	1.70
^{131}I	1E+2	2.83E-2	0.849	1.70
^{201}Tl	1E+2	2.83E-2	0.849	1.70

說明：除 ^{67}Ga 以外之核種，其他核種的活度濃度均採用「一定活度或比活度以下放射性廢棄物管理辦法」之附表「一定活度或比活度以下放射性廢棄物之限值」中「每年外釋一公噸以下之廢棄物比活度限值」欄所列的，至於 ^{67}Ga 的則採用豁免管制活度濃度總活度之計算

*1 公升袋

$$^{18}\text{F} \text{ 總活度} = 1.E+1 \times 0.283 \times 1 \times 10^3 = 2.83E-3 \text{ MBq}$$

Ga-67($^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{131}I 、 ^{201}Tl)總活度

$$= 1.E+2 \times 0.283 \times 1 \times 10^3 = 0.0283 \text{ MBq}$$

*30 公升袋

$$^{18}\text{F} \text{ 總活度} = 1.E+1 \times 0.283 \times 30 \times 10^3 = 8.49E-2 \text{ MBq}$$

$${}^{67}\text{Ga} ({}^{99\text{m}}\text{Tc}、{}^{131}\text{I}、{}^{201}\text{Tl})\text{總活度}$$

$$= 1.E+2 \times 0.283 \times 30 \times 10^3 = 0.849 \text{ MBq}$$

* 60 公升袋

$${}^{18}\text{F} \text{ 總活度} = 1.E+1 \times 0.283 \times 60 \times 10^3 = 1.70 \text{ MBq}$$

$${}^{67}\text{Ga} ({}^{99\text{m}}\text{Tc}、{}^{131}\text{I}、{}^{201}\text{Tl})\text{總活度}$$

$$= 1.E+2 \times 0.283 \times 60 \times 10^3 = 17.0 \text{ MBq}$$

(c) 紙類、纖維類廢棄物含有除 ${}^{125}\text{I}$ 外之其他表列核種，其各核種之活度如表 13。

表 13 紙類、纖維類廢棄物各核種之活度

核種	活度濃度 (Bq/g)*	1 公升袋 總活度(MBq)	30 公升袋 總活度(MBq)	60 公升袋 總活度(MBq)
${}^{18}\text{F}$	1.E+1	1.5E-3	0.045	0.09 ⁺
${}^{67}\text{Ga}$	1E+2	1.5E-2	0.45	0.90
${}^{99\text{m}}\text{Tc}$	1E+2	1.5E-2	0.45	0.90
${}^{131}\text{I}$	1E+2	1.5E-2	0.45	0.90
${}^{201}\text{Tl}$	1E+2	1.5E-2	0.45	0.90

說明：除 ${}^{67}\text{Ga}$ 以外之核種，其他核種的活度濃度均採用「一定活度或比活度以下放射性廢棄物管理辦法」之附表「一定活度或比活度以下放射性廢棄物之限值」中「每年外釋一公噸以下之廢棄物比活度限值」欄所列的，至於 ${}^{67}\text{Ga}$ 的則採用豁免管制活度濃度

總活度之計算

(a) 1 公升袋

$${}^{18}\text{F} \text{ 總活度} = 1.E+1 \times 0.15 \times 1 \times 10^3 = 1.5E-3 \text{ MBq}$$

$${}^{67}\text{Ga} ({}^{99\text{m}}\text{Tc}、{}^{131}\text{I}、{}^{201}\text{Tl})\text{總活度}$$

$$= 1.E+2 \times 0.15 \times 1 \times 10^3 = 1.5E-2 \text{ MBq}$$

(b) 30 公升袋

$$^{18}\text{F} \text{ 總活度} = 1.E+1 \times 0.15 \times 30 \times 10^3 = 4.5E-2 \text{ MBq}$$

$$^{67}\text{Ga} (^{99\text{m}}\text{Tc}、^{131}\text{I}、^{201}\text{Tl}) \text{ 總活度}$$

$$= 1.E+2 \times 0.15 \times 30 \times 10^3 = 0.45 \text{ MBq}$$

(c) 60 公升袋

$$^{18}\text{F} \text{ 總活度} = 1.E+1 \times 0.15 \times 60 \times 10^3 = 0.09 \text{ MBq}$$

$$^{67}\text{Ga} (^{99\text{m}}\text{Tc}、^{131}\text{I}、^{201}\text{Tl}) \text{ 總活度}$$

$$= 1.E+2 \times 0.15 \times 60 \times 10^3 = 0.9 \text{ MBq}$$

3. 放射性廢棄物包裝袋之表面劑量率的計算

依上述之資料，對於二大類廢棄物包裝袋之表面劑量率進行計算，其計算結果如下。

(1) 塑膠類

(a) 塑膠瓶、試管

計算程式輸入檔及結果，見附件二、三，其結果並整理如表 14：

表 14 塑膠瓶、試管推估計算結果

廢棄物包裝袋之內容物	核種	1 公升袋表面劑量率($\mu\text{Sv/h}$)	30 公升袋表面劑量率($\mu\text{Sv/h}$)	60 公升袋表面劑量率($\mu\text{Sv/h}$)
塑膠瓶	^{125}I	2.405E+00	9.538E+00	1.177E+01
試管	^{125}I	1.155E+00	5.085E+00	6.614E+00

(b) 針筒廢棄物包裝袋

計算程式輸入檔及結果，見附件四、五、六，其結果並整理如表 15：

表 15 針筒廢棄物推估計算結果

核種	1 公升袋表面劑量率(μSv/h)	30 公升袋表面劑量率(μSv/h)	60 公升袋表面劑量率(μSv/h)
¹⁸ F	1.085E-01	4.485E-01	5.824E-01
⁶⁷ Ga	1.535E-01	7.422E-01	9.969E-01
^{99m} Tc	1.305E-01	6.744E-01	9.201E-01
¹³¹ I	4.066E-01	1.730E+00	2.263E+00
²⁰¹ Tl	2.406E-02	1.187E-01	1.604E-01

(2) 紙類、纖維類廢棄物包裝袋

計算程式輸入檔及結果，見附件七、八、九，其結果並整理如表 16。

表 16 紙類、纖維類廢棄物包裝袋推估計算結果

核種	1 公升袋表面劑量率(μSv/h)	30 公升袋表面劑量率(μSv/h)	60 公升袋表面劑量率(μSv/h)
¹⁸ F	5.747E-02	2.372E-01	3.099E-01
⁶⁷ Ga	7.571E-02	3.353E-01	4.494E-01
^{99m} Tc	6.256E-02	2.850E-01	3.860E-01
¹³¹ I	2.134E-01	8.889E-01	1.166E+00
²⁰¹ Tl	1.177E-02	5.257E-02	7.068E-02

5. 檢討

1. 各醫療院所核醫部門產生放射性廢料之收集方式、流程大致相同，外釋分為藥商回收與院方自行處理，而院方自行處理採委特定廠商處理或自行焚化處理。
2. 各醫療院所目前對放射性廢料經收集貯存衰減後以一般醫療廢棄物外釋處理，其採用標準(基準)方式不同，需以規定統一(如每年外釋一公噸以下之廢棄物比活度限值)。
3. 目前各醫院大部份採取以衰減 10 個半化期為一般醫療廢棄物外釋處理基準，但自截止收集包裝後，包裝內容物核種、活度的分佈均勻與否、劑量高低，以及包裝體積大小等均會影響需衰減至背景值的趨勢。另如 ^{201}Tl 、 ^{67}Ga 等屬中半化期核種收集仍常於貯存衰減到 10 半化期後，依不同使用量仍有可能偵測結果尚未達背景值。
4. 更長半化期核種如 ^3H 、 ^{14}C 等 β 核種目前各醫院使用量低，收集廢棄物量少，採取委由專業單位處理。
5. 醫院每年總產生放射性廢料經收集貯存衰減後以一般醫療廢棄物外釋處理，少部分醫院將可能超過每年外釋一公噸以上。
6. 偵測器之量測其準確性與穩定度尚能符合外釋直接偵測背景值量測使用；惟需以考慮儀器之最低可測值小於 $0.1\ \mu\text{Sv/h}$ ，及儀器之可偵測能量範圍，尤其使用 I-125 量測需以考量低能量偵測範圍之偵測器（小於 10 keV）。
7. 未使用完即予廢棄之核醫藥物，應另以包裝收集靜置衰減，不可與空針筒、空 vial 一起混雜收集貯存。另廢料袋收集包裝體積大小均會影響外釋劑量率的量測。

6. 結論與建議

6.1 建議

1. 放射性廢棄物經收集貯存衰減後以一般醫療廢棄物外釋處理，目前各醫療院所採用外釋比活度限值標準(基準)、計算方式均未能一致。建議每年之醫療廢棄物外釋比活度基準限值需以一致規定。
2. 放射性廢棄物核種收集方式各醫療院所應建一貫化的基礎(如可採更短、短、中、長半化期核種收集)。
3. 各醫療院所應建立物料材質、核種等分類收集程序步驟。
4. 各醫療院所應建立以一般醫療廢棄物外釋偵測程序步驟。
5. 偵測程序步驟與注意事項：

(1) 放射性廢棄物收集

最長收集時間以一週為主。但於未達一週，收集箱內廢棄物經已裝滿，即以完成包裝貯存靜置。廢棄物包裝外表應註明收集時間起始與截止日期，以及收集核種，並貼有輻射警告標示。

(2) 重量測量

以秤重計量測包裝後的體積重量。

(3) 劑量率測量

選擇使用適當及經合格校正之輻射偵測器量測。測定時間需依使用之儀器反應穩定時間而定，量測開始讀取數據，待儀器指標穩定時讀取數據。進行下一個偵測點量測時，需注意儀器顯示劑量穩定反應。

(4) 測量場所

需選擇低背景輻射之場所測量，避免較高輻射劑量影響偵測結

果。另使用儀器時，需先行於空曠無輻射地區量測輻射背景值。

(5) 測量位置與標定

每一廢料於收集包裝滿袋，自截止收集日起，包裝袋上、下、周圍劑量率量測(至少偵測 6 點)，並記錄標定量測最高劑量率位置，以及推算預估廢料包之總活度及重量比活度。

(6) 分析計算公式

使用偵測器判定達到背景值的計數率界限，依據測定收集包裝滿袋偵測表面(1cm)劑量率數據使用簡便計算法推算出包裝滿袋放射性總活度，再以包裝滿袋重量計算重量比活度並以推算輻射線強度衰減至儀器量測結果背景值時所需時程。

以包裝表面(1cm)所測量到輻射劑量率換算放射性總活度 (Bq)，利用下列計算式計算，除以包裝體體積求取放射性總活度。若摻入兩種核種時，使用持有最長半化期核種為參數計算。

$$\text{放射性總活度(Bq)} = \text{表面劑量率} \times d^2 \times 10^6 / \Gamma$$

表面劑量率： $\mu\text{Sv} / \text{h}$

d ：0.1m (包裝體表面半徑)

Γ ：1cm 劑量當量率參數 ($\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / \text{M Bq} \cdot \text{h}$)

各廢棄物之半化期與包裝體體積或初始量測劑量率之關連性，亦即包裝體體積或初始量測劑量率之高低，有可能延長背景值達到時間之因素。

(7) 定期偵測

需以貯存較長時間之包裝廢料應以定期偵測並記錄。

(8) 外釋

到達計算貯存時間，偵測包裝物標定最高劑量率位置，表面劑量率淨讀值(不含輻射背景值)達依各核種推估一定比活度包裝外表

輻射劑量率(如表 15、16 表面輻射劑量率) ,即符合一般醫療廢棄物外釋排放基準,如包裝摻入兩種以上核種時,使用持有最長半化期核種為參考基準。另尚未到達外釋基值時需以繼續貯存。

背景值:約小於 0.1~0.2 $\mu\text{Sv/h}$ 。

(9) 紀錄保存

依廢棄物管理辦法規定,廢棄物來源及特性、廢棄物之活度或比活度量測及分析方法、廢棄物之外釋方式及場所等作業紀錄,應保存十年備查。

6.2 結論

國內各醫療院所目前對使用非密封放射性物質從事核醫診療,其所產生放射性廢棄物料雖有嚴謹管制措施,但其外釋排放基準各有所不同,主管機關需以活度或比活度規定限值規範之,訂定作業程序規定,採取一致的管制規則,為環境的影響有所助益,並能落實「一定活度或比活度以下放射性廢棄物管理辦法」之施行。

本評估報告進行活度或比活度外釋限值評估推導計算結果以及評估以度量包裝表面輻射劑量率取代核種比活度分析之可行性,研擬收集方式及分類收集方法與程序步驟等建議。依本評估報告建議,各醫療院所以度量包裝表面輻射劑量率取代核種比活度分析誠屬可行,但需佐以嚴謹管制之措施,以避免因疏忽而造成不當之外釋。

7. 參考文獻

1. 「游離輻射防護法」，中華民國九十一年一月三十日華總一義字第 O 九一 000 一九 000 號總統令制定公佈。
2. 「游離輻射防護法施行細則」，中華民國九十一年十二月二十五日會輻字第 O 九一 00 二五 0 七五號令發佈。
3. 「游離輻射防護安全標準」，中華民國九十二年一月三十日會輻字第 O 九二 00 二五 0 七五號令發佈。
4. 「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」，中華民國九十二年一月二十二日會輻字第 O 九二 000 一五 一一號令發佈。
5. Herman Cember ,Introduction to Health Physics ,3rd edition , McGraw-Hill , New York ,1996.
6. 日本保健物理協會，保健物理手冊，1989。
7. “點核仁積分法、組合幾何(CG)及幾何級進(GP)增建因數加馬屏蔽分析程式 QADCG/INER-3 使用作業程序書，”台電/核研所核能發電技術發展專案，核能研究所，中華民國八十七年十一月。

附件一、A 醫院申請使用非密封放射性物質之核種、活度

地區	醫院	使用核種	最大持有活度	最大使用活度 Bq	型態	備註
南部	A 醫院	^{14}C	20 mCi(740 MBq)	0.74×10^6 (0.02mCi)	膠囊	
		^{32}P	100 mCi(3.7 GBq)	7.4×10^7 (2mCi)	液態	
		^{51}Cr	3 mCi(111 MBq)	3.7×10^6 (0.1mCi)	液態	
		^{59}Fe	1 mCi(37 MBq)	1.85×10^6 (0.05mCi)	液態	
		^{67}Ga	30 mCi(1.11 GBq)	1.48×10^8 (4mCi)	液態	
		^{86}Rb	2 mCi(74 MBq)	3.7×10^6 (0.1mCi)	液態	
		^{89}Sr	20 mCi(740 MBq)	1.48×10^8 (4mCi)	液態	
		^{90}Y	10 mCi(370 MBq)	3.7×10^7 (1mCi)	液態	
		$^{99\text{m}}\text{Tc}$	2000 mCi(74 GBq)	11.1×10^8 (30mCi)	液態	
		^{111}In	5 mCi(185 MBq)	1.85×10^7 (0.5mCi)	液態	
		^{123}I	100 mCi(3.7 GBq)	7.4×10^8 (20mCi)	液態	
		^{125}I	10 mCi(370 MBq)	1.4×10^5 (0.0038 mCi)	液態	
		^{131}I	90 mCi(3.33 GBq)	11.1×10^8 (30mCi)	錠劑	
		^{201}Tl	100 mCi(3.7 GBq)	1.11×10^8 (3mCi)	液態	
		^{18}F	300mCi(11.1 GBq)	37×10^7 (10mCi)	液態	
^{11}C	300mCi(11.1 GBq)	74×10^7 (20mCi)	液態			

附件一、B 醫院申請使用非密封放射性物質之核種、活度(續)

地區	醫院	使用核種	最大持有活度	最大使用活度 Bq	型態	備註
南部	B 醫院	^3H	15 mCi(555 MBq)	1.85×10^7 (0.5 mCi)	液態	
		^{14}C	200 mCi(7400 MBq)	1.85×10^7 (0.5mCi)	膠囊	
		^{32}P	20 mCi(740 M Bq)	3.7×10^7 (1mCi)	液態	
		^{33}P	10 mCi(370 M Bq)	1.85×10^7 (0.5 mCi)	液態	
		^{35}S	20 mCi(740 M Bq)	3.7×10^6 (0.1 mCi)	液態	
		^{36}Cl	10 mCi(370 M Bq)	1.85×10^6 (0.05 mCi)	液態	
		^{45}Ca	15 mCi(555 MBq)	1.85×10^6 (0.05 mCi)	液態	
		^{51}Cr	3 mCi(111 MBq)	5.55×10^6 (0.15mCi)	液態	
		^{54}Mn	10 mCi(370 M Bq)	1.85×10^6 (0.05 mCi)	液態	
		^{59}Fe	1 mCi(37 MBq)	3.7×10^5 (0.01mCi)	液態	
		^{67}Ga	100 mCi(3.7 GBq)	2.96×10^8 (8mCi)	液態	
		^{89}Sr	40 mCi(1.48 GBq)	1.85×10^8 (5mCi)	液態	
		$^{99\text{m}}\text{Tc}$	1000 mCi(37 GBq)	11.1×10^8 (30mCi)	液態	
		^{111}In	100 mCi(3.7 GBq)	5.55×10^8 (15mCi)	液態	
		^{123}I	500 mCi(18.5 GBq)	11.1×10^8 (30mCi)	液態	
		^{124}I	100 mCi(3.7 GBq)	1.85×10^8 (5mCi)	液態	
		^{125}I	2 mCi(74 MBq)	3.7×10^5 (0.01 mCi)	液態	
		^{131}I	450 mCi(16.65 GBq)	55.5×10^8 (150mCi)	液態	
		^{133}Xe	100 mCi(3.7 GBq)		液態	
		^{133}Ba	1 mCi(37 MBq)	37×10^6 (1mCi)	液態	
		^{153}Sm	200 mCi(7400 MBq)	7.4×10^8 (20mCi)	液態	
		^{186}Re	200 mCi(7400 MBq)	1.30×10^9 (35mCi)	液態	
		^{188}Re	1000 mCi(37 GBq)	37×10^9 (1000mCi)	液態	
^{201}Tl	250mCi(9.25 GBq)	1.85×10^8 (5mCi)	液態			
^{11}C	500mCi(18.5 GBq)	74×10^7 (20mCi)	液液			
^{13}N	500mCi(18.5 GBq)		液態			
^{15}O	500mCi(18.5 GBq)		液態			
^{18}F	300mCi(11.1 GBq)	37×10^7 (10mCi)	液態			

附件一、C 醫院 申請使用非密封放射性物質之核種、活度(續)

地區	醫院	使用核種	最大持有活度	最大使用活度 Bq	型態	備註
南部	C 醫院	^{51}Cr	2 mCi(74MBq)	$37\times 10^6(1\text{mCi})$	液態	
		^{57}Co	1 mCi(37 M Bq)	$3.7\times 10^6(0.1\text{ mCi})$	液態	
		^{67}Ga	50 mCi(1.85GBq)	$1.11\times 10^8(3\text{mCi})$	液態	
		^{89}Sr	40 mCi(1.48 GBq)	$1.48\times 10^9(40\text{mCi})$	液態	
		^{90}Y	50 mCi (1.85GBq)	$1.85\times 10^9(50\text{mCi})$		
		$^{99\text{m}}\text{Tc}$	4000 mCi(148 GBq)	$5.55\times 10^8(15\text{mCi})$	液態	
		^{111}In	20 mCi(740MBq)	$7.4\times 10^8(20\text{mCi})$	液態	
		^{123}I	25mCi(925MBq)	$9.25\times 10^8(25\text{mCi})$	液態	
		^{125}I	20 mCi(740 MBq)	$3.7\times 10^5(0.01\text{ mCi})$	液態	
		^{131}I	150 mCi(5.55 GBq)	$3.7\times 10^9(100\text{mCi})$	液態	
		^{153}Sm	10 mCi(370 MBq)	$3.7\times 10^8(10\text{mCi})$	液態	
		^{186}Re	200 mCi(7400 MBq)	$7.4\times 10^9(200\text{mCi})$	液態	
		^{188}Re	200 mCi(7400 MBq)	$7.4\times 10^9(200\text{mCi})$	液態	
		^{201}Tl	80mCi(2.96GBq)	$7.4\times 10^8(20\text{mCi})$	液態	
^{18}F	500mCi(18.5 GBq)	$37\times 10^7(10\text{mCi})$	液態			

附件一、D 醫院 申請使用非密封放射性物質之核種、活度(續)

地區	醫院	使用核種	最大持有活度	最大使用活度 Bq	型態	備註
南部	D 醫院	^{32}P	3 mCi(111 MBq)	4.44×10^6 (1.2mCi)	液態	
		^{33}P	3 mCi (111 MBq)	4.44×10^6 (1.2mCi)	液態	
		^{35}S	3 mCi(111 MBq)	4.44×10^6 (1.2mCi)	液態	
		^{67}Ga	120 mCi (4440 MBq)	1.85×10^8 (5mCi)	液態	
		$^{99\text{m}}\text{Tc}$	12 Ci (444 GBq)	9.25×10^8 (25mCi)	液態	
		^{201}Tl	80 mCi (2960 MBq)	7.4×10^7 (2mCi)	液態	
		^{131}I	1.2 Ci (44.4 GBq)	1.11×10^9 (30mCi)	液態	
		^{125}I	10 mCi (370 MBq)	5.18×10^5 (0.014mCi)	液態	
		^{89}Sr	40 mCi (1480 MBq)	1.48×10^8 (4mCi)	液態	
		^{18}F	500mCi (18.5 GBq)	9.25×10^8 (25mCi)	液態	預估

附件一、E 醫院 申請使用非密封放射性物質之核種、活度(續)

地區	醫院	使用核種	最大持有活度	最大使用活度 Bq	型態	備註
南部	E 醫院	^{67}Ga	100 mCi (3.7 GBq)	3.7×10^8 (10mCi)	液態	
		$^{99\text{m}}\text{Tc}$	1 Ci (37 GBq)	1.11×10^9 (30mCi)	液態	
		^{201}Tl	100mCi (3.7GBq)	1.85×10^8 (5mCi)	液態	
		^{131}I	300mCi (11.11GBq)	1.11×10^9 (30mCi)	錠劑	
		^{18}F	500mCi (18.5 GBq)	3.7×10^8 (10mCi)	液態	

附件一、F 醫院 申請使用非密封放射性物質之核種、活度(續)

地區	醫院	使用核種	最大持有活度	最大使用活度 Bq	型態	備註
南部	F 醫院	^3H	5 mCi(185 MBq)		液態	
		^{14}C	5 mCi(185MBq)		膠囊	
		^{32}P	50 mCi(1850 M Bq)		液態	
		^{64}Cu	200 mCi(7.4 G Bq)		液態	
		^{35}S	5 mCi(185 M Bq)		液態	
		^{68}Ca	200 mCi(7.4 G Bq)		液態	
		^{45}Ca	5 mCi(185 MBq)		液態	
		^{51}Cr	15 mCi(555 MBq)		液態	
		^{57}Co	10 mCi(370 MBq)		液態	
		^{58}Co	500 mCi(18.5 G Bq)		液態	
		^{67}Ga	150 mCi(5.55 GBq)	1.11×10^8 (3mCi)	液態	
		^{89}Sr	80 mCi(2.96 GBq)	1.48×10^8 (4mCi)	液態	
		$^{99\text{m}}\text{Tc}$	1000 mCi(37 GBq)	11.1×10^8 (30mCi)	液態	
		^{111}In	15 mCi(555 M Bq)		液態	
		^{123}I	150 mCi(5.55 GBq)		液態	
		$^{113\text{m}}\text{In}$	50 mCi(1.85 GBq)		液態	
		^{125}I	3 mCi(111 MBq)	2.59×10^6 (0.07 mCi)	液態	
		^{131}I	600 mCi(22.2 GBq)	11.1×10^8 (30mCi)	液態	
		^{133}Xe	140 mCi(5.18 GBq)	7.4×10^8 (20mCi)	液態	
		^{198}Au	100 mCi(3.7 GBq)		液態	
		^{153}Sm	150 mCi(5.55 G Bq)		液態	
		^{186}Re	100 mCi(3.7 G Bq)		液態	
		^{188}Re	150 mCi(5.55 GBq)		液態	
		^{201}Tl	30mCi(1.11 GBq)		液態	
		^{22}Na	3mCi(111 M Bq)		液態	
		^{90}Y	50mCi(1.85 GBq)		液態	
		^{62}Cu	200mCi(7.4 GBq)		液態	
		^{67}Cu	100mCi(3.7 GBq)		液態	
^{212}At	100mCi(3.7 GBq)		液態			
^{188}W	200mCi(7.4 GBq)		液態			
^{18}F	150mCi(5.55 GBq)	55.5×10^7 (15mCi)	液態			

附件一、G 醫院 申請使用非密封放射性物質之核種、活度(續)

地區	醫院	使用核種	最大持有活度	最大使用活度 Bq	型態	備註
南部	G 醫院	^{51}Cr	0.5 mCi(18.5MBq)	3.7×10^6 (0.1 mCi)	液態	
		^3H	3 mCi(111 M Bq)			
		^{14}C	3 mCi(111 M Bq)		液態	
		^{32}P	20 mCi(740 MBq)		液態	
		^{11}C	150 mCi(5.55 GBq)		液態	
		^{13}N	150 mCi(5.55 GBq)			
		^{15}O	150 mCi(5.55 GBq)		液態	
		^{89}Sr	20 mCi(740MBq)	1.48×10^8 (4mCi)	液態	
		^{90}Y	20 mCi(740MBq)		液態	
		^{111}In	50mCi(1.85 GBq)		液態	
		$^{99\text{m}}\text{Tc}$	1000 mCi(37 GBq)	9.25×10^8 (25mCi)	液態	
		^{67}Ga	50mCi(1.85 GBq)	3.7×10^8 (10mCi)	液態	
		^{201}Tl	50mCi(1.85 GBq)	1.11×10^8 (3mCi)	液態	
		^{131}I	180 mCi(6.66 GBq)	1.11×10^9 (30mCi)	液態	
		^{123}I	50mCi(1.85 GBq)		液態	
		^{125}I	20 mCi(740MBq)	555		
		^{18}F	300mCi(11.11GBq)		液態	
		$^{113\text{m}}\text{In}$	50mCi(1.85 GBq)			
^{198}Au	5 mCi(185 MBq)					
^{59}Fe	0.5 mCi(18.5MBq)					

A 醫院



A 醫院加速器



B 醫院





D 醫院





C 醫院



I 醫院加速器



F 醫院





G 醫院



G 醫院加速器



附件二、塑膠瓶廢料袋之表面劑量率的程式輸入檔及計算結果

```

** Surface dose rate of backage for plastic vial in l-125 60 litre
1$$ 67 75 63 4 2 1 4 0 2 3 1 5R0 1 1 T
2** 12.72 6R0.0 T
3** 1610. 49119. 24.3 T
4** 4910. 2410.219 3.1416 T
5** 1210. 4911.3518 1.5708 T
    0    0
    SPH  1      0.      0.      0.      24.3
    RPP  2 -100000.  100000. -100000.  100000. -100000.  100000.
    END
    101      1
    102      2    -1
    END
    1    1
    2    1
9$$ 203 1 6 7 8 T
10** 0.0 0.0 0.0010056 0.0002873
      0.053 0.159 0.0 0.0 T
11** 0.0272 0.0275 0.031 0.0355 T
12** 3.92E+5 7.32E+5 2.54E+5 6.7E+4 T
13** 25.3 T
14** 0. T
15** 0. T
** Surface dose rate of backage for plastic vial in l-125 30 litre
1$$ 67 75 63 4 2 1 4 0 2 3 1 5R0 1 1 T
2** 6.36 6R0.0 T
3** 1610. 49114.3 19.3 T
4** 4910. 2410.219 3.1416 T
5** 1210. 4911.3518 1.5708 T
    0    0
    SPH  1      0.      0.      0.      19.3
    RPP  2 -100000.  100000. -100000.  100000. -100000.  100000.
    END
    101      1
    102      2    -1
    END
    1    1
    2    1

```

9\$\$ 203 1 6 7 8 T

10** 0.0 0.0 0.0010056 0.0002873
0.053 0.159 0.0 0.0 T

11** 0.0272 0.0275 0.031 0.0355 T

12** 3.92E+5 7.32E+5 2.54E+5 6.7E+4 T

13** 20.3 T

14** 0. T

15** 0. T

** Surface dose rate of backage for plastic vial in I-125 1 litre

1\$\$ 67 75 63 4 2 1 4 0 2 3 1 5R0 1 1 T

2** 0.212 6R0.0 T

3** 6610. 6.2 T

4** 4910. 2410.219 3.1416 T

5** 1210. 4911.3518 1.5708 T

0 0

SPH 1 0. 0. 0. 6.2

RPP 2 -100000. 100000. -100000. 100000. -100000. 100000.

END

101 1

102 2 -1

END

1 1

2 1

9\$\$ 203 1 6 7 8 T

10** 0.0 0.0 0.0010056 0.0002873
0.053 0.159 0.0 0.0 T

11** 0.0272 0.0275 0.031 0.0355 T

12** 3.92E+5 7.32E+5 2.54E+5 6.7E+4 T

13** 7.2 T

14** 0. T

15** 0. T

計算結果

DETECTOR NUMBER 1

SOURCE NO.	DOSE RATE (uSv/hr)
1	1.177E+01
2	9.538E+00
3	2.405E+00
TOTAL	2.378E+01

附件三、試管廢料袋之表面劑量率的程式輸入檔及計算結果

```

** Surface dose rate of backage for test tube in I-125 60 L
1$$ 67 75 63 4 2 1 4 0 2 3 1 5R0 1 1 T
2** 6.42 6R0.0 T
3** 1610. 49119. 24.3 T
4** 4910. 2410.219 3.1416 T
5** 1210. 4911.3518 1.5708 T
    0    0
    SPH  1      0.      0.      0.      24.3
    RPP  2 -100000.  100000. -100000.  100000. -100000.  100000.
    END
    101      1
    102      2    -1
    END
    1    1
    2    1
9$$ 203 1 6 7 8 T
10** 0.0 0.0 0.0010056 0.0002873
    0.0268 0.0803 0.0 0.0 T
11** 0.0272 0.0275 0.031 0.0355 T
12** 3.92E+5 7.32E+5 2.54E+5 6.7E+4 T
13** 25.3 T
14** 0. T
15** 0. T
** Surface dose rate of backage for TEST Tube in I-125 30 L
1$$ 67 75 63 4 2 1 4 0 2 3 1 5R0 1 1 T
2** 3.21 6R0.0 T
3** 1610. 49114.3 19.3 T
4** 4910. 2410.219 3.1416 T
5** 1210. 4911.3518 1.5708 T
    0    0
    SPH  1      0.      0.      0.      19.3
    RPP  2 -100000.  100000. -100000.  100000. -100000.  100000.
    END
    101      1
    102      2    -1
    END
    1    1
    2    1

```

9\$\$ 203 1 6 7 8 T

10** 0.0 0.0 0.0010056 0.0002873
0.0268 0.0803 0.0 0.0 T

11** 0.0272 0.0275 0.031 0.0355 T

12** 3.92E+5 7.32E+5 2.54E+5 6.7E+4 T

13** 20.3 T

14** 0. T

15** 0. T

** Surface dose rate of backage for test tube in I-125 1 litre

1\$\$ 67 75 63 4 2 1 4 0 2 3 1 5R0 1 1 T

2** 0.107 6R0.0 T

3** 6610. 6.2 T

4** 4910. 2410.219 3.1416 T

5** 1210. 4911.3518 1.5708 T

0 0

SPH 1 0. 0. 0. 6.2

RPP 2 -100000. 100000. -100000. 100000. -100000. 100000.

END

101 1

102 2 -1

END

1 1

2 1

9\$\$ 203 1 6 7 8 T

10** 0.0 0.0 0.0010056 0.0002873
0.0268 0.0803 0.0 0.0 T

11** 0.0272 0.0275 0.031 0.0355 T

12** 3.92E+5 7.32E+5 2.54E+5 6.7E+4 T

13** 7.2 T

14** 0. T

15** 0. T

計算結果

DETECTOR NUMBER 1

SOURCE NO.	DOSE RATE (uSv/hr)
1	6.614E+00
2	5.085E+00
3	1.155E+00
TOTAL	1.285E+01

附件四、1 L 針筒廢料袋之表面劑量率的程式輸入檔及計算結果

```

** Surface dose rate of backage for Injection syringe in F-18
1$$ 67 75 63 4 2 1 1 0 2 3 1 5R0 1 1 T
2** 2.83E-3 6R0.0 T
3** 6610. 6.20 T
4** 4910. 2410.219 3.1416 T
5** 1210. 4911.3518 1.5708 T
    0    0
    SPH  1      0.      0.      0.      6.20
    RPP  2 -100000.  100000. -100000.  100000. -100000.
100000.
    END
    101      1
    102      2    -1
    END
    1    1
    2    1
9$$ 203 1 6 7 8 T
10** 0.0 0.0 0.0010056 0.0002873
    0.0708 0.212 0.0 0.0 T
11** 0.511 T
12** 1.94E+6 T
13** 7.2 T
14** 0. T
15** 0. T
*** Ga-67 SOURCE
1$$ 67 75 63 -4 2 -1 4 0 2 3 1 5R0 1 -1 T
2** 2.83E-2 6R0.0 T
3** 6610. 6.20 T
4** 4910. 2410.219 3.1416 T
5** 1210. 4911.3518 1.5708 T
11** 0.0933 0.185 0.3 0.394 T
12** 3.7E+5 2.0E+5 1.7E+5 4.6E+4 T
*** Tc-99m SOURCE

```

1\$\$ 67 75 63 -4 2 -1 1 0 2 3 1 5R0 1 -1 T
 2** 2.83E-2 6R0.0 T
 3** 6610. 6.20 T
 4** 4910. 2410.219 3.1416 T
 5** 1210. 4911.3518 1.5708 T
 11** 0.141 T
 12** 8.9E+5 T
 *** I-131 SOURCE
 1\$\$ 67 75 63 -4 2 -1 5 0 2 3 1 5R0 1 -1 T
 2** 2.83E-2 6R0.0 T
 3** 6610. 6.20 T
 4** 4910. 2410.219 3.1416 T
 5** 1210. 4911.3518 1.5708 T
 11** 0.0802 0.284 0.364 0.637 0.723 T
 12** 2.6E+4 6.1E+4 8.1E+5 7.3E+4 1.8E+4 T
 *** TI-201 SOURCE
 1\$\$ 67 75 63 -4 2 -1 4 0 2 3 1 5R0 1 -1 T
 2** 2.83E-2 6R0.0 T
 3** 6610. 6.20 T
 4** 4910. 2410.219 3.1416 T
 5** 1210. 4911.3518 1.5708 T
 11** 0.0306 0.0322 0.135 0.167 T
 12** 2.7E+3 2.8E+3 2.8E+4 1.1E+5 T
 計算結果

DETECTOR NUMBER 1	
SOURCE NO.	DOSE RATE (uSv/hr)
1	1.085E-01
2	1.535E-01
3	1.305E-01
4	4.066E-01
5	2.406E-02
TOTAL	8.232E-01

附件五、30 L 針筒廢料袋之表面劑量率的程式輸入檔及計算結果

** Surface dose rate of backage for Injection syringe in F-18

1\$\$ 67 75 63 4 2 1 1 0 2 3 1 5R0 1 1 T

2** 0.0849 6R0.0 T

3** 1610. 49114.3 19.3 T

4** 4910. 2410.219 3.1416 T

5** 1210. 4911.3518 1.5708 T

0 0

SPH 1 0. 0. 0. 19.3

RPP 2 -100000. 100000. -100000. 100000. -100000.

100000.

END

101 1

102 2 -1

END

1 1

2 1

9\$\$ 203 1 6 7 8 T

10** 0.0 0.0 0.0010056 0.0002873

0.0708 0.212 0.0 0.0 T

11** 0.511 T

12** 1.94E+6 T

13** 20.3 T

14** 0. T

15** 0. T

*** Ga-67 SOURCE

1\$\$ 67 75 63 -4 2 -1 4 0 2 3 1 5R0 1 -1 T

2** 0.849 6R0.0 T

3** 1610. 49114.3 19.3 T

4** 4910. 2410.219 3.1416 T

5** 1210. 4911.3518 1.5708 T

11** 0.0933 0.185 0.3 0.394 T

12** 3.7E+5 2.0E+5 1.7E+5 4.6E+4 T

*** Tc-99m SOURCE

1\$\$ 67 75 63 -4 2 -1 1 0 2 3 1 5R0 1 -1 T
 2** 0.849 6R0.0 T
 3** 1610. 49114.3 19.3 T
 4** 4910. 2410.219 3.1416 T
 5** 1210. 4911.3518 1.5708 T
 11** 0.141 T
 12** 8.9E+5 T
 *** I-131 SOURCE

1\$\$ 67 75 63 -4 2 -1 5 0 2 3 1 5R0 1 -1 T
 2** 0.849 6R0.0 T
 3** 1610. 49114.3 19.3 T
 4** 4910. 2410.219 3.1416 T
 5** 1210. 4911.3518 1.5708 T
 11** 0.0802 0.284 0.364 0.637 0.723 T
 12** 2.6E+4 6.1E+4 8.1E+5 7.3E+4 1.8E+4 T
 *** TI-201 SOURCE

1\$\$ 67 75 63 -4 2 -1 4 0 2 3 1 5R0 1 -1 T
 2** 0.849 6R0.0 T
 3** 1610. 49114.3 19.3 T
 4** 4910. 2410.219 3.1416 T
 5** 1210. 4911.3518 1.5708 T
 11** 0.0306 0.0322 0.135 0.167 T
 12** 2.7E+3 2.8E+3 2.8E+4 1.1E+5 T

計算結果

DETECTOR NUMBER 1	
SOURCE NO.	DOSE RATE (uSv/hr)
1	4.485E-01
2	7.422E-01
3	6.744E-01
4	1.730E+00
5	1.187E-01
TOTAL	3.714E+00

附件六、60 L 針筒廢料袋之表面劑量率的程式輸入檔及計算結果

```

** Surface dose rate of backage for Injection syringe in F-18
1$$ 67 75 63 4 2 1 1 0 2 3 1 5R0 1 1 T
2** 0.1698 6R0.0 T
3** 16I0. 49I19. 24.3 T
4** 49I0. 24I0.219 3.1416 T
5** 12I0. 49I1.3518 1.5708 T
    0    0
SPH  1      0.      0.      0.      24.3
RPP  2 -100000.  100000. -100000.  100000. -100000.  100000.
END
101      1
102      2    -1
END
    1    1
    2    1
9$$ 203 1 6 7 8 T
10** 0.0 0.0 0.0010056 0.0002873
    0.0708 0.212 0.0 0.0 T
11** 0.511 T
12** 1.94E+6 T
13** 25.3 T
14** 0. T
15** 0. T
*** Ga-67 SOURCE
1$$ 67 75 63 -4 2 -1 4 0 2 3 1 5R0 1 -1 T
2** 1.698 6R0.0 T
3** 16I0. 49I19. 24.3 T
4** 49I0. 24I0.219 3.1416 T
5** 12I0. 49I1.3518 1.5708 T
11** 0.0933 0.185 0.3 0.394 T
12** 3.7E+5 2.0E+5 1.7E+5 4.6E+4 T
*** Tc-99m SOURCE
1$$ 67 75 63 -4 2 -1 1 0 2 3 1 5R0 1 -1 T
2** 1.698 6R0.0 T
3** 16I0. 49I19. 24.3 T
4** 49I0. 24I0.219 3.1416 T
5** 12I0. 49I1.3518 1.5708 T
11** 0.141 T

```

12** 8.9E+5 T
 *** I-131 SOURCE
 1\$\$ 67 75 63 -4 2 -1 5 0 2 3 1 5R0 1 -1 T
 2** 1.698 6R0.0 T
 3** 16I0. 49I19. 24.3 T
 4** 49I0. 24I0.219 3.1416 T
 5** 12I0. 49I1.3518 1.5708 T
 11** 0.0802 0.284 0.364 0.637 0.723 T
 12** 2.6E+4 6.1E+4 8.1E+5 7.3E+4 1.8E+4 T
 *** TI-201 SOURCE
 1\$\$ 67 75 63 -4 2 -1 4 0 2 3 1 5R0 1 -1 T
 2** 1.698 6R0.0 T
 3** 16I0. 49I19. 24.3 T
 4** 49I0. 24I0.219 3.1416 T
 5** 12I0. 49I1.3518 1.5708 T
 11** 0.0306 0.0322 0.135 0.167 T
 12** 2.7E+3 2.8E+3 2.8E+4 1.1E+5 T

計算結果

DETECTOR NUMBER 1	

SOURCE NO.	DOSE RATE (uSv/hr)
1	5.824E-01
2	9.969E-01
3	9.201E-01
4	2.263E+00
5	1.604E-01

TOTAL	4.923E+00

輻射源編號(SOURCE NO.) 依序代表：F-18、Ga-67、Tc-99m、I-131、TI-201 輻射源

附件七 1L 紙類廢料袋之表面劑量率的程式輸入檔及計算結果

```

** Surface dose rate of backage for Paper in F-18 1L
1$$ 67 75 63 4 2 1 1 0 2 3 1 5R0 1 1 T
2** 1.5E-3 6R0.0 T
3** 6610. 6.2 T
4** 4910. 2410.219 3.1416 T
5** 1210. 4911.3518 1.5708 T
    0    0
    SPH  1      0.      0.      0.      6.2
    RPP  2 -100000.  100000. -100000.  100000. -100000.  100000.
    END
    101      1
    102      2    -1
    END
    1    1
    2    1
9$$ 203 1 6 7 8 T
10** 0.0 0.0 0.0010056 0.0002873
    0.0165 0.0822 0.0 0.0513 T
11** 0.511 T
12** 1.94E+6 T
13** 7.2 T
14** 0. T
15** 0. T
*** Ga-67 SOURCE
1$$ 67 75 63 -4 2 -1 4 0 2 3 1 5R0 1 -1 T
2** 1.5E-2 6R0.0 T
3** 6610. 6.2 T
4** 4910. 2410.219 3.1416 T
5** 1210. 4911.3518 1.5708 T
11** 0.0933 0.185 0.3 0.394 T
12** 3.7E+5 2.0E+5 1.7E+5 4.6E+4 T
*** Tc-99m SOURCE
1$$ 67 75 63 -4 2 -1 1 0 2 3 1 5R0 1 -1 T
2** 1.5E-2 6R0.0 T
3** 6610. 6.2 T
4** 4910. 2410.219 3.1416 T
5** 1210. 4911.3518 1.5708 T
11** 0.141 T
12** 8.9E+5 T
*** I-131 SOURCE

```

1\$\$ 67 75 63 -4 2 -1 5 0 2 3 1 5R0 1 -1 T
 2** 1.5E-2 6R0.0 T
 3** 6610. 6.2 T
 4** 4910. 2410.219 3.1416 T
 5** 1210. 4911.3518 1.5708 T
 11** 0.0802 0.284 0.364 0.637 0.723 T
 12** 2.6E+4 6.1E+4 8.1E+5 7.3E+4 1.8E+4 T
 *** TI-201 SOURCE
 1\$\$ 67 75 63 -4 2 -1 4 0 2 3 1 5R0 1 -1 T
 2** 1.5E-2 6R0.0 T
 3** 6610. 6.2 T
 4** 4910. 2410.219 3.1416 T
 5** 1210. 4911.3518 1.5708 T
 11** 0.0306 0.0322 0.135 0.167 T
 12** 2.7E+3 2.8E+3 2.8E+4 1.1E+5 T

計算結果

DETECTOR NUMBER 1

SOURCE NO.	DOSE RATE (uSv/hr)
1	5.747E-02
2	7.571E-02
3	6.256E-02
4	2.134E-01
5	1.177E-02
TOTAL	4.209E-01

附件八 30L 紙類廢料袋之表面劑量率的程式輸入檔及計算結果

```

** Surface dose rate of backage for Paper in F-18 30L
1$$ 67 75 63 4 2 1 1 0 2 3 1 5R0 1 1 T
2** 0.045 6R0.0 T
3** 1610. 49114. 19.3 T
4** 4910. 2410.219 3.1416 T
5** 1210. 4911.3518 1.5708 T
    0    0
    SPH  1      0.      0.      0.      19.3
    RPP  2 -100000.  100000. -100000.  100000. -100000.  100000.
    END
    101      1
    102      2    -1
    END
    1    1
    2    1
9$$ 203 1 6 7 8 T
10** 0.0 0.0 0.0010056 0.0002873
    0.0165 0.0822 0.0 0.0513 T
11** 0.511 T
12** 1.94E+6 T
13** 20.3 T
14** 0. T
15** 0. T
*** Ga-67 SOURCE
1$$ 67 75 63 -4 2 -1 4 0 2 3 1 5R0 1 -1 T
2** 0.45 6R0.0 T
3** 1610. 49114. 19.3 T
4** 4910. 2410.219 3.1416 T
5** 1210. 4911.3518 1.5708 T
11** 0.0933 0.185 0.3 0.394 T
12** 3.7E+5 2.0E+5 1.7E+5 4.6E+4 T
*** Tc-99m SOURCE
1$$ 67 75 63 -4 2 -1 1 0 2 3 1 5R0 1 -1 T
2** 0.45 6R0.0 T
3** 1610. 49114. 19.3 T
4** 4910. 2410.219 3.1416 T
5** 1210. 4911.3518 1.5708 T
11** 0.141 T

```

12** 8.9E+5 T
 *** I-131 SOURCE
 1\$\$ 67 75 63 -4 2 -1 5 0 2 3 1 5R0 1 -1 T
 2** 0.45 6R0.0 T
 3** 1610. 49114. 19.3 T
 4** 4910. 2410.219 3.1416 T
 5** 1210. 4911.3518 1.5708 T
 11** 0.0802 0.284 0.364 0.637 0.723 T
 12** 2.6E+4 6.1E+4 8.1E+5 7.3E+4 1.8E+4 T
 *** TI-201 SOURCE
 1\$\$ 67 75 63 -4 2 -1 4 0 2 3 1 5R0 1 -1 T
 2** 0.45 6R0.0 T
 3** 1610. 49114. 19.3 T
 4** 4910. 2410.219 3.1416 T
 5** 1210. 4911.3518 1.5708 T
 11** 0.0306 0.0322 0.135 0.167 T
 12** 2.7E+3 2.8E+3 2.8E+4 1.1E+5 T

計算結果

DETECTOR NUMBER 1	

SOURCE NO.	DOSE RATE (uSv/hr)
1	2.372E-01
2	3.353E-01
3	2.850E-01
4	8.889E-01
5	5.257E-02

TOTAL	1.799E+00

附件九 60L 紙類廢料袋之表面劑量率的程式輸入檔及計算結果

```

** Surface dose rate of backage for Paper in F-18
1$$ 67 75 63 4 2 1 1 0 2 3 1 5R0 1 1 T
2** 0.09 6R0.0 T
3** 1610. 49119. 24.3 T
4** 4910. 2410.219 3.1416 T
5** 1210. 4911.3518 1.5708 T
    0    0
    SPH  1      0.      0.      0.      24.3
    RPP  2 -100000.  100000. -100000.  100000. -100000.  100000.
    END
    101      1
    102      2    -1
    END
    1    1
    2    1
9$$ 203 1 6 7 8 T
10** 0.0 0.0 0.0010056 0.0002873
     0.0165 0.0822 0.0 0.0513 T
11** 0.511 T
12** 1.94E+6 T
13** 25.3 T
14** 0. T
15** 0. T
*** Ga-67 SOURCE
1$$ 67 75 63 -4 2 -1 4 0 2 3 1 5R0 1 -1 T
2** 0.9 6R0.0 T
3** 1610. 49119. 24.3 T
4** 4910. 2410.219 3.1416 T
5** 1210. 4911.3518 1.5708 T
11** 0.0933 0.185 0.3 0.394 T
12** 3.7E+5 2.0E+5 1.7E+5 4.6E+4 T
*** Tc-99m SOURCE
1$$ 67 75 63 -4 2 -1 1 0 2 3 1 5R0 1 -1 T
2** 0.9 6R0.0 T
3** 1610. 49119. 24.3 T
4** 4910. 2410.219 3.1416 T
5** 1210. 4911.3518 1.5708 T
11** 0.141 T

```

12** 8.9E+5 T
 *** I-131 SOURCE
 1\$\$ 67 75 63 -4 2 -1 5 0 2 3 1 5R0 1 -1 T
 2** 0.9 6R0.0 T
 3** 1610. 49119. 24.3 T
 4** 4910. 2410.219 3.1416 T
 5** 1210. 4911.3518 1.5708 T
 11** 0.0802 0.284 0.364 0.637 0.723 T
 12** 2.6E+4 6.1E+4 8.1E+5 7.3E+4 1.8E+4 T
 *** TI-201 SOURCE
 1\$\$ 67 75 63 -4 2 -1 4 0 2 3 1 5R0 1 -1 T
 2** 0.9 6R0.0 T
 3** 1610. 49119. 24.3 T
 4** 4910. 2410.219 3.1416 T
 5** 1210. 4911.3518 1.5708 T
 11** 0.0306 0.0322 0.135 0.167 T
 12** 2.7E+3 2.8E+3 2.8E+4 1.1E+5 T

計算結果

DETECTOR NUMBER 1	
SOURCE NO.	DOSE RATE (uSv/hr)
1	3.099E-01
2	4.494E-01
3	3.860E-01
4	1.166E+00
5	7.068E-02
TOTAL	2.382E+00

輻射源編號(SOURCE NO.) 依序代表：F-18、Ga-67、Tc-99m、I-131、
 TI-201 輻射源