



























































































































































































































































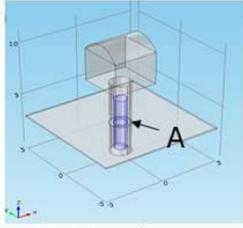






## 二、執行現況說明-階段性研究成果

COMSOL模式與PHREEQC模式耦合，建立高放處置之THMC耦合模式  
U238從廢料罐釋出後，於10萬年後與地下水環境產生化學反應之結果(mole/l)



A取樣點為(x=0.85 y=0 z=0.1)

O(0)	3.11E-04	U(4)	3.59E-24	H+	1.11E-02	Cl	9.77E-04	Fe(3)	7.62E-06
O2	1.56E-04	U+4	2.53E-24	OH-	3.54E-12	Cl-	9.77E-04	Fe+3	5.16E-06
S	8.31E-04	U(OH)4	1.05E-24	H2O	5.55E-01	FeCl+2	4.35E-08	FeOH+2	2.32E-06
H4SiO4	8.31E-04	U(OH)5-	5.45E-27	C(4)	1.21E-03	FeCl2+	2.10E-11	FeSO4+	6.50E-08
H3SiO4-	4.91E-11	U(5)	3.17E-10	CO2	1.21E-03	FeCl-	1.66E-15	FeCl+2	4.35E-08
H2SiO4-2	2.20E-21	UO2-	3.17E-10	UD2CO3	3.44E-06	FeCl3	4.87E-16	Fe(OH)2+	2.58E-08
Si(O)	1.05E-04	U(6)	7.99E-01	HCO3-	1.66E-07	Fe(O)	1.14E-11	FeHSO4+2	1.06E-09
SO4-2	9.23E-05	UO2+2	7.88E-01	(CO2)2	4.83E-08	Fe+2	1.14E-11	FeCl2-	2.10E-11
HSO4-	1.03E-05	(UO2)2(OH)2+2	5.46E-03	CaHCO3+	2.25E-10	FeSO4	2.89E-15	Fe(SO4)2-	1.02E-11
NH4SO4+	2.09E-06	UO2OH-	1.94E-04	MgHCO3+	5.00E-11	FeCl-	1.66E-15	Fe2(OH)2+4	5.02E-12
CaSO4	1.37E-07	UO2CO3	3.44E-06	NaHCO3	4.70E-11	FeHSO4+	2.48E-16	Fe(OH)3	2.17E-13
NaSO4-	1.12E-07	(UO2)3(OH)5-	3.98E-07	FeCO3	2.17E-23	FeHCO3+	2.20E-17	FeCl3	4.87E-16
FeSO4+	6.50E-08	UO2(CO3)2-2	3.81E-14	UD2(CO3)3-4	8.42E-25	FeOH-	1.95E-19	Fe3(OH)4+5	1.58E-17
MgSO4	4.45E-08	UO2(CO3)3-4	8.42E-25	Ca	3.76E-04	FeCO3	2.17E-23	Fe(OH)4-	7.25E-20
CaHSO4+	1.25E-08	Ca	3.76E-04	Ca+2	3.76E-04	Fe(OH)2	1.35E-23	N(-3)	3.00E-02
KSO4-	7.10E-09	Ca+2	3.76E-04	CaSO4	1.37E-07	Fe(OH)3-	1.59E-36	NH4+	3.00E-02
FeHSO4+2	1.06E-09	CaSO4	1.37E-07	CaHCO3+	2.25E-10	Fe(HS)2	0.00E+00	NH4SO4-	2.09E-06
Fe(SO4)2-	1.02E-11	CaHCO3+	2.25E-10	CaOH+	2.16E-15	Fe(HS)3-	0.00E+00	NH3	1.00E-09
FeSO4	2.89E-15	CaCO3	8.74E-17	CaCO3	8.74E-17	K	9.22E-05	N(5)	2.90E-01
FeHSO4+	2.48E-16	CaCO3-	2.20E-17	Ca+2	3.76E-04	K+	9.22E-05	NO3-	2.90E-01
		NaCO3-	2.20E-17	CaSO4	1.37E-07	KSO4-	7.10E-09	Na	1.57E-03
		MgCO3	1.06E-17	CaHCO3+	2.25E-10	Mg	6.38E-05	Na+	1.57E-03
		FeCO3	2.17E-23	CaHSO4+	1.25E-08	Mg+2	6.38E-05	NaSO4-	1.12E-07
		UD2(CO3)3-4	8.42E-25	CaHCO3+	2.25E-10	MgSO4	4.45E-08	NaHCO3	4.70E-11
		Ca	3.76E-04	CaOH+	2.16E-15	MgHCO3+	5.00E-11	NaCO3-	2.20E-17
		Ca+2	3.76E-04	CaCO3	8.74E-17	MgOH+	2.52E-14	NaOH	1.858E-25
		CaSO4	1.37E-07			MgCO3	1.06E-17		

## 二、執行現況說明-產出效益之應用

對於學術研究之貢獻

- 研究成果將發表在2017年3/5-9於美國鳳凰城舉辦之放射性廢棄物管理具領導地位Waste Management Symposia 2017國際研討會。

- 研析高放射性廢棄物衰變熱之溫度、地下水壓和地質應力等影響下產生複雜THMC耦合作用之核種傳輸，成果將發表至國際學術性SCI期刊。

## 二、執行現況說明-產出效益之應用

### 對於國家發展、技術推廣及運用價值

- 蒐集及回顧DECOVALEX六期任務成果研究報告、期刊、研討會論文與專書成果，提供國內高放射性廢棄物處置熱-水-力-化耦合分析模式之研究參考。
- 提出熱-水-力-化THMC技術發展嶄新研究方法，有助於國內主管機關對於放射性廢棄物處置之審查技術建立。

### 蒐集分析國際組織與各國對高放射性廢棄物處置設施之熱力-水力-力學-化學(THMC)耦合效應研究資訊

DECOVALEX之國家主辦或研究單位之研究成果，

如法國ANDRA、CEA及IRSN，德國BGR、中國CAS、加拿大CNSC及OPG、美國NRC及DOE、西班牙ENRESA、日本JAEA、英國NIREX、瑞典SKB及SKI、芬蘭STUK、瑞士ENSI、南韓KAERI等參與國家研究單位之研究報告

1992-2015共六期計畫之研究報告共35本、期刊及研討會論文共244篇

蒐集完成之DECOVALEX從1992-2015共六期計畫之研究報告共35本、期刊及研討會論文共244篇，包括第一期到第五期的執行摘要與各期研究報告、發表期刊收錄於專書及學術性期刊專刊等，與GeoProc2008第三屆國際研討會論文集有關THMC在地質材料之耦合及應用論文

國家/組織	成員	研究主題
ANDRA (France)	ANDRA, CEA, IRSN	Radioactive Waste Management
BGR (Germany)	BGR	Radioactive Waste Management
CAS (China)	CAS	Radioactive Waste Management
CNCS (Canada)	CNCS	Radioactive Waste Management
DOE (USA)	DOE	Radioactive Waste Management
ENRESA (Spain)	ENRESA	Radioactive Waste Management
JAEA (Japan)	JAEA	Radioactive Waste Management
NIREX (UK)	NIREX	Radioactive Waste Management
SKB/SKI (Sweden)	SKB/SKI	Radioactive Waste Management
STUK (Finland)	STUK	Radioactive Waste Management
ENSI (Switzerland)	ENSI	Radioactive Waste Management
KAERI (South Korea)	KAERI	Radioactive Waste Management

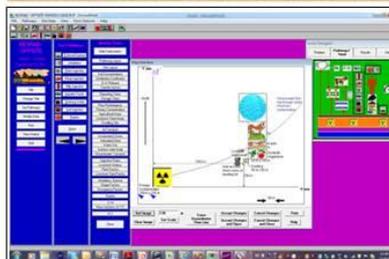
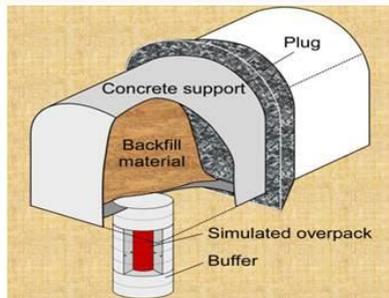
## 三、未來計畫需求

### 橫向結合其他研究成果

- 結合有關放射性廢棄物處置各項計畫研究成果（如工程設施安全分析及生物圈劑量評估相關研究成果）進行模式連結應用。

### 與國外專家共同研究

- 與國外專家共同研究，如與美國ARGONNE國家實驗室余家禮博士進行RESRAD生物圈程式與THMC模式結合，發展處置設施受熱-水-力-化作用耦合之核種傳輸與生物圈劑量評估之模式。



案例研究處置場址受熱-水-力-化耦合作用核種傳輸與生物圈劑量評估模式結合

### 三、未來計畫需求

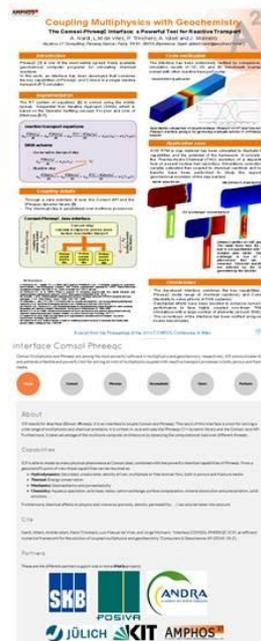
參考國外(瑞典、芬蘭、法國、德國、西班牙)國際合作研究案例

#### 現地調查資料進行模式測試與驗證

- 場址現地調查及工程障壁設計資料，進行模式測試與驗證。

#### 處置場安全評估分析

- 近場工程障壁及遠場天然障壁全系統之熱-水-力-化耦合分析，工程及天然障壁安全評估(如近場工程障壁之膨潤土劣化分析)。



### 四、結語

完成用過核子燃料處置設施受熱-水-力-化耦合作用之國際研究現況、模式發展資料蒐集。

完成COMSOL+PHREEQC之熱-水-力-化耦合模式發展，可進行場址設施功能安全評估與分析

計畫成果支援主管機關對於處置設施受熱-水-力-化分析技術，提昇審查技術精進能力

提出熱-水-力-化技術發展嶄新研究方法，提供國內核能應用發展之參考。

## 計畫名稱:台灣潛在母岩破壞強度特性與處置坑道破裂關係之研析

報告人：鍾沛宇

中華民國106年1月16日

1

### 簡報大綱

---

- 一、計畫目的
- 二、執行現況評估
  - 階段性研究成果
  - 產出效益之應用
- 三、未來計畫需求
- 四、結語

2

## 一、計畫目的

---

- 決定深層地質處置設施的力學穩定性之關鍵因子：
  - 現地應力之大小
  - 岩石之破壞強度
- 母岩強度與現地應力大小之比值( $UCS/\sigma_\theta$ )係評估開挖深層地質處置設施力學穩定性之重要參考指標

3

## 一、計畫目的

---

- 台灣高放射性廢棄物地質處置場址研究多阻礙
- 以既有少量可收集之潛在場址母岩抗壓強度UCS試驗資料與應力應變曲線，分析國內潛在母岩之強度破裂特殊性，實有其必要性

4

## 一、計畫目的

蒐集的國內研究，以對金門花崗岩單軸抗壓試驗之應力-應變曲線及強度資料為主，統計本土母岩單壓強度**UCS**/彈性模數**E**之統計分布特性與其變異。

利用顆粒流分析軟體PFC(Particle Flow Code)可觀測微觀破裂型態(tension/shear failure)及計數破裂次數AE音射事件之模擬優勢，以真實母岩抗壓試驗應力應變曲線為校正根據，回饋與PFC之分析模擬結果之比較，反算推估潛在場址母岩之合理力學參數與變化範圍。

以該PFC合理參數，研析在預定處置深度處現地應力下(現地主應力大小/方向)，處置坑道可能發生的岩壁破裂型態或剝落穩定問題。

5

## 二、執行現況評估—階段性研究成果

### □我國離島潛在母岩之單壓力學特性

- 高放射性廢棄物須採深層的地質處置，處置坑道的穩定性是屬於應力控制(stress-controlled)問題
- 其力學分析的關鍵參數有：
  - ▶母岩之單壓強度(UCS)與張力強度
  - ▶現地應力

6

## 二、執行現況評估—階段性研究成果

### □我國離島潛在母岩之單壓力學特性 (續)

- 台灣民情特殊，因此近年幾乎無法獲取更貼近離島潛在場址之母岩訊息
- 故只能憑藉既有且已公開的資料推測現場狀況，進而分析模擬可能發生的狀況

7

## 二、執行現況評估—階段性研究成果

### □我國離島潛在母岩之單壓力學特性 (續)

- 本文收集統計離島花崗岩
  - 室內強度試驗
  - 現地應力量測資料

8

## 二、執行現況評估—階段性研究成果

### □我國離島潛在母岩之單壓力學特性（續）

- 顯示我國離島潛在場址花崗岩之力學性質如下：

- 母岩平均單壓強度UCS，有隨深度Z而增加的趨勢，在處置場址平均UCS=138.13 MPa；間接張力強度平均7.37MPa（約為UCS/20）；平均楊氏模數E=51 Gpa；柏松比 $\nu=0.22$

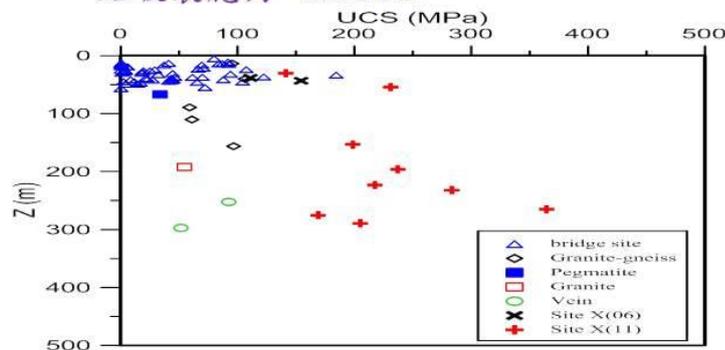
9

## 二、執行現況評估—階段性研究成果

### □我國離島潛在母岩之單壓力學特性（續）

- 顯示我國離島潛在場址花崗岩之力學性質如下（續）：

- 概估建議離島花崗岩之破裂損傷應力=0.6UCS、初始破裂應力=0.3UCS

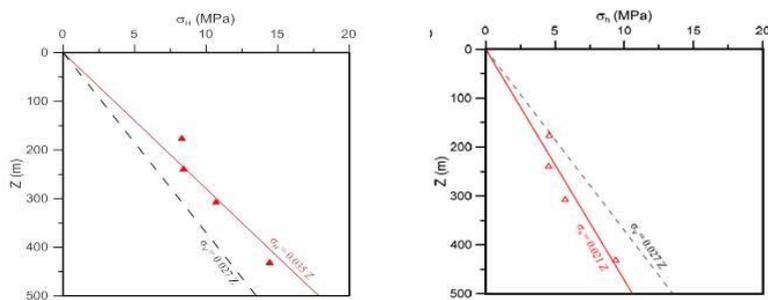


10

## 二、執行現況評估—階段性研究成果

### □我國離島潛在母岩之單壓力學特性（續）

- 離島潛在場址之現地應力：水平最大主應力 $\sigma_H$ 、水平最小主應力 $\sigma_h$ (MPa)與深度Z(m)之關係式
  - $\sigma_H = 0.035Z$
  - $\sigma_h = 0.021Z$
- 可供後續數值模擬分析處置坑道穩定性之使用



11

## 二、執行現況評估—階段性研究成果

### □顆粒流分析軟體(PFC)模擬

- PFC模擬岩石單壓強度(UCS)與楊氏模數(E)兩個主要工程參數的微觀因子
- 單壓強度(UCS)之關鍵影響因子
  - 切向/正向勁度比( $k_s/k_n$ )
  - 正向鍵結強度( $\sigma_n$ )
  - 切向/正向鍵結強度比( $\sigma_s/\sigma_n$ )
  - 切向/正向之平行鍵結勁度比( $k_{sp}/k_{np}$ )
  - 鍵結寬度因子( $\lambda$ )

12

## 二、執行現況評估—階段性研究成果

### □ 顆粒流分析軟體(PFC)模擬 (續)

- 楊氏模數(E)之關鍵影響因子
  - 正向勁度( $k_n$ )
  - 切向/正向鍵結勁度比( $k_s/k_n$ )
  - 正向平行鍵結勁度( $k_{np}$ )
  - 切向/正向之平行鍵結勁度比( $k_{sp}/k_{np}$ )
  - 鍵結寬度因子( $\lambda$ )

13

## 二、執行現況評估—產出效益之應用

- 本文透過離島潛在處置場址花崗岩單壓試驗資料統計
- 訓練與校正PFC輸入的參數
- 推估最適合我國離島花崗岩潛在場址實況

14

## 二、執行現況評估—產出效益之應用

□ 以PFC模擬探討離島花崗岩破裂行為之一個參考案例 (reference case)

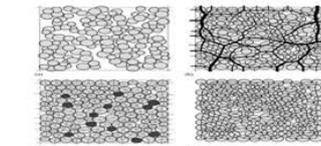
PFC微觀參數項目	單位	花崗岩	備註
顆粒單位重, $\rho$	kg/m <sup>3</sup>	2600.0	
顆粒之楊氏模數, $E_c$	GPa	84(±22)	
顆粒之切向與正向勁度比, $k_t/k_n$		1.1(±0.9)	
顆粒之摩擦係數, $\mu$		0.2	
平行鍵結半徑放大因子, $\lambda$		1.0	
平行鍵結之楊氏模數, $E_p$	GPa	42(±11)	
平行鍵結之切向與正向勁度比, $k_{tp}/k_{np}$		0.5(±0.2)	
平行鍵結之正向鍵結強度, $\sigma_n$	MPa	130(±36)	
平行鍵結之切向鍵結強度, $\sigma_s$	MPa	110(±30)	$\sigma_s = 0.85\sigma_n$

## 二、執行現況評估—產出效益之應用

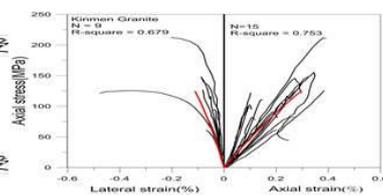
**PFC花崗岩單軸壓縮數值模型**  
參考Potyondy與Cundall (2004)之建模四步驟

數值模型穩定性分析  
1. 顆粒數  
2. 顆粒力徑比  
3. 顆粒堆疊方式

單軸壓縮試驗數值模型



真實花崗岩  
單軸壓縮應力應變曲線



結果比對  
(UCS, E)

不接受

接受

結果比對  
( $\nu$ )

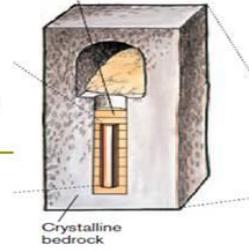
不接受

完成PFC花崗岩數值模型



16

### 三、未來計畫需求



#### □存在的規模效應(scale effect)

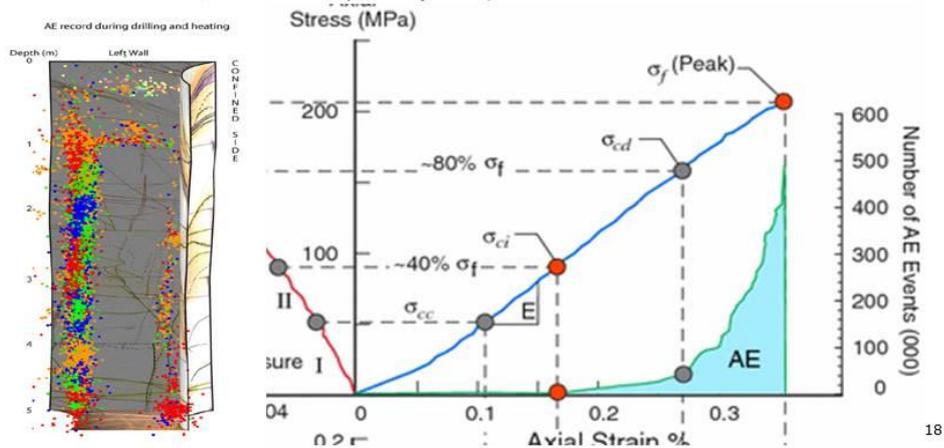
- 目前建議的岩石力學參數是基於試驗室岩心十多公分的尺寸所得
- 真正現場至少是處置孔數公尺，或處置隧道數百公尺之規模
- 其間所存在的規模效應(scale effect)問題須有現地實驗予以確認

17

### 三、未來計畫需求

#### □進行岩心AE音射試驗

→以預知破裂時機



18

## 三、未來計畫需求

---

### □三維數值模擬

- 目前階段，以處置隧道軸向配置於最大主應力同方向，但處置隧道與處置孔相接，處置孔必然承受最大水平應力形成易於破裂之狀況，因此需利用3D數值軟體進行模擬掌握兩設施真實行為。

19

## 三、未來計畫需求

---

### □開挖方法之研究

- TBM開挖證實可以較鑽炸法減少對岩壁的損傷
- 上述結論勢必與場址三方向現地主應力差值有關
- 因此需模擬試驗不同應力環境下對開挖損傷程度之影響

20

### 三、未來計畫需求

---

#### □ 岩石力學人力培養

- 高放處置是：跨領域+跨世代
- 從選定一處處置場後，再經現地試驗驗證到建造，以致運轉至少需30~40年
- 長期研究人才培育規劃刻不容緩
- 成立一個類似SKB智庫研究中心已成為必須

21

### 四、結語

---

- 原能會須依物管法規定善盡監督之責，以確保最終處置計畫各階段目標之達成
- 面對國內現階段放射性廢棄物處置之執行困境，應參考國外成功經驗，並配合即將成立之放射性廢棄物營運專責機構，以有效推展最終處置計畫
- 放射性廢棄物已是既成事實，應共同面對問題，並以理性的態度及制度化的監督，循序逐步解決放射性廢棄物問題，以符合環境正義與世代正義

22

# 輻射防護與放射醫學科技

# 後福島民眾防護行動規範研擬

報告人：賴佳琳

中華民國106年01月18日

1

## 簡報大綱

- 一、計畫目的
- 二、執行現況評估
  - 階段性研究成果
  - 產出效益之應用
- 三、未來計畫需求
- 四、結語

2

## 一、計畫目的

---

### • 核子事故緊急應變民眾防護行動

- 目的：
  - (1) 防止民眾嚴重輻射確定效應的發生；
  - (2) 降低發生輻射機率效應的機率並抑低集體有效劑量。
- 採取防護行動的正當性：

建立一般準則(Generic Criteria)及實際可以執行防護行動的基準量(如以劑量率之操作干預基準)，做為放射性物質外釋時，執行民眾防護行動的基準。

3

## 一、計畫目的

---

- 本計畫為**兩年期計畫**，希望透過蒐集國際最新規範與法規，了解福島事故後國際最新民眾防護行動規劃與標準，作為修正我國「核子事故民眾防護行動規範」之參考。
- **第一年以事故應變初期**，**掩蔽、服用碘片與疏散**等民眾防護行動為主軸，提出實際量測值( $\mu\text{Sv/hr}$ )與預期輻射劑量作為操作干預基準之建議。
- **第二年以事故應變中後期**，**食物及飲水管制與事故後復原狀況**(如返家、學童上課)之操作干預基準及行動基準。

4

## 二、執行現況評估一階段性研究成果

### (一) 國際輻防概念演進

### (二) 日本福島事故後民眾防護行動規範修訂

5

#### 陽明大學研究團隊

項次	工作項目	工作時程 (月)											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	資料蒐集	■	■										
2	研析比較ICRP 60與ICRP 103於核災緊急應變的輻射防護體系的觀念與建議事項		■	■	■								
3	蒐集國際各國或組織(如IAEA、ICRP、IRPA)在日本福島事件後，對廠外應變管理與決策作為的省思與經驗回饋建議			■	■	■							
4	剖析日本於福島事故期間的應變決策作為與執行成效				■	■	■						
5	研析日本於福島事故後所作的緊急應變防護體系改革					■	■	■					
6	研究世界各國訂定的操作干預基準							■	■	■	■	■	
7	結案報告撰寫												■

## 長庚大學研究團隊

項次	工作項目	工作時程 (月)											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	資料蒐集	■	■										
2	研析比較ICRP 60與ICRP 103於核災緊急應變的輻射防護體系的觀念與建議事項		■	■	■								
3	蒐集國際各國或組織(如IAEA、ICRP、IRPA)在日本福島事件後，對廠外應變管理與決策作為的省思與經驗回饋建議			■	■	■							
4	剖析日本於福島事故期間的應變決策作為與執行成效				■	■	■						
5	研析日本於福島事故後所作的緊急應變防護體系改革						■	■	■				
6	研擬事故應變初期相關掩蔽、服用碘片與疏散等操作干預基準								■	■	■	■	
7	結案報告撰寫												■

## 階段性研究成果1：國際輻防概念演進

(1)ICRP No.60 (1991)

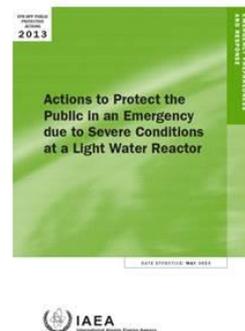
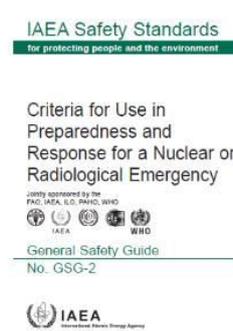
(2)ICRP No.63 (1992)

(3)ICRP No.103 (2007)

(4)ICRP No.109 (2009)

(5)IAEA GSG-2 (2011)

(6)IAEA ERP-NPP public protective actions (2013)



# 國際輻射防護概念演進



9

## ICRP103(新)與ICRP-60(舊)之緊急曝露比較



10

## 現行法規-1

民眾防護行動	干預基準
掩蔽	可減免劑量於2天內達10 mSv以上
疏散	可減免劑量於7天內達50-100 mSv
服用碘片	可減免甲狀腺約定等價劑量達100 mSv以上
暫時移居	30天之預期輻射劑量達30 mSv以上
考慮終止暫時移居	30天之預期輻射劑量在10 mSv以下
永久遷離	終身預期輻射劑量達1 Sv， 或暫時移居達一年以上。

11

核子事故民眾防護行動規範(民國94年)

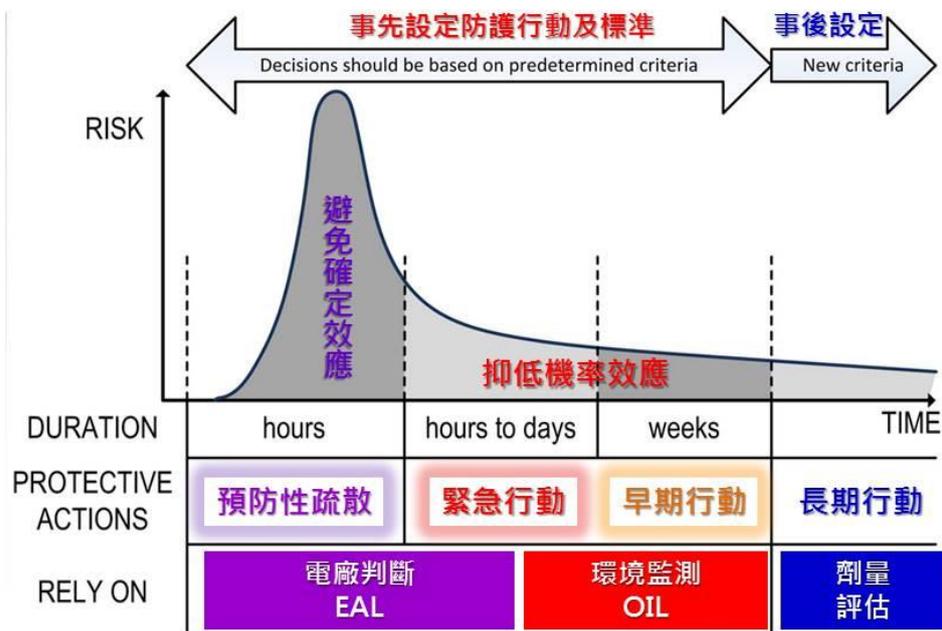
## 現行法規內容-2

放射性核種	行動基準 (千貝克/公斤)	
	一般食品	牛乳、嬰兒食品、飲水
銫-134, 銫-137, 鈾-103, 鈾-106, 銳-89	1 以上	1以上
碘-131		0.1 以上
銳-90	0.1以上	
鐳-241, 銻-238, 銻-239	0.01以上	0.001以上

12

核子事故民眾防護行動規範(民國94年)

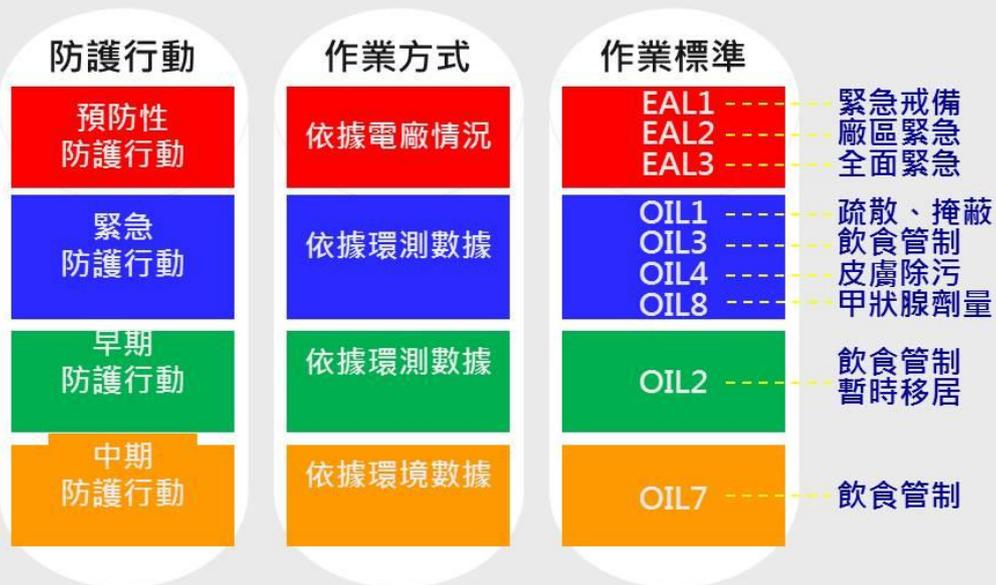
## 未來核子事故民眾防護行動執行方向



13

EAL OIL: operational intervention level 操作干預基準

## 緊急應變之民眾防護作業



EAL: emergency action level 緊急行動基準

OIL: operational intervention level 操作干預基準

14

# 國際組織與世界各國後福島之檢討與修訂



全球：OECD 2016 歐盟：EU 2013 北歐：NORDIC 2014 美國：EPA 2013



日本：NRA 2015 中國：GBZ/T 271-2016 韓國：2015

15

## 階段性研究成果2： 日本福島事故後民眾防護行動規範修訂

- (1) 日本原子力災害對策指針 (2012)
- (2) 日本「核能災害對策方針防護措施實施判斷基準(OIL：操作干預基準)的設定原則」(2013)
- (3) JAEA-Review-2013-015 (2013)
- (4) JAEA第21回「運用上の介入レベル (OIL) について」(2015年1月)

16

## 日本原子力防災對策的主要改變

- 捨棄以往使用電腦程式預估民眾劑量後，再決定防護行動之應變作法；改採IAEA建議以EAL、OIL為依據，事先預擬防護行動之行動規範。
- 緊急事故應變區劃分為PAZ、UPZ、EPZ三區，分別實施預防性行動、緊急行動、其他防護行動。
- 擴大UPZ範圍至30公里，區內增設環境偵測設施之數量，並且增強這些設施之各項功能。

PAZ : precautionary action zone  
 UPZ : urgent protective action planning zone  
 EPZ : emergency planning zone

17

## 日本訂定之OIL值

	IAEA *1		日本	Remarks
OIL1	1000 mSv /h	→ 1/2 →	500 mSv /h	數小時內完成疏散或掩蔽
OIL2	100 mSv /h	→ 1/5 →	20 mSv /h	一週內完成移居
OIL3	1 mSv /h	→ 1/2 →	0.5 mSv /h*2	食品飲水之篩檢
OIL4	1,000 cps*3 (60,000 cpm)	→ 2/3 →	40,000 cpm*4	Screening of evacuees
OIL6	3,000 Bq/kg*5	→ 2/3 →	Food : 2,000 Bq/kg *5 Water, milk : 300 Bq/kg *5	食品飲水之管制

\*1 GSG-2

\*2 Initiating measurements of radionuclide in food and drink as a preparatory action to prevent ingestion using OIL6.

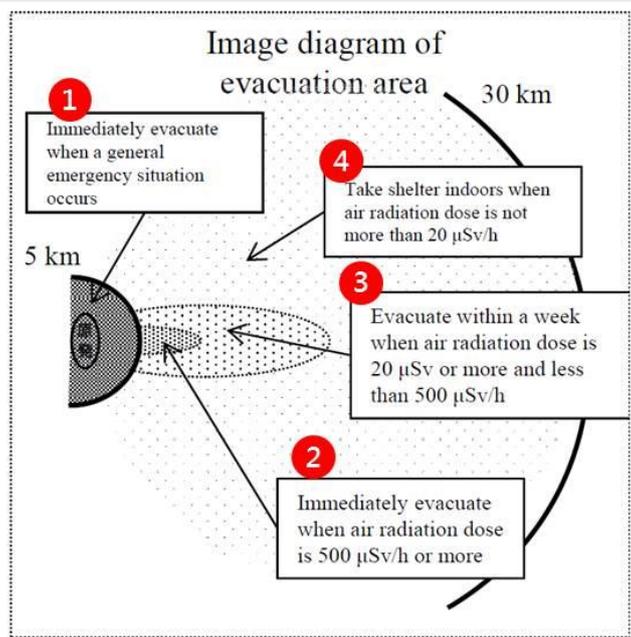
\*3 Effective window area of 15 cm<sup>2</sup>

\*4 Effective window area of 20 cm<sup>2</sup>

\*5 For I-131, selected as an example of OIL6.

18

## 日本OIL1、OIL2之防護行動



- ① 全面核子事故時，5公里PAZ範圍內立即疏散
- ② 當環測大於500 mSv/h之OIL1時，30公里UPZ範圍內立即疏散蔽
- ③ 當環測小於500 mSv/h之OIL1、但大於20 mSv/h之OIL2(移居標準)時，UPZ範圍內於一星期內疏散
- ④ 當環測小於20 mSv/h之OIL2時，UPZ範圍內實施掩蔽

19

## 二、執行現況評估—產出效益之應用

- 建立：Generic Criteria, EAL(已完成), OIL
- 判定：EAL(已完成), OIL
- 執行：EAL(已完成), OIL
- 「核子事故民眾防護行動規範」修訂
  - ◆ 數值修訂
  - ◆ 規範用詞修訂：預期輻射劑量、可減免劑量
  - ◆ 相關程序書修訂

20

## IAEA通用OIL

**緊急行動**  
7天100mSv

**早期行動**  
1年100mSv

**長期行動**  
1年100mSv



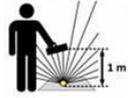
OIL1: 1000 mSv/h

緊急疏散



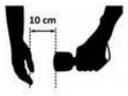
OIL2: 10天內: 100 mSv/h  
10天後: 25 mSv/h

移居標準



OIL3: 1 mSv/h

食物  
管制標準



OIL4: 1 mSv/h

人員除污  
醫檢標準



OIL7: <sup>131</sup>I: 1000 Bq/kg  
<sup>137</sup>Cs: 200 Bq/kg

食物  
管制標準



OIL8: <7歲: 0.5 mSv/h  
>7歲: 2 mSv/h

甲狀腺  
醫檢標準

21

## IAEA與日本OIL

	IAEA(100mSv)	日本(50mSv)	Taiwan(50 / 100)
OIL1	1000 mSv/h	500 mSv/h	500 / 1000
OIL2	100 mSv/h	20 mSv/h	50/100
OIL3	1 mSv/h	0.5 mSv/h	1 mSv/h
OIL4	60,000 cpm	40,000 cpm	60,000 cpm
OIL5	Gb: 100 Bq/kg Ga: 5 Bq/kg	無	因要求核種分析 故不需要OIL5
OIL6 (1)	<sup>131</sup> I: 3000 Bq/kg <sup>137</sup> Cs: 2000 Bq/kg	<sup>131</sup> I: 2000 Bq/kg <sup>137</sup> Cs: 1333 Bq/kg	IAEA假設15cm <sup>2</sup> GM 日本使用20cm <sup>2</sup> GM
OIL7 (2)	<sup>131</sup> I: 1000 Bq/kg <sup>137</sup> Cs: 200 Bq/kg	無	<sup>131</sup> I: 1000 Bq/kg <sup>137</sup> Cs: 200 Bq/kg
OIL8	<7歲: 0.5 mSv/h >7歲: 2 mSv/h	無	<7歲: 0.5 mSv/h >7歲: 2 mSv/h

22

(1) 適用於輻射污染事故：只有單一核種存在  
(2) 適用於核子事故：環測雖只分析關鍵核種，但所有核分裂及活化核種均存在

## 三、未來計畫需求

---

1. 持續進行：  
蒐集更新日本與國際間核子事故民眾防護行動規劃與標準。
2. 106上半年度：  
提出我國「核子事故民眾防護行動規範」修訂草案。
3. 106下半年度：
  - (1) 召開專家學者研討會，廣納各方專業意見；
  - (2) 進行最優化分析。
  - (3) 各部會座談與協商，進行雙向溝通以建立共識。

23

## 四、結語

---

1. 本年度計畫皆已順利執行完成。
2. 待106年度預算通過後，依前述規劃執行下一階段研究。
3. 提出我國「核子事故民眾防護行動規範」之修訂草案。
4. 需輻防處及偵測中心接手後續法規及程序書之修訂工作。

24

## 計畫名稱:給低劑量放射影像感測器 應用之多通道讀出電路晶片設計

報告人：梁鑫京

中華民國106年1月18日

1

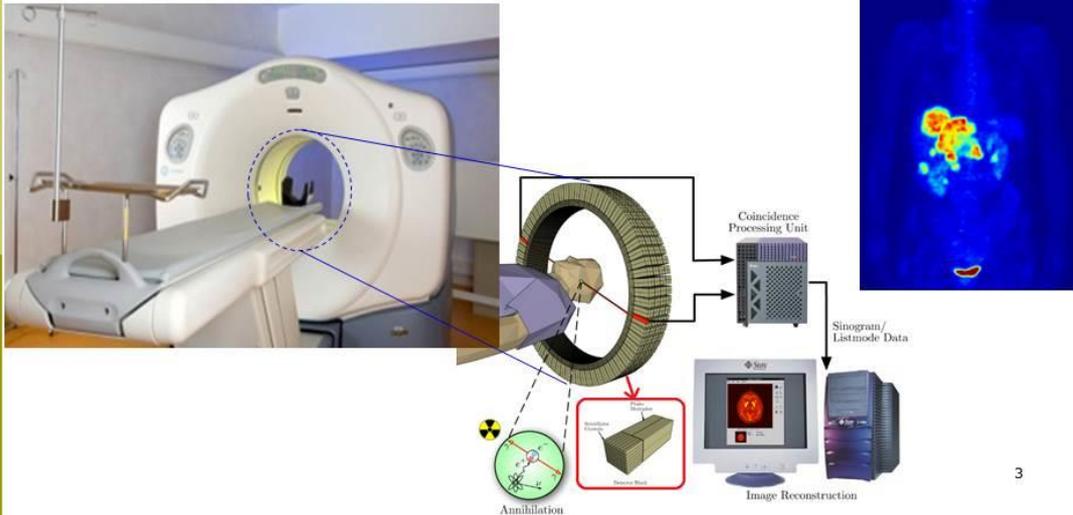
### 簡報大綱

- 一、計畫目的(2分鐘)
- 二、執行現況評估(8分鐘)
  - 階段性研究成果
  - 產出效益之應用
- 三、未來計畫需求(3分鐘)
- 四、結語(2分鐘)

2

## 計畫目的(1)

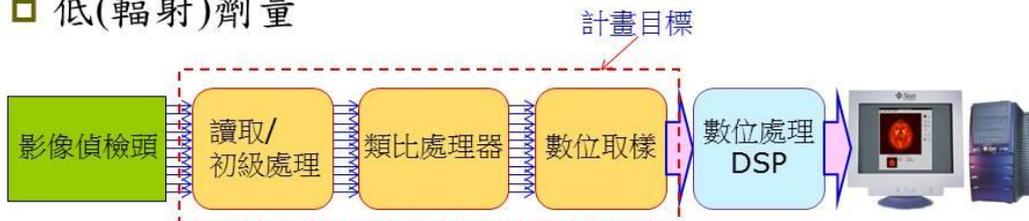
- ▣ 輻射影像儀器—以正子電腦斷層掃描儀PET (Positron emission tomography)為例



3

## 計畫目的(2)

- ▣ 針對本所研發之影像偵檢頭開發成像電子處理器
  - 符合偵檢頭規格/需求(訊號特性/多通道、平行處理)
  - 微型化電子
  - 輸出符合嵌入式系統業界通規
- ▣ Compact、節能
- ▣ 低(開發/儀器)成本
- ▣ 低(輻射)劑量

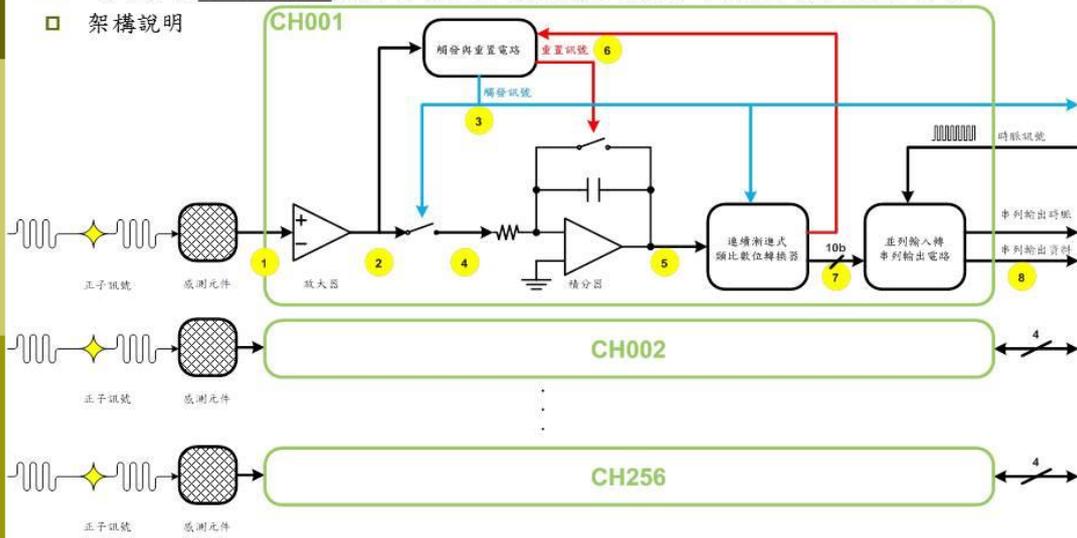


4

# 執行現況評估(1)

階段性研究成果

- 電路實現**解決方案1**:使用連續漸進式類比數位轉換器之偵檢探頭讀出晶片電路
- 架構說明



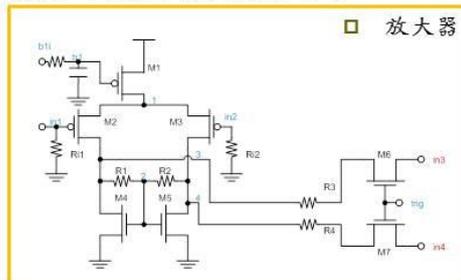
5

# 執行現況評估(2)

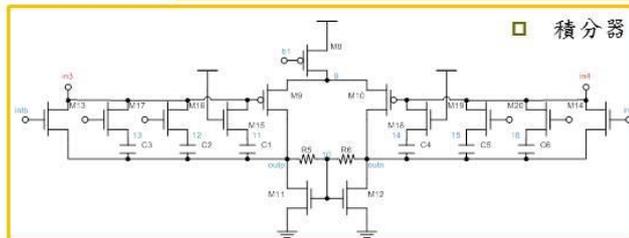
階段性研究成果

- 電路實現**解決方案1**:使用連續漸進式類比數位轉換器之偵檢探頭讀出晶片電路
- 放大器與積分器電路設計

規格項目	單位	模擬值
增益	dB	14.94
頻寬	MHz	126.56
相位邊限	°	90.854
增益頻寬	MHz	705.92
增益邊限	°	-15.668
積分飽和電流峰值	mA	2



□ 放大器



□ 積分器

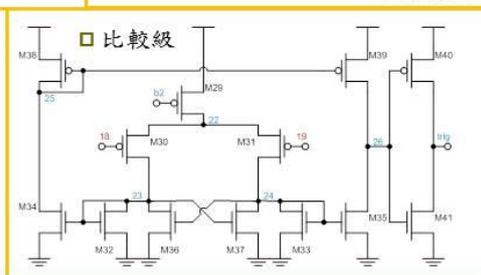
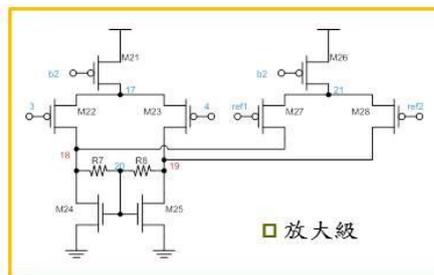
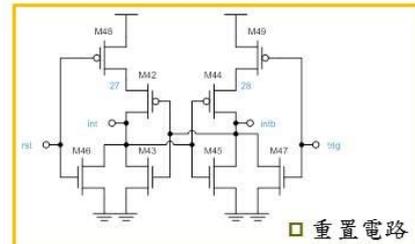
6

## 執行現況評估(3)

階段性研究成果

- 電路實現**解決方案1**:使用連續漸進式類比數位轉換器之偵檢探頭讀出晶片電路
- 觸發與重置電路設計

規格項目	單位	模擬值
延遲時間	n sec	3.601
上升時間	n sec	0.283
下降時間	n sec	0.281

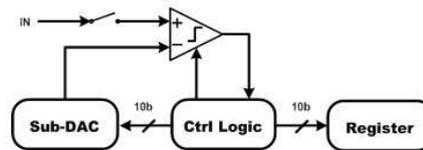


7

## 執行現況評估(4)

階段性研究成果

- 電路實現**解決方案1**:使用連續漸進式類比數位轉換器之偵檢探頭讀出晶片電路
- 連續漸進式(SAR)類比數位轉換器(ADC)



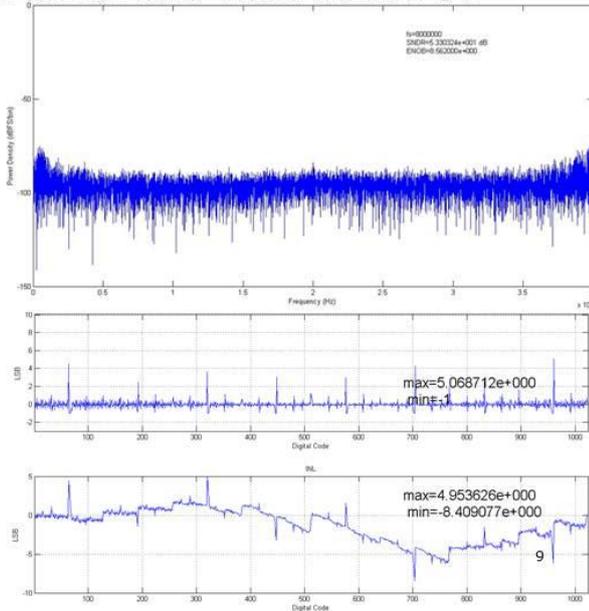
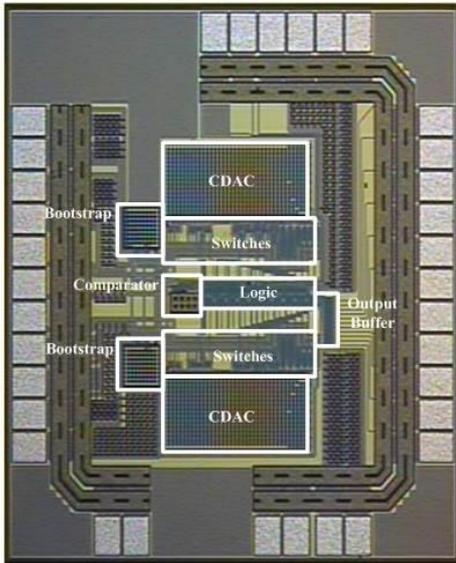
規格項目	單位	量測值
Resolution解析度	Bit	10
Sampling Rate 取樣率	MS/s	8
ENOB 有效位元數	bit	8.562@8MS/s
DNL 差分非線性誤差	LSB	5.07/-1
INL 積分非線性誤差	LSB	4.95/-8.41
Power功率	$\mu$ W	777
Figure of Merit	fJ/conversion-step	279

8

## 執行現況評估(5)

階段性研究成果

- 電路實現**解決方案1**:使用連續漸進式類比數位轉換器之偵檢探頭讀出晶片電路
- SARADC實測結果

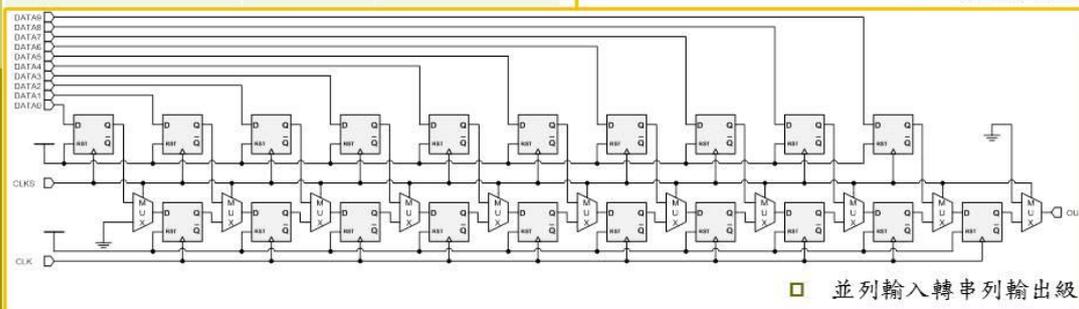
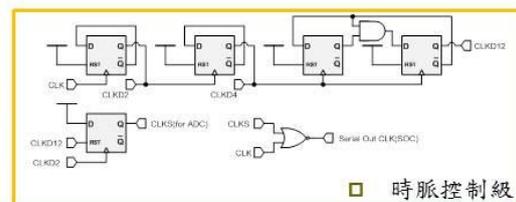


## 執行現況評估(6)

階段性研究成果

- 電路實現**解決方案1**:使用連續漸進式類比數位轉換器之偵檢探頭讀出晶片電路
- 並列輸入轉串列輸出電路設計

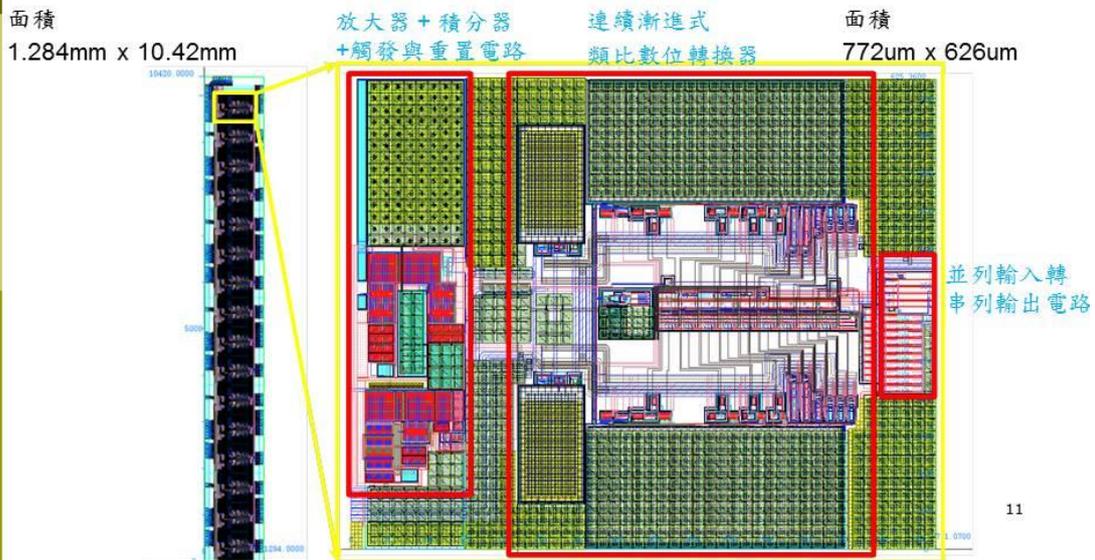
規格項目	單位	模擬值
並列輸入通道	通道個數	10
串列輸入通道	通道個數	1
並列輸入時脈頻率	MHz	8
串列輸出時脈頻率	MHz	96



## 執行現況評估(7)

階段性研究成果

- 電路實現解決方案1:使用連續漸進式類比數位轉換器之偵檢探頭讀出晶片電路
- 16通道晶片以及單通道電路布局平面圖



## 執行現況評估(8)

階段性研究成果

- 電路實現解決方案1:使用連續漸進式類比數位轉換器之偵檢探頭讀出晶片電路
- 晶片規格

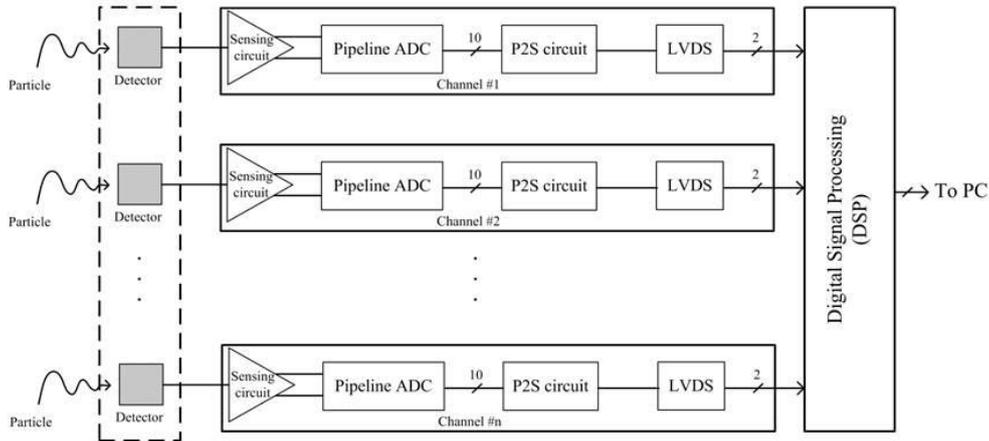
規格項目	單位	模擬值
操作電壓	V	3
輸入訊號通道數	通道個數	16
輸出訊號通道個數	通道個數	64
輸入工作時脈	MHz	96
類比數位轉換有效位元數	位元數	8.562
電路觸發延遲時間	n sec	3.601
積分電流峰值範圍	A	1μ ~ 1m
串列輸出時脈頻率	MHz	96
單通道功率消耗	mW	25
16通道晶片面積	mm <sup>2</sup>	1.284 x 10.420

12

## 執行現況評估(9)

階段性研究成果

- 電路實現**解決方案2**:使用管線式類比數位轉換器之偵檢探頭讀出晶片電路
- 架構說明



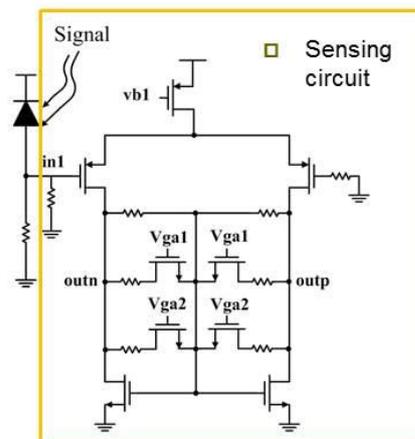
13

## 執行現況評估(10)

階段性研究成果

- 電路實現**解決方案2**:使用管線式類比數位轉換器之偵檢探頭讀出晶片電路
- 放大器電路設計

規格項目	單位	模擬值
Supply voltage	V	3
Gain	dB	18 / 13
Bandwidth	MHz	155/152
Phase margin	°	83.6/91.4
Sat-peak current	uA	476 / 925
Power	mW	3.3

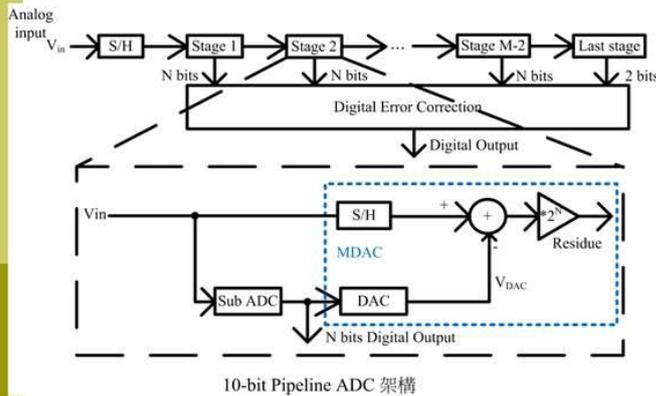


14

# 執行現況評估(11)

階段性研究成果

- ❑ 電路實現**解決方案2**:使用管線式類比數位轉換器之偵檢探頭讀出晶片電路
- ❑ 管線式(pipeline)類比數位轉換器(ADC)



規格項目	單位	模擬值
Resolution	Bit	10
Sampling Rate	MS/s	50
ENOB	bit	9.22
DNL	LSB	0.344/-0.25
INL	LSB	0.241/-0.308
Power	mW	70
Supply voltage	V	1.8

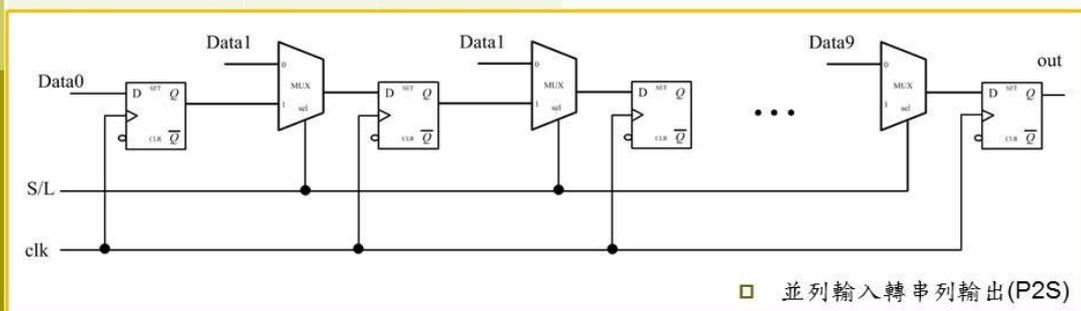
15

# 執行現況評估(12)

階段性研究成果

- ❑ 電路實現**解決方案2**:使用管線式類比數位轉換器之偵檢探頭讀出晶片電路
- ❑ 並列輸入轉串列輸出電路

規格項目	單位	模擬值
並列輸入通道	通道個數	10
串列輸入通道	通道個數	1
並列輸入時脈頻率	MHz	50
串列輸出時脈頻率	MHz	600



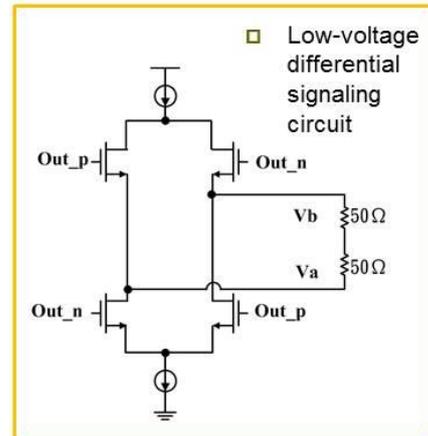
16

## 執行現況評估(13)

階段性研究成果

- 電路實現**解決方案2**:使用管線式類比數位轉換器之偵檢探頭讀出晶片電路
- 後級驅動LVDS電路設計

規格項目	單位	模擬值
Supply voltage	V	1.8
Data rate	Gb/s	3
Eye height	V	0.3
Jitter	ps	5.35
Power	mW	8.6



17

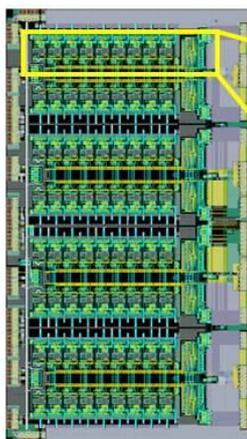
## 執行現況評估(14)

階段性研究成果

- 電路實現**解決方案2**:使用管線式類比數位轉換器之偵檢探頭讀出晶片電路
- 8通道晶片以及單通道電路布局平面圖

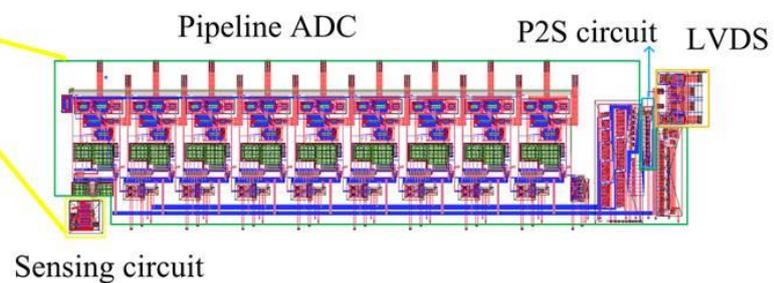
面積

3.879mm x 6.929mm



面積

2906um x 810um



18

# 執行現況評估(15)

階段性研究成果

- 電路實現**解決方案2**:使用管線式類比數位轉換器之偵檢探頭讀出晶片電路
- 晶片規格

規格項目	單位	模擬值
操作電壓	V	3
輸入訊號通道數	通道個數	8
輸出訊號通道個數	通道個數	16
輸入工作時脈	MHz	50
類比數位轉換有效位元數	位元數	9.22
輸入訊號範圍	μA	0 ~ 200
串列輸出時脈頻率	MHz	600
功率消耗	mW	800
8通道晶片面積	mm <sup>2</sup>	3.879 x 6.929

19

# 執行現況評估(16)

產出效益之應用

- 現行放射類大型醫療診察設備皆是以專屬傳統電子系統配合其偵檢探頭組成，成本造價非常昂貴，本案的積體電路化讀取電子整合嵌入式系統概念，可達成高影像性能之偵檢探頭的緊緻模組化，進一步以低成本探頭模組建構各種高價影像系統/儀器，除可促進業者提升產業競爭力，連帶促進高品質低劑量的影像診療儀器普及，促進國民健康同時降低社會醫療成本。

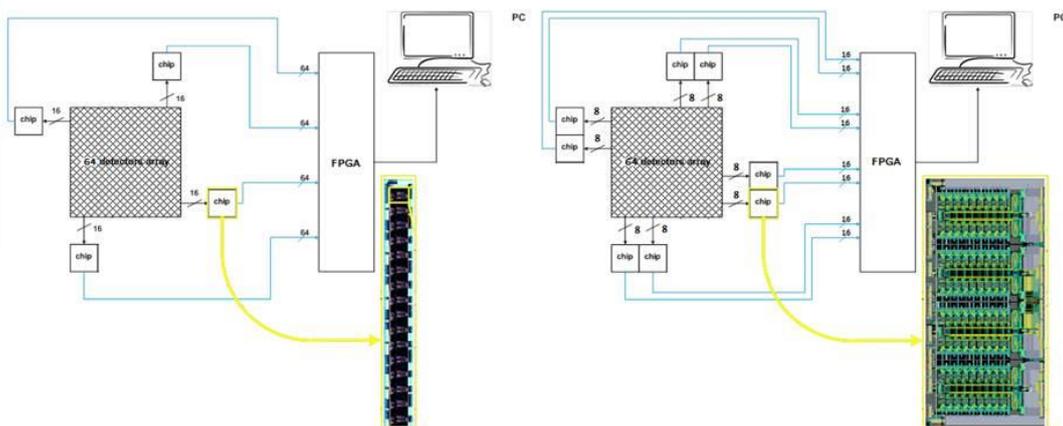


20

## 未來計畫需求(1)

### □ 電路晶片實測規劃

→開發二組64通道影像偵檢器+對應電路板→供二組晶片實測→以FPGA開發板擷取資料，轉送電腦供檢測驗證。



21

## 未來計畫需求(2)

- 未來在模組化探頭開發時，讀取晶片至DSP晶片之間所需的訊號傳輸接線高達512~1024通道之多。對於PCB的規畫以及訊號抗干擾的設計都是一大挑戰，若是能進一步將DSP系統整合至晶片中，只拉出與電腦溝通的訊號傳輸接線，將可以大幅度降低PCB設計難度、提升訊號品質，並提高模組開發成功率。
- 整合數位處理、獨立參數調整、先進製程等工作都是後續探頭電子系統晶片化尚待研發的事項，皆須要一定的研發成本投入，期望後續的經費補助與支持。

22

## 結語

---

- 本計畫執行的成果為設計出二顆給影像探頭使用之前端讀出電路晶片，目前晶片尚於製作當中。
- 此二讀出晶片皆具備獨立且平行的多通道處理器電路，整合了訊號讀取、類比處理器與(十位元)類比數位轉換器等功能，是相當複雜且大規模的電路整合。
- 此計畫後續尚有數個階段的研發工作仍須努力，包括晶片效能的改善和系統的整合並測試，才能助益於低成本高性能的醫療儀器產品問世。

23

---

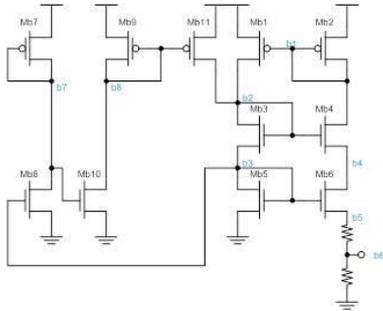
報告完畢  
敬請指教

24

## 執行現況評估(4)

階段性研究成果

- PET讀出電路1:使用連續漸進式類比數位轉換器之核醫成像應用讀出晶片電路
- 偏壓電路



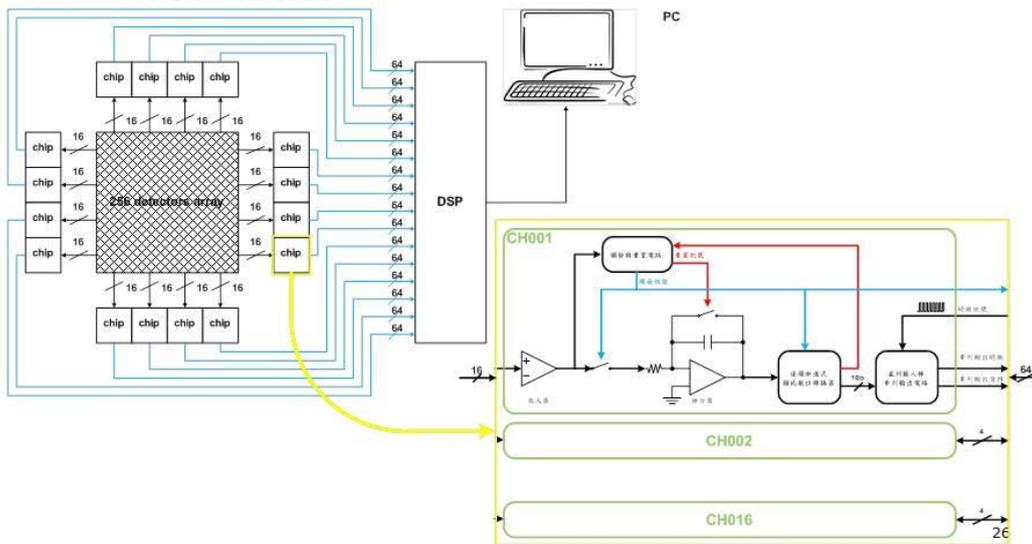
- 為放大器、積分器以及觸發與重置電路的偏壓電路
- Mb1~Mb6 為偏壓電路(Bias)
- Mb7~Mb10 為啟動觸發電路(Start-up)

規格項目	單位	模擬值
偏壓電壓	V	1.016
蒙地卡羅變異	mV / $\sigma$	16
供給電壓變異	mV / V	8.3
溫度變異	ppm/ $^{\circ}\text{C}$	28 @-20~120 $^{\circ}\text{C}$

25

## 未來計畫需求(1)

- PET讀出電路1:使用連續漸進式類比數位轉換器之核醫成像應用讀出晶片電路
- 256通道電路板實測規劃



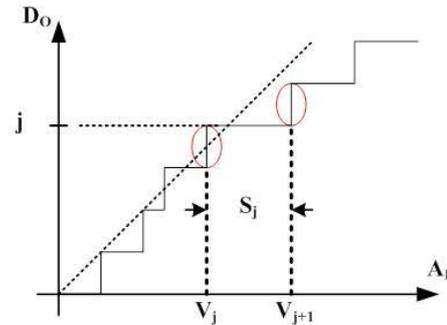
## 差分非線性誤差

階段性研究成果

### □ Differential Non-Linearity (DNL)

$$DNL(D_j) = \frac{(V_{j+1} - V_j) - LSB}{LSB} = \frac{S_j - LSB}{LSB} (LSB)$$

- DNL can be  $>1$  LSB, but can not be  $<-1$  LSB.
- If  $DNL = -1$  LSB, a code is missing.
- DNL generates noise. It also generates spurious tones when the input variation is small.



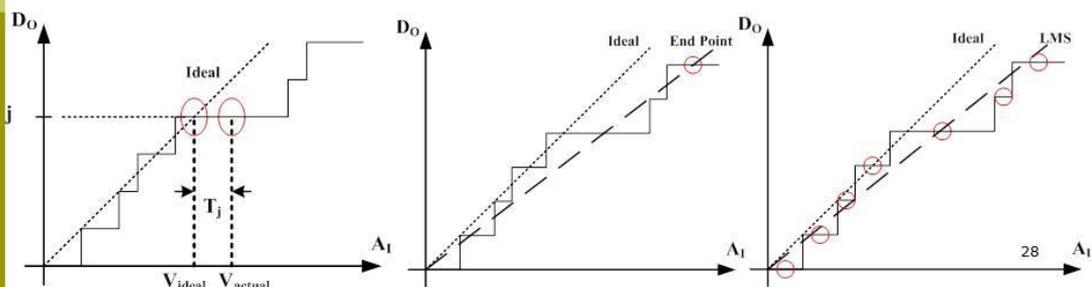
27

## 積分非線性誤差

階段性研究成果

### □ Integral Non-Linearity (INL) $INL(D_j) = \frac{(V_{actual} - V_{ideal})}{LSB} = \frac{T_j}{LSB} (LSB)$

- Two definitions: end-point INL and List Minimum Square (LMS) INL.
- INL can be any values.
- INL gives rise to real distortion. It generates harmonic tones when the input variation is large.



28

# 非醫療用途安檢設備之輻射 安全管制建議研析

原能會輻射防護處

報告人：聶至謙

中華民國106年1月18日

1

## 簡報大綱

- 一、計畫目的
- 二、執行現況評估
  - 2.1 階段性研究成果
  - 2.2 產出效益之應用
- 三、未來計畫需求
- 四、結語

2

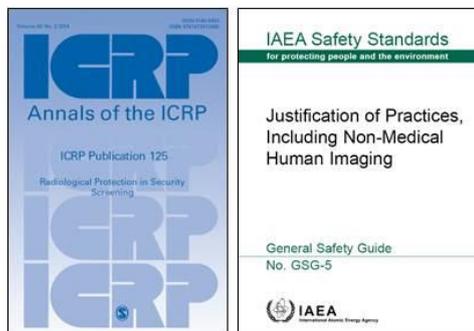
## 一、計畫目的

- 為確保飛航及國土安全，國際上已有許多國家使用非屬醫療行為，但直接照射人體之X光掃描儀，如於機場內建置X光人體掃描儀，以提供查緝旅客是否藏匿違禁物品或爆裂物之研判依據。
- 在過去，利用游離輻射進行安全檢查僅在少數情況下才會被考慮，其被認為是不適合於一般公眾的安全檢查方式。
- 增加使用游離輻射對人員進行安全檢查之主要因素：
  - (1) 成像系統之輻射劑量非常低
  - (2) 因應恐怖攻擊威脅，提升更高之安全性
- 非醫療用途之人體安檢掃描在近幾年的應用，衍生相關隱私權爭議，其產生之輻射劑量、誘發之健康效應及使用的正當性在國際間有諸多的爭議與討論。

3

## 一、計畫目的(續)

- 國際輻射防護委員會(ICRP)及國際原子能總署(IAEA)等國際組織已於2014年提出最新之非醫療用途安檢的游離輻射源規範、正當性探討及相關輻射安全建議，而國內目前未特別針對X光人體掃描儀訂有相關管制規範。
- 本委託研究計畫針對這些最新文獻與報告進行研析，歸納彙整後提出具體建議，可作為本會對國內安檢輻射作業管制之參考。



4

## 二、執行現況評估

---

### 2.1 階段性研究成果

### 2.2 產出效益之應用



5

## 2.1 階段性研究成果(1)

---

### 工作項目

1. 調查與彙整國際間使用X光人體掃描儀進行安檢之現況，包括目前安檢使用之各種設備概況。
2. 蒐集與研析國際上使用X光人體掃描儀進行安檢之法令、及規定等相關文獻。
3. 研析ICRP 125報告及IAEA GSG-5報告，了解國際組織對使用X光人體掃描儀進行安檢之最新趨勢與建議。
4. 提出X光人體掃描儀使用之正當性探討、輻射安全管制之具體建議

6

## 2.1 階段性研究成果(2)

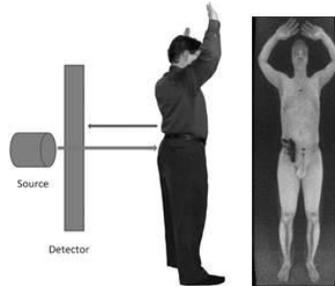
### 非醫療用途輻射安檢(人體)設備種類

#### □ 回散射式檢測系統 Backscatter detection system

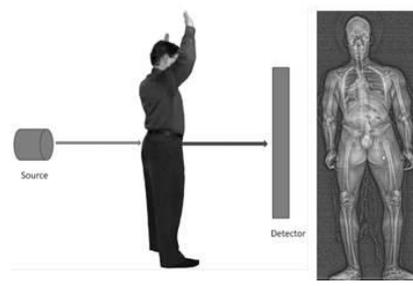
使用游離輻射(如X光)的安全檢查裝置，通過測量從物體散射的輻射以產生圖像。輻射源和檢測器位於物體的同一側。

#### □ 穿透式檢測系統 Transmission detection system

使用游離輻射(如X光)以測量穿透物體之輻射來產生圖像的安全檢查裝置。輻射源和檢測器位於物體的相對側。



回散射式檢測系統



穿透式檢測系統

7

## 2.1 階段性研究成果(3)

### 國際間使用X光掃描儀進行安檢之背景與現況

#### □ 1969 ICRP 15

不建議使用。如果允許，則須在放射科醫生的監督下使用。

#### □ 1971 ICRP Statement

發生多次飛機劫持國際事件，提出建議：搭航空班機乘客的安全檢查是有正當性，但須在放射科醫生的監督下使用。

#### □ 1977 ICRP 26

與ICRP 15建議類似，考慮安檢之外的非醫學人體掃描的其他情況：職業，醫療法律或保險目的而以輻射進行的人體檢查。

#### □ 1977 WHO技術報告

只有當沒有令人滿意且具有較低風險的替代方法時才應這樣做，並強調需要管理劑量以達防護最適化(非醫療目的使用游離輻射於人體檢測-檢測武器)。

#### □ 2003 NCRP 16

提供了關於人體安全檢查的建議。

8

## 2.1 階段性研究成果(4)

### 國際間使用X光人體掃描儀進行安檢之背景與現況(續)

#### □ 2007 ICRP 103

描述除非有特殊情況，非醫療目的的人體掃描成像應視為不正當的。未包括安全檢查的具體應用。

#### □ 2008 美國輻射標準機構間指導委員會 (ISCORS)

就安檢系統的正當性以及如果安檢是正當的，應採取的輻射防護措施提供了指導。

#### □ 2011 IAEA GSR Part 3

使用輻射檢測隱藏物體的人體成像可用於構成國家安全威脅的犯罪行為，由政府決定其正當性。

#### □ 2014 ICRP 125

提出了最新之非醫療用途安檢的游離輻射源規範、正當性探討。

#### □ 2014 IAEA IAEA GSG-5

提出了最新之非醫療用途安檢的相關輻射安全建議與要求。

9

## 2.1 階段性研究成果(5)

### 輻射曝露標準及相關安全問題

#### □ 2002 美國國家標準協會 (ANSI)

訂定一次掃描的有效劑量限值為 $0.1 \mu\text{Sv}$  (ANSI, 2002)，1年內任何單一安全檢查設施對個人的有效劑量不得超過 $0.25 \text{mSv}$ 。

#### □ 2009 美國國家標準協會 (ANSI)

更新ANSI 2002標準，訂定一次安檢（可能涉及多次掃描）的有效劑量限值為 $0.25 \mu\text{Sv}$ ，1年之有效劑量不得超過 $0.25 \text{mSv}$ 。

#### □ 2010 國際電工委員會(IEC) IEC-62463

發布用於個人安全檢查系統X射線的國際標準，為安全檢查系統提供輻射性能標準。



10

## 2.1 階段性研究成果(6)

### 安檢用之X光人體掃描儀現況

- ❑ 美國在**1998年**，由食品和藥物管理局（FDA）的輻射安全專家小組評估Secure 1000 X光人體掃描機器，認可掃描將有誘發健康風險提升之可能。
- ❑ **2009年**12月25日，從阿姆斯特丹到底特律的一架飛機企圖引爆隱藏在衣服下的爆炸性粉末的失敗，引起了對飛航安全性的擔憂。許多人的注意力集中在使用人體掃描儀，可以揭示隱藏在乘客的衣服內的非金屬爆裂物品。
- ❑ 美國運輸安全管理局在**2010年**提升對掃描儀安全的與旅客的隱私之關注。
- ❑ **2012年**9月歐盟委員會裁定**使用X光人體掃描儀導致罹患癌症的風險“接近零”**，但他們在布魯塞爾立法**決定將之”不列為建議使用之安檢設備”**。

11

## 2.1 階段性研究成果(7)

### 安檢用之X光人體掃描儀現況

- ❑ **2011年**8月，近500部先進成像技術的全身掃描儀，用於美國各地的78個機場。其中使用回散射技術及毫米波儀器約各半。
- ❑ **2012年**，在美國已經有140個機場，安裝了600多部使用X射線技術成像的全身掃描儀。
- ❑ **2013年**1月美國TSA宣布，在2013年6月全面撤除全美機場可透視人體的X光掃描機，只用呈現身體輪廓的毫米波掃描機。
- ❑ **2016年**中國大陸仍有部分機場使用人體X光掃描機。



人體X光掃描機 毫米波掃描機

12

## 2.1 階段性研究成果(8)

### □ ICRP 125號報告要點：

1. 為了安全目的使用游離輻射來檢查個人是一種特殊情況，需詳細評估其正當性。不應假定使用游離輻射進行安全檢查通常是合理的或可接受的。
2. 對於使用游離輻射進行安全檢查是否具正當性，應考慮所有相關因素，包括安檢目標（威脅，脆弱性和後果）的定義、輻射技術完成安檢目標的程度，安檢過程的放射性曝露，可用於減少曝露的替代方案，以及一些個體群體每年可能招遭受大量安檢的可能性。
3. 採用特定安全檢查技術的正當性決定將包括輻射防護以外的許多因素（如社會、經濟）。
4. 為了安全目的而被安檢之個人曝露應歸屬於公眾曝露。無論是否因個人選擇或由於其工作職責而被安檢。

13

## 2.1 階段性研究成果(9)

### □ ICRP 125號報告要點：(續)

5. 以游離輻射進行安檢之防護最適化，應包括考慮完成安檢目標所需的曝露次數、每次曝露的劑量和避免額外（或重複）的曝露。
6. 安檢系統的設計和操作期間應採取防護的最適化，並應考慮被安檢之個體的曝露、未被安檢但可能在安檢作業附近之個體的曝露，以及操作和維持安檢系統的個體。應建立劑量約束，並用於最適化這些群體的每一個體的防護。
7. 適當採取正當化和最適化之防護體系，將為接受安全檢查系統曝露的任何人提供充防護。



14

## 2.1 階段性研究成果(10)

### □ ICRP 125號報告主要建議：

1. 在決定採用X光安檢技術前，應仔細考慮檢查的正當性。鑑於潛在威脅和可用於安檢的技術的迅速發展，應定期審查安檢的正當性。
2. 使用游離輻射的安全檢查應視為計畫曝露情況。為安全目的安檢的個人曝露應被視為公眾曝露。
3. 如果確定是正當的，則安檢應遵守適當的法規體系，達到防護最適化，授權和檢查，以確保運行中的輻射安全。
4. 用於各種類型的安全檢查設備，應該採用達到共識標準設計規範的系統，如國際電工委員會(IEC)，國際標準組織(ISO)和美國國家標準協會(ANSI)。

15

## 2.1 階段性研究成果(11)

### □ IAEA GSG-5報告主要內容與建議：

- 涵蓋了應當考慮的要素以及在確定是否有必要採用特定類型的做法時應當採用的程序，並提出輻射使用建議，主要是醫療診斷，醫療治療或生物醫學研究以外的其他目的的人體成像，例如機場的安全檢查。
- 正當化的原則是作業必須對曝露的個人或社會產生積極的淨利益。不僅限於與輻射相關的後果，亦應考慮經濟，社會和環境因素。
- 確定正當化的過程與決定可能因國而異。
- 政府或主管機關（視情況而定）應明確說明被認為正當的作業類型
- 使用輻射檢測隱藏物品以防止走私目的或構成國家安全威脅的犯罪行為之人體成像通常應被視為不正當。如果在特殊情況下，政府或主管機關決定考慮這種人體成像的正當化，則應適用[GSR Part 3]的要求。

16

## 2.1 階段性研究成果(12)

### □ IAEA GSG-5報告主要內容與建議：(續)

- 在主管機關負責決定某種類型的做法的正當性的情況下，**組建和諮詢諮詢機構**。主管機關應確保向諮詢機構提供足夠的信息，以便其成員能夠了解與輻射曝露相關的風險，並能夠將這些風險與其他風險進行檢視。
- 如果主管機關**決定某種特定類型的做法是正當的**，那麼**主管機關應該對該類做法行使其正常的管制**。
- 如果主管機關有責任確保某種類型的作業是正當的，則**申請人向主管機關提供的信息應包括以下內容**：
  - (1) **申請人姓名及聯繫方式**。
  - (2) **作業類型的描述**，附圖和圖表。
  - (3) **將使用的輻射源的全面特性**，以及**將採取的措施**，以確保安全和減少放射性後果。
  - (4) **評價作業類型的利益和損害**，包括輻射損害。評價應包括經濟、社會、健康和**安全、廢物管理、回收、環境影響和除役方面**。**輻射損害的評估應涵蓋預期曝露的程度和可能性**，以及對**潛在曝露的評估**。
  - (5) **指明預期的作業類型的使用程度**。

17

## 2.1 階段性研究成果(13)

### □ IAEA GSG-5報告主要內容與建議：(續)

- **諮詢機構**：
  - (1) **應審查與評估對這類作業要求的利益**，如有必要，應與有關各方 協商；
  - (2) **應審查與評估預期由這種類型的做法產生的所述損害**，包括輻射損害，並在必要時，應就申請人損害評估的充分性做進一步的資料提供和說明；
  - (3) **應向主管機關提交報告**，並作出**正當性之建議**。
- GSR第3部分將考慮這些特殊情況的**正當化的責任提交給政府**。**各國政府必須考慮**：
  - (1) **實施人體成像程序的好處和壞處**；
  - (2) **不實施人體成像程序的好處和壞處**；
  - (3) **與引入人體成像程序類型相關的任何法律或道德問題**；
  - (4) **人體成像程序的有效性和適用性**，包括輻射設備是否適用於預期用途；
  - (5) **有足夠的資源在作業期間能安全地進行人體成像程序**。

18

## 2.1 階段性研究成果(14)

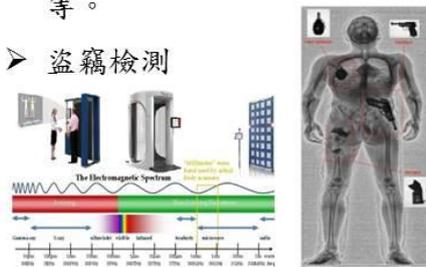
### □ IAEA GSG-5報告主要內容與建議：(續)

#### □ 第一類(Category 1)

- 在醫療輻射設施中，使用醫療放射設備，由放射醫療人員執行，由放射醫生/醫生查看圖像。為了：
  - 獲取法律證據
  - 保險目的
  - 就業目的
  - 移民目的
  - 年齡確定
  - 評估生理適應性/狀態
  - 檢測個人體內的藥物

#### □ 第二類(Category 2)

- 在非醫療設施(通常在公共場所)，使用專業檢查成像設備，由非放射醫療人員執行及查看圖像。為了：
  - 隱藏武器或違禁物品的檢測：
    - 航空公司乘客；通過國家邊境的人；訪問監獄者，進入法院、公共建築等。
  - 盜竊檢測



19

## 2.1 階段性研究成果(15)

### □ IAEA GSG-5報告主要內容與建議：(續)

- GSR part 3規定，如果一種涉及使用輻射於非醫學以外目的之人體成像的作業被確定為正當，那麼該作業需要受到管制。應當在特定條件下對這類作業的特定應用進行授權，對進行這種成像的設施進行檢查以及執行管制要求。
- 主管機關與其他相關主管部門及專業機構合作，確定對安檢作業的監管控制要求，包括確定劑量限制，以及定期審查正當化。
- 當有新的資訊或技術可用時，可能需要重新審查正當化決定。



20

## 2.1 階段性研究成果(16)

### □ IAEA GSG-5報告主要內容與建議：(續)

- 在第2類檢查程序(安檢)中曝露於輻射的人員應該享有與公眾相同的防護基準，同樣受到針對該類作業的劑量約束。
- GSR第3部分要求所有使用游離輻射檢查成像裝置進程序的受檢人員，應被告知在可能的情況下請求使用非游離輻射替代檢查技術的可能性。



21

## 2.2 產出效益之應用(1)

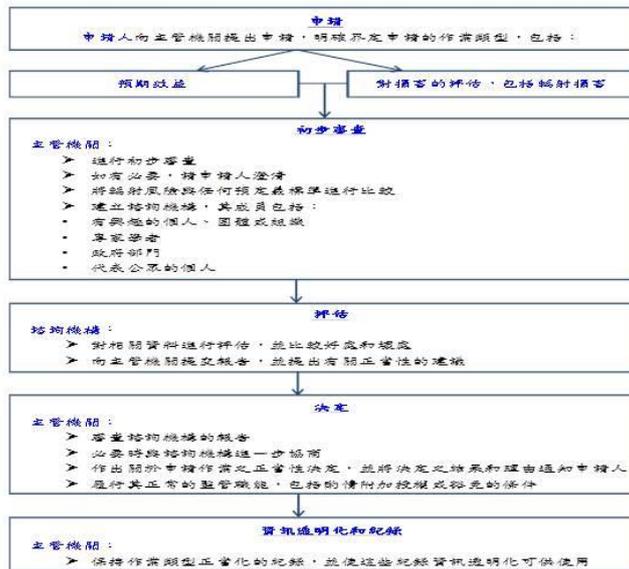
### 安檢用X光人體掃描儀之正當性探討、輻射安全管制之具體建議：

- 當申請者提出申請時，主管機關有責任評估人體X光安檢掃描之正當性。
- 正當性的評估必須考慮：
  - (1) 安檢目標的定義(實施與不實施人體成像程序的好處和壞處)
  - (2) 輻射技術完成安檢目標的程度
  - (3) 安檢過程的輻射劑量以及一些個體群體每年可能招遭受大量安檢的可能性
  - (4) 可用於減少曝露的替代方案
  - (5) 引入人類成像程序類型相關的任何法律或道德問題
- 如評估結果為具正當性，用於各種類型的安全檢查設備，應該採用如國際電工委員會(IEC)和美國國家標準協會(ANSI)的標準設計規範要求。

22

## 2.2 產出效益之應用(2)

### 主管機關決定某種類型作業的正當性的過程



23

## 2.2 產出效益之應用(3)

### 安檢用X光人體掃描儀之輻射安全審查建議：

建議審查項目	審查標準
一般文件	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 一般文件審查項目可依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第18條規定辦理。</li> <li>2. 輻射安全測試報告應含檢查區域內之劑量分佈結果，明確指出檢查區域內最大劑量之參考點位置。</li> <li>3. 申請文件內容除上述規定外，還應包括以下內容：               <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 作業類型的描述，附圖和圖表。</li> <li>(2) 將使用的輻射源的全面特性以及將採取的措施。</li> <li>(3) 評估作業的利益和損害，評估應包括對社會、民眾健康和環境影響、設備除役，以及涵蓋預期曝露的程度和可能性、對潛在曝露的輻射損害等方面。</li> <li>(4) 指明預期作業類型的使用程度，包括使用頻率與次數估計。</li> </ol> </li> </ol>
濾片	X光射束出口表面的總濾片厚度應不小於1毫米(mm)的鋁當量。
指示器	當掃描正在進行時，須有至少一個指示器顯示“掃描正在進行”。

24

## 2.2 產出效益之應用(4)

### 安檢X光人體掃描儀之輻射安全審查建議：(續1)

建議審查項目	審查標準
控制系統	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 控制系統的電源應由鑰匙開啟。電源開啟後鑰匙無法抽離，且開啟電源並不會直接導致輻射發射。</li> <li>2. 每種操作模式之管電壓和管電流應當由製造商預先設定，且不得由系統操作員更改。操作模式之電壓和電流應在工程師或維修人員需要時可顯示。</li> <li>3. 需要工具或鑰匙才能打開或控制面板，此部分至少需要一個安全連鎖裝置。</li> <li>4. 須確保操作人員可清楚看見檢查區域內的情況，並須確保受檢者不會再誤入掃描檢查區。</li> <li>5. 系統機台上應有警語，如：“警告:電源開啟後會產生X射線”</li> <li>6. 預設時間到時，X射線會自動停止發射。</li> </ol>
安全連鎖設定	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 對於受測人員固定不動的系統中，X-射線的掃描運動應有安全連鎖設計，當X-射線光束的移動掃描的速率低於預設的最小速度時，照射應被終止。最小速度的條件須確保其劑量在限值範圍內。</li> <li>2. 在任何系統問題發生的情況下，安全連鎖裝置應終止可能會導致異常或意外的主輻射。包括：意外的停止掃描移動或掃描動作減慢、異常的X光輸出、安全系統的電腦故障、無法自動停止照射等。</li> </ol>

25

## 2.2 產出效益之應用(5)

### 安檢X光人體掃描儀之輻射安全審查建議：(續2)

建議審查項目	審查標準
檢查區域內參考點(最大劑量處)之周圍等效劑量H*(10)	<p><math>H^*(10) &lt; 0.4 \mu\text{Sv}</math> (回散射系統)</p> <p><math>H^*(10) &lt; 5 \mu\text{Sv}</math> (穿透式系統及組合式系統)</p> <p>註:本標準參考IEC標準制定</p>
X光安檢設備外之周圍等效劑量H*(10)	<p><math>H^*(10) &lt; 2.5 \mu\text{Sv/h}</math></p> <p>當<math>H^*(10) &gt; 2.5 \mu\text{Sv/h}</math>時，則製造商應提供距X光安檢設備任何外部表面超過30公分外之的該值(2.5微西弗/小時)的等劑量曲線輪廓範圍。</p> <p>註:本標準參考IEC標準制定</p>

26

### 三、未來計畫需求

- 雖然非醫療用途人體X光安檢設備對受檢者造成之劑量低，健康風險小，但目前國際社會仍普遍因隱私權問題等其他政治性因素，暫時不建議使用；然而目前對影像技術已有改善作法，可排除個人隱私受侵犯的問題，如未來國際恐怖攻擊加劇，致使飛安問題有嚴重風險或其他條件等，仍不排除非醫療用途人體X光安檢設備有重新使用的可能性。
- 為因應與預先準備後續發展可能，針對非醫療用途人體X光安檢設備之**輻射檢測程序**與設備運作之**品保要求規範**之預先建立，仍有其不可排除之必要性與重要性。

27

### 四、結語

- 本委託研究計畫蒐集與研析國際上相關使用X光掃描儀進行安檢之法令及審查規定(包括ICRP 125及IAEA GSG-5報告)，並提出國際組織對使用X光掃描儀進行安檢之最新趨勢與建議。
- 本計畫亦提出人體X光安檢掃描之正當性決定程序探討、以及輻射安全管理之具體建議。
- 本計畫結果與所提出之具體建議可供本會作為國內對使用游離輻射於非醫療用途安檢設備之輻射作業管制之參考。



28

## 計畫名稱: 個人化核子醫學體 內劑量評估-影像實證研究

報告人：倪于晴

中華民國106年1月18日

1

### 簡報大綱

- 一、計畫目的(2分鐘)
- 二、執行現況評估(8分鐘)
  - 階段性研究成果
  - 產出效益之應用
- 三、未來計畫需求 (3分鐘)
- 四、結語(2分鐘)

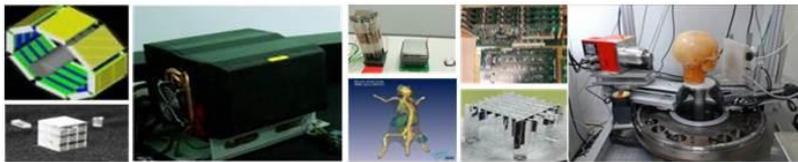
2

## 一、計畫目的

3

### 核研所放射影像技術/全機系統開發經驗

核研所擁有**40**餘年輻射偵測及**15**年以上輻射成像經驗，建立放射影像共通性關鍵技術平台，完成臨床前動物實驗用高解析度造影儀、醫用正子攝影儀原型機開發。



建立共通性關鍵技術平台(系統設計、探頭、輻射成像、系統優化、高階醫材安規符合技術等) **醫材規範符合**

系統整合

<p><b>系統模擬</b></p>  <p>92年 核能研究所 X光 micro-CT</p>	<p><b>輻射偵檢 成像技術</b></p>  <p>95年 核能研究所 複合式 micro-PET/CT</p>	<p><b>影像處理</b></p>  <p>100年 核能研究所 乳房專用正子攝影儀離型機</p>	<p><b>規格制定</b></p> 	<p><b>系統整合</b></p>  <p>104年 核能研究所 Taiwan TomoDR 離型機</p>
---	---	---	--	---

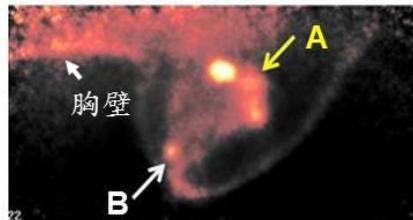


## 核研所放射影像技術/全機系統開發經驗

以核研所自主研发之乳房專用正子攝影儀離型系統為例，能獲取高品質核醫影像，進行乳癌的治療追蹤與療效評估。



台大醫院人體試驗結果

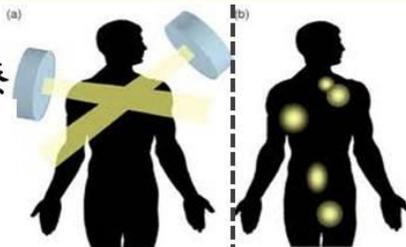


64歲女性患者，可額外偵測於超音波與PET/CT造影無法發現之兩處病灶(A)與(B)

5

## 核醫藥物體內治療計畫系統

目前主流  
體外放射治療

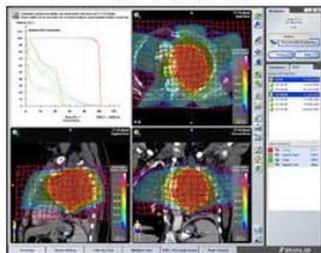


未來趨勢  
體內放射治療

核醫治療藥物(具臨床數據)



治療計畫系統



治療計畫系統



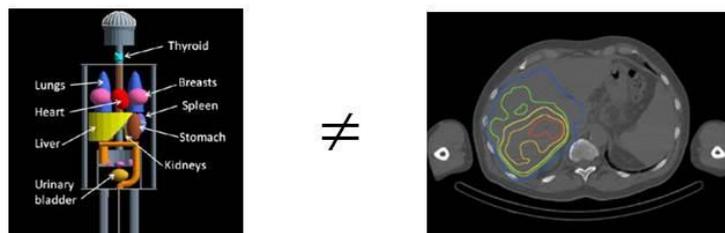
治療是否如預期的規劃

- 療效(劑量正確)
- 安全(位置正確)

6

## 核醫藥物體內治療計畫系統

- 體內劑量評估須**結合物理、生物兩個領域專業**，針對不同患者之藥物代謝、身體幾何結構，以高準確度之蒙地卡羅評估方法計算。
- 現存評估技術，受限於核醫影像解析度與蒙地卡羅計算時間，以藥物均勻分布器官內之標準人假體簡化模式進行，準確程度備受質疑。



運算速度	快速	→	耗時
劑量準確度	粗略	→	準確

## 計畫目的

- 為能將核研所核醫影像成像技術與學醫界個人化劑量技術進行**結合**，建立核醫影像轉換為全身劑量分布資訊之技術，因此提列「**個人化核子醫學體內劑量評估-影像實證研究**」原子能科技學術合作研究計畫。
- 希望以**個人化**作為出發點，針對**亞洲地區**特有好發癌症(如肝癌、肺癌、乳癌)為標的，提供特定放射性標靶藥物**客製化**之**劑量評估**程序，以提升體內劑量之評估準確度。

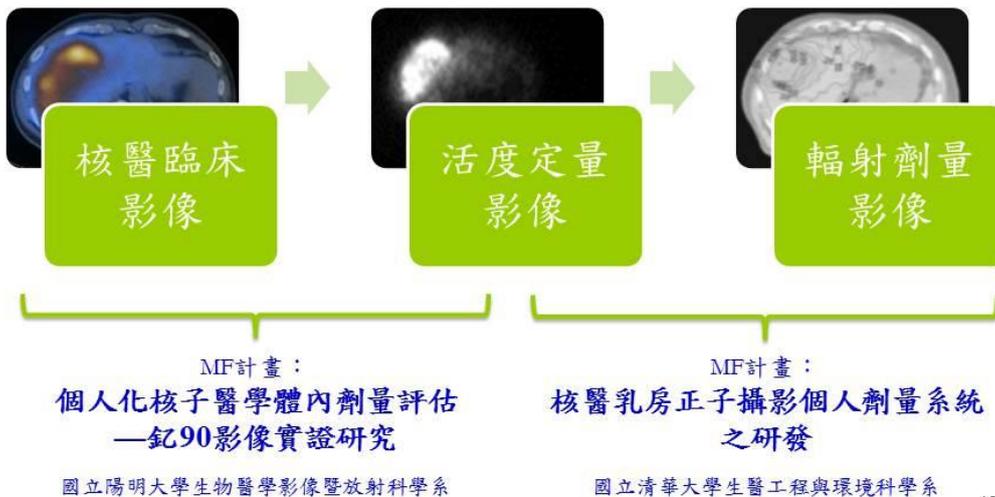
## 二、執行現況評估

- 階段性研究成果
- 產出效益之應用

9

## 執行現況評估

- 核子醫學造影，需要三步驟影像處理，計算體內劑量分布。



10

## 個人化核子醫學體內劑量評估 —釷90影像實證研究

### □ 目標：

- 從**臨床實例**，研究從少量核醫影像解析人體內輻射劑量，影像實證全身劑量分布資訊。

### □ 臨床實例：

- 肝癌的釷-90微球體( $^{90}\text{Y}$ -microsphere)選擇性體內放射治療(SIRT)。

**釷-90選擇性體內放射療法：**

- 從病患鼠蹊部植入動脈導管，
- X光影像導引將導管深入肝臟，
- 精密引導進入腫瘤前動脈，
- 再透過導管將釷-90微球體直接傳送至腫瘤部位，放射 $\beta$ 輻射只消滅癌細胞。

## 個人化核子醫學體內劑量評估 —釷90影像實證研究

### □ 研究現況：釷-90微球體選擇性體內放射治療研究流程圖

#### 篩選病患

- 腫瘤源發於肝臟，且位在不能開刀割除的部位。
- 肝功能能夠負擔治療，且預估平均存活率>3個月。

#### 制定治療計畫

- 進行 $^{99m}\text{Tc}$ -MAA SPECT造影，估計釷-90微球體體內行為。
- 影像處理 $^{99m}\text{Tc}$ -MAA影像，預測釷-90體內輻射劑量分布。

#### 進行治療

- 病患接受動脈導管術，注入釷-90微球體藥物。
- 進行制動輻射造影，實測釷-90體內輻射劑量分布，評估治療效果。

#### 病況追蹤

- 評估治療效果，規劃是否補強治療，提升肝癌治癒率。
- CT、MRI或其他功能性造影，長期追蹤腫瘤治癒情況。

12

## 個人化核子醫學體內劑量評估 —釷90影像實證研究

---

### □ 要克服的困難：

1. 傳統從 $^{99m}\text{Tc}$ -MAA SPECT影像預測釷-90微球體體內劑量分布，但粒徑大小、半衰期的差異導致治療劑量預測誤差，治癒效果打折扣。
2. SPECT制動輻射造影偵測 $^{90}\text{Y}$ 的 $\beta$ 制動輻射，獲得真實分布資訊，但影像解析度差，因此研究包含掃描策略優化。
3. 習用核醫學體內劑量的卷積劑量計算方法(kernel convolution dosimetry)可能有計算誤差。

13

## 個人化核子醫學體內劑量評估 —釷90影像實證研究

---

### □ 階段成果效益：

- **建置體內劑量評估系統與準則**，並提出一種改善肝癌核醫放射治療的新流程，治療後快速評估，儘早補強治療，**增加肝癌病患治癒率**並減少副作用。
- 透過研究建立臨床核醫影像處理醫療軟體，**幫助體內劑量評估**。
- **臨床案例證實**體內劑量評估技術實用性。

14

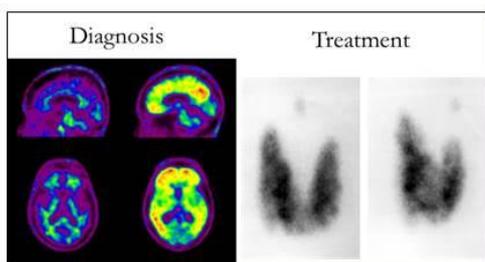
## 核醫乳房正子攝影個人劑量系統之研發

### □ 目標：

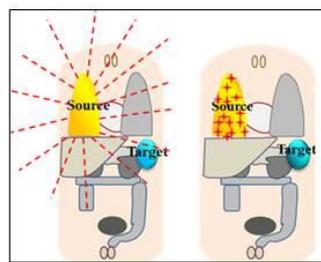
- 研究從核醫活度定量影像計算體內輻射劑量分布，建立核醫藥物的體內輻射劑量計算方案。

### □ 臨床實例：

- 乳房正子斷層掃描。



核醫診斷、治療目的之  
活度定量影像

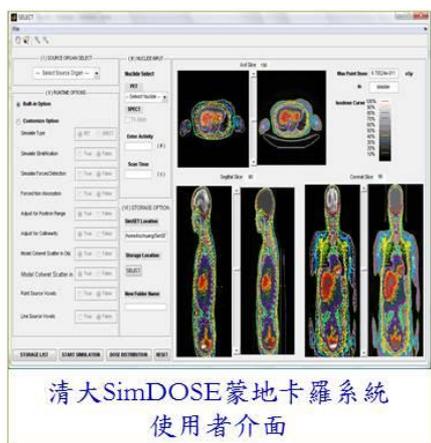


計算體內劑量分布

15

## 核醫乳房正子攝影個人劑量系統之研發

- 研究現況：利用清大SimDOSE蒙地卡羅系統，針對核醫乳房造影案例建立體內劑量分布計算功能，並與習用OLINDA-EXM軟體比較性能。



清大SimDOSE蒙地卡羅系統  
使用者介面



- ORNL數位研究假體
- 共4種假體變量研究
- 體內劑量計算原理採用S-value

16

## 核醫乳房正子攝影個人劑量系統之研發

### □ 要克服的困難：

1. 運用SimDOSE系統計算乳房體內劑量，無論乳房成分、形狀、大小、腺體等不同，與OLINDA-EXM軟體無顯著計算結果差異。
2. 習用OLINDA-EXM軟體將雙側乳房視為單一部位，研究建立SimDOSE可以左乳、右乳分開劑量計算，能配合造影需求與實際情況進行劑量評估。
3. 研究發現左乳、右乳和源器官距離不同，體內輻射劑量甚至有3~4倍差異，有需要分開評估。

17

## 核醫乳房正子攝影個人劑量系統之研發

### □ 階段成果效益：

- 核醫乳房篩檢逐漸成為趨勢，而乳腺為輻射敏感器官，組織加權因素已由0.05(ICRP-60)上修至0.12(ICRP-103)，因此本研究建立精準核醫造影乳房體內劑量評估方法，可協助低劑量正子攝影乳房篩檢研究。
- 計算核醫體內劑量並提供個人化核醫治療流程，可用於解除對輻射劑量顧慮，推廣更高靈敏度的核醫癌症篩檢。
- 研究精進核子醫學體內劑量計算軟體，符合個人化、精準醫療的趨勢。

18

## 三、未來計畫需求

19

### 未來計畫需求

- 建立核醫藥物造影之影像灰階值與藥物活度濃度轉換因子，以及相關校正技術，獲得藥物在體內組織/腫瘤吸收與分布情形，評估治療成效，並以蒙地卡羅法模擬驗證。
- 近程：希望透過學研合作，建立原子能應用基礎研究—個人化體內劑量相關技術。本研究需求希望第二年執行單位能過初步完成量測及劑量之正確性比對。
- 遠程：協助國內核醫治療藥物輻射安全技術自主與實用化，並加速其藥物認證上市。

20

---

## 四、結語

21

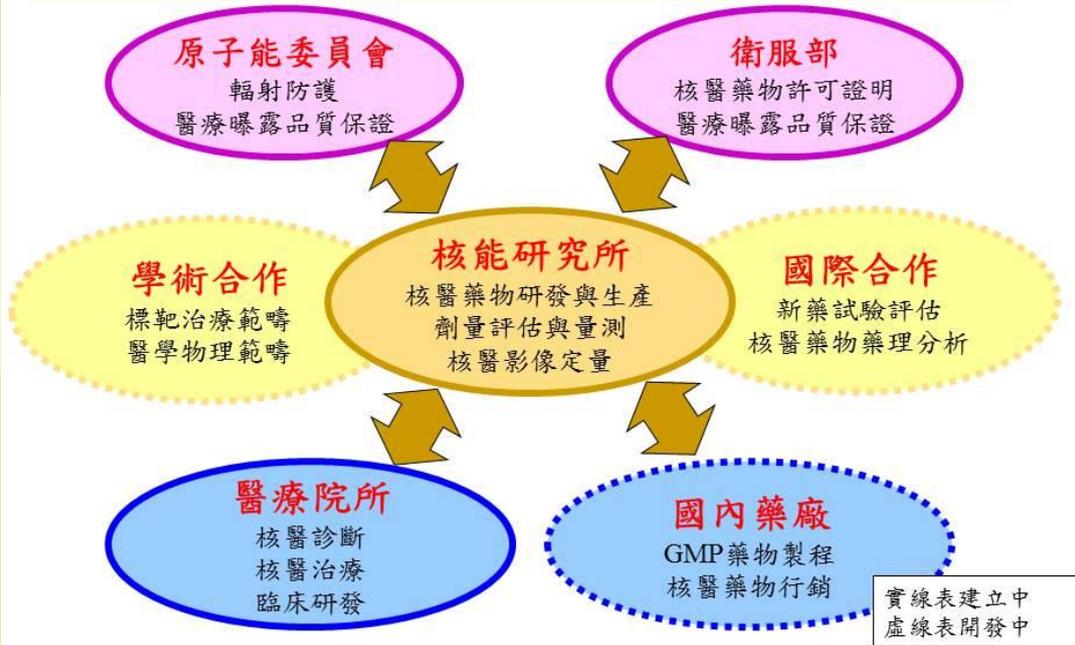
### 結語

---

- 透過學界與醫界臨床實證研究，配合模擬與實驗解決實務問題與臨床應用需求，提昇我國核醫影像與核醫放射治療技術等級。
- 透過學研醫合作，核研所橫向整合核醫造影、影像定量、核醫放射治療與個人化劑量等，逐步建立分子影像平台，進而提高核子醫學診斷率，為民眾健康把關。

22

## 學研醫團隊整合



Thank you  
for your attention

**計畫名稱:**

1. 微型輻射劑量計之量測與製程研究
2. 三度空間數位乳房斷層攝影檢查與二度空間標準乳房X光攝影檢查之劑量比較
3. 採用低劑量CT於不同年齡病患接受PET/CT與SPECT/CT診察之可行性探討
4. 核醫用全身電腦斷層輻射劑量之風險評估

**報告人：王雅玲**

中華民國106年1月18日

1

## 簡報大綱

- 一、計畫目的
- 二、執行現況評估
  - 階段性研究成果
  - 產出效益之應用
- 三、未來計畫需求
- 四、結語

2

# 微型輻射劑量計之量測與製程研究 (三年期, 1/3)

## 計畫1

清華大學 工程與系統科學系  
張廖貴術 教授

3

計畫1

### 一、計畫目的

- 一般輻射偵檢器以蓋格管、游離腔或閃爍偵檢器為主；近年，半導體電子元件發展快速，已開始應用於輻射偵檢器，但均用於低輻射區域。
- 用於高輻射強度（例：核子事故期間、核能電廠）之偵檢器價格昂貴，且仰賴進口。
- 半導體元件成本低廉，以尋找現成之商用元件，建立可應用於各種高輻射區域之輻射偵測技術。
- 金屬氧化物半導體場效電晶體（Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor, MOSFET）在高加馬輻射場之應用研究（第一年）

4

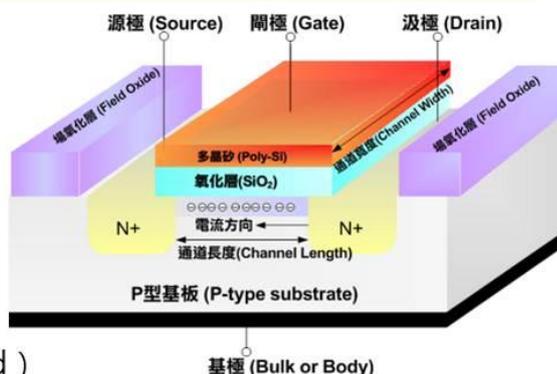
## 二、執行現況評估-階段性研究成果 ( 1/3 )

### MOSFET 優點 :

- 體積小
- 耗電量低
- 經濟

### 應用 :

- 核能 ( 1Krad-10Mrad )
- 太空飛行器 ( 10rad-0.5Mrad )
- 核醫 ( 1rad-50krad )
- 人員劑量 (  $10^{-3}$ rad-1krad )
- 輻射對MOS原產生氧化層電荷 (  $\Delta N_{ot}$  ) 及介面陷阱電荷 (  $\Delta N_{it}$  )



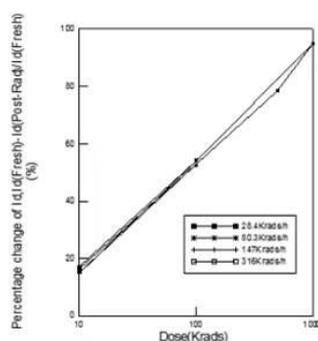
5

計畫1

## 二、執行現況評估-階段性研究成果 ( 2/3 )

### □ 氧化層電荷 $\Delta N_{ot}$ 測量

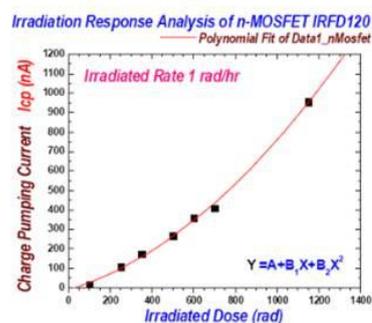
#### □ Normalized $\Delta I_d/I_d$



$\Delta I_d/I_d(\%)$  vs dose are very linear for all dose rates

### □ 介面陷阱電荷 $\Delta N_{it}$ 測量

#### □ 電荷汲引技術 (charge-pumping)



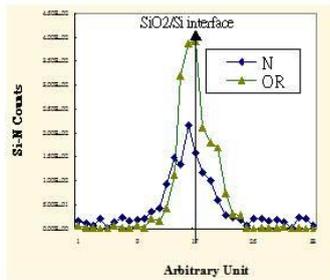
- Curve of  $I_{cp}$  vs radiation dose can be fitted in 2-order relation
- 無 fading 問題

6

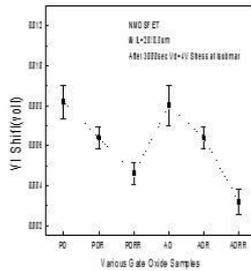
## 二、執行現況評估-階段性研究成果 ( 3/3 )

### □ 提升MOSFET抗輻射能力

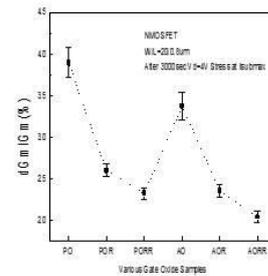
- 閘極氧化層，以氮化製程技術 ( 例：N<sub>2</sub>O成長SiO<sub>2</sub> ) 改善MOSFET之抗輻射能力與抗熱電子效應



**Nitrogen distribution in gate oxide for sample N and OR by SIMS**



臨界電壓漂移比較



最大轉導退化比較

7

## 二、執行現況評估-產出效益

- 建立電荷汲引技術測量方法
- MOSFET製程光罩 ( mask ) 之設計與製作
- 抗輻射MOS電容元件閘極氧化層之技術研發

# 三度空間數位乳房斷層攝影檢查與 二度空間標準乳房X光攝影檢查之 劑量比較

## 計畫2

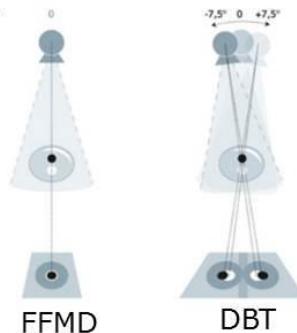
成功大學 醫學系放射線學科  
王建國 副教授

9

計畫2

### 一、計畫目的

- 乳房X光攝影是篩檢早期乳癌的主要檢查方式。
- 近年，醫療院所常使用全照野數位乳房攝影(Full-field Digital Mammography, **FFDM**)與數位乳房斷層合成技術(Digital Breast Tomosynthesis, **DBT**)進行篩檢。
- 本計畫就上述兩種不同的成像技術，進行平均乳線劑量(Average Glandular Dose, AGD)、不同深度與入射表面劑量(Entrance Surface Dose, ESD) 之研究。



10

## 二、執行現況評估-階段性研究成果

### □ 平均乳線劑量(AGD)結果

- 數位乳房斷層合成技術(DBT)所測得之輻射劑量比乳房全照野X光攝影(FFDM)高

篩檢性乳房攝影 (Screening mammography)



表一:乳房假體以自動曝露控制模式照射之吸收劑量與有效劑量

		AGD ( $\mu\text{Gy}$ )	Equivalent dose ( $\mu\text{Sv}$ )
DBT	CC	1950	234.0
	MLO	1950	234.0
FFDM	CC	990	118.8
	MLO	960	115.2

Equivalent dose:  $H=DQN$ ;  $Q=1$ ;  $N=0.12$ (ICRP 103)

CC: 頭尾向 (Craniocaudal view)

MLO: 斜位向 (Mediolateral Oblique view)

11

## 二、執行現況評估-階段性研究成果

### □ 不同深度下與入射表面劑量(ESD)

- 在同一深度下的劑量差異，數位乳房斷層合成技術的劑量亦較高

表二:比較兩種攝影模式同一深度同一晶片位置之OSLD計讀劑量 (以表面為例)

模式	深度	OSLD位置	測得劑量( $\mu\text{Sv}$ )
DBT	CC	0mm 表面1	2384.957
	MLO	0mm 表面1	2137.822
FFDM	CC	0mm 表面1	1363.32
	MLO	0mm 表面1	1380.023

CC: 頭尾向 (Craniocaudal view)

MLO: 斜位向 (Mediolateral Oblique view)



冷發光劑量計

12

## 二、執行現況評估-產出效益

- 無論平均乳腺劑量 ( AGD ) 或不同深度下的劑量差異，結果均為數位乳房斷層合成技術 ( DBT ) 較全照野乳房X光攝影 ( FFDM ) 高。
- 但數位乳房斷層合成技術提供多切面，供醫師可見其乳房不同切面、深度之診斷優勢，惟建議仍應綜合考量病人接受之劑量與影像品質，採取適合之檢查技術。



數位式乳房攝影假體 PH-13



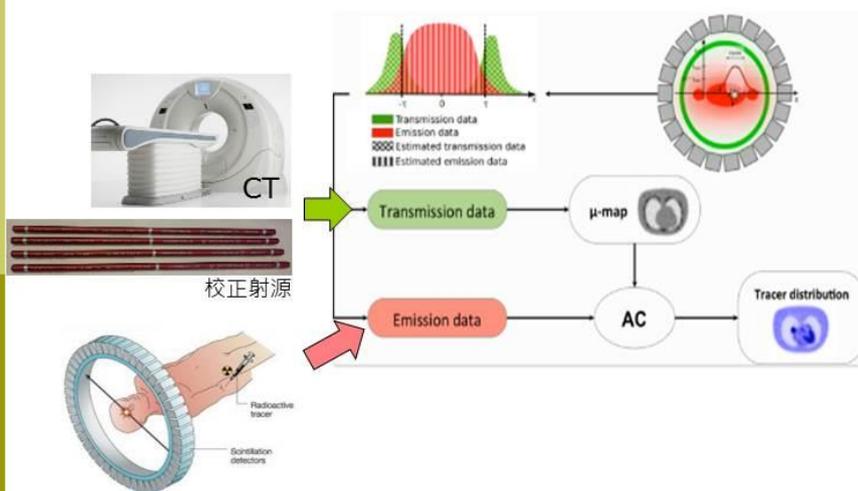
13

## 計畫3、4 前言

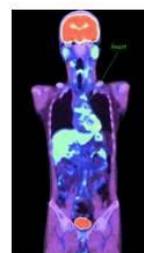
- 核醫電腦斷層掃描儀



PET/CT  
SPECT/CT亦同



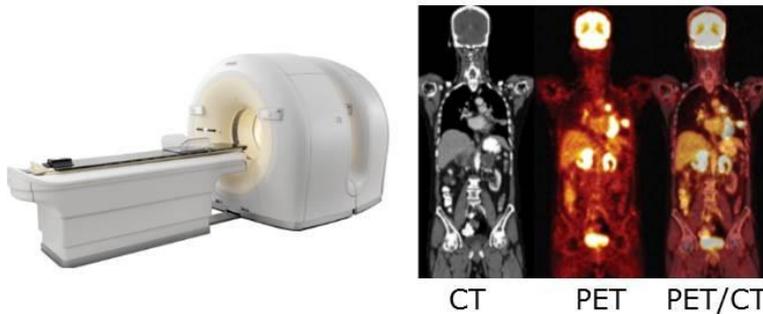
Positron Emission Tomography, PET



14

## 計畫3、4 前言

- 核醫電腦斷層掃描儀之CT，依據用途不同而有不同造影條件
  - 衰減校正用
    - 造影條件不用太高，可見解剖位置即可
  - 診斷用
    - 需比照放射線科，其影像之高、低對比度均有品保法規要求



15

105年度「原子能科技學術合作研究計畫」整合成果發表會

## 採用低劑量CT於不同年齡病患接受 PET/CT與SPECT/CT診察之 可行性探討

### 計畫3

慈濟技術學院 醫學影像暨放射科學系  
楊晴晴 副教授

16

## 一、研究目的

- 探討與最佳化不同年齡病人接受核醫用電腦斷層掃描儀 PET/CT與SPECT/CT之CT掃描參數
  - 使用自動調控管電流功能 ( automatic exposure control, AEC )
  - 未使用AEC



Positron Emission Tomography-CT, PET/CT  
正子電腦斷層掃描儀

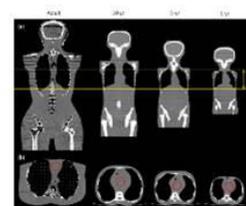


Single-Photon Emission Computed Tomography-CT, SPECT/CT  
單光子電腦斷層掃描儀

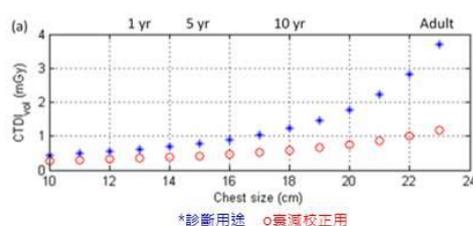
17

## 二、執行現況評估-階段性研究成果

- 未使用AEC情形下
  - 設備：GE Discovery ST(PET/CT)
  - 分析數據後，在相同影像雜訊（品質）前提下，以10、5及1歲擬人假體（尺寸不同）所得之劑量結果，相較於臨床成人預設掃描參數之劑量3.58mGy，分別可減少66.9、79.0及83.7%。



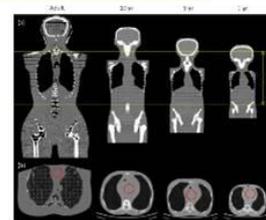
	Tube voltage (kVp)	Tube current (mA)	Tube rotation time (s)	Pitch	Collimation (mm)	CTDI <sub>vol</sub> (mGy)
1	80	10	0.5	1.75	16*0.625	0.1
2	120	10	0.5	1.75	16*0.625	0.3
3	120	40	0.5	1.75	16*0.625	1.19
4	120	80	0.5	1.75	16*0.625	2.39
5	120	120	0.5	1.75	16*0.625	3.58



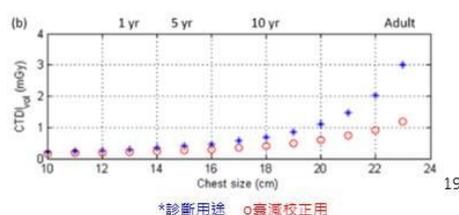
## 二、執行現況評估-階段性研究成果

### □ 未使用AEC情形下

- 設備：GE Infinai Hawkeye(SPECT/CT)
- 分析數據後，在相同影像雜訊（品質）前提下，以10、5及1歲擬人假體（尺寸不同）所得之劑量結果，相較於臨床成人預設掃描參數之劑量2.98mGy，分別可減少77.3、86.9及90.2%。



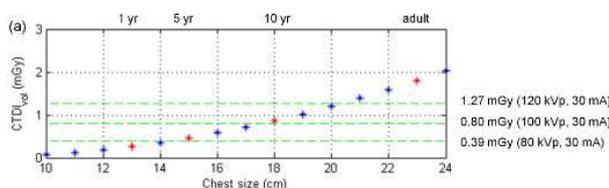
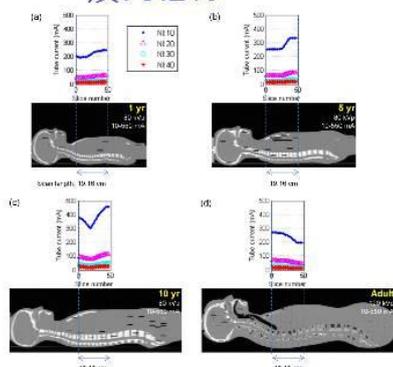
	Tube voltage (kVp)	Tube current (mA)	Tube rotation time (s)	Pitch	Collimation (mm)	CTDI <sub>vol</sub> (mGy)
1	120	1	23	1.92	4*5.0	0.79
2	140	1	23	1.92	4*5.0	1.19
3	120	2	30	1.92	4*5.0	2.1
4	140	2.5	23	1.92	4*5.0	2.98
5	140	2.5	30	1.92	4*5.0	3.97



## 二、執行現況評估-階段性研究成果

### □ 使用AEC情形下

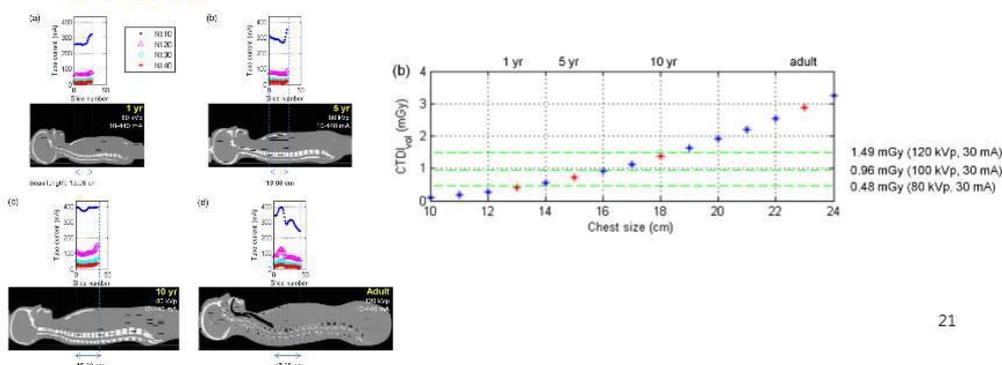
- 設備：GE Discovery VCT(PET/CT)
- 分析數據後，在相同影像雜訊（NI 25）前提下，以10、5及1歲擬人假體（尺寸不同）所得之劑量結果，相較於臨床成人預設掃描參數之劑量1.27mGy，分別可減少32.2、63.7及79.2%。



## 二、執行現況評估-階段性研究成果

### □ 使用AEC情形下

- 設備：GE Discovery NM/CT670(SPECT/CT)
- 分析數據後，在相同影像雜訊 (NI 25) 前提下，以10、5及1歲擬人假體 (尺寸不同) 所得之劑量結果，相較於臨床成人預設掃描參數之劑量1.49mGy，分別可減少8.4、51.5及72.7%。



21

## 二、執行現況評估-產出效益

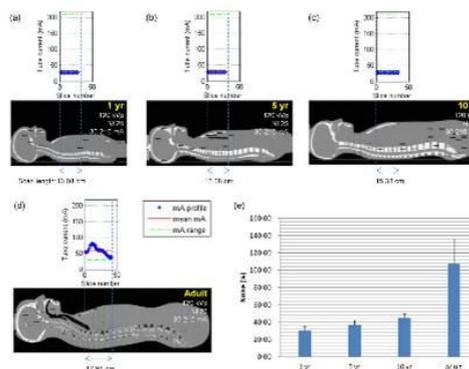
- 針對不同體型病人 (例如：不同年齡)，無論是否使用AEC功能，就臨床需求 (診斷/衰減校正用途)，均建議建立不同掃描參數，不宜直接使用成人預設參數

### ■ 適時調整kVp

- 成人120kVp
- 幼兒80kVp、10歲100kVp

### ■ 適時調整AEC設定中之mA範圍

- 成人/10歲 30-210mA (NI 25)
- 幼兒 10-210mA (NI 25)



22

## 核醫用全身電腦斷層輻射劑量之 風險評估

### 計畫4

臺北榮民總醫院  
楊邦宏 助理教授

23

計畫4

### 一、研究目的

- 使用擬人心臟假體進行PET/CT影像（衰減校正用）擷取，搭配五組低劑量CT掃描參數，及不同比重的濾波反投影重建法(FBP)、疊代運算法(IR)重組比較，找出可兼顧影像品質與劑量最適化之全身造影掃描參數。
- 找出適合PET/CT全身造影之有效劑量轉換因子K



PET/CT

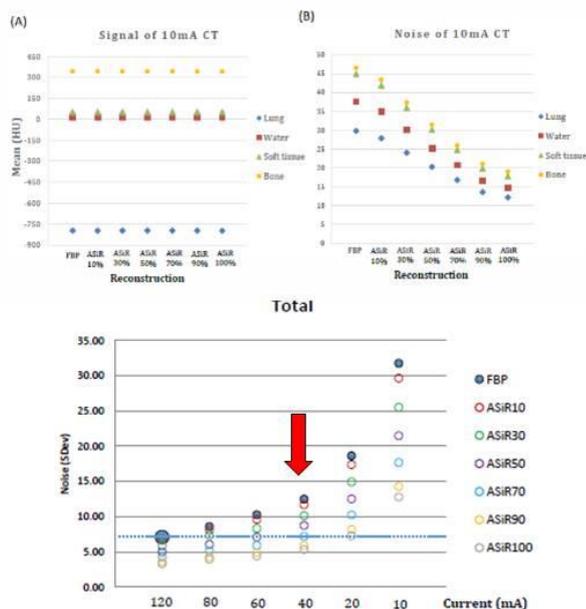


擬人心臟假體

24

## 二、執行現況評估-階段性研究成果

- 以10mA之CT影像為例，初步分析顯示不同密度之物質，無論IR比重如何增加，訊號值皆不受影響，且雜訊值皆呈現下降趨勢；證實IR重建法能有效降低影像雜訊，提升影像品質。
- 分析不同密度物質的ROI，得知影像品質與標準組相當的最低劑量組別結果。



## 二、執行現況評估-階段性研究成果

- 擬人化假體搭配表中參數，以熱發光劑量計(TLD)計讀

	CTDI (mGy)	DLP (mGy-cm)	Tube voltage (kVp)	Tube current (mA)	NI	mA range	Bed position
1 yr	0.6	34.44	80	47.0186	22	10-60 mA	4
5 yr	0.81	56.02	80	62.19	22	10-80 mA	5
10 yr	1.12	91.27	100	41.038	22	10-80 mA	6
adult	2.72	256.13	120	63.44	22	10-120 mA	7



## 二、執行現況評估-產出效益

- PET/CT之CT若用於衰減校正用途，但又兼顧定位影像品質，建議以40mA掃描、採用比重30%之濾波反投影重建法(FBP)與70%之疊代運算法(IR)進行影像重組（造影參數最佳化）
- 利用TLD實驗測量，評估全身劑量，進而找出適合PET/CT全身造影之有效劑量轉換因子K

27

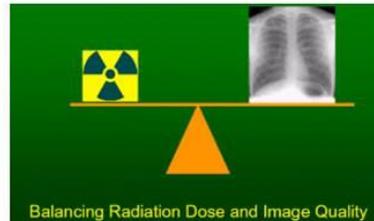
## 三、未來計畫需求

- 微型輻射劑量計之量測與製程研究
  - 若將研究成果應用於核電廠，須積極與台電公司相關人員合作參與
- 三度空間數位乳房斷層攝影檢查與二度空間標準乳房X光攝影檢查之劑量比較
  - 預計將進行臨床收集相關資料研究。
- 核醫用全身電腦斷層之劑量（衰減校正用途）研究
  - 進行其他廠牌之PET/CT、SPECT/CT之掃描參數最佳化研究
  - 宣導研究成果，協助各家醫院之核醫全身造影掃描參數最佳化
  - 進一步蒐集、分析我國之核醫全身造影掃描劑量參考水平

28

## 四、結語

- 醫療儀器日新月異，能有效降低輻射劑量成為儀器製造商推陳出新的目標。但使用者（醫療院所）若過度、盲從降低輻射劑量，可能造成影像品質不佳，反而失去造影目的；另一個面向，使用者若過於採用製造商預設參數，未曾瞭解其中細節，也失去造影參數最佳化的機會。
- 透過各項研究計畫，讓本會瞭解不同用途之造影，其輻射劑量程度、影像品質是否可用等等，也藉機最佳化掃描參數，進而可透過宣導，給予使用者更正確的觀念。



29

# 謝謝聆聽

30

**計畫名稱:**

1. 微型輻射劑量計之量測與製程研究
2. 三度空間數位乳房斷層攝影檢查與二度空間標準乳房X光攝影檢查之劑量比較
3. 採用低劑量CT於不同年齡病患接受PET/CT與SPECT/CT診察之可行性探討
4. 核醫用全身電腦斷層輻射劑量之風險評估

**報告人：王雅玲**

中華民國106年1月18日

1

## 簡報大綱

- 一、計畫目的
- 二、執行現況評估
  - 階段性研究成果
  - 產出效益之應用
- 三、未來計畫需求
- 四、結語

2

# 微型輻射劑量計之量測與製程研究 (三年期, 1/3)

## 計畫1

清華大學 工程與系統科學系  
張廖貴術 教授

3

計畫1

### 一、計畫目的

- 一般輻射偵檢器以蓋格管、游離腔或閃爍偵檢器為主；近年，半導體電子元件發展快速，已開始應用於輻射偵檢器，但均用於低輻射區域。
- 用於高輻射強度（例：核子事故期間、核能電廠）之偵檢器價格昂貴，且仰賴進口。
- 半導體元件成本低廉，以尋找現成之商用元件，建立可應用於各種高輻射區域之輻射偵測技術。
- 金屬氧化物半導體場效電晶體（Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor, MOSFET）在高加馬輻射場之應用研究（第一年）

4

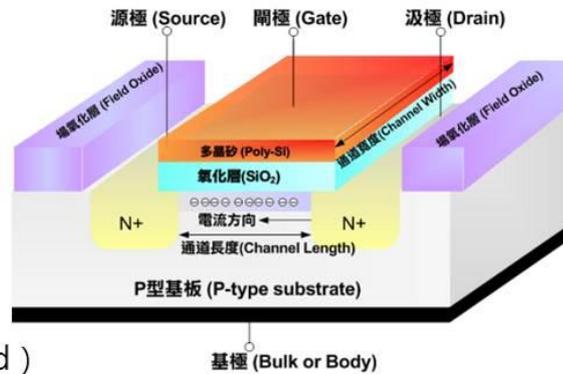
## 二、執行現況評估-階段性研究成果 ( 1/3 )

### MOSFET 優點 :

- 體積小
- 耗電量低
- 經濟

### 應用 :

- 核能 ( 1Krad-10Mrad )
- 太空飛行器 ( 10rad-0.5Mrad )
- 核醫 ( 1rad-50krad )
- 人員劑量 (  $10^{-3}$ rad-1krad )
- 輻射對MOS原產生氧化層電荷 (  $\Delta N_{ot}$  ) 及介面陷阱電荷 (  $\Delta N_{it}$  )



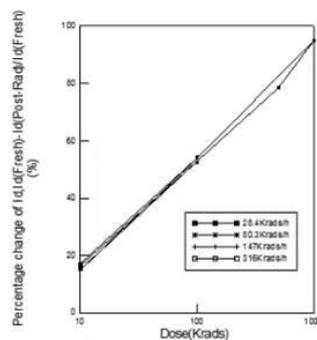
5

計畫1

## 二、執行現況評估-階段性研究成果 ( 2/3 )

### □ 氧化層電荷 $\Delta N_{ot}$ 測量

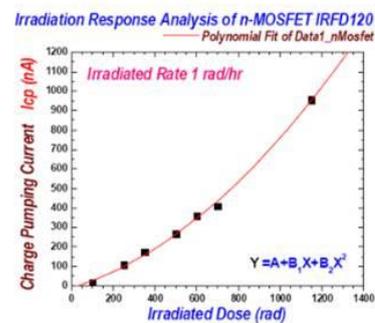
#### □ Normalized $\Delta I_d/I_d$



$\Delta I_d/I_d(\%)$  vs dose are very linear for all dose rates

### □ 介面陷阱電荷 $\Delta N_{it}$ 測量

#### □ 電荷汲引技術 (charge-pumping)



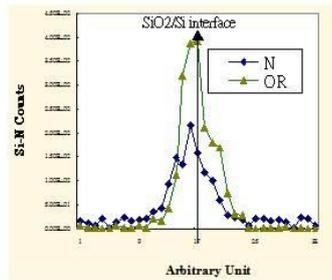
- Curve of  $I_{cp}$  vs radiation dose can be fitted in 2-order relation
- 無 fading 問題

6

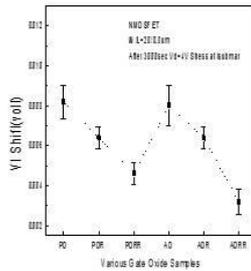
## 二、執行現況評估-階段性研究成果 ( 3/3 )

### □ 提升MOSFET抗輻射能力

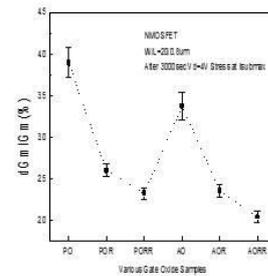
- 閘極氧化層，以氮化製程技術 ( 例：N<sub>2</sub>O成長SiO<sub>2</sub> ) 改善MOSFET之抗輻射能力與抗熱電子效應



**Nitrogen distribution in gate oxide for sample N and OR by SIMS**



臨界電壓漂移比較



最大轉導退化比較

7

## 二、執行現況評估-產出效益

- 建立電荷汲引技術測量方法
- MOSFET製程光罩 ( mask ) 之設計與製作
- 抗輻射MOS電容元件閘極氧化層之技術研發

# 三度空間數位乳房斷層攝影檢查與 二度空間標準乳房X光攝影檢查之 劑量比較

## 計畫2

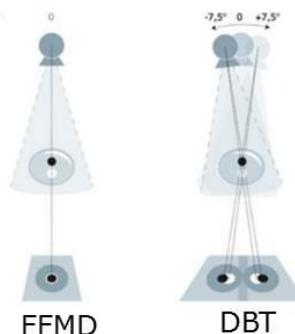
成功大學 醫學系放射線學科  
王建國 副教授

9

計畫2

## 一、計畫目的

- 乳房X光攝影是篩檢早期乳癌的主要檢查方式。
- 近年，醫療院所常使用全照野數位乳房攝影(Full-field Digital Mammography, **FFDM**)與數位乳房斷層合成技術(Digital Breast Tomosynthesis, **DBT**)進行篩檢。
- 本計畫就上述兩種不同的成像技術，進行平均乳線劑量(Average Glandular Dose, AGD)、不同深度與入射表面劑量(Entrance Surface Dose, ESD) 之研究。



10

## 二、執行現況評估-階段性研究成果

### □ 平均乳線劑量(AGD)結果

- 數位乳房斷層合成技術(DBT)所測得之輻射劑量比乳房全照野X光攝影(FFDM)高

篩檢性乳房攝影 (Screening mammography)



表一:乳房假體以自動曝露控制模式照射之吸收劑量與有效劑量

		AGD ( $\mu\text{Gy}$ )	Equivalent dose ( $\mu\text{Sv}$ )
DBT	CC	1950	234.0
	MLO	1950	234.0
FFDM	CC	990	118.8
	MLO	960	115.2

Equivalent dose:  $H=DQN$ ;  $Q=1$ ;  $N=0.12$ (ICRP 103)

CC: 頭尾向 (Craniocaudal view)

MLO: 斜位向 (Mediolateral Oblique view)

11

## 二、執行現況評估-階段性研究成果

### □ 不同深度下與入射表面劑量(ESD)

- 在同一深度下的劑量差異，數位乳房斷層合成技術的劑量亦較高

表二:比較兩種攝影模式同一深度同一晶片位置之OSLD計讀劑量 (以表面為例)

模式	深度	OSLD位置	測得劑量( $\mu\text{Sv}$ )
DBT	CC	0mm 表面1	2384.957
	MLO	0mm 表面1	2137.822
FFDM	CC	0mm 表面1	1363.32
	MLO	0mm 表面1	1380.023

CC: 頭尾向 (Craniocaudal view)

MLO: 斜位向 (Mediolateral Oblique view)



冷發光劑量計

12

## 二、執行現況評估-產出效益

- 無論是平均乳腺劑量 ( AGD ) 或不同深度下的劑量差異，結果均為數位乳房斷層合成技術 ( DBT ) 較全照野乳房X光攝影 ( FFDM ) 高。
- 但數位乳房斷層合成技術提供多切面，供醫師可見其乳房不同切面、深度之診斷優勢，惟建議仍應綜合考量病人接受之劑量與影像品質，採取適合之檢查技術。



數位式乳房攝影假體 PH-13



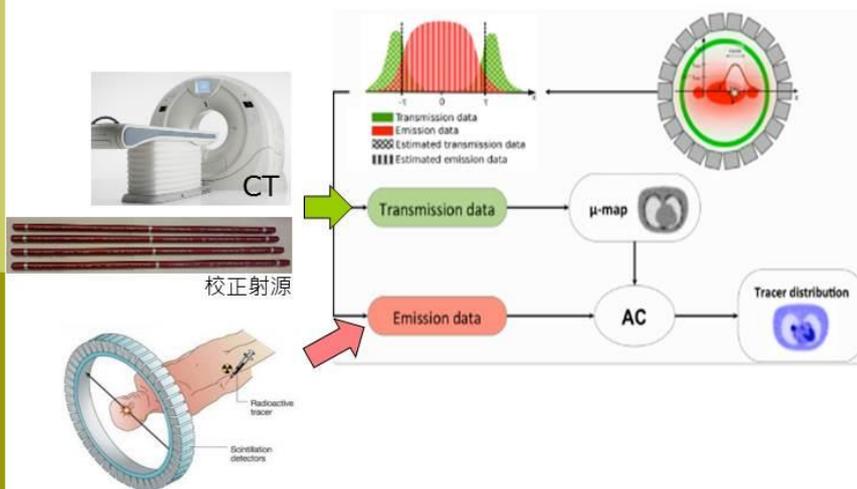
13

## 計畫3、4 前言

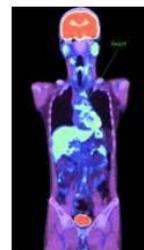
- 核醫電腦斷層掃描儀



PET/CT  
SPECT/CT亦同



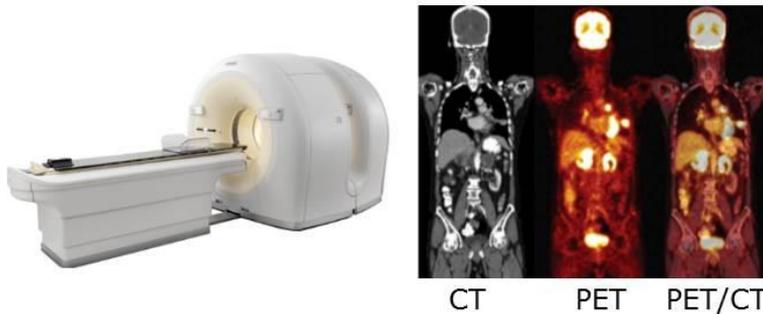
Positron Emission Tomography, PET



14

## 計畫3、4 前言

- 核醫電腦斷層掃描儀之CT，依據用途不同而有不同造影條件
  - 衰減校正用
    - 造影條件不用太高，可見解剖位置即可
  - 診斷用
    - 需比照放射線科，其影像之高、低對比度均有品保法規要求



15

105年度「原子能科技學術合作研究計畫」整合成果發表會

## 採用低劑量CT於不同年齡病患接受 PET/CT與SPECT/CT診察之 可行性探討

### 計畫3

慈濟技術學院 醫學影像暨放射科學系  
楊晴晴 副教授

16

## 一、研究目的

- 探討與最佳化不同年齡病人接受核醫用電腦斷層掃描儀 PET/CT與SPECT/CT之CT掃描參數
  - 使用自動調控管電流功能 ( automatic exposure control, AEC )
  - 未使用AEC



Positron Emission Tomography-CT, PET/CT  
正子電腦斷層掃描儀

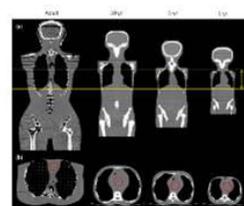


Single-Photon Emission Computed Tomography-CT, SPECT/CT  
單光子電腦斷層掃描儀

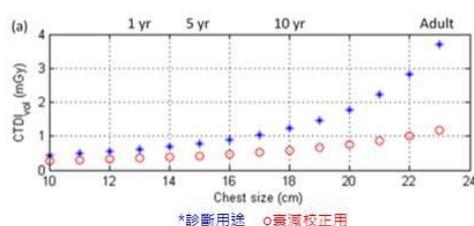
17

## 二、執行現況評估-階段性研究成果

- 未使用AEC情形下
  - 設備：GE Discovery ST(PET/CT)
  - 分析數據後，在相同影像雜訊（品質）前提下，以10、5及1歲擬人假體（尺寸不同）所得之劑量結果，相較於臨床成人預設掃描參數之劑量3.58mGy，分別可減少66.9、79.0及83.7%。



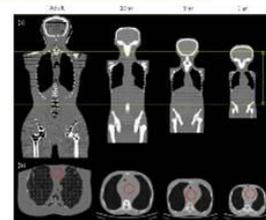
	Tube voltage (kVp)	Tube current (mA)	Tube rotation time (s)	Pitch	Collimation (mm)	CTDI <sub>vol</sub> (mGy)
1	80	10	0.5	1.75	16*0.625	0.1
2	120	10	0.5	1.75	16*0.625	0.3
3	120	40	0.5	1.75	16*0.625	1.19
4	120	80	0.5	1.75	16*0.625	2.39
5	120	120	0.5	1.75	16*0.625	3.58



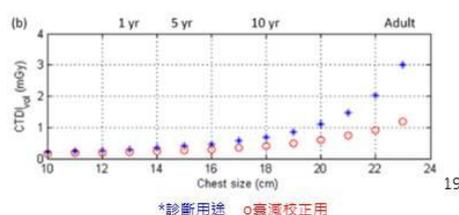
## 二、執行現況評估-階段性研究成果

### □ 未使用AEC情形下

- 設備：GE Infinai Hawkeye(SPECT/CT)
- 分析數據後，在相同影像雜訊（品質）前提下，以10、5及1歲擬人假體（尺寸不同）所得之劑量結果，相較於臨床成人預設掃描參數之劑量2.98mGy，分別可減少77.3、86.9及90.2%。



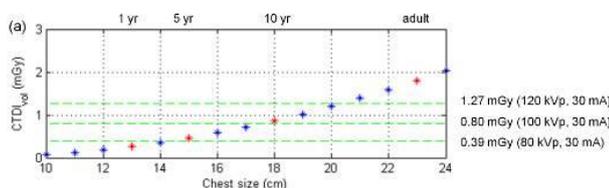
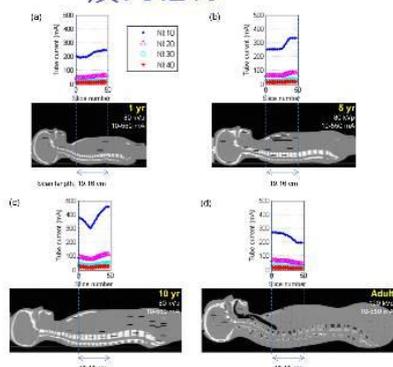
	Tube voltage (kVp)	Tube current (mA)	Tube rotation time (s)	Pitch	Collimation (mm)	CTDI <sub>vol</sub> (mGy)
1	120	1	23	1.92	4*5.0	0.79
2	140	1	23	1.92	4*5.0	1.19
3	120	2	30	1.92	4*5.0	2.1
4	140	2.5	23	1.92	4*5.0	2.98
5	140	2.5	30	1.92	4*5.0	3.97



## 二、執行現況評估-階段性研究成果

### □ 使用AEC情形下

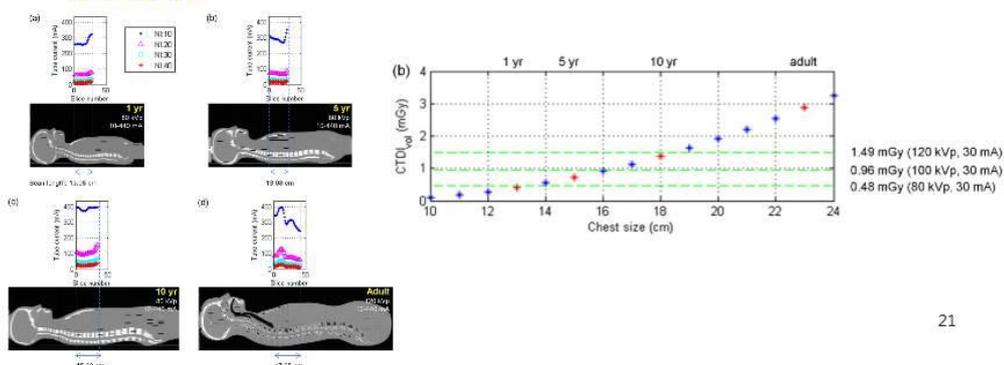
- 設備：GE Discovery VCT(PET/CT)
- 分析數據後，在相同影像雜訊（NI 25）前提下，以10、5及1歲擬人假體（尺寸不同）所得之劑量結果，相較於臨床成人預設掃描參數之劑量1.27mGy，分別可減少32.2、63.7及79.2%。



## 二、執行現況評估-階段性研究成果

### □ 使用AEC情形下

- 設備：GE Discovery NM/CT670(SPECT/CT)
- 分析數據後，在相同影像雜訊 (NI 25) 前提下，以10、5及1歲擬人假體 (尺寸不同) 所得之劑量結果，相較於臨床成人預設掃描參數之劑量1.49mGy，分別可減少8.4、51.5及72.7%。



21

## 二、執行現況評估-產出效益

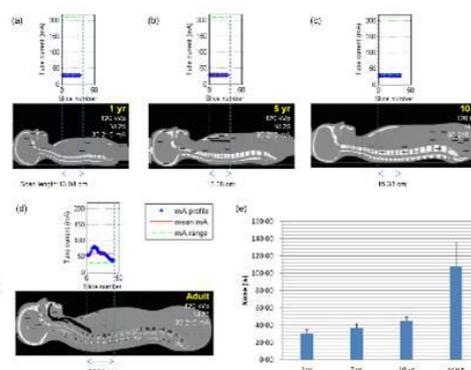
- 針對不同體型病人 (例如：不同年齡)，無論是否使用AEC功能，就臨床需求 (診斷/衰減校正用途)，均建議建立不同掃描參數，不宜直接使用成人預設參數

### ■ 適時調整kVp

- 成人120kVp
- 幼兒80kVp、10歲100kVp

### ■ 適時調整AEC設定中之mA範圍

- 成人/10歲 30-210mA (NI 25)
- 幼兒 10-210mA (NI 25)



22

## 核醫用全身電腦斷層輻射劑量之 風險評估

### 計畫4

臺北榮民總醫院  
楊邦宏 助理教授

23

計畫4

### 一、研究目的

- 使用擬人心臟假體進行PET/CT影像（衰減校正用）擷取，搭配五組低劑量CT掃描參數，及不同比重的濾波反投影重建法(FBP)、疊代運算法(IR)重組比較，找出可兼顧影像品質與劑量最適化之全身造影掃描參數。
- 找出適合PET/CT全身造影之有效劑量轉換因子K



PET/CT

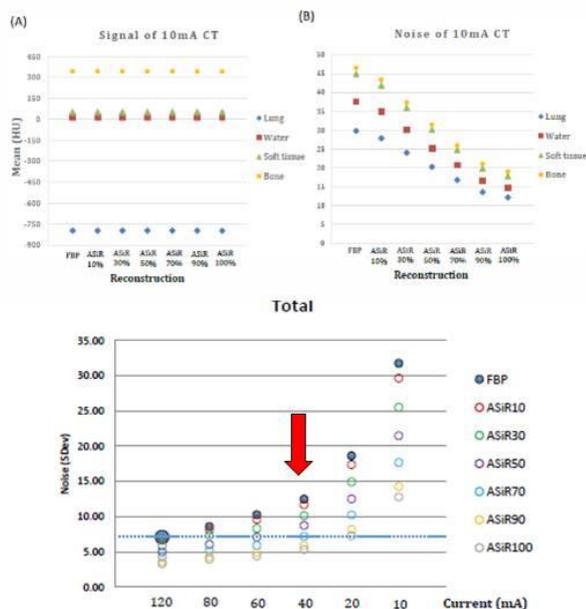


擬人心臟假體

24

## 二、執行現況評估-階段性研究成果

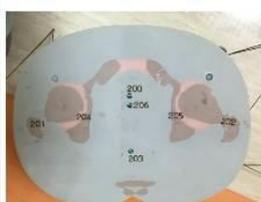
- 以10mA之CT影像為例，初步分析顯示不同密度之物質，無論IR比重如何增加，訊號值皆不受影響，且雜訊值皆呈現下降趨勢；證實IR重建法能有效降低影像雜訊，提升影像品質。
- 分析不同密度物質的ROI，得知影像品質與標準組相當的最低劑量組別結果。



## 二、執行現況評估-階段性研究成果

- 擬人化假體搭配表中參數，以熱發光劑量計(TLD)計讀

	CTDI (mGy)	DLP (mGy-cm)	Tube voltage (kVp)	Tube current (mA)	NI	mA range	Bed position
1 yr	0.6	34.44	80	47.0186	22	10-60 mA	4
5 yr	0.81	56.02	80	62.19	22	10-80 mA	5
10 yr	1.12	91.27	100	41.038	22	10-80 mA	6
adult	2.72	256.13	120	63.44	22	10-120 mA	7



## 二、執行現況評估-產出效益

- PET/CT之CT若用於衰減校正用途，但又兼顧定位影像品質，建議以40mA掃描、採用比重30%之濾波反投影重建法(FBP)與70%之疊代運算法(IR)進行影像重組（造影參數最佳化）
- 利用TLD實驗測量，評估全身劑量，進而找出適合PET/CT全身造影之有效劑量轉換因子K

27

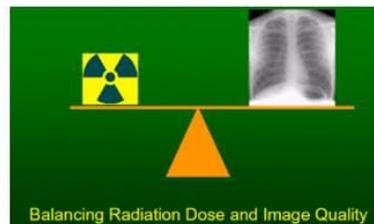
## 三、未來計畫需求

- 微型輻射劑量計之量測與製程研究
  - 若將研究成果應用於核電廠，須積極與台電公司相關人員合作參與
- 三度空間數位乳房斷層攝影檢查與二度空間標準乳房X光攝影檢查之劑量比較
  - 預計將進行臨床收集相關資料研究。
- 核醫用全身電腦斷層之劑量（衰減校正用途）研究
  - 進行其他廠牌之PET/CT、SPECT/CT之掃描參數最佳化研究
  - 宣導研究成果，協助各家醫院之核醫全身造影掃描參數最佳化
  - 進一步蒐集、分析我國之核醫全身造影掃描劑量參考水平

28

## 四、結語

- 醫療儀器日新月異，能有效降低輻射劑量成為儀器製造商推陳出新的目標。但使用者（醫療院所）若過度、盲從降低輻射劑量，可能造成影像品質不佳，反而失去造影目的；另一個面向，使用者若過於採用製造商預設參數，未曾瞭解其中細節，也失去造影參數最佳化的機會。
- 透過各項研究計畫，讓本會瞭解不同用途之造影，其輻射劑量程度、影像品質是否可用等等，也藉機最佳化掃描參數，進而可透過宣導，給予使用者更正確的觀念。



29

# 謝謝聆聽

30

# 計畫名稱： 整合各式醫學影像以偵測腦部發炎 之可行性研究

主計畫主持人：許銘華

子計畫主持人：吳駿一

協同主持人：林武智

中華民國106年1月18日

1

國立清華大學原子 科學技術發展中心	林武智	開發具腦部發炎偵測力之新 式小分子
中國醫藥大學生物 醫學影像暨放射科 醫學系		以正子斷層攝影搭配新式氟 化分子早期診斷腦部發炎之 可行性研究

2

## 簡報大綱

---

- 一、計畫目的(2分鐘)
- 二、執行現況評估(8分鐘)
  - 階段性研究成果
  - 產出效益之應用
- 三、未來計畫需求(3分鐘)
- 四、結語(2分鐘)

3

## 計畫目的

---

本群體計畫有鑒於台灣已邁入高齡化社會，老年人因車禍或意外跌落而導致的腦損傷將會可預期地增多，因此本研究將開發新式分子轉運蛋白(TSPO)造影劑，包括其合成及優化，篩選出最適合偵測腦中分子轉運蛋白表現的結構，再以放射性氟核種標記製成放射性示蹤劑，隨後進行非侵襲性分子造影像監測分子轉運蛋白的表現量，用以偵測外傷性腦損傷(TBI)導致的發炎反應，期能協助臨床醫師於日後選擇適當的療程。

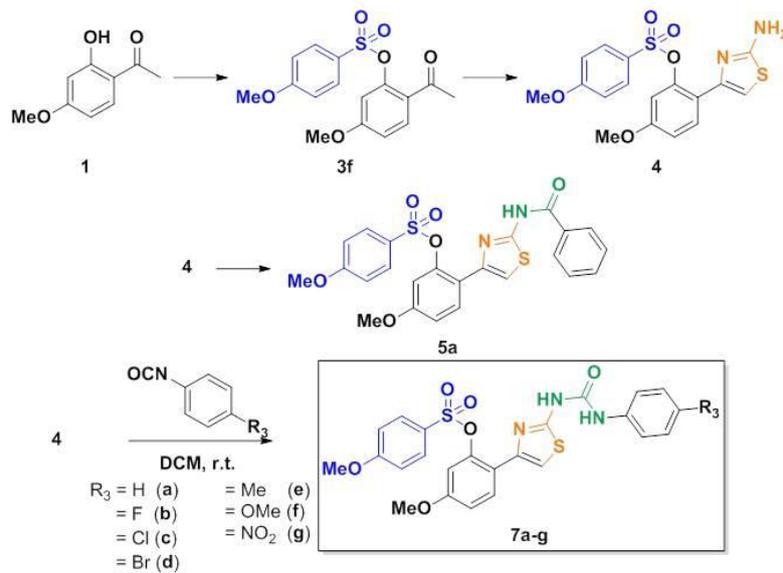
4

# 計畫目的



5

## 階段性研究成果 - 合成牡丹酚類似物作為腦發炎偵測分子



Unpublished data

6

## 階段性研究成果 - 建立腦發炎動物模式

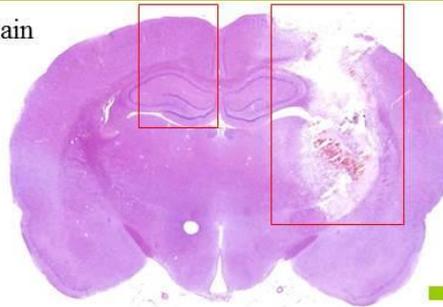


NYU weight-drop impactor

## 階段性研究成果 - 建立腦發炎動物模式

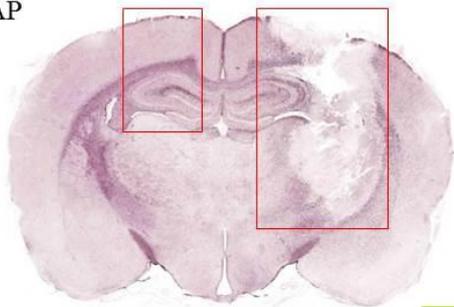
高度：50 mm  
(腦嚴重損傷)

HE stain

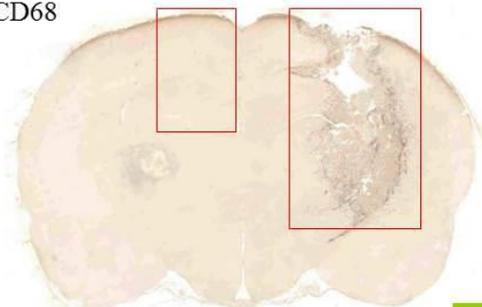


Bar : 2000  $\mu$ m

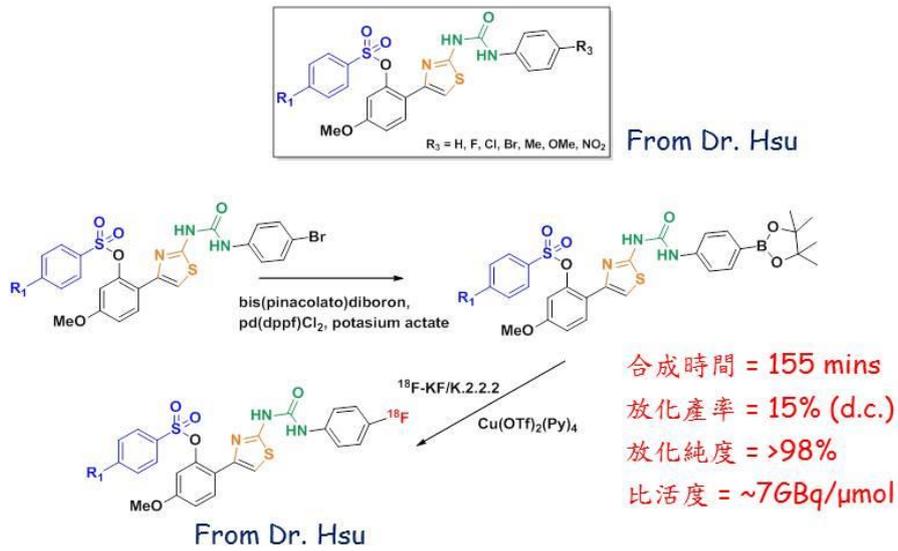
GFAP



CD68

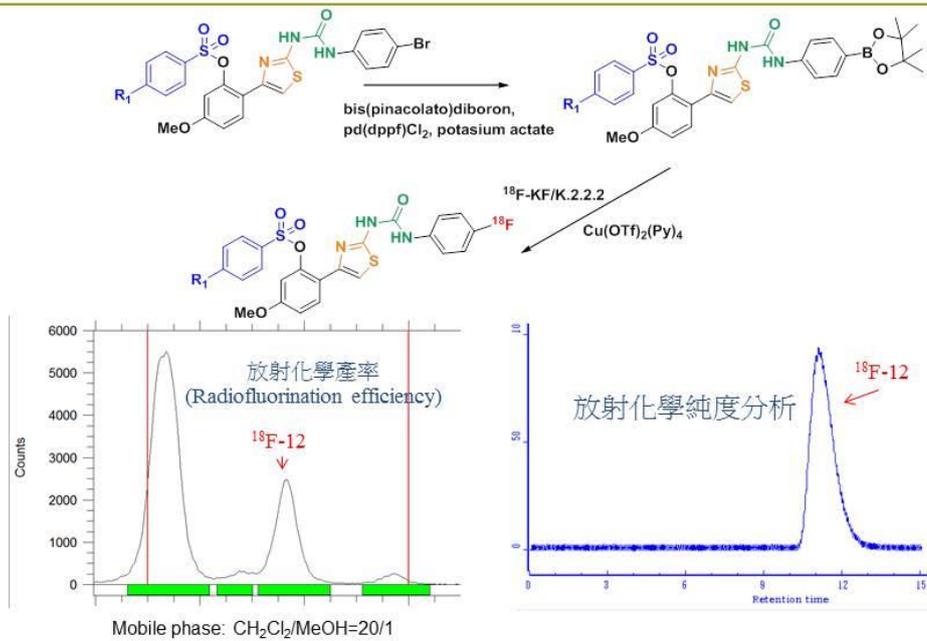


## 階段性研究成果 — 開發新型TSPO造影劑



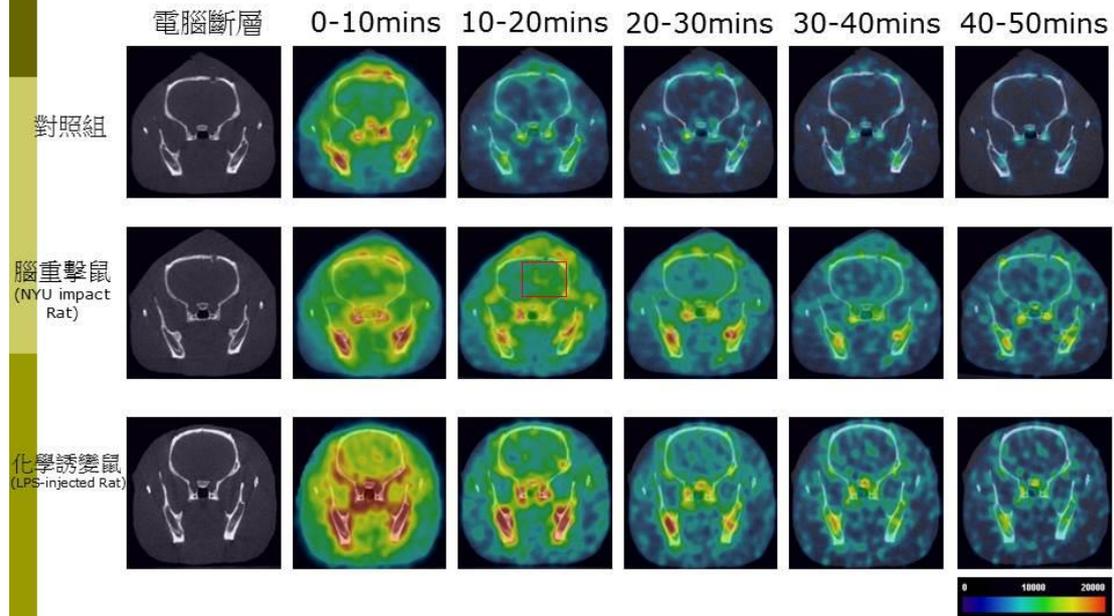
9

## 階段性研究成果 — 開發新型TSPO造影劑

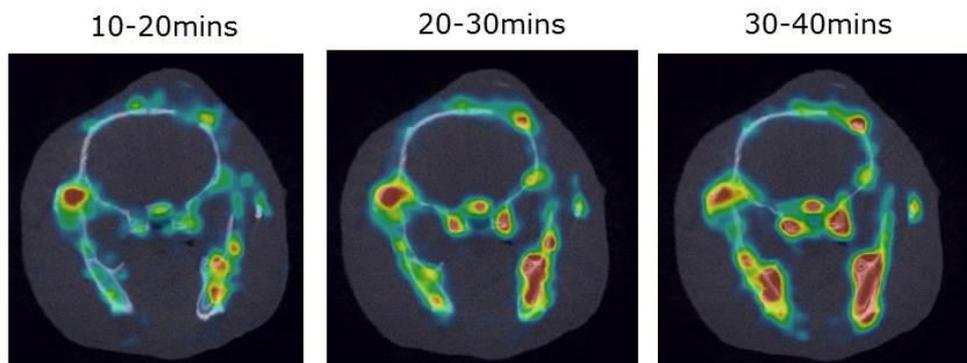


10

## 階段性研究成果 — $^{18}\text{F}$ -12 正子造影



## 階段性研究成果 — 氟-18醋酸正子造影圖



## 產出效應之應用

1. 建立外傷性腦損傷造成腦發炎之影像平台。
2. 本研究成功建立外傷性腦發炎之動物模式，此動物模式或可成為比較各式核醫藥物之平台(如比較分子轉運蛋白造影劑與檸檬酸鎵[鎵-67]的造影效果)。
3. 以本研究為例，先前許多文獻提及氟-18醋酸有潛力成為發炎造影劑，然而在本研究中卻發現其不適合用於外傷性腦損傷所造成之發炎。

13

## 產出效應之應用

- 各式腦疾病(包含神經退化性疾病)多會高度表現分子轉運蛋白，然正常組織幾近不表現分子轉運蛋白，
- 因此分子轉運蛋白非常適合當作造影的目標。
- 本研究配合許銘華老師所開發之核子醫學藥物或亦可當作是巴金森氏症、阿茲海默症甚或是亨丁頓症等腦神經疾病之診斷工具。

14

## 未來計畫需求

---

1. 建立快速篩檢適合成為分子轉運蛋白造影劑之方法
2. 優化分子轉運蛋白抑制分子結構，增加其通過腦血流障蔽的能力
3. 比較現行臨床發炎造影劑與分子轉運蛋白造影劑之敏感度與特異性
4. 評估分子轉運蛋白造影劑用於腦神經疾病之可行性
5. 評估自行合成之分子轉運蛋白抑制分子用於治療腦發炎或腦神經疾病之可行性

15

## 結語

---

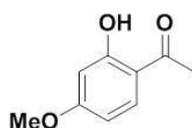
執行本群體計畫之研究成果包括：開發具臨床造影潛力之放射性氟標誌分子轉運蛋白抑制分子及觀測外傷性腦損傷之腦發炎之核子醫學影像平台，或有助於提高外傷性腦損傷之腦發炎之診斷敏感度及特異性。本團隊亦將以此計畫研究成果為基礎，評估是否可以藉由分子轉運蛋白造影劑探討因放射線腫瘤治療或是其他腦退化疾病所造成的腦發炎成因及時程，應有助於日後新型藥物或治療方式的開發。

16

## 恭請指導

17

## 階段性研究成果 - 合成牡丹酚類似物作為腦發炎偵測分子



### **Anti-inflammatory**

(Fu, P.K.; Wu, C.L.; Tsai, T.H.; Hsieh, C.L. Anti-inflammatory and anticoagulative effects of paeonol on lps-induced acute lung injury in rats. *Evid. Based Complement. Altern. Med.* **2012**, *2012*, 837513.)

### **Antioxidant**

(Chen, B.; Ning, M.; Yang, G. Effect of paeonol on antioxidant and immune regulatory activity in hepatocellular carcinoma rats. *Molecules* **2012**, *17*, 4672–4683.)

### **Analgesic**

(Chou, T.C. Anti-inflammatory and analgesic effects of paeonol in carrageenan-evoked thermal hyperalgesia. *Br. J. Pharmacol.* **2003**, *139*, 1146–1152.)

### **Antidiabetic**

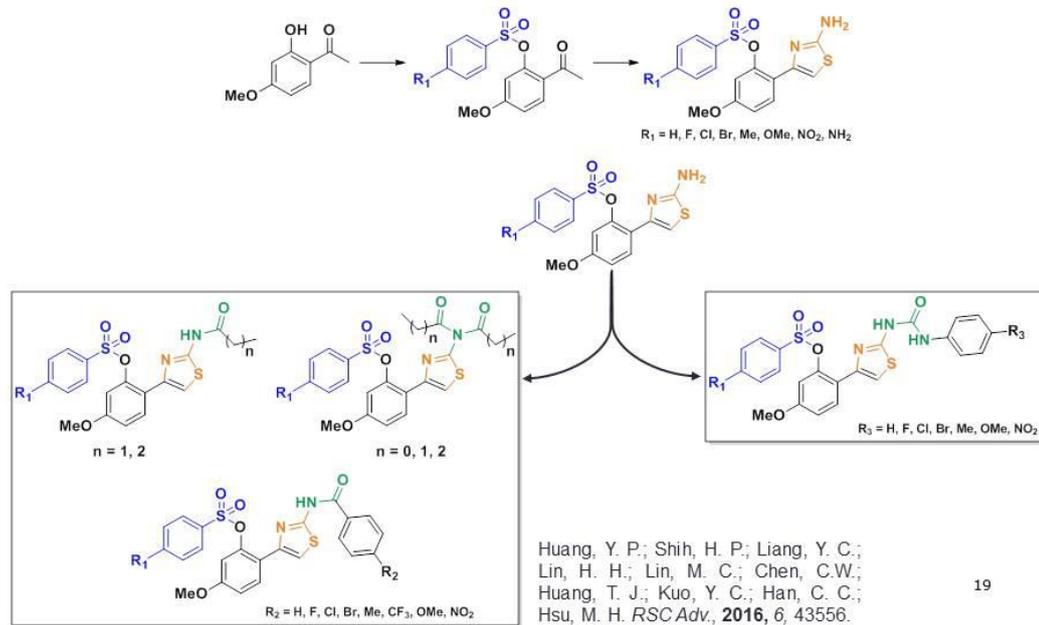
(Lau, C.H.; Chan, C.M.; Chan, Y.W.; Lau, K.M.; Lau, T.W.; Lam, F.C.; Law, W.T.; Che, C.T.; Leung, P.C.; Fung, K.P.; et al. Pharmacological investigations of the anti-diabetic effect of cortex moutan and its active component paeonol. *Phytomedicine* **2007**, *14*, 778–784.)

### **Antiatherogenic**

(Zhao, J.F.; Jim Leu, S.J.; Shyue, S.K.; Su, K.H.; Wei, J.; Lee, T.S. Novel effect of paeonol on the formation of foam cells: Promotion of LXR-ABCA1-dependent cholesterol efflux in macrophages. *Am. J. Chin. Med.* **2013**, *41*, 1079–1096.)

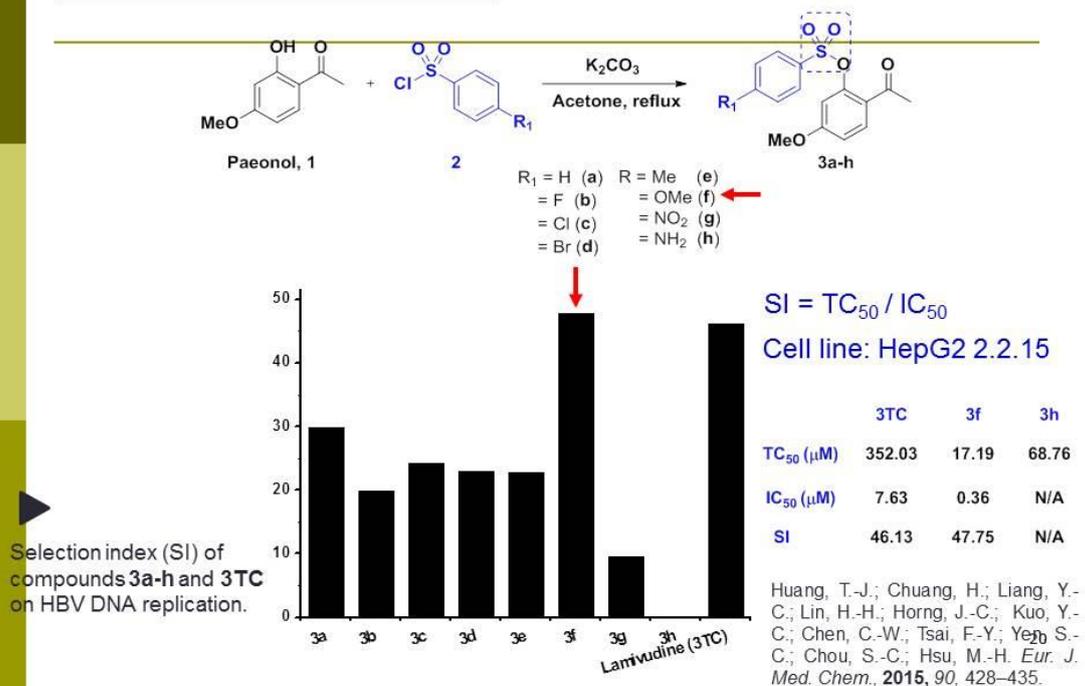
18

## 階段性研究成果 - 合成牡丹酚類似物作為腦發炎偵測分子

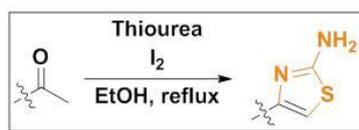
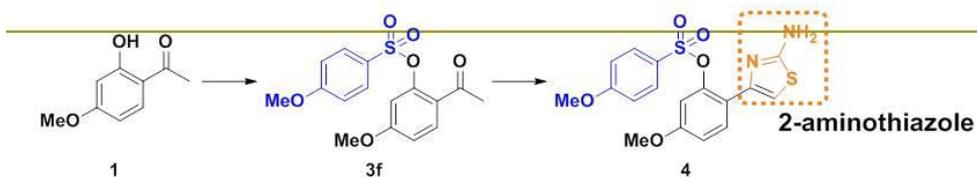


19

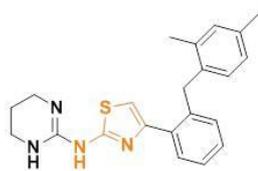
## 階段性研究成果 - 合成牡丹酚類似物作為腦發炎偵測分子



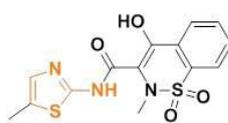
## 階段性研究成果 - 合成牡丹酚類似物作為腦發炎偵測分子



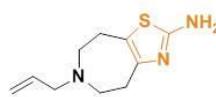
- Easily prepared
- Hydrogen bonding site



Abafungin  
Antimicrobial



Meloxicam  
Non-steroidal anti-inflammatory  
drugs for arthritis, dysmenorrhea  
and fever

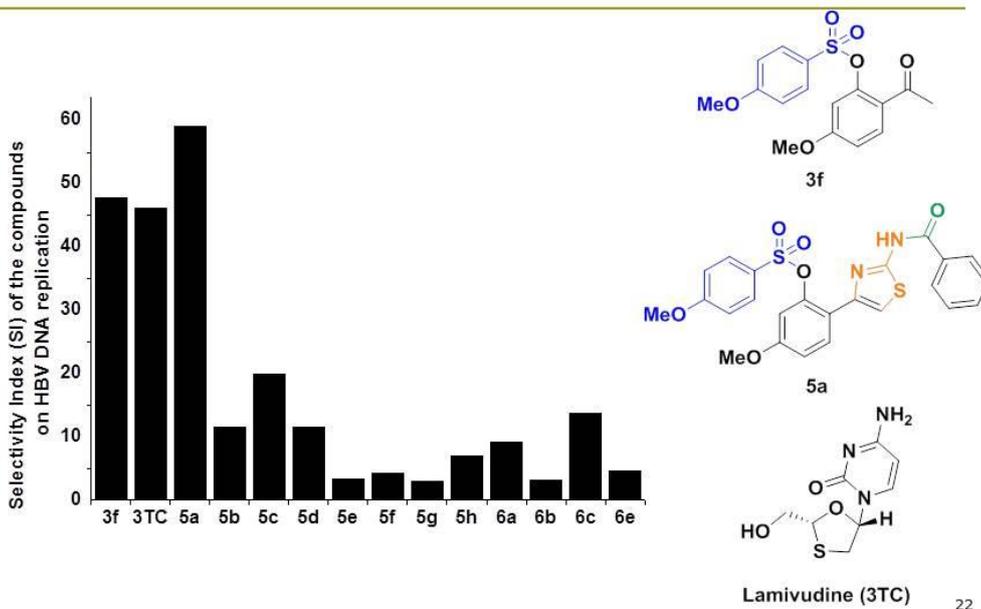


Talipexole  
Anti-Parkinson

A few examples of commercially available drugs  
containing 2-aminothiazole scaffold

Huang, Y. P.; Shih, H. P.; Liang, Y. C.;  
Lin, H. H.; Lin, M. C.; Chen, C.W.;  
Huang, T. J.; Kuo, Y. C.; Han, C. C.;  
Hsu, M. H. *RSC Adv.*, 2016, 6, 43556.

## 階段性研究成果 - 合成牡丹酚類似物作為腦發炎偵測分子



Huang, Y. P.; Shih, H. P.; Liang, Y. C.; Lin, H. H.; Lin, M. C.; Chen, C.W.;  
Huang, T. J.; Kuo, Y. C.; Han, C. C.; Hsu, M. H. *RSC Adv.*, 2016, 6, 43556.

## 階段性研究成果 - 合成牡丹酚類似物作為腦發炎偵測分子

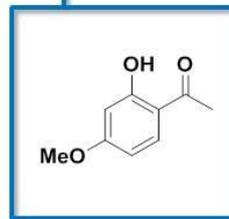


Moutan  
(牡丹花)



The root of Moutan

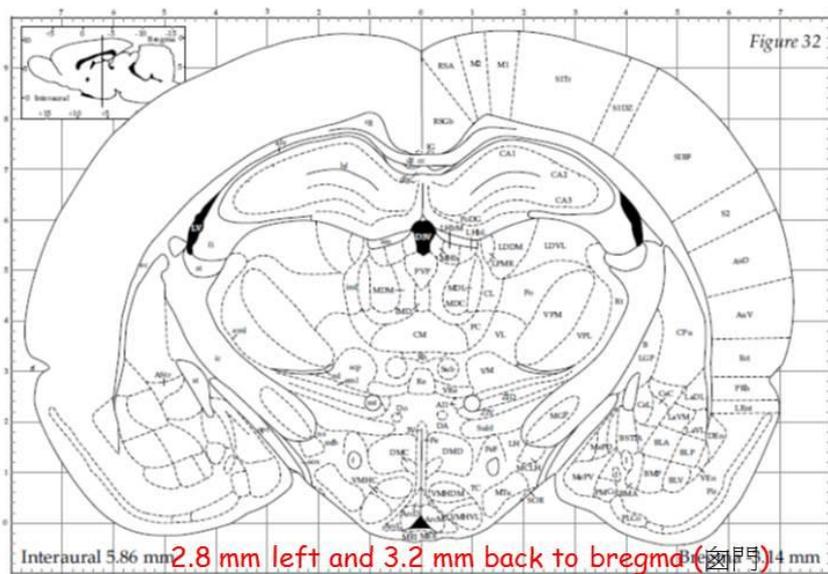
丹皮  
→ Chinese medicine  
清熱涼血；活血化瘀



Paeonol (丹皮酚)  
Main active component  
in Moutan Cortex

23

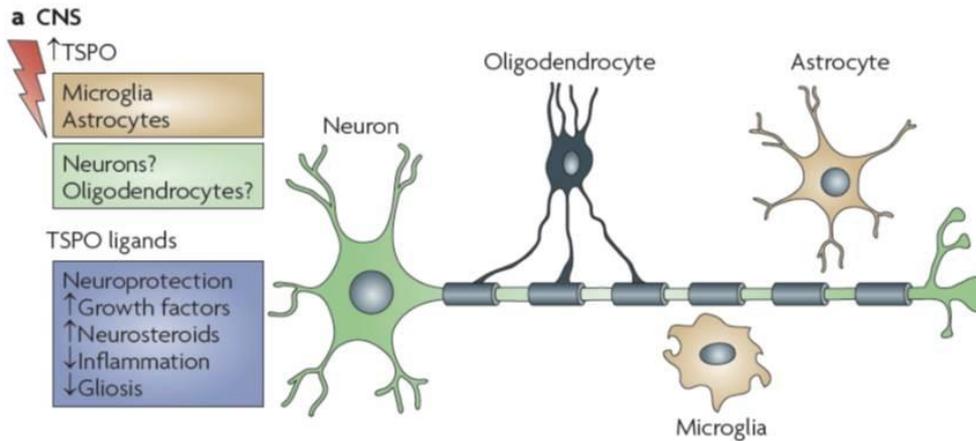
## 階段性研究成果 - 建立腦發炎動物模式



*Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2014; 1440–1449

## 階段性研究成果 — 開發新型TSPO造影劑

18-kDa translocator protein (TSPO)



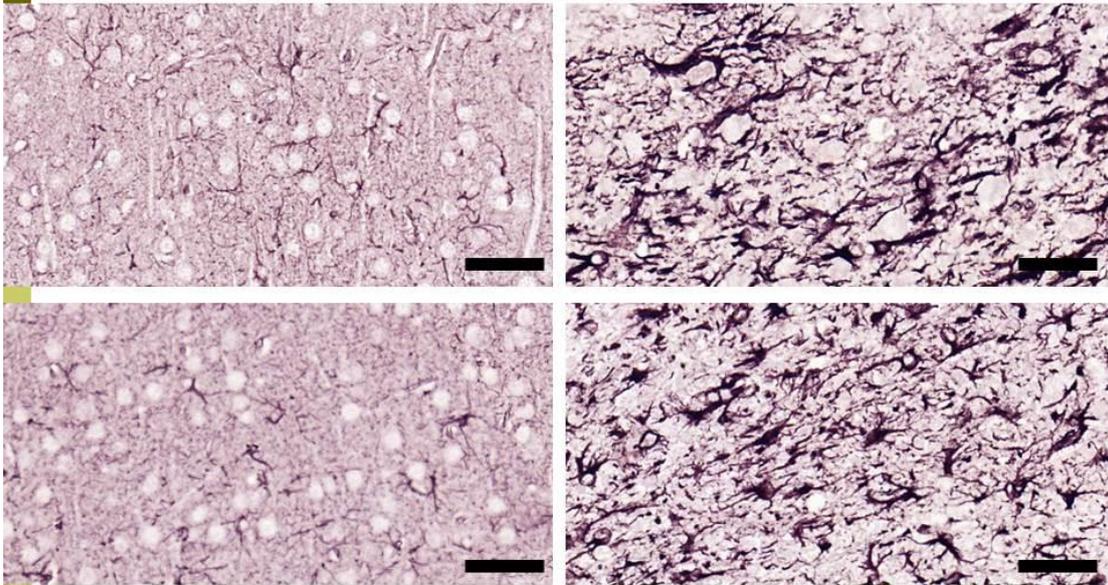
25

## 階段性研究成果 - 建立腦發炎動物模式

GFAP

Contralateral

NYU impact (12.5 mm)

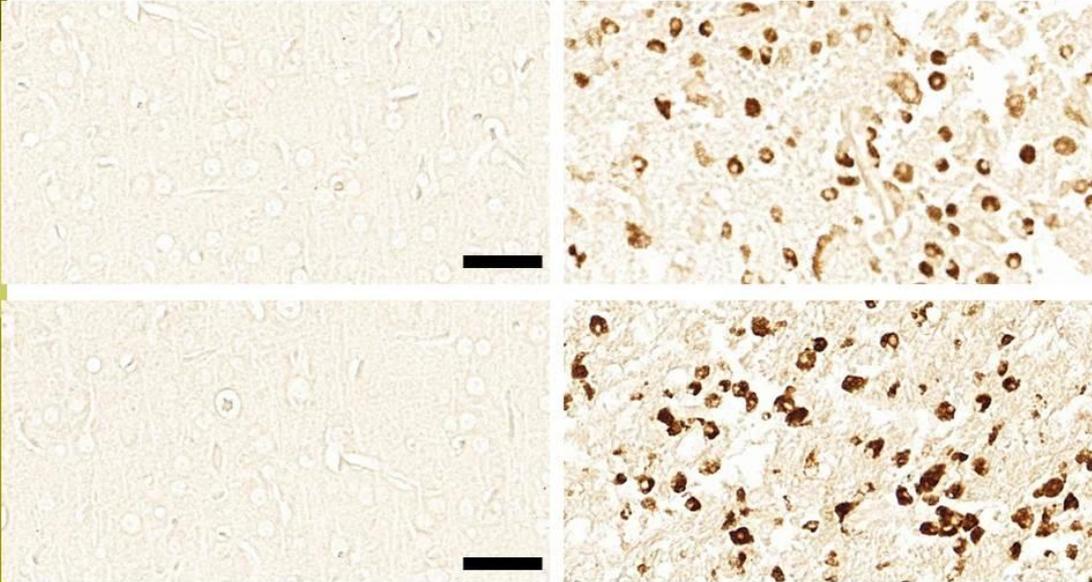


## 階段性研究成果 - 建立腦發炎動物模式

CD68

Contralateral

NYU impact (50 mm)



## 運用 $[^{18}\text{F}]\text{FE-PE2I}$ 正子造影技術 評估神經異種移植在巴金森氏症 動物模式之治療效果

報告人：張剛瑋(林俊龍)  
中華民國106年1月18日

1

### 簡報大綱

- 一、計畫目的
- 二、執行現況評估
- 三、未來計畫需求
- 四、結語

2

# 簡報大綱

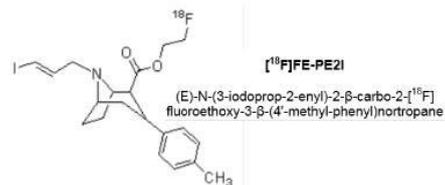
- 一、計畫目的
- 二、執行現況評估
- 三、未來計畫需求
- 四、結語

3

## 計畫目的

本計畫申請為三年期計畫，預計期間完成下列目的：

- (一) 研究 [<sup>18</sup>F]FE-PE2I 配合正子斷層造影技術在大鼠大腦造影多巴胺系統的靈敏度(sensitivity)



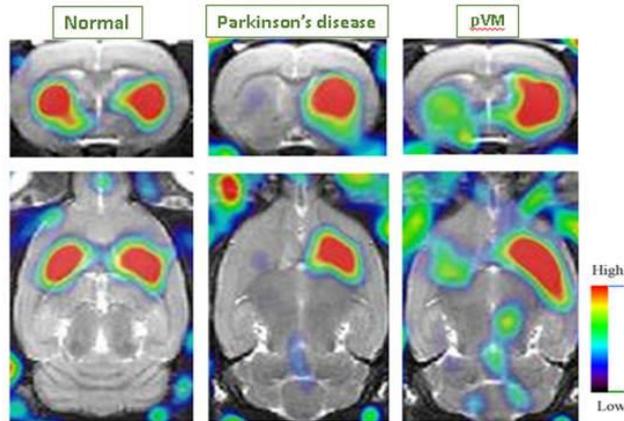
- (二) 建立異種移植治療巴金森氏症大鼠與獼猴的策略



4

# 計畫目的

## [<sup>18</sup>F]DOPA 小動物正子斷層造影



5

# 計畫目的

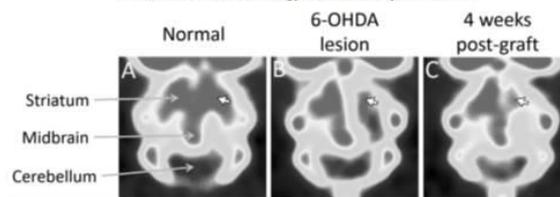
*Cell Transplantation*, Vol. 25, pp. 301–311, 2016  
 Printed in the USA. All rights reserved.  
 Copyright © 2016 Cognizant, LLC.

0963-6897/16 \$90.00 + .00  
 DOI: <http://dx.doi.org/10.3727/096368915X688236>  
 E-ISSN 1555-3892  
[www.cognizantcommunication.com](http://www.cognizantcommunication.com)

## PET Imaging of Serotonin Transporters With 4-[<sup>18</sup>F]-ADAM in a Parkinsonian Rat Model With Porcine Neural Xenografts

Chuang-Hsin Chiu,<sup>\*†</sup> I-Hsun Li,<sup>‡§</sup> Shao-Ju Weng,<sup>¶</sup> Yuahn-Sieh Huang,<sup>¶</sup> Shinn-Chih Wu,<sup>#</sup> Ta-Kai Chou,<sup>†</sup> Wen-Sheng Huang,<sup>\*\*</sup> Mei-Hsiu Liao,<sup>††</sup> Chyng-Yann Shiue,<sup>†</sup> Cheng-Yi Cheng,<sup>\*†</sup> and Kuo-Hsing Ma<sup>¶¶</sup>

<sup>\*</sup>Graduate Institute of Medical Sciences, National Defense Medical Center, Taipei, Taiwan  
<sup>†</sup>Department of Nuclear Medicine, Tri-Service General Hospital, National Defense Medical Center, Taipei, Taiwan  
<sup>‡</sup>Department of Pharmacy Practice, Tri-Service General Hospital, National Defense Medical Center, Taipei, Taiwan  
<sup>§</sup>School of Pharmacy, National Defense Medical Center, Taipei, Taiwan  
<sup>¶</sup>Department of Biology and Anatomy, National Defense Medical Center, Taipei, Taiwan  
<sup>#</sup>Department of Animal Science and Technology, National Taiwan University, Taipei, Taiwan  
<sup>\*\*</sup>Departments of Nuclear Medicine and Medical Research, Changhua Christian Hospital, Changhua, Taiwan  
<sup>††</sup>Institute of Nuclear Energy Research, Taoyuan, Taiwan  
<sup>¶¶</sup>Institute of Nuclear Energy Research, Taoyuan, Taiwan



6

## 計畫目的

---

**[<sup>18</sup>F]FE-PE2I**正子造影技術



**神經異種移植**  
巴金森氏症動物模式

7

## 簡報大綱

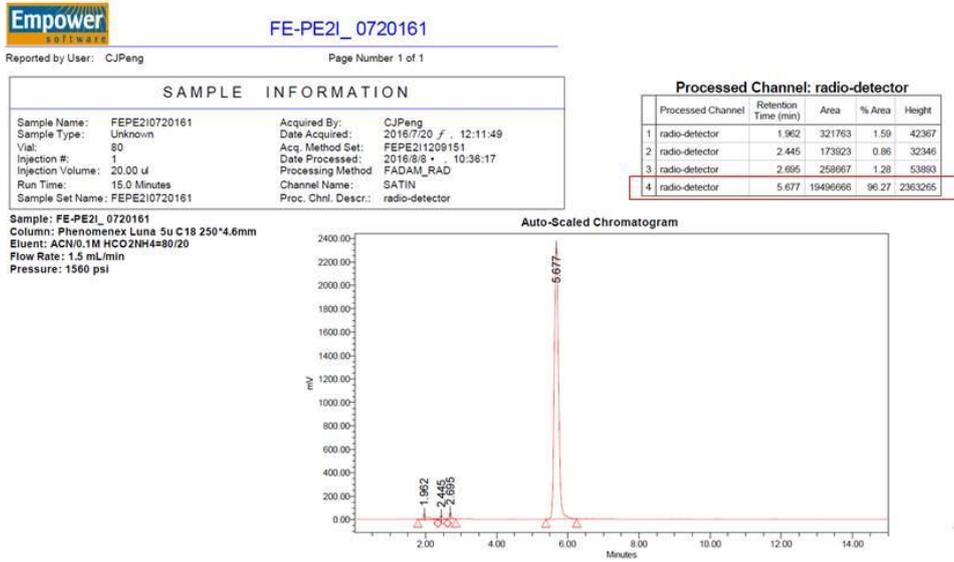
---

- 一、計畫目的
- 二、執行現況評估
- 三、未來計畫需求
- 四、結語

8

# 執行現況評估

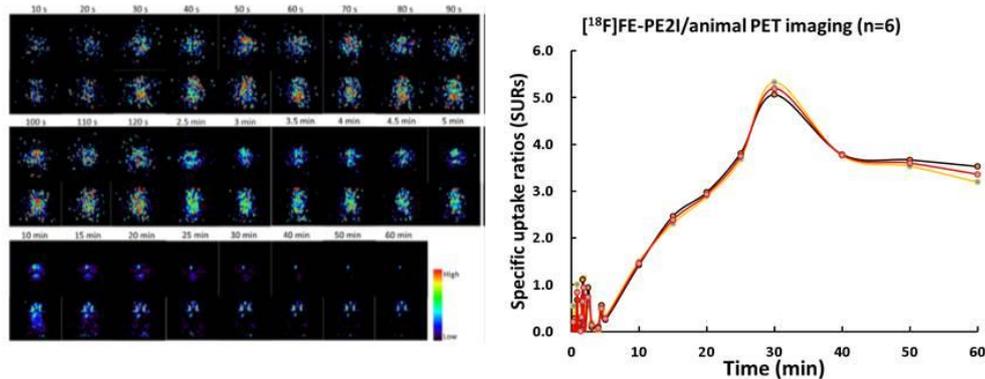
## [<sup>18</sup>F]FE-PE2I 的HPLC 分析圖



9

# 執行現況評估

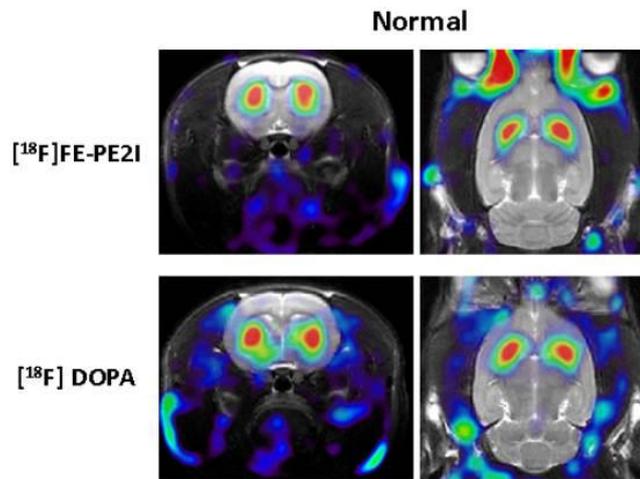
## [<sup>18</sup>F]FE-PE2I 在大白鼠大腦中的動態正子造影



10

## 執行現況評估

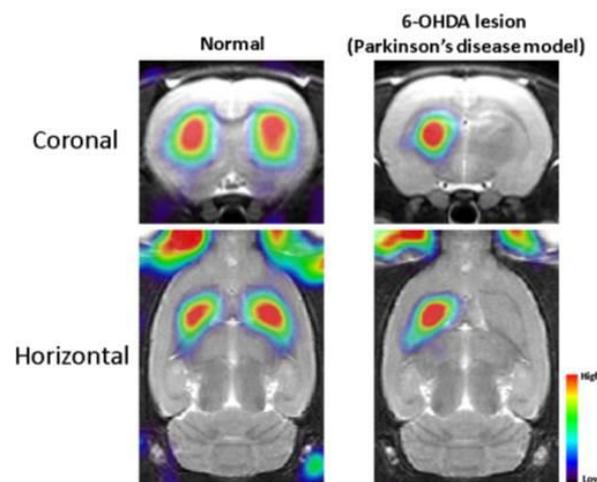
[<sup>18</sup>F]FE-PE2I 和 [<sup>18</sup>F]DOPA 的造影比較圖



11

## 執行現況評估

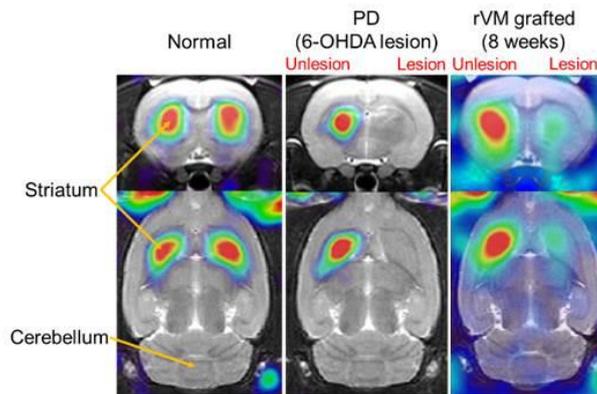
[<sup>18</sup>F]FE-PE2I 於正常(Normal)和巴金森氏症(PD)大鼠造影圖



12

## 執行現況評估

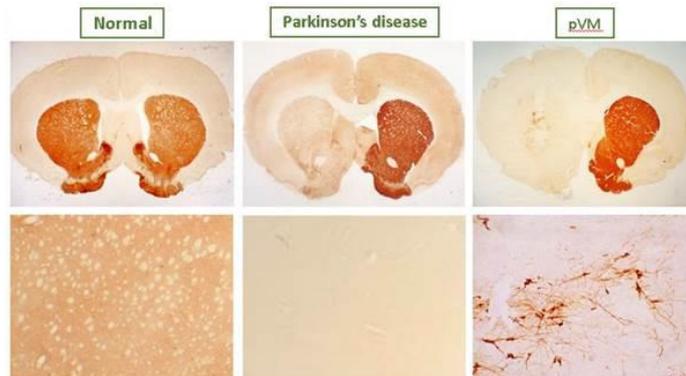
[<sup>18</sup>F]FE-PE2I 於正常(Normal)、巴金森氏症(PD)和巴金森氏症治療後大鼠造影圖



13

## 執行現況評估

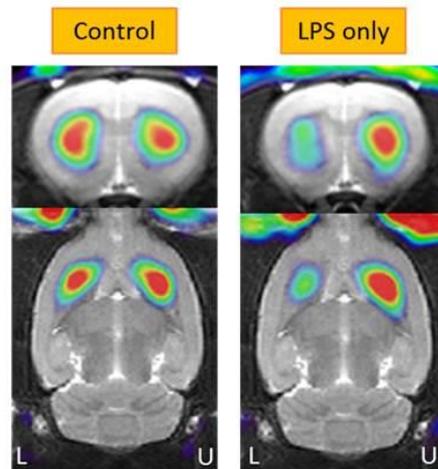
腦部切片以及酪胺酸羥化酶(tyrosine hydroxylase, TH)免疫組織化學染色法



14

## 執行現況評估

[<sup>18</sup>F]FE-PE2I 於正常(Control)和細菌性腦傷(LPS only)大鼠造影圖



15

## 簡報大綱

- 一、計畫目的
- 二、執行現況評估
- 三、未來計畫需求
- 四、結語

16

# 未來計畫需求

第一年將利用正常大白鼠進行正子斷層造影，研究 [ $^{18}\text{F}$ ]DOPA 與 [ $^{18}\text{F}$ ]FE-PE2I 在大腦造影多巴胺轉運體所需之理想放射性活度 (optimal radioactivity)、理想靜態造影時間(optimal static imaging time)、與大腦生物分佈 (brain biodistribution)。然後在正常大鼠投予不同劑量之多巴胺轉運體抑制劑--派羅甲脞 (methylphenidate, MPH)，進行 [ $^{18}\text{F}$ ]DOPA 與 [ $^{18}\text{F}$ ]FE-PE2I 正子斷層造影與自動放射顯影術研究，比較兩種造影藥劑的靈敏度。<sup>41</sup>

評估可行性  
以及  
找出劑量和時間

第二年將根據本實驗室所建立的神經異種移植技術 (Chiu et al., 2015)，更進一步將豬胚胎腹側中腦組織與大鼠史托利細胞共同移植於巴金森氏症大鼠紋狀體腦以調節免疫或減少排斥，期盼獲致異種移植的更佳治療效果。在移植前後，將利用 [ $^{18}\text{F}$ ]DOPA 及 [ $^{18}\text{F}$ ]FE-PE2I 搭配小動物正子斷層造影及免疫組織化學染色評估移植治療效果，而經由分析比較影像與免疫組織化學染色結果，也可評估 [ $^{18}\text{F}$ ]FE-PE2I 偵測治療效果的靈敏度。<sup>42</sup>

運用於疾病模式  
以及  
評估治療效果

第三年將在正常獼猴進行 [ $^{18}\text{F}$ ]FE-PE2I 正子斷層造影，預先投予不同劑量之派羅甲脞，分別進行 [ $^{18}\text{F}$ ]DOPA 與 [ $^{18}\text{F}$ ]FE-PE2I 正子斷層造影研究，比較兩種造影藥劑的靈敏度。再根據本實驗室先前建立巴金森氏症獼猴模式，以豬胚胎中腦組織異種移植於巴金森氏症獼猴的紋狀體，在移植前後，利用 [ $^{18}\text{F}$ ]DOPA 及 [ $^{18}\text{F}$ ]FE-PE2I 評估移植治療效果，而經由影像分析比較，也可評估 [ $^{18}\text{F}$ ]FE-PE2I 在非人類靈長類大腦偵測治療效果的靈敏度。<sup>43</sup>

以大型靈長類動物  
評估臨床前治療



# 簡報大綱

- 一、計畫目的
- 二、執行現況評估
- 三、未來計畫需求
- 四、結語

## 結語

在完成此計劃後，將有助於釐清 [ $^{18}\text{F}$ ]FE-PE2I 和 [ $^{18}\text{F}$ ]DOPA 在不同動物模式(大白鼠及獼猴)其造影品質的差異，並可評估 [ $^{18}\text{F}$ ]FE-PE2I 和 [ $^{18}\text{F}$ ]DOPA 在巴金森氏症模式中結合移植之中腦組織內多巴胺神經元的效果，這些結果將可提供研究人員另一種偵測巴金森氏症的造影藥物，亦可驗證 [ $^{18}\text{F}$ ]FE-PE2I (和 [ $^{18}\text{F}$ ]DOPA 比較)是否可作為臨床評估巴金森氏症神經異種移植治療後的工具。

19

105年度「原子能科技學術合作研究計畫」整合成果發表會

## 開發 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -TRODAT在精神疾病造影 多巴胺轉運器之影像分析技術

報告人：張剛瑋(林俊龍)  
中華民國106年1月18日

20

## 簡報大綱

---

- 一、計畫目的
- 二、執行現況評估
- 三、未來計畫需求
- 四、結語

21

## 簡報大綱

---

- 一、計畫目的
- 二、執行現況評估
- 三、未來計畫需求
- 四、結語

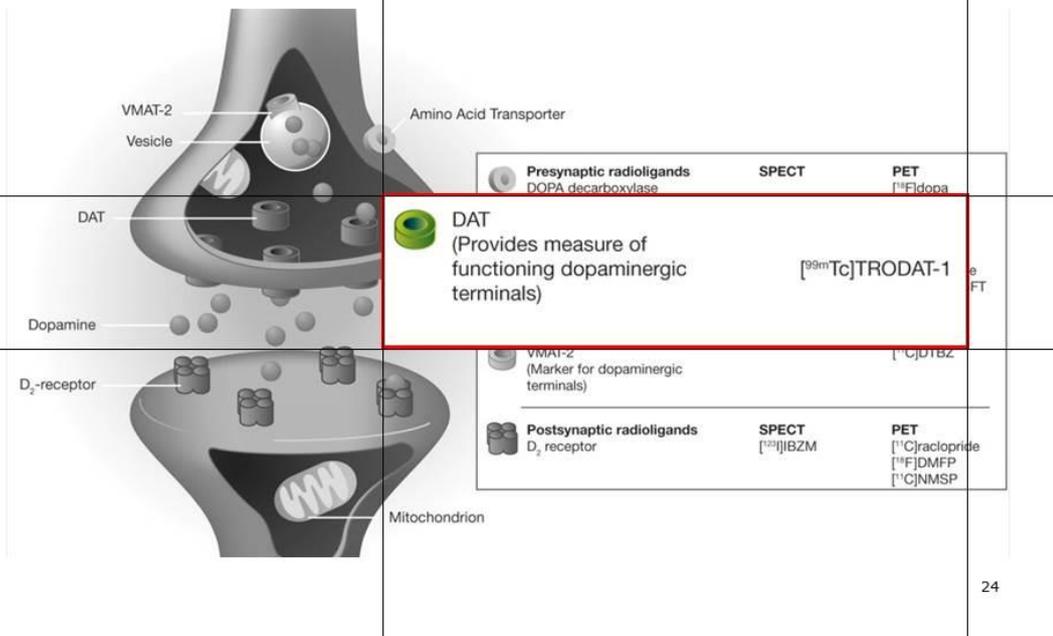
22

## Dopamine in Psychiatry

- Dopaminergic modulation of cognitive control
- Causes the movement problems of people with Parkinson's
- Dopamine dysregulation is also observed in brain regions which are important for emotional processing
- Deficient levels of dopamine activity in the brain can cause depression

23

## Image dopamine system



24

## 計畫目的

---

- 雖然Tc-99m TRODAT造影在許多精神疾病已經被大量使用，但目前最大的問題在於Tc-99m TRODAT造影沒有一致的分析方式，因此造成研究結果的差異性，也不利於應用在臨床病患身上。
- 本研究目的為建立一個具有可靠性的分析方式，以加速此造影劑在臨床上的使用價值及市場佔有率。

25

## 簡報大綱

---

- 一、計畫目的
- 二、執行現況評估
- 三、未來計畫需求
- 四、結語

26

## Inclusion and Exclusion Criteria

- ❑ All individuals above 20 years
- ❑ DSM-IV major depressive disorder for MDD group
- ❑ No head injury
- ❑ Patient is willing and able to sign ICF

同院單 105/9/12

IRB: HYUNGHOSPITAL 000001-1  
Version: 4.0, Date: 2015/06/18

臺北榮民總醫院臨床試驗/研究計畫  
受試者同意書

您被邀請參與此臨床試驗研究，這份表格提供您本試驗研究之相關資訊。本試驗研究已取人體試驗委員會審查通過，計畫主持人或其授權人員將會為您說明試驗研究內容並回答您的任何疑問。您不須立即決定是否參加本試驗，請您經過慎重考慮後才予簽名。您簽署同意書後才能參與本試驗研究。

計畫名稱：開發 fMRI-TREDDAT 在精神疾病達到多巴胺轉運器之影像分析技術

執行單位：臺北榮民總醫院

主要主持人：  
姓名：周北華 職稱：社區精神科主治醫師  
單位：精神部 電話：02-28711190

協同主持人：  
姓名：黃文盛 職稱：腦子醫學部主治醫師  
單位：腦子醫學部 電話：02-28757301#570

本計畫二十四小時緊急聯絡人及電話：周北華/0938928275

受試者姓名：  
性別：  
出生日期：  
病歷號碼：  
通訊地址：  
聯絡電話：  
受試者緊急聯絡人：  
電話：  
通訊地址：

受試者同意書 - version 1.0  
日期：2015.12.15

第 1 頁，共 10 頁

臺北榮民總醫院  
臨床試驗室

27

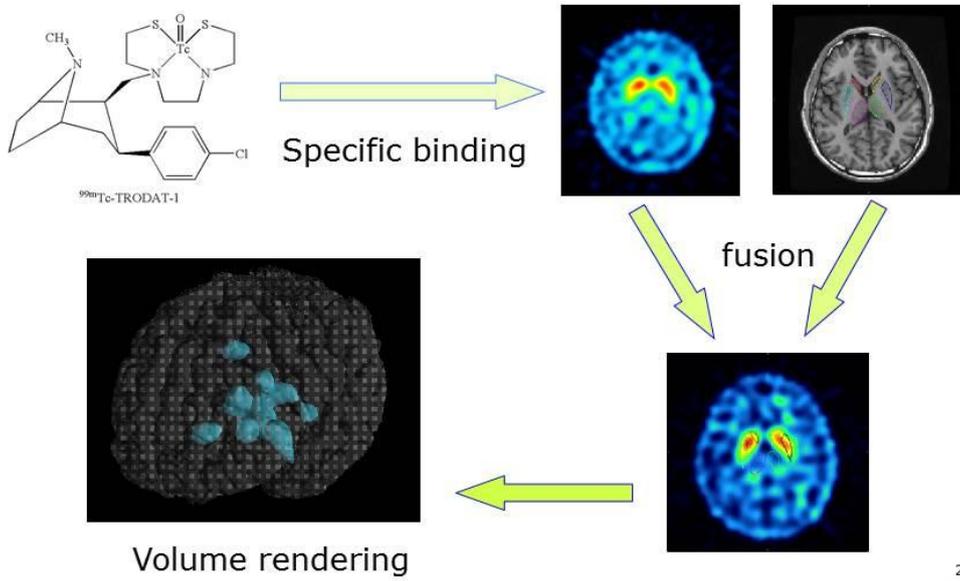
## Demographic data

	HC	MDD	t	p
Gender (M/F )	6/12	2/1	N/A	N/A
Age(years)	36.2±7.4	36±7.3	0.14	0.89
Education(years)	13.6±3.2	12.8±3.4	0.86	0.39
MADRS	N/A	36.9±6.7	N/A	N/A

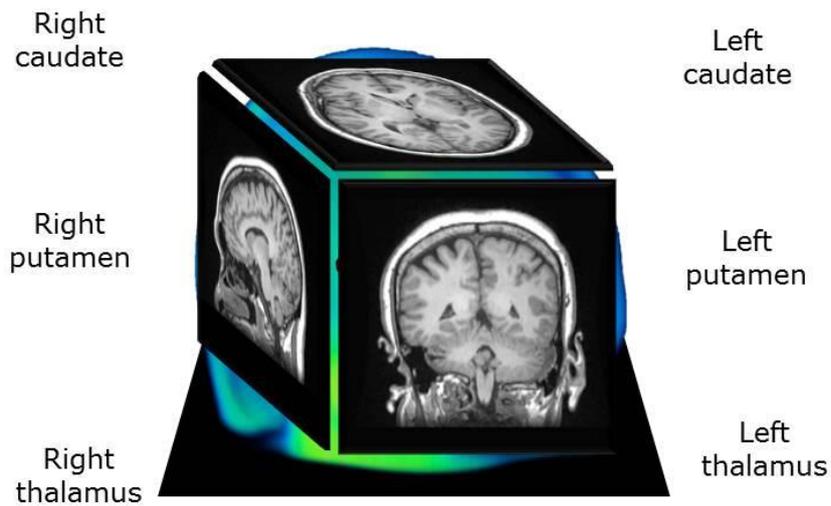
MDD: Major depressive disorder; HC: Healthy controls; MADRS: Montgomery-Asberg Depression Scale

28

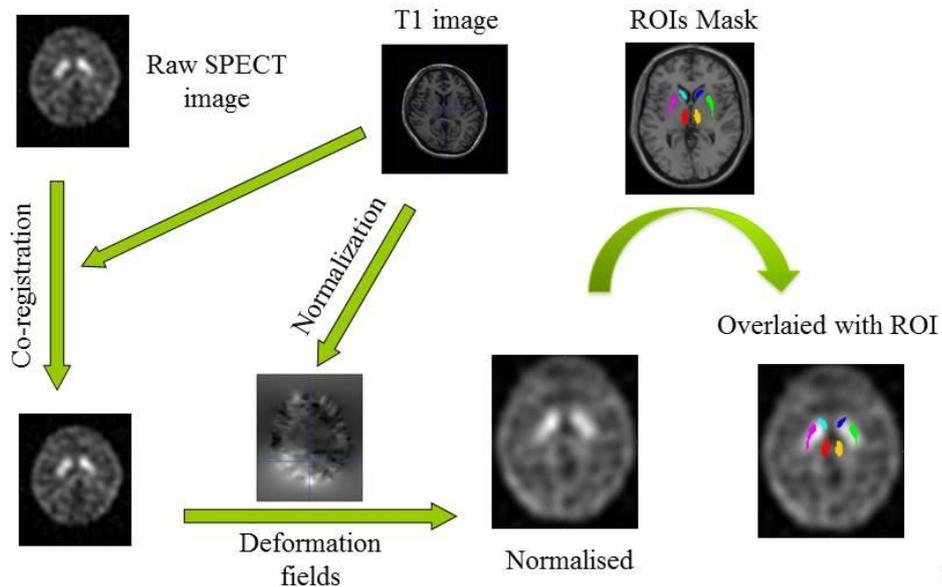
## Manual establish regions of interest (ROIs)



## ROIs reconstruction

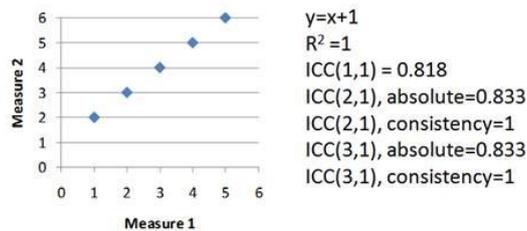


## Auto segmentation



## Intraclass correlation coefficient

- ❑ The Intraclass Correlation Coefficient (ICC) is a measure of the reliability of measurements or ratings
- ❑ Model 3 – each subject is assessed by each rater, but the raters are the only raters of interest



## Reliability of two methods

		Manual	Auto	r	ICC
Caudate					
	L	2.82±0.86	2.52±1.03	0.492	0.652
	R	2.48±0.91	2.15±1.05	0.634	0.773
	L+R	2.66±0.84	2.32±1.01	0.555	0.706
Putamen					
	L	2.92±0.89	2.82±0.96	0.542	0.702
	R	2.90±0.77	2.75±0.91	0.547	0.701
	L+R	2.91±0.80	2.79±0.93	0.570	0.721
Thalamus					
	L	0.80±0.36	1.02±0.34	0.503	0.669
	R	0.64±0.32	0.79±0.38	0.723	0.832
	L+R	0.72±0.29	0.90±0.32	0.590	0.740

33

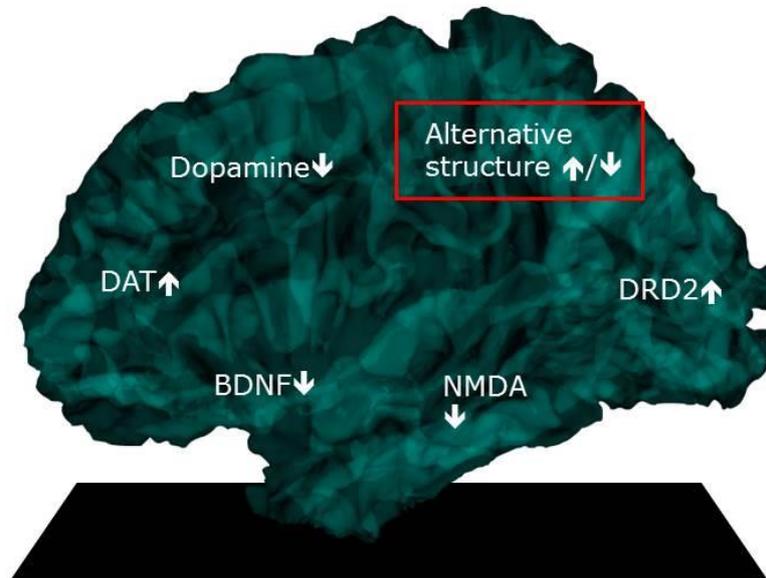
## 簡報大綱

- 一、計畫目的
- 二、執行現況評估
- 三、未來計畫需求
- 四、結語

34

## Changing in brain of MDD

---



35

## Anatomical abnormalities

---

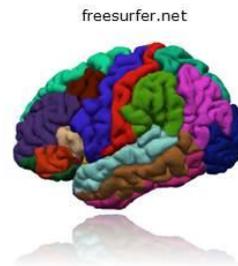
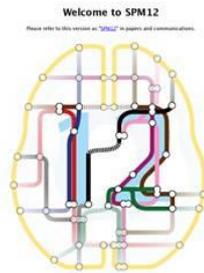
- ❑ Enlargement of lateral ventricles
- ❑ Smaller than normal total brain volume
- ❑ Cortical atrophy
- ❑ Widening of third ventricle
- ❑ Smaller hippocampus

36

## Further study

---

- 利用SPM及FreeSurfer探討DAT與大腦解剖構造之連結
- 開發新的造影劑，尋找新的治療目標以協助新藥之開發



37

## 簡報大綱

---

- 一、計畫目的
- 二、執行現況評估
- 三、未來計畫需求
- 四、結語

38

## Conclusion

---

- 利用這套分析方式可以提升人工對位與自動分析之間的差異性，未來可以利用自動分析減少人為分析之誤差，提升臨床診斷之客觀評估。
- 未來仍然需要與其他醫師或研究團隊進行進一步驗證，並再調整參數，使此分析方法可達成一致的共識。

105年度「原子能科技學術合作研究計畫」整合成果發表會

國立臺灣大學醫學院藥學系 暨研究所	阿茲海默症早期診斷藥物－氟-18標誌組 蛋白去乙酰化酶抑制劑之動物模式與造影 研究
國立陽明大學生物醫學影像 暨放射科學系	發展新穎氟18組蛋白去乙酰化酶抑制劑作 為中樞神經系統造影劑之研究

## 行政院原子能委員會核能研究所

報告人：李銘忻

中華民國106年1月18日

1

### 簡報大綱

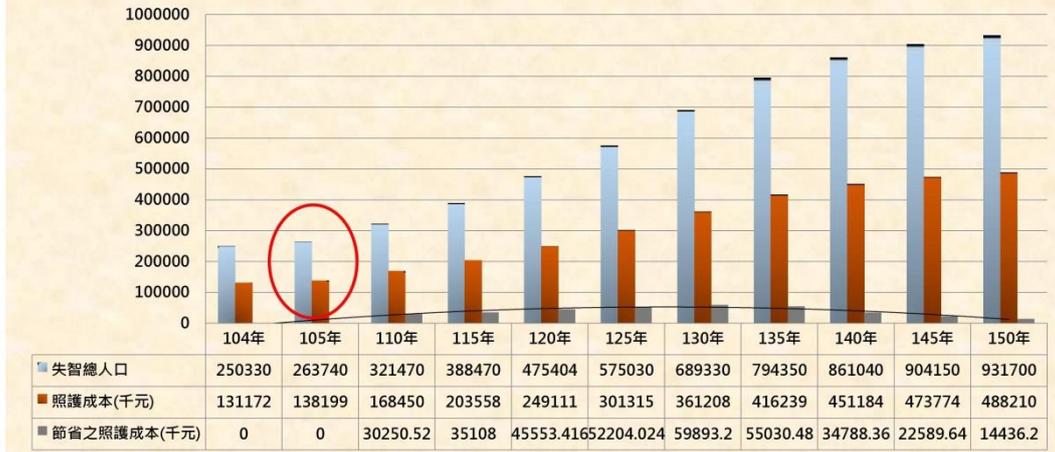
- 一、計畫目的(2分鐘)
- 二、執行現況評估(8分鐘)
  - 階段性研究成果
  - 產出效益之應用
- 三、未來計畫需求 (3分鐘)
- 四、結語(2分鐘)

2

# 一、計畫目的

## 問題起源

### 失智症人口與照護成本推估

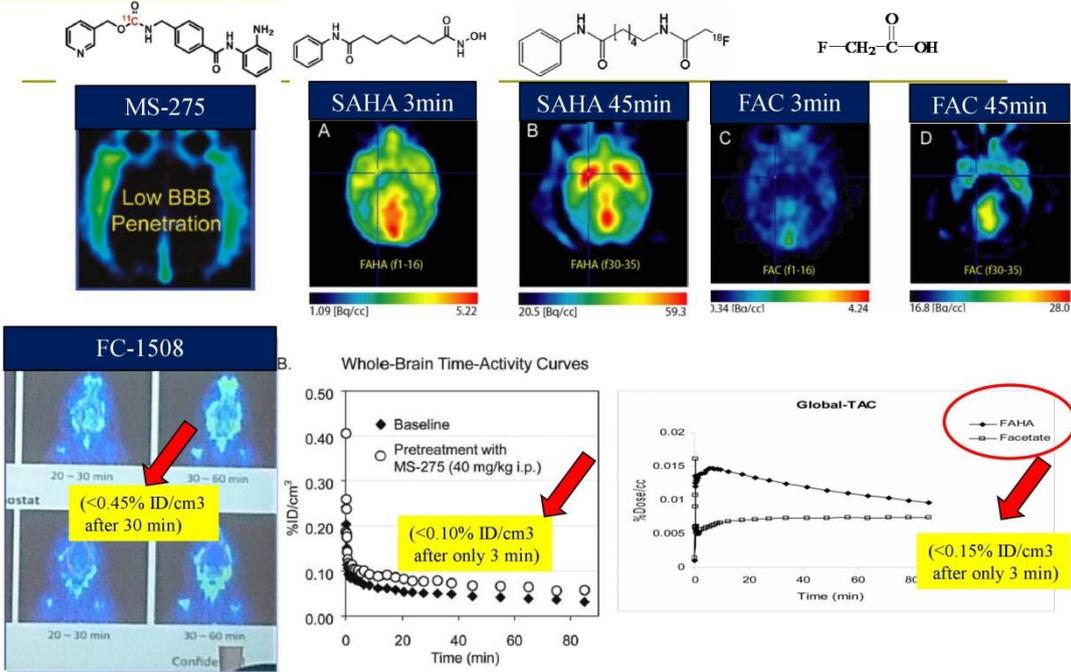


資料來源：  
失智總人口：台灣失智症協會  
照護成本：根據台灣失智症協會提供的英國照護成本數據推算而得  
節省之照護成本：圖中綠條的曲線面積

3

# 一、計畫目的

## 學研創新軌跡 / Low BBB



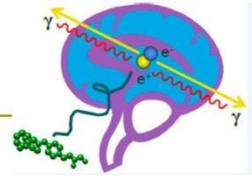
ACS Chem. Neurosci. (2010), 1, 65–73

Nucl Med Biol. 2009 April ; 36(3): 247–258.

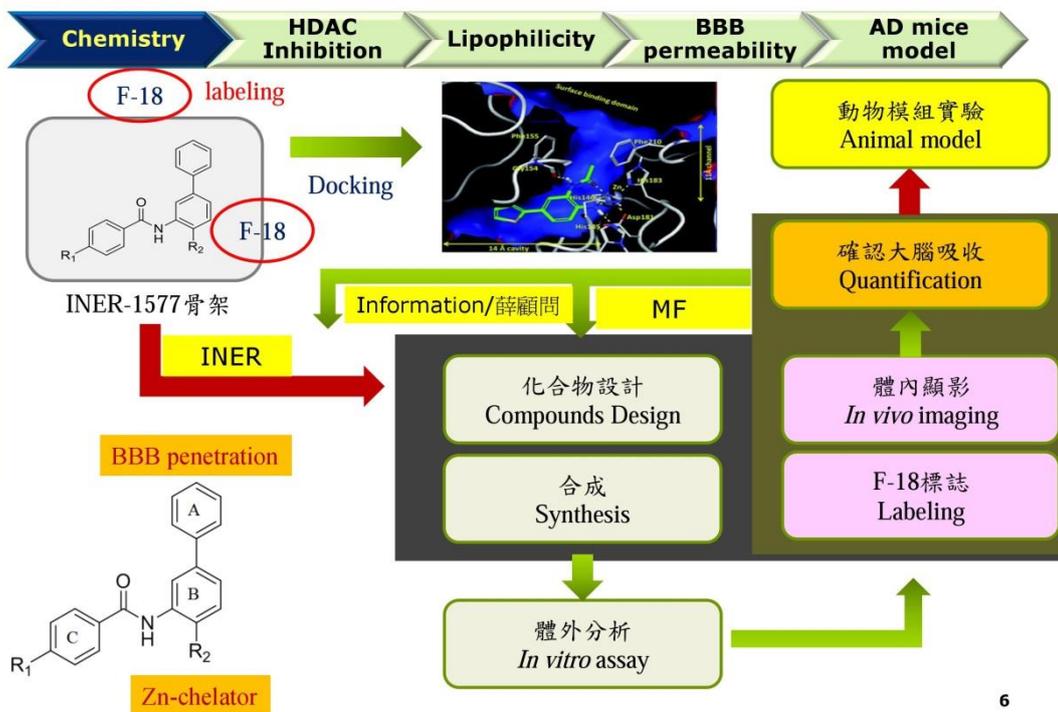
(i) Kinetics of [18F]FAHA and [18F]FAC in the brain of the same baboon. (ii) Transaxial view of PET images, from the same baboon at the level of the striatum (slice 33), after injection of [18F]FAHA (3.45 mCi) and [18F]FAC (2.40 mCi): A. [18F]FAHA PET images summed over the first 3 min of study (frames 1–16). B. [18F]FAHA PET images summed over the last 45 min of study (frames 30–35). C. [18F]FAC PET images summed over the first 3 min of study (frames 1–16). D. [18F]FAC PET images summed over the last 45 min of study (frames 30–35).

## 一、計畫目的

- 資源互補/知識鴻溝/加速創新:
  - 新穎HDACi候選 PET-tracer **VS** 漸進式創新 FAHA
  - 通過 BBB (>0.5% ID/g)
  - 觀察動物腦中HDACs表現與分布
- 科學家逐漸發現，許多腦神經疾病都跟表觀遺傳HDACs (Histone deacetylases)的修飾缺失有關，這個基因之外的成因，提供了診斷/治療大腦疾病的新契機。
  - HDACs family consists of HDAC1, 2, 3, 6 and 8
  - 疾病治療之熱門標的
- 表徵基因功能障礙 (Epigenetic dysfunction)和許多神經退化與精神疾病相關
  - Alzheimer's disease
  - Schizophrenia
  - CNS disorders



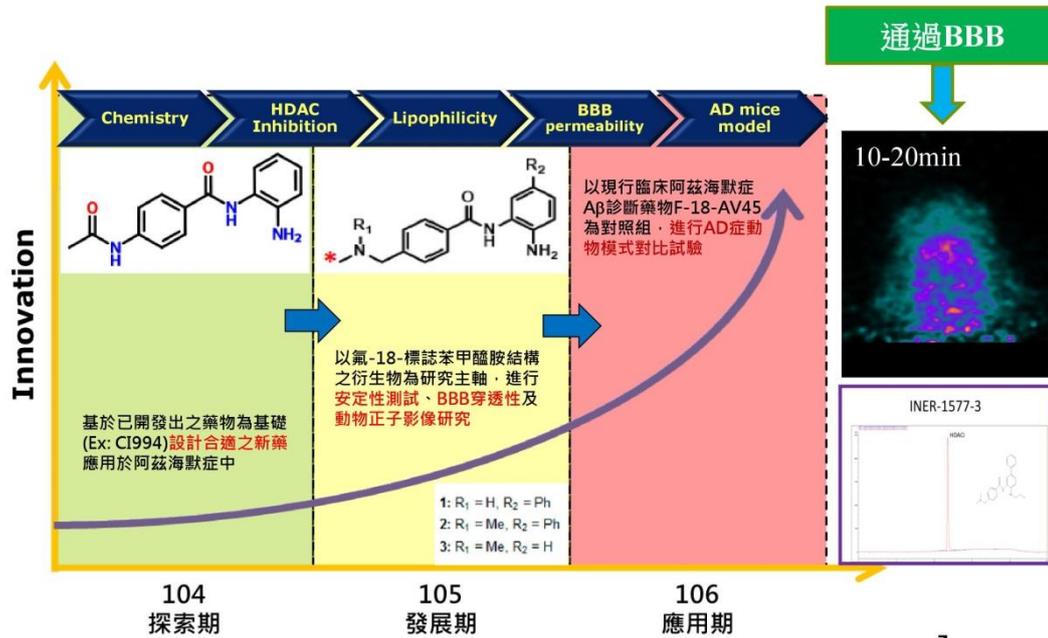
## 二、執行現況評估 Neuro-HDACi PET化合物設計(INER)



6

## 二、執行現況評估

### Neuro-HDACi PET目前進展(INER)



7

## 二、執行現況評估

### 2.1 階段性研究成果 (台大105 忻凌偉 教授)

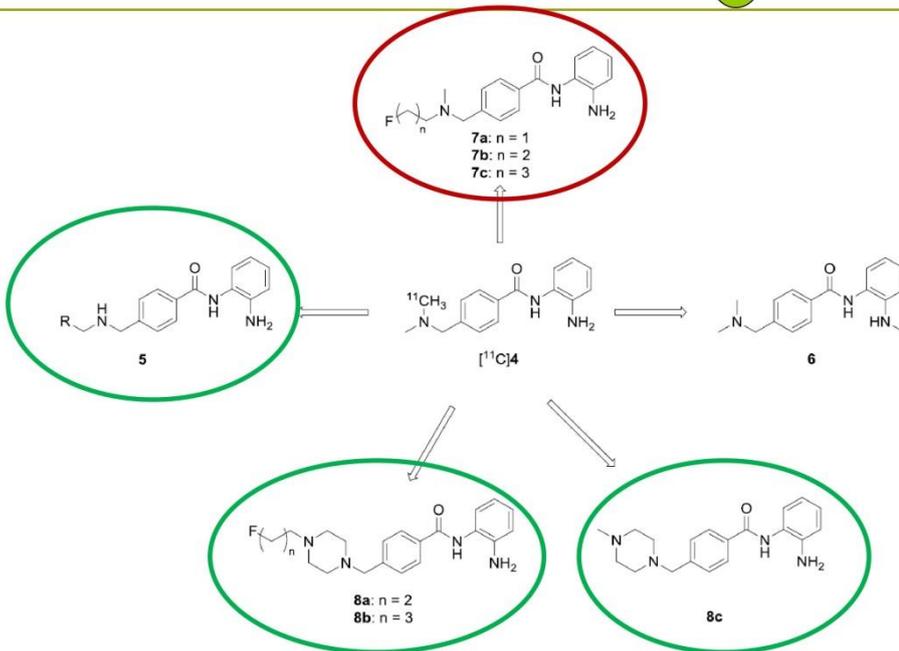
Chemistry	HDAC Inhibition	Lipophilicity	BBB permeability	AD mice model
計畫編號	MOST 105-NU-E-002-001-NU			
計畫主持人	收斂	6	105	2
計畫名稱	阿茲海默症早期診斷藥物-氫-18標誌組蛋白去乙酰化酶抑制劑之動物模式與造影研究			
工作進度	<input type="checkbox"/> 超前 <input checked="" type="checkbox"/> 符合 <input type="checkbox"/> 落後			
執行現況				
本計畫的具體目標是：1) 評估化合物5-10的BBB通透能力；2) 放化合成[18F]5-10及其安定性研究；3) 建立開發HDAC正子探針的AD動物模式；4) 利用AD動物模式進行正子造影研究。目前目標化合物的BBB通透能力測定已完成，安定性研究正在進行中。用於放化合成氫-18標誌HDACi的關鍵前驅物之合成方法已開發完成，目前正在開發氫-18標誌HDACi的製程。AD動物模式小鼠已引進台灣，目前正在養殖至合適年紀以供本實驗使用。因此目前的工作進度符合原規劃時程。				
計畫主持人建議事項				
去年曾反應由於實際收到計畫通過的正式通知已經是二月份，因此研究助理的持續聘用出現空窗期，研究助理差點跑掉，希望未來計畫通過的時間盡量不要延遲。今年計畫的核定時間比去年提早許多，使得計畫中之研究助理持續聘用不至於出現像去年無法銜接的問題。感謝科技部以及相關人員的努力，也希望未來能繼續這樣的行政協助。				

8

## 二、執行現況評估

### 2.1 階段性研究成果(台大104 忻凌偉 教授)

9



9

## 二、執行現況評估

### 2.1 階段性研究成果(台大104 忻凌偉 教授)

#### Methods, Procedures, and Progress

	Chemistry	HDAC Inhibition	Lipophilicity	BBB permeability	AD mice model						
	IC50 (nM)										
Compound	HDAC1	HDAC2	HDAC3	HDAC4	HDAC5	HDAC6	HDAC7	HDAC8	HDAC9	HDAC10	HDAC11
4	> 1,000 (40%)	> 1,000 (28%)	> 1,000	> 1,000	> 1,000	> 1,000	> 1,000	> 1,000	> 1,000	> 1,000	> 1,000
5	520	770	> 1,000	> 1,000	> 1,000	> 1,000	> 1,000	> 1,000	> 1,000	> 1,000	> 1,000
6	> 1,000	> 1,000	> 1,000	> 1,000	> 1,000	> 1,000	> 1,000	> 1,000	> 1,000	> 1,000	> 1,000
7a	440	510	> 1,000	> 1,000	> 1,000	> 1,000	> 1,000	> 1,000	> 1,000	> 1,000	> 1,000
7b	530	2590	> 1,000	> 1,000	> 1,000	> 1,000	> 1,000	> 1,000	> 1,000	> 1,000	> 1,000
7c	> 1,000	> 1,000	> 1,000	> 1,000	> 1,000	> 1,000	> 1,000	> 1,000	> 1,000	> 1,000	> 1,000
8a	550	1360	> 1,000	> 1,000	> 1,000	> 1,000	> 1,000	> 1,000	> 1,000	> 1,000	> 1,000
8b	> 1,000	> 1,000	> 1,000	> 1,000	> 1,000	> 1,000	> 1,000	> 1,000	> 1,000	> 1,000	> 1,000
8c	930	1,350	> 1,000	> 1,000	> 1,000	> 1,000	> 1,000	> 1,000	> 1,000	> 1,000	> 1,000

## 二、執行現況評估

### 2.1 階段性研究成果 (台大105 忻凌偉 教授--藥理活性)

#### Methods, Procedures, and Progress

Compd	Chemistry		HDAC Inhibition				Lipophilicity	BBB permeability	AD mice model
	HDAC1	HDAC2	HDAC3	HDAC4	HDAC5	HDAC6			
					IC50 (nM)		Entry No.	GIT permeability (%)	BBB permeability (%)
a	28	220	>1,000	>1,000	>1,000	>1,000	a	---	94%
b	100	1,240	>1,000	>1,000	>1,000	>1,000	b	---	5%
c	33	150	>1,000	>1,000	>1,000	>1,000	c	102%	86%
d	520	770	>1,000	>1,000	>1,000	>1,000	d	84%	22%
e	440	510	>1,000	>1,000	>1,000	>1,000	e	30%	10%
f	530	2,590	>1,000	>1,000	>1,000	>1,000	f	72%	19%
g	550	1,360	>1,000	>1,000	>1,000	>1,000	g	---	11%
h	930	1,350	>1,000	>1,000	>1,000	>1,000	h	93%	63%

Table 1. GIT and BBB permeability of benzamide derivatives.

11

## 二、執行現況評估

### 2.1 階段性研究成果 (台大105 忻凌偉 教授)

From: 蘇健友 [mailto:cysu@aec.gov.tw]  
 Sent: Thursday, December 22, 2016 2:52 PM  
 To: lvhsin@ntu.edu.tw  
 Cc: 李銘沂  
 Subject: 105年原子能科技學術合作研究計畫  
 Importance: High

忻凌偉教授 您好

有關105年原子能科技學術合作研究計畫，貴校執行【阿茲海默症早期診斷藥物 - 氟-18標記組蛋白去乙酰化酶抑制劑之動物模式與造影研究】

旨案業經科技部同意展期至106年3月31日，故本會辦理經費保留事宜，惟決算書需填寫展期事由

故惠請提供申請展期的事由原因，俾利後續相關事宜，謝謝。

敬祝 順心

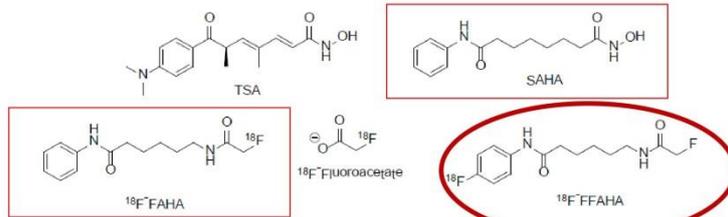
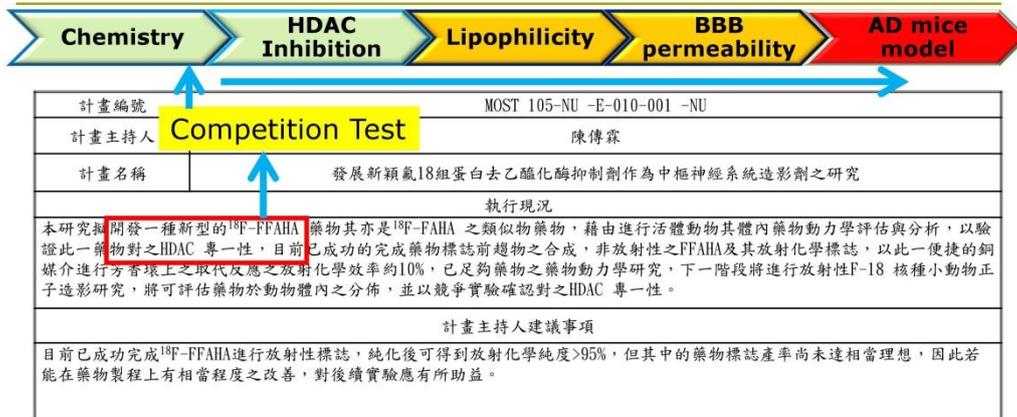
健友 敬上  
 若有問題，歡迎與我聯繫，謝謝。

原能會核安管制研究中心試運組 蘇健友 敬上  
 TEL: (02)2232-1901  
 E-Mail: cysu@aec.gov.tw

12

## 二、執行現況評估

### 2.2 階段性研究成果 (陽明105 陳傳霖 教授)



13

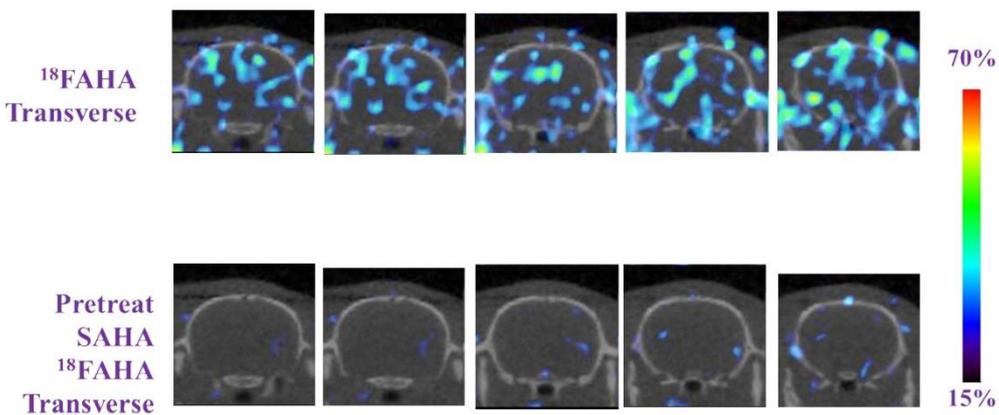
## 二、執行現況評估

### 2.2 階段性研究成果 (陽明105 陳傳霖 教授)

#### Methods, Procedures, and Progress



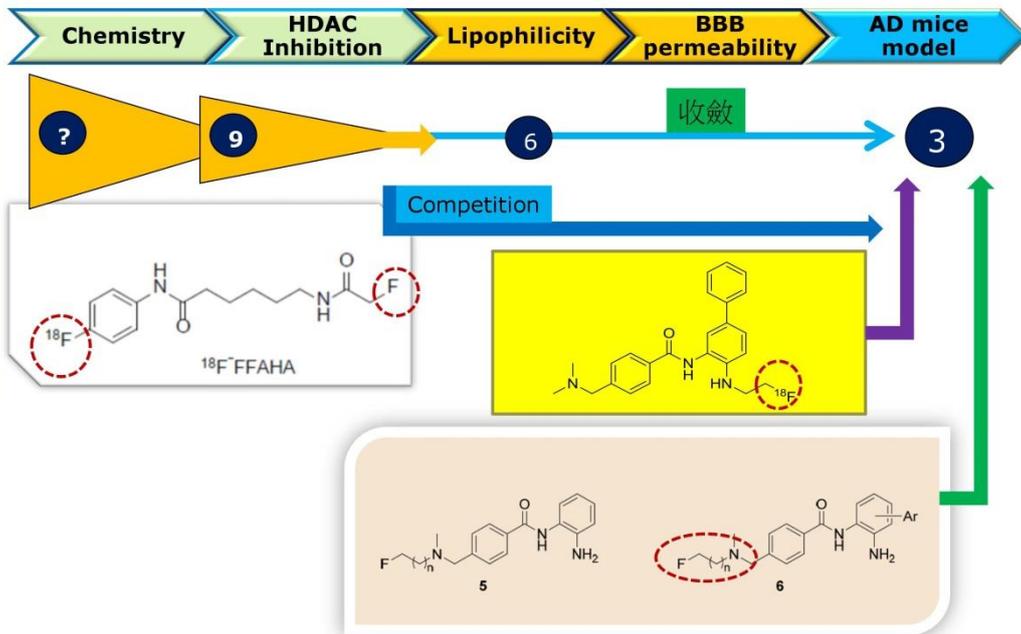
#### PET Imaging of <sup>18</sup>F-AFHA



14

## 二、執行現況評估

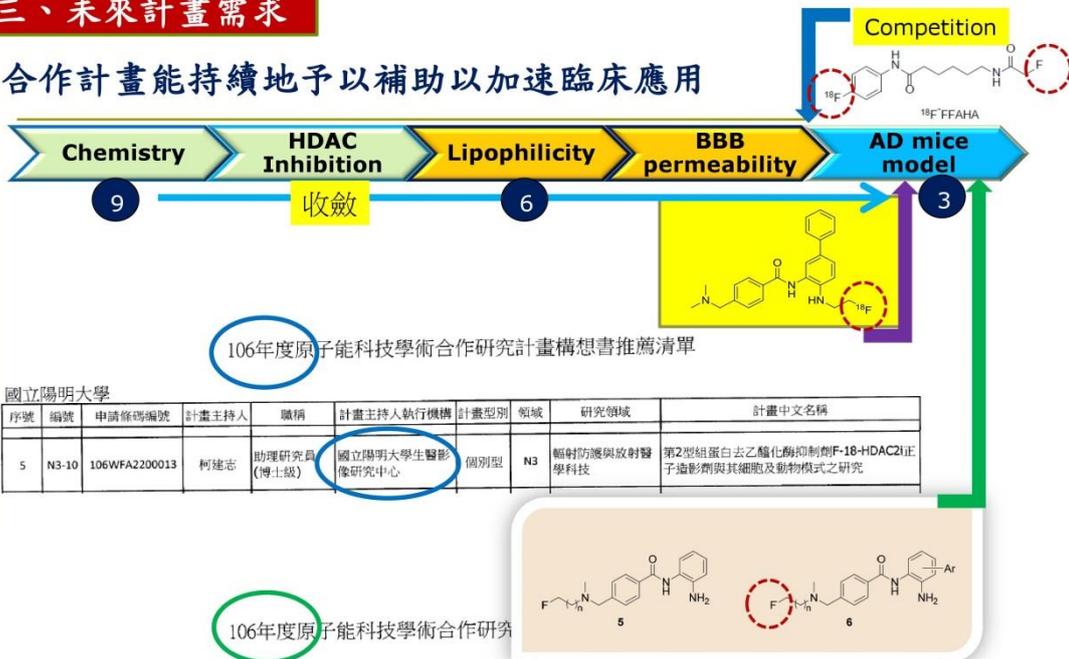
### 2.3 產出效益之應用: 產學研協同合作 加速創新



15

## 三、未來計畫需求

### 合作計畫能持續地予以補助以加速臨床應用



106年度原子能科技學術合作研究計畫構想書推薦清單

國立陽明大學

序號	編號	申請條碼編號	計畫主持人	職稱	計畫主持人執行機構	計畫類別	領域	研究領域	計畫中文名稱
5	N3-10	106WFA2200013	柯建志	助理研究員 (博士級)	國立陽明大學生醫影像研究中心	個別型	N3	輻射防護與放射醫學科技	第2型組蛋白去乙酰化酶抑制劑 $^{18}\text{F}$ -HDAC21正子造影劑與其細胞及動物模式之研究

106年度原子能科技學術合作研究

國立臺灣大學

序號	編號	申請條碼編號	計畫主持人	職稱	計畫主持人執行機構	計畫類別	領域	研究領域	計畫中文名稱
4	N3-09	106WFA0100023	忻凌偉	副教授	國立臺灣大學醫學院藥學系暨研究所	個別型	N3	輻射防護與放射醫學科技	開發最佳之新穎氟十八標記第2型組蛋白去乙酰化酶抑制劑衍生物作為腦功能造影診斷藥物及其動物模式研究

16

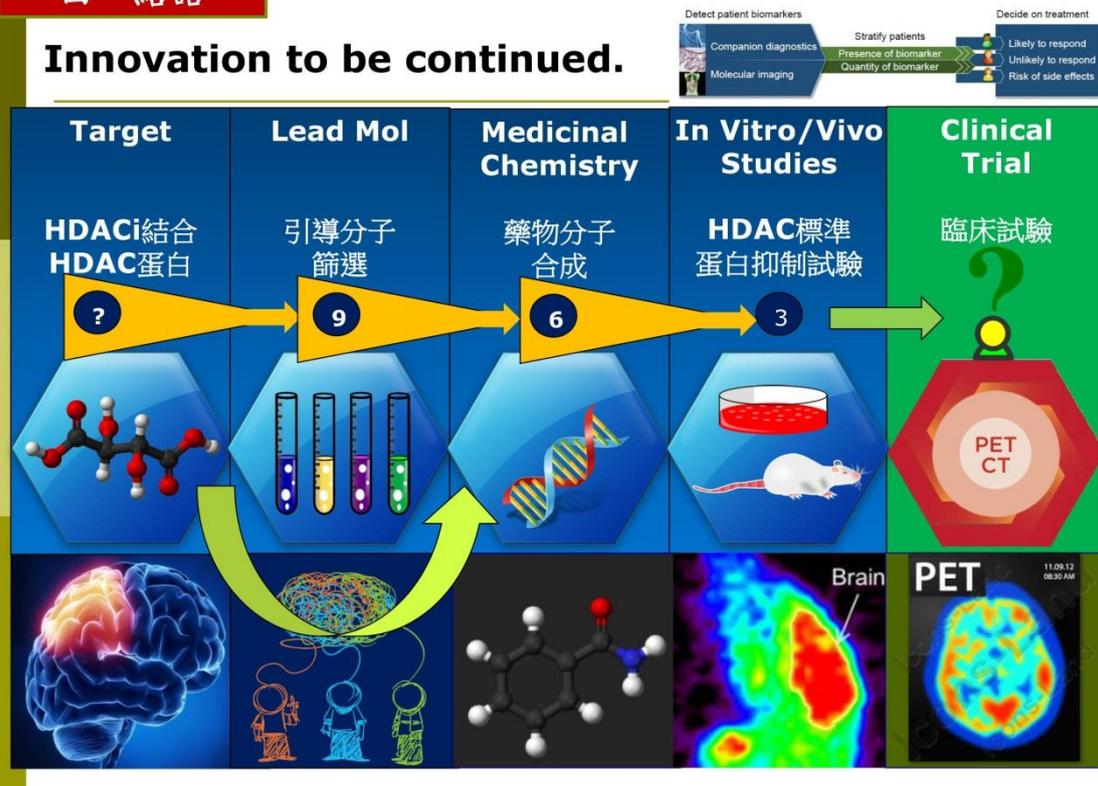
#### 四、結語

- MF促使創新網絡形成而加速創新，以技術之水平與垂直擴張策略，整合產學研發鏈。
- $[^{18}\text{F}]$ INER-HDACi成功通過BBB，對HDACi應用於腦神經退化相關疾病有正向進展。
- MF成果讓HDACi專利佈局更加完整，對研發產出更加聚焦。
- 期望持續支持MF執行，針對HDACs專一性與適應症持續研究，對PET 動物模式建立助益頗大。
- Innovation to be continued.

17

#### 四、結語

### Innovation to be continued.



105年度「原子能科技學術合作研究計畫」整合成果發表會

計畫名稱:

以 [F-18]FEONM/microPET 及多重分子  
影像模式評估薑黃素結合游離輻射於  
原位多型性神經膠母細胞瘤大鼠模式  
之療效探討

主計畫主持人：黃正仲教授

協同主持人：陳振宗

中華民國106年1月18日

## 簡報大綱

- 一、計畫目的(2分鐘)
- 二、執行現況評估(8分鐘)
  - 階段性研究成果
  - 產出效益之應用
- 三、未來計畫需求(3分鐘)
- 四、結語(2分鐘)

## 一、計畫目的

- \*以丹皮之丹皮酚成分為基礎，篩選與合成具發炎反應偵測潛力之分子
- \*將所合成出之候選分子，提供子項計畫進行腦造影研究

3

## 二、執行現況評估(8分鐘)

- 階段性研究成果
- 產出效益之應用

4

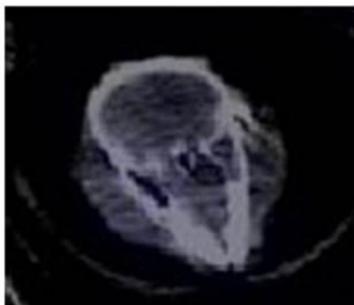
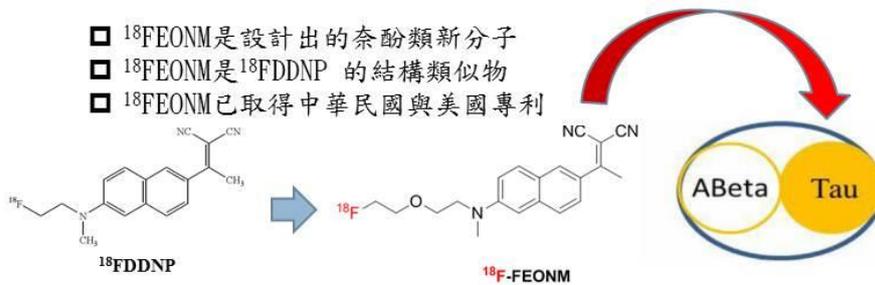
以 [F-18]FEONM/microPET 及多重分子影像模式  
 評估薑黃素結合游離輻射於原位多型性神經膠  
 母細胞瘤大鼠模式之療效探討

-Tau protein as a potential predictive marker in  
 cancers treated with paclitaxel chemotherapy

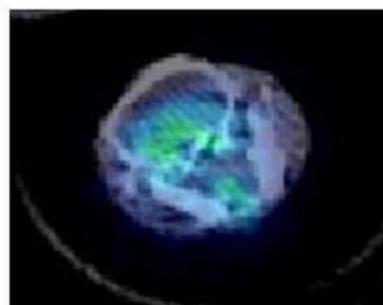
張文議, 李佳哲, 陳振宗, 林武智, 王信二,  
 陳傳霖, 黃正仲  
 生物醫學影像暨放射科學系  
 國立陽明大學

氟-18FEONM於基因轉殖鼠之造影

- $^{18}\text{F}$ FEONM是設計出的奈酚類新分子
- $^{18}\text{F}$ FEONM是 $^{18}\text{F}$ FDDNP 的結構類似物
- $^{18}\text{F}$ FEONM已取得中華民國與美國專利



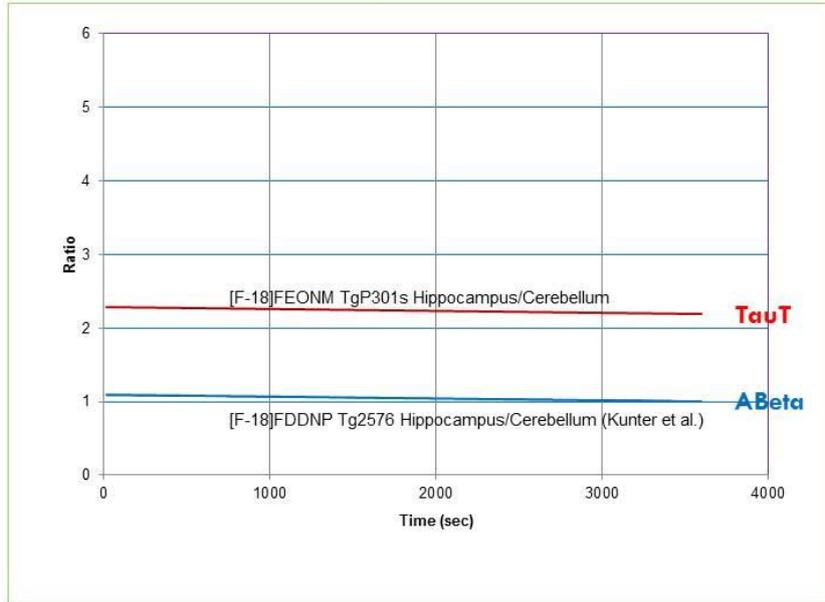
ABeta transgenic mouse



Tau tangle transgenic mouse

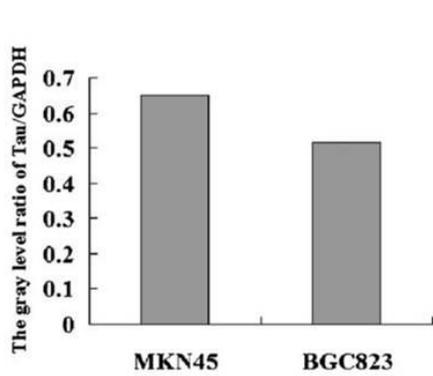
Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers 68 (2016) 119-129

## 氟-18FEONM Tg鼠腦海馬迴攝取圖

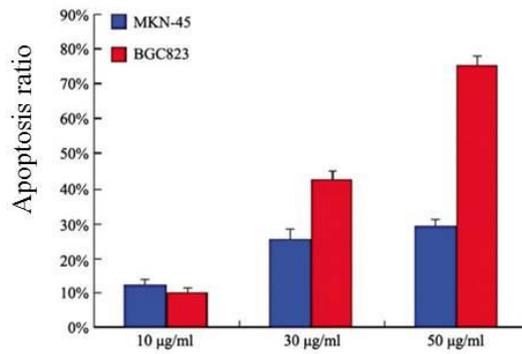


7

## Tau蛋白過度表現與紫杉醇靈敏度之腫瘤細胞



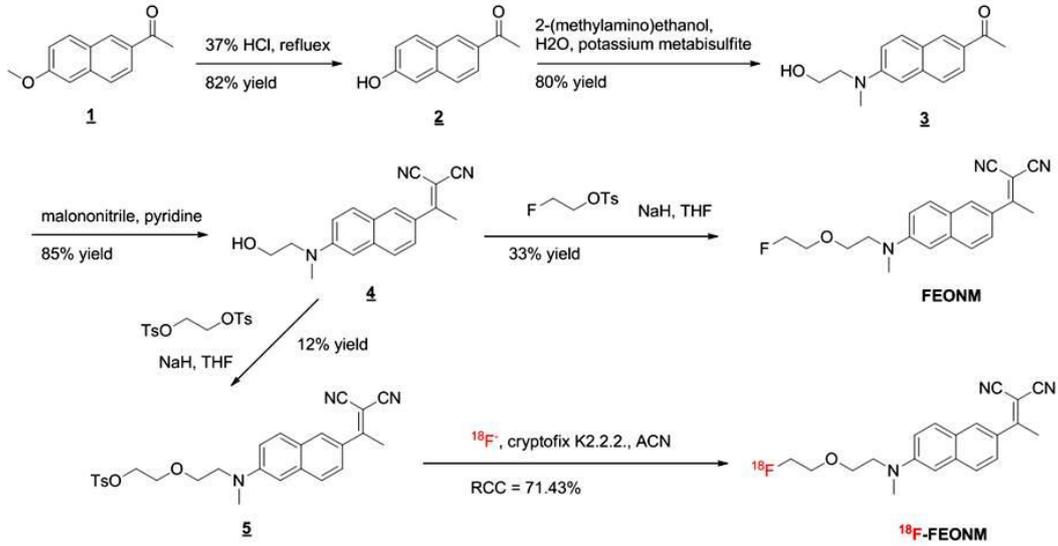
Tau蛋白過度表現之兩種不同癌細胞



紫杉醇治療後之癌細胞凋亡提升速率

*Pathol. Oncol. Res. (2013) 19:429–435*

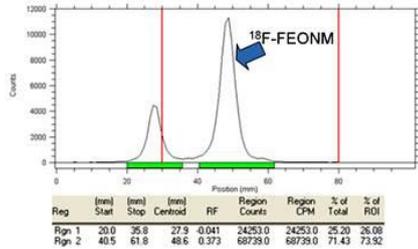
## 氟-18FEONM之研製途徑



8

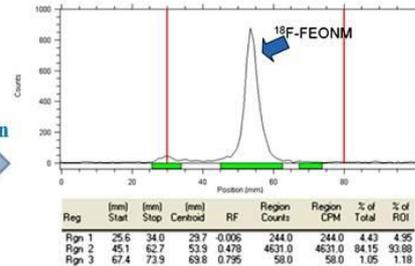
## 氟-18FEONM之放射化學研製與分析

(A) RCC: 73%



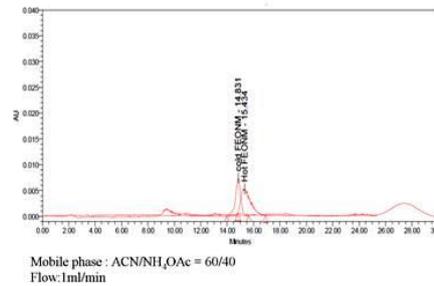
Normal phase TLC  
Mobile phase : EA/Hexane = 1/2

(B) Radio-chemical purity > 93%



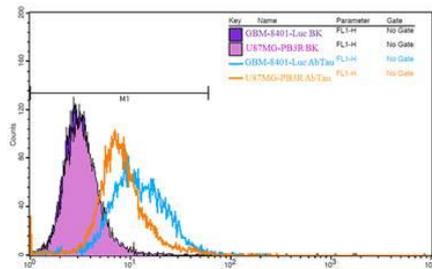
Normal phase TLC  
Mobile phase : EA/Hexane = 1/2

(C) co-injection of  $^{18}F$ -FEONM and  $^{19}F$ -FEONM in HPLC analysis



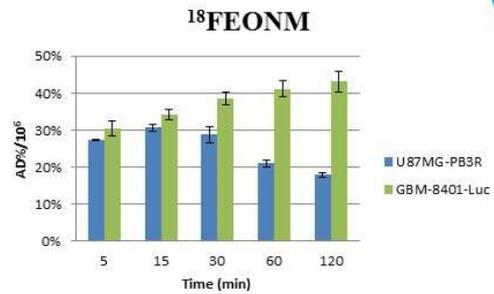
## 腦癌細胞之Tau表現與氟-18FEONM攝取研究

### □ 流式細胞分析



- 螢光強度(Mean fluorescence intensity · MFI)
- GBM-8401-Luc: MFI=13.8 (Tau蛋白較高表現)
- U87MG-PB3R: MFI=3.53

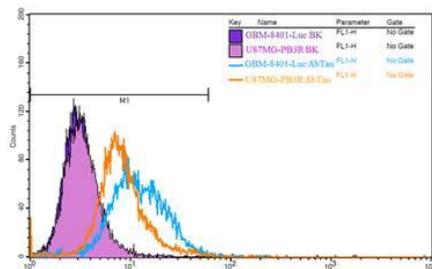
### □ 細胞攝取



- GBM-8401-Luc因Tau表現較高，對<sup>18</sup>FEONM攝取高於U87MG-PB3R

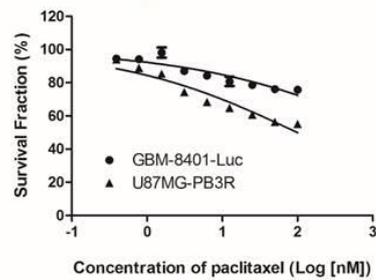
## 腦癌細胞之Tau表現於紫杉醇毒性分析

### □ Flow cytometry



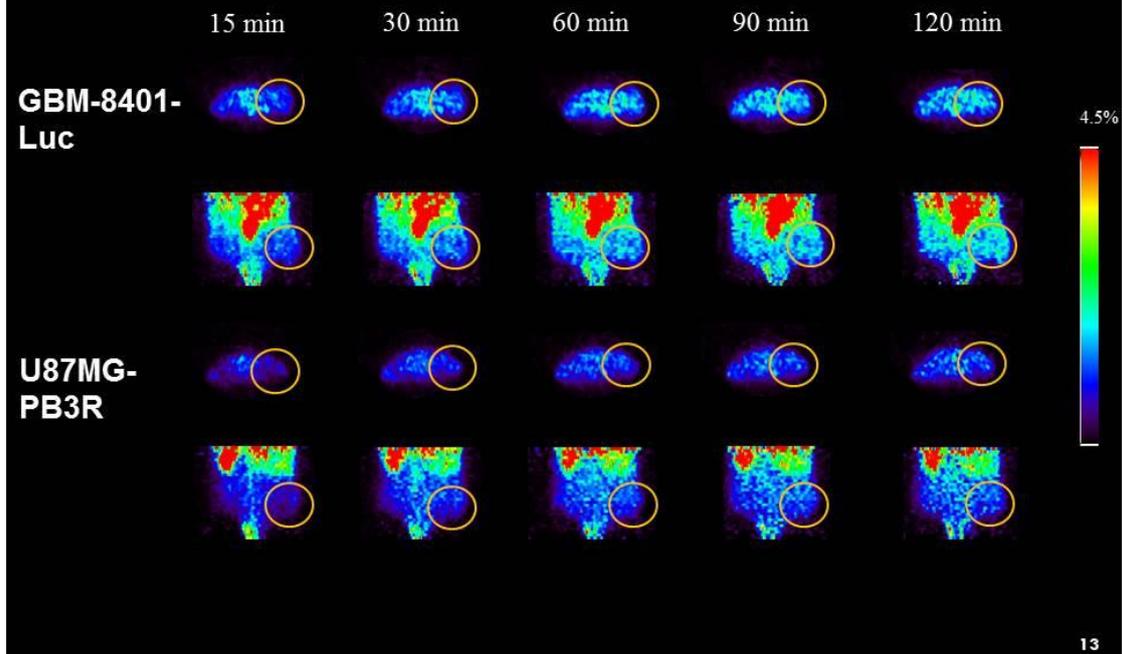
- Mean fluorescence intensity(MFI):  
GBM-8401-Luc:  
MFI=13.8 (higher tau expression)  
U87MG-PB3R:  
MFI=3.53

### □ MTT assay



IC50	Paclitaxel
GBM-8401-Luc	1905 ± 1.75
U87MG-PB3R	99.14 ± 1.16

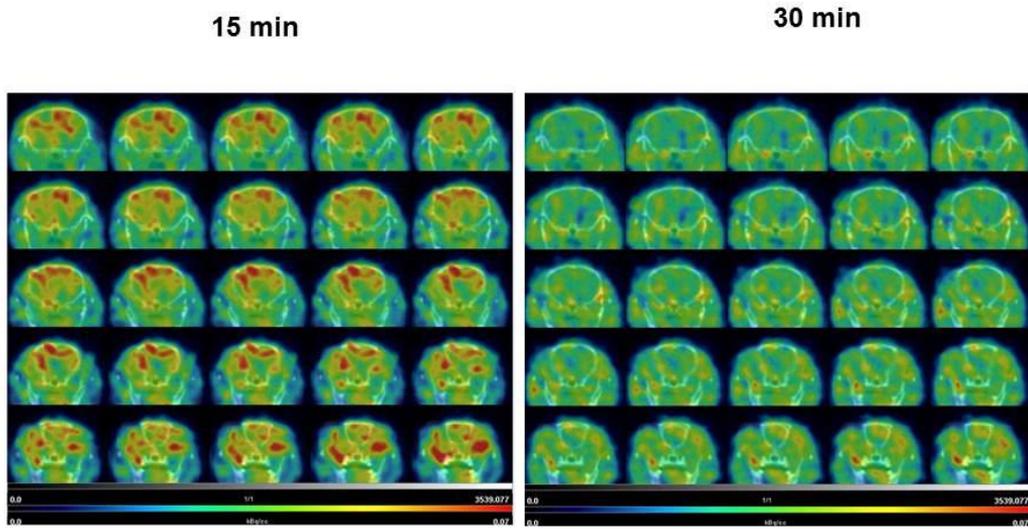
## 腦癌鼠之氟-18FEONM的正子造影動態圖



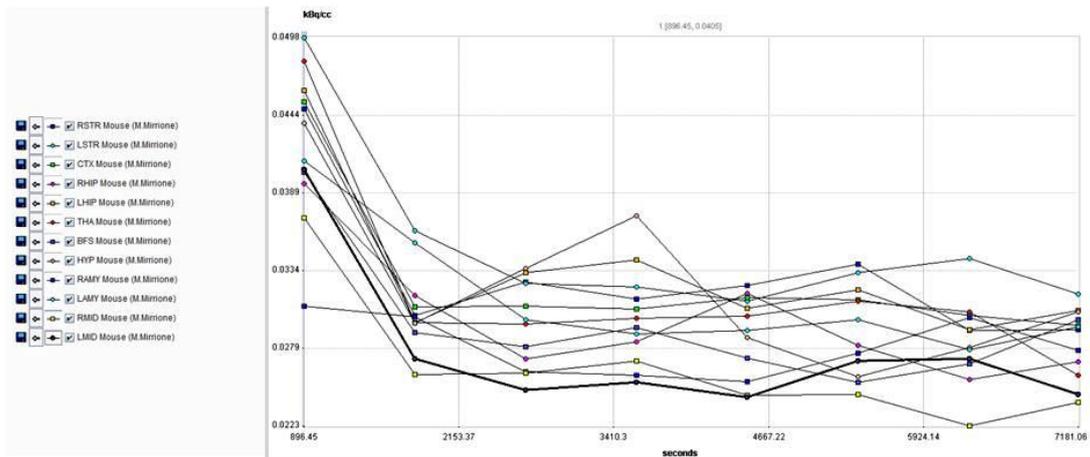
### 結論與未來工作:

1. 可成功合成 $^{19}\text{F}$ FEONM及標誌出放射性 $^{18}\text{F}$ FEONM，並藉由放射薄層分析法及高效率液相層析法驗證其放射化學產率 $>70\%$ 及純度 $>93\%$ 。
2. 由流式細胞分析等實驗得知，Tau表現對於紫杉醇毒性具有影響。腫瘤Tau表現越高，對於紫杉醇敏感度下降，本研究結果與文獻相符合。
3.  $^{18}\text{F}$ FEONM細胞攝取實驗中，腫瘤Tau表現量，會影響腫瘤對於 $^{18}\text{F}$ FEONM攝取。腫瘤Tau表現高，所攝取之 $^{18}\text{F}$ FEONM量也上升。
4.  $^{18}\text{F}$ FEONM應可作為以紫杉醇進行腫瘤治療評估之正子造影劑。
5. 預計進行原位腦瘤之 $^{18}\text{F}$ FEONM正子造影及影像分析。

## 18FEONM於正常鼠之正子造影的動態影像變化圖



## 18FEONM於正常鼠之正子造影的動態影像變化量化值



### 三、未來計畫需求：

1.  $^{18}\text{F}$ FEONM應可作為以paclitaxel進行腫瘤治療評估之正子造影劑。
2. 預計進行原位腦瘤之 $^{18}\text{F}$ FEONM正子造影及影像分析。

### 四、結語：

$^{18}\text{F}$ FEONM除了對Tau蛋白糾結之基因轉殖鼠腦造影有效外，對腫瘤之療效評估也有一定效果。

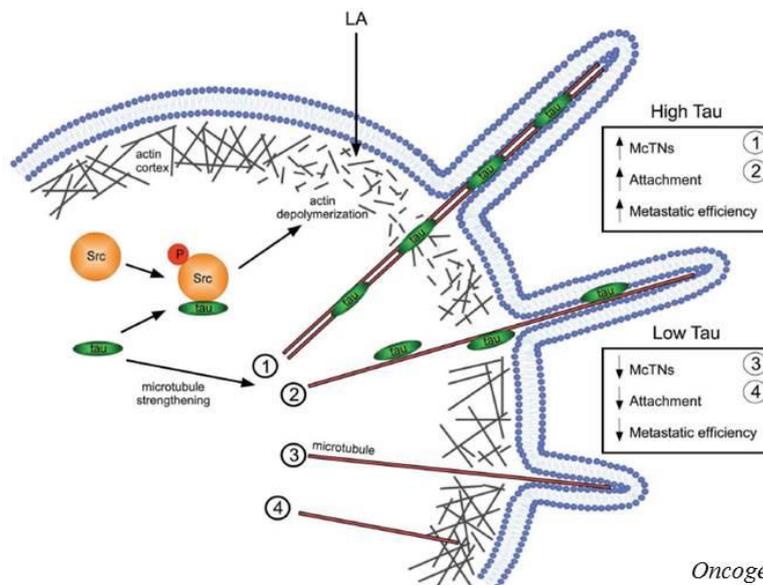
## Acknowledgements

1. This study was supported by a grant MOST 105-2623-E-010-002-NU.
2. We thank the Taiwan Mouse Clinic (MOST 103-2325-B-001-015) which is funded by the National Research Program for Biopharmaceuticals (NRPB) from MOST of Taiwan for technical support in animal microPET imaging.

# 恭請指導

## The relationship between Tau expression and metastatic tumors

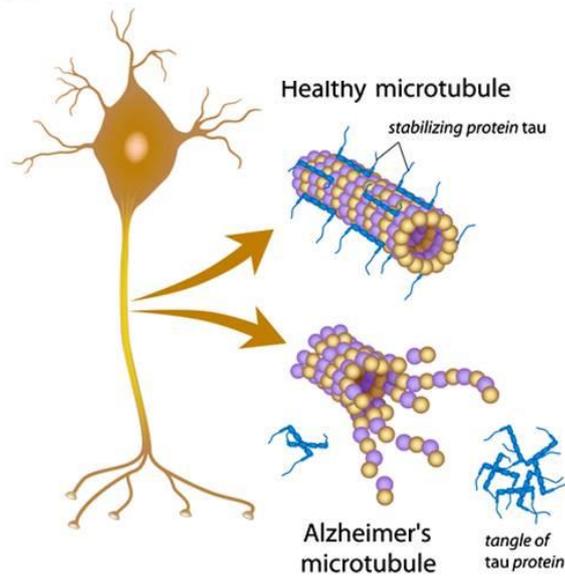
- **Tau** enrichment in metastatic tumors and the ability of **tau** to promote tumor cell reattachment through McTN (microtentacle) formation



*Oncogene (2010) 29, 3217–3227*

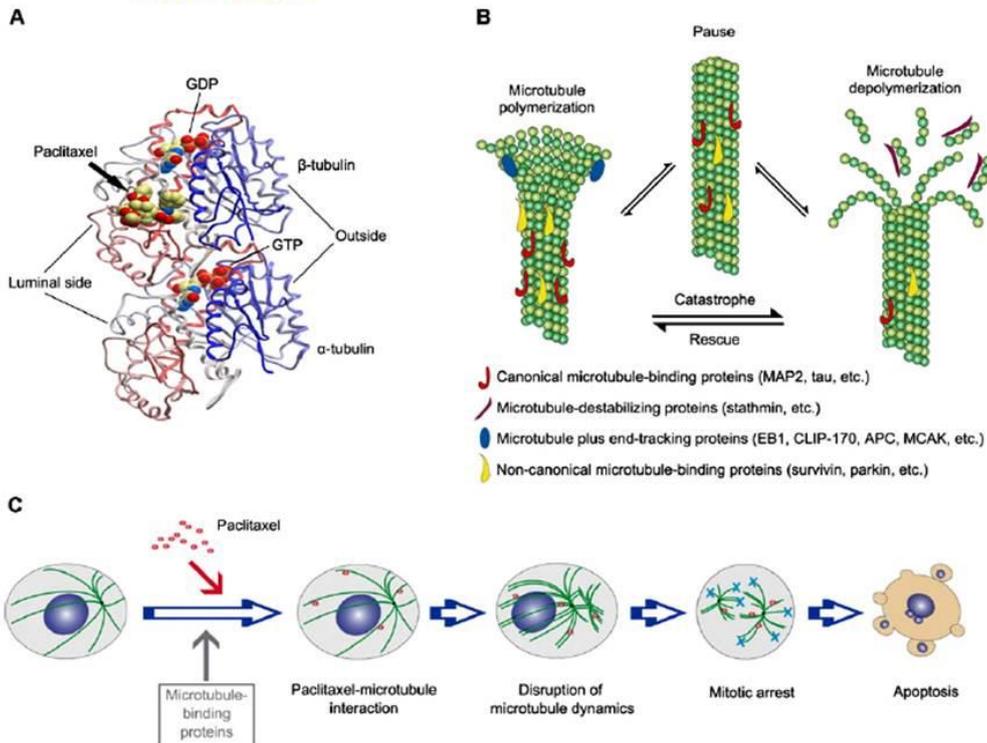
# Microtubule-Binding Proteins(Tau) as Promising Biomarkers of Paclitaxel Sensitivity in Cancer Chemotherapy

## □ Protein Tau

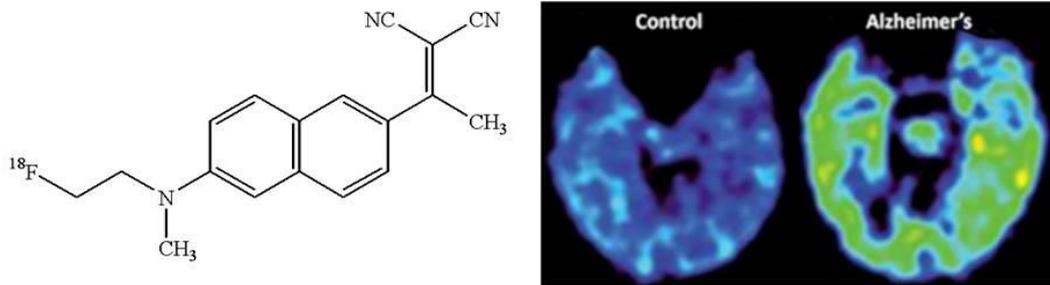


*Medicinal Research Reviews, (2016) 36, p 300-312.*

## Paclitaxel



## <sup>18</sup>FDDNP



**<sup>18</sup>FDDNP** binds to both  $\beta$ -amyloid and tau pathology (it was not designed as a specific tau tracer but as a tracer for both pathologies)

*Courtesy of PNAS and David Geffen, School of Medicine at UCLA*

105年度「原子能科技學術合作研究計畫」整合成果發表會

計畫名稱:探討奈米藥物銻-188-微脂體多次劑量  
於卵巢癌細胞代謝再調控

報告人：張志賢

中華民國106年1月18日

1

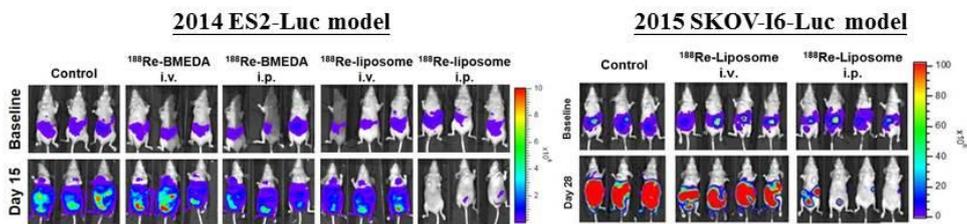
## 簡報大綱

- 一、計畫目的
- 二、執行現況評估
  - 階段性研究成果
  - 產出效益之應用
- 三、未來計畫需求
- 四、結語

2

# 計畫目的

- 本研究計畫探討多次劑量給予微脂體放射線銻-188在不同給藥路徑下（腹膜腔 i.p.或是靜脈注射 i.v.），對於卵巢癌細胞在代謝轉移與活性氧方面的影響。
- 實驗將著重於粒線體型態、醣解與氧化磷酸化的酵素指標與癌幹細胞標記表現量的變化。利用過去建立的小鼠卵巢癌模式收集經治療過的腫瘤細胞(treated tumors)，評估靜脈注射或腹膜腔注射治療後的癌細胞氧消耗率，葡萄糖吸收率，粒線體膜電位變化與質量變化，活性氧化物質含量，以及治療後細胞自噬 (autophagy) 的分子測試等。
- 試驗結果將比較不同治療組的差異，進而從中尋求有效控制卵巢癌的作用機制。

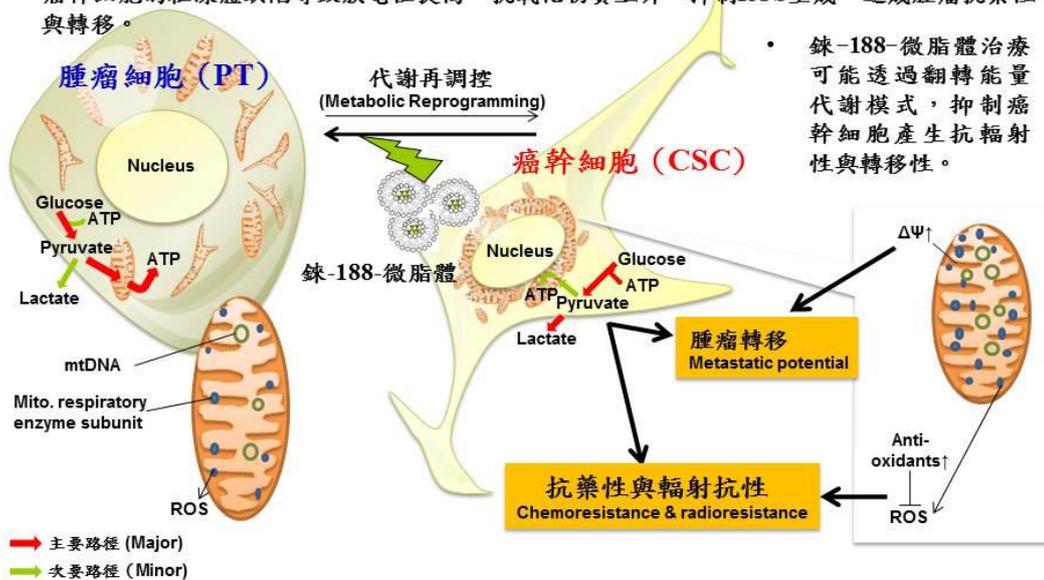


基於過去卵巢癌動物模式結果顯示，腹膜腔給予銻-188-微脂體對於小鼠腹腔內卵巢癌細胞具有較佳的抑制效果

3

腹膜腔給予銻-188-微脂體對於小鼠腹腔內卵巢癌細胞具有較佳的抑制效果：其作用可能透過抑制腫瘤幹細胞、轉變癌細胞代謝路徑進而抑制卵巢癌成長，達到治療效應。

- 腫瘤細胞(PT)與癌幹細胞(CSC)透過不同能量代謝模式，腫瘤細胞趨向氧化磷酸化產生ATP，而癌幹細胞則偏向醣解代謝產生能量。
- 一般腫瘤細胞內的粒線體參與細胞代謝，形成活性氧物質(ROS)抑制腫瘤生長、轉移；癌幹細胞的粒線體缺陷導致膜電位提高，抗氧化物質上升，抑制ROS生成，造成腫瘤抗藥性與轉移。

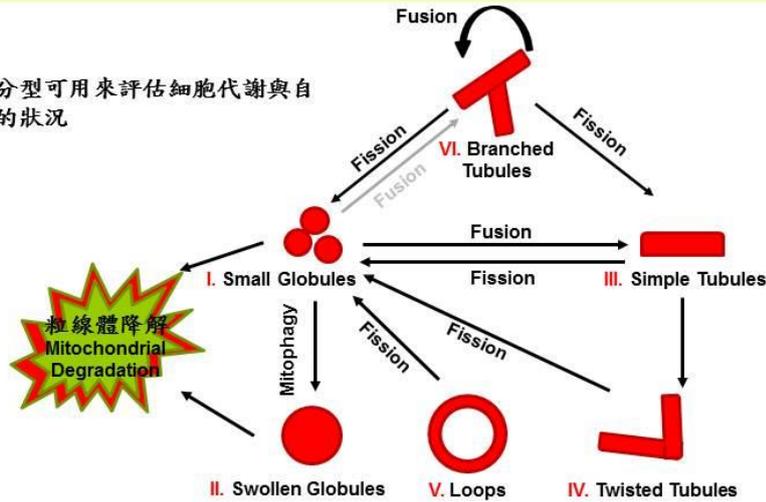


粒線體型態區分與功能調節 (不同型態的粒線體在細胞內扮演不同角色) :

- 將經銻-188-微脂體治療後的細胞利用MTR (Mitotracker Red)螢光染色固定後，以共軛焦顯微鏡拍攝後，以Micro-P軟體分析，粒線體可依型態可分為六種類型：

**Type I.** Small globule (趨向Mitophagy) 、 **Type II.** Swollen globule (代表形成autophagosome的粒線體) 、 **Type III.** Swollen globules 、 **Type IV.** Twisted tubules 、 **Type VI.** Branched tubules (彼此動態平衡，象徵常態下的粒線體) 、 **Type V.** Loops (一般代表癌幹細胞的粒線體，具有較低的氧化磷酸化作用)

粒線體分型可用來評估細胞代謝與自我清除的狀況

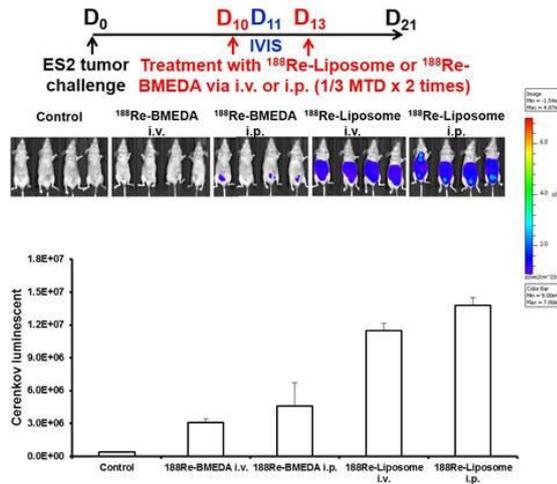


5

## 執行現況評估

### □ 階段性研究成果

1. 建立原位卵巢癌模式鼠，並收集經銻-188-微脂體治療後的腫瘤細胞



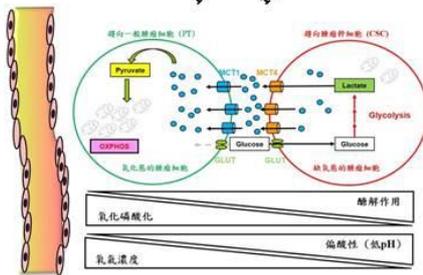
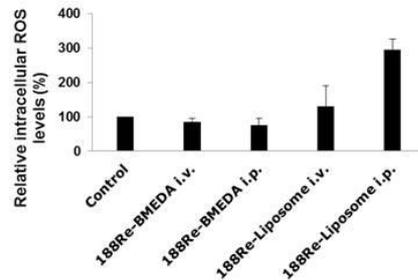
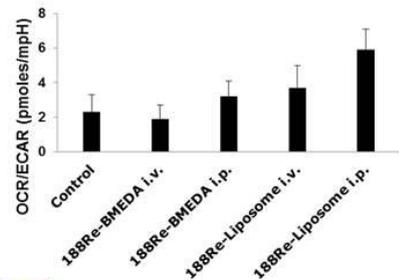
➤ 影像分析結果顯示不同路徑給予<sup>188</sup>Re-Liposome在腫瘤聚積的效應均比<sup>188</sup>Re-BMEDA高。

6

# 執行現況評估

## □ 階段性研究成果

### 2. 銻-188-微脂體治療後之腫瘤細胞代謝特性分析



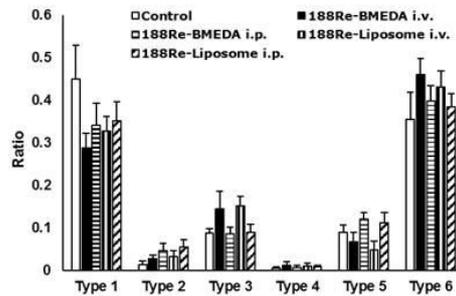
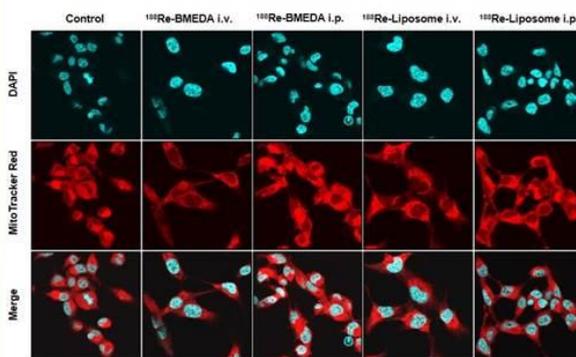
銻-188-微脂體腹腔治療可以誘導細胞向氧化磷酸化 (OCR/ECAR ratio高)，並提高腫瘤細胞內的活性氧含量。

7

# 執行現況評估

## □ 階段性研究成果

### 3. 經銻-188-微脂體治療後的腫瘤細胞其細胞自噬相關分析 I (粒線體分型).



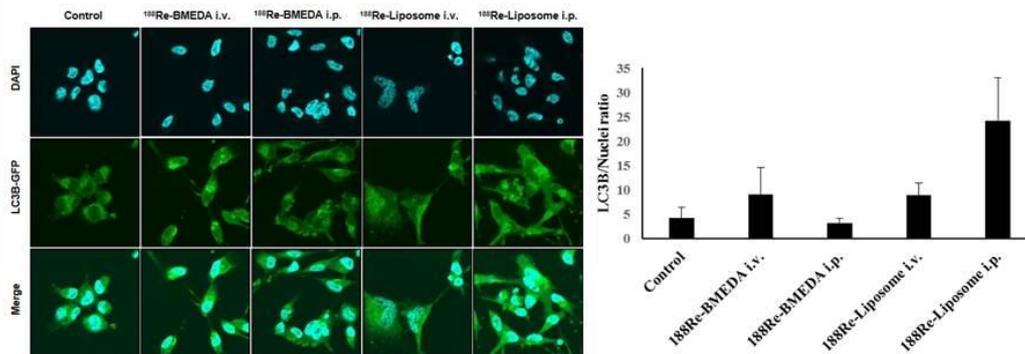
- ✓ 銻-188可以誘導細胞趨向自噬(mitophagy)，藉此清除失能的粒線體。
- ✓ 小球體(small globule)可重新結合形成新的正常功能粒線體。
- ✓ 腹腔注射(i.p.)與靜脈注射(i.v.)之給藥方式對粒線體型態有明顯差異

8

## 執行現況評估

### □ 階段性研究成果

#### 4. 經銻-188-微脂體治療後的腫瘤細胞細胞自噬相關分析II (自噬蛋白LC3B分析)



- ✓ 自噬蛋白LC3B所佔細胞數量比例愈高代表細胞進行自噬(mitophagy)
- ✓ 銻-188-微脂體具有促進卵巢癌細胞進行自噬的顯著效果。

9

## 執行現況評估

### □ 產出效益之應用

1. 本計畫為延續性基礎研究，過去研究結果已在2016發表於Radiotherapy and Oncology 期刊上，未來也將持續整理陸續發表。
2. 銻-188-微脂體已進入第一期人體試驗，本研究結果可以提供日後應用於臨床部份有力的參考依據。
3. 參與計畫之博、碩士級研究人員可學習從基礎研究跨越至臨床運用所須具備之相關知能。

10

## 未來計畫需求

- 未來計畫預計持續分析銻-188-微脂體治療後的卵巢癌細胞中代謝體相關標誌、細胞自噬作用、細胞休止、活性氧、幹細胞特性以及抗藥性的差異。
- 建立放射線抗性卵巢癌細胞株或相關代謝基因抑制表現的腫瘤細胞株，及其他類別卵巢癌小鼠模式。
- 綜合以上策略，探討銻-188-微脂體有效抑制動物模式下卵巢癌幹細胞的可能機制，及未來臨床運用的可行性。

11

## 結語

- 微脂體包埋劑型可顯著的增加銻-188在小鼠腹腔卵巢癌細胞內的蓄積，進而達到延長抑制腫瘤生長的效應。
- 腹腔給予銻-188-微脂體可以抑制癌幹細胞，改變腫瘤代謝路徑趨向氧化磷酸化，並產生較多的活性氧物質持續抑制腫瘤生長。
- 粒線體分型分析結果顯示，不同劑型銻-188均可以有效誘導粒線體自噬 (mitophagy) 以清除失能的粒線體。
- LC3B (microtubule-associated protein 1 light chain 3 beta) 染色試驗同樣呈現出，銻-188-微脂體可以有效誘導腫瘤細胞進行細胞自噬，清除受到傷害的粒線體。

12

## 誌謝

---



INER: 李德偉、張志賢、張雅珍、游祥霖



NYMU: 王信二、李易展、林亮廷、張淳媛、沈耀安



TVGH: 劉仁賢、陳芸珊

105年度「原子能科技學術合作研究計畫」整合成果發表會

計畫名稱: 結合銻-188-微脂體、化學治療藥物  
應用於轉移性大腸直腸癌及黑色素瘤治療

報告人：張志賢 / 陳裕仁(馬偕醫院)

中華民國106年1月18日

1

## 簡報大綱

- 一、計畫目的
- 二、執行現況評估
  - 階段性研究成果
  - 產出效益之應用
- 三、未來計畫需求
- 四、結語

2

## 一、計畫目的

---

利用轉移性大腸直腸癌及黑色素癌小鼠模式  
研究結合銻-188-微脂體與化學治療藥物對轉  
移性腫瘤的治療以及腫瘤微環境的影響

3

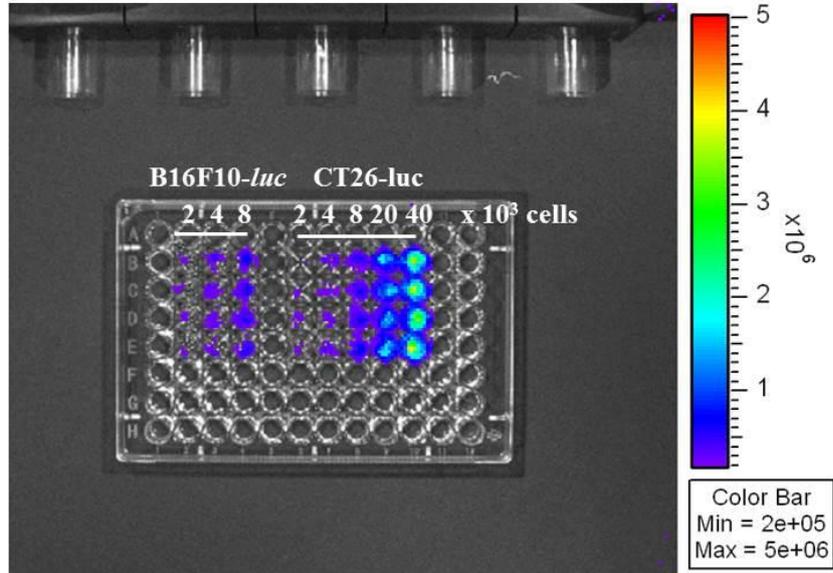
## 二、執行現況評估

---

1. 建立腦轉移大腸直腸癌/黑色素癌小鼠模式
2. 製備及純化銻-188-微脂體
3. 分析銻-188-微脂體生物活體中分佈影像
4. 分析合併銻-188-微脂體與化學治療藥物對腦轉移性大腸直腸癌/黑色素癌的治療效果
5. 分析銻-188-微脂體對腫瘤微環境的影響
6. 探討銻-188-微脂體對巨噬細胞的影響機制

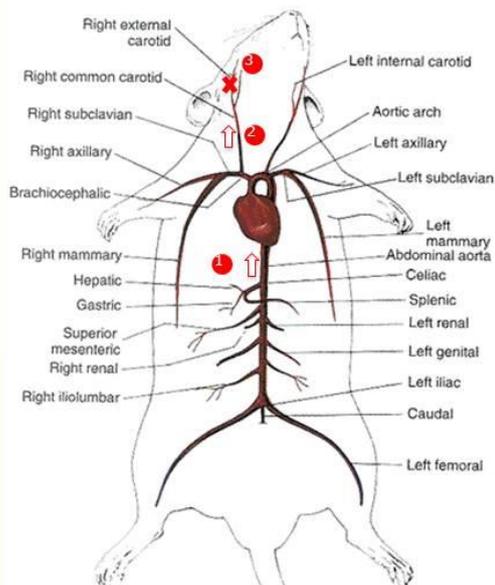
4

## Establish Stable Clones of Melanoma and Colon Cancer Cells Carrying Luciferase Gene



5

## Establish Brain Metastasis Mice Model by Three Methods (腦轉移腫瘤模式鼠建立方法)

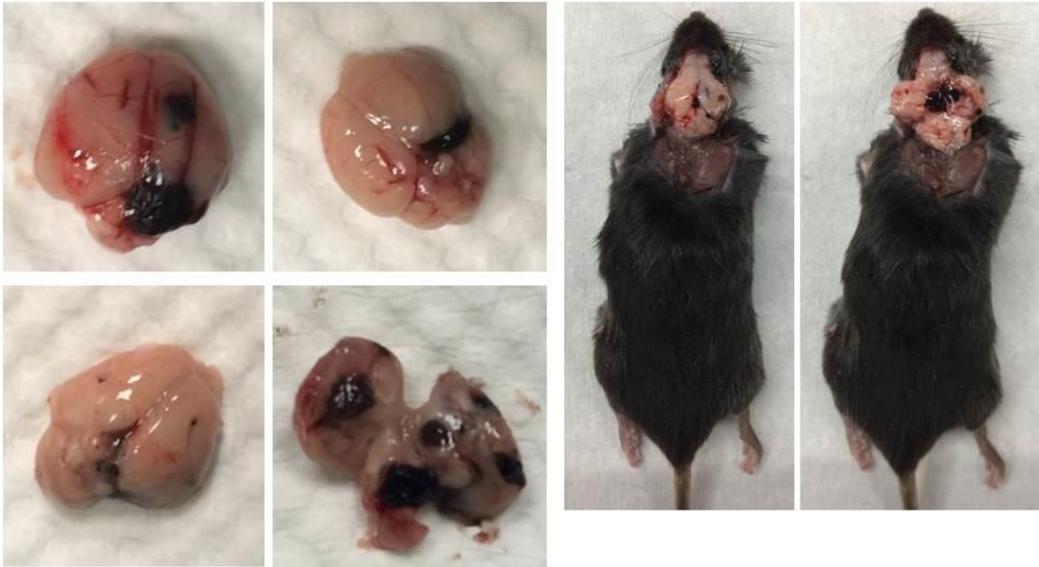


1. 心內注射(intra-cardiac injection):  
腦轉移率6%，90%死亡率
2. 頸動脈內注射 (intra-carotid artery injection):  
腦轉移率31%，21%死亡率
3. 頸動脈內注射 (intra-internal carotid artery injection):  
腦轉移率52%，20%死亡率

test with CT26-*luc* cells

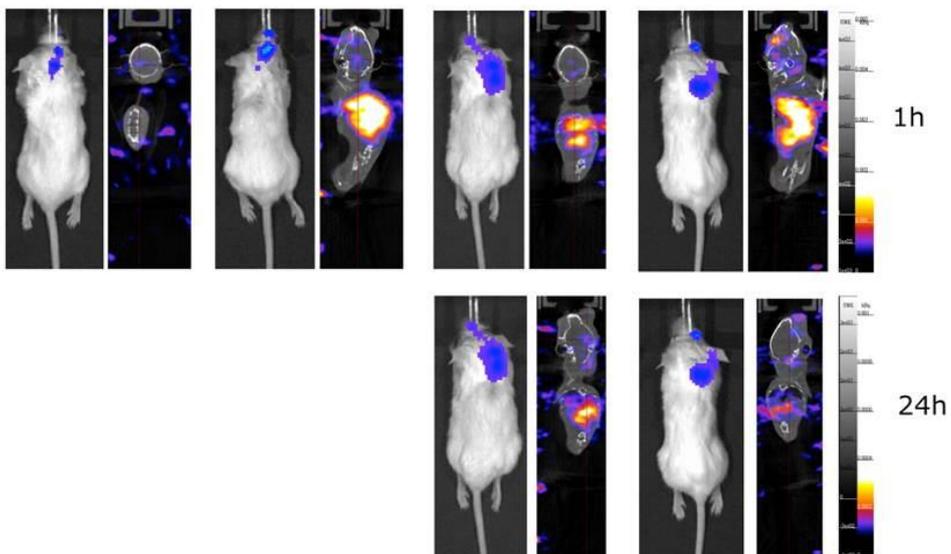
6

## Anatomy of Brain Metastasis Melanoma Animal Model (腦轉移黑色素瘤模式鼠解剖分析)



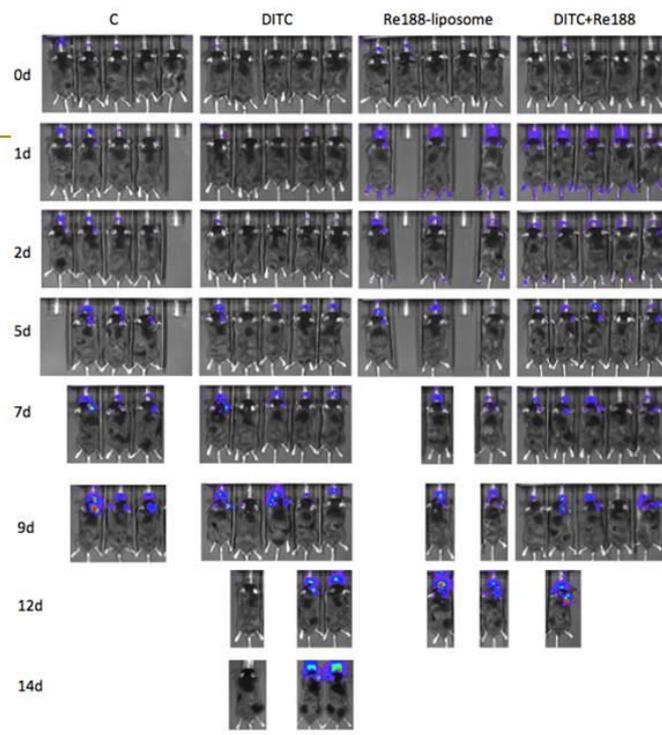
7

## NanoSPECT/CT Images of $^{188}\text{Re}$ -liposome in Brain Metastasis Melanoma Animal Model (銻-188微脂體於腦轉移黑色素瘤模式鼠nanoSPECT/CT造影)

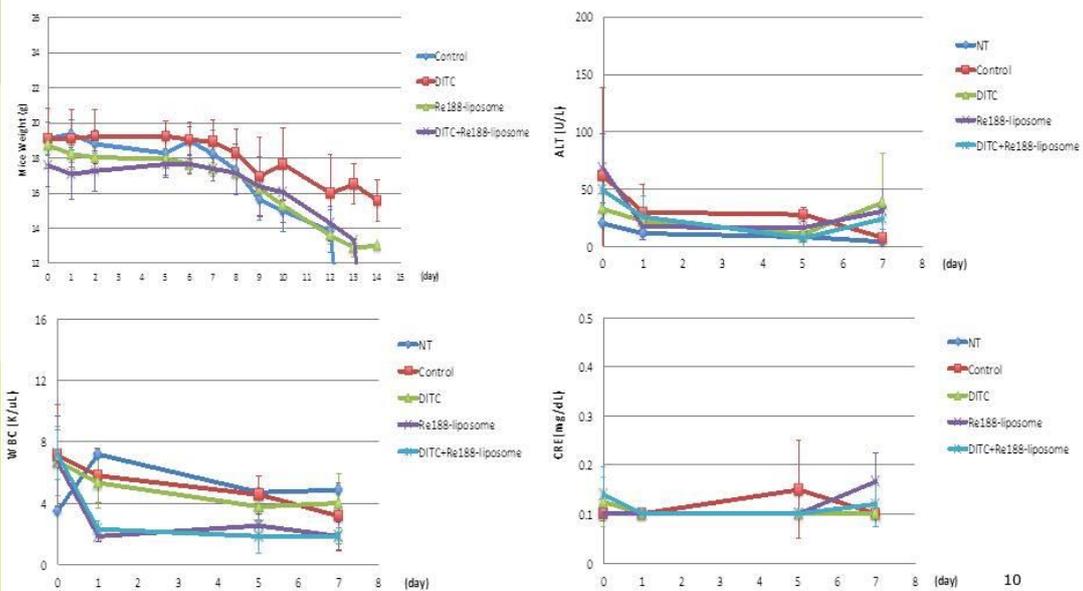


8

銻-188微脂體於腦  
轉移黑色素瘤模式  
鼠療效評估

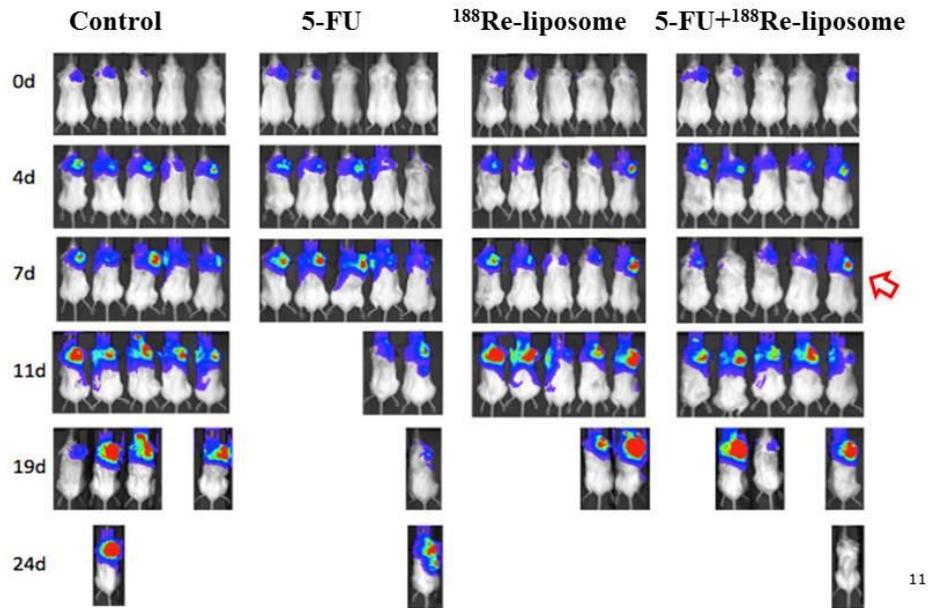


Biological Toxicity Analysis in Brain-metastatic Melanoma Mice  
Model (銻-188微脂體於腦轉移黑色素瘤模式鼠毒性分析)



## Therapeutic Efficacy Analysis in Brain-metastatic Colon Cancer Mice Model

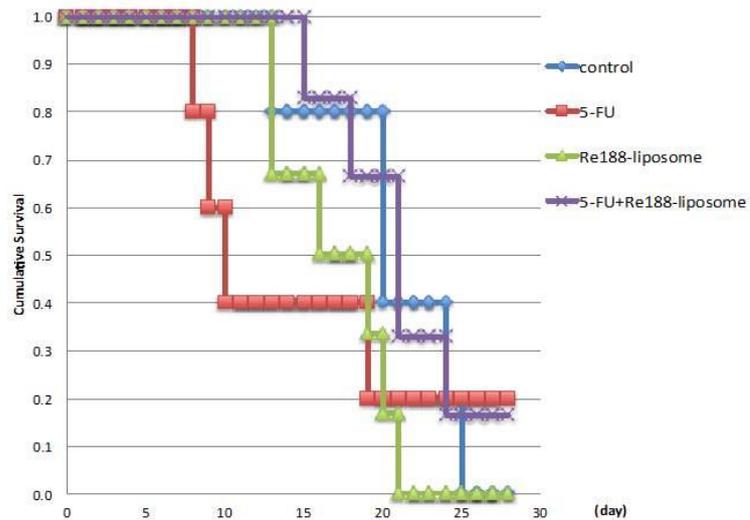
(銻-188微脂體於腦轉移大腸癌模式鼠療效評估)



11

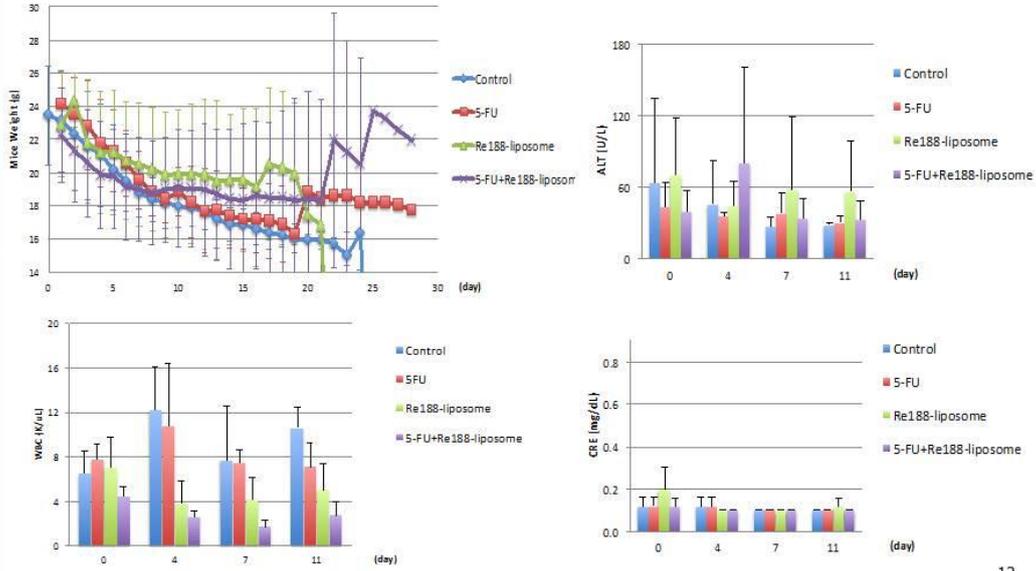
## Survival Analysis in Brain-metastatic Colon Cancer Mice Model

(銻-188微脂體於腦轉移大腸癌模式鼠存活分析)



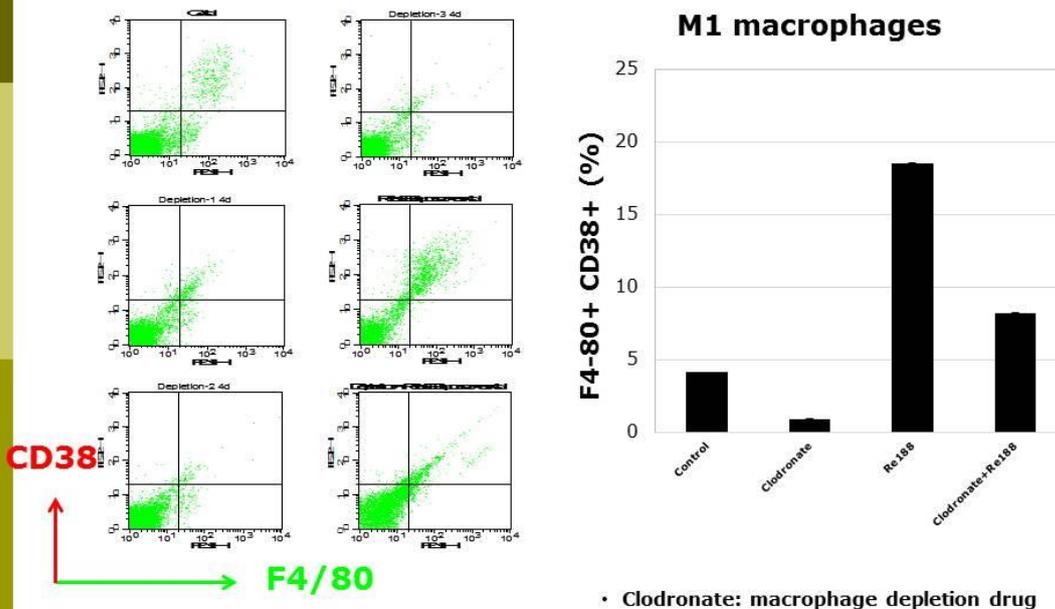
12

## Biological Toxicity Analysis in Brain-metastatic Colon Cancer Mice Model (銻-188微脂體於腦轉移大腸癌腫瘤模式鼠毒性分析)

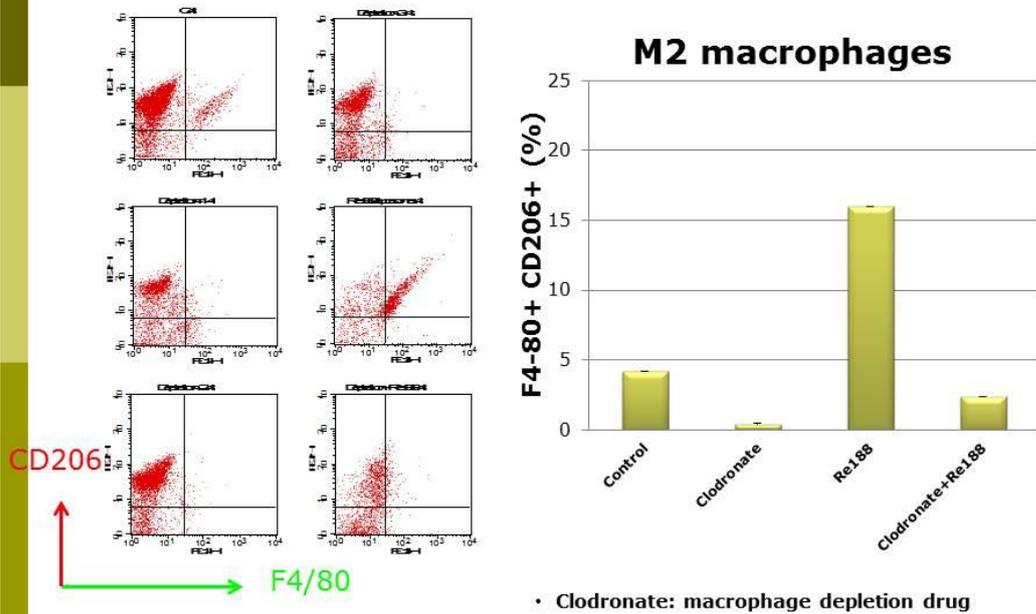


13

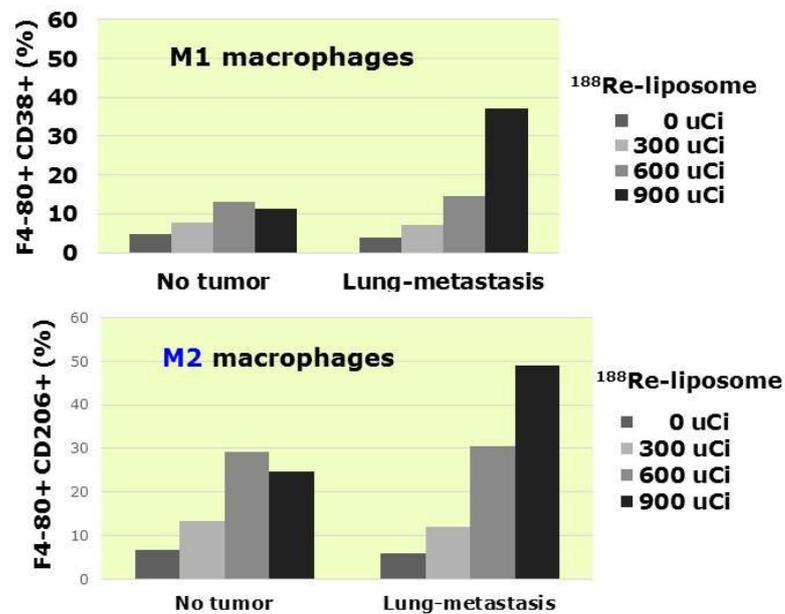
## Effect of <sup>188</sup>Re-liposome on Tumor Microenvironment (銻-188微脂體對腫瘤微環境的影響)



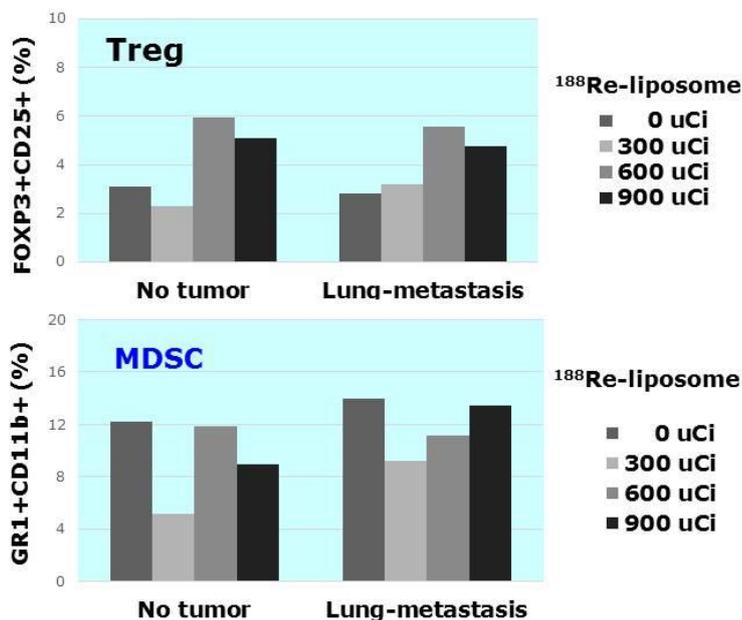
## Effect of $^{188}\text{Re}$ -liposome on Tumor Microenvironment (銻-188微脂體對腫瘤微環境的影響)



## Effect of $^{188}\text{Re}$ -liposome on Tumor Microenvironment (銻-188微脂體對腫瘤微環境的影響)



## Effect of $^{188}\text{Re}$ -liposome on Tumor Microenvironment (銻-188微脂體對腫瘤微環境的影響)



### 三、未來計畫需求

- ◆ 將探討多次給與銻-188-微脂體合併化療藥物對於腦轉移大腸直腸癌小鼠的療效
- ◆ 將探討消除或增強銻-188-微脂體誘發之M2 macrophages對於轉移性腫瘤生長的影響
- ◆ 將探討銻-188-微脂體調控腫瘤微環境的免疫機制

## 四、結語

---

- 黑色素癌腦轉移小鼠模式相較於大腸直腸癌小鼠模式更為惡性，小鼠存活期過短較不適合作療效分析觀察。
- 單次給與銻-188-微脂體合併化學治療藥物5-FU可顯著抑制腦轉移大腸直腸癌細胞生長（處理後第七天所示）。
- 處理銻-188-微脂體可隨劑量顯著增加小鼠中M2 macrophages。

19

## 計畫名稱: 超順磁氧化鐵奈米粒子與奈米藥物銻-188-微脂體之診療開發及應用

報告人：徐維荃

中華民國106年1月18日

1

### 簡報大綱

- 一、計畫目的
- 二、執行現況評估
  - 階段性研究成果
  - 產出效益之應用
- 三、未來計畫需求
- 四、結語

2

## 一、計畫目的

---

### 簡介--SIPO

- 磁振造影(MRI)技術廣泛用於病症的追蹤。
- MRI需磁振造影對比劑，超順磁性氧化鐵奈米粒子 (Superparamagnetic Iron Oxide Nanoparticles, SPIO)為市面上常見的磁振造影對比劑的主要材料之一。

### 簡介--磁振造影對比劑分類

- 正相對比劑 (Positive contrast agent) ，即所謂的 $T_1$ 對比劑，藉由增強標的物之訊號，使影像變白。
- 反相對比劑 (Negative contrast agent) ，即所謂的 $T_2$ 對比劑，減弱標的物之訊號，使影像變黑。

3

## 一、計畫目的

---

### 簡介—SIPO的特點

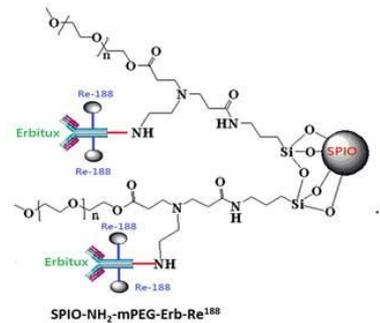
- 正相對比劑能夠減少縱向弛緩時間 (Spin-lattice relaxation time,  $T_1$ ) ，以增強組織訊號，使得影像比正常狀態下更為明亮。但此類對比劑本身具有高生物毒性，因此，近年來一直不斷嘗試發展新的對比劑，其中又以超順磁性的反相對比劑發展最為突出。
- SPIO能減少橫向弛緩時間 (Spin-spin relaxation time,  $T_2$ ) ，藉此減少組織訊號，使得影像轉為較灰暗或黑色。
- 當給予外加磁場時才具有磁性，反之則沒有。
- 並不會產生磁吸效應而產生的聚集現象，因此能降低本身之偽訊號產生。

4

# 一、計畫目的

## 計畫目的

- 開發整合 $^{188}\text{Re}$ 之治療效果及SPIO之造影效果之奈米載體。
- 利用超順磁性氧化鐵奈米粒子經共價鍵結與 $^{188}\text{Re}$ 和抗體結合，形成以SPIO為核心之藥物 $^{188}\text{Re}$ /Erbtux-SPIO。
- 並利用SPIO之造影效果藉以追蹤 $^{188}\text{Re}$ 的分布，此外也可增加在腫瘤部位的累積量，達到有效的診斷暨治療效果，也能避免非病變組織的損害，提升患者的醫療品質。



5

# 二、執行現況評估

## 研究成果及應用--超順磁氧化鐵奈米粒子之合成

- 本研究利用熱裂解方式合成氧化鐵奈米粒子，合成方法為依序將 iron (III) acetylacetonate( $\text{Fe}(\text{acac})_3$ )、Iron(II) acetylacetonate ( $\text{Fe}(\text{acac})_2$ )、1,2-hexadecandiol、oleic acid、oleylamine 和benzyl ether 加入雙頸瓶中，再將雙頸瓶接上攪拌棒與冷凝管後，置入高溫爐內，使雙頸瓶內的物質混勻後，維持，待雙頸瓶的溫度降到室溫後再收集產物，最後離心去除不純物後以氯仿(chloroform)回溶保存。
- 將保存在氯仿內的超順磁性參雜錳氧化鐵奈米粒子在真空條件下去除有機溶液，以甲苯回溶，並加入3-胺基丙基三乙氧基矽烷((3-aminopropyl) triethoxysilane, APTES)，與3-硫醇基丙基三甲氧基矽烷((3-mercaptopropyl) trimethoxysilan, MPTMS)，使其受超聲波震盪，mPEG-APTES (polymer)即會透過配體交換(ligand exchange)的過程，將原本包覆在奈米粒子表面的油酸與油胺置換下來，取而代之接在奈米粒子的表面。

6

## 二、執行現況評估

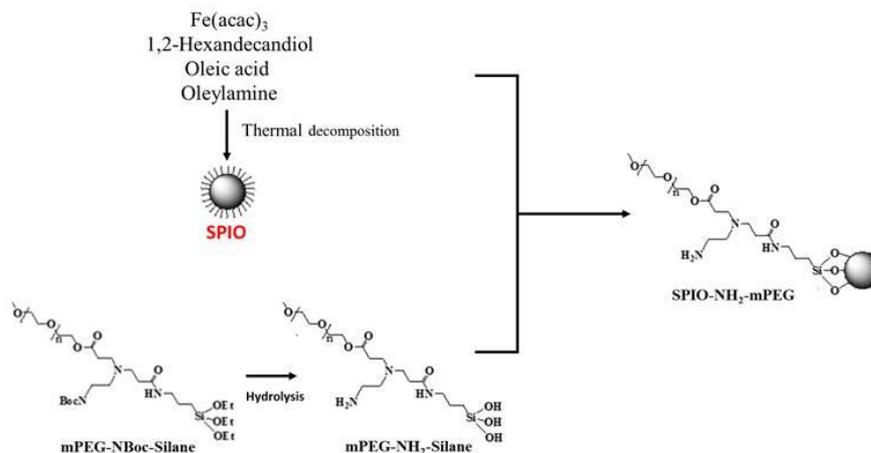
### 研究成果及應用-超順磁氧化鐵奈米粒子之合成(續)

- mPEG-APTES (polymer) 接在奈米粒子表面後，透過其裸露的一級胺，使奈米粒子能夠在後續的步驟中與抗體及mPEG-Ac接合。得到具有標靶能力且較穩定之親水性SPIO。
- SPIO 裸露的硫醇基使其能夠與 $^{188}\text{Re}$  產生鍵結，將大量 $^{188}\text{Re}$  修飾於SPIO 表面，提升治療效果。親水性SPIO 將以雷射動態散射儀(DLS)進行鑑定，確認其水合粒徑，並以穿透式電子顯微鏡(TEM)觀察其外觀及實際大小。

7

## 二、執行現況評估

### 研究成果及應用-超順磁氧化鐵奈米粒子之合成(續)



**Scheme.** Synthesis diagram of SPIO-NH<sub>2</sub>-mPEG nanoparticles

8

## 二、執行現況評估

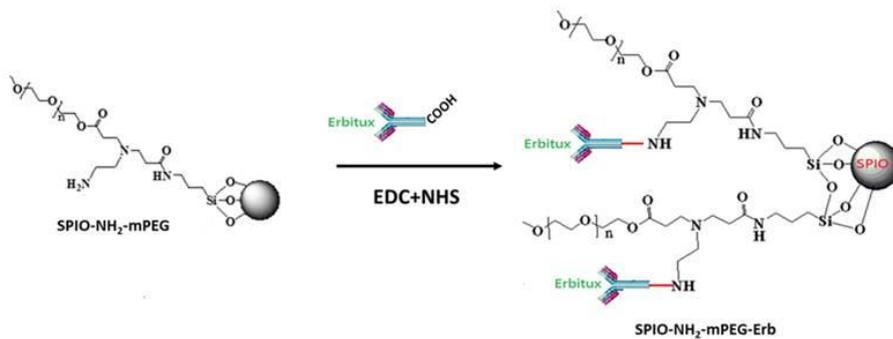
### 研究成果及應用-SPIO 表面之抗體(Erbitux)修飾

為了使SPIO 具有標靶性治療效果，將市面上廣泛使用之抗體藥物爾必得舒(Erbitux)做為標靶性物質修飾於SPIO 表面。利用前述步驟修飾之mPEG 於SPIO 表面提供之一級胺，以EDC-NHS 偶合方式與抗體Erbitux 之COOH 端產生醯胺鍵進行修飾。首先，將SPIO、ethyl(dimethylaminopropyl) carbodiimide (EDC)、N-Hydroxysuccinimide (NHS)及Erbitux 於室溫下混合並攪拌90 分鐘，再裝入透析膜(12000~14000 Da)透析即可得到具有標靶能力之Erb-mPEG-SPIO。

9

## 二、執行現況評估

### 研究成果及應用-SPIO 表面之抗體(Erbitux)修飾(續)



**Scheme.** Synthesis diagram of SPIO-NH<sub>2</sub>-mPEG-Erb nanoparticles

10

## 二、執行現況評估

### 研究成果及應用-Characteristic of SPIO-NH<sub>2</sub>-mPEG-Erb

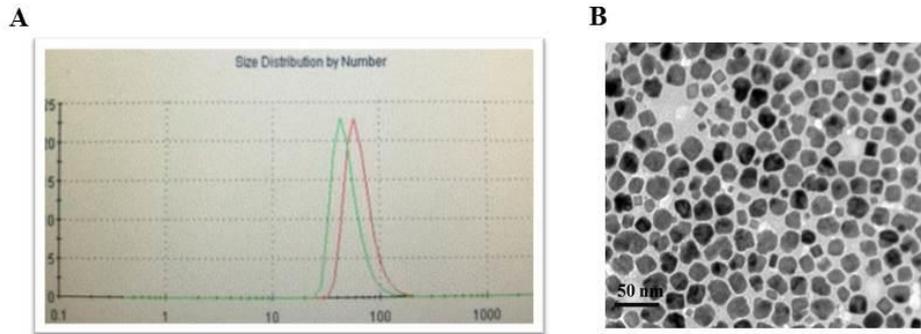


Figure 1. Hydrodynamic size distribution (A) and TEM image (B) of SPIO-NH<sub>2</sub>-mPEG-Erb. The average core size is  $25.2 \pm 1.3$  nm.

11

## 二、執行現況評估

### 研究成果及應用-Characteristic of SPIO-NH<sub>2</sub>-mPEG-Erb(續)

Table 1. Characterization of nanoparticles

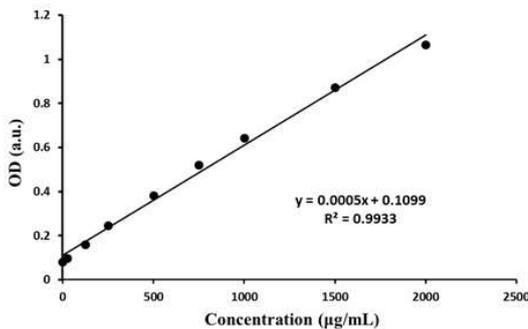
	Hydrodynamic size (nm)	PDI
SPIO	$24.3 \pm 5.8$	0.060
Erb-mPEG-SPIO	$50.8 \pm 17.0$	0.236

12

## 二、執行現況評估

### 研究成果及應用-Quantitative of antibody

本實驗使用BCA蛋白質定量試劑組(BCA Protein Assay Kit)，測定SPIO上鍵結之抗體濃度，原理是將蛋白質分子中的肽鍵結構在鹼性環境下能與 $\text{Cu}^{2+}$ 生成絡合物，並將 $\text{Cu}^{2+}$ 還原成 $\text{Cu}^+$ ，而BCA試劑可與 $\text{Cu}^+$ 專一性結合，並形成穩定的有色複合物，並在562 nm處有最大吸光質，該複合物顏色深淺與蛋白質濃度成正比，可根據吸光質的大小來測定蛋白質的含量。



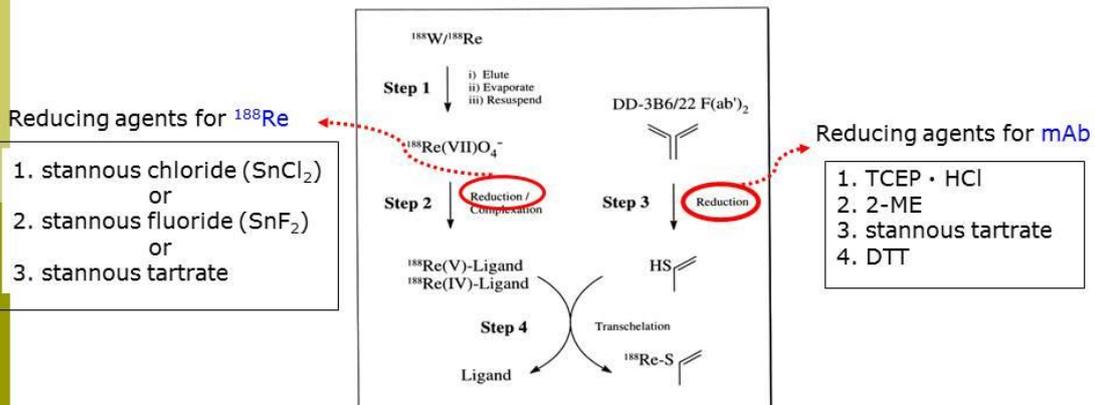
測得的吸光值為0.2481，帶回左式得到SPIO上修飾之Erb濃度為276.4 µg/mL

13

## 二、執行現況評估

### 研究成果及應用- $^{188}\text{Re}$ -Erbitux-mPEG-SPIO製備

為使 $^{188}\text{Re}$ 具有更好的治療效果及標靶性，利用前述在SPIO上修飾之Erbitux所還原的硫醇基，與 $^{188}\text{Re}$ 進行反應，以直接標誌法進行標誌，使大量 $^{188}\text{Re}$ 能藉由SPIO做為載體攜帶並增加被細胞吞噬的機會。

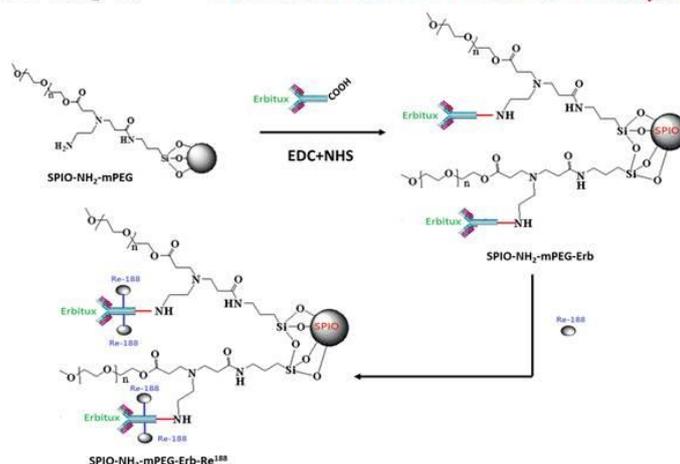


Nuclear Medicine & Biology (1998) 25:639-649

14

## 二、執行現況評估

### 研究成果及應用- $^{188}\text{Re}$ -Erbitux-mPEG-SPIO製備(續)



**Scheme.** Synthesis diagram of  $^{188}\text{Re}$ -Erbitux-mPEG-SPIO nanoparticles

15

## 二、執行現況評估

### 研究成果及應用- $^{188}\text{Re}$ -Erbitux-mPEG-SPIO製備(續)

Control : Radiochemical purity of $^{188}\text{Re}$ -cetuximab, (%)						
Radio-products Labeling time	$^{188}\text{Re}$ -cetuximab $^{188}\text{Re}$ -colloid	$^{188}\text{Re}$ -MDP Free $^{188}\text{Re}$	Free $^{188}\text{Re}$	$^{188}\text{Re}$ -MDP	$^{188}\text{Re}$ -colloid	$^{188}\text{Re}$ - cetuximab
4 h	99.32	0.68	0.33	0.35	5.62	93.7

Radiochemical purity of $^{188}\text{Re}$ -Erb-polymer-SPIO, (%)						
Radio-products Labeling time	$^{188}\text{Re}$ -Erb-polymer- SIPO $^{188}\text{Re}$ -colloid	$^{188}\text{Re}$ -MDP Free $^{188}\text{Re}$	Free $^{188}\text{Re}$	$^{188}\text{Re}$ -MDP	$^{188}\text{Re}$ -colloid	$^{188}\text{Re}$ -Erb- polymer-SPIO
4 h	1.83	98.17	69.07	29.1	0.09	1.74
8 h	4.46	95.54	80.38	15.16	0.06	4.4
24 h	25.48	74.52	46.26	28.26	0.28	25.2*

\*Final products could purify by Vivaspin® (radiochemical purity >90%)

16

## 二、執行現況評估

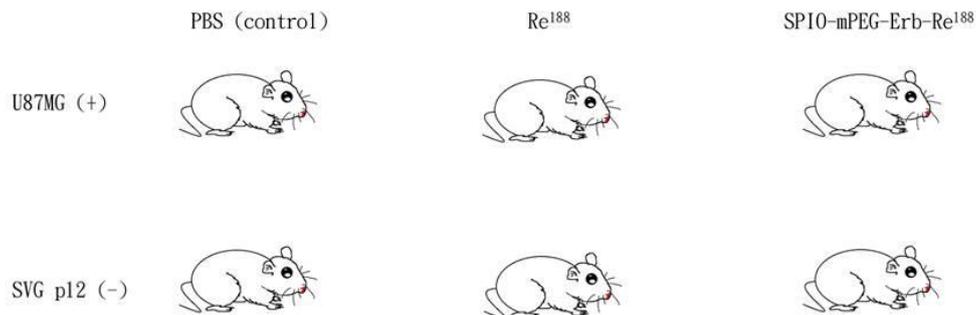
### 研究成果及應用-Expression level of EGFR in Glioblastoma

- 選擇EGFR高表現之細胞株為U87MG(positive cell)EGFR低表現之細胞株為SVG p12(negative cell)
- Integrated Genomic Analysis Identifies Clinically Relevant Subtypes of Glioblastoma Characterized by Abnormalities in *PDGFRA*, *IDH1*, *EGFR*, and *NF1*.  
*Cancer cell*, 2010, 1, 98-110
- Molecular Determinants of the Response of Glioblastomas to EGFR Kinase Inhibitors.  
*N Engl J Med*, 2005, 353, 2012-2024
- PTEN Mutation, EGFR Amplification, and Outcome in Patients With Anaplastic Astrocytoma and Glioblastoma Multiforme.  
*JNCI*, 2001, 16, 1246-1256
- Overexpression of the EGF Receptor and p53 Mutations are Mutually Exclusive in the Evolution of Primary and Secondary Glioblastomas.  
*Brain Pathology*, 1996, 3, 217-223
- Functional characterization of an EGF receptor with a truncated extracellular domain expressed in glioblastomas with EGFR gene amplification.  
*Oncogene*, 1994, 8, 2313-2320

17

## 二、執行現況評估

### 研究成果及應用-In vivo animal model preparation



本實驗將於以 glioblastoma 種植於大鼠腦部，分別種植EGFR高表現之細胞株U87MG以及低表現細胞株SVG p12於老鼠腦部，由於實驗設計有三種組別，(1)PBS (control) (2) Re<sup>188</sup> 組 (3) SPIO-mPEG-Erb-Re<sup>188</sup>，每個組別進行三次重覆，種植的隻數共有18隻。

18

## 二、執行現況評估

### 研究成果及應用-In vivo animal model preparation (續)



1. 先將老鼠頭部尚未去除乾淨的毛髮去除乾淨，接著把頭皮剪開。
2. 會發現頭皮與腦殼中間有一層薄博的膜層，利用器械將此膜去除。
3. 接著找到適當注射腦部腫瘤的位置，做上記號後利用電鑽進行開顱的動作，此步驟需最為謹慎，以免導致實驗失敗甚至老鼠的死亡。
4. 成功開顱後，利用老鼠的定位儀，設定好注射位置，再將預先準備好的細胞打入老鼠的腦中，成功打入後靜置3-5分鐘，再緩慢地將針移除。
5. 最後在頭殼上均勻地塗抹石蠟，再將頭皮縫上，即完成。

19

## 三、未來計畫需求

- 體外測試部分：進行細胞毒性測試以計算後續實驗之適當劑量；進行細胞吞噬實驗並以磁共振造影觀察其顯影效果；進行免疫活性試驗以證明 $^{188}\text{Re}$ -Erbitux-mPEG-SPIO具生物活性。
- 活體測試部分：以CED的方式以異種移植腫瘤的大鼠模型進行腫瘤治療及顯影效果的測試，進而證明此診斷暨治療藥物之應用潛力。

20

## 四、結語

---

- 交大生物科技所與核研所合作，利用實驗室自製之 PEGylated SPIO 於表面修飾一級胺及硫醇官能基，與  $^{188}\text{Re}$  及專一性抗體 Erbitux 結合。
- 目前已完成 PEGylated SPIO 物理特性的鑑定分析，並且完成  $^{188}\text{Re}$ -Erbitux-mPEG-SPIO 之抗體結合及  $^{188}\text{Re}$  標誌技術建立。
- 待完成所有體外測試之後，將以 CED 的方式以異種移植腫瘤的大鼠模型進行腫瘤治療及顯影效果的測試，進而證明此診斷暨治療藥物之應用潛力。

**計畫名稱:多劑量銻-188-微脂體奈米核醫  
藥物合併化療藥物對人類頭頸癌及攝護腺  
癌小鼠模式之療效評估**

報告人：陳亮丞  
中華民國106年1月18日

1

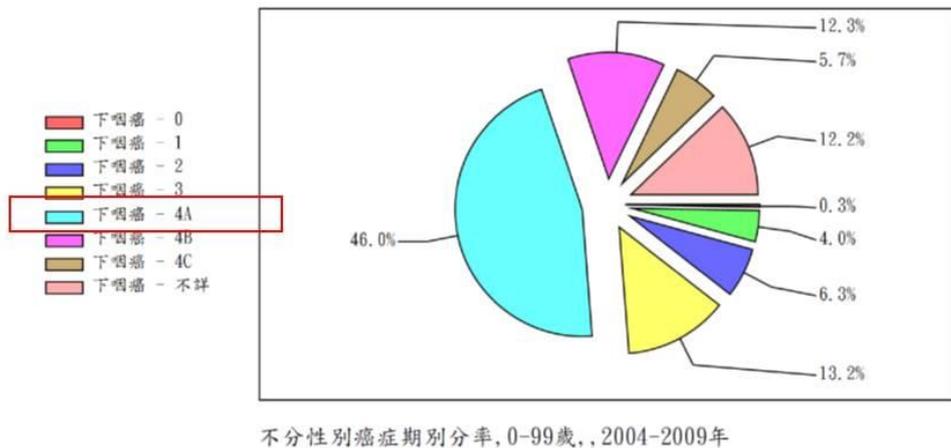
## 簡報大綱

- 一、計畫目的(2分鐘)
- 二、執行現況評估(8分鐘)
  - 階段性研究成果
  - 產出效益之應用
- 三、未來計畫需求(3分鐘)
- 四、結語(2分鐘)

2

# 人類頭頸癌確診時分期

下咽癌 分率百分比



3

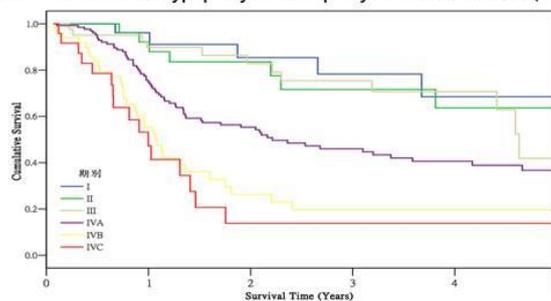
# 口咽及下咽癌存活率

表 1 2004-2012 年 Hypopharynx & Oropharynx 癌期別存活統計表

AJCC 期別	個案數	死亡數*	存活數**	整體存活率%		
				1年	3年	5年
I	31	5	26	96.2	78.3	68.5
II	29	7	22	92.2	71.6	63.7
III	43	12	31	89.8	75.4	41.9
IVA	137	66	71	74.8	46.0	36.7
IVB	52	33	19	55.3	19.7	19.7
IVC	24	17	7	47.3	13.8	13.8

\*因口咽下咽癌而死亡 \*\*非口咽下咽癌死亡與存活者

圖 1 2004-2012 年 Hypopharynx & Oropharynx 癌期別存活曲線圖 ( N=316 )



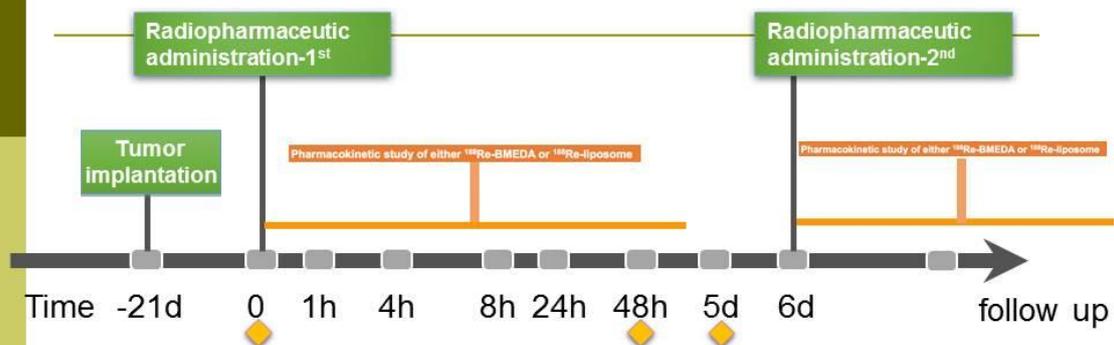
4

## 計畫目的

- 了解人類頭頸癌細胞在接受銻-188-微脂體藥物給予單劑量與雙劑量治療之後的生物分布、藥物動力學、劑量評估及療效評估等
- 評估雙劑量之銻-188-微脂體藥物是否具更佳療效
- 探討雙劑量治療後之分子機制變化

5

## 腫瘤模式建立與相關實驗設計時程



◆ BLI monitoring every 3-4 days

### Animal model:

Multiple reporters-integrated HNSCC FaDu cells (FaDu-3R) were inoculated in the oral cavity  
Tumor size: **Reach 10<sup>8</sup> p/s by BLI**

### Radiochemical purity:

both > 95%

### Specific activity:

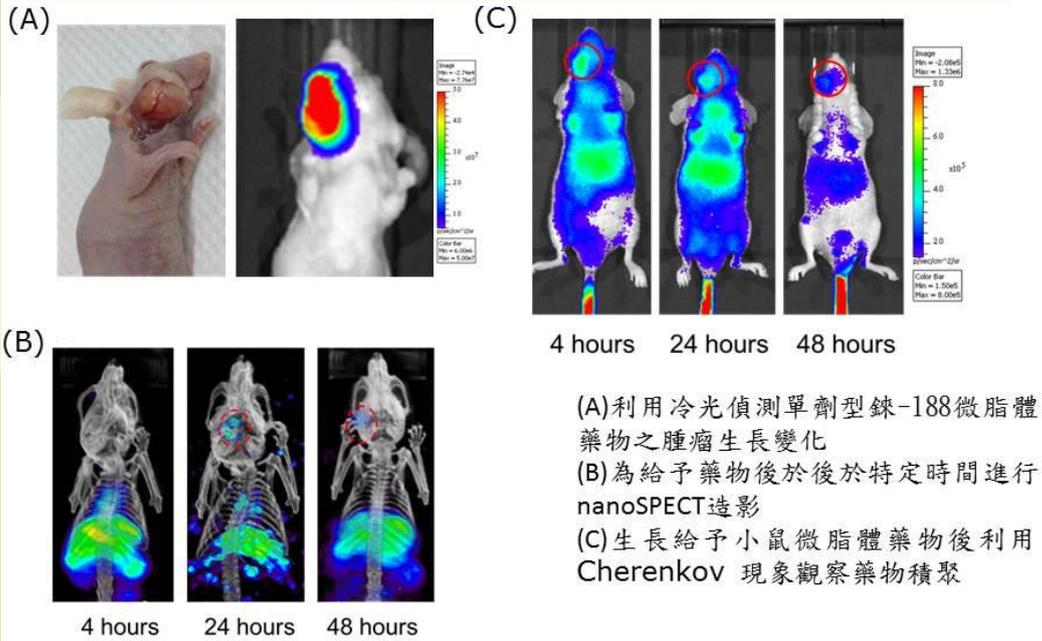
3.7 MBq/g for both biodistribution and pharmacokinetics studies  
18.5 MBq/g for nanoSPECT/CT

### Study groups:

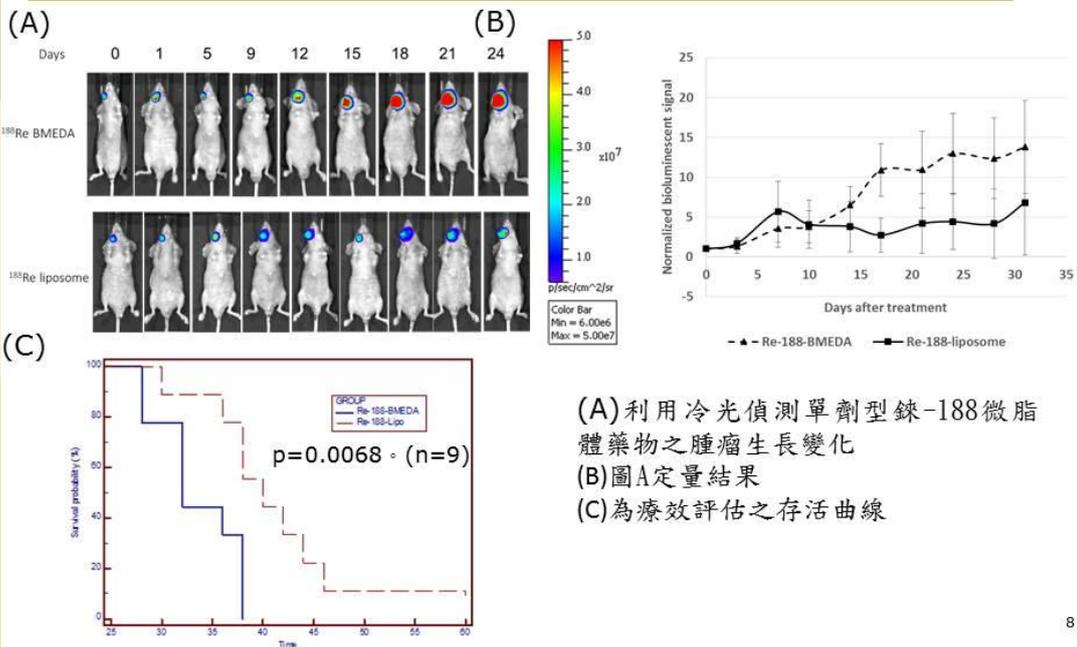
Single  
<sup>188</sup>Re-BMEDA (no liposomal encapsulation)  
<sup>188</sup>Re-liposome  
Double  
empty vector (liposome)+<sup>188</sup>Re-liposome  
<sup>188</sup>Re-liposome+ <sup>188</sup>Re-liposome  
<sup>188</sup>Re-BMEDA+ <sup>188</sup>Re-BMEDA

6

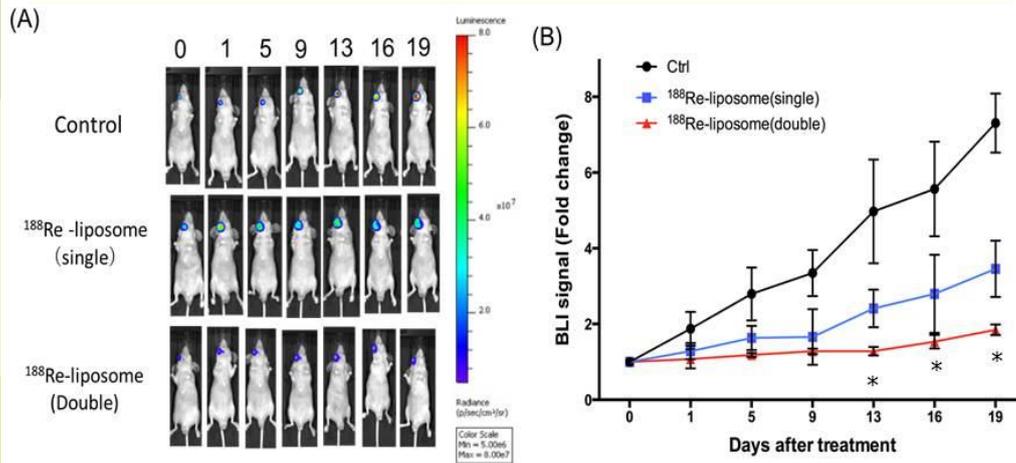
## 影像方法偵測銻-188-微脂體於原位頭頸癌腫瘤模式的積聚



## 探討銻-188-微脂體藥物於頭頸癌之療效評估



## 雙劑型銻-188微脂體之治療成效-1

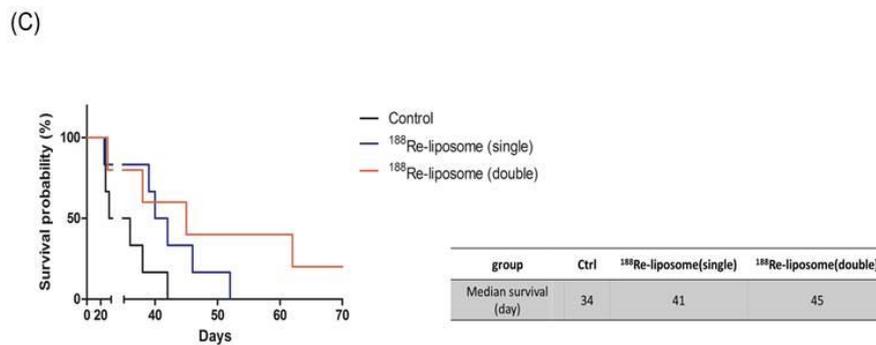


於治療第0與第6天給予裸鼠80%MTD (640 $\mu$ Ci)銻-188-微脂體藥物處理，於不同時間以非侵入式偵測光子訊號觀察腫瘤生長情形

N=6

9

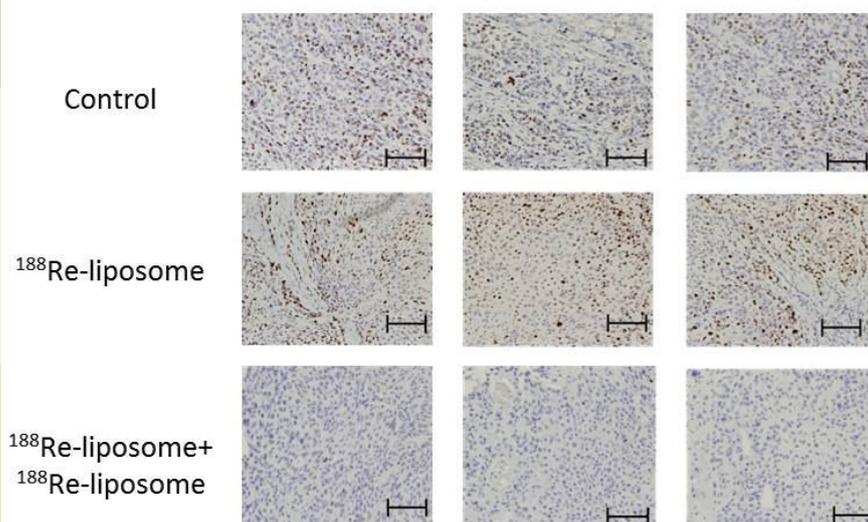
## 雙劑型銻-188微脂體之治療成效-2



於治療第0與第6天給予裸鼠80%MTD (640 $\mu$ Ci)銻-188-微脂體藥物處理後之存活曲線

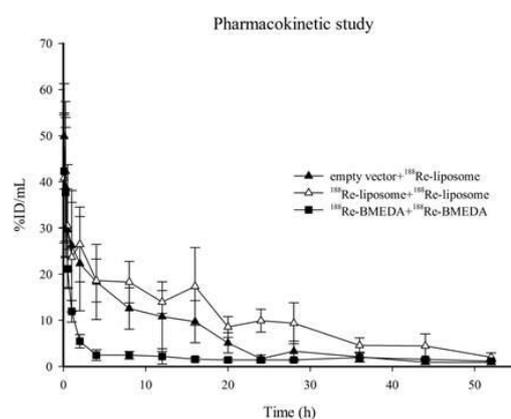
10

## 免疫組織化學染色 (ki-67)



利用免疫組織染色於荷腫瘤小鼠治療後四周取下腫瘤偵測細胞增生指標-Ki-67之表現量，可觀察單劑量給予組別，於四周後Ki-67之表現量與控制組未有明顯差異，顯示單劑量微脂體藥物無法達到長期抑癌之效果，然而給予兩劑微脂體藥物後，可觀察到ki-67表現量明顯下降

## 雙劑型銻-188微脂體藥物之藥物動力結果



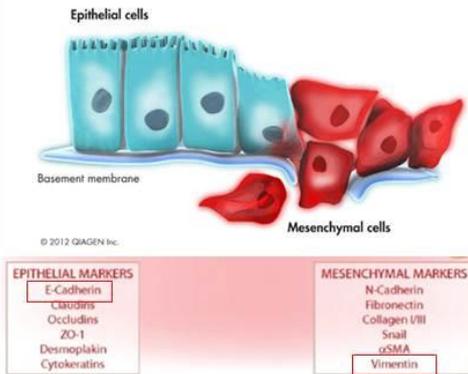
parameter	Unit	Empty vector(liposome) + <sup>188</sup> Re-liposome	<sup>188</sup> Re-BMEDA + <sup>188</sup> Re-BMEDA	<sup>188</sup> Re-liposome + <sup>188</sup> Re-liposome
AUC	%ID/ml	364.69147	123.5137	603.36888

12

## 雙劑型銻-188微脂體藥物治療後EMT相關蛋白分子表現量變化

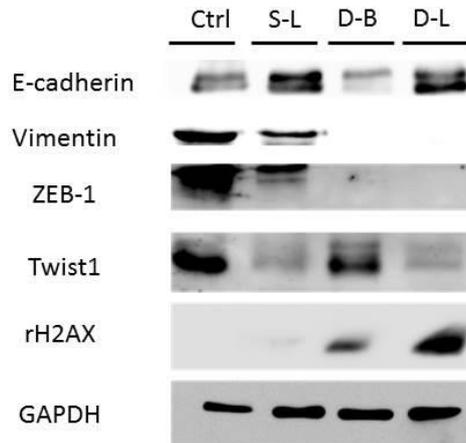
EMT (上皮細胞間質轉化)

Epithelial-Mesenchymal Transition



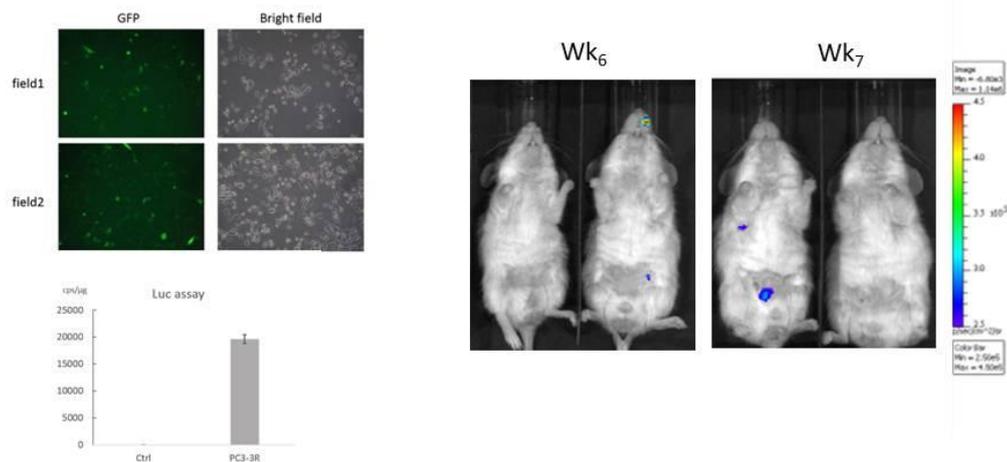
上皮細胞間質轉化為癌症轉移的關鍵機制。癌細胞發生EMT時，轉錄因子Snail或Twist透過抑制細胞間結合蛋白E-cadherin的表現，使癌細胞間結合降低而產生具高度侵犯性與移動力之癌細胞，促進癌細胞脫離原發腫瘤而產生轉移。

S-L: single <sup>188</sup>Re-liposome  
D-B: double <sup>188</sup>Re-BMEDA  
D-L: double <sup>188</sup>Re-liposome



利用西方墨點法，觀察於治療微脂體藥物治療後四周取下腫瘤，偵測與腫瘤生長轉移與DNA損傷等相關分子之蛋白質表現量。

## 人類攝護腺癌小鼠模式之建立



左圖為建立帶有三重報導基因之人類攝護腺癌細胞，並以螢光顯微鏡與冷光測試分別偵測螢光表現量與冷光訊號。圖右為以原位方式接植人類攝護腺癌細胞PC3-3R後於第六週與第七週利用冷光偵測訊號，雖可於該處觀察到冷光訊號，但訊號並未持續增強，且於第八週後即無法偵測到訊號，於第十二週犧牲老鼠後也未觀察到腫瘤細胞，因此無法進行後續動物實驗。

### 三、未來計畫需求

---

- 探討雙劑量微脂體藥物生物分佈
  
- 探討雙劑量抑制腫瘤轉移機制，包括上皮間質轉型之重要分子表現，及血管新生抑制之可能性

15

### 結語

---

- 頭頸癌原位腫瘤小動物模式對藥物的前臨床研究
  - 透過各種分子影像模組看到明顯的藥物積聚，早期腫瘤的抑制也顯著，但是後期則不明顯。頭頸癌的生長環境可能不適合單一劑量的銻-188-微脂體藥物發揮最大效果
  - 使用雙劑型銻-188-微脂體能達到更佳抑癌效果。
  - 雙劑型銻-188-微脂體可能藉由調控上皮間質轉化EMT相關分子而進一步達到抑癌效果

16

## 致謝

---

- 科技部-原子能委員會Mutual Fund
- 核能研究所
  - 張志賢 博士
  - 林明暄 先生
  - 鄭凱鴻 先生
- 國立陽明大學
  - 李易展 教授實驗室 林亮廷 張淳媛
  - 王信二 教授實驗室
  - 劉仁賢 教授實驗室

# 人才培訓與風險溝通



105年度「原子能科技學術合作研究計畫」整合成果發表會

# 從核能資訊公開 到開放政府資料

報告人：陳建琦

計畫主持人：國立臺北大學 高仁川教授

計畫編號：MOST 105-2636-E-305-003-UN

中華民國106年1月20日

1



## 簡報大綱

- 一、計畫目的
- 二、執行現況評估
  - 階段性研究成果
  - 產出效益之應用
- 三、未來計畫需求
- 四、結語

2



## 計畫目的

1. 探討比較政府資訊公開、開放政府這兩個制度的區隔與匯流
2. 落實核安管制相關資訊公開及開放政府的政策
3. 強化民眾有充分的資訊取得管道、構思核能資訊再利用的可能情形
4. 促成民眾有機會透過其所委託的專家代表提供意見參與決策，建立公開各項會議的制度及其具體作法

3



## 執行現況評估

1. 階段性研究成果
  - 1) 比較法上政府資訊公開發展趨勢的觀察
  - 2) 美國政府之開放資料以及人民對資料之加值利用
2. 產出效益之應用  
「行政院原子能委員會資料開放行動策略」評析

4



## 比較法上政府資訊公開發展趨勢的觀察(1/2)

### □ 美國近期政府資訊趨勢公開方向

#### 2016 美國核管會(NRC) 2016-2017資訊公開計畫

<b>透明參與合作</b>	1)政府資訊公開透明，讓大眾了解政府實際運作進展； 2)促進民眾主動參與政府會議，提供多元想法，使政府能宏觀做出妥適的決策； 3)政府機關與民眾成為協力夥伴，藉由合作使政府更能有效執行政策。
<b>發展項目</b>	開放資訊、主動揭露、隱私秘密、告密者保護、開放資訊軟體、網站架設、財務收支表、參與主動透明、大眾參與和關注、歷史紀錄管理、機密文件解除、FOIA資訊自由法要求、國會監督要求
<b>新的發展部分</b>	1)開放資料軟體：發佈聯邦資訊編碼政策，利用編碼和雲端大數據之理念，促進機關間資訊更流通，達到效率、透明和創新。 2)國會監督要求：NRC國會事務處理辦公室網站，國會可監督確保NRC開會過程皆依法而為，並據此了解近期活動。
<b>FOIA修改法案</b>	2016/07/30 資訊自由法FOIA修改法案，法條明文禁止公開項目，或機關在事前資訊公開將會致權益受損外，才擁有不公開資訊的豁免權。否則，所有資訊以公開為原則。 >>NRC對此法案公布並沒有受太多的影響，因該法案之限制和NRC對於其內部資訊公開的要求近似。



## 比較法上政府資訊公開發展趨勢的觀察(2/2)

### □ 我國近期文獻摘錄

#### 政府資訊公開與外聘委員個人資料保護

<b>個人隱私</b>	政府資訊公開法第18條第1項第6款，個人隱私是例外得不公開的事由，然而確並未明確規定其定義。 >>涉及個人隱私與否僅是判斷得豁免公開的前端，其後仍須與公開資訊可能獲得的公益進行利益衡量，因此解釋上不妨從寬認定。
<b>諮詢委員</b>	1.美國訂有聯邦諮詢委員會法(FACA)，規定委員會的會議及相關資料原則上必須公開，接受公眾監督；也設置一線資料庫供民眾查詢所有聯邦委員會資訊，包含成員姓名及服務代表機構等。 2.台灣目前並無類似立法，但各級政府機關高度依賴外部諮詢委員專業意見，因此會議內容之代表性和透明度經常受到質疑。 >>請求公開委員個人資料若是一般非特別私密、敏感，考量成員來源與觀點多元代表性，該資訊即應公開。

政府資訊公開法第18條第一項

政府資訊屬於下列各款情形之一者，應限制公開或不予提供之：

第6款：公開或提供有侵害個人隱私、職業上秘密或著作權人之公開發表權者。但對公益有必要或為保護人民生命、身體、健康有必要或經當事人同意者，不在此限。



## 美國政府之開放資料以及人民對資料之加值利用(1/2)

### □ 美國政府之政策發展

數位政府政策發展	<p>2012/05美國總統歐巴馬發布一項命令「數位政府:建立一個 21 世紀平台提供美國人民更好的服務」。</p> <p>1)使公眾及持續增加之行動工作得以在任何時間、地點及任何工具，皆能近用高品質之數位政府資訊及服務</p> <p>2)確保政府在數位化過程中，能以有效、安全、且可支付之成本來取得及管理各種工具、應用及資料</p> <p>3)公開政府資料以刺激創新及促進服務品質。</p>
開放政府目的	<p>美國政府希望透過開放政府資料，以達成以下之目的：</p> <p>1)在減少支出方面增加運行效率</p> <p>2)增加服務以及支持各項任務需求</p> <p>3)保障個人資訊同時增加公眾對於政府資訊之使用權；設立政府開放資料平台。</p>
開放資料之立法	<p>2016/4/26，美國議會正式發表開放政府資料法。此法明確的規範各聯邦機關應出版公開其資訊，其資訊之提供應為機構清晰易讀之資訊，有搜尋引擎供民眾查詢以及公開之格式。同時，此法要求每個機關編列一份企業清單，需具有企業全部之數據；本法授權給各州政府此清單之使用權，建立一官方數據分享平台（data.gov）。</p>

7



## 美國政府之開放資料以及人民對資料之加值利用(2/2)

### □ 人民對資料之加值利用

資訊公開平台建立	<p>公開之資訊多達14種主題，其中包含：農業、企業、公眾安全、能源、教育、科學等類別。</p> <p>1.鼓勵民眾將想法投稿至資訊平台，同時也鼓勵研發者運用開放之資料製作成應用程式提供民眾使用。</p> <p>2.已有多款應用程式放置於公開資訊平台，其運用範圍從城市數據、老人照護、食安證照廣至偵測地震、颶風等程式。</p>
What Works Cities	<p>在2015年由彭博慈善基金會Bloomberg Philanthropies所推行，目的透過政府開放資料增進人民生活品質。其主動的幫助超過一百個美國中型城市，並且應用至服務居民和地方決策等措施。其標準由四個因素組成：承諾（Commit）、措施（Measure）、修正（Take Stock）以及行動（Act），提供地方領導者更有效率之方法做出決策。</p>
Parkadelphia	<p>此一軟體所運用到的公開資訊包含：費城街道圖、可供居民使用之停車格、收費之停車格、摩托車圍欄、下雪危險路線、中央停車收費器位置。此應用軟體提供費城居民能夠迅速查詢自身位置附近是否有可使用之停車位，並藉由Google街景服務提供其確切位置以及其收費價格。</p>

8



## 本會資料開放行動策略評析(1/3)

### □ 本會資料開放行動策略草案(共七點)

依「行政院及所屬各級機關政府資料開放作業原則」第15條規定，各機關得視需要，在本原則所定範圍內，訂定政府資料開放相關規定。

- 一、開放資料檔案格式方面，以3星等以上之格式為原則。
- 二、資料欄位定義應明確、可量化且電腦可解析處理。
- 三、原能會資料以開放為原則。
- 四、原能會資料如有以下情形不予開放：
  - (1) 敏感性資料（行政院及所屬各級機關政府資料開放作業原則第四條）
  - (2) 涉著作權歸屬（政府資訊公開法第18條第1項第6款）
  - (3) 涉契約使用限制（政府資訊公開法第18條第1項第6款）
  - (4) 機關是否有授權第三人再利用（政府資訊公開法第18條第1項第6、7款）
  - (5) 有法規限制，如個資法、國家安全法（政府資訊公開法第18條第1項第1款）
  - (6) 影響原能會管制業務安全（政府資訊公開法第18條第1項第4款）

建議：行政院及所屬各級機關政府資料開放作業原則規定不予開放之資料敘明理由後經機關首長核可始合法，惟本行動策略未規定。

9



## 本會資料開放行動策略評析(2/3)

- 五、原能會開放資料若需收費，須經資料開放諮詢小組通過。
- 六、資料開放諮詢小組應定期檢視已開放資料，若因外部運用產生不當效果，即應審議使資料不予開放。
- 七、經民眾申請要求開放，但不予開放或無法開放之資料，仍應定期提交諮詢小組討論確認。

建議：行政院及所屬各級機關政府資料開放作業原則第7條規定，資料內容有限制使用之必要時，應於使用規範中訂明其限制，故若未訂定規範而與使用者約定，僅因認定使用者外部運用不當而將已開放資料改為不予開放，實有違比例原則，又政府資訊公開法採分離原則，故即使外部運用不當產生不利後果，仍不能將整份資料均列為不予開放，而應就可公開部份提供之，此部分於該行動策略並無提及。

10



## 本會資料開放行動策略評析(3/3)

### □ 關於本會資料開放之討論

#### 一、關於個人資料的安全措施

建議：個人資料保護法第27條第1項規定政府機關應採取安全措施保護個人資料之安全，惟該行動策略並未提及如何設置安全措施。

#### 二、資料開放諮詢小組之審議記錄是否為政府資訊公開法第7條第1項主動開放之資料範圍

建議：該行動策略草案規定，本會資料無論為已開放到不予開放，抑或是不予開放到適時公開，均應經過資料開放諮詢小組之審議。

1. 依政府資訊公開法第7條第1項第10款及第3項規定，合議制機關係指機關決策階層由權限平等並依法獨立行使職權之成員組成之，依政府資訊公開法第7條第1項第10款，則合議制機關之會議記錄為政府資訊公開法應主動公開之資料範圍。

2. 該資料開放諮詢小組為15位各界學者、專家組成之諮詢小組，並係依法獨立行使職權判斷政府資料是否應當公開之諮詢小組成員，故該諮詢小組審議之會議記錄，似應依政府資訊公開法第7條第1項公開之。

11



## 未來計畫需求

### □ 開放資料席捲全球，下一步將是Open API?

白宮於2016年底領先全球，推出政府開源程式碼平臺Code.gov，讓人人都能用政府軟體程式碼之外，也鼓勵政府內部多加運用，避免重複開發導致資源浪費，以提高促進政府效能與強化透明度。



本會可參考：

圖片來源:iThome

1. 環境及電廠輻射監測資料大數據分析及應用?
2. 核安管制資訊公開透明機制之研究?

12



## 結語

1. 美國政府所採用的公有雲中便於理解使用的工具、畫面和數據解析結果，不像過去一樣花費幾個月的時間才能完成請求、分析到得出項目結果，自給自足的數據分析系統更為有效。
2. 本會資料開放行動策略草案可再重新檢討。
3. 我國環境及電廠輻射監測資料大數據可再加值應用。
4. 建立本會核安管制資訊公開透明機制

## 計畫名稱:

- 1.深耕中學生核能知識
- 2.核能安全與輻射防護科普實務推動及成效探討-II
- 3.大學醫護保健類科學生輻射防護知識增能計畫
- 4.龍華科技大學核工學程推廣

報告人：洪淑慧

中華民國106年1月20日

1

## 簡報大綱

- 一、計畫目的
- 二、執行現況評估
  - 階段性研究成果
  - 產出效益之應用
- 三、未來計畫需求
- 四、結語

2

## 一、計畫目的

- 國中、高中、高職各級師生對核能安全與輻射防護科普實務推動及成效探討
- 科普級原子能安全與輻射防護數位教材之編輯與推廣研究
- 科技大學核工學程及大學醫護類科輻射防護知識推動

3

## 二、執行現況評估-階段性研究成果

### 計畫1：深耕中學生核能知識

- 辦理深耕中學生科普活動及化學科教師專業成長研習計6場次，參加師生共計260人次。
- 金門高中演講：核能面面觀



4

## 二、執行現況評估-階段性研究成果 (續)

- 北區化學教師專業成長研習
- 專題演講  
臺大醫院核子醫學部薛晴彥教授



5

## 二、執行現況評估-產出效益

- 舉辦教師研習計5場次共200位教師參加，該培養核能與輻防種子教師將深入國、高中進行對學生的專題演講，推廣核能安全、輻射防護及核子事故緊急應變知識，有助於原子能知識於校園深耕及推廣。
- 為達推廣原子能及輻射防護知識於校園深耕之最大效益，本計畫已由科技部核准執行至106年7月31日，並在原核定經費下持續辦理相關的科普講座。

6

## 二、執行現況評估-階段性研究成果

### 計畫2：核能安全與輻射防護科普實務推動及成效探討-II

辦理32場次科普活動、時數累計達154小時、總人次2,197人



## 二、執行現況評估-產出效益

- 透過自製核能輻射宣導影片，提供學生正確的核能與輻射知識

### 輻射的分類

游離輻射：波長短、能量高，能使物質產生游離(出電子)作用  
 電磁輻射：伽馬( $\gamma$ )射線、X射線  
 粒子輻射：阿伐、貝他、中子、質子  
 主管機關為行政院原子能委員會

$3 \times 10^{15}$  赫 (Hz)

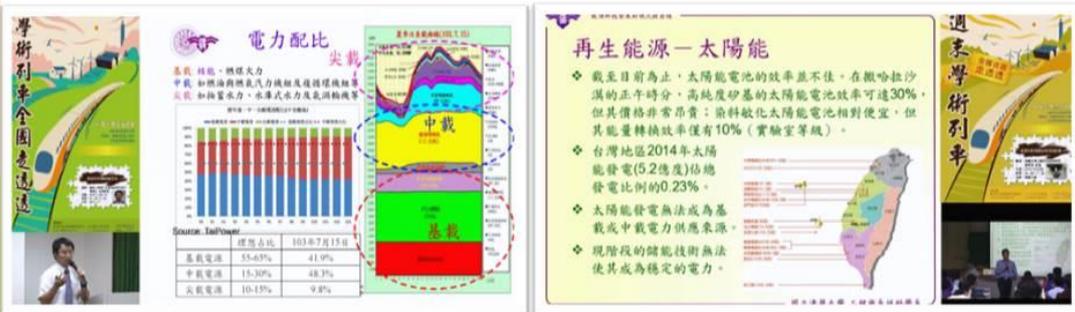
非游離輻射：波長長、能量低，不能使物質產生游離作用  
 紫外線、可見光、紅外線、微波、雷達、無線電波、短波、長波、長交流電波  
 主管機關為行政院環境保護署

### 游離輻射的產生

來自放射性元素  
 $\alpha$ 射線、 $\beta$ 射線、 $\gamma$ 射線  
 來自產生輻射的機具  
 X光機、加速器  
 來自核反應

## 二、執行現況評估-產出效益(續)

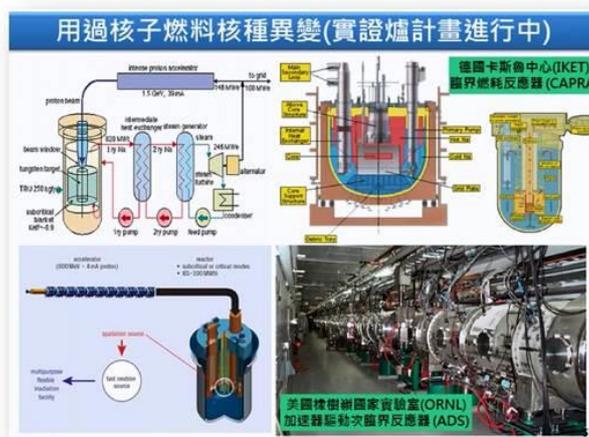
- 透過自製核能輻射宣導影片，提供學生正確的核能與輻射知識



9

## 二、執行現況評估-產出效益(續)

- 影片上傳清大跨領域科教中心供民眾分享。



我們關心的能源與核能輻射議題

10

## 二、執行現況評估-產出效益(續)

- 本計畫執行過程中，發現部分師生對核能與輻防知識的不足及來源的不正確，經由參加講座、科普影片、實驗及輻射設施參訪之旅等系列活動後，**對輻射與相關防護知識有明顯地提升。**
- 提供K12師生與民眾正確的輻射相關知識與正確的資料來源，消除對此兩議題莫名的恐懼和排斥，**提升探討原子科學之基本知識和其應用的興趣及教育推廣的成效。**

11

## 二、執行現況評估-階段性研究成果

### 計畫3：大學醫護保健類科學生輻射防護知識增能計畫

- 開發醫護保健類科大學生之「醫療輻射防護」科普教材
  - ✓ 專家會議：化學、核醫、放射及醫工類科專家學者
  - ✓ 課程試教：醫護類科系約500位學生



12

## 二、執行現況評估-階段性研究成果(續)

### ●開發醫護保健類科大學生之「醫療輻射防護」科普教材

- ✓ 醫護保健類科大學生醫療輻射防護準則：2小時，70張投影片教材

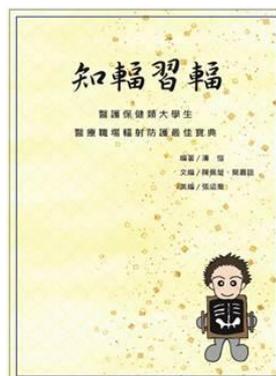


13

## 二、執行現況評估-階段性研究成果(續)

### ●開發醫護保健類科大學生之「醫療輻射防護」科普教材

- ✓ 「知輻習輻-醫護保健類大學生醫療職場輻射防護最佳寶典」



( ISBN-978-986-05-0187-2 )

14

## 二、執行現況評估-產出效益

- 本計畫係針對未來將進入醫療院所工作的醫護保健類科大學生，藉由輻射防護主題的授課及醫院實務參訪，來強化其對醫療輻射防護的態度與知能。此外，學生對核子事故輻傷處置作業也有初步的認識。
- 未來教材內容將依使用者的意見回饋再作調整，以強化學生相關的醫院實務知能為主，並結合醫院輻射防護的作業現況，來深化其正確的態度與知識。

15

## 二、執行現況評估-產出效益(續)

- 本計畫編輯之「知輻習輻-醫護保健類大學生醫療職場輻射防護最佳寶典」係以「環境情境介入」模式編寫，從學生未來工作的醫療職場為標的，引導非輻射專業背景的學生，瞭解醫療輻射防護知識與實務資訊，達到自我保護遠離輻射職災之目的。

16

## 二、執行現況評估-階段性研究成果

### 計畫4：龍華科技大學核工學程推廣

- 開設2門輻射防護與應用之核子工程學程核心必修課程
- 學程宣傳與行銷4次
- 輔導學生與學生晤談100人次
- 輔導學生取得核子工程學程證書 43位
- 舉辦專家學者演講11次
- 參訪原子能相關設施 6次
- 每週定期更新核工學程網站-FACEBOOK

17

## 學程宣傳與行銷

- 讓學生們了解獲得證書的目的及功用。
- 講解獲得證書的條件。
- 解決學生們對核工學程的疑惑。
- 104 第二學期共進班宣傳兩次
- 105第一學期共進班宣傳兩次



## 演講花絮



火災的成因與影響



永續能源與能源安全



放射藥物應用



核能職業衛生

19

## 參訪花絮



士宣科技



英華威風力發電



清華原子爐I



清華原子爐II

20

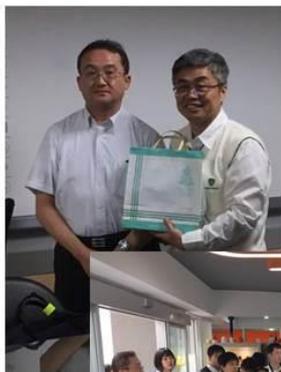
## Facebook-奈米與核工學程

本學程在FACEBOOK有成立學程網站  
<https://www.facebook.com/groups/nano.nuclear/>，除將課程資訊發布，最新相關訊息及課程討論



21

## 中日交流花絮



22

## 二、執行現況評估-產出效益

---

- 提升學生對於原子能應用的了解
- 學生經由輻射議題-轉化為創意
- 參加台北及高雄國際發明展
- 中日及兩岸交流-促進學生國際化
- 參訪相關設施-有更多的認知
- 跨領域學程-提升學生競爭力

23

## 三、未來計畫需求

---

- 教育是人才培育的搖籃，在N4人才培育與風險溝通領域，參與科普活動的對象包括K12學生、技術職業學生及大學生等，故持續推動國中、高中、高職及大學各級師生對原子能民生應用、輻射防護與放射性廢棄物科普活動是有其必要性及延續性，有助原子能知識的傳播。

24

### 三、未來計畫需求 (續)

---

- 面對核電廠的除役及核廢料的管理所需之原子能相關專業人才刻不容緩，故可透過科技計畫，持續推動原子能暨放射性廢棄物概論課程及學程，共同實現人才培育。
- 此外，原子能民生應用在醫療方面為大宗，故對非輻射專業背景的學生，讓他們瞭解醫療輻射防護知識與實務資訊是非常重要的，應持續加強落實。

25

### 四、結 語

---

- 透過系列講座、科普影片、實驗、參訪及培訓種子教師等活動，可落實及推動原子能及輻射防護正確知識於校園深耕，**導正易令人誤導之觀念**。
- 對**護理類科學生**提供職前醫療輻射防護訓練課程有助於未來職場醫療輻射實務工作之認識，**避免因對輻射的不瞭解，造成的不必要的恐慌及困擾**。

26

## 四、結 語 (續)

---

- 跨領域學程對學生未來就業具有競爭的優勢，面對未來核電廠的除役及核廢料管理，除了原子能專業人才外，仍需其他原子能相關領域的專業人才，故跨領域學程亦為原子能相關專業人才培育的管道之一，應持續加強推動。

## 105年度「原子能科技學術合作研究計畫」整合成果發表會

人才培訓與風險溝通項下之計畫：

1. 科普級輻射度量實驗研發與實務推動及其成效探討(III)
2. 從「新」開始—原子能安全與輻射防護新媒體教材製作與行銷
3. 樂活學習「核」家安心 東部核能知識推廣
4. 開發新住民核子防護與輻射應用之學習教材與活動推廣之研究
5. 民意調查與議題溝通之執行與研析
6. 核能議題溝通策略之性別分析

報告人：杜若婷

中華民國106年1月20日

1

## 簡報大綱

- 一、計畫目的
- 二、執行現況評估
  - 階段性研究成果
  - 產出效益之應用
- 三、未來計畫需求
- 四、結語

2

## 一、計畫目的

- 原子能安全與輻射安全教材之編輯及科普推
  - 對象包括一般民眾、學生、新住民、網民
  - 開發教學用輻射偵檢器\遊戲APP、編撰教材\繪本\動畫
  - 透過演講、課程、研習、參訪、社區大學或網路推廣
- 針對國內不同類型民眾研究核能安全議題之民意動態及溝通策略
- 探討核能議題傳播溝通在性別上之差異

3

## 二、執行現況評估-階段性研究成果

### 計畫1：科普級輻射度量實驗研發與實務推動及其成效探討(III)

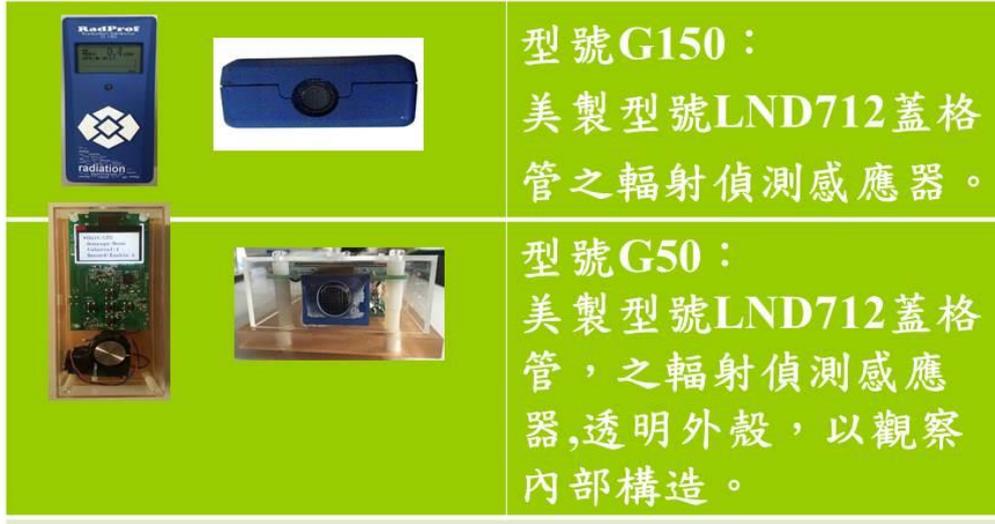
- 開發簡易型手持式游離輻射偵測器
- 設計大學普物實驗之基本輻射度量實驗
- 辦理高中生之「認識核能與輻射」基本課程
- 辦理國中小生之「認識核能與輻射」基本課程

4

## 二、執行現況評估-階段性研究成果

### 計畫1-開發實驗儀器

#### ●簡易型手持式游離輻射偵測器



## 二、執行現況評估-階段性研究成果

### 計畫1-設計基礎輻射度量實驗課程及於大學授課

●透過清大工科系「核工導論」、核工所「輻射劑量學」、中國醫藥大學放射系「輻射度量」及台東大學應用科學系「普通物理實驗」等課程進行教學，參與學生人數達193人。



清大工科系「核工導論」課程



中國醫大放射系「輻射度量」課程

## 二、執行現況評估-階段性研究成果

### 計畫1-完成「認識核能與輻射」課程規劃

- 計2項演講課程、1項參訪解說、1項實驗課程。
- 辦理高中生之「認識核能與輻射」課程16場次、時數65小時、參與學員675人次。
- 完成 WiN 韓國分會的互動式書籍-Green Energy for Green Earth 的中文翻譯。
- 與內湖社區大學合作開設一般民眾之輻射與核能教育推廣課程。

7

## 二、執行現況評估-階段性研究成果

### 計畫1-辦理課程與活動



桃園大園高中活動

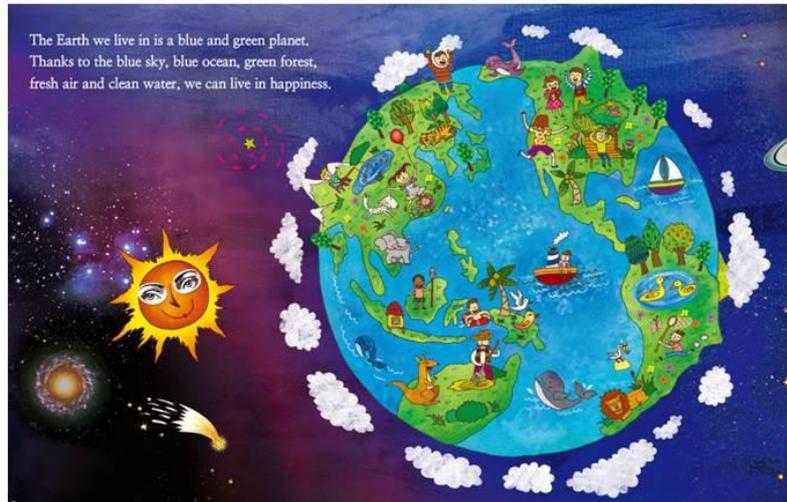


內湖社大輻射量測實驗介紹及實作

8

## 二、執行現況評估-階段性研究成果

### 計畫1- 完成Green Energy for Green Earth 互動書籍中譯



9

## 二、執行現況評估-產出效益

### 計畫1

- 簡易教學型手持式輻射偵測器開發，並將儀器用於課程活動中。
- 設計基本輻射度量實驗，推廣至清大、中國醫大及臺東大學，使學生有機會認識輻射度量，並做後續檢討及修正。
- 將「認識核能與輻射」基礎原子能課程推廣至一般民眾、學生及教師。

10

## 二、執行現況評估-階段性研究成果

### 計畫2：原子能安全與輻射防護新媒體教材製作與行銷

- 透過學術討論整理社群媒體對科學知識傳播作法
- 製作輻射防護知識之3D動畫
- 參與「輻務小站」臉書內容編排與優化

11

## 二、執行現況評估-階段性研究成果

### 計畫2-3D動畫影片

影片重點：以生活中常接觸的輻射問題為主題，排除民眾對輻射的疑慮、傳遞正確的防護知識。

訴求對象：一般大眾

執行角度：來自宇宙的原能實質降落台灣，在尋找落角處的過程中，接觸到輻射物時，感應器會發出亮光與聲響，藉以標示出生活中的輻射物品與能量多寡。



影片名稱：防輻好簡單 生活金安全  
影片長度：60 秒  
影片型式：3D 動畫

12

## 二、執行現況評估-階段性研究成果

### 計畫2-參與「輻務小站」內容編排

2,656 已讚及喜歡  
624 影片觀看次數  
130 讚、留言和分享

93 讚次數	54 出現在貼文上	39 出現在分享上
23 留言次數	11 出現在貼文上	12 出現在分享上
14 分享次數	13 出現在貼文上	1 出現在分享上

262 貼文點擊次數

41 播放點擊次數	1 連結點擊次數	220 其他點擊次數
-----------	----------	------------

負面回饋

0 隱藏貼文	0 隱藏所有貼文
0 檢舉垃圾訊息	0 收回讚

編排內容已張貼：  
6/24, 7/27  
8/15, 8/23

13

## 二、執行現況評估-產出效益

### 計畫2-

#### ● 學術分享：

2017年將以「政府使用社群媒體行銷科學類政策研究—以原子能委員會臉書經營為例」，參與銘傳大學「傳播創新與實踐之跨領域對話學術研討會」論文發表

#### ● 其他部會網路公共政策行銷的參考應用

2016年與教育部資訊暨科技教育司、國民教育署分享本計畫執行參與政府臉書編排的經驗，並針對如何提高科學知識傳播效益交換意見。

14

## 二、執行現況評估-階段性研究成果

### 計畫3：樂活學習「核」家安心 東部核能知識推廣

- 透過遊戲的過程和實作的方式，讓東部學生以科普活動了解有關原子能相關知識。
- 結合「遊戲式學習」的概念製作APP，達寓教於樂之目的。並收集學習成效，修正APP之內容及提供開發方向。
- 導入「磨課師線上課程」的概念，建置MOODLE學習平台，達工作經驗傳承及永續經營之目的。

15

## 二、執行現況評估-階段性研究成果



核能知識快問快答

### 計畫3- 遊戲APP



輻射小尖兵

16

## 二、執行現況評估-階段性研究成果

### 計畫3-

- 辦理東部地區校園科普活動共計9場次，共600人參加。
- 架設東部科普實務推動網站。
- 建立原能會內部人員訓練之用的MOOCS學習平台，未來可放置原子能相關學習課程。



17

## 二、執行現況評估-產出效益

### 計畫3-

- 以科普活動為啟發，透過看電影談物理及遊戲等方式引起學生興趣，提高學習意願，再搭配簡單的實驗達成科學推廣目標。
- 建立科普學習平台，開啟數位學習，縮短偏鄉地區城鄉差距的問題。
- 建立原能會內部學習經驗傳程之學習平台。

18

## 二、執行現況評估-階段性研究成果

### 計畫4：開發新住民核子防護與輻射應用之學習教材與活動推廣之研究

- 製作新住民母語動畫與繪本教材。
- 培育輻射防護與緊急應變相關知識之多元族群語言的種子教師。
- 辦理研習、參訪與實測活動等多元學習推廣課程。

19

## 二、執行現況評估-階段性研究成果

### 計畫4

- 製作新住民母語動畫與繪本教材
  - 動畫~編輯英語、泰語、越南語、印尼語之輻射防護與醫療輻射之動畫。



20

## 二、執行現況評估-階段性研究成果

### 計畫4

- 製作新住民母語動畫與繪本教材
  - 繪本動畫~編輯中文、英語、泰語、越南語、印尼語之繪本。



21

## 二、執行現況評估-階段性研究成果(續)

### 計畫4

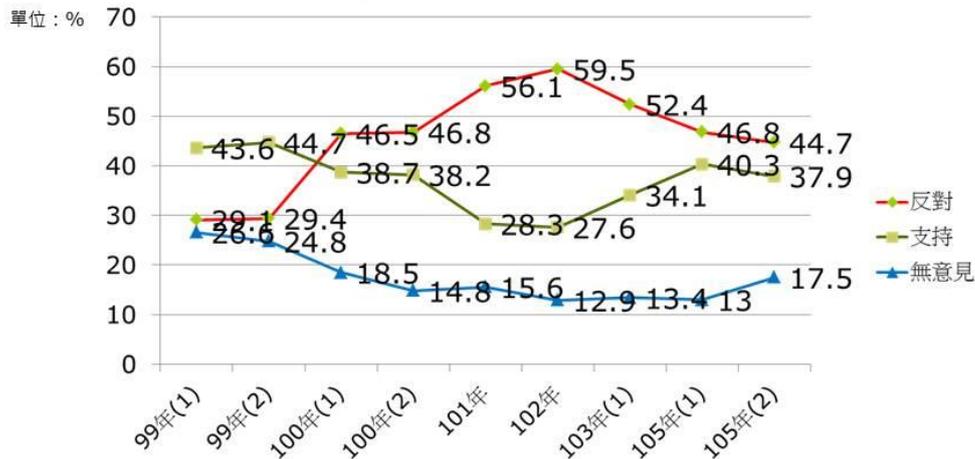
- 培育核安與輻射防護以多元族群語言教學種子教師。
- 辦理研習活動及參訪共計12場次，共449人參加。

22

## 二、執行現況評估-階段性研究成果

計畫5：民意調查與議題溝通之執行與研析

- 反對和支持使用核電的民眾比例拉近
- 民眾最擔心天災事故的核電風險
- 民眾對核電議題的認知仍然不足



23

## 二、執行現況評估-階段性研究成果

計畫5：抽樣調查反對和支持使用核電的原因  
(全國22縣市成年民眾，一千份樣本)

- |         |                 |                 |
|---------|-----------------|-----------------|
| (第一次調查) | □ 反對使用核電(46.8%) | □ 支持使用核電(40.3%) |
|         | □ 核廢料處置 20.2%   | □ 供電穩定 33.3%    |
|         | □ 環境生態問題 18.7%  | □ 電價較便宜 12.4%   |
|         | □ 核安管制問題 17.8%  | □ 核能較無污染 10.3%  |
|         | □ 擔憂天災傷害 15.2%  | □ 帶動地方產業發展6.0%  |
| (第二次調查) | ◎ 反對使用核電(44.7%) | ◎ 支持使用核電(37.9%) |
|         | ◎ 核廢料處置 22.2%   | ◎ 供電穩定38.6%     |
|         | ◎ 核安管制問題 17.6%  | ◎ 電價較便宜 14.1%   |
|         | ◎ 環境生態問題 15.1%  | ◎ 核能較無污染 10.3%  |
|         | ◎ 擔憂天災傷害 14.9%  | ◎ 帶動地方產業發展3.5%  |

## 二、執行現況評估-產出效益

### 計畫5：

- 民眾偏好的宣傳活動類型以宣傳短片為主(約20%)。
- 在105年調查發現新聞媒體為民眾最信任的核能資訊來源，次為原能會。
- 民眾認為應優先加強對一般民眾的溝通宣傳，次為電廠周邊居民。
- 年紀較輕、教育程度較高、居住在北北基者較支持核能發電；政黨傾向和核能安全態度也顯著相關；女性較男性不支持核電，不相信核安。
- 以上分析可作為本會採用公眾溝通策略之參考。

25

## 二、執行現況評估-階段性研究成果

### 計畫6：核能議題溝通策略之性別分析

- 分析核能議題傳播的困難與性別差異
- 分析核能議題傳播的成功關鍵因素與性別差異
- 瞭解民眾在意哪些核能議題性別差異
- 建構核能議題傳播的傳播者條件媒介與性別差異
- 建構核能議題傳播工具與性別差異
- 探索核能議題傳播信任與性別差異
- 建構核能議題傳播成效與性別差異
- 瞭解目前原能會整體傳播成效現況與性別差異

26

## 二、執行現況評估-階段性研究成果

### 計畫6：核能議題溝通策略之性別分析

- 專家訪談法：16名（男10位、女6位）-產業：5名、官方：3名、學界：7名
- 專家調查法：22名（男15位、女7位）-產業：7名、官方：8名、學界：12名

結果：核能知識專業性太高

政府長遠規劃不足、施政力度不佳

政治議題凌駕於專業知識

民眾的核能科普知識不足

民眾普遍對於核能的刻板印象

許多錯誤資訊充斥

社會普遍低度信任

- 民眾調查法：431位（還在收案中）

27

## 二、執行現況評估-產出效益

- 目前傳播困難主要是在民眾對於核能科普知識的不足，與錯誤資訊充斥與信任度低。
- 網路平台是民眾認為接收資訊最佳方式。
- 性別在原能會傳播議題上並沒有太多顯著性差異，而地方依附才是影響關鍵。
- 建議建立專業形象、有親和力並持續溝通，以上可供本能會在核能議題傳播規劃之參考。

28

### 三、未來計畫需求

---

- 因應新媒體以及數位學習之發展趨勢，持續推動原子能安全相關之教材編輯與推廣研究。
- 因應原子能人才之需求，宜使各級學校師生取得正確的原子能知識及資訊來源，應持續推動核能安全與輻射防護科普實務相關之研究。
- 持續多元族群與原子能相關議題之認識暨溝通研究，提供多元族群參與公共事物的機會，形塑友善社會環境。

29

### 四、結語

---

- 核能議題傳播的困難在民眾對於核能科普知識的不足，與錯誤資訊充斥與信任度低，故透過系列講座、科普影片、實驗、參訪及培訓種子教師等活動，全方位推動原子能及輻射防護正確知識於校園深耕，導正易令人誤導之觀念。
- 社群媒體有效提升科學類公共政策傳播效果，惟議題需慎重選擇 內容編排需常民化。

30

## 計畫成效摘要

### 核能安全科技

計畫名稱	計畫執行單位	計畫主持人	協同主持人	研究成效
提昇地下管路薄化定位監測技術	國立中山大學機械與機電工程學系(所)	楊旭光	曹松楠	<p>1. 針對核能電廠地下管路之安全，原能會已要求台電公司</p> <p>(i) 建置各核電廠地下管/槽資料庫；</p> <p>(ii) 建立地下管/槽風險排序模型；</p> <p>(iii) 依據美國核管會(USNRC)NUREG 1801，以及參考美國電力綜合研究所(EPRI)1016456 技術導則，就國內核電廠需求/特性建立適用的檢測技術程序及檢測能(人)力，並規劃長期性之監測/改善方案。</p> <p>2. 研究計畫可再就國內相關技術應(使)用現況及需求，及國外之發展情形，再進行更全面之深入了解，以明確掌握國內相關技術能力之優劣及資源狀況，並做為未來相關技術發展及研究方向之參</p>

計畫名稱	計畫執行單位	計畫主持人	協同主持人	研究成效
				<p>考。</p> <p>3. 導波檢測為目前核能電主要採用之地下管線檢測技術，然考量地下管線之複雜及開挖檢測限制等特性，IN LINE INSPECTION(ILI)技術應為未來發展之方向，並可與智慧機器人之應用相結合，研究內容可朝此方面之技術精進。</p>
應力分析與 CFD 耦合之流沖振動(FIV)模式發展與應用	國立清華大學工程與系統科學系	馮玉明	臧逸群	<p>1. 研究計畫建立層流的單向模式擴展至紊流的單向耦合模式，隨著電腦計算能力進步，分析模式在未來有需要時可以在管制單位審查時提供協助。</p> <p>2. 福島案後國際上開始較多使用 CFD 分析技術用在用過燃料池計算，國內建立此一技術，除可用於運轉中電廠，亦可應用於電廠除役時之相關評估。</p>
沸水式核能電廠之 TRACE/FRAPTRAN /SNAP 嚴重事故分析方法建立與應用	國立清華大學核子工程與科學研究所	陳紹文	臧逸群	<p>1. 研究計畫使用 TRACE/FRAPTRAN/SNAP 程式，已完成 BWR 於 SBO 與喪失冷卻水相關事故之熱水流及燃料護套完整性分析，可以計算出複合式事故下爐心壓力、水位、燃料護套溫度、</p>

計畫名稱	計畫執行單位	計畫主持人	協同主持人	研究成效
				<p>燃料中心溫度、燃料熱焓量、護套內側溫度及護套環向應變等數值，對建立複合式事故之評估能力有實質效益。</p> <p>2. 對 BWR 於 SBO 與喪失冷卻水相關事故狀況下，本研究計算結果，初步評估 URG 之相關措施可以滿足爐心及燃料之完整性。</p>
圍阻體內部降壓導致局部氫氣濃度增高效應之實驗研究	國立清華大學原子科學技術發展中心	許文勝	陳彥甫	<p>1. 研究計畫已自主建立實驗設備，可量測氣體於實驗腔體內之濃度分布情形。</p> <p>2. 研究計畫可結合熱流分析程式與實驗設備，並由模擬結果與實驗量測之氣體濃度分布結果進行比對驗證，掌握模擬程式計算之準確性與可信度，有助於提升評估能力。</p>
高溫純水中 304 不銹鋼組件氧化膜結構與白金被覆效率之關聯性研究	國立清華大學工程與系統科學系	葉宗洸	宋清泉	<p>1. 研究計畫可培養國內核能、化學及材料人才。</p> <p>2. 研究計畫成果提供國內 BWR 電廠若需執行白金披覆降低飼水加氫量之實驗資料。</p> <p>3. 此項計畫與國際 BWR 電廠之研究成果相當，可展現國內研發實力。</p>
貴重金屬添加技術對於	國立清華大學原子	王美雅	宋清泉	<p>1. 研究計畫成果與國際 BWR 電廠之研究成果相</p>

計畫名稱	計畫執行單位	計畫主持人	協同主持人	研究成效
BWR 組件防治應力腐蝕龜裂之效益分析	科學技術發展中心			<p>當，可展現國內研發實力。</p> <p>2. 研究計畫可培養國內核能、化學及材料人才。</p> <p>3. 研究計畫成果提供國內 BWR 電廠因飼水加氫所造成之運轉期間輻射劑量增加之解決方式。</p>
核能電廠中低壓電纜老化檢測與評估研究	國立清華大學工程與系統科學系	王天戈	許明童	<p>1. 研究計畫完成中低壓電纜絕緣材料老化檢測方法之比較與評估，並建立中低電纜在高溫與高濕氣下之壽命評估，可提供核電廠溫和區域電纜老化管理之參考。</p> <p>2. 本研究計畫可再增加中低壓電纜受輻射影響及 LOCA 事故後之壽命評估，使電纜老化管理更完善。</p>
核電廠之地下管路檢測機器人研製	國立臺北科技大學自動化科技研究所	林顯易	許明童	<p>研究計畫進行管道檢測機器人機構、硬體及運動控制設計等，以解決管道機器人對於斜坡與垂直管道之靈活度，以及管路轉道卡住與機構擴張範圍受限等問題。可擴大應用於其它如：石化管路等相關檢測。</p>

## 放射性物料安全科技

計畫名稱	計畫執行單位	計畫主持人	協同主持人	研究成效
地化模式應用於高放處置熱力-水力-力學-化學耦合作用之研究	國立臺灣大學水工試驗所	林文勝	萬明憲	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 計畫執行方式及成果，可供國內主管機關對高放射性廢棄物處置設施受熱-水-力-化耦合作用安全評估結果之瞭解，有助提升審查技術能力。</li> <li>2. 提出熱-水-力-化耦合分析嶄新研究方法，提供國內高放射性廢棄物處置技術發展之參考。</li> <li>3. 蒐集國際用過核子燃料處置設施受熱-水-力-化耦合作用之研究現況及模式發展資訊，提供國內研究單位之參考。</li> </ol>
放射性廢棄物長期貯存與最終處置之比較研究(II)	國立成功大學海洋科技與事務研究所	劉大綱	鄭武昆	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 經由紮根理論的推導，歸納出影響利害關係人對核廢料處置之核心因素為公共參與的完善程度，應使具有相關知識的民眾參與以利計畫的推展；其中科學的普及以及對民眾的教育是重要的。</li> <li>2. 參與形式的透明以及法規制度的完整是完善公共參與的條件。由第三方監督有助於建立民眾的信任。</li> </ol>

計畫名稱	計畫執行單位	計畫主持人	協同主持人	研究成效
				<p>3. 核廢處理的方式以及選址的條件互相影響，不同形式的貯存或處置方式對於場址應有不同的條件及考量。</p> <p>4. 溝通對話模式與程序，未必僅舉辦一場，可考慮公民共識會議與聽證先後舉辦，以利聚焦各方意見。</p>
乾式貯存系統於日常貯存狀況下之熱流特性模擬	國立清華大學核子工程與科學研究所	白寶實	嚴國城	<p>1. 本研究完成建立一套高效能的二維分析模組，相較於過往乾式貯存安全分析報告使用之分析技術，其效能提高數千倍，未來可將此技術應用於核二乾貯或室內乾貯之熱流分析，以協助管制機關執行安全審查。</p> <p>2. 本研究分析確認台電公司核一乾貯使用混凝土護箱進出氣口 36.6 度作為安全監測指標應屬合適設定。</p> <p>3. 本研究所建立之分析模組，可以了解日常氣候對於乾式貯存護箱內部元件局部溫度之暫態影響，此項資訊可以搭配材料及應力領域之相關資訊進行整合，以建立系統之老化評估資訊。</p>

計畫名稱	計畫執行單位	計畫主持人	協同主持人	研究成效
乾貯系統裝載破損燃料之熱流分析技術發展與現象研析	國立清華大學原子科學技術發展中心	曾永信	嚴國城	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 本研究完成美國管制機關對於破損燃料裝載之審查案例及相關法規研析，並建立一套熱流分析技術及培育相關人才，未來可用以協助管制機關執行破損燃料裝載之安全審查。</li> <li>2. 本研究證實現有之核一乾貯護箱即使用來裝載破損燃料其熱流分析的結果可確認乾貯系統仍具備足夠之安全餘裕。</li> </ol>
台灣潛在母岩破壞強度特性與處置坑道破裂關係之研析	淡江大學土木工程學系	楊長義	鐘沛宇	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 本計畫透過收集統計離島花崗岩室內強度試驗及現地應力量測資料，以獲取我國離島潛在場址花崗岩之力學特性。</li> <li>2. 本計畫透過前述試驗統計資料，反覆訓練及校正顆粒流分析軟體(Particle Flow Code; PFC)之輸入參數，以更精準推估我國離島潛在場址花崗岩實況。</li> <li>3. 綜合前述成果，可彌補處置設施潛在場址現地資料不易取得的困境。</li> </ol>
乾式貯存設施密封鋼筒不銹鋼材料應力腐蝕發生條件研	國立高雄大學土木與環境工程學系	張惠雲	嚴國城	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 本研究完成蒐集國際間不銹鋼筒應力腐蝕劣化之案例與文獻，並完成美國乾式貯存檢查實例之</li> </ol>

計畫名稱	計畫執行單位	計畫主持人	協同主持人	研究成效
究				<p>案例調查，調查結果發現美國營運中之乾貯護箱，在貯存用過核子燃料近 20 年時，其密封鋼筒表面之氯鹽沉積量不足以使應力腐蝕劣化發生。</p> <p>2. 不銹鋼筒應力腐蝕劣化的研析主要係為了作為用過核子燃料乾式貯存設施長期貯存維護與監測之需求，本研究初步調查建議未來管制機關可針對密封鋼筒材料應力腐蝕劣化現場檢查技術之發展以及不銹鋼材料應力腐蝕劣化減緩方法研析國際間之最新資訊，已建立未來執行乾貯設施十年再評估之審查基準。</p>
深地層環境下放射性廢棄物處置場之緩衝回填材料核種吸附參數研究	國立成功大學地球科學系(所)	吳銘志	蔡翠玲	<p>1. 模擬深地層無氧、還原環境下，獲得核種於緩衝回填材料之分配係數(Kd 值)及探討吸附作用機制。</p> <p>2. 核種遷移實驗應用：針對不同核種吸附特性，模擬、反映真實環境、地質材料與地球化學條件下，核種之吸附或擴散實驗最佳化參數與標準化流程建立，作為未來應用於現地大尺度傳輸實驗</p>

計畫名稱	計畫執行單位	計畫主持人	協同主持人	研究成效
				<p>之驗證基礎。</p> <p>3. 研究結果可回饋至核研所高放最終處置計畫安全評估中，重要參數輸入的參考依據與本土核種遷移資料庫建立。</p> <p>4. 培養多位研究生有系統地進行與完成實驗研究工作，為我國放射性廢棄物處置工作培育未來之優秀人才。</p>
處置設施核種遷移機制與參數實驗方法精進之研究	國立清華大學原子科學技術發展中心	蔡世欽	蔡翠玲	<p>1. 突破傳統穿透擴散與液相分析核種活度方法之缺點，研發前瞻性高解析度固相材料分析技術與內擴散方法，獲得擴散係數。</p> <p>2. 參數實驗方法精進：節省人力、物力與時間，並藉由實驗室不同擴散模式之交互比對與平行驗證，以提升核種擴散係數之可靠度與信心度。</p> <p>3. 所獲得之擴散係數，可回饋至核研所高放最終處置計畫工程設計功能評估之重要參數輸入的參考依據與本土核種遷移資料庫建立。</p> <p>4. 培養多位研究生有系統地進行與完成實驗研究工作，為我國放射性廢棄物處置工作培育未來之</p>

計畫名稱	計畫執行單位	計畫主持人	協同主持人	研究成效
				優秀人才。
核廢料於吸附及緩衝材料之微結構分析	國立清華大學工程與系統科學系	李志浩	蔡翠玲	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 利用同步輻射光(XANES/EXFAS)之微結構分析角度，探討地質材料吸附機制及作用原理，並以VASP分子動力學電腦模擬軟體，驗證其實驗之吸附機制及原因。</li> <li>2. 研發高選擇無機吸附劑，具有原料自主、對鈾鈷核種吸附容量高、抗酸特性等優點。</li> <li>3. 開發新型核種吸附材料，具備高選擇性與吸附容量、抗酸特性之適當無機化合物材料。</li> <li>4. 培養多位研究生有系統地進行與完成實驗研究工作，為我國放射性廢棄物處置工作培育未來之優秀人才。</li> </ol>
無機聚合技術固化放射性粒狀離子交換樹脂之研究	國立臺北科技大學資源工程研究所	鄭大偉	黃君平	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 爐石/矽灰石系之無機聚合材料具直接固化離子交換樹脂之發展潛力，建議 106 年度持續進行延伸研究，預期研究成果可再推近實務應用之時程。</li> <li>2. 105 年研究成果有助於後續建立實際放射性廢離子交換樹脂之程序與設備，建議後續應持續研</li> </ol>

計畫名稱	計畫執行單位	計畫主持人	協同主持人	研究成效
				<p>究提高廢樹脂固化體之耐水性方法。</p> <p>3. 因應我國核電邁入除役，放射性與有害廢棄物之安定化為重點議題之一，建議持續開發新穎固化技術以提昇放射性廢棄物固化體長期穩定性。</p>

## 輻射防護與放射醫學科技

計畫名稱	計畫執行單位	計畫主持人	協同主持人	研究成效
後福島民眾防護行動規範研擬之一	長庚大學放射醫學研究院	董傳中	賴佳琳	<p>1. 本計畫為兩年期計畫，105 年為第一年，主要產出為：</p> <p>(i) 國際輻防最新概念文獻蒐集與分析(包括 ICRP No.103、ICRP No.109、IAEA GSG-2、IAEA ERP-NPP public protective actions)：研析國際組織對於核災緊急應變的輻射防護體系的觀念與建議事項，以及福島事件後對核能電廠應變管理與決策作為的省思與經驗回饋建議。</p> <p>(ii) 日本福島事故後民眾防護行動規範修訂之研究：剖析日本於福島事故期間的應變決策作為與執行成效，並研析福島事故後日本所作的緊急應變防護體系改革。</p> <p>2. 本計畫實質效益為透過國際最新規範與法規之分析，研擬修訂我國「核子事故民眾防護行動規範」，並成立一工作小組(成員包含研究團隊、承</p>

計畫名稱	計畫執行單位	計畫主持人	協同主持人	研究成效
				<p>辦單位(本會核技處)、本會輻防處與輻射偵測中心)·已針對我國法規未來修訂方向進行事故應變初期掩蔽、服用碘片與疏散等民眾防護行動·進行一般基準與操作干預基準之初步研商。</p> <p>3. 今年度(106 年)預計提出我國「核子事故民眾防護行動規範」修訂草案·並執行以下作業：</p> <p>(i) 召開專家學者研討會·廣納各方專業意見；</p> <p>(ii) 針對草案進行最優化分析；</p> <p>(iii) 各部會座談與協商·進行雙向溝通以建立共識。</p>
後福島民眾防護行動規範研擬	國立陽明大學生物醫學影像暨放射科學系	吳杰	賴佳琳	<p>1. 本計畫為兩年期計畫·105 年為第一年·主要產出為：</p> <p>(i) 國際輻防最新概念文獻蒐集與分析(包括 ICRP No.103、ICRP No.109、IAEA GSG-2、IAEA ERP-NPP public protective actions)：研析國際組織對於核災緊急應變的輻射防護體系的觀念與建議事項·以及福島事件後對核能電廠應變管理與決策作為的省思</p>

計畫名稱	計畫執行單位	計畫主持人	協同主持人	研究成效
				<p>與經驗回饋建議。</p> <p>(ii) 日本福島事故後民眾防護行動規範修訂之研究:剖析日本於福島事故期間的應變決策作為與執行成效,並研析福島事故後日本所作的緊急應變防護體系改革。</p> <p>2. 本計畫實質效益如下:</p> <p>(i) 蒐集國際最新規範與法規(包含歐盟、美國、中國、日本、韓國等國),了解福島事故後國際最新民眾防護行動規劃與標準,作為修正我國「核子事故民眾防護行動規範」之參考。</p> <p>(ii) 研擬分析 OIL 數值推導之考慮因素與計算過程。</p> <p>3. 今年度(106 年)預計執行以下作業:</p> <p>(i) 持續蒐集與分析國際間最新規範與法規(包含核子事故中後期食物及飲水管制、與事故後復原管理作為等研究資料);</p> <p>(ii) 協助修訂「核子事故民眾防護行動規範」草案,並建立草案內容之背景資料與文獻依據。</p>

計畫名稱	計畫執行單位	計畫主持人	協同主持人	研究成效
<p>微型輻射劑量計之量測與製程研究</p>	<p>國立清華大學工程與系統科學系</p>	<p>張廖貴術</p>	<p>郭子傑</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 近年半導體電子原件已開始應用於輻射偵檢器，惟均用於低輻射區域，而高輻射強度（例：核能電廠、核子事故）之偵檢器價格昂貴，且多仰賴進口，考量半導體原件成本低廉，爰本計畫致力於研發輻射偵檢與積體電路結合製程，以產製微型輻射偵檢器。</li> <li>2. 輻射偵測系統中由於感測元件之訊號需要處理與判別，故訊號處理必須不受輻射影響，本計畫已建立感測元件量測方法-電荷汲引技術，並完成感測元件之設計、製作、抗輻射 MOS 電容元件閘極氧化層之技術研發。</li> <li>3. 本計畫以 MOSFET 汲取電流作為劑量參數，適合較低劑量且完全去除 fading 問題，並提出以 solar cell (PIN) 作為 on-line dosimeter，深具應用潛力。</li> <li>4. 抗輻射 MOSFET 不只在輻射劑量計之訊號處理電路，在太空飛行器、半導體電漿製成等方面皆可廣泛應用，本計畫成功產製此元件，對半導體</li> </ol>

計畫名稱	計畫執行單位	計畫主持人	協同主持人	研究成效
				工業具實質效益，可提升我國科技競爭力及跨領域整合能力，並培育高科技所需人才。
三度空間數位乳房斷層攝影檢查與二度空間標準乳房 X 光攝影檢查之劑量比較	國立成功大學醫學系放射線學科	王建國	王雅玲	<p>1. 近年醫療院所常使用全照野數位乳房攝影 ( Full-field Digital Mammography, FFDM ) 與數位乳房斷層合成技術 ( Digital Breast Tomosynthesis, DBT ) 進行乳癌篩檢，本計畫就上述兩種不同的成像技術，進行平均乳線劑量 ( Average Glandular Dose, AGD )、不同深度與入射表面劑量 ( Entrance Surface Dose, ESD ) 之研究。</p> <p>2. 本計畫分別利用 PH-13 數位式乳房攝影管理影像模型 NCCE 型與冷發光劑量計進行輻射劑量測量，結果顯示，無論是平均乳線劑量或不同深度與入射表面劑量，數位乳房斷層合成技術均較全照野數位乳房攝影略高。</p> <p>3. 數位乳房斷層合成技術具有三度空間診斷優勢 ( 可提供不同深度乳房影像 )，因此研究結論建議仍應綜合考量病人接受之劑量與診斷優勢，進</p>

計畫名稱	計畫執行單位	計畫主持人	協同主持人	研究成效
				而採取適合之檢查工具。
非醫療用途安檢設備之輻射安全管制建議研析	國立清華大學原子科學技術發展中心	許芳裕	聶至謙	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 蒐集與研析國際上相關使用 X 光掃描儀進行安檢之法令及審查規定 ( 包括 ICRP 125 及 IAEA GSG-5 報告 )，並提出國際組織對使用 X 光掃描儀進行安檢之最新趨勢與建議。</li> <li>2. 探討人體 X 光安檢掃描之正當性決定程序，並提出輻射安全管制規範及審查之建議，以供本會作為國內非醫療用途游離輻射安檢設備之輻防管制作業參考。</li> </ol>
核醫用全身電腦斷層輻射劑量之風險評估	臺北榮民總醫院國家多目標醫用迴旋加速器中心	楊邦宏	郭子傑	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 本計畫使用擬人心臟假體進行 PET/CT 影像擷取，搭配五組低劑量 CT 掃描參數，及不同比重的濾波反投影重建法 ( FBP )、疊代運算法 ( IR ) 重組比較，結果顯示 PET/CT 之 CT 若用於衰減校正用途，在兼顧定位影像品質與劑量最適化考量下，建議以 40mA 掃描、採用比重 30% 之濾波反投影重建法 ( FBP ) 與 70% 之疊代運算法 ( IR ) 進行影像重組，為最佳化之造影參數。</li> <li>2. 利用 TLD 實驗測量，評估全身劑量，進而找出</li> </ol>

計畫名稱	計畫執行單位	計畫主持人	協同主持人	研究成效
				<p>適合 PET/CT 全身造影之有效劑量轉換因子 K。</p> <p>3. 以問卷調查國內核醫用電腦斷層造影掃描參數，分析出適合國內之核醫用全身電腦斷層衰減校正之劑量參考水平。</p> <p>4. 設計核醫用全身電腦斷層輻射劑量評估方法，進而建立國人低電流全身電腦斷層輻射劑量與輻射風險評估之報告，可提供國內各醫院做為參考，俾在確保影像品質前提下，有效降低國人醫療輻射曝露劑量。</p>
<p>採用低劑量 CT 於不同年齡病患接受 PET/CT 與 SPECT/CT 診察之可行性探討</p>	<p>慈濟學校財團法人 慈濟科技大學醫學 影像暨放射科學系</p>	<p>楊晴晴</p>	<p>王雅玲</p>	<p>1. 本研究目的為評估不同年齡病人接受正子放射斷層/電腦斷層攝影攝影 ( PET/CT ) 與單光子放射斷層/電腦斷層攝影 ( SPECT/CT ) 心臟疾病檢查的 CT 輻射劑量，透過 CT 掃描參數最佳化的方式，降低掃描劑量，以達到病人輻射劑量合理抑低 ( ALARA ) 的目標。</p> <p>2. 研究第一部分使用花蓮慈濟醫院之 PET/CT 及 SPECT/CT，探討依體型調整 CT 掃描參數之低劑量掃描；第二部分使用臺北榮總之 PET/CT 及</p>

計畫名稱	計畫執行單位	計畫主持人	協同主持人	研究成效
				<p>SPECT/CT，以探討使用 AEC (自動調控管電流功能) 之低劑量 CT 掃描。以 1 歲、5 歲、10 歲及成人擬人假體，探討掃描參數、病患體型、輻射劑量對影像品質所產生之影響。本研究採用多變異數分析法進行實驗數據之分析，並依照回歸模型訂定具備臨床診斷影像品質之低劑量 CT 掃描。</p> <p>3. 研究第一部分結果發現，如採用本計畫所建議之依體型調整的低劑量 CT 掃描，在影像可提供如成人檢查之品質前提下，PET/CT 對於 10 歲、5 歲與 1 歲兒童病人之劑量分別可降低 66.9%、79.0%、83.7%、SPECT/CT 則可分別降低 77.3%、86.9%、90.2%。</p> <p>4. 研究第二部分結果發現，如採用本計畫所建議之搭配 AEC 使用的低劑量 CT 掃描，在影像可提供如成人檢查之品質前提下，PET/CT 對於 10 歲、5 歲與 1 歲兒童病人之劑量分別可降低 32.2%、63.7%、79.2%、SPECT/CT 則可分別</p>

計畫名稱	計畫執行單位	計畫主持人	協同主持人	研究成效
				<p>降低 8.4%、51.5%、72.7%。</p> <p>5. 本研究探討了不同年齡病患接受 PET/CT 與 SPECT/CT 檢查的 CT 輻射劑量，並分別對使用與不使用 AEC 系統進行低劑量 CT 掃描的探討與最佳化。本研究成果可提供核醫部門參考，俾對不同年齡層之病患進行雙模式影像檢查時，在獲得具診斷價值的影像品質前提下，能有效降低病人的輻射劑量。</p>
開發具腦部發炎偵測力之新式小分子	國立清華大學原子科學技術發展中心	許銘華	林武智	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 利用以丹皮之丹皮酚成分為基礎，篩選與合成品發炎反應偵測潛力之分子，探討其於腦部發炎地區之標靶特性，評估是否可以作為外傷性腦損傷之腦發炎之診斷藥物。</li> <li>2. 本研究開發 70 個以上丹皮酚之衍生物，建立以天然藥物為主體，合成其衍生物之合成技術。</li> <li>3. 本計畫更建立:藥物活度之篩選技術，藥物之抑制病毒作用技術，藥物選擇性指數(TC50/IC50)技術。</li> <li>4. 本篩選的藥物，在動物實驗已成功通過腦血屏障</li> </ol>

計畫名稱	計畫執行單位	計畫主持人	協同主持人	研究成效
				(BBB)·於創傷發炎處正子造影有集聚之現象。 5. 培養多位研究生有系統地完成實驗研究工作·為我國藥物合成研究培育未來之優秀人才。
核醫乳房正子攝影個人劑量系統之研發	國立清華大學生醫 工程與環境科學系	莊克士	倪于晴	1. 研究從核醫影像計算體內輻射劑量分布·建立體內輻射劑量精準計算之國內自主軟體技術。 2. 透過軟體分別計算左側、右側乳房之體內輻射劑量·發現顯著劑量差異·影響乳房專用正子造影儀(INER BreastPET)在核醫乳癌體內放射治療應用之推廣策略。 3. 驗證國內的核醫個人體內劑量系統於乳房診療應用之功能性更優於國外習用軟體·發現技術產業化競爭力。 4. 因應精準醫療科技發展策略·利用核醫影像檢測體內生理機能·個人化體內劑量評估系統可成為精準給藥之客觀評估工具。
多劑量銻-188-微脂體奈米核醫藥物合併化療藥物對人類頭頸癌及攝護腺癌小鼠模	國立陽明大學生物 醫學影像暨放射科 學系	李易展	李德偉	1. 本計畫完成單一劑量的銻-188-微脂體藥物之療效評估·結果顯示在頭頸癌小鼠模式中只能造成短期抑癌療效。

計畫名稱	計畫執行單位	計畫主持人	協同主持人	研究成效
式之療效評估				<ol style="list-style-type: none"> <li>2. 本計畫藉由雙劑型銻-188-微脂體於頭頸癌小鼠模式中，療效結果能達到更佳抑癌效果。</li> <li>3. 本計畫完成雙劑型銻-188-微脂體可能藉由調控上皮間質轉化 EMT 相關分子而進一步達到抑癌成效。</li> <li>4. 培養研究生有系統地進行與完成實驗研究工作，為我國核醫藥物工作培育未來之優秀人才。</li> </ol>
以 [F-18]FEONM/microPET 及多重分子影像模式評估薑黃素結合游離輻射於原位多型性神經膠母細胞瘤大鼠模式之療效探討	國立陽明大學生物醫學影像暨放射科學系	黃正仲	陳振宗	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 完成氟-18FEONM 之製備與放射化學分析，並與標準品進行標準添加法之比對分析，確認與氟-19FEONM 是相同分子。</li> <li>2. 發現一株腦癌細胞(GBM-8401-Luc)具備 Tau 蛋白過度表現之螢光強度特性，高於原具攝取效果之腦癌細胞 3 倍。</li> <li>3. 實驗證實新發現之腦癌細胞因 Tau 表現較高，對氟-18FEONM 之攝取高於原發現之細胞。</li> <li>4. 實驗證實紫杉醇對新發現之腦癌細胞之藥性分析高於近 20 倍原細胞。而薑黃素對紫杉醇之藥性具加成效果。</li> </ol>

計畫名稱	計畫執行單位	計畫主持人	協同主持人	研究成效
				<p>5. 氟-18FEONM 細胞攝取實驗中，腫瘤 Tau 表現量，會影響腫瘤對於氟-18FEONM 攝取。動物腫瘤 Tau 表現高，所攝取之氟-18FEONM 量也上升。</p> <p>6. 氟-18FEONM 應可作為以紫杉醇進行腫瘤治療評估之正子造影劑，用於決定是否要再對癌症患者繼續進行紫杉醇或同步輔以薑黃素治療。</p>
<p>探討奈米藥物銻-188-微脂體多次劑量於卵巢癌細胞代謝再調控 (metabolic</p>	<p>國立陽明大學醫學系婦產學科</p>	<p>莊其穆</p>	<p>張志賢</p>	<p>1. 微脂體包埋劑型可顯著的增加銻-188 在小鼠腹腔卵巢癌細胞內的蓄積，進而達到延長抑制腫瘤生長的效應。</p> <p>2. 腹腔給予銻-188-微脂體可以抑制癌幹細胞，改變腫瘤代謝路徑趨向氧化磷酸化，並產生較多的活性氧物質持續抑制腫瘤生長。</p> <p>3. 粒線體分型分析結果顯示，不同劑型銻-188 均可以有效誘導粒線體自噬(mitophagy)以清除失能的粒線體。</p> <p>4. LC3B (microtubule-associated protein 1 light chain 3 beta)染色試驗同樣呈現出，銻</p>

計畫名稱	計畫執行單位	計畫主持人	協同主持人	研究成效
				<p>-188-微脂體可以有效誘導腫瘤細胞進行細胞自噬，清除受到傷害的粒線體。</p> <p>5. 銻-188-微脂體已進入第一期人體試驗，本研究結果可以提供日後應用於臨床部份有力的參考依據。</p> <p>6. 參與計畫之博、碩士級研究人員可學習從基礎研究跨越至臨床運用所須具備之相關知能。</p>
以正子斷層攝影搭配新式氟化分子早期診斷腦部發炎之可行性研究	中國醫藥大學生物醫學影像暨放射科學學系	吳駿一	林武智	<p>1. 將篩選出之初具潛力之藥物，接上離去基，以利於與放射性同位素結合，再利用迴旋加速器產製之氟-18 標誌後，注射入已有外創性腦炎隻動物模式作正子造影，以驗證藥物作為腦發炎診斷劑之可行性。</p> <p>2. 本研究建立:放射化學標誌技術，工作人員輻射防護措施，實驗室放射性廢料處理技術，正子造影技術，放射化合物分析技術。</p> <p>3. 動物實驗部分建立:外創性腦炎動物模式，腦部發炎切片與染色技術，放射性實驗動物處理技術。</p>

計畫名稱	計畫執行單位	計畫主持人	協同主持人	研究成效
				<ol style="list-style-type: none"> <li>4. 本實驗已初步證實，本篩選藥物在腦部發炎處有聚集的現象，值得再作進一步優化之探討。</li> <li>5. 培養多位研究生有系統地完成實驗研究工作，為我國核醫藥物研究工作培育未來之優秀人才。</li> </ol>
開發 99mTc-TRODAT 在精神疾病造影多巴胺轉運器之影像分析技術	臺北榮民總醫院精神病部	周元華	張剛璋	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 利用 SPM (Statistical Parametric Mapping) 及 FreeSurfer Software 探討 DAT (Dopamine transporter) 與大腦解剖構造之連結。</li> <li>2. 開發新的腦部分子影像造影劑，尋找新的治療目標以協助腦中樞神經藥物的新藥開發工作。</li> <li>3. DAT 在重性抑鬱障礙的病理生理學中起重要作用。</li> <li>4. 培養多位研究生有系統地進行與完成實驗研究工作，為我國核子醫學分子影像醫學研究培育未來之優秀人才。</li> </ol>
結合銻-188-微脂體、化學治療藥物應用於轉移性大腸直腸癌及黑色素瘤治療	財團法人臺灣基督長老教會馬偕紀念社會事業基金會馬偕紀念醫院放射腫	陳裕仁	張志賢	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 黑色素癌腦轉移小鼠模式相較於大腸直腸癌小鼠模式更為惡性，小鼠存活期過短較不適合療效分析觀察。</li> <li>2. 單次給與銻-188-微脂體合併化學治療藥物</li> </ol>

計畫名稱	計畫執行單位	計畫主持人	協同主持人	研究成效
	瘤科			<p>5-FU 可顯著抑制腦轉移大腸直腸癌細胞生長 (處理後第七天所示)。</p> <p>3. 處理銻-188-微脂體可隨劑量顯著增加小鼠中 M2 macrophages。</p> <p>4. 本研究結果對銻-188-微脂體腫瘤治療分子機轉稍進一步的了解。</p>
阿茲海默症早期診斷藥物 - 氟-18 標誌組蛋白去乙酰化酶抑制劑之動物模式與造影研究	國立臺灣大學醫學院藥學系暨研究所	忻凌偉	李銘忻	<p>1. 使技術完成水平整合與垂直擴張策略，加速整合產學研發鏈。</p> <p>2. [<sup>18</sup>F]INER-HDACi 成功通過 BBB，對 HDACi 應用於腦神經退化相關疾病有正向進展。</p> <p>3. 針對 HDACs 專一性與適應症持續研究，對 PET 動物模式建立助益頗大。</p> <p>4. MF 成果讓 HDACi 專利佈局更加完整，對研發產出更加聚焦，期望持續支持 MF 執行。</p>
給低劑量放射影像感測器應用之多通道讀出電路晶片設計	國立清華大學工程與系統科學系	盧志文	梁鑫京	<p>1. 針對固態光電矩陣式成像探頭完成獨立多通道類比處理器電路設計與驗證，每一通道處理功能包含類比脈衝訊號之放大、觸發、積分、數據取樣與自我時序控制，個通道獨立運作以提供探頭</p>

計畫名稱	計畫執行單位	計畫主持人	協同主持人	研究成效
				<p>訊號高品質的即時、平行處理運算。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>2. 完成上述類比脈衝處理器 16 通道整合之微晶片設計，促使影像探頭達成小體積、高影像品質與低耗能等特性與優點。</li> <li>3. 後續將以 0.18 微米製程施作，並與實際探頭連結完成功能驗證。</li> <li>4. 技術開發完成將促使高品質的醫用與非醫用影像儀器產品化，促進我國高階影像醫材產業發展，並為已成熟的 IC 電子業開拓跨足高階醫材產業的路徑。</li> </ol>
超順磁氧化鐵奈米粒子與奈米藥物銻-188-微脂體之診療開發及應用	國立交通大學生物科技學系(所)	王雲銘	李德偉	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 奈米級載體的藥物開發，是近年來奈米科技在生醫領域的應用的重要方向之一。交大將開發的超順磁氧化鐵奈米粒子與 Erbitux 抗體結合，完成具標靶特性之超順磁氧化鐵奈米粒子 Erbitux-mPEG-SPIO，並建立了藥物分析的方法，此藥物具有診斷惡性腫瘤之效果。</li> <li>2. 將超順磁氧化鐵奈米粒子 Erbitux-mPEG-SPIO 進一步與 Re-188 結合後，成為</li> </ol>

計畫名稱	計畫執行單位	計畫主持人	協同主持人	研究成效
				$^{188}\text{Re}$ -Erbitux-mPEG-SPIO，並建立了藥物分析的方法，成為同時兼具惡性腫瘤診斷及治療效果的奈米新藥。 3. 培養數位研究生有系統地進行與完成實驗研究工作，為我國放射奈米診療藥物之開發培育未來之優秀人才。
發展新穎氟 $^{18}\text{F}$ 組蛋白去乙酰化酶抑制劑作為中樞神經系統造影劑之研究	國立陽明大學生物醫學影像暨放射科學系	陳傳霖	李德偉	1. MF 促使創新網絡形成而加速創新，以技術之水平與垂直擴張策略，整合產學研發鏈。 2. 完成 $^{18}\text{F}$ -FFAHA 標誌、純化，最佳反應條件包含標誌產率、放化純度及高比活度技術建立，使藥物得以進行藥物動力學研究。 3. $^{18}\text{F}$ -FFAHA 成功通過 BBB，對 HDACi 應用於中樞神經系統造影劑有正向進展。 4. 培養多位研究生有系統地進行與完成實驗研究工作，為我國核醫藥物開發工作培育未來之優秀人才。
個人化核子醫學體內劑量評估—釷 $^{90}\text{Tl}$ 影像實證研究	國立陽明大學生物醫學影像暨放射科	吳東信	倪于晴	1. 從臨床核醫肝癌選擇性體內放射治療(SIRT)實例，研究從少量核醫影像解析人體內輻射劑量，

計畫名稱	計畫執行單位	計畫主持人	協同主持人	研究成效
	學系			<p>評估體內劑量評估系統之開發規格。</p> <p>2. 研究核醫制動輻射造影優化技術，具有驗證核醫放射治療藥物的體內劑量分布之功效，且無須注射放射性示蹤劑。</p> <p>3. 因應精準醫療科技發展策略，利用核醫影像檢測體內生理機能，個人化核子醫學體內劑量評估軟體可成為精準給藥之客觀評估工具。</p>
運用[18F]FE-PE2I 正子造影技術評估神經異種移植在巴金森氏症動物模式之治療效果	國防醫學院生物及解剖學研究所	馬國興	張剛璋	<p>1. 研究[18F]FE-PE2I 配合正子斷層造影技術在大鼠大腦造影偵測多巴胺系統的靈敏度 (sensitivity)。</p> <p>2. 此計劃將釐清[18F]FE-PE2I 和[18F]DOPA 在不同動物模式(大白鼠及獼猴)其造影品質的差異。</p> <p>3. 評估[18F]FE-PE2I 和[18F]DOPA 在巴金森氏症模式中結合移植之中腦組織內多巴胺神經元的效果。</p> <p>4. 驗證[18F]FE-PE2I 可作為臨床評估巴金森氏症神經異種移植治療後的工具。</p> <p>5. 培養多位研究生有系統地進行與完成實驗研究</p>

計畫名稱	計畫執行單位	計畫主持人	協同主持人	研究成效
				工作，為我國核子醫學藥物開發研究培育未來之優秀人才。

## 人才培訓與風險溝通

計畫名稱	計畫執行單位	計畫主持人	協同主持人	研究成效
深耕中學生核能知識	國立臺灣師範大學 化學系(所)	張一知	洪淑慧	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 本計畫目的為透過辦理深耕中學生原子能科普活動及化學類科教師專業研習營，提供國、高中生專題演講，以傳遞生活中的輻射、輻射防護及核子事故緊急應變民眾防護相關知識。</li> <li>2. 本計畫 105 年已辦理 5 場次高中生或教師研習課程，參與師生累計 260 人次。另為達計畫執行之最大效益，本計畫已由科技部核准執行至 106 年 7 月 31 日，並在原核定經費下持續辦理相關之活動或研習。</li> </ol>
科普級輻射度量實驗研發與實務推動及其成效探討(III)	國立清華大學工程 與系統科學系	李敏	杜若婷	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 為使一般大眾能認識輻射基本知識，以謹慎面對輻射，本計畫開發簡易教學型手持式輻射偵測器，並設計基本輻射度量實驗課程，再透過大學、K-12 或社區課程進行教學活動。</li> <li>2. 105 年計畫於完成基本輻射度量實驗之設計及測試後，分別提供清大工科系及核工所、中國醫藥大學放射系與台東大學應用科學系於相關課</li> </ol>

				<p>程中進行教學，計參與學生達 193 人，除使學生有機會透過動手量測實驗認識輻射度量，並可做後續實驗之檢討及修正。</p> <p>3. 完成認識輻射相關課程之規劃，並辦理 K-12 師生原子科學探奇之旅的活動與課程達 19 場次，另與內湖社區大學合作開設一般民眾認識環境游離輻射教育推廣課程，包含課程 25 小時及參訪 12 小時。</p>
核能安全與輻射防護科普實務推動及成效探討(II)	國立清華大學物理學系(所)	戴明鳳	洪淑慧	<p>1. 本計畫係透過辦理中學生原子能與輻射防護知識科普講座、實驗操作或參訪輻射設施等活動，提升學員對原子能和輻射防護相關知識的瞭解。藉由計畫執行發現老師及學生參與活動後，對輻射的民生應用與相關防護知識有明顯地提升。</p> <p>2. 本計畫 105 年已辦理 22 場次科普活動，參與人數累計亦達 2,000 人次。</p>
民意調查與議題溝通之執行與研析	世新大學公共關係暨廣告學系	梁世武	杜若婷	<p>1. 本計畫係為瞭解不同類型民眾的思維，以期透過有效溝通，進而提出貼近民意的原子能相關政策。因此採抽樣選取全國 22 縣市成年民眾約一</p>

				<p>千份樣本，進行 2 次電話調查。</p> <p>2. 調查發現：反對使用核電的民眾主要是因「核廢料處置」問題未解決、支持使用核電的民眾主因為核電的「供電穩定性」；女性較男性不支持核電，不相信核安；對核電相關組織的信任度下滑，可能和近期內開放日本核災區食品議題有關。此外，電視、廣播、報紙等新聞媒體為民眾最信任的核能資訊來源；約五成民眾相信政府請正面形象公眾人物協助宣傳，有助於對政策瞭解；民眾比較希望參加的原能會溝通活動，近二成民眾回答是「宣傳短片」，其次依序為「村里宣傳活動」、「定期核安演習」。</p>
從「新」開始—原子能安全與輻射防護新媒體教材製作與行銷	銘傳大學廣播電視學系	單文婷	杜若婷	<p>1. 本計畫透過學術討論彙整社群媒體對科學知識傳播之作法，並製作一部輻射防護相關知識之 3D 動畫，同時參與「輻務小站」臉書貼文內容之討論計 31 篇，其中 8 篇經研究團隊改寫後貼出，貼文最高之觸及人數達 3,400 人，貼文平均觸及人數亦有 2,100 人。</p> <p>2. 經與研究團隊溝通互動，廣播電視學系之團隊成</p>

				員可深入瞭解原子能科普知識，「輻務小站」小編群則可瞭解社群媒體之科普行銷方式。另團隊亦與教育部資訊暨科技教育司、國民教育署分享本計畫執行之經驗，並就如何提高科學知識傳播討論及交換意見。
樂活學習「核」家安心 東部核能知識推廣	國立宜蘭大學資訊工程研究所	黃朝曦	杜若婷	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 本計畫製作原子能相關科普知識 APP，透過遊戲式學習活動，讓東部學生瞭解有關原子能與輻射防護知識，並收集使用者意見，以修正 APP 之內容或作為未來開發之方向，計辦理 9 場次活動，600 人參加。此外架設東部科普實務推動網站，藉由數位學習縮短城鄉差距。</li> <li>2. 導入「磨課師線上課程」概念，建立原能會內部訓練用之 MOOCS 學習平台，可作為工作經驗交流、傳承之用。</li> </ol>
大學醫護保健類科學生輻射防護知識增能計畫	國立臺北護理健康大學嬰幼兒保育系(所)	潘愷	洪淑慧	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 本計畫係針對醫護保健類科大學生，提供醫療輻射、輻射防護或核子事故輻傷處置相關知識的課程，並安排參訪醫院，以強化其未來面對醫療院所職場環境中有關醫療輻射或輻傷處置之認知與知能。</li> </ol>

				<ol style="list-style-type: none"> <li>2. 本計畫編撰供醫護保健類科大學生使用之認識醫療輻射與防護 2 小時教材，先透過專家（化學、核醫、放射及醫工類科）會議討論修正，再提供給醫護類科學生進行試教，並依學生學習狀況及回饋意見予以修正及調整。</li> <li>3. 藉由 10 個班級之教學評估發現，透過課程與實務面之連結，可有效提升學生對相關醫療輻射與防護之認知，尤其以四年級即將進入職場者更為明顯，因此落實學用合一的教學，有助於提升醫護相關類科學生就業之能量及競爭力。</li> </ol>
開發新住民核子防護與輻射應用之學習教材與活動推廣之研究	臺北市立大學應用物理暨化學系	古建國	杜若婷	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 本計畫完成開發新住民認識核災緊急應變民眾防護與醫療輻射的繪本初稿乙份，內容同步以中文、英文、泰文、越南文、印尼文呈現，可滿足不同族群之需求。另藉由培育之新住民種子講師進行試教，以母語輔助授課並瞭解學員對教材難易之反應，可供後續教材修正之用。</li> <li>2. 本計畫透過新北市及台北市開設有新住民學習課程之國中、小，計辦理 12 場次新住民認識核災緊急應變民眾防護與醫療輻射的學習課程與</li> </ol>

				活動，藉由校園新住民學習體系與多元族群的民眾交流，參加之學員達 449 人次，另培育多元族群的本國種子教師 5 位。
核能議題溝通策略之性別分析	臺北市立大學教育學系	蔡智勇	杜若婷	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 本計畫透過專家訪談法及專家調查法，邀集產、官、學界之專家學者進行核能議題溝通策略之性別分析。</li> <li>2. 計畫發現核能相關的溝通，女性較男性認為「民眾的核能科普知識不足及存有刻板印象」；於選擇傳播代言人時，女性較著眼於「應具專業知識」、男性則較著眼於「應具溫暖形象及親和力」。另不分男女均認為政府要持續且進漸的累積信任、要主動創造與民眾對話的機會與空間、要給予民眾持續且有強度的科普教育、要給予民眾具備化繁為簡且不失真的傳播內容、以及在核能相關訊息上，應提供民眾對等的資訊等。</li> </ol>
龍華科技大學核工學程推廣	龍華科技大學化工與材料工程系	宋大崙	洪淑慧	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 原子能科技係為一整合性科技，因此原子能相關專業人才亦包括電子、機械、建築、化工等等其他理工科技領域，在面對「非核家園」政策目標，核電廠除役、放射性廢棄物處理等，均需核工以</li> </ol>

				<p>外的專業人才投入安全管制工作才得以進行。故透過本計畫之核工學程推廣，於校內開設 2 門輻射防護與應用之核子工程學程課程。該學程除課程及參訪活動外，亦於臉書成立「奈米與核工學程學程」粉絲專頁，作為師生課程討論之平台。</p> <p>2. 本計畫開設之核工學程，已輔導 43 位學生取得核子工程學程證書，除提升大學生的就業競爭力外，亦是原子能相關專業人才培育的管道之一。</p>
從核能資訊公開到開放政府資料	國立臺北大學法律學院	高仁川	邱絹琇	<p>1. 探討比較美國與我國政府資訊公開發展趨勢的觀察，蒐集美國開放資料之立法與人民對資料之加值利用資料，並分析我國國內近期文獻摘錄。</p> <p>2. 評析本會資料開放行動策略草案，提出相關建議供本會修改參考。</p> <p>3. 建議未來我國環境及電廠輻射監測資料大數據可再加值應用。</p>