

國立中山大學
97年度
輻射防護教育訓練講習

樹人醫護管理專科學校
醫學影像暨放射技術科
主任
黃英明
博士

中華民國醫用放射協會
理事長
0972090229

師資



- 姓名 黃英明 助理教授兼主任
- 學歷 清華大學原子科學博士
- 經歷 華濟醫院影像醫學技術部
主任
中山醫學院醫學技術系
兼任講師
高雄醫學大學講師
- 專長 放射治療技術
放射生物
醫學物理

學 歷：國立清華大學原子科學研究所 博士(2000.09~2005.09)
中原大學醫學工程研究所 碩士 (1986.09~1988.06)
中原大學醫學工程系 學士 (1980.09~1984.06)

經 歷：

國立成功大學附設醫院 醫學物理師。(1988-1992)
美國維吉尼亞州ODU, EVMS訪問研究學者。(1992-1993)
國立成功大學附設醫院 醫學物理組長。(1993-1996)
國立成功大學附設醫院 輻射安全委員會委員兼執行秘書。(1988-1996)
高雄醫學院 兼任講師。(1992-1995)
中山醫學院附設醫院放射腫瘤科 醫學物理師。(1996-1997)
中山醫學院醫學技術系 兼任講師 (1996-1997)
高雄醫學大學附設醫院放射治療科 放射師。(1998-2002)
高雄醫學大學醫學放射技術學系 專任講師 (1998-2003)
(專業科目:放射治療技術, 醫學物理學、醫用電子學、放射生物學、
輻射安全學)

現 職：樹人醫護管理專科學校 助理教授兼醫影科主任
中華民國醫用放射協會 理事長
台灣福爾摩沙醫事放射學會 監事
台灣放射技術學會 顧問
台灣放射線技術論文雜誌 主任編輯委員
台灣應用輻射與同位素雜誌 編輯委員

資 歷：

國際斐陶斐學會榮譽會員。(1988)
美國醫學物理協會正式會員(AAPM Full Member).
中華放射線醫學會會員.
中華放射線腫瘤學會會員.
國立成功大學企業管理顧問進修班第十期結業.
清華大學原科所”醫學物理暨微劑量特論”學分班結業.
清華大學原科所”蒙第卡羅法在醫學物理的應用”學分
台南縣團管區司令部永康市後備軍人小組小組長
高雄縣醫事放射師公會 顧問.
台南市醫事放射師公會 顧問.
華濟醫院 醫學影像技術部、輻射防護室主任

證 照：

教育部核定大專院校助理教授。

中華民國醫事放射師。

醫用放射線治療技術師。

醫用放射線診斷技術師。

醫用放射線技術師同位素組。

行政院原子能委員會認可輻防師。

行政院原子能委員會認可高級輻防人員。

行政院原子能委員會認可中級輻防人員。

行政院原子能委員會認可初級輻防人員。

國際臨床骨質密度學會 (ISCD) 認證骨質密度專業技術師

行政院衛生署核備醫學物理專業人員

行政院衛生署核備品質保證專業人員

(95年5月助理字第017486號)

(放字第001518號)

(治技師字第0241號)

(診技師字第2602號)

(核技師字第0166號)

(輻專師字第0305號)

(輻專高字第0049號)

(輻專中字第0068號)

(輻專初字第0508號)





The International Society for Clinical Densitometry



Certifies that

Ing-Ming Hwang, M.Sc., CDT

*H*as completed an approved certification curriculum and has demonstrated proficiency and excellence in the field of bone densitometry and is hereby granted the title of



Certified Densitometry Technologist (CDT)

Mike Lewiecki

E. Michael Lewiecki, MD, FACP, President

S. Bob Tanner MD

S. Bob Tanner, MD, Education Committee Chair

Valid 5 years from date of issue.

On this 16th day of May in the year 2004

ISCD certification recognizes certain standards of competency and is not intended to replace local licensure to perform and interpret bone densitometry.



海洋生物研究所：A2002 (非密封放射性物質)
海洋生物科技暨資源研究所：5006 (X光繞射儀)

海洋環境工程研究所：C6001 (GC/ECD)
C6008-1 (GC/ECD)
海洋地質與化學研究所：A3007
A3012 (GC/ECD)
A1011 (GC/ECD)

環境工程研究所：5008 (GC/ECD) *2
5015 (GC/ECD)
6005 (GC/ECD)
6009 (GC/ECD)

材料所：B6013 (X光繞射儀)
B6014 (X光繞射儀) *2
B6014 (照相檢驗X光機)

物理所：D4004 (X光繞射儀)

化學所：5010 (分析鑑定X光機)

奈米中心 (理學院1008及1009)
1008 (X光繞射儀)
1009 (分析鑑定X光機)

汽車停車場
機車停車場

汽車停車場

汽車停車場

東山大路

萬壽路
光路

萬壽港

四十五

校內使用狀況

- 可發生游離輻射設備：13 部
 - X光繞射儀：6 部
 - 分析鑑定X光儀：4 部
 - 照相檢驗X光儀：2 部
 - 櫃型X光機：1 部
- 密封放射性物質：8 部
 - GC/ECD：8 部
- 使用非密封放射性物質實驗室：4 間

儀器分類

櫃型X光機
照相檢驗X光機
分析鑑定X光機
X光繞射儀

可發生游離輻射設備

GC/ECD氣層分析儀

密封放射性物質

^{32}P 、 ^{35}S 、 ^3H 、 ^{125}I

非密封放射性物質

操作資格

大專院校及學術研究機構基於教學需要，依「放射性物質或可發生游離輻射設備操作人員管理辦法」第三條辦理之操作程序及輻射防護講習課程，可同時提供作為輻射工作人員之定期教育訓練。

登記類

需由具輻射安全證書或相關操作執照人員**指導**，方可操作。

許可類

需由具輻射安全證書或相關操作執照人員**直接監督**下，方可操作。

可發生游離輻射設備

證照號碼	機器名稱	放置地點	連絡人	證照屆滿日
設字第200290號	X光繞射儀	材料所B6014室	李秀月	097.12.09
設字第201459號	X光繞射儀	材料所B6014室		096.07.31
設字第201460號	照相檢驗X光機	材料所B6014室		096.07.31
設字第201604號	X光繞射儀	材料所B6013室		停用
設字第200581號	X光繞射儀	理學院東綜合第一大 樓理1008室(奈 米中心)	張鼎張	098.01.06
			顏采蓉	
設字第202200號	分析鑑定X光儀	理學院東綜合第一大 樓理1009室(奈 米中心)	蔣燕南	098.11.24
			顏采蓉	
設字第202201號	分析鑑定X光儀	化學所5009室	蔣燕南	098.11.10
			呂相欽	
			劉芳辰	
設字第200869號	X光繞射儀	物理所E4004室	周隆文 0952818223	100.12.26

可發生游離輻射設備

設字第200746號	X光燒射儀	海資所5006室	蕭炎宏	停用
			許淑雅	
設字第201965號	分析鑑定X光儀	海地化A3007室	陳鎮東	098.10.06
			王冰潔	
設字第201943號	照相檢驗X光機	海院A3001室	莫顯蕃	100.10.31
設字第202829號	分析鑑定X光儀	光電所F3024室	賴聰賢	099.03.18
			陳春陽 0963028535	

密封放射性射源

Gas Chromatography

GC/ECD (Ni63) 物字第1200542	氣層分析儀	環工所A5008室	高志明	096.08.21
GC/ECD (Ni63) 物字第1200539	氣層分析儀	海C6001室	李宗霖	097.01.06
GC/ECD (Ni63) 物字第1200541	氣層分析儀	環工所A5008室	梁敦傑 0921234468	096.08.21
GC/ECD (Ni63) 物字第1200540	氣層分析儀	環工所A5015室	林朝榮 0937338545	096.08.21
GC/ECD (Ni63) 物字第1200543	氣層分析儀	環工所A6005室	楊金鐘	096.08.21
GC/ECD (Ni63) 物字第1200559	氣層分析儀	海地化所A3012室	王冰潔	099.01.06

非密封放射性物質

	有效日期	使用地點	核准持有量
物字第2100019號	98.08.03	E4018 E5018 E4011 海A2002 海A3003	H-3 15mCi P-32 15mCi S-35 10mCi C-14 5mCi I-125 10mCi Ca-45 5mCi Eu-152 1 μ Ci

射源	輻射種類	半衰期	最大能量
Ni-63	β^-	100.1年	2.137 MeV
H-3	β^-	12.43年	0.0186 MeV
P-32	β^-	14.3天	1.71 MeV
S-35	β^-	87.32天	0.167MeV
C-14	β^-	5,730 \pm 40年	0.156MeV
I-125	EC, γ	60.1天	35.5KeV
Ca-45	β^-	162.67天	0.258MeV
Eu-152 銻	電子捕獲 β^-	13.516年	1.874MeV 1.819MeV

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

第十二條 使用下列放射性物質者，應向主管機關申請登記證：

二、放射性物質在儀器或製品內形成一組件，其活度為豁免管制量一千倍以下，在正常使用狀況下，其可接近表面五公分處劑量率為每小時五微西弗以下者。

三、氣相層析儀或爆裂物偵檢器所含鎳六三之活度為七億四千萬貝克（740MBq）以下，在正常使用狀況下，其可接近表面五公分處劑量率為每小時五微西弗以下者。

五、前四款以外之放射性物質活度為豁免管制量一百倍以下者。

六、其他經主管機關指定者。

使用前項規定以外之放射性物質者，應向主管機關申請許可證。

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

第十三條 使用下列可發生游離輻射設備者，申請人應向主管機關申請登記證：

- 一、固定型設備其公稱電壓為十五萬伏（150kV）或粒子能量為十五萬電子伏（150keV）以下者。
- 二、櫃型 X 光機在正常使用狀況下，其可接近表面五公分處劑量率為每小時五微西弗以下者。
- 七、行李檢查 X 光機在正常使用狀況下，其可接近表面五公分處劑量率為每小時五微西弗以下者。
- 八、其他經主管機關指定者。

使用前項以外之可發生游離輻射設備者，應向主管機關申請許可證。

為什麼今天要來上這個課？

依據「游離輻射防護法」

第 14 條 從事或參與輻射作業之人員，以年滿十八歲者為限。但基於教學或工作訓練需要，於符合特別限制情形下，得使十六歲以上未滿十八歲者參與輻射作業。

• • • • •

雇主對在職之輻射工作人員應定期實施從事輻射作業之防護及預防輻射意外事故所必要之教育訓練，並保存紀錄。

輻射工作人員對於前項教育訓練，有接受之義務。

為什麼這個課要上三小時？

游離輻射防護法施行細則

第五條 雇主依本法第十四條第四項規定對在職之輻射工作人員定期實施之教育訓練，應參酌下列科目規劃，且每人每年受訓時數須為三小時以上，並記錄備查：

- 一、輻射基礎課程。
- 二、輻射度量及劑量。
- 三、輻射生物效應。
- 四、輻射防護課程。
- 五、原子能相關法規。
- 六、安全作業程序及工作守則。
- 七、主管機關提供之相關資訊。

前項訓練之授課人員，應由輻射防護人員，或於教育部認可之國內、外大專校院相關科系畢業，且在公、私立機構、學校、研究單位從事輻射防護實務工作五年以上之人員擔任。

依第一項規定所為之紀錄，應記載參加訓練人員之姓名與參加訓練之時間、地點、時數、訓練科目及授課人員等相關資料，並至少保存十年。

放射性物質或可發生游離輻射設備操作人員管理辦法

第三條 本法第三十一條第一項但書規定之基於教學需要在合格人員指導下從事操作訓練者，係指中等學校、大專校院及學術研究機構之教員、研究人員及學生，於校內或機構內操作放射性物質或可發生游離輻射設備前，已接受合格人員規畫之操作程序及輻射防護講習者。但操作主管機關核發許可證之放射性物質或可發生游離輻射設備時，仍應在合格人員之直接監督下為之。

前項操作程序及輻射防護講習，除中等學校及大專校院依教育主管機關核定課程所實施之操作訓練外，學術研究機構應將包括講習課程、指導人員及講習地點等講習計畫先報經主管機關核准後實施。講習時數不得少於三小時。

誰是” 輻射工作人員” ？

第 2 條 本法用詞定義如下：

一六、輻射工作人員：指受僱或自僱經常從事輻射作業，並認知會接受曝露之人員。

罰則：

第 44 條 有下列情形之一者，處新臺幣五萬元以上二十五萬元以下罰鍰，並令其限期改善；屆期未改善者，按次連續處罰，並得令其停止作業：

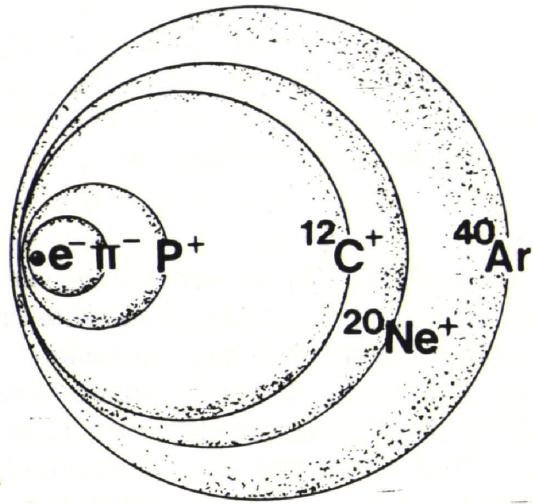
三、未依第十四條第四項規定實施教育訓練。

第 46 條 輻射工作人員有下列情形之一者，處新臺幣二萬元以下罰鍰：

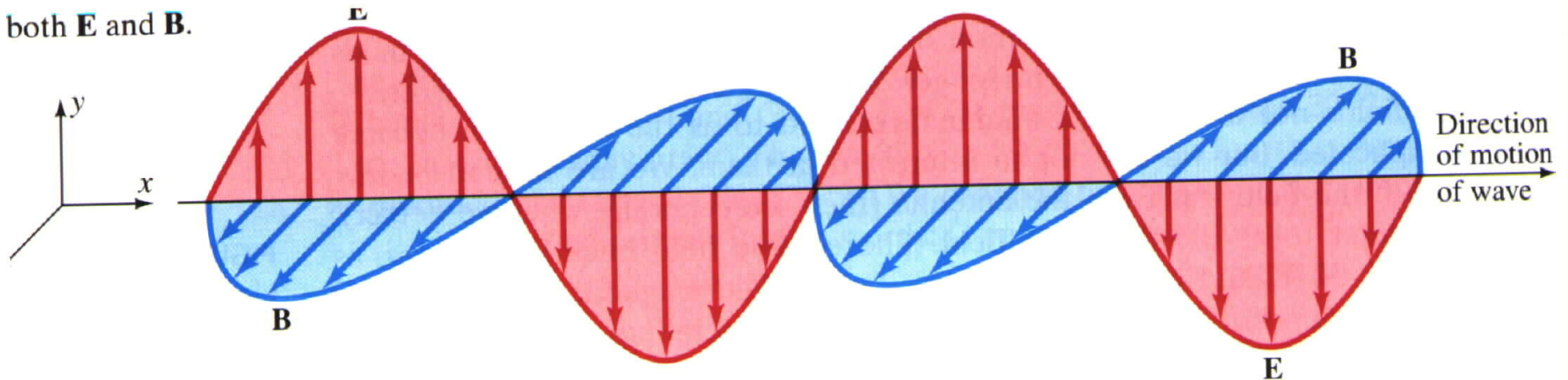
一、違反第十四條第五項規定，拒不接受教育訓練。

何謂輻射?

定義：空間中能量傳播的方式。



both **E** and **B**.



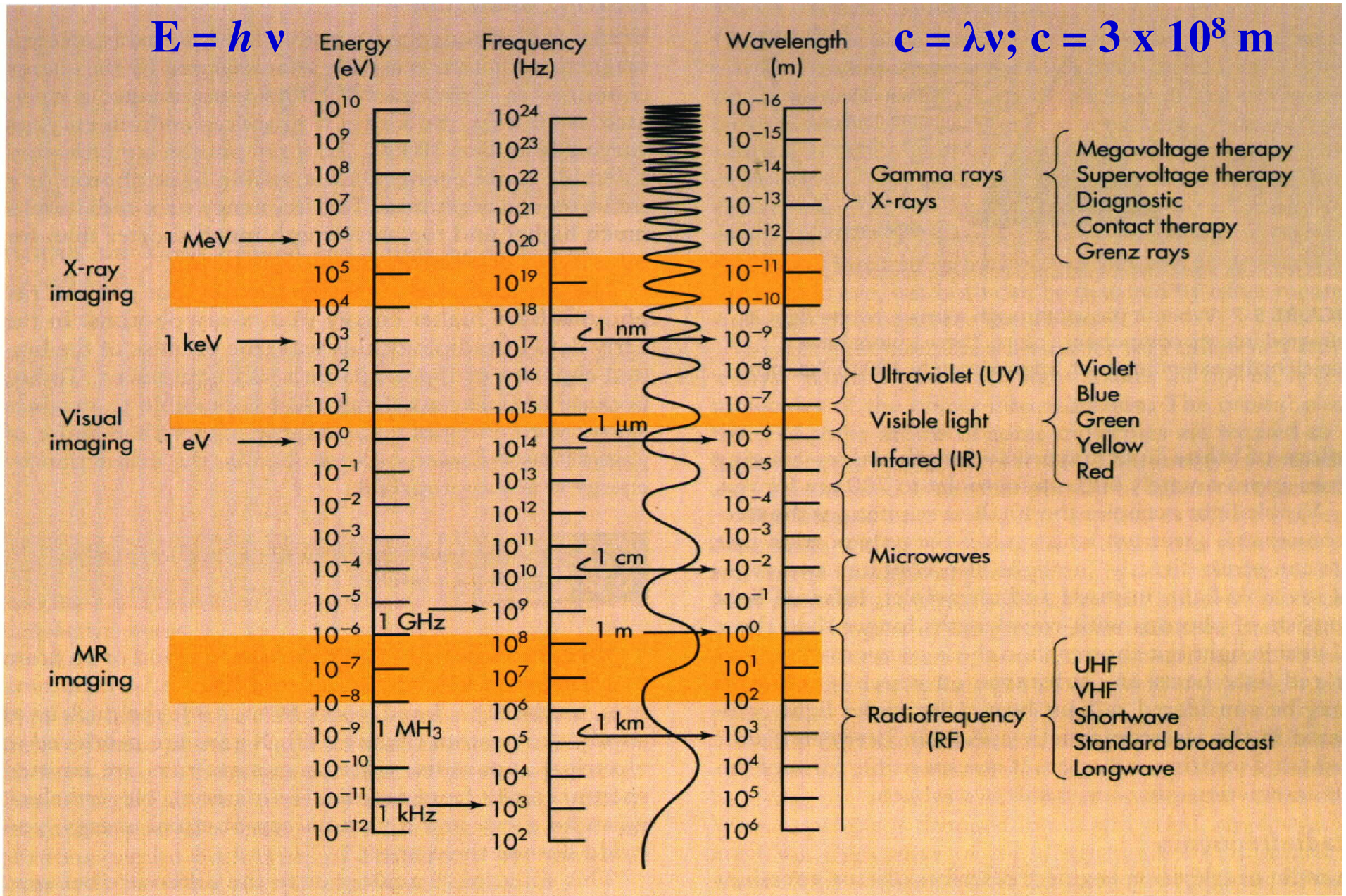


FIGURE 5-6 The electromagnetic spectrum extends over more than 25 orders of magnitude. This chart shows the values of energy, frequency, and wavelength and identifies the three imaging windows.

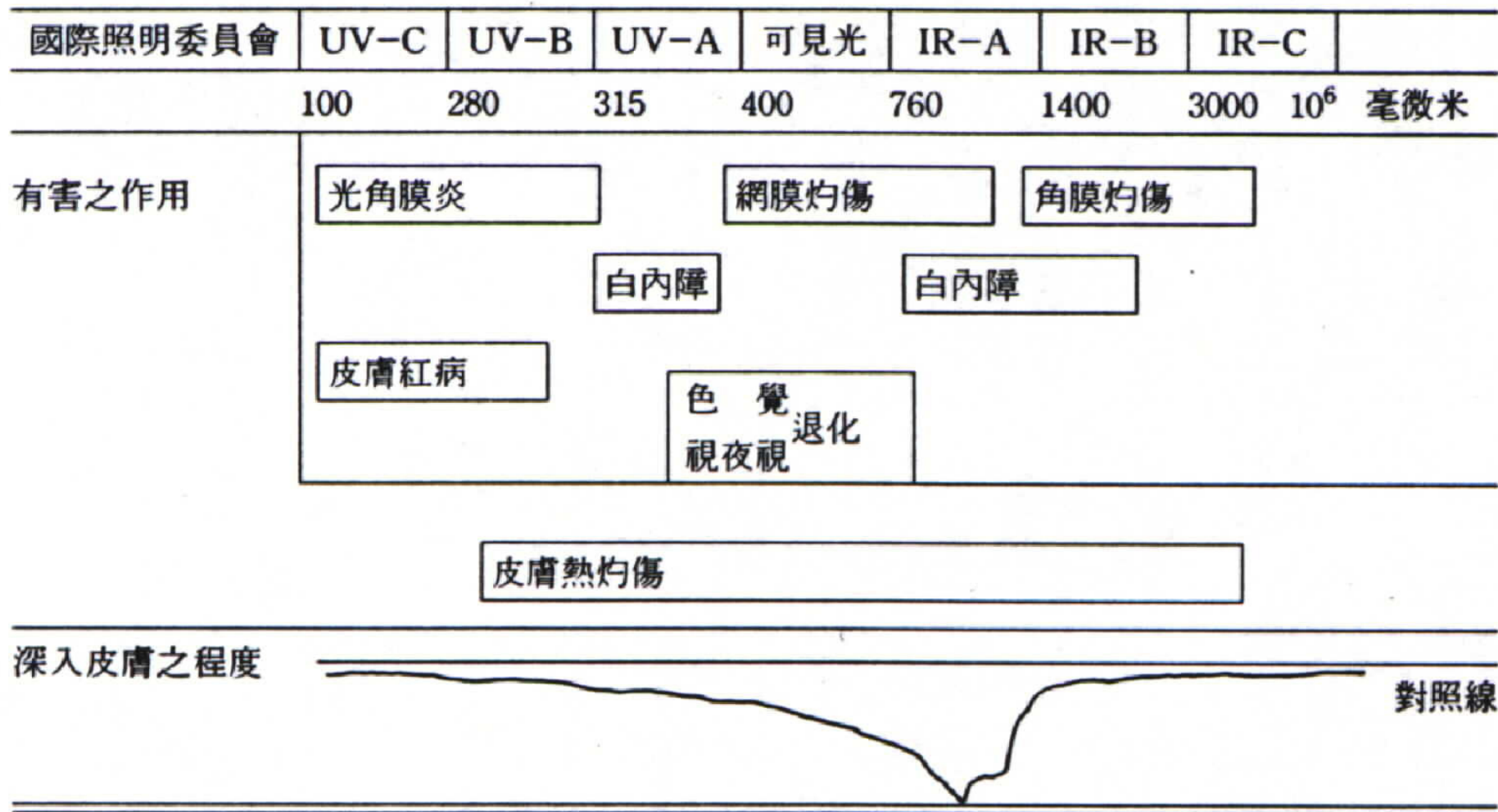


圖 4：國際照明委員會所示之各種頻率光波，與其危害。UV 即是紫外線，IR 是紅外線的簡寫。

游離過程

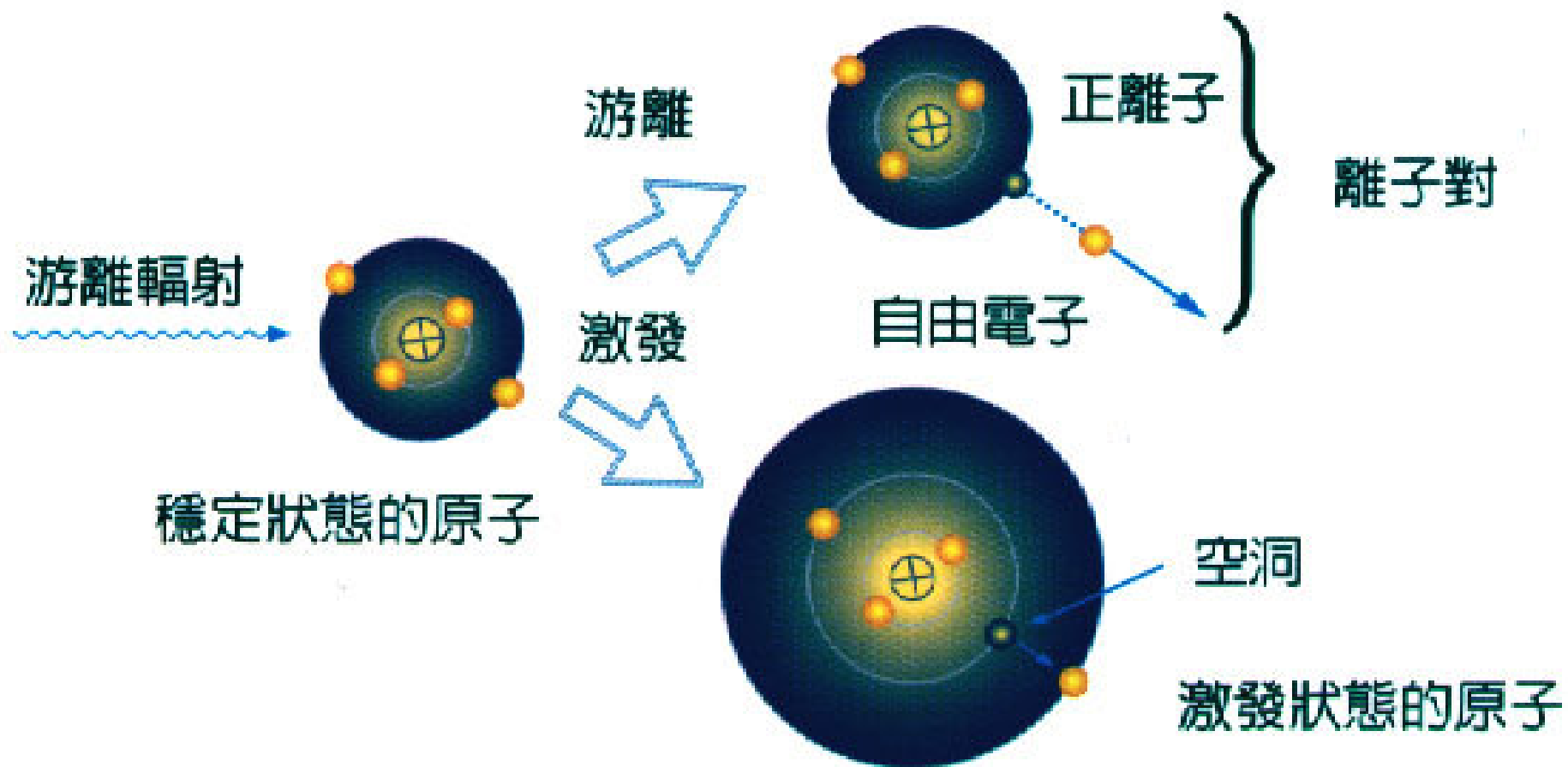


圖 1.10 原子的游離與激發

發現輻射的重要人物及事蹟



1895年發現X光 (R. L. Kathren



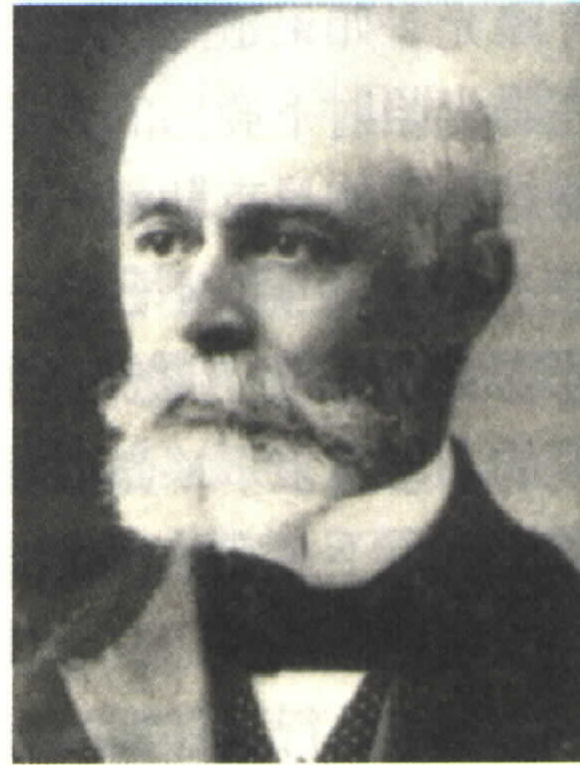
宣稱比倫琴更早發現X光)
倫琴 (Roentgen, 1845-1923)



Figure 1.1. The first radiograph of a living object, taken in January 1896, just a few months after the discovery of x-rays. (Courtesy of Röntgen Museum, Würzburg, Germany)

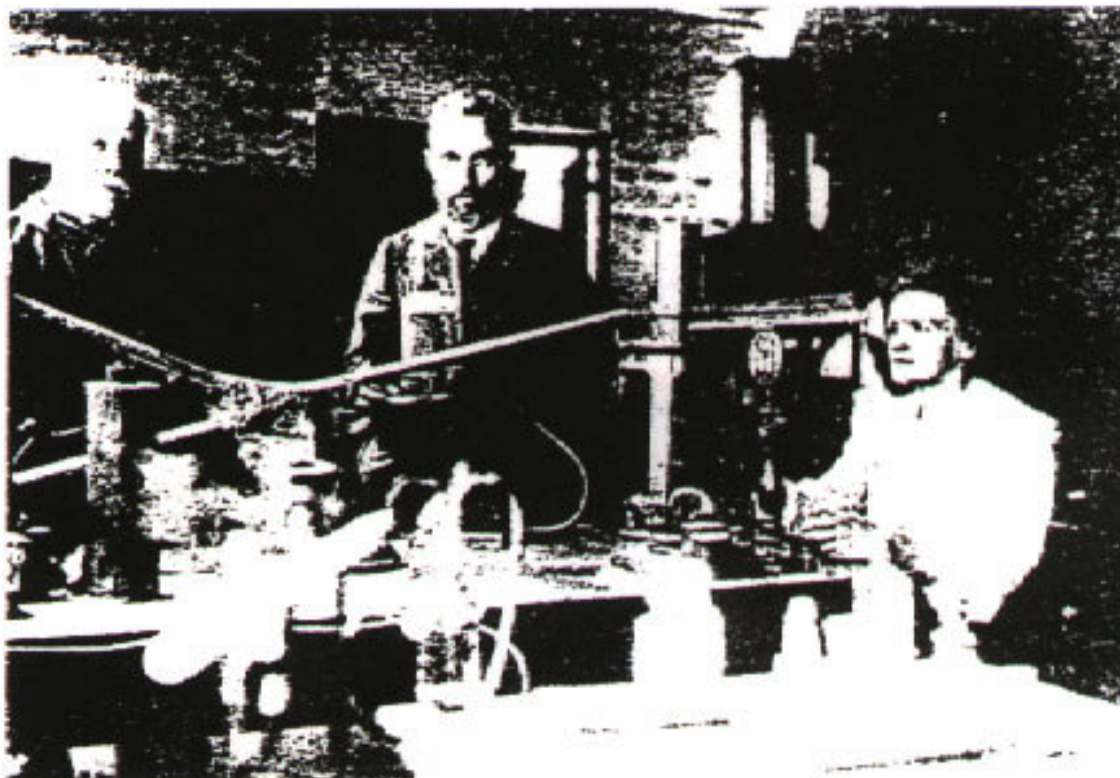


貝克 (Becquerel, 1852-1908)



貝克勒爾

1896年發現鈾鹽的放射性



實驗中的居里先生（中），居里夫人（右）和助理（左）

1898年分離出鈾和釷

一、輻射的來源：

1. 自然背景輻射---

a. 宇宙射線.

b. 天然放射性核種—

· 鈾, 釷衰變系列, **鉀40**.

· 氡222及其子核種

(^{218}Po , ^{214}Po , ^{214}Bi , ^{210}Tl)—

地表附近空氣中的主要核種。

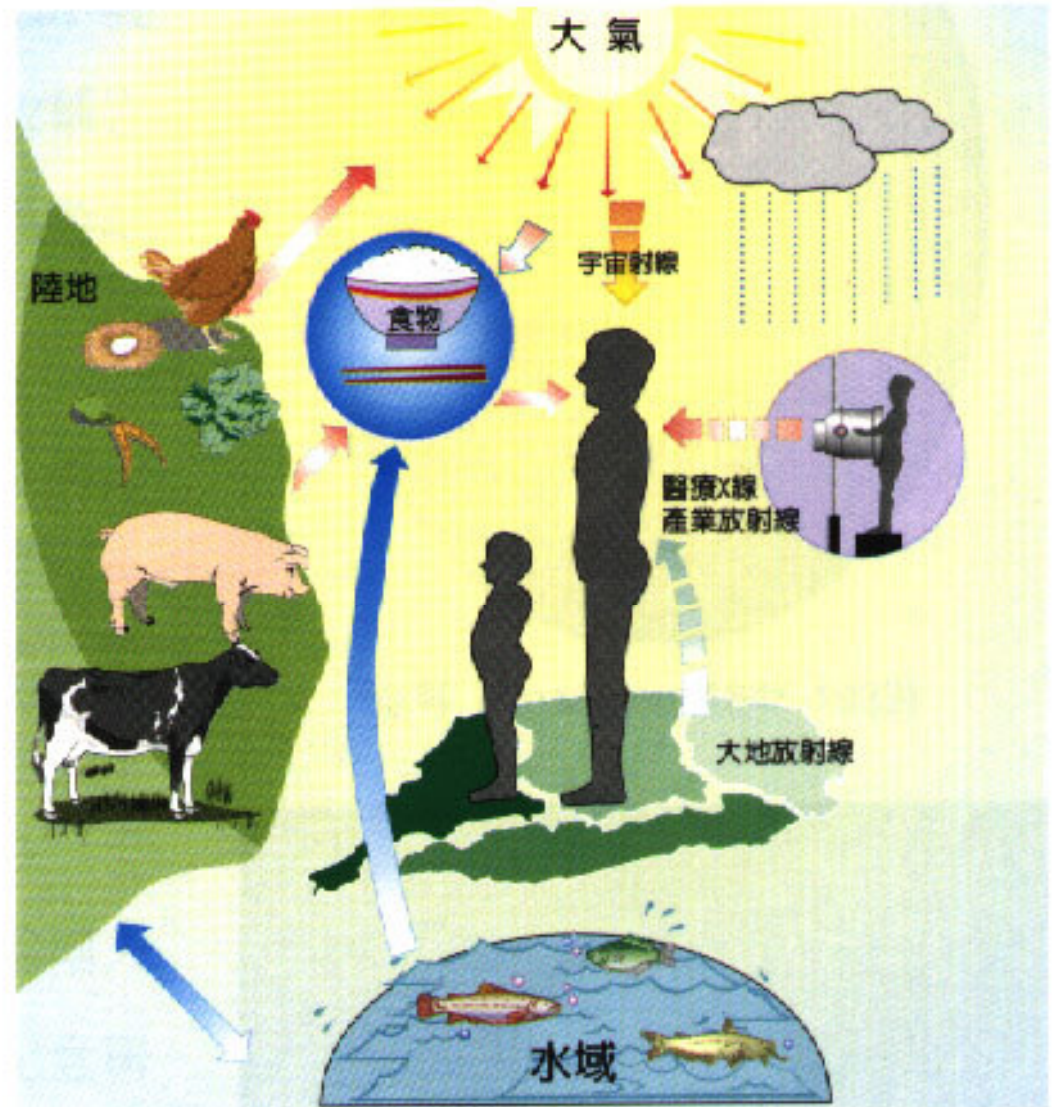
· 氡—由宇宙射線生成.

· 碳14—由宇宙射線生成,
造成的體內劑量最大。

c. 建物—大樓>小木屋,

磁磚最高, 黏土最低.

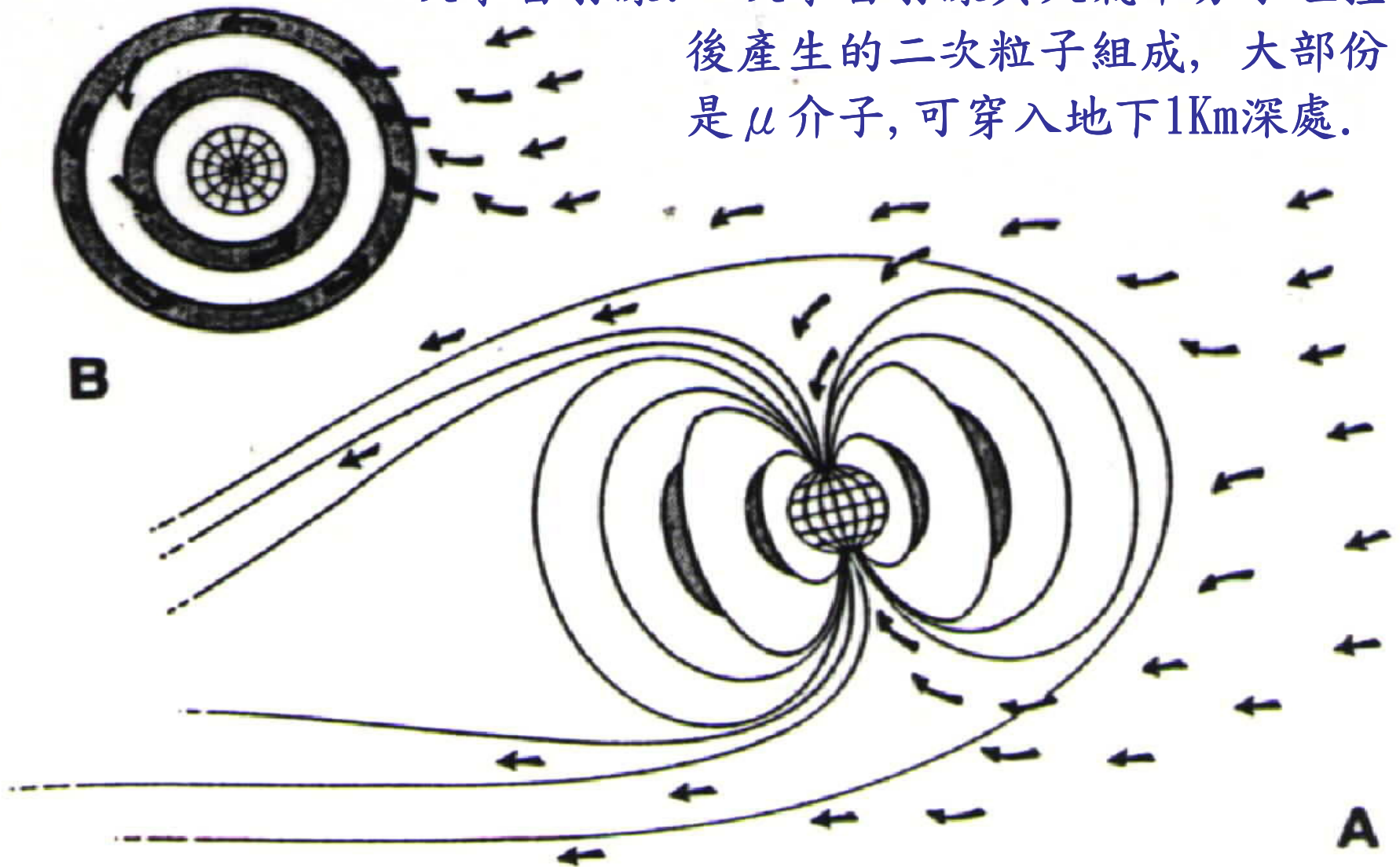
2. 人造源—X光, 高速電子,
核子試爆, 核電廠等.



人類自古至今生存在一個陽光、空氣、水與輻射的自然環境中

1. 宇宙射線 --- 一次宇宙射線：由銀河宇宙射線及太陽風所組成，大部份是 p^+ 。

二次宇宙射線：一次宇宙射線與大氣中分子碰撞後產生的二次粒子組成，大部份是 μ 介子，可穿入地下1Km深處。



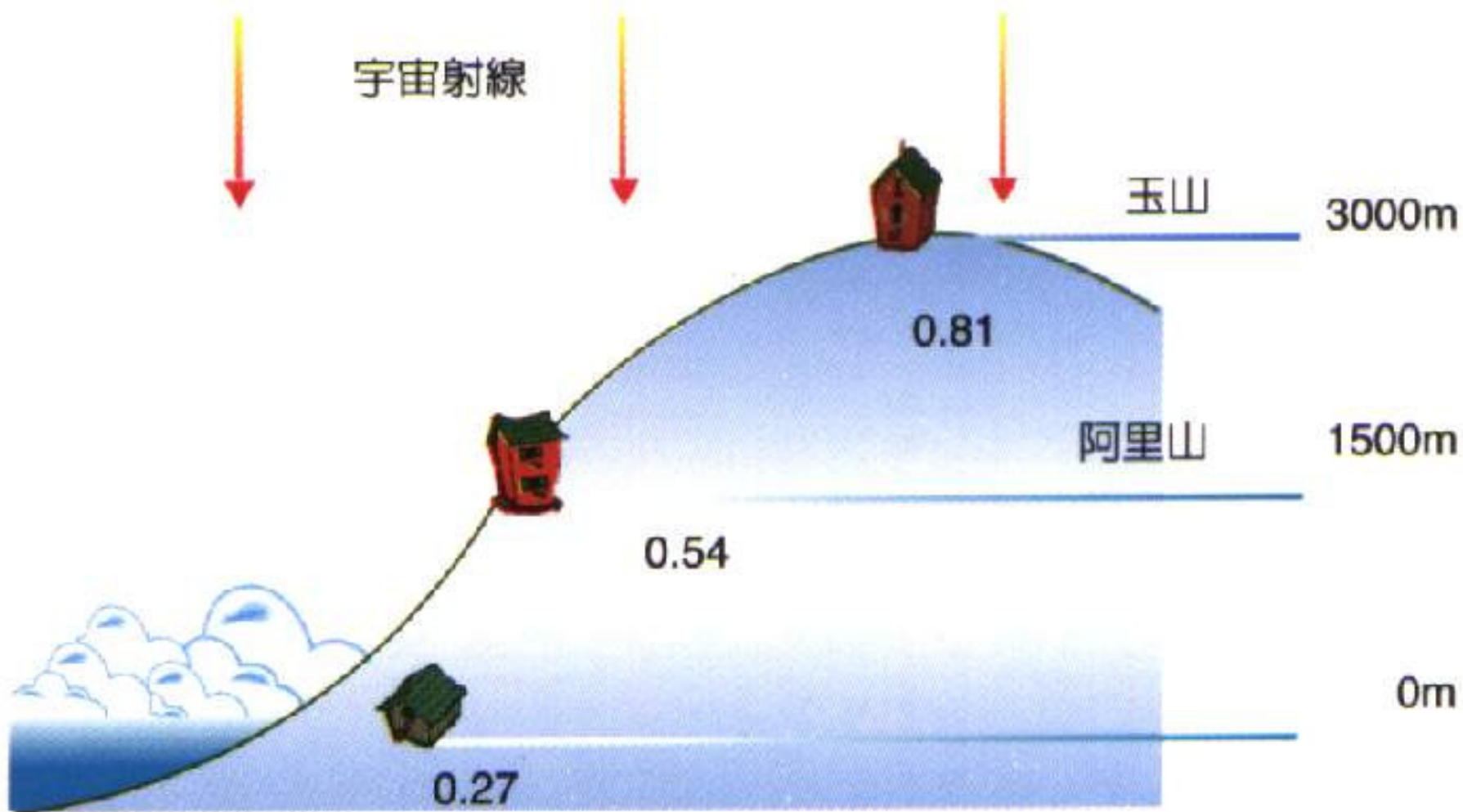


圖 3.2 台灣地區宇宙射線強度與高度之關係
(毫西弗/年) 約每上升1500m增加一倍.

表 3.1 國內外航線旅客所受宇宙射線劑量

航線 (往返)	接受劑量 (微西弗)
台北 = 紐約	156
台北 = 阿姆斯特丹	99
台北 = 洛杉磯	93
台北 = 約翰尼斯堡	72
台北 = 雪梨	48
台北 = 新加坡	15
台北 = 金門	0.67
台北 = 高雄	0.48
台北 = 台南	0.23
台北 = 蘭嶼	0.13
高雄 = 馬公	0.07

註：1000 微西弗 = 1 毫西弗

表 3.2 各國天然輻射劑量評估值的比較 單位：毫西弗/年

類 別	世界平均	美 國	日 本	臺 灣
宇宙射線	0.36	0.28	0.38	0.27
地表及建物	0.41	0.28	0.29	0.55
小計 (體外輻射)	0.77	0.56	0.67	0.82
氡 等	1.26	2.0	0.56	0.83
鉀 40 等	0.36	0.39	0.47	0.33
小計 (體內輻射)	1.62	2.39	1.03	1.16
合 計	2.4	<u>3.0</u>	1.7	2.0

UNSCEAR：聯合國原子輻射效應科學委員會 (1993)

表 3.3 世界高輻射背景地區與劑量率

地區或國家名稱	年劑量 (毫西弗)	倍數 (4)	說明
伊朗 Ramsar 市 (1)	6 至 360	3 至 <u>180</u>	此等地區民眾癌症發生率與一般地區無明顯差異。
印度 Kerala 區十個村莊 (2)	平均 13	6.5	
巴西 Espirito Santo (3)	0.9 至 35	17.5	
大陸福建鬼頭山區 (3)	平均 3.8 最高 120	1.9 60	

- 資料來源：(1) 國際原子能總署簡訊，1991 年第 33 卷第 2 期。
- (2) 聯合國原子輻射效應科學委員會 1962 及 1992 年報告。
- (3) 聯合國原子輻射效應科學委員會 1992 年報告。
- (4) 台灣地區平均自然背景輻射年劑量 2 毫西弗的倍數。

表 6 日常輻射的強度和劑量

電視機表面	0.01 毫西弗/時
乘飛機(日本飛美國)	0.04 毫西弗/時
吸煙(每日 20 支)	0.18 毫西弗/時
胸部 X 射線攝影	0.3 毫西弗/次
胃部 X 射線透視	4.1 毫西弗/次
導致白血球異常	250 毫戈雷/次
脫毛	3000 毫戈雷/次
致死劑量	7000 毫戈雷/次
廣島核爆中心點	100000 毫戈雷/次
癌的治療	2000 毫戈雷/次×30 次(針對癌組織)
核能電廠廠界外劑量限度的法規值	1 毫戈雷/年
核能電廠運轉時廠界外實際測定的值	0.0002 毫戈雷/年

The principal effects of radiation on an embryo or fetus are:

- embryonic, fetal, or neonatal death
- malformations
- growth retardation
- congenital defects
- cancer induction

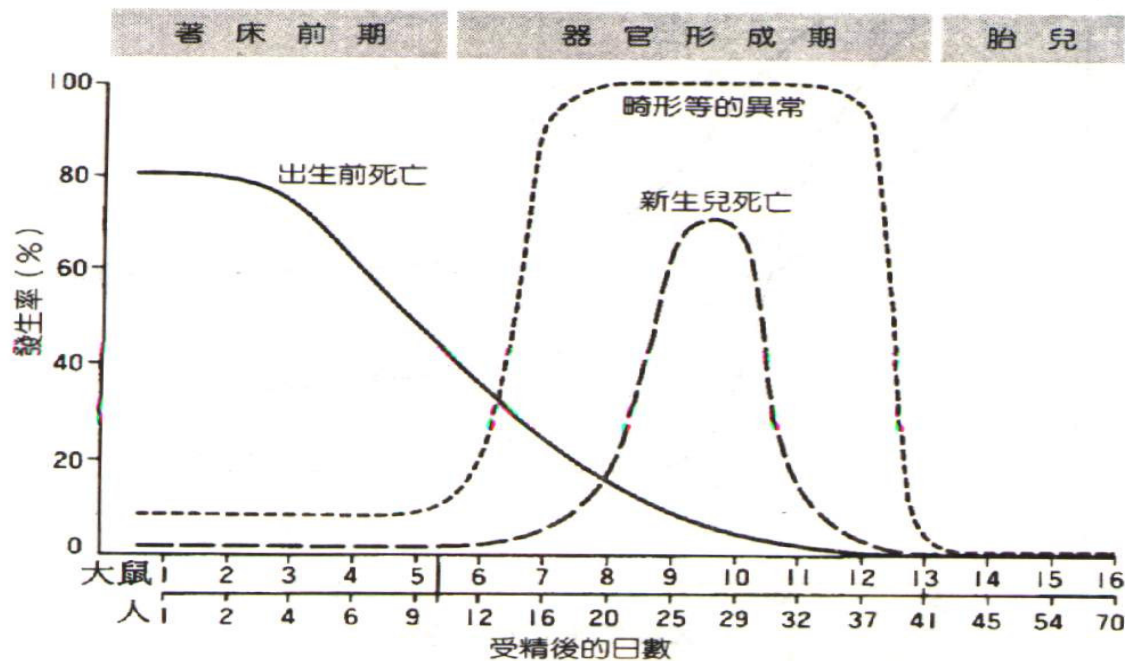


圖4-9 小鼠妊娠的不同時期經2Gy(200rad)的X線照射時對胎兒影響。橫軸下行是與小鼠妊娠天數相對應的人的妊娠天數(Russell, L.B.⁸⁾)

2. 人造源:

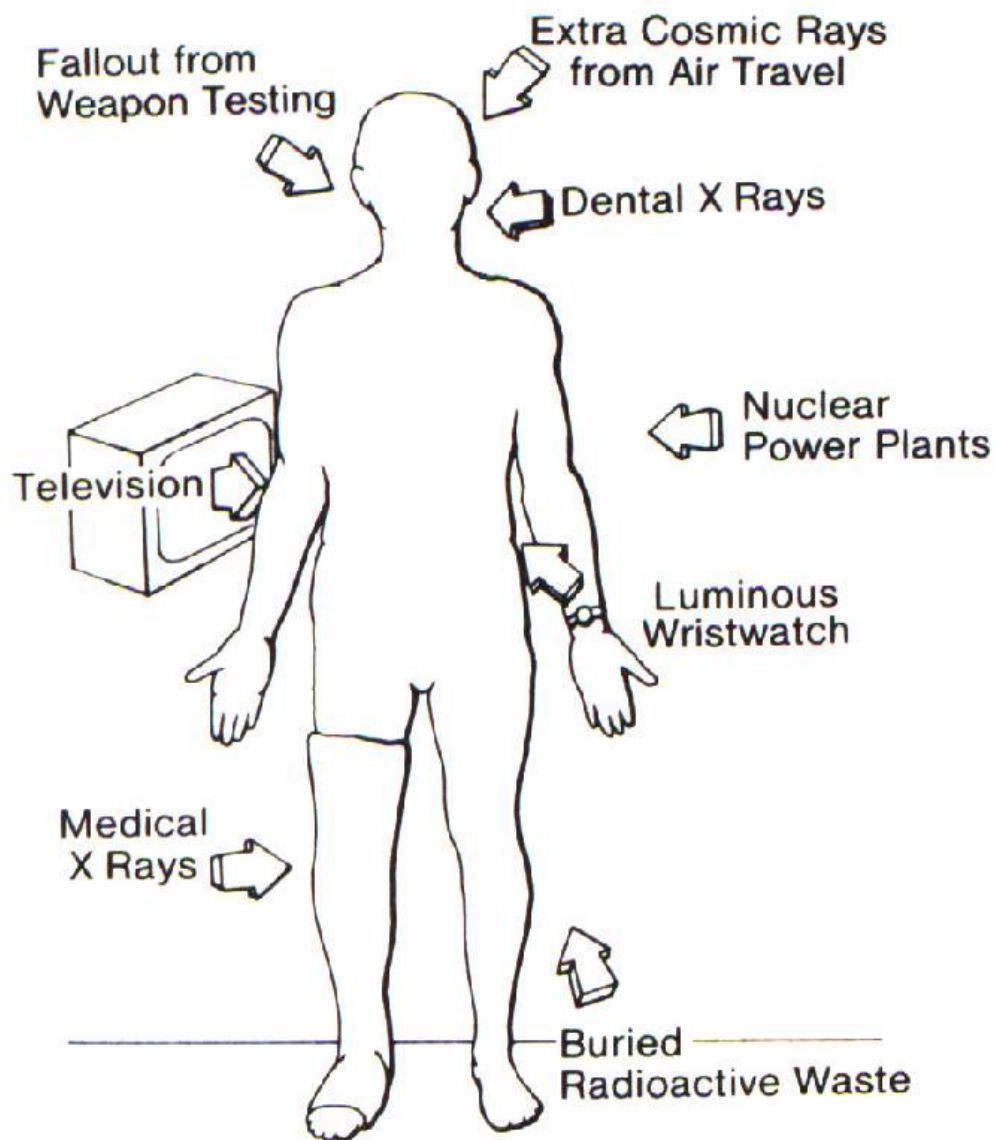


Figure 24-6. The various sources of man-made radiation to which the human population is exposed. In developed countries the effective dose is dominated by medical radiation.

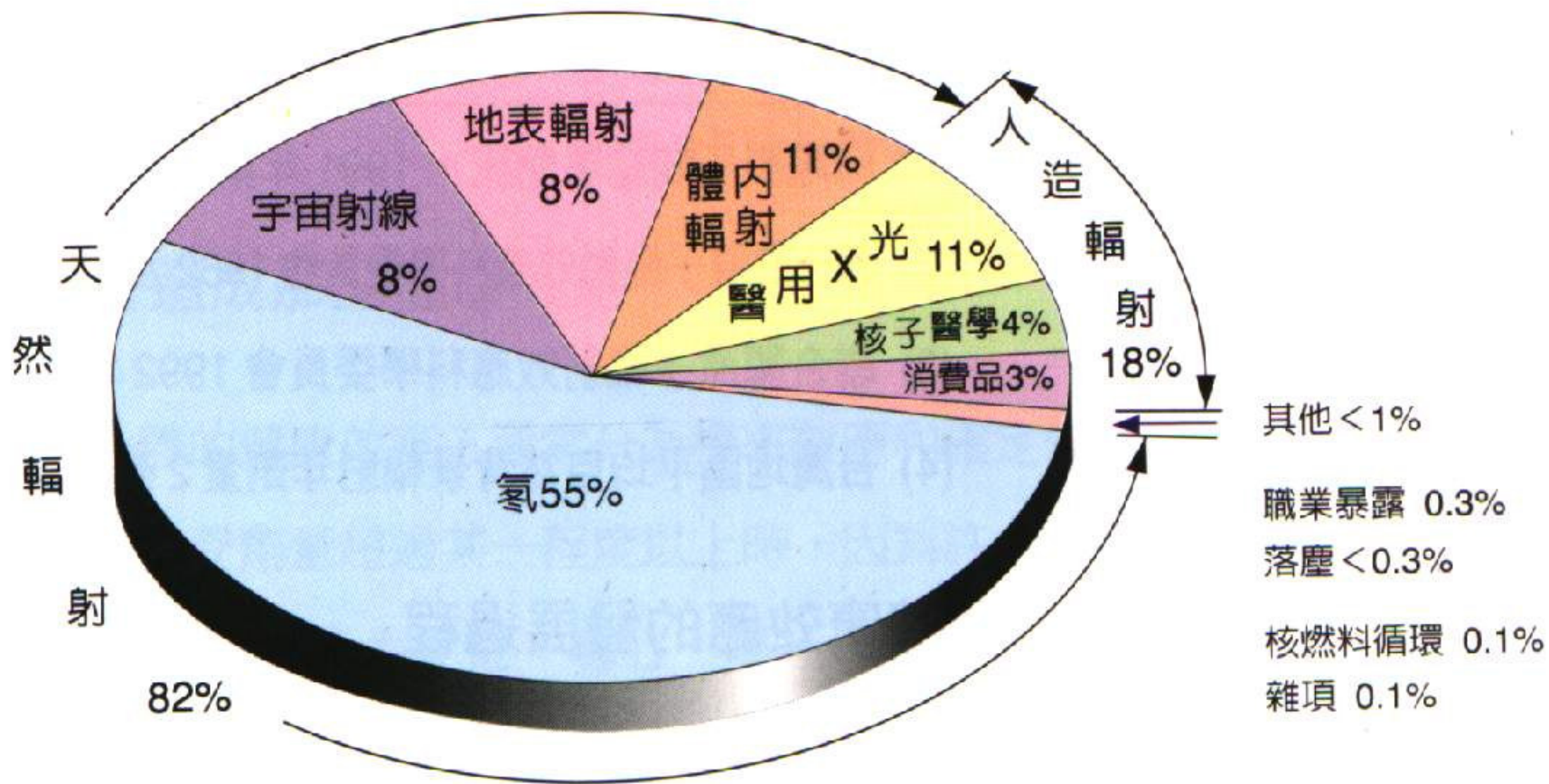


圖 3.3 美國民眾接受天然輻射與人造輻射比例圖
 平均接受值：3.66 mSv/年-人

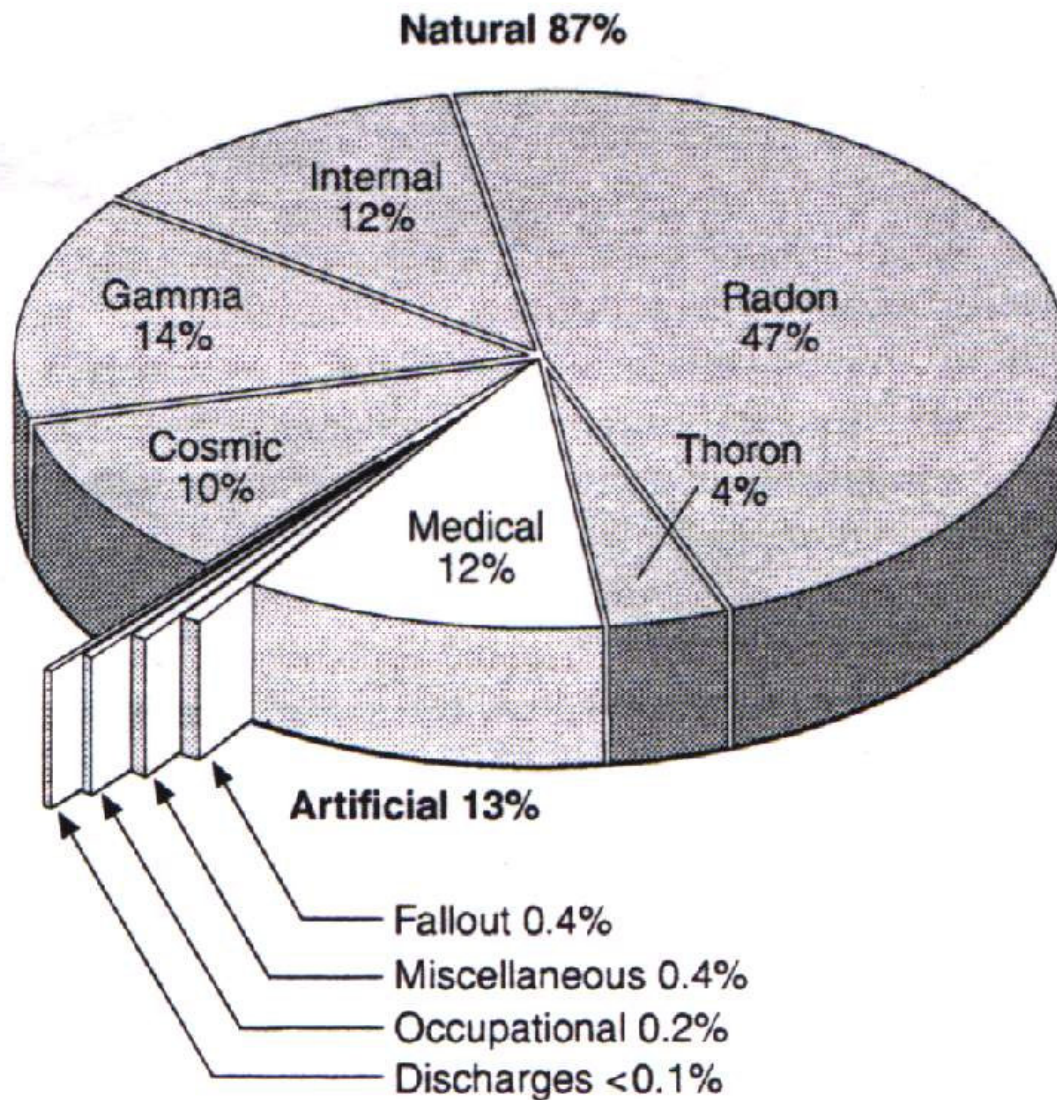


Fig. 12.1 The background radiation levels in the UK total an average of 2.5 mSv per year (by courtesy of the National Radiological Protection Board).

單位：毫西弗/人·年

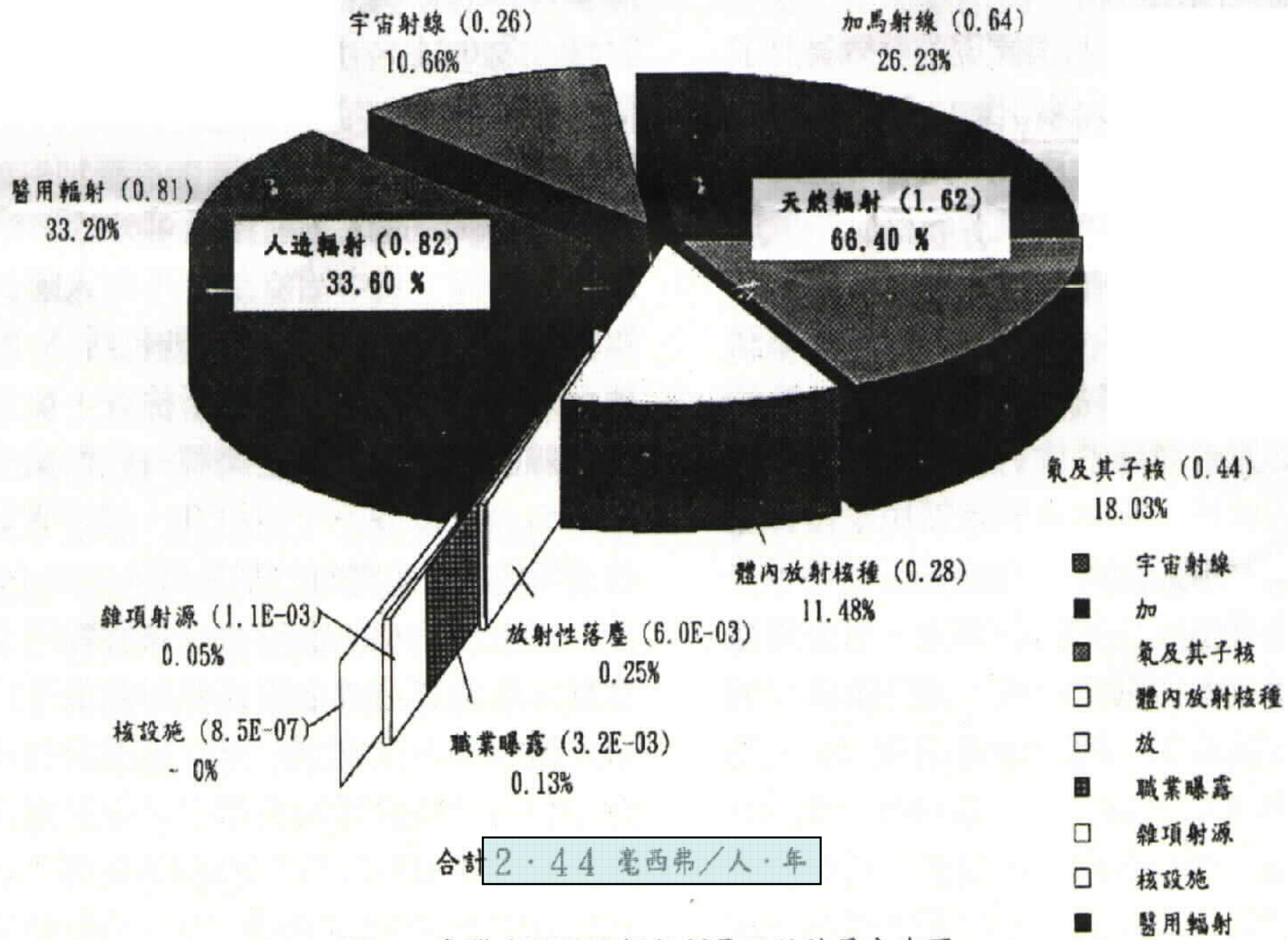
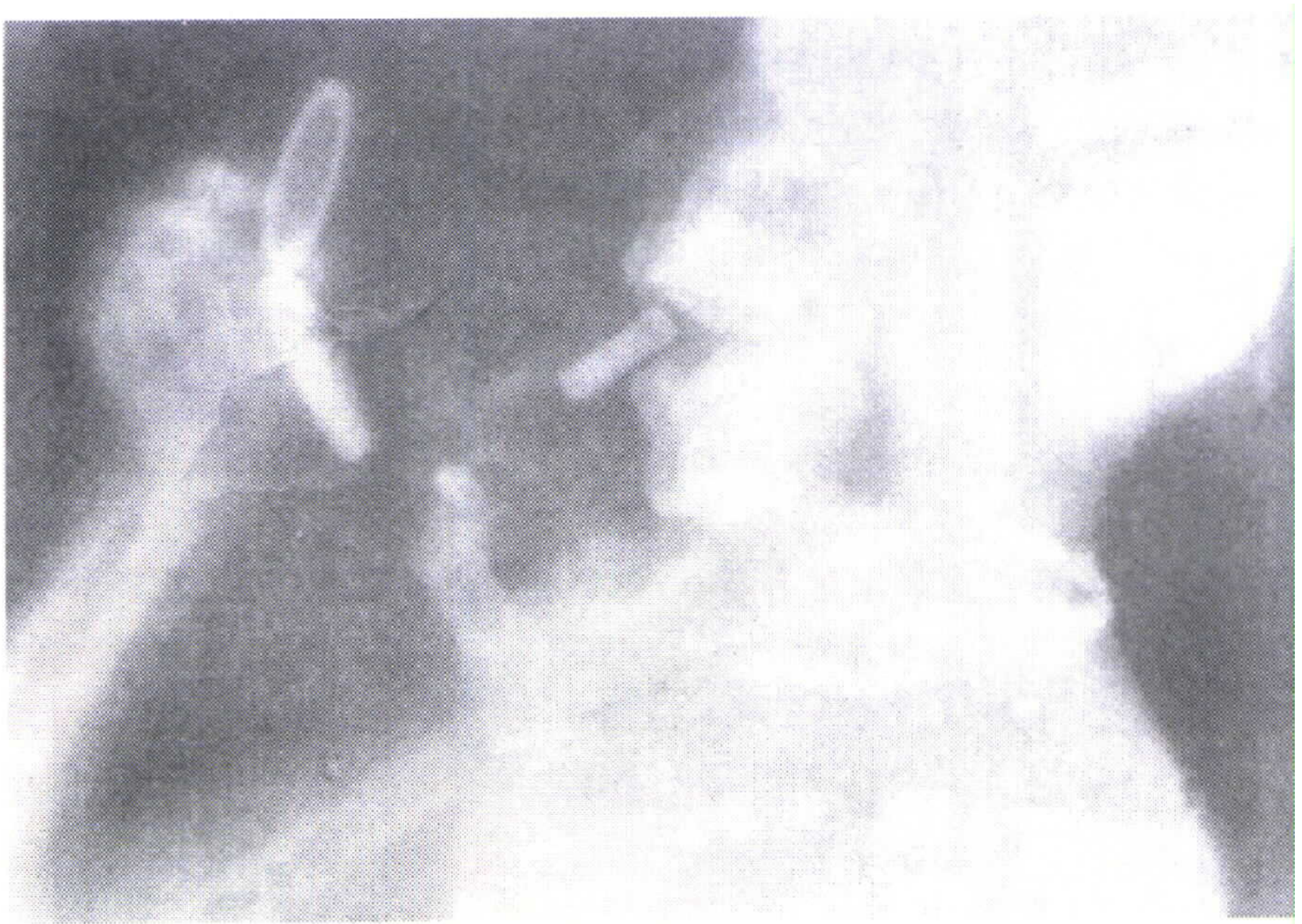
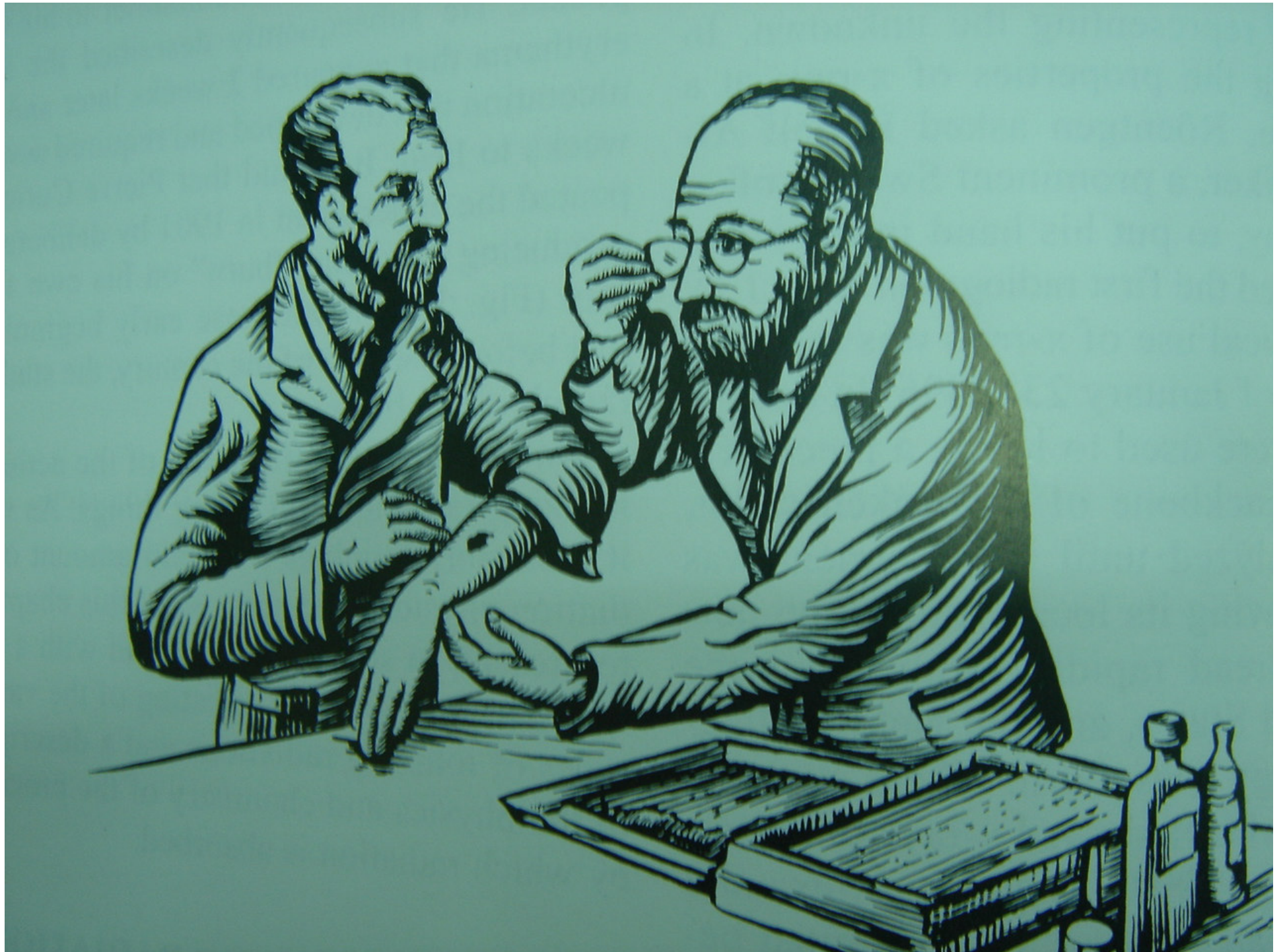


圖 臺灣地區國民輻射劑量評估結果分布圖



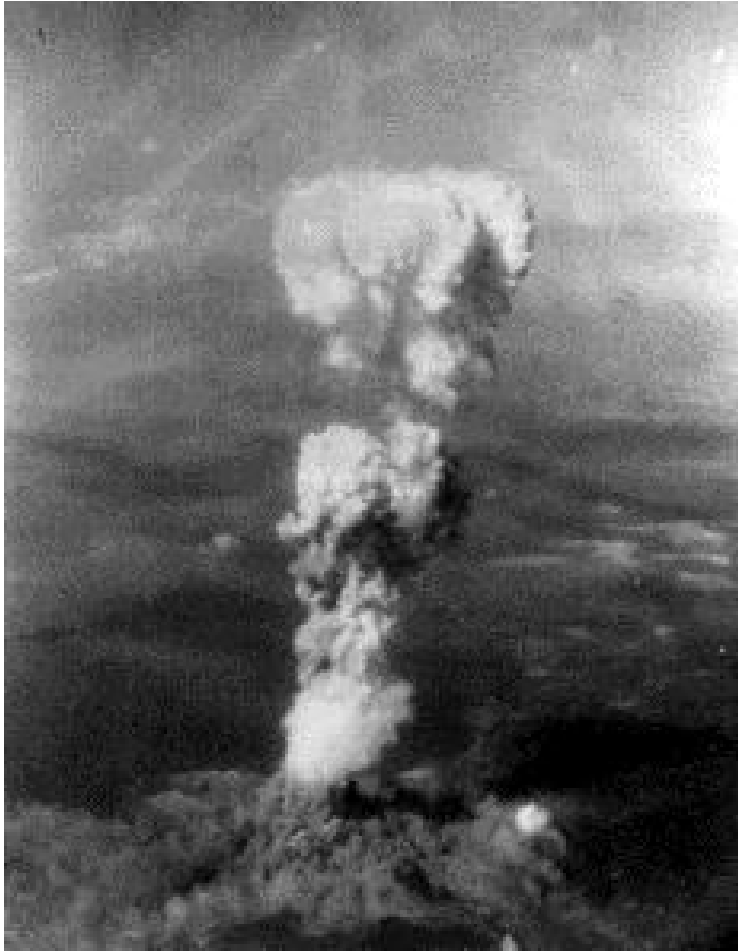
不知危險的婦女居然在 x 射線曝露下表演化粧



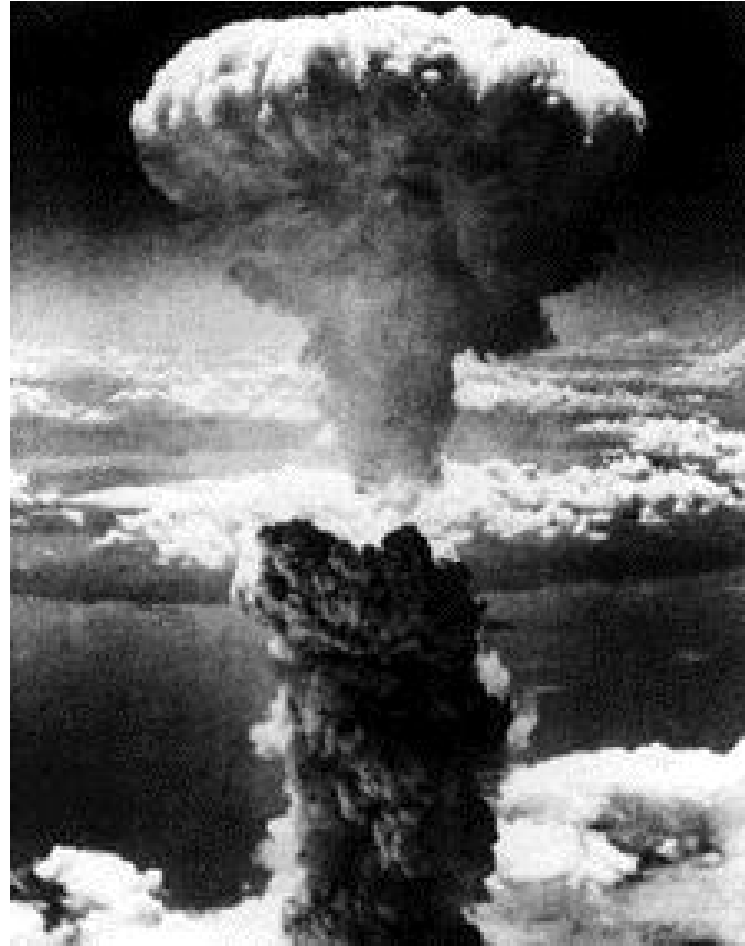
Hands of an X-ray technician in 1906,
who later died of cancer



Little Boy and Fat Man



August 6th, 1945 Hiroshima.



August 19th, 1945 Nagasaki

About 90,000-140,000 people were killed in Hiroshima and 60,000-80,000 in Nagasaki.

DNA

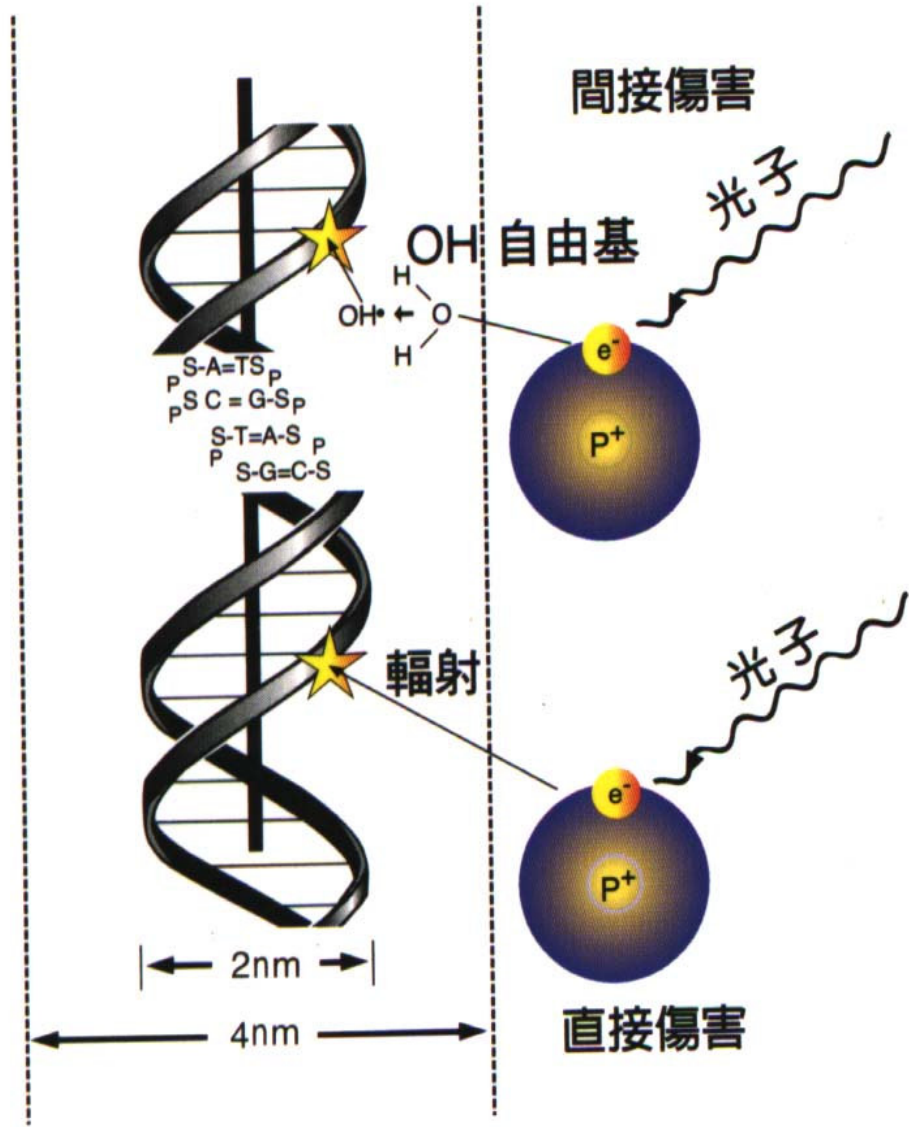


圖 3.4 游離輻射對細胞 DNA 的直接與間接傷害

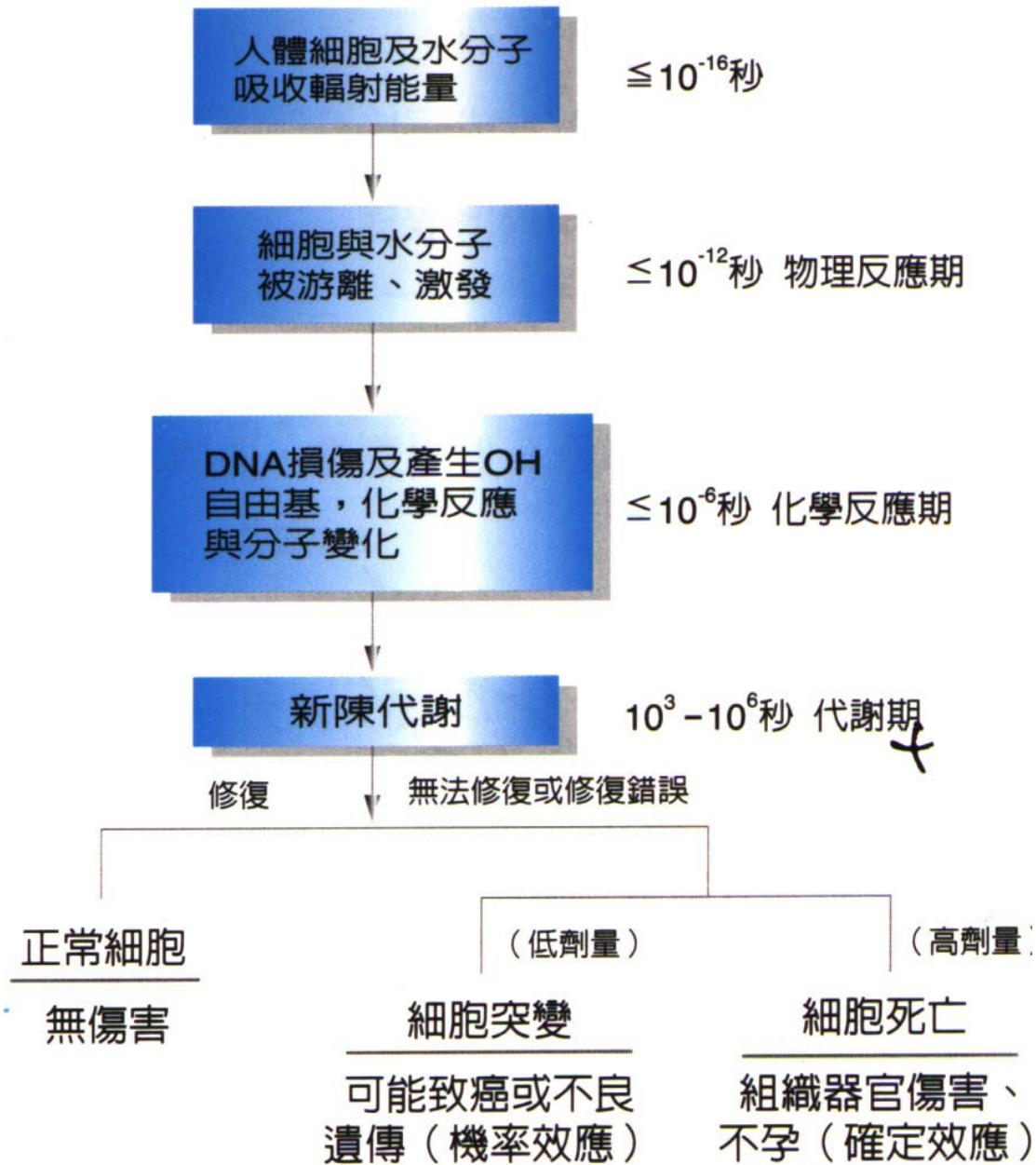
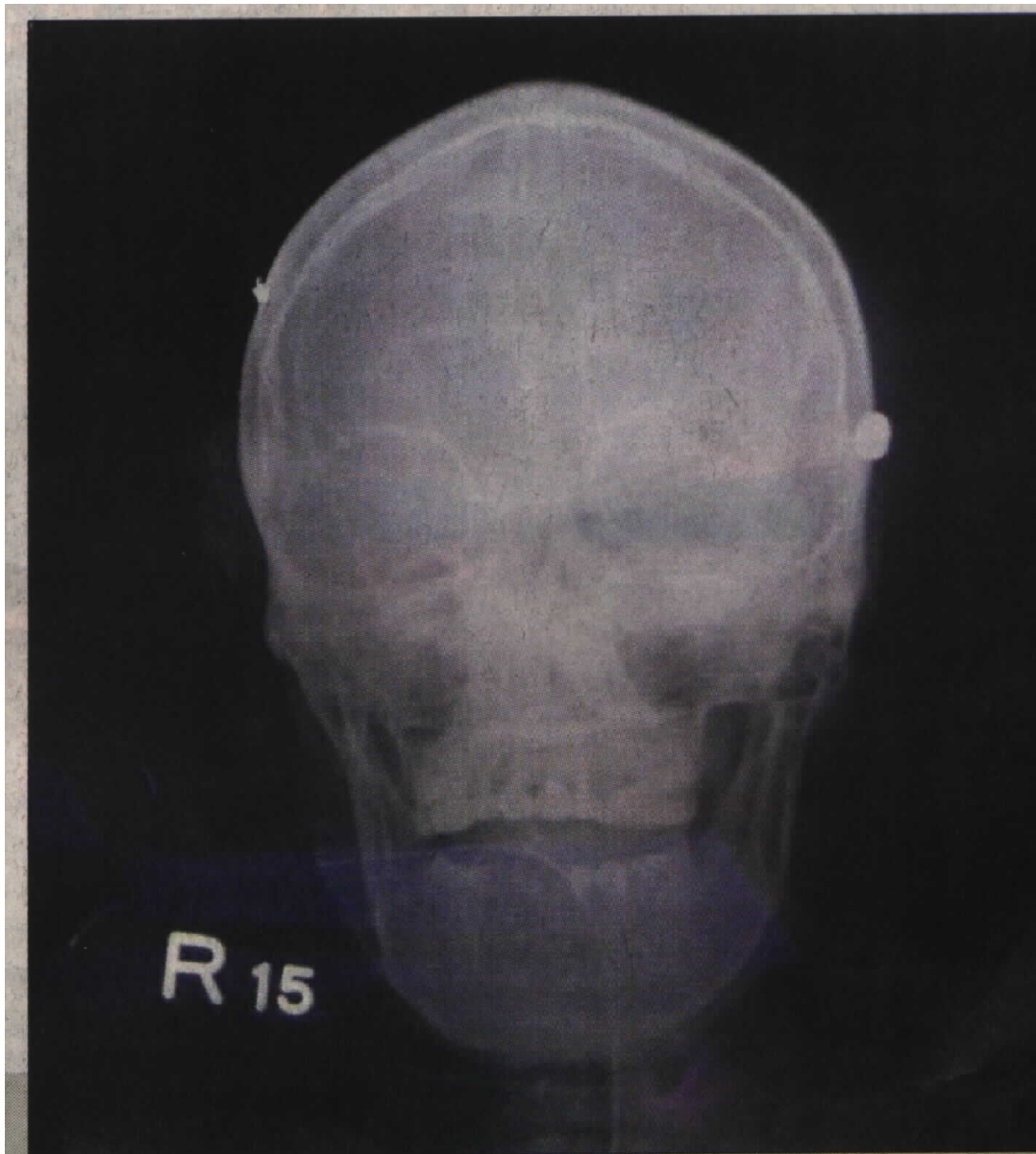


圖 3.5 輻射對人體健康效應之發展過程





◀▲家住桃園未滿18歲的林姓少年，昨天在大甲鎮舅舅家中用改造手槍自盡，送醫院已無呼吸，子彈從右邊太陽穴飛射卡在左邊太陽穴，家屬不願放棄，經光田醫院大甲分院插管與急救後，恢復心跳，子彈於晚間10時開刀取出但仍未脫離險境。
(吳敏菁攝)

白目停車格

2005 5 28



表 3.4 輻射健康效應的分類

軀體效應	急性效應	皮膚發生紅斑 骨髓、肺、消化道傷害 白血球減少 不孕 噁心、嘔吐、腹瀉	確定效應
	慢性效應	白內障 胎兒之影響等	
遺傳效應		白血病 癌症	機率效應
	遺傳基因突變或染色體變異所發生的各種疾病		

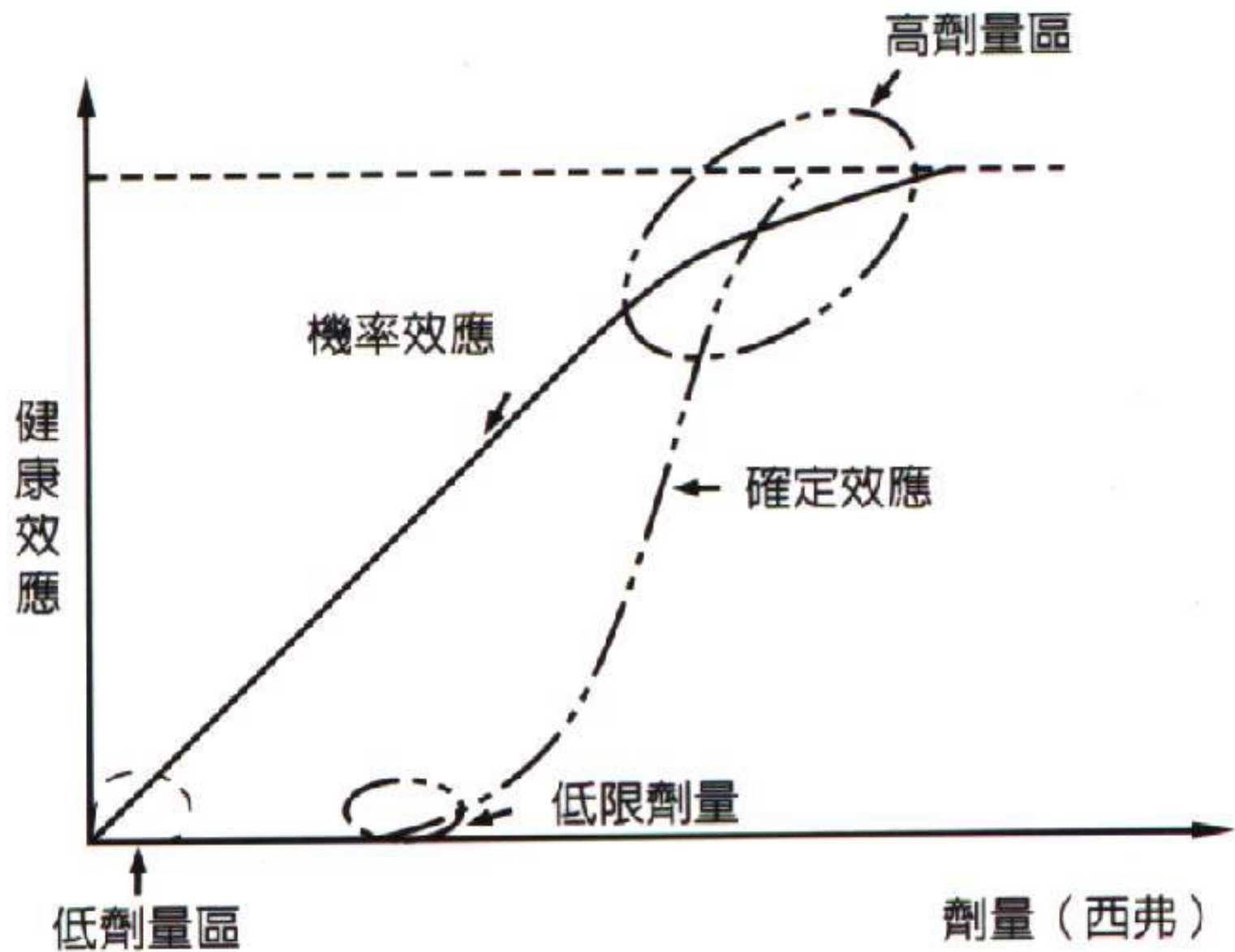


圖 3.6 輻射效應的低限和無低限的關係

Table 9-1

Evolution of Occupational Exposure Limits

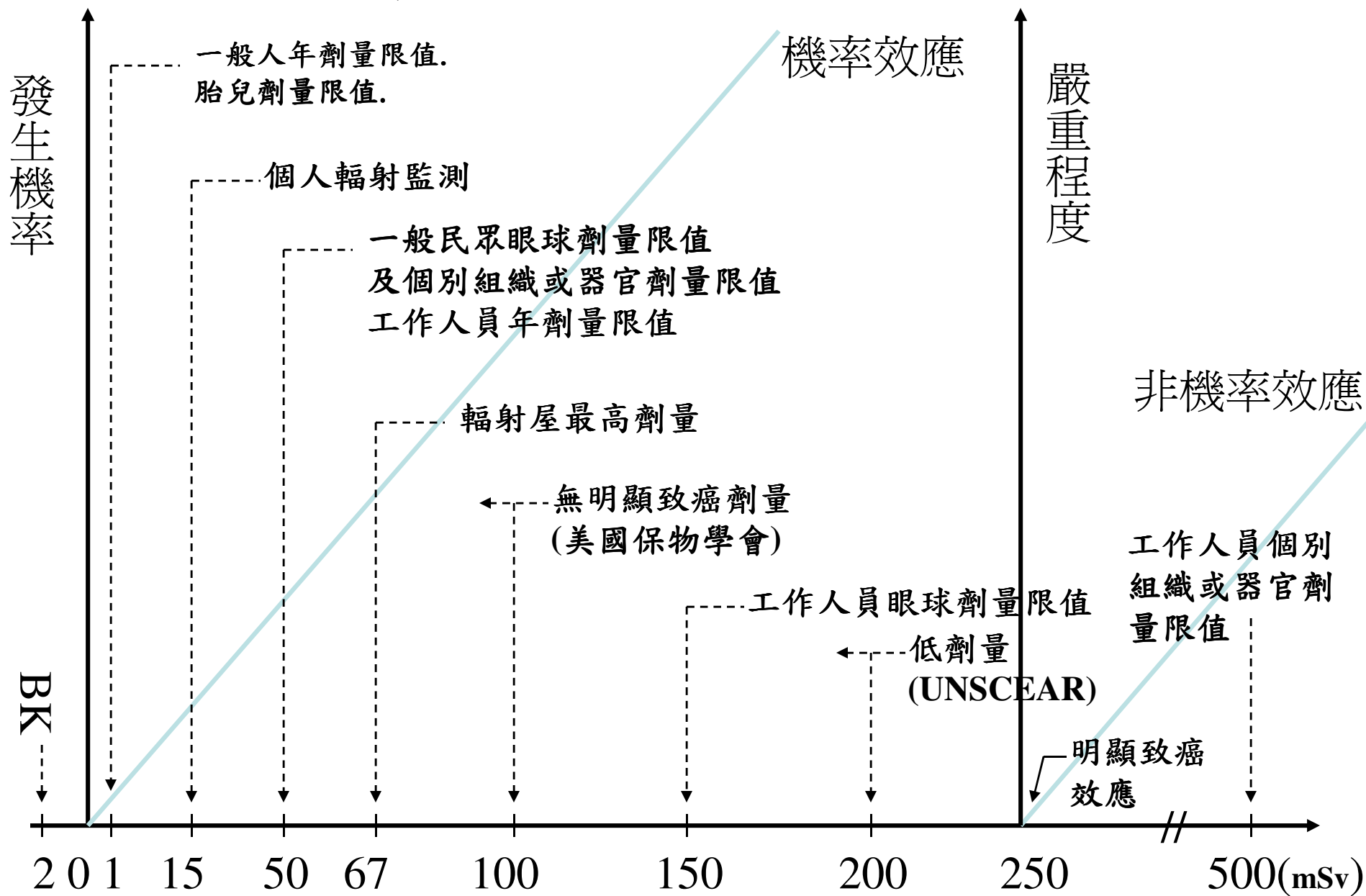
<i>Time Period</i>	<i>Limit</i>	<i>Authority</i>
1896 to early 1900s	Erythema dose	Generally accepted guideline
1902	Fogging of a photographic plate (dental film later used as a rudimentary film badge)	Rollins
1920s-1940s	Tolerance dose	Generally accepted guideline
1925	1/100 erythema dose (about 40 rem/yr)	Mutscheller
	1/10 erythema dose	Sievert
1931*	0.2 R/day (about 40 rem/yr)	Advisory Committee on X-Ray and Radium Protection
1936	0.1 R/day (about 20 rem/yr)	Advisory Committee on X-Ray and Radium Protection
1959	5 rem/yr Cumulative dose $5(N - 18)$	NCRP
1987	5 rem/yr Cumulative dose = age in rem	NCRP
1991	2 rem /yr (20mSv/y)	ICRP (not enforced yet in U.S.)

* The roentgen (R) was first proposed as a unit in 1928; these guidelines were not universally accepted.

TABLE 14.4. Basic Exposure Limits from NCRP Report No. 116 and ICRP Publication 60

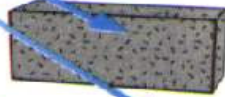
	NCRP-116	ICRP-60
<i>Occupational Exposure</i>		
Effective Dose		
Annual	50 mSv	50 mSv
Cumulative	10 mSv × age (y)	100 mSv in 5 y 連續5年內，每年平均不得超過20 mSv.
Equivalent Dose		
Annual	150 mSv lens of eye; 500 mSv skin, hands, feet	150 mSv lens of eye; 500 mSv skin, hands, feet <u>一旦懷孕確定，婦女腹部劑量限值為1mSv.</u>
<i>Exposure of Public</i>		
Effective Dose		
Annual	1 mSv if continuous 5 mSv if infrequent	1 mSv; higher if needed, provided 5-y annual average ≤ 1 mSv
Equivalent Dose		
Annual	15 mSv lens of eye; 50 mSv skin, hands, feet	15 mSv lens of eye; 50 mSv skin, hands, feet

劑量限值效應表



定量游離輻射的單位：

射源活度 (單位=貝克)



物質吸收劑量
單位=戈雷 (Gy)
每單位質量內所
吸收的游離輻射
能量 (J/Kg)

人體全身有效等效
劑量單位=西弗 (Sv)

$$H_E = \sum W_T \cdot H_T$$

W_T : 組織加權因數

(各組織或器官
產生致死癌症的
相對敏感度)

人體組織器官等效

劑量單位=西弗 (Sv)

$$H_T = DQ$$

D : 吸收劑量

Q : 射質因數

曝露單位：

1R = 1esu/1cc air at STP (0°C,
760 mmHg)

$$= 3.333 \times 10^{-10} \text{C/cc air.}$$

$$= 3.333 \times 10^{-10} \text{C} / 1.293 \times 10^{-6} \text{Kg air.}$$

$$= 2.58 \times 10^{-4} \text{C/Kg air.}$$

TABLE 14.1. Radiation Weighting Factors, w_R , from NCRP Report No. 116

Radiation	w_R
X and γ rays, electrons, positrons, and muons	1
Neutrons, energy < 10 keV	5
10 keV to 100 keV	10
> 100 keV to 2 MeV	20
> 2 MeV to 20 MeV	10
> 20 MeV	5
Protons, other than recoil protons and energy > 2 MeV	2 ^a
Alpha particles, fission fragments, and nonrelativistic heavy nuclei	20

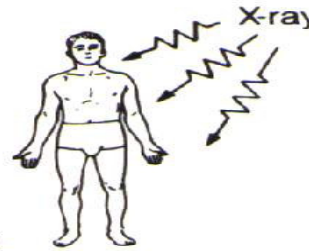
^aICRP Publication 60 recommends $w_R = 5$.

圖 2.2 輻射的單位示意圖

Total-Body Irradiation

Mass = 70 kg
LD/50/60 = 4 Gy
Energy absorbed =

$$\begin{aligned} 70 \times 4 &= 280 \text{ joules} \\ &= \frac{280}{4.18} = 67 \text{ calories} \end{aligned}$$



A X-ray

Drinking Hot Coffee

Excess temperature ($^{\circ}\text{C}$) = $60^{\circ} - 37^{\circ} = 23^{\circ}$
Volume of coffee consumed to
equal the energy in the LD/50/60 = $\frac{67}{23}$



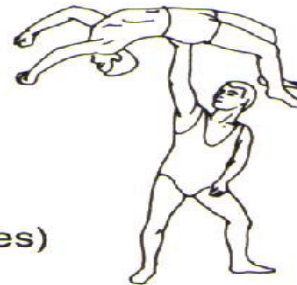
B

$$\begin{aligned} &= 3 \text{ mL} \\ &= 1 \text{ sip} \end{aligned}$$

Mechanical Energy: Lifting a Person

Mass = 70 kg
Height lifted to equal
the energy in the

$$\begin{aligned} \text{LD/50/60} &= \frac{280}{70 \times 0.0981} \\ &= 0.4 \text{ m (16 inches)} \end{aligned}$$



C

Figure 1-4. The biological effect of radiation is due *not* to the *amount* of the energy absorbed but to the *photon size*, or *packet size*, of the energy. **(A)** The total amount of energy absorbed in a 70-kg (154-lb) human exposed to a lethal dose of 4 Gy is only 67 calories. **(B)** This is equal to the energy absorbed when drinking one sip of hot coffee. **(C)** It also equals the potential energy imparted by lifting a person about 16 inches.

體溫上升與輻射照射量的關係：

$$D(\text{rad}) = E / m \times (10^{-2} \text{ J/Kg-rad}) = 4.186 (\text{J/cal}) s \Delta T / (10^{-2} \text{ J/Kg/rad})$$

$$D = 4.186 s \Delta T / 10^{-2} (\text{J/Kg/rad})$$

$$= 4.186 (\text{J/cal}) \times (170 \text{ cal/Kg}^\circ\text{C}) \times \underline{0.2^\circ\text{C}} \times 100 (\text{Kg/J})\text{-rad.}$$

$$= 142,000 \text{ rads.}$$

$$= 1,420 \text{ Gy.}$$

所以 要造成被照射體每單位質量溫度上升**0.2 °C**需**1420 Gy**的劑量，
此時 人必死無疑。

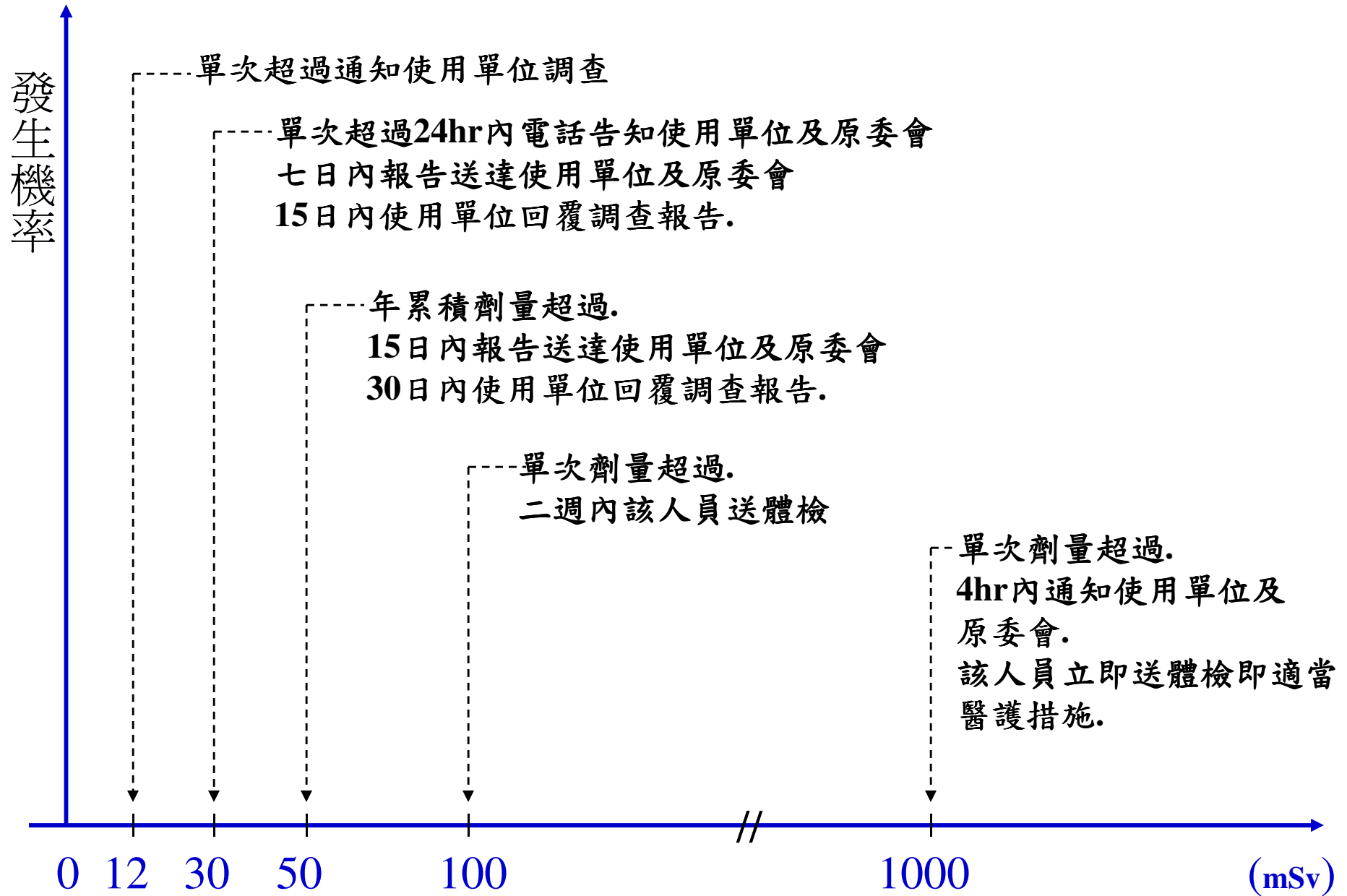
在臨床放射治療：**2Gy/天**：溫度只上升：**0.00028 °C**。

表 3.6 急性全身曝露之確定效應症狀

一次劑量 (毫西弗)	確定效應之症狀
250 以下	無可察覺症狀。可能引起血液中淋巴球的染色體變異。
250-1,000	可能發生短期的血球變化 (淋巴球、白血球減少)，有時有眼結膜炎的發生，但不致產生機能之影響。
1,000-2,000	有疲倦、噁心、嘔吐現象，血液中淋巴球及白血球減少後恢復緩慢。
2,000-4,000	24 小時內會噁心、嘔吐，數週內有脫髮、食慾不振、虛弱，腹瀉及全身不適等症狀，可能死亡。
4,000-6,000	與前者相似，但症狀顯示的較快，在2-6週內死亡率為 50%。
6,000 以上	若無適當醫護，死亡率為 100%。

資料來源：ICRP、BEIR 報告

劑量異常處置表



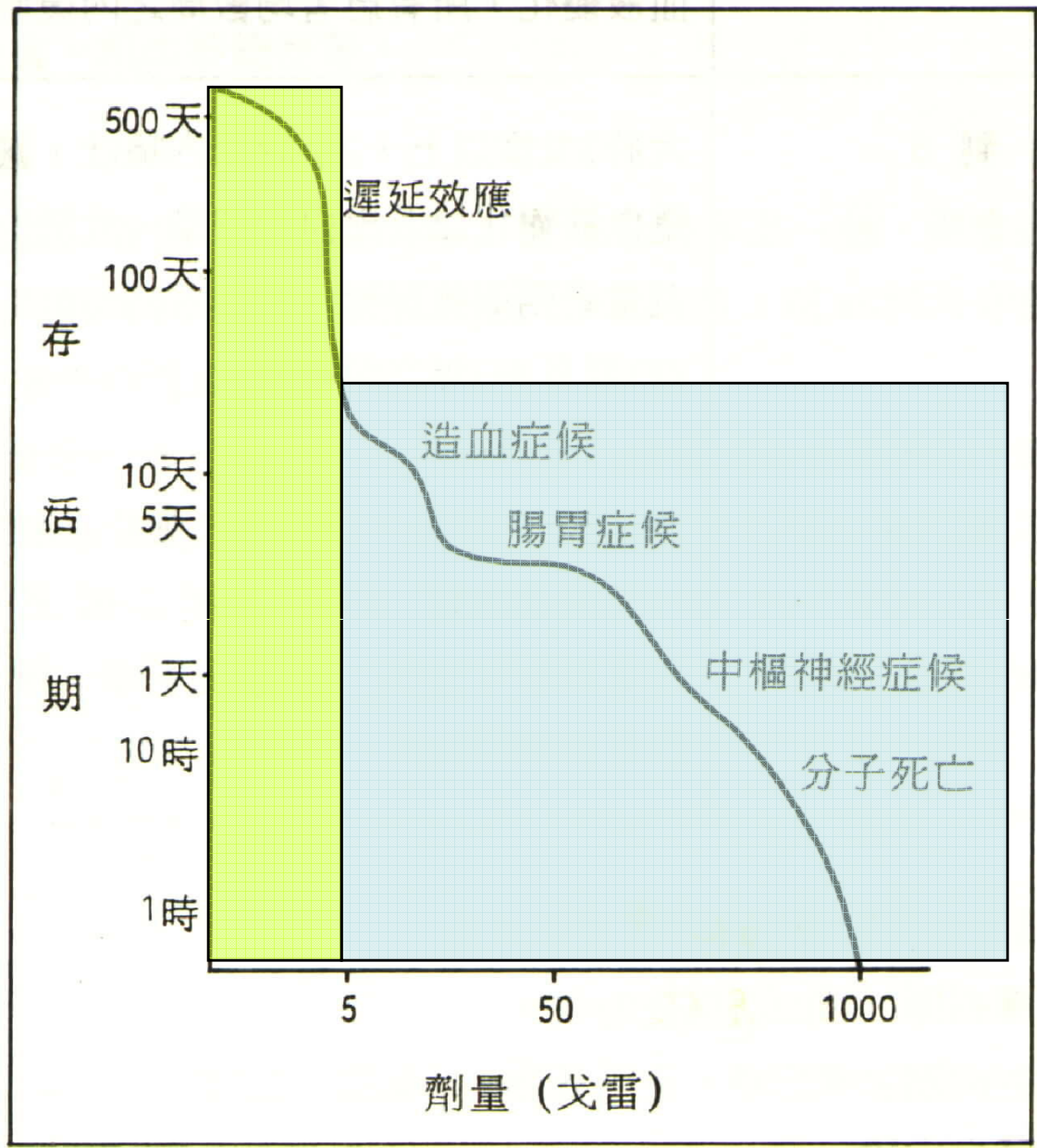


圖 5 急性傷害存活期與劑量之關係

TABLE VII. SERIOUS RADIATION ACCIDENTS REPORTED (1945–1987)

Type of facility	No. of events	Overexposures ^a	Deaths
<i>Nuclear facilities</i>	27 (34%)	272 (64%)	35 (59%)
<i>Non-nuclear facilities</i>			
Industry	42 (52%)	84 (20%)	20 (34%)
Research	7 (9%)	10 (2%)	– (–)
Medical	4 (5%)	62 (14%)	4 (7%)
	80 (100%)	428 (100%)	59 (100%)

^a An overexposure is taken here as exposure of the whole body, blood forming organs or other critical organs to 0.25 Sv or more; of skin to 6 Sv or more; other external exposure of 0.75 Sv or more; and internal contamination of half or more of the 'maximum permissible organ burden'. (The concept of the 'maximum permissible organ burden' has now been superseded by the concept of the 'annual limit of intake'.) The table excludes patient related events and off-site exposures at Chernobyl.

TABLE VIII. FATAL RADIATION ACCIDENTS REPORTED (1945-1987)^a

Year	Location	Radiation source	Fatalities	
			Worker	Public
1945	Los Alamos, USA	Critical assembly	1	
1946	Los Alamos, USA	Critical assembly	1	
1958	Vinča, Yugoslavia	Experimental reactor	1	
1958	Los Alamos, USA	Critical assembly	1	
1961	Switzerland	Tritiated paint	1	
1962	Mexico City, Mexico	Lost radiography source		4
1963	China	Seed irradiator		2
1964	Germany, Federal Republic of	Tritiated paint	1	
1964	Rhode Island, USA	Uranium recovery plant	1	
1975	Brescia, Italy	Food irradiator	1	
1978	Algeria	Lost radiography source		1
1981	Oklahoma, USA	Industrial radiography	1	
1982	Norway	Instrument sterilizer	1	
1983	Constituyentes, Argentina	Research reactor	1	
1984	Morocco	Lost radiography source		8
1986	Chernobyl, USSR	Nuclear power plant	29	
1987	Goiânia, Brazil	Removed teletherapy source		4
Total: 17 events with 59 fatalities			40	19

^a In nuclear facilities and non-nuclear industry, research and medicine (excluding patient related events).

可發生游離輻射設備安全操作守則

1. 有適當之輻射警示標語及警語。
2. 須裝有安全迴路系統以防輻射外漏。
3. 輻射劑量須符合游離輻射防護法規定。
4. 工作室之屏障須符合原子能法規規定。
5. 工作人員在職訓練及輻射防護定期講習。
6. 工作人員須年滿十八歲及領有操作執照。
7. 設備之所有人，應同原子能委員會申請執照。
8. 設備之安裝、改裝，在工程完竣後，應向原子能委員會申報安全檢查及游離輻射量測量。
9. 操作人應受有關游離輻射防護之訓練，並應領有原子能委員會發給之執照。
10. 設備在使用前應作游離輻射防護之安全檢查，檢查紀錄應存備考查。
11. 設備之開始、停止或再開始運轉時，應申報原子能委員會核准
13. 儘一切合理之努力，以維持輻射曝露，在實際上遠低標準劑量之限度。

可發生游離輻射設備緊急事故處理程序

EMERGENCY OFF 按鈕失效：

立即切斷牆上的主電源控制箱的斷電器。

X-RAY的輸出無法中止：

請依序中止之

按操控台上的POWER OFF鍵

若仍無法停止，按EMERGENCY OFF紅色按鈕

切斷主電源控制箱

立即通知維修人員到場維修

遇火災時

按下附近的EMERGENCY OFF紅色按鈕

立即撤退所有人員到安全地區

啟動火災呼救系統

取用平時所備用之滅火器具

停電時

關閉所有機器開關。

當電源恢復供應時，請依正常的開機移序及溫機程序

意外輻射暴露

若有人員遭受到輻射暴露或超量輻射時，立即關閉機器，通知輻防人員處理。

放射性實驗室輻射安全守則

1. 進入實驗室時必須穿工作衣與套鞋，用畢應放回原處。
2. 在進入實驗室內不得吸菸或飲食，並避免使用化妝品。
3. 如非必要私人物品勿攜進室內，實驗所產生之廢料應按規定收集、處理。
4. 處理放射物質時應戴橡皮手套，皮膚如果有外傷應避免從事放射性工作。如必須工作，應將傷口妥善包紮。
5. 吸取液態放射性物質時，應使用安全吸球，絕對禁止以口接觸吸管吸取。
6. 操作鬆散的放射性物質，或加熱處理過程，應在氣櫃中進行。
7. 盛裝放射性物質之容器，應標示放射性標誌。
8. 實驗過程中如不慎吸入放射性物質，或發生與放射性物質有關之身體傷害時，應即通知輻射防護人員。
9. 工作完畢時，應測定工作場所如檯面、地面、氣櫃、水槽等處是否污染，如有汙染應即除污。
10. 離開實驗室前，應偵測本身是否受到汙染。如發現汙染，應即依人員除污步驟進行除污，當確認已無汙染時始得離去。

人員除污步驟

- 一、用中性肥皂或肥皂粉，以較柔軟之皮革或橡膠，在污染部位輕擦數次，每次約二到三分鐘，再用清水沖洗。
- 二、如上述步驟無法除污時，則在污染部位塗上二氧化鈦(TiO_2)軟膏，約三分鐘後，用溫肥皂水刷洗，必要時得重複一次。
- 三、如上述步驟尚未完成除污時，則使用飽和的高錳酸鉀溶液與同體積的0.2N硫酸混合溶液。繼之用溫水沖洗，然後以新配的5%亞硫酸氫鈉(NaHSO_4)溶液擦洗，擦洗時間也不要超過二分鐘。最後再用肥皂洗滌及清水沖洗。除污後塗以少許羊毛脂或雪花膏，以防止皮膚龜裂。

如上述各步驟均未能達到除污要求時，則應向輻射防護人員報告，以便採行必要措施。



Satoshi Sekiguchi / AP