

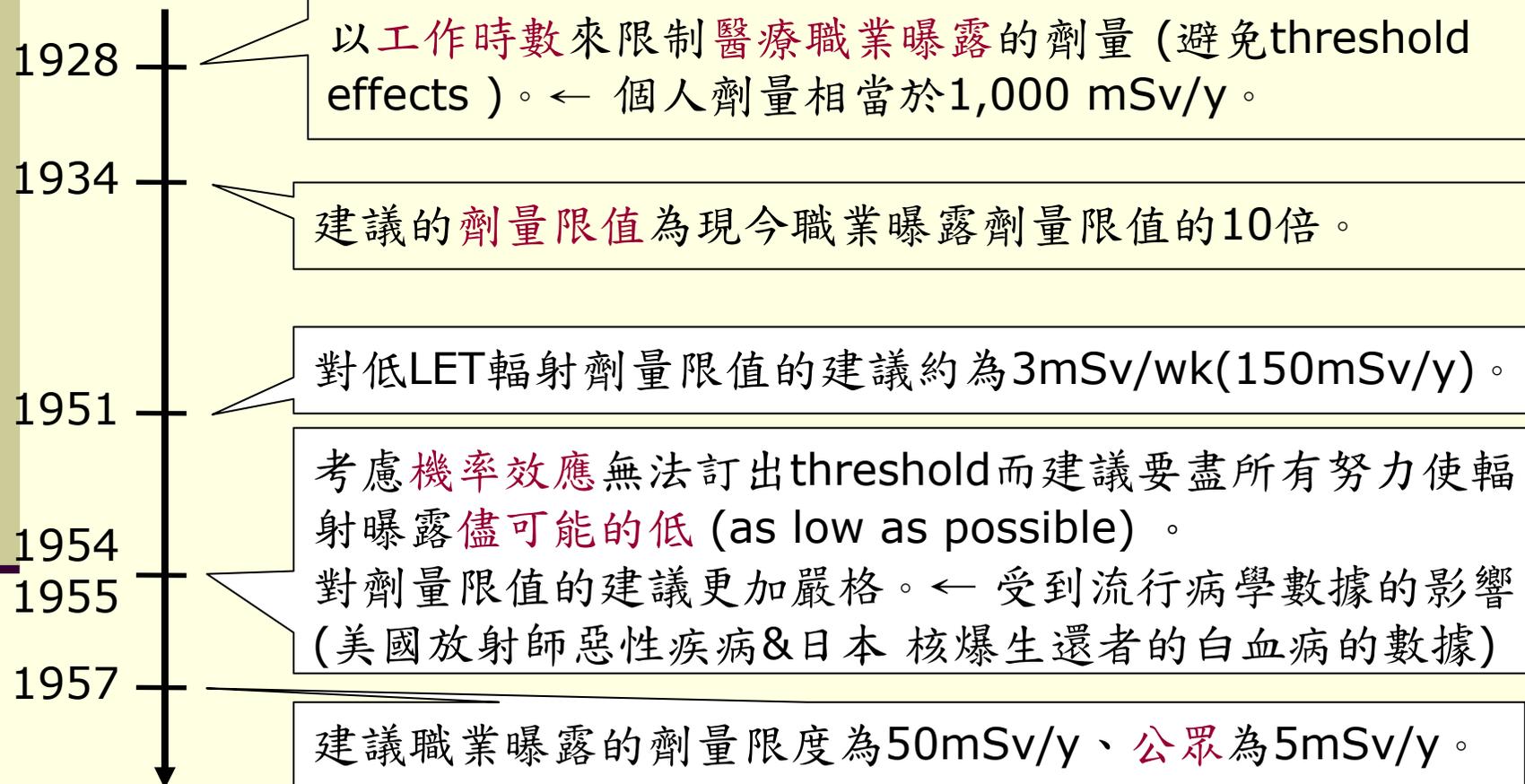
ICRP 2007建議內容簡介

輻射防護處
96年12月5日

前言

- 為限制輻射源或輻射作業之輻射曝露，主管機關應參考國際放射防護委員會最新標準訂定游離輻射防護安全標準，並應視實際需要訂定相關導則，規範輻射防護作業基準及人員劑量限度等游離輻射防護事項。（游離輻射防護法第五條）
- 2007 發布新建議草案。

ICRP建議的發展歷程



ICRP建議的發展歷程

1959 — **ICRP-1**

使輻射曝露盡可行的低 (as low as practicable)

1964 — **ICRP-6**

1966 — **ICRP-9**

1977 — **ICRP-26**

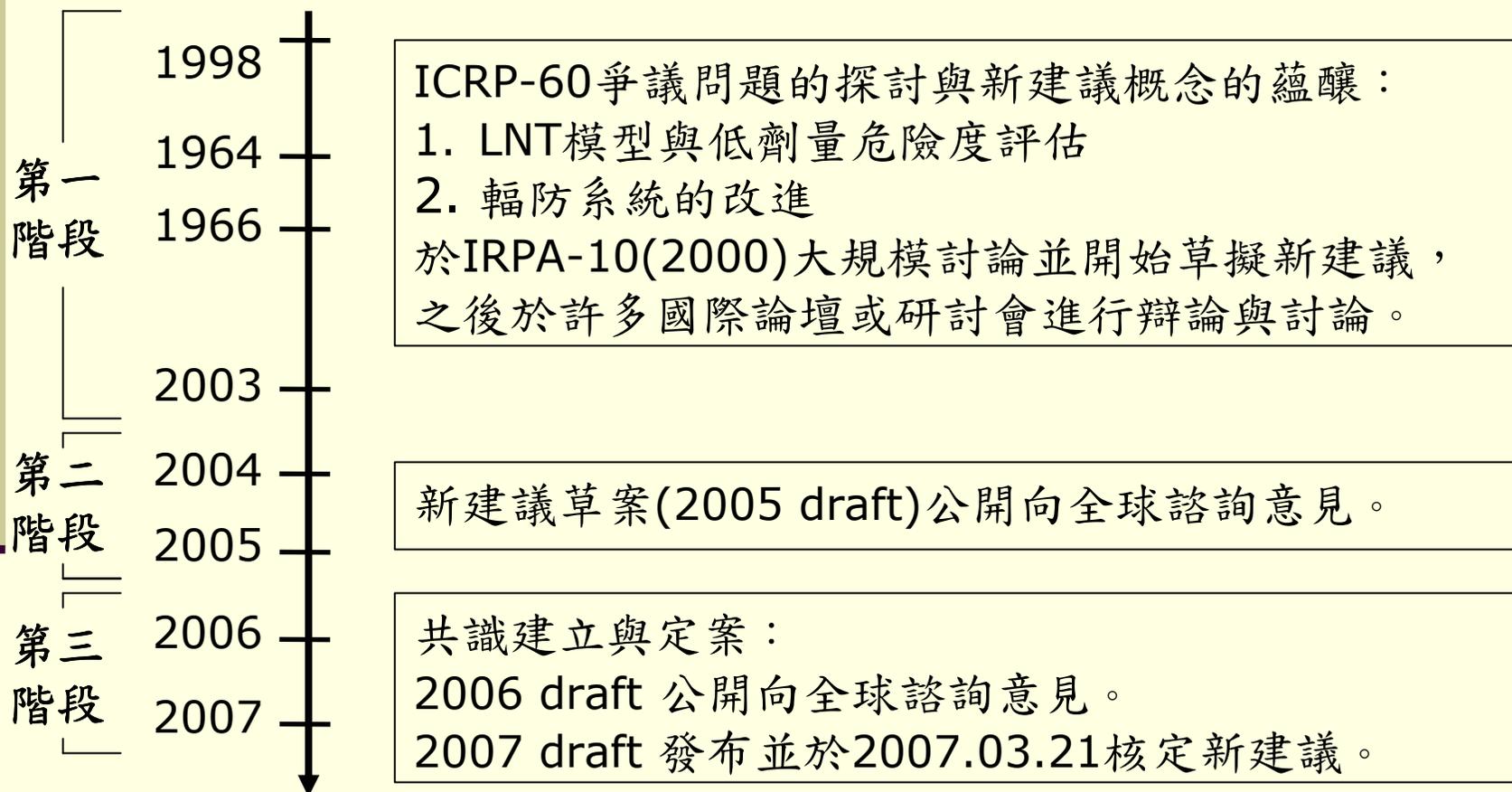
1991 — **ICRP-60**

2007 — **ICRP-?**

1. 定量機率效應的risk。
2. 提出了一套劑量限制系統：
 - ① 正當化(justification)
 - ② 最適化(optimization of protection)
 - ③ 個人劑量限值(individual dose limitation)
3. 考慮社會與經濟因素，使輻射曝露合理抑低。(as low as reasonable achievable)

1. 上修機率效應的risk。
2. 將劑量限制系統延伸成輻防系統：
 - ① 區別實踐(practices)與干預(interventions)
 - ② 重點在最適化，並導入劑量約束(dose constraint)的概念。
3. 劑量限度修改：工作人員為平均20mSv/y、公眾為1mSv/y(1978)

ICRP建議的發展歷程



ICRP 2007新建議的目標

核心目標

針對人類的輻射防護

The achievement of the radiological protection of human being



ICRP 2007新建議的目標

- 建立一套適當的防護水平，以防止人類及環境受到輻射曝露的危害效應，而不至於過度限制與此類曝露有關但有益的人類活動。
 - 輻射曝露與健康效應的科學知識。
 - 人類與環境輻射防護的模型。
 - 就不同種類危害間的相對重要性及危害與利益的權衡做出價值判斷。

ICRP 2007新建議的目標

■ 人類輻防系統

- 防止確定效應(組織反應)的發生。
- 降低機率效應(癌症或遺傳效應)的危險度至最小。

■ 環境的輻防系統

- 降低其他物種發生輻射效應的機率至一定水平以下，使輻射效應對生物多樣性的維持、物種保存、自然棲息地及群落與生態系統的衝擊低至可忽略的程度。

ICRP 2007新建議的主要特色

- 依最新的輻射曝露相關生物學及物理學資料更新輻射危害係數，並更新輻射加權因數(W_R)與組織加權因數(W_T)。
- 維持ICRP輻防三原則：正當化、最適化、劑量限值。(第5章)
- 不再使用過去以輻射作業與干預為基礎的輻防取向，改以將相同的射源關聯原則應用在所有可控制曝露的情境，並將曝露情境分為規畫、緊急、既存曝露情境。(第5章)

ICRP 2007新建議的主要特色

- 維持ICRP對所有列管射源之個人有效劑量及等效劑量限度的建議，代表主管機關對於規劃曝露情境所能接受的最大劑量。(第5、6章)
- 強化輻防最適化原則，使其能以相同方式應用於所有曝露情境，對個人劑量賦予限制，即規劃情境中的劑量約束及緊急及既存暴露情境中的參考基準。(第5、6章)
- 納入關於人類以外物種的輻射防護方針並提出其觀念架構，惟聲明目前尚無具體策略。(第8章)

輻射對生物體的效應

■ 改變(change)：

- 細胞層次，可能有害或無害。

■ 損傷(damage)：

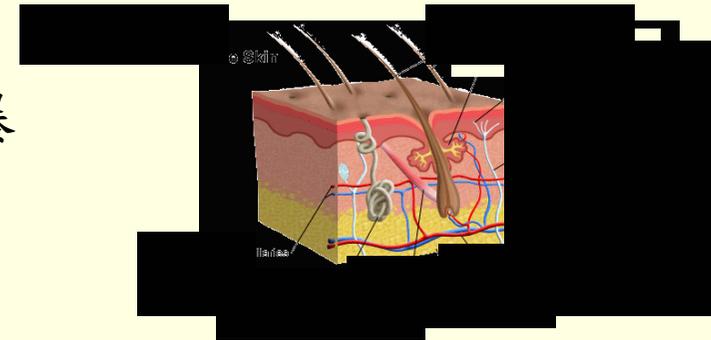
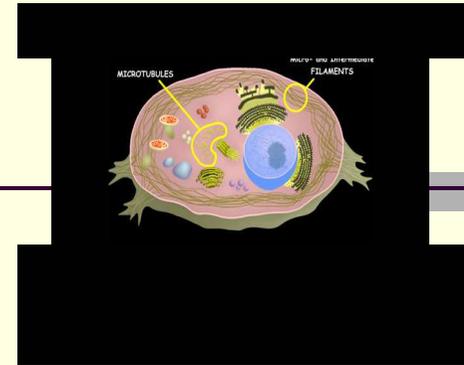
- 個體層次以下有害改變，對受曝個體不一定有害。

■ 損害(harm)：

- 受曝個體或後代，臨床可見的有害效應。

■ 危害(detriment)

- 考慮損害的發生機率、嚴重程度和曝露後損害出現的時程分布的聯合作用(健康危害)。



輻射的生物效應

- 組織效應 (tissue effect)
 - ICRP-41：非機率效應 (non-stochastic effect)
 - ICRP-60：確定效應 (deterministic effects)
 - ICRP 2007 draft：組織效應 (tissue effects)
- 晚期表現的健康效應
(late-expressing health effect)
 - 機率效應 (stochastic effects)

晚期表現健康效應(機率效應)

癌症

人類輻射曝露的流行病學數據
(A-bomb Life Span Study : DS02)

ICRP(2007) DS02
ICRP-60 DS86

輻射相關的終身癌症罹患危險度
(radiation-associated lifetime
cancer incidence risk)

劑量與劑量率效能因數
(dose and dose rate
effectiveness factor ; DDREF)

DDREF=2

★ 標稱致癌危險度(不同組織)(risk Sv⁻¹)
(nominal risk coefficients)

ICRP(2007) 發生率
ICRP-60 死亡率

★ 致死率
(lethality)

★ 對生活品質影響
(quality of life)

★ 相對壽命損失
(relative life lost)

↓
癌症的危害
(detriment for cancer)

損害的發生機率
損害的嚴重程度
損害出現的時程分佈

↓
組織加權因素(W_T)
(tissue weighting factor)

組織	ICRP 2007 draft			ICRP-60	
	危害(detriment) (10^{-2}Sv^{-1})	相對危害	W_T	危害(10^{-2}Sv^{-1})	W_T
胃	0.677	0.118	0.12	1.00	0.12
肺	0.903	0.157	0.12	0.80	0.12
結腸	0.479	0.083	0.12	1.03	0.12
紅骨髓	0.615	0.107	0.12	1.04	0.12
▶ 乳腺	<u>0.798</u>	<u>0.139</u>	<u>0.12</u>	<u>0.36</u>	<u>0.05</u>
▶ 其他組織	1.135	0.198	0.12	0.59	0.05
甲狀腺	0.127	0.022	0.04	0.15	0.05
食道	0.131	0.023	0.04	0.24	0.05
肝	0.266	0.046	0.04	0.16	0.05
膀胱	0.167	0.029	0.04	0.29	0.05
骨表面	0.051	0.009	0.01	0.07	0.01
皮膚	0.040	0.007	0.01	0.04	0.01
▶ 腦			0.01		
▶ 唾液腺			0.01		
卵巢	0.099	0.017			
▶ 性腺(遺傳)	0.254	<u>0.044</u>	<u>0.08</u>	<u>1.33</u>	<u>0.2</u>
總和	5.743	1	1	7.3	1

From ICRP (2007) draft and ICRP (1991)

人類的輻射防護體系

■ The System of Radiological Protection of Human

曝露分為三種類型：

- 職業曝露。
- 醫療曝露。
- 公眾曝露。

■ 同一個人受到數種類型的曝露，不同類型的曝露不必相加。

曝露的分類

- ICRP對職業曝露的定義
 - 指工作人員在其工作中所接受所有的輻射曝露
 - 但排除管制的曝露（excluded exposures）
 - 豁免管制的作業與射源造成的曝露。
- 公眾曝露涵蓋了職業曝露與病人之醫療曝露以外所有的曝露。公眾曝露是由多種輻射源所導致者。天然輻射源在公眾曝露的組成中顯然是佔最大宗的，但並不能因此而減少對較小但易於控制的人工射源之曝露的注意。

曝露的分類

- 病人的醫療曝露可能在診斷、篩檢或治療的程序中發生。
- 醫學上作業有些不同於其他規劃情境曝露之輻射防護的特徵。
- 醫療曝露是故意為之的，而且是為了病人的直接利益。
- ICRP建議應用於醫療輻射需要特別的指引，而病人醫療曝露也應與其他曝露分別處理。

受曝露個人的確認

- The identification of the exposed individuals
- 受曝露個人區分為三類
 - 工作人員（被告知的個人）
 - 公眾（一般個人）
 - 病人。
- 同一個人可能受職業曝露，並以病人或公眾成員的身份受曝露。



工作人員

- 將包含射源的地區正式區分
 - 管制區（controlled areas）：管制區是指在正常情形下（包括小意外），要求工作人員在其中應遵守公認的程序者，而其目標就是為了管控輻射曝露
 - 監測區（supervised areas）：監督區則是指在該區域的工作條件應持續檢討但正常情況下無需採取特別的程序。

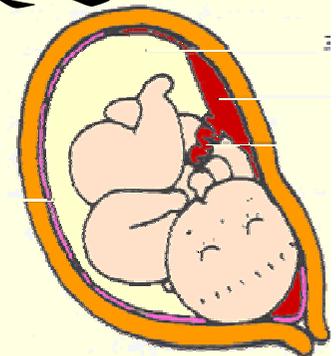
工作人員（續）

- 在管制區（controlled areas）」內工作的人員，應被告知及接受特別訓練，並建立容易識別的群組。這類工作人員經常接受職業曝露監測，偶爾會接受特別醫務監護。其他工作人員，如行政人員或幕僚，則類似一般公眾並以一般公眾處理。



工作人員－懷孕之女性工作人員

- 一旦女性工作人員宣告懷孕，就必需額外考量胎兒的曝露管制。
- 對懷孕或可能懷孕之女性的防護方法是，使胎兒接受的防護達到接近一般公眾的防護水平。
- 宣告懷孕並告知雇主，則應額外考慮胎兒的防護。在宣告懷孕後，孕婦的工作條件應使胎兒在賸餘的妊娠期中接受的劑量不致超過 1 mSv。



公眾（一般個人）

- 對公眾成員的定義是
 - 所接受之曝露既非職業曝露亦非醫療曝露的任何個人。
 - 胚胎／胎兒亦應獲得與公眾成員接近的防護水平。
 - 公眾成員受到的曝露是來自於許多不同的天然及人工射源。



公眾（一般個人）

- 公眾曝露，每一個射源對許多個人將會導致一個劑量分佈。為了公眾防護的目的，ICRP以往採用「關鍵群體（critical group）」的概念來描述個人接受的劑量足以代表人口中接受較高曝露者。
- 為了公眾輻射防護的目的，採用「代表性個人（representative person）」取代先前「關鍵群體」概念。ICRP在第101號報告提供了關於描述代表性個人（representative person）及代表性個人劑量評估的指引。

病患（含支持者及志願者）

- **Patients, including their comforters and carers**
- ICRP對病人的定義是指在診斷、篩檢、X光透視介入程序或治療的程序中接受曝露之個人。
- 劑量的限制值並不適合用於個別的病人，因為那樣可能降低對病人診斷或治療的效能，導致害多於利。
- 重點是在於醫療程序的正當性與防護的最適化及診斷參考水平之應用。

防護原則

- ICRP 60號報告中將引起這些曝露的事件網絡及情境分為兩大情境：輻射作業(practices)與干預(interventions)。
- 在新建議中，ICRP將前述兩大情境改變為以曝露特性為基礎的三種情境，即：規劃的、緊急的及既存的曝露情境。
- 目前仍認為這些原則是防護系統的基本要素，且已建立一套原則，能同時適用於規劃的、緊急的及既存的可控制情境。在新的建議中，ICRP也闡述這些基本原則如何應用於射源與個人，以及射源關聯原則如何用在所有的可控制情境。

防護原則（續）

- 正當化原則：任何改變輻射曝露情境的決定，必須利多於弊。這表示引進新射源或降低既存曝露，即對個人或社會的利益高於它所引起的危害。
- 防護最適化原則：考慮社會及經濟因素後，發生曝露的可能性、受曝露人數及個人劑量應合理抑低。這表示防護最適化應確保防護水平是在一般情形下是最好的，亦即使淨利益達到最大。為了避免在最適化的程序中導致嚴重的不公平，必須限制特定射源對個人的劑量或危險度（劑量或危險度約束）。

防護原則（續）

- 適用所有情境的兩個射源關聯原則：正當化、最適化。
- 最適化指在考慮經濟與社會因素及在受曝露個人之間劑量與利益分配的公平性下，維持曝露之合理抑低。
- 規劃情境下的個人關聯原則：限制化原則。

防護原則（續）

- 劑量限制化原則（The principle of application of dose limits）：所有來自規劃情境的個人劑量總和不得超過ICRP建議的限度，惟病人接受的醫療曝露除外。
- 劑量限度是由國家主管機關依據國際上的建議訂定的，適用於規劃曝露情境下工作人員與公眾成員的曝露。劑量限度不適用於病人的醫療曝露及緊急或既存曝露情境下的公眾曝露。

曝露情境的類型

- 曝露情境的類型 Types of exposure situations
- 規劃曝露情境（planned exposure situations）指涉及規劃引進及營運射源之情境，也包括除役（decommissioning）、相關放射性廢棄物處置、原先被設施占用土地的復原等等。規劃情境包括正常曝露及潛在曝露，只是後者遵循適當的危險度約束。

曝露情境的類型（續）

- 緊急曝露情境（emergency exposure situations）指規劃情境的營運中或由惡意行為引發的不預期情境，必須採取緊急行動。
- 既存曝露情境（existing exposure situations）指在必須對曝露控制作決策前曝露即已存在的情境，包括天然背景輻射、未能涵蓋在ICRP建議範圍的過去輻射作業的殘留射源或長期曝露情境。

- ICRP以往所謂的輻射作業（practices）可能是形成規劃、緊急及既存曝露三種情境的起源。原則上規劃曝露亦包括病人的醫療曝露，但由於這類曝露的特性，它們是被單獨討論的。規劃情境的防護原則亦適用於與既存及緊急曝露情境中規劃的工作。

規劃曝露

職業曝露

公眾曝露

醫療曝露

工作人員

公眾成員

病人

正當化 (Justification)

- 正當化是任何輻射防護行動決策的必要條件。
- ICRP限制「正當化」要求淨利益為正的理由。
尋求最佳替代方案通常是一項超越輻射防護主管機關責任範圍的工作。

Cost-benefit analysis (成本分析)



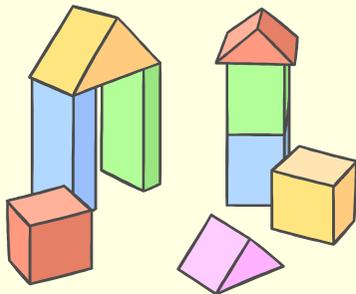
正當化 利大(large) 弊小(small)

正當化（續）

- 病人的醫療曝露在正當性判斷過程需要不同且更精細的方式。如同任何其他的規劃情境，輻射在醫療上的應用必須是正當的。醫療曝露的主要目標是對病人而言要利益多於成本，並適度考慮放射工作人員及其他人員的輻射危害。採用特殊醫療程序的正當性判斷應由曾接受特別的輻射防護訓練的相關醫師負責。醫療程序的正當性因而也成為ICRP建議的一部分。

不正當的程序

- Unjustified procedures
- 某些程序無需進一步分析即應視為是不正當的，除非某些例外情形支持採用這些程序。它們包括：
 - 故意添加放射性物質
 - 活化而導致商品或消費品(例如：食品，飲料、化妝用品、玩具、和個人首飾或裝飾物)所含之活度增加。



不正當的程序

■ 職業的、法律的或健康保險目的，在沒有臨床的參考指標的依據下實施放射檢查，除非預期此項檢查能提供對受檢查之個人提供有用的健康資訊，或特別型態的檢查透過諮詢專業團體提出要求確認為正當者。這代表臨床評估認為影像的取得是必須執行的，否則這項曝露是不正當的。

■ 涉及輻射曝露的篩檢，除非對受檢查之個人或人群預期的整體利益足以補償所付出的經濟與社會成本，包括輻射危害，必須考慮篩檢程序檢出疾病的可能性、有效治療檢出疾病的可能性，以及對於某些特定疾病，管制疾病對社區的利益。

最適化(Optimization)

- 防護最適化程序是為了應用那些已被視為正當的防護行動。
- 防護最適化原則以個人劑量限制為為防護系統的核心，適用全部三種曝露情境：規劃情境、緊急情境及既存曝露情境。
- 就在設計階段納入（特定作業）防護行動而言，這個原則在規劃情境方面已經應用得很成功。ICRP的目的是將這個經驗推廣到其他二種曝露情境，緊急情境及既存曝露情境。劑量約束值與參考基準是協助全部三種曝露情境達到防護最適化的重要手段。

防護最適化（續）

- 劑量在一特定水平以下時，可以決定停止最適化的程序。
- 最佳方案的進行是否可以在劑量低於適當的射源關聯約束值或參考水平時終止，視曝露情境而定。
- 最適化程序可以降低劑量至任何特定水平以下，該水平可以視為一啟動輻射防護系統的「門檻水平（entry level）」
- 防護最適化並非劑量的極小化。

劑量限度 (Dose limits)

- 劑量限度僅適用於規劃情境，但不含病人的醫療曝露。
- 規劃情境中的職業曝露，ICRP繼續建議劑量限度為，按指定之每5年週期平均，每年的有效劑量為20毫西弗（即5年100毫西弗），並進一步規定在任何1年內有效劑量不得超過50毫西弗。
- 劑量限度適用於體外曝露與攝入放射性核種之體內曝露的總和。在第60號報告中，ICRP聲明攝入量可以按5年平均，以維持適度彈性，這個觀點將繼續維持。

劑量限度（續）

- 對於規劃情境中的公眾曝露，ICRP繼續建議劑量限度為，1年內有效劑量為1毫西弗。但是若5年內平均每年不超過1毫西弗，在特殊情形下允許1年內接受更高的劑量。
- 劑量限度不適用於被告知的志願參與搶救生命或防止災難之受曝露個人。
- 執行復原及補救的應變工作人員應被視為正常情況下接受職業曝露的工作人員，並按正常情況下職業曝露的輻射防護標準予以防護，其劑量不得超過ICRP建議的職業劑量限度。

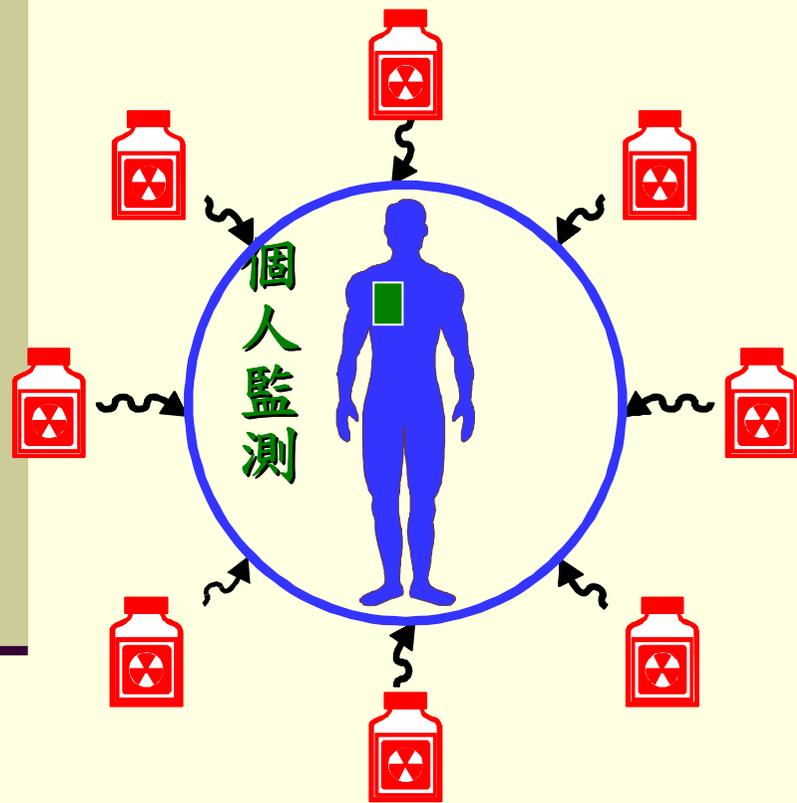
曝露類型（報告編號）	1990建議及後續報告	2007建議
規畫曝露情境		
個人劑量限度		
職業曝露（66、68、75）含復原作業（96）	指定5年週期平均 20mSv/year	指定5年週期平均 20mSv/year
眼球水晶體	150 mSv/year	150 mSv/year
皮膚	500 mSv/year	500 mSv/year
手與足	500 mSv/year	500 mSv/year
放射性核種攝入	20 mSv/year	20 mSv/year
劑量約束 ^a		
職業曝露（60）	低於20mSv/year	低於20mSv/year

防護水平 Levels of radiological protection

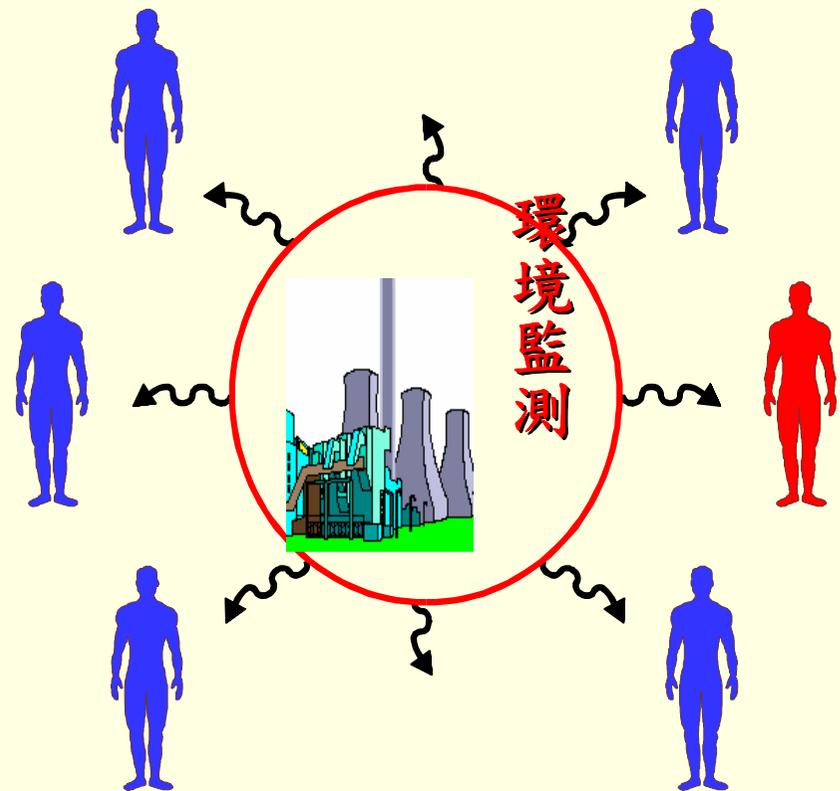
- 單一型態的曝露（職業/公眾/醫療）中，個人也可能受到幾個射源的曝露，因此有必要評估其所受的總曝露。不過，並不太可能廣泛地執行這樣的評估。通常，只有少數相關射源可以加以確認及量化。然而，仍應將所有造成個人主要曝露的列管射源納入。這種方法稱為「個人關聯」。

防護水平（續）

- ICRP 1990建議認為在同一型態的曝露中，每一個別射源或射源組也可以單獨處理。如此，必須考慮受到該射源或射源組曝露的所有個人。這個程序稱為「射源關聯」。ICRP在此要強調射源關聯的重要性，因為人員防護的行動是針對射源。
- 在規劃曝露情境中對射源的防護是在最適化程序中透過約束值的引用；在緊急或既存曝露情境中則引用參考基準來達成。



個人相關(individual related)
的管制：工作人員的個人監測



射源相關(source related)
的管制：一般人的環境監測⁴⁵

防護水平（續）

- 規劃曝露情境涉及未來可預見曝露的量，不同於緊急及既存曝露的情境。
- 射源關聯限制並不能對在規劃曝露情境下接受多個射源曝露的個人提供足夠的防護。
- 對規劃曝露情境下對來自不同射源的劑量總和加以限制是必要的。ICRP將這些個人關聯的限制稱為劑量限度。

防護水平（續）

- 規劃曝露情境而言，對個人的射源關聯限制應該是劑量約束。
- 潛在曝露，對應的概念為危險度約束。
- 緊急與既存曝露而言，射源關聯限制是參考基準。劑量約束與參考基準是與防護最適化聯結的，目的在確保所有的曝露合理抑低，社會與經濟因素應納入考量。約束值與參考基準可被視為是最適化過程中關鍵工具，它們將在一般情形下確保適當的防護水平。

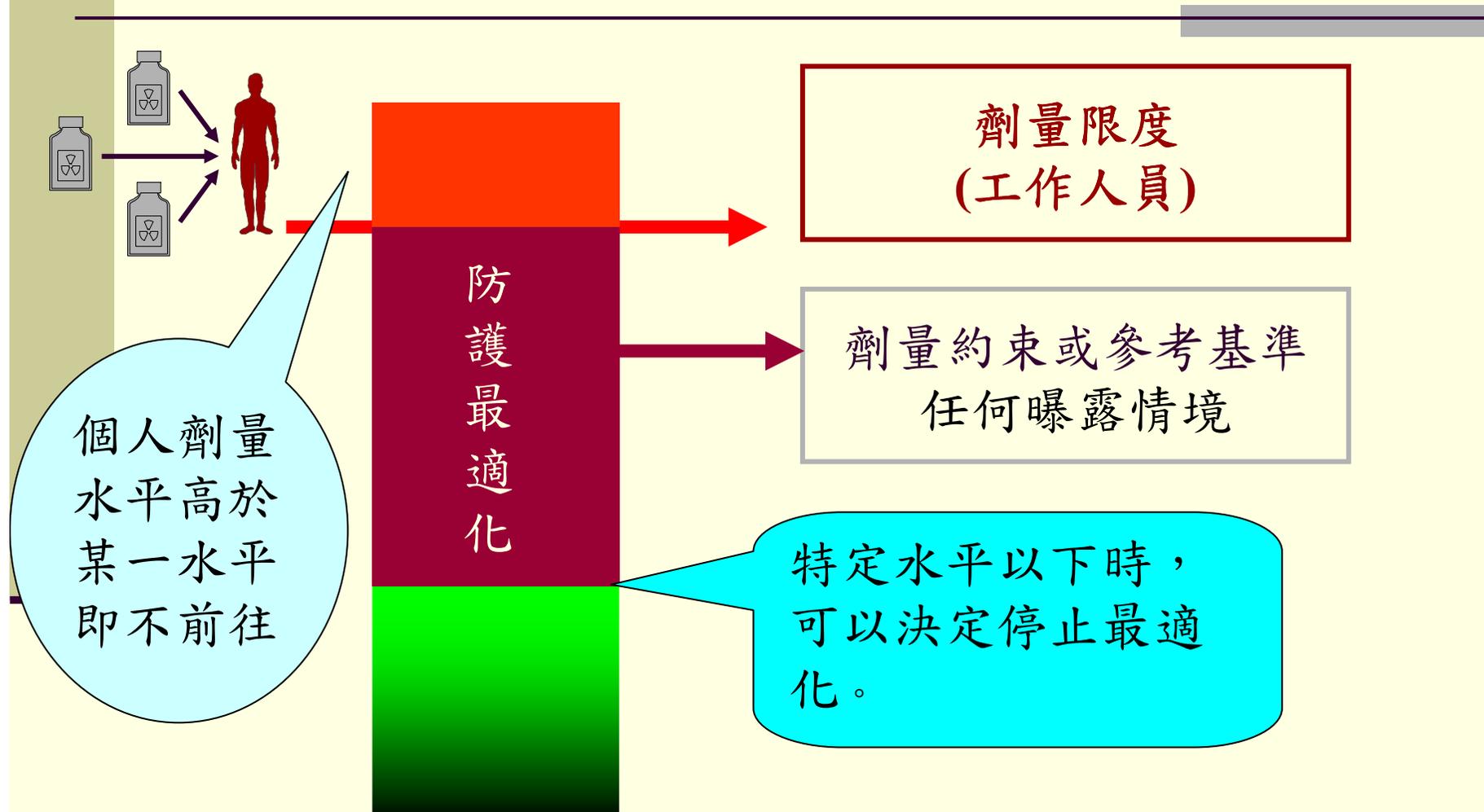
劑量約束與參考基準

- 劑量約束與參考基準（ Dose constraints and reference levels ）的概念適用於任何曝露情境（即：規劃的、緊急的或既存的），並與防護最適化結合用來限制個人劑量。
- 個人劑量水平高於某一水平即不前往（或對於既存曝露之處所不予停留），以及努力降低實際劑量低於某一水平。所有高於或低於此一個人劑量水平的曝露，都應受防護最適化原則的約束。

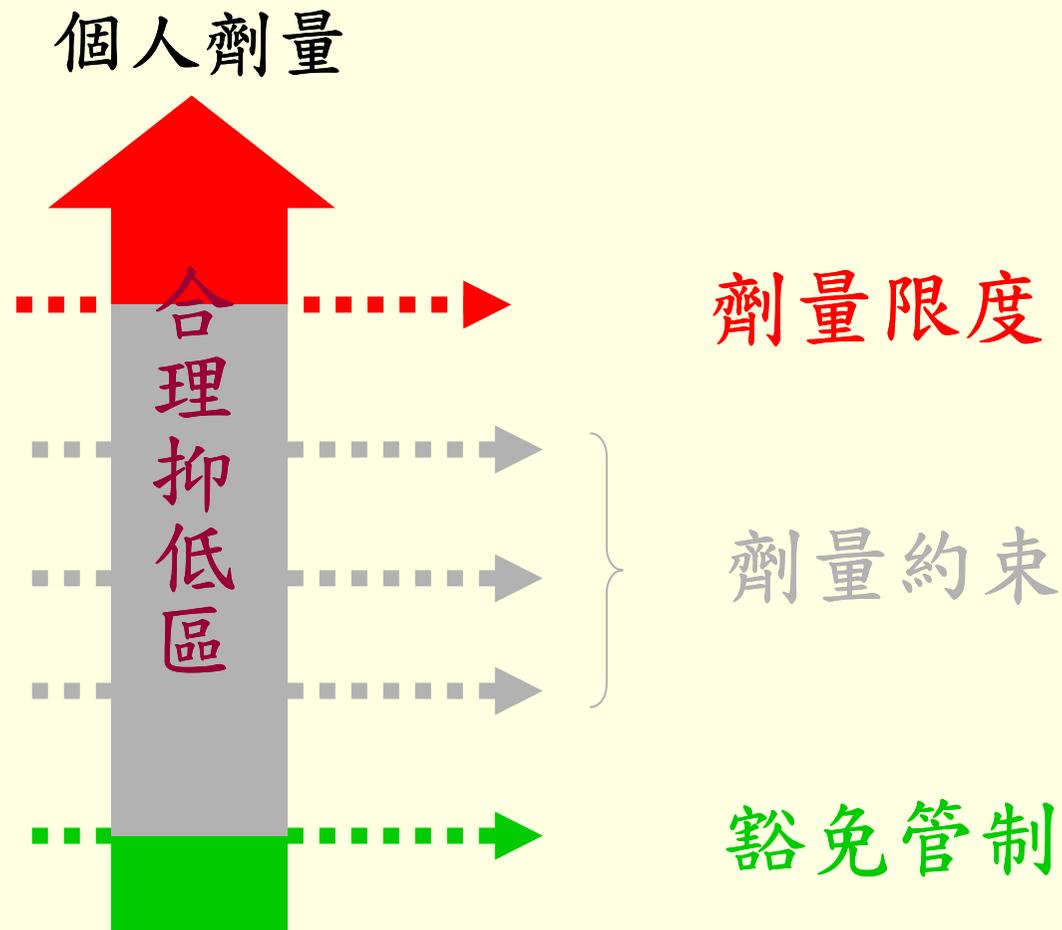
劑量約束與參考基準（續）

- 規劃曝露情境下的此一劑量水平仍繼續使用「劑量約束」之名稱（病人的醫療曝露除外）。
- 緊急與既存曝露情境，採用「參考基準」之名稱。
- 最適化的程序是從劑量高於參考基準才適用。診斷參考基準則早已用於醫學診斷（規劃曝露情境）。
- 約束值或參考基準值應視相關曝露的主要情況而定。
- 約束值或參考基準值均非「安全」與「危險」之間的界線，也不反映相關個人健康風險的顯著變化。

游離輻射防護系統-最適化



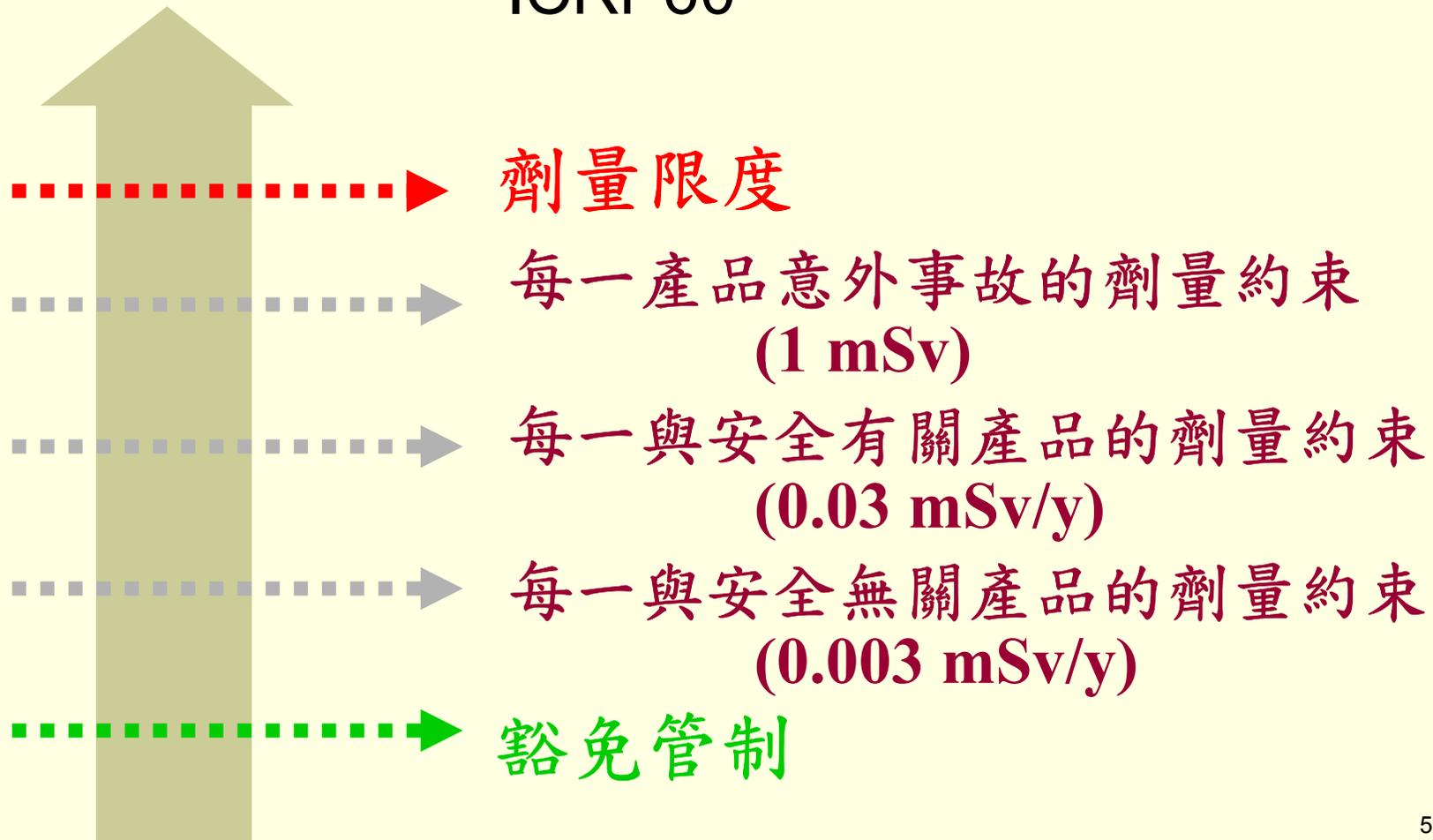
劑量約束與劑量限度的關係ICRP60



消費性產品的劑量約束

個人劑量

ICRP60



劑量約束 (Dose constraints)

- 劑量約束是在規劃曝露情境下對個人劑量的一種射源關聯之限制（病人的醫療曝露除外），被視為在對該射源防護最適化中的劑量之上限。
- 在規劃時應確保與該射源相關的劑量不超過該約束值；防護的最適化將建立一個劑量低於該約束值的基準。
- 當劑量超過約束值，行動通常必須由檢討防護是否最適化開始。

劑量約束

- 最適化過程中引進一些射源關聯的個人劑量限值，可以對這種不平等有所限制
- ICRP稱之為射源關聯的劑量約束，過去稱為上限（upper bounds）。它們形成最適化程序中完整的一部分。對於潛在曝露，和劑量約束相對應的觀念是危險度約束。」這段聲明仍繼續為ICRP的立場。
- 對於職業曝露而言，劑量約束為用來限制最適化選擇範圍的個人劑量值。對公眾曝露而言，劑量約束為任一射源在規劃曝露情境下造成公眾成員接受之年劑量的上限。

參考基準 (Reference levels)

- 在緊急或既存的可控制曝露情境下，參考基準代表一劑量或危險度水平，超過此一水平時，應該認定為不宜允許此類曝露發生，即使低於此一水平時也應執行防護最適化的程序。參考基準的選擇將視相關曝露的主要情況而定。
- 最適化依據此一參考基準採取防護行動，工作人員或公眾成員的劑量即可被度量或評估。
- 防護的最適化是依據具體的情境實施的，可適用的參考基準檢討以確認選定的值是否仍符合防護的需求。

劑量約束或參考基準的選擇

- 輻射劑量與受曝露器官或組織的致癌或遺傳效應危險度成線性關係。
- 為了輻射防護的目的，線性的假設適用到急性或年劑量約100 毫西弗。
- 最高的參考基準值應該是急性劑量或一年內接受的劑量約100毫西弗。
- 更高的劑量將無法獲得個人或社會的淨利益，除了特殊的例外情況，如搶救生命或防止嚴重災害。

劑量約束或參考基準的選擇（續）

- 在應用防護最適化原則時，選擇適當的劑量約束或參考基準。
- 選擇適當區間訂定劑量約束或參考基準。按通用的最適化程序，整體考慮國家或地區的特性及優先性，
- ICRP對於三種情境下如何選定職業曝露、醫療曝露及公眾曝露的劑量約束或參考基準，也提供了附加的指引。

劑量約束或參考基準的選擇（續）

- ICRP將約束值與參考基準按區間劃分，適用範圍跨越所有三個曝露情境，並與相關情境的適當期間的預期劑量關聯。
- 規劃與既存曝露情境下的持續曝露，額外劑量的約束值或參考基準是以年劑量來表示。
- 緊急情境，約束值或參考基準與急性曝露有關，預期這些曝露是不會重覆發生的。
- 關於緊急與既存曝露情境，可能的爭議是當曝露情境涉及多個射源時，射源關聯的限制將無法提供充分的防護。

劑量約束或參考基準的選擇（續）

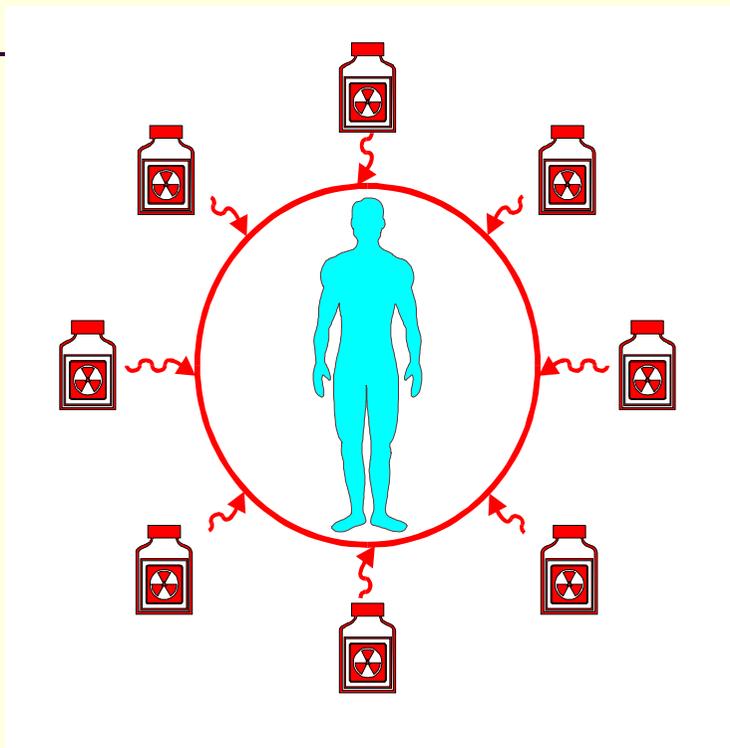
- 第1個區間，低於1毫西弗，適用於個人曝露—通常是在規劃情境—這些曝露並不會帶來直接的個人利益，但對社會是有利的。
- 第2個區間，自1毫西弗至20毫西弗，適用個人通常將會從這個曝露情境中獲得直接的利益，但未必來自曝露或造成曝露之射源本身的情境。
- 第3個區間，自20毫西弗至100毫西弗，適用於異常且通常為極端的情境，這種情境下，往往必須在混亂或射源無法控制的場所採取減少曝露的行動。

射源關聯劑量約束及參考基準的架構

預期之有效劑量區間 (毫西弗)	情境特性	輻射防護要求	舉例
20-100	個人受到不可控制射源或降低劑量行動的所在將是不均勻地混亂的。此類曝露通常是透過對曝露途徑採取行動來加以控制。個人可能或無法從這個情境獲得利益。	應考慮降低劑量，當劑量接近100毫西弗時應付出更多努力以降低劑量。 個人應獲得有關輻射危險度及降低劑量行動的資訊。 應評估個人劑量。	輻射緊急事故的疏散參考基準。
1-20	通常個人將會從這個曝露情境中獲得直接的利益，但未必來自曝露的本身。可以從射源本身或對曝露途徑採取行動來控制曝露。	儘可能使個人可獲得降低其劑量的一般資訊。 在規劃情境下，應對個人實施個別監測與訓練。	規劃情境下職業曝露的約束。 住宅中的氡之參考基準。
0.01-1	個人受射源曝露並無直接利益但通常對社會是有利的。 對於輻射防護可以事先規劃的射源，曝露可以由直接對射源採取行動來加以控制。	定期檢討曝露途徑及曝露水平。	規劃情境下公眾曝露的約束。

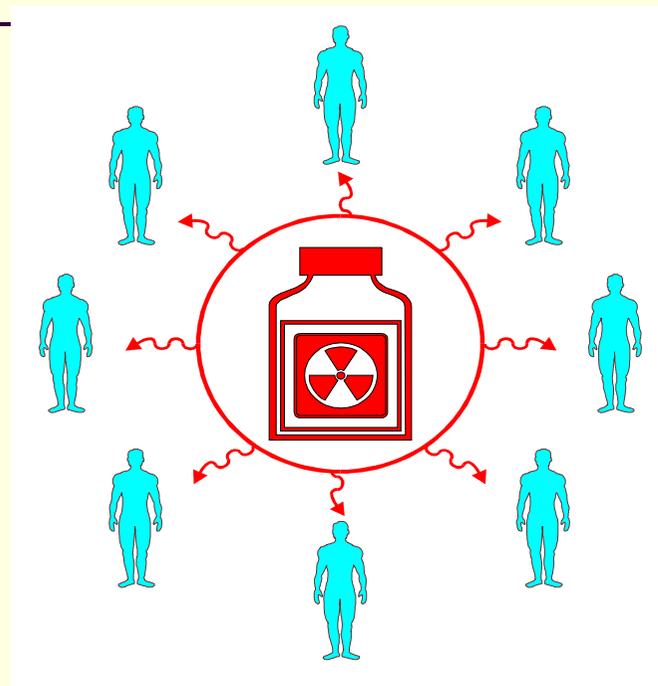
↑
急性或年劑量

劑量限度



來自規劃情境之所有射源

劑量約束與參考基準



來自所有情境之單一射源

工作人員與公眾防護之劑量限度和劑量約束或參考基準在觀念上的比較

	關聯	情境	水平
正當化	射源關聯	所有情境	劑量約束、參考基準
最適化	射源關聯	所有情境	劑量約束、參考基準
限制化	個人關聯	規劃情境	劑量限度、危險度約束

曝露類型 (報告編號)	1990建議及後續報告	2007建議
規劃曝露情境		
個人劑量限度		
公眾曝露 (60)	1 mSv/年	1 mSv/年
劑量約束		
公眾曝露 (60)		
放射性廢棄物處置 (77)	≤ 0.3 mSv/year	≤ 0.3 mSv/year
長半衰期放射性廢棄物處置 (81)	0.3 mSv/year	0.3 mSv/year
長期曝露 (82)	0.3 mSv/year and < 1 mSv/year	0.3 mSv/year and < 1 mSv/year
長半衰期核種之長期曝露 (82)	0.1 mSv/year	0.1 mSv/year
志願參與生物醫學研究者(62) 對社會利益程度		
— 低 (minor)	< 0.1 mSv	< 0.1 mSv
— 中 (intermediate)	~ 1 mSv	~ 1 mSv
— 適度 (moderate)	1-10 mSv	1-10 mSv
— 高 (substantial)	> 10 mSv	> 10 mSv
職業曝露 (60)	低於20mSv/year	低於20mSv/year

潛在曝露

- 在規劃曝露情境下，可合理地預期會發生一定程度的曝露，這類曝露稱為確定曝露。
- 有曝露的可能性但不能肯定實際上是否會發生曝露的情況，稱為潛在曝露。
- 規劃的作業程序發生偏差、及包括輻射源失控及惡意行為在內的事故將可能造成更高的曝露。這類曝露稱為潛在曝露。

潛在曝露類型

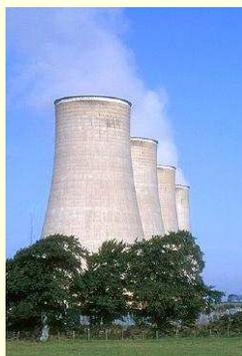
受規劃曝露之少數人



可預見，發生機率可加以評估，但無法預測其細節

76號報告

影響多數人，包括土地污染、食物污染等危害



64號報告
96號報告

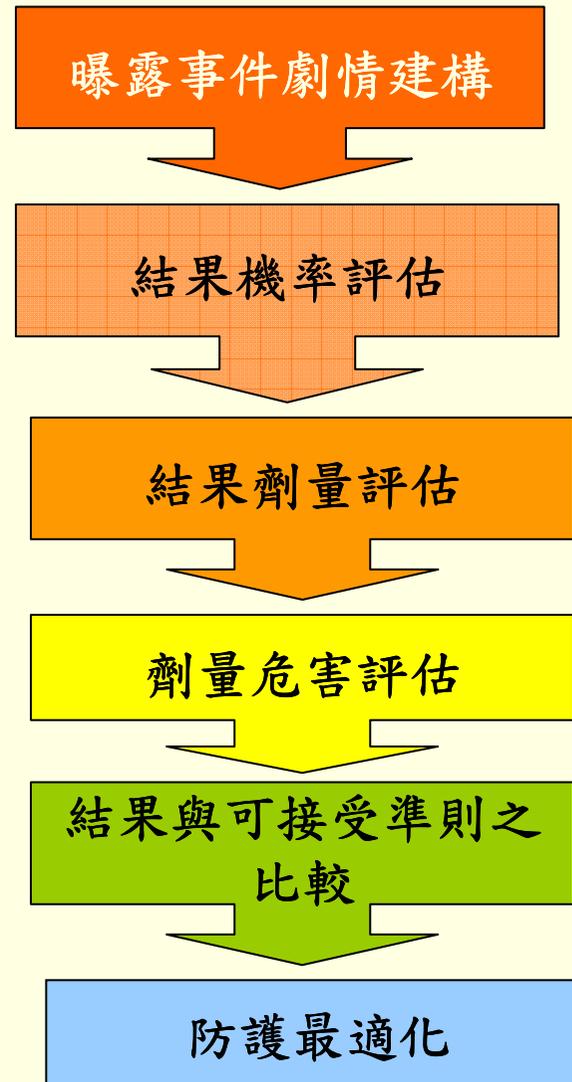
包括：射源失控及惡意行為，較難預測且須更具體的方法

在未來一段時間發生，且劑量長時間存在



81號報告

潛在曝露情境評估：流程



潛在曝露情境評估(續)

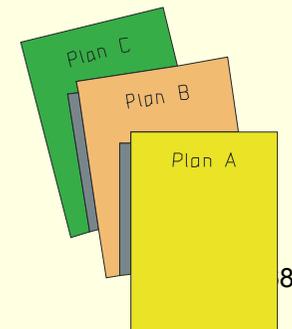
危險度約束

對於工作人員的潛在曝露，**ICRP繼續建議通用的危險度約束值**為每年 2×10^{-4} ，它與平均年職業劑量約5毫西弗(ICRP, 1997)對應的致死癌症機率相近。對於公眾的潛在曝露，ICRP繼續建議通用的危險度約束值為每年 1×10^{-5} ，它與通用劑量約束值0.3毫西弗（例如：長半衰期放射性廢棄物的處置 (ICRP, 1998c)）對應的致死癌症機率相近。



緊急曝露情境

- 緊急曝露情境為不可預期的情境，可能須急迫實施防護行動。
- 緊急曝露可能是複雜的。應變行動可事先規劃，因潛在緊急情境可事先評估，但準確性的高低則依賴設施種類或情境而定。
- 因實際緊急曝露情境與生俱來地不可預測，所以準確的所需防護方案無法事先得知，必須彈性地發展符合實際情境。



緊急曝露情境(續)

- 在未採取任何防護行動情況下，因緊急曝露情境導致可能的總曝露，稱為**預期劑量** (projected dose)。在採取防護策略後可能造成的劑量，稱為**剩餘劑量** (residual dose)。
- 此外，每個防護措施都可能節省一定程度的劑量。這個劑量稱為**減免劑量** (averted dose)，它對於建構整體防護策略之個人防護措施的最適化而言是很有用的。
- 緊急情境參考基準值一般訂在20mSv到100mSv預期劑量區間。

緊急曝露情境(續)

- 在緊急曝露情境下特別注意需預防短時間內曝露達高劑量而造成嚴重的確定效應。
- 無法減低剩餘劑量至參考基準之下的防護方案，該方案在規劃階段就必須退回。
- 一旦緊急情境發生，參考基準則視為評估防護方案效率的重要指標。雖然超過參考基準值的曝露須特別注意，所有高於或低於參考基準知曝露都必須最適化。



曝露類型 (報告編號)	1990建議及後續報告	2007建議
緊急曝露情境		
	干預基準 ^d	參考基準
輻射緊急事故 (63)		視情況在20–100 mSv/year 之間選擇
食物	10 mSv/year	
掩蔽	5–50 mSv	
疏散	50–500mSv/day	
發放穩定碘	50–500mSv (甲狀腺)	
遷移	1000mSv	
緊急曝露情境		
	干預基準 ^d	參考基準 ^a
輻射攻擊 (96)		視情況在20–100 mSv/year 之間選擇
職業曝露—救援作業	無劑量限制	
公眾曝露		
掩蔽	2天內10 mSv	
暫時疏散	1週內50 mSv	
發放穩定碘	100 mSv (甲狀腺)	
遷移	~ 1000 mSv 或 第1年~ 100 mSv	

既存曝露

- 指在必須對曝露控制作決策前曝露即已存在的情境，包括天然背景輻射、未能涵蓋在ICRP建議範圍的過去輻射作業的殘留射源或長期曝露情境。
- 人為曝露情境的輻射防護決策仍是必需的。
- 決定哪一些既存曝露情境須管控，必須由主管機關判斷。

既存曝露(續)

■ 正當性

- 正當性原則需要對既存曝露情境做全面的評估。
- 政府或主管機關有職責判斷降低既存曝露情境劑量之正當性。

■ 防護最適化

- 有需要發展包括不同防護行動之防護決策。
- ICRP建議參考基準與實行最適化過程一同使用。目標為減低個人劑量至參考基準以下。
- 主管機關有職責決定參考基準之法規地位。

既存曝露(續)

■ 參考基準

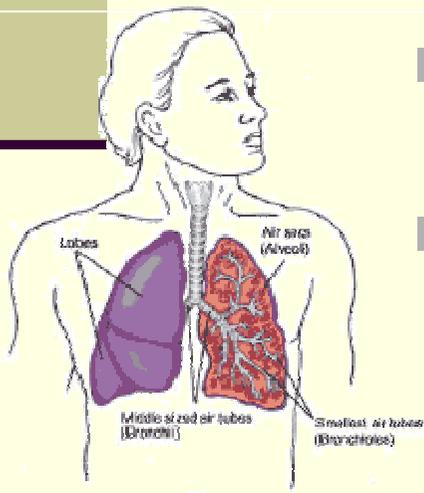
- 既存曝露之參考基準值須訂在1-20mSv區間之較小值。
- 設定既存曝露參考基準必須考量的主要因素為控制情境之可行性及過去管理相似情境的經驗
- 來自人類活動造成的輻射曝露須特別關切，如：NORM殘留物及意外污染。在這種例子中，參考基準值可設與規劃曝露情境之劑量限值相同。
- 主管機關有責任並諮詢利害關係人，建立參考基準。

既存曝露(續)

曝露類型 (報告編號)	1990建議及後續報告	2007建議
既存曝露情境		
天然放射性物質 (NORM) ; 人類棲息地的放射性殘留物	通用參考基準 ^e	參考基準
長期曝露干預措施		
— 不太可能正當化的 (unlikely to be justifiable)	< ~ 10 mSv/year	視情況在1—20 mSv/year 之間選擇
— 可能正當化的 (may be justifiable)	> ~ 10 mSv/year	
— 幾乎總是正當化的 (almost always justifiable)	接近 100 mSv/year	

居住室內及工作場所的氡氣

- ICRP在**第65號報告**中提出了目前關於住宅及工作場所氡-222防護的建議。這個策略被普遍接受，且**現在的建議也將延續同樣的策略**，以新方法的曝露情境為基礎，以最適化為中心，並採用參考基準。
- ICRP建議保留**10mSv/a**作為個人劑量參考基準之上限值。
- ICRP建議採用**射源關聯**之輻射防護原則來控制氡曝露
- 主管機關有責任建立自己國家之參考基準，且依各國之經濟和社會狀況採用防護最適化。



居住室內及工作場所的氡氣(續)

曝露類型 (報告編號)	1990建議及後續報告	2007建議
既存曝露情境		
	行動基準	參考基準
氡 (65)		
住宅	3 - 10 mSv/year (200 - 600Bqm ⁻³ 居家)	10 mSv/year (600Bqm ⁻³ 居家)
工作場所	3-10 mSv/year (500 - 1500Bqm ⁻³ 工作人員)	10 mSv/year (1500 Bq m ⁻³ 工作人員)

緊急和既存曝露情境之胎兒/胚胎的防護

- 為了保護胎兒，不得讓可能懷孕或育兒的女性參與高劑量的緊急行動。
- ICRP認定在長期既存曝露和緊急曝露涉及有效劑量低於100mSv/a之情境下，胎兒/胚胎保護不應視為特別的防護例子。

曝露類型 (報告編號)	1990建議及後續報告	2007建議
規劃曝露情境		
個人劑量限度 ^a		
孕婦 (剩餘妊娠期)	下腹部表面2mSv， 胎兒1 mSv	胎兒1 mSv

ICRP60在醫學曝露的建議

醫療曝露



對象:病人接受診斷或治療時所接受曝露
知情且志願在診斷治療中協助病患
醫學研究中志願接受試驗者

正當性

仍和其他曝露正當性一樣強調利大於弊，但每一程序均以個案評估方式來作判斷

最適化

藉由劑量約束或調查基準的方式達成最適化，在專家或管制機關審慎判斷可允許一些較高劑量的診斷治療程序

劑量限度

任何劑量限度的制定對病患均可能造成傷害，醫療曝露不採取劑量限度

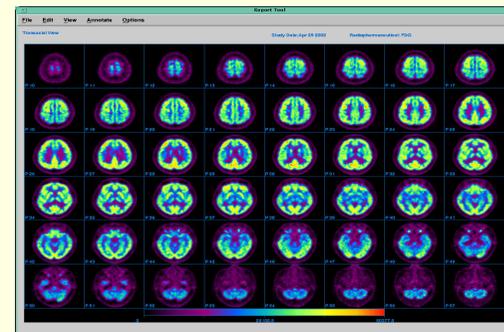
- 對於醫療曝露的建議過於簡要(與醫療相關共計9節)，且分散於各章節中
- 只有輻射防護體系的建議，對於放射醫學設備與技術的日益精進，特別是面對許多高劑量的診斷治療作業，無法給予適切性的指導
- 對於懷孕婦女與志願者的醫療曝露論述過少
- 劑量約束的適用性?

醫療曝露適用範圍

- 個人接受診斷、X光透視介入程序或治療所造成的曝露

- 知情且自願之家人或親密好友扶持或使接受診斷或治療之病患舒適過程所產生

- 自願參與生物醫學研究且該計畫對自願者無直接利益



醫療曝露

■ Practice的意義

- 輻射防護-----輻射作業或實踐
- 醫學專業-----醫師對病患的醫療照護
- radiological practice in medicine 來說明practice更為恰當

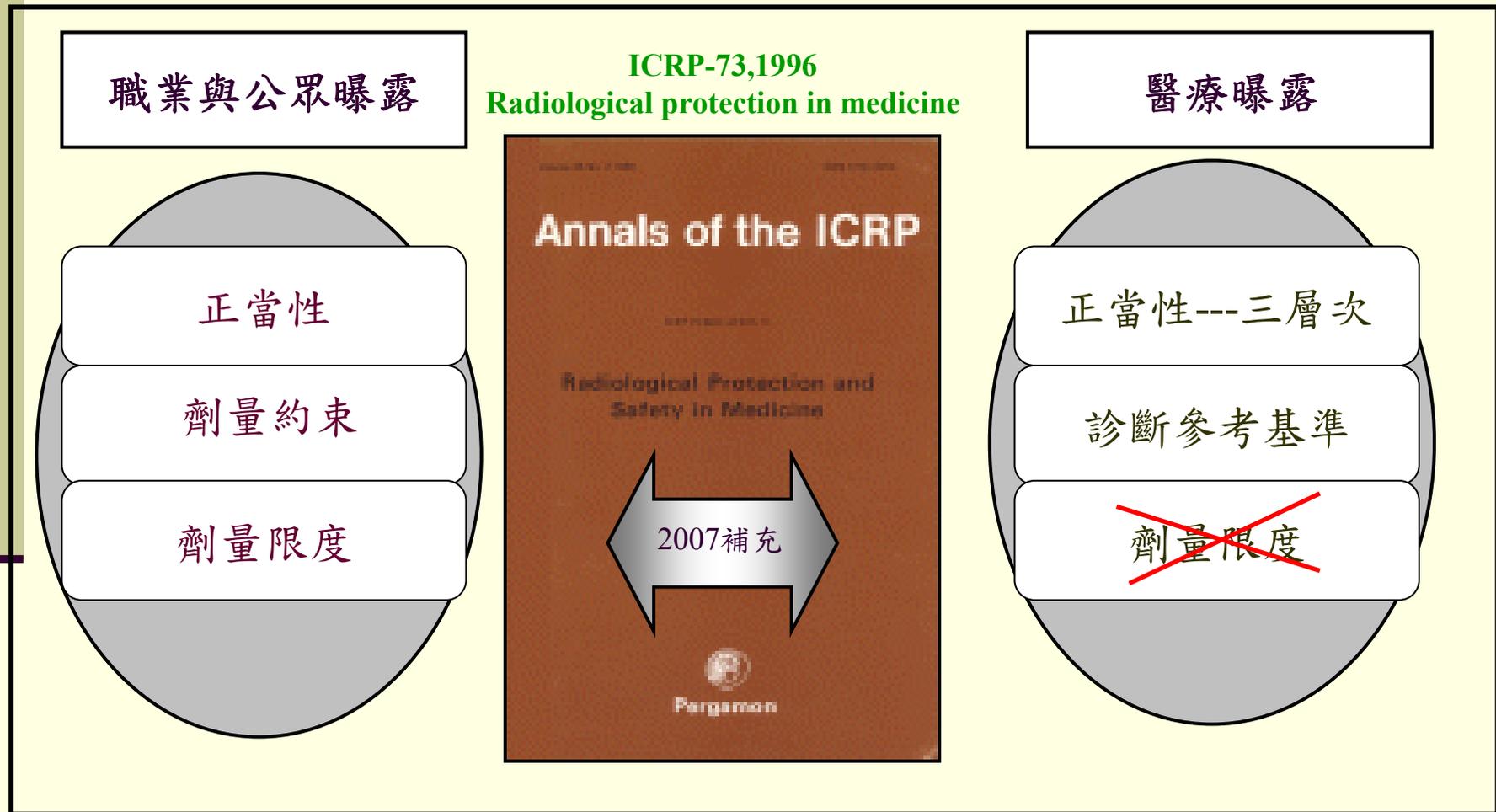
■ 醫療曝露有別於其他規劃情境曝露。

因為醫療曝露是故意為之，是為了病患直接利益。因此ICRP建議醫療輻射需要特別指引。

■ 醫療輻射防護的目標是病患劑量管理與醫療服務並重。

- 診斷與透視-----避免不必要的曝露
- 放射治療---治療劑量集中，避免健康組織受曝

醫療曝露的基本認知



醫療曝露的基本認知(3)

本質與決策

- 醫療曝露是有意為之在本質上是自願的也希望為病患帶來直接健康利益
- 在決策上是以知情同意方式為之(含利益與危險度告知)，知情同意隨曝露程度與醫療急迫性而定

訓練與責任

- 醫師與技術人員須接受輻射防護原理訓練(含物理學與生物學)
- 輻射曝露的責任在醫師所以醫師須了解程序利與弊



醫療曝露應注意事項

- 皮膚組織加權因數及其他低加權因數組織，在局部曝露時可能造成可觀等效劑量
- 類似考量也適用放射性物質吸收(有些核種偏好特殊組織)

醫療曝露的正當性



- 正當性與其他規劃曝露一樣，輻射在醫療上應用必須是**正當的**，判斷依賴專家多於政府(**尊重專業**)。
- 目標是對**病患的利益高於危害**再考慮工作人員及其他個人危害，使用特定程序判斷是醫師責任。

- 已出現症狀病患通常採普遍正當診斷程序即可 並不需要進一步正當性判斷
- 但複雜性診斷或透視，則須由醫師進行個別正當性判斷，包括程序細節、替代程序、病人特性、預期病患劑量與過去檢查資料。
- 可透過參考基準與病人分類加速進行

Level 1
對病患利益高於危害(前題)

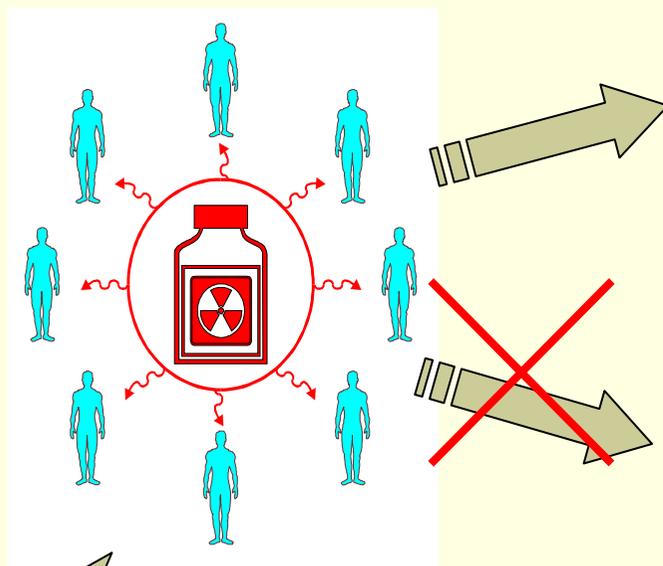
Level 2
對於特定目標的檢查程序
明確定義被視為是正當的

Level 3
對於個別病患
使用特殊醫療程序

- 目標:放射程序是否可經常改善或治療或提供受曝露者必要資訊
- 涉及除病患利益外亦包含病患家庭與社會利益，職業、公眾曝露與緊急意外曝露亦須考慮
- 獲得危險度或新效能資訊應對程序的決策加以檢討

醫療曝露的最適化

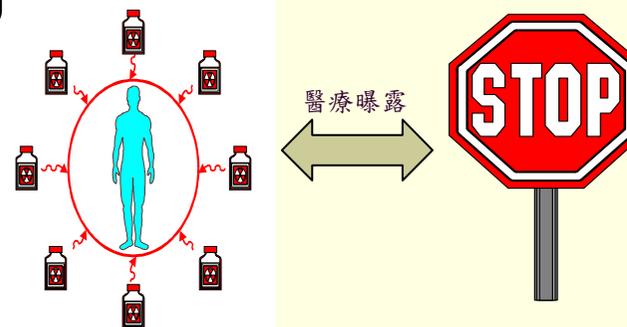
採用射源關聯防護概念



對於診斷與X光導引醫療程序採
診斷參考基準
(diagnostic reference level, DRLs)

不採用
對個別病患劑量約束
來執行最適化

不論所用的射源或術語
如何，防護最適化目標
均適用於醫療曝露



診斷參考基準 (Diagnostic reference levels)

- 適用於放射診斷，**不用於**放射治療與職業、公眾曝露。
- 與劑量限度及劑量約束**無直接關係**。
- 理想上，屬於最適化保護的結果。
- 實務上，簡單作法是在病患劑量分佈選**一百分位數**作為參考點。
- 此數值選擇應由**專業醫療團體**(會同為衛生與輻射主管機關)選定，且須在一能代表必要**穩定性**與與劑量分佈**長期變化**區域內予以審查。
- 選定數值適用於**某一國家或區域**。

IAEA採用歐盟的作法，以病患劑量分布的**75%**作為劑量指引水平。

醫療曝露劑量

- 工作人員與一般民眾的年齡分佈（推導有效劑量使用），有別於醫療曝露年齡分佈，甚至不同類型醫療程序年齡分佈也會不同。
- 在作醫療輻射風險評估最好是就接受醫療程序的年齡與性別分佈，針對特定受危害組織選用適當危險度值。
- 當病患年齡性別相近，對於不同診斷程序或相同程序在不同醫院與國家或同一醫院使用不同技術於相同檢查之有效劑量比較是很有價值的。
- 當組織與器官只有局部接受曝露或不均勻曝露，要來解釋或評估醫療曝露有效劑量是困難的，特別是診斷與透視程序。



Summary

曝露情境的類型

- 規劃曝露情境
- 緊急曝露情境
- 既存曝露情境

防護原則

- 正當化原則
- 防護最適化原則
- 限制化原則

	關聯	情境	水平
正當化	射源關聯	所有情境	劑量約束、參考基準
最適化	射源關聯	所有情境	劑量約束、參考基準
限制化	個人關聯	規劃情境	劑量限度、危險度約束

ICRP建議中不同形態的劑量限制（限度、約束值與參考基準）與曝露情境形態與曝露分類的關係

曝露情境	職業曝露	公眾曝露	醫療曝露
規劃曝露	劑量限度 劑量約束	劑量限度 劑量約束	診斷參考基準
緊急曝露	參考基準 (a)	參考基準	N/A (b)
既存曝露	參考基準	參考基準	N/A (b)

a. 長期的復原作業應適用規劃的職業曝露。

b. 不適用 (not applicable)。

結論

- ICRP 2007建議的內容與精神大部分與ICRP-60輻射防護系統相似。
- ICRP-60防護系統原區分為輻射作業與干預，新版本改為規劃曝露情境相當於輻射作業，緊急曝露情境及既存曝露情境相當於干預。
- 在未來的發展趨勢上，劑量約束與參考基準將成為輻射防護的主流，因為劑量約束與參考基準是最適化程序的具體指標。
- 2007建議的輻射防護標準與第60號報告及相關文獻的建議比較，結果顯示新建議在規劃曝露情境下本質上與過去的建议是相同的。至於緊急與既存曝露情境，新建議已將過去的建議涵蓋在內，但應用的範圍更為廣泛。

Issue	ICRP recommendation	IAEA
1970	ICRP 2(1959) ICRP 9(1966)	-
1991	ICRP 26(1977) ICRP 30(1978)	IAEA 9(1982)
2003	ICRP60 (1991)	IAEA-115 (1996)
?	ICRP (2007) Draft	?

A scenic view of a mountain valley. In the foreground, there is a lush green field with a small cluster of traditional wooden houses. A dirt path leads through the field. In the background, there are majestic, snow-capped mountains under a clear blue sky. The text "謝謝指教" is overlaid in the center of the image.

謝謝指教