

■出版單位：財團法人中華民國輻射防護協會
■地址：新竹市光復路二段295號15樓之1 ■電話：(03)5722224 電傳：(03)5722521
■編輯委員：王昭平、尹學禮、何偉、李四海、施建樑、
翁寶山、張寶樹、董傳中、趙君行、蘇獻章（依筆劃順序）
■發行人：翁寶山 ■主編：劉代欽 ■編輯：李孝華
■印刷所：大洋實業社 地址：新竹市建功一路95號
行政院新聞局出版事業登記證局版北市誌字第柒伍零號

□輻防消息報導

▲精進發展迎接放射性廢棄物管理的新情勢

(原能會訊)

為因應當前國際間最迫切的「能源短缺」與「全球暖化」危機，政府已將核能列為低碳能源的重要選項；而要順利推展核能的關鍵是，必須妥善解決放射性廢棄物相關的問題。

為確保放射性廢棄物設施的營運安全及解決放射性廢棄物問題，原能會已完成放射性物料管理法及 15 項子法的制訂，安全管制法規已大致完備，但為配合未來核能的發展趨勢，原能會將積極推動放射性廢棄物管理的革新措施，為圓滿解決放射性廢棄物問題建構更堅實的基礎。

「安全」與「減廢」是原能會以往對放射性廢棄物管理的重點，在原能會的嚴密管制之下，國內放射性廢棄物的減量與安全性確保已初具成效。其中低放射性廢棄物的減量方面，已繳出最亮麗的成績單，去（96）年三座核電廠共僅產生 259 桶固化廢棄物，僅為民國 72 年最高產量 12,258 桶的 2.2%，減廢成效領先國際。此外，根據原能會的追蹤統計，由於產廢量的大幅減少，在放射性核種自然衰變的特性下，雖然三座核電廠持續運轉，但是全國低放射性廢棄物的放射性核種總活度呈現降低的趨勢；也就是說，雖然三座核電廠持續運轉，但所產生的低放射性廢棄物所有的總活度或劑量，卻呈現下降之趨勢，這是充分顯示「永續發展」的現象，值得國人肯定與安心。

雖然在「安全」與「減廢」方面獲得具體顯著的成果，但是因為政治與社會的變遷，環保議題倍受重視，民眾對放射性廢棄物問題的關切未曾稍歇，許多關係我國核能發展的重要建案因民眾的排拒而延宕，使我國放射性廢棄物的正常管理面臨嚴酷的情勢，須要採取積極的對應策略與革新作為。為此，原能會已擬定精進發展方案，就(一)永續發展環境的建構，(二)放射性廢棄物管理安全的確保，以及(三)管制作業等三方面進行全面性的精進與革新。其中在永續發展環境的建構方面，將以放射性廢棄物管理的法規健全化、技術的配套應用、放射性廢棄物管理人員專業素質的提昇、以及資訊透明化與公眾溝通的加

強為重點；在放射性廢棄物管理安全的確保方面，將以改善處理設施的功能與安全性，以及貯存放射性廢棄物的減容與安定化為重點；在管制作業方面，則以提昇管制人員的專業能力，以及對重大開發案進行周詳規劃與前置準備為重點。預定在此方案的推動下，達成以下的具體量化成效：(一)持續降低低放射性廢棄物的例行產量；(二)在現有核電廠的持續運轉下，低放射性廢棄物的貯存數量與核種總活度持續降低，維持永續發展狀態；(三)杜絕人為過失所導致的重大傷害事故的發生；(四)二年內全面實施管制人員與運轉人員的資格制度；(五)督促業者在一年內完成貯存放射性廢棄物的減容與安定化處理規劃，並付之實施。此外，也希望能達成以下的質化成效：(一)透過計畫性的教育訓練與經驗傳承措施，全面提昇放射性廢棄物管理的品質；(二)加強資訊透明化措施提昇民眾對放射性廢棄物管理的瞭解與對安全的信心，以助益重要建案的順利推展。

放射性廢棄物問題的解決是發展低碳能源-核能的關鍵，攸關國計民生，原能會除善盡主管機關的職責，做好放射性廢棄物的安全把關外，也將督促放射性廢棄物產生單位重視民眾意見，做好睦鄰與溝通工作，同時也將建議與支持政府擬訂全盤的解決方案，徹底圓滿解決放射性廢棄物問題。

【新聞小辭典】

- 1.活度：指一定量之放射性核種在某一時間內發生之自發衰變數目，其單位為貝克(Bq)，每秒自發衰變一次為一貝克。
- 2.放射性核種總活度：累積加總三座核電廠歷年產生廢棄物所含的各類放射性核種的活度。
- 3.重要建案：例如低放射性廢棄物最終處置設施選址作業及核一廠用過核子燃料乾式貯存計畫。

▲報載蘭嶼貯存場貯存溝曾發生海水入侵的說明

(原能會訊)

案由：有關報載台電主管表示，蘭嶼貯存場在原能會管理期間曾發生颱風時海水入侵貯存場壕溝的事件，經本會函請台電公司說明或澄清，台電公司表示經查相關文件均無記載曾有海水侵入貯存溝情事。

說明：

1. 中國時報 97 年 6 月 10 日登載「美國在台協會(AIT)訪蘭嶼疑私檢核廢貯存場」中，提及"台電主管表示，在原能會管理期間曾發生颱風時海水侵入槽溝情況"。為避免報載不實消息以訛傳訛，造成當地民眾對貯存場營運安全產生疑慮，物管局立即提出澄清說明登載於本會網頁，且於 97 年 6 月 11 日函請台電公司說明或澄清海水侵入貯存溝的消息來源，及查證營運期間是否有海水侵入貯存溝情事。

2. 台電公司核能後端營運處於 97 年 6 月 24 日函復本局，並於 97 年 7 月 2 日派員赴原能會澄清，經查核能後端營運處及所轄蘭嶼貯存場內相關文件均無記載蘭嶼貯存場在原能會管理期間或台電公司營運期間，從未發現曾有海水侵入貯存溝情況。

▲抽測市售建材放射性分析結果符合輻射安全規定

(原能會訊)

原能會於近期蒐集台灣地區市售磁磚建材(產自西班牙、印度、義大利、越南、臺灣等)進行取樣分析，分析結果均小於天然放射性物質核種活度濃度基準值(鉀-40、鈾系列核種、釷系列核種分別為 10 貝克/克、1 貝克/克、1 貝克/克)。另其平均表面劑量率在 0.071~ 0.111 微西弗/小時之間(含背景)。調查結果均低於本會公告的天然放射性物質管理辦法的規定，並無輻射安全顧慮。

原能會於 96 年 3 月 8 日以會輻字第 0960006301 號令發布施行天然放射性物質管理辦法，為避免花崗石、磁磚等建材含天然放射性核種造成公眾輻射安全的疑慮，乃不定期蒐集國內市售國產及進口建材進行放射性取樣分析，以確保民眾安全。

▲原能會將啟動乳房 X 光攝影儀醫療曝露品質保證作業

(原能會訊)

鑒於國內乳癌發生率已躍居女性癌症發生率第 1 位，且乳房 X 光攝影為乳癌早期診斷最佳方式。衛生署國民健康局近年來積極推行 50 至 69 歲國人婦女免費乳房 X 光攝影篩檢，每年接受篩檢者已逾 13 萬人。考量乳腺對輻射敏感度甚高，且接受乳房攝影篩檢者多為健康者，原能會已將推行乳房攝影醫療曝露品質保證作業列為現階段的重點工作，其推行重點包括：積極進行宣導溝通，爭取各醫療院所及相關學會的支持、實施醫療院所醫療曝露品質保證現況訪查，以了解各醫療院所於執行乳房 X 光攝影儀醫療曝露品質保證作業所面臨的問題與所需的協助，訪查的結果已列為法規制定的重要參考、辦理乳房攝影醫療曝露品質保證課程，培訓國內品質保證專業人員、積極進行相關法規修訂作業並協助推動「乳房 X 光攝影醫療機構認證」事宜。

原能會已完成「輻射醫療曝露品質保證標準」及「輻射醫療曝露品質保證組織與專業人員設置及委託相關機構管理辦法」修訂草案，將乳房 X 光攝影儀納入應實施醫療曝露品質保證的設備，預定 97 年 7 月公告，正式實施乳房 X 光攝影儀的醫療曝露品質保證作業。原能會並規劃於 97 年底前完成國內醫療院所相關醫療曝露品質保證檢查，督促醫療院所落實品質保證計畫，使接受乳房 X 光攝影的受檢者在合理的劑量下，獲取最佳的影像，以協助醫生作正確的診斷。

由於科技的進步，輻射的醫療應用日益廣泛，為提升輻射醫療的品質，減少病人可能接受的輻射曝露，原能會自 94 年 7 月起，依游離輻射防護法第 17 條規定，積極推動輻射醫療曝露品質保證作業。原能會目前已規定應實施醫療曝露品質保證的設備有醫用直線加速器、鈷 60 遠隔治療機、遙控後荷式近接治療機、加馬刀、電腦刀、電腦斷層治療機等六種放射治療設備，將可對國內每年約 120 萬人次的病患提供更佳的醫療曝露品質。加上原能會啟動乳房 X 光攝影儀醫療曝露品質保證作業後，將使就醫民眾之輻射安全更加獲得保障。

【新聞小辭典】

1. 乳房 X 光攝影儀：以 X 光造影技術及壓迫乳房的方式進行乳房病兆檢查的儀器。
2. 輻射醫療曝露品質保證：藉由常規性品質保證測試的執行，以確保輻射醫療儀器各方面均維持在一定品質。
3. 游離輻射防護法第十七條：

為提昇輻射醫療之品質，減少病人可能接受之曝露，醫療機構使用經主管機關公告應實施醫療曝露品質保證之放射性物質、可發生游離輻射設備或相關設施，應依醫療曝露品質保證標準擬訂醫療曝露品質保證計畫，報請主管機關核准後始得為之。

醫療機構應就其規模及性質，依規定設醫療曝露品質保證組織、專業人員或委託相關機構，辦理前項醫療曝露品質保證計畫相關事項。

第一項醫療曝露品質保證標準與前項醫療曝露品質保證組織、專業人員設置及委託相關機構之管理辦法，由主管機關會同中央衛生主管機關定之。

▲有關市售進口礦泉水含有鈾的說明

(原能會訊)

為確保國人使用消費商品的安全，行政院原子能委員會(以下簡稱原能會)訂有「商品輻射限量標準」，其中明定飲用水的放射性核種濃度限值，其中飲用水總阿伐限值 550 貝克/立方公尺(總阿伐限值為水中鈾元素含量最常用指標之一)，該項標準與美國環境保護署(EPA)、食品藥物管理局(FDA)及國際瓶裝水協會(IBWA)的飲用水標準均一致。此一標準適用於飲用水及瓶裝水，並非指空氣中之濃度標準。

原能會輻射偵測中心定期均會針對市面上瓶裝礦泉水進行抽驗，其抽驗結果皆已於輻射偵測中心網站上(<http://www.trmc.aec.gov.tw/big5/start.htm>/環境輻射偵測項下)公布，歡迎民眾上網查詢。根據最近幾年來年針對市售國內、外瓶裝礦泉水放射性含量進行分析，其分析結果均小於商品輻射限量標準。

報載某一品牌的礦泉水含 808 ppt 的鈾，經換算其放射活度遠低於「商品輻射限量標準」規定。

□會議訓練報導

▲我國中長期能源政策中核能扮演之角色與定位

-臺灣綜合研究院吳副院長再益博士於本會 53 週年會慶講演

(原能會訊)

長期身為國家智庫的一員，不受政治環境的影響，始終秉持「學者的良知，一路走來始終如一」的臺灣綜合研究院吳副院長再益博士，受邀出席本會 53 週年會慶，並以經濟學者的專家身分發表「我國中長期能源政策中核能扮演之角色與定位」演說。吳副院長從國際核能發展的現況及先進國家的核電調整趨勢，回顧到我國能源及核能政策的演進過程，尤其是近年受到非核家園的衝擊影響，以及未來因應溫室氣體減量的核電定位，與核電政策調整所要面臨的挑戰，剴切而具體的指出核能兼具潔淨、低碳的特點，是溫室氣體減量所不可或缺或的籌碼，政府在確保核能安全及妥善處理放射性廢棄物的前提下，核四廠應照原訂計畫完工運轉，並檢討現行「非核家園」政策，進一步評估核能機組延役及加裝機組的可行性。以下是吳副院長的講演概要：

我們面對臺灣的經濟發展，關鍵要瞭解我國 98%到 99%的能源仰賴進口，沒有能源即沒有投資，經濟的發展亦無法持續，因為沒有電力，而我們有的是人才，所以未來經濟發展的主軸要兼顧「能源」與「教育」。臺灣是個能源短缺的國家，發展過程中已分別於 1998 年及 2005 年召開過兩次全國能源會議，面臨高能源價格趨勢及不斷增加的 CO₂ 排放，自京都議定書生效以後，國際間以核能對抗氣候變遷的呼聲漸起，我國亦將召開第三次全國能源會議，為核電定位的政策定調。馬總統競選政見已提出低碳化主張，核能為無碳能源，除了續建核四廠並如期運轉的政策外，並將審慎評估其他核能政策與發展再生能源產業，以達到低碳能源裝置容量超過 50%的目標。

從國際核能趨勢來看，1981-85 年核能機組增加量 131 部達到高峰，然三哩島事件及車諾比爾事件後，全球核能成長減緩，臺灣從 1985 年迄今，已逾 20 年沒有新核能電廠的規劃及商轉。目前全世界核能總發電裝置容量達 371.7GW，運轉中的機組有 439 部，以美國占 1/4 最多。目前臺灣核能發電量占比未達 20%，未來臺灣將從現有核能電廠的延役及加裝機組來擴充核能的裝置容量，核能占總發電系統的裝置容量要超過 20%，發電量要超過 30%，臺灣核能電廠的容量因數一定是最高的。

預估至 2030 年化石能源仍是主要的初級能源，成長幅度約占 84%，而全球能源使用所排放的 CO₂ 將增加 68%，現在來看，2005 年全球 CO₂ 排放量為 270 億噸，2030 年依基準情景(BAU)將趨向 420 億噸，必須透過改善方案減緩下來，甚至於可望 2030 年的排放量比 2005 年為低，端視「氣化複循環發電系統」(Integrated Gasification Combined Cycle, IGCC)及「二氧化碳捕捉與封存法」(CO₂ Capture and Storage, CCS)等新技術早日商業化。而國內當前面對「溫

室氣體減量法」，最大的爭議在目標基準設在過去所擬的 2005 年抑或是馬總統政見揭示的 2000 年，相信兩者對國內的產業界都是嚴峻的考驗，政府絕對不會以經濟犧牲做為考量，也絕對不會流於喊口號，因為對國內未來的經濟應會審慎評估。

國際核能政策趨勢自 2007 年 3 月比利時布魯塞爾的歐盟高峰會，提及在核能安全無虞條件下，核能可取代化石燃料，有效因應溫室氣體減量的問題以降，除了長期支持核能的美、日、韓外，英國、荷蘭及瑞典等先進國家均修正政策改為支持核能發展；而義大利、比利時則從原本的非核政策，改為觀望立場。日本在核能立國大綱中預定在 10 年內核能發電量將達到 30% 的總發電量，韓國更具挑戰精神，預期 2015 年裝置容量達 1/3，總發電量要占 45%，以降低 CO₂ 的排放。臺灣未來核能機組裝置容量要超過 20%，發電量要超過 30%，方足以降低發電成本，來支持國內經濟，目前的住商用電電價全球倒數第 2 名、工業用電電價倒數第 5 名，過去以住商用電來挹注工業用電的電價差是不對的，因為不可能以便宜的能源價格，達成好的能源節約。此外，政府未來亦會推動能源服務業(Energy Services Companies, ESCOs)以節能技術來因應高能源價格。

我國能源政策演變歷經兩次全國能源會議及 2000 年的核四再評估，目前馬總統已於競選政見中明確揭橥「促進能源多元化，提高低碳能源比重，發電策略積極朝低碳能源超過 50% 方向推動」。而 CO₂ 的減量目標於 2005 年全國能源會議未獲共識，後經 2006 年永續會、經續會討論仍未有共識，盼能於第三次全國能源會議予以定調，目前減量策略規劃「2025 年回歸 2000 年目標」，將採取強化減量策略，規劃引進 IGCC 機組搭配 CCS 技術，進行現有燃煤機組汰舊換新、推動需求面管理策略、全民運動、抑制汽機車數量等強化節約措施，並將推動核能延役及加裝新機組，以期 2025 年目標值定為 2000 年的 214 百萬噸。

2000 年後，我國能源政策以「非核家園」為主軸，2000 年 10 月核四停工引發的政局混亂及投資意願的打擊，曾是影響 2000 年臺灣景氣由盛轉衰的轉捩點，並造成 2001 年成為史上唯一經濟負成長的表現。鑑於南韓李明博總統「747」的政見跳票，馬總統「633」政見的「6」—期望未來 4 年經濟成長率達到平均 6% 的水準，主要關鍵必須活絡國內經濟，擺脫過去 8 年仰賴國外出口的國外經濟。國內長期對石油的依賴，面對未來高能源價格是無法避免的，我們要由過去的「石油經濟時代」轉向「電力經濟時代」，石油經濟已很難跳脫 CO₂ 目標的框架，以電力經濟取代才有調適抑制 CO₂ 的空間，為抑制 CO₂ 的排放，將採用核能及相關的再生能源等低碳能源。

以替代能源而論，著重在化石能源中的煤及天然氣，但在發電結構中，不能沒有燃煤，不能沒有燃氣，短期內亦不可能類如法國將核能擴充 70% 至 80%，臺灣現今在臺電的發電系統中，最關鍵的基載電源是燃煤與核能，亦因有此兩者，才有穩定的電源供應價格，否則目前較日、韓便宜的電價，未來將

會持續上漲。核四停建復工造成工程進度落後，由於環境與匯率變動及通貨膨脹等因素考量，已顯現預算超支及發電成本的影響鉅額損失激增。

依據國際能源總署(IEA)評估，2030年時全球CO₂排放量依BAU將達到420億噸，在目前減量技術推動及維持大氣中CO₂濃度在450ppm之下，可望減量至2005年的270億噸或更低至230億噸，其中核能是不可或缺的工具。同時，IEA能源科技展望(Energy Technology Perspective 2006)指出，增加CO₂減量技術成效，70%至75%來自工業部門需求端的能源使用效率及發電供應部門的發電效率提升，其中發電領域更應著重在CCS、核能、天然氣及再生能源。既以臺電立場而言，CCS不和IGCC合併應用，則實不足以推動國內CO₂的減量，採行CCS則發電效率較低、發電成本提高，故以IGCC搭配CCS技術則損失較低，以應用在燃煤電廠為例，CO₂排放可以減量90%。

臺灣溫室氣體排放量2005年為257百萬噸，2006年為265百萬噸，能源部門排放CO₂占我國總排放的61.86%，持續增加的原因是電力需求增加及燃煤發電比重高的緣故，但是因應CO₂的排放限制，未來臺灣電力裝置容量的最高極限為7,000~7,500萬瓩，否則CO₂將難回到2005年或2000年的目標。每度電可以排放多少CO₂的量？2005年的日本是0.429公斤、韓國是0.418公斤，臺灣則是0.637公斤，較日、韓高出5成，預期國內調整電源結構，加重核能、再生能源及液態天然氣(LNG)占比，2025年我國電力排放係數目標值為0.42公斤CO₂e/度，期與日、韓相當。

我國因應溫室氣體排放持續增加，亟需執行減量政策，6月5日世界環境日行政院將推動「節能減碳無悔措施全民行動方案」，未來將從需求面提出合理化的能源需求，供應面強調穩定潔淨的能源供應，其中不可或缺的是核能。核能發電為無碳能源，不排放CO₂，有助於改善我國目前高碳的發電結構，現有核一、二、三廠機組延役，預計可帶來25.3百萬噸CO₂減量，而現址新增6部核能機組預計可帶來39百萬噸CO₂減量。

展望我國能源結構規劃方向，預期2025年我國裝置容量將達7,000~7,500萬瓩，發電量不可超過3,500億度，否則無法抑減CO₂，其中不採用核能更是難上加難。

現今民眾對於核能發電仍有疑慮，核電廠成案到完成土地徵收，需要極長的溝通與協調過程，而核電廠自成案、環評、開工至商業運轉總計耗時10年以上。臺電目前全力推動核四廠，不僅是核四廠，未來核能延役及加裝新機組，經濟部、臺電公司、相關的財團法人及原子能委員會都要從監督、經營、管理、推動的角色，大力推動國家的核電營運。因為現在核電是賣方市場，即以加裝機組而言，當下2008年加裝機組，俟運轉時間已為2020年，耗時12年，而2025年要達成加裝6部核能機組，則從2020年至2025年，規劃每年增加1部核能機組。

核能機組目前是賣方市場，不僅造價日昂，燃煤機組亦已漲價70%，更必須提「錢」排隊購買，且部分非核國家如澳洲與義大利，相繼投入興建核電廠

之後，國際間興建核電廠的相關設備將供不應求，備料問題將嚴重影響我國面對能源危機的困難度。

在低放射性廢棄物處置方面，已於 95 年公布「低放射性廢棄物最終處置設施場址設置條例」，96 年選址計畫生效，未來將由地方性公投決定候選場址，預定於民國 100 年確定場址，105 年展開處置作業。在高放射性廢棄物貯存方面，以核一廠為例，核一廠運轉執照效期至民國 107/108 年，然其用過核燃料水池容量有限，預計於 99/100 年將喪失大修作業空間，且無法提供運轉至 107/108 年所需的用過核燃料貯存空間，目前雖已提出乾式貯存設施計畫，惟陷於冗長的環評過程，一時難以通過，未來核能延役或加裝機組的規劃，仍將受限於用過核燃料貯存空間。

面對我國未來的經濟發展，核能兼具潔淨、低碳的特點，是溫室氣體減量所不可或缺的籌碼，總結而論：

- (一) 高能源價格的來臨及溫室氣體減量的壓力，將促使煤炭、再生能源、核能等能源技術變革，誘發能源技術演進，全球能源供需配比將趨向另一全新面貌的平衡，核能兼具潔淨、低碳等特點，重要性日漸增加。
- (二) 我國發電部門排放溫室氣體約占總排放的 62%，並因為電力需求增加所引起及燃煤發電比重高，排放量持續增加。核能發電為無碳能源，不排放 CO₂，有助於改善我國目前高碳的發電結構，惟核能仍有核安、放射性廢棄物等其他影響，故建議為因應溫室氣體減量的最後手段。
- (三) 兼顧能源供應穩定及達成減少溫室氣體排放的目標，並落實馬總統「促進能源多元化，提高低碳能源比重，發電策略積極朝低碳能源超過 50% 方向推動」的競選政見，在確保核能安全及妥善處理放射性廢棄物前提下，核四應照原訂計畫完工運轉，並檢討現行「非核家園」政策，進一步評估核能機組延役及加裝機組的可行性。
- (四) 未來核能使用除需克服興建期程、放射性廢棄物處理等技術問題外，更重要的是如何建立民眾教育與溝通管道，促使民眾瞭解核能的正反面意見，透過公開討論核能議題，避免再次淪為政治議題。

最後，以劉院長提示「該做的事還是要做」、「長痛不如短痛」、「面對事實要去挑戰」來與原子能委員會的同仁共同勉勵，深盼未來在執政團隊合力推動之下，國家核能政策能夠扭轉並順利推動，原子能委員會的業務蒸蒸日上，愈來愈好。

▲97 年度各項訓練班開課時間表

(輻協訊)

班 別	組 別	期 別 及 日 期	地 點
放射性物質或 可發生游離輻射 設備操作人員	(A 組)	A5—08 月 20 日~27 日	(高雄)輻射偵測中心
	36 小時 許可類	A6—08 月 25 日~29 日	(新竹)帝國經貿大樓
		A7—11 月 17 日~21 日	(新竹)帝國經貿大樓

研習班	設備	A8—12月02日~09日	(高雄)輻射偵測中心
		98年A1—03月02日~06日	(新竹)帝國經貿大樓
		98年A2—03月04日~11日	(高雄)輻射偵測中心
	(B組) 18小時 登記備 查類 設備	B13--08月06日~08日	(高雄)輻射偵測中心
		B14--08月13日~15日	(新竹)帝國經貿大樓
		B15--09月03日~05日	(台北)建國大樓
		B18--10月07日~09日	(新竹)帝國經貿大樓
		B19--10月22日~24日	(高雄)輻射偵測中心
		B20--10月29日~31日	(台北)建國大樓
		B21--11月05日~07日	(台中)文化大學推廣教育部
		B22--11月26日~28日	(新竹)帝國經貿大樓
		B23--12月10日~12日	(台北)建國大樓
		B24--12月17日~19日	(高雄)輻射偵測中心
		98年B1--01月07日~09日	(新竹)帝國經貿大樓
		98年B2--02月11日~13日	(台北)建國大樓
		98年B3--02月18日~20日	(高雄)輻射偵測中心
		98年B4--03月11日~13日	(台中)文化大學推廣教育部
98年B5--03月18日~20日	(新竹)帝國經貿大樓		
98年B6--04月08日~10日	(台北)建國大樓		
98年B7--04月22日~24日	(高雄)輻射偵測中心		
輻射防護專業 人員訓練班	輻防師(1本 80小時) 輻防員(1本 108小時)	進階 10 09月12日(進階 10-1) 10月03日(進階 10-2) 10月31日(進階 10-3) 12月3日~5日(進階 10-4) 員 14 期 第一階段—11月03日~07日 第二階段—11月10日~14日 第三階段—12月15日~19日 第四階段—12月22日~25日	(新竹)帝國經貿大樓
鋼鐵建材輻射 偵檢人員訓練班	鋼--12月24日~25日	高雄	
	鋼--12月29日~30日	(新竹)帝國經貿大樓	
九十七年度 輻射防護教育訓練	8月15日(五)6小時	台北(月涵堂)	
	8月29日(五)6小時	高雄(偵測中心)	
	9月11日(四)6小時	新竹(帝國經貿大樓)	
	9月25日(四)3小時	台北(月涵堂)	
	10月2日(四)3小時	新竹(帝國經貿大樓)	
	10月16日(四)3小時	高雄(偵測中心)	

◎ 以上各項訓練班簡章備索詳細內容網址為 www.rpa.org.tw，電話：(03)5722224。◎

□ 專題報導

▲【非人類物種輻射防護的一點看法】

(輻協 劉代欽)

在上一期簡訊(91期, 97年6月1日出刊)的專題報導「參考物種輻射劑量評估方法發展現況簡介」中, 除了對考量生態環境的輻射防護中的輻射劑量評估模式進行介紹與比較外, 並闡述了幾種輻射防護環境保護的設計概念, 其中提到非人類物種輻射防護可以仿照人類輻防管理的架構方式, 就是採行以分段式的風險評估模式來設計, 本文擬就此部分再加以說明, 並試著與人類的輻射防護架構的關聯做比較。

考慮工作人員在計畫情境中可控制射源情況下進行輻射作業所可能接受的危險度, 人類的輻射防護架構依此危險度以年劑量(毫西弗)劃分為三區, 如圖1, 其中年劑量介於0.01 mSv~1 mSv之間的區域為I區, 年劑量介於1 mSv ~20 mSv之間的區域為II區, 年劑量介於20 mSv ~100 mSv之間的區域為III區, 其中的區域II是我們所熟悉的合理抑低區域。非人類物種的輻射防護在做法上除了要能夠符合現今國際環境保護的趨勢外, 若能盡量與人類輻射防護架構一致, 應該有其方便性, 所以有關非人類物種的輻射防護也可以仿照人類輻防的分區設計。所以首先需要考慮的問題是非人類物種的輻射防護適合分為幾區? 分區的劑量界線值可以如何考慮?

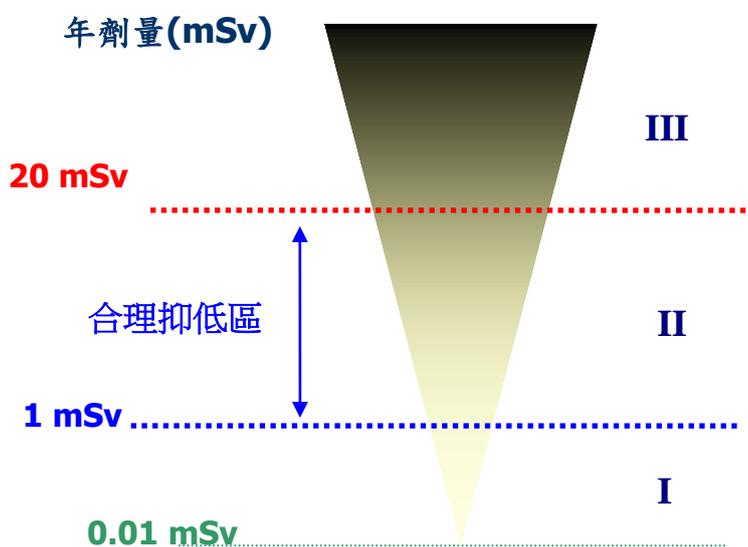


圖 1、人類輻射防護劑量分佈區間

非人類物種在輻射防護設計上與人類輻射防護上的考量點有根本上的不同, 有幾個問題是我們必須先注意的。首先因為非人類物種所考量對象眾多, 如何針對不同生物對象以其生物效應的結果來訂定閾值(Threshold)或界線值是

更不容易的。另外在劑量的單位使用上應該以戈雷(Gy)為單位而不是以西弗(Sv)表示。對非人類物種輻射曝露的來源是大量的放射性核種所形成的輻射環境，並不包括像 x 光機之類的設備。有關人類輻射生物效應我們熟悉的對象是機率效應與確定效應，但考量非人類物種對輻射的生物效應時得稍做調整，對動物的效應可考慮為死亡率及繁殖率，對植物的影響為抑制生長發育以及對動植物種群發展上的影響。過去研究提供了動物中以哺乳類動物對輻射最為敏感，而植物的效應則以針葉喬木最敏感的結果。

美國能源部就收集文獻資料指出，對陸生動物若所處環境的劑量率在 $400 \mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ 以下時，對動物種群的死亡率沒有影響，而劑量在 $40 \mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ 以下時，對動物種群的繁殖率也沒有影響。對水生動物研究則指出若所處環境的劑量率在 $400 \mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ 以下時，對種群的生物效應不易觀察到。對植物而言，劑量率在 $400 \mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ 以下時，只對敏感植物稍有影響，不致影響植物群落。聯合國原子輻射效應科學委員會(UNSCEAR)則指出若劑量率在 $400 \mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ 以下時，對非人類物種的種群持續發展上不會有不利的影響。歐盟的研究資料則指出劑量率 $10 \mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ 以下時，最敏感的生物種群對輻射的效應也不會出現，而在 $10\sim 100 \mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ 之間則敏感的生物會有所反應。

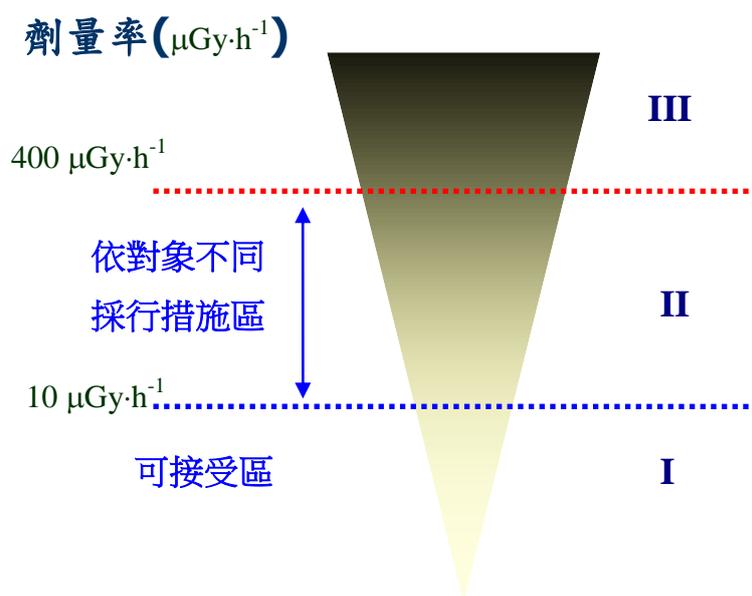


圖 2、非人類物種輻射防護的架構

參考上述非人類物種對輻射曝露所造成效應的研究結果，我們不難發現 $10 \mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ 與 $400 \mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ 是令人感興趣的數值。任職於經濟合作暨發展組織核能署(OECD/NEA)的 George Brownless 博士認為以類似人類輻射防護的三區間設計作為非人類物種的架構是可以考慮的，如圖 2 所示。其中第 I 區暫稱可接受區，也就是對所有考慮的生物對象造成曝露不超過 $10 \mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ 時，並不需再考慮輻射防護上的措施，人類輻射防護所設計的合理抑低區(如圖 1 的 II 區)就包含在

此區中。而第 III 區則為不可接受區，也就是劑量率在 $400 \mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ 以上時是不允許的，必須要採行措施使劑量率降到第 II 區中。第 II 區則為各國或地區預留彈性，也就是讓各國依自己的特殊環境或曝露對象的不同進行不同的考慮，例如考量不同物種、不同的生物學端點(endpoint)或對種群影響。

設計這樣的三區間架構來進行非人類物種的輻射防護，適當嗎？就目前輻射生物效應研究所得所觀察到的結果而言，應該是可行的，且 $400 \mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ 這個數值使用上類似劑量限度，應用上比較容易，就像個限度值不能超過。可是 $10 \mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ 這個數值使用上就有彈性，或許稱呼它為非人類物種輻射防護的一個基準(level)來的恰當些，也許當未來有更多的研究結果出現或劑量評估模式有所改變時這個數值會有所調整也是可能的。

將環境保護的概念融入輻射防護的架構中，應該可以回溯到 1980 年代時就已被提出，而國際放射防護委員會 ICRP 在 2007 年所提出的 103 號出版物中，則將最近幾年各個國家或國際組織在生態系統的輻射防護議題上的進展，以更明確的方式在報告中呈現出來。環境保護一直是國際上廣受注意的議題之一，而且越來越受到重視，相信這與近年來許多異常的氣候現象造成許多地區大量生命財產的損失有關，強迫人類思考環境保護的重要。明顯的，輻射防護所考慮有關環境與生態系統的保護，其動機與上述所提的環境保護並不相同，並非人類有關輻射的活動已經危害到我們生存的環境，但若考慮到現代環境保護的原則，建構以生物多樣、環境公平、人類尊嚴的生態來永續發展，那麼到底我們人類的活動方式與所處的環境該如何互動？我們認為輻射防護在這個議題上是不應該缺席的。

【參考資料】

1. 劉祺章、林彥宏、高億峯、黃景鐘、劉衛蒼，參考物種輻射劑量評估方法簡介，財團法人中華民國輻射防護協會簡訊 91 期，2008 年 6 月 1 日。
2. 黃景鐘，非人類物種的輻射防護，美洲保健物理學會「保健物理新知研討會」，台北縣永和市，2008 年 3 月 14 日。
3. ICRP, 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, Publication 103, Elsevier, Orlando, FL (2007)
4. G. P. Brownless, *Issues around radiological protection of the environment and its integration with protection of humans: promoting debate on the way forward*, J. Radiol. Prot. **27**, 391-404 (2007)

歡迎賜稿，稿件請寄新竹市光復路二段 295 號 15 樓之 1 或電傳(03)5722521 輻防協會編輯組收。來稿一經刊登，略致薄酬(政令宣導文章，恕不給稿酬)。

2.本刊因篇幅限制，新聞類每則請控制在 500 字以內，專題類每篇以 2000 字內為佳。

3.歡迎訂閱(每年六期 180 元)。請洽：李孝華小姐 TEL：(03)5722224 轉 314。