

5 低劑量輻射的生物影響-介紹有關激效的最新研究

一、前言

關於輻射激效 (hormesis) 現象，筆者在10年前就曾經介紹(註一)，誠如該文中所介紹。日本電力中央研究所1990年10月23日演講會摘要中所提及的，電力中央研究所(簡稱電中研)在這一方面下了很大的功夫，且持續至今。

激效的定義是：「生物體以少量輻射刺激後可能產生某些有利效應，如延長壽命，增加生長及繁殖力，減少它的致癌率等」。

在世界上首先做有系統的(25年之久)激效效果的研究著有成效，並為之命名的美國米蘇里大學名譽教授洛基博士在1982年的保健物理期刊上發表這一假說。他認為生物體施以天然輻射程度的數倍到百倍左右的低劑量輻射，會產生抑制老化，抑制癌症，提昇免疫機能，促進發育和成長及增加對疾病的抵抗力等七種有益的效果。

洛基博士主張「我們不能證明所有的輻射均為有害這種通常說法的任何顯著的證據，因此應該放棄根據此理論作直線延長的想法」。

洛基博士在20年前向輻射防護的基本想法所投出的炸彈，今日得到怎麼樣的迴響？

二、日本電中研的研究經過

1988年：電力中央研究所派員赴長崎大學及岡山大學(彼等長期以來，以輻射影響的研究著稱)以研究生身分做長期研究。對實驗用鼠和小鼠等動物照射低劑量之輻射，查明其對生物體的影響。

結果：在每年所接受背景輻射(即天然輻射劑量)的10倍到100倍的範圍內，發現具有可消除活性氧氣的SOD酵素活性化與活性化負責免疫的T淋巴球兩項對生物體有益之效果。

1991年：將上述研究成果以極微量之輻射對健康有益嗎?為題發表於「日經科學」雜誌上。

1992年：以一年時間訪問各大學的醫學院，藥學系等，介紹上述的研究成果，並計畫邀請這些機構參與針對低劑量輻射對生物體回應的調查研究。

1993年：有14家研究機構，包括東北大學，東京大學，東邦大學等同意參加上述計畫，即(輻射激效效果檢證計畫，如圖1所示由5個領域所組成共17個研究課題，包括老化抑制效果，癌症抑制效果，生物體防禦機構的活性化，損傷修復機構的活性化，與原子彈爆炸受害的流行病學調查等5個領域。

2000年：2000年10月於東京都江市設立低劑量輻射研究中心(LDRC)(註二)。

2001年：2001年5月16日於東京大學日經的廳堂召開「追求低劑量輻射防護的科學根據」研討會。

三、老化抑制效果(其一)細胞機能的活性化(註三)

「活性氧氣」與老化有深切關係。動物的細胞由以脂質為主要成分的細胞膜。當構成細胞膜的脂質因活性氧氣而被氧化時，過氧化脂質的量會增加導致細胞膜變質。此細胞膜的變質被視為與細胞的老化有關。

如前節所述，如果由於低劑量輻射使體內的SOD酵素活性化的話，那麼過多的活性氧氣就被消除而有可能產生抑制老化的效果。為了確認此事，以生下來7個星期的年輕的白老鼠與生後65週齡(如以人來說，相當於50歲)的成熟老鼠分別以輻射照射，針對老化的影響較大的大腦皮質細胞分別調查過氧化脂質的量，膜的流動性與SOD酵素的活化性3個量有什麼變化。

實驗結果如圖2所示。由該圖，如不加以照射輻射的自然狀態下，65週齡的成熟老鼠與7週齡之年輕老鼠相比，過氧化脂質量較多，膜流動性較低，SOD酵素的活性度較低，也就是這3個指標明顯顯示隨著週齡增加，細胞膜的機能每下愈況。但如果對65週齡的老鼠施以照射1次，其劑量為50 cGy的低劑量輻射，則上述3項特殊性會顯著改善，達到接近年輕老鼠的值，其效果正是立竿見影。

四、老化抑制效果(其二)抑制糖尿病狀的發生(註三)

由醫學研究，得知活性氧氣又是眾多被稱為活性氧氣病的罪魁禍首。比如如果胰臟由於污染性氧氣而受到損害時會引發糖尿病，以及關節的軟骨周邊的組織因其受侵害時

會產生關節炎等。電中研想出的法子是以動物實驗來確認，由於低劑量的輻射可以抑制這些活性氧氣病。

實驗使用老鼠。對健全的老鼠要讓它引發糖尿病的話，通常是施以稱為阿羅吉散（譯音）的藥劑，在此也援用此法。

把健全的老鼠分為兩個群，一個為輻射照射群，另一為對照群，即不照射輻射者。照射群以50 cGy的低劑量先作全身照射一次，2個星期後在腹部施予阿羅吉散。在投藥阿羅吉散兩天後作血糖值的分析。

結果示如圖3。以健全的老鼠的血糖值（即約170 mg/dl血漿）作為基準的話，只投藥阿羅吉散的對照群，血糖值約高達三倍（500 mg/dl血漿），而照射群的血糖值則維持與健全老鼠相同的水平，顯示糖尿病症被抑制。

又做了病理解剖，觀察胰臟細胞的狀態。在健全未處理的老鼠可清晰見到蘭格罕氏小島（islets of Langerhans，即胰島）的顆粒，但在對照群，這些顆粒顯著地減少。而在照射群，如同健全的老鼠一般，可清晰見到這些顆粒，由病理解剖的結果也可證明低劑量之輻射可抑制糖尿病。

五、輻射適應的因應情形（註四）

所謂輻射適應的因應情形指的是預先接受低劑量輻射的老鼠，對於其後的高劑量輻射具有抵抗性之意。電中研與大阪府立大學的米澤教授共同研究的結果顯示：如果給小鼠約8 cGy的高劑量，則1個月後的生存率（存活率）只有一成左右。但在照射高劑量之兩個禮拜前，如先照射0.5 Gy（即50 cGy）低劑量的話，則其存活率會劇升到八成。也就是0.5 Gy的低劑量的照射變為導火線。在這兩個禮拜內，老鼠體內發生某種變化，以致對其後的致死劑量產生抵抗性。

六、癌症抑制效果（註三）

我們已談過由於低劑量輻射對免疫細胞的活性化。電中研認為這一免疫機能的高漲可活性化排除癌細胞這種異物的機能，因而想調查這一效果在抑制癌細胞之轉移上會否見效。

在東北大學醫學院已確立了在小老鼠的皮下移植同一種類的小鼠所發生的癌細胞時，

不久就會轉移到肺部的實驗系統。在癌症轉移的實驗上採用這類小老鼠系列，並在東北大學的指導之下進行此實驗。

在生下8週齡到10週齡的年輕小老鼠的大腿部皮下移植癌細胞，並在20天後以15 cGy的x射線作全身照射。然後與沒有照射x射線的小老鼠相比較，看看癌細胞對肺部的轉移率是否因為低劑量輻射的照射而下降。

其結果示如圖4，作了低劑量的輻射照射的小鼠，癌細胞對肺部的轉移率，與只移植癌細胞的小老鼠相比，下降了40%。

七、以低劑量作全身照射治療癌症的嘗試（註三）

使用低劑量之輻射照射以抑制癌症的效果，難道只是小老鼠的特有現象嗎？

我們平常所說的利用輻射的癌症治療，指的是把照射範圍侷限於有癌細胞的地方。依此方法，通常將200 cGy（舊單位為200雷得）的高劑量輻射以每日一次的頻度每週5次，全部共照射30到35次，其總劑量達到6,000到7,000 cGy。

與此相對的，本澄彥博士（曾任東北大學教授）在十數年前就嘗試了將全身照射10 cGy（0.1 Gy）的低劑量之輻射，一日1次，每週3次，全部照15次，或者是15 cGy每週照2次，總共照10次，其總劑量為150 cGy的新的治療方法。

在此低劑量輻射的全身照射的臨床研究上，為了調查癌細胞的致死與遠隔轉移抑制的兩項效果，主要對象選用惡性淋巴腫瘤的患者。因此患者均具有在發現腫瘤時就有可能遠隔轉移的現象。

其方法多採用：先以低劑量作全身照射，並在6小時到12小時內，用高劑量作局部照射。

惡性淋巴腫瘤進行的快慢，以病變的擴散範圍為決定基準。對於比較早期的第I期及地II期狀態的惡性淋巴腫瘤，當依原來的治療方式只單獨於局部照射高劑量的輻射線時，如圖5所示，經過5年後之存活率約為65%，而併用低劑量的全身照射時，其存活率提升到84%。

同時也做患者的血液分析，確認攻擊癌細胞的下淋巴球，其百分比也有顯著地上升。由此結果，可知在人類，低劑量輻射有可能活化免疫機能，由此作用則帶來抑制癌症的效果。

八、抑制致癌效果實驗的最新數據（註四）

如果你問「輻射有什麼害處？」，很多人都會答以「有可能致癌」。如果從致癌的機制來看，上述很多機能之活性化應當可以抑制致癌。為了檢驗此假設，電中研的資深研究員，酒井一夫使用該中心的低劑量率輻射照射長期照射設備做了小老鼠的連續照射實驗。

實驗使用銻137加馬射源。小老鼠的飼育係置於飼育棚的籠子內。輻射的劑量率則以改變射源的距離作調節。首先在各別位置先照射1個月左右，然後投藥，此藥為致癌劑（譯音為麥齊爾可拉音杜靈），觀察低劑量輻射對癌症的發生會帶來怎樣的影響。

只給予致癌劑的小老鼠，在投藥216日內，約有94%的小老鼠發生癌症。至於距射源約5公尺的飼育棚內所飼育的小老鼠，其發生率明顯地低了很多，可以看出低劑量率連續照射可抑制癌症的發生。

九、對LNT假設之挑戰（註五）

所謂的低限劑量，指的是低於此一輻射劑量時，不能產生可以測得的效果。（註六）而這裡所謂的LNT即指linear non-threshold，也就是目前輻射防護所採用的沒有低限值的直線假說。

對於此說，巴黎大學貝克研究所長迪比安那在2001年5月16日的研討會上發表評論，他的結論是：「LNT模式在輻射防護上是很方便的方法，但其科學根據卻極薄弱。至少在天然輻射水平的1-10 mSv（毫西弗）領域裡對直線的外推要很細心的做，而低於1 mSv以下的劑量區域，不必考慮其風險（risk）」。

其理論根據簡言之，如下敘：

1. 細胞的DNA修復機制在20 mGy的低劑量時會活性化。

2. 以突然變異或是染色體異常為指標加以調查，則0.2 Gy以下看不到有意義的（統計學上）上升，應可視為在這附近有低限值。

我們期待在日本電中研進行的各項實驗最終能導致LNT假說的不攻自破，而使全世界能採用有低限值觀念的輻射防護，並讓激效理論實際應用於日常生活中，使人們能延年益壽，更加健康。

謝辭

本文承蒙日本電力中央研究所低劑量研究中心副所長石田健二先生惠賜彩色圖片、相片，在此申致最高謝意。石田副所長並期待激效理論在台灣有更多人了解與推動。

註一：劉振乾編譯：「你想知道的核能發電"第八章第四節及附錄：專家指出「低劑量的輻射對身體有益」 - 日本電力中央研究所1990年10月22日演講會摘要（pp.215-220）」

註二：石田健二"追求低劑量輻射防護之科學根據"（低劑量輻射研究中心設立紀念國際研討會）Energy 2001年7月號。

註三：石田健二：低劑量輻射之生物影響 - 生體之絕妙的應答 - 電氣評論 2001年6月號

註四：酒井一夫（低劑量輻射研究中心 高級研究員）：對於低劑量輻射的生體應答。 Energy 2001年7月號

註五：M. 迪比安那：低劑量輻射線的致癌作用無低限值的直線假說之定位 Energy 2001年7月號

註六：遺傳學詞彙 p.447國立中興大學遺傳學詞彙編輯委員會編著 東華書局出版
（本文作者為台電公司退休工程師）