

4

第四章 核能是友善環境與尊重生命的能源



人類文明與經濟的永續發展須與環境和諧相處：能源的使用除了須符合永續的要求外，也應該注重使用過程對環境與生命的影響。

電能的使用安全便利，可以廣泛應用於住商、交通、服務業、工業製程等領域；電能可以讓人類更廣泛、方便、與潔淨的利用各種不同的初級能源。問題是在各類型初級能源轉換為電能過程中，會因能源種類不同對環境帶來不同類型與程度的影響。整體評估能源轉換過程中每個程序的結果顯示：與其他主要發電方式相比，核能是最友善環境的發電方式；核能可以明顯降低能源應用對環境與社會安全的衝擊。

化石資源是用血淚換來的

根據美國核管會NUREG-1437報告分析¹：以相同發電量為基礎，開採1噸的鈾礦，相當於開採 11,600 噸煤礦、8,000 噸石油、或 3,200 噸天然氣。因為採礦過程衍生之土地利用、環境與生態破壞、乃至於礦渣處理，都與開採量成正比，所以開採量最小的核燃料，對環境與生態破壞最輕微。

開採化石資源經常造成礦工嚴重傷亡，說「化石資源是用血淚換來的」毫不為過：如1988年英國北海油田大爆炸，罹難人數超過170人。2003年1月，阿爾及利亞東部斯基克達鎮一座液化天然氣廠發生爆炸，工廠全毀，至少27人死亡、72人受傷；同年底重慶開縣天然氣井爆炸，罹難人數超過190人、數萬居民連夜遷居；同年4月俄羅斯西伯利亞煤礦發生瓦斯氣爆，造成30名礦工喪生；2004年僅中國就有6,027名煤礦工人在災變中喪生。據中國大陸政府的官方1998年的統計數字，1991年至1993年，大陸非國有煤礦場工人每開採一百萬噸煤，就要賠上12.2條人命，部分礦場甚至高達100人。

民國73年6至12月間，台灣接連發生海山、煤山煤礦與海山一坑等三次嚴重災變，超過300名礦工不幸殉難，政府從此決定結束台灣煤礦開採與發展。

核燃料運輸與儲存的風險最低

比較與我國核電相同規模的火力電廠的營運，每年需要5萬噸運煤船 300 船次、10萬噸超級油輪104航次，或3萬噸天然氣船 140 航次；但是核能卻只需要貨機3架次。我們經常聽到油輪沉沒污染海洋、天然氣與石油儲槽爆炸殺傷大量人命，卻從未聽過運儲核燃料或核廢料曾發生事故。核燃料體積小，運儲方便安全，是運儲風險最低、最友善環境的主要能源。

2002年底西班牙海域「威望號」油輪海難，只不過洩漏 1 萬噸燃油，僅西班牙一國清理油污就耗資10億美元、影響3萬人的經濟活動。1991年1月，科威特的米納艾哈邁迪沿海油管大量洩漏；數日後，波斯灣漏油已達1,100萬桶。統計顯示，每年因故意或意外洩漏到海洋的石油更高達1,000萬噸！

天然氣爆釀成嚴重災變紀錄更是不絕於書：1984年11月19日，墨西哥的液化石油氣配送基地發生漏洩，並引火爆炸，經36小時後搶救，才將火勢鎮住；大火延燒基地附近數公里範圍，超過 500人死亡、4,000人以上受傷，燒毀之住宅數達萬戶。1989年西伯利亞天然氣輸送管發生洩漏，一輛通過的火車引發爆炸，當時火球烈焰騰空7,600公尺，讓美國誤以為核武爆炸，1,200名乘客中，有 300名立即死亡，700名受傷。1995年5月，南韓大邱天然氣幹管被挖斷而誘發大火，有103位民衆喪生、189人受傷。2001年9月1日日本東京都新宿區的一座商業樓房凌晨發生煤氣爆炸，導致44人死亡，3人受傷。

天然氣是最危險的能源

瑞士 Paul Scherrer Institut² 分析1969至1996年間發生的1,943次重大能源事故，藉以評估各種發電方式安全性，結果在產生相同電力情況下，天然氣發電造成的生命損失高出核能420倍，是最危險的能源。

天然氣接收站的儲氣槽容量高達數十萬公秉，體積龐大而且防護脆弱，引爆一座天然氣槽，只需要一顆火箭彈，戰時將是敵人最佳攻擊目標。我國永安或規劃中台中港天然氣接收站，不是位於人口密集區域、就是位於誘發九二一大地震的車籠埔斷層附近³，一旦儲氣站發生爆炸，半徑2公里內可能無倖存人員、4公里內建築全毀，死傷無法估計⁴。天然氣儲槽一旦爆炸，可能連跟孩子吻別的機會都沒有！

在政府的非核家園政策下，再生能源無法滿足需求，燃煤發電的環境污染與二氧化碳排放無法為社會或國際所接受，唯一可以替代核能發電的發電方法只剩下天然氣發電。如圖 4.1 所示，過去 15 年，我國天然氣消費成長高達 8.3 倍，但同時期能源消費總成長只有 3 倍。每年大量進口的天然氣，有 85% 用於發電。依照民國 87 年全國能源會議的結論，要達到預定之二氧化碳減量目標，民國 109 年時我國需要進口 1,600 萬噸天然氣，高達民國 79 年的 21 倍。如果我們無法達到全國能源會議所規劃的節能目標（民國 109 年累積至 28%），也不願意在現有廠址增設核能機組，使核能佔電力裝置容量配比之 19~20%，民國 109 年天然氣之進口量將是 1,600 萬噸的數倍！

過度發展天然氣發電，違反「不要把所有的蛋放在同一個籃子裡」之分散風險的簡單道理，會嚴重影響能源供應安全與能源價格的穩定性，而且天然氣儲存槽在戰爭時期易成為敵人攻擊的最佳目標，進而嚴重影響國防安全。

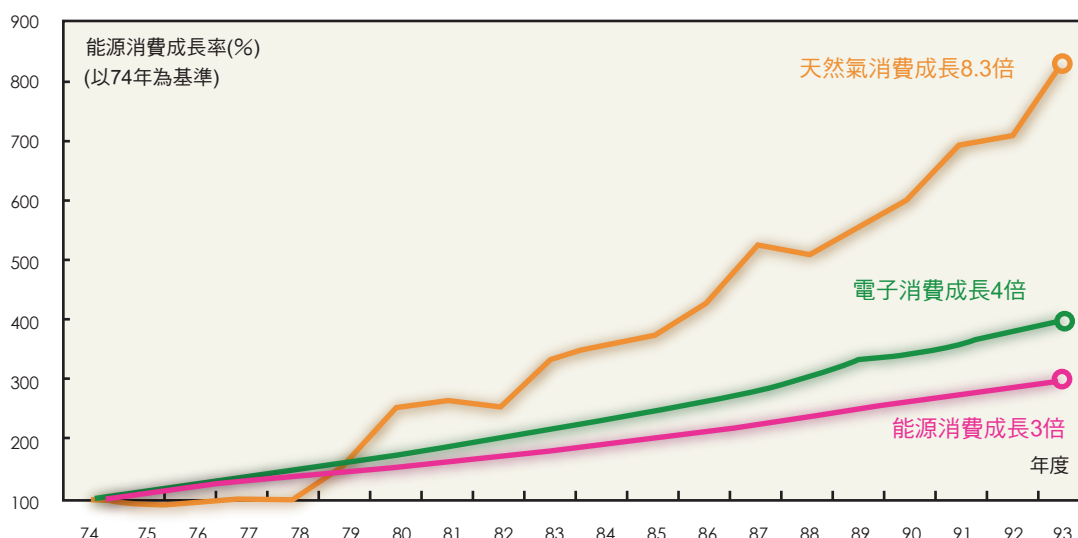


圖 4.1 15 年來我國天然氣消費成長 8.3 倍，增加能源風險

核電是最友善環境的能源

靠燃燒化石資源的火力發電，都會造成嚴重空氣污染與排放大量的二氧化碳，表 4.1 所列為民國 93 台灣供電系統燃煤電廠、燃油電廠、燃氣電廠所釋放出的硫化物、氮氧化物、及微塵總量。空氣估計當年台灣所有火力發電電廠的二氧化碳總排放量為 9,770 萬噸，佔當年全國能源使用二氧化碳的排放量（25,090 萬噸）的 38.9%。如果不採取措施改善，這個比例還會逐年快速增加。

燃氣發電雖然比燃煤及燃油乾淨，卻仍會排放氮化物、硫化物、及大量二氧化碳。石油在提煉過程亦會污染環境，釋放大量有毒重金屬到外界環境，這些污染物質會進入環境，對人體的健康造成影響。

水力發電雖然不會排放污染物到環境，但水壩的建造會淹沒大片的土地，必須遷移許多居民與野生動物，水庫也會影響到附近河川的生態。1964 年亞斯文大壩修建前，尼羅河每年漁獲量是 31,000 噸。但水壩完成後，漁獲量銳減成 500 噸，造成 4,500 名漁民失業 **5** 去年底，中國環境總局以「水力發電嚴重影響環境生態」為由，一口氣停止 37 項大型水力發電計畫，正式讓三峽大壩所掀起的水電開發狂熱畫上句點。

生質能發電更需要大片土地。栽種植物需要大量肥料與殺蟲劑，而且燃燒植物一樣會產生微塵與二氧化碳。風力發電不會造成空氣污染，但有可能會對發電裝置附近的鳥類，特別是猛禽類造成傷害。美國 National Audubon Society 及 U.S. Fish and Wildlife Service 呼籲，希望重新檢討猛禽較多區域，開發風力發電的可行性。雖然太陽能光電在發電過程中不會造成空氣污染，但在晶片製造過程中，一樣會產生大量的有毒廢棄物。

核能發電的熱能來自核分裂，所以不會有空氣污染問題；分裂過程的確會產生大量的放射性物質，但都受到嚴密管控與完善防護。核電廠在正常運轉時，外釋的放射性物質所造成劑量，連環境背景輻射的1/1,000都不到，甚至還遠低於燃煤電廠。煤炭中原本就含有長半衰期的放射性物質鈾及鈾，據估計全世界燃煤電廠於2003年共使用了36億噸的煤，總共排放了4,680噸的鈾，及11,520噸的鈾到外界環境；鈾的排放量，就夠我國所有核電廠（含核四）使用26年之久。這些長半衰期核種，對民衆造成的輻射劑量遠遠超過核電廠。

表 4.1 民國93年台灣電力系統化石燃料發電排放之污染物 **1**

發電方法		裝置容量 (萬瓩)	發電量 (億度)	污染源(噸)		
				硫化物	氮氧化物	微塵
台電	燃煤發電	810.0	585.5	34,075	33,986	3,936
	燃氣發電	610.0	204.6	216	4,376	143
	燃油發電	352.1	108.7	16,435	8,004	675
民營業者	燃煤發電	309.7	196.6	11,440	11,410	1,321
	燃氣發電	412.0	142.4	151	3,046	100
	氣電共生	265.2 2	130.03 3	9,981	24,319	860
總量			1367.70	72,298	68,770	7,036

表註

- 1 民營業者之排放量為依台電數據之估算值
- 2 與台電公司簽約之保證尖峰容量
- 3 台電公司收購之電量

核能是最尊重生命的能源

表4.2與圖4.2所示視為瑞士 Paul Scherrer Institue 分析各種能源發電過程中，產生1 Twa電力(8,7600億度電力，相當於全球每年電力消費的52.5%)所造成的生命損失率與風險。顯示核能是最安全的能源。連水力發電的生命損失都在核能百倍以上、燃氣發電更多出核能420倍。

表4.2 瑞士ERSAD分析各種能源使用之生命損失率

發電方式	生命損失	
	每Twa死亡率 1	為核電倍數
燃煤	342	43
燃油	418	52
天然氣+液態天然氣	3,365	421
水力	883	110
核能	8	1

表註

- 1. Twa 相當於 87,600億度的電能，約為台灣用電總量的50倍

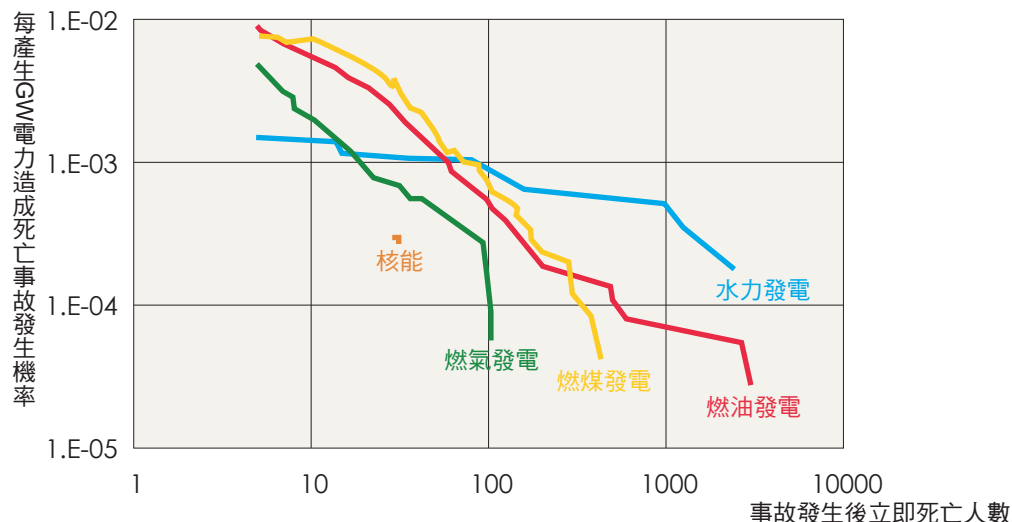


圖4.2 瑞士保羅謝勒研究所分析各種發電方式風險以核能最低

反核的宣傳誇張渲染與事實不符

許多非常關心核能安全議題的人士，多以1986年發生於前蘇聯烏克蘭的車諾比爾災變⁶ 質疑核能的安全性。車諾比爾電廠所使用的石墨水冷反應器的設計理念及特性，與西方國家及我國核能電廠所使用的輕水式反應器有極大的差異。類似車諾比爾災變的事故不可能發生於使用輕水式反應器的核能電廠，所以車諾比爾災變發生後，沒有任何使用輕水反應器的國家停止核電廠運轉。用車諾比爾電廠的反應器來類比輕水式反應器是完全不正確的，拿車諾比爾災變來恐嚇民衆以達到非核目的更是不負責任的做法。

車諾比爾災變事故發生後，前蘇聯政府當局立即疏散電廠附近 116,000 居民；並長期移居220,000 人，有31 人因輻射傷害而死亡，數百人受到輻射傷害，均為電廠工作人員與救火隊員。前蘇聯政府當局立即疏散電廠附近 116,000 居民；並長期移居220,000 人。

經過多年深入的資料收集與調查，民衆的長期健康效應完全不是反核人士所渲染的那麼嚴重。許多權威國際組織，包括經濟合作與發展國家組織核能署 (OECD - NEA)⁷、歐洲共同體/國際原子能總署/世界衛生組織⁸、聯合國原子效應科學委員會⁹ 與俄國官方資料^{10 11} 等的詳細調查結果，都已公諸於世，可資參考。

癌症通常有10~20年潛伏期，事故迄今已逾19年，照醫學常識推估，假如當年暴露真有嚴重致癌可能，現在早該有大量病例發現。但是目前沒有任何數據顯示，當年所有受輻射影響族群的癌症發生率、死亡率、或遺傳突變率有偏高現象。即使接受較高劑量的事故處理工作人員群體中，連潛伏期較短的血癌都沒有增加的趨勢。唯一的顯著差異是約有1,800多名民衆因為輻射暴露，罹患不會致命的甲狀腺癌，大部份在接受醫療後康復。

當年災變外釋到環境的放射性核種，90% 以上都是壽命較短的核種，經過19年的衰變，現在輻射強度已經是當年的1/100左右，當年劃下的「禁制區」，非但不是宣傳中片草不生的焦土，反因人為干擾大幅減少，呈現生機盎然的景象¹² 關於車諾比爾事故更多詳情，請參閱附錄A。

鑑於人為疏失乃車諾比爾災變的部分原因，所以提昇核能安全的具體策略就是積極降低人為疏失的發生。最有效的作法，就是讓員工凝聚「尊重生命、安全第一」的「核安文化」。

如表4.3所示，政府勞工安全衛生研究所統計資料¹³ 顯示我國核能工業的安全紀錄遠優於其他產業，是臺灣最安全的產業。這就是多年來我國核能從業人員身體力行「安全文化」的成果。全球輕水式核電廠50年營運轉史上，從沒有任何民衆因電廠事故受到傷害或死亡，這項紀錄也是其他工業所能比擬的。

表4.3 各種產業工安事故率以核能最低

職業別	民國91年工安事故率 (每20萬人工時)	高於核能發電倍數
核能發電	0.05	1
營造業	25.99	520
製造業	13.28	266
農林漁牧業	2.90	58
礦業與土石採取	16.62	332
運輸倉儲與通信	6.89	138
所有產業	9.30	186

核能發電的外部成本最低

許多人認為環境價值見仁見智，因此無法將不同發電方法的外部成本放在同一基礎上做比較。歐洲共同體（European Commission）與美國能源部合作發展出一套系統化的評估方法（即 ExternE 計劃），提供給有興趣的國家，依照各國的實際狀況，計算各類型能源使用的「外部成本 (External Cost)」。這套評估方法可以量化能源使用過程對於環境的整體衝擊。這項計劃已進行了十數年，目前還在持續進行中。表 4.4 所示為 ExternE 計劃與其他類似計劃的評估結果。如表所示：核能的外部成本最低，無論是民衆健康傷害或環境污染方面，核能都是最潔淨的主要能源 **14 15 16 17**。傳統化石燃料的環境成本，如燃煤是核電成本的10倍以上、連天然氣都是核電的4倍。如果系統化評估的結果顯示核能發電的外部成本最低的能源，為何部份民衆無法接受核能？民衆對核能發電的質疑主要源自對輻射的恐懼，以及誤認為核廢料是無法解決的問題。

表4.4 核能發電是環境成本最低的主流能源

發電方式	外部成本分析結果 (元/度電)			
	GaBE (1998)	WEC (2001)	ExternE (2001)	EC (2003)
核能發電	0.37	0.16	0.33	0.13-0.22
燃煤發電	3.98	0.98	2.85	1.32-3.62
燃油發電	4.63	-	3.00	-
天然氣發電	1.30	0.23	1.38	0.44-1.32

◎ 匯率轉換：1歐元=44元台幣；1美元=35元台幣

天然背景輻射比核電廠釋出的輻射多135倍

地球大氣層與地殼中本來就有放射性物質，人類自始即生活在天然輻射的環境中。天然輻射所造成的劑量稱為背景輻射劑量，背景輻射劑量的另一項來源為醫用診斷及治療所產生的劑量。我們丟開輻射生物學上的複雜理論，設定1個毫西弗（1/1,000西弗，西弗是國際標準劑量單位）當作1個單位。台灣的天然背景輻射大約是2單位，但世界有許多地方背景輻射原本就很高，如巴西的Guarapari，大概是6.4單位、印度Kerala，大概是3.8單位，廣東陽江大概是3.5單位。這些地區人口總數大概是16萬人。20多年持續研究指出，這些輻射比台灣高出3、4倍的地區，居民發生癌症與兒童畸形機率也沒有增加。台灣核電廠運轉對於民衆所造成的輻射影響，最高也只有法規限值的1%、天然背景輻射的1/135 **18**。

2000年，英國能源公司（British Energy）公佈了一項針對48,000名核電廠員工子女，長達35年的研究報告，結論明確指出：「電廠員工子女的白血病或其他癌症發生率沒有增加。」

核電廠員工因工作而每年接受的額外輻射劑量遠低於天然背景輻射，20多年來核電廠員工定期健康檢查結果顯示，台灣核能電廠員工的癌症發生機率與其他行業相比沒有差異。台大、高雄醫學院、台北榮總等單位，也對核電廠附近居民之健康進行長期研究與觀察，例如：核三廠附近居民的全血及尿樣、甲狀腺刺激素、淋巴細胞染色體、標準死亡率等的分析數據均無異常；又如北部核電廠附近居民營養、內分泌與新陳代謝免疫疾病、呼吸及胸腔內器官之惡性腫瘤的死亡率變化，與台灣地區平均類似。

表4.5所示為前美國物理學會環境科學組主席Bernard Cohen分析生活中各種風險所造成的預期生命損失（少活日數）。分析結果顯示居家意外的風險都比核能電廠附近居民的風險高了5,000倍。

表4.5 日常生活行為造成壽命減少風險比較

原因	壽命減少風險(日)	為核能電廠附近居民風險倍數
男性未婚	3,500	175,000
男性抽香煙	2,250	112,500
心臟疾病	2,100	105,000
女性未婚	1,600	80,000
體重超過標準30%	1,300	65,000
煤礦工人	1,100	55,000
癌症	980	49,000
中風	520	26,000
流行性感冒	141	7,050
飲酒	130	6,500
居家意外	95	4,750
一般性工作之意外	74	3,700
安全性最高的工作之意外	30	1,500
發電業平均	24	1,200
自然輻射	8	400
醫用X光檢查	6	300
核反應器意外	0.02	1
核能電廠附近居民	0.02	1

核廢料真的難處理嗎？

核電廠的運轉會產生含放射線物質的廢棄物，可能是民衆最不能接受核能發電的原因。但核廢料真的如大眾所擔心的無法處理嗎？

核廢料大致分為低放射性廢料與高放射性廢料兩大類。低放射性廢料是核電廠營運、維護與操作過程中產生的廢棄物；經過焚化或高壓減容後，再用水泥固化，封裝於金屬容器中。低放射性廢料除了來自核能電廠外，醫學、工業、及學術研究的輻射裝置，都會產生低放射性廢料。目前存放於蘭嶼的核廢料中，約有12%並非產自核能電廠。

高放射性廢料主要是指用過核燃料經再處理程序，萃取其中鈾、鈾等元素後剩下的殘餘物質；這些殘餘物質以玻璃或陶瓷物質固化封裝，於金屬容器。由於我國目前未規劃燃料再處理，所以沒有此類廢料。

用過核燃料含有大量之鈾、鈾等元素，可以經過再處理後繼續作為核燃料；當能源日益匱乏時，用過核燃料將成為重要的資源。在目前燃料不虞匱乏、再處理有核武器擴散的政治顧慮狀況下，部分資源豐富國家（如美國、瑞士、芬蘭）採用直接處置策略；但像日本、法國、英國等資源匱乏國家，都堅持再處理政策。

根據估算，我國8部核能機組營運40年，所產生的用過核燃料總量將不超過7,200噸，總體積不超過1,000立方公尺，即每邊10公尺的立方體。低放射性廢料產量較多，估計會產生20萬桶廢料；如果加上電廠除役，總共會產生92萬桶（19萬立方公尺）的廢料，即每邊57公尺的立方體。

低放射性廢料多採用淺地層掩埋處置場，其設計概念是選擇良好地質的地點，以厚達1~2公尺的鋼筋混凝土窖作為基礎建築，將廢料桶（廢料以堅固的水泥固化）置於其中，再襯以有極佳吸水阻絕與核種吸附能力的黏土族礦物（如膨潤土、沸石或高嶺土等），封上厚重的混凝土上蓋，再回填1~2公尺厚的黏土。整個設施壽命一般要求300年。低放射性廢料中壽命最長的核種是銨-137，300年後它的強度只有原來的1/1,000。至於廢料中輻射最強的鈷-60，只有原來強度的300億億分之一（ 4.3×10^{-18} ）。這種輻射強度根本不可能對任何生物產生影響。

從建築完整性來看，只要施工良好，維持處置場數百年的完整性並不困難，低強度核廢料處置場設計概念與各項保護措施分析如表4.6所示。原能會以數值方法模擬蘭嶼儲存場核種外洩情形，發現在最壞的情形下，於關場85年後，才可能有 Tc - 99核種外釋（來自核子醫學應用而非核電廠）。即使最壞情況，其影響都只有自然背景輻射的60萬分之1。

早年核廢料處置廠的確偶有設計不良的現象，但早在20年前就完全關閉¹⁹。目前世界上正營運的75座處置場、規劃興建中的還有四十多座低放射性廢料的處置技術已經成熟，造成困擾的是場址選擇的政治議題。

表4.6 低強度廢料處置場設計概念與保護措施

保護設施	材料	厚度	效果
水泥固化體	特殊水泥	直徑70公分	可防止核種外洩至少200年
緩衝材料	膨潤土或黏土	1-2公尺	至少可防止核種外洩約1,000年
鋼筋混凝土窖	強化鋼筋混凝土	30-50公分	至少可以保持200年完整
回填材料	夯實黏土	1-2公尺	至少可防止核種外洩約500年

深地層處置是各國處理高階核廢料或用過核燃料的共識。用過核燃料或高階核廢料的玻璃固化體先以最耐腐蝕的金屬容器包覆，外層襯覆吸附核種極佳的黏土礦物，再把處置場設於堅固完整、深達數百公尺的地下母岩（host rock）中。層層保護之下，放射性物質可以安穩的儲存在地下深處數萬年，靜待放射性消失。圖4.3介紹世界各國高放射性廢料處置計畫對於民眾接受劑量佔自然背景輻射劑量的比例。除美國 Yucca Mt. 的特殊設計會使劑量稍高之外，其他設計都可以讓民眾所接受的劑量都只有自然背景輻射的1/10,000以下。

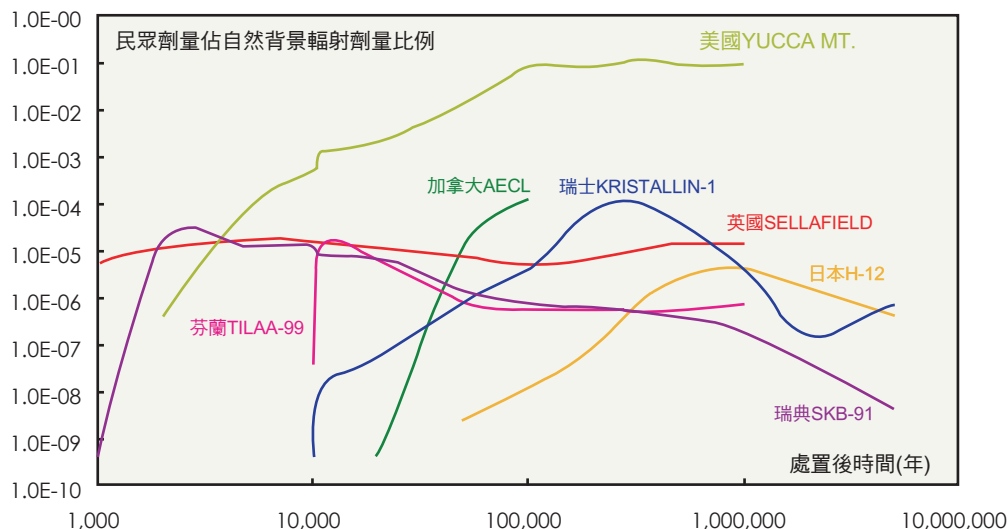


圖4.3 高放射性廢料處置只會讓民眾接受天然背景輻射萬分之一的輻射劑量

世界已有2座用過核燃料處置廠

用過核燃料所用的深地層處置並沒有非常特殊的工程技術，它與地下礦藏開採、油井鑽探相當類似，技術難度與風險不大。重點在處置場的地質、地下水文調查，重要參數取得與驗證，評估模式與決策分析程序的建立。關於高放射性處置場各項設計概念與各國發展狀況，請參考附錄B。

2002年5月，世界第一座用過核燃料處置場在芬蘭 Olkiluoto 誕生，當地居民與芬蘭國會都以超過2/3的壓倒性多數欣然同意處置場的興建。同年7月美國布希總統正式核准 Yucca Mt. 成為世界第二座用過核燃料處置場，預定2015年啟用。目前全球先進國家的廢料處置工作，都已進入特定場址之細步調查階段，預計在未來10年都將選定廠址，20年內陸續營運。核廢料無法處理並非事實。

或許有人認為掩埋並非解決問題的方法；但在處理各種的工業與民生廢棄物時，在經過一連串的減容措施後，最後剩下來的高毒性殘渣，除了掩埋亦別無他法。化學廢棄物毒性並不會隨著時間減少；更糟糕的是，最完善的毒性廢棄物處置場的設計標準，連最普通的低放射性廢料處置場都不如，與嚴謹千萬倍的高放射性廢料處置場的設計更無法相提並論了。

另一種處理廢棄物的方式為環境稀釋法，就是把廢棄物以大量的空氣或水稀釋後，排放環境；透過稀釋以降低其影響。如果你擔心已經經過妥善處理過後才掩埋的核廢料時，想一想我國每年產生 100 萬噸以上化學廢料到那裡去了，據統計2/3的有害事業廢棄物下落不明 [20](#)。不健忘的人該對數年前台塑汞污泥處理的爭議記憶猶新 [21](#)。

核廢料處理的技術問題遠比大氣中的污染物及二氧化碳的處理來的容易。如果你認為將核廢料掩埋於地下是貽害子孫的不道德的行為，那麼燃燒化石能源時，排放到空氣的鉅量污染物與二氧化碳所造成之氣候變遷，對子孫的生存的威脅可能更直接。

結論

任何能源的使用均會對環境帶來影響，也會對社會安全帶來威脅。評估能源使用所造成的影響及威脅程度時，應該是全面的、整體的、客觀的；也應該以具體可考的數據為基礎。在規劃國家能源政策時，更應該跳出意識型態，以務實的態度面對問題、解決問題。全球輕水式核電廠50年營運轉史上，從沒有任何民眾因電廠事故受到傷害或死亡；許多具代表性的評估結果均顯示，核能的外部成本最低，核能是友善環境與尊重生命的能源。

註

- 1 U. S. Nuclear Regulatory Commission (1996), License Renewal Generic Environmental Impact Statement, NUREG-1437.
- 2 Paul Scherrer Institut (1998), Energy-related Severe Accidents Database, ERSAD.
- 3 台中港務局(2003), 台中港設置液化天然氣卸儲規劃之研究, pp22 台中港務局全球資訊網, .
- 4 1噸TNT當量(TNT equivalent) = 4.18×10^9 J, 永安天然氣接收站全部完工後可以滿載69萬公秉 (6.9×10^5 立方公尺) 的天然氣，蘊藏能量相當於 6.9×10^5 立方公尺 $\times 9 \times 10^6$ 卡/立方公尺 $\times 4.186$ J/卡 = 2.6×10^{12} J, 相當於6,200噸 TNT當量。廣島原子彈為20,000噸TNT當量，一旦永安天然氣儲槽全部爆炸，等於0.3顆廣島原子彈爆炸威力。
- 5 D. W. Moeller (1992), Environment Health, Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, pp 253-281
- 6 Ministry of Russian Federation on Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters (1996), " Chernobyl Accident : Ten years on, " Russia National Report, Moscow.
- 7 Organization of Economic Cooperation & Development (1995), " Chernobyl Ten Years on Radiological and Health Impact, " OECD-Nuclear Energy Agency.
- 8 European Commission / International Atomic Energy Agency / World Health Organization (1996), On Decade After Chernobyl International Conference: Summing Up the Consequences of the Accident, Summary of the Conference Results, Vienna

- 9 United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, UNSCEAR 2000 Report to the General Assembly, Vienna.
- 10 National Radiation and Epidemiological Registry (1998), Bulletin of the National Radiation and Epidemiological Registry Special Issue, 1998.
- 11 National Radiation and Epidemiological Registry (1999), Bulletin of the National Radiation and Epidemiological Registry Special Issue2 - Thyroid Cancers in Belarus and Russia.
- 12 國外核新聞(2004), 車諾比爾電廠周邊地區生機盎然, 2004/06期
- 13 勞工委員會勞工安全衛生研究所 (2002), 我國各種產業勞工災害千人率變化趨勢, 災害統計資料庫.
- 14 Paul Scherrer Institut(1998), GaBE Project: Ganzheitliche Betrachtung von Energiesystemen (Comprehensive Assessment of Energy Systems), 網址 : <http://gabe.web.psi.ch>
- 15 World Energy Council (2001), A Better Understanding of Greenhouse Gas Emissions For Different Energy Vectors and Applications.
- 16 European Commission (2001), ExternE Project - Externalities of Energy.
- 17 European Commission (2003), External Costs - Research results on socio-environmental damages due to electricity and transport
- 18 台灣電力公司各核能設施《環境輻射偵測年度報告》
- 19 早年設計或管理不良的處置場，如美國West Valley、Maxey Flats、與Sheffield等，最晚遲在1978年即已關閉。
- 20 根據環保署業務報告，民國89年，台灣地區一共產生80萬噸屬於巨毒的「有害事業廢棄物」，以產量合理推估，目前產量超過100萬噸。其中只有30%「妥善」處理，剩下的70%不知去向。這些劇毒四處流竄在你我的生活環境中。其中至少有2/3屬於致癌物質，影響遠比輻射更高。
- 21 從環保署91年統計，當年我國輸出93,000噸有害事業廢棄物，其中84%送到中國大陸去「處理」。