

# 車諾比核子事故影響說明(詳細版)

## 一、車諾比核子事故簡要說明

1986年4月26日凌晨位於烏克蘭首都基輔(Kiev)以北130公里的車諾比爾(Chernobyl)核電廠發生核能工業史上最嚴重的核子事故。車諾比事故是因為電廠人員為執行是否可用反應器停機後還在慣性運轉的蒸氣發電機替代緊急柴油發電機作為臨時緊急電源的測試，這項測試具有高危險性而且違反安全設計，必須強制關閉所有反應器保護系統，阻止安全系統動作才能進行，此時反應器處於沒有任何保護的狀態。在重視安全的西方國家與我國決不可能允許、也沒必要進行這種測試。

車諾比電廠使用的反應器，有許多先天不安全的隱憂。為執行這項測試，反應器必須在先天不穩定的低功率區運轉。當測試失敗，反應器在短短23秒內，反應器功率暴增100倍。2秒內部分燃料開始過熱熔燬，石墨開始燃燒，由於所有反應器保護系統被強制關閉、控制棒在事前就完全被抽出爐心之外，此時沒有任何挽救核災的措施，最後導致反應器產生大量蒸氣與一氧化碳並產生二次氫爆，且由於車諾比電廠沒有圍阻體設計，大量放射性物質衝破廠房後造成嚴重環境污染而釀成鉅災<sup>1</sup>。

車諾比事故發生後當局採取以下緊急應變措施:

1. 爆炸後數分鐘內，廠區與附近城鎮的消防隊立刻展開救火動作。這些救火隊員奮力搶救，使事態初步緩和。火勢也在26日凌晨5時完全被撲滅。不過，事後也有28位救火人員因為接受大量輻射而殉職，這是國

---

1. Ministry of Russian Federation on Civil Defense (1996), *Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters*, "Chernobyl Accident: Ten years on," Russia National Report, Moscow.

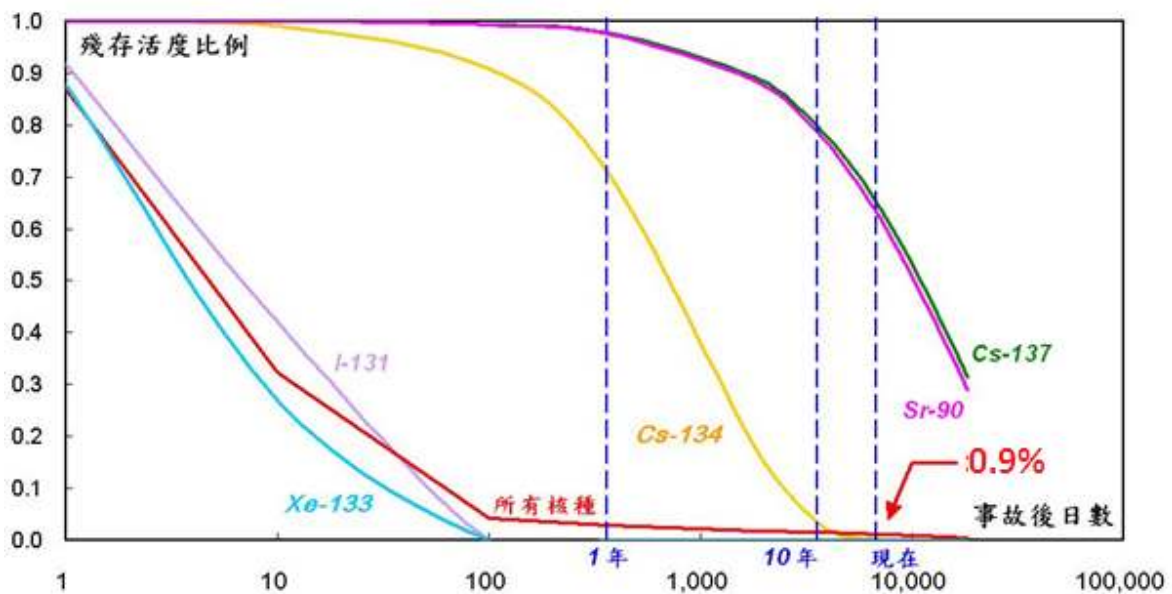
2.

際公認的因車諾比事故而死亡人數。

2. 立即通知距離災區最近的 Pripyat 市居民，先採取室內掩蔽防護，限制幼童戶外活動，分送碘片供民眾服用，最後對廠址半徑 30 公里內 135,000 位居民進行疏散作業，這個地區
3. 4 月 28 日為防止災情擴散，以直昇機投下約 5,000 噸的碳化硼、泥沙與鉛塊，以免反應爐再度臨界、並形成輻射屏蔽。
4. 往後數月內，完成一個臨時性的屏蔽，包封住整個機組廠房，又在 1998 年、2005 年兩次強化永久性的包封建築。

## 二、車諾比核子事故對環境的影響

核災時最主重要的輻射外洩源是放射性碘與放射性銫。碘雖然是放射性氣體，但因半衰期短，通常 3 個月後就衰變殆盡；放射性銫具有較高蒸氣壓，在嚴重核子事故發生時，較容易因高熱環境而逸散到環境中。車諾比事故因石墨大火延燒 10 天，而 RBMK 型反應器又沒有圍阻體設計，所以爐心中全部的放射性碘與 30-40%銫-137 外洩，因而造成長期輻射汙染。



分析顯示所有外釋的放射性物質總活度，在事故 10 天後，只剩下原來的 31%，1 年後只剩下 3%。事故發生至今已有 28 年，放射活度只有當初的 0.9%。至於 Pu-239，因為外釋量極少，對環境影響非常輕微。因此反核人士所渲染的萬年寸草不生並非事實。

事故後前蘇聯劃定電廠附近為「強制疏散區」，居民遷移至他處重新定居。另將土壤中銫-137 活度超過 555,000 貝克/平方公尺(相當於天然背景輻射一半)的地區，劃為「管制居住區」(strict-control zone)，面積約 2,440 平方公里，1995 年時「管制居住區」仍有約 27 萬人居住<sup>2</sup>，目前返家人數越來越多。

西歐如上奧地利、Salzburg、Carinthia 雖然發現較高活度地區，最大值從 33,000 - 59,000 貝克/平方公尺（自然背景 1/3 到 1/5）不等，但平均值卻只有 200 貝克/平方公尺（自然背景 1 萬分之 1）。不致影響人體健康。

### 3. 車諾比事故的除污費用

車諾比事故善後與清理費用雖無確實數字。惟根據 2005 年國際官方報告內容分析<sup>3</sup>，受事故影響最嚴重的烏克蘭、俄羅斯與白俄羅斯官方資料顯示，投入相關費用總額約為 70 億(1991-2005 年)、50 億(1991-2005 年)與 60 億(1991-2005 估計)美元，合計約 180 億美元，平均每年約 12 億美元，但事故初期(1986-1990 年)每年費用應該較高。歐洲重建與發展銀行(EBRD)於 2008 年資助約 6.4 億美元，協助興建車諾比廢反應爐護罩。根據實際支出分析，不可能如外界誤解的將近 4,000 億美元。

### 4. 車諾比事故的健康影響

---

3. European Commission, International Atomic Energy Agency & World Health Organization (1996), *One Decade After Chernobyl International Conference: Summing Up the Consequences of the Accident*, pp 571, Vienna.

4. International Atomic Energy Agency, FAO, The World Bank, UN-OCHA, UNSCEAR & WHO (2005), *Chernobyl: Looking Back to Go Forward*, pp.260, Vienna.

車諾比事故經 25 年長期研究，已有嚴謹完整結論。車諾比事故輻射曝露族群，國際原子能總署(IAEA)依輻射劑量可分為：重度輻射曝露員工、輕度輻射曝露員工、疏散區民眾、限制居住區現住民與污染區現住民等 5 大族群。人數與輻射劑量統計如下表 1<sup>4</sup>：

表 1 車諾比事故輻射曝露族群分析

類別	說明	人數	累積劑量 (毫西弗)	年平均劑量 (毫西弗/年)
重度輻射曝露工作人員	事故初期現場搶救人員	237	2,000- 16,000	短期曝露
輕度輻射曝露工作人員 (Liquidators , 1986-1989)	事故後善後清理人員	600,000	100	短期曝露
疏散區民眾 Evacuees from highly- contaminated zone (1986)	Pripyat 鎮附近居民	116,000	33	短期曝露
管制居住區現住民 Residents of “strict-control” zones (1986-2005)	居住於銫 137 活度 >55.5 萬貝克/平方公尺	270,000	>50	>2.5
污染區現住民 Residents of ‘contaminated’ areas(1986-2005)	居住於銫 137 活度 >3.7 萬貝克/平方公尺	5,000,000	10-20	0.2-0.4

經過 20 年長期追蹤調查，世界衛生組織(WHO)、國際原子能總署(IAEA)等 7 個聯合國所屬國際組織於 2006 年正式公布車諾比民眾健康效應結論說

---

5. IAEA, WHO, UNDP, FAO, UN-OCHA, UNSCEAR & World Bank (2006), *Chernobyl's Legacy: Health, Environmental and Socio-Economic Impacts and Recommendations to the Governments of Belarus, the Russian Federation and Ukraine.*

明如下：

截至目前為止，IAEA 確認與輻射有關死亡者共有 28 人，都屬於重度輻射曝露員工，並排除其他 21 例死因與輻射關聯性<sup>5</sup>。

甲狀腺癌是目前唯一可歸因於車諾比事故所造成的民眾健康影響。事故迄今約有 6,000 例甲狀腺癌發生，但死亡案例為 15 例。甲狀腺癌非屬致死癌症，可以手術治療，一般預後良好。

車諾比事故造成大量甲狀腺癌病例是因為蘇聯當時疏於對民眾飲食進行管制所致。日本處理福島事故時記取教訓，嚴格管制民眾飲食，因此福島民眾平均甲狀腺劑量僅為車諾比民眾的數十分之一。

IAEA 報告結論明確指出除輕度輻射曝露工作人員因劑量較高(100 毫西弗)罹癌風險可能略增外，沒有證據顯示民眾罹癌風險升高<sup>6</sup>。

UNSCEAR-2011 報告結論明確指出：「即使在嚴重汙染的三個地區(俄羅斯、白俄羅斯、烏克蘭)，也沒有證據顯示會增加民眾罹癌風險。比對輻

- 
6. International Atomic Energy Agency, WHO, UNDP, FAO, UN-OCHA, UNSCEAR & World Bank (2006), *Chernobyl's Legacy: Health, Environmental and Socio-Economic Impacts and Recommendations to the Governments of Belarus, the Russian Federation and Ukraine, Second revised version*, pp.55, Vienna. 該報告第 14 頁，原文為：「Among these workers (指重度輻射暴露員工 237 人), 28 persons died in 1986 due to ARS (28 人死於急性輻射症候群，即死亡可歸因於輻射). Two more persons had died at Unit 4 from injuries unrelated to radiation (2 人於事故時受傷而死，並非輻射原因), and one additional death was thought to have been due to a coronary thrombosis(冠狀動脈血栓，即心臟病). Nineteen more have died in 1987–2004 of various causes; however their deaths are not necessarily — and in some cases are certainly not — directly attributable to radiation exposure.(1987 至 2004 共有 19 人因各種原因死亡，但皆不可歸因於輻射。)」
  7. World Health Organization (2006), *Health Effects of the Chernobyl Accident and Special Health Care Programmes, Report of the UN Chernobyl Forum Expert Group "Health"*, pp167, Geneva. 旨揭報告第 107 頁結論原文：「Epidemiological studies of residents of areas contaminated with radionuclides in Belarus, Russia and Ukraine performed since 1986, so far have not revealed any strong evidence for radiation-induced increase in general population mortality, and in particular, for fatalities caused by leukaemia, solid cancers (other than thyroid), and non-cancer diseases.」

射較高與較低區域民眾的罹癌風險，前者並沒有增加。」、「民眾在車諾比事故所受的輻射劑量太低，不可能找到罹癌風險增加的證據。」<sup>7</sup>

部分反核人士渲染「車諾比事件死亡人數共達 4,000 人」是明顯歪曲 IAEA 報告原意<sup>8</sup>。原文係指受輻射影響最顯著的 60 萬人(包括：輕度輻射暴露工作人員、疏散區民眾與限制居住區現住民等)的終生罹患致死癌症風險可能會增加幾個百分點。(這群人預估會發生 100,000 例致死癌症，其中約 4,000 例可歸因於輻射)應正確解讀為：即使受影響最嚴重的族群，輻射罹癌風險也只有自然罹癌風險的 4%，不能歪曲解釋為 4,000 人死於車諾比事故。

- 
8. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (2011), *Sources and Effects of Ionizing Radiation, UNSCEAR 2008 Reports to the General Assembly with Scientific Annexes. Volume II Scientific Annexes C, D, and E*, pp. 219, New York. 旨揭報告第 185 頁 D273 段原文：「At present, there is no persuasive evidence of any measureable increase in the risk of all solid cancers combined or breast cancer for the general populations of the three most affected republics. There appears to be no pattern of increased risk in those areas with high levels of radioactive deposition compared to those with low levels, and no difference in rates with time for areas with different levels of radioactive disposition.」

旨揭報告同頁 D274 段原文：「Assessments, based on the follow-up to date and using the findings from the study of the survivors of the atomic bombings and other studies, would suggest that the doses received by the general population after the accident were too low to yield sufficient statistical power for studies to be able to detect any increase in the risk of all solid cancers combined, had there been an increase.」

9. World Health Organization (2006), *Health Effects of the Chernobyl Accident and Special Health Care Programmes, Report of the UN Chernobyl Forum Expert Group "Health"*, pp167, Geneva. 旨揭報告第 15 頁，原文為：「The international expert group predicts that among the 600 000 persons receiving more significant exposures (liquidators working in 1986-1987 (輕度輻射暴露員工), evacuees (疏散區民眾), and residents of the most 'contaminated' areas (限制居住區現住民)), the possible increase in cancer mortality due to this radiation exposure might be up to a few per cent (癌症死亡率可能因輻射暴露而增加幾個百分點). This might eventually represent up to four thousand fatal cancers in addition to the approximately 100 000 fatal cancers to be expected due to all other causes in this population.(在 10 萬例致死癌症中增加 4,000 例)」

## 5. 生活中輻射無所不在，並非接受輻射就會罹癌

自然界中充滿各種放射性物質，如土壤有鉀-40、鈾-232、鈾-238 等，空氣有鈹-7、碳-14、氦-222 等，水中有氫、鉀-40 等。這些放射性核種造成每年平均約 2.4 毫西弗(mSv)的天然背景輻射。最普遍的鉀-40 物理半衰期(放射性核種活度衰變至原來一半所需時間)長達 12.5 億年，輻射能量是鈾-238 的 2 倍，在全球表土平均活度約 185,000 貝克/平方公尺<sup>9</sup>(相當於車諾比事故所謂「污染區」鈾-238 活度的 5 倍)，海水約為 12 貝克/公升，連每個人體內都有 4,000 貝克以上。

人體並非受輻射暴露就會罹癌，而是罹癌風險可能增加。數十年流行病學研究證實世界許多高自然背景輻射地區居民的罹癌率與一般人相同甚至更低<sup>10</sup>。再從日本核爆生存者長達 60 年實地追蹤，即使瞬間接受 100 毫西弗劑量(相當於 40 年天然背景輻射劑量總和)，長期罹癌機率也沒有顯著增加<sup>11</sup>。

國際輻射防護委員會(ICRP)103 號報告強調：即使「單次或每年接受 100 毫西弗以下劑量，並沒有任何器官或組織會表現出功能損傷的臨床症狀<sup>12</sup>。」

---

10. 自然界土壤都含有鉀-40，平均濃度約 380 貝克/公斤。在計算土壤對於人體的輻射劑量時，通常在 30 公分深度以下土壤，因為遮蔽效應不會影響人體。土壤平均密度約為 1600 kg/m<sup>3</sup>。所以，每平方公尺土壤含有鉀-40 活度=380 (Bq/kg) × 1600(kg/m<sup>3</sup>) × 0.3 (m) = 185,000 Bq/m<sup>2</sup> (約值)，相當於 5 居里/平方公里(5 Ci/km<sup>2</sup>)。

11. T. Iwasaki (2009), *Trying to elucidate the Effects of Low Dose Radiation*, CRIEPI News No. 451.

12. National Research Council Committee on the Biological Effects of Ionizing Radiation (1990), *Health Effects of Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation : BEIR-V*.

13. International Commission on Radiological Protection (2007), *The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 103*. Ann. ICRP 37 (2-4). 第 60 節「審閱了生物學與臨床資料之後，ICRP 對於造成組織反應的細胞與組織機轉及適用於主要組織與器官的劑量低限值已有進一步的判斷。惟就輻射防護目的而言，在吸收劑量約 100 mGy 的範圍以內(不論高或低線性能量轉移)，並沒有任何組織被認為會表現出臨床上相關的功能損害。這個判斷同時適用於單次的急性劑量或以年劑量形式呈現之持續性反覆接受低劑量的曝露情境。(Reviews of

聯合國原子輻射效應科學委員會(UNSCEAR)報告指出：「在 200 毫西弗劑量(相當於一生接受天然背景輻射劑量總和)水平之下，全世界長期流行病學調查並未找出具體的輻射傷害證據<sup>13</sup>。」

## 6. 福島核子事故對民眾健康影響極輕微

目前已調查 46 萬名福島縣民在事故期間平均劑量<sup>14</sup>為 0.8 毫西弗(相當於 4 個月天然背景輻射劑量)；99%以上民眾劑量都低於 2.4 毫西弗(1 年的天然背景輻射劑量)。這種劑量範圍不可能造成輻射健康效應。

世界衛生組織(WHO)<sup>15</sup>與聯合國原子輻射效應科學委員會(UNSCEAR)<sup>16</sup>在 2013 年 2 月、5 月陸續發表福島事故民眾與救災員工健康風險評估報告，結論說明如下：

- (1) 除 2 個村莊(浪江町及飯館村)的嬰幼兒族群外，其他地區罹癌風險都不會增加。這兩地也只有男嬰白血病、女嬰乳癌與女嬰甲狀腺癌的罹患風險會比自然罹癌風險增加 0.04% - 0.52%不等，其餘癌症風險並未增加。但甲狀腺癌不是致死癌症，可以手術治療，癒後通

---

biological and clinical data have led to further development of the Commission's judgements on the cellular and tissue mechanisms that underlie tissue reactions and the dose thresholds that apply to major organs and tissues. However, in the absorbed dose range up to around 100 mGy (low LET or high LET) no tissues are judged to express clinically relevant functional impairment. This judgement applies to both single acute doses and to situations where these low doses are experienced in a protracted form as repeated annual exposures.)」

14. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (2000), *UNSCEAR 2000 Report to the General Assembly*.

15. 福島県県民健康管理調査検討委員会(2014)，第 14 回福島県「県民健康管理調査」検討委員会 資料一 県民健康管理調査「基本調査」の実施状況について，2014/2/7 舉行。

16. World Health Organization (2013), *Health Risk Assessment from the Nuclear Accident After the 2011 Great East Japan Earthquake and Tsunami Based on a Preliminary Dose Estimation*, pp166, Geneva.

17. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (2013), *Report to the General Assembly, Sixtieth session, A/68/46*.



常良好。

- (2) 所有地區民眾都不會發生確定健康效應，不影響胚胎發育、妊娠與胎兒發展、也不會增加流產或先天缺陷及認知功能障礙風險，更不會因輻射而死亡。
- (3) 目前 7 名死亡員工都證實與輻射無關，估計除 3 名員工甲狀腺功能可能略受影響外，其他工作人員健康不受影響。

## 7. 三大核子事故與原子彈爆炸輻射劑量及健康影響比較

核能發電發展史上，曾有三起重大的核子事故，第一起是 1979 年 3 月 28 日在美國賓州三哩島核能電廠二號機發生爐心熔毀事件，通稱為三哩島事故；第二起是上述 1986 年 4 月 26 日蘇聯車諾比核能電廠發生四號機爆炸的核子事故；第三起是 2011 年 3 月 11 日日本東京電力公司福島第一核能發電廠因地震後的海嘯引起的核子事故。這三起事故的發生雖然舉世震驚，但其後果及影響程度遠低於 1945 年廣島與長崎的原子彈爆炸。上述重大核能事故與原爆輻射劑量比較(如表 2)及健康影響比較之摘要(如表 3)，謹供參考。

表 2 重大核能事故與原爆輻射劑量比較

	車諾比核事故 <sup>1</sup>	三哩島核事故 <sup>2</sup>	日本福島核事故 <sup>3</sup>
評估劑量	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 緊急救災人員：800~16,000 毫西弗</li> <li>● 污染區居民：9~31 毫西弗</li> <li>● 其他受影響區居民(白俄羅斯、俄羅斯及烏克蘭)：平均 0.3 毫西弗</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 居民最大個人輻射劑量&lt;1 毫西弗;居民的平 均輻射劑量，小於 0.15 毫西弗，遠低於法 規限值，及天然背景輻 射。</li> <li>● 無工作人員劑量超 限。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 工作人員：最高 678.80 毫西弗 (絕大部分&lt;50 毫西弗，超過 250 毫西弗者 6 人)</li> <li>● 福島縣浪江町及飯館村兩地民 眾：12~25 毫西弗</li> <li>● 福島縣內其他地區民眾： &lt;10 毫西弗</li> <li>● 日本其他縣：0.1~1 毫西弗</li> </ul>
	廣島原爆 <sup>4</sup>		長崎原爆 <sup>4</sup>
評估劑量	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 距原爆中心 1100 公尺：1000 毫戈雷</li> <li>● 距原爆中心 1,250 公尺：500 毫戈雷</li> <li>● 距原爆中心 1,700 公尺：100 毫戈雷</li> <li>● 距原爆中心 1,900 公尺：5 毫戈雷</li> <li>● 距原爆中心 2,500 公尺：0.5 毫戈雷</li> </ul> <p>註：對於 β/γ，1 毫戈雷=1 毫西弗，若考慮中子，劑量將更高</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 距原爆中心 1,250 公尺：1000 毫戈雷</li> <li>● 距原爆中心 1,450 公尺：500 毫戈雷</li> <li>● 距原爆中心 1,850 公尺：100mGy 毫戈雷</li> <li>● 距原爆中心 2,050 公尺：5mGy 毫戈雷</li> <li>● 距原爆中心 2,700 公尺：0.5mGy 毫戈雷</li> </ul> <p>註：對於 β/γ，1 毫戈雷=1 毫西弗，若考慮中子，劑量將更高</p>	

資料來源:1.聯合國原子輻射效應科學委員會 2008 年報告摘要 2.美國核能管制委員會報告 3.世界衛生組織 (WHO) 2013 年 2 月出版以初步劑量估算對日本福島核事故進行健康風險評估報告要 4.日本放射線影響研究所官網資料 [http://www.rerf.or.jp/general/qa\\_e/qa2.html](http://www.rerf.or.jp/general/qa_e/qa2.html)

表 3 重大核能事故與原爆健康影響比較

	車諾比核事故 <sup>1</sup>	三哩島核事故 <sup>2</sup>	日本福島核事故 <sup>3</sup>
健康影響	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 緊急救災人員：28 人在前四月內死亡</li> <li>● 民眾：沒有因急性輻射效應而死亡</li> <li>● 兒童與青少年約 6,000 位罹患甲狀腺癌，1986 年後出生者則無增加趨勢</li> <li>● 實體癌並未無額外增加</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 沒有救災人員與民眾，急性輻射效應死亡</li> <li>● 居民癌症無額外增加</li> <li>● 遺傳疾病或新生兒畸形無額外增加</li> <li>● 對於民眾健康與環境無不利影響</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 沒有救災人員與民眾，因急性輻射效應死亡</li> <li>● 福島縣浪江町及飯館村兩地：居民一生中罹患白血病、乳腺癌、甲狀腺癌和所有實體癌的風險可能稍增。</li> <li>● 日本其他地區及日本以外地區：預期不會觀察到癌症風險增加</li> </ul>
	廣島原爆 <sup>4</sup>		長崎原爆 <sup>4</sup>
健康影響	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 爆炸當量約 15,000 噸 TNT 炸藥，約 90,000~166,000 人死亡(2~4 個月)</li> <li>● 原爆存活者輻射健康影響：                             <ul style="list-style-type: none"> <li>-急、慢性放射病及放射性複合傷害</li> <li>-癌症風險增加:例如白血病、甲狀腺癌、食道癌、胃癌、大腸癌、膽囊癌、肺癌、乳癌、膀胱癌、卵巢癌等</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 爆炸當量約 22,000 噸的 TNT 炸藥，約 60,000~80,000 人死亡(2~4 個月)</li> <li>● 原爆存活者輻射健康影響：同廣島原爆</li> </ul>	

資料來源:1. 聯合國原子輻射效應科學委員會 2008 年報告摘要 2. 美國核能管制委員會報告 3. 世界衛生組織 (WHO) 2013 年 2 月出版以初步劑量估算對日本福島核事故進行健康風險評估報告要 4. 日本放射線影響研究所官網資料 [http://www.rerf.or.jp/general/qa\\_e/qa2.html](http://www.rerf.or.jp/general/qa_e/qa2.html)