



美國三哩島(TMI-2)核子災害事故 與賠償方式介紹

中華民國100年4月29日



內 容

壹、美國三哩島核子災害事故簡介

一、美國三哩島核能電廠簡介

二、核子災害事故概略

三、核子災害事故後果

四、核子災害事故檢討與改善

貳、美國三哩島核子事故賠償方式簡介

一、第三者核子責任賠償所依據之法令

二、發生TMI事故之理賠

三、最新規定保障額度更高

壹、美國三哩島核子災害事故簡介

一、美國三哩島二號機核能電廠簡介

廠址：美國賓夕法尼亞州

首府哈里斯堡境內

Susquehanna河南16公里

業主：大都會愛迪生電力公司

製造商：美國B & W公司

功率：906 MWe

型式：二迴路壓水式反應器

1978年12月商轉



© 1997 The Learning Company, Inc.

壹、二 核子災害事故概略

6. 功率下降
壓力下降至
設定值時，
動力釋壓閥
應自動關
起，但故障
卡在開的位
置，冷卻水
流失。

7. 壓力繼續
降低，高壓
注水泵自動
啟動。

9. 大量汽泡造
成調壓槽水
位上升，避
免不易控制
壓力，此時
運轉員不
知道動力釋
壓閥在開的
位置，減少
高壓注水
水量。

11. 高輻射警報響起，
顯示燃料已有破損。

12. **關閉阻斷閥**，恢復
一次側完整性。

4. 調壓槽過壓保護的
灑水系統自動灑水及
動力釋壓閥自動開啟

5. 壓力仍繼續上升，觸及高壓
跳脫值，控制棒插入爐心，分
裂反應停止。

3. 反應器內產生的熱無法移
除，造成反應器壓力快速上升

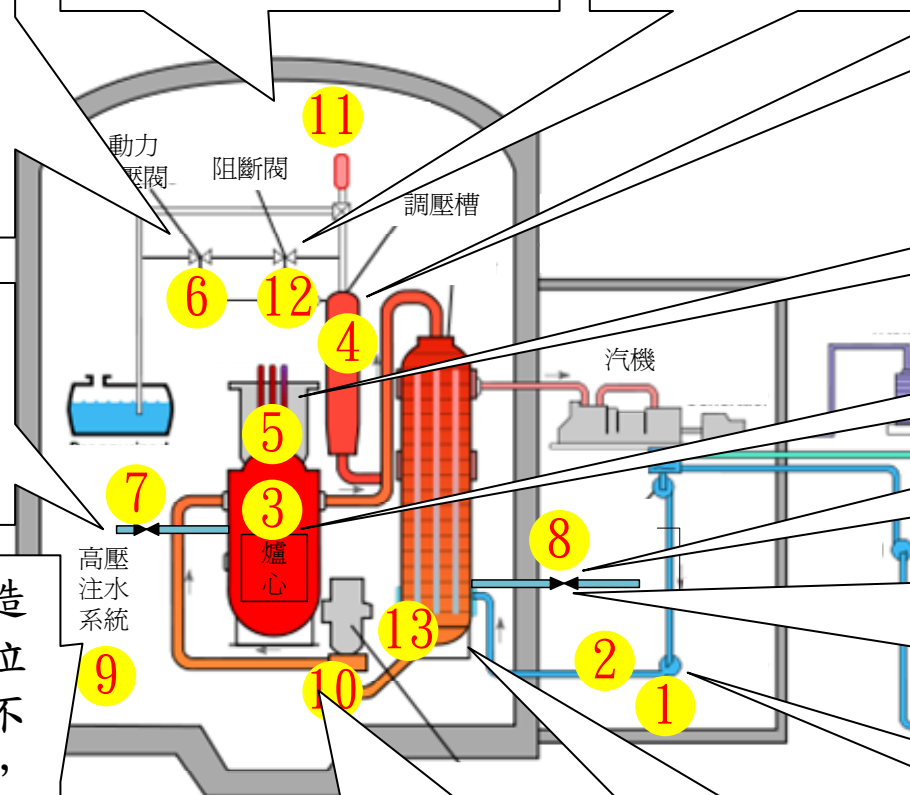
8. **打開輔助飼水泵出口閥**，
二次側恢復移熱功能。

2. 備用輔助飼水泵自動啟動，但
因其**出口閥在維修後未打開**，無
法注水至蒸氣產生器，導致蒸氣
產生器無法移除一次側的熱量。

10. 一次測系統有大量
汽泡，冷卻水泵
發生嚴重振動，
運轉人員將冷卻水泵
停止運轉

13. **增大高壓注水**
系統流量，最後
啟動反應爐冷卻
水泵，危機解
除。

1. 1979年3月28日4:00:37 AM
因除汙系統樹脂發生阻塞現
象，造成凝結水泵跳脫，接
著主飼水泵及汽機跳脫。



壹、三、核子災害事故後果(1/2)

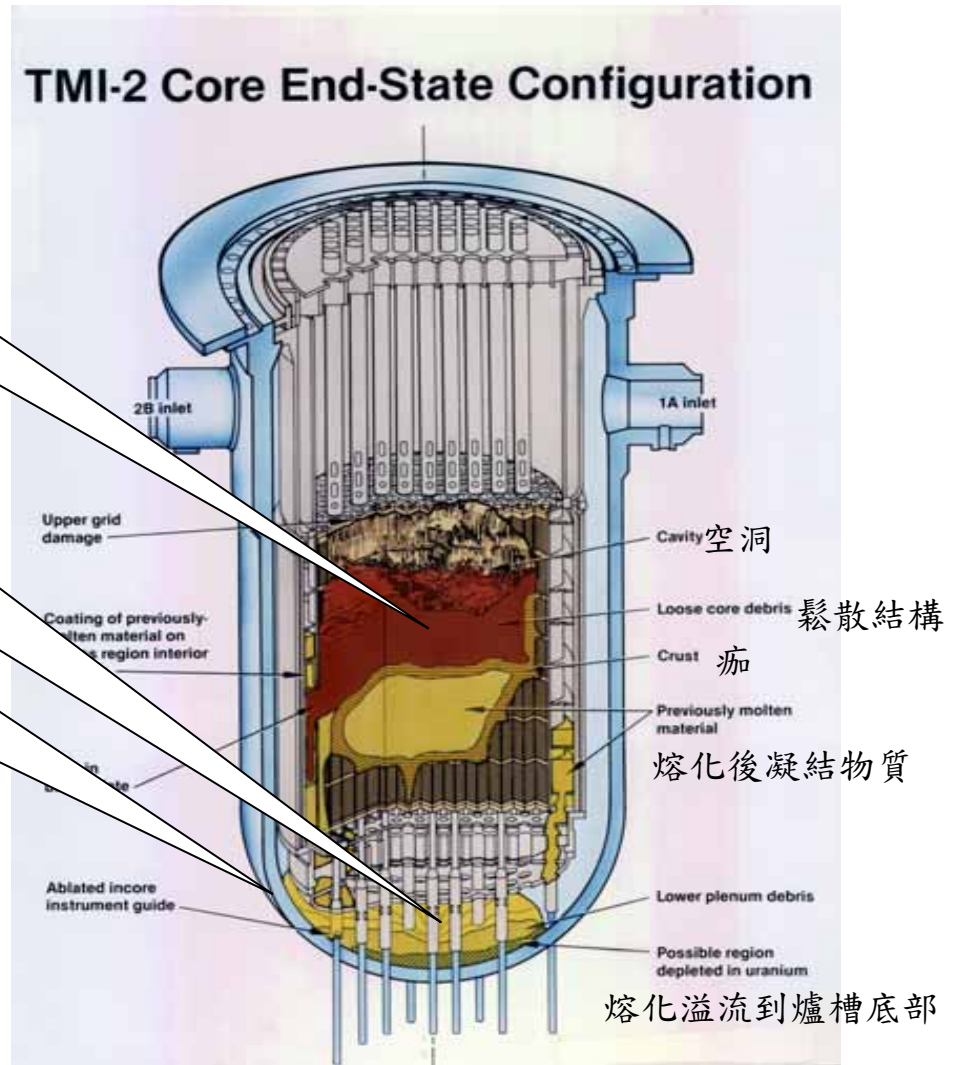
廠內損壞情形：

爐心~50%熔毀

~20噸燃料凝結在
反應爐槽底部

反應爐槽下半部縱切面~1
m x .8 m溫度高達攝氏
1000度, 即：鋼材白熱化

反應爐及輔助廠房~1百
萬加侖高污染水



壹、三 核子災害事故後果(2/2)

廠外輻射影響：

1. 事故後疏散以三哩島核能電廠為圓心的5英哩範圍內的孕婦及小孩。
2. 美國核管會事故後調查及報告顯示，三哩島核能電廠附近居民所受到的平均劑量約為0.01毫西弗(註：照一次胸部X光約0.06毫西弗，民眾年接收背景輻射劑量約 1-1.25毫西弗)
3. 事故後經多單位調查收集數千樣品，包括水、空氣、牛奶、蔬菜、土壤及食物等顯示，事故所造成之放射性核種外釋極低微。
4. 三哩島事故對於周圍居民的的健康及環境沒有顯著性影響

壹、四 核子災害事故檢討與改善(1/2)

三哩島事件使得核能界了解到：

1. 運轉人員的臨場應變對核能電廠安全的重要性。
2. 電廠控制室的人機介面需要適當的改善。
3. 電力公司間運轉經驗相互交流的必要性。

本項認知促成了美洲核能運轉協會(Institute of Nuclear Power Operation，簡稱INPO)及國際核能運轉組織(World Organization of Nuclear Operation，簡稱WANO)等國際組織的成立，這些組織的主要功能 即為核能電廠運轉經驗的交流，希望透過相互合作，提昇電廠的安全。

壹、四 核子災害事故檢討與改善(2/2)

4. 美國核管會事後推動一系列改革，除重新檢討系統設計外，特別注重避免人為疏失與人因工程介面，這些改善經驗都回饋到我國電廠，也大幅提升我國電廠的安全效能。

貳、美國三哩島核子事故賠償方式簡介

一、第三者核子責任賠償所依據之法令

Price-Anderson Act 1975年修訂版

本法案所提供之保障包括：

1. **第一層保障**—核電電廠之經營者投保每事故第三者核子責任險；1979年時為1.6億美元。在1957年初訂時為6千萬美元。
2. **第二層保障**—核電電廠之經營者按每部機提撥款項放在Secondary Financial Protection(簡稱SFP)中，並可依物價調整。如果用完，仍可請國會立法再集資。1979年時SFP有4億美元，當時全美運轉中之核能機組不到80部。(1982時為80部機)，以上二項費用均由核電廠之經營者承擔。
3. **政府補助款**—在1977年為1.1億美元，1979年政府已不補助。
1979年時第一層保障有1.6億美元，SFP 有4.0億美元，合計5.6億美元

貳、二 發生TMI事故之理賠 (1/2)

1979/3/28發生TMI事故，當天立即通知保險公司ANI(American Nuclear Insurers)，3/29 ANI立即派人到當地，3/31成立理賠辦公室，有51名理賠人員處理相關案件，並在報紙及媒體上公告。ANI並受理賓州法院及聯邦法院有關因TMI事故而受傷及財務損失之求償訴訟案。

貳、二 發生TMI事故之理賠(2/2)

賠償對象有：

- 疏散時所需之食物、住處、交通、警力之費用。共計付出120萬美元。
- 636 個人/家庭薪資損失，共計付出92,000美元。
- 被疏散人員之經濟損失，共計付出2千萬美元。
- 健康基金共計付出5百萬美元。
- 法律訴訟費

到2003年所有訴訟均結案，疏散有關支付2百萬美元，理賠及法律費用支付7千萬美元，總共支付7千2百萬美元。

以上賠償只動用到第一層保障之保險理賠，未動用SFP。

貳、三 最新規定保障額度更高

Price-Anderson Act 2005

1. 第一層保障—核電廠之經營者投保每事故
3. 75億美元第三者核子責任險
2. 第二層保障—SFP約可集資126億美元。原則
上每部機提撥1千5百萬美元、提撥5年。

以上二項費用均由核電廠之經營者承擔。每年保費約每部機40萬美元。並沒有讓政府或全民買單。保障額度總計129. 75億美元。



參考資料

1. 三哩島核能電廠災變 <http://vm.nthu.edu.tw/science/shows/nuclear/safety>
2. “Background on the Three Mile Island Accident” U.S. NRC August 11, 2009.
<http://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/fact-sheets/3mile-isle.thm>
3. ANI 之簡報檔
http://www.ct.gov/demhs/lib/demhs/emergmgmt/rep/dec08_conf_day2/03_ani_presentation.ppt#274,17,TMI - Evacuation Advisory
4. NEI 之 Fact Sheet(June 2010)
<http://www.nei.org/resourcesandstats/documentlibrary/safetyandsecurity/factsheet/priceandersonact/>
5. WNA Ian Hore-Lacy 介紹 Price-Anderson Act
http://www.eoearth.org/article/Price-Anderson_Act_of_1957,_United_States



補充資料

美國三哩島核子事故發生過程(1/5)

4:00:37 1979年3月28日凌晨4時，由於化學除污系統的樹脂發生阻塞現象，使得凝結水泵跳脫，進而也使二次側迴路的飼水泵和汽機跳脫，停止運轉；備用之輔助飼水泵自動啟動，但由於輔助飼水泵出口閥，**在維修後沒有依照規定打開**，故飼水無法注入蒸汽產生器二次側。

反應器內產生的熱無法移除，造成反應器**壓力快速上升**，調壓槽灑水系統自動啟動灑水降壓，釋壓閥亦開啟洩壓，但系統壓力仍舊繼續上升，觸及反應器急停設定值，控制棒插入爐心，核分裂反應停止，爐心仍存有餘熱。

美國三哩島核子事故發生過程(2/5)

4:00:50 反應器急停後，功率降低，反應器壓力亦隨之降低。當反應器壓力降至動力釋壓閥自動關閉點時，**閥門故障卡在開的位置**，冷卻水由動力釋壓閥持續流出，爐心過熱。

由於輔助飼水無法進入蒸汽產生器，故蒸汽產生器內二次側的水(設計容量小)已逐漸被燒乾。

動力釋壓閥的開啟造成反應器壓力持續下降，導致**緊急爐心冷卻系統自動啟動**，將高壓硼水注入爐心。

調壓槽的水位有過高現象。運轉員此時不知道蒸汽產生器已經沒有飼水，且調壓槽釋壓閥發生故障，沒有關閉。

美國三哩島核子事故發生過程(3/5)

- 4:06 自調壓槽釋壓閥流出的冷卻水進入位於圍阻體的洩壓水槽，洩壓水槽很快的被注滿，溢流到圍阻體的集水區。集水區水位升高，圍阻體集水區的抽水機自動啟動，將水送進輔助廠房輻射廢料儲存槽。
- 4:08 運轉人員發現蒸汽產生器二次側輔助飼水出口閥處於關閉的狀態，於是手動打開閥門。飼水進入蒸汽產生器的二次側，但因一次側已有大量的汽泡，使得熱無法有效的自蒸汽產生器移除，雖無法有效的將其熱量移除，但已建立移熱功能。
- 4:10 此時運轉員仍不知道調壓槽釋壓閥發生故障，沒有關閉，為避免調壓槽喪失調壓功能，運轉員減少高壓緊急注水系統。
- 5:14 因一次測系統有大量汽泡，冷卻水泵發生嚴重振動，運轉人員將B迴路之冷卻水泵停止運轉。

美國三哩島核子事故發生過程(4/5)

- 5:40 **A迴路**之冷卻水泵以同樣理由**停止運轉**，反應器內汽水開始分離，爐心上方的水蒸汽泡阻止了水的流動。預期中的自然對流現象並未發生。此時水位大概只在爐心上方三十公分。
- 6:00 **爐心曝露**
- 6:18 有運轉員注意到動力釋壓閥沒有關閉，於是手動**關閉阻斷閥**，反應器溫度及壓力隨即上升。
- 6:55 由於燃料已有**破損**，護套與水的反應產生大量的**氫氣**與放射性物質，冷卻系統之高放射性警報響起。可惜沒有任何一位運轉員記得聽到警笛聲。
- 7:30 圍阻體、反應器廠房和輔助廠房輻射強度繼續上升。

美國三哩島核子事故發生過程(5/5)

- 8:30 運轉員嘗試利用蒸汽產生器建立移熱路徑，但由於反應器內的汽水分離現象而失敗。
- 11:38 運轉員設法降壓，想利用低壓移熱系統移熱，但是反應器的洩壓能力不夠，無法降壓。
- 13:50 在降壓操作中，圍阻體內發生**氫氣燃燒**現象，圍阻體瞬間壓力高達19個大氣壓力。
- 17:30 重新以**高壓注水系統**加壓，使反應器內的水蒸汽凝結，以利啟動反應爐冷卻水泵。
- 19:51 **A迴路反應爐冷卻水泵啟動成功**，冷卻水自反應器流入蒸汽產生器，經由蒸汽產生器二次側，將衰變熱移除，危機終告解除。