

# 2022 年【全國科學探究競賽—這樣教我就懂】

## 高中（職）組 成果報告表單

題目名稱：核能「災」不「災」？

### 一、摘要：

對於核災所導致的後續問題，為了追求其真相，我們將探究歷史上的核災事件，在其中我們透過追查福島的核災，查清其中的成因及影響結果；追查核能發電所剩下的物質若處理不當所導致的後果，主要針對「核廢水」、「冷卻水」、「核廢料」討論其對環境的影響及處理方式等；瞭解在台灣若真的發生核災將如何預防及其影響範圍，透過國家災害防救科技中心 3d 災害潛勢地圖找到現在若發生核後災所影響的區域，以及政府對於核災的應變方式。希望能透過以上的資料，找出對於核災的真實面貌。

### 二、探究題目與動機

「核能發電是否可行」這個議題自有核電廠以來便不斷受到民眾的爭論，近年來尤為熱烈，甚至可說是爭吵不休，引起我們欲研究與核能發電相關議題得動機。而在有關西元 2018 公民投票中「以核養綠」（以核能作為綠能）議題的新聞中，我們聽到了反對「以核養綠」這個想法的聲音及理由，使我們想要查證，究竟反對者的這些理由是否與事實相符，並且進一步探討核能可能對環境造成傷害的其他因素。我們決定以「核能『災』不『災』？」為題，針對上述動機提到的內容展開調查，以便我們向大家訴諸有關核能發電的利弊真相，以及嘗試向眾人提出，若真正發生核災，其可能影響的範圍，及理應的應變方法。

### 三、探究目的與假設

#### 一、探究目的：

1. 探究歷史上發生的核能事件的原因。
2. 探究核廢水、冷卻水、核廢料如果處理不當，可能對環境造成的影響，討論是否有更好的解決方案。
3. 探究台灣如果核電廠發生核災，影響的範圍以及預防辦法。

#### （一）歷史上發生的核能事件的原因

冷卻系統故障：

#### 堆芯熔毀(meltdown)

(1)發生原因是因為核反應堆散熱出現問題，爐內溫度過高超過 2200 度，原本是固體的核燃料棒外層的鍍金屬開始融化，露出裡面的放射性核燃料，而鍍合金在高溫情況下會和水反應產生氫氣，氫氣在一般空氣中的濃度超過 4%就有機會引發爆炸，隨著爐內溫度再升高，核燃料棒的核燃料就會融化成液體流到反應爐的底部，這些液體可能會熔穿爐子的底部，從而導致一系列問題。

ex:

- a. 日本福島核電站事故(7 級核事故):2011 年 3 月 11 日因地震引發的海嘯，造成水泵斷電無法維持冷卻系統
- b. 前蘇聯切爾諾貝利事故(7 級核事故):1986 年 4 月 26 日因操作人員的失誤，導致大量的控制棒抽出，反應爐反應加劇，爐內溫度急遽上升。
- c. 美國賓州的三哩島事件(5 級核事故):主飼水泵突然跳機，緊急輔助水無法送入蒸汽產生器，只好洩壓灌入冷卻水來帶走爐心熱量。

其他歷史上重大核事故：

1957 年前蘇聯的 6 級核事故:核廢料爆炸

1957 年英國的 5 級核事故溫思喬火災

## (二) 核廢水、冷卻水、核廢料造成的影響和處理方式

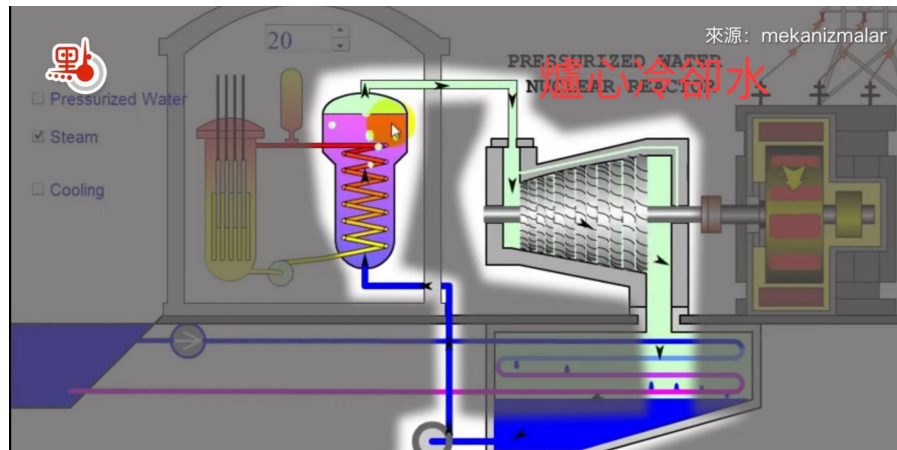
何謂「核廢水」、「冷卻水」、「核廢料」？

### 1.核廢水：

(1)基本上爐心冷卻水是不會直接碰觸核燃料棒的，所以是不會有核廢水產生的。但當爐心冷卻水直接接觸到爐心及系統時，屬於封閉循環的系統。少數因系統維修等需排出的廢水，需在監督下經過處理才可排出。

(2)核廢水的成分:銦 90 (Strontium-90)、碳 14 (Carbon-14) 銫 137 (Cesium-137)、碘 129 (Iodine-129) 和鈷 60 (Cobalt-60) 等放射性物質，它們可能導致 DNA 雙鏈斷裂，由此造成的 DNA 損傷，可能引發細胞死亡或潛在的遺傳突變。

(3)核能發電簡易示意圖-爐心冷卻水(封閉式循環系統)，如圖(一)。



圖(一) 核能發電簡易示意圖-爐心冷卻水(封閉式循環系統)<註>

### (4)對人體造成的影響：

核輻射對生物體的影響大多是突變，對生物可能造成細胞的異常增生、突變、畸型，甚至是癌症。

### (5)處理方法(abstract):一種核廢水的處理方法

將高吸水性樹脂加入濃縮後的核廢水中，使核廢水凝膠化，再一併轉移到防滲、防輻射的水泥槽中，加壓使凝膠中部分水滲出進入水泥粉層使水泥粉固化，然後塗上防水防輻射塗料，頂端加上水泥蓋。

核廢水以凝膠的等形式存在於槽內，最後將密封槽托運掩埋於建在地下厚厚岩石層裡的核廢料處理庫中或 4000m 以下的海底對人不會造成傷害，對環境污染小。

### 2.冷卻水：

(1)又稱「反應爐冷卻水」，是從大海中引入海水並過濾，隨後與爐心冷卻水進行熱交換，將熱量帶走，最後排入海中的溫水，須符合溫度的上限才能排出。反應爐冷卻水與爐心冷卻水不會混和在一起，不直接接觸，兩者屬於不同系統。

(2)核能發電簡易示意圖-反應爐冷卻水(開放式循環系統)，如圖(二)。

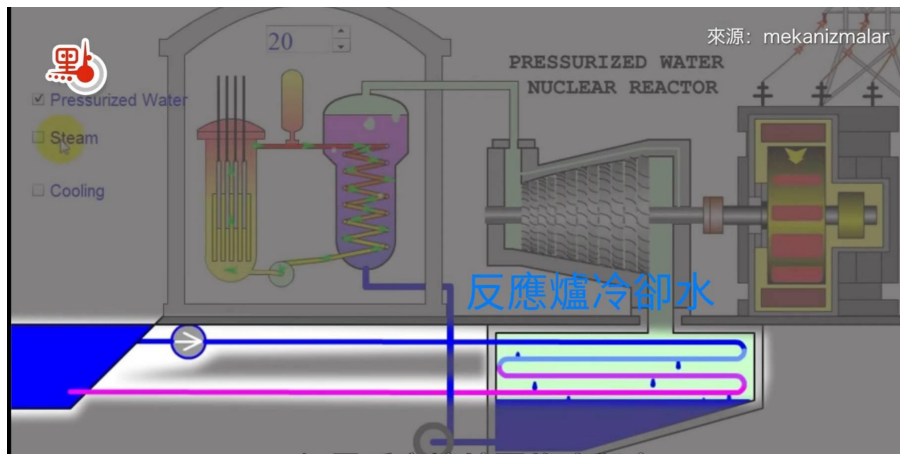


圖 (二) 核能發電簡易示意圖－反應爐冷卻水 (開放式循環系統)<註>

**(3)對環境造成的影響:**

- a.珊瑚白化：生存的環境約在 **23~28** 度，但若受到冷卻水影響將會導致水溫升高，使珊瑚無法在環境中存活
- b.秘雕魚：發生脊椎彎曲的花身雞魚和豆仔魚。中科院證實與冷卻水導致的溫度上升有關，並在去年曾經實驗過將捕獲的秘雕魚放置於正常溫度約 **25** 度上的水族箱中，最後發現其原本彎曲的脊椎逐漸恢復原狀，更加證實了與海水溫度上升的相關性<註二十>

**(4)處理方式：**

主要分為一次循環冷卻以及二次循環冷卻；一次循環冷卻：直接將吸收發電乏汽餘熱的冷卻水排至自然水域；二次循環冷卻：排至冷卻塔，通過冷卻塔來冷卻循環水，冷卻水攜帶的餘熱經冷卻塔釋放到環境大氣中<註二一>

**3.核廢料：**

**(1)**又稱「放射性廢料」，是指在核反應過後處理回收可利用的核材料後剩下不需要的放射性核廢料，並且都含有放射性同位素其容易造成元素衰變，而其產生的電離放射線則是造成自然界以及人體傷害的元兇。

**(2)**核廢料的主要三點特徵為：

- a.放射性成分:鈾 **239**(半衰期約 **24100** 年)、鈾 **236**(半衰期約 **2348000** 年)
- b.具放射性：電離放射線會對生物和自然環境造成一定的傷害。
- c.熱能釋放：放射性元素透過衰變釋出能量，釋出能量時會造成溫度上升，使旁邊的固體熔融、液體蒸發。

**(3)**依照其放射線量的強弱以及核種半衰期的長短來分類核廢料，如圖

**(三)**。



圖 (三) 取自綠色公民行動聯盟

#### (4)對環境造成的影響：

在核廢料處理妥當的情況下，其實並不會對環境造成太大的危害。但若核廢料處理不當的情況下，核廢料所產生的輻射能為最具危險性的傷害，而其主要以  $\alpha$ 、 $\beta$  粒子及  $\gamma$  射線來呈現，其中  $\gamma$  射線是高能電磁波，穿透力之強需以幾英尺的混凝土防護才能夠擋住其射線；在生物方面，它會干擾細胞內的化學反應進而導致原子與分子間的游離和激發作用，使其失去原本的功能，嚴重甚至導致死亡；在生態環境方面，可能會使其土地殘留輻射物質，促使我們食用到放射性物質導致上述生物方面的災害。〈註二〉

#### (5)處理方式：

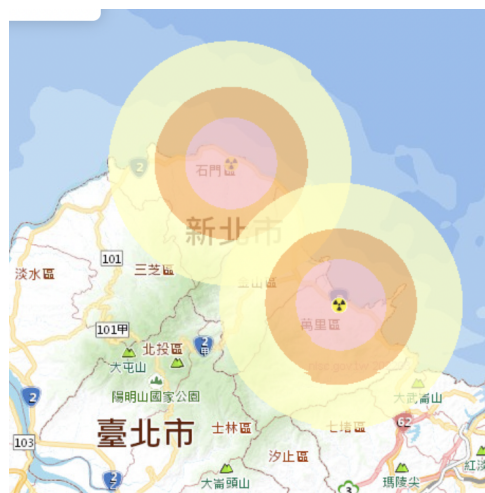
##### a.高階核廢料的最終處理方式：

深地質處置為目前台灣最主要的高階核廢料處理方式，只要將其埋置土中 300 米夏，便能在萬年內不必擔心其影響。處理人士會在堆埋前正常會先挑取不具有地下河川的位置以及合適的地質環境，若是真的有地下河川，其影響的也是 100 公尺以下的水脈，是不會影響到我們的飲用水的。〈註三〉

##### b.低階核廢料的最終處理方式：

台灣目前主要以近地表處置為主，如壕溝、地上設施、地下設施。〈註三〉

### (三) 台灣核電廠若發生核災，影響的範圍及預防方法



圖(四)，核子事故災害緊急應變計畫區



圖(五)，核三及核三電廠位置圖(註)

目前台灣政府防範核災的方式有下列幾種〈註十二〉

- 1.核安管制紅綠燈：等級有分成「綠、白、黃、紅」，由綠（最安全）依序往上增加至紅（危險）



## 2.應變組織與體系：

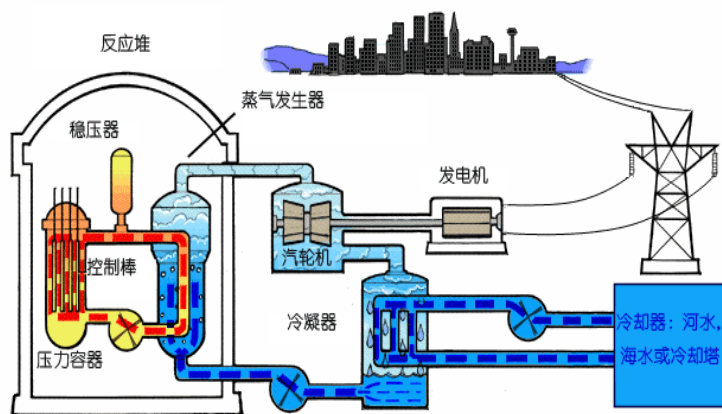
中央政府各部門組成「核子事故中央災害應變中心」，其任務包含統籌及督導應變措施的執行、處理、分析災害情況，並負責災後疏散，以及發布核災警報等。

\*註：圖(五)的來源網址中僅呈現核三及核電三廠的位置，但未標示災害影響範圍的環域分析疊圖，故不探究核三及核三電廠的災害應變(無資料)。

### 二、假設：

如果當時福島的地震規模增大，有沒有可能造成更大範圍的污染？

在地震發生導致電源故障，因而影響了核電廠的冷卻系統，導致爐內溫度升高，造成爐心熔毀。而因爐內持續電解水，持續產生氫氣，故導致產出的氫氣不斷被爐內高溫加熱，造成氣體膨脹而爆炸，由此可見，因爆炸所造成的輻射外洩，是由地震所造成的停電間接導致的，乍看之下，無論是多大的地震，只要停電，都有可能造成爐心熔毀以及氫氣爆炸，但是也因為這次的地震的震度沒有大到震毀核電廠的冷卻設施，所以，如果冷卻系統也被震毀的話，可能連後續的補救也做不到(圖四)。



圖(四) 福島核電廠採用的是引進海水循環冷卻的方法

## 四、探究方法與驗證步驟

### 探究方法：

針對這份報告我們將以網路搜尋的方式，搭配引註國家網站提供的圖片或文字資料(例如引用「國家災害防救科技中心」的官方網站中「核子事故災害緊急應變計畫區」中提供的環域分析疊圖)作為參考，以便我們提出具有可信度的資料，也藉由它們輔助我們提出易理解的防災應變示意圖等，向大家報告，台灣核能發電的真相、可能面臨的問題及其應對方法等。

### 驗證步驟：

透過文獻查詢和蒐集，在最後進行資料統整，以下我們將針對「何謂『核廢水』、『冷卻水』、『核廢料』」、「造成的影響和處理方式」等幾個層面進行探討。

## 五、結論與生活應用

藉我們此次的探查結果，我們得出「造成核電廠爆炸的主因是停電或備用電源被沖毀」之結論，因此認為除建築物的耐震程度之外，設備的耐震，防水也很重要。所有維持核能發電安全的設備都應加以固定，才能避免一些自然災害所造成的危機。而核災災害應變的方法則是實際的生活應用。

參考資料

- 註一：<https://scitechvista.nat.gov.tw/Article/c000003/detail?ID=224f9cc3-269c-462e-80ee-bd90e93bb1cd>
- 註二：<https://www.shs.edu.tw/works/essay/2016/11/2016111509314855.pdf>
- 註三：[核廢料要怎麼辦？ | 核能流言終結者維基 | Fandom](#)
- 註四：[核廢料怎麼解決：各國核廢料處置爭議概況 | 綠色公民行動聯盟 \(gcaa.org.tw\)](#)
- 註五：<http://www.wcdr.ntu.edu.tw/26680330212879723475332873845028797.html>
- 註六：<https://www.epochtimes.com/b5/11/3/31/n3214208.htm>
- 註七：<https://scitechvista.nat.gov.tw/Article/c000003/detail?ID=224f9cc3-269c-462e-80ee-bd90e93bb1cd>
- 註八：<https://sites.google.com/site/heneng100112260/you-guan-ri-ben-fu-dao-he-dian-chang-shi-gu-zhi-wen-yu-da/2-shen-me-yuan-yin-dao-zhi-fu-dao-he-dian-chang-fa-sheng-qing-qi-bao-zha>
- 註九：<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E6%94%BE%E5%B0%84%E6%80%A7%E8%90%BD%E4%B8%8B%E7%81%B0>
- 註十：<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E7%A6%8F%E5%B2%9B%E7%AC%AC%E4%B8%80%E6%A0%B8%E7%94%B5%E7%AB%99%E4%BA%8B%E6%95%85>
- 註十一：<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E5%88%87%E5%B0%94%E8%AF%BA%E8%B4%9D%E5%88%A9>
- 註十二：<http://taes-cd2.taes.tp.edu.tw/newtitle/2015nuclear/03/33.htm>
- (以下皆為有參考的網頁來源)
- 註十三：<http://www.wcdr.ntu.edu.tw/26680330212879723475332873845028797.html>
- 註十四：<https://www.epochtimes.com/b5/11/3/31/n3214208.htm>
- 註十五：<https://scitechvista.nat.gov.tw/Article/c000003/detail?ID=224f9cc3-269c-462e-80ee-bd90e93bb1cd>
- 註十六：<https://sites.google.com/site/heneng100112260/you-guan-ri-ben-fu-dao-he-dian-chang-shi-gu-zhi-wen-yu-da/2-shen-me-yuan-yin-dao-zhi-fu-dao-he-dian-chang-fa-sheng-qing-qi-bao-zha>
- 註十七：<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E7%A6%8F%E5%B2%9B%E7%AC%AC%E4%B8%80%E6%A0%B8%E7%94%B5%E7%AB%99%E4%BA%8B%E6%95%85>
- 註十八：<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E6%94%BE%E5%B0%84%E6%80%A7%E8%90%BD%E4%B8%8B%E7%81%B0>
- 註十九：<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E5%88%87%E5%B0%94%E8%AF%BA%E8%B4%9D%E5%88%A9>
- 註二十：<https://www.shs.edu.tw/works/essay/2013/03/2013032911313995.pdf>
- 註二十一：<https://read01.com/zh-tw/5MJAPB.html#.YIA8G8hByUI>