

輻射與原子核能隱形能量知識深耕科學營與訪日研習心得報告

基隆高中 楊尚珉

壹、在去日本前，我曾經參加過清華大學主辦的「輻射與原子核能隱形能量知識深耕科學營」。以下是我之前完成的課程回饋：

一、在參加本次核能科學營前，對核能有什麼認知？

輻射看不到也摸不到，是個很抽象的東西。能儘量不接觸，還是不要接觸的好。

二、參加本次核能科學營後，對核能有什麼新的認識？

原來，輻射和核能的範疇不單單只有核電廠和高中基礎物理的輕描淡寫——小至吃一根香蕉、睡在別人旁邊、泡溫泉；大到電漿和核子醫療——處處都息息相關。總以為核分裂就只是一個巨大的分子、經過奇妙處置後放出能量和兩個小原子，殊不知自然多麼奧妙？種種巧合使我們開發出核分裂的技術。

若不是那張質子數和中子數的圖表，我們怎知分裂時要放出中子，而非質子？因為質子數越大，相對的中子數就更大；所以分裂時，產生新產物的質子多於中子，變的不穩定（激發態），就放出中子和能量，以恢復穩定（基態）。

不過另一張就更發人深思了！那是質子數和束縛能的關係圖。自然界穩定存在的最大核種是鈾₂₃₅，經過高能（慢中子）使其束縛能變大，同時更多的中子加入反應，放出的能量也就愈來愈大。

最後加上一個原子反應中心深刻的描述，這一切就不會再那麼抽象——選用慢中子而非快中子的原因在於：如果東西運動太快，才剛碰到原子核就又跑出去了，根本來不及反應，所以慢慢的才會有足夠的時間停留其中，也才有機會發生反應。

這規則是教科書中，不曾提及的祕密，是不願讓莘莘學子一窺真相、抑或者是編書者不懂其中的精髓？我不得而知。但是現在我了解了，願意和我的同儕一齊欣賞萬化的高明與神奇，不要再當一位死記硬記的書呆子。

三、對於日本 311 地震福島核電危機，你（們）有何看法？

許多人會把福島的核電危機視為不幸，但我不這麼認為。

科技在發展的過程中，必定會有這些小小的「意外」。比如說，十八世紀工業革命的當初，又何曾想過二十世紀的今日，全球暖化、北極熊受牽連以及氣候難民的無處可歸，這些都是新發現的喜悅中，暗藏的大陷阱。就像核能也是一樣，最早只是因為想製造出核彈，結果意外設計出了最早的發電原理；不過接踵而來的輻射、熱汙染等環境議題，也不斷考驗著這項新技術。不過最大的考驗莫過於：這次福島的天災以及人禍。

然而人不愧為萬物之靈，懂得從錯誤中記取教訓：抽水發電機組故障，除了海嘯的原因，還有設計不良的關係，這設計本是因為美國中西部盛行的龍捲風，才將其設置在地下室的，日本卻不必擔心此因素，所以日後設廠時，就會考慮當地的環境，而非照本宣科；

還有爐心和人民健康的抉擇，相信日後電廠在臨時關頭，會將海水注入電廠，而非犧牲健康又救不回電廠。

所以，這次的經驗會使人類檢驗核電的知識，讓人類進步，又豈何曾不是一種喜悅？因為災害已經註成了，重要的是我們能從中學到什麼！

四、對於台灣未來能源發展，如火力、水力、核能、太陽能或其他，你(們)有何建議？

對於核能我產生了必較特殊的看法，在發電的部分，為何要在本土進行發電，而不直接從俄國等直接購入，這就像養了一頭牛又在去買牛乳一樣，豈不是多此一舉？這當中的技術我不清楚，但是如果只是從國外複製貼上現成的，而不加以改良利用，我們終究會落後。可是看到龍潭研究所對電漿的介紹，感受到我國無比的希望，也許將來有一天我會驕傲的說我是台灣人，因為台灣靠著自己的本事，發展出世界都不得不佩服的發電技術像是核融。

五、本次核能科學營介紹了核能發電與在醫療上的應用，是否還有其他應用？

尚且還有龍潭研究所提及的電漿技術，可用於電鍍和其他工業上的運用。

貳、日本參訪後

一、六所村：

那時我還以為自己真的了解什麼是核能，回國後才知道我還有很多不足的地方。緊湊的行程，卻得以在東京、八戶、青森、仙台、福島這些地方有過足跡，阿泰辛苦了！在學習中，同時遊玩，但是成效並沒有減半；在這些城市，所見所聞和台灣都大致相同，除了中文和英文無法溝通、店家比較早打烊。不過，在六所村的經驗卻和台灣大大不同，使我深深佩服、也最令我印象深刻。

這是六所村的簡介（資料來源：維基百科）：

青森縣擁有 12 個核子設施與 3 座核能電廠，堪稱是日本的核能重鎮。六所村面積約 253 平方公里，就擁有日本原子力燃料公司所設立的鈾濃縮廠、用過核燃料再處理廠、混合氧化物燃料（MOX）製造廠、低放射性廢棄物最終處置場、放射性廢棄物玻璃固化中心 5 座設施，以及一座走在國際間能源科技最尖端的核融合研究中心（ITER）。

而六所村是日本青森縣上北郡的一村，位於下北半島太平洋岸。此村設有核燃料再處理工廠，因此從 2007 年 8 月起每年增加 4 噸的鈾（5 噸鈾可以製造 1000 多件核武器），亦設有核廢料儲存場。除了核能的周邊設施之外，尚有儲存戰備儲油的國家石油儲備基地，以及利用山背的風力發電基地，因此集中不少能源關聯設施。此村曾為 ITER（國際熱核聚變實驗反應爐）的建設候選地，但最後決定建設在法國卡達拉舍（Cadarache）。

上次去核二廠、石油展示館和龍潭研究所時，參觀的人數少得可憐，或許我們是唯一專程來訪的團。但是在六所村的會議室卻不是這麼回事，在隔壁的兩間也是坐得滿滿

的，在我們走後那間會議室也被其他人預約了；之後到了展覽區的內部我也看到了不只屬於我們這一團的參觀者，而我非常喜歡這個展區的路線安排。

核二廠的參觀，主要是看核燃料的製備、還有發電原理和運作；而六所村看的是關於發電之後，用剩的核廢料的去向。核廢料一共分成兩個部分：低階核廢料和高階核廢料（台灣的高階核廢料儲存在電廠內的燃料池，所以不構成社會大眾的顧慮；低階在台灣才是主要的顧慮。而日本卻剛好和我們相反，高階核廢料早已引起大眾的注目）。

展區內是先介紹高階核廢料的處理，謝博士提供了完整且精確的翻譯。他告訴我們台灣也有辦法將鈾和鈾分離出來，進一步將鈾濃縮，然後製造原子彈，只可惜美國發現這些設備，就將它們全部拆除...至於日本當然也有將鈾和鈾分離的技術，但是他們也未研發出核子武器，原因在於美國會監控產前和產出後的量，如果數字無法符合，就會進一步關切；還有更多的手法，比如察看電廠受雇的人員專長、以及採購清單等等，都只為了防範任何偷偷製造的可能，所以世界要躲過美國偵察，「非法」生產殺傷力強大的核武，是多麼不可能的事。

首先看到用過的核廢料棒被機器手臂取出，再經過切割、酸液處理，最後分離出鈾和鈾，可以看到邊走動，管子內的燈泡仍然在閃爍，顯示出流向和被分離的清楚畫面，用簡單的圖像，告訴我們用看的就能了解。最後鈾和鈾又以一比一的比例和氧混合結束了分離的過程。最後看到裝桶的核廢料，還有它們彼此堆的樣子，用岩石將它們牢牢塵封，此刻輻射的隱憂，也終於可以不必擔心，它們將不會再困擾著居民。

先對低階放射性核廢料做初步的說明，他們要監測 300 年才可以確定其安全穩定性（可是有些核廢料是屬於高放射性廢料，就算監測 300 年也沒用，因為毒性是一點也不會衰退。以鎊-99（半衰期 21.1 萬年）和碘-129（半衰期 1,570 萬年）為例，它們需要放置最少 3000 年才能有效地減低其放射性。而比它們更棘手的還有超鈾元素（比鈾重的放射性元素混合物）裡面的鏷-237（半衰期 214.4 萬年）和鈾-239（半衰期 2.41 萬年）（取自維基百科）。

下午我們抵達燃料儲存所內的低階核廢料存放地，那是一大片的空地（約莫和一座足球場等大），幾萬桶的核廢料被桶裝後埋藏於此。當下的我立刻回想起自己繳交的報告：台灣一年所產的低階核廢料目前為六十桶（根據台灣電力公司公布的數據），大約占了一部卡車的空間，遠遠小於眼前的景致，於是也問了身旁的人，他們也很好奇，不過也給我一個可相信的回覆，那便是台灣運轉的機組遠遠比日本少阿！不過後來李教授提供了我另一個思考事情的觀點，那些並不是一年產生的，回想起台灣也運轉了二、三十年了，幾千幾萬桶是有可能的，還有七十幾年時，還未降低年產量，大約一年就有千餘桶...

所以，雖然我們的報告真的很有戲劇性的張力，但是也只是另一種「欺騙」的數據，未加入時間軸，僅僅觀看單一點的影響力似乎不足以說服大眾，核能真的不會占空間，這部分還需要再重新考量！或許真的會占據部份的國土，但是也不會比海平面上升影響來的嚴重。地圖上看不出一座足球場對國土的比例，但是海岸線的變化卻十分淺而易見，一旦海水覆蓋過的土地，就再也無法使用，而被埋低階核廢料佔據的土地，卻仍有機會在日後被再度使用。

對於可以土地再度使用這一點，我相信日本真的辦的到，因為在解說人員在解說時，

我才真正知道台灣真的比不上日本是有原因的，光是低階核廢料就已經為它設置了八道防護機制，還考慮當雨水滲入土壤時，會不會干擾到它的儲存等等因素，相信在這樣的做事原則下，土地一定不會被荒廢來堆核廢料！而是日後（三百年，不知是否能看到）能在上面蓋房子居住人，甚至是種植花卉蔬果吧？

記得，在那密不通風的展示區，看到外面也有一部遊覽車，那是日本的參觀者，看起來像和我們差不多年紀，頂多大學生，就已經願意主動進一步去了解核能，和我只能被動從有限的網路和媒體得知錯誤的資訊！難怪我在網路上根本找不到正確的資料，都是一些沒有數據資料證明的藉口，全部都只會空口說核能有多不好，要反核（大眾眼中的核能），只有少數有列一些「亂填」的數據，但是沒有一個敢真正把資料的來源打出來。因此，我確信，反核的人，大多不了解核能，才會想打那份報告。

如果學生最擔心的因素是擔心輻射，那我就用台電官方的數據，加上李教授授課的講義換算，得到的結果很驚人。

我們做出的數據顯示大部分人都猜測，居住在核電附近的居民，一年會多吸收的輻射劑量相當於吃十根香蕉所產生的輻射劑量。和學生認為的做一次鈷六十治療，蠻多的！但是，因為收完問卷後，和各班還算認識的人稍微談了一下，這才發現了意外的結果，他們大部分選擇做一次鈷六十治療這個選項的原因，僅僅是因為看不懂這個選項，還有它看起來比較像考試的答案，台灣部分高中生是該多多向日本青少年看齊了，他們對任何議題的敏感度，值得我們欽佩！

如果台灣的學生也能多多充實自己，日後網站上的資訊將不再不可採信；一定會出現更發人深省的留言或觀點，讓大眾的輿論達成共識，而不是一盤散沙！說要反核，目前已無聲無息（三分鐘的熱度），難怪大家會無所適從，不相信媒體報導社會人士的團體運動，也不知政府是否真如他們描繪的如此惡質？最佳的方案，只有透過個人先了解，才不會在眾人商討時，完全不知議題的內容，最後沒有結果！

二、女川電廠：

一直到去過女川電廠，我才知道原來女川電廠是私人企業（東京電力公司）經營的，和台電（公營）果然不太一樣。這是東京電力株式会社（The Tokyo Electric Power Company, Inc.）的簡介：日本一家電力公司，亦稱為東電或 TEPCO，服務範圍為東京、關東地方與山梨縣東部。（根據《財富》雜誌，它是日本收入最高的電力公司（2005年共500億美元）。）該公司主要靠化石燃料發電廠發電，同時它擁有**3座核電廠**，另外它以水力、風力與設置在遙遠的八丈島地熱能發電廠生產低功率電力。

由於女川電廠座落在14.8公尺的地盤上，雖然因大地震地盤全部下沉約1公尺，但也有13.8公尺高，因此未被巨大海嘯吞沒，而逃過一劫。但是，港灣的設施、冷卻水的取水設備等則被海嘯破壞。核電廠的港灣地震前高於海面3.8公尺，地震後下陷至2.5公尺，在港灣設置供1號機使用的重油槽（容量96萬公升），朝向海的方向傾倒。由於海嘯來臨時重油槽被浮在海水上，海嘯退回後重油槽因而傾倒，重油槽周圍設置的防油堤已被沖毀看不到蹤跡。海嘯來臨時重油槽存放有60萬公升重油，倒壞時有30萬公升流失掉，港灣內已設置圍欄防止重油擴散，將海水污染至最小。

對於三一一地震所引發的天然災害。回國後，我收到了核能簡訊（NUCLEAR NEWSLETTER）No.136 2012.June，其中有一篇報導——強震之下 日本日本女川核電廠屹立不搖 機能健全——讓我有更進一步的了解：

2012年3月11日日本大地震的震源位於宮城縣牡鹿半島東南東120公里、深24公里的海底，接近震源的太平洋海岸部分地盤均往下沉1.2公尺。地震發生時，坐落在牡鹿半島上、東北電力公司的女川核電廠3部反應爐正在運轉。芮氏9級的地震，導致女川電廠有感地震約為6級。反應爐基地下2樓的地震加速度為567.5gal，比2005年8月的地震加速度251.2gal，高達2倍以上。女川電廠建廠時預估地震開始0.5秒後，最大值为580 gal，此次的地震幾乎已達到預估的地震基準最高值。

其中有一段印象最深刻：其他的防災對策——13.8公尺高的海岸邊，再構築3公尺高、全長600公尺的防波堤，土壤中混含水泥作成堅固的土牆，2012年4月底前可完成。另一方面，如果17公尺以上的海嘯侵襲防波堤，則會滿溢過來，因此重要的機器另設置2公尺高的防波堤防水，這項工程亦在2012年4月完成。

福島事故時，消防車不只是滅火，尚須充當反應爐與用過燃料池的注水之用，所以在最惡劣的情況下應準備消防車可用作供水用途。用過燃料貯存池均處在很高的位置，事先應準備並有效的聯繫，緊急時即可注水。

記得東京電力公司的解說人員有提到那道三公尺高的綠色防波堤，他還有提到另一項保護措施，就是他們加裝了抽水裝置，萬一海嘯的浪太高、淹過了堤防就不用擔心了。記得那幾天看電視新聞，每台都不斷說出「人為疏失」才是這次福島等多處機組出包的原凶，報導只是一味指責東京電力公司應變慢半拍，一切都是人禍。卻沒有報出電廠事後的做出的處理態度：他們將全國五十座核電廠標出來（只剩兩部在運轉），並且說明公司已經進行到壓力測試的階段。

在核二廠，我對這個名詞似乎沒有印象，原來日本的企業這麼考慮周詳。對於地震、海嘯等等的災害，核電廠大多都會做下一些防範措施，但是一定會有一個臨界值，一旦超過那個極限，發生的災害都無法承擔它的後果，只能任由天災擺布，全憑運氣。但是壓力測試這個想法我第一次聽說，在超過負荷的狀況下，至少作出一些回應，不要全部都靠運氣：像是在高於海平面約十七公尺的堤防後方在擺置抽水機，將水排除。在超過設計標準的情況之下，還能應變，至少不會空手發呆，等著一切到達無法挽回的結局。

這些是我不曾會有的想法，在一個從海嘯中安然無恙的逃脫的核電廠，仍然還再開閉的狀況，未繼續運轉，為的只是要確保下次災害發生時，百分之百的安全。而我就不知道台灣的核電廠，哪來的勇氣？還敢繼續發動機組、供電！

東北電力公司擬訂緊急時安全對策，5月11日公開實施訓練，5月18日提出報告書，6月14日提出嚴重偶發事故的對應報告書。

其內容之一，女川電廠再配備4部新的專用高壓電源車，就是考慮所有的狀況，充分準備電源，以防萬一。圖5為汽車型的高壓電源車，東北電力公司的輸配電線若因線路故障而停電時，這種電源車可作緊急應變的用途，每一部電源車可發電400kVA，約可供應200個家庭的用電。全國的電力公司若都備有這種發電車，亦可隨時當作核電廠

的緊急電源之一。

目前女川電廠考慮在地勢較高的地區再設置3部大容量的氣冷式電源裝置。目前建築物內設置的緊急發電機，在較高的地點亦備有同樣的電源設備。建築物外儲備柴油發電機用燃料9萬公升，為了預防地震，燃油槽則設置在地下。2012年這種發電機將測試運轉。

不相信會有電廠更謹慎小心，連這麼慎重的東京電力公司都沒有把握可以從任何災害中逃離，那麼我們更要小心！

在抵達了女川電廠前，我們的遊覽車經過房舍，仍可以看到堆積如山的廢棄物、還有報廢的汽車，橫屍遍野地被曝曬在陽光下，此情此景是多麼的令人困惑。從飯店的衛浴設備，我就知道日本處理事情一向不馬虎：當洗完熱水澡時，蒸氣必定會充滿整間浴室，此時蒸氣遇到冰涼的鏡面，將會是一場霧裡看花，什麼都看不到。但是當我把毛巾擦過臉要去擦拭鏡面上的霧氣時，這才發現鏡中有一塊是沒有霧掉的。那是經過特殊處理過的，方形，絕不是偶然，原來那真的是一項貼心的設計，如此不用再擔心什麼都看不到了！

但是眼前的這些廢鐵，應該不會沒人注意到吧？那不是幾輛而已，已經多到像整條街都是開汽車報廢場一樣，已經快半年了，竟然沒有人去處理，如此不是非常矛盾嗎？注重生活細節的日本人，竟然遺漏了這麼大的缺失！後來看到了核電廠的內部，才驚覺日本人重視的遠比我想像的更高，那根本不應該是一個發生過海嘯襲擊的地方阿！沒有淤泥，也沒有任何沖刷出的石礫、碎瓦，到像是一座剛完工，正要運轉的電廠。

我這才知道，他們處理災害的先後順序，對於已經損失的財產，他們寧願先擱置在一旁，先去處理日後還會復發的問題——核電廠的修復和補強等工程。這也確有其道理，面對海嘯沖毀的屋舍和汽車，再也無法挽回；而電廠不光僅僅為了發電（火力仍在運轉），更為了預防下次的傷害，避免更嚴重的災害會發生。

三、福島高校：

這是福島核災的相關資訊（資料取自維基百科）：

福島第一核電廠核災（日文：福島第一原子力發電所事故），縮寫福島核災，係世界幾次核災之一。事發係日本福島縣嘅福島第一核電廠。間廠由東京電力公司經營，共有六座核子反應爐，全部係沸水式反應爐，當中四座發生事故。事緣二零一一年三月十一號，日本時間下晝兩點四十六分，發生日本東北地震，並引發海嘯。海嘯令發電廠各核子反應爐嘅冷卻系統失靈，為咗避免爐芯完全熔毀，輻射四散，禍延全球，各方盡力灌水冷卻。但灌水唔係好有效，化學作用下令各爐多日連翻氫氣爆炸，俾未全毀，部份輻射塵升上半空，輻射雲散佈關東各地，以及太平洋周邊嘅地區，電廠嘅周邊地區水土受輻射污染比較嚴重，人畜均不能安全食用。當中三號爐，爐殼損毀，決口令輻射漏出，係各爐之中最危急。

地震發生後，福島第一核電廠所有核子反應爐，均安全自動熄爐，停止核分裂反應，但核衰變仍然繼續，餘熱高溫，需用水冷卻，以防過熱燒壞。停爐後，冷卻系統需靠火

力發電推動，但因海嘯高過防波堤，令較低窪嘅發電機故障，冇法供電。冷卻系統亦靠電池行咗八個鐘後，最終斷電，冷卻水循環系統就冇法繼續運作。之後為咗降低反應爐安全殼（圍阻體）嘅壓力，核電廠職員冒死打開閘門放咗啲蒸氣出來，但最後導致氫氣爆炸兼氫樓，燃料儲存池冷卻用水跌過安全水位，令燃料棍外露，導致熔化，發生洩漏輻射事故。三月廿二號，日本經濟產業省原子能安全保安院指出，福島第一核電廠正門附近嘅輻射量，比平常最少多出七十倍，而一號反應爐嘅中央控制室輻射量，亦升到平常嘅一千倍。係日本首次確認，有放射性物質外泄，稱呢次事故為核災。

那次核災，可以同一九八六年，蘇聯車諾比核電廠核災相提並論，全面禁止核試條約組織指出，同車諾比核災比起，福島核災放出嘅放射物數量，碘一三一達百分之七十三，而銫一三七達百分之六十一。方圓一百公里，食水都受污染，而日本首都東京，事故發生後幾日，輻射雲飄到東京降雨後，驗出食水含輻射水平對成年人健康冇即時影響，但唔適合界幼兒飲用，日本政府向影響市民派樽裝水。

在有了核二廠參訪的知識，對於報告的部分，還是覺得很遺憾，雖然是針對居住在核電廠附近居民的我們，也未能將原本準備的東西全部完整的呈現給大家。所以在這份一萬字的報告中清楚詳盡的呈現。

我們的報告分成四個反核能常見的原因，並且加以分析它真正會造成的影響是不是如大家(學生)所認為的那樣。首先我們把顧慮的程度，由大至小排列：輻射(占 51.4%)、核廢料(占 23.3%)、爆炸(占 20.2%)、抗震性(占 5.1%)

其中輻射和核廢料已經做過說明，至於大家都知道發電和核爆(原子彈爆炸)各約略需要將鈾濃縮至：前者到百分之五左右；而後者要高達百分之七十以上才有可能會發生。但是大家都以為，發出同樣的電來看，核能會殺傷較多的人，但是根據瑞士 ERSAD 分析各種能源使用之生命損失率來看，天然氣(液態天然氣)才是傷害最大的。

至於大家都對核電廠的抗震性相對有信心，所以就不額外分析，反而是多考慮了電價的問題。

將近 75.1% 的學生認為，如果為了去除核能而調升電價，最多只能接受調漲 10%，僅有 9.5% 的學生可以接受調高 15% 以上。但是根據台電給的成本分析：

$$\text{NT\$ } 2.15 = \text{NT\$ } X * 81\% + \text{NT\$ } 0.66 * 19\%$$

$$X = 2.50$$

$$(2.50 - 2.15) / 2.15 = 16\%$$

也就是要調升 16% 才有機會補足去除核能所照成的虧損。

這是在回國後的一個禮拜才得的報導。但是在報告當日的早上，教授卻已經得知，並且覺得我們可以把這份報導一起加入報告之中：

現有核電廠不延役，核一廠甚至考慮提前除役，但如何除役，確是個問題。台電核電部門主管表示，如果沒有低放最終處置場，核一等核電廠在運轉執照滿期後，將面臨既不能再運轉繼續服役，但也無法除役的尷尬情況。

根據經濟部規劃，核一廠一號機預定 107 年除役、核二廠 108 年除役，是否提前除役，政策仍未做最後決定。但根據「核子反應器設施管制法」第 23 條規定，核子反應器的除役計畫，經營者應於核子反應器設施預定永久停止運轉之三年前提出。

另外，根據「核子反應器設施管制法施行細則」第 16 條規定，拆除或移出之放射性污染設備、結構或物質，應貯存於主管機關核准的設施。又依據「核子反應器設施除役許可申請審核辦法」規定，核子反應器設施除役應實施環境影響評估，申請時應檢附環境保護主管機關認可之環境影響評估相關資料。

也就是說，核電廠除役必須先通過環境影響評估審查，而且還要完成國內最終處置場的興建（雖然也可以在國外找最終處置場址，但評估認為機率極低）。如果沒有最終處置場，不延役的核能發電廠就無法進行除役。

然而目前經濟部推動的國內低放射性廢料最終處置場的興建，現在連「選址」關卡還都無法闖過。如果沒有低放最終處置場，核一等核電廠在運轉執照滿期後，將面臨既不能再運轉繼續服役，但也無法除役的尷尬情況。

【記者沈明川/台北報導】

繼 7 月初正式公告金門縣烏坵鄉以及台東縣達仁鄉為建議核廢料最終處置候選場址之後，經濟部日前又已正式行文金門與台東兩縣府協助舉辦公投。不過，相關人士評估認為，公投「成功」的渺茫。

有關主管私下認為，經濟部恐怕必須建議修訂選址條例，否則低放選址恐怕永遠不可能成功。

四、其他心得：

每段旅程對我而言都十分的有意義，不久前參加畢業旅行，那是一段難忘的旅程：去哪裡似乎都一樣，不過和誰去，就大大不同。很高興有對我很好的同學，和我一起體驗了過去不敢玩的遊樂設施；但是，這次卻是和近三十張生面孔，一起在陌生的國度展開了六天的旅程。

原本把這六天是為理所當然的：畢竟高一和高二我花了比其他班上同學更多的心力在課業上，這個出去散心的機會，為何不把握？然而，在真正聽過其他人的遭遇之後，才知道這個交流團真的不簡單，每個人都是精挑細選、萬中選一的菁英，而我有幸能一起學習成長。謝謝蕭主任把這個機會留給我，讓我有幸體悟了一句話：「讀萬卷書，不如行萬里路。」

在第一天報告的時候，得知坐在身旁的曉明女中，都是剛升高一的新生，而我已是將準備學測，從高三畢業。但是在看過她們流利的報告之後，我才知道高中三年的英文似乎有所不足，還有更多努力的空間。別人都流利的完成報告，而我卻只能支支吾吾地看著投影片，無法表達出完整、令人理解的意思。

還有她們帶隊的鍾老師，在她提出一次次發人深省的問題時，我卻還在思索著上一個疑問的解答。思想完全跟不上她打破砂鍋問到底的精神，只能觀仰每次問題激起的浪花，是多麼的值得觀賞。曾幾何時，自己失去了這股熱忱，只是死記硬背教科書給我們

的答案。

記得在女川電廠時，提及此處海水上升了一公尺...，那時鍾老師曾問我：「你知道為什麼只有這裡的地層下降一公尺？而不是這附近全都下降一公尺？」我卻只有回答：「不就是因為海平面上升了一公尺，所以陸地就感覺下降了一公尺？」怎知她卻對我說：「我當然知道海平面有上升。只是上升總有個理由吧？像是附近的板塊的分布或是構造之類的，如果有更明確一點的資料...。」這或許就是她成功的原因吧？

她雖然是一位地科老師，卻不只僅僅對地科有所深入研究。像是去女川電廠的路上，偶然間看到小花蔓澤蘭，她便告訴我們，她之前還帶學生一起去剷除小花蔓澤蘭，雖然它的報酬很高，每公斤的價值不斐。但是要摘除卻要整株拔起，還詳盡的介紹它的生長習性，因為它是由一根主軸延伸出去的，所以一片森林中的綿延的它們有可能只有一株。但是通常它會蔓延，所以很少只有出現一株的，通常會很多母株。

記得第一次她問問題是在新幹線上，她問我同學：「什麼是電磁力？和一般我們用的電力有什麼不同？」我就想了想，問了教授，之後去和他一起去解釋，我就回答：「電力是用電流流過導體，再利用電位差去發電，這就是平常用來發電的原理；然後電磁力就是電荷在電場和磁場中產生的交互作用力」。以為她會滿意我的答案，結果她又問：「那麼，摩擦力算哪種基本作用力？電力和磁力到底算不算是一種電磁力」？

我回答了前面那個，記得老師有提過，好像是因為接觸面都是原子構成的，當物體有相對運動時，電子和電子互相排斥，就有了摩擦力。至於電力和磁力我就知道了，「因為老師上課都沒有提過、高一也都只是輕描淡寫的帶過...」

她後來跟我說了什麼我已經忘記了，但是我大概記得她想要告訴我的觀念：「別指望老師會教你什麼，要自己去查去看，就會是你的了！還有一開始學，一定都是從基礎開始看，最後再去加深加廣」。

就像這次的輻射與原子核能隱形能量知識深耕科學營就是最紮實的基礎，如果沒有那四天的行程，或許在面對六所村的核廢料，會毫無感覺吧？只會覺得多麼可惜，浪費了土地去埋一堆圓筒、女川核電廠加蓋的堤防，會以為那僅僅是不小心或是惡作劇...，事前的準備，真的很重要！