



財團法人 中華民國輻射防護協會

輻射防護簡訊

第 147 期

發行人
張似璵

主編
張似璵

編輯委員
尹學禮 江祥輝
劉代欽 蔡惠予 魯經邦

出版單位
財團法人中華民國輻射防護協會

地址
30017 新竹市
光復路二段 295 號 15 樓之 1

03-5722224 電話
03-5722521 傳真
01486683 統編

rpa.newsletter@gmail.com 電郵
www.rpa.org.tw 網站

行政院新聞局 出版事業登記證
局版北市誌字 第柒伍零號

協會報導

第 3 頁

談食品中含放射性核種的議題

針對食鹽中含高量的天然鉀-40 與日本福島核災區放射性污染食品進口議題，如何解答民眾心中疑問以降低疑慮，是值得主管機關與輻射防護界一起來努力的。

訓練班公告

第 8 頁

公告本會各項訓練班開課時間。

新聞廣場

第 10 頁

各項證照考試資訊、國內產官學界最新消息、以及近日全球輻防新聞。

特別報導

第 13 頁

福島行

歷經忙碌的研究所生涯告一段落，終於得空可以做些自己想做的事，第一件便想實際走訪福島，親自訪問當地居民是否有受到風評被害的情形，並探看當地的現況及復興的狀況。

輻說 – 廖彥朋專欄

由於本專欄作者另有要事，本期「輻說」專欄暫停。

專題報導

第 18 頁

介紹一個歡迎核廢料的社區： 美國德州安德魯斯郡

安德魯斯的成功足以引人深思，是甚麼原因促使安德魯斯的民眾對核廢料有如此與眾不同的態度？甚麼條件和因素促使安德魯斯在核廢料處理上取得如此與眾不同的成果？

風評被害をみんなで吹き飛ばそう!

福島、頑張れ!

福島は元気です!

勿来海水浴場で海開き~

福島の食べ物はOK!

福島を守る!



發表在小畫佳人 Richie 2014 年 9 月 13 日的圖文「福島，我很好！」

讓我們不再生活在恐懼輻射之中!

主編 張如琛

一場由立法委員與環保人士召開有關市售低鈉鹽含大量天然放射性核種的記者會，在台灣社會激起了陣陣漣漪。我們看到媒體報導某核工專家認為，把這樣的輻射量吃進體內，很可能引發癌症，甚至心臟驟停的風險；另一方面食藥署及原能會立刻發表聲明，強調沒有輻射安全的疑慮；同時我們還看到《低鈉鹽的重要推手 中研院領先全球實證健康功效》的報導。讓人欣慰的是，雖然記者會的指控相當聳動，但民眾並未陷入恐慌，而能理性討論低鈉鹽能不能食用的議題。知識真是讓我們明辨是非的要素，如何增進民眾對輻射的認知，正是本刊的宗旨。

本期協會報導特別針對食品中含放射性核種的議題加以討論，說明管制值制定的方法，闡述約定有效劑量的時間觀點，希望能在「讓國人不必在時時恐懼輻射的心理下生活」上盡一份心。

核廢料系列專題報導，由本協會海外諮詢委員陳士友博士介紹一個歡迎核廢料的社區：美國德州安德魯斯郡，是甚麼原因促使安德魯斯的民眾對核廢料有如此與眾不同的態度？甚麼條件和因素促使安德魯斯在核廢料處理上取得如此與眾不同的成果？值得我們深思。

本期最特別的是一位文學研究所的畢業生，基於希望讓人們更認識核能的熱情，親自走訪福島，帶回來第一手的報導，也讓我們看到不同的視角。期待未來有更多的年輕人，願意跨進輻射科普教育，讓我們不再生活在恐懼輻射之中！

歡迎賜稿，稿件請寄：

輻防協會編輯組

300 新竹市光復路二段 295 號 15

樓之 1 或

傳真 (03)572-2521 或

電郵 rpa.newsletter@gmail.com

來稿一經刊登，略奉薄酬；

政令宣導文章，恕無稿酬。

談食品中含放射性核種的議題

針對食鹽中含高量的天然鉀-40 與日本福島核災區放射性污染食品進口議題，如何解答民眾心中疑問以降低疑慮，是值得主管機關與輻射防護界一起來努力的。

前言

最近食鹽中含鉀-40 的議題躍上新聞版面，原子能委員會輻射偵測中心於 9 月 7 日針對 18 種食用鹽進行取樣分析，其中台鹽所生產的健康低鈉鹽、健康美味鹽與健康超鮮鹽，鉀-40 的活度分別為每公斤 8860 貝克、4610 貝克、5063 貝克，比其他國人常用的食用鹽都高，引起了國人的關注。

為何上述台鹽的產品會有較高的鉀-40 活度？由於食鹽中的鈉是讓血壓飆高的原因之一，因此台鹽生產以同樣具有鹹味的氯化鉀取代氯化鈉的減鈉鹽。具放射性的鉀-40 約佔天然鉀的 0.0117%，存在於所有含鉀的食物中，只要我們食用這些食物，就無可避免會食入鉀-40。世界衛生組織還建議，成年人每天應從食物中攝取量 3510 毫克的鉀。調查發現國人飲食普遍鉀攝取不足，因此香蕉、奇異果、香菇與菠菜等含鉀量較高的蔬果食物近年得到許多營養師的推薦，鼓勵國人為了健康應該多加食用。



圖片來源：新聞圖片

作者

劉代欽

輻射防護協會 編訓組組長

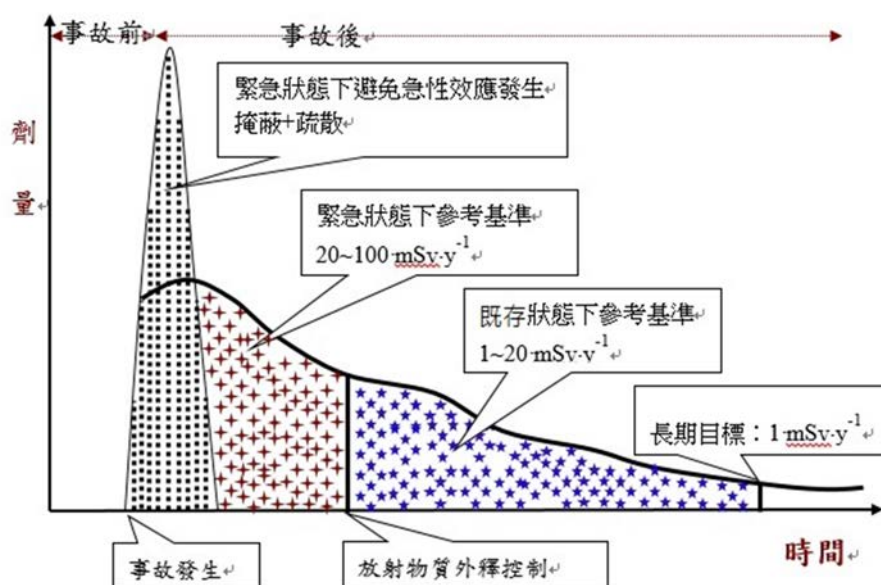
根據原能會針對食鹽的分析結果所發布的新聞稿得知，如果成年人全年食用含鉀-40 最高的低鈉鹽，其中鉀-40 造成的輻射劑量約為 0.2 毫西弗。這個劑量值就輻射安全的觀點而言，並無影響健康的疑慮，因此國人大可放心，而且國際間對於自然界中原本就存在的天然放射性核種，多採不予管制的立場，目前亦未訂定食品中所含天然放射性核種之管制標準。

類似的議題也存在於日本核災區食品輸台的問題。如果開放目前仍屬管制的樞木縣、茨城縣、群馬縣以及千葉縣的農產品進口是可接受的嗎？從食安的角度出發，其輻射影響無虞嗎？從劑量評估的角度看，答案是肯定的，我們試著從輻射防護角度加以說明。雖然福島核災外釋污染的主要核種為人造的銫-137，並非食鹽中所含天然的鉀-40，但兩者的輻射防護概念與劑量評估模式是相同的，讀者可以從以下的內容得到一些專業上的了解。不過回想過去有關此議題的新聞畫面，腦中總浮現爭議不斷，甚至爆發衝突的印象。

因此趁此機會整理食品中含放射性核種的劑量評估要點，期能對民眾的疑惑點作進一步說明。

從年劑量 1 毫西弗出發

2007 年國際放射防護委員會所出版的 ICRP103(2007)報告將輻射曝露類型分為規劃曝露、緊急曝露以及既存曝露三種，核災事故恢復過程的輻射曝露則包含其中二種類型，事故剛發生初期階段為緊急曝露，事故後長期恢復階段則為既存曝露。在這二階段的輻射防護行動中引入參考基準，並以參考基準為施行輻射防護行動最適化的關鍵，這個概念與做法，和與劑量限度與劑量約束為最適化的規劃曝露不同。既存曝露情況所設定的參考基準強調個人剩餘劑量而非集體劑量，但仍應當與最適化一併使用，以實施最適化策略或循序實施最適化策略。圖一為核子事故後緊急狀態與既存狀態的參考基準。在長期恢復階段，此時參考基準應當落在年有效劑量 1~20 毫西弗的區間內，並儘可能的接近 1 毫西弗，除



圖一 核子事故後緊急狀態與既存狀態的參考基準

了努力降低曝露情況使其接近年有效劑量 1 毫西弗外，若能把曝露狀況降低到正常或“視為正常”，這會是所有居民的願望，也是該國政府努力的目標。而這個目標，日本在 2012 年 4 月也就是 311 福島核災之後一年就達成了。

在核子事故長期復原階段，民眾受到的曝露途徑主要來自於飲食。日本在 2012 年 4 月 1 日後已經能控管民眾因福島核子事故所致額外增加的有效劑量低於每年 1 毫西弗，並據此訂定有關的管制規定。國人常聽到的日本核災區食品管制銫-137 每公斤不超過 100 貝克(Bq)，就是依每年有效劑量低於 1 毫西弗中的 90%，並根據下列幾個

因素：日本成年人的食量(每年為 550 公斤，與世界食品法典 CODEX 的值相同)；受污染與未受污染的食品在食物供給體系中的佔比；不同年齡對銫-137 的約定有效劑量轉換係數 $h(g)(Sv/Bq)$ ，所計算出的保守值。此外，因為嬰兒食品有其特殊性，其管制值與成年人不同。表一為日本食品在既存曝露階段銫-137 的管制值。

上述說明銫-137 的 100 Bq/kg 管制值的條件與考量，對於專業人士是容易理解的，但是對於一般民眾則可能稍嫌複雜，在此我們試著以飲用水的管制值 10 Bq/L 來做說明，希望可以讓民眾更容易了解管制值的訂定與意涵。

表一 日本食品在既存曝露階段銫-137 的管制值

項目	飲用水	牛奶	一般食品	嬰兒食品
管制值 (Bq/kg)	10	50	100	50

10 Bq/L-飲用水管制值的制定

飲用水管制值的制定條件如下：

1. 每年 0.1 毫西弗的約定有效劑量
日本將 ICRP 長期復原期的每年 1 毫西弗劑量上限值中分配 0.1 毫西弗給飲用水。
2. 每年飲水量 730 公升
以每人每天飲用水量 2 公升計算，因此一年 365 天共 730 公升飲水量。
3. 污染區供給的量佔比 100%
考慮最保守條件 730 公升的水全來自於核災污染區，因此此值設為 100%。

4. 銫-137 的約定有效劑量轉換係數 $h(g)(Sv/Bq)$
這個數值與年齡有關，必須查閱相關報告，我國則是放在游離輻射防護安全標準附表中。

綜合上述條件，我們來計算飲用水的管制值。

$$OIL(Bq/L) = \frac{0.1 \times 10^{-3}(Sv)}{730(L) \times h(g)(Sv/Bq)}$$

式中，

- OIL：作業干預基準(即為管制值)
- $0.1 \times 10^{-3}(Sv)$ ：年劑量上限值 0.1 毫西弗
- 730(L)：成年人每人每年飲水建議量(公升)，
- $h(g)$ ：銫-137 的約定有效劑量轉換係數，參考我國游離輻射防護安全標準，成年人的數值為 $0.013 \times 10^{-6}(Sv/Bq)$

計算結果為 10.5 Bq/L，管制值取整數為 10 Bq/L。

綜合前述，我們了解飲用水管制值的制定過程是不複雜的，民眾也可從此過程中再推論其他有關食品的管制值訂定。不過在與民眾談論過程中，發現民眾往往還有其他的疑問，特別是放射性元素隨著食品進入身體中總是令人有相當程度的擔憂，尤其銫-137 的半衰期長達 30 年之久，接下來我們試著再解釋這疑問。

約定有效劑量的時間觀點

雖然民眾了解到管制下合格農產品所致劑量不高，但是對於銫-137 的半衰期長達 30 年之久，這一點則大大的影響了民眾對放射性元素殘留體內的判斷與情緒。當然民眾不容易有**有效半衰期**的觀念，所以會有強烈的反面情緒，這點需要保健物理人員與民眾溝通說明時強調清楚。如圖二所示，ICRP 111 報告提供銫-137 進入人體後的排出情況，可以看到一次攝入 1000 貝克，過了約

100 天後，銫-137 的活度大概只剩下原來的一半約 500 貝克，這代表銫-137 進入人體後的**有效半衰期**大約為 100 天，這和民眾印象中的 30 年相差多遠啊！

從劑量轉換因數 $h(g)$ 來看(成年人的數值為 0.013×10^{-6} (Sv/Bq))，成年人一天喝 2 公升的水，若每公升的飲水中銫-137 的含量為 10 貝克，則共攝入 20 貝克，此成年人會受到 0.26×10^{-6} Sv (相當於 0.26 微西弗)的體內曝露劑量。這個劑量的數值容易算，但是意義卻不容易懂，也因此造成許多民眾的誤解。我們利用圖二來了解體內曝露劑量的意義：單次攝入放射性核種的體內曝露劑量率的變化情況和圖二排除曲線一樣，而體內曝露值 0.26 微西弗就類似排除曲線下所圍的面積。關鍵是這所圍面積的橫軸時間要取多久呢？目前就成年人而言是取 50 年，所以劑量轉換係數推算所得的劑量值已經考慮了長時間體內累積的影響。評估食品攝入體內所造成的體內曝露劑量，

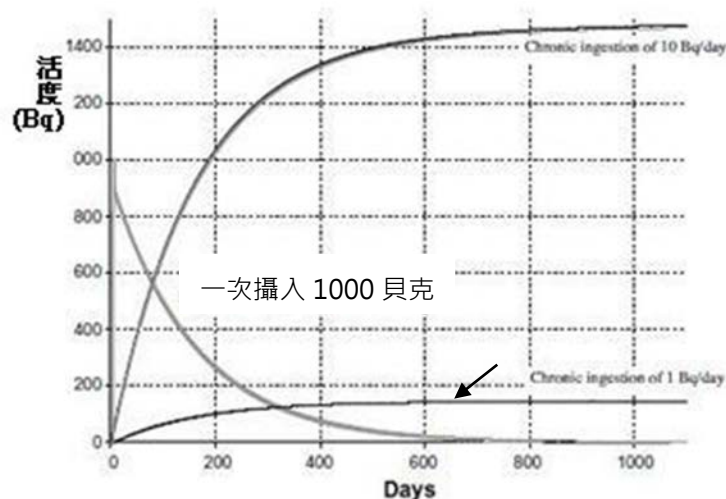


圖 2 銫-137 一次攝入 1000 貝克排除，與每天攝入 1 貝克和 10 貝克累積
(資料來源：ICRP111 報告 Fig. 2.2)

保健物理採用**約定有效劑量**，而約定這二個字就是代表長時間的累積。對成年人而言，約定代表累積 50 年，對兒童則採用更久的時間，累積到 70 歲。體外曝露就是當下的曝露，但是體內曝露則是考慮攝入後在體內累積 50 年(或到 70 歲)的保守值，希望民眾能明確瞭解這一差異。

個人的感想

針對食鹽中含高量的天然鉀-40 與日本福島核災區放射性污染食品進口議題，如何解答民眾心中疑問以降低疑慮，是值得主管機關與輻射防護界一起來努力的。但是努力的目標並不是要民眾接受某一種價值或是某一種作法，而是努力的讓民眾得到正確的知識，並試著讓民眾自己來判斷並決定個人的作法。當筆者可以與民眾清楚說明與溝通的情況下，許多民眾都願意想一想並顯現出正面的看法，但是很可惜的是面對絕大部分的國人時，總少了一個心平氣和的平台，來好好的與民眾針對這類較有爭議性的議題進行說明與溝通，不然一定可以少掉許多不必要的衝突且可回歸理性，讓專業與事實可以有清楚的呈現，也讓國人不必在時時恐懼輻射的心理下生

市售食用鹽放射性含量分析結果

取樣日期:106.09.21~22

試樣名稱	產地	活度(貝克/千克)			
		鉀40*	碘131	銫134	銫137
1.原料-氯化鉀	大陸地區	17760	—	—	—
2.原料-碘酸鉀	印度	5226	—	—	—
3.原料-氯化鈉	台灣	59.3	—	—	—
4.台鹽-健康減鈉鹽	台灣	7855	—	—	—
5.台鹽-健康超鮮鹽	台灣	4825	—	—	—
6.台鹽-健康美味鹽	台灣	4822	—	—	—
7.如意精鹽	台灣	—	—	—	—
8.複方料理鹽	台灣	207	—	—	—
9.原味料理鹽	台灣	100	—	—	—
10.澳洲進口天然鹽	澳洲	—	—	—	—
11.日本海水 低鈉鹽	日本	8879	—	—	—
12.味之素 低鈉食鹽	日本	8991	—	—	—
13.地中海天然細海鹽	西班牙	—	—	—	—
14.澳洲天然湖鹽	澳洲	—	—	—	—
15.A. Ta 沙漠湖鹽	智利	7385	—	—	—
16.以色列紅海鹽	以色列	—	—	—	—

備註：檢測單位 核能研究所、輻射偵測中心

資料來源：原子能委員會

(<http://www.aec.gov.tw/newsdetail/headline/3809.html>)

輻射防護協會 輻射防護訓練課程

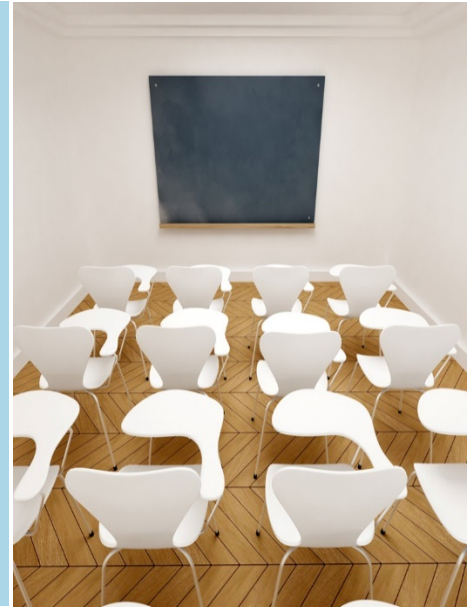
為協助民間提昇專業知識與技術，本協會敦聘國內、外相關單位的學者專家擔任授課教師，舉辦各種研習課程。

目前共有：

- 證照取得訓練
 - ✓ 操作人員資格
 - ✓ 輻防人員資格
 - ✓ 鋼鐵建材輻射偵檢人員資格
- 委辦訓練
- 換照積分（領有輻射安全證書及輻射防護人員認可證者）
- 三小時年度訓練（已受過 18 小時訓練者）

有興趣的朋友請蒞臨[本會網站進一步了解](#)。

訓練班開課時間



放射性物質或可發生游離輻射設備 操作人員研習班

A 組 36 小時許可類設備	107 年 A1	01 月 16 日 ~ 23 日	高雄 文化大學推廣部
	107 年 A2	01 月 23 日 ~ 30 日	新竹 帝國經貿大樓
B 組 18 小時登記備查類設備	B18	10 月 25 日 ~ 27 日	高雄 文化大學推廣部
	B19	11 月 08 日 ~ 10 日	台中 文化大學推廣部
	B20	11 月 22 日 ~ 24 日	新竹 帝國經貿大樓
	B21	11 月 28 日 ~ 30 日	台北 建國大樓
	B22	12 月 26 日 ~ 28 日	高雄 文化大學推廣部
	107 年 B1	01 月 09 日 ~ 11 日	台中 文化大學推廣部
	107 年 B2	02 月 06 日 ~ 08 日	台北 建國大樓
	107 年 B3	02 月 21 日 ~ 23 日	新竹 帝國經貿大樓
	107 年 B4	03 月 07 日 ~ 09 日	高雄 文化大學推廣部
	107 年 B5	03 月 21 日 ~ 23 日	台中 文化大學推廣部
107 年 B6	04 月 11 日 ~ 13 日	台北 建國大樓	
107 年 B7	04 月 25 日 ~ 27 日	新竹 帝國經貿大樓	

輻射防護專業人員訓練班

輻防師 144 小時、輻防員 108 小時

／新竹帝國經貿大樓

員 32 期	第一階段	12 月 11 日～ 15 日
	第二階段	12 月 18 日～ 22 日
	第三階段	107 年 01 月 02 日～ 05 日
	第四階段	107 年 01 月 08 日～ 12 日

進階 21 期	21 - 1	107 年 08 月 15 日～ 17 日
	21 - 2	107 年 08 月 20 日～ 22 日

輻射防護繼續教育訓練班*

三小時	11 月 03 日	新竹
	11 月 14 日	台北
	11 月 21 日	台中
	12 月 07 日	高雄
	107 年 03 月 13 日	台北
	107 年 03 月 16 日	新竹
六小時	10 月 19 日	高雄
	12 月 01 日	新竹

鋼鐵建材輻射偵檢人員訓練班*

鋼	10 月 26 日～ 27 日	高雄
	11 月 16 日～ 17 日	新竹 帝國經貿大樓

上課地點

台北	建國大樓	台北市館前路 28 號
新竹	帝國經貿大樓	新竹市光復路二段 295 號 20 樓
台中	文化大學推廣部	台中市西屯區台灣大道三段 658 號
高雄	國立科學工藝博物館-南館	高雄市三民區九如一路 797 號
	文化大學推廣部 高雄教育中心	高雄市前金區中正四路 215 號 3 樓

* 上課地點如果僅註明區域，但是沒有詳細地點，將依照當期報名人數來決定適當地點。屆時會再通知已報名的學員。

訓練班簡章可至[本會網站查詢](#)。

課程安排問題，請聯絡本會
電話 (03) 572-2224

分機 300 林珽汶（專業人員）

313 李貞君（繼續教育）

315 邱靜宜（鋼鐵建材、
放射物質與游離輻射設備）

傳真 (03) 572-2521

輻防新聞廣場

這裡有您最關心的證照考試資訊、國內產官學界最新消息、以及近日全球輻防新聞



最新證照考試日期與榜單

行政院原子能委員會 106 年第 2 次輻射防護及操作人員測驗

報名期間：民國 106 年 8 月 14 日起至 8 月 28 日截止。

測驗日期：民國 106 年 10 月 28 日(星期六) 下午 1 時 30 分起。

測驗地點：

台北試區 - 考試院國家考場(台北市文山區木柵路 1 段 72 號)

高雄試區 - 高雄市立三民高級家事商業職業學校(高雄市左營區裕誠路 1102 號) ([相關網址](#))

國內訊息

低鈉鹽含天然放射性核種之說明

有關市售低鈉鹽含大量天然放射性核種鉀-40 乙事，原能會回應說明如下：

原能會為確保國人的輻射安全，由所屬輻射偵測中心不定期對市售商品進行取樣分析，並將分析結果每半年對外公布。9 月上旬本會曾對市售 18 種食用鹽進行取樣分析，分析結果顯示其中以健康減鈉鹽所含天然放射性核種鉀-40 約 8,860 貝克/公斤最高。

鉀-40 是一種天然的放射性核種，廣泛存在於各農漁產品食物中，人體中也有一定數量的鉀-40，根據國際文獻資料顯示，正常成年人體內約有 3,700 貝克。國際間對於自然界中原本就存在的天然放射性核種，多採不予管制的立場，目前國際間亦未訂定食品中所含天然放射性核種之管制標準。

原能會進一步評估結果，若民眾全年食用前述分析最高的食鹽，造成的輻射劑量影響約為 0.2 毫西弗，與搭乘飛機往返台北與紐約一趟所受宇宙輻射劑量相當。此外，根據國際原子能總署的報告 (IAEA-TECDOC-1788)，人體因攝食緣故會累積鉀-40，且因生理代謝功能，人體會自我調節保持一定比例之鉀濃度，以維持身體正常運作，人體本身所含鉀-40 每年對成人造成輻射劑量為 0.165 毫西弗，嬰兒則為 0.185 毫西弗。因此，若就輻射安全的觀點，食用健康減鈉鹽並無明顯的輻射影響，請國人放心。

原能會為管制含有天然放射性核種之消費性商品或建材的輻射安全，參考相關國際規範，訂定「天然放射性物質管理辦法」，其中針對所含鉀-40 之限值定為 10,000 貝克/公斤，但所規範對象不包括農漁產品及食品。未來如需進一步探討相關輻射議題，將跨部會共同處理。

因應北韓氫彈試爆，原能會輻射即時監控：均屬正常

針對北韓 9 月 3 日進行氫彈試爆，原能會已於第一時間啟動臺灣環境輻射緊急監控機制，目前各項監測結果顯示臺灣地區未測得輻射塵，請民眾安心，相關說明如下：

一、環境輻射即時監控：目前國內環境輻射監測值均在正常背景變動範圍內，無異常情形，氫彈試爆前後的監測結果均無顯著變動。

二、環境採樣監測：為確保國人安全，原能會輻射偵測中心已加強空氣採樣監測，將原先每週 1 次的監測頻率提高為每日 2 次，另台灣電力公司放射試驗室亦協助加強空氣採樣監測，最新取樣監測結果：均未測得人工放射性核種。

三、大氣擴散途徑預測：雖依預測結果，氫彈試爆數日後北韓上空的氣流會到達臺灣地區，但地下試爆產生的放射性核種多滯留於地層中，僅極微量可能隨大氣擴散，且臺灣地區迄今均未測得輻射異常情形，因此實際上對臺灣地區不會有影響。

四、國際輻射資訊蒐集：北韓鄰近國家中，南韓境內曾測得微量放射性氣體氫，南韓官方表示對民眾安全並無影響。其他國家，包括中國大陸與日本，及聯合國「全面禁止核試爆條約」組織（CTBTO）所公布之環境輻射監測結果與資訊，亦未有輻射異常現象。

五、鑒於北韓鄰近國家及臺灣地區迄今均未發現環境輻射異常現象，且中國大陸及日本分別於 9 月 10 日及 12 日宣布結束緊急監控機制，原能會於 9 月 17 日起回歸例行環境輻射監測。

原能會執行「2017 臺北世大運」輻射事件防範及應變作業

為了守護參與 2017 臺北世大運賽事觀眾與選手安全，原能會派遣「輻射應變技術隊」隊員，動用近 70 名輻射專業人員及各式輻射偵測儀器近百具、輻射偵測車 2 輛，於 8 月 18 日~30 日世大運期間執行輻射偵檢作業，包含：臺北體育園區及周邊道路背景輻射調查，全面實施開、閉幕日進場人員、車輛輻射偵檢，重要賽事場館及選手村周邊區域機動巡邏偵檢，以及賽事期間輻射意外或涉及放射性物質之事件應變，協助台北市政府確保世大運賽事順利圓滿進行。

新版-IMS GIOTTO IMAGE 3D 數位式乳房 X 光攝影儀輻射醫療曝露品質保證作業操作程序書及校驗紀錄表

「新版-IMS GIOTTO IMAGE 3D 數位式乳房 X 光攝影儀輻射醫療曝露品質保證作業操作程序書及校驗紀錄表」已公布於原能會網站，請點選[\(相關連結\)](#)即可下載瀏覽。

台灣地區核能設施環境輻射監測民國 106 年第 02 季報

本報告係 106 年 4 月 1 日至 6 月 30 日期間，輻射偵測中心執行臺灣地區核設施周圍環境輻射監測結果，包括核電廠、核能研究所與清華大學等研究用核設施、蘭嶼地區。監測類別有直接輻射、落塵、植物、環境水樣、農畜產物、海產物及沉積物等，本季共計分析 2095 件次，各項環境輻射監測及放射性含量分析結果皆小於環境試樣放射性分析預警措施之調查基準值，評估各核設施周圍民眾可能接受最大個人體外劑量小於每季 0.025 毫西弗，體內劑量小於每季 0.001 毫西弗，皆符合法規劑量限值。

輻射偵測中心抽驗消費市場國內、外食品檢測結果

輻射偵測中心 106 年 6~8 月至消費市場抽樣來自日本、法國、美國、韓國、挪威、泰國等國家進口之飲料、海產物罐頭及新鮮蔬果 75 件，以及國內農特產品 15 件進行檢測，檢測結果均符合法規規定，無輻射安全疑慮。

核事故緊急應變計畫的新建議

2015 年 12 月歐盟為提出對於核事故緊急應變計畫的改善建議，成立了 Shamisen 計畫。經過 18 月仔細審閱車諾比事故及福島事故等相關資料後，該計畫提出了 28 項建議。計畫指出，福島事故並未發生因輻射暴露而致死的案例，然而疏散行動卻造成超過 600 人提早死亡，其中多數人為年長者或病危的病人。

Shamisen 計畫所提出的建議與過去不同之處在於，其將經濟、社會動盪以及心理因素納入考量，並特別針對疏散行動提出建議。這些建議包括：應預先建立疏散計畫以及加強專業人員的訓練；事故發生時應建立專家與受影響民眾的溝通管道，並且提供飲食或何時返家的資訊。另外，Shamisen 計畫也建議提供適當的諮詢以避免民眾的焦慮，當社會穩定以及民眾了解足夠資訊時才可進行長期健康調查。

此計畫確保這些建議符合國際以及地方法規，因此各地皆可使用這些建議改善核事故緊急應變計畫的流程。

新聞來源 World Nuclear News 2017.09.07

南韓的核能故事

南韓大使在第 61 屆國際原子能總署(IAEA)會員大會表示：「核能提供韓國四十年來經濟成長的動能。」自從 1980 年代以來，已有 24 座核能機組被建造，而這提供了南韓三分之一的電力。雖然南韓有良好的核電廠運轉紀錄，但 2011 年的福島核事故以及 2016 年 9 月的慶州地震開始改變了大眾對於核電的立場。新任南韓總統文在寅在五月時以反核的立場接管政府。目前南韓政府的政策為，加強核電廠安全監督、確保電廠除役的安全，以及用過核燃料的管理。

由於核子及輻射技術為許多科學、科技與製造領域的根基，南韓並不想放棄這些技術。南韓大使表示核能可以持續的帶來創新，而韓國會持續的配合 IAEA 的行動。另外南韓規劃推廣輻射醫療應用(如核子醫學)以及在太空與海洋方面的輻射應用科技，以增進人民生活的福祉。

新聞來源 World Nuclear News 2017.09.27

福島行

2011年3月11日因為地震與海嘯伴隨而來的災害，造成福島核子事故的發生，很多人變得更加恐懼核能。2013年反核大遊行，「反核，不要再有下一個福島」的旗幟四處飄揚，福島登時成為核電很可怕的負面教材。但近年來接觸福島當地觀光及官方復興的資訊，傳遞出來的卻都是積極正向的訊息，隨處可見的反核旗反倒成為了一種「風評被害」。2014年在小畫佳人上發表了表達支持福島當地復興的看法，希望讓更多人知道「福島，我很好！」。歷經忙碌的研究所生涯告一段落，終於得空可以做些自己想做的事，第一件便想實際走訪福島，親自訪問當地居民是否有受到風評被害的情形，並探看當地的現況及復興的狀況。

9月14日飛機抵達成田機場，和翻譯兼導覽兼司機的小夥伴李暉強會合，緊接著坐夜間巴士一路從東京前往福島。一覺醒來巴士已過郡山，來到會津若松。15日，我們第一站訪問的地點是位於會津若松的學鳳高等學校（福島県立会津学鳳高等学校），主要想瞭解311東日本大地震引起福島核事故等一連串的事件對當地的影響，以及六年之後福島的復興狀況。

老師們準備了很多資料與照片向我們說明該地區遭受地震的情況，天花板及窗框皆零零散散掉落在地上，可見當時地震規模之大，但因會津若松離海岸相當遙遠，並沒有受到海嘯破壞。我們隨



溫泉旅館正門擺放的飾品，旗子上寫著「福滿開，福的島」，說明著「福島」的涵意。

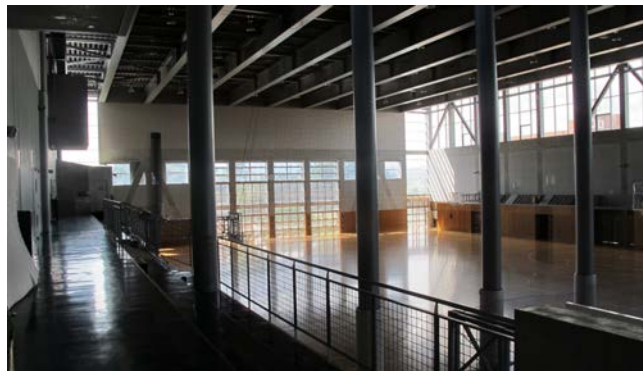
著老師的引導參觀了當時沿海地區撤退居民們使用的體育館，附近還有類似組合屋的設備，但是現今大半住民已經離開該處。

因為借用學生的英語課進行訪問，就以練習英語的方式和他們溝通對談。我參加的小組很熱情的與我分享福島當地值得推薦的景點與食物，組長更積極的向我推薦他家水蜜桃真的很好吃，且非常認真的說明現在福島地區的水蜜桃檢測已經沒有問題了，要我一定要去嚐嚐。有個孩子提到福島事故剛發生的那段時間，因為規定在戶外的時間不能超過 120 分鐘，就連體育課都僅能在室內活動，大夥兒在室內憋壞了，一位同學更提起以前小孩子們的遊戲都是將紙箱當作衣服或做成機器人，但是經歷福島事件之後，大家都是將紙箱製作成福島第一核電廠，並且用紙箱模擬爆炸的情況，可見當地孩童受核電廠事故的影響之深。

匆匆告別了位在會津若松的學鳳高校，我們立即搭乘巴士到福島市的福島高校（福島県立福島高等学校），到的時候正巧參與了他們學校的演講活動，邀請《福島第一原発廃炉図鑑》共筆林智裕先生來演講，主題是：「子どもたちが福島に育ったことを幸せに感じられるように」（讓孩子們能為「在福島長大這件事」感到幸福）。從輻射不會傳染，談論福島地區所遭受到



福島高校訪談後合影，中間的正是演講者林智裕先生。



曾經作為沿海地區撤退居民們使用的體育館。



訪問會津若松的學鳳高等學校科學班時的合照，他們還做了超可愛的歡迎海報。

風評迫害的問題，以及一些謠言破解。會後招集參與的學生們以及講者有個簡單的訪談，位在福島市的福島高校並沒有受到海嘯的波及，但或多或少生活上還是遇到不少風評被害的情況。另外，各地頂尖大學也不時發生對來自福島地區的學生風評被害的行為，這讓當地人感到很受傷。

告別福島高校後，我們搭乘列車前往飯坂溫泉站入住今晚的落腳處—伊勢屋溫泉旅館。在旅館附近，進行了此行的第一次輻射量測。測量平均值約落在 0.085 微西弗/時，和在台灣的自然背景值相差不大。在居酒屋閒聊時因為說的是中文，一直頻頻被附近的客人關注，可想見在福島地區，鮮少有外國人到訪。

伊勢屋溫泉旅館附近輻射劑量：0.085
微西弗/時

16日一早我們租車從福島市出發，先走一段蜿蜒的山路到相馬市，一進入往相馬市的公路上便看到有一巨型看板，斗大的字體寫著：「鄉土之愛，福島我們會加油的！」，沿著海濱沿路許多地點都有「津波浸水區域」告示牌，這些地區在海嘯來襲時，都是浸水區，雖然目前開放地區都已經整建得看不出災情，但仍能從無法開放的濱海路段明白海嘯的傷害，直到六年多的今日還有許多地區路段全毀無法通行。



告示牌上寫著「津波浸水區間」，表示此區在 2011 年 3 月 11 日海嘯發生時，遭受到災害波及。

在福島高校訪談時，有位陪伴我們的葉子妹妹，家就住在小高區，小高車站旁有一座陸橋過去都是浸水區，她說許多朋友跟師長都隨著海嘯離開了，她家還算幸運，海嘯停止於跟前。2016 年 7 月小高解除避難命令，他們現在已經返回小高居住，且小高地區的復興狀況還不錯，她說約有兩成已經回去定居。我們在小高地區測得的平均劑量約莫是 0.080 微西弗/時，小高車站前官方的檢測儀器則顯示 0.126 微西弗/時。



小高地區：
平均約 0.080 微西弗/時
小高車站前(日本官方)：
0.126 微西弗/時

目前離福島電廠最近的開放地區是 2017 年 4 月 1 日零時解除「歸還困難區域」避難指示的浪江町。浪江地區的 Lawson 役場前店只開到晚上 6 點，看樣子附近住戶還沒有很多。往西走，接近國道 114 線上管制區域還開設了另一家營業到晚上 8 點的浪江下加倉店，這家店被視為該地復興的重要指標。此時國道 114 線還不能走，(非常巧的在我們離開後兩天(9 月 20 日) 開放)，要繞去相馬才能回到福島市區。

我們在浪江車站測到的輻射劑量相對高一些，平均約為 0.126 微西弗/時，比國內輻射偵測中心設在阿里山的監測站所測得約 0.1 微西弗/時略高。根據輻射偵測中心的說法，小於 0.2 微西弗/時可視為一般背景輻射範圍。而浪江車站內官方顯示則為 0.349 微西弗/時，為什麼和我們的測量值差這麼多？這點可能得要問問專家了。

浪江車站：
平均約 0.126 微西弗/時
浪江車站(日本官方)：
0.349 微西弗/時

浪江車站的站務員告訴我們：鐵路的部分預計 2 年內可以全線開通，濱海的國道 6 號則已於 2014 年 9 月 15 日全線開通。要走濱海從浪江(是目前北方開到離福島第一核電廠最近的町)經過福島第一核電廠與第二核電廠後，抵達龍田(南方開到離福島第一核電廠最近的站)可以選擇坐交通車經國道 6 號。雖說公路已經進行仔細的除污作業，但看板上仍明文規定騎二輪的跟路人不可經過 6 號公路，只有鐵包人的公車、汽車、工程車之類的可以，並進一步的呼籲：「通行時為了避免不必要的曝露，務必將車窗緊閉並將空調設為內循環。」。



國道 6 號沿路都有告示牌明文寫著：兩輪的跟步行的皆不可通行。

16 日主要是從福島市橫向走相馬，然後由北向南朝電廠方向前行，有趣的是有多處放著警告注意野生動物出沒的告示牌（上頭畫著一隻野豬）。當時懷著冒險的心思想走國道 6 號到目前未開放的雙葉町看看，一路上約莫落在 0.146 微西弗左右，稍微偏高。相對當日我們在福島車站外測量的平均值大約只有 0.052 微西弗/時，郡山市的數值也差不多落在 0.05 至 0.06 微西弗/時之間，福島車站的數值出乎我們意料外的低。

17 日，主要的行程是去看 2016 年（平成 28 年）3 月落成的「コミュタン福島」，該館的展示以福島地區 311 事件發生始末為主軸，從地震、海嘯到核電廠事故都有非常詳盡的說明，另外也針對輻射防護與除汙作業做有系統地介紹。由於是全新的展館，設備新穎，有球狀投影空間，各項說明影片跟設施皆做得細緻精美，且全程免費，十分推薦到福島一定要去參觀。

約莫六點之後天色漸暗，我們回到國道 6 號前往福島第二核電廠至福島第一核電廠的路上，從常磐一路向北，經過富岡車站（富岡駅），富岡車站目前仍是暫停營業的狀態，公告上預計 2017 年 10 月 21 日會通車。我們特地繞路順著舊指標過去，遠遠看車站燈火通明，但車站前的要道早已封死，我們只好繞回主要幹道繼續一路向

北。

才剛過富岡町，隨身攜帶的偵檢器以每時 0.5 微西弗為一短聲、1 微西弗為一長聲的情況，整路沒有停止的嗶嗶響著。我與同行的夥伴看著偵檢儀器的數值高速的擺動，並隨著與電廠的距離越近越頻繁的拉長音，我們不禁交換了個眼神並笑著說：「這下，連我們都要害怕起來了。」

經過福島第一核電廠時，只見右側黑壓壓的樹叢過去一片光亮，似乎在晚上七八點仍有作業持續進行中，我們以 Google Map 的地圖量尺為基準，走國道 6 號離福島第一核電廠最近的距離大約是 2.2 公里。雖然整條國道 6 號是經過仔細除汙才開放的，但在這段路上最高測到的劑量仍高達 2.75 微西弗/時。假設現在定居於此處，很有可能一年所接受到的劑量會超過輻射工作人員的年劑量限值（20 毫西弗）。因此電廠附近的

福島市-相馬國道 6 號沿路：
 約 0.146 微西弗/時
 福島車站：
 平均約 0.052 微西弗/時
 郡山市：
 ~ 0.05-0.06 微西弗/時
 國道 6 號(近福島第一核電廠)沿路：
 最高 2.75 微西弗/時

住宅完全封鎖，只見家家戶戶的大門外都放有尖刺拒馬，主要的幾個路段還有警車巡邏或警方站崗，似也同時防止可疑人士與宵小進入。有些住屋還保持著原先的形貌，有些卻很明顯地看得出來經過地震海嘯的摧殘，屋舍明顯的坍塌破碎，甚至有些連房屋的柱子與門窗都已不見完整的形貌，似有強大外力襲擊過，在幾乎沒有車輛的夜晚行經此處倒有幾分說不出的恐怖。

18 日，我們到了位於茨城縣的東海村，參觀原子力科學館，而這又是另外一個故事了。

後記

直至今日電廠周圍仍有不少區域受到管制，儘管經過除汙，在 6 號公路上偵測到有些路段的輻射值仍是偏高的，但基本上已開放地區都在自然背景範圍。實際走訪發覺他們真的十分努力復興，所有開放地區幾乎見不到當年災害的痕跡，「津波浸水區間」成了象徵性的告示。在福島沿海地區四處閒逛之時，也覺得不可思議，這真的是反核人士口中那個「福島」嗎？別說是寸草不生，根本草木蒼翠繁盛，甚至有路牌標示「小心野生動物出沒」。在南相馬地區休息站買名產時，店員一知道我來自臺灣，立即 90 度鞠躬向我們道謝，感謝我們 311 時的捐助，回想起國內滿街飄揚風評被害福島的反核旗，感到相當慚愧。我們真的對得起他們這樣誠摯的感謝嗎？當地訪談遇見的人們皆積極的希望大眾知道「福島很好」，說起福島特色風情總滔滔不絕，從他們的眼中見到對家園的那份愛，傳達出對未來希望的正向能量，令人動容。

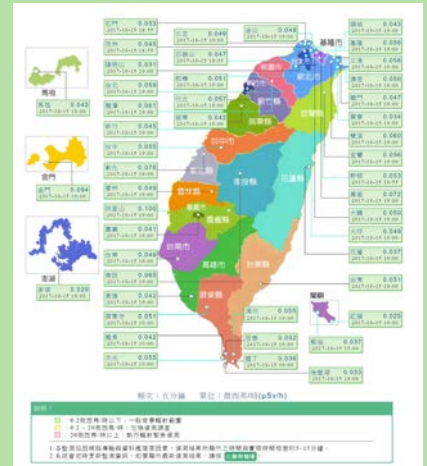
福島，我很好，拒絕風評被害！

福島は元気です，風評被害をみんなで吹き飛ばそう！

最末感謝這一路上辛苦擔當全程口譯的夥伴暉強，他還同時兼任導覽與司機，並負責所有需要日文時的協助角色，沒有他便沒能有這樣順利的福島行，千言萬語難以道盡我對他的感謝。另外，非常感謝葉宗洸教授為我們連繫福島高校及學鳳高校的老師，讓我們能有這樣難得的機會訪問當地師生，也感謝核四廠王廠長給予許多建議。最後，感謝輻射防護協會借儀器讓我們完成此次的旅程。

國內環境輻射即時監測資訊

http://www.aec.gov.tw/gamma_detect.html



福島行相關資訊

1. 福島線道通行情報
<http://www.pref.fukushima.jp/douro/kisei/kisei-list.htm>
2. 福島 114 號公路開通新聞
<http://www.minyu-net.com/news/news/FM20170920-205447.php>
3. 福島民報東日本大震災國道 6 號相關新聞
http://www.minpo.jp/pub/topics/jishin2011/2014/09/post_10676.html

介紹一個歡迎核廢料的社區： 美國德州安德魯斯郡



安德魯斯的成功足以引人深思，是甚麼原因促使安德魯斯的民眾對核廢料有如此與眾不同的態度？甚麼條件和因素促使安德魯斯在核廢料處理上取得如此與眾不同的成果？

前言

正當國內對於蘭嶼貯存場的存廢及未來最終處置場選址的問題討論得沸沸揚揚，莫衷一是的當前，筆者要在此介紹在近年反核爭議聲浪中一個獨樹一格的美國德州小社區。它不僅張開雙臂歡迎核廢料，更成功地在郡內興建美國近幾十年來第一座完整的民營低階核廢料最終處置場，並且在 2012 正式開張營運，為美國紓解多年來未能解決核廢料出處的社會難題。

安德魯斯從一個名不見經傳的德州小社區經過不斷地發展而終於晉身為美國近代核廢料處理工業上的先驅實在難能可貴。該區不僅在低階核廢料上作了長足的貢獻，目前也積極計畫向高階核廢料的處理上邁進。相對一般社區對於核廢料有著極度恐慌與拒絕排斥的心 (所謂 “非我家後院” 的心理; 也就是 **Not In My Backyard, NIMBY**)，安德魯斯卻是反其道而行，竭誠歡迎核廢料的蒞臨，並盡力促成這項新企業有個永續發展的未來。這在核能史上堪稱異數，也更令人匪夷所思！

作者

陳士友 博士

NCRP 科學委員會 SC5-1 (大型核子或輻射事故後期復原階段的決策) 主席、美國伊利諾理工學院
Director of Professional Health
Physics Program

安德魯斯鎮的成功足以引人深思，然而更重要的是如何去解讀如下的一系列的問題：是甚麼原因促使安德魯斯社區的民眾對核廢料有如此與眾不同的態度？在甚麼條件和因素下促使安德魯斯在核廢料處理上取得如此與眾不同的成果？筆者深深期許能藉著這個機會跟國內同仁們相互切磋或許能開拓一頁嶄新的新思維。

低階核廢料在美國遭遇的困境

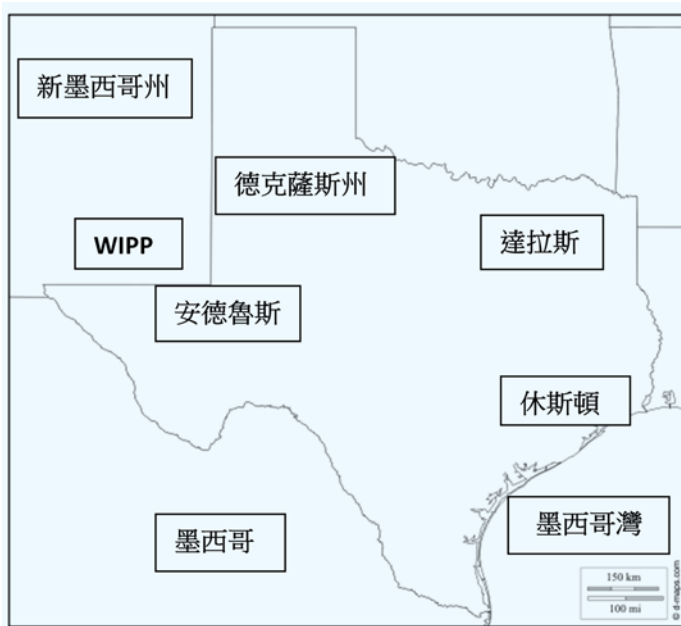
原子能對人類最大的貢獻起源於美國艾森豪總統在 1953 年聯合國總會上宣讀 “ 原子能的和平用途 ” 文告後正式進入歷史的一個新里程。如今原子能在日新月異的科技發展中為人類帶來無限的福祉，其中遍及能源、研發、醫學、藥學、農業、礦業及各項工業的應用等等。隨著原子科技的發展，核廢料的處理及其最終處置的種種問題也隨著時間而浮上檯面，成為社會上一項嚴峻的挑戰。

美國近幾十年來一直無法對低階核廢料最終處置的能力提供充足的保證，但隨著與日俱增的廢料來源(尤其是近年來增加了核能電廠除役所帶來的大量廢料)，使得整個國家在廢料的處置能力上相對吃緊。針對這個問題，美國國會於 1980 年立法 (也就是低階核廢料法案, Low-Level Radioactive Waste Act)，規定各州政府互相合作成立所謂的 “ 聯盟州 ” (Compact States) 並促使各聯盟內建立及擁有自己的低階核廢料最終處置的能力。然而經過了幾年後各聯盟州都遭遇到不同的阻力而宣告失敗。雖然國會又在 1985 年通過了低階核廢料增訂法案也無法挽回頹勢，而此一法案的全面實施日程也因此被無限期擱置。對當前面臨的窘境，積極物色及建造新的低階核廢料最終處置場成了一項刻不容緩的使命。

安德魯斯的背景及前景

美國德州安德魯斯郡位於德克薩斯州偏遠的西北邊並緊鄰西角的新墨西哥州 (見圖一)，本來是個名不見經傳的小地方。全郡人口稀少總共也不過是一萬二千人左右，居民大都是在當地石油公司工作的藍領階級。

該地區天候乾旱、土地貧瘠、不適合農作，然而卻得天獨厚蘊藏了豐富的石油資源。因此大部份的工業及人力都投入在石油的開發與生產上。照理說一般人民的生活至少應該是過得去才是，然而近年來隨著國際石油價格劇烈的波動，使得該區域內的經濟及大部分屬於藍領階級的居民生活水平也跟著上下變動，因此對未來產生了極大的不安全感。當地有識之士在 1970 年後就針對該地區的前途，積極的尋覓一條比較可行而且穩定的出路。(筆者按：該區的石油業並沒有真正的回饋於當地，大亨們大多還是聚集在數百里外的公司總部，諸如在達拉斯或休斯頓市。)



圖一 德州安德魯斯及其週邊示意圖

多年來過度倚賴石油工業，使得該區環境長期承受因油礦的探測及開採而造成千瘡百孔、滿目瘡痍的面目，人們平日還得忍受空氣中隨時飄來的有毒硫磺化物。這些惡劣的條件，使得當地在傳統企業上更難有任何突破性的發展。

在這氛圍之下，該地的發展自然就必要跳脫傳統的思維，而地方上有識之士在數十年的不斷嘗試下，縱然沒有顯著的成果卻也讓人們留下了深刻的印象。這一系列的努力就赫然包括了一些美國國家級的計畫：例如高階核廢料貯存場（美國國會在 1987 年指定內華達州的尤佳山 Yucca Mountain 為高階核廢料貯存場址，此場址已在 2010 年被歐巴馬政府廢止）；當時最先進的超導體超級對撞機計畫（Superconducting Super Collider，此一計畫後來被國會取消）；其他沒有成功的計畫還包括一個大型的監獄、及早期的低階核廢料貯存場（這貯存場和目前的計畫無關）。

德州本身面臨的挑戰及契機

德州州內有四部核能機組，除了核電廠以外也還有來自醫院及各研究單位的核廢料，因此州內每年會有不少的低階核廢料急需處理。1980 年代初期，為因應美國國會通過的低階核廢料法案，州政府開始研議設立核廢料處置及掩埋設施的可能性，德州州政府也因此在 1990 年著手研議長期處置低階核廢料的可行方案。

基於低階核廢料法案的要求，德州與佛蒙特州 (Vermont) 於 1993 年同意結為廢料聯盟州 (Compact States)。經雙方同意，德州在其州內建造一座低階核廢料最終處置場 (low-level waste disposal site)，並接受佛州產生的低階核廢料，包括該州內核電廠除役所產生的廢料。德州也就跟

著開始著手計畫低階核廢料處置場的興建。然而在啟動此計畫的當時，主辦當局對於核廢料處置的看法有所歧異，由於對自然環境的未知，尤其是地下水文高度的難測性，當局乃傾向於建立一座地上核廢料長期貯存設施 (above ground long-term storage facility) 而不是一座核廢料的“最終”處置場。由於此一主張基本上是違反了低階核廢料法立法的精神，因此不被接受。

下一個難題是：誰將擁有未來的核廢料掩埋場經營權 - 州政府或是私人企業？在這議題上分成正反兩派的意見：贊成政府經營的人認為只有在州政府的直接負責下才能長期對廢料掩埋場做出有效的管理，加上政府會受到人民直接的監督，所以核廢料的安全管理應該無虞；反對的人卻認為私人企業會比政府做出更有效的管理，因為美國目前所有的廢料掩埋場都由私人企業所擁有及管理。反對的人更指出州政府在之前類似的決策中有過一系列失敗的前科，而且由過去的經驗來看，私人企業無論在財務、技術和管理上都屬上乘，證明後者的可信度明顯較高。幾經辯論後，最後由私人企業勝出。然而即便如此，接下來的挑戰是：有沒有任何公司甘冒這麼大的風險，花一大筆錢去蓋一座低階核廢料掩埋場？

“廢料控制專家”的崛起

“廢料控制專家”公司 (Waste Control Specialists, WCS) 原本只是安德魯斯郡內一個名不見經傳的普通廢料公司，該公司成立於 1994 年，三年後(1997)就擁有初步的廢料經營執照（此執照是由德州政府核發的非核廢料執照），得以處理並貯存能源部的低階鈾礦殘餘廢料（此廢料在德州通常是被考慮為豁免管制，可掩埋在 WCS 的一般危險廢料掩埋場內）。直到 2009 年，WCS 才第

一次獲得德州政府正式核發核廢料處理的相關執照，這也開啟了該公司一個新的契機，爾後在核廢料的經營史上扮演了一個相當重要的角色。

多方的考量與折衷

核廢料的問題相當複雜，其中包括當地地理環境的適合性，尤其是地下水文的研究及了解；再者就是經濟的問題。如果要蓋一座廢料場的話錢從哪裡來？這一系列的問題都需要一一得到圓滿的解答。

政治上，德州州政府及州議會是最高的決策單位，其次當然就是安德魯斯的居民們。先前我們已經了解到安德魯斯民眾對該地區未來發展的強烈意願，以當地的氛圍而言，人們長期以來早已受夠了石油所造成的惡劣環境，對於在當地興建核廢料場一事也就相對積極，咸認為只要新的工業能替社區帶來繁榮就值得去爭取。

由於德州在聯邦法規的約束下，已經決定在其州內建一座低階核廢料場，接下來就是需要進行場址的選擇。場址的適合性在當時存在著很大的爭議，問題的癥結是關於地下水文的正確資訊。全世界最大的地下水源是位於美國中部平原的歐加拉拉大水源 (Ogallala Aquifer)，它跨越美國八大州，北自南達科塔州南部，南至德州北部(在此緊鄰安德魯斯郡)。此一地下水源總共提供了美國將近三分之一農地的灌溉，並且提供了美國中部平原百分之八十居民 (計兩百三十萬人) 的飲用水。由此之故，在考慮核廢料場址的適合性 (即是防止地下水的可能汙染) 上，主事者也不得不小心翼翼步步為營。

遠在 1987 年，德州低階核廢料主辦單位就初步認定安德魯斯為“不盡然” (marginal) 符合可適

性的區域，理由是該區發現有些許較淺的地下水，其結論是：“有些問題還有待更多的時間和金錢去確認”。雖然一般專家咸信該區極低的雨量，及其地下的特殊黏土層結構 (筆者按：該地區地下有著數百英尺的紅黏土層) 應該不至於對地下水造成任何的威脅。經過幾年的實地勘察與研究後，2003 年德州議會終於通過一項低階核廢料的折衷法案，並列舉一些重要的條件如下：

- 州政府得核發廢料掩埋場的執照，第一期為 35 年，將來可延期每期 10 年
- 州政府有強制徵地的權力
- 廢料掩埋必須先加防水層設施
- 任何場址的所在地區，其年雨量不得超過 20 釐米
- 限制廢料的來源僅於聯盟州
- 規定廢料場每季營收的百分之五得繳給當地縣政府，百分之十給州政府

以上所設的條件，無疑的對有備而來的廢料控制專家公司(WCS)是一大利多，該公司原先在安德魯斯郡內所擁有的土地完全能符合以上的規定，於是 WCS 就在 2004 年正式申請建造及營運低階核廢料掩埋場的執照，審核的過程卻是相當的曲折。德州環境審核委員會 (Texas Council of Environmental Quality) 初步認定 WCS 場址有地下水的存在，而駁回了執照的申請。然而 WCS 卻認為一些井內發現的地下水只是淺層的地下水 (perched water)，與眾所關心的歐加拉拉大水源毫無關連，因此也絕不會存著將來污染的可能性。經過數次的聽證後，審核委員會主委終於在 2008 年拍板決定核准 WCS 的執照申請，次年德州環境審核委員會正式核發德州史上的第一張低階核廢料掩埋場執照。此執照對場的規範為：總

廢料容積 2.31 百萬立方尺，廢料活度 3.89 百萬居里，並嚴禁接收由外國進口的廢料。

下一個問題是：所需的經費從哪裡來？雄心萬丈的 WCS 經營團隊早就有備而來。早在 1995 年，WCS 的經營權就已經被素有“廢料之王”之稱的銀行家及億萬富豪哈爾勒·席孟斯 (Harold Simmons; 1931-2013) 所掌握，席孟斯是個精明的生意人，專門以經營廢料起家，他的個人財力及政商關係發揮了不少影響力，同時也讓 WCS 在一系列的官司訴訟中始終立於不敗之地。

為了促成廢料場的興建，安德魯斯郡同時舉辦公民投票，通過發行七千五百萬美元的公債借貸予 WCS (值得一提的是投票結果僅僅以些微的票數 642—639 險勝)。在這有力的加持下，WCS 廢料場終於完工，並且在 2012 年正式開張營業接收核廢料 (圖二 WCS 廢料場)。一路走來，WCS 經歷一系列的苦戰，最後終於順利的走向了成功之路。

“環保團體的挫敗

環保團體參與安德魯斯核廢料場一事自然在

預料之中，這些團體中最負盛名的可能就是山嶺社 (Sierra Club) 了。山嶺社在近幾十年來在美國帶領反核運動幾乎是無役不與，而且戰無不勝，在環保團體中位居龍頭的地位。

然而山嶺社在安德魯斯之役卻意外踢到鐵板，而慘遭滑鐵盧。其中原因有二：1. 依它過去的一貫經驗，都是先安排當地的一些“受害者” (victims) 在訴訟中幫忙作證以討公道，由此建立其正當性，而在法律上能夠屢屢得勝。然而出乎預料之外，居然沒有安德魯斯的居民願意出面作證。在缺乏重要佐證之下，山嶺社的訴求就打了相當大的折扣。2. 安德魯斯的問題一向被視為單純的地方性問題，因而沒有廣泛的受到各環保團體的注重和奧援，以致山嶺社一路孤軍奮鬥，而終於遭遇少有的挫敗。

結語

安德魯斯核廢料的故事其實相當的錯綜複雜，本文只對一些重點作了大致的勾畫。筆者在最後的總結時要提出一個問題：安德魯斯這麼小的地方能夠為我們提供那些值得學習的地方？要



圖二 廢料控制專家公司 (WCS) 在安德魯斯郡的低階核廢料掩埋場
(取自 WCS 公司網站 (<http://www.wcstexas.com/>))

特別聲明的是安德魯斯的成功只是一個特例，這個案例可供我們參考，但不是個一成不變的公式。因為每個地方的情況各有不同，能走的路也不盡然相同。雖然如此，我們也不難從安德魯斯的案例歸納出一些成功的通則，筆者依個人觀察整理出以下幾個重點：

1. 決策的方式：遵循民主的過程是必然的方向。

安德魯斯在低階廢料上的作為始終是一個“由下而上”的決策過程，一反過往威權式“由上而下”的決策過程。過去人民常常被迫接受一些專制性的決策，而發生強烈的反彈。近年來積極提倡建立以同意協商為基礎的公共政策 (consent-based public policy)。安德魯斯的經驗告訴我們，未來的公共政策至少應該建立在同意協商的基礎上才會得到人民的信賴與認同，從而增加成功的可能性。

2. 當地人民的支持：一個成功的政策必得仰賴當地的支持。

沒有當地的支持不會有正當性，反而只會製造對立，日後雖可能經由轉型正義得到糾正，然而社會最後要付出的代價恐怕是所費不貲。

3. 場址的適合性：必須具有得天獨厚的適合條件。

安德魯斯位於德州西北方，該地氣候乾旱，年雨量低，又加上地底下有很深的黏土層，因而相當適合進行低階核廢料長期的掩埋處理。任何場址的選擇都必須先考慮到該地區的適合性，並附帶可信的科學佐證。其他條件如人口稀少等等固然重要，然而如果沒有足夠的可適性，即使是無人島也不見得是個好的選擇 (即便是無人居住的地方也不見得就對環境無害)。

4. 業者的意願及支持：WCS 公司自始就秉持著強烈的經營意願。

WCS 身為核廢料的業者，其經營意願及商業眼光，加上鍥而不捨棄的努力，終於

能在逆境中建造第一座美國低階核廢料法案下的成功案例。企業界可以成為公共政策成功的背後推力，他們的參與有助於計畫的推動與執行。

5. 決策當局的態度：政府及決策當局須作出合理的決策並適時修正。

德州政府及州議會在安德魯斯的重要決策上作出適當的調解與讓步，諸如允許私人企業擁有及經營核廢料設施、容許接納來自聯盟州以外的廢料等等，這些都是促使了最後成功的因素。(反之，政府單位的強勢主導常常都會得到適得其反的效果。)

6. 利益共享、回饋社區：基於“多贏”的考量 (“Win-Win” Strategy)，才会有成功的政策。

以安德魯斯而言，其結果讓各方都成了大贏家。對德州當局而言，基於聯盟州的義務必須在其州內建一座低階廢料掩埋場，它做到了。對安德魯斯郡而言，該郡正為未來積極尋出路之際，核廢料場的成立，讓人民預見了在當地建立一個永續工業的前景。對正在崛起的 WCS 公司而言，藉此案成功地擴展其未來的業務。對全美的核子工業而言，更是因新建的核廢料場，獲得了壓力的紓解。制定出一個各取所需的多贏政策，是眾人期盼的結果。最後值得一提的是，安德魯斯郡在 2013 年第二季後已經依約從 WCS 收到總共 500 萬美金的回饋金，該公司也同時成為安德魯斯社區的一個長程可靠的合作對象。

核廢料的問題是社會必須面對的問題，我們必須正視它，並尋求長遠的解決之道。在這過程中，必須謹記著加強與民眾溝通協商。在社會反核的氛圍下，我們必須切記核廢料決不全然是由核能應用而產生的。如今原子能科技在非核能方面的發展已是日新月異，而且與我們的日常生活息息相關。因此，我們對“非核家園”一詞必須有

著廣義的認知及正確的態度，尤其不能忽略國家長遠的核廢料計畫並不會因為核電廠的除役而中止。相反的，將來隨著核一、二、三廠的除役，大量的低階核廢料將會隨之湧入（一座電廠除役後可能會產生 1-2 萬立方米的低階核廢料，總共的體積大約為一到二米高的足球場大，或是幾萬桶的廢料），這在短期內會加劇廢料存放的危機。所以，處理核廢料的努力絕對不能因為非核家園的政策而中止，加上核廢料問題有著政策上的急迫性，因此應該從現在就開始擬定短程和長程的計畫。這時我們就需要撇開感性的訴求，而代之以理性的思考。

目前全世界在核廢料的處理上已經有著長足的發展和成就，美國安德魯斯就代表了最近成功的例子。事實上我們的近鄰韓國與日本就是很好的榜樣，兩國在低階核廢料的處理上已經取得顯著的成果。更令人振奮的是芬蘭在高階核廢料(用過核燃料)的長期處置及掩埋的技術上，已經有了相當的進展，如果沒有意外的話，他們在歐契魯歐多(Olkiluoto)島的地下構築，將成為全世界高階核廢料長期處置的首例。筆者將來也會嘗試一一介紹和諸位分享。

後記

從今年年初開始撰寫本文之後，美國國內發生了一些和 WCS 有關的幾件重要的事項，茲略述如下：

- 2015 年 11 月初美國能源解決公司 (Energy Solutions) 與 WCS 簽約，用將近 3 億美元的價格併購 WCS，這項併購案被當時歐巴馬政府以違反托拉斯法為由提告阻止。
- WCS 在 2017 年 4 月向美國核管部撤回用過核燃料中長期集中貯存場的執照申請，主要原因是資金的短缺（另一方面也在等待能源解決公司併購官司的裁決）。
- 2017 年 4 月聯邦法院正式判決能源解決公司敗訴，WCS 終於宣告此併購交易的終結，這項裁決並不影響 WCS 目前在低階核廢料上的經營。

由此可見，核廢料將來在企業的整合下有可能可以有更進一步的發展，同時高階核廢料的進展可能也為期不遠，那就讓我們拭目以待了。

參考文獻

1. Newman, Andrew and Garry Nagtzaam, Decision-making and Radioactive Waste Disposal. Earthscan from Routeledge, Routeledge, London and New York (2016).
2. Wilder, F., "Waste Texas," Texas Observer (6 March, 2009).
(<https://www.texasobserver.org/2978-waste-texas-why-andrews-county-is-so-eager-to-get-dumped-on/>)
3. Harkinson, Josh, "Harold Simmon' s Texas-Sized Plan for Nuclear Waste," Mother Jones (29 March,2011).
(<http://www.motherjones.com/environment/2011/03/texas-nuclear-waste-dump/>)
4. Kauffman, Sam, "WCS Is Expecting Waste By April," Andrews County News (4 March, 2012).
(<http://www.wcstexas.com/pdfs/articles/Andrews%20County%20News%206.30.2013.pdf>)
5. McGrath, Richard and, Richard Reid, Symposium on Recycling of Metals Arising from Operation and Decommissioning of Nuclear Facilities Studsvik Facility Nyköping, Sweden (April 8-10, 2014).
6. Kauffman, Sam, "Most Recent WCS Payment Increases Revenue from Disposal Facility Project to About 5 Million for County," Andrews County News (30 June 2013).
(<http://www.wcstexas.com/pdfs/articles/Andrews%20County%20News%206.30.2013.pdf>)
7. Deng, Julia, "Andrews County Considering Proposal to Store 'High-Level Nuclear Waste," Newswest.com (1 December, 2014).
(http://www.wcstexas.com/wp-content/uploads/2015/04/Dec_1_14_News_9.pdf)
8. VALJI, Inc., "VALHI Agrees to Sell Waste Control Specialists, LLC" Press Release (19 November, 2015).
(<http://www.wcstexas.com/wpcontent/uploads/2015/11/Valhi-to-Sell-WCS.pdf>)
9. Fountain, Henry, "On Nuclear Waste, Finland Shows U.S. How It Can Be Done," New York Times (9 June 2017).
(<https://www.nytimes.com/2017/06/09/science/nuclear-reactor-waste-finland.html>)
10. Blue Ribbon Commission on America' s Nuclear Future, A Report to the Secretary of Energy.(January 2012).
(https://energy.gov/sites/prod/files/2013/04/f0/brc_finalreport_jan2012.pdf)
11. An Integrated Waste Management System and Consent Based Approach to Siting, Consent Based Siting Initiative Kick Off Meeting, Renaissance Washington, D.C. Downtown Hotel (January 20, 2016).
(<https://www.energy.gov/sites/prod/files/2016/02/f29/Consent-Based%20Siting%20Initiative%20Kickoff%20Meeting%20Written%20Record.pdf>)