

# 訪問法國 AREVA La Hague 用過核燃料再處理廠心得報告

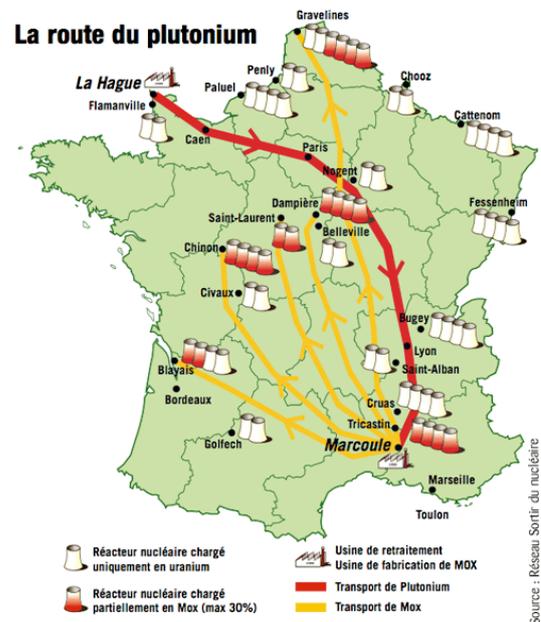
時間：99 年 9 月 24 日

## AREVA La Hague



AREVA La Hague 用過核燃料再處理廠位於法國西北部諾曼地(Normande)地區面臨英吉利海峽的海岸鄉間，距離巴黎(Paris)約250公里，車程約4小時。可由巴黎的St. Lazare 火車站搭乘 TGV 先至 Caen 市換車轉搭 Intercités 火車前往 Cherbourg 再轉乘巴士前往 La Hague。

本次中華民國參訪團一行五人(由駐法國台北代表處 3人、台灣電力公司 1人、原能會派駐OECD/NEA 顧問 1人組成)，由 AREVA 巴黎總公司外事、國際關係與行銷部門 Vice-President Jean-Noël POIRIER 及後端事業部業務經理 Mrs Martine VALLETTE-FONTAINE 二人全程陪同前往 AREVA La Hague 用過核燃料再處理廠參觀訪問。



### [參訪過程與心得]

1. 2010 年 9 月 24 日上午我們一抵達 AREVA La Hague 用過核燃料再處理廠大門口時，就看到我中華民國的國旗與法國國旗一同飄揚在法國的天空中，心情非常振奮，倍感窩心。隨即 La Hague 廠長 **Jean-Jacques DREHER** 在接待中心親自向我們簡報，概要報告有關 La Hague 用過核燃料再處理廠的建廠歷史沿革，各個廠房的作業狀況及與當地社區民眾之互動情形，然後進行詳細的實地廠區參觀活動(包括: 用過核燃料卸載廠房、用過核燃料儲存池、壓扎器壓縮廠房、玻璃固化設施、UP3 廠房控制室、環境監測設施、設施除役廠房等)，讓

我們無論在用過核燃料再處理的知識與技術上，以及在與民眾溝通方面均收穫良多。此行 AREVA La Hague 用過核燃料再處理廠對我們的重視和禮遇，以及高規格的接待方式，讓我們倍感榮耀。



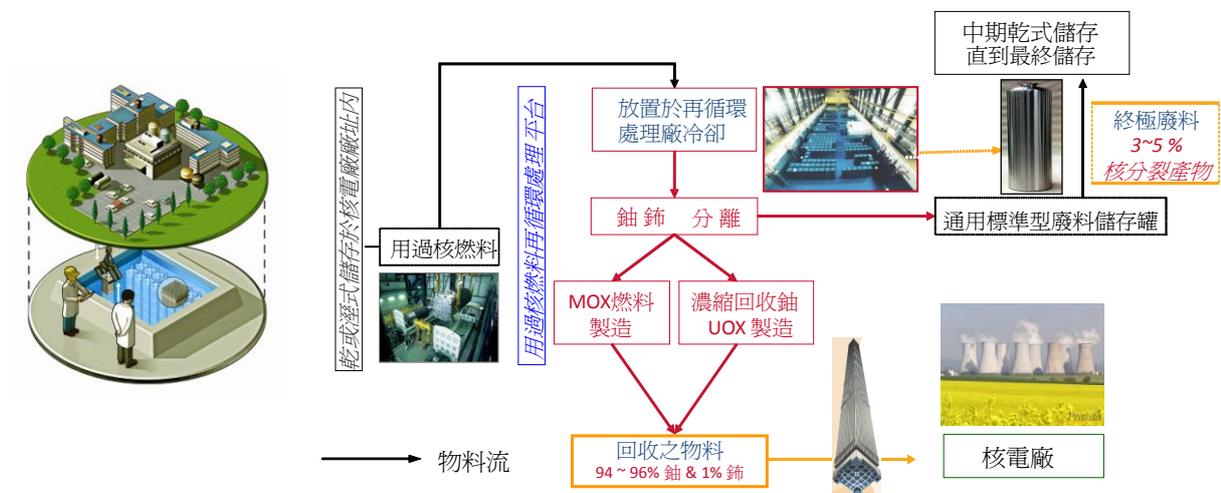
AREVA La Hague用過核燃料再處理廠門口



高階放射性核廢物玻璃固化暫時儲存廠房

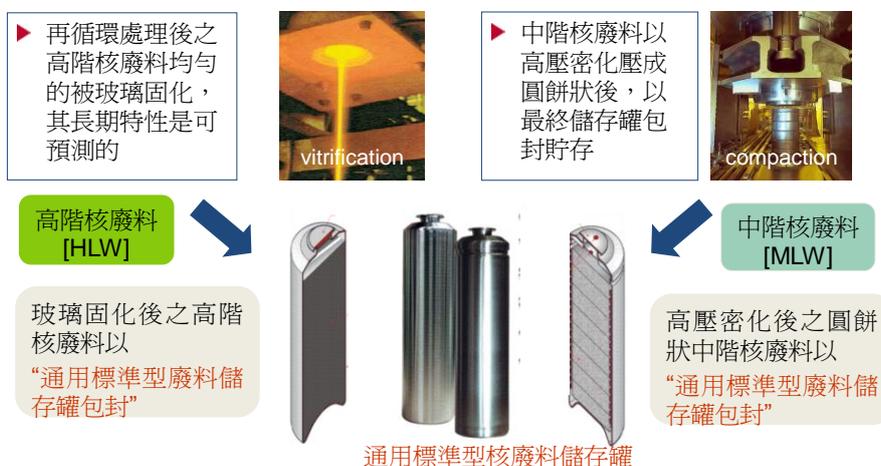
- 事實上，用過核燃料中尚存在有原來 96%的可用核子能量，可藉由再處理技術提取其中有用的鈾和鈾來製作濃縮之新燃料，但由於國際情勢的約束，我國目前不被允許進行用過核燃料再處理相關技術之研究，因此唯有尋求獲得送往先進國家代為處理的機會。法國自 1976 年起便開始對該國核能電廠的用過核燃料進行再處理，從用過核燃料中回收可再利用的核能物質(約 96%,多為未燃燒的鈾-Uranium 與鈾-Plutonium)以便進行重新利用，而這些鈾與再處理後的鈾將成為新的核燃料(MOX 燃料 及 Rep-UO<sub>2</sub> 燃料)被壓水式核能電廠(PWR)再利用。至於剩下 4%的高放射性核廢物則被立即玻璃固化儲藏起來，等候於未來永久貯存於地質深層處置設施。用過核燃料再循環處理的流程與好處請參閱如下圖示:

### 用過核燃料再循環處理流程



## 再循環處理的好處: 最終儲存罐的標準化

- ▶ 不能再回收使用之廢棄物料將放入穩定、密實、方便運輸、方便儲存之最終儲存罐



3. 用過核燃料再循環處理程序主要分成下列 5 個部分 (詳請參閱附後補充說明<sup>\*</sup>):
- (1) 水池內儲放 (冷卻)<sup>\*</sup>
  - (2) 切成小段管<sup>\*</sup>
  - (3) 溶解<sup>\*</sup>
  - (4) 萃取<sup>\*</sup>
  - (5) 玻璃固化<sup>\*</sup>

若對 La Hague 廠用過核燃料再處理的技術有興趣者請觀看影片:

[http://cdn.streamlike.com/hosting/areva/index.php?med\\_id=05d5941927886e3e&subtitlePath=http://www.areva.com/mediatheque/liblocal/docs/sous-titres/11704\\_EN.xml&skincolor=0099CB](http://cdn.streamlike.com/hosting/areva/index.php?med_id=05d5941927886e3e&subtitlePath=http://www.areva.com/mediatheque/liblocal/docs/sous-titres/11704_EN.xml&skincolor=0099CB)

## 4. 資訊公開與民眾參與

**環境輻射監測資訊透明公開:** AREVA La Hague 用過核燃料再處理廠周圍區域的環境均被廣泛地採樣，俾進行環境輻射監測，每年約採集 20,000 個樣本，進行約 70,000 個樣本分析，包括空氣、水、草和土壤中的樣本，地面上的牲畜如牛、羊、豬、雞及乳品，以及海岸的魚、蝦、貝類以及海藻等。化驗分析結果歷年來均遠低於環境背景輻射值，並經輻射安全主管機關檢驗及驗證。AREVA La Hague 廠將核能安全相關的資訊均對民眾公開，公告於 AREVA La

Hague 網頁，並提供多項資訊透明化之管道，隨時提供民眾諮詢，建立與當地社區的居民的相互信賴關係。



La Hague 地區興盛的畜牧乳酪業



La Hague 地區捕獲的新鮮味美海產

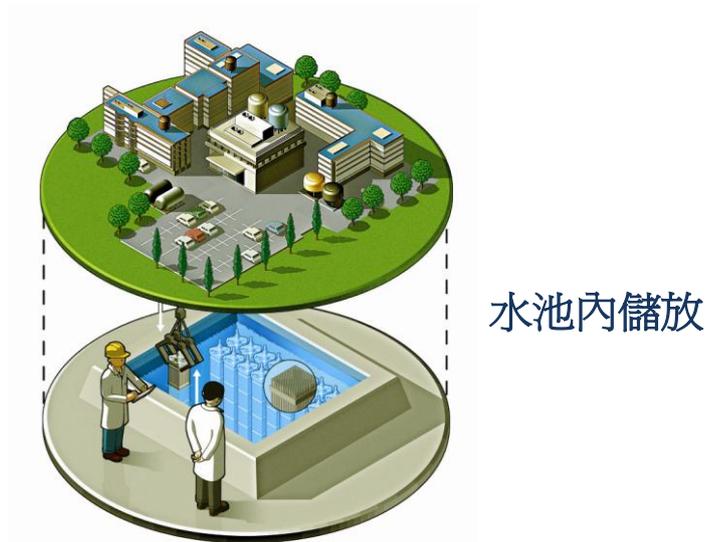
**提供民眾參與及就業機會:** AREVA La Hague 用過核燃料再處理廠提供了 5,000 個就業機會，其中有 3,100 個正式員工職務，以及 1,900 個外包工作人力，除 400 位核能相關科技專業人力由全法國各地招募外，其餘之就業機會均開放給當地居民申請並聘用之。並設立技術訓練中心，協助地方培育技術人才。加上附近有一座法國核子潛艇製造廠亦提供當地居民許多就業機會，幾乎當地社區的每一戶人家都有子弟在核能設施就業。

**參與地方活動及建設地方:** AREVA La Hague 廠每年在當地採購物資的金額約 350M 歐元(約 14 億新台幣)，2010 年就已投資了 90M 歐元(約 3.6 億新台幣)於地方建設，每年繳交給地方的稅金約 175M 歐元(約 7 億新台幣)。AREVA 經常贊助該地區之相關活動並適時參與，拉近與民眾之間的距離。由於核能工業與設施提供的穩定工作機會與對當地社區的投資及建設，大大提升了當地居民的生活品質，因此當地社區的居民均對核能工業表示歡迎，且態度非常友善。

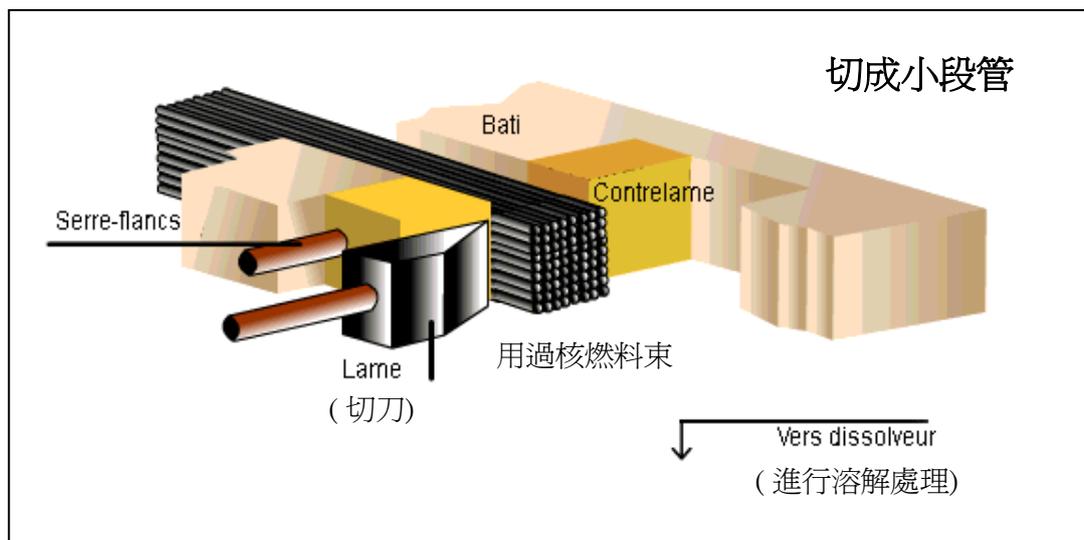
*溝通，其目的是增進彼此了解和支持、建立相互信任和信譽、鼓勵正向的態度、行為和信念。溝通，不僅需要專業知識能力，也需要完備的風險溝通能力。曾有一位美國核管會官員指出：「即使我們擁有最先進的風險見解，最棒的科學水準，最優秀的專家，但是如果我們沒有一個有效的溝通計畫，我們仍將失敗」。*

\*  
【補充說明】

- (1) **水池內儲放**：用過核燃料(Spent Fuel)在核電廠內的用過燃料池儲放約 6 個月到 1 年，使其活度降低，運抵 La Hague 後再於 AREVA 之水池內儲放 3~4 年(實際平均值為 8 年)俾持續降低活度；剛退出爐心之前幾年，用過核燃料活度衰減非常明顯，活度降低後有利於後續之再處理操作的安全。



- (2) **切成小段管**：於切管前會先量取用過燃料之燃耗度，以確保後續的操作過程中不會發生異常的臨界意外，切管時會先將燃料束套頭部份切除，並倒入套管之清洗槽；而後將燃料棒切成 35 毫米之小段管，並經輸料管使每一小段管掉入溶劑槽內。



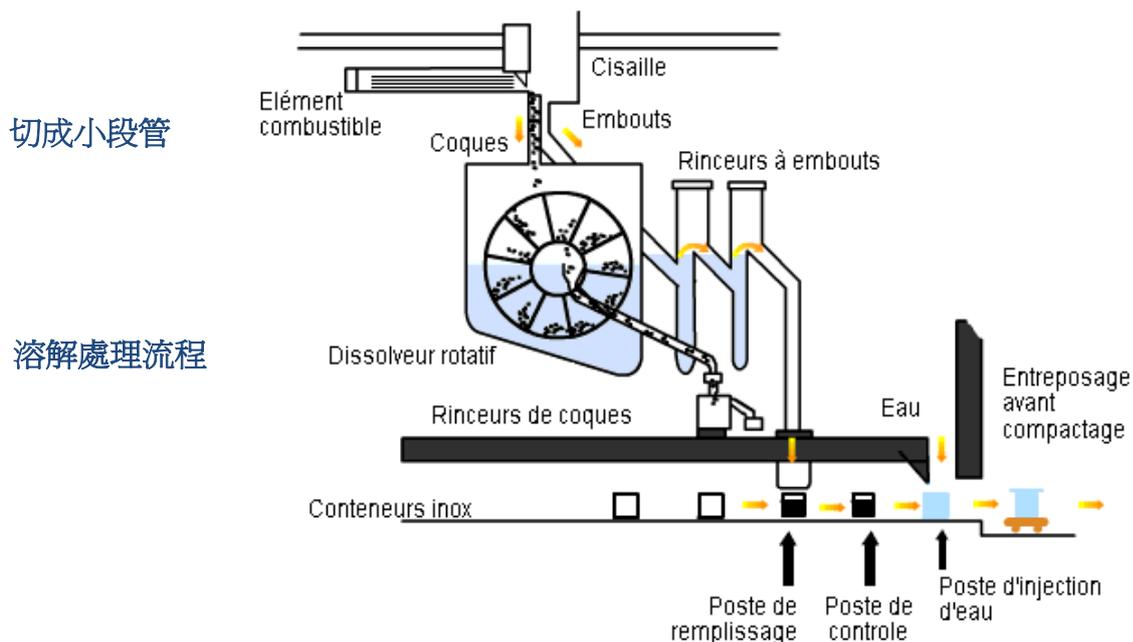
(3) 溶解處理流程：溶解之操作包含下列步驟：

- ① 分離小段管殼及套頭部份
- ② 溶解燃料丸及清洗小段管殼
- ③ 清洗套頭
- ④ 處理分裂氣體及回收硝酸
- ⑤ 澄清溶液
- ⑥ 移除細微顆粒
- ⑦ 量測各項成份

溶劑槽內備有間格之轉盤，一次轉動  $30^\circ$  使其能於 8 個小時內連續運轉，經由轉動攪拌後 2 個小時後轉盤內之每一間格會陸續倒出其內含物，並經給料槽傾斜滑入清洗槽內。套頭部份經酸洗、水洗後，與管殼會同置入倉儲暫存，準備壓縮後裝桶 (1995 年之前，採用水泥固化，之後使用 2,500 公斤之壓扎器進行壓縮減容至原體積 1/5 之圓餅狀)，溶液部份則批次式地餵入離心機內，分離成不溶解之顆粒部份及澄澈溶液。清澈溶液之組成爲鈾 200 克/公升，鈾 2.5 克/公升，硝酸 3.5 莫耳/公升及分裂產物 6~7 克/公升。

分裂氣體之處理分成下列步驟：

- ① 補捉住驟帶出之粉塵
- ② 捕捉住硝酸氣，冷凝後置回硝酸溶液中，回收於溶劑槽內。
- ③ 經液鹼噴灑槽捕捉碘核種，含碘之溶液經稀釋後，排入大海，以稀釋長半衰期之碘 I-129 核種。



#### (4) 萃取過程

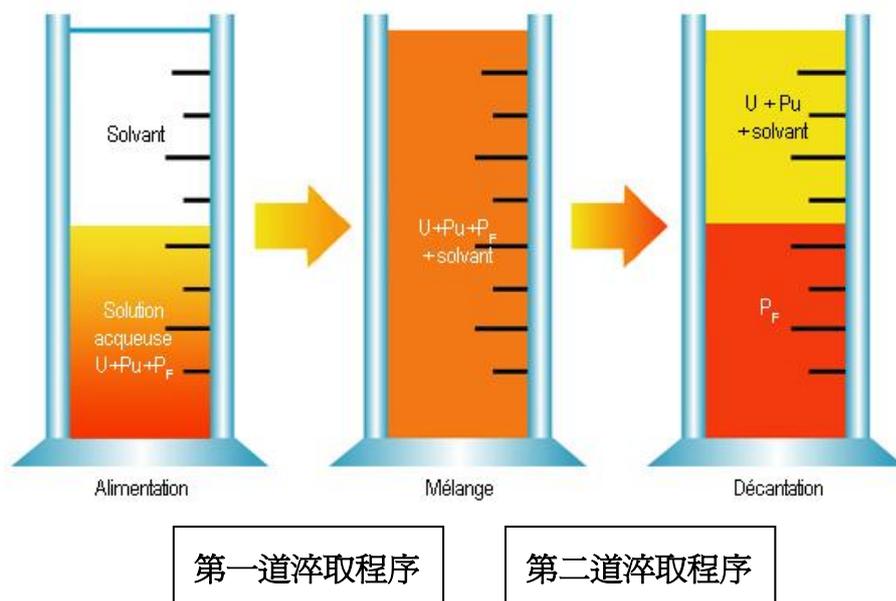
- ①第一道萃取為再處理程序之主要核心部份，因此程序實現了分離可回收之物質，並予以純化(鈾及鈾)；此程序只使用單一的溶劑，由 TBP(三丁基磷酸鹽)稀釋於碳氫化合物溶劑中(類似煤油成份)。此溶劑屬商業型產品，易於市場上取得。

此分離階段分成兩個步驟，混合及澄析，於混合相時分裂產物之水溶液含豐富的鈾、鈾元素，並與有機相(TBP)攪拌形成乳化漿液(類似油醋混合物美乃滋)。鈾、鈾親合於有機相內，分裂產物與鈾系元素則親合於另一相。(因此分離出鈾、鈾與分類產物、鈾系元素兩大類)。第二步驟為澄析分離油、醋之部份，重複此步驟多次而從 TBP 中萃取出鈾、鈾元素。

直至目前經從上一階段所萃取之鈾及鈾元素混合物中，再萃取出鈾元素，也就是使用還原之方法，使鈾溶入水溶液相中而分離出。最後之步驟為使用稀硝酸溶液萃取出鈾元素。

- ②第二道再萃取與第一道程序類似，最主要是要純化鈾及鈾元素，達到可回收製作新燃料的純度。使用之化學程序中亦是 TBP 此項溶劑。鈾元素將轉化為硝酸鹽被純化回收，部份鈾被再次濃縮製成新燃料，部份則暫時儲放。鈾則會轉化成氧化物後製成 MOX 燃料。

### 萃取過程



#### (5) 玻璃固化：

分裂產物與鈾系元素使用玻璃固化法，予以固化及穩定化處理（使物理及化學性質穩定）。此固化玻璃廢棄物約含 95%之用過燃料總活性，且不帶有可回收之有用物質，即為真正的最終廢棄物。

玻璃固化廢棄物有下列之廢料源：

- ① 經濃縮後之分裂產物溶液
- ② 經離心機分離出之顆粒型廢棄物
- ③ 各項工作溶劑中，再經濃縮之廢棄物

上述三項廢料源先被送往廢液飼入槽，並計算最佳之各項成份比例，及玻璃添加劑之適當成份，使玻璃之熔融合封性達到最佳的效果。

當備好進料時，將上述流質之廢料供給入金屬鍛燒管，鍛燒管外側維持於 600°C，使管內流體廢料中硝酸鹽被高溫熱解，剩下被燒結之鈣石塊；鈣石塊與玻璃條基材(玻璃基材主要為氧化矽硼，鋁及鈉等成份)同時被倒入高於 1050°C 融爐內。熔爐填滿後，再經 12 個小時的連續高溫(高於 1050°C)，使鈣石與玻璃完全均勻熔合；當熔合完成後，熔爐約有 200kg 的流體狀態之玻璃廢棄物，隨後將被倒入一不銹鋼桶中(180 公升裝)，約二個批次可達適當的滿度(約 150 公升)。

150 公升(400~500kg)之玻璃固化廢棄物內含約 84kg 之分裂產物及鈾系元素，相當於發電 360 百萬度所產生的核廢料量(法國家庭平均 1 年用電約 1 萬度)。

作成此廢棄物桶成品後，須再自然冷卻 24 小時後並確認表面無污染後，送至 La Hague 倉庫儲存窖中暫存。最終將會送回原用過燃料國家，或是送往法國高放射性廢棄物最終處置場(仍待法國最終處置場建造完成及國會立法通過)。

## 玻璃固化處理流程

