

出國報告審核表

| | | |
|-----------------------------|---|------------------|
| 出國報告名稱：國外庫存核物料查驗與合約交貨規格查核作業 | | |
| 出國人姓名 (2人以上,以1人為代表) | 職稱 | 服務單位 |
| 鄭娜麗 | 主管核燃料採購 | 燃料處 |
| 出國期間：101年9月6日至101年9月15日 | | 報告繳交日期：101年11月7日 |
| 出國計畫主辦機關審核意見 | <input type="checkbox"/> 1. 依限繳交出國報告 <input type="checkbox"/> 2. 格式完整 (本文必須具備「目地」、「過程」、「心得」、「建議事項」) <input type="checkbox"/> 3. 內容充實完備。 <input type="checkbox"/> 4. 建議具參考價值 <input type="checkbox"/> 5. 送本機關參考或研辦 <input type="checkbox"/> 6. 送上級機關參考 <input type="checkbox"/> 7. 退回補正，原因： <input type="checkbox"/> 不符原核定出國計畫 <input type="checkbox"/> 以外文撰寫或僅以所蒐集外文資料為內容 <input type="checkbox"/> 內容空洞簡略 <input type="checkbox"/> 電子檔案未依格式辦理 <input type="checkbox"/> 未於資訊網登錄提要資料及傳送出國報告電子檔 <input type="checkbox"/> 8. 本報告除上傳至出國報告資訊網外，將採行之公開發表： <input type="checkbox"/> 辦理本機關出國報告座談會 (說明會)，與同仁進行知識分享。 <input type="checkbox"/> 於本機關業務會報提出報告 <input type="checkbox"/> 9. 其他處理意見及方式： | |
| 層轉機關審核意見 | <input type="checkbox"/> 1. 同意主辦機關審核意見 <input type="checkbox"/> 全部 <input type="checkbox"/> 部分 _____ (填寫審核意見編號) <input type="checkbox"/> 2. 退回補正，原因： _____ <input type="checkbox"/> 3. 其他處理意見： | |

說明：

- 一、出國計畫主辦機關即層轉機關時，不需填寫「層轉機關審核意見」。
- 二、各機關可依需要自行增列審核項目內容，出國報告審核完畢本表請自行保存。
- 三、審核作業應於報告提出後二個月內完成。

| | | | |
|------|-----------|------------|--------------|
| 報告人： | 單位 主管： | 主管處 主管： | 總經理 副總經理： |
|------|-----------|------------|--------------|

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：

國外庫存核物料查驗與合約交貨規格查核作業

頁數 41 含附件：是 否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話

台灣電力公司

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

鄭娜麗/台灣電力公司/燃料處/主管核燃料採購/02-23666757

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 其他

出國期間：101.9.06 ~ 101.9.15 出國地區：法國、英國

報告日期：101.10.30

分類號/目

關鍵詞：核燃料、濃縮服務

內容摘要：(二百至三百字)

1. Urenco 提供本公司濃縮服務需求之 55%，且濃縮廠為本公司轉化鈾儲放場所，近年來本公司維持至少 1 年的濃縮所需轉化鈾庫存，除維持詳實的庫存資訊外，實地查核本公司庫存於國外之鈾料庫存，驗證交貨規格暨確認帳務記錄，並瞭解儲放設施安全狀況，進而確保本公司海外庫存鈾料之權益。此外，參觀 Urenco 濃縮廠，有助於了解實際營運狀況與經營理念落實的程度，亦可經由對實際營運狀況了解程度，增進雙方執行契約的配合性，減少溝通上的迷失與爭議，濃縮廠供應穩定性對後續之核燃料製造之最終品質有相當大之影響，宜定期為之。
2. 台電公司相較於其它核能電力公司，核燃料需求量不大，而且角色特殊，為國營企業，採購時受更多限制，在核燃料市場中進行採購時，除了經由特定管道，如公開市場資訊及拜訪相關濃縮廠商洽談個別廠商對標務之看法外，更應積極參與相關活動，例如世界核能協會核燃料工作小組濃縮市場小組的討論，經由借助來自不同領域的專家的經驗，期能更深入了解各角度下各廠家營運狀況與市場未來的展望，對本公司因應市場變化採行有效應變措施，提昇採購品質應有很大有助益。

本文電子檔已傳至出國報告資訊網(<http://open.nat.gov.tw/OpenFront/RobtaFront/index.jsp>)

出國報告（出國類別：洽公）

國外庫存核物料查驗與合約交貨規格查核作業

服務機關：台灣電力公司

姓名職稱：鄭娜麗/主管核燃料採購

派赴國家：法國及英國

出國期間：101. 9.06--101. 9.15

報告日期：101.11.6

目 次

| | |
|-----------------------------------|----|
| 壹、出國任務..... | 1 |
| 參、工作內容..... | 2 |
| 一、拜訪 AREVA 總公司 | 2 |
| 二、拜訪 URENCO 總公司及 Capenhurst 濃縮廠.. | 10 |
| 三、拜訪世界核能協會 | 29 |
| 四、拜訪 Rio Tinto 總公司 | 36 |
| 肆、心得與建議..... | 39 |

壹、出國任務

應用 101 年度出國計畫第 193 號「國外庫存核物料查驗與合約交貨規格查核作業」赴法國 AREVA NC 總公司、英國 Urenco 總公司與 Capenhurst 濃縮廠、及英國 Rio Tinto Uranium Limited 總公司執行庫存核物料查驗與合約交貨規格查核作業，另拜訪世界核能協會洽談核燃料市場未來之發展事宜。

貳、出國行程紀要及會議議程

| 時間 | 工作行程 |
|-----------------|------------------------------|
| 9/6(四)~9/7(五) | 往程：台北 → 法國巴黎 |
| 9/8(六) | 拜訪 AREVA 總公司 |
| 9/9、10(一) | 拜訪 URENCO 總公司 |
| 9/11(二) | 拜訪世界核能協會 |
| 9/12(三) | 參觀 URENCO Capenhurst 濃縮廠 |
| 9/13(四) | 拜訪 Rio Tinto Uranium Limited |
| 9/14(五)~9/15(六) | 返程：英國倫敦 → 台北 |

參、工作內容

一、 拜訪 AREVA 總公司

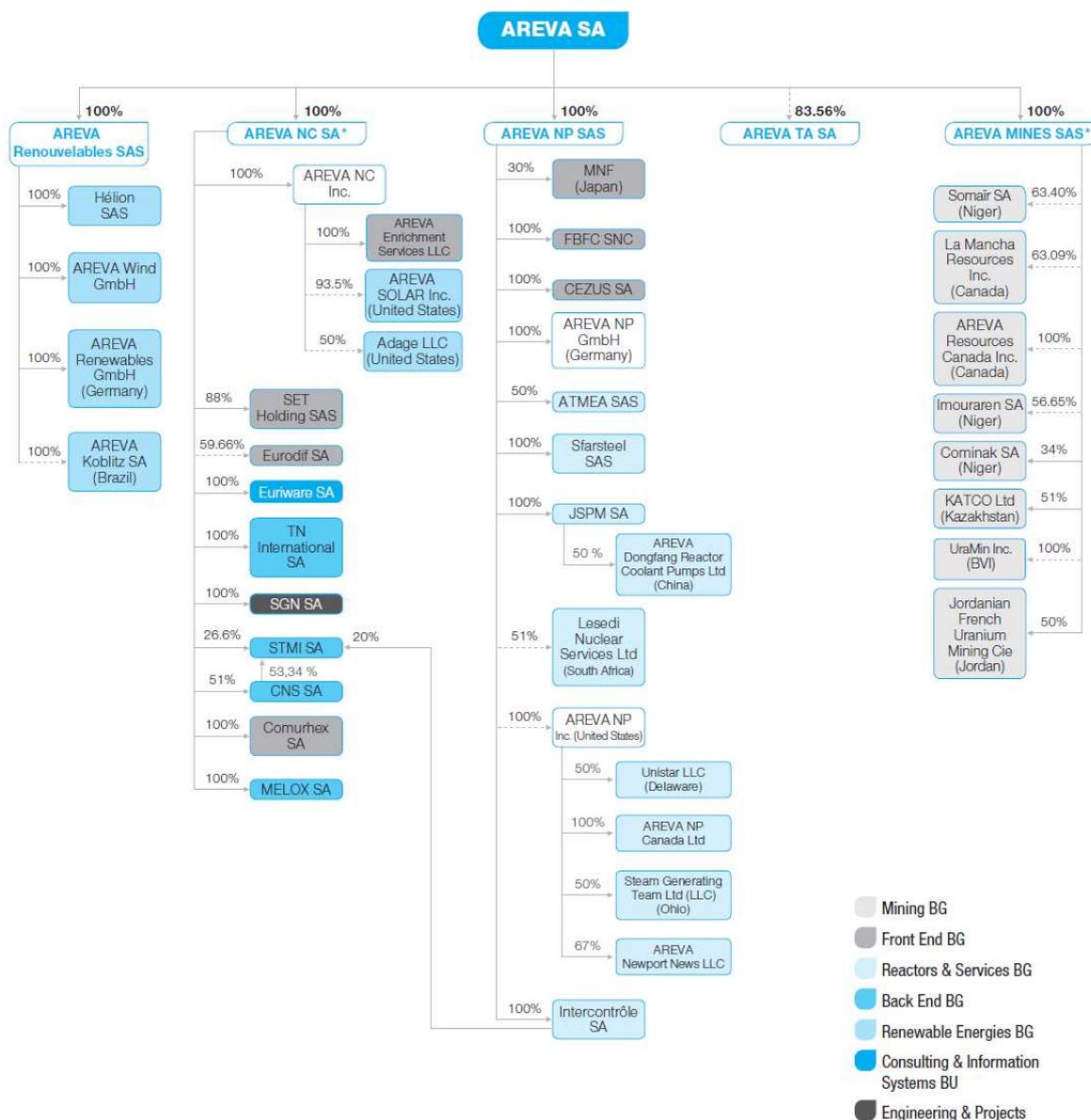
(一) 公司簡介

法國 AREVA 集團為西方世界惟一可提供核燃料循環全範圍服務之集團，包括原料鈾、前端營運(轉化服務、濃縮服務及製造服務)、核反應器與服務、後端營運及再生能源。前身為 COGEMA 及 FRAMATOME-ANP，總部位於法國巴黎市中心，惟基於精簡費用考量將於 2012 年年底移至巴黎市市郊。去(2011)年總收入(Revenue)約為 89 億歐元，較 2010 年成長 1.2%，營收大部分來自原料鈾(24%)、前端營運(26%)、核反應器與服務 (37%)、後端營運(18%)及再生能源(3%)，惟仍虧損 24 億歐元。AREVA 多方籌措資金，或是出售公司債或是出脫資產，2010 年 6 月更是將渠下電力傳輸子公司 AREVA T&D 賣給 Schneider Electric and Alstom，但是 2011 年日本福島事故發生後，核燃料市場價格大幅下跌，更是對 AREVA 現金流(CASH FLOW)產生嚴重影響，巨大的營運虧損造成 2011/12/12 AREVA 股票暫時停止交易，AREVA 隨即宣佈採行因應改善措施"Action 2016"，包括削減投資性支出，如暫緩非洲鈾礦及美國濃縮廠等計畫之進行，並精簡組織減少人事費用。

集團之組織架構如下圖(資料來源：2011 年 Areva Reference Document)

Organizational structure

SIMPLIFIED ORGANIZATION CHART OF THE AREVA GROUP AT DECEMBER 31, 2011



集團下擁有核燃料循環前端相關資產及設施，如下所列。

1. 原料鈾礦區

尼日之 Akouta、Arlit 及 Imouraren(預計 2014 年開始生產)，哈薩克之 Muyunkum (Katco JV)，那密比亞之 Trekkopje(暫緩生產計畫)，加拿大之 McArthur River 與 Cigar Lake(預計 2013 年開始生產)

2. 轉化廠

運轉中之 Comurhex I 及興建中之 Comurhex II 均位於法國 Pierrelatte，Comurhex II 名目產能 15 百萬轉化服務，於 2007 年宣佈興建，預計於 2015 年完成，取代 Comurhex I，目前工程如期進行。

3. 濃縮廠

法國 Pierrelatte 之 GBI 廠，裝置容量 10.8m，年產量約在 8.5 百萬濃縮功，於 1979 年商轉，1982 年滿載運轉，已於 2012 年 6 月永久停止運轉，共計提供約 200 百萬濃縮功，除役(Dismantle)工作之第一階段為除污工作，已開始進行，預估約需 3 年，全部工程則約需 10-15 年。

法國 Pierrelatte 之 GBII 廠，2011 年 4 月商轉，預期 2016 年達全年產能 7.5 百萬濃縮功，若市場情況良好可進一步於 2020 年擴增產能達 11 百萬濃縮功，目前工程如期進行。

美國 Idaho 州之 Eagle Rock 濃縮廠，第一階段名目產能為 3.3 百萬濃縮功，並已取得建照執照及美國能源部之貸款保證，惟受到財務上資金籌措困難的影響，僅設計工作繼續進行，硬體部份暫緩。

4. 核燃料製造相關設施，提供輕水式反應器(壓水式及沸水式)燃料製造服務及相關零組件

| AREVA 製造廠 | 所在地 | 類型 | Rod/Assembly 年產能(MTU) |
|------------------|----------|--------------|--------------------------|
| AREVA (法) | Romans | PWR | 1400 |
| AREVA (德) | Lingen | BWR & PWR | 650 |
| AREVA (比利時) | Dessel | PWR | 700 |
| AREVA NP,Inc.(美) | Richland | BWR | 1,200 |
| 總產能 | | | 3,950 |

(二) 目前與台電公司執行中之核燃料循環前端相關契約如下：

| 契約類別 | 供應年度 | 供應商 | 供應總量 |
|-------------|-----------------------|----------|------------------------------------|
| 濃縮服務 | 2014~2015 | AREVA | 核能 1-8 機組年需求 45% |
| 核一廠 製造服務 | 2008 年簽約 (2019 結束) | AREVA NP | 兩機組各 5 批次填 換核燃料，另各加 3 批選擇性批次 |
| 核二廠 製造服務 | 2008 年簽約 (2023 結束) | AREVA NP | 兩機組各 5 批次填 換核燃料，另各加 3 批選擇性批次 |

(三) 訪談紀要

本次職拜訪 AREVA 總公司，主要由係由該公司 Enrichment Business Unit ("EBU")部門之副總 Mr. VICENT MAUREAUX 負責安排，並拜會負責 AREVA 核燃料循環前端業務之副執行長(Deputy C.C.O) Mr. PHILIPPE HATRON，Mr. HATRON 於知悉台灣新能源政策下現有核能電廠將如期除役後深表遺憾，渠認為核能發電是乾淨安全的能源，不但可提供穩定電力促進經濟發展，無二氧化碳排放的污染，但很高興了解本公司龍門電廠一、二號機將於 2014 及 2016 年間商轉，雖然渠與芬蘭 TVO 合作興建中之新型 EPR 反應器工期一再延遲，預算並因

此一再追加，造成 AREVA 巨大財務負擔，目前預期可於 2014 年商轉，在中國興建中之 EPR 機組則一切順利，可能是第一個商轉的 EPR 機組。

Mr. HATRON 表示台電是渠客戶組成(customer portfolio)中非常重要的客戶，希望雙方長期以來之良好合作與互動關係能繼續維持。

另，值得一提是會談中突然出現警報聲，所有與會人員，不論階級，均有秩序帶領職進行疏散到戶外道路上，交通警察並將辦公室近附之道路進行交通管制，一時間車輛大排長龍交通阻塞，導致不知情駕駛人因不耐久候而猛按喇叭，渠說明，政府部門每年皆挑選特定建築物進行無預警的防災演習，測試市民對緊急災難的反應，以期萬一真正發生事故時能發揮作用，相較於台灣地區每年之萬安演習，似乎更為真實，配合程度亦較高。

AREVA 辦公室之人員管制非常嚴謹，除與台電相同，進入公司需用有照證件換取出入証外，進入公司時訪客刷卡後需陪同人員再刷卡確認方能開啟閘門，進入各辦公區域亦需刷卡識別，會議室為雙重門，除隔音效果極佳以防止干擾其它辦公人員考量外，同時亦為符合公司之保密要求，令人印象深刻。

有關訪談內容依不同主題摘要如下：

- **現有濃縮合約執行**

- (1)轉化鈾庫存料帳

本公司目前庫存於 AREVA NC 之轉化鈾累計 339,000 KgU，與本公司帳上相符，此庫存轉化並適用雙方契約 5.5 及 8.3 節之規定，可享有 US\$1.18/year-kgU 之租借費用，惟 AREVA NC 表示雖然依其目前自有庫存並不需要向本公司租借轉化鈾，而且自 Action-2016 plan 以後，各部門均須縮減費用，但是渠尊重契約下雙方之權利與義務，僅請本公司若有提前交運之計畫時儘早告知，以利渠資金調度。另渠表示為配合 COMURHEX II 之運轉需求，本公司之原料鈾是否可如前述提前交運之轉化鈾般租借 AREVA NC 使用，職解釋，前述轉化鈾係濃縮契約下之饋料，本公司基於物料調度及庫存安排之考量，提前交運至濃縮廠，且租期的長短由本公司決定，不影響本公司物料調度與使用，故可為此安排，而且原料鈾並非濃縮之饋料，故不能比照轉化鈾引用濃縮契約下該條款，須另行安排。

(2) 加拿大與澳洲鈾料之鈾源交換

有關契約下第 5.3 節加拿大與澳洲鈾料鈾源交換事宜，前 AREVA 要求告知本公司可能要求交換之最大可能數量，以便渠儘早自渠自有庫存內保留足夠數量以因應，經職解釋後，渠方認知本公司之要求係基於加拿大與澳洲鈾源之鈾料必須在美國濃縮後方能再出口至台灣，是故鈾源交換最遲必需於濃縮鈾交貨前為之，並非近期內必須完成，故仍有充裕時間安排，鈾源交換沒有問題。

(3)轉化鈾轉帳至其它帳戶

本公司製造所需之轉化鈾以往經由 USEC 轉帳交貨給製造商，惟 2014 年起本公司與 USEC 濃縮契約結束後，需由轉化商或其它濃縮商交貨，新簽轉化契約下針對製造用轉化鈾係本公司支付運輸費用委由轉化商實體交貨至製造廠，經洽 AREVA 轉化鈾交貨至 AREVA NP 之可行性，渠表示渠於 AREVA NP 有濃縮鈾庫存(分列濃縮功及轉化鈾帳戶)並可應本公司要求轉帳交貨轉化鈾。

● 2016 年起新濃縮標案

(1)契約期限

AREVA 基本上對於契約期限沒有什麼意見，但是渠表示基於較長契約在銀行可以取得較佳之貸款條件，故喜歡較長之契約。

(2)幣別、價格機制與付款條款

不同幣值間匯兌的變化影響各該公司的獲利甚巨，基於渠近期參與轉化服務標案，本公司開放由投標商指定幣別，AREVA 詢問是否亦可投報不同幣別，職以前次轉化標務為例說明，投標商可投報多種幣別之組合，例如 40%歐元+60%美元，評標時不同幣別必須以前一天台灣銀行即期賣出之匯率轉換為招標規範所指定評比之幣別以利評比，而未來契約執行時則依標書指定方式，如前例，交貨

付款時 40%以歐元付款，另 60%美元付款。不同交貨點亦可投報不同幣別，例如交貨到美國可用美元計價，交貨到歐洲可用歐元計價。但是不接受同一交貨點投報一種以上幣別且未指定各幣別之比例。

另，有關付款期限，一般為交貨 30 天內付款，渠若給予本公司較長期限，如 60 天，評比時是否可納入考量，基本上，較長付款期限可節省本公司利息支出，對本公司有利，可於評比時納入考量，以鼓勵廠家提供對本公司較有利條件。

(3) 下腳範圍

AREVA 詢問下腳範圍是否可自行指定或是將於招標規範草案中指定，職答覆：不同下腳範圍，將影響未來合約執行時佳下腳的選定，進而影響批次成本，新濃縮標將邀請一家以上投標，為使各廠商間所提商務條件一致，若由各投標商自由指定，將導致決標基準並不相同，為達評標之公平性，招標規範將指定下腳範圍，投標商必須遵守該規定，否則將視為違反招標規範規定，而被判為不合格標。現行濃縮契約係採限制性招標獨家議價，而下腳範圍亦為當時協議結果，不可等同視之。

(4) 交貨通知

AREVA 詢問交貨通知前置期是否可以提前，由於濃縮廠係 24 小時

連續運轉，故若能愈早預知客戶需求明細可減少因濃縮鈾濃度不同而需再調整(blend down)的問題，經職解釋，現行濃縮契約之交貨通知前置期為 6 個月，主要係配合製造契約訂定，依現有製造契約規定，濃縮鈾需求明細於多週期分析送本公司審查確認並訂購燃料後才能確認，時程一般約於濃縮交貨通知前 1~2 個月，若遇特殊情況，則前述時程可能更晚，已無法再進一步於招標規範中設定較早通知時程，惟合約執行時可儘量配合各案處理。

(5) 其它一般基本條款

渠表示若參照現有契約下的條款，應無太大問題，惟職基於近期轉化服務標案之經驗，招標規範草案協商時並未提出異議，而應標時卻於標書載明無法接受特定條款，因而被本公司判定為不合格標，無法參與後續價格標競比，經渠事後檢討，部份係因政策改變，部份係因現場實務溝通不良，針對本次新濃縮標案渠將於收到本公司草案後請各相關部門慎重重新審查。

二、 拜訪 URENCO 總公司及 Capenhurst 濃縮廠

(一) 公司簡介

URENCO 公司係依據德國、荷蘭及英國政府在 1971 年簽訂之 Almelo Treaty 成立之英國有限公司，故 Almelo Treaty 為管轄 URENCO 有關技

術、離心機製造及濃縮營運之基礎依據，而由 Almelo 簽署國任命之代表成立共同委員會(Joint Committee)負責執行監管之任務。共同委員會掌管保防系統、分類安排與安全程序書、技術與濃縮產品出口，以及核武禁衍相關議題，基此該委員會亦掌管 URENCO 的所有權與技術轉換相關議題，因此 URENCO 之執行長須定期與共同委員會開會。

URENCO 公司的股權分別由英國政府、荷蘭政府及德國電力公司 RWE AG 與 E.ON AG 各擁有三分之一。

為使法國 AREVA 公司能於 2006 年合資參與 URENCO 的技術業務公司 Enrichment Technology Company Ltd. (“ETC”負責離心機製造)，法國政府於 2005 年 7 月 12 日簽署 Treaty of Cardiff，以使該國能依附於 Almelo Treaty 之下。歐盟於 2006 年 7 月，在 URENCO 與 AREVA 承諾維持濃縮市場之競爭關係及不會互換商務機敏資料後，且獲得歐盟競爭性調查同意，同意 AREVA 成為 ETC 之股東。此外，為使 URENCO 於美國新墨西哥州設立第 4 座濃縮廠，英、德、荷政府亦與美國政府於 1992 年 7 月 24 日簽訂 Treaty of Washington。

URENCO 營運績效良好，公司獲利在 2006 (211.3 百萬英磅)~2010 年 (387.1 百萬英磅)間成長幾乎一倍，2011 年雖然受日本福島事故之影響下跌，自 387.1 百萬英磅減少至 359 百萬英磅，但仍遠較其它同業為佳。

| Financial Highlights | | | | | |
|--|--------------------|------------|------------|------------|------------|
| | IFRS | | | | |
| | 2006 €m | 2007 €m | 2008 €m | 2009 €m | 2010 €m |
| Revenue | 893.7 | 1,023.8 | 1,129.7 | 1,121.0 | 1,267.2 |
| EBITDA | 527.3 | 542.4 | 654.3 | 669.7 | 813.6 |
| Income from operating activities | 352.8 | 352.8 | 459.0 | 500.4 | 590.9 |
| Net Income | 211.3 | 250.6 | 260.1 | 342.8 | 387.1 |
| Capital expenditure | 351.5 | 517.3 | 820.8 | 843.0 | 703.4 |
| Cash generated from operations (before interest & tax) | 563.4 ¹ | 577.8 | 616.0 | 656.4 | 831.6 |

截至 2012 年 9 月底公司信用評等仍為 A2- Moody's Investors' Service Limited 或 A- Standard & Poor's 或 A- Fitch Ratings。健全的財務支撐，讓興建美國 Louisiana Enrichment Services 濃縮廠甚至不需美國政府所提供貸款保證 (loan guarantee)。

URENCO 之主要業務為提供電力公司製造核燃料所需之濃縮服務，分為歐洲及美洲二區：歐洲區業務由其子公司 URENCO Enrichment Company Ltd ("UEC")及 UEC 全屬的 3 家濃縮廠營運子公司 URENCO UK Ltd (Capenhurst)、URENCO Nederland B.V. (Almelo)，及 URENCO Deutschland GmbH (Gronau)負責；美洲區則由 URENCO USA Inc. (UUSA) 及 UUSA 的濃縮廠營運子公司 Louisiana Enrichment Services LLC. ("LES")負責。

(二) 訪談紀要

本次職拜訪 URENCO 總公司及 Capenhurst 濃縮廠，主要由係由 UEC 公司 Marketing & Sales 部門之 General Manager Mr. Tony McCormick 及

Mr. Matthew Bowling 負責安排，綜合摘要如下：

1. URENCO 之股權移轉

URENCO 公司的股權分別由英國政府、荷蘭政府及德國電力公司 RWE AG 與 E.ON AG 各擁有三分之一，2008 年金融風暴以來英國金融業受創嚴重，政府因投注資金以拯救金融公司而財政困難，故政府持續計畫出脫資產以籌措資金，而德國之股東(RWE AG 與 E.ON AG)於 2011 年日本福島事件德國核能政策急轉後，亦有出售股份的打算，但是荷蘭政府則無，Mr. McCormick 表示更換股東並不影響實際業務之推展，渠表示由於 Almelo Treaty 有規定股權之出售或轉讓須由另外 2 個股權擁有者優先承購，若不願意收購，則最可行之方案應該是售予英國電力公司，其次則是歐盟境內電力公司，最後才可能是歐盟境內私人企業，然而售予私人企業之可能性極低，因為濃縮業務仍須受英國政府監管或掌控，私人企業可能認為取得股權後仍沒有自主營運權，一般在出售股權的過程中，由於出售者與欲承購者對該公司價值的認定無法達成協議，特別是當此歐洲金融危機，短期內不易實現。

惟此類事件似乎對工作人員的沖擊已大幅降低幾至無感，畢竟企業之股權更換、合併整合在核能工業界已呈週期性常態，而該公司成立時由 3 個國家各持有三分之一股權之用意即在穩定公司營運，沒

有任何一個主要股東具有決定性主導權，任何造成公司重大改變之決策皆須取得共識。Mr. McCormick 先生表示無論最後該案如何演變，URENCO 仍會維持原有營運方式，對原有客戶及已簽訂或進行中之契約都不會有所影響。

2. 濃縮服務產能與合約執行

URENCO 集團產能，有關 LES 自 2010 年自 NRC 取得商轉許可後，今年 9 月第一階段之產能(1.6 百萬濃縮功)已接近完成，進度較原預計緩慢，Mr. McCormick 表示進度未如預期的原因主要是因為法規單位(NRC)審查不能配合，LES 濃縮廠是美國本土 30 多年來的第一個新建核能設施，核能工業在經過長期停滯後，呈現嚴重人力及技術傳承之問題，NRC 多數人員均不具備實務經驗，只能做中學。Mr. McCormick 表示渠在英國 Capenhurst 廠之興建經驗是"模組化"，包括設計施工及後續法規審查，核管單位核可執照亦是以該模組為基準，日後只要是依照該曾送審的模組設計施工，不需再申請執照，對 Capenhurst 廠沒有所謂核准產能之上限，所以像離心分離式濃縮廠產能的擴充只是再增加新模組，興建工程的進行變得非常單純；而美國則不同，NRC 目前的審查方式是逐個審查，即使是相同模組亦需一再送審，審查完成才能施工，不能多個模組平行進行，故進度緩慢，所幸在經雙方長期以來之良好互動下，目前已逐漸建

立審查模式並加快審查進度。

針對市場流言有關 LES 第三階段(2.1 百萬濃縮功)是否會受核能工業不景氣之影響而暫緩或取消，Mr. McCormick 表示現有已承諾的契約數量，已大於第一階段與第二階段之總和(3.7 百萬濃縮功)，所以擴充產能是必要的，只是是以興建 LES 第三階段或是由歐洲濃縮廠(Capenhurst 濃縮廠)再擴充之產能來提供，仍待董事會之最終決策。

此外，鑑於目前西方轉化廠均已老舊且預估產能不足，在 2013 年 HEU 計畫停止後次級供應來源將大幅減少，又逢 ConverDyn 停止運轉，以進行 NRC 依較高天然災害標準所要求之設備升級，職詢問 URENCO 是否有於現有美國 LES 廠址內興建新轉化廠以提供更完整服務之可能，Mr. McCormick 表示轉化服務無法提供足夠利潤以吸引渠董事會投資，故應不會考慮；另，由於施工進度較預估為慢，目前 LES 廠內轉化鈾庫存已足供生產所需。

本公司與 URENCO 合約執行一向配合良好，多年來未有爭議事項，目前庫存於之 URENCO 轉化鈾累計 791,490.715 KgU，與本公司帳上相符。

惟依雙方契約規定，濃縮饋料必須於濃縮交貨前 4 個月運交，雖然所有權仍然為本公司所有，但已進入加工製程中，屬已指定用途轉

化鈾，故實際可用轉化鈾應為 748,093.144 KgU。

3. 新濃縮服務採購案

(1). 投標商

URENCO 與本公司現有濃縮契約係採 UEC 與其三個濃縮廠共同承攬方式，UEC 為指定之代表廠商。URENCO 曾多次表次，UEC 負責歐洲區三個濃縮廠之市場行銷與生產管理，UUSA 則負責美國 LES 部份，二者獨立運作。由於濃縮標案進行方式本公司尚未決定，若未來採取一個標不分區方式進行，是否可以允許 UEC 及 UUSA 同時投標，若是不行，是否可以允許 UEC 及 UUSA 共同投標但是決標後契約採分立方式。UEC 及其下三個濃縮廠在法律上均屬獨立之公司(法人)，且在不同國家(英國、荷蘭及德國)註冊，多年來並沒有稅務安排上的困擾，為何 UEC 及 UUSA 不能比照辦理，且共同投標下即使只有一份契約，契約中亦會載明 UUSA 承做的比例，亦應無全額課稅的困擾，Mr. McCormick 表示渠將再澄清前述稅務安排，是否為必須之要求，以朝內部整合方式為之。

(2). 轉化鈾交貨點

現有濃縮契約下本公司在 URENCO 僅有單一之轉化鈾及濃縮功

帳戶，通知轉化商交貨時亦只是通知交貨點為 URENCO，並未註明濃縮廠別，實際的交貨點則由轉化商洽 URENCO 後決定。假設未來標務係 UEC 及 UUSA 共同投標，轉化鈾是否可以全數交運至 LES 廠，因台電公司新簽轉化服務契約，Cameco 及 ConverDyn 均位於北美，跨洲運輸成本不低，故若 URENCO 可提供本項服務，則本公司可考慮於評標時依預估交貨數量給予對應之回饋。

註:雖然 AREVA 在未決定興建 Eagle Rock Enrichment Facility 前在美國沒有核子設施，但是仍有在美國之轉化鈾帳戶，本條款可考慮用通則方式納入契約條款，一則以鼓勵廠家提報美國濃縮服務之比例，一則可降低本公司之營運成本。

(3). 數量條款

本公司現有濃縮契約為需求型，Mr. McCormick 表示：渠已將本公司之未來 100% 需求納入渠產能供需計畫內並詢問未來濃縮標是否考慮改採固定承諾數量型，渠表示 URENCO 的客戶採契約固定數量型及需求型者均有，比例約為一半一半，採需求型因為無法精確預估數量，URENCO 之風險較高，故最後會於價格上做出適當的反映，但是以客戶立場，濃縮服務約佔核燃料採購成本之 40%，而且需求數量隨著製造數量與交貨時程各年間變化很

大，加工製成濃縮鈾後有使用上的限制，故以往本公司該等契約採均需求型，以避免庫存的風險，然而為尋求降低營運成本，若濃縮功交貨可以參照本公司轉化契約下 credit (信用交易) 方式為之，則可避免受限於因加工為濃縮鈾後無法配合製造需求的困擾，可納為未來標案之考量。

有關契約下之各年交貨數量調整彈性，可以維持現有濃縮契約之 +/-10%，惟為 Mr. McCormick 提醒本公司，供應商會視渠需承擔的風險反映於報價上，即愈大的數量調整彈比例，單價愈高。

(4). 價格機制

濃縮加工服務不同於轉化加工服務，轉化加工服務需將原料鈾轉換為六氟化鈾，涉及型態轉換，需要大量的氟製品，故生產成本與化學原料之成本相依，而濃縮加工服務則相對單純，主要成本集中在濃縮技術(離心機之可靠度及耗電量)與濃縮鈾之貯存及運輸，是故以往加工服務之價格機制單純為基價加計上漲，惟隨著市場變遷，為分散價格機制造成公司成本變化之風險，即避免於高市價時簽訂基價加計上漲契約以致未來交貨價格高於市價，或純市價型契約面臨市價暴漲，而致成本無法掌控的風險，未來濃縮標之價格機制可能不會像現有濃縮契約下價格機制單純為的基價加計上漲，而採行混合型。

URENCO 表示雖然渠是單純的濃縮服務生產商，偏好基價加計上漲型之價格機制，以確保合理利潤，但是渠亦認知隨著市場的變革，買賣雙方都希望降低營運的風險，混合型之價格機制為不可避免之趨勢，將儘量配合辦理。

(5). 下腳範圍

有關下腳範圍將於招標規範草案中指定，職詢問 URENCO 意見，是否有建議的範圍，URENCO 表示：對渠而言下腳範圍只是商業條款，用於計算濃縮功使用的數量，與實際生產關連性不強，愈小的範圍，對濃縮功數量變化愈小，渠之風險愈小，故愈佳，但是對客戶而言，較大之範圍可因應市場價格調整最佳下腳之使用，不論為何均可配合辦理。

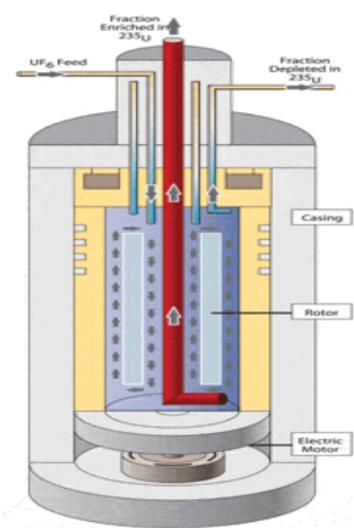
(6). 參觀 URENCO Capenhurst 濃縮廠

職本次參訪係由 Mr. McCormick 及 Mr. Matthew Bowling 陪同，URENCO 的 Capenhurst 濃縮廠位於英格蘭區的西北方，由倫敦搭乘火車約 2 小時車程即可達距離最近之城市 Chester，Chester 到 Capenhurst 約 10 幾英哩，自外觀看來一點都不像是個工廠，環境優美，非常安靜，沒有預期中離心機高速轉動可能會有的噪音。進入濃縮廠如一般進入核能設施相同，需進行出入管制，而且需將所有電子設施存放於保管箱不能帶入。

Mr. Mark HB Lunn, Chief Nuclear Officer & Head of Safety, Health, Environment and Quality 負責本次參訪之主要引導及解說，Mr. Mark HB Lunn 首先介紹 URENCO UK Ltd 組織、整個 Capenhurst 濃縮廠佈置及近期營運狀況，分述如下。

URENCO Capenhurst 濃縮廠採用氣體離心式分離技術，以提高鈾之濃度，技術簡介如下：

● 氣體離心式濃縮簡介



氣體離心機的理论結構如左邊示意圖，由一真空直立桶槽內部建置轉動圓柱筒 (cylindrical rotor)，運轉時此圓柱筒將在近似無摩擦之狀況下高速旋轉。鈾料則是以氣體六氟化鈾(UF₆)形式注入圓柱筒，並隨著圓柱筒旋轉獲得轉動能量。離心機轉動時的離心

力會使得較重的鈾 238 聚集至圓柱筒外圍，因此靠近圓柱筒外圍氣體的鈾 235 含量較低，而靠近圓柱筒中心氣體的鈾 235 濃度較高。

通常單一離心機並無法將鈾 235 濃度提升至製造核燃料所需之 3-5%，因此必須將數個離心機串聯運轉，此外為提升輸出量，

離心機則須並聯運轉，一整組由數個離心機串聯與並聯配置的生
產裝置則稱為一個 Cascade。同一區域或隔間中並聯運轉的數
個 Cascades 則稱為 Unit。

相較於氣體擴散式濃縮廠，氣體離心式濃縮廠有 2 個主要優
勢，其一為利用模組化設計擴產容易，且每一次擴產過程中皆
可引用最新技術；另一個優勢則是耗電量小，由於離心機是在
幾乎沒有摩差力的狀況下運轉，最新設計的離心機每單位濃縮
功(SWU)大約只需要 50 kWh 的電力，只需氣體擴散式濃縮廠
耗電量(約 2300kW)的 2% 左右，所以氣體擴散式濃縮廠在電價
日漸高漲的情況下，完全沒有競爭力而關閉。

雖然氣體離心機的理论非常簡單，亦非新理论，但全球有能力
興建氣體離心式濃縮廠的廠家卻寥寥無幾，主要技術困難在於
理論與實務之配合，如何在轉動圓柱筒的馬達設計以及取得運
轉時的平衡，避免振動，且該馬達需要能長期維持在高速運轉
且轉速精確是第一個課題；此外離心機內部環境實際上是非常
複雜的，不但有壓力梯度，還有溫度梯度，壓力梯度來自於離
心力，而溫度梯度則由桶槽與旋轉圓柱筒間的加熱系統控制，
而轉化鈾(UF₆)有很強的毒性，可與水劇烈反應，並且能腐蝕

大多數金屬，離心機材質的選擇亦是重要關鍵；此外，高速運轉離心機的穩定度亦取決於基座設計，離心機基座上的固定裝置看似平凡，但卻是非常強固，亦是建廠時非常重要的技術，一般離心機的誤差容忍值非常小，在設計之初需經過不斷的調整，施工時要求標準亦高，否則離心機非常容易失去平衡而無法成功運作。

URENCO 的離心機技術是慢慢演進的，在第 1 代離心機商轉前，該公司亦耗費十數年調整轉速與離心機之平衡，之後新型離心機的開發時程得以縮短主要還是來自於經驗累積，這是新投入離心機技術研究的廠商無法馬上獲得的。

● E21 廠房

Capenhurst 濃縮廠區，區域開發歷程已久，區域內原有多個不同公司單位及政府部門，Capenhurst 廠共有 4 座商用廠房，廠區內正中為 1976 年啟用之第一座商用濃縮廠房 E21，已於 1992 年停止生產，由於該廠房當初係用於氣體擴散式濃縮廠，故所佔用面積亦是最大的，URENCO 已於今(2012)年自 BNFL 取得該土地之所有權，並承包除役工作，完成時間約需 20 年，未來若 Capenhurst 廠計畫再擴張產能，則可使用本區完成除役部

份之土地，短期內並沒有使用之計畫。

本次職到訪 URENCO 參觀第二座廠房 E22 及第三座廠房 E23 廠房，進入廠房前均配有耳塞可供使用，惟機器運轉的聲音並不是太大，使用耳塞反而妨礙溝通，故職參觀途中，並未使用，這實在是令人印象深刻。第二座廠房 E22 於 1996 年加入營運，包括早期開發之各代氣體離心機組串(cascade)，起初由早期數個小型離心機(約僅有半人高)組成一個小模組，再由小模組組成離心機組串，發展到後期較高較大離心機單獨運轉，再由離心機組成 cascade，像是離心機博物館，這些不同世代之至今 20 多年仍然持續運轉，雖然不可避免有些離心機已經故障(failure)不能使用，但離心機分離式的優點於此時再次展現，故障之離心機並不需自現場移除或替換，只需於控制面板上移除，運轉持續，一直要到故障率達一定程度以上，影響 cascade 效率才會停止。運轉現場人員表示，目前平均可使用率仍在 80% 以上，一般於財務估計時，估計可使用壽命為 15 年，即 15 年即可回收投入成本，離心機持續而穩定的運轉，是 URENCO 獲利的基石。

● E23 廠房

Capenhurst 濃縮廠的 E23 廠房僅使用 TC 12 型離心機，刷卡通

過管制門後，會看到簡介室，牆面上掛有離心機及濃縮廠簡介圖表資料，再進入廠房後首先看到控制室並可透過玻璃牆面看到內部人員及電腦監控顯示螢幕，現場並除了陪同參觀人員外，並沒有遇見太多人，平常離心機穩定運轉並不需要太多運轉員，E23 廠僅有不到 10 人採 12 小時 1 天 2 輪制輪班。每一個廠房有各自的控制室，但整個濃縮廠還設有緊急控制室，每年亦須進行緊急計畫演習。在儀控系統室旁還有數個排放槽 (drain tank)，在緊急事故發生時可將管路內尚未完成濃縮的氣體全部排放至圓槽內，以避免氣體外洩及方便後續處理。

在儀控系統室旁即為離心機室，為封閉式房間，與 E22 不同，E22 因為數個離心機外再遮蓋，故可直接進入廠房，而 E23 廠房所使用 TC12 型離心機獨立存在，為控制廠房內之環境，僅由房門上的玻璃窗觀看離心機實體，TC 12 型離心機約超過 1 層樓高，在房間內呈矩形陣列排列，一般而言，Cascade 並沒有很明確的定義，一般會稱同一個矩形基座上互相串聯在一起的離心機為一個 Cascade。

接著參觀饋料及產品生產填裝系統，URENCO 濃縮廠係將轉化鈾運輸箱直接連結饋料系統，在系統中加熱使轉化鈾氣化，

再經減壓過程將轉化鈾氣體輸入離心機中，經過處理後產生的濃縮鈾則直接注入連結在生產填裝系統內的 30 吋濃縮鈾運輸箱，該填裝系統會直接冷卻濃縮鈾。饋料及生產裝置內的儀器會量測運輸箱的重量，並以重量判斷濃縮鈾運輸箱是否裝滿或須更換轉化鈾饋料運輸箱。濃縮鈾運輸箱裝滿後還需經過取樣確認濃縮度，以往並非每個運輸箱都取樣，後來改為每個運輸箱都取樣，樣品共二份，一份隨運輸箱運送，另一份存於廠，以備有爭議時使用。URENCO 工作人員對其品質管控非常有自信，談及多次交貨爭議，事後均證明渠系統之準確性。事實上，在整個濃縮系統管路中，一直都有設備檢測濃縮度，所以注入運輸箱的濃縮度幾乎都會符合要求。

● 物料儲存及運輸箱處理

在參觀完廠房後，參觀物料儲存場所，因為氣體離心機是持續不斷地在運轉，並不需要太多人員與關注，但整個濃縮廠日常最主要的工作則是運輸箱調度與處理，轉化鈾與濃縮鈾採用的運輸箱並不相同，處置方式也不相同，目前該廠的轉化鈾饋料係於處理廠外面空地堆疊置放，由於轉化鈾不會有臨界問題，所以可以堆疊，但規定不得超過 3 層，濃縮鈾運輸箱則規定不得堆疊。

轉化鈾運輸箱進廠後，須先送至處理廠將外部保溫裝置拆除並檢查，職到訪時並無轉化鈾運輸箱再處理，一般有 3 種不同的保溫裝置包覆的運輸箱待處理，其中來自北美的運輸箱僅用保溫毯包覆，保溫毯的優點是成本較低、好處理且可吸收外部應力提供適當保護，但是如果運輸過程遇到下雨或下雪，則保溫毯會變得非常笨重且難處理；歐洲轉化廠則使用塑膠外殼內置保溫材之保溫箱，保溫箱較保溫毯堅固，但塑膠外殼摩擦差力小，有時不好處理會滑動，因此常常需要特別貼上防滑膠帶；另外較少見的保溫箱則是日本廠商使用的不鏽鋼外殼保溫箱，此種保溫箱造價很高但非常堅固耐用。

運輸箱處理廠除了拆除保溫裝置外，在運輸箱饋完料後還須送回來進行除污及檢修，有時轉化商送來的運輸箱較舊，URENCO 也會負責更新閥體及封環等組件使這些運輸箱能符合較高的標準繼續使用。

據 CONVERDYN 表示，URENCO 之接收要求標準較 USEC 為嚴格，CONVERDYN 自 USEC 移轉到 LES 廠偶有拒收運輸箱發生，致 CONVERDYN 均會嚴格挑選。

除了處理運輸箱之外，另一個最重要的工作即是秤重，因為正

確的重量紀錄不只是客戶對料帳管理的要求，Euratom 以及國際原子能總署(IAEA)為監督國際保防亦要求精確的料帳管理。在濃縮廠料帳管理即是利用重量掌握所有物料量，因此只要運輸箱一經移動，即須秤重，例如運輸箱離開濃縮廠房前須先秤重，送至處理廠時，要再度秤重。URENCO 所使用的秤重儀器精確度非常高，即使處理以噸計量的重量，精確度卻可達到 100g 以內。

● 其他

參觀完 Capenhurst 濃縮廠後，職洽詢有關 URENCO 集團下濃縮廠的差異性，渠表示濃縮廠的作業方式與程序書大部份均相同，差異部份係為符合濃縮廠所在國之法律規範而為之修訂，各國法規中，不出預期，歐洲法規以德國最嚴格，物料進出口執照申請亦最為繁複，因此現有契約下之交貨，主要由英國 Capenhurst 廠出口，如確實有必要時才會考慮由其他 2 個廠調度。

在法規方面，美國核能相關法規之具體施行方式與歐洲不同，Mr. McCormick 表示在興建美國廠濃縮廠的過程中，URENCO 最大的問題不在興建技術，而是花費很多時間及精力與 NRC

溝通及處理法規相關問題。

此外 URENCO 的 3 個濃縮廠因為興建及營運時間不同，因此經濟效益並不相同，Capenhurst 因為擁有不同時期建置之離心機，因此較有彈性因應客戶需求調整下腳濃縮度，德國 Gronau 廠因為較晚興建，在學習其他 2 廠之經驗後，德國廠的配置規劃是最佳化且最經濟的。另外，德國廠還建置有最新一代的 TC 21 型離心機，該機型約超過 2 層樓高，目前 Capenhurst 廠內的現有廠房都無法容納該機型。興建中的美國濃縮廠雖然採用 TC 12 型離心機，但是廠房設計已預留裝設 TC 21 型的高度，以便未來新增新機型離心機。

下腳濃度的設定係定期視市場情況與需求情況定期檢討，如同前述，雖然 URENCO 與各客戶所簽訂的下腳範圍並不相同，但實務生產只能儘量標準化，包括濃縮鈾的濃度與對應的下腳，所以與客戶細密切的連續是很必要的，如果遇到生產的濃縮鈾與客戶要求不同，只能利用再 blend down 來滿足。

近年來因為 URENCO 銷售狀況非常良好，歐洲三個濃縮廠下腳的數量已幾達許可上限，由於轉化鈾的化學特性，貯存要求非常嚴格，必須貯存於合格運輸箱內並定期檢查，不像原料鈾

可直接置於鋼筒內，故在 1990~ 2009 年間，由俄羅斯代為再濃縮至轉化鈾(其後改為濃縮鈾)再送回 URENCO，以降低下腳數量，亦有部份下腳送至 AREVA 轉換為 U3O8，貯存於 Netherlands 之 COVRA 廠，所以 URENCO 於 2009 年 1 月決定使用 AREVA 技術於 Capenhurst 興建 de-conversion 廠：Tails Management Facility (TMF)，目前已開始進行整地工作，預估將於 2014 年開始運轉。

三、 拜訪世界核能協會

1. 世界核能協會(WNA, World Nuclear Association)簡介

世界核能協會之前身為鈾礦協會(Uranium Institute)，成立於 1975 年，由於組織持續擴大因此於 2001 年改名為世界核能協會。該協會是由全世界主要核燃料供應商、核能發電業者及各國核能相關機構或組織所共同組成的國際性貿易組織。目前會員公司 170 餘個，遍佈全世界 30 餘國，會員所屬電力公司之發電量占全球核能發電之 90%，而會員公司所生產之原料鈾、轉化、濃縮服務將近全世界之所有產量，對於核燃料循環工業之影響極為深遠。

世界核能協會宗旨即在提倡全球核能之和平用途。業務範圍涵蓋所有核能發電相關事項，如核燃料循環各階段：原料鈾探勘、開採、轉化

服務、濃縮服務、核燃料製造、核電廠運作、核燃料運輸及用過燃料之安全處置。該組織除提供所有會員交換技術、商務及策略之服務外，還利用網頁資訊服務(Public Information Service 及 World Nuclear News)提供核能相關資料及發布重大核能資訊、定期舉辦國際會議(WNA symposium, China symposium 及 India symposium)及訓練課程(World Nuclear University)以促進國際核能交流與合作及對大眾宣導核能技術。

目前世界核能協會下共設有 16 個工作小組(詳如下列)，專責研討各類核能相關之議題，並提供各類重要核能研究報告，發布重大核能資訊，定期舉辦論壇會議，促進國際核能交流與合作。每年 1 月於倫敦召集會議，訂定當年度各該工作小組的計畫，並於 4 月 World Nuclear Fuel Cycle 及 9 月 WNA 年會時開會討論。

WNA Working Groups

1. Nuclear Fuel Cycle Plenary Session (Plenary Session)
2. Cooperation in Reactor Design Evaluation and Licensing WG (CORDEL)
3. Radiological Protection WG
4. Industry Economics WG
5. Nuclear Law and Contracting WG (NLC)

- 6 Supply Chain WG
- 7 Transport WG
- 8 Fuel Technology WG
- 9 Waste Management and Decommissioning WG
- 10 Capacity Optimization WG
- 11 Uranium Mining Standardization WG
- 12 Construction Risk Management WG
- 13 Security of the International Nuclear Fuel Cycle WG
- 14 Strategic Advisory Group (SAG)
- 15 Fuel Market Report Drafting Group
- 16 Energy Futures Study Group

WNA 所舉辦之各式會議為核能工業最重要的論壇及會議，亦為各會員國相互交換經驗及取得資訊之管道，本公司自 1982 年 7 月 1 日入會以來，自該協會所獲得的訊息，對本公司核燃料營運、採購策略之擬定與執行及核能政策推展，均有莫大助益。

2. 洽談內容

世界核能協會每 2 年出版核燃料市場報告(The Global Nuclear Fuel Market)，內容包括未來核能發電裝置容量之預測，對應核燃料各階段之需求以及供應狀況，由核燃料工作小組(Fuel Market Working Group)

負責，核燃料工作小組之下再對不同主題分設小組討論，主要主題有需求(demand)、次級供應(secondary supply)、原料鈾(uranium)、轉化(conversion)及濃縮(enrichment)，其它未盡事項則由工作小組負責。因本公司現有濃縮契約將於 2015 年到期，並擬於近期進行濃縮服務採購標案，故職於本次拜訪 AREVA 及 URENCO 之便順道參加濃縮市場分組(Enrichment Subgroup)討論，期由不同觀點進一步整體濃縮市場未來供需情勢。

本公司並非濃縮市場分組之成員，因為工作小組成員有定期與會之義務，而本公司基於出國計畫安排之限制無法全程參與，而是視需要選擇性參與，一般各工作小組亦歡迎非工作小組成員來賓與會，以廣納不同觀點之意見。小組主席為 USEC 公司 Mr. Lee Clanton 因故未能出席，由 UxC Ms. Ruthanne Neely 與 URENCO Mr. Steve Harding 共同主持，與會之工作小組成員如下：

濃縮商：URENCO Mr. Steve Harding 及 Mr. Philippe Goyard、AREVA

Loic De Boisanger、TENEX Alexander Pavov

電力公司：EDF Ms. Aubrey Marin 及 Veronika Milewski

貿易商：NUKEM Dr. Rolf Kwasny

核燃料顧問公司: UxC Ruthanne Neely

會中主要討論議題與結論如下：

- 有關各濃縮商之商業與策略性庫存量

本次 USEC 代表並未參加，據聞目前 USEC 庫存約達 3 百萬濃縮鈾；URENCO 表示，除了必要性工作庫存外，幾乎沒有濃縮鈾的庫存，所有產能均已出售，如遇緊急狀況，則必須從市場上採購才能滿足交貨需求；AREVA 代表迴避直接回答主席之詢問，僅表示 GB I 於停止運轉前已建立大量庫存，但主要目的是為了因應渠契約下之交貨義務，並沒有其它打算，對此與會其它人員似乎仍持保留態度；TENEX 代表則表示庫存數量合理。

對此，雖然大家者認同資料公開與透明化之重要性，但是基於各自利益，似乎很難達成共識。

- 需求量預估下腳假設

針對最新報告(2011 年出版)中需求量預估中濃縮下腳假設，濃縮下腳首次改用單一下腳(0.22%)來取代之前西方濃縮商採用 0.25%，ROSATOM/TENEX 則採用 0.15% 預估之方式，雖然報告

中已針對此假設可能造成需求預估之偏差進行評估，並獲得差異不大之結論，此外更考量濃縮下腳的選定除與市場價格息息相關外，不同濃縮商在相同市場情況下亦會基於渠市場行銷情況與營運策略而有不同選擇，故 WNA 未來將沿續採用單一下腳來預估未來需求。

市場分析是一種 state of art，並無絕對的好與壞標準，所以也很難在細節上達成一致的基本假設，分析者對選用濃縮下腳的方式各有各自認定的最佳假設，但是分析結果則會多方驗證，不單單是核燃料顧問公司，會中各濃縮商如 URENCO 與 AREVA，即甚至電力公司 EDF 均有各自獨立分析，惟大家似乎對未來的發展歧異並不大。

- 針對新濃縮產能未來商轉的可能性均表示不樂觀

AREVA 之 Eagle Rock 濃縮廠，雖然技術上不是問題，但是財務與市場需求已使此計劃幾近死亡” up from grave”；

USEC 之 ACP 濃縮廠則是技術與財務均困難；

此外，雖然 GEH 使用新型雷射分離式技術之 GLH 濃縮廠將獲得 NRC 之許可執照(註：NRC 於 2012 年 9 月底已核發許可執照)，但是大家一致認為執照核可與是否要興建是不同的考量，前者是

基於安全與環境的考量，而後者獲利與否才是決策最重要因素，隨著目前市場低迷的狀況，GEH 亦將最終決策時間延後，本計畫未來真正付諸實行的機會似乎不高。

一般而言，產品是有週期性的，隨著新技術新材料的研革而推陳出新，以濃縮技術而言，早期全部為氣體擴散式技術，然到 2013 年 USEC Paducah 停止運轉後，將完全終止，未來可見年間離心分離式將為唯一技術，但是離心分離式技術亦已應用經年，何時被下一代新技術完全取代？職會後詢問 Mr. Steve Harding 對此看法，Mr. Steve Harding 認為雖然離心分離式技術亦已應用經年，但是雷射分離式技術除技術與經濟性之考慮外，最大隱憂是核子禁衍的考量，最終政治上如果不能取得可靠保證，離心分離式將持續主導市場。

- 有關氣體擴散式濃縮廠的停止營運、HEU 結束及 TENEX 與 USEC 簽訂之 LEU 供應契約對市場的影響，雖然列為待討論的議題，但是一般認為對供應影響不大，因為濃縮的產能有供過於求的情況，但是基於價格是由最後滿足需求點之成本所決定，氣體擴散式濃縮廠的停止營運是不是會引發另一次的價格變化，並未在會中討論，反而是濃縮過剩產能使用於下腳再濃縮為轉化鈾或濃縮

鈾對需求則有一定程度的影響，惟此點很難具體量化影響程度。

四、 拜訪 Rio Tinto 總公司

Rio Tinto (力拓)集團是全球第二大採礦業集團，僅次於 BHP Billiton (必和必拓)公司，並為全球最大的銅礦生產公司、全球第 2 大鐵礦砂供應商，另外還有其它鋁、硼砂、煤炭、黃金、鐵礦、鉛、銀、錫、鈾、鋅、鈦、鑽石等礦產。Rio Tinto mine, Seville, Spain 成立於 1873 年，Rio Tinto 是西班牙文，意為黃色的河流，1954 年，公司出售了大部分西班牙業務，1962 年至 1997 年，該公司兼併了數家全球有影響力的礦業公司，並在 2000 年成功收購了澳大利亞北方礦業公司 (Australian multinational North Ltd)，成為在勘探、開採和加工礦產資源方面的全球佼佼者。

職本次係拜訪位於倫敦總公司之鈾礦部門，由 Mr. Martin Oliva 負責接待，令人印象深刻的是在櫃台換証後，要求職於櫃台旁之會客室接受約 10 分鐘的安全教育講習，隨後 Mr. Martin Oliva 解釋，這是 Rio Tinto 對集團下的統一要求，該公司的核心文化是「安全」，即使是在總公司辦公室區亦要進行安全教育以落實渠對「安全」的要求，渠認為由於該公司所有人員，都有機會進出集團下之產業，故對於公司最重視的安全文化，要養成隨時隨地要求的習慣。

Rio Tinto Uranium (“RTU”) 成立於 2005 年，由原來 Energy Resources of Australia (“ERA”) 行銷部門及 Rio Tinto Mineral Services 人員所組成，總公司位於倫敦，並於新加坡、美國丹佛、澳洲雪梨及東京設有辦公室：

本公司分別與 ERA 簽訂有 2007~2011 年，年名目量 50 萬磅，TPCNF-L-0502 原料鈾長約，及與 Rössing 簽訂有 2009-2015 年，年名目量 40 萬磅，總量 280 萬之原料鈾 TPCNF-L-0901-1 合約，均由 RTU 負責管理與本公司所簽訂原料鈾長約下之相關交貨、通知及行政事宜。

影響礦業工業的變數非常多，例如天候變化，2010 年末及 2011 年澳洲超大雨量造成澳洲嚴重影響煤礦及鈾礦的生產，此外，品位的高低亦影響產出，Mr. Martin Oliva 解釋有關今年渠要求以部分 US 鈾源履約的原由，主要因 2011 年年初超過預期之雨量、較預期低之鈾品位以及工人抗議行為等非預期事件影響渠 2011 年之原料鈾產量，致 2011 年年產量僅有 470 萬磅，較 2010 年之 800 萬磅大幅減少，而致無法依契約規定交運那密比亞鈾源之原料鈾，要求改以其它鈾源(US)之原料鈾替代，Mr. Martin Oliva 表示前述情況於今(2012)年已逐漸改善，惟仍發生一些影響生產之非預期性事件，例如開採工具非例行性之維修、較預期低之鈾品位及萃取效率、以及今年上半年精煉廠無預警的

停機等，預估明年交貨應可不受影響。

Mr. Martin Oliva 進一步表示目前評估報告中，只是單純包括採礦成本 (production cost) 而已，並不包括其它隨著經營環境改變的社會成本，Rio Tinto 的礦區遍及世界各地，大部份位於較偏遠未開發的地方，Mr. Martin Oliva 並以 Rossing 礦區為例詳細說明，開發一個新礦區，上自取得政府許可、地方公共建設投資，到與當地居民的溝通及取得支持，甚至對附近社區的回饋，例如協助建設醫療，設施，推廣教育等等，均是維持一個礦區長期穩定營運的外部因子，亦是渠成本中不可忽略的部份，此部份對公司的營運與獲利影響非常大，但是變化很大很難估算。Mr. Martin Oliva 表示：該公司於此經驗豐富，並樂於與本公司分享，經驗的分享是價值的再創造。

Mr. Martin Oliva 並表示：RTU 目前的角色是”代理商(AGENT)” ，單純是代 Rossing 及 ERA 管理各該公司對外契約，契約的主體仍為 Rossing 及 ERA，未來 Rio Tinto 集團可能改變經營方式，RTU 將取得所有 Rossing 及 ERA 礦所生產之所有權(註：Rio Tinto 分別擁有 Rossing 及 ERA~68% 股權)後，再行銷售，故為未來對外簽約之主體。惟如果渠經營方式變更為此，ERA 契約已於 2011 年結束不受影響，而 Rossing 現有契約亦需為對應之變更，是否符合現有契約下轉讓 (Assignment) 條款之規定，將再進一步討論。

肆、心得與建議

Urenco 提供本公司濃縮服務需求之 55%，且濃縮廠為本公司轉化鈾儲放場所，其供應穩定性對後續之核燃料製造之最終品質有相當大之影響。有人可能會問實地考查有什麼好呢？安坐在辦公室中難道不能達到相同的目的嗎？花那麼多的時間和金錢，有什麼好處？確實實地考查通常不會有任何立即實質性的影響，但是有助於了解一個工廠的實際營運狀況與經營理念落實的程度，不是書面考查所能覺查的，常見相同的設備或工廠，擁有相同的作業程序與管制，但是營業績效可能差異很大，硬體設施複製容易，但是組織系統化的設計與從業人員的工作態度決定最後整體績效表現。職本次參訪 Urenco Capenhurst 濃縮廠，現場整潔明亮，舉目可見沒有多餘雜物，動線流暢，現場工作人員解說清楚，鉅細靡遺，對個人所負責的工作非常有自信，由小見大，可見整體績效。此外，往往因為每個人負責的業務不同，觀點亦不同，例如業務人員側重於業績的達成率，往往在爭取業績時，因為不了解實務運作情況，而做出實務上很難配合的承諾，進而影響客戶的權益，實際合約執行上亦多生困擾，故職本次參訪獲益良多。

職本次拜訪之 AREVA、URENCO 及 Rio Tinto 等三個廠家，均為核能工業界重量級全球性的供應商，雖然各個公司強調的重點並不相同，

但對公司文化的落實要求是一致的，例如前職所提 Rio Tinto 因渠對「安全文化」的要求並一體應用於總公司辦公區，這種精神是公司永續經營的命脈，值得拿來借鏡。

本公司僅有 6 部核能機組運轉中，相較於其它核能電力公司，並不屬於市場上之大買家，而且角色特殊，為國營企業，較一般私人營利機構，受更多限制，例如除了一般性商業條款外，另外必須符合政府採購法的要求，以致進行採購時，往往為了符合採購程序耗費相當時日，很難精準掌握採購契機。而核燃料市場不同於其它大宗商品，屬於寡佔市場，供應廠商非常有限，各階段加工服務供應商家數更是只有 3~4 家，基於本公司經營特殊考量，如何提昇採購效率，確保供應安全，降低營運成本，一直是本處工作重點。職本次基於規劃新濃縮標務的考量，除拜訪相關濃縮廠商洽談個別廠商對標務之看法外，更參與世界核能協會核燃料工作小組濃縮市場小組的討論，希望借助來自不同領域的專家的經驗，能更深入了解各角度下各廠家營運狀況與市場未來的展望，同時避免資訊來源過於單一化，造成本公司決策上的偏頗。

世界核能協會下設有 10 餘個工作小組，研討各類核能相關之議題，並提供各類重要核能研究報告，發布重大核能資訊，定期舉辦論壇會

議，促進國際核能交流與合作，在核能業界占有舉足輕重之角色，然而本公司常限於預算問題無法派員參與各工作小組會議或僅派唯一代表參與年會，並無法將所提供之資源有效利用，非常可惜，特別是近年來，核燃料市場變化較大且不確定性高，買賣雙方之強弱態勢瞬息變化，本公司如果能及時取得有效資訊，即可因應市場變化採行有效應變措施，對提昇採購品質應有很大有助益。