

出國報告（出國類別：其他）

參加 2016 年 12 月延長乾貯合作計畫會議出國報告

服務機關：核能研究所

姓名職稱：董曉明 副研究員
程貴仁 副研究員

派赴國家：美國

出國期間：105 年 11 月 27 日~105 年 12 月 3 日

報告日期：105 年 12 月 20 日

摘 要

2016 年 11 月 27 日～12 月 03 日赴美國北卡羅萊納州夏洛特市(Charlotte)參加延長乾貯合作計畫會議(Extended Storage Collaboration Program, ESCP)，會議為期 3 天。該會議每年由美國電力研究所(Electrical Power Research Institute, EPRI)主辦兩次，分別於每年春季與冬季舉辦，首次會議於 2009 年在華盛頓 DC 舉行，今年為第 8 年，計有超過 140 位以上的會員參加。該會議採會員制，有邀請函的會員才可參加，希冀透過該會議，使全球各地的產、官、學之專家與學者能有機會齊聚一堂，進行相關經驗交流與研發成果心得分享，更進一步地了解用過核子燃料乾式貯存系統可能遭遇之議題及相關預防對策。本次會議除綜合會議外，另提供 4 項分項主題會議，包括：1. 氯鹽誘發應力腐蝕(CISCC)、2. 核子燃料(Fuels/Internal)、3. 非破壞檢測(NDE)及 4. 延緩與修理(Mitigation/Repair)。針對各個分項議題邀請專家進行簡報後再綜合討論，期能於最短時間內，對該議題能提出具有最大共識的研究方向。本次會議共計有超過 50 場次的演說發表，可有效地瞭解目前國際間研究用過核子燃料乾式貯存的相關議題與進度。

參加此次會議的心得，可分為四點敘述：(1) 乾貯桶於銲接後之殘餘應力的量測，可用以評估密封鋼桶安全性重要參數之一；(2) 現場環境數據的收集，為評估乾貯桶是否會遭遇應力腐蝕的重要工作項目之一；(3) 非破壞性檢測技術的開發為未來老化管理之重要一環；(4) 監視樣品可作為密封鋼桶材料劣化程度的參考。綜上所述，參與此次會議，我們對延長乾貯合作計畫會議之建議如下：(1) 該項會議值得我方定期派員參與，可減少自我摸索的時間，並獲得國外運轉實務經驗與研發成果；(2) 應持續投入材料老劣化機制之研究與防治技術開發，確保用過核子燃料的安全貯存；(3) 須持續開發有效的檢測與管理方法，確保乾式貯存系統在貯存期間的安全性。

目 次

摘 要.....	i
一、目 的.....	1
二、過 程.....	2
三、心 得.....	4
四、建 議 事 項	17

附 件：

附件一：2016 年冬季 ESCP 會議議程

附件二：2016 年冬季 ESCP 會議參加人員名單

一、目的

行政院原子能委員會核能研究所(以下簡稱核研所或本所)長期從事於核電廠管路覆銲研究、核能材料環境效應誘發材料劣化研究與用過核子燃料乾式貯存相關工作。核能電廠用過核子燃料在進行最終處置前，會先在燃料池存放若干年後，再移至乾式貯存系統中貯存。EPRI 於 2009 年開始 ESCP 合作計畫，邀請各地核管單位、電廠、廠商、研究機構、學術團體之專家與學者齊聚一堂，希冀透過該會議，針對混凝土乾式貯存系統中的不銹鋼貯存筒、核子燃料、非破壞檢測及高燃耗用過核子燃料護套(High Burn-up Spent Fuel Cladding)性質，進行運轉實務經驗交流與研究成果心得分享，進一步了解乾式貯存系統於運轉及延役期間可能遭遇之議題及相關防治對策。本所於 2014 年曾參加該會議，參加人員專長著重於材料與腐蝕等相關領域，而此次則著重於乾式貯存系統應力腐蝕防治與洩漏檢測技術為主。藉參加此會議可獲取國外電廠、研發機構、學者、管制單位及廠家之技術發展及研究成果，有助我國未來在相關領域研發方向的規劃。

由於乾式貯存系統應力腐蝕機制與防治之研究領域既深且廣，且洩漏檢測也為一極具挑戰性的工程議題，本所研發人力及資源均有限，無法對相關議題作全面性的研究與開發，所以，參加該會議，實屬必要。藉由參考先進國家研發成果，擬定或修正本所研發方向，並通盤瞭解乾式貯存系統貯存期間可能發生之議題。本會議採投影片報告方式，不要求論文撰寫且僅限於會員參加（屬半公開會議），因此會議報告內容及數據不得引用，本出國報告內容亦不得引用，除非徵得原作者本人同意。此行主要目的如下：

- (一) 赴延長乾貯合作計畫會議發表本所研發成果：「A concept for the monitoring technique of the dry storage canister integrity by surveillance specimens」及「Quasi pressure test for canisters in service」，廣泛汲取各國專家、學者之意見，以適時修正本所之研究方向，並增進與各研究單位之互動，提升本所在核能專業領域之知名度。；
- (二) 精進對用過核子燃料乾式貯存筒所用的不銹鋼材料老劣化機制與行為之認識；了解世界各國最新檢測技術的開發及老化管理的關鍵議題；
- (三) 與會議專業人員交換電廠乾式貯存筒材料老劣化之研發經驗與技術細節。

二、過程

(一) 行程

日 期	地 點	內 容
11 月 27 日	桃園→紐約甘迺迪機場→夏洛特機場→夏洛特市	去程
11 月 28 日	夏洛特市	簡報資料準備
11 月 29 日~12 月 1 日	夏洛特市	2016 年冬季延長乾貯合作計畫會議
12 月 2~3 日	夏洛特市→夏洛特機場→舊金山機場→桃園機場	回程

本所指派董曉明與程貴仁博士參加此次ESCP冬季延長乾貯合作計畫會議，並於105年11月27日上午08：00由桃園國際機場搭乘長榮航空公司班機赴美國，經約14小時飛行時間後，抵達紐約甘迺迪機場，再轉搭國內Delta Airlines，約於11月27日下午5點抵達夏洛特市。

ESCP會議由美國EPRI主辦，Dr. Hatice Akkurt擔任此次會議主席並負責會議聯絡協調工作。會議從11月29日開始，每天從上午8：00至12：00，下午則從1：00至5：30，會議於12月1日下午5：30結束，會議議程相當緊湊，而內容則相當豐富。圖2.1.1為本所參加此次會議人員在本會議地點的合照。

12月2日上午9:35由夏洛特機場搭乘American Airlines至舊金山，再搭乘長榮航空至桃園機場，結束此次旅程。



圖 2.1.1 本所參加本次會議人員

(二) 2016年冬季延長乾貯合作計畫會議

延長乾貯合作計畫會議目的是探討核能電廠用過核子燃料乾式貯存系統的貯存安全性。由於許多乾式貯存場鄰近海岸邊，沿海大氣環境中的氯鹽懸浮物和水氣可能導致乾式貯存系統的不銹鋼貯存筒銲道及銲接熱影響區產生誘發應力腐蝕破壞，影響不銹鋼貯存筒運轉可靠度及壽命。

我國目前製造的乾式貯存系統不銹鋼貯存筒係使用 304L 不銹鋼，然而 304L 不銹鋼會因下述因素而產生應力腐蝕劣化：不銹鋼表面溫度、銲接殘留應力、材料敏化與冷作加工及環境溫度、濕度與鹽含量、風向、環境污染物等。這些因素對不銹鋼貯存筒氯鹽誘發應力腐蝕破壞的可能效應及影響程度，均有待實驗與模擬分析驗證釐清。有鑑於此，EPRI 於 2009 年開始 ESCP 合作計畫，邀請各地核管單位、電廠、廠商、研究機構、學術團體之專家與學者齊聚一堂，希冀透過該會議，針對不銹鋼乾式貯存筒、核子燃料、非破壞檢測及高燃耗用過核子燃料護套性質進行運轉實務經驗交流與研發成果心得分享，更進一步了解乾式貯存筒相關於運轉與延役期間可能遭遇之議題及相關防治對策。

參與本次會議的組織來自 8 個以上國家，參加人數則超過 140 人，共計有超過 50 場的簡報，簡報議程如附件一所示。會議為期 3 天；大會主席為 Dr. Hatice Akkurt，參加人員分別來自管制單位(如 US NRC)、電廠(Duke, Maine Yankee, Exelon 及其他)、廠家(如 GE, NAC, AREVA 及其他)、研究機構(如 CRIEPI, ORNL, EPRI, Argonne, Studsvik, SRNL, SNL, INER, KERI 及其他)及學術單位等專業人員，參加人員名冊如附件二所示。

三、心得

本次出席該會議心得分為材料性質與檢測及老化管理與非破壞檢測兩部分，分別概述如下：

(一) 材料性質與環境試片

美國DOE (Department of Energy) 的在會場發表在延長乾式貯存報告指出，目前仍需要的研究與研究之優先性，如圖3.1.1所示：

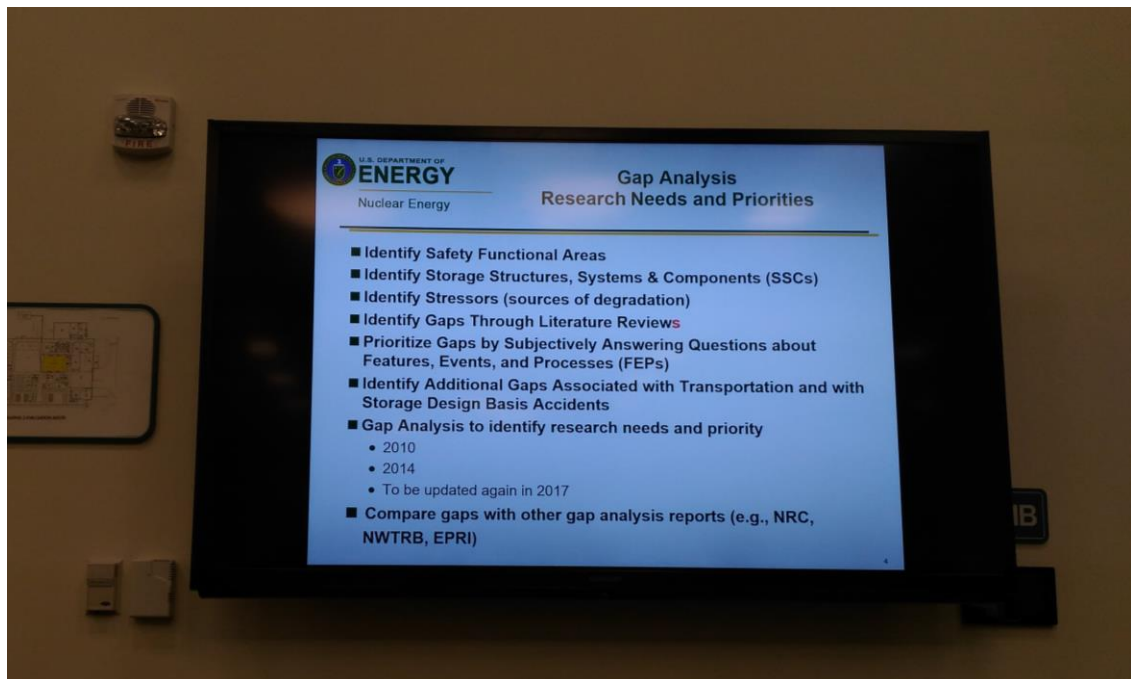


圖3.1.1 DOE目前研究的優先性

上述的報告共有八項主要的工作，其中比較值得注意的是確認貯存環境劣化來源 (identify stressors)，確認影響乾式貯存長期功能的特徵(features)、事件(events)及過程 (processes)(FEPs)以及在2017年針對研究不足的領域(Gap analysis)，進一步地確認與排序。

針對貯存行為與運送系統的研究中，DOE指出材料強度行為與外在劣化因素會影響乾式貯存完整性，如圖3.1.2所示：

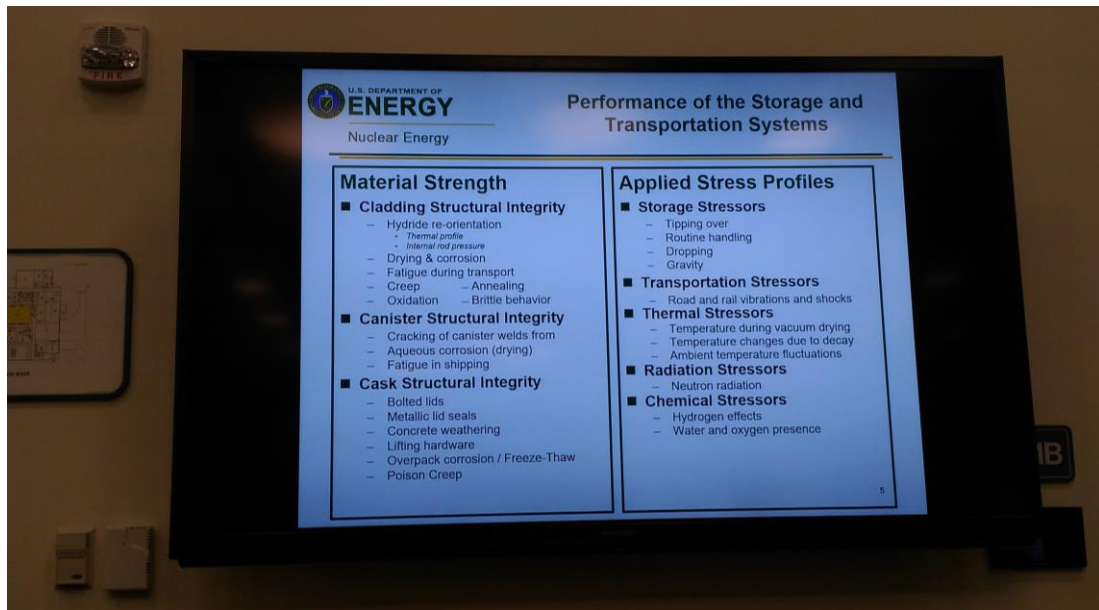


圖 3.1.2 材料強度與劣化因素

由上述報告得知，材料強度行為包含三方面：核子燃料護套完整性、密封鋼桶結構完整性、混凝土結構完整性，此三方面仍是關鍵的議題。外在劣化因素包含：貯存時的環境、運送過程、熱因素、輻射因素以及化學因素。在評估貯存劣化時，須把上面的因素納入進去考量。

針對護套完整性研究方面，DOE 提出了目前的研究方向與相關的議題，而目前實驗研究與進度如圖 3.1.3 所示：

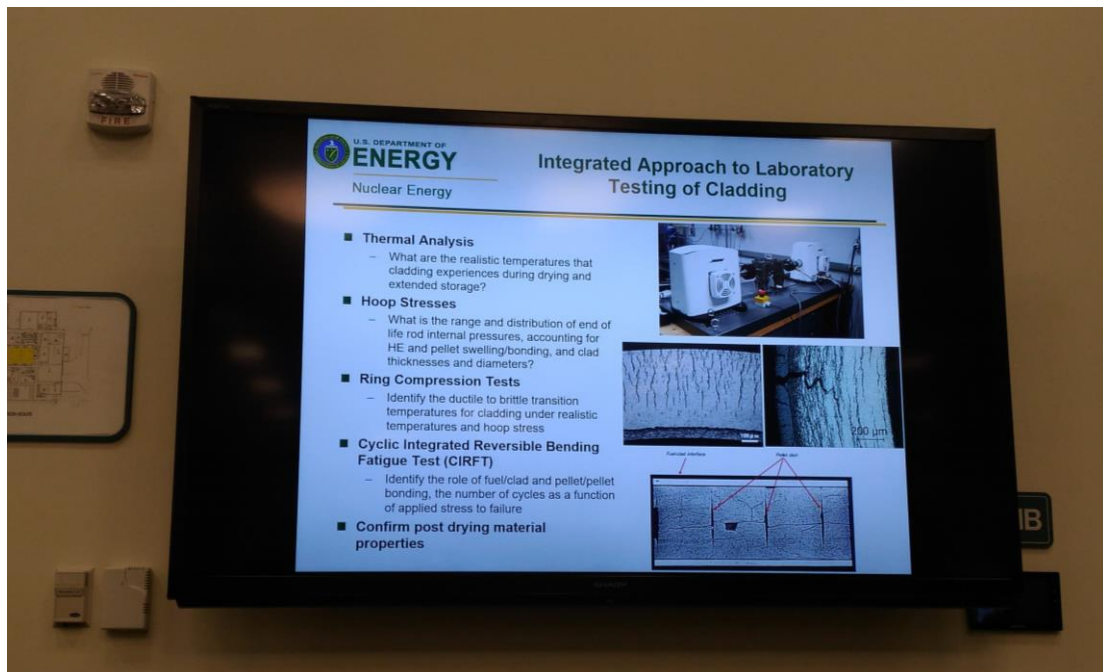


圖 3.1.3 DOE 目前實驗研究與進度

上圖提出了護套溫度、護套所遭受的圓周應力、護套韌脆轉換溫度、護套週期性疲

勞性質以及確認在乾燥過程中材料性質的變化。

針對不銹鋼貯存筒研究方面，因著有應力腐蝕的潛在可能性，銲接後的殘餘應力大小，與收集現場環境之鹽含量與大氣條件，是相當重要兩個因素，如圖 3.1.4 所示：

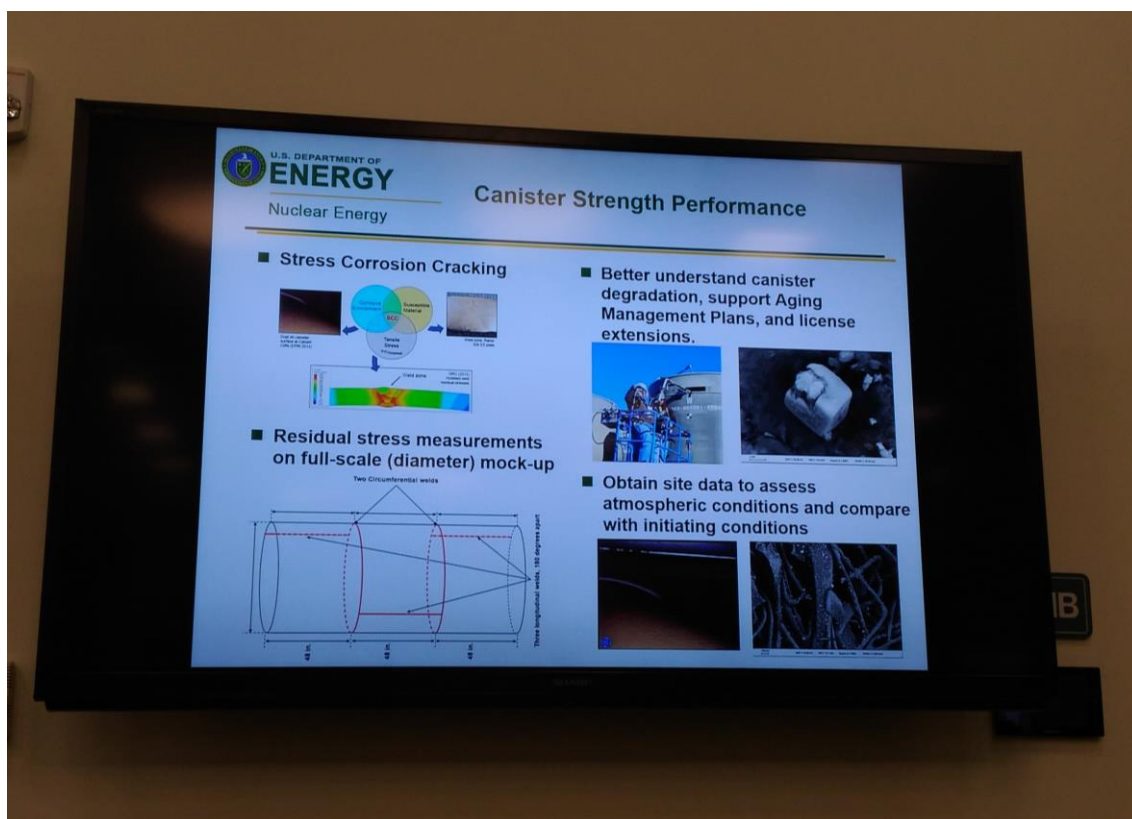


圖 3.1.4 應力腐蝕的因素

也因此，現場環境數據的收集，也變成評估不銹鋼貯存筒是否會有應力腐蝕情形的重要因素之一。美國 EPRI、DOE 與廠家目前正在積極蒐集相關環境因素(海鹽沉積量、硝酸鹽與硫酸鹽)。報告中指出，目前現場監測數據有限，目前人積極與廠家合作，擴大現場監測的位置，作為後續的評估，如圖 3.1.5 所示。

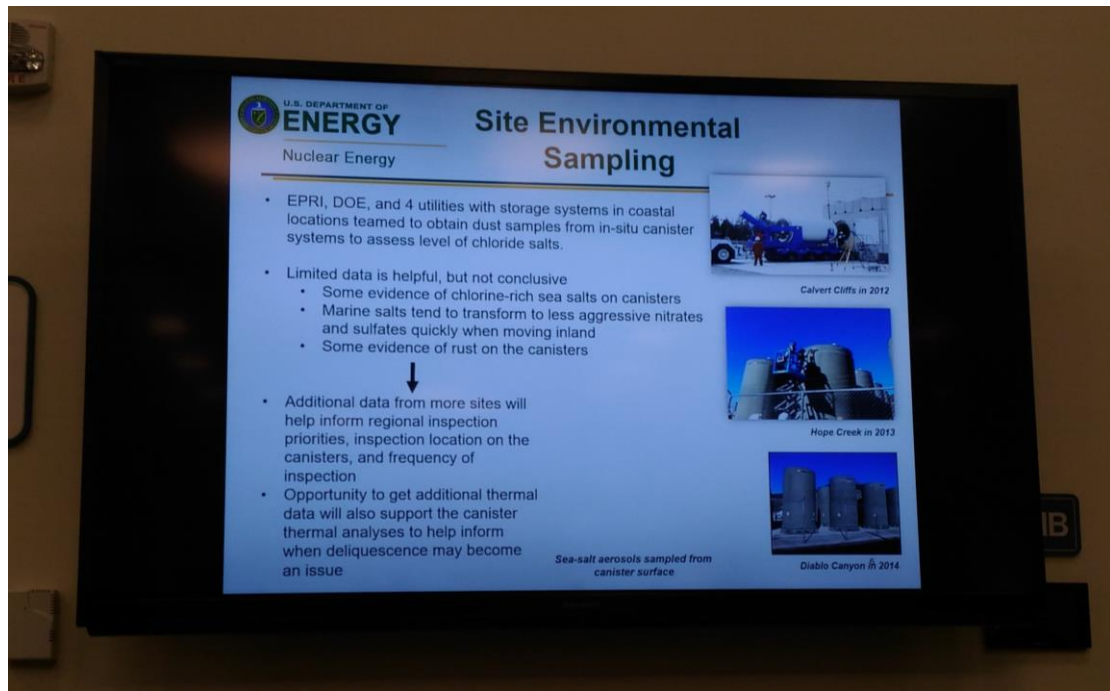


圖 3.1.5 環境取樣

針對殘餘應力，DOE 的報告中，也直接量測不銹鋼貯存筒的殘餘應力大小，如圖 3.1.6 所示。由圖 3.1.6 可看出，在圓周方向鉚道的殘餘應力大小最高可接近 400MPa。

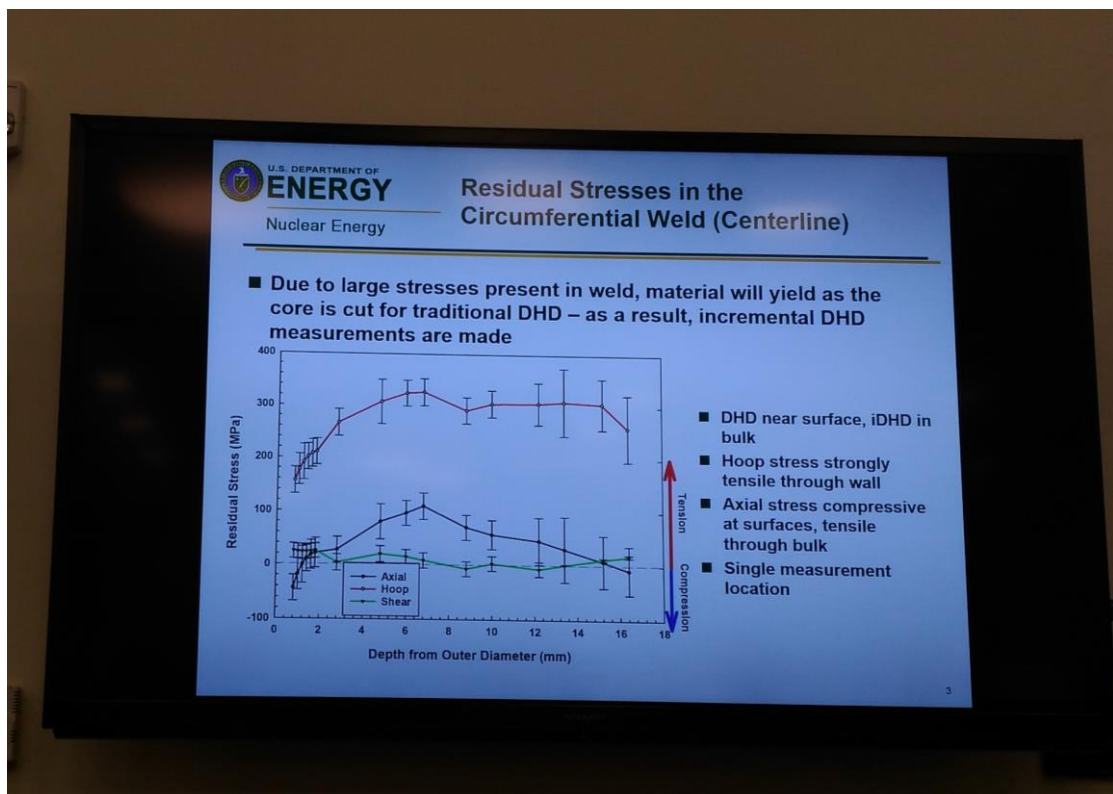


圖 3.1.6 圓周方向鉚道的殘餘應力

圖 3.1.7 為圓周方向鉚道熱影響區的殘餘應力。

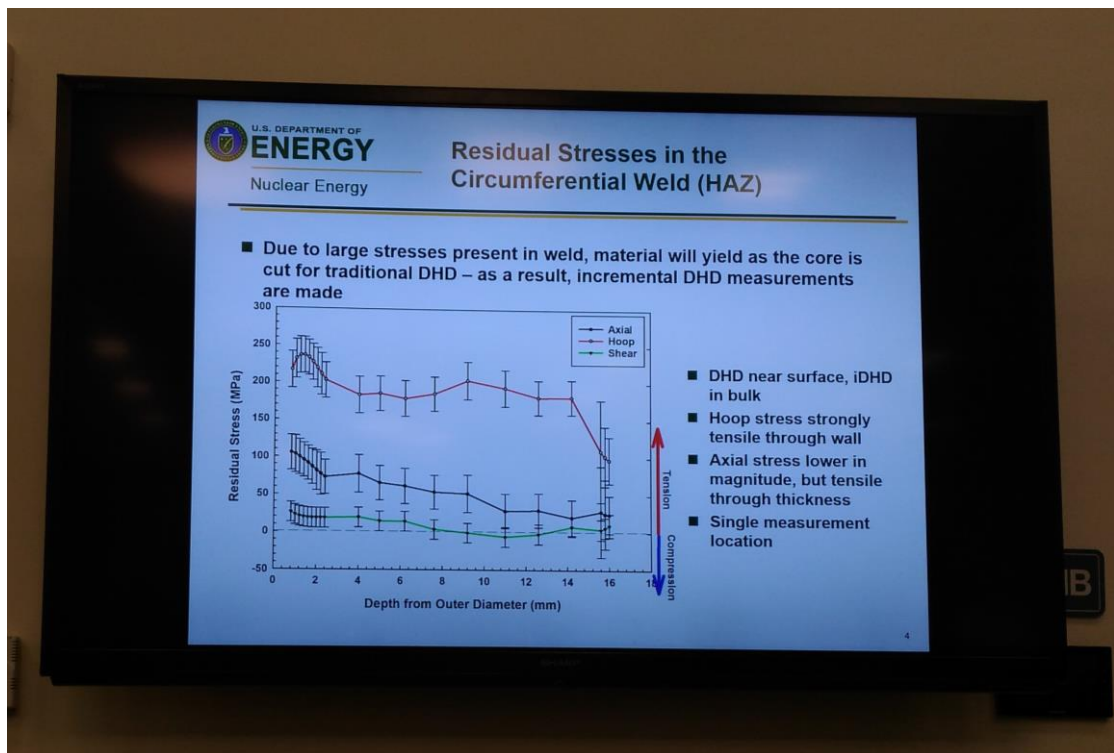


圖 3.1.7 圓周方向銲道熱影響區的殘餘應力

針對應力腐蝕發生的時間演化方面，DOE 提出了要發生 SCC 的所需要的過程，如圖 3.1.8 所示：

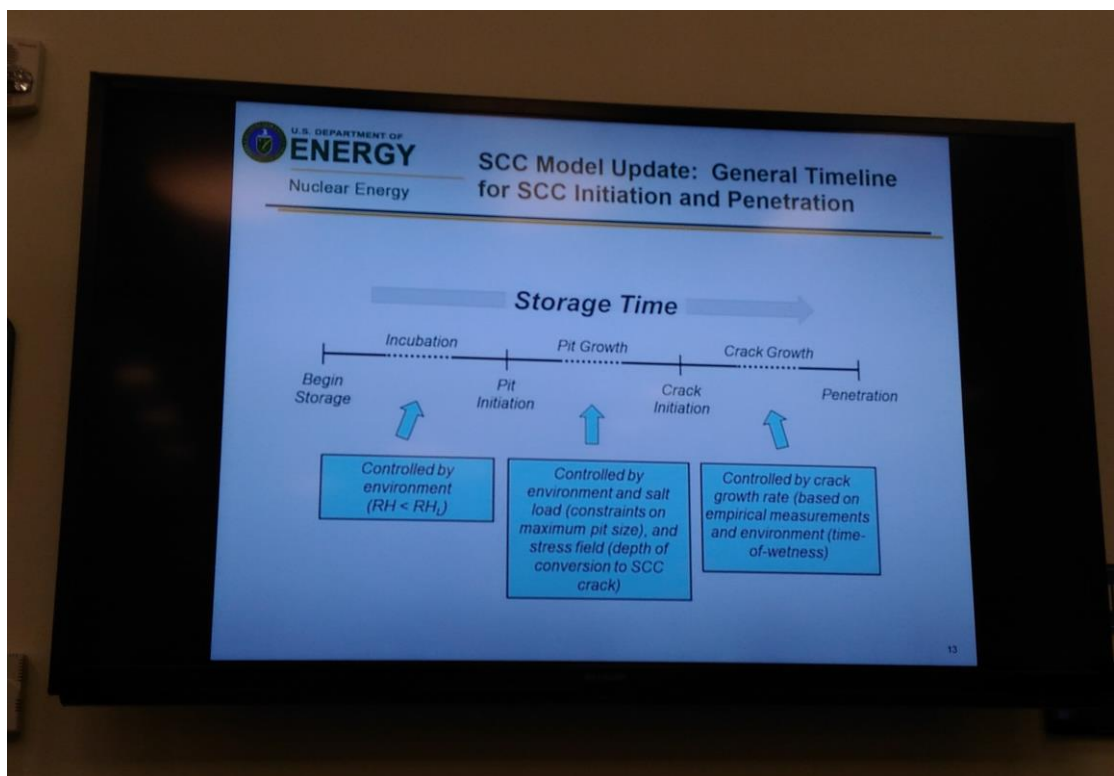


圖 3.1.8 SCC 發生的過程

從報告中可看出，隨時間演化的順序為，開始貯存之後，有一段要發生孔蝕(pit)的

成孕(incubation)時間，此現象由環境濕度所控制；一旦孔蝕發生後，孔蝕就繼續生長(pit growth)，生長過程主要是由環境、鹽含量與殘餘應力場所控制；一旦孔蝕逐漸生長成為裂縫(crack)，而裂縫一旦生成，就會逐漸成長，裂縫成長的速率的量測，依據經驗與環境(濕潤期間, time of wetness)所決定。濕潤期間的定義是，當濕度高於臨界濕度(鹽類溶解)，對應到會產生腐蝕作用的時間。

針對孔蝕與應力腐蝕裂縫起始階段的成形，圖 3.1.9 有更多的說明：

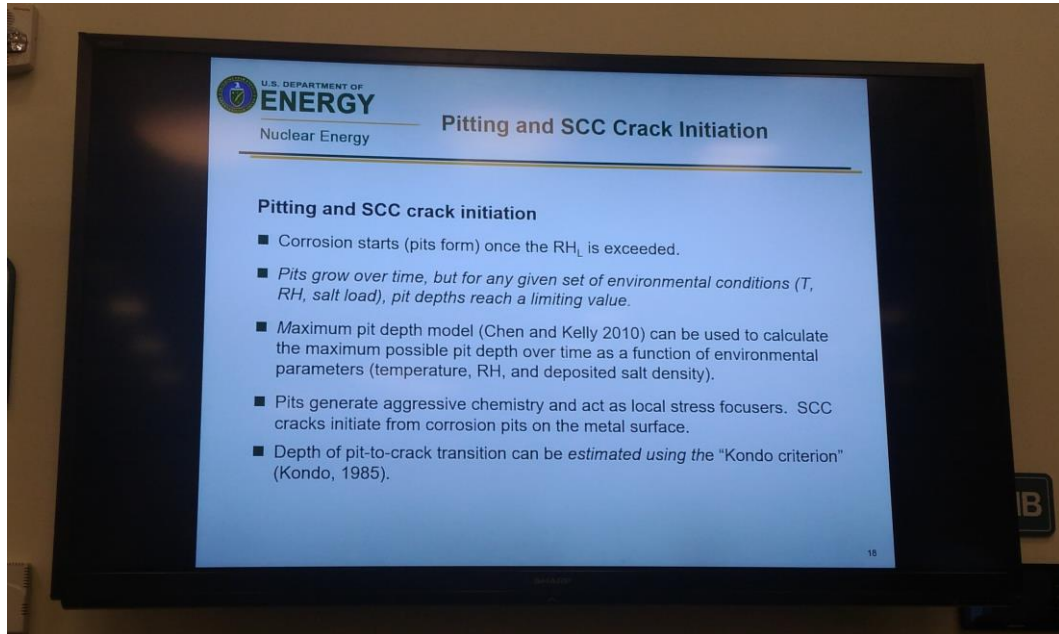


圖 3.1.9 孔蝕與應力腐蝕裂縫起始成形

孔蝕一開始生長時，需要超過臨界濕度。而隨時間增加，孔蝕增加到一個極限值。最深孔蝕可由過去文獻的模型推估(Chen and Kelly 2000)。孔蝕產生出一個具有腐蝕性的化學環境，而應力腐蝕裂縫由此而來。裂縫產生速度可由 Kondo criterion(Kondo, 1985)所估算。

在第三天的會議中，本所董曉明先生進行一場簡報，如圖 3.1.10 所示。簡報主題乃是利用四點彎曲試片為監視樣品的概念設計，用以評估不銹鋼貯存筒是否發生應力腐蝕。該設計概念乃是把試片(來自於實體的乾貯筒)施加一應力，置入乾式貯存系統底部風口處，定期去做檢驗，藉由力量的變化，確認試片表面是否有發生應力腐蝕的現象。若沒有，則不銹鋼貯存筒不致有應力腐蝕。若有，則需要評估真正不銹鋼貯存筒是否有發生應力腐蝕，需要進行進一步的檢測，或利用老化管理方案，進行下一步的評估。



圖 3.1.10 董曉明先生的簡報照片

(二) 老化管理與非破壞檢測

在老化管理與非破壞檢測部分，首先是在第一天的會議上，由 NRC 的 John Wise 說明 NRC 對乾式貯存系統在申請延長使用執照時，會要求申請者必須在其申請文件中說明如何執行老化管理，而老化管理之規畫將影響該延長使用執照的許可與否。為使與會人員瞭解如何執行老化管理的規劃，John Wise 以簡單的內容與範例，說明老化管理的規劃程序與做法，說明內容概述如後：

老化管理的規劃程序中，首先將系統展開至組成元件，然後將各元件區分其所屬類型後，評估是否會有老化的發生，如果會，則依其老化機制與影響，執行時效老化分析或執行老化管理方案。藉由各組成元件的老化管理，整合至系統的老化管理方案。元件的老化管理規劃如圖 3.2.1 所示。

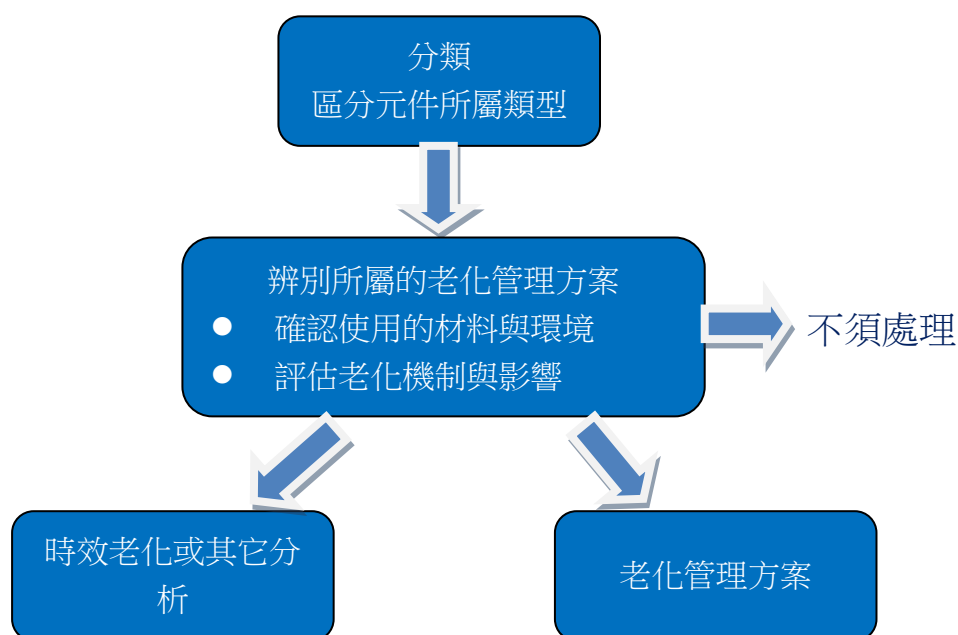


圖 3.2.1 元件的老化管理規劃

在分類部分，首先須確認所屬元件的類型，如鋼管、電子元件。當確定所屬類型後，則需討論該元件是否會受到老化的影響，如果會，則需分析該元件是否受明確的老化效應影響，如疲勞，如果是，則須作時效老化分析(Time-Limited Aging Analyses);如果老化效應是不具顯著直接效應者，如腐蝕，則需進行老化管理(Aging Management Programs)。

此外，John Wise 在簡報中也提供如何執行老化管理的範例，在此範例中已將元件做好分類。相關範例說明如後所述:第一步為評估使元件老化的機制，如表 3.2.1 所示:

表 3.2.1 老化機制的評估

材料	老化機制	影響因子	非影響因子
鋼材	一般腐蝕	大氣環境 接觸 水	氮氣
	孔蝕與縫隙腐蝕		
	電化學腐蝕	大氣環境 水	
	應力腐蝕	應力 大氣環境	接觸

當可能使元件老化的機制經評估及確認後，則須對相關元件進行老化管理的規劃，如表 3.2.2 所示。

表 3.2.2 老化管理的規劃

元件	設計功能	材料	使用環境	老化機制	老化影響	老化管理
外殼	結構	鋼材	大氣環境	一般腐蝕	材料損耗	表面監測
				孔蝕與縫隙腐蝕	材料損耗	表面監測
				微生物腐蝕	材料損耗	-
				疲勞	裂縫產生	時效老化分析

藉由上述的分析，再藉由適當的規劃，即可完成元件的老化管理。而系統的老化管理則建構在元件的老化管理上。

在第二天的會議上，由 EPRI 的 Jeremy Renshaw、RTT 公司的 Jamie Beard、GE 公司的 Jim Stadler、Duke 公司的 Matt Keene 與 Maine Yankee 電廠的 Paul Plante 分別介紹由 EPRI、RTT 公司與 GE 公司合作開發的新型檢測機器，並說明其在 Duke 公司與 Maine Yankee 電廠的乾式貯存系統之實際測試狀況。

在乾式貯存設計中，不銹鋼貯存筒係貯放於混凝土的外部包件，由於不銹鋼貯存筒與混凝土外部包件間の間隔甚小，且要到達該間隔僅能透過混凝土外部包件的進氣口或出氣口，所以在此情況下，如要對不銹鋼筒的外部進行任何檢測，將會遭遇極大的技術困難。

首先簡報的是 EPRI 的 Jeremy，說明目前 EPRI 在乾式貯存系統檢測的分工規畫，期能於短時間內，克服上述的技術困難，開發出一套有效的檢測方式。分工規畫如圖 3.2.2 所示。

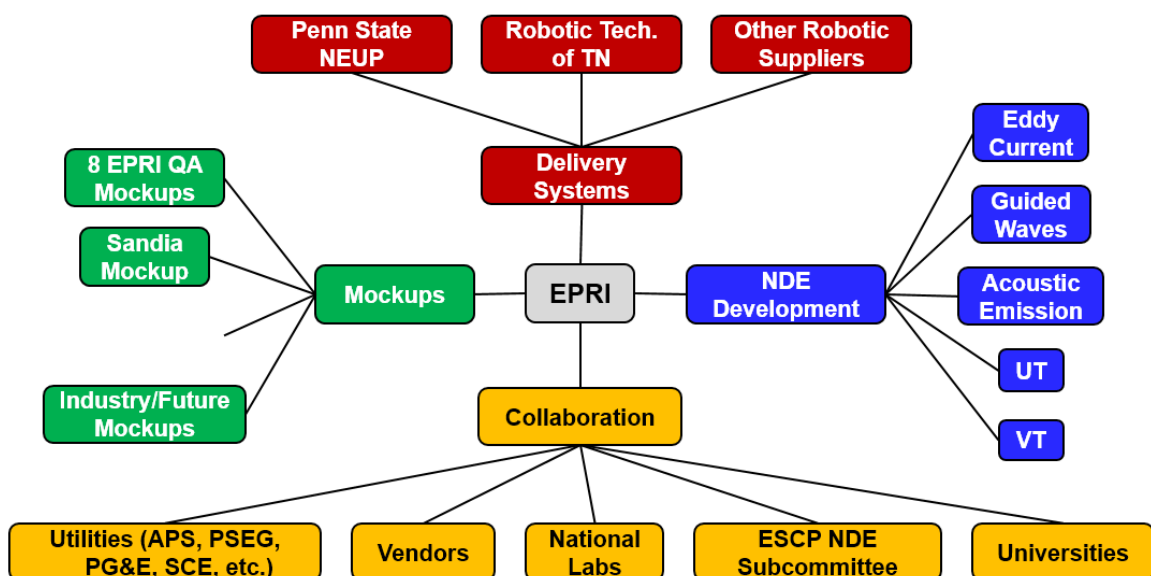


圖 3.2.2 EPRI 乾式貯存系統檢測技術開發的分工規畫

RTT 公司的 Jamie 說明該公司開發了數種檢測用載具，在檢測直立式混凝土護箱機器的設計中，該載具搭載了 GE 公司所開發的視覺顯像系統，並配置 4 個具有磁性輪子，且具遠端操控的能力。由於該載具的高度與體積甚小，所以可以由混凝土外包件出氣口進入外包件與不銹鋼筒間の間隔中，如圖 3.2.3、圖 3.2.4 與圖 3.2.5 所示：

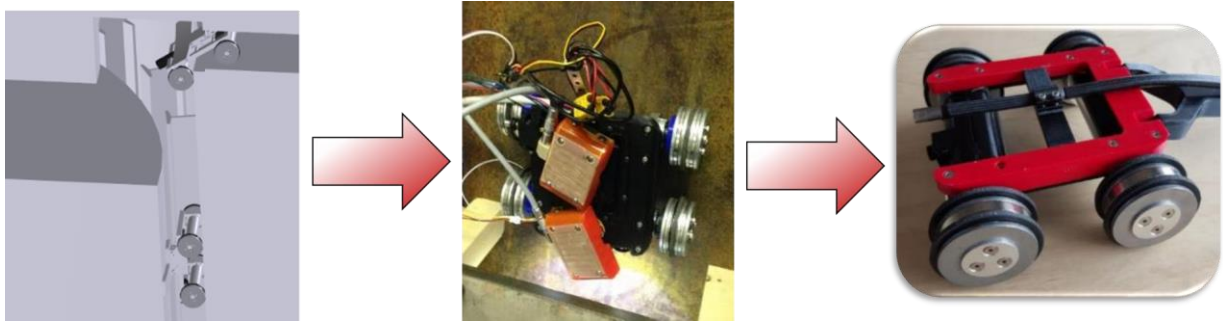


圖 3.2.3 RTT 公司開發的檢測載具示意圖

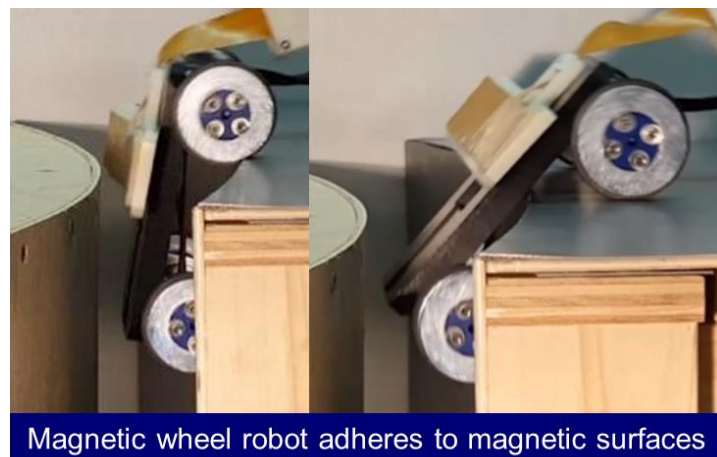


圖 3.2.4 RTT 公司開發的檢測載具概念機測試示意圖



圖 3.2.5 RTT 公司開發的檢測載具模擬測試示意圖

由於其輪子與外包件的直立碳鋼內襯間可產生足夠的吸力，所以該載具可在該碳鋼內襯上自由移動。該載具上的視覺顯像系統，可有效地檢查不銹鋼筒上是否有腐蝕的痕跡與並具有量測腐蝕尺寸的功能。該載具亦可裝配取樣裝置，檢測不銹鋼筒表面的化學成分，以推估是否有發生誘發應力腐蝕破壞的可能。該機器已在實際運轉中的乾式貯存設施測試，測試結果令人滿意。

由於水平式混凝土外部包件的設計與直立式混凝土外部包件的設計完全不同，所以須另行設計檢測水平式不銹鋼筒的載具。由於載具無法藉由混凝土外部包件的出氣口進入外部包件與不銹鋼筒的間隔中，所以該載具的設計由外包件進氣口進入該間隔中。由於載具不需在垂直的表面移動，所以不需裝配具有磁性的輪子。另由於載具進入的位置與不銹鋼筒放置的位置仍有一段距離，所以需利用可伸高的手臂，使視覺檢測設備得以接近不銹鋼筒表面，執行相關的目視檢查，該設計如圖 3.2.6 所示(由 <http://www.robotictecht.com/>下載)。



圖 3.2.6 水平式混凝土護箱檢測設備

在第三天的會議中，本所的程貴仁先生與 Hitachi Zosen 的 Masanori Goto 先生簡報了與此領域相關的內容，相關的簡報內容概述如下：

本所程貴仁先生簡報內容主要為說明本所新開發的檢測技術，該檢測技術利用封閉乾式貯存系統外包件的進氣口與出氣口，迫使不銹鋼筒的溫度上升，進而使筒內的內壓增加。當筒內內壓增加後，如不銹鋼筒存在有裂縫，則筒內的氦氣將會由裂縫滲出，累積在不銹鋼筒與外包件的間隔中，使得該間隔內的氦氣濃度增加。藉由質譜儀量測該間隙的取樣氣體之氦氣濃度，如發現氦氣濃度明顯高於背景值，則可判定不銹鋼筒存有裂隙，需儘早執行後續的應變措施。圖 3.2.7 為模擬執行該檢測技術的照片；圖 3.2.8 則

為本所程貴仁先生在該會議簡報的照片。



圖 3.2.7 模擬檢測



圖3.2.8 本所程貴仁先生簡報照片

在 Hitachi Zosen 的 Masanori Goto 先生簡報中說明:由於銲接後，銲道與熱影響區表面會發生張力的殘留應力。由於要產生誘發應力腐蝕須具備三個要素，分別為張應力、具腐蝕的環境與敏性材料，如圖 3.2.9 所示。如利用珠擊等方法，使銲道及其熱影響區表面產生壓縮的殘留應力，如圖 3.2.10 所示(由 <https://www.inmm.org/>下載)。由於銲道與熱影響區表面經珠擊後，原來的殘留張應力變為壓應力，消除了產生誘發應力腐蝕的其中一要素，可有效降低誘發應力腐蝕的發生機率，有助乾式貯存系統的貯存安全

性。

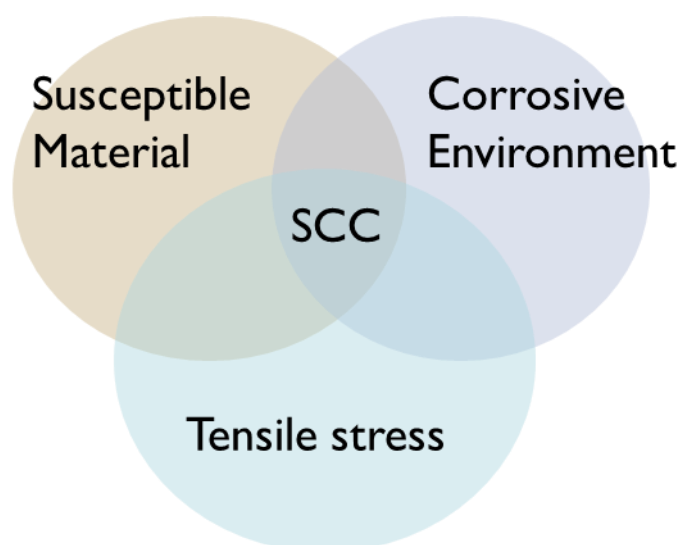
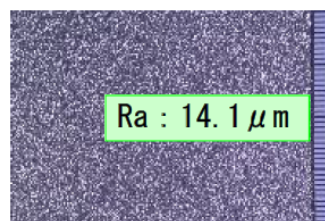
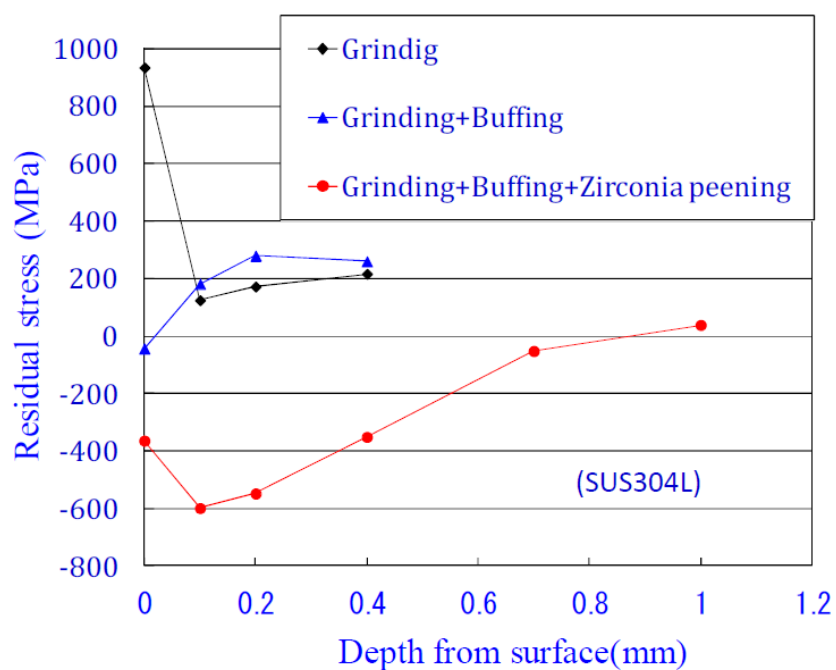


圖3.2.9 產生誘發應力腐蝕的三要素



Hitz
Hitachi Zosen

圖3.2.10 珠擊後銲道表面殘留應力變化

四、建議事項

- (一) 每年舉行之延長乾貯合作計畫會議，除展現各國用過核子燃料乾式貯存系統最新研究成果及關切議題外，亦提供核能業界一溝通平台，使全球各地核管單位、電廠、廠商、研究機構、學術團體之專家學者有機會齊聚一堂，進行運轉實務經驗交流與研發成果心得分享，減少自我摸索的時間，對乾式貯存系統劣化機制與防治，能夠更進一步了解，值得我方定期派員參加。
- (二) 本所材料老劣化機制之研究與防治技術開發，宜持續關注並投入心力，尤其對後進之訓練與栽培尤為重要，避免人才出現斷層，以提升核能管制及研發能力。
- (三) 各國用過核子燃料乾式貯存系統使用情形不一，海洋氣候、溫度與濕度均不同，乾式貯存系統的劣化行為關係到用過核子燃料的貯存安全，各國不敢稍有懈怠，值得我方效法。
- (四) 須持續開發有效的檢測與管理方法，確保乾式貯存系統在貯存期間的安全性。

附件

附件一：2016 年冬季 ESCP 會議議程



AGENDA

2016 Used Fuel – High Level Waste

Extended Storage Collaboration Program

EPRI Charlotte Office, 1200 West WT Harris Blvd

Building 3, Conference Room 741_A-F

Charlotte, North Carolina 28262

November 29-December 1, 2016

DATE: TUESDAY, NOVEMBER 29, 2016		
TIME	TOPIC	PRESENTER
7:30 a.m.	Breakfast/Registration	
8:00 a.m.	Welcome and Review of Agenda	Hatice Akkurt (EPRI)
8:15 a.m.	DOE Activities on Extended Storage	Ned Larson (DOE)/ Ken Sorenson (SNL)
8:45 a.m.	NRC Activity Update	Mark Lombard (NRC)
9:15 a.m.	Managing Aging Processes in Storage (MAPS) Report	John Wise (NRC)
9:35 a.m.	Railcar Development for a Commercial Spent Fuel Transportation System	Joe Carter (SRS)
10:00 a.m.	Break	
10:30 a.m.	Overview of EPRI Activities on CISCC	Shannon Chu (EPRI)
10:50 a.m.	Residual Stress Final Results and CISCC Model Development	Charles Bryan (SNL)
11:15 a.m.	SCC Growth Evaluation for Canister Flaw Disposition	Bob Sindelar (SRNL)
11:40 a.m.	CISCC Susceptibility Assessment for Southern Nuclear ISFSIs	Gabriel Grant (Southern)
12:00 p.m.	Lunch	
1:00 p.m.	Perspective on Ductile-to-Brittle Transition Temperature Testing	Albert Machiels (EPRI)
1:30 p.m.	Effects of Hydrogen Content and Drying-Storage Hoop Stress on PWR Cladding Ductility	Mike Billone (ANL)
2:00 p.m.	PNNL Thermal Modeling Results	Brady Hanson (PNL)
2:20 p.m.	Sister Rod Test Plan	Brady Hanson (PNL)
2:40 p.m.	ORNL NDE Progress Update	John Scaglione (ORNL)
3:00 p.m.	Break	
3:30-5:30 pm	Subcommittee Meeting • CISCC	
6:00-7:30 pm	ESCP Reception – Hilton Charlotte University 8629 JM Keynes Drive, Charlotte, North Carolina, 28262, USA	

EXTENDED STORAGE COLLABORATION PROGRAM

November 29-December 1, 2016 – Charlotte, NC

ESCP CISCC Subcommittee Meeting

DATE: TUESDAY, NOVEMBER 29, 2016		
TIME	TOPIC	PRESENTER
3:30 p.m.	Welcome and Introductions	Shannon Chu (EPRI)
3:40 p.m.	CISCC related Activities in Canada	Roger Newman (University of Toronto)
4:00 p.m.	The unique laboratory/field experiments that mimic the SCC initiation and growth rate in canister at ISFSI's sites	Zhenzhen Yu (Colorado School of Mines)
4:20 p.m.	CISCC R&D Roadmap	Shannon Chu (EPRI), ALL
4:40 p.m.	Path forward	ALL
5:30 p.m.	Adjourn	

EXTENDED STORAGE COLLABORATION PROGRAM

November 29–December 1, 2016 – Charlotte, NC

DATE: WEDNESDAY, NOVEMBER 30, 2016		
TIME	TOPIC	PRESENTER
7:30 a.m.	Continental Breakfast	
8:00 a.m.	CNL NDE and Repair Activities	Richard Lakhan (CNL)
8:20 a.m.	Multimodal Nondestructive Dry Cask Internals Evaluation	Wayne Prather (Ole Miss)
8:40 a.m.	A new approach of dry storage canister inspection	Zeev Shayer (Colorado School of Mines)
9:10 a.m.	ASME Code Development Updates	Kenn Hunter (Exelon)
9:20 a.m.	EPRI NDE Activities on DCSS Inspection	Jeremy Renshaw (EPRI)
9:30 a.m.	RTT Robotic Delivery System Development	Jamie Beard (RTT)
9:40 a.m.	GE NDE Development	Jim Stadler (GE)
9:50 a.m.	McGuire Demo	Matt Keene (Duke)
10:00 a.m.	Maine Yankee Demo	Paul Plante (MY)
10:10 a.m.	Break	
10:30 a.m.	Panel Discussion – NDE SC Path-forward - Jeremy Renshaw (EPRI) - Steve Glovsky (RTT) - Jim Stadler (GE) - Neil Fales (MY) - Matt Keene (Duke) - Kenn Hunter (Exelon)	
11:30 a.m.	Multi-Nodal Transportation Test	Paul McConnell (SNL)
12:00 p.m.	Lunch	
1:00 p.m.	Update on CIRFT Tests	Jy-An Wang (ORNL)
1:20 p.m.	Update on NEUP drying project	Travis Knight (USC)
1:40 p.m.	Friction Stir Welding	Ben Sutton (EPRI) and Glenn Grant (PNNL)
2:00 p.m.	Panel Discussion – Mitigation/Repair SC Objectives and Path Forward - Dana Couch (EPRI) - Gary Cannel (Fluor) - Al Csontos (EPRI) - Mark Joseph (SIA) - Roy Folley (APS) - Brady Hanson (PNL)	
3:00 p.m.	Break	
3:30-5:30 pm	Subcommittee Meetings - NDE followed with Mitigation/Repair Subcommittee meeting - Fuel Assembly Subcommittee	

EXTENDED STORAGE COLLABORATION PROGRAM

November 29-December 1, 2016 – Charlotte, NC

ESCP Fuel Assembly Subcommittee Meeting

DATE: WEDNESDAY, NOVEMBER 30, 2016		
TIME	TOPIC	PRESENTER
3:30 p.m.	Welcome and Agenda Review	Mike Billone (ANL)
3:35 p.m.	Open Discussion	Mike Billone (ANL)
3:50 p.m.	Fuel-Cladding Bonding and Potential Consequences to Hydrides Reorientation,	Joe Rashid (Anatech) and Albert Machiels (EPRI)
4:10 p.m.	PNNL Test Plan for Sister Rods	Brady Hanson (PNNL)
4:30 p.m.	ORNL Test Plan for Sister Rods	John Scaglione (ORNL)
4:50 p.m.	Sister Rod Heat Treatment Furnace Design	Rose Montgomery (ORNL)
5:10 pm.	ORNL Expansion Wedge Test Methodology	Jy-An Wang (ORNL)
5:30 p.m.	Adjourn	

ESCP NDE Subcommittee Meeting

DATE: WEDNESDAY, NOVEMBER 30, 2016		
TIME	TOPIC	PRESENTER
3:30 p.m.	Welcome and Introductions	Jeremy Renshaw (EPRI)
3:40 p.m.	NDE SC Report and Path Forward	ALL
4:00 p.m.	Adjourn NDE SC Meeting	

ESCP Mitigation/Repair Subcommittee Meeting

DATE: WEDNESDAY, NOVEMBER 30, 2016		
TIME	TOPIC	PRESENTER
4:00 p.m.	Welcome and Introductions	Dana Couch (EPRI)/Gary Cannel (Fluor)
4:10 p.m.	Roadmap Development for Mitigation/Repair SC	ALL
5:30 p.m.	Adjourn	

EXTENDED STORAGE COLLABORATION PROGRAM

November 29-December 1, 2016 – Charlotte, NC

DATE: THURSDAY, DECEMBER 1, 2016		
TIME	TOPIC	PRESENTER
7:30 a.m.	Continental Breakfast	
8:00 a.m.	ESCP Subcommittee reports – International Subcommittee	Holger Volzke (BAM)
8:20 a.m.	Update on IAEA CRP Activities	Amparo GONZALEZ ESPARTERO (IAEA)
8:50 a.m.	Fukushima Spent Fuel Defueling Status	Takao Shimura, Shinichi Ishioka (Hitachi-GE)
9:15 a.m.	Spent Fuel Storage Status in Korea and KAERI's Research and development activities - Part 1: Performance evaluation tests for storage cask	Woo-seok Choi (KAERI)
9:40 a.m.	Spent Fuel Storage Status in Korea and KAERI's Research and development activities - Part 2: Spent fuel integrity evaluation	Donghak Kook (KAERI)
10:00 a.m.	BREAK	
10:30 a.m.	Update on Germany's Extended Storage Activities	Holger Volzke (BAM)
10:50 a.m.	Summary of recent results from the CEA-GNS-CRIEPI project on metal seals	Masumi Wataru (CRIEPI)
11:10 a.m.	Quasi Pressure Test for Canisters in Service	Kuei-Jen Cheng (INER)
11:30 a.m.	A concept for the monitoring technique of the dry storage canister integrity by surveillance specimens	Hsiao-Ming Tung (INER)
12:00 p.m.	Lunch	
1:00 p.m.	Update on Studsvik activities and plans focused on failed fuel and dry storage	Joakim Karlsson (Studsvik)
1:30 p.m.	Results from the Monitoring of a Spanish Cask	Javier Fernandez Lopez (ENRESA)
1:55 p.m.	CFD modeling of a dry storage cask performance Comparison to available data	J. Penalva, F. Fera, L.E. Herranz (CIEMAT)
2:20 p.m.	The possibility of delayed hydride cracking of used nuclear fuels during dry storage	Y.S.Kime and Kwangheon Park (KHU)
2:40 p.m.	The calculation of burnup credit for Korean used nuclear fuels in a dry storage system	H.J.Yun and Kwangheon Park (KHU)
3:00 p.m.	BREAK	
3:30 p.m.	ESCP Subcommittee reports – Fuel Assembly	Michael Billone (ANL)
3:50 p.m.	ESCP Subcommittee reports – CISCC	Shannon Chu (EPRI)
4:10 p.m.	ESCP Subcommittee reports – NDE	Jeremy Renshaw (EPRI)
4:30 p.m.	ESCP Subcommittee reports – Mitigation/Repair	Dana Couch (EPRI)
4:50 p.m.	ESCP and Subcommittee General Discussion • Subcommittee Health • Resolution of data gaps • Future ESCP Meetings	Hatice Akkurt (EPRI)
5:30 p.m.	Adjourn ESCP meeting	

附件二：2016 年冬季 ESCP 會議參加人員名單

First Name	Last Name	Company	Email Address
Harold	Adkins	Battelle Pacific Northwest Laboratories	harold.adkins@pnnl.gov
Hatice	Akkurt	Electric Power Research Institute (EPRI)	hakkurt@epri.com
Abdelhalim	Alsaed	Idaho National Laboratory	halimalsaed@environuclear.net
Ryoji	Asano	Hitachi Zosen	asano@hitachizosen.co.jp
Bill	Babiak	FirstEnergy Service Company	ibbabiak@firstenergycorp.com
Steven	Baker	Transware Enterprises, Inc.	sbaker@twe.com
Jamie	Beard	Robotic Technologies of Tennessee	jbeard@robotictecht.com
Bruce	Bevard	Oak Ridge National Laboratory	bevardbb@ornl.gov
Michael	Billone	Argonne National Laboratory	billone@anl.gov
Sandra	Birk	Idaho National Laboratory	sandra.birk@inl.gov
Jayant	Bondre	AREVA, Inc.	jayant.bondre@areva.com
Tom	Brookmire	Dominion Generation	tom.brookmire@dom.com
John	Broussard	Dominion Engineering, Inc.	jbroussard@domeng.com
Charles	Bryan	Sandia National Laboratories	crbryan@sandia.gov
Gary	Cannell	Fluor Enterprises, Inc.	gary.cannell@fluor.com
Joe	Carter	Savannah River National Laboratory	joe.carter@srs.gov
George	Carver	NAC International	gcarver@nacintl.com
Sacit	Cetiner	Oak Ridge National Laboratory	cetinerms@ornl.gov
Kai-Hsiang	Chang	Taiwan Power Company	u270367@taipower.com.tw
Stylios	Chatzidakis	UT Battelle, LLC	chatzidakiss@ornl.gov
Kuei-Jen	Cheng	Institute of Nuclear Energy Research	kjcheng@iner.gov.tw
Wooseok	Choi	Korea Atomic Energy Research Institute	wschoi@kaeri.re.kr
Shannon	Chu	Electric Power Research Institute (EPRI)	schu@epri.com
Donald	Cool	Electric Power Research Institute (EPRI)	dcool@epri.com
Robert	Couch	Electric Power Research Institute (EPRI)	rcouch@epri.com
Aladar	Csontos	Electric Power Research Institute (EPRI)	acsontos@epri.com
Kristopher	Cummings	Nuclear Energy Institute	kwc@nei.org
James	Dante	Southwest Research Institute	james.dante@swri.org
Dorothy	Davidson	AREVA Federal Services	dorothy.davidson@areva.com
Dwight	Diercks	Argonne National Laboratory	diercks@anl.gov
Kyle	Duke	Pacific Gas & Electric Co.	KADb@pge.com
Andrew	Duncan	Savannah River National Laboratory	andrew.duncan@srnl.doe.gov
Jiri	Dus	ENSI	duj@ensi.ch

First Name	Last Name	Company	Email Address
Lisa	Edwards	Electric Power Research Institute (EPRI)	ledwards@epri.com
Robert	Einziger	Nuclear Waste Technical Review Board	einziger@nwtrb.gov
Jeff	England	Savannah River National Laboratory	jeffery.england@srnl.doe.gov
Neil	Fales	Maine Yankee Atomic Power Co.	nfales@3yankees.com
Nathan	Fellows	U.S. Dept. of Energy	fellowsnc@id.doe.gov
Javier	Fernandez-L	ENRESA	ffel@enresa.es
Brayton	Ford	U.S. Dept. of Energy	fordbj@id.doe.gov
Greg	Frederick	Electric Power Research Institute (EPRI)	gfrederick@epri.com
Kevin	Fuhr	Dominion Engineering, Inc.	kfuhr@domeng.com
Yasuhiro	Furutani	Shikoku Electric Power Co., Inc.	yfurutani@guestresearcher.epri.com
Bernard	Gilligan	Hitachi America, Ltd.	bernard.gilligan@hal.hitachi.com
Steve	Glovsky	Robotic Technologies of Tennessee	sglovsky@cox.net
Maria Amparo	Gonzalez Esp	International Atomic Energy Agency (IAEA)	m.a.gonzalez-espartero@iaea.org
Roderick	Gooch	AREVA	Rod.Gooch@areva.com
Masanori	Goto	Hitachi Zosen	gotoh_ma@hitachizosen.co.jp
Randall	Granaas	Southern California Edison Co.	RANDALL.GRANAAS@SCE.COM
Gabriel	Grant	Southern Nuclear Operating Co.	ggrant@southernco.com
Glenn	Grant	Pacific Northwest National Lab.	glenn.grant@pnnl.gov
Bruce	Greer	Electric Power Research Institute (EPRI)	bgreer@epri.com
Brian	Gutherman	Gutherman Technical Services, LLC	gutherman@comcast.net
Brady	Hanson	Pacific Northwest National Lab.	brady.hanson@pnnl.gov
Luis	Herranz	CIEMAT	luisen.herranz@ciemat.es
Kenn	Hunter	Exelon Corporation	Kenn.Hunter@ExelonCorp.com
Philip	Jensen	Pacific Northwest National Lab	philip.jensen@pnnl.gov
Samuel	Johnson	Electric Power Research Institute (EPRI)	sjohnson@epri.com
Mark	Joseph	Structural Integrity Associates, Inc.	mjoseph@Structint.com
Hundal	Jung	AREVA, Inc.	andy.jung@areva.com
Joakim	Karlsson	Studsvik Nuclear AB	joakim.karlsson@studsvik.se
Matt	Keene	Duke Energy Carolinas	matt.keene@duke-energy.com
Charles	Keller	Canadian Nuclear Laboratories Ltd.	charles.keller@cnl.ca
John	Kessler	J. Kessler & Associates, LLC	john@jkesslerassociates.com
Jwayoung	Kim	Korea Hydro & Nuclear Power Co., Ltd.	kimjyoung@khnp.co.kr
Travis	Knight	University of South Carolina	twknight@sc.edu

First Name	Last Name	Company	Email Address
Donghak	Kook	Korea Atomic Energy Research Institute	syskook@kaeri.re.kr
Chia	Kuo	Taiwan Power Company	u479028@taipower.com.tw
Ned	Larson	U.S. Dept. of Energy	ned.larson@doe.gov
Suzanne	Leblang	Entergy Services, Inc.	slebla2@entergy.com
Geonyong	Lee	Kyung Hee University	gylee0323@naver.com
Sanghoon	Lee	Keimyung University	shlee1222@kmu.ac.kr
Bin	Lin	University of South Carolina	linbin@cec.sc.edu
Stephen	Liu	Colorado School of Mines	sliu@mines.edu
Yung	Liu	Argonne National Laboratory	yyliu@anl.gov
Miriam	Lloret	ENUSA Industrias Avanzadas, S.A.	mll@enusa.es
Mark	Lombard	U.S. Nuclear Regulatory Commission	mark.lombard@nrc.gov
Albert	Machiels	Electric Power Research Institute (EPRI)	amachiel@epri.com
Joe	Mahal	GE Inspection Technologies	joe.mahal@ge.com
Thomas	Malota	Florida Power & Light Co.	Thomas.Malota@FPL.com
Miguel	Manrique	AREVA Transnuclear, Inc.	miguel.manrique.ext@areva.com
Zita	Martin	Tennessee Valley Authority (TVA)	zimartin@tva.gov
Donald	McGee	AREVA, Inc.	donald.mcgee@areva.com
Alastair	McKay	EDF Energy Nuclear Generation, Ltd.	alastair.mckay@edf-energy.com
Carson	McNair	Idaho National Laboratory	Carson.Mcnair@inl.gov
Christopher	Miller	AREVA, Inc.	christopher.miller@areva.com
Rosemary	Montgomery	Oak Ridge National Laboratory	montgomeryra@ornl.gov
Michael	Moran	Southern California Edison Co.	michael.moran@sce.com
Paul	Murray	AREVA	paul.murray@areva.com
Steve	Nesbit	Duke Energy Carolinas	steve.nesbit@duke-energy.com
Roger	Newman	University of Toronto	roger.newman@utoronto.ca
Yi-Ming	Pan	Southwest Research Institute	ypan@swri.org
Kwangheon	Park	Kyung Hee University	kpark@khu.ac.kr
Terry	Pickens	Xcel Energy Services, Inc.	terry.a.pickens@xcelenergy.com
Paul	Plante	Maine Yankee Atomic Power Co.	pplante@3yankees.com
Ian	Porter	U.S. Nuclear Regulatory Commission	Ian.Porter@nrc.gov
Wayne	Prather	The University of Mississippi	wayne@olemiss.edu
Meraj	Rahimi	U.S. Nuclear Regulatory Commission	meraj.rahimi@nrc.gov
Yusef	Rashid	Anatech Corp.	joe.rashid@anatech.com

First Name	Last Name	Company	Email Address
Karl	Reichard	Applied Research Laboratory	kmr5@psu.edu
Richard	Reid	Electric Power Research Institute (EPRI)	rreid@epri.com
Jeremy	Renshaw	Electric Power Research Institute (EPRI)	jrenshaw@epri.com
Mark	Richter	Nuclear Energy Institute	mar@nei.org
Rich	Ridder	Dominion Resources, Inc.	richard.ridder@dom.com
Javier	Romero	Westinghouse Electric Company LLC	romeroje@westinghouse.com
Sylvia	Saltzstein	Sandia National Laboratories	jsaltz@sandia.gov
John	Scaglione	Oak Ridge National Laboratory	scaglionejm@ornl.gov
Brian	Schimmoller	Electric Power Research Institute (EPRI)	bschimmoller@epri.com
Eric	Schindelholz	Sandia National Laboratories	ejschi@sandia.gov
Glenn	Schwartz	PSEG Nuclear, LLC	glenn.schwartz@pseg.com
Zeev	Shayer	Colorado School of Mines	zshayer@mines.edu
Eric	Shewbridge	NAC International	eshewbridge@nacintl.com
Takao	Shimura	Hitachi-GE Nuclear Energy, Ltd.	takao.shimura.vc@hitachi.com
Robert	Sindelar	Savannah River National Laboratory	robert.sindelar@srnl.doe.gov
Steve	Sisley	Energy Solutions	ssisley@energysolutions.com
Brian	Somerdar	Southwest Research Institute	brian.somerdar@swri.org
Ken	Sorenson	Sandia National Laboratories	kbsoren@sandia.gov
Randal	Stark	Electric Power Research Institute (EPRI)	rstark@epri.com
Raymond	Termini	Exelon Generation, LLC	raymond.termini@exeloncorp.com
Ash	Thakker	Global Technology Connection, Inc.	athakker@globaltechinc.com
Phung	Tran	Electric Power Research Institute (EPRI)	ptran@epri.com
Hsiao-Ming	Tung	Institute of Nuclear Energy Research	htung2@iner.gov.tw
Paul	Turinsky	North Carolina State University	turinsky@ncsu.edu
Jason	Van Velsor	Structural Integrity Associates, Inc.	jvanvelsor@structint.com
Dennis	Vinson	Savannah River National Laboratory	dennis.vinson@srnl.doe.gov
Holger	Voelzke	Bundesanstalt for Materialforschung (BAM)	holger.voelzke@bam.de
Keith	Waldrop	Electric Power Research Institute (EPRI)	kwaldrop@epri.com
Jy-An	Wang	Oak Ridge National Laboratory	wangja@ornl.gov
Masumi	Wataru	CRIEPI	wataru@criepi.denken.or.jp
Jay	Wellwood	NAC International	jwellwood@nacintl.com
David	Wilson	Pacific Gas & Electric Co.	DLW4@PGE.com
John	Wise	U.S. Nuclear Regulatory Commission	john.wise@nrc.gov

First Name	Last Name	Company	Email Address
Michael	Wright	Canadian Nuclear Laboratories Ltd.	michael.wright@cnl.ca
Suresh	Yagnik	Electric Power Research Institute (EPRI)	syagnik@epri.com
Chen	Yeh	Taiwan Power Company	u615310@taipower.com.tw
Lingyu	Yu	University of South Carolina	yu3@cec.sc.edu
Jinsuo	Zhang	Ohio State University	zhang.3558@osu.edu
Paul	Ziehl	University of South Carolina	ziehl@cec.sc.edu