

出國報告（出國類別：其他）

# 參加 2022 年 OECD/NEA 電廠組件運 轉經驗和老化計畫(CODAP)視訊會議 報告

服務機關：行政院原子能委員會

姓名職稱：吳景輝簡任技正兼科長

派赴國家/地區：台灣，中華民國

視訊期間：111 年 9 月 15 日至 9 月 16 日

報告日期：111 年 12 月 19 日



## 摘要

本次會議為視訊方式參加經濟合作暨發展組織/核能署（OECD/NEA）電廠組件運轉經驗和老化計畫(Component Operational Experience, Degradation & Aging Program, CODAP)第二十四次會議，因 COVID-19 疫情日漸趨緩，主辦單位在 NEA 總部辦理實體會議及 Zoom 軟體採視訊混和方式舉行，計有加拿大、捷克、法國、德國、日本、荷蘭、西班牙、阿聯酋、美國及台灣等 10 國共 18 人與會。會議除確認 CODAP 計畫各項行政業務、財務規劃應用外，主要工作包含資料庫發展計畫討論、資料庫事件案例檢視、下年度專題報告主題討論、近期國際會議資訊分享，同時與會者提出簡報分享各國電廠組件運轉經驗案例等。藉由參與此國際合作計畫，可以了解其他國家電廠設備老劣化案例與安全管制經驗，蒐集國際核能安全技術發展新知及趨勢，作為我國未來執行相關事項之參考，對於我國核能安全管制工作之推展與核能安全之提昇有正面之效益。

## 目錄

壹、目的.....	3
貳、開會時間.....	5
參、過程紀要.....	5
CODAP 會議紀要.....	5
1. 會議開幕.....	5
2. 討論本次會議議程與第二十三次會議紀錄.....	5
3. CODAP 第四階段計畫合約參與國簽署現況.....	5
4. 資料庫現況檢視.....	6
5. CODAP 第 23 次會議行動項目.....	6
6. 專題報告及摘要報告.....	6
7. CODAP 外部推展活動.....	7
8. CODAP 軟體發展規劃.....	7
9. 第一天會議回顧.....	7
10. CODAP 軟體發展規劃(接續前一日).....	7
11. CODAP 在 2022/2023 的工作計畫以及 CODAP OA 的工作.....	7
12. 運轉經驗交流專題會議.....	8
13. 商定的行動方案.....	10
14. 下次 CODAP 會議.....	11
15. 會議閉幕.....	11
肆、心得與建議.....	11
伍、附件.....	12
附件一、2022 年 CODAP 第二十四次會議與會人員.....	12
附件二、CODAP 第二十四次會議議程.....	13
附件三、Fire Water System Piping Integrity.....	15

## 壹、目的

電廠組件運轉經驗和老化計畫(Component Operational Experience, Degradation & Aging Program, CODAP)係經濟合作暨發展組織/核能署(OECD/NEA)主導成立,其為管路失效資料交換計畫(OECD/NEA Pipe Failure Data Exchange Project, OPDE),以及應力腐蝕龜裂與電纜老化計畫(Stress corrosion cracking part of the SCC and Cable Ageing Project, SCAP)之延續計畫。OPDE計畫始於2002年5月,目標是建立一個可應用於商轉電廠的多國管路運轉經驗資料庫,參與的國家共有11個。雖然OPDE於2011年5月完成第三期計畫後結束,但目前該資料庫仍在OECD/NEA的維護下持續運作,並已蒐集超過400個與管路失效相關之事件案例。至於SCAP計畫則是於2006年由日本資助成立,並運作至2010年5月結束,其目標是建立應力腐蝕龜裂及電纜絕緣層劣化的資料庫。此兩項計畫均涉及核能安全並與電廠的老化管理方式有關,所以大多數參與的成員組織都是相同的,並通常由同一個人代表。

在SCAP計畫完成後,參與計畫的人員為使SCC的經驗以某種型式延續下去,並討論其各種可能性。由於OPDE及SCAP SCC計畫有相似之處,因此設置一個新的計畫以結合這兩個計畫,此新計畫即為CODAP。CODAP國際合作計畫的目的,為透過蒐集彙整核能組件運轉經驗,建立劣化及老化的資料庫,以加強組件老化效應的評估及管理。

CODAP計畫透過建立專屬事件案例資料庫,蒐集成員國核能電廠金屬組件故障事件資料,期望從中找出故障原因與運轉安全影響,先期行動減緩劣化發生或提早檢出組件故障,增進核能電廠運轉安全穩定。此計畫每年安排會議以讓成員國分享運轉經驗及交流技術,計畫成果亦定期發表技術報告。

CODAP計畫第一階段(2011-2014年)共計有13個國家(加拿大、捷克、芬蘭、法國、德國、韓國、日本、斯洛伐克、西班牙、瑞典、瑞士、美國及台灣)參與,第二階段(2015-2017年)除芬蘭、瑞典外其餘11國仍持續參與。第三階段自2018年開始,2020年結束,參與國家共13國(加拿大、捷克、芬蘭、法國、德國、韓國、日本、荷蘭、斯洛伐克、西班牙、瑞士、美國及台灣)。第四階段自2021年開始,2024年結束,今(2022)年為第四階段之第二年,參與國家除上述13國外,另新增阿聯酋(United Arab Emirates)。

核能電廠設備老化管理為重要議題，經由持續參與 CODAP 國際合作計畫，蒐集其他國家對電廠設備劣化、老化與安全維護管制的相關經驗與技術，對於提升我國核能安全有所助益。此外，透過加入 CODAP 計畫保持與其他國家核能管制單位及研究單位之技術交流，可瞭解核能安全技術發展最新資訊及未來趨勢，相關資訊可提供國內核能單位參考運用。

## 貳、開會時間

因 COVID-19 疫情日漸趨緩，主辦單位在 NEA 總部會議室搭配 Zoom 軟體採實體/視訊混合方式舉行，視訊會議時間為台灣時間 9 月 15 日 15：30-22：30，以及 9 月 16 日 15：30-22：50 兩天。

## 參、過程紀要

以下將此次參加 CODAP 計畫第二十四次會議之議程及結果紀要分述如下：

### CODAP 會議紀要

#### 1. 會議開幕

CODAP 第二十四次會議採實體/視訊混合方式舉行，會議開始後由 CODAP 計畫主席美國核管會 Eric Focht 先生歡迎所有出席成員，並請現場及視訊參加之與會人員逐一進行自我介紹，出席人員名冊如附件一。

NEA 核能安全技術與管制處副處長 Rangelova 女士代表 NEA 提出會議引言，表示 NEA 很高興在 COVID 疫情後舉辦首次面對面的 CODAP 會議，並歡迎所有參與者，特別是來自阿聯酋的新成員，以及感謝 CODAP 計畫成立 20 週年及長期以來成員國的寶貴貢獻。

#### 2. 討論本次會議議程與第二十三次會議紀錄

前(第二十三)次會議紀錄草稿亦已於本次會前提供給各成員國審閱，會議主席詢問與會人員有關前次會議紀錄草稿並獲得同意定稿。

會議舉行前秘書單位 NEA 已將會議議程初稿發給各參與國，會議開始後，主席 Focht 先生說明並確認此次會議議程，如附件二；並確認同意日本業界專家僅參與議程項目 12。

#### 3. CODAP 第四階段計畫合約參與國簽署現況

NEA 秘書 Keiko Chitose 女士說明 CODAP 計畫簽名的情況，並指出所有參與國已完成簽署，相關文件目前正由 NEA 的法律團隊審核；此外，阿聯酋已提交簽署的文件，並正式成為 CODAP 計畫成員國。Keiko Chitose 女士接著介紹至

8 月 31 日止的財務報告，提出 2 點說明：(1)2021 年有一個成員國斯洛伐克(SLK)未繳費；2022 年有兩個成員國斯洛伐克(SLK)、荷蘭(NED)均未支付費用。兩國與會代表都確認，NEA 秘書處也發郵件做提醒。(2)阿聯酋剛剛加入 CODAP 計畫，將納入下一份財務報告。各會員對財務報告均無意見。

#### 4. 資料庫現況檢視

由 CODAP 計畫委託廠商(Operating Agent, OA) Bengt LYDELL 先生報告資料庫中事件報告的情況與狀態，提出在 CODAP 第 23 次會議(2022 年 4 月)之後國家聯絡人(National Coordinators)未提交新的數據資料。法國與會者指出相關數據資料登錄納入資料庫需要其他部門的合作，如 CODAP 計畫有正式要求將有助於這項工作進行。爾後，OA 將每 2 個月發送電子郵件請求將數據輸入 CODAP 計畫之數據庫，以及適用於待完成的品質保證(QA)作業。

主席和 OA 鼓勵成員國儘可能地增加輸入數據資料，並使用數據庫開展工作。所有成員國在 2022 年 9 月底要決定年度數據提交的目標。

#### 5. CODAP 第 23 次會議行動項目

OA 提出 WGAIGE 金屬集團關於材料劣化議題調查的優先順序，主要的回應是“反應器內部組件”及“反應槽壓力容器的完整性”，而捷克和斯洛伐克的受訪者認為流動加速腐蝕(Flow-accelerated corrosion, FAC)是長期運轉老化管理的關鍵議題。

在美國每 18 個月公布反應器內部組件檢查結果的摘要，此資訊可做為其他國家及其他機組類型的良好資訊來源和起始點。OA 會準備反應器內部組件列表的 Excel 電子表單並發佈在 CODAP 計畫的網頁以共享。

#### 6. 專題報告及摘要報告

NEA 秘書處說明第 6 次專題報告(TR06，熱疲勞)和第 7 次專題報告(TR07，長期運轉期間)的狀態，TR06 正在出版報告的最後階段，且已在 NEA 內部受到好評。據悉 NEA 管理層已指示考慮如何確保這份重要報告能被更廣泛的受眾閱

讀。

主席介紹了 2022 年和 2023 年專題報告的候選主題（附件三）。成員國代表針對下年度專題報告的主題(消防水系統管線完整性及高週波疲勞)口頭表達意願，分別有 5 個、3 個的支持，並決定在 10 月底前由所有會員國投票決定。

## 7. CODAP 外部推展活動

首先由 NEA 秘書處說明 CODAP 使用者的列表，並指出 OA 將於 2022 年 9 月 19 日至 22 日在 Fontevraud 10 國際研討會上針對“材料劣化緩解及新的劣化情境：從運轉經驗數據分析中汲取的教訓”主題提出口頭報告。Jovica Riznic 博士指出加拿大核能學會將於 2022 年 11 月主辦“CANDU 維護及主要核能組件”研討會，他將針對 CODAP 計畫之狀態提出口頭介紹。Jim 先生介紹即將在阿聯酋舉行的國際原子能總署有關老化管理(10 月)、化學(11 月)會議。

## 8. CODAP 軟體發展規劃

CODAP 計畫委託廠商(Operating Agent, OA)Bengt LYDELL 先生說明目前進展的狀態，並由 NEA/IT 展示新的模組頁面以及新增的功能。規劃在 2022 年 9 月底前 NEA/IT 完成展示網址並提供成員國試用權限。

## 9. 第一天會議回顧

主席回顧了第一天會議成果並確認了行動項目。他鼓勵成員國參與投票選擇下一份專題報告的主題，目標是在 2023 年底前完成專題報告的最終版初稿。

## 10. CODAP 軟體發展規劃(接續前一日)

OA Bengt LYDELL 先生回顧了第 1 天介紹的內容並確認了行動項目，以及重新設計數據庫的 Web 應用程序的展示網頁。

## 11. CODAP 在 2022/2023 的工作計畫以及 CODAP OA 的工作

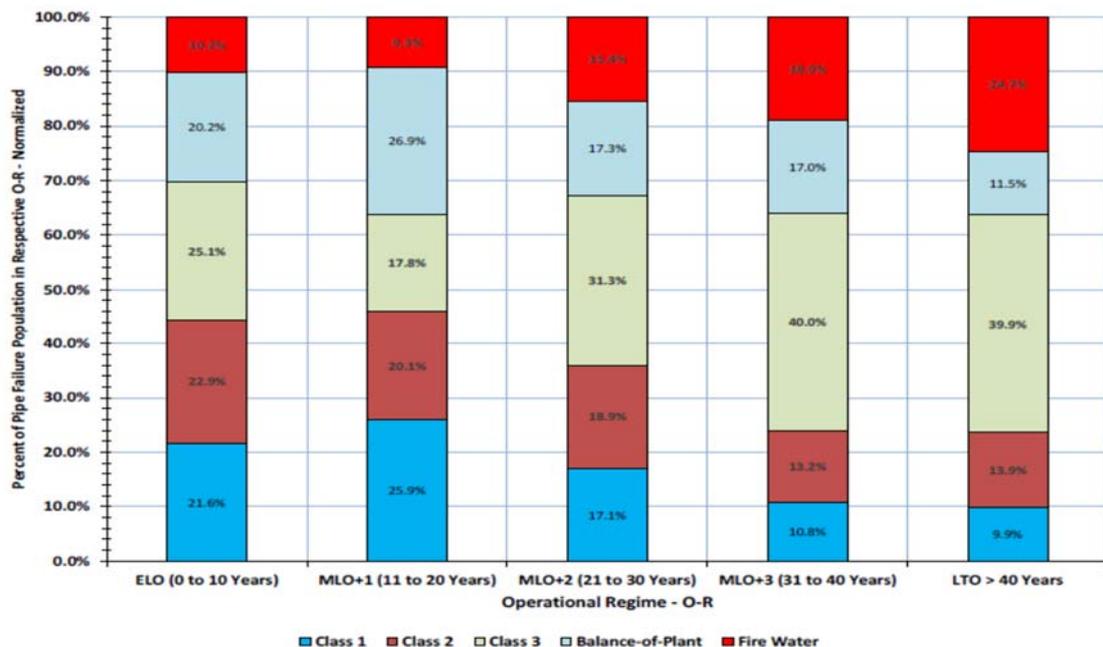
OA Bengt LYDELL 先生介紹 2022 年的工作以及揭露 OA 之財務，並解釋

2022/2023 年度 OA 的計畫之更新。針對 2022 年上半年有關 OA 之財務揭露以及 2022/2023 年度 OA 的計畫之更新，會議上成員國均予核准。接著，OA Bengt LYDELL 先生展示新的共享空間(Share Point)，並討論更有效使用的方式。

## 12. 運轉經驗交流專題會議

主席先歡迎參加本次運轉經驗交流專題會議的日本原子能協會(ATOMIC Energy Association, ATENA)專家 Akira Tsuyuki 先生，並由他簡要介紹其團隊成員包括關西電力公司的 Takumi Terachi 博士以及三菱重工公司的 Koji Fujimoto 先生、Toshihiko Sato 先生。

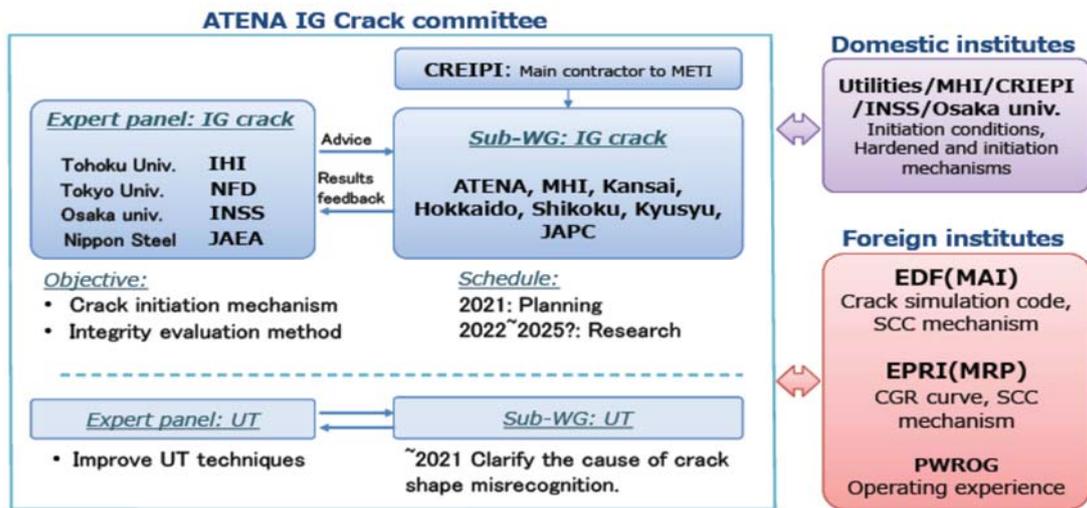
接著 OA Bengt LYDELL 先生以 “An Overview of the CODAP Project – the History, the Accomplishments & Database Structure” 主題提出簡報，介紹 CODAP 計畫的概況，包括計畫的歷史、達成的成果以及數據資料庫的結構，並指出已陸續發表國際關切研究主題之專題報告；研究顯示(如圖一)消防系統管路隨著運轉時間遞增，其失效情形相較亦有增加之趨勢。Bengt LYDELL 先生另說明 2021 年發表在「Nuclear Engineering and Design」期刊第 380 卷的 CODAP 相關成果之論文是下載次數最多的論文之一。



圖一 在每十年運轉期間及 40 年以上長期運轉 Class 1, 2, 3 及 BOP/消防水之管線失效數目常模化佔比

法國輻射防護暨核能安全研究所(Institute for Radiological Protection and Nuclear Safety, IRSN)的 Florence CROMBEZ 女士 “Stress Corrosion Cracking Affecting ECCS and RHR Circuits in Some French Reactors” 為題，介紹了影響法國一些反應器在 ECCS 和 RHR 迴路的應力腐蝕龜裂之情況。2021 年 10 月間 CIVAUX 核電廠 1 號機的大修期間，在 ECCS 冷端管路銲道採超音波檢測(Ultrasonic Testing, UT)，一些銲道發現有 indications，故將 4 個迴路的肘管拆送至 EDF 放射試驗室做評估。該現象主要發生在 N4 型反應器，尚未在 900MW 型反應器發現類似之情境，但採取廣泛適用之因應措施。

ATENA 的 Takumi Terachi 博士以 “Update of Ohi-3 SCC evaluations & countermeasures” 為題，提出關於 Ohi-3 龜裂(SCC)現象的評估和 ATENA 研究計畫的建立之演講；在演講中說明電力公司肇因評估著重於硬度(Hardness)調查、銲接時熱輸入要求等以及救援技術的考量。該龜裂現象發生在調壓槽噴灑管線與冷端管線之銲道，裂縫長度約 5mm。ATENA 成立日本國內及國際間跨機構的研究計畫(如圖二)，藉了解業界過去個案之成因，掌握 Ohi-3 不同的成因是銲接時熱輸入導致高硬度應力。此計畫的中期結果將於 2023 年 5 月在日本京都辦理的 ICONE 30 研討會發表。



圖二 日本原子能協會(ATENA)國際研究計畫之架構

阿聯酋聯邦核能管制局(Federal Authority for Nuclear Regulation, FANR)的代表 Jin 先生以 “Operating Experiences of Barakah NPPs in UAE” 為題，說明巴拉卡核電廠(BNPP)的運轉經驗，該核電廠是韓國電力公司(KEPCO)

的 APR-1400 共有 4 部機組，1、2 號機已陸續商業運轉，1 號機今年 5~7 月執行第 1 次填換燃料的大修，預計在 2027 年要做限定範圍的定期安全評估；接著介紹 FARN 老化管理的管制架構。然後解釋該廠 1 號機 POSRV 洩漏事件的概要，在 1 號機大修重新啟動後，POSRV 發生洩漏並持續增加接近限值，9 月 22 日決定停機進行修復。並討論緊要廠用水排放系統管線採高密度聚乙烯塑膠(High Density Polyethylene, HDPE)的材料選擇和相關計畫的挑戰。

美國核管會的 Focht 先生以“U.S. Experience Related to Recent SCC Operating Experience”為題，介紹了美國大多數核電廠採用風險告知營運期間檢測(Risk-Informed ISI)做為 ASME 第 XI 章替代作法，針對 SI 及 RHR 第 1 級管線的銲道依據 RIISI 計畫約檢查 10~15%，在美國壓水式機組類似的銲道未發現 SCC，發現較多的是熱疲勞裂縫，自 2013 年迄今已有 10 例，其中 7 例經 UT 檢查發現，另 3 例係發生洩漏，美國電力研究所(EPRI)在 2018 年已更新 MRP-146 強化電力業主發現熱疲勞裂縫的自主檢查計畫。另分享與近期非破壞檢測有關運轉經驗相關的美國經驗。

德國 GRS 的 Faust 博士就運轉經驗之資訊與模擬技術的鏈接和整合的想法作了簡短的介紹，並說明另有一個機構已與 OA 接洽做類似的工作。

### 13. 商定的行動方案

NEA 秘書處介紹了行動方案的清單。所有之前的行動項目經確認為已完成。由於大多數國家尚未提供資訊，因此決定僅有行動項目 23-4（在反應爐槽內部組件的裂縫之缺陷評估數據；主席將發送電子郵件要求特定國家/地區有關例行以及可用於裂縫缺陷評估的資訊）仍繼續採取追蹤措施。

關於成員國如何記錄和提交材料劣化及失效的報告，每個成員國都被要求處理國家報告的做法及程序。會選擇事件類型的樣本，以確認每個國家/地區的流程。

OA 將選擇一種事件類型作為可能的專題報告的基礎，該行動項目的背景已在議程項目做討論，並在 2022 年 10 月底確認以消防水系統管線做為主題。

#### 14. 下次 CODAP 會議

第二十五次會議規劃將在 2023 年 4 月 18~19 日於 NEA(巴黎)舉行。

成員國決議 CODAP 第二十六次會議由阿聯酋辦理。金先生會與 FANR 機構討論後，提出預定時間及會議之場地。

#### 15. 會議閉幕

CODAP 計畫會議主席 Focht 先生感謝秘書單位、OA 以及各成員國的參與，讓本次會議圓滿成功。

### 肆、心得與建議

此次參加 CODAP 會議之心得，可歸納下列兩項：

1. OECD/NEA 從事多項核能相關研究工作，其主導之 CODAP 計畫目的在於核能電廠組件老化/劣化案例蒐集與對策研擬，成員均為核能安全管理機關(如美國 NRC)或核能安全研究單位(如德國 GRS)。國內核能電廠投入商轉迄今機組已陸續進入除役，CODAP 計畫之主題亦涵蓋設備較長期運轉之議題，建議應持續參與 CODAP 計畫，以利取得國際間與除役有關核能發展訊息(如研討會資訊)、核能管制作為(如豁免案例)，以及核能電廠組件老化/劣化管理之有用資訊。
2. OECD/NEA 成員國涵括世界主要核能先進國家，加入 CODAP 計畫及參與會議得以掌握各國重要事件案例，了解事件成因，並可分享成員國提供之案例資料庫。建議可以持續注意國外核電廠新增案例，必要時可參考案例內容研擬國內核能電廠核安管制對策，或留存作為未來事件處理之借鏡。

## 伍、附件

### 附件一、2022 年 CODAP 第二十四次會議與會人員

#### **CANADA**

RIZNIC, Jovica

#### **CHINESE TAIPEI (視訊)**

WU, Ching-Hui

#### **CZECH REPUBLIC**

ZAMBOCH, Miroslav

#### **FRANCE**

CROMBEZ, Florence

#### **GERMANY**

FAUST, Stephan

#### **JAPAN (視訊)**

KOJIMA, Masayoshi

MIZUTA, Kohei

TSUYUKI, Akira (僅在議題 12 ATENA 簡報時參加)

TERACHI, Takumi (僅在議題 12 ATENA 簡報時參加)

FUJIMOTO, Koji (僅在議題 12 ATENA 簡報時參加)

SATO, Toshihiko (僅在議題 12 ATENA 簡報時參加)

#### **NETHERLANDS (視訊)**

SOMERS, Philip

#### **SPAIN (視訊)**

FERNANDEZ ANDUJAR, Patricia

#### **UNITED ARAB EMIRATES**

ALHOSANI, Hasan

JIN, John Chooneon

#### **UNITED STATES**

FOCHT, Eric

#### **Operating Agent(OA)**

LYDELL, Bengt

#### **OECD/NEA SAF (視訊)**

CHITOSE, Keiko

## 附件二、CODAP 第二十四次會議議程

<b>1.0</b>	<b>Day 1 - Opening and Introductory Remarks</b>	
1.1	Opening of meeting	Chair
1.2	Introductory remarks	NEA
<b>2.0</b>	<b>Adoption of the CODAP-24 Agenda and approval of summary records of 23rd meeting</b>	Chair
<b>3.0</b>	<b>Status of the Signatures of CODAP Phase IV Agreement</b>	
3.1	Missing signatures, if any	NEA, ALL
3.2	Financial report	NEA
<b>4.0</b>	<b>Database submission status - part 1</b>	
4.1	Overview of status of event reports in the database	
4.2	Review of scope of database	OA
4.3	Database maintenance and updates	
<b>Coffee break</b>		
<b>4.0</b>	<b>Database submission status - part 2</b>	
4.4	Web traffic & users report	OA
4.5	Member activity reports – round table discussion	ALL
4.6	Resolution of unfinished/un-reviewed records	ALL
4.7	Data submission schedule	ALL
<b>5.0</b>	<b>CODAP23 Action Items</b>	
5.1	WWER FAC experience follow-up	CZ, SK
5.2	Reactor Internals (23-03) – Status Report	OA
5.3	Flaw evaluation data for RPV internals (23-04)	ALL
5.4	Reporting Routines (23-05) – Status Report	OA
5.5	Fire Water System Piping Integrity (23-06) – Status Report	OA
<b>Lunch break</b>		
<b>6.0</b>	<b>Topical reports</b>	
6.1	Status of TR06 (Thermal Fatigue)	NEA
6.2	Status of NEA Publication No, 7614 (TR07)	
6.3	Plan & schedule for new Topical Reports	ALL
<b>7.0</b>	<b>CODAP Outreach</b>	
7.1	List of CODAP Users	NEA
7.2	Conference Participation	ALL
<b>Coffee break</b>		
<b>8.0</b>	<b>CODAP software development</b>	
8.1	Status report	OA
8.2	Phase I software development & demonstration	NEA-IT
8.3	Phase II plan – new mock-up pages – new functionalities	OA/NEA-IT
<b>9.0</b>	<b>Day 2 - Opening and Introductory Remarks</b>	
9.1	Recap of Day 1	Chair
<b>10.0</b>	<b>CODAP software development (continued)</b>	
10.1	Action item 23-02: Schedule	ALL
10.2	Action item 23-02: Budget – perfective maintenance	ALL

<b>11.0</b>	<b>CODAP work plan for 2022/2023 &amp; work of CODAP-OA</b>	
11.1	Report on the work during 2022	OA
11.2	Approval of OA work during first & second quarter of 2022	MB
11.3	Approval of OA work during second half of 2022	MB
11.4	OA updated plan for 2022/2023	OA
11.5	Updates to Phase IV Working Documents	Chair
11.6	The new collaborative space (SharePoint)	OA
<b>Coffee Break</b>		
<b>12.0</b>	<b>Operating experience exchange</b>	
12.1	An Overview of the CODAP Project – the History, the Accomplishments & Database Structure	OA
12.2	Update of ASN/EDF/IRSN evaluations of SCC in LPSI & RHR systems	France
12.3	Update of Ohi-3 (2021) SCC evaluations & countermeasures	Japan
<b>Lunch break</b>		
<b>12.0</b>	<b>Operating experience exchange</b>	
12.4	Operating Experience in Barakah NPPs	UAE
12.5	“Others”	TBD
<b>13.0</b>	<b>Agreed actions</b>	
13.1	Phase I & II software development	ALL
13.2	Topical report plan & schedule	ALL
13.3	Review of actions	NEA
<b>14.0</b>	<b>Meeting schedule</b>	
14.1	CODAP-25 - proposed dates are 18-19 April 2023, NEA	ALL
14.2	CODAP-26 - to be determined	ALL
<b>15.0</b>	<b>Closure of meeting</b>	Chair

附件三、Fire Water System Piping Integrity

(檔案不上載)