

出國報告審核表

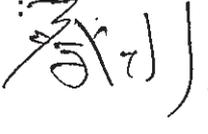
出國報告名稱：高放射性廢棄物設施觀摩與討論會議

出國人姓名 (2人以上，以1人為代表)	職稱	服務單位
徐自生	主管	台灣電力公司核能後端營運處
出國類別	<input type="checkbox"/> 考察 <input type="checkbox"/> 進修 <input type="checkbox"/> 研究 <input type="checkbox"/> 實習 <input checked="" type="checkbox"/> 其他：開會（例如國際會議、國際比賽、業務接洽等）	

出國期間：107年4月22日至107年5月2日

報告繳交日期：107年6月12日

出國人員 自我審核	計畫主辦 機關審核	審核項目
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.依限繳交出國報告
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	2.格式完整（本文必須具備「目的」、「過程」、「心得及建議事項」）
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	3.無抄襲相關資料
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	4.內容充實完備
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	5.建議具參考價值
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	6.送本機關參考或研辦
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	7.送上級機關參考
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	8.退回補正，原因：
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(1) 不符原核定出國計畫
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(2) 以外文撰寫或僅以所蒐集外文資料為內容
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(3) 內容空洞簡略或未涵蓋規定要項
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(4) 抄襲相關資料之全部或部分內容
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(5) 引用相關資料未註明資料來源
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(6) 電子檔案未依格式辦理
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	9.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"/>	<input type="checkbox"/>	(1) 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"/>	<input type="checkbox"/>	(2) 於本機關業務會報提出報告
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(3) 其他 _____
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	10.其他處理意見及方式：

報告人：  107.6.12  107.6.12  107.6.12 單位： _____ 主管： _____
 說明：  107.6.13 主管處： _____ 主： _____ 張學植
 總經理： _____ 副總經理： 

一、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。
 二、審核作業應儘速完成，以不影響出國人員上傳出國報告至「公務出國報告資訊網」為原則。

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：高放射性廢棄物設施觀摩與討論會議

頁數 47 含附件：■是□否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話

台灣電力公司/陳德隆/02-23667685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

1. 徐自生/台灣電力公司/核能後端營運處/副處長/02-23657210 #2201
2. 簡國元/台灣電力公司/核能後端營運處/主管/02-23657210 #2271
3. 李柏叡/台灣電力公司/核能後端營運處/安全評估專員/02-23657210 #2307

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他：開會

出國期間：107.4.22~107.5.2

出國地區：法國

報告日期：107.6.12

分類號/目

關鍵詞：高放射性廢棄物、最終處置、THMC 耦合、地下實驗室

內容摘要：

大型國際合作計畫 DECOVALEX(Development of coupled models and their validation against experiments)從 1992 年瑞典核能檢察署(Swedish Nuclear Power Inspectorate, SKI)發起後，目前已邁入第七期(DECOVALEX-2019 計畫)，主要目的係探討熱力、水力、力學及化學 4 項因子對高放射性廢棄物最終處置場的影響、發展相關模擬模式並利用實驗數據進行驗證。

本次研討會為 DECOVALEX-2019 第五次會議，由法國放射性廢棄物處置專責機構(Agence Nationale pour la Gestion des Dechets Radioactifs, ANDRA) 舉辦，包含 3 天技術研討會及 1 天技術參訪，技術參訪部分則安排參訪 Meuse/Haute-Marne 地下實驗室。技術研討會先由各研究項目之負責人簡短說明目前進度與該項目未來之研究方向，再由參與該項目之團隊進行半年成果報告。目前臺灣研究團隊參加 3 個研究項目，Task A：低滲透材料中之平流氣體模擬、Task B：泥岩中斷層導致滑動模擬、Task D：膨潤土工程障壁的 HM 與 THM 耦合研究。參加 DECOVALEX 技術研討會，增加與各國交流機會，可瞭解目前國際上 THMC 試驗發展現況與未來趨勢，並建立國內相關技術。

基於台電公司與法國 ANDRA 所簽訂之合作備忘錄，雙方於法國 ANDRA 總部召開年度管理會議，進行高放處置計畫近況資訊交換與處置技術交流，亦獲取法國處置計畫最新發展現況、實際經驗，可回饋並作為台電公司高放射性廢棄物管理及處置技術發展方向之參考，有助於國內用過核子燃料最終處置計畫之推動。

本文電子檔已傳至出國報告資訊網 (<http://report.nat.gov.tw/reportwork>)

出國報告(出國類別：開會)

高放射性廢棄物 設施觀摩與討論會議

服務機關：台灣電力公司

核能後端營運處

姓名職稱：徐自生 副處長

簡國元 主管

李柏叡 專員

派赴國家：法國

出國期間：107年4月22日至107年5月2日

報告日期：107年6月12日

(本頁為空白頁)

摘要

大型國際合作計畫 DECOVALEX(Development of coupled models and their validation against experiments)從 1992 年瑞典核能檢察署(Swedish Nuclear Power Inspectorate, SKI)發起後，目前已邁入第七期(DECOVALEX-2019 計畫)，主要目的係探討熱力、水力、力學及化學(thermal-hydrological-mechanical-chemical, THMC)4 項因子對高放射性廢棄物最終處置場的影響、發展相關模擬模式並利用實驗數據進行驗證。

本次研討會為 DECOVALEX-2019 第五次會議，由法國放射性廢棄物處置專責機構(Agence Nationale pour la Gestion des Dechets Radioactifs, ANDRA)舉辦，包含 3 天技術研討會及 1 天技術參訪，技術參訪部分則安排參訪 Meuse/Haute-Marne 地下實驗室。技術研討會先由各研究項目之負責人簡短說明目前進度與該項目未來之研究方向，再由參與該項目之團隊進行半年成果報告。目前臺灣研究團隊參加 3 個研究項目，Task A：低滲透材料中之平流氣體模擬、Task B：泥岩中斷層導致滑動模擬、Task D：膨潤土工程障壁的 HM 與 THM 耦合研究。參加 DECOVALEX 技術研討會，增加與各國交流機會，可瞭解目前國際上 THMC 試驗發展現況與未來趨勢，並建立國內相關技術。

基於台電公司與法國 ANDRA 所簽訂之合作備忘錄，雙方於法國 ANDRA 總部召開年度管理會議，進行高放處置計畫近況資訊交換與處置技術交流，亦獲取法國處置計畫最新發展現況、實際經驗，可回饋並作為台電公司高放射性廢棄物管理及處置技術發展方向之參考，有助於國內用過核子燃料最終處置計畫之推動。

目錄

摘要.....	i
目錄.....	ii
圖目錄.....	iii
壹、 目的.....	1
貳、 過程.....	3
參、 工作內容	4
一、 DECOVALEX-2019 第五次會議	4
(一) DECOVALEX 技術研討會	5
1. Task A：平流氣體於低滲透材料之模擬	5
2. Task B：泥岩中斷層滑動模擬	10
3. Task D：膨潤土工程障壁的 HM 與 THM 耦合研究	15
4. 專案管理會議	19
(二) DECOVALEX 技術參訪：Meuse/Haute-Marne 地下實驗室 ...21	
二、 TPC-ANDRA 年度管理會議	28
肆、 心得.....	38
伍、 建議.....	39
陸、 附錄(DECOVALEX-2019 第五次會議議程)	40

圖目錄

圖 1：英國 BGS 設計之 Task A 進氣實驗設備.....	7
圖 2：Task A 各團隊所使用的模擬條件與軟體	7
圖 3：Task A 氣體注入處(A1)與背壓處(A2)之軸向總應力結果比較	8
圖 4：Task A 徑向總應力結果比較	8
圖 5：Task A 各團隊執行現況	9
圖 6：Mont Terri 斷層再活化現地實驗設置示意圖	12
圖 7：高壓脈衝探測裝置實驗儀器配置圖.....	12
圖 8：臺灣研究團隊應用 3DEC 之分析結果與現地實驗值比較.....	13
圖 9：Task B 各團隊使用的數值分析軟體與執行現況	13
圖 10：Task B 各團隊之模擬之注水壓力與流量結果比較	14
圖 11：瑞士 Mont Terri 地下實驗室 EB 實驗示意圖	17
圖 12：瑞士 Grimsel 測試場址 FEBEX 實驗示意圖	17
圖 13：Task D 各團隊使用的數值分析軟體與執行現況	18
圖 14：Task D 各團隊之膨潤土飽和度分析結果	18
圖 15：Meuse/Haute-Marne 地下實驗室展示陳列區的岩石樣本	24
圖 16：Meuse/Haute-Marne 地下實驗室展示不同深度具代表性的鑽探岩心.....	24
圖 17：Meuse/Haute-Marne 地下實驗室所在地岩層變化與形成年代 ..	25
圖 18：本團成員參訪 Meuse/Haute-Marne 地下實驗室	26
圖 19：不銹鋼材質之廢棄物罐.....	26
圖 20：法國 ANDRA 導覽人員介紹運送護箱	27
圖 21：採取水平處置方式之微隧道展示模型.....	27
圖 22：台電公司代表與法國 ANDRA 代表進行合影	33
圖 23：台電公司李柏叡專員進行簡報.....	33
圖 24：臺灣用過核子燃料最終處置計畫 5 個階段.....	34
圖 25：法國 ANDRA Danial Delort 博士進行簡報.....	34
圖 26：Meuse/Haute-Marne 地下實驗室配置	35
圖 27：Cigeo 深層地質處置場之場址篩選流程.....	35
圖 28：Cigeo 深層地質處置場之設施配置	36
圖 29：TPC-ANDRA 年度管理會議與會人員進行討論.....	36
圖 30：台電公司簡國元主管與法國 ANDRA Poisson Richard 博士進行討論.....	37

壹、目的

台電公司依法執行用過核子燃料最終處置計畫，已於 106 年底提出「我國用過核子燃料最終處置技術可行性評估報告(SFND2017 報告)」，確認國內具備地質處置工程技術能力，其中熱力-水力-力學-化學耦合試驗 (Thermal-Hydrological-Mechanical-Chemical, THMC) 為處置場安全評估之核心技術，國際上各核能先進國家仍持續發展相關耦合技術，台電公司將持續參考國際經驗進行發展。

大型國際合作計畫 DECOVALEX(Development of coupled models and their validation against experiments) 從 1992 年瑞典核能檢察署(Swedish Nuclear Power Inspectorate, SKI) 發起後，目前已邁入第七期 (DECOVALEX-2019 計畫)，主要目的係探討熱力、水力、力學及化學 4 項因子對高放射性廢棄物最終處置場的影響、發展相關模擬模式並利用實驗數據進行驗證。DECOVALEX 計畫為多國合作進行之 THMC 大型試驗計畫，目前已有瑞典、芬蘭、日本、法國及德國等國家參與，而台電公司亦已加入 DECOVALEX 計畫。

DECOVALEX-2019 計畫為期 4 年(2016 年至 2019 年)，本期共有 12 個贊助機構，共有 7 項研究項目。本次研討會為 DECOVALEX-2019 第五次會議，由法國放射性廢棄物處置專責機構(Agencie Nationale pour la Gestion des Dechets Radioactifs, ANDRA)於 2018 年 4 月 24 日至 27 日舉辦，包含 3 天技術研討會及 1 天技術參訪，技術參訪部分則安排參訪 Meuse/Haute-Marne 地下實驗室。目前台灣研究團隊參加 3 個研究項目，Task A：平流氣體於低滲透材料之模擬、Task B：泥岩中斷層滑動模擬、Task D：膨潤土工程障壁的 HM 與 THM 耦合研究。

台電公司已於 106 年 10 月與法國 ANDRA 簽訂合作備忘錄，107 年 4 月 30 日於法國 ANDRA 總部召開年度管理會議，進行高放處置計畫近況交換與處置技術交流，獲取法國處置計畫最新發展現況、實際經驗，可回饋並

作為台電公司高放射性廢棄物管理及處置技術發展方向之參考，有助於國內用過核子燃料最終處置計畫之推動。

貳、過程

自 107 年 4 月 22 日出發，迄 5 月 2 日返國(共計 11 天)，參加由法國 ANDRA 舉辦之 DECOVALEX-2019 第五次會議、參訪 Meuse/Haute-Marne 地下實驗室，以及台電公司與法國 ANDRA 共同召開之年度管理會議，詳細訪問行程如表 1。

表 1：公出地點與工作內容

日期	地點	工作內容
4 月 22 日 至 4 月 23 日	Taipei→Paris→Nancy	去程
4 月 24 日 至 4 月 26 日	Nancy	技術研討會：DECOVALEX-2019 第五次會議
4 月 27 日	Nancy→Bure→Paris	技術參訪：Meuse/Haute-Marne 地下實驗室
4 月 28 日 至 4 月 29 日	Paris	週六、週日
4 月 30 日	Paris	TPC-ANDRA 年度管理會議
5 月 1 日 至 5 月 2 日	Paris→Taipei	返程

參、工作內容

一、DECOVALEX-2019 第五次會議

本次由法國 ANDRA 於南錫國立高等礦業學校(Ecole des Mines de Nancy)舉辦 DECOVALEX-2019 第五次會議，包含 3 天的技術研討會及 1 天的技術參訪，出席的單位有美國聖地亞國家實驗室(Sandia National Laboratory)、法國 ANDRA 及法國輻射防護暨核能安全研究所(The Institute for Radiation Protection and Nuclear Safety, IRSN)、瑞士核能管制機關(Swiss Nuclear Safety Inspectorate, ENSI)、瑞典輻射安全局(Swedish Radiation Safety Authority, SSM)、加拿大核能安全委員會(Canadian Nuclear Safety Commission, CNSC)、日本原子能機構(Japan Atomic energy Agency, JAEA)、韓國原子能研究所(Korea Atomic Energy Research Institute, KAERI)及地質與礦產資源研究院(Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources, KIGAM)、英國地質調查所(British Geological Survey, BGS)、德國聯邦地球科學與自然資源研究所(Federal Institute for Geosciences and Natural Resources, BGR)、捷克放射性廢棄物最終處置場管理局(Radioactive Waste Repository Authority, SURAO)、美國勞倫斯柏克萊國家實驗室(Lawrence Berkley National Laboratory, LBNL)、中央大學、核能研究所、工業技術研究院與台電公司等，本次加拿大放射性廢棄物管理機構(Nuclear Waste Management Organization, NWMO)並未派員參加本次會議。

(一) DECOVALEX 技術研討會

1. Task A：平流氣體於低滲透材料之模擬

在處置場中，廢棄物罐腐蝕、輻射水解將產生氣體，而氣體逐漸累積至臨界壓力後，會破壞緩衝材料，對處置設施的安全性有很大的影響。

Task A 主要目的是探討氣體於膨潤土及自然泥岩物質之遷移行為，控制氣體平流移動的機制和作用。

英國 BGS 針對此議題，於實驗室進行小規模實驗及於現地進行大型實驗。Task A 第一階段於膨潤土進行一維進氣實驗，而膨潤土為固定體積，實驗機台設備如圖 1，實驗編號為 MX80-D，進氣端在腔體左側，氣體洩漏偵測感應器位於腔體右側，自腔體左側加壓進入膨潤土的氦氣方向假設為一致，則此實驗可以簡化為一維進氣實驗。Task A 第二階段進行三維進氣實驗，實驗編號為 MX80-A，實驗機台設備與 MX80-D 相同，MX80-A 與 MX80-D 兩者之差別在於進氣方式與偵測氣體的方式，MX80-A 之氣體改由膨潤土中心的進氣過濾器注入壓密飽和膨潤土內，氣體洩漏偵測感應器由 12 個徑向陣列氣體偵測器(radial flow filter)組成。

Task A 第二階段的 MX80-A 實驗時間較長，可分為兩部分，第一部分為 1 至 734 天，主要進行膨潤土水合作用(hydration)，使膨潤土背壓達到 1.0MPa，且內部的水飽和度達到 99%。第二部分為第 735 至 835 天，為主要的進氣階段，不同於 Task A 第一階段假設進氣方向一致，Task A 第二階段進氣過濾器位於膨潤土中心，其構造類似一個小型探頭，因此將 Task A 第二階段之進氣類型歸類成三維進氣。

各團隊藉由英國 BGS 提供的實驗數據設計模擬條件，並將模擬結果與實驗結果進行比較，英國 BGS 要求 Task A 第二階段模擬的時間區間為氦氣開始進入膨潤土的第 735 天至第 835 天。Task A 各團隊所使用

的模擬條件與軟體如圖 2，臺灣研究團隊採用中央大學開發之 HydroGeoChem 程式進行 TaskA 的模擬研究工作，並選用多相水流模組與適用 viscoelasticity 的力學模組。臺灣研究團隊完成氣體注入處(A1)與背壓處(A2)之軸向總應力結果比較(圖 3)，以及徑向總應力結果比較(圖 4)，於氣體突破前之模擬結果與實驗數據相符合，但無法呈現氣體突破發生時，總應力大增的趨勢。

Task A 各團隊執行現況如圖 5，目前臺灣研究團隊所獲得之階段成果，經 Task A 負責人判定皆未達成階段目標，臺灣研究團隊尚須投入更多努力，持續精進中央大學所開發之 HydroGeoChem 程式，趕上 Task A 所設定之目標。

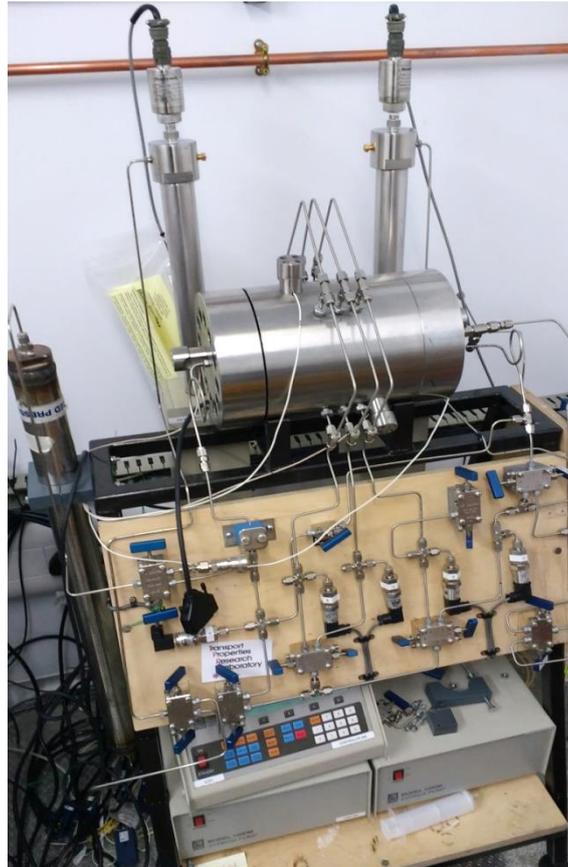


圖 1：英國 BGS 設計之 Task A 進氣實驗設備

TASK A - 2A (ENGINEER): FORMULATIONS OF THE MODELLING TEAMS

Team	Formulation	Mechanical deformation	Software	Test geometry	FITTING parameters
BGR/UFZ	two-phase flow model	elasto-plasticity	OpenGeoSys	2D axisym.	Intrinsic permeability, critical pressure
CNSC	two-phase flow model	damage	COMSOL Multiphysics	3D	AEV, minimum AEV, maximum intrinsic permeability, damage smoothing parameter, swelling coeff.
KAERI	two-phase flow model	damage	TOUGHMP-FLAC3D	3D	Damage parameters
LBNL	two-phase flow model	elasticity	TOUGH2-FLAC3D	3D	Intrinsic permeability, moisture swelling coeff., stress-perm function
	two-phase flow model	discrete fractures	TOUGH-RBSN	3D	Strength and elastic parameter of fractures
NCU/TP	two-phase flow model	viscoelasticity	in-house	3D	Intrinsic permeability, AEV, viscous parameters
Quintessa/RWM	two-phase flow (gas, water paths)	elasticity	QPAC	2D	Capillarity compressibility, capillary spacing, swelling pressure, Biot coefficient
UPC/Andra <small>© NERC All rights reserved</small>	embedded permeability	elasticity	CODE_BRIGHT	3D	Gas relative permeability, intrinsic permeability
	embedded permeability	elasto-plasticity	CODE_BRIGHT	3D	Embedded permeability parameters

圖 2：Task A 各團隊所使用的模擬條件與軟體

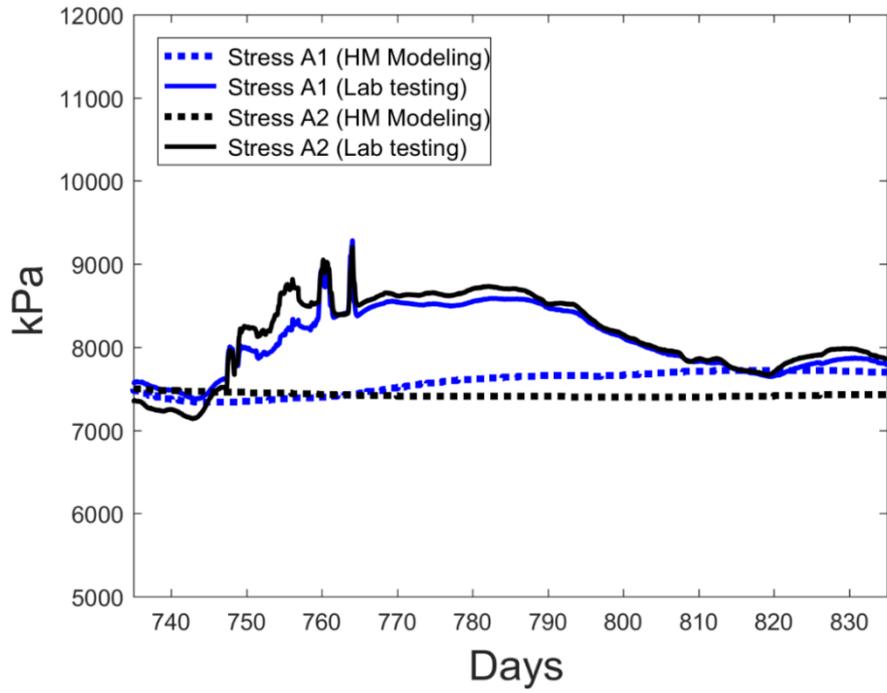


圖 3：Task A 氣體注入處(A1)與背壓處(A2)之軸向總應力結果比較

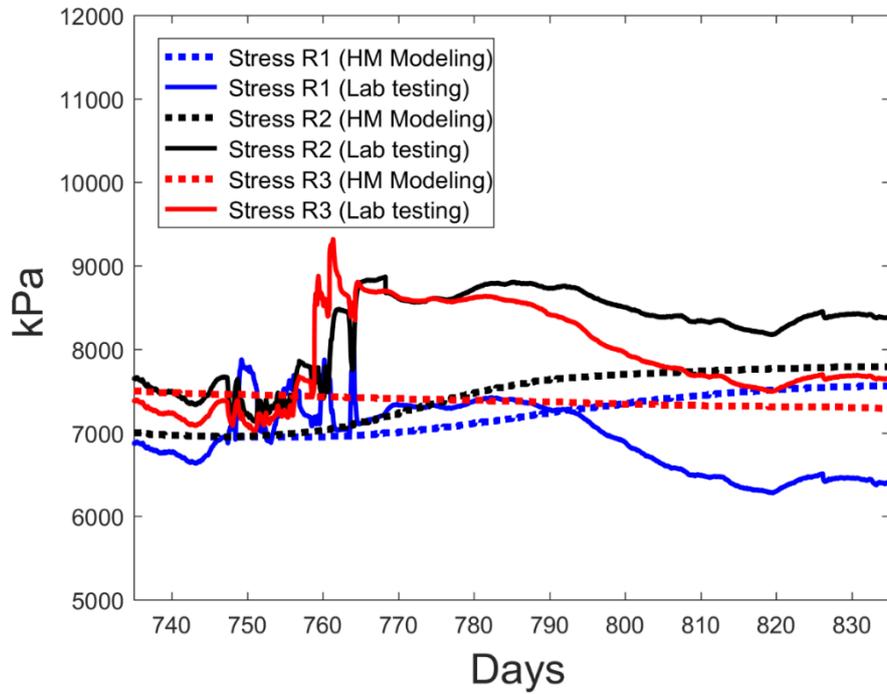


圖 4：Task A 徑向總應力結果比較

TASK A - 2A (ENGINEER): SELECTED RESULTS

Model	Stress						Bulk flow					
	Quiescence	Increase	Peak	Transient	Plateau	Timing	Quiescence	Flow	Peak	Stabilisation	Timing	Plateau
BGR/UFZ	Red	Green	Green	Green	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
CNSC	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
KAERI	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey
LBNL	Green	Green	Green	Red	Grey	Red	Green	Green	Green	Grey	Red	Grey
NCU/TPC	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
Quintessa/RWM	Green	Green	Green	Red	Green	Red	Green	Green	Green	Green	Yellow	Red
UPC/Andra-HME	Red	Green	Green	Green	Red	Red	Red	Green	Green	Green	Red	Red
UPC/Andra-HMP	Red	Green	Green	Green	Red	Red	Green	Green	Green	Green	Red	Red

Grey results: not provided with enough time in advance

© NERC All rights reserved



圖 5：Task A 各團隊執行現況

註：綠色代表達到要求，紅色代表未達成要求，灰色代表未提供充足資料

2. Task B：泥岩中斷層滑動模擬

在處置場運轉或封閉期間，THM 耦合反應可能造成斷層再活化，而在處置母岩既有斷層中產生高滲透性的導水路徑，導致放射性核種可能經由高滲透性的導水路徑傳輸至生物圈。Task B 主要目的為探討斷層在泥岩中的穩定性或滑移情形，並瞭解斷層滑動、孔隙水壓及液體遷移的交互作用機制，而引發斷層再活化的主要機制為斷層中孔隙水壓的改變。

Task B 之現地實驗為瑞士 Mont Terri 地下實驗室的斷層滑動實驗 (Fault Slip Test)(圖 6)，斷層滑動實驗之目的為探討泥岩中斷層再活化行為，以及周圍泥岩因斷層再活化所造成的剪切位移。斷層滑動實驗所使用之設備為高壓脈衝探測裝置(High-Pressure Pulse Probe, HPPP)(圖 7)，該裝置置於鑽井內適當的深度，並在岩盤上下盤處分別安裝膨脹分隔器(infalltable packer)，分隔器的中間即形成密閉的試驗段，於試驗段開始注水時，位移感應裝置開始量測井內側壁上的正向位移與剪切位移，所獲得的數據可用於解析試驗段的滲透係數與彈性變形參數。同時，在試驗段安裝奈米地震監測儀，量測斷層滑動時可能發生之微地震事件。於瑞士 Mont Terri 斷層滑動實驗所量測之數據，有助於斷層滑動模擬模式的研發、精進與驗證工作。

Task B 共分為 3 個研究階段，逐步增加分析之複雜性，第一階段為數值模型研究階段，包含軟體的開發與各研究團隊的初始結果比對 (Benchmark)。第二階段為次要斷層再活化之模擬與實驗結果比較，第三階段為主要斷層再活化模擬。臺灣研究團隊應用 3DEC 軟體分析斷層因注水而產生水壓力上升，並在斷層面上產生滑移變形，其斷層面上相對位移量與現地實驗所量測到的數據進行比較，結果顯示數值模擬與現地實驗數據尚屬吻合(圖 8)。

Task B 各團隊使用之數值分析軟體與執行現況如圖 9，現階段 Task B 各團隊皆已完成初始結果比對，其注水壓力與流量結果之整合與比較如圖 10，各團隊之計算結果與現地實驗數據值仍有些微差距，可持續精進模擬模式的研發，現階段臺灣研究團隊、KIGAM 與 LBNL 已完成第二階段的模擬研究。而臺灣研究團隊因受限於 3DEC 軟體之設定限制(例如：滲透性與位移量之耦合)，無法完成 FM1 相關工作，經向 Task B 負責人解釋後，同意臺灣研究團隊之說明。

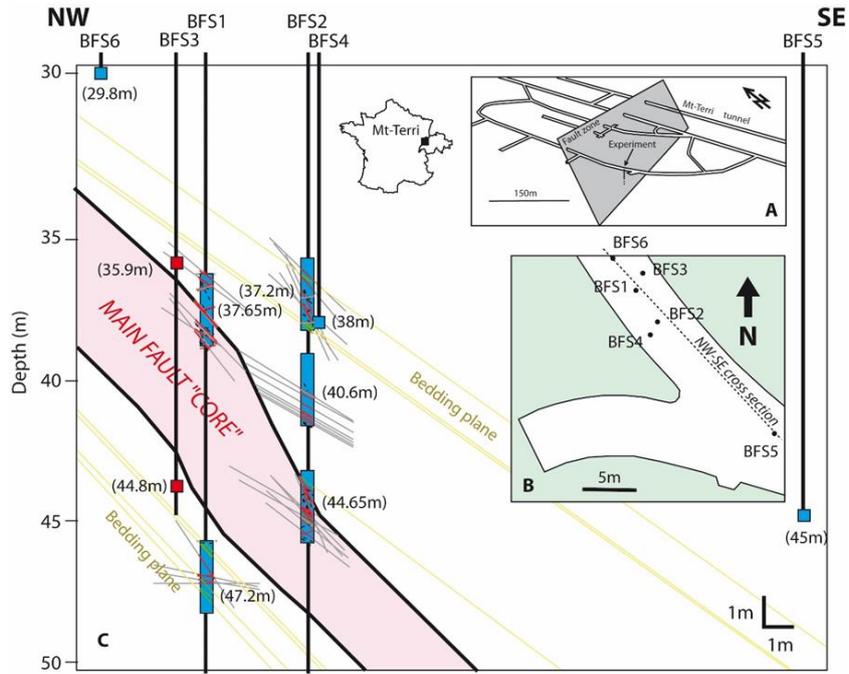


圖 6：Mont Terri 斷層再活化現地實驗設置示意圖

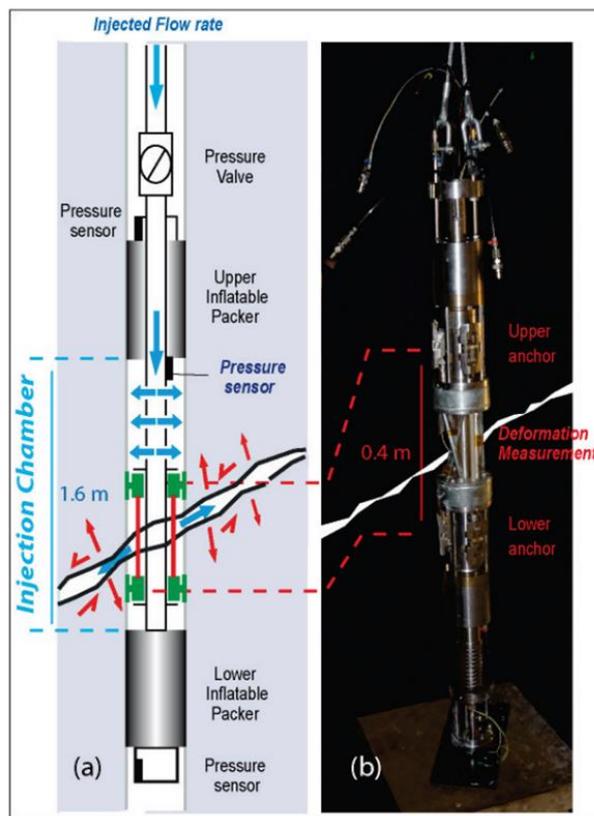


圖 7：高壓脈衝探測裝置實驗儀器配置圖

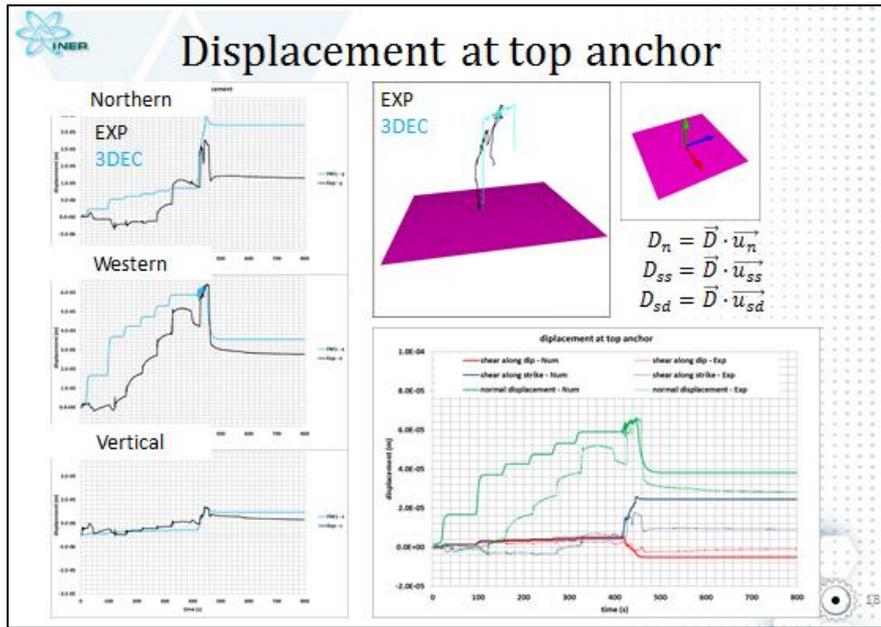


圖 8：臺灣研究團隊應用 3DEC 之分析結果與現地實驗值比較

Cases teams have worked on to date

TEAM	CODE/fault representation	BMT	Step 1 2D		Step 1 3D		Step 2
			FM1	FM2	FM1	FM2	
BGR/ UFZ	1) Open GEOSYS/XFEM interface 2) Rolox LEFM	✓	✓	✓			
CNSC	COMSOL/interface	✓				(✓)	
ENSI	Open GEOSYS/finite thickness	✓	✓	✓	✓	✓	
INER	3DEC/interface	✓		✓	✓	✓	✓
KIGAM	TOUGH-FLAC/interface	✓			✓	✓	✓
LBNL	1) 3DEC/interface 2) TOUGH-FLAC/finite thickness element	✓	✓	✓	✓	✓	✓

✓ Previous Results
 ✓ New Results for Nancy WS

圖 9：Task B 各團隊使用的數值分析軟體與執行現況

Simplified Benchmark Simulations BMT

BMT 7 – Pressure and Flow

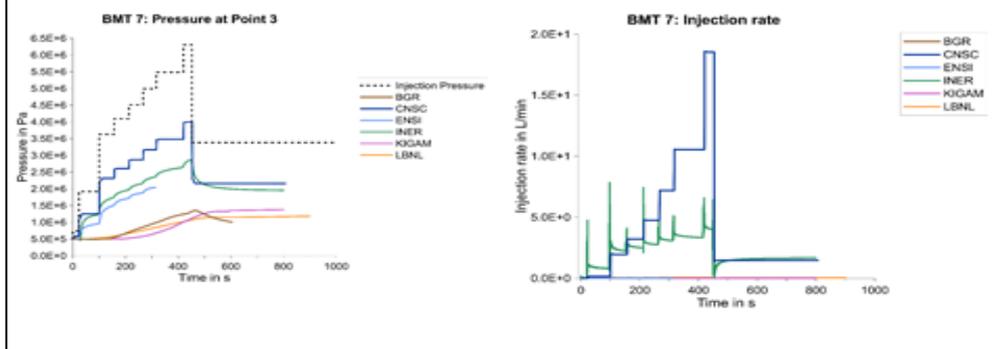


圖 10：Task B 各團隊之模擬之注水壓力與流量結果比較

3. Task D：膨潤土工程障壁的 HM 與 THM 耦合研究

為確保最終處置場安全，工程障壁之演化為關鍵因子，Task D 主要目的為瞭解工程障壁均質化(homogenization)的演化機制，以驗證設計是否符合功能目標，並評估均質化作用對處置場安全功能的影響。

為瞭解工程障壁之功能，驗證工程障壁之可靠度，目前已於瑞士 Mont Terri 地下實驗室進行 EB 實驗與瑞士 Grimsel 測試場址進行 FEBEX 實驗。EB 實驗的母岩為 Opalinus 黏土，利用大型加熱器進行加熱實驗，加熱器下方放置膨潤土塊，上方填滿膨潤土顆粒(pellets)，並進行膨潤土水化作用，其示意圖如圖 11，整個實驗為期 10.5 年，過程中量測廢棄物罐位移情形、緩衝材料的相對濕度、孔隙水壓及應力等，目前實驗裝置已經拆除；FEBEX 實驗的母岩為花崗岩，設置可進行溫度控制的加熱器，周圍放置緻密膨潤土塊，並採自然注水，其示意圖如圖 12，實驗為期 18 年，過程中量測工程障壁內的溫度、緩衝材料的相對濕度及應力等，以瞭解其熱水力的相互作用，目前實驗裝置已拆除。

Task D 之 EB 實驗主要分為兩個階段，第一階段依據 EB 實驗監測系統的數據，進行膨潤土水化作用(10.5 年)之模型建構與模擬，第一階段模擬所需期程約 9 個月。第二階段依據 EB 實驗拆除後的數據，進行膨潤土障壁材料最終狀態模擬與預測，第二階段模擬所需期程約 9 個月。Task D 各研究團隊後續將針對 FEBEX 實驗進行相關的模擬與分析。

臺灣研究團隊採用中央大學開發之 HydroGeoChem 程式進行 Task D 的模擬研究工作，使用水流與力學模組進行耦合模擬。水流模組部分，使用流體與固體之連續方程式，流體運動則採用達西定律(Darcy's Law)；力學模組部分，有效應力使用柯西定律(Cauchy's Law)進行計算，並採用黏彈性材料模型。

Task D 各團隊執行現況如圖 13，各研究團隊之膨潤土飽和度分析

結果比較如圖 14，目前臺灣研究團隊所獲得之階段成果，經 Task D 負責人判定皆未達成階段目標，現階段臺灣研究團隊正努力將線性力學與回脹壓力等方程式加入 HydroGeoChem 程式中，但目前仍在測試階段，臺灣研究團隊將持續精進中央大學所開發之 HydroGeoChem 程式，趕上 Task D 所設定之目標。

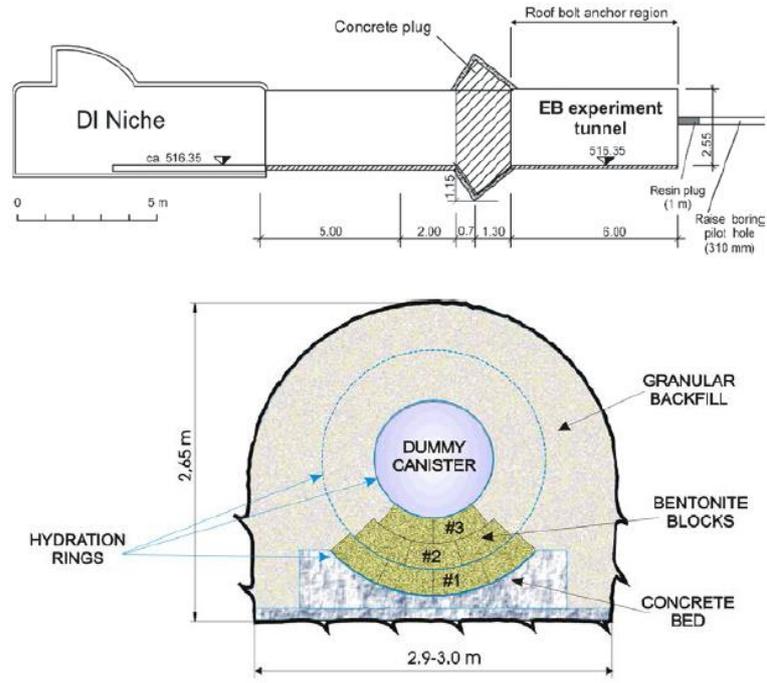


圖 11：瑞士 Mont Terri 地下實驗室 EB 實驗示意圖

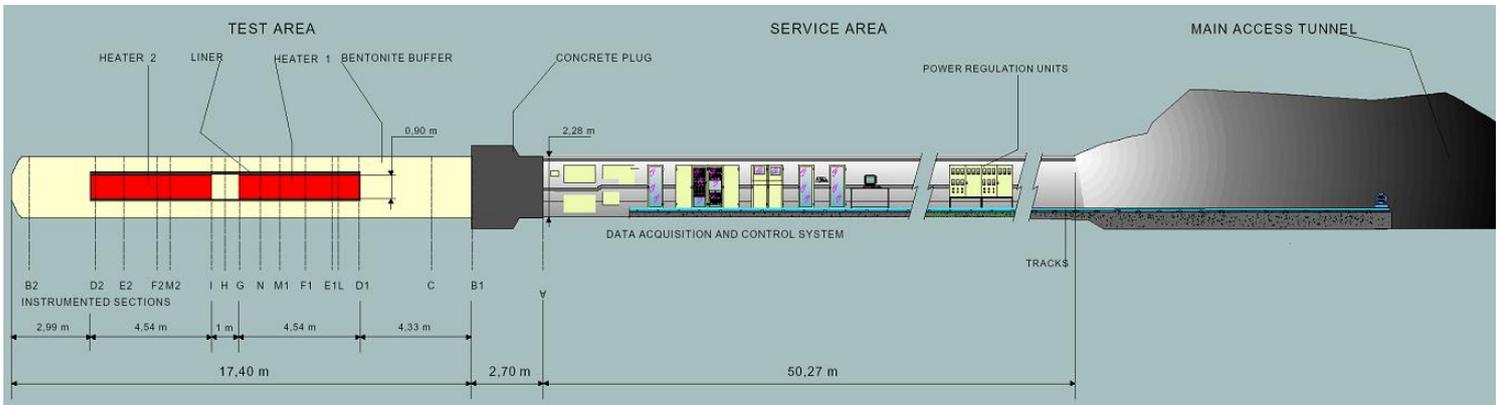


圖 12：瑞士 Grimsel 測試場址 FEBEX 實驗示意圖

TASK D: INBEB

○ State of the Task

Team	Code	Results Stage 1	Results Stage 2	Report
IGN	COMSOL	★ ★	★	★
IRSN		✗	✗	✗
JAEA	THAMES	★	★	★
KAERI	TOUGH2-MP FLAC 3D	★ ★	★	★
NCU	HGC 4.3	✗	✗	★

圖 13：Task D 各團隊使用的數值分析軟體與執行現況

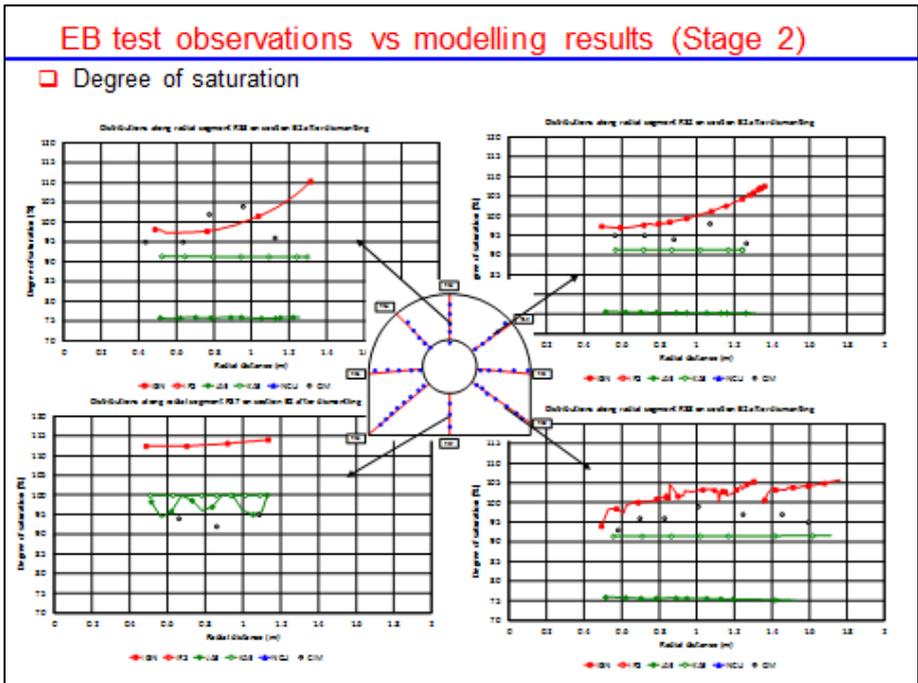


圖 14：Task D 各團隊之膨潤土飽和度分析結果

4. 專案管理會議

專案管理會議先由 DECOVALEX 計畫主席 Jens Birkholzer 先生進行致詞，感謝 DECOVALEX-2019 第五次會議主辦單位法國 ANDRA 的安排與協助，並感謝出席單位的配合，雖然 DECOVALEX-2019 第五次會議碰到法國高鐵罷工事件，但仍順利完成。秘書 Alex Bond 先生針對各個研究項目之進度進行分析，目前 Task D 各研究團隊進度落後，未達成當初設定之階段目標，要求 Task D 負責人與各研究團隊需要積極辦理，其餘研究項目皆依原先規劃進行中。

接著由 DECOVALEX-2019 第六次會議主辦單位韓國 KAIREI 的 Changsoo Lee 先生進行簡報，說明 DECOVALEX-2019 第六次會議之相關規劃細節，下次會議將於韓國首爾召開，時間訂於 10 月 16 日至 19 日，其中包含一天的技術參訪，將參訪位於韓國大田 KURT 地下實驗室(KAERI Underground Research Tunnel)。DECOVALEX-2019 第六次會議前，將於 10 月 15 日舉辦先期研討會 International Workshop on Coupled Processes in Geological Disposal of Nuclear Waste，韓國 KIGAM 的 Eui-Seob Park 博士邀請各研究團隊參加，增強各研究團隊對放射性廢棄物地質處置場耦合過程的了解。後續將由捷克 SURAO 舉辦 DECOVALEX-2019 第七次會議，瑞士 CNSC 舉辦 DECOVALEX-2019 第八次會議與 DECOVALEX-2019 計畫結案會議。

DECOVALEX-2019 計畫將於 2019 年秋天結案，目前 DECOVALEX-2019 計畫共有 7 個研究項目進行中，為利於下期 DECOVALEX-2023 計畫進行，DECOVALEX 計畫主席 Jens Birkholzer 先生請與會各研究團隊腦力激盪，提出 DECOVALEX-2023 計畫之研究項目。經與會專家討論後，目前已提出 Task B(泥岩中斷層滑動模擬)結合開挖擾動帶(excavation disturbances zone, EDZ)之研究項目，未來將作

為 DECOVALEX-2023 計畫之研究項目。DECOVALEX 計畫主席 Jens Birkholzer 先生邀請各與會單位返國後仍可提出想法，可透過電子郵件方式進行討論。

(二) DECOVALEX 技術參訪：Meuse/Haute-Marne 地下實驗室

法國 ANDRA 安排 4 月 27 日參訪 Meuse/Haute-Marne 地下實驗室，當日 7 時 30 分從南錫出發，約經 90 分鐘車程抵達 Meuse/Haute-Marne 地下實驗室。辦理參訪手續與完成安檢措施後，前往接待中心。於接待中心時，由法國 ANDRA 人員簡介 Meuse/Haute-Marne 地下實驗室的研究現況，並配合法國 Cigeo 計畫進行相關研究，Meuse/Haute-Marne 地下實驗室主要進行泥質岩處置母岩的地質調查技術、工程設計技術、處置建造、運轉與封閉等技術，並提供安全評估之運算需求。

Meuse/Haute-Marne 地下實驗室位於巴黎東方約 300 公里處，在地質上屬於侏羅系之沉積盆地(巴黎盆地)，該沉積盆地以中生代的沉積物為主。其中，作為處置母岩的泥岩層稱為 Callovo-Oxfordian Formation，沉積年代約在 1.6 億年前，厚度大約在 130 公尺至 160 公尺之間，深度約在地下 410 公尺至 550 公尺之間。Meuse/Haute-Marne 地下實驗室係由法國 ANDRA 負責規劃、施工及進行相關實驗，屬於泥質岩類之地下實驗室。法國政府已選定泥質岩作為高放射性廢棄物最終處置的處置母岩，法國 ANDRA 正透過 Meuse/Haute-Marne 地下實驗室進行泥質岩類相關之可行性研究。接待中心大廳展示 Meuse/Haute-Marne 地區鄰近區域的岩石樣本(如圖 15)，並展示不同深度具代表性的鑽探岩心(圖 16)，並以圖說說明 Meuse/Haute-Marne 地下實驗室所在地之岩層變化與形成年代(圖 17)。

Meuse/Haute-Marne 地下實驗室包含地表設施與地下設施，地表設施佔地約 17 公頃，包括行政大樓、展示館和接待中心等，地下設施位於地下深度 445 公尺和 490 公尺處，主要以 2 座深度達 500 公尺的豎井作為聯絡通道，主要豎井直徑為 5 公尺，作為人員與設備的運送及通風

之用；次要豎井直徑為 4 公尺，距離主要豎井約 100 公尺，不僅提供通風、材料和設備運輸之用，並作為地下實驗室的緊急應變通道。

在進入地下實驗室之前，所有參訪人員須接受約 20 分鐘的安全防護講習，以便了解地下實驗室發生意外(尤其是火災)時的緊急應變措施，並說明地下實驗室各個重要據點皆設有緊急存糧可供受困者食用，及設有緊急聯絡電話可向外請求救援。安全講習結束後前往地下實驗室入口處進行換裝，裝備包含安全帽及頭燈、安全反光背心、安全鞋等，著裝完畢後隨同導覽員 Hippolyte Djizanne 博士前往地下實驗室。

本次參觀位於地下深度 490 公尺處的地下實驗室，由於法國 ANDRA 限制於地下隧道內拍攝相關實驗或設備等照片，故並無相關照片可供參考，僅有 1 張團體合影(圖 18)。前往地下實驗室需搭乘主要豎井內的電梯，電梯移動的速度約為 2 m/s，需花費約 4 分鐘才可抵達地下 490 公尺，主要豎井並非呈現整段垂直，在某段深度時有微小幅度的彎曲。

Meuse/Haute-Marne 地下實驗室應用全斷面隧道鑽掘機(Tunnel Boring Machine, TBM)開挖隧道，可減少對岩壁的擾動影響，目前正透過開挖水平微隧道(Microtunnel)(直徑 0.7 m)，試驗減少岩層擾動及損傷的工法。法國 ANDRA 亦於地下 490 公尺進行開挖擾動帶之特性研究，針對岩心樣本、樹脂填充樣本、處置隧道與側壁的地質探勘等觀察結果進行分析，並利用封塞系統進行脈衝和恆定水頭實驗，量測水力傳導係數，並估計開挖擾動帶內水力傳導係數的延伸影響範圍。

依據導覽員 Hippolyte Djizanne 博士說明，為了符合法國法規，處置隧道須可以維持 100 年，故處置隧道開挖完畢後，先施以噴凝土作為簡單襯砌，等待 6 個月後利用岩體本身自持力達到力學平衡，再使用混凝土襯砌等支撐構件，配合周圍岩體形成支撐拱圈，此方法不但對於周

圍岩體擾動較小，施工方式具彈性且經濟性。Hippolyte Djizanne 博士指出，法國 ANDRA 於 Meuse/Haute-Marne 地下實驗室，針對泥質岩的物理及力學參數進行實驗與量測，包括岩石組成、含水量、孔隙率及滲透係數等物理參數，以及楊氏模數、張力強度與初始現地應力等力學參數，法國 ANDRA 正在處置隧道壁內進行岩石的水力-力學耦合試驗，藉以量測岩體位移量及孔隙壓力。

由於本次參訪時間有限，僅參訪開挖擾動帶與水平微隧道研究的設計及監測現況，最後要離開地下設施時，Meuse/Haute-Marne 地下實驗室提供深度 490 m 處的泥質岩，可由參訪人員攜回作為紀念品。

為讓參訪民眾了解地下實驗室與處置設施的功能與運轉方式，展示館展示多樣全尺寸之處置設施，包含：不銹鋼材質之廢棄物罐(Stainless steel canister)(圖 19)、碳鋼材質之外包裝(overpack)、運送護箱(圖 20)、採取水平處置方式之微隧道展示模型(圖 21)、全尺寸處置坑道及廢棄物封填示意圖、隧道開挖機具操作台等，並藉由實際的實驗展示處置設施之安全，例如：護箱長期重壓測試、護箱墜落測試等。



圖 15：Meuse/Haute-Marne 地下實驗室展示陳列區的岩石樣本



圖 16：Meuse/Haute-Marne 地下實驗室展示不同深度具代表性的鑽探岩心

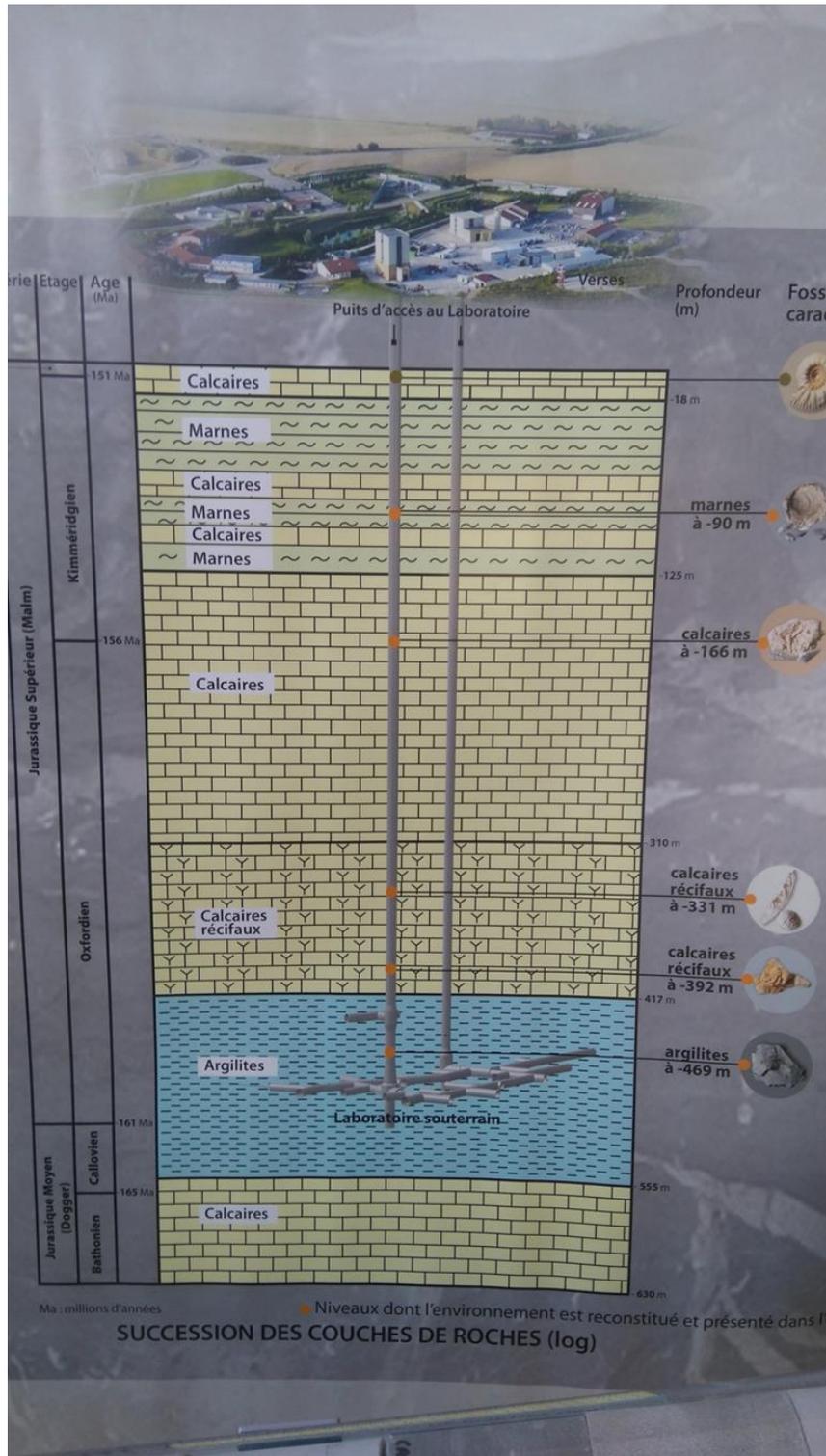


圖 17：Meuse/Haute-Marne 地下實驗室所在地岩層變化與形成年代



圖 18：本團成員參訪 Meuse/Haute-Marne 地下實驗室



圖 19：不銹鋼材質之廢棄物罐



圖 20：法國 ANDRA 導覽人員介紹運送護箱



圖 21：採取水平處置方式之微隧道展示模型

二、TPC-ANDRA 年度管理會議

基於台電公司與法國 ANDRA 所簽訂之合作備忘錄，雙方於 4 月 30 日假 ANDRA 總部召開 TPC-ANDRA 年度管理會議，進行高放處置計畫近況資訊交換與處置技術交流，法國 ANDRA 由 Danial Delort 博士與 Poisson Richard 博士接待(圖 22)，Danial Delort 博士為水文地質學家及法國 ANDRA 研發部負責人，Poisson Richard 博士為水文地質學家及法國 ANDRA 國際業務部負責人。

TPC-ANDRA 年度管理會議首先由台電公司李柏叡專員進行簡報(圖 23)，介紹臺灣用過核子燃料管理策略與最終處置計畫之背景、我國用過核子燃料最終處置技術可行性評估報告(SNFD2017 報告)最新成果與國際同儕審查發現，並說明臺灣採用階段式決策方式(Step-wise decision making)執行用過核子燃料最終處置計畫，其包含 5 個階段(圖 24)：

- (1) 「潛在處置母岩特性調查與評估階段」(2005 年至 2017 年)；
- (2) 「候選場址評選與核定階段」(2018 年至 2028 年)；
- (3) 「場址詳細調查與試驗階段」(2029 年至 2038 年)；
- (4) 「處置場設計與安全分析評估階段」(2039 年至 2044 年)；
- (5) 「處置場建造階段」(2045 年至 2055 年)。

依照台電公司規劃，台電公司須於 2017 年底完成「潛在處置母岩特性調查與評估階段」重要里程碑—SNFD2017 報告，並提送至管制機關審查，而管制機關於 2011 年已要求 SNFD2017 報告須達成 3 項階段目標：

- (1) 能否找到合適的花崗岩進行地質處置；
- (2) 地質處置工程技術能力是否完備；
- (3) 地質處置設施長期安全性之評估。

管制機關另要求 SNFD2017 報告須參考日本 H12 報告之章節架構進行編撰，且 SNFD2017 報告提送管制機關審查前，須先經過國際同儕審查。台電公司已針對管制機關之要求，已如期如質於 2017 年底提出 SNFD2017 報告，並完成國際同儕審查，目前管制機關審查中。

會議中台電公司李柏叡專員重點說明 SNFD2017 報告已獲得重點成果，相關內容如下：

- (1) SNFD2017 報告經過系統化分析評估，明確建議排除臺灣西南部泥岩的處置可行性，並建議花崗岩是臺灣目前具潛能之處置母岩，現階段的研究顯示臺灣本島及離島皆有合適的花崗岩體，其岩體尺寸及地質特性，具備提供後續進行深層地質處置研究的潛力；至於中生代基盤岩仍需持續關注進行研究，以探討其未來處置可行性。
- (2) SNFD2017 報告採用 KBS-3 處置概念做為現階段處置設施之參考概念，並探討處置設計與工程技術之可行性，SNFD2017 報告依照國內地質特性，自行建立與掌握廢棄物罐、緩衝材料與回填材料、處置隧道、封塞設計等設計基礎能力。
- (3) SNFD2017 報告安全評估技術發展，針對用過核子燃料最終處置系統，以及地質概念模式與特性數據，建立安全評估與情節建構方法論，具體展現地質處置設施長期安全性的評估能力。

台電公司李柏叡專員亦於會議中說明國際同儕審查之過程與發現，國際同儕審查小組對 SNFD2017 報告亦提出正向肯定，SNFD2017 報告與國際上初步安全論證(Safety Case)發展方向一致，並認為 SNFD2017 報告已達成「潛在處置母岩特性調查與評估階段」之目標，可向「候選場址評選與核定階段」前進，但國際同儕審查小組提醒台電公司未來尚有需注意與加強的部分，包含廢棄物罐長期腐蝕演化議題、地震引發裂

隙錯動議題、建立參數應用平台等。

緊接著由法國 ANDRA Danial Delort 博士進行簡報(圖 25)，說明法國泥質岩(argillaceous rock)研究計畫最新近況與未來研究需求，法國政府於 1991 年頒布之廢棄物法規中，指定有 3 個研究區域，分別為泥質岩之 Gard 地區與 Meuse/Haute-Marne 地區，花崗岩之 Vienne 區域，法國 ANDRA 於 1996 年向法國政府申請 3 個地下實驗室之建照執照，經過長達 2 年的審查作業，法國政府於 1998 年決定在 Meuse/Haute-Marne 地區設置地下實驗室，並進行諸多現地實驗，以佐證地質調查與工程設計技術，並提供實驗參數予安全評估使用，於 2005 年提出 Meuse/Haute-Marne 泥岩層地質處置可行性及安全評估報告 (Feasibility/safety assessment of safe and reversible geological disposal in Meuse/Haute-Marne clay layer, Dossier 2005)。Meuse/Haute-Marne 泥岩層厚度超過 150 m，屬於非常均質的孔隙介質，具有良好的遲滯特性，能長時間將放射性核種限制於泥岩中，且泥岩層具備的極低滲透特性，能限制地下水流。

Meuse/Haute-Marne 地下實驗室已開挖至地下深度 490 m 處，設置諸多橫向坑道以擴大地質調查規模(圖 26)，並研發處置設施之建造、運轉與封閉等工程技術。對於隧道開挖與岩石支撐技術方面，法國 ANDRA 應用全斷面隧道鑽掘機開挖泥質岩隧道，並研發微隧道之開挖及支撐技術；對於坑道封閉技術方面，法國 ANDRA 在地下實驗室進行全尺寸的封閉技術測試，應用於封閉微隧道、處置隧道和豎井等，以確保長期安全；對於廢棄物包件(Waste package)之處理技術方面，法國 ANDRA 將高放射性廢棄物裝填於碳鋼材質之廢棄物罐，並在地下實驗室中進行全尺寸的廢棄物包件置放與檢驗技術測試。現階段法國 ANDRA 持續於 Meuse/Haute-Marne 地下實驗室中進行實驗，實驗項目

可分為 6 大主軸方向：

- (1) 處置母岩的圍阻性質：著重於孔隙壓力與滲透性、孔隙水特性、擴散和保留(retention)等性質。
- (2) 誘發的岩體擾動：誘發岩體擾動因素，包含：隧道開挖擾動帶及熱效應；
- (3) 隧道支撐：柔性支撐與剛性支撐；
- (4) 高放射性廢棄物處置單元；
- (5) 封塞與密封；
- (6) 母岩與工程材料間的交互作用。

法國高放射性廢棄物最終處置計畫稱為 Cigeo 計畫，Cigeo 深層地質處置場選定於法國東部之 Meuse/Haute Marne 地區，Cigeo 深層地質處置場位於地下 500 公尺，將利用其特有的泥質岩構造形成天然障壁，防止放射性核種外釋，Cigeo 深層地質處置場之場址篩選流程如圖 27，Cigeo 深層地質處置場之設計配置如圖 28。由於法國高放射性廢棄物為再處理後的玻璃固化體，處置概念與工程設計均已聚焦於泥質岩，並設置 Meuse/Haute-Marne 地下實驗室，透過現地實驗與安全評估技術，證明處置設施於百萬年長期演化過程的安全性，提供法國 ANDRA 作為處置設施選址的重要依據，並據以完成安全論證。法國 ANDRA 自從執行 Cigeo 計畫以來，從處置概念設計到安全評估皆進行反覆回饋，逐步確定處置概念，並優化處置設施之技術要求。經過法國長達 20 年研究，泥質岩具有優秀的核種遲滯能力，目前法國 ANDRA 正在進行相關技術驗證工作，並積極進行民眾溝通、申請建造執照之準備作業，預計 2019 年提出建照執照申請，規劃於 2025 年開始運轉。

後續與會人員針對簡報內容及雙方合作備忘錄執行方式進行討論(圖 29 與圖 30)，Daniel Delort 博士提出許多高放處置技術相關實驗與

細部規劃，須藉由建立地下實驗室方可進行，建議我國可以先與民眾溝通，以利選出適宜研究地點，執行更完整與詳實之技術研發工作，並且參考法國執行經驗，評估當前社會氛圍，制訂溝通計畫並且務實執行。另外，台電公司與法國 ANDRA 規劃於 2018 年底於台灣舉辦台法放射性廢棄物處置交流研討會，將邀請法國 ANDRA 專家來臺灣進行交流與討論。

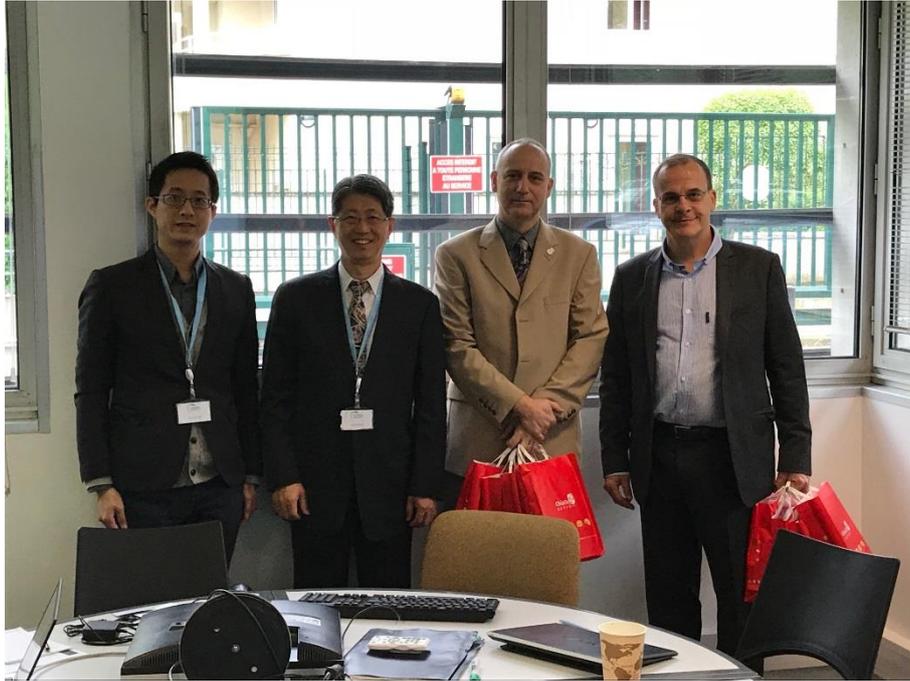


圖 22：台電公司代表與法國 ANDRA 代表進行合影

註：由左至右分別為台電公司簡國元課長、徐自生副處長、法國 ANDRA Danial Delort 博士、Poisson Richard 博士



圖 23：台電公司李柏叡專員進行簡報

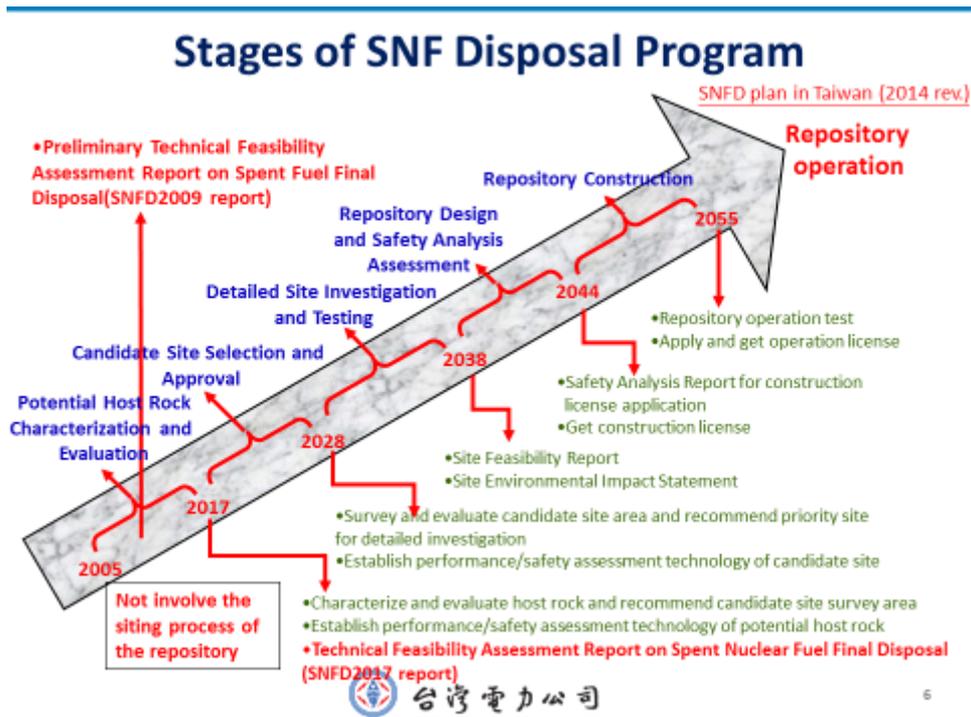


圖 24：臺灣用過核子燃料最終處置計畫 5 個階段



圖 25：法國 ANDRA Danial Delort 博士進行簡報

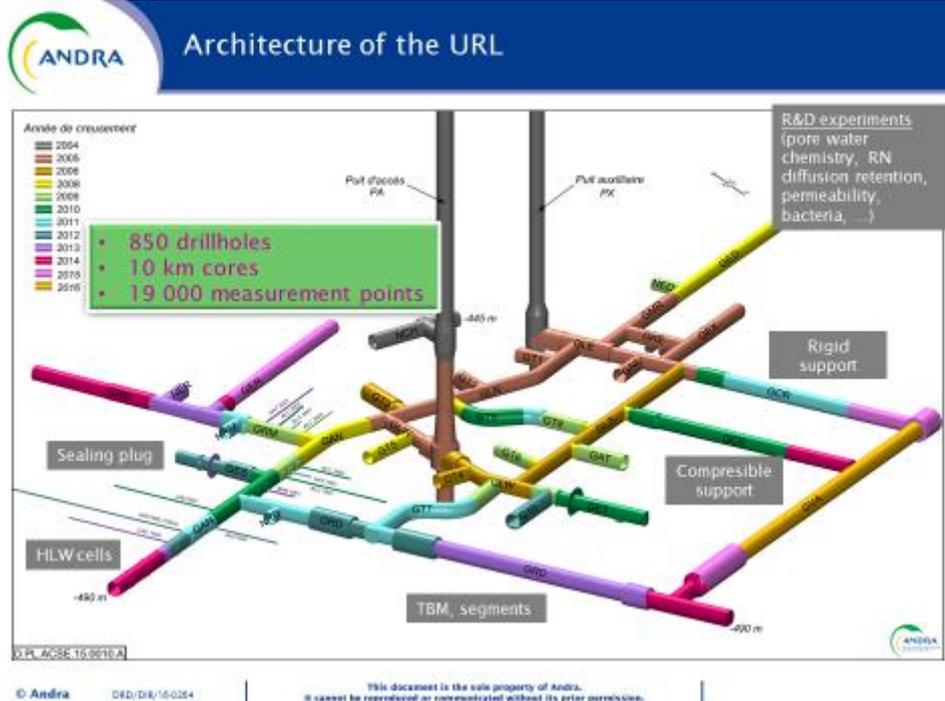


圖 26：Meuse/Haute-Marne 地下實驗室配置

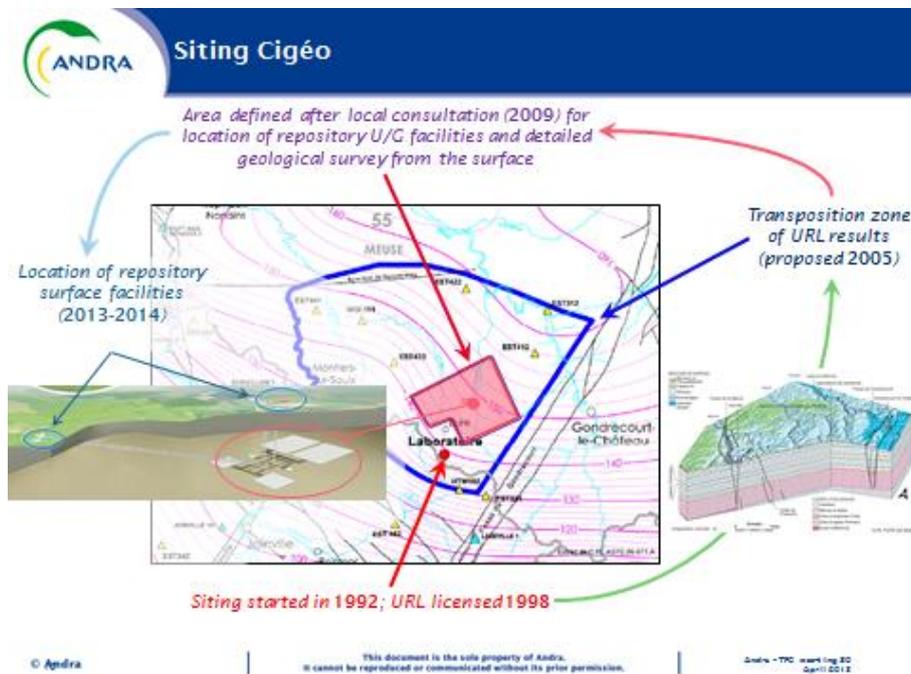


圖 27：Cigeo 深層地質處置場之場址篩選流程

資料來源：法國ANDRA泥質岩研究計畫最新近況與未來研究需求簡報資料



© Andra

This document is the sole property of Andra.
It cannot be reproduced or communicated without its prior permission.

Andra - TPC meeting 20
April 2012

圖 28：Cigeo 深層地質處置場之設施配置
資料來源：法國ANDRA泥質岩研究計畫最新近況與未來研究需求簡報資料



圖 29：TPC-ANDRA 年度管理會議與會人員進行討論



圖 30：台電公司簡國元主管與法國 ANDRA Poisson Richard 博士進行討論

肆、心得

DECOVALEX 計畫主要以地質處置現地試驗結果，透過不同模擬技術交互比較，依訂定期程目標與模擬結果差異進行研討，推動模擬技術預測及地下實驗技術驗證的技術發展。參加 DECOVALEX 計畫，觀察到各國際團隊在精進模式上的努力，雖然模擬結果與實驗數據仍有差距，但趨勢上已逐漸接近，而數值模型之理論說明亦更加充足完備。故藉由實驗設計精進模式演算法之方式，對於 THMC 耦合模式之發展有實質上之助益。

法國政府已選定泥質岩作為高放射性廢棄物最終處置的處置母岩，法國 ANDRA 正進行泥質岩類相關之可行性研究，並於 Meuse/Haute Marne 地區建置地下實驗室，驗證處置技術之可靠度。目前臺灣參考瑞典 KBS-3 處置概念，並以花崗岩作為研究標的，完成國內高放處置技術之可行性評估。雖然臺灣與法國所選定的母岩不同，但皆採用「深層地質處置」與「多重障壁概念」，將高放射性廢棄物處置於深層岩盤中，再配合工程障壁系統，形成的多重障壁系統(Multi-barrier System, MBS)，可有效使可能釋出而傳輸的放射性核種受到圍阻與遲滯，以換取足夠的時間，讓放射性核種的輻射強度在影響人類生活環境之前，已衰減至法令規定所容許的限值。經與法國 ANDRA 進行交流後，證明國內高放處置計畫發展方向與國際核能先進國家一致。

伍、建議

- 一、參加 DECOVALEX 技術研討會，增加與各國專責機構與管制機關之交流機會，有助於取得最新高放處置相關國際資訊，並可瞭解目前國際上 THMC 試驗發展現況與未來趨勢，而國內高放處置研究團隊之評估能力亦可於會議中受國際專家檢視，DECOVALEX-2019 第六次會議將於韓國召開，建議持續派員出席 DECOVALEX 技術研討會。
- 二、DECOVALEX-2019 計畫共有 7 項研究項目，目前臺灣研究團隊參加 3 個研究項目：Task A、Task B、Task D，目前 DECOVALEX 計畫已開始規劃下期 DECOVALEX-2023 計畫研究項目，建議臺灣研究團隊持續參加 DECOVALEX-2023 計畫，未來可投入更多人力與研究能量，參與更多研究項目，進行相關模式開發與技術驗證，建立屬於國內之 THMC 耦合技術。
- 三、法國 ANDRA 於 Meuse/Haute Marne 地區建置地下實驗室，不僅可驗證法國 ANDRA 所具備之處置技術，更可作為公眾溝通之平台，讓參訪者更深刻了解目前研究進展與相關技術，可提高參訪者對處置技術之信心。建議國內尋找合適地點，盡早推動地下實驗室規劃，以實體展示方式讓民眾了解處置技術進展，增強民眾信心更利於與民眾溝通。
- 四、基於台電公司與法國 ANDRA 所簽訂之合作備忘錄，雙方於法國 ANDRA 總部召開年度管理會議，進行高放處置計畫近況資訊交換與處置技術交流，亦獲取法國處置計畫最新發展現況、實際經驗，建議可多與高放最終處置技術先進國家合作交流，可回饋並作為台電公司高放射性廢棄物管理及處置技術發展方向之參考，有助於國內用過核子燃料最終處置計畫之推動。

陸、附錄(DECOVALEX-2019 第五次會議議程)

5th Workshop & Steering Committee Meeting

Nancy, France
24th April – 27th April

Dress Code: Casual WiFi Login: DECOVALEX, password: Xkr34D3c

Summary block agenda

Start At	Day 1			Day 2		Day 3	Day 4
	Stream 1	Stream 2	Stream 3	Stream 1	Stream 2		
08:30	Registration			Task A	Task G	Plenary: Tasks A - G <i>inc. 15 minutes break</i>	Technical Visit
09:00	D-2019 Welcome & Host Talk						
09:30	Task Intros (20 mins each) & Invited Task Talks (25 mins)						
10:00							
10:30							
11:00							
11:30							
12:00							
12:30				Lunch	Lunch	Lunch	
13:00	Lunch	Lunch	Lunch				
13:30							
14:00				Task A cont.			
14:30	Task B	Task D	Task F	Task E	Task C		
15:00						Open SC Meeting	
15:30						Closed SC Meeting	
16:00							
16:30							
17:00							
17:30							
18:00						Close	
18:30	Close	Close		Close	Close		
				Workshop Dinner			

24/4/2018 (Tuesday, Day 1)

Room: Amphi  tre 100

Time	Topic	Speaker
08:30-09:00	Registration	
09:00-09:15	Welcome	Jens Birkholzer
09:15-09:45	Andra's R&D activities for the Cigeo project	Emilia Huret (Andra)
Task Introductions and Invited Talks		
09:45-10:05	Task B	Bastian Graupner / Jonny Rutqvist
10:05-10:25	Task C	Teruki Iwatsuki
10:25-10:45	Task D	Antonio Gens (Alex Bond)
10:45-11:00	Break	
11:00-11:40	FEBEX-DP - summary of dismantling activities and analysis	Florian Kober
11:40-12:00	Task E	Darius Seyedi
12:00-12:20	Task F	Hua Shao
12:20-12:40	Task G	Tobias Backers
12:40-13:00	Task A	Elena Tamayo-Mas
13:00-14:15	Lunch	

24/4/2018 (Tuesday, Day 1) – Stream 1

Room: Amphitéâtre 100

Time	Topic	Speaker
Task B : Fault Slip Test		
Modelling the induced slip of a fault in argillaceous rock		
14:15-14:25	Brief Introduction	Bastian Graupner / Jonny Rutqvist
14:25-14:45	Team 1: CNSC	Son Ngyuen
14:45-15:05	Team 2: ENSI	Luca Urpi
15:05-15:25	Team 3: INER	Wenjie Shiu
15:25-15:35	Break	
15:35-15:55	Team 4: KIGAM	Taehyun Kim
15:55-16:15	Team 5: LBNL	Jonny Rutqvist
16:15-16:35	Team 6: BGR/UFZ	Gesa Ziefle
16:35-16:45	Team 7: SSM/GFZ Helmholtz Enterprise	Jeoung Seok Yoon
16:45-17:05	Synthesis	Bastian Graupner / Jonny Rutqvist
17:05-17:35	Q&A with Yves Gugliemi (possibly via Skype)	Yves Gugliemi
17:35-18:20	Task B Discussion	Bastian Graupner / Jonny Rutqvist
18:20	Finish	

24/4/2018 (Tuesday PM, Day 1) – Stream 2

Room: A306

Time	Topic	Speaker
Task D : INBEB		
HM and THM Interactions in Bentonite Engineered Barriers		
14:15-14:25	Brief Introduction	Antonio Gens (Alex Bond)
14:25-14:45	Team 1: IGN	Radim Blaheta
14:45-15:05	Team 2: JAEA	Yusuke Takayama
15:05-15:25	Team 3: KAERI	Changsoo Lee
15:25-15:35	Break	
15:35-15:55	Team 4: NCU/TP	Chia-Wei Kuo
15:55-16:15	<i>Team 5: IRSN (not expected to attend)</i>	<i>Nadia Mokni</i>
16:15-16:35	Synthesis	Antonio Gens (Alex Bond)
16:35-17:05	Q&A with Florian Kober	Florian Kober
17:05-18:00	Task D Discussion	Antonio Gens (Alex Bond)
18:00	Finish	

24/4/2018 (Tuesday PM, Day 1) – Stream 3

Room: A307

Time	Topic	Speaker
Task F : FINITO		
Fluid inclusion and movement in tight rock		
14:15-14:25	Brief Introduction	Hua Shao
14:25-14:45	Team 1: BGR/UFZ	Hua Shao
14:45-15:05	Team 2: Sandia National Lab	Yifeng Wang
15:05-15:25	Team 3: UFZ	Thomas Nagel
15:25-15:45	Synthesis	Hua Shao
15:45-16:45	Task F Discussion	Hua Shao
16:45	Finish	

25/4/2018 (Wednesday, Day 2) – Stream 1

Room: Amphitéâtre 100

Time	Topic	Speaker
Task A : ENGINEER		
Modelling advective gas flow in low permeability materials		
08:30-08:40	Brief Introduction	Elena Tamayo-Mas
08:40-09:00	Team 1: BGR/UFZ	Torben Brüning
09:00-09:20	Team 2: CNSC	Elias Dagher
09:20-09:40	Team 3: KAERI	Jin-Seop Kim
09:40-10:00	Team 4: LBNL	Jonny Rutqvist
10:00-10:20	Team 6: NCU/TP	Shu-Hua Lai
10:20-11:00	Break	
11:00-11:20	Team 7: Quintessa	Neil Chittenden
11:20-11:40	Team 8: UPC	Sebastià Olivella
11:40-12:00	Synthesis	Elena Tamayo-Mas
12:00-12:30	Task A Discussion	Elena Tamayo-Mas
12:40-13:45	Lunch	
13:45-14:25	Task A Discussion (cont)	Elena Tamayo-Mas
14:25-14:30	Change-over	
Task E : Multi-scale heater tests:		
Upscaling of modelling results from small scale to one-to-one scale		
14:30-14:40	Brief Introduction	Darius Seyedi
14:40-15:00	Team 1: LBNL	Hao Xu
15:00-15:20	Team 2: Quintessa	Kate Thatcher
15:20-15:40	Team 3: UFZ/BGR	Wenqing Wang
15:40-15:50	Break	
15:50-16:10	Team 4: NWMO	Ruiping Guo
16:10-16:25	Team 5: Andra	Carlos Plua
16:25-16:40	University of Lille - “Application of phase field method to the analysis of damage evolution taking into account THM coupling effects”	Zhen Yu
16:40-17:00	Synthesis	Darius Seyedi
17:00-18:00	Task E Discussion	Darius Seyedi
18:00	Finish	

25/4/2018 (Wednesday, Day 2) – Stream 2

Room: A306

Time	Topic	Speaker
Task G : EDZ Evolution		
Reliability, Feasibility and Significance of Measurements of Conductivity and Transmissivity of the Rock Mass for the Understanding of the Evolution of a Repository of Spent Nuclear Fuel		
08:30-08:45	SSM welcome and update	Carl-Henrik Pettersson
08:45-09:00	Brief Overview Status Task G	Tobias Backers
09:00-09:20	Fracture Network Modelling	Joel Geier
09:20-09:30	Break	
09:30-09:50	Team 1: Seoul National University	Tobias Meier
09:50-10:10	Team 2: Technical University of Liberec	Jakub Rita
10:10-10:30	Team 3: geomecon	Tobias Meier
10:30-10:45	Break	
10:45-12:00	Discussion of results, definition of next steps	All
12:00-12:30	Change-Over	
12:30-13:45	Lunch	
Task C : GREET		
Modelling of coupled behaviours during groundwater recovery process around the gallery		
14:30-14:40	Brief Introduction	Teruki Iwatsuki
14:40-15:10	Team 1: JAEA	Hironori Onoe/ Yusuke Ozaki
15:10-15:40	Team 2: SNL	Yifeng Wang
15:40-15:50	Break	
15:50-16:20	Team 3: TUL	Milan Hokr
16:20-16:40	Synthesis	Teruki Iwatsuki
16:40-17:30	Task C Discussion	Teruki Iwatsuki
17:30	Finish	

26/4/2018 (Thursday, Day 3)

Room: Amphitéâtre 100

Time	Topic	Speaker
Plenary (Chaired by Jens Birkholzer / Alex Bond)		
08:30-09:15	Task A: Teams 1-9 (5 minutes per team, same order as Day 2)	
09:15-09:25	Task A Synthesis	Alex Bond
09:25-09:35	Task A Discussion	All
09:35-10:05	Task B: Teams 1-6 (5 minutes per team, same order as Day 1)	
10:05-10:15	Task B Synthesis	Bastian Graupner / Jonny Rutqvist
10:15-10:25	Task B Discussion	All
10:25-10:40	Task C: Teams 1-3 (5 minutes per team, same order as Day 2)	
10:40-10:50	Task C Synthesis	Teruki Iwatsuki
10:50-11:00	Task C Discussion	All
11:00-11:15	Break	
11:15-11:40	Task D: Teams 1-5 (5 minutes per team, same order as Day 1)	
11:40-11:50	Task D Synthesis	Antonio Gens (Alex Bond)
11:50-12:00	Task D Discussion	All
12:00-12:25	Task E: Teams 1-5 (5 minutes per team, same order as Day 2)	
12:25-12:35	Task E Synthesis	Darius Seyedi
12:35-12:45	Task E Discussion	All
12:45-14:00	Lunch	
14:00-14:15	Task F: Teams 1-3 (5 minutes per team, same order as Day 1)	
14:15-14:25	Task F Synthesis	Hua Shao
14:25-14:35	Task F Discussion	All
14:35-14:55	Task G: Teams 1-4 (5 minutes per team, same order as Day 2)	
14:55-15:05	Task G Synthesis	Tobias Backers
15:05-15:15	Task G Discussion	All
15:15	Coffee available	

Time	Topic	Chair
Project Administration		
15:15-15:45	Planning for Future DECOVALEX Phases	Jens Birkholzer
15:45-16:15	Open Steering Committee Meeting	Jens Birkholzer
	<ul style="list-style-type: none"> • Agenda TBD 	
16:15-17:45	Closed Steering Committee meeting	Jens Birkholzer
17:45	Finish	

27/4/2018 (Friday, Day 4)

Technical Visit: Meuse/Haute-Marne Center for Cigeo project

Return to Nancy Station between 6 and 7pm