

出國報告（出國類別：訪問）

日本科學園區發展與周邊活動斷層災防 案例參訪活動報告

服務機關：國家科學及技術委員會南部科學園區管理局

姓名：李信昌副局長、張秀敏組長、康士龍科長

派赴國家：日本

出國期間：2023年10月23日至10月27日

報告日期：2023年12月28日

摘要

為推動園區國際交流汲取國外科學園區發展經驗，本次由國家科學及技術委員會南部科學園區管理局偕同中興工程顧問公司前往日本參訪科學園區發展與周邊活動斷層災防案例交流。考量園區重視科技與地方特色文化融合，故以日本關西地區之京都、大阪及名古屋等具有濃厚文化色彩之古都，作為參訪交流之目標區域。透過本次參訪交流活動，除了了解日本科學園區的近期發展、建築與土地管理及未來展望外，亦在活動斷層專業領域中，學習在借鏡斷層活動所帶來的主斷層帶直接地表變形破壞及周邊地區間接地震破壞的規模實況同時，亦從災後日本當地政府的土地規劃重建、改善措施、產業推動轉型及防災規劃等作為，汲取相關經驗以回饋至都市計畫土地規劃之災害預判及預防改善措施規劃。

本次參訪交流的機構地點摘要如下：

1. 京都研究園區：屬自營研究園區，主要提供企業舒適工作環境及協助新創產業的發展，園區內曾有考古遺址出土，與台南園區狀況類似，展現日本文化資產保存的成果。
2. 關西文化學術研究都市：為橫跨京都、大阪及奈良的文化、科學和研究新發展的基地，致力推動新創產業發展，亦引進太陽能等綠能用電，在淨零排碳的目標上持續發展。
3. 深溝斷層地表變位柱：為 1945 年三河地震之地震斷層場址，垂直方向地形的偏移，現勘斷層錯移造成之變位量，可延伸作為活動斷層監測的概念參考。
4. 明石海峽大橋：是連結日本本州與淡路島之間的懸索橋，工程中經歷阪神大地震後，並未出現結構性損傷，總長 3,911 公尺，橋面配置六線道，寬敞而堅固，設計時速達到 100 公里，同時具備應對強震和百年一遇的 80 公尺/秒強烈颱風的能力，可作為因應自然環境設計與災後檢討因應之案例。
5. 野島斷層保存館：1995 年阪神淡路大地震遺蹟的保存館，展示長達 185 公尺的地震斷層跡，被地質學者譽為「構造地形的百科全書」，展現出地震斷層活動的地形特徵，可作為橋頭園區活動斷層影響範圍評估與災害預判的參考。

目錄

第一章 辦理依據及目的	1
第二章 參訪紀要	2
2.1 京都研究園區(Kyoto Research Park, KRP)	3
2.1.1 參訪摘要	3
2.1.2 地點簡介	3
2.1.3 重點紀錄	4
2.2 關西科學城(Keihanna Science City)	8
2.2.1 參訪摘要	8
2.2.2 地點簡介	9
2.2.3 重點紀錄	11
2.3 深溝斷層地表變位柱	15
2.3.1 交流摘要	15
2.3.2 地點簡介	16
2.3.3 重點紀錄	16
2.4 明石海峽大橋	22
2.4.1 交流摘要	22
2.4.2 地點簡介	22
2.4.3 重點紀錄	23
2.5 野島斷層保存館	28
2.5.1 交流摘要	28
2.5.2 地點簡介	29
2.5.3 重點紀錄	29
第三章 心得與建議事項	35
3.1 開發行為前完善環境調查之重要性	35
3.2 活動斷層調查方法在橋頭園區之適用性	36
3.3 活動斷層影響範圍預判與防災規劃	39

第一章 辦理依據及目的

日本與臺灣同屬全球高科技產業發展頂尖國家，亦同位於地震頻繁的環太平洋地震帶，日本科學園區之開發、營運與管理，及地震災防、建築抗震等相關操作機制與經驗案例，可供南部科學園區管理局(以下簡稱南管局)轄管各園區未來營運發展之借鏡參考。考量南管局轄管的科學園區主要分布於嘉義、台南、高雄及屏東等南部地區，均重視科技與地方特色文化融合，故挑選日本關西地區之京都、大阪及名古屋等具有濃厚文化色彩之古都，作為參訪交流之目標區域。

本次參訪重點包括科學園區及活動斷層災防案例兩類，科學園區方面，選擇京都研究園區(Kyoto Research Park, 簡稱 KRP)與關西文化學術研究都市(Keihanna Science City, 簡稱關西科學城)，兩園區鄰近日本地震斷層帶，與南管局轄管臺南園區及橋頭園區性質相近，故本次交流就創新研發科技產業與產官學合作平台、園區開發與營運及建物抗震耐震標準等進行經驗交流。

此外，參訪科學園區周邊地震斷層環境現勘與展館，與相關管理單位進行實務交流，在借鏡斷層活動所帶來的主斷層帶直接地表變形破壞及周邊地區間接地震破壞的規模實況同時，亦從災後日本當地政府的土地規劃重建、改善措施、產業推動轉型及防災規劃等作為，汲取相關經驗以回饋至都市計畫土地規劃之災害預判及預防改善措施規劃。參訪日程表如下。

日期	地點	行程摘要
10/23(一)	台灣→京都	啟程日
10/24(二)	京都	上午：京都研究園區
	名古屋	下午：深溝斷層地表變位柱
10/25(三)	淡路	野島斷層保存館-北淡震災記念公園
10/26(四)	淡路	上午：明石海峽大橋
	京都	下午：關西科學城
10/27(五)	大阪→台灣	回程日

第二章 參訪紀要

本次參訪除由南管局李副局長信昌帶領中興工程顧問團隊赴日交流外，行程中另有臺北駐日本經濟文化代表處科技組會同參與關西科學城的交流會議，人員如下列表。

單位	參加人員	備註
南科管理局	李副局長信昌	
	張組長秀敏	
	康科長士龍	
中興公司	吳技術經理東錦	
	屈副理恩璽	
	黃組長能偉	
	林辰翰地質師	
	張皓雲地質師	
台北駐日本經濟文化 代表處科技組	鄒顧問幼涵	僅參與關西科學城交流會議
	林秘書育聖	

參訪機構地點包括京都研究園區、關西科學城、深溝斷層地表變位柱、明石海峽大橋與野島斷層保存館，分述如下：

2.1 京都研究園區(Kyoto Research Park, KRP)

2.1.1 參訪摘要

京都研究園區於 1989 年建立，作為日本首座私營主導的科學園區，在科技、產業發展扮演關鍵角色，並整合產業、政府、學術和研究資源，促進科技創新，目前吸引 520 多家機構進駐，跨足多元領域，參訪行程如下所示。

參訪地點	京都研究園區
日期時間	2023 年 10 月 24 日 09:30~11:30
地區	京都府京都市
洽談人 / 職務	京都研究園區公司 門脇 あつ子 / 社長 永井 隆行 / 執行長 水野 成容 / 執行顧問 Hitomi Kaji / 經理
交流議程	09:30-09:40 歡迎致詞開場 09:40-10:00 南管局介紹 10:00-10:20 京都研究園區介紹 10:30-11:00 園區導覽 11:00-11:30 交流討論
參訪重點	1. 園區開發歷史、歷史遺跡保存、產業創新引進及發展 2. 園區建築管理模式與建築基準法耐震設計 3. 園區建築建造與活動斷層因應考量 4. 園區建物與政府建築限制

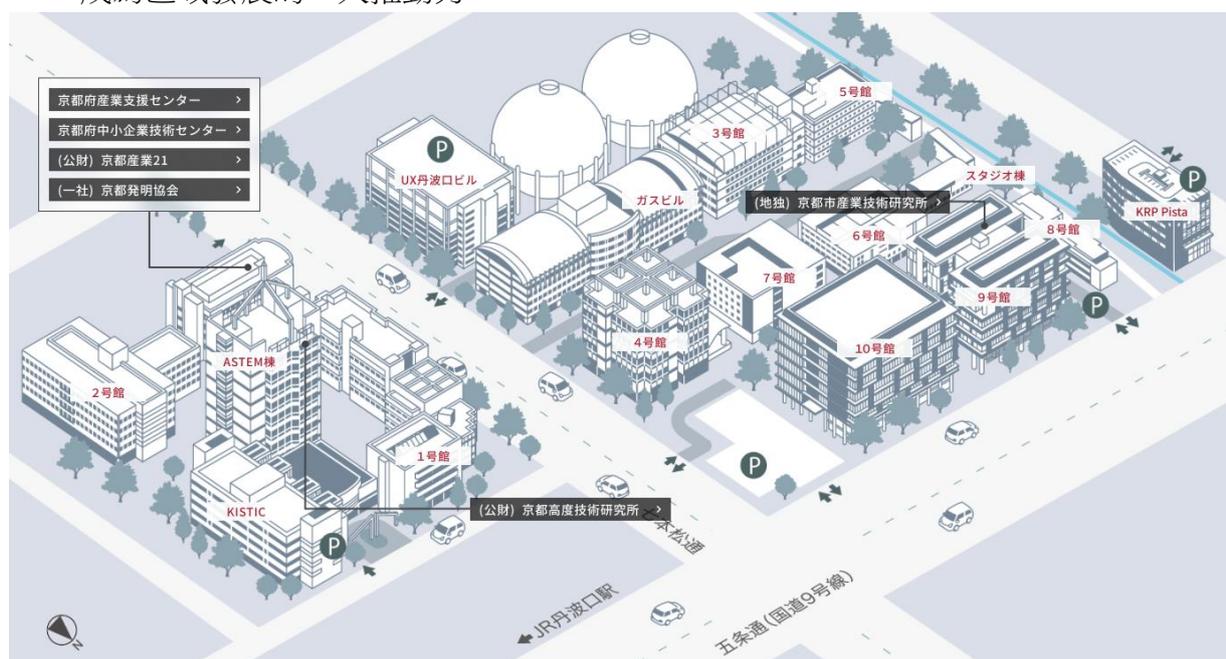
2.1.2 地點簡介

1989 年，日本京都研究園區(Kyoto Research Park, KRP)作為日本第一座由私營企業主導的研究園區，它在科技與產業發展上扮演著舉足輕重的角色，亦標誌著日本邁向科技創新的重要一步。該園區分別於 2014 年及 2019 年與新竹科學園區及中部科學園區締結為姊妹園區，這意味著台日兩地將共同努力實現產官學研的深度合作。

京都研究園區致力於整合並共享產業界、政府機構、學術界和研究單位的資源，

以促進科技領域的創新。其影響不僅僅局限於產業，還包括人才培育和企業孵化等多個方面。眾多廠商和研究機構紛紛進駐，使得園區充滿了活力，目前已有 520 多家機構在此發展，領域橫跨資訊科技、醫療生物科技、電子機械等多元化領域。

京都研究園區不僅是科技的搖籃，更是文化古城京都展現嶄新科技面貌的代表。這種融合了傳統與現代的發展模式，使得京都不僅保留了其豐富的文化底蘊，同時也迎來了科技的蓬勃發展。此外，它也為日本關西地區帶來積極的發展動能，成為區域發展的一大推動力。



京都研究園區配置地圖

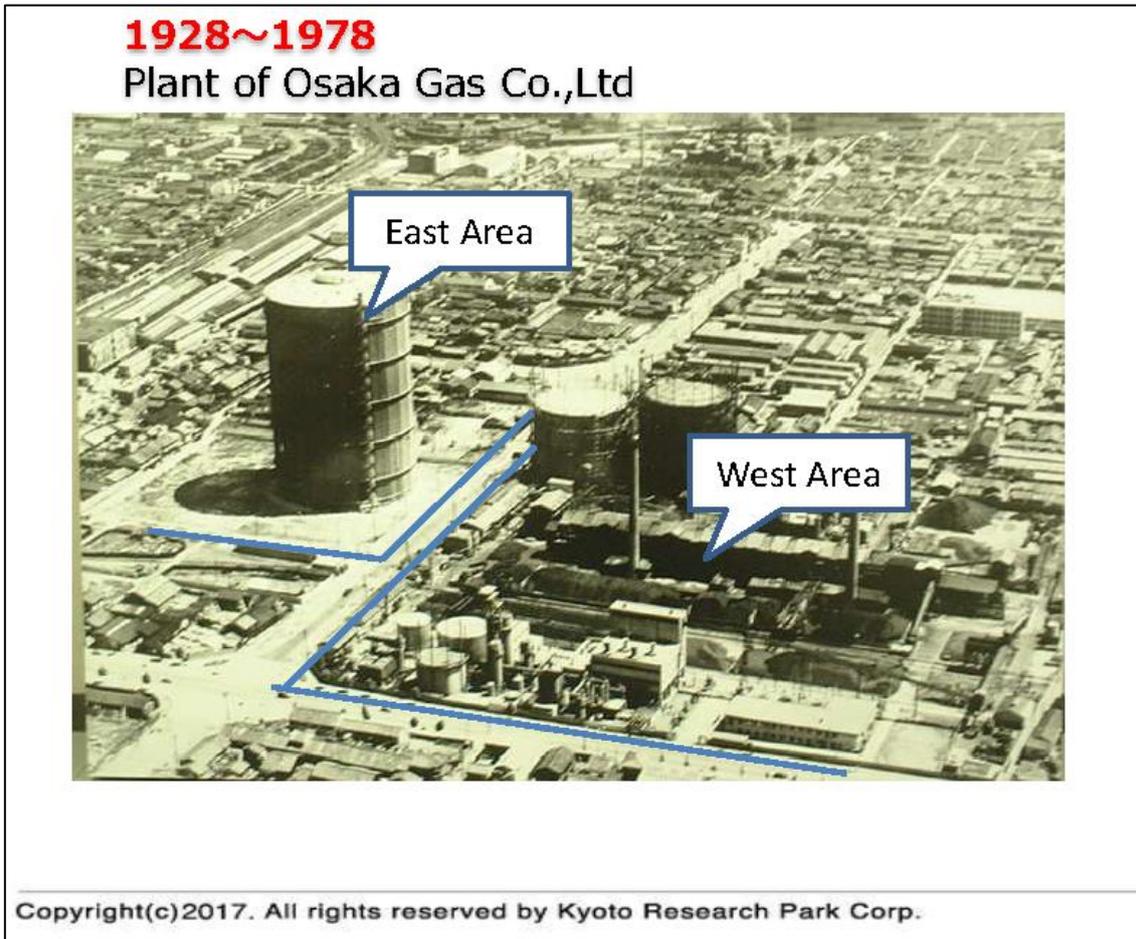
2.1.3 重點紀錄

交流會議由南管局簡報介紹轄管的各園區發展最新近況以及園區建築管理模式等，日方則介紹京都研究園區的發展歷史、產業引進以及支援服務等，雙方獲益良多，以下說明交流重點內容：

一、園區發展背景

京都研究園區現址原為大阪瓦斯集團的瓦斯廠（1928~1978），在 1970 年代，因城市能源轉型，從燃煤改為液化天然氣(Liquefied Natural Gas, LNG)，故瓦斯廠遭到關閉。到了 1980 年代，大阪瓦斯集團啟動瓦斯廠再發展計畫，創立研究園區，透過產、官、學合作，吸引大眾產業支持並創造科技產學合作機制，並在 1989

年，京都研究園區的東區開幕，成為日本第一個私營的先進研究園區，占地約 5.9 公頃，目前已有通信科技、生技、電子及機械等 520 家廠商進駐，也成為少見的與瓦斯槽等建物並存的研究園區，目前瓦斯槽雖仍作為調節使用，但有經過相關專業評估，確認研究園區與之共存無安全疑慮，使廠商亦無反感，願意進駐到園區內。



大阪瓦斯廠(1928~1978)

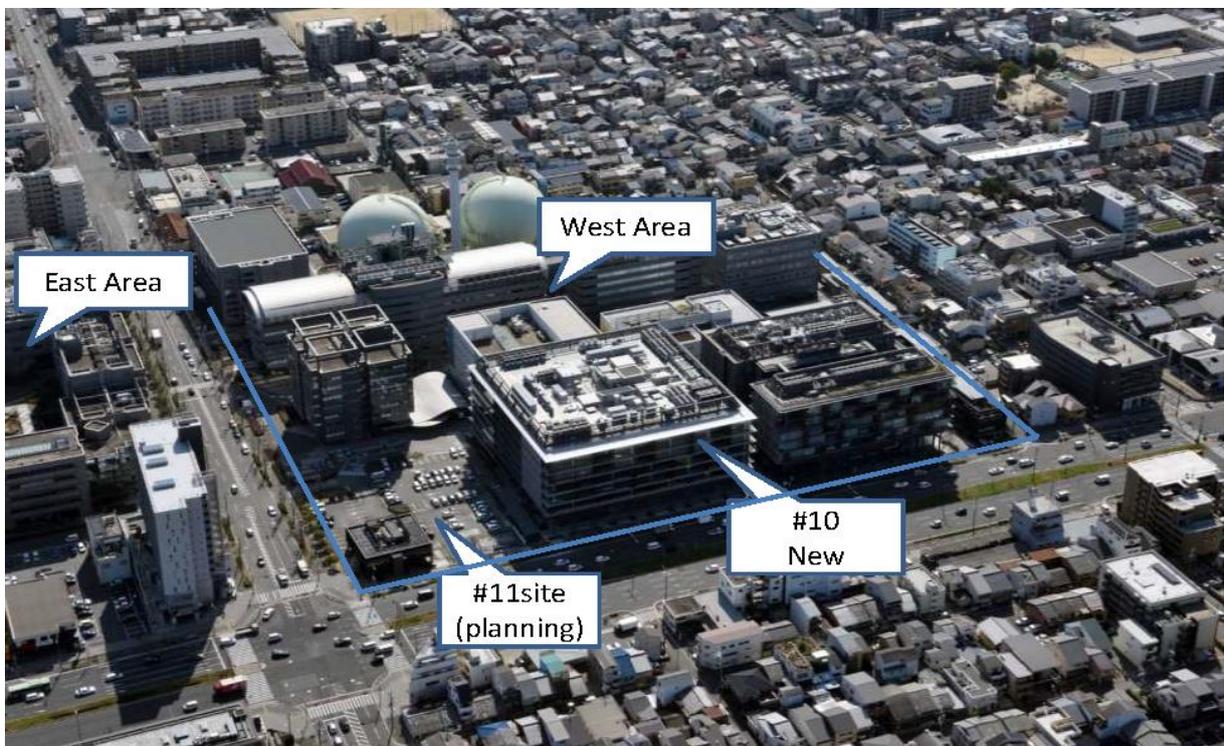
二、園區考古遺址保存

在京都研究園區建設開發過程中，發現日本平安時代前期(大約西元 9 世紀)的貴族宅邸，占地約 10,000m²，耗時約 7 個月的時間進行考古出土作業，出土遺址包括宅邸基底基腳、道路及水井等，因時間久遠，許多出土文物已不完整，但仍能提供考古學家更多平安時代的貴族宅邸樣貌資訊，以嘗試還原古代建築樣貌。與臺南園區的考古遺址處理方式不同的是，這些平安時代的遺址出土後，並未就地保存，而是移出園區外，特定地點統一保存平安時代的遺址物件。

三、園區建築與經營管理

京都研究園區與臺灣科學園區的建設模式不同，其主要採用類似辦公租賃模式，由大阪瓦斯集團統一建設園區內的大樓，大樓的相關安全設計，則依據日本建築基準法的規定，建築物耐震設計須承受至少 7 級震度而不倒塌，這是自 1995 年阪神大地震之後，經過多次修法而提高之耐震設強度，目的就是為了不讓歷史悲劇重演。在招商過程中，會輔導廠商選擇合適的樓層位置，通常同一種產業會聚集在同一棟大樓，同時，在園區內亦設有月租型個人行動辦公室，供園區廠商員工個人使用。

目前園區內主要有 10 棟進駐廠商大樓，在京都市這個文化古都中，為了不遮擋京都充滿文化傳統的市容景觀，京都府政府規定一般建築物的限高為 31 公尺，而像京都研究園區這種特別事業區域，則提高建築限高至 45 公尺，Kadowaki 社長則分享，園區正在規劃第 11 棟大樓，並預計向京都市政府爭取樓層限高提高至 61 公尺，期望新大樓能成為京都市區的新地標，為文化古都注入科技新亮點。



7. All rights reserved by Kyoto Research Park Corp.

園區第 11 棟大樓預定位置圖

參訪照片



京都研究園區交流：南管局介紹



京都研究園區交流：日方介紹



京都研究園區交流：平安時代考古遺址



京都研究園區交流：參訪合影



京都研究園區：新創辦公空間



京都研究園區：個人行動辦公室

2.2 關西科學城(Keihanna Science City)

2.2.1 參訪摘要

1978年成立的關西科學城是日本第二大科學城，位於京都、大阪和奈良之間，關西科學城在2021年啟動「Smart Keihanna Project」，以3DEXPERIENCE系統打造數位雙生城市，整合科技、生活和防災系統，致力打造智慧科技城市，減低交通排放，提供智慧照護系統，同時降低行政成本，促進區域可持續發展，參訪行程如下所示。

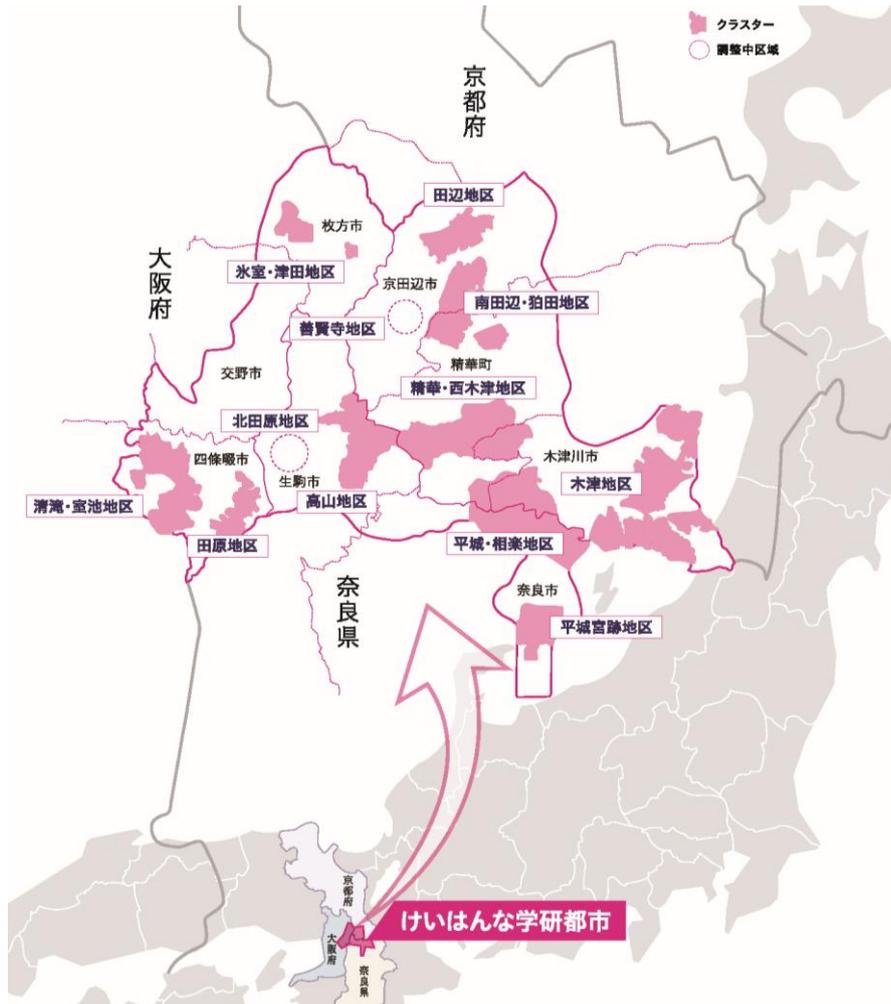
參訪地點	關西科學城
日期時間	2023年10月26日 15:00~17:00
地區	京都府相樂郡
洽談人 / 職務	國際電氣通信基礎技術研究所(Advanced Telecommunications Research Institute International, ATR) Hiroyuki Suzuki / 專務 Makiko Tatsumi / 策略管理單位與業務部部長 Susumu Ano / 波動工程實驗室研究工程師 Akira Utsumi / 環境智能部部長
交流議程	15:00-15:10 歡迎致詞開場 15:10-15:30 南管局介紹 15:30-15:50 關西科學城介紹 15:50-16:20 園區導覽 16:20-17:00 交流討論
參訪重點	1. 園區開發歷史與近期開發區域 2. 園區土地使用與管理 3. 園區產業創新引進及發展

2.2.2 地點簡介

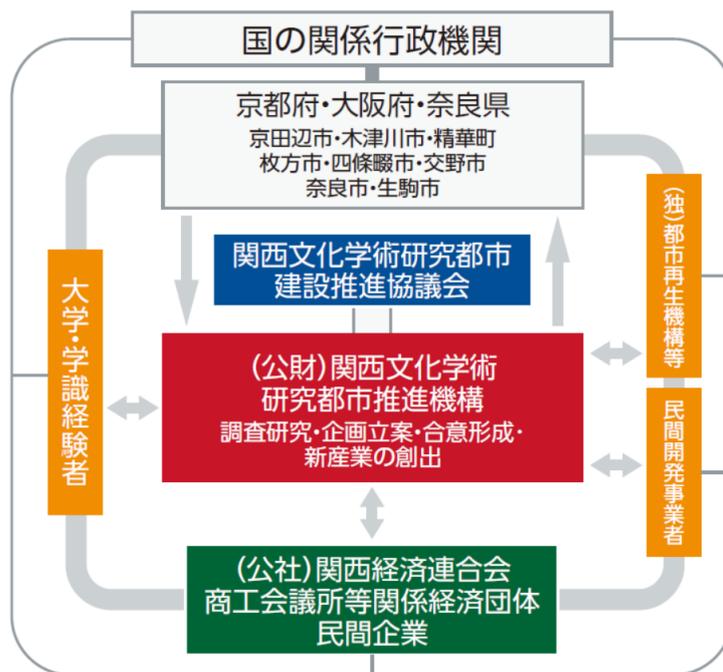
關西科學城於 1978 年成立，是日本第二大科學城，坐落在關西地區的京都、大阪和奈良之間的丘陵地帶，主要由政府、學研機構與企業共同推動建設成為綜合文化、學術與研究的創新科學域，官方名稱為「關西文化學術研究都市」，簡稱為京阪奈科學城或關西科學城。整個區域發展係由府縣知事、關西經濟連合會會長、產學研界及開發業者等 9 人所組成的「關西文化學術研究都市建設推進協會」主導規劃，並由來自產官學研究單位等 26 位代表所組成的「財團法人關西文化學術研究都市推進機構」，負責區域內產業研究發展調查與推動新興產業等，可結合產官學界資源，確保關西科學城的競爭力。

自 2021 年起，為了有效規劃和發展科學城，採用了達梭系統的 3DEXPERIENCE（三維體驗平台）建立數位雙生城市，並啟動了「Smart Keihanna Project」（智慧京阪奈計畫）。在該計畫中，將科學、科技和生活相融合，致力於打造一個創新的科學與科技城市，其計畫目標包括提供老年人智慧化通訊和照護系統，增加智慧交通工具以降低私家車通勤比率，減少二氧化碳排放，並強化防災系統能力，以確保在災難發生時實現智能、安全和有保障的環境。

本次參訪的接待單位為關西科學城內的領導研究機構-國際電氣通信基礎技術研究所(ATR)，其成立於 1986 年，為私人機構，資本額約 219 億日圓，由 111 家企業組成，包括日本電信電話株式會社(NTT)及 KDDI 株式會社，主要辦理政府各大研究計畫，包括腦科學研究、生命科學、深度互動科學、智慧型機器人及電信通訊等尖端科技，是日本重要的科學與科技發展研究機構，更與全球 49 家大學、科技機構及組織建立合作網絡，網絡遍布歐洲、北美洲、菲律賓及澳洲，位於台灣高雄市的亞灣新創園也是網絡的一員。



關西科學城分布位置



關西科學城都市發展推動組織架構

2.2.3 重點紀錄

交流會議由我方簡報介紹有關南科局的基本背景、轄管的各園區發展最新近況以及園區建築管理模式等，日方則介紹關西科學城的都市近期發展、創新產業引進及全球新創合作等，本次參訪不僅了解關西科學城官方土地管理與經營模式，亦透過像 ATR 這樣的進駐研究機構，體現政策實際進行的內容與成果，以下說明交流內容重點：

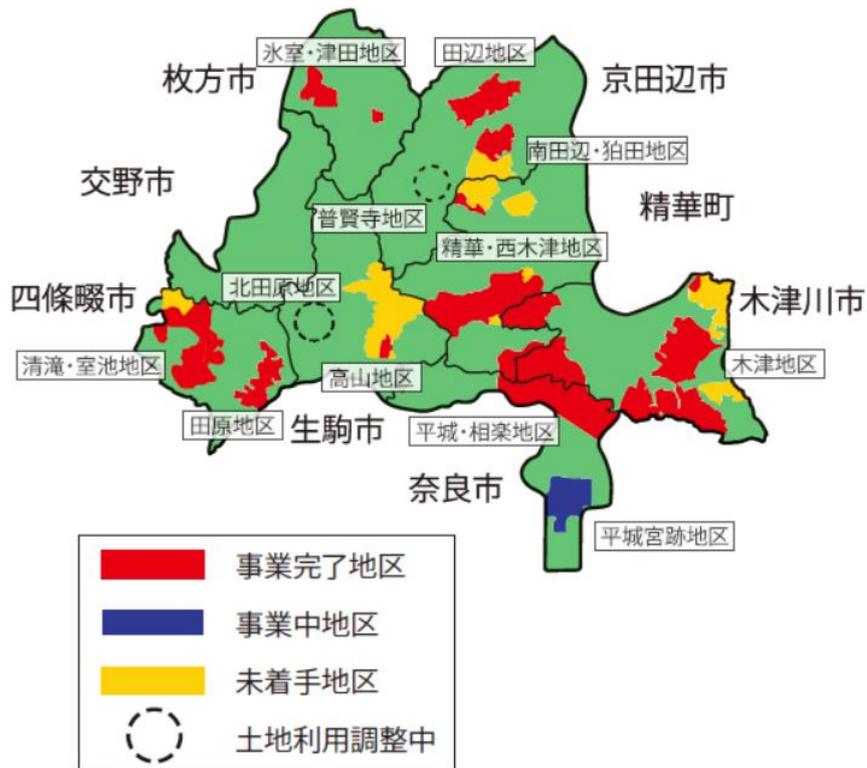
一、創新產業引進與新創產業合作

關西科學城的發展理念在於打造文化、科學和研究新發展的基地，期望能築基成引領世界的智慧-創新城市。區域內擁有 155 個研發及研發相關機構，包括科技產業、學校、政府單位 ICT、機器人科技、腦神經科學、生命科學、綠色科技及人工智慧等，整個區域發展在創新方面的優勢就是有豐富的研發機構、PoC 友善及全球開放性，因而關西科學城被日本內閣府評選為全球新創城市發展的關鍵角色，關西科學城也即將在 2025 年在大阪舉辦新創產業博覽會，與全球創新與新創產業連結。

二、區域土地開發利用

在整個關西科學城中，開發面積約 3,600 公頃，共分為 12 個文化與科學研究聚落，目前正在開發平城宮跡地區，而關於區域內各單位的土地使用取得方式，主要係由各單位自行接洽土地所有權人，政府及推進機構將不干涉，而區域內的建築物設計則是各開發單位依循日本建築基準法的規定，耐震設計須至少達 7 級。

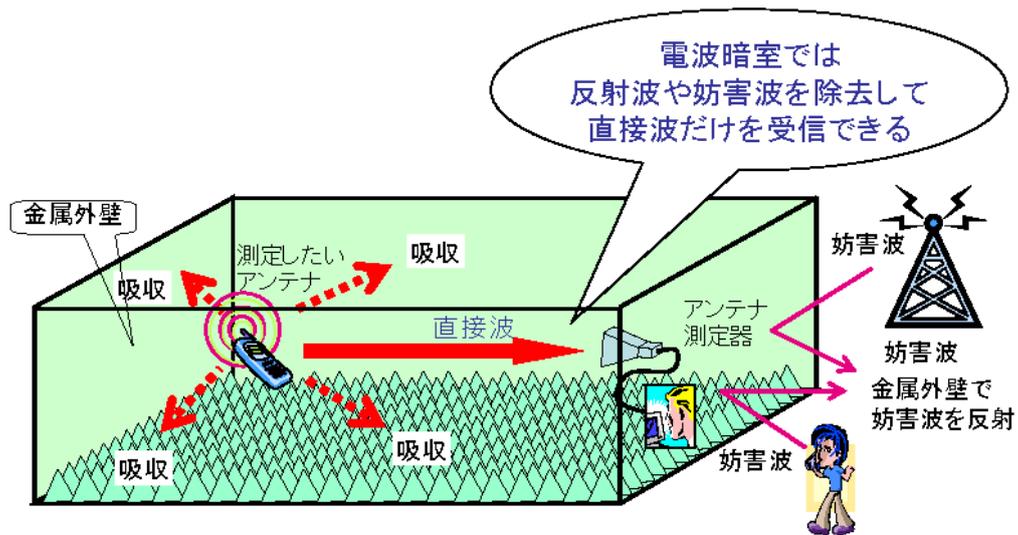
けいはんな学研都市
各クラスターの整備状況(2021.4現在)



關西科學城開發狀況分布圖

三、電波暗室

ATR 電波暗室的用途主要在於能做阻隔外部與內部電波訊號的傳遞，提供一個高度控制的環境，測試人員可以將被測試設備置於這個環境中進行測試，通常用於測試電子設備的 EMC 特性。該暗室能阻隔電波訊號的關鍵在於暗室的外牆與內襯材料不同，外層是厚層金屬隔板，可反射來自外部的電波訊號，內襯則是由多個四角錐體軟件構成，可用來吸收內部的電波訊號，若四周牆面都有內層軟件，稱為半電波暗室，而加上天花板及地面均鋪上軟件，則稱為全電波暗室，內部軟件的尺寸會影響訊號吸收的效果，一般而言，四角錐體的尺寸越大，則吸收效果越好。ATR 打造這間電器暗室，除了機構研究外，亦對外提供使用者付費租用，ATR 的波動工程實驗室亦可依產業需求，設計不同吸收效果的暗室，最佳化測試環境。



電波暗室訊號阻隔示意

四、綠能發展

關西科學城引進許多綠能產業，近期將於京都南田邊西地區開發新的產業用地，區域內的企業建築物配備有太陽光電，食物殘渣與廢棄物等也以友善環境方式達到減量及再利用，並且提供產業 5G 環境，使企業及研究機構得以順暢進行。而在關西科學城許多地區，亦使用光電及綠能，以全球趨勢而言，節能減碳勢在必行。

參訪照片



關西科學城交流：南管局介紹



關西科學城交流：日方介紹



關西科學城交流：實驗室導覽



關西科學城交流：參訪合影



關西科學城交流：整體環境參訪



關西科學城交流：迎賓接待機器人介紹

2.3 深溝斷層地表變位柱

2.3.1 交流摘要

1945年1月13日發生於三河灣，規模6.8的三河地震所造成的地表變位，該地震以東海地區為中心，造成嚴重生命及財產損害，共計超過2,000人死亡。此區之地表變形錯移，主要係由深溝斷層沿東西向穿越水田的活動隆起而形成的，最大垂直落差約為1.5公尺，為了顯示地表的位移，建立了地表變位柱來直觀地視覺化這個落差。

本次深溝斷層地表變位柱的參訪重點包含：(1)斷層活動造成之錯移量(包含垂直錯移與水平錯移)；(2)斷層錯移之地表地形特徵；(3)設置斷層上、下盤之固定點觀察相對位移，行程摘要詳見下。

參訪地點	深溝斷層地表變位柱
日期時間	2023年10月24日 16:00~17:00
地區	愛知縣額田郡幸田町
參訪重點	1. 斷層造成之錯移量(包含垂直錯移與水平錯移) 2. 斷層錯移之地表地形特徵 3. 設置斷層上、下盤之固定點觀察相對位移



地震斷層及變位柱設施配置圖

2.3.2 地點簡介

此區域之地表變位是由發生於昭和 20 年(1945 年)1 月 13 日，規模為 6.8 的三河地震所引發，這次地震在地表上形成了地形錯移及隆起，屬於地震斷層。相關地震記錄了相當強烈的震動，尤其是以西三河南部為中心，造成了超過 2,000 人死亡、近 4,000 人受傷等嚴重損害。

三河地震是由「深溝斷層」和「橫須賀斷層」的活動引起的，這次地震的發生被認為是由於斷層的西側和南側產生了「逆斷層錯動」和地盤相互向左側移動的「左移斷層錯動」，在局部地區，斷層的最大垂直落差可達約 1.5 公尺，左移錯距約 1 公尺。該斷層是日本其中一條重要的活動斷層，並且在 1975 年 12 月 26 日被指定為愛知縣指定天然紀念物，是傳承三河地震歷史的重要文化資產。

在此地區，為了理解垂直方向地形的偏移，於斷層上、下盤設置了延伸數十公尺，數量成對的地表變位柱，並使用紅色標記在斷層的兩側塗抹位置，以表示地面高度的差異，對於斷層左移之錯移量，也可以透過變位柱和標記來觀察。

2.3.3 重點紀錄

此區域的參訪由深溝斷層地表變位柱的分布與呈現，引至三河地震斷層的位置、詳細破裂分布、斷層的特性、地形特徵以及對活動斷層的槽溝調查等。

參考此地表變位柱的研究方法，後續應用於橋頭科學園區的車瓜林斷層活動斷層地質敏感區，劃定斷層帶影響範圍，以提高區域內的地質安全性，以及對於斷層活動如何更精確監測和預測，以及制定相應的地質防災措施，從而確保橋頭科學園區的發展及安全性。

一、地震斷層位置與分布

伴隨著三河地震，深溝斷層和橫須賀斷層沿著它們以及它們的延伸線，形成了一條長約 28 公里的明顯地震斷層，地震斷層呈現出結合了 L 形和逆 L 形的獨特分佈形狀，其中，南北走向區域出現了純粹逆斷層運動造成的西側上盤隆起現象，而在東西走向區域，則伴隨著左移滑動而造成南側隆起現象，垂直位移的最大值約為 2 公尺，地震斷層的南端，約有 10 公里長位於三河灣海底，未出露於陸地地表。

此外，在三河灣沿岸，與地震斷層西側相比(相對於海水水平)，土地出現了隆起，而東側則出現了下降。在三河灣沿岸觀測到了最大振幅 31 公分的小型海嘯(在幡豆郡一色町千間地區記錄到)。



資料來源：1945 年三河地震の地表地震断層(杉戸信彦、岡田篤正，2004)

三河地震震源區域地形與地表地震斷層分布位置

二、地震斷層詳細破裂分布

三河地震在斷層沿線出現數個地表破裂跡，包含深溝斷層和橫須賀斷層，如下圖所示。



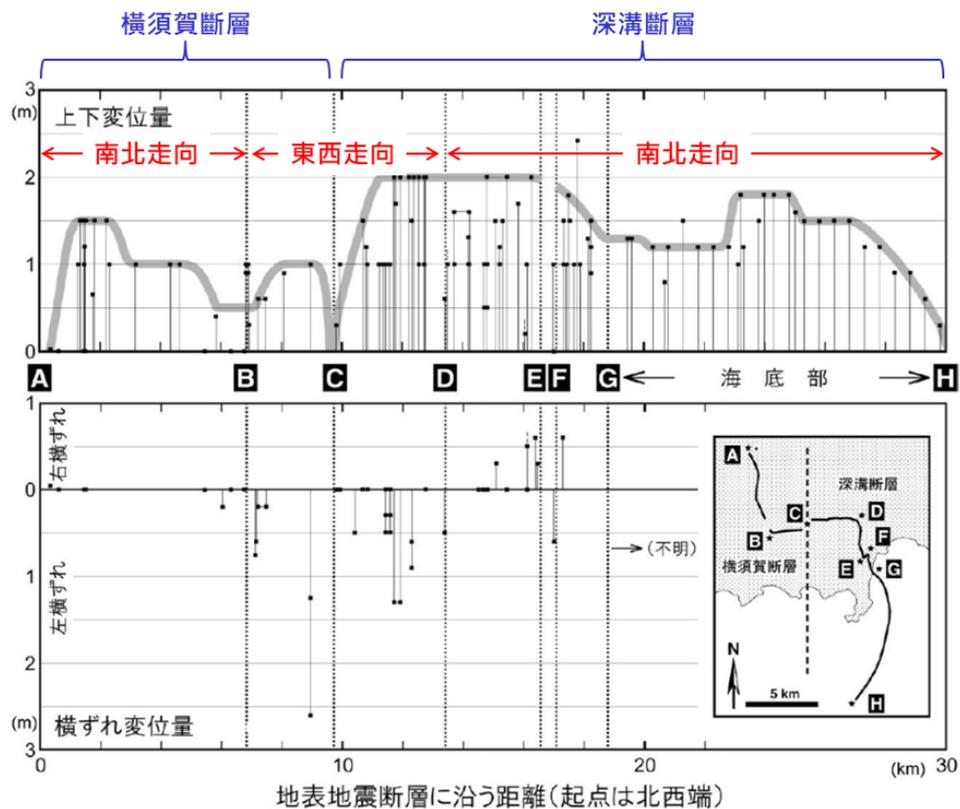
資料來源：深溝断層沿線の地震被害 <https://www.town.kota.lg.jp/uploaded/attachment/7109.pdf>

深溝斷層沿線地表破裂災害位置與紀錄

三、斷層分布、長度、位移量、斷層面傾角等特性

地表地震斷層跡的長度在陸地上約 18 公里，海底約 10 公里，總長約 28 公里。分區段來看，橫須賀斷層的南北走向段約 7 公里，兩條斷層的東西走向段總共約 7 公里，深溝斷層的南北走向段則約 14 公里（其中南部約 10 公里在海底）。

沿著地震斷層跡的位移量分布，橫須賀斷層在南北走向區段具 0.5~1.5 公尺的垂直位移，但橫向位移僅出現於 2 處位置，基本上都僅出現垂直位移錯動。橫須賀斷層的東西走向區段具有 0.5~1 公尺的垂直位移和向左位移，而深溝斷層的東西走向區段則出現 1~2 公尺的垂直位移和 0.5~1 公尺的向左位移。此外，深溝斷層的南北走向區段，包括位於海底的部分，均有 1~2 公尺的垂直位移。



資料來源：1945 年三河地震の地表地震断層(杉戸信彦、岡田篤正，2004)

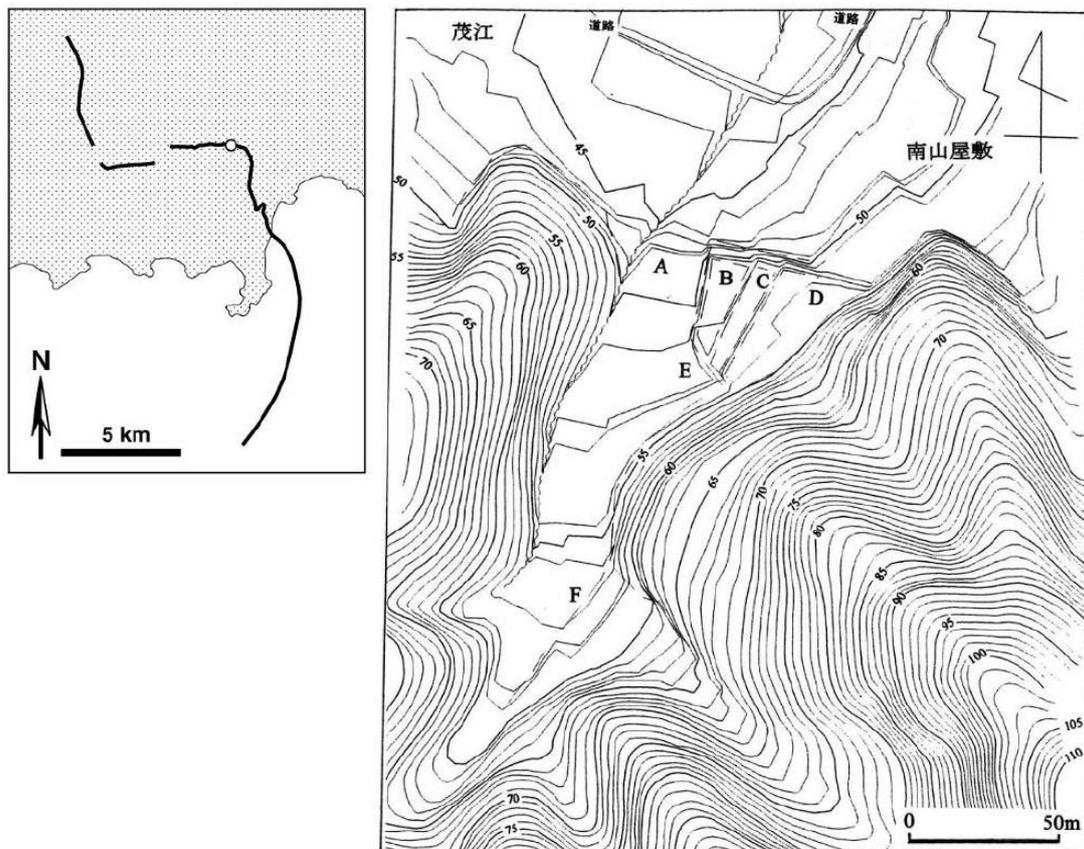
三河地震地表地震斷層的錯移量分布

四、地震斷層與地形之關係

當斷層活動切穿地表，會造成地形錯移、截切，因此相對而言，我們可以藉由地形分析，從異常之地表形態特徵、地形變位、地形指標等，推測活動構造之所在位置、性質與活動性，並繪製構造線型。

深溝斷層於東西走向區段的地表特徵，包括山凹、線型崖等，這些地表特徵沿著平原與山麓交界呈東西排列，並可於地表露頭觀察到斷層破碎帶。地震斷層沿著這些地形特徵分布，特別是在深溝地區南山屋敷位置，可以看到在低位階地具東西走向的斷層崖分佈，推估到第四紀後期，包括三河地震在內，至少發生了4次上下錯移的事件，且4次受地震活動的錯移量均與三河地震時相近。

深溝斷層於南北走向區段的地表特徵，因地形面經歷西側多次事件的隆起錯移，具不同位階之階地分布，亦可於地表露頭觀察斷層破碎帶分布，顯示斷層於南北走向區段持續活動，並於地形造成之構造地形特徵。



資料來源：1945年三河地震斷層の変位地形と諸性質(岡田篤正，2006)

幸田町深溝南山屋敷的詳細地形圖

參訪照片



深溝斷層：地表變位柱現勘



深溝斷層：地表變位柱現況



深溝斷層：地表變位柱表示地形錯移量



深溝斷層：地表變位柱比例參考



深溝斷層：地表變位現勘討論



深溝斷層：現地解說研究

2.4 明石海峽大橋

2.4.1 交流摘要

明石大橋在 20 世紀的吊橋中展現了當時最先進的技術和卓越的建築工程能力，本次參訪瞭解大橋是如何在 1995 年的阪神淡路大地震中保持穩固，並掌握其卓越的災害應對能力。此外，明石大橋的獨特的橋梁結構、橋塔和鋼纜系統為值得學習效法的對象；在設備維護方面，大橋採用的防腐技術，尤其是鋼纜除濕系統確保鋼纜免於潮濕環境中的腐蝕，延長了橋樑的壽命。整體而言，藉由本次明石大橋之參訪，重點包含：(1)橋梁結構與耐震設計、(2)阪神大地震對橋梁結構體之影響、(3)結構設施維護與監測，參訪行程摘要如下所示。

參訪地點	明石海峽大橋
日期時間	2023 年 10 月 26 日 09:45~11:45
地區	兵庫縣神戶市
參訪重點	橋梁結構與耐震設計 阪神大地震對橋梁結構體之影響 結構設施維護與監測

2.4.2 地點簡介

明石海峽大橋是連結日本本州與淡路島之間的懸索橋，橫跨明石海峽，串起兵庫縣神戶市與淡路市兩地，成為這兩座島嶼之間的交通樞紐，其地理位置優越，使得這座橋梁成為當地交通的重要命脈。

橋梁的建設由西松建設於 1988 年 5 月開始動工，歷經 10 年建造，於 1996 年 9 月竣工，總工程費用高達 5,000 億日圓，在 1998 年 4 月 5 日，橋梁正式對外開放。

橋梁的建造不僅是技術的壯舉，更是對自然災害的挑戰。在施工過程中，明石海峽大橋經歷了 1995 年的阪神大地震，震央距離橋址僅 4 公里，然而，這座橋梁安然無恙，僅有輕微位移。

橋梁的結構形式是一座三跨兩鉸加勁桁梁式吊橋，總長 3,911 公尺，中央主跨距為 1,991m，兩側邊跨距各為 960 公尺，橋塔高程達 298.3 公尺，為世界第三高的橋塔。橋面配置六線道，寬敞而堅固，設計時速達到 100 公里，同時具備應對強震和百年一遇的 80 公尺/秒強烈颱風的能力。

2.4.3 重點紀錄

參訪明石大橋行走於平時僅供工程人員通行的維護道路上，感受大橋的宏偉與複雜結構，最後登上海平面上 289 公尺的明石大橋主塔塔頂，俯瞰 360 度無死角的海岸風光。

明石大橋的橋梁特點，包括其獨特的懸索橋結構和全球最長的懸索橋之一的地位，大橋的耐震與抗風設計，是為了應對日本地區常見的地震和海峽強風而做的專業考量，確保橋梁的安全性和穩定性。另大橋的鋼纜及塗裝系統，保護鋼材免受海水腐蝕，大橋所使用的先進塗裝技術，以及這些技術如何在橋梁的長期維護中發揮作用。

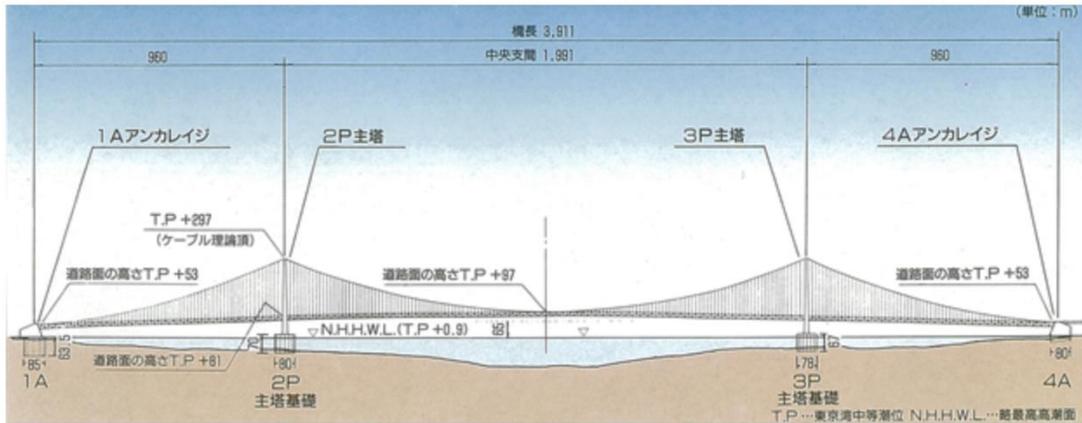
本次參訪內容為建設與概況、橋梁特點、耐震與耐風設計、鋼纜及塗裝系統、施工與挑戰、維護與監測等，重點紀錄如下。

一、建設與概況

這項龐大的工程由本州四國連絡橋公團第一建設局主導，並由多家建設公司參與，包括川重、住重、JFE 等。工程於 1988 年 5 月動工，歷時 10 年，總造價高達 5,000 億日圓，最終於 1998 年 4 月完工通車。

二、橋梁特點

明石海峽大橋的全長為 3,911 公尺，主跨距達 1,991 公尺，橋塔高度達 282.8 公尺，使其成為全球最長跨度的懸索吊橋。橋面寬度為 35.5 公尺，擁有 6 條車道，結構上使用高張力鋼材，呈現加勁桁架型式。

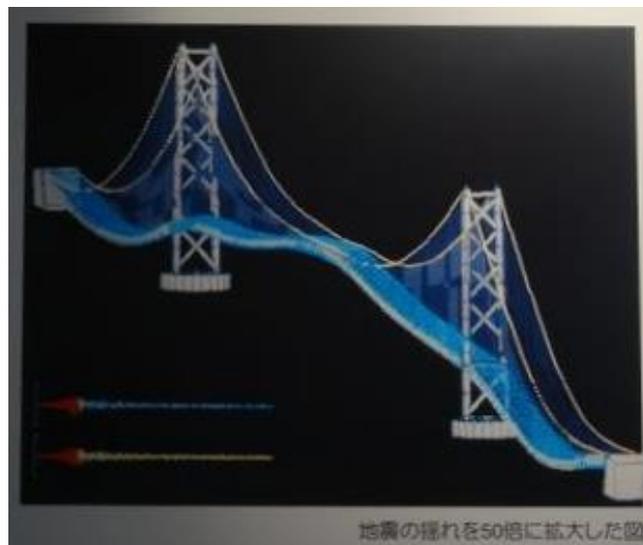


資料來源：明石海峽大橋官網(<https://www.jb-honshi.co.jp/bridgeworld/bridge.html>)

明石大橋橋梁結構配置圖

三、耐震與抗風設計

由於日本地處地震帶，明石海峽大橋在設計上考慮了耐震性，追求能夠抵禦距離橋址 150 公里的太平洋板塊交界發生的芮氏規模 8.5 的大地震，以及預計每 150 年一次在橋址發生的大地震。同時，橋梁位於颱風走廊上，因此必須能夠抵禦時速超過 200 公里的狂風，採用風洞實驗及特殊的橋面結構以確保安全性。



資料來源：本州四國聯絡高速道路株式會社官網/企業情報/技術情報/本州四國聯絡橋的建設技術/調查設計

(https://www.jb-onshi.co.jp/corp_index/technology/construction/construction_plan.html)

明石大橋耐震設計與地震模擬情境

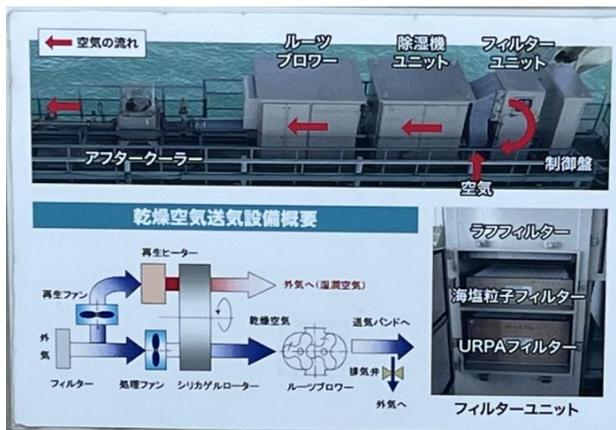


明石大橋比例尺 1/100 模型與風洞試驗

說明：明石海峽大橋由於其超越傳統吊橋尺度的特點，需要使用更接近實際橋梁的全橋模型，而非部分模型，以進行對風的穩定性驗證。為此，製作了 1/100 的縮尺模型，並且新增了一個能容納該全橋模型的大型風洞，進行高精度的風穩定性檢測。結果顯示，即使在風速達到 80m/s 的狂風中，也能確保穩定性。

四、鋼纜及塗裝系統

橋梁的主索直徑達 112.2 公分，為全球最大直徑的主索之一，總長度可繞地球七圈半。為避免鋼纜生鏽，特別在橋上安裝了除濕設備，保持鋼索在 40%的濕度以下。橋梁表面採用長效防銹型塗裝系統，包含三層，首先密集包覆直徑為 4 毫米的鋼線，然後用厚度為 1.6 毫米的橡膠帶覆蓋，並進行塗裝以應對潮濕氣候和腐蝕環境。



明石大橋鋼纜除濕設備

說明：系統通過向鋼纜內部送風來控制濕度，新鮮而乾燥的空氣被強制送入鋼纜內部，維持適當的濕度水平，並配合濕度監測設備，實時監測鋼纜內部的濕度水平，一旦濕度超過設定的標準，啟動送風機確保在各種氣象條件下，鋼纜保持適當的濕度。

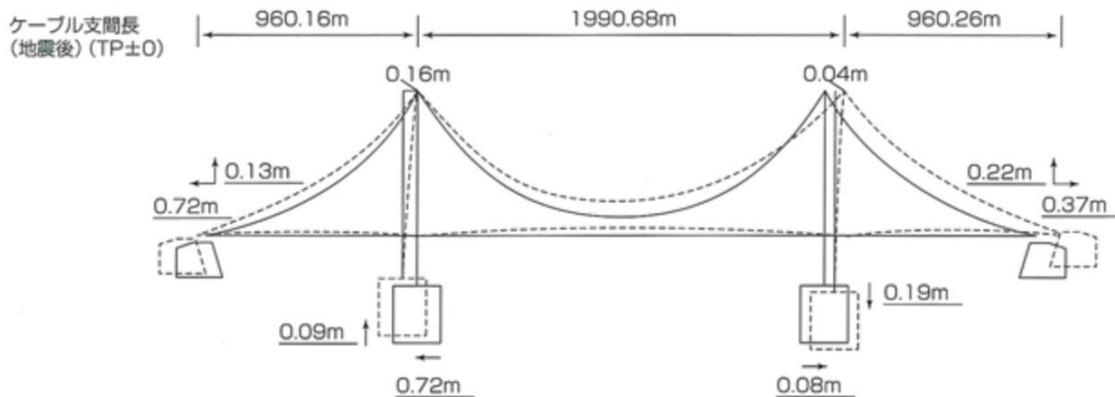
五、施工與挑戰

橋梁的施工步驟分為橋台、橋墩基礎、橋塔、鋼纜、鋼梁吊裝等階段。施工過程中，面臨了自然災害的考驗。在 1995 年 1 月 17 日的阪神大地震中，雖然大橋附近城市遭受嚴重破壞，但橋梁結構完好無損，僅橋台和橋墩有輕微位移，故橋梁進行了調整，兩主塔間的位移增長 0.8 公尺，導致最大跨度由 1990 公尺調整為 1990.8 公尺，成為世界上最長跨度的懸索吊橋。



橋台施工 ➡ 橋墩基礎 ➡ 主塔施工 ➡ 鋼纜吊裝 ➡ 橋面施工

明石大橋橋梁施工步驟



明石大橋阪神大地震後橋梁結構位移變化

六、維護與監測

為確保橋梁的安全，橋上配備了維修車台和多種監測系統，包括風速偵測器、地震偵測器、GPS、位移偵測器、速度計、加速度計等，以及制振裝置來抵抗強風振動。

參訪照片



明石大橋側拍



明石大橋導覽前全案簡介



明石大橋主橋塔往南連接淡路島



明石大橋維修通道參訪合影



明石大橋現場導覽問答



明石大橋主橋塔頂參訪

2.5 野島斷層保存館

2.5.1 交流摘要

野島斷層保存館位於淡路島北淡町，是保存 1995 年阪神淡路大地震遺蹟的保存館，館內展示了長達 185 公尺的地震斷層跡，這段破裂面被地質學者譽為「構造地形的百科全書」，展現出地震斷層活動豐富的地形特徵。保存館內可見約 3 公尺深的斷層槽溝，槽溝以透明的化學塗料保護，清晰呈現出地震斷層的細部構造。

本次參訪透過親身目睹斷層保存區的展示，直觀了解斷層活動及地震帶來的破壞情況及程度，並加深對活動斷層了解和耐震設計的重要性，行程摘要如下所示。

參訪地點	野島斷層保存館
日期時間	2023 年 10 月 25 日 15:00~16:30
地區	兵庫縣淡路市
解說人員/職務	池本啓二/營業部部長
參訪重點	<ol style="list-style-type: none">1. 淡路大地震地震斷層的歷史簡介與地形特徵2. 槽溝規劃與保存3. 斷層活動直接破壞模式與間接影響規模4. 問答與交流(近斷層效應考量與建築法對應相關法規)

2.5.2 地點簡介

1995年1月17日的阪神大地震，地震規模達7.3，是日本戰後最嚴重的地震之一，震央位於神戶附近。這場地震造成了巨大的損失，死亡人數達6,434人。淡路島北淡町是震災的重要地區之一，這裡出現了長約10公里的地震斷層，道路、田埂等遭到嚴重破壞，於1998年7月31日，這一區域被指定為國家天然紀念物，並成立了北淡震災紀念公園，此舉既是對歷史事件的追憶，也是對災害防治和地質學研究的教育性探討。公園設施包括野島斷層保存館、震災體驗館、活斷層之家與神戶之壁等，這些設施提供了多元的觀點，讓參觀者能夠更全面地了解地震的影響，並深刻體會自然災害對社會和環境造成的影響。

野島斷層是淡路島北淡町出現的一條長約10公里的地震斷層，其中一段約185公尺的斷層跡，因具有豐富的斷層活動地表特徵及災害代表，被選定為保存的重要標的，並被地質學者譽為「構造地形的百科全書」。保存館內約3公尺深的野島斷層槽溝表面被透明的化學塗料保護，增加了展品的強度，同時使展品的細部構造更加明顯。

2.5.3 重點紀錄

野島斷層保存館的參訪內容大致可分成：斷層地表破裂跡保存與展示、震災體驗區與震災記錄展示。

斷層地表破裂跡保存區呈現了阪神淡路大地震中野島斷層形成的一部分，可以清晰看到長約140公尺的破裂面，以及透過透明化學塗料保護的斷層槽溝面。在「記憶之屋」則是保存館中極具情感色彩的區域，再現了震災後房屋內部的情景，使參觀者可以更深刻地感受震災時的生活困境，並深切理解人類在面對自然災害時所展現的韌性和勇氣。

通過野島斷層保存館的實際案例，南科園區有望借鏡相關經驗，並依據實際地質狀況調整應用策略，透過明確、合適的調查方式，可以提供科學依據，劃定斷層跡位置及影響範圍，以利後續的區域發展規劃和建築設計。參訪重點明如下。

一、斷層破裂保存區

(一)野島斷層保存館入口是在神戶市灘區43號國道上墜落的卡車的景象，再

現高速公路崩塌的場景，直觀地展現了地震造成的嚴重後果。接著是阪神淡路大地震發生後的災區照片，這些照片記錄當時各地區遭受的嚴重破壞，包括倒塌的建築物、斷裂的道路、損毀的基礎設施，以及人們在災難中所經歷的困境。



阪神淡路大地震震後災情紀錄照片

(二)保存館內除了紀錄野島斷層於淡路島由北至南的地表隆起與橫向位移量統計外，並將斷層橫越當時之既有道路、地表破裂的現象以及水路、田埂的橫移情況保留下來，見證斷層帶來的地形變化特徵。在斷層保存區可見野島斷層約 50 公分的地面隆起和約 1.3 公尺的橫移。

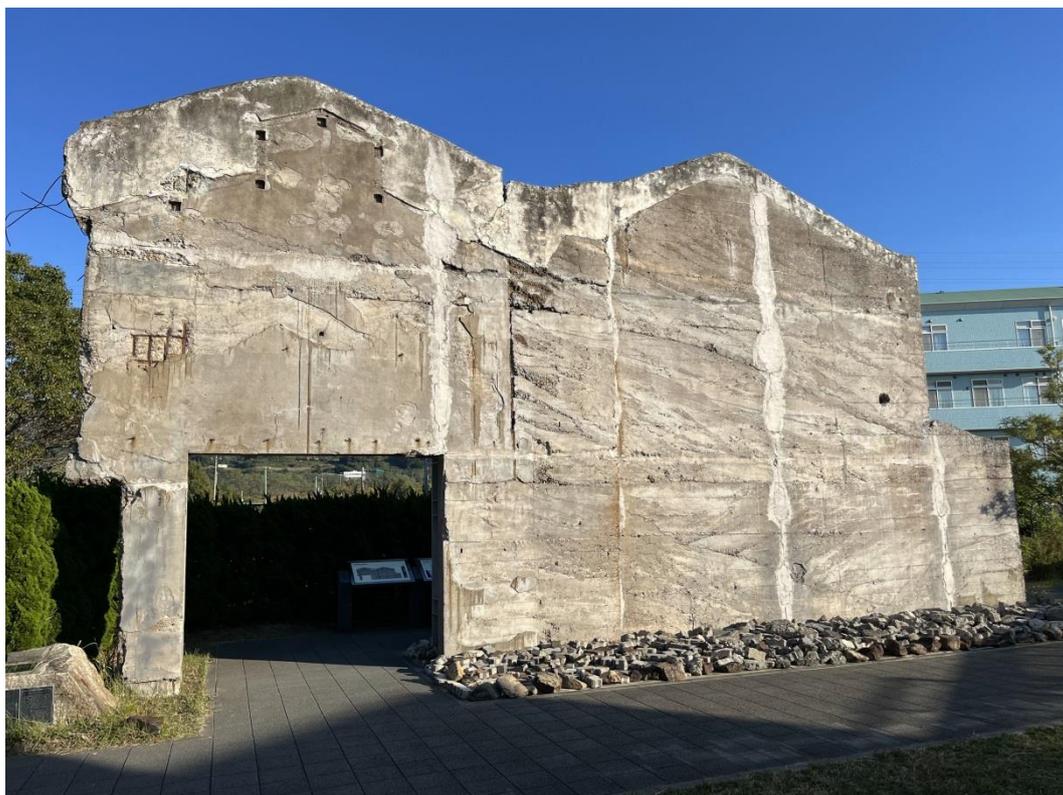


野島斷層地震破裂位置與錯移量

二、神戸之壁

(一)神戸之壁建於昭和 2 年（約 1927 年），原址位於神戶市長田區若松町的公設市場，是為了防範神戶市長田區若松町的公設市場免受火災延燒的防火壁。這座牆在第二次世界大戰中經歷了神戶大空襲（1945 年 2 月至 8 月，5 次襲擊），成為整個區域中唯一幸存的建築，其後又經過阪神淡路大震災的地震和火災，成為神戶市民對抗災難、歷經考驗的象徵，是一座具有深刻歷史背景的防災壁，承載著堅韌不拔的精神。

(二)隨著城市的復興，為了不讓震災的記憶淡化，神戶之壁被轉移到北淡震災紀念公園，成為對震災經歷的象徵，同時提升對於防災的意識。神戶之壁不僅是神戶市民韌性的象徵，更是一個珍貴的文化資產，生動展示了人類在面對自然災害時的堅韌和堅持。



斷層保存館內神戶之壁現況

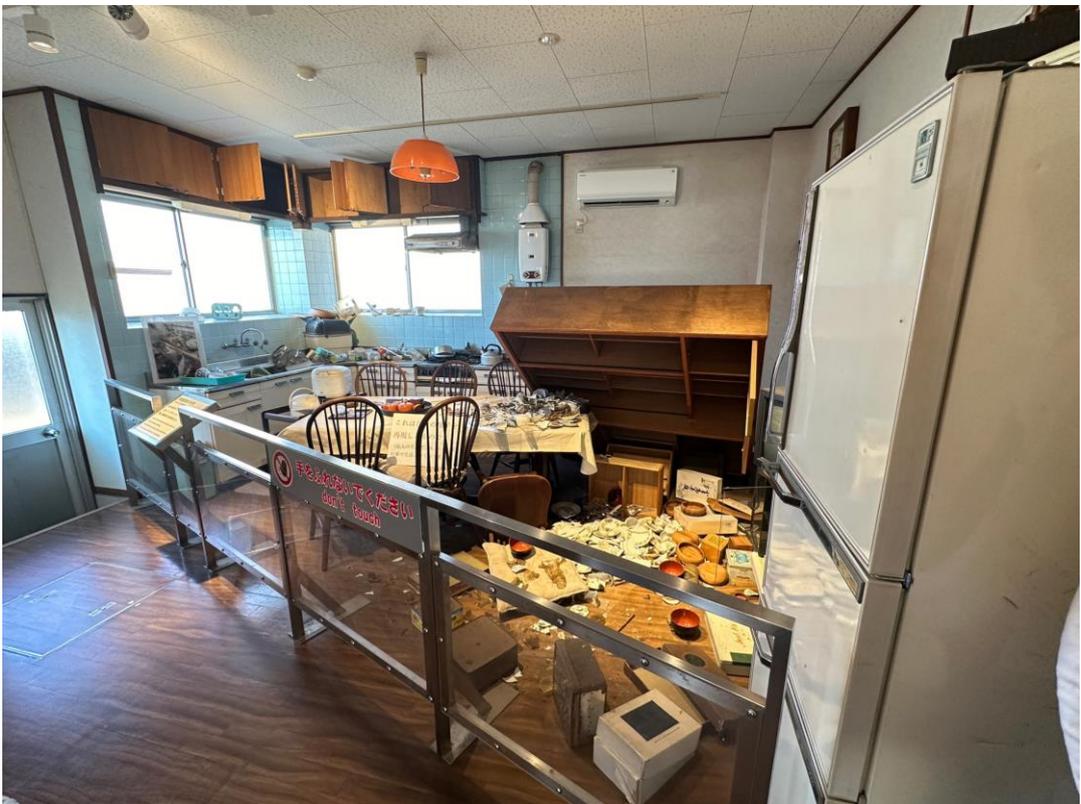
三、記憶之屋

(一)記憶之屋是經歷阪神淡路大地震後，仍保持相對完整的建築，即使其毗鄰活動斷層，仍然未受到重大損害。這座建築被冠以「地震耐受的住宅」，向公眾開放，使參觀者能夠直接觀察到在地震中牆壁和花壇磚塊微微移動的現象，特別是地震後的廚房，生動展現了當時地動的強烈衝擊，民眾可以透過模擬地震後的廚房，回顧當時的情景。

(二)這座建築位於野島斷層附近，被視為「地震耐受建築」的典範，其構造以鋼筋混凝土及穩固基礎建造而成。居住者在震災後堅持居住了約四年的時間。



記憶之屋歷經地震後保存外況



記憶之屋內房屋呈現傾斜

參訪照片



野島斷層：現場導覽解說



野島斷層：斷層破裂保存現況



野島斷層：保存館內地表破裂錯移



野島斷層：保存館地震破壞再現模型



野島斷層：斷層錯位現況



野島斷層：保存館內斷層剖面

第三章 心得與建議事項

3.1 開發行為前完善環境調查之重要性

3.1.1 永續兼容

永續利用的概念已是世界各地共同的目標與開發的基本原則，從環境認知調查、因應環境條件的設計及友善環境的作為等，均已有相當發展。在日本，尤其是在京都，不只致力於了解及保存地下的古遺址，甚至是地上的文化、市容及風景，皆成為保護對象，如京都的特殊建築條例就為了不遮擋美麗的文化市容景觀，限制全京都的建築高度，而京都研究園區也早在多年前，就已將園區內考古出土的平安時代遺址列為保護對象，雖未就地保存，但仍將部分移出園區，並供考古學家研究，期望更進一步了解該時代的容貌，另外從日本的文化財保護法可見，在日本，無論有形或無形的文化資產，只要政府認為值得保存，開發單位或文化資產擁有者，都必須依法進行了解、調查及保護，顯見日本對文化資產的重視。

3.1.2 完善調查

國家重大建設應有當下實用性與後續維護管理兼顧之整體考量，臺灣與日本由相似之海島地理環境且同位於環太平洋地震帶上，受到板塊擠壓作用的影響導致地震頻繁。在明石大橋的橋梁選址和設計過程中，極為重視對自然條件和周圍環境的全面調查，在開始調查作業之前，日本本州-四國聯絡橋公團根據建設省和運輸部指示，對本州-四國聯絡橋計畫的自然條件進行了詳盡調查，並持續進行反復檢討和修正。調查內容包括地形與地質調查、河川水文與海洋海象調查、氣象與風力調查以及地震資料蒐集等多個方面，以確保橋梁的結構具有最佳的安全性和耐久性。

地形與地質調查對於橋梁基礎的選址和結構的穩固至關重要，包括橋址地區的地形變化、地層構造以及可能的地質風險；河川水文與海洋海象調查則涉及對明石海峽的水文條件、潮汐變化、海床地形等方面，以更好地理解橋梁所處的海洋環境；氣象與風力調查評估橋梁所在地區的風力特性，如平均風速、風向分佈、紊流密度等，以確定橋梁結構在不同風力條件下仍保持穩定；地震資料蒐集為理解可能發生

的地震型態，包括發生地震的區域、不同型態地震的頻率等，以確保橋梁在地震事件中的安全性。茲就明石大橋針對各項自然條件調查概述如下：

- 一、地形與地質調查：包括對下部結構建設地點進行物理探查、鑽孔和岩石試驗，以確定地基的可能變形和剪切等特性。
- 二、河川水文與海洋海象調查：包括流水壓力、潮流壓力、波浪壓力等水文條件及其他調查項目包含：降雨量、氣溫、霧、雪等資料。
- 三、氣象與風力調查：在規劃和設計長跨距懸索橋時，特別需謹慎考慮風力效應，因其結構較柔軟，風力可能對其產生重要影響。
- 四、地震資料蒐集：地震力對於日本大型橋梁的設計至關重要，其影響力不亞於颱風。在考量地震力時，需要收集具體的地震資料，特別是針對日本地區不同的地震型態進行詳盡的研究。
- 五、園區開發與自然條件環境調查：透過明石大橋的工程經驗，我們可以看到這樣的自然環境調查有助於確定科學園區的地基特性、水文條件、和地震潛在威脅。詳實的地質調查成果將提供關鍵性的資訊，有助於選擇最適合的工程配置、確保基礎工程的穩固性，並減少後續工程可能面臨的各種風險。

綜上，科學園區規劃應是朝向科技產業蓬勃發展且與在地文化兼容並蓄；另透過詳細的地質調查，將為科學園區的開發計畫提供堅實的地質環境背景資訊，從而最大程度地降低不確定性，確保科學園區的可持續發展和安全性，這不僅有助於提高工程的整體效率，還能夠為未來的可持續發展奠定穩固的基礎。

3.2 活動斷層調查方法在南科橋頭園區之適用性

日本在 1995 年經歷阪神大地震之後，開始重視活動斷層調查，其調查技術與方法發展至今，已趨成熟，本次透過活動斷層場址參訪，見識日本在活動斷層調查方面的實際作為，包括地形判釋、槽溝開挖以及地表變位柱等三個方法，說明如下：

	地形判釋	槽溝開挖	地表變位柱
用途	判釋活動構造之所在位置與活動性	斷層活動性調查 錯移破裂特徵調查	地表變位量之圖像量化
使用對象	具異常之地表特徵、地形變位或地形指標	斷層面近地表處瞬移性質活動斷層	已知發生明顯地表地形驟變之活動斷層
橋頭園區適用性	園區位處地勢平緩沖積平原，難以藉由地形判釋辨認出斷層跡所在	車瓜林斷層為潛移性質斷層，且沖積層厚度較厚，斷層面較深，無法求得相關參數	園區內已整地，無活動斷層造成之地形特徵供布設
替代方案	以 InSAR 影像分析作為劃定橋頭園區地表斷層跡與地表形變影響範圍之輔助依據	以地質鑽探及地球物理探測等調查方式取代	以將利用每季 GPS 及水準測量方式，為期一年半，記錄車瓜林斷層兩側之地表變形量的變化差異

一、地形判釋

透過地形判釋分析能夠初步推測活動構造的位置、性質和活動性，提供對斷層影響地表特徵的影響，如深溝斷層的東西走向區段呈現山坳、直線谷、直線地形邊界東西排列，在幸田町深溝南山屋敷，可見東西走向的低斷層崖分佈，據此研判此區域至少發生了 4 次上下變動，顯示斷層持續活動對地形產生影響。

南科橋頭園區之位置，因現地位處地勢平緩沖積平原，且園區刻正進行整地工程，通過園區之斷層構造難以藉由地形判釋辨認出地表斷層跡所在。爰規劃以 2017-2021 年之 Sentinel-1 單一軌道歷史影像進行 InSAR 分析，以得到橋頭園區在此 5 年期間之水平向(東西向)地表形變情形，提供更多地表斷層跡劃定控制點，另將新設五座雙軌人工角反射器至少接收 1 年影像資料進行 InSAR 分析，作為劃定橋頭園區地表斷層跡之輔助依據，作為地形判釋之替代方案。

二、槽溝開挖

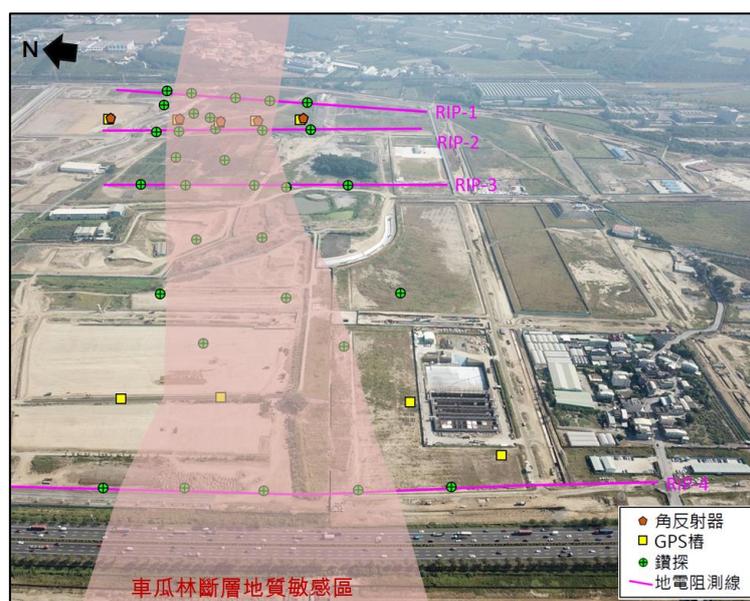
槽溝開挖可提供直接、立體的地下構造信息，利用近地表處之槽溝開挖調查可深入了解斷層、構造和地層的交互關係，進行斷層錯移破裂特徵調查，同時推斷斷層活動年代以及古地震事件的發生。透過觀察構造與地層的相互作用，配合碳十四定年方法來測定受到構造作用擾動的地層的年代，進而得知大地震發生的時間點，求得斷層之活動性。

橋頭園區之地層與車瓜林斷層特性，因車瓜林斷層之活動方式為潛移性質，與深溝斷層之瞬移錯動性質不同；此外，由既有地質鑽孔資料顯示，本區域之沖積層厚度較厚，如於近地表處進行槽溝開挖調查，則無法進行斷層錯移岩盤之破裂特徵調查，亦無法求得斷層活動性、地震事件、錯移量等相關參數。爰可規劃 4 條大致正交斷層走向之地電阻影像剖面測線，以及 32 孔垂直活動斷層走向排列之全程取樣地質鑽孔，據以建構正交斷層線之地下地質二維構造模型，追蹤確認斷層於園區地下延伸位置、斷層面傾角，以及活動斷層地質敏感區一帶之地下土岩分布形貌，由地電阻探測與地質鑽探所獲之斷層地下位置與斷層面傾斜角度推估地表斷層跡可能位置，作為槽溝開挖之替代方案。

三、地表變位柱

在深溝斷層上、下盤設置成對的地表變位柱，在上盤色柱上的紅色標記顯示地面高度的差異，直觀地呈現了斷層活動對地表的變位量，通過這種設計使民眾能夠以視覺化的方式觀測並記錄地形的變化，有助於深入瞭解斷層的垂直位移量。

橋頭園區現地為地勢平緩沖積平原，且園區刻正進行整地工程，園區內無活動斷層造成之地表斷層跡供設置相關設施。爰可利用設置地表之固定點，以總時長一年半、頻率每季 GPS 及水準測量之方式，記錄車瓜林斷層兩側之地表變形量，以及斷層上、下盤的相對變化量差異，據以作為評估橋頭園區地表變形範圍之輔助依據，為地表變位柱之替代方案。



橋頭園區現地調查工作配置示意圖

3.3 活動斷層影響範圍預判與防災規劃

在斷層活動影響方面，野島斷層保存館呈現了地層變動、地面隆起等現象，清晰顯示了斷層錯移造成之地形地貌的改變，直觀地理解地震對當地環境所帶來的直接影響與間接影響。此外，斷層保存館也提供了對於活動斷層影響範圍預判的資料，透過觀察保存的斷層跡，可以推斷斷層活動對周圍區域的潛在危險，這對於災害防治規劃和城市發展具有重要參考價值。

藉由推斷斷層活動對周圍區域的潛在危險，可進一步探討如建築物受力情況、禁限建區的劃定，以及國內外斷層帶退縮距離法規的比較。這種綜合性的考量不僅有助於增進地震防災的效果，思考未來建築設計和城市規劃應如何因應潛在的斷層活動，亦可反饋到南科橋頭園區的開發行為，說明如下：

一、斷層活動之直接影響與間接影響

活動斷層所引發的地震對工程構造物可能產生深遠的影響，這種影響主要分為直接和間接兩類。直接的破壞作用主要包括地震震動、地表錯動和地表變形；間接的破壞作用包括土壤液化、噴砂、地裂、崩塌和震陷等，說明如下：

(一)直接影響

1. 地震震動：地震引發的地面震動是直接的影響之一，這種震動可能對建築物結構造成嚴重損害，如牆壁崩塌和柱子破裂。
2. 地表錯動：地震中地層的水平或垂直錯動，直接影響結構物的穩定性。
3. 地表變形：地震導致的地表形狀或高程變化，可能導致結構物的變形和損害。

(二)間接影響

1. 土壤液化：地震震動使土壤失去剛性，表現為土壤液化，這可能使建築物沉陷或傾斜。
2. 噴砂：地震導致的水壓上升使土壤中的水和沙混合物噴射出地表，對周圍結構造成損害。
3. 地裂、崩塌和下陷：地震造成地裂、崩塌或地表下陷，這對建築物產生間

接損害，記憶之屋內房屋雖未受地震錯動破壞，惟仍呈現傾斜即受到地震震動傾斜。

二、活動斷層影響範圍預判

(一)活動斷層造成之地表破裂主要可分為主斷層、分支斷層、副斷層的錯動所致。

1. 主斷層：活動斷層中最主要的一類，具有顯著的地質活動性。主斷層在地表形成破裂，同時向外分散，其破裂跡線通常是地震的發源地。
2. 分支斷層：與主斷層相連，呈現向外分散的特徵。這些斷層雖然不如主斷層明顯，但在構成擾動帶的過程中發揮著重要的連接作用。
3. 副斷層：在地表近乎平行於主斷層，雖然相對較短，但在地下仍與主斷層有連結。副斷層的存在對地震活動和地表破裂形成有著一定的影響。

(二)地表斷裂的分佈及影響

1. 地表斷裂主要發生在斷層的上盤，同時地表斷裂作用和斷層錯動主要發生在主斷層跡線上。
2. 由於這些斷層在地表形成裂縫和變動，對地震的規模和強度產生深遠的影響。根據活動斷層的地質和歷史紀錄，未來地表斷裂最可能出現在最近活動斷層的主斷層跡線上或其附近，這有助於對地震風險的預測和管理。

(三)再現性及工程結構的應對

1. 活動斷層具有再現性，因此在工程規劃中必須謹慎考慮。重要的工程結構應該避開近期曾發生地震的區域，特別是歷史紀錄中發生過大地震的活動斷層。
2. 其他容易發生斷層錯移活動之範圍包含：斷裂交匯處、斷裂複合處、斷裂轉折處、斷層兩端點以及活動斷層閉鎖段等應力集中帶。應以最大程度地避開以減少結構受到斷層影響的機會，確保結構的穩定性並降低潛在的損害風險。

三、近斷層效應考量與禁限建

一般而言，對建築物的安全著重於耐震設計，以減少地震風險。然而，日本自 1995 年阪神地震後，一些管理措施開始實施，例如將三浦半島北武斷層通過的野比東公園劃設為斷層公園，並限制兩側 25 公尺內不得建築。然而，這樣的限制範圍相對較小，僅為示範性質，並無法涵蓋整個地區。

針對斷層活動之直接影響與間接影響以及影響範圍預判，以下從活動斷層之建築法規限制、地方政府制定規定案例進行說明如因應，並進一步分析無禁止建築活動斷層之原因，以及日本如何保障居民安全之措施。依據日本對於活動斷層於建築法規限制說明如下：

(一)活動斷層之建築法規限制

1. 在法令制定方面，日本目前除核能、醫療機構設施等重要結構物外，也未有相應的特殊規定。
2. 日本曾多次修改《建築基準法》，將建築物的抗震標準一再提高。修訂後的法規將住宅、樓房抗震標準提高為：經得住 6 至 7 級地震搖晃而不會坍塌。

(二)地方政府制定規定案例：一些地方政府自行制定條例，針對斷層帶進行調查以及大型建築物的建設進行規範。

1. 德島縣政府在 2013 年實施了「德島縣防範南海板塊巨大地震等震災之強化社會營造條例」，明文禁止在特定活斷層調查區域活動斷層的正上方建造特定施設，包括學校、醫院和危險物貯藏施設。在這些區域進行新建、改建、搬遷等工程，則需要向縣府提出申請。
2. 兵庫縣西宮市的活斷層相關規定：針對超過一定規模的開發案，若有受市府公告的地質活斷層圖或國土地理院製成的都市圈活斷層圖所記載的活動斷層線可能影響者，必須進行詳細的地質調查。
3. 神奈川縣橫須賀市的活斷層調查義務：針對大型開發案，土地利用行為者被要求進行調查，一旦判明活動斷層位置，必須制定禁止在斷層上方

建造建築物的地區計畫。

- (1) 橫須賀市的野比地區計畫(約 15 公頃)將斷層線經過處兩側各後退 25 公尺，保留做為公園、停車場、道路、空地之用。
- (2) 橫須賀市的「野比東之入公園」是全國首例將位於活動斷層正上方的土地做為公園使用，展現了對於活斷層風險的特殊管理。
- (3) 橫須賀研究園區地區計畫(約 59 公頃)自斷層線經過處兩側各後退 15 公尺，同樣保留為公園、停車場、道路、空地之用。

(三)無禁止建築活動斷層原因

1. 國土上的斷層錯綜複雜，已知的活動斷層眾多，且還存在許多在地表上不可見的未知活動斷層。此複雜性將難斷定某處安全與否。
2. 日本國土狹小，有的城鎮市區自古以來就建築於活動斷層之上，因此任意改變將對社會造成過大影響，使問題變得更加複雜。

(四)居民安全保障措施

1. 災害對策基本法（1961 年）：要求政府制定避難計畫，以確保在斷層線上或附近的居民能夠在地震發生時迅速找到安全的避難場所。
2. 1995 年阪神淡路大地震後的修法：在阪神淡路大地震後，政府進一步加強了相關法令，其中包括建築物耐震改修法和地震防災特別措置法。
3. 地震調查研究推進本部：成立了「地震調查研究推進本部」，負責進行地震相關的觀測、風險判斷等工作，以提供科學基礎支持，協助制定更有效的地震防災措施。
4. 公開地震危險斷層帶資訊：政府通過公開地震危險斷層帶資訊，提高民眾對於地震風險的認識，讓他們更能夠做好預防和應對措施。

四、國內外斷層帶退縮距離法規比較

依據上述日本對於活動斷層於建築法規限制，對比台灣、美國、日本針對活動斷層帶管制比較，詳見下表。

活動斷層帶建築物之管制

臺灣	<p>《<u>實施區域計畫地區建築管理辦法</u>》第 4-1 條：</p> <p>活動斷層線通過地區不得興建公有建築物、一般建築物或農舍進行高度限制</p>	<p>《<u>建築技術規則建築設計施工篇</u>》第 262 條：</p> <p>山坡地位於斷層帶範圍內不得開發建築，範圍依歷史最大地震規模(M)劃定：</p> <ul style="list-style-type: none"> ● M≥7：斷層兩側各 100 公尺 ● 7>M≥6：斷層兩側各 50 公尺 ● M≤6：斷層兩側各 30 公尺 	<p>《<u>近車籠埔斷層地區永久禁限建計畫</u>》：</p> <p>都市土地斷層帶兩側 15 公尺為禁限建範圍</p>
日本	<p>《<u>建築基本法</u>》：</p> <p>住宅、樓房抗震標準提高為經得住 6 至 7 級地震搖晃而不會坍塌。</p>	<p>《<u>地方政府自行制定條例</u>》：</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 德島縣：禁止在特定活斷層調查區域活動斷層的正上方建造特定施設。 ● 兵庫縣西宮市：針對超過一定規模的開發案若為活動斷層線可能影響者，必須進行詳細的地質調查。 ● 神奈川縣橫須賀市：大型開發案，土地利用行為者被要求進行活斷層調查，一旦判明活動斷層位置，必須制定禁止在斷層上方建造建築物。 	
美國	<p>《<u>阿奎斯特-布里奧洛地震斷層區段劃定法案(Alquist-priolo Earthquake Faulting zoning ACT)</u>，即加州地震斷層法》：</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 確信斷層線：兩旁各 15 公尺內禁止興建住屋；15 公尺至 38 公尺間之條帶內只能建立獨戶、單層木屋或相似之防震結構物。 ● 推論斷層線：兩旁各 30 公尺禁止建立建築；30 公尺至 53 公尺間之條帶內只能建立獨戶、單獨木屋或相似之防震結構物。 		

心得與建議：

日本與臺灣同屬全球高科技產業發展頂尖國家，本次參訪園區開發、營運管理與新創產業引進等相關操作機制與經驗案例，後續可供南科各園區營運發展借鏡參考。

鑒於臺灣與日本皆位於地震頻繁地帶，藉由此次參訪日本活動斷層災害影響範圍與規模，並比較美、日及國內建築法規在斷層帶之相關安全規範，建議在新園區位置如有鄰近斷層帶(如橋頭園區車瓜林斷層)時，開發前先進行地質鑽探調查與監測，分析可能之地震樣態及變位，並預為研擬建築設計管理上必要之安全限制與機制，以確保地震來襲時園區人員與設施安全。