

出國報告（出國類別：考察）

2025 日本礦業淨零碳排考察

服務機關：經濟部地質調查及礦業管理中心

姓名職稱：

林副組長群捷

許技士佳瑜

林技士詩婷

派赴國家/地區：日本/四國、東京

出國期間：114 年 9 月 8 日至 114 年 9 月 13 日

報告日期：114 年 12 月 2 日

摘要

近年來，氣候變遷對全球環境與國家安全造成嚴峻挑戰，實現「2050淨零排放」已成為國際共識。日本與臺灣皆為提出淨零目標的國家，並積極推動能源轉型與減碳行動。兩國同位於環太平洋地震帶，地質構造相似，礦產資源生成條件亦具高度共通性。隨著全球永續發展浪潮興起，礦業不僅是工業之母供給穩健經濟發展所需的重要基礎產業，目前更面臨轉型升級與碳中和的雙重挑戰。在此背景下，如何兼顧礦產開發、環境保育與減碳永續，成為我國礦業發展必須正視的課題。

日本在礦業發展與環境治理領域具有深厚基礎，特別是在礦場自主管理、重型機具技術創新及低碳轉型等方面累積豐富經驗。日本作為重型機具製造大國，其礦山機械研發技術已朝向智慧化與低碳化發展，並規劃導入遠端操控、自主導航及即時監控等功能，有效提升作業效率與安全性，同時降低人力風險與碳排放。對臺灣而言，借鏡日本在淨零礦業的發展模式，將有助於推動我國礦場設備現代化與管理制度革新，朝向「智能無人礦場」及「低碳永續礦業」的目標邁進。

為深化瞭解日本在礦業政策、技術創新與碳管理方面的具體作法，本次考察團拜會小松製作所、日鐵礦業（株）鳥形山礦業所、高知太平洋礦業（株）土佐山礦山及マイントピア別子等單位。透過與日方企業與機構進行交流與實地參訪，探討其在礦場轉型、環境保育及淨零碳排實踐上的成功經驗，並學習其將產業升級與文化保存相結合的模式。

本次參訪期望藉由吸收日本在綠色礦業轉型與碳中和策略上的經驗，作為我國推動礦業現代化、落實永續治理及實現2050淨零願景的重要參考，進而邁向「產業與環境共生、經濟與永續並進」的新里程碑。

目錄

一、 團員名單	4
二、 行程表	4
三、 目的	4
四、 工作參訪過程	5
(一) 參訪マイントピア別子	5
1. 博物館概要	5
2. 參訪內容	6
3. 心得及建議	9
(二) 參訪日鐵鑛業（株）鳥形山鑛業所	11
1. 鑛業所概要	11
2. 主要參訪內容	12
(1) 採礦技術與營運方式	12
(2) 環境保全與減碳策略	13
3. 意見交流	15
4. 心得與建議	18
(三) 參訪高知太平洋鑛業株式會社土佐山鑛山	20
1. 開採營運	20
2. 採礦作業與生產流程	20
3. 環境保全與淨零碳排措施	22
4. 意見交流	23
永續鑛業政策面相:	23
採礦期間技術與管理制度面向:	24
ESG 與環境友善實踐:	26
5. 心得與建議	27
(四) 參訪小松製作所茨城工場	28
1. 概要與經營理念:	28

2. 礦場自動化與車輛優化	28
3. 參訪內容:	29
4. 心得及建議.....	30
五、 結論與感想.....	31
(一) 日鐵鑛業鳥形山鑛業所與金昌石鑛、合盛原石鑛、台泥寶來石鑛聯合鑛場之比較整理如下表:	31
(二) 本次考察交流有關我國與日本相似鑛業之異同處:.....	32
六、 參訪花絮	35

一、團員名單

經濟部地質調查及礦業管理中心：

林副組長群捷、許技士佳瑜、林技士詩婷。

二、行程表

日期	行程	參訪議題
9月8日(一)	去程：桃園機場至高松機場 參觀マイントピア別子	礦場轉型
9月9日(二)	拜訪交流日鐵鑛業（株）鳥形 山鑛業所	礦業政策發展、礦場安全、低碳 永續
9月10日(三)	上午拜訪交流高知太平洋鑛業 (株)土佐山鑛山	礦業政策發展、礦場安全、低碳 永續
9月11日(四) 9月12日(五)	中間移動路程：高知機場至東 京羽田 參訪小松製作所茨城工場	智能礦場、淨零排放
9月13日(六)	返航	

三、目的

鑑於氣候變遷與能源轉型已成為全球共同關注的議題，實現「2050淨零排放」是全球已逾130個國家宣布並推動永續發展的重要目標。日本與臺灣同為資源有限的島嶼國家，且地質環境相似，皆位於環太平洋地震帶，在面臨礦產資源開發與環境保護之間的平衡時，兩國皆需以科技創新與政策規劃來因應永續發展的挑戰。日本長期致力於低碳技術、智慧礦場及環境保育的整合發展，其礦業政策與產業轉型經驗對臺灣具有高度參考價值。

為深入瞭解日本在礦業領域推動淨零碳排、機械電動化及智慧化發展的具體作法與經驗，本中心規劃赴日本進行相關考察與交流。考察重點包括拜會小松製作所茨城工場，瞭解其在礦山機械電動化、遠端操控與自動化技術方面的最新進

展；實地參訪日鐵鑛業（株）鳥形山鑛業所及高知太平洋鑛業（株）土佐山鑛山，探討其在鑛場管理、環境保育及碳排減量措施之實踐經驗；並參訪マイントピア別子，學習日本鑛業轉型結合文化保存及觀光再生的經驗成功模式之案例。

本次考察除可強化台日鑛業技術與政策交流外，亦期望藉由蒐集日本在鑛業轉型及淨零碳排策略上的經驗，作為我國鑛業治理、現代化、減碳方法及永續發展政策的重要參考，協助推動臺灣邁向低碳、智慧鑛業及創新與永續共榮的鑛業新願景。

四、工作參訪過程

（一）參訪マイントピア別子

1. 博物館概要

別子銅山位於日本愛媛縣新居濱市，為日本三大銅山之一，鑛業歷史可追溯至西元1691年，迄西元1973年止長達282年之久。該鑛山自江戶時代起即由住友家族經營，為住友企業起家的根基，曾支撐日本近代工業化及能源原料供應的重要基石。全盛時期，別子銅山年產銅量高達6.5萬噸，銅品位平均2.5%，並於明治維新後導入西方採鑛技術，如鑿岩機、豎井運輸系統及冶煉廠設施，建立起現代化鑛業體系，成為推動日本近代化的重要象徵。

隨著開採深度不斷增加，坑道最終達開採高程至海拔負千公尺以下，伴隨鑛脈品位下降、坑內高溫及坍塌風險提升，於西元1973年正式關閉。關鑛後，為保存鑛業文化遺產並促進地方再生，住友集團將原鑛場區域重新規劃，於西元1975年設立別子銅山紀念館，並於西元1991年轉型為「マイントピア別子」(Mine Topia Besshi) 採鑛主題公園。該園區占地約六萬平方米，結合博物館展示、坑道體驗、歷史遺跡修復及觀光設施，完整呈現別子銅山近三世紀的鑛業發展歷程。

除保存採礦歷史外，マイントピア別子亦積極推動環境修復與綠化工程，將過去礦區廢棄荒地重新植生綠化整地闢建休憩步道及教育展示區，展現日本在礦區關閉後對永續再生的重視。該園區不僅是日本重要的產業遺產，更被視為「工業遺址活化」與「低碳文化觀光」結合的成功典範，對臺灣未來礦區再利用政策具高度參考價值。

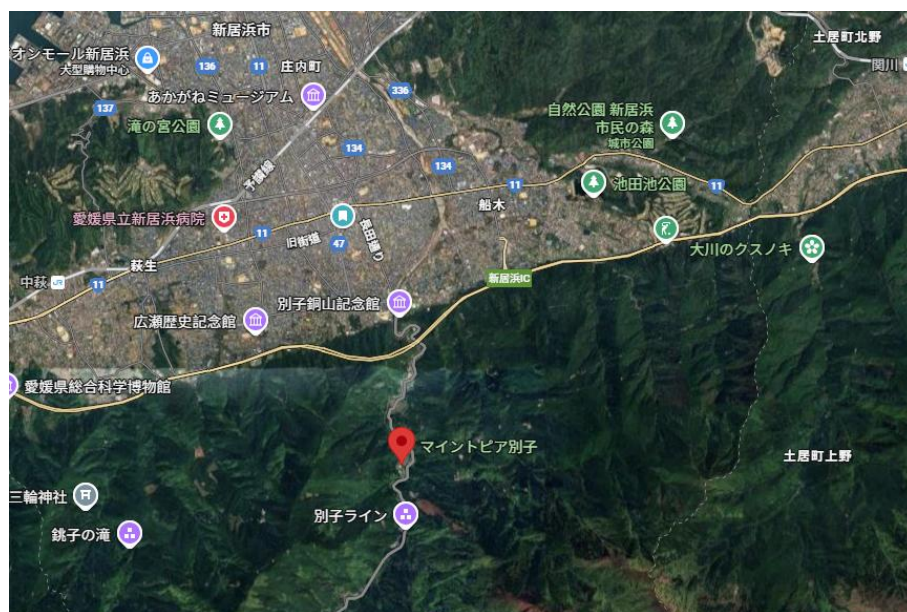


圖4.1.1 マイントピア別子位置示意圖(google map)

2. 參訪內容

(1) 坑道體驗與採礦技術展示

參訪首先由館方導覽員引領入坑，坑道全長約750公尺，保留原礦山的運輸通道改建而成。入坑後可感受明顯坑道仍存有完善通風功能，徐徐的涼風吹來，維持坑內潔淨的空氣避免危害氣體產生，一般溫度穩定介於攝氏14至16度間，即使夏季外部氣溫偏高，坑內仍保持涼爽舒適。坑道內以實體模型與音效重現過去礦工作業情境，舉凡排水設施、人工手鑿石錘開採演進到近代化電鑽與炸藥爆破技術，均詳實呈現及保存不同年代之採礦方式，讓入內觀賞的民眾了解礦業開採方式演進，體驗礦

工當時採礦環境。

展示區特別呈現明治時期住友商社引入西式採礦技術的過程，例如使用蒸氣機、電力提升設備及通風系統，這些技術大幅提升採礦效率與安全性，也象徵日本工業現代化的開端。另坑內設有豎井升降機模型及礦車軌道，模擬礦石從地底下運送至地表的過程。導覽說明亦強調安全制度，如每日作業檢點、工人名牌制度及坑內測量技術，使參觀者理解當時礦業生產情境中作業安全與紀律的重要性。

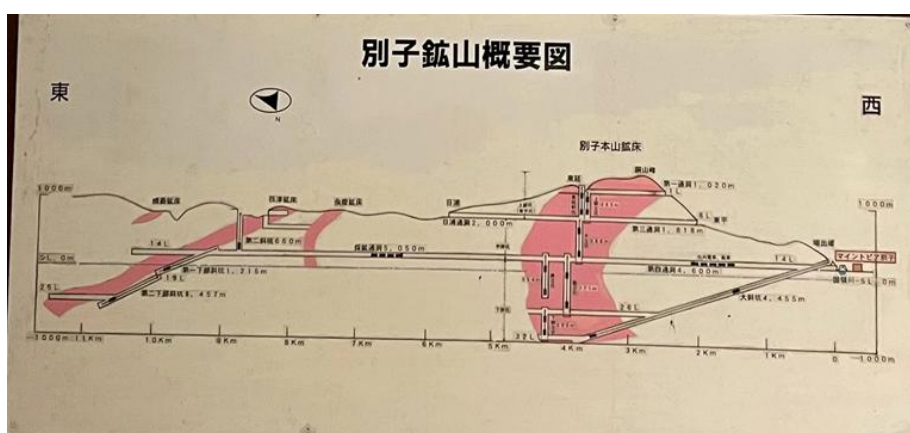


圖4.1.2 別子鉦山概要圖



圖4.1.3 別子鉦山坑道內實體模型展示

(2) 礦山歷史

館內設有「別子銅山歷史長廊」，依時代順序展示礦山開採至礦場關閉的完整歷程。西元1691年首次發現銅礦露頭後，礦業規模逐步擴大，

江戸時期以人力採礦為主，明治時期以降引進外國技術，實現機械化生產。展覽同時介紹多次重大災害，如西元1694年火災（132人罹難）及西元1899年水災（513人罹難），顯示早期礦業環境之艱困，並透過礦石標本等讓參觀者了解銅礦形成過程及選礦冶煉步驟。該區設計兼具科普與環境教育性與趣味性，可兼顧一般民眾與專業人員等各界到訪人員之需求。



圖4.1.4 別子鑛山歷史表及礦石標本展示

(3) 文化遺產保存與環境再生

除礦業技術展示外，マイントピア別子另一特色在於其文化與環境的雙重再生。園區將舊礦區(場)重要歷史建築遺構如豎井、冶煉爐、運輸鐵道等重新整修，並結合當地自然景觀規劃成「東平區」，有「日本的馬丘比丘」之稱。該區海拔高程750公尺，保留採礦時期建築遺跡並結合觀光步道，展現人與自然共存的意象。

此外，博物館內部設有多媒體展示廳，介紹住友集團在關礦後推動綠化復育的成果。原礦渣堆及廢石區經過土壤修復與再造，植栽覆蓋率超過90%，實現了生態復原與低碳再利用的目標。館方也強調減碳管理

措施，例如使用太陽能照明與雨水再利用系統，為礦業遺址轉型提供永續示範。

(4) 地方再生與文化觀光推廣

マイントピア別子以「產業遺產×觀光教育」為核心，結合博物館、坑道體驗、溫泉休閒及地方特產銷售。紀念品及名產包裝設計融入場域歷史背景、礦石與冶煉元素，展現地方工藝特色。另設有兒童體驗區與礦石採集活動，寓教於樂地傳達礦業知識與環境保護概念。

地方政府與住友集團共同推動低碳旅遊模式，鼓勵旅客以公共交通工具抵達園區，並採用碳抵換方案以減少觀光碳足跡。此舉顯示日本在推動文化觀光與淨零碳排之間的平衡思維。整體而言，該園區成功地将工業遺址轉化為教育與觀光資產，並帶動地方就業與社區活化，實現了礦區「從開採到再生」的永續循環。

3. 心得及建議

別子銅山見證了日本從封建社會邁向現代工業國家的轉折，其成功關鍵在於政府、企業與社區共同參與的長遠規劃。從礦山關閉到再生利用，住友集團展現了企業社會責任，透過環境修復與文化保存，使過去的資源開採地轉化為文化教育與低碳觀光的場域，成為「礦業永續轉型」的典範。

藉此參訪未來臺灣礦場關閉計畫，除保障原從業勞工的工作機會或輔導轉職，相關礦場再生與地方活化，如何從礦業開發轉型蛻變，可參考日本模式與歷史經驗，從各個面向問題思考解決方式，採取分階段管理機制，於礦場營運期間即預留轉型空間，並導入「環境修復基金」及「文化再生專案」，鼓勵業者投入數位展示與文史保存。

此外，別子銅山的環境復育與低碳設施，顯示日本已將「淨零碳排」概

念具體落實於礦業轉型過程。臺灣若能結合礦區再利用與碳管理策略，如發展低碳建築、導入再生能源與環境教育園區，不僅能實現「礦業與自然共生」的目標，亦可為地區經濟注入新動能提供社區活化再生契機。

總結而言，別子銅山的再生案例充分體現了由「資源開採」邁向「文化永續」（文化財）的價值轉變。其以歷史傳承為基礎、以科技展示為媒介、以環境修復為核心，最終達成產業、文化與自然的共榮，對我國推動礦業轉型、礦區再利用及實現2050淨零碳排政策，皆具有重要啟發意義。

(二) 參訪日鐵鑛業（株）鳥形山鑛業所

1. 鑛業所概要

日鐵鑛業株式會社鳥形山鑛業所位於日本四國高知縣中部仁淀川町一帶，地形以山地為主，該鑛山自西元1950年代起即由日鐵鑛業株式會社經營，主要開採高品位石灰石，供應日本(含出口外銷)鋼鐵、水泥及化工產業所需石灰石。鳥形山鑛山的地層屬於秩父地質帶，石灰岩含量極高且分布廣闊，是日本現有規模最大的石灰石露天鑛場之一。根據鑛區資料，鑛體長約2公里、寬約1.5公里，鑛石平均碳酸鈣純度達98%以上，屬於極高品質的工業用原料。

目前鳥形山鑛業所的年產量約為1,200萬公噸，主要分配給新日鐵住金集團內的製鋼、燒結、石灰製造及水泥生產使用。該鑛場於西元1970年代起陸續引入現代化採鑛設備，並積極推動自動化與環境管理制度，成為日本石灰石鑛業中安全管理及永續治理的代表鑛區之一。

在永續發展策略方面，日鐵鑛業以「與自然共生、支撐社會基盤」為企業理念，致力於減少採鑛過程的環境衝擊，並逐步導入「低碳營運」、「資源循環再利用」及「再生綠化工程」。該公司自西元2021年起訂定「2050年碳中和目標」，並以鳥形山鑛業所作為推動範例，實施能源使用效率化、爆破減振技術改良及綠化復育區的碳吸存計畫。這些措施皆體現日鐵鑛業在 ESG 三大構面上的長期承諾，顯示其不僅專注於鑛產供應，更重視環境與社會的永續平衡。

階段面坡度設計良好，邊坡穩定性管理嚴謹。根據礦場現場人員說明，鳥形山鑛業所採礦階段每層高約15公尺，並配合電雷管與低震動炸藥技術，以減少地震波及粉塵外逸，降低對周邊居民與環境的影響。

該礦場營運團隊約300人，採契約制與外包制混合管理。運輸路線設有感測監控系統，確保車輛行駛安全與作業效率。礦石經初次破碎後由皮帶輸送系統送往儲料場，全長約23－26公里採密閉式運送，並在儲料場內進行二次破碎與篩分，再依客戶端需求及分類供應至鋼鐵廠及水泥公司等主要客戶。礦石運輸採自動化24小時作業制度，確保料源供應穩定。

(2) 環境保全與減碳策略

鳥形山鑛業所的永續經營以「綠色採礦」為核心理念。該公司設有專責的環境保全部門，實施空氣、噪音、振動、水質及地質穩定等五大監測項目。粉塵防制部分，於爆破作業後立即噴灑抑塵劑，並在主要運輸道路設有噴水抑塵系統；礦車亦配備密封式車斗，減少飛塵外洩。廢水則經多層沉砂池過濾後再回收利用，以達水資源循環使用。

在淨零碳排實踐上，鳥形山鑛業所自西元2020年起導入能源管理系統，並持續追蹤碳排放量。礦場內主要碳排來源為柴油燃料與電力消耗。為此，該公司已推行以下具體措施：將傳統照明全面更換為 LED 燈具；在礦場架設太陽能板；採購部分電力自再生能源供應商；減少重機怠速時間並推動燃油管理；擴大綠化區植生面積，利用植物碳吸存抵減碳排。

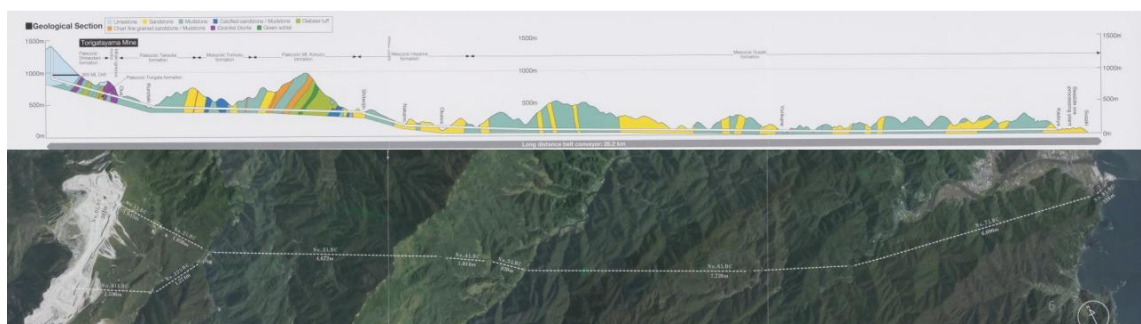


圖4.2.3 鳥形山鑛業所皮帶輸送系統示意圖



圖4.2.4 鳥形山礦場太陽能板設置工程

(3) 安全管理與智慧化轉型

鳥形山鑛業所在安全管理方面有極高水準。礦場設置多層級安全監督機制，所有作業區進出須經電子識別系統登錄，每日進行風險預防會議。爆破、鑽孔及運輸階段皆有獨立監控中心透過遠端CCTV即時掌握場域內作業場址狀況。礦區內亦全面導入「安全可視化系統」，透過AI分析即時回報異常，如邊坡滑動、車輛超速或設備異常振動，亦規劃未來運用5G電波技術導入重型機械遠端操作及自動駕駛自卸車系統。

日鐵鑛業每年進行多次避難訓練，並與高知縣消防局、仁淀川町政府共同辦理災害防救演練。該礦場已連續20年以上無重大勞安事故紀錄，成為日本鑛業界安全管理標竿。



圖4.2.5 鳥形山礦場5G 基地台設置工程

(4) 社區共榮與社會責任實踐

鳥形山鑛業所與地方社區關係密切，鄰近礦場周邊存有社區聚落，地表現況則多為農林地植栽人造林及部分農作物。該公司秉持「地域共生」精神，長期與仁淀川町公所及居民協會保持對話，每年定期舉辦「開放日」與「礦場參觀會」，邀請當地中小學生與居民了解礦業運作及環境保全措施。此外，公司員工亦積極參與地方環境清掃與防災活動，強化居民對礦場的信任與支持。

該礦場亦投入地方教育，贊助學校科學教育計畫，提供地質標本及探勘教學資源，並支援地方觀光活動，促進經濟共榮。這些作法均體現企業在 ESG「S」構面的實踐。

3. 意見交流

Q1：對礦場開採作業前須配合政府的政策及規定，及開採中須配合政府的政策及規定？

A1：依據「礦業法」、「礦山保安法」、「森林法」、「火藥類取締法」、「消防法」、「環境保護法」等法規進行開採作業。

Q2：對開發礦場行為，政府是否有徵收稅務，如以開採面積計算的礦業權費、以產量計算的礦產權利金或其他等？稅率如何計算？

A2：徵收稅務主要為礦區稅及礦產稅

- 礦區稅：此為一項普通稅，其性質類似特權稅，係針對獲准設定礦區的礦業權人，因享有開採地下礦藏之特權所徵收的費用，同時亦旨在防止礦區閒置。試掘礦區：每100公頃(公畝)每年200日圓，採掘礦區：每100公頃(公畝)每年400日圓(非砂礦礦區)。
- 礦產稅：為一種普通稅(地方稅)，基於礦山所在市町村與礦山之間密切受益關係，並因應市町村的財政需求，以礦物的價格為標準課徵。稅率：標準稅率1%(限制稅率1.2%)，惟每月1日至月底期間，於作業地點所在市町村開採之礦物價格低於200萬日圓時，適用標準稅率0.7%(限制稅率0.9%)。

Q3：國家政策面上，是否有規定礦場進行碳足跡調查？若有，相關的減碳措施有哪些(如機具改善)？

A3：目前並未強制規定。

Q4：採礦廠的生產能力和組織規模(部門及人數)？

A4：生產能力：約1,400萬噸/年，組織規模：(體制)4課、12係體制。(人員)直轄195名、請託152名，合計347名(截至2025年4月)。

Q5：產量之申報管理制度？

A5：每月向經濟產業省提交「礦物及焦炭月報」；「礦山作業月報」則提交至石灰石礦業協會。

Q6：在礦山綠化部分如何執行，是否有其法規規定？

A6：依據「礦山保安法」、「森林法」規定，於堆積場坡面整形後，依序實施

綠化工程，於殘壁上進行覆土作業後實施植栽。

Q7：礦場在 ESG 方面採取了哪些具體措施？採用了哪些生產技術來提高效率並減少環境影響？

A7：目前評估設置太陽能、風力及小型水力等發電設備，引進高節能及高效能設備及導入電動車，工作環境部分，致力完善勞動環境，如：減少假日出勤與加班時數等，並推動廢棄物減量與資源回收，如：文件數位化、徹底執行資源分類等。

Q8：是否有 AI、無人機、雷達及5G 訊號等科技監測輔助礦場開採作業各階段（鑽炸、鏟裝、運輸）之安全管理？

A8：無人機運用於工作面、儲礦的測量及豎井內的調查，今秋預計於工作面導入 AI 攝影機進行異物（金屬類）偵測，廠區亦已導入該系統作為品質管理工具（異物混入偵測）。目前正進行5G 基地台設置工程，完工後將共享車輛位置資訊，未來研議運用5G 電波技術導入重型機械遠端操作及自動駕駛自卸車系統。

Q9：與在地社區共存方面，貴公司如何進行溝通與合作？對於礦場污染（如粉塵、噪音、水質）預防有哪些主動管理措施？

A9：與地方共存方面，透過接待當地小學及幼兒園的礦山參訪及定期舉辦交流會等地方活動之參與，積極與居民互動溝通，污染防治及礦害預防方面，於礦場設置集塵設備，實施灑水作業，建置沉砂池等措施，爆破時採用非電器雷管，以增加安全性，並於礦場周邊實施噪音與振動測量，致力減低礦場污染，維護環境並深化在地社區友好關係。

Q10：貴公司在燃料（重油、煤炭等）的採購與銷售中，如何平衡經濟性與環境永續？是否有設定內部燃料使用的碳中和目標？

A10：採購方針中雖已表明「對環境的考量」，但具體措施仍在研議中。我們已設定碳中和目標，預計日本國內能源來源的二氧化碳（燃料、電力等）將於西元2030年度前較西元2013年度減少38%以上，並於西元2050年前，實現包含非能源來源的二氧化碳在內的碳中和目標。短期內將優先推動電力脫碳化，積極導入自用再生能源設備並活用非化石能源憑證。針對燃料來源的二氧化碳減排，現階段雖缺乏符合本公司業務的實用選項，仍持續蒐集採購風險、經濟效益及重機設備製造商技術動向等資訊，待出現兼具環保性能與實用性的方案時，將迅速評估導入，並推動包含能源轉型在內的減排策略。

4. 心得與建議

鳥形山鑛業所的管理制度與永續發展策略，展現了日本鑛業在 ESG 治理上的成熟與自律。該公司以長期的環境觀測、能源轉型與社區共榮為基礎，將傳統鑛業成功轉化為兼顧經濟效益與生態價值的典範。

在實地參訪中，可見鑛場環境整潔、設施完善，邊坡穩定。由於相關後勤設施完善例如傾卸卡車、重型機具保修廠即位在鑛山，即使進行大規模露天開採，現場有限重型機具仍以高效運作方式從事相關作業，維持良好秩序與低噪環境並達到減碳效果，顯示其在整體鑛山規畫、工程設計、後勤設施與環境控制上具高度專業性。更值得肯定的是，日鐵鑛業並未僅止於法規遵守，而是主動以「企業社會責任」為核心推動 ESG 行動，將環境監測、員工安全與地方共榮視為企業永續的重要支柱。

對臺灣而言，鳥形山的經驗提供了寶貴的參考價值：

- 維持鑛場作業安全與環境維護，自主管理與政府信任制度，企業須建立完善的監測與報告體系，政府則以稽核與評鑑方式確保品質。

- 綠色採礦與碳中和實踐，以科技手段降低碳排，並將礦場綠化作為碳吸存的長期機制。
- 共存共榮，與社區形成共生模式，提供就業機會，強化居民參與與資訊公開，使礦業成為地方可持續發展的一部分。

綜上所述，鳥形山鑛業所不僅是日本石灰石產業的重要據點，更是實踐「產業與自然共生」理念的具體象徵，對推動我國礦業淨零轉型與 ESG 治理有深遠啟發。

(三) 參訪高知太平洋鑛業株式會社土佐山鑛山

高知太平洋鑛業株式會社土佐山鑛山位於高知縣南國市，是太平洋水泥集團於四國地區的重要石灰石供給來源，其鑛山歷史可追溯至西元1945年代中期開始的初期開發階段。在當時日本高度成長期的基礎建設需求帶動下，四國地區的水泥用石灰石需求快速攀升，太平洋水泥公司土佐山鑛山於西元2015年正式啟動商業營運大規模開採。

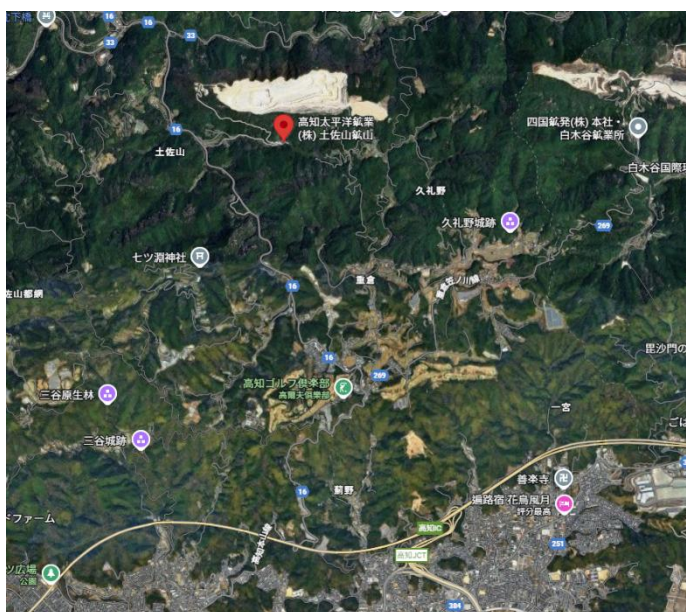


圖4.3.1 土佐山鑛山位置示意圖(google map)

1. 開採營運

目前礦場主要採用階段式露天開採 (bench cut)，每年生產石灰石約300～350萬公噸，雖非日本最大型礦場，但對四國及關西地區的水泥、鋼鐵及工業材料供應具關鍵性角色。石灰石地層屬秩父帶，具有高純度、高白度與穩定性， CaCO_3 含量高，雜質少，特別適合作為水泥與鋼鐵工業原料。

2. 採礦作業與生產流程

土佐山鑛山採用標準「階段式露天採礦」(bench cut)，以鑽孔爆破方式剝離礦石，再由大型裝載機鏟裝至自卸卡車運送至破碎廠處理，並依據地

質與產能需求進行逐層開採，礦場現行的爆破方式使用混合炸藥，配合遲發雷管以降低振動及噪音，並避免體積大飛石產生。在採礦裝備方面，礦場搭配輪式裝載機、大型自卸卡車、鑽孔機與推土機等，設備維護採定期分級制度，確保機具可隨時運作，礦石經初段破碎後，進行粒度控制，再依用途不同輸送至暫存場，石灰石運輸路線多以密閉式輸送帶或短程卡車完成，盡可能降低對外部道路交通與揚塵的影響。若遇強降雨或颱風後，礦場會進行地質巡查，避免邊坡鬆動造成危險。

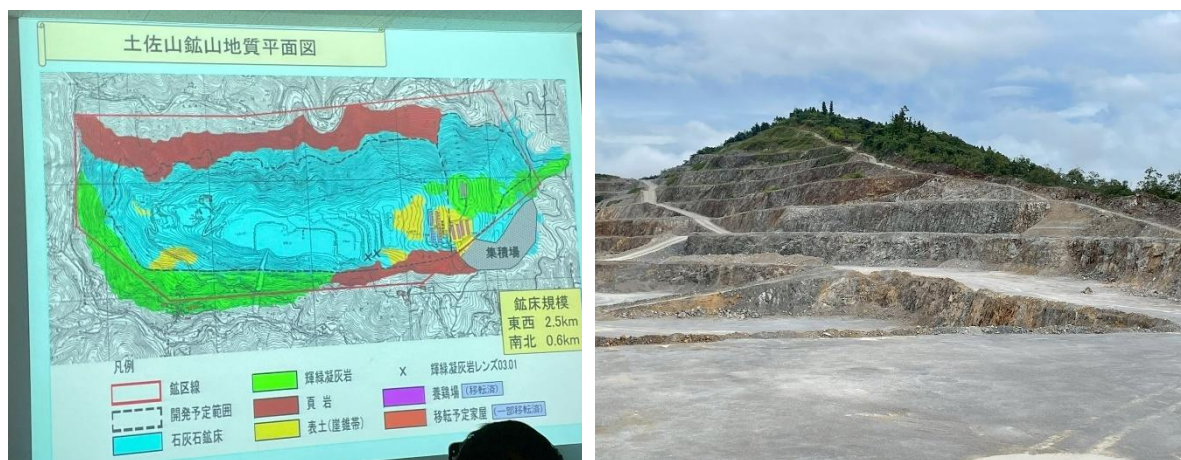


圖4.3.2 土佐山鑛山地質平面圖(左)及現場時拍照片(右)



圖4.3.3 土佐山鑛山航空寫真(左)及鑛山示意位置圖(右)

3. 環境保全與淨零碳排措施

土佐山礦山，為了達成 ESG（環境、社會、公司治理）方面的目標，特別是在碳中和及區域環境對策上，已制定一系列措施。

(1) 環境管理方面

土佐山礦山特別強調「源頭抑制」與「全流程控管」的理念，並依循太平洋水泥集團的永續政策，逐步導入多項環境友善技術。其中最重要的即為粉塵治理措施。礦場在主要產塵熱點如破碎區、裝料站與轉運點設置多段式噴水設備，並在破碎設備周邊加裝密閉罩體與高效集塵機，以降低細懸浮微粒逸散。

(2) 廢水治理

採分層式管理模式。礦場設有多座沉砂池（沉降池），使含泥水流經沉降槽系統後得以去除固體懸浮物，避免泥砂直接排放至外部河川。雨季期間，礦場更強化巡視排水設施，確保強降雨不致造成水道溢流或沖刷邊坡。廢水處理後的回收水再被用於道路灑水與噴霧抑塵，有效降低新鮮水資源的使用量。為確保環境品質，礦場亦定期進行水質檢測，包括 pH 值與懸浮固體物質（SS）等，並依據檢測結果持續調整管理策略。

(3) 噪音與振動管理

礦場在爆破作業採用低衝擊雷管與精準導爆技術，以降低爆破瞬間的振動值與噪音量，並利用天然地形與隔音牆作為阻隔，使噪音向外傳播的程度降至最低；另也在鏟裝車車斗內加裝防噪墊以降低噪音。

(4) 景觀維護與生態復育方面

土佐山礦山採用分階段綠化（bench-by-bench vegetation）方

式，隨採(最終殘壁)隨植，使開採後的階段面不至於長期裸露。植栽選擇以耐旱、適應力強且屬於當地原生種為主，以提升生態成功復育的機率。綠化作業除了可穩定邊坡、降低侵蝕風險外，也具備中長期碳吸存效益，成為礦場減碳策略的一部分。

(5) 能源管理

高知太平洋鑛業也正逐步依照集團淨零排放路線前進。礦場與附屬水泥工廠已陸續將場內照明改為 LED，以降低電力消耗；部分運輸與裝卸設備亦正在推動節能替代方案。此外，該公司也在評估於礦區適合位置安裝太陽能板的可行性，將再生能源導入礦場的日常運作。這些措施反映出企業不僅重視生產效率，也將「減碳、節能、環保」視為長期競爭力的一環。

這些措施的實施不僅有助於減少環境影響，也體現了土佐山鑛山在可持續發展上的承諾。



圖4.3.4土佐山鑛山噪音與振動管理(加設橡膠墊於車斗)

4. 意見交流

永續礦業政策面相：

Q1：對礦場開採作業前須配合政府的政策及規定，及開採中須配合政府的政策及規定？

A1：在日本石灰石屬於法定礦物，因此所有採掘作業均依據「礦業法」進行。為了營運礦山，企業必須取得礦業權（採掘權），並提交施業計畫以取得經濟產業局的許可，同時需遵守「礦山保安法」、「自然公園法」、「森林法」、「農地法」等相關法律。安全方面則依「礦山保安法」制定自行的保安規定，並根據此規範落實各項安全作業。

Q2：對開發礦場行為，政府是否有徵收稅務，如以開採面積計算的礦業權費、以產量計算的礦產權利金或其他等？稅率如何計算？

A2：政府對採掘權課徵礦區稅，每100公頃(公畝)收取400日圓。此外，採出的礦物也需繳納礦產稅，每1公噸須繳納1.5日圓。我們以布師田出貨中心的實際出貨量進行申報。

Q3：土佐山礦山的石灰石具有高品位、低雜質等特點，貴公司在品質管控上採取哪些方式？是否有針對不同用途（鋼鐵、紙業、環保等）進行原料分類或特殊加工？

A3：我們會不定期對礦山全區進行採樣，並以 X 射線分析確認 CaO 、 SiO_2 等成分。在含有雜岩的區域，會分析鑽孔內的鑽粉，若成分低於基準便會將其運至捨石場，以防誤出貨。雖然沒有針對不同用途進行特殊加工，但公司會依客戶需求提供破碎至150~0mm 尺寸的石灰石產品。

採礦期間技術與管理制度面向：

Q1：產量之申報管理制度？

A1：生產量的管理與申報係依出貨中心的出貨量為準，每月將相關數據報送至經濟產業局。

Q2：在礦山綠化部分如何執行，是否有其法規規定？

A2：依提交至經濟產業局的施業計畫，在各殘壁設置客土並逐步進行綠化，部分地質較弱的區域，則採用將種子與水泥混合後噴灑的水泥黏結工法，以兼具邊坡保護與綠化效果。

Q3：礦場在 ESG 方面採取了哪些具體措施？採用了哪些生產技術來提高效率並減少環境影響？未來幾年內，高知太平洋礦業在 ESG 與環境共生上的重點方向為何？

A3：在環境(Environment)方面，導入低油耗重機，並規劃加強太陽能發電與提升大型馬達的效率；社會面(Social)層面我們推動如晉用女性技術職人員在內的多元化措施，並透過提供促進礦山周邊地區活化的在地協作補助金等方式，持續強化與地方的共生關係；治理面(Governance)則依循太平洋水泥集團的經營理念與行動指針，落實法令遵循。公司也正在研議 ESG 投資，並將持續推動 CO₂減排行動。

Q4：是否有 AI、無人機、雷達及 5G 訊號等科技監測輔助礦場開採作業各階段(鑽炸、鏟裝、運輸)之安全管理？

A4：目前尚未直接導入 AI 技術，但母公司太平洋水泥正在進行無人運搬技術的相關實驗。本公司則推動部分生產設備的無人化操作，預計於 2026 年完成。此外，在進行礦區大範圍測量時，也會運用無人機作為 ICT 測量技術。

Q5：續上，引進新的技術後，在人才需求及培育上有哪些調整？

A5：由於新技術仍在導入階段，公司預期未來在人力需求與教育訓練制度上會有所調整與變化。

Q6：貴公司自西元1997年起使用地下皮帶輸送系統，這項設施在減少環境負

荷方面有何成效？

A6：自西元1997年導入地下輸送帶系統後，透過地下皮帶運輸取代傳統傾卸卡車，為降低 CO₂排放做出重大貢獻。

ESG 與環境友善實踐：

Q1：土佐山礦山鄰近清流鏡川等自然資源，貴公司如何確保水源不受污染，並進行環境監測？是否定期與地方政府或第三方機構合作進行環評或監督？

A1：針對礦場的排水，我們每月至少進行一次 pH 值與 SS 的測量，以確保不會造成環境影響，本公司雖然未取得 ISO14001認證，也未接受第三方機構的環境管理系統(EMS)稽核，但會自主進行振動、噪音及排水檢測，並在礦場營運中充分考量環境保護相關措施。此外，也定期向地方居民及漁業團體進行說明，並獲得肯定。

Q2：因礦山鄰近地區存有社區，貴公司如何管理爆破聲音與粉塵？有哪些技術手段或作業流程優化來達成這一點？

A2：為抑制粉塵，公司在開採面以25噸灑水車進行灑水，在靠近住宅的北側開採區，則限制爆破段數，以降低噪音與振動。營運噪音方面則保留開採邊緣作為天然隔音帶，並在當地四個監測點量測噪音與振動，執行自主的環境管理系統(EMS)。

Q3：請問貴公司參與「高知県協働の森づくり」的具體方式為何？這項森林再生活動是否與礦場復育策略結合？

A3：公司與高知縣森林組合締結協定，推動「孕育太平洋的土佐山之森」計畫，參與疏伐等森林管理工作，以促進 CO₂吸收，此外，母公司太平洋水泥也共同參與了這個專案。

Q4：貴公司將「地域との共生」列為企業理念，平時如何與當地居民或市政機構溝通與合作？是否有開放參訪、教育交流或在地雇用等具體措施？

A4：企業以與地方共生為理念，透過定期舉辦說明會與參觀活動，並積極參與地方祭典、忘年會及交流會等活動，與居民建立良好互動。此外，由於公司員工多來自土佐山地區，也顯示礦山已獲得當地社區的高度認同。

Q5：貴公司與高知縣簽有災害支援協定，實際執行中曾有哪些案例或協助方式？

A5：公司已與高知縣簽訂災害支援協定，並提供醫療直升機（Doctor-Heli）的起降場地，以支援緊急救援行動。

Q6：貴公司提到推動「多樣人才可安心工作的環境」，在礦業這樣的產業中如何實踐？

A6：企業推動礦山技術人員中女性的參與，如設置女性專用休息室與更衣室，同時鼓勵員工申請育嬰假及休假，致力於打造多元且讓所有人都能安心工作的職場環境。

5. 心得與建議

太平洋水泥土佐山礦山雖非日本最大，但在企業治理、自主管理、環境維護、節能減碳、安全文化與社區連結方面等不同面向，都有完整制度與相關成果可供借鏡；另外該礦場採礦階段規劃設計，現有作業之階段高有別於其他礦場，採每階段高10公尺之設計，其目的可能在規劃未來土地二次利用。

本次參訪提供臺灣在推動礦業永續、淨零採礦、資訊公開、礦場安全與企業社會責任方面極具參考價值的案例，亦凸顯臺日礦業在地理環境相似、資源條件相近的背景下，可以互相借鏡與學習汲取新知，共同提升建構礦業永續未來的發展。

(四) 參訪小松製作所茨城工場

1. 概要與經營理念：

小松製作所是一家專注於重型機械生產的跨國公司，於日本9大製造廠分散國內各地，其成立於西元1921年，總部位於石川縣小松市。公司秉持「品質與可靠性」作為核心理念，致力於提供高品質與高效率的產品，並持續推動 ESG（環境、社會、治理）相關議題。茨城工廠於西元2007年由真岡工廠獨立運營，廠區面積約35公頃，主要負責研發與生產及組裝各類礦場機具，包括鏟裝車、自卸卡車和平地機等。

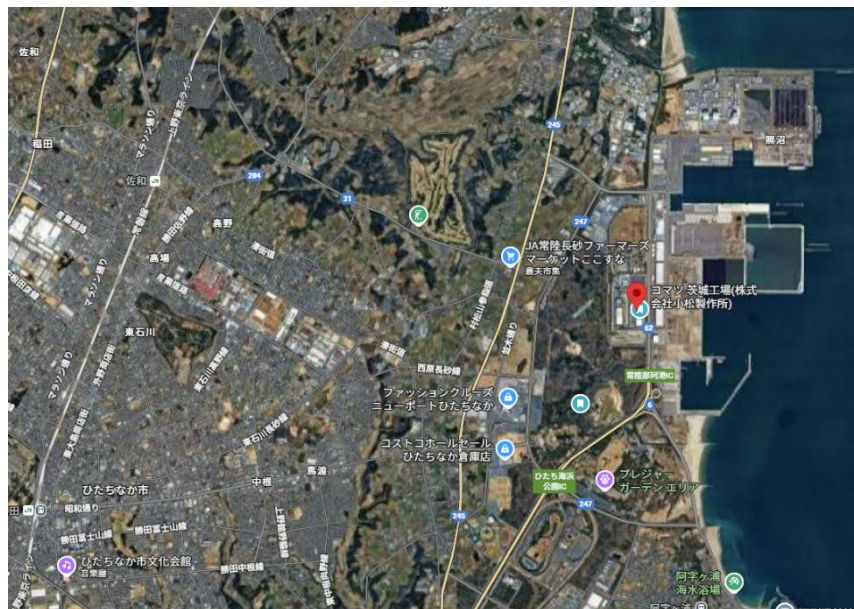


圖4.4.1 茨城工廠位置示意圖(google map)

2. 礦場自動化與車輛優化

為了提高礦石搬運效率並降低營運成本，小松公司開發了自動運輸系統 (AHS)。該系統通過優化礦場運輸路線，減少不必要的裝載時間，並結合自動駕駛技術，減少人為操作所帶來的急速煞車或加油情況，從而減少輪胎磨損並延長其使用壽命。系統還具備自動偵測車輛周圍障礙物的功能，有效避免了人工操作中可能出現的疏忽或疲勞駕駛問題。此外，藉由全面整合運行

管理，該系統能防止車輛交叉碰撞及其他事故，進一步提升礦場的運作效率與安全性。

小松自動運輸系統首次於西元2008年投入智利的銅礦場，目前已經擴展至13個礦場，運輸範圍涵蓋銅礦、鐵礦、油砂及煤礦等多種礦石。到西元2021年9月，已有超過400輛卡車投入這些礦場的日常運作。

在車輛運行效率方面，小松目前將改善燃油車的效率作為優先目標。至於電動車則仍在研究階段，未來公司計劃開發油電混合車，但是否能提升效率仍需進一步探討。

3. 參訪內容：

當日參訪小松的組裝工廠及安全教育訓練中心，了解到其生產與管理的高度成熟。組裝工廠內設有多條生產線，重型機具的組裝流程均以高度精準的方式進行，並引入無人運送設備以提升效率。然而，基於商業機密考量，該區域並未對外開放拍攝。

小松公司對安全格外重視，茨城工廠內特別設置了安全訓練中心，以實作演練取代傳統紙本教育。訓練中心以實體情境呈現各項作業中可能遇到的危險狀況，讓受訓人員透過親身操作深入了解潛在風險，並學習如何有效預防事故發生。

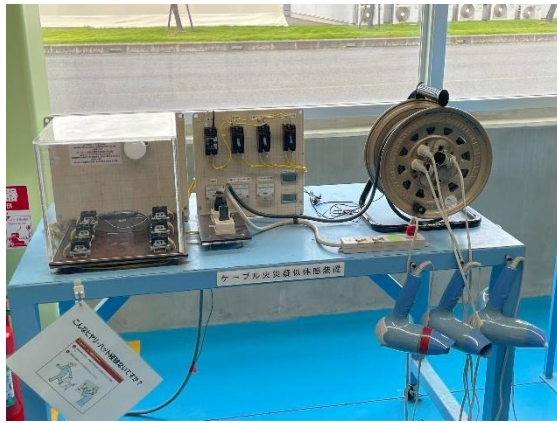


圖4.4.2 茨城工廠安全訓練中心設備



圖4.2.3 茨城工廠生產之鏟裝車

4. 心得及建議

此次參訪小松茨城工廠的組裝工廠與安全訓練中心，使我對企業在製造管理與安全文化方面的理念與實踐有更全面的認識。

在組裝工廠部分，小松以高度標準化(智能倉儲系統)的流程進行設備的組裝作業，生產線配置秩序井然，物料擺放、動線規劃與工作區域劃分皆展現成熟的系統化管理模式。整體工作環境整潔與有序，反映出企業透過良好的現場管理來確保不同零組件產線生產物料掌握及製造組裝效率與產品品質。

在安全訓練中心方面，小松透過實體展示與教育課程，強化員工對職場風險的認識。訓練中心設置了多項與作業環境相關的實體設備與危害示例，例如墜落、夾傷、火災等模擬展示，使受訓者以更直觀的方式理解不同作業可能出現的風險，且由於廠區位於茨城濱海地區，對於海嘯預警及避難設施與相關動線在廠區都有明確標示，協助員工掌握正確的防護及避難措施與安全操作流程，體現企業對安全管理的重視。

本次參訪不僅看到大型製造企業在生產管理與技術運用上的認識，也使我更清楚地理解其在安全文化與員工培訓方面的長期投入。企業在製造流程規範化、安全制度建置與人員培育上的實踐，皆展現出成熟的管理模式與持續精進的成果，值得借鏡與參考。

五、結論與感想

(一) 日鐵鑛業鳥形山鑛業所與金昌石鑛、合盛原石鑛、台泥寶來石鑛聯合鑛場之比較整理如下表：

項目	日鐵鑛業鳥形山鑛業所	金昌石鑛、合盛原石鑛、台泥寶來石鑛等鑛場聯合開採
地點	日本四國鳥形山	臺灣花蓮和平地區
開採方式	露天開採	露天開採
年產量	約 1,200 萬公噸	約1,500萬公噸
開採鑛種	石灰石	石灰石
土地使用權	多為公司自有土地	多為租借公有土地
鑛石運輸方式	鳥形山採鑛後以超長距離皮帶輸送，官方資料說明輸送	聯合作業鑛場採「山頂平台式開採 + 豎井捷運系統」透

	距離超過 23 - 26 km，並以 11 處長距離皮帶系統輸送到濱海地區之儲運設施後分類裝船，極少仰賴卡車長途運輸。	過車輛搬運礦石導入豎井運輸系統快速送至廠區，藉此減少地表運輸距離並降低揚塵與運輸 CO ₂ 。
技術特色	強調礦石高品位、低雜質，並具長期安全生產管理的經驗（嚴苛氣候下維持生產）。	配合豎井與輸送系統輸送，並有取樣—化驗—調配程序以實現高利用率，以達到「零排廢」與高原料利用效率。
社區關係 / 在地參與	秉持「地域共生」精神，每年定期舉辦「開放日」與「礦場參觀會」，邀請當地中小學生與居民了解礦業運作及環境保全措施。公司員工亦積極參與地方環境清掃與防災活動，強化居民對礦場的信任與支持。	台泥將和平園區定位為示範性的循環經濟園區，並以在地就業、保種/生態教育（DAKA）及社區參與作為主要策略，對外也有較多公開展示與教育活動。

(二) 本次考察交流有關我國與日本相似礦業之異同處：

透過此次考察與資料比對，可以發現日本與臺灣在礦業發展上呈現出截然不同的社會文化基礎與管理方式，而這些差異在日鉄鳥形山鑛業所與台泥花蓮和平礦場的運作模式上尤其明顯。日本的礦山普遍呈現「社區與礦場共存、地方以礦業為榮」的特色，而臺灣則在更嚴格的法規架構下追求「程序正義、環境審查、資訊公開與社會監督」。兩者皆追求永續與環保，但出發點與實踐方式各有不同。

以日本的鳥形山鑛業所為例，它代表的是日本大型石灰石礦山的典型模式。鳥形山礦場所在的高知縣長期與礦場共存，社區普遍理解礦業對地方經濟、港口航運、鋼鐵材料供給等國家產業的重要性。由於開採歷史久遠，當地居民對礦業形成高度認同與依賴，加上日本企業長期重視在地貢獻、與地方政府及居民定期溝通，社區對礦場存在的接受度普遍高於臺灣。此外，日本礦山常以「礦業支持地方自然環境與生態循環」作為敘事，例如津久見市用「石灰讓水果更甜、讓海水更健康」來說明礦業與土壤、海洋生態的正向

關係，使礦業自然融入地方生活，被視為當地文化的一部分。

相較之下，臺灣的台泥和平礦場則處在一個社會高度關注生態保護、原住民族權益與環境風險的體制下。台泥近年積極推動生態復育、環境教育（如和平 DAKA 生態園區）、資訊公開、能源轉型與減碳技術等，礦山運輸主要藉由豎井及水平輸送帶方式輸送礦石，並將導入5G 自駕電動智能載具等方式降低運輸污染，逐步與國際 ESG 標準接軌。然而，臺灣社會對礦業仍存有不信任感，認為開採與環境破壞具有緊密連結，因此企業不僅需要符合政府嚴格的法令規定（如礦業法修法、環評制度、原基法義務），更需要投入大量資源於社會溝通與透明化行政程序。與日本相較，臺灣礦場更容易受到社會輿論的檢視，也因此形成臺灣礦業「程序審查嚴格、社會參與多元、民眾監督強烈」的獨特發展路徑。

在環境保護技術方面，日本與臺灣各有優勢。日鉄鳥形山礦場採用超長距離密閉輸送帶系統，使礦石能以減少空氣汙染，低噪音、低碳排放方式運至海岸選礦或裝船，展現出高度系統化、成熟且安全的礦區物流規劃。台泥和平礦場為大型三合一(礦場、水泥廠及和平工業港)場域整體設計，礦場則以豎井輸送、表土保存、原生植栽復育以及園區開放教育為特色，使礦區不僅是開採場域，也具有生態示範功能。兩者都在減碳、節能、運輸旅程縮短等面向追求高效管理，但日本礦業更著重「技術安全性與長期穩定」、而臺灣則更強調「生態保育與社會參與」。

法令制度上，日本採礦許可制度雖嚴謹，但重視企業信譽與自律管理，取得礦業權後的營運多依施業計畫穩定進行，地方政府與企業保持高黏著度合作。然而臺灣礦業法修法後，從環評、原住民族同意、土地使用到礦權展延，各階段都有更高的審查密度與透明義務，確保環境、社區與文化權益優

先被考量。這些制度雖提高礦場管理的複雜度，但也促使臺灣產業更注重永續、保育、資訊公開與安全規範。

綜合而言，日本與臺灣礦業的核心差異不在於技術能力，而是在於「社會文化基礎」與「制度設計邏輯」。日本礦場以共存共榮、地方認同與技術成熟為基礎，形成穩定、信賴度高的礦業環境；臺灣則在嚴格的環境保護、程序正義與社會期待下發展礦業，使企業需同時兼顧生態保護、供應穩定與社會溝通等挑戰。透過此次交流，我國看見日本礦業如何透過與地方共榮的方式累積信任，而日本也能從臺灣的制度透明化與社會參與中獲得借鏡。未來，若能結合日本的「地方共生經驗」與臺灣的「永續治理制度」，兩國礦業皆能在環境保護、產業需求與社會和諧之間取得更良好的平衡，也將有助於促進更高效、更永續的礦業管理模式。

六、參訪花絮



圖6.1 參訪マイントピア別子照片集錦



圖6.2 參訪小松製作所茨城工場照片集錦



圖6.3 參訪日鐵礦業（株）鳥形山礦業所照片集錦



圖6.4 參訪高知太平洋礦業株式會社土佐山礦山照片集錦