

出國報告（出國類別：實習）

變頻式水輪機發電機電廠之
規劃設計與計劃管控技術研習
及新建大壩工法研習

服務機關：台灣電力股份有限公司營建處

姓名職稱：徐英泰 主辦專案工程(七)

鄭斌傑 一般工程專員

派赴國家/地區：日本

出國期間：113年9月23日至113年9月27日

報告日期：113年11月22日

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：變頻式水輪機發電機電廠之規劃設計與計劃管控技術研習及新建大壩工法研習

頁數 34 含附件：■是 □否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話：

台灣電力股份有限公司/人力資源處/翁玉靜/02-2366-7685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話：

徐英泰/台灣電力股份有限公司/營建處/主辦專案工程(七)/02-2366-7751

鄭斌傑/台灣電力股份有限公司/營建處/一般工程專員/02-2366-5839

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 開會 6 其他

出國期間：113 年 9 月 23 日至 113 年 9 月 27 日

派赴國家/地區：日本

報告日期：113 年 11 月 22 日

關鍵詞：RCC 工法、ELCM 工法、變頻機組、大壩、大壩卡

內容摘要：

為因應未來大量間歇性再生能源併網，將對電力系統安全及供電品質造成衝擊，本公司規劃推動具備儲能及穩定調度功能之抽蓄水力計畫，以因應負載變動及夜尖峰供電需求等挑戰，本公司刻正推動光明及牡丹抽蓄水力發電計畫，包括興建電廠和新建大壩。為提升風險評估及計畫管理能力，有必要借鑒國外經驗。藉由本次出國蒐集水力發電技術資料，並觀摩抽蓄電廠規劃和大壩工法，將有助於未來計畫的推展。

本文電子檔已傳至公務出國報告資訊(<https://report.nat.gov.tw/reportwork>)

目 錄

壹、出國目的	1
貳、出國行程	2
參、參訪紀要	2
一、 拜訪京都大學角哲也教授.....	2
二、 參訪奧多多良木發電廠(關西電力公司	10
三、 參訪吉野瀨川壩.....	22
肆、心得感想及建議事項.....	30
附件-奧多多良木發電廠參訪問答集	31

圖目錄

圖 1：拜訪京都大學角哲也教授(左 5).....	3
圖 2：京都大學交流討論	3
圖 3：RCC 工法施工流程照	5
圖 4：宮瀨壩	6
圖 5：月山壩	6
圖 6：ELCM 工法施工流程照片	7
圖 7：川上壩	8
圖 8：抽蓄機組發電使用圖	10
圖 9：奧多多良木電廠俯視圖(1).....	11
圖 10：奧多多良木電廠俯視圖(2).....	11
圖 11：奧多多良木電廠立面圖	12
圖 12：關西電力同仁簡報介紹	15
圖 13：台電公司與關西電力交流合影	16
圖 14：奧多多良木電廠合影	16
圖 15：一號變頻式發電機組	17
圖 16：水輪發電機軸承	17
圖 17：變頻式機組冷卻設備	18
圖 18：冷卻監視設備	18
圖 19：材料擺放井然有序	19
圖 20：板手擺放井然有序	19
圖 21：廠房地下通道	20
圖 22：災害速報布告欄	20
圖 23：多多良木水壩現勘	21
圖 24：多多良木水壩(上游側).....	21
圖 25：多多良木水壩(下游測，右方為朝來美術館).....	21
圖 26：日本福井縣水壩分布	22
圖 27：吉野瀨川洪水災害	23
圖 28：當日進行石頭彩繪活動	25
圖 29：大壩卡基本資料	26
圖 30：吉野瀨川壩卡(背面).....	26
圖 31：吉野瀨川壩卡(正面).....	26
圖 32：福井縣吉野瀨川事務所工程介紹	27
圖 33：福井縣吉野瀨川事務所合影	27
圖 34：吉野瀨川壩(1).....	28
圖 35：吉野瀨川壩(2).....	28
圖 36：邊坡地錨	29
圖 37：吉野瀨川壩合影	29

表目錄

表 1：出國行程表	2
表 2：川上壩基本資料表	8
表 3：面狀施工法之 RCC 工法與 ELCM 工法比較表.....	9
表 4：各機組資料	13
表 5：定頻式和變頻式發電機比較表	14
表 6：吉野瀨川壩基本資料表	23
表 7：執行期程表	24

壹、出國目的

目前我國能源政策預估至 2025 年，再生能源發電量占比將提升至 20%，其中太陽光電(PV)裝置容量預計達到 20GW，風力發電裝置容量達到 6.7GW，總計 26.7GW。此外，預計 2035 年時，太陽能光電的開發容量將維持在 2025 年的水平，但風力發電則將增長至 15.7GW。鑒於風力及太陽光電屬於間歇性能源，當其佔比過高時，將對電力系統的安全性及供電品質產生重大影響，因此有必要建設儲能系統。考慮現階段的技術及成本，新建大型抽蓄水力電廠作為儲能設施，是一個重要選項。

在 2025 年，當太陽光電裝置容量達到 20GW 時，白天時段的太陽光電出力將顯著增加，火力發電機組需要配合進行降載或解聯停機。然而，在傍晚時段，太陽光電出力會大幅度降低，火力發電機組必須及時提高發電量以彌補負載缺口。因此，即使在白天太陽光電出力較大的時段，火力發電機組仍需維持一定比例的出力。多餘的電力在白天可以通過抽蓄機組進行抽水儲能，並在晚上的二次尖峰負載時段（或電力系統需要時）放水發電。因此，抽蓄機組具有儲能和維持系統調度穩定性的功能。

本公司目前正在推動「大甲溪光明抽蓄水力發電計畫」，並將於未來展開「牡丹水庫抽蓄水力發電計畫」。這些計畫包括建設水力抽蓄電廠及新建大壩以蓄水。然而，自本公司上次規劃抽蓄水力電廠（如明潭抽蓄）及興建堰壩（如南溪壩）已超過 20 年。期間，相關工程人才逐漸退離，而科技技術亦有顯著進步。因此，藉由本次出國計畫，旨在蒐集日本抽蓄水力發電技術資料，並觀摩學習日本抽蓄電廠規劃及大壩工法，以提升風險評估及計畫管理能力。

貳、出國行程

表 1：出國行程表

日期	地點	主題
113 年 9 月 23 日	桃園->大阪	往程
113 年 9 月 24 日	京都	拜訪京都大學角哲也教授，請教水力計畫及大壩施工事宜。
113 年 9 月 25 日	兵庫縣	1. 觀摩奧多多良木發電廠之規劃設計。 2. 水力發電規劃、設計、施工以及風險與計畫管控研討、交流。
113 年 9 月 26 日	福井縣	參訪正在興建中之吉野瀨川壩，了解最新大壩工法。
113 年 9 月 27 日	大阪->桃園	返程

參、參訪紀要

一、 拜訪京都大學角哲也教授

此次拜訪京都大學防災研究所的角哲也教授，教授在大壩研究領域擁有豐富的國際經驗，並擔任國際大壩委員會（International Commission on Large Dams, ICOLD）副總裁一職。角哲也教授介紹了於 2023 年 3 月 26 日完工的淀川水系川上水壩，以及日本近年在大壩建造中採用的先進技術和管理方法，包括 RCC 工法（Roller Compacted Concrete, 滾壓壩體混凝土工法）和 ELCM 工法（Extended Layer Construction Method, 擴展層工法）。這些技術和方法的應用，不僅提升了施工效率與品質，縮短了工期，並有效降低風險。



圖 1：拜訪京都大學角哲也教授(左 5)



圖 2：京都大學交流討論

混凝土重力壩依據施工方式及混凝土配比之不同，分為以常態混凝土為主的「分塊柱狀施工法」與低坍度混凝土之「面狀施工法」。

其中，面狀施工法已相對成熟，並且由於其成本較低、工期較短，成為目前國際大壩工程中常見的施工方式。這種方法使用較低坍度、低水灰比的混凝土，通過輾壓或振動器，在施工允許範圍內，以大面積的平面方式進行單次澆築，不留下任何接縫，因此，它具有施工速度快且水化熱低的特點，並根據其混凝土特性與施工機具，可以分為 RCC 工法（Roller Compacted Concrete, 滾壓混凝土工法）與 ELCM 工法（擴展層工法），其詳細說明如下：

（一）RCC 工法（或 RCD 工法）

RCC 工法是一種改良的混凝土鋪築方法，使用低膠凝材料和低水泥比例的無坍度乾硬性混凝土，類似於土石壩的建造設備，能快速分層滾壓，相較傳統混凝土重力壩施工，RCC 工法具有降低水化熱和提高澆築效率的優勢。根據美國、日本和中國的經驗，使用 RCC 工法能將壩長或大規模混凝土重力壩的施工時間減少約三分之一，並節省 15%至 30%的成本，但隨著工程縮小，這些差異也會減少，因此在高壩（壩高超過 60 米）的應用中，RCC 工法效果更顯著。傳統混凝土重力壩因使用更多卜作嵐材料，產生較高的水化熱，需要配置冷卻系統，增加成本和工期。

此外，為了改善滾壓混凝土壩體之滲透性，日本在 RCC 工法的基礎上，開發了 RCD（Roller Compacted Dam-Concrete）工法。其原理是在壩體不同區域使用不同配比與坍度的混凝土，即在無坍度混凝土填築的大壩主體外，以較高坍度與強度的混凝土填築大壩殼層，使大壩具有更好的強度和低滲透性。神奈川縣的宮瀨壩（Miyagase Dam）和山形縣的月山壩（Gassan Dam）都是採用 RCD 施工方法的範例。



A. 混凝土材料裝車



B. 混凝土材料運送至大壩施工面



C. 大壩填築面之施工機具



D. 混凝土材料傾卸



E. 推土機整平混凝土



F. 凝土滾壓

圖 3：RCC 工法施工流程照



圖 4：宮瀨壩



圖 5：月山壩

(二) ELCM 工法

ELCM 工法通常應用於壩長較短的混凝土重力壩（因其施工空間受限，難以使用 RCC 工法所需的重型機具）。該工法主要採用低坍度混凝土，並利用振動器作為主要施工設備。在澆築過程中，盡量減少伸縮縫的設置，且一次進行多區塊的澆製，即便設置伸縮縫後，各區塊間亦不會產生高低不平的現象。因此，ELCM 工法能確保大面積施工區域的整體性，提升施工安全，並允許大型機台進入工地作業，提高施工效率。目前，在日本，ELCM 工法多使用於中、小規模之混凝土重力壩。



A. 混凝土拌合場



B. 混凝土材料裝車



C. 混凝土材料運送至大壩施工面



D. 混凝土材料傾卸



E. 以振動機具搗實混凝土



F. 機具無法搗實部分採人工搗實混凝土

圖 6：ELCM 工法施工流程照片

角哲也教授於本次交流中分享日本川上壩 (Kawakami Dam) 採用 ELCM 工法之評估，其主考量川上壩屬中等規模工程，並因應骨材運輸限制 (每天 180 輛卡車)，以及降雨等天氣因素影響施工進度 (如：澆築準備時間等)，因此採用 ELCM 工法，該工法可以最大限度減少因天氣限制而引起的停工天數。



圖 7：川上壩

總結來說，川上壩之所以選擇 ELCM 而非 RCC，是因其能夠配合骨料運輸限制，同時最大程度地減少與天氣相關的停工時間。川上壩基本資料詳表 2。

表 2：川上壩基本資料表

川上壩	
目的	防洪、維持河川的正常功能及供水
位置	三重縣
河	淀川水系 前風瀨川
型式	混凝土重力壩
地質	片麻狀花崗閃綠岩、細粒花崗岩
壩高、壩頂長	84 公尺、334 公尺
總蓄水量	3,100 萬立方公尺
完工時間	2023 年

(三) RCC 工法與 ELCM 工法差異比較:

RCC 工法與 ELCM 工法最大之差異性為混凝土之坍度與搗實機具不同。在施工空間受限區域宜使用 ELCM 工法，當築壩體積過大或施工填築範圍較大時，則適用 RCC（或 RCD 工法）。有關 RCC 工法與 ELCM 工法之比較，如表 3 所示。

表 3：面狀施工法之 RCC 工法與 ELCM 工法比較表

項目	RCC 工法	ELCM 工法
單層厚度	最多 1.0m	1.5m 至 2.0m
混凝土坍度	極低，接近無坍度之乾拌和，可搭配兩種坍度混凝土	低坍度
夯實方式	外部滾壓	內部振動器
品質控制	較難	較易
設備要求	低	高
機具數量	多	少
成本	低	高
適用範圍	大體積混凝土壩、成本考量	施工空間受限或品質要求較高之大壩

二、參訪奧多多良木發電廠(關西電力公司)

(一) 背景介紹

奧多多良木發電廠（Okutataragi Pumped Storage Power Plant）是一座位於日本兵庫縣朝來市的一座大型抽蓄式水力發電廠，它利用上游黑川水庫（Kurokawa Reservoir）和下游多多良木水庫（Tataragi Reservoir）之間的水位落差來發電，中間由約 4km 長的隧道和一座地下發電廠連接，有效水頭約為 380m，該電廠設有六部機組：一號至四號單部機組裝置容量為 303MW，五號及六號單部機組裝置容量皆為 360MW，六部機組總裝置容量 1,932MW，是日本最大的抽蓄式水力發電廠，目前由關西電力公司負責營運，並於 2023 年 7 月由大阪遠端遙控。

在電力需求較低的時段，利用剩餘電力將水從下游水庫抽到上游水庫，當電力需求高峰時，上游水庫的水會被釋放，推動渦輪機發電，像一個巨大的“蓄電池”一樣運作，幫助平衡電力系統的供需，特別是在調節電力供應和確保電網穩定性方面，抽蓄機組可以在大壩開始放水後約 3 分鐘內送電。（一般火力發電廠需要幾個小時到半天），隨著再生能源（如太陽能 and 風能）的比例不斷增加，電網穩定性面臨更大的挑戰，抽蓄式水力發電廠能夠儲存和釋放電力，在日本電力系統中扮演著至關重要的角色。

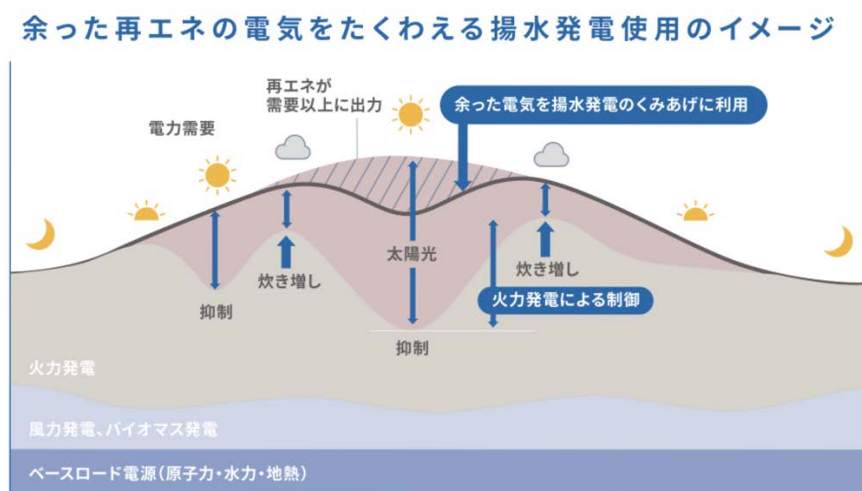


圖 8：抽蓄機組發電使用圖



圖 9：奧多多良木電廠俯視圖(1)



圖 10：奧多多良木電廠俯視圖(2)

(二) 機組擴建及更新

奧多多良木發電廠於 1974 年完成興建 1 處廠房及 4 部裝置容量 303MW 之定頻式抽蓄水力機組，總裝置容量達 1,212MW (303*4)，然 1991 年期間日本電力需求大幅提升，因此規劃擴建 1 處廠房及 2 部裝置容量 360MW 之定頻式抽蓄水力機組，新增總裝置容量為 720MW (360*2)，並於 1998 年完成，愛奧多多發電所共有 2 處廠房及 6 部機組，總裝置容量 1,932MW，成為日本最大的抽蓄式水力發電廠。

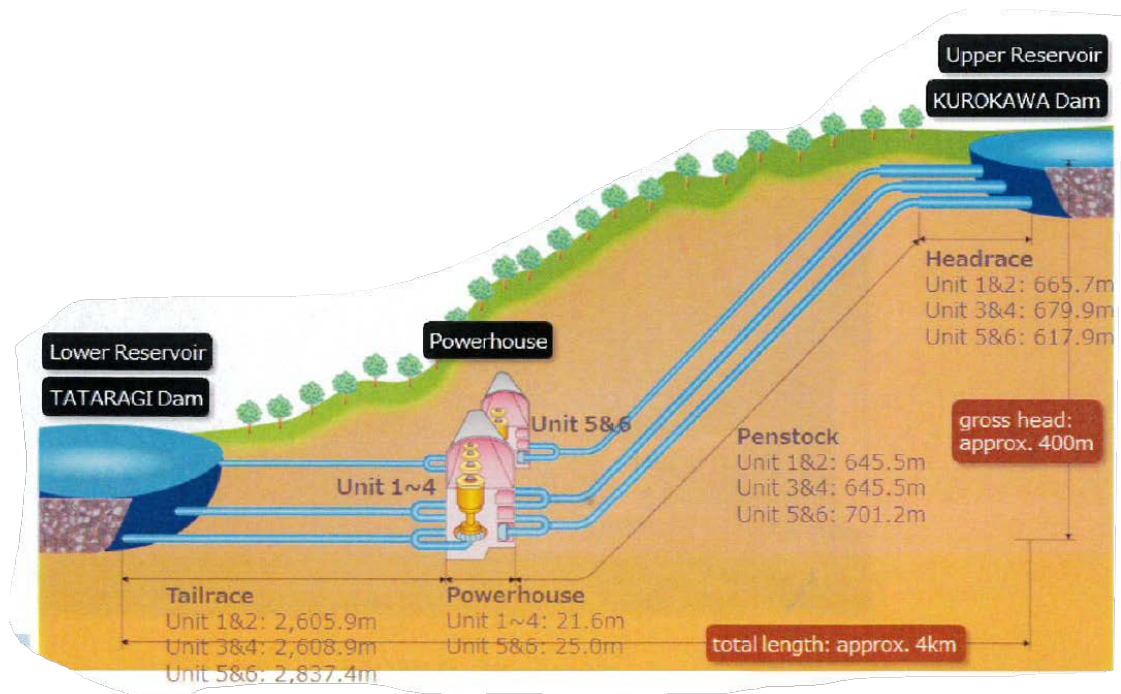


圖 11：奧多多良木電廠立面圖

1. 一號及二號機組更新

在此次交流中，關西電力公司介紹了奧多多良木發電廠一號及二號機組的更新原因。2011 年日本發生 311 大地震後，電力需求顯著上升，日本各地電廠開始評估引入新技術和設備以提高發電效率。為提升抽水蓄能電廠的效率，奧多多良木發電廠將一號和二號機組從傳統定頻式機組更新為變頻式機組。

表 4：各機組資料

機組	一號機	二號機	三號機	四號機	五號機	六號機
裝置容量	303MW	303MW	303MW	303MW	360MW	360MW
完工日	1974	1974	1975	1975	1998	1998
機組形式	定頻	定頻	定頻	定頻	定頻	定頻
更新後完工日	2019	2018	預計 2032	預計 2030	-	-
更新後機組形式	變頻	變頻	定頻	定頻	-	-

2. 定頻式與變頻式機組介紹

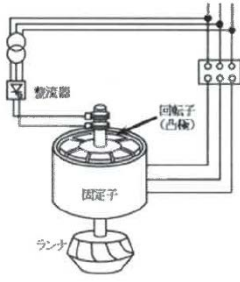
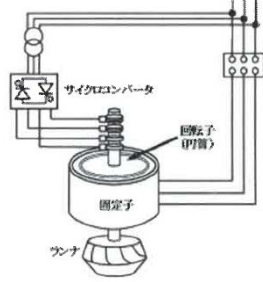
20 世紀 70 年代，電機系統主要採用同步機直接連接至輸電網路，並以固定頻率運行。然而，自 90 年代初隨著大功率電力電子四象限變頻技術的發展，為提高電能調控的快速性與靈活性，並擴展水輪機的運行範圍及提升效率，越來越多的抽水蓄能機組逐漸轉向變頻運行模式。

定頻式機組的輸出電壓和頻率固定，適用於需要穩定頻率輸出的設備，並使用直流勵磁電流將磁極固定在轉子上，因此只能在與系統頻率一致的轉速下運轉，多應用於傳統電力系統。相比之下，變頻式機組通過調節電力電子設備（如變頻器）來改變輸出電壓和頻率，以適應不同的電力需求，達到自動頻率控制 (Automatic Frequency Control, AFC)。這類機組使用交流電做為勵磁電流，在轉子上產生電磁磁極，並藉由調整勵磁電流頻率來改變轉子的磁極旋轉速度，從而變更水泵水輪機的轉速。在電力方面，變頻式機組不僅能與電網同步運作，還能夠在泵送操作期間調整輸入，適合需要靈活控制輸出頻率和電壓的系統。

針對定頻式機組與變頻式機組的比較結果詳見表 5。根據表 5 所示，變頻式機組雖然具有投資成本高、受到尺寸和轉速限制以及需要額外空間來安裝變頻器及其後續維護保養較為複雜等缺點；但其優勢在於能夠在水頭和流量變化較大時通過改變轉速提高運行效率，擴大允許工作範圍，減少水壓波動和振動，幫助維

持電網穩定。

表 5：定頻式和變頻式發電機比較表

項目	定頻式	變頻式
系統		
轉子	固定桿	三相分佈式繞組
勵磁	直流勵磁	全功率轉換器、交流勵磁
頻率調節功能	僅限發電營運	可用於發電運轉和抽水運行
水利特性	<ol style="list-style-type: none"> 1.空化受約束，水頭變化小 ($H_{max}/H_{min}<1.2$)。 2.對水頭變化大的電廠，埋設深度變大。 	<ol style="list-style-type: none"> 1.好的空化特性，水頭變化大 ($H_{max}/H_{min}>1.3$)。 2.水泵不穩定性不受約束。
特點	<ol style="list-style-type: none"> 1.水泵工況入力不可調。 2.水輪機工況運行不是最優：運行時最大和最小水頭變化率限制約為 1.25。 3.無交流勵磁系統，無附加損耗。 	<ol style="list-style-type: none"> 1.水泵工況可連續調節入力。 2.變速運行可在較大水頭和流量變化時通過改變轉速提高水泵工效率。 3.可改善水輪機工況效率：變速運行時最大和最小水頭變化率限制可擴展至約 1.45。 4.增大運行範圍：可增大抽水和發电工況。 5.改善運行特性：可降低壓力脈動及降低振動。 6.提高水力部件的壽命：降低動態載荷。 7.需為交流勵磁裝置提供額外的空間。
成本	機電設備容易採購	發電電動機比一般機組貴約 30%
	投資成本較低	投資成本高

3. 三號和四號機組更新規劃

目前，該廠正進行 3 號和 4 號機組的更新規劃，因相比於傳統定頻式機組，變頻式機組需要更大的激磁設備空間，並需額外增設冷卻系統，由於廠房既有空間有限，該廠最終決定仍採用定頻式發電機組進行更新。因此，在選用變頻式機組進行機組更新時，除了建造成本的考量外，空間大小亦是重要的評估因素。

(三) 建置過程中困難事項

1. 工期壓縮：擴建五號及六號機組期間，為因急需應對夏季供需高峰，調整原定竣工目標，較原目標日提前三個月竣工，在現場同仁積極趕工的努力下，最終提前一個月竣工（1998.6.19）。
2. 施工空間受限：在一號及二號機組更新期間，規劃將定頻機組更換為變頻式機組。由於變頻式機組需要更大的激磁設備空間，並需額外安裝冷卻系統，因此在現有廠房內進行變頻式機組的更新，其空間規劃及施工難度較高。
3. 遭遇不可抗力因素：2011 年受東日本大地震影響，為確保設備交付和供應能力而進行停電調整，一號及二號機組更新作業延遲約 4 年完成。
4. 管控介面複雜：本電廠係採土木工程及機電設備分開發包，並由關西電力公司擔任土木與機電間的介面管理及協調角色，管控難度高。



圖 12：關西電力同仁簡報介紹

(四) 奧多多良木電廠參訪照片



圖 13：台電公司與關西電力交流合影



圖 14：奧多多良木電廠合影



圖 15：一號變頻式發電機組



圖 16：水輪發電機軸承



圖 17：變頻式機組冷卻設備



圖 18：冷卻監視設備



圖 19：材料擺放井然有序



圖 20：板手擺放井然有序



圖 21：廠房地下通道

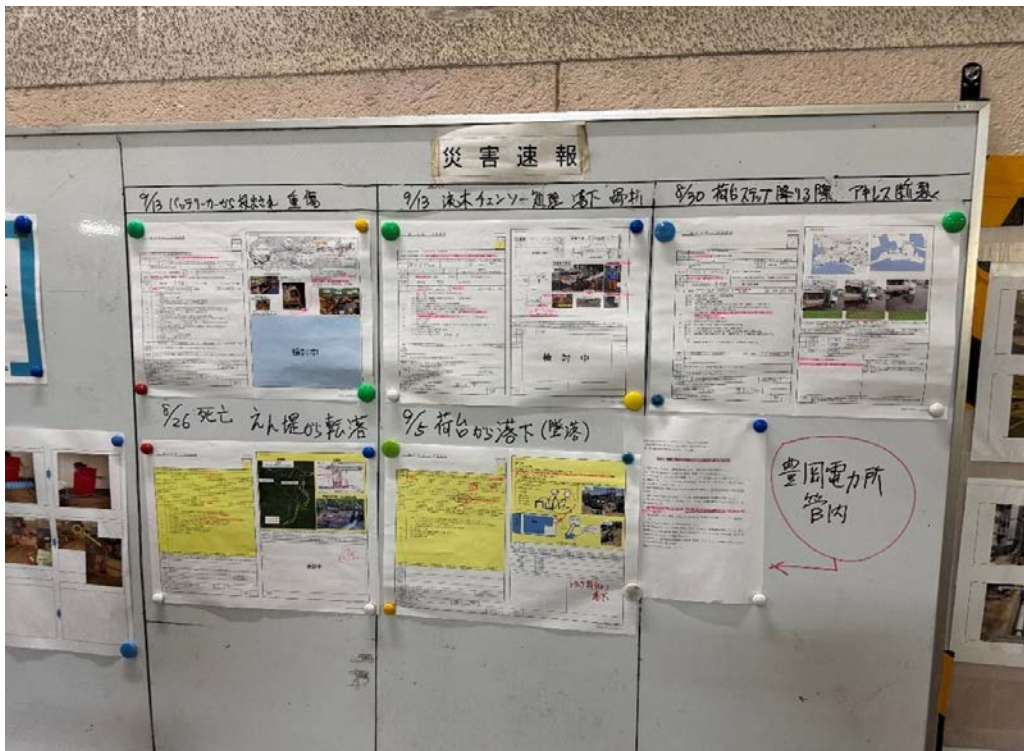


圖 22：災害速報布告欄



圖 23：多多良木水壩現勘



圖 24：多多良木水壩(上游側)



圖 25：多多良木水壩(下游側，右方為朝來美術館)

三、參訪吉野瀨川壩

(一) 背景介紹：

吉野瀨川水壩 (Yoshinosegawa Dam) 位於日本福井縣越前市，福井縣內共有 20 座水壩，目前有 2 座正在建設中，分別是吉野瀨川水壩和足羽川水壩 (Asuwagawa Dam)。



圖 26：日本福井縣水壩分布

由於吉野瀨川流域歷史上多次發生洪水災害，對當地居民的生命財產構成嚴重威脅，為了減輕洪水災害、保障居民安全以及穩定提供生活和農業用水，日本政府決定在吉野瀨川上興建此水壩。

吉野瀨川の被害

洪水被害(令和6年6月)



越前市上太田町

渇水被害(平成6年8月)



越前市広瀬町

洪水被害(平成10年9月)



越前市家久町

圖 27：吉野瀨川洪水災害

該水壩的主要功能是洪水調節，旨在降低洪水期間河流水位，以保護下游地區免受洪水侵害。此外，該水壩還起到穩定河川流量的作用，以確保在乾旱季節，下游地區依然能夠獲得穩定的水資源供應，滿足生活及農業用水需求。發電設施則作為次要用途，並非主要設置目標。

表 6：吉野瀨川壩基本資料表

吉野瀨川壩	
目的	防洪、維持河川的正常功能及供水
位置	福井縣
河	九頭龍川水系 吉野瀨川
型式	混凝土重力壩
壩高、壩頂長	58 公尺、190 公尺
壩體積	13 萬 7,170 立方公尺
集水面積	24 平方公里
總蓄水量	780 萬立方公尺
完工時間	預定 2026 年

(二) 執行期程

表 7：執行期程表

年份	作業內容
1991 年	計畫開始
2002 年	簽訂補償標準
2007 年	部落搬遷完成(37 戶)
2018 年	替代縣道開始使用
2020 年	導流隧道啟用
2021 年	大壩本體工程開工
2023 年	大壩本體混凝土開始鋪設

(三) 施工重點

1. 1991 年至 2007 年間進行的準備工程包括用地取得和立木砍伐。
2. 利用 RCC 工法和 ELCM 工法進行大壩主體的混凝土澆築，以縮短工期並提升施工效率。
3. 大壩建設過程中產生的挖方土石被用於河岸環境改善工程。
4. 施工過程中採取了多項措施來確保施工安全和環境保護，具體措施如下：
 - (1) 預防山崩：在施工現場設置了預警系統，並採取了邊坡加固等措施，以防止山崩的發生。
 - (2) 減少噪音和粉塵污染：採用低噪音施工設備，並在施工現場設置了灑水系統，以減少噪音和粉塵污染。
 - (3) 保護生態環境：於水壩建設前進行兩棲動物和猛禽監測調查，並在施工過程中，落實保護措施，確保不會對兩棲類和猛禽的棲息地和繁殖造成重大影響。

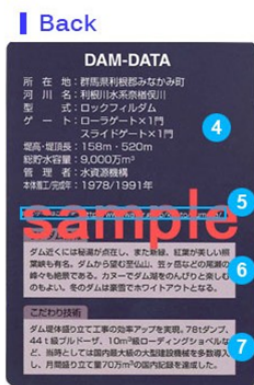
(四) 特色:宣傳與教育:

為了讓公眾更好了解吉野瀨川壩，相關單位採取了多項措施，包括定期舉辦工地參觀活動、製作宣傳手冊和影片、在 YouTube 上開設頻道以及與當地學校合作舉辦有關水壩的教育活動。大壩卡及石頭彩繪是其中的一部分。



圖 28：當日進行石頭彩繪活動

日本政府及地方機構透過發行大壩卡來宣傳正在興建或已完工的大壩，其特點之一是標準化的設計、描述、尺寸和形狀。正面和背面所包含的訊息不同。正面展示了水壩的圖像，右上角字母代表大壩的功能（用途），圖片框內有大壩型式符號，這些符號是標準化的，大壩運作業者也使用此類縮寫，包括 JWA 的內部文件。卡片背面則詳細描述了該大壩的各項特徵，包括大壩高度、總庫容等基本資訊，還有「隨機資訊」、「採用特殊技術」等技術性較強的資訊，主要用於大壩專家之間。該卡旨在邀請更多的水壩遊客參觀，許多大壩愛好者期待獲得更新版本，這些版本通常在周年紀念日或其他特殊活動時發布，有時會根據施工期間的進展發放卡片，並在完成後發布更新版本。



① 大壩機能	
F	防洪
N	維持河川正常機能
A	灌漑
W	供水
I	工業用水
P	水力發電
② 大壩型式	
A	拱形混凝土壩
E	填土壩
G	混凝土重力壩
GA	重力式拱壩
MB	活動堰
R	堆石壩
③ 版本資訊	

④ 基本資訊	
⑤ 網址	
⑥ 隨機資訊	
包括當地景點資訊、活動資訊、或其他與水壩相關的有趣故事	
⑦ 採用特殊技術	
包括施工時使用的新技術和管理技術等	

圖 29：大壩卡基本資料

此外，這些卡片具有獨特性，只有親自前往大壩才能獲得，使其極具收藏價值，本次參訪的吉野瀨川壩於 2024 年 7 月推出第三版大壩卡。值得一提的是，此次於 9 月 25 日參訪吉野瀨川壩時，日方贈送每位成員一張大壩卡，並透露一張吉野瀨川壩的大壩卡曾於 2023 年 9 月 14 日在拍賣網站上以約新台幣 280 元的價格售出，顯示了大壩卡在推廣日本大壩方面的效果，因此，本公司對於興建中或是已完工的電廠，都可加強行銷其獨特性與稀有性。



圖 31：吉野瀨川壩卡(正面)



圖 30：吉野瀨川壩卡(背面)

(五) 吉野瀨川壩參訪照片



圖 32：福井縣吉野瀨川事務所工程介紹



圖 33：福井縣吉野瀨川事務所合影



圖 34：吉野瀨川壩(1)



圖 35：吉野瀨川壩(2)

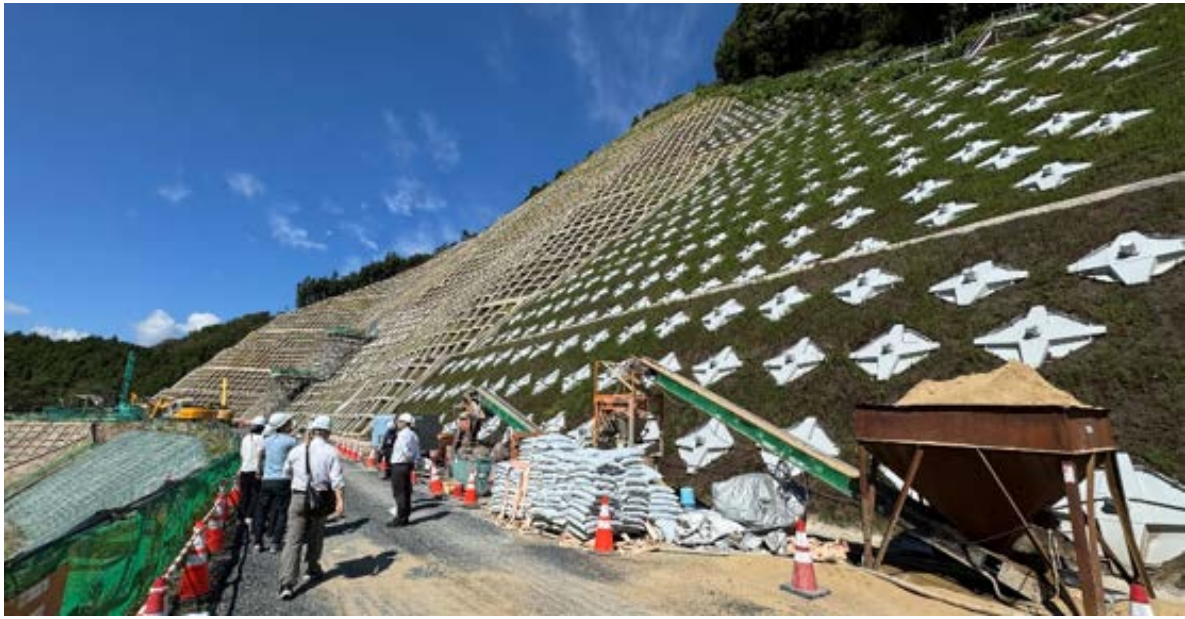


圖 36：邊坡地錨



圖 37：吉野瀨川壩合影

肆、心得感想及建議事項

- 一、 在本次前往京都大學進行有關抽蓄水力電廠大壩施工技術的交流中，瞭解大壩施工普遍採用面狀施工法，可分為 RCC 工法(滾壓混凝土工法)與 ELCM 工法(擴展層工法)，這些工法在具體應用上根據混凝土特性和施工空間各有優劣，本公司未來推動抽蓄水力發電計畫時，針對大壩施工技術，除了可獨立使用 RCC 或 ELCM 工法外，亦可評估將兩者搭配運用，從而縮短施工週期，加速達成預期目標。
- 二、 根據奧多多良木發電廠一號、二號、三號及四號機組更新的經驗，本公司在未來規劃新建抽蓄水力電廠或既有機組更新時，應考慮大型主要設備的運輸方式，並且整合主要電氣設備與附屬設備的空間配置，以便促進工程的順利推進。
- 三、 日本政府及地方機構透過發行大壩卡宣傳興建中或已完工的大壩。這些卡片設計精緻，受到大壩愛好者的喜愛。此外，大壩卡還促進了基礎設施旅遊，日本政府和機關開放部分基礎設施供公眾參觀，並與民間旅遊業者合作設計行程，從而達到宣傳、教育和推動地方經濟的效果。台電公司水力電廠擁有多年的歷史且環境優美，未來或許可以評估透過特色文宣品並結合民間業者的力量，讓公眾了解台灣水力電廠的特點。
- 四、 吉野瀨川壩自 1991 年開始規劃，預計於 2026 年竣工，歷經 35 年。由此可見，推動大壩建設項目所需的時間相當長，中間還涉及受影響部落的遷移。因此本公司未來在規劃抽蓄水力發電計畫時，如涉及原住民族傳統領域土地或私有地部分，建議初步調查（例：問卷調查、地方訪談）在地民眾之意向，俾利工程後續推動。

附件-奧多多良木發電廠參訪問答集

註：已將問答集翻譯成中文

項次	問題與答覆
1	<p><u>1~4 號機營運 20 年後，又加入 5、6 號機營運的原因?</u></p> <p>1. 擴建 5-6 號機組之背景</p> <p>(1) 1991 年的供電平衡預測顯示，1998 年左右將出現供電不足。</p> <p>(2) 考慮了擴建抽蓄水力發電站、設置氣渦輪發電站及接收民營發電廠等方案後，決定擴建奧多多良木發電廠，從 1998 年夏季起確保新增 72 萬 kW 的峰值供電能力。</p> <p>2. 選址理由：</p> <p>(1) 可利用現有大壩：擴建現有大壩附近的水道和發電廠，可對環境及社會影響降至最低。</p> <p>(2) 可獲得大的揚程：確保高效的能源生產。</p> <p>(3) 施工道路大部分利用現有道路：最大限度地減少對環境及社會的影響。</p> <p>(4) 利用現有發電廠：無需額外增設輸電線路，節約成本並減少潛在的環境干擾。</p> <p>(5) 鄰近主要需求區域：方便能源的傳輸和供應，滿足周邊地區的用電需求。</p>

項次	問題與答覆
2	<p><u>請教貴電廠共布置幾座平壓塔，各為什麼型式呢？可否分享當時決定的考量</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 每條引水道及尾水道各設置一個平壓塔（引水道設置三個平壓塔，尾水道設置三個平壓塔）。 2. 考慮到水深、流量以及進水道和尾水道的長度，採用水室式平壓塔。 3. 平壓塔的型式與容量設計旨在確保在負載突然變更、AFC 運轉、水泵運轉及跳脫時，平壓塔能吸收壓力與供水量，並對水面振動進行吸收。然而，平壓塔的形狀可能會因地形因素而有所不同。
3	<p><u>請教當初 6 部抽蓄機組發包形式為何？建置過程中進度是否符合預期？是否有遭遇困難？如技術問題或民情阻礙等，管控上有無特別需要注意的重點？</u></p> <p>發包形式 採土木工程與機電設備分開發包</p> <p>施工進度</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 新建 1-4 號機組：依計畫進度完成，並引進 500kV 輸電技術。 2. 擴建 5-6 號機組：因急需應對夏季供需高峰，原以提前三個月完成為目標，最終提前一個月竣工。 3. 1-2 號機組更新：受 2011 年東日本大地震影響，為確保設備交付和供應能力而進行停電調整，延遲約 4 年完成。 <p>需要注意的重點</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 主要電氣設備（主變壓器）運輸 2. 主要電氣設備以外的設備設計（設備佈置、起重機、電梯、空調、照明、內部電源）

項次	問題與答覆																				
4	<p>目前 3 號機及 4 號機預定進行更新，是否方便說明選用機組、更新期程等相關資訊。</p> <p>另請教變頻機組可採「雙饋機組(Doubly Fed Induction Machine, DFIM)」或「全功率機組(Converter Fed Synchronous Machine, CFMSM)」，何種方案較為建議呢？</p> <p>3-4 號機預定更新資訊</p> <table border="1" data-bbox="300 651 1153 1178"> <thead> <tr> <th></th> <th></th> <th>現狀</th> <th>設備更新(計畫)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">出力</td> <td>3 號機</td> <td>303MW</td> <td>303MW</td> </tr> <tr> <td>4 號機</td> <td>303MW</td> <td>303MW</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">運轉開始</td> <td>3 號機</td> <td>1975 年 6 月開始 ※因設備故障於 2019 年 4 月關閉</td> <td>預定 2032 年完成</td> </tr> <tr> <td>4 號機</td> <td>1975 年 4 月開始 ※預定 2026 年 4 月開始施工</td> <td>預定 2030 年完成</td> </tr> </tbody> </table> <p>因變頻式機組需要更大的激磁設備空間，並需額外增設冷卻系統，由於廠房既有空間有限，3-4 號機最終決定仍採用定頻式發電機組進行更新。</p> <p>變頻機組型式</p> <p>與雙饋機組(DFIM)系統相比，全功率機組(CFSM)系統具有一些優點，包括頻率變化範圍大，能適應更大水頭和流量變化範圍，以及當水輪機效率較高或變頻器故障時，可旁通變頻器維持機組恆速運行。但其主要缺點是變頻器功率大且昂貴、需大面積開挖地下廠房，導致成本增加，目前較適用於小機組容量。全功率機組的全球實績目前為單機 110MW。</p> <p>由於 1-2 號機組單機裝置容量為 303MW，而目前全功率機組(CFSM)的全球實績僅至 110MW，因此 1-2 機組採用了雙饋機組(DFIM)進行更新。</p>					現狀	設備更新(計畫)	出力	3 號機	303MW	303MW	4 號機	303MW	303MW	運轉開始	3 號機	1975 年 6 月開始 ※因設備故障於 2019 年 4 月關閉	預定 2032 年完成	4 號機	1975 年 4 月開始 ※預定 2026 年 4 月開始施工	預定 2030 年完成
		現狀	設備更新(計畫)																		
出力	3 號機	303MW	303MW																		
	4 號機	303MW	303MW																		
運轉開始	3 號機	1975 年 6 月開始 ※因設備故障於 2019 年 4 月關閉	預定 2032 年完成																		
	4 號機	1975 年 4 月開始 ※預定 2026 年 4 月開始施工	預定 2030 年完成																		

項次	問題與答覆
5	<p><u>水壩下游生態基流量的設計基準</u></p> <p>下游的多多良木壩主要用於發電，因此無需保持一定的維護流量。實際運作中，它並非一條完全乾涸的河流。上游的黑川壩除了承擔發電功能外，還根據兵庫縣的要求負責提供一定量的工業用水和生活用水，每日排放 30,000 立方米的水量。然而，作為環境保護措施，不設置維護流量。</p>
6	<p><u>2023 年 10 月日本環境省公布 122 個首波通過 OECM 認證的「自然共生區域」，請問關西電力公司對 OECM 規劃情形為何？</u></p> <p>2023 年上半年，已有 122 個場地獲得環境部認證。此外，2023 年下半年還將有 62 個地點獲得認證。 https://policies.env.go.jp/nature/biodiversity/30by30alliance/kyousei/nintei/index.html</p> <p>目前本公司或本集團沒有任何已通過認證的地點，也沒有目前已公佈的 OECM 計劃。公司的「生物多樣性保育計畫」已於 2023 年 ESG 報告中公佈。在奧多多良木發電站，我們正在實施「了解發電站周圍動植物的棲息地和生長狀況」的措施。我們一直致力於保護本土物種，在 2020 財政年度，我們進行了文獻資料和實地調查，以了解發電廠周圍樹蛙等動植物的棲息狀況。根據該結果，我們正在進一步推動生物多樣性保育活動。</p>