出國報告

出國類別：考察

水利設施結合綠能設施考察

服務機關：經濟部水利署及能源局

姓名職稱：盧炳堃課長、吳依芸副工程司

吳韋逸專員、許中妍技士

派赴國家：日本

出國期間：105 年 9 月 25 日至 10 月 1 日

報告日期：105 年 12 月 16 日

摘　要

臺灣缺乏自有能源，近 98%能源仰賴進口，為提高我國能源自主性，同時因應氣候變遷與溫室效應問題，能源政策上業宣示 2025 年再生能源發電比占 20%之政策目標；日本能源使用型態與台灣相近，同為自有資源缺乏國家，因 2011 年 311 地震造成福島核災，重新思考能源政策，爰於 2012 年推出再生能源收購價格後，促成太陽能光電之發展。發展再生能源已為世界各國能源政策趨勢，我國將太陽能光電、風力、水力發電列為重點項目，其中太陽能光電目標量占總目標量之五成。

經濟部水利署及能源局為推動水利設施結合綠能發展，透過本次考察瞭解日本關西地區利用水利設施在綠能(小水力發電、太陽能光電及沼氣發電)方面之運用。研修期間實際考察日本嵐山保勝會、大阪中濱污水處理廠、關西電力株式會社、京都石田水環境中心、奈良大和郡山市落戶池水上太陽能光電、兵庫縣屋度大池及河原山池太陽能光電等小水力及太陽能光電設施開發案。考察期間承蒙受訪單位場勘說明、經驗分享與資料提供，給予臺灣提供寶貴意見，顯示水利設施結合綠能設施為可行且增進現有設施效益，如利用水域、空地或屋頂增設太陽能發電，流域中上游小水力發電，以及公共污水廠沼氣、小水力發電與槽體上方空間太陽能光電等，值得後續在相關實務推動

參考。

關鍵字：再生能源、水上型太陽能光電、太陽能光電、沼氣發電、小水力發電

目　　錄

摘要 …… I

一、目的……... 1

二、過程……2

三、心得……35

四、建議事項……37

圖目錄

圖 1.1 嵐山小水力發電設備及示意圖……6

圖 2.1 大阪市公共污水處理廠分佈圖……9

圖 2.3 大阪市沼氣發電計畫……10

圖 3.1 關西電力擁有發電設備……14

圖 3.2 關西電力之水力發電廠位置……15

圖 4.1 京都市水環境保全中心分佈圖……23

圖 4.2 石田水環境保全中心小水力發電設施示意圖……26

圖 4.3 石田水環境保全中心小水力發電設施歷年發電量……26

圖 5.1 加東市度屋大池水域型太陽能說明……31

圖 5.2 加東市度屋大池採用 HDPE 浮板……31

圖 5.3 太陽能板與浮板組立……32

圖 5.4 太陽能板吊放至湖面再連結組立……32

圖 5.5 浮板與太陽能板組合型式……32

圖 5.6 CT 浮台與太陽能版安裝圖……34

圖三、世界各國水力發電規模區分示意圖……35

照片目錄

照片 1.1 嵐山保勝會之小水力發電……4

照片 1.2 嵐山保勝會之小水力發電……4

照片 1.3 渡月橋路燈……5

照片 1.4 渡月橋旁小水力發電發電資訊看板...……...…5

照片 1.5 嵐山保勝會小水力發電獲京都環境賞獎……6

照片 1.6 嵐山小水力發電進水口卡樹枝等情形……6

照片 1.7 嵐山保勝會會議討論情形……7

照片 1.8 本次考察人員與嵐山保勝會代表合影……7

照片 2.1 中濱污水廠現場解說討論情形……...11

照片 2.2 中濱污水處理廠沼氣發電機組……...11

照片 2.3 沼氣發電機組廠牌……...12

照片 2.4 沼氣儲槽……...12

照片 3.1 關西電力京都分社會議情形……...……15

照片 3.2 清滝電廠取水攔河堰……..……...16

照片 3.3 清滝電廠水力發電設施……..……16

照片 3.4 清滝電廠水力使用許可告示牌……...17

照片 3.5 清滝電廠水車及發電機……...17

照片 3.6 委託當地居民清掃成果……...18

照片 3.7 水力發電發源地之石碑……18

照片 3.8 蹴上電廠第一期介紹……18

照片 3.9 琵琶湖運河……..19

照片 3.10 爬污機實際操作爬出水草情況……..19

照片 3.11 蹴上電廠水力使用許可告示牌……..19

照片 3.12 蹴上電廠發電機…….……20

照片 3.13 蹴上電廠獲選土木遺產獎牌……..……20

照片 3.14 致贈關西電廠水力事業部藤岡政行先生紀念品……..21

照片 4.1 石田水環境保全中心會議討論情形……...22

照片 4.2 石田水環境保全中心屋頂型太陽光電系統……...24

照片 4.3 石田水環境保全中心屋頂型太陽光電系統發電量顯示……..24

照片 4.4 模組與 C 型鋼鎖固方式……25

照片 4.5 模組加強結構設計……..25

照片 4.6 石田水環境保全中心小水力發電設施水位落差……..27

照片 4.7 石田水環境中心小水力發電設施發電量顯示……..27

照片 4.8 JA 晶澳生產的太陽能板……28

照片 4.9 Hirayama 水域型太陽能光電……28

照片 4.10　Hirayama 太陽能光電系統設維修步道……..29

照片 4.10 Hirayama 太陽能光電站固定方式……29

照片 5.1 加東市度屋大池水域型太陽能錨碇……..33

照片 5.2 加東市度屋大池太陽能板直放……33

照片 5.3 加東市度屋更池太陽能板橫放……..33

照片 5.4 加東市度屋大池水域型太陽能池塘藻類……...34

照片 5.5 河原山池水域型太陽能光電……...35

表目錄

表 1 臺灣再生能源整體展目標……1

表 2 參訪行程表……2

表 3 大阪市公共污水廠沼氣發電規劃裝置容量..……..10

表 4 關西電力擁有發電廠及相關設備能量……14

一、 目的

為達成 2025 年再生能源發電占國內總發電量 20%之目標，能源政策上將推動太陽能光電、風力(陸域與離岸)發電、水力發電、生質能及地熱能，尤其太陽能發電在 2025 年達 20GW 推動目標(如表 1)。

參考日本於 2012 年再生能源施行再生能源固定躉購制度，帶動民間投入再生能源商機，尤其太陽能光電推廣初期躉購價格優勢，近 3、4 年太陽能建設為日本發展能源之最重要標的。為避免設置太陽能光電系統造成之土地競爭負面觀感，日本民間開發案亦有許多利用既有埤塘、廢棄農業蓄水池，設置太陽能光電系統案例，足可供國內規劃興建水庫水上太陽能光電系統參考。

我國公共污水處理廠多已定位水資源回收中心，尤位為水源供應較吃緊地區，亦有規劃為結合升級為再生水廠之政策方向，然如何利用公共污水廠內各類型綠能，作為換取污水處理或產製再生水源之動力，將為未來跨域整合與產業轉型方向；水力發電可謂最潔淨能源，惟國內長期面對大型堰壩開發困難，較可開發利用之場址多已完成水力發電開發利用，未來如何利用較小落差開發小水力發電，透過完善設計與回饋當地用電需求。為進一步了解日本相關政策與實際執行遭遇問題，以供我國後續實際執行參考，爰成立本次考察計畫。

表 1 台灣再生能源整體發展目標

項目	再生能源裝置容量 (MW)			再生能源發電量 (億度)		
	2015	2020	2025	2015	2020	2025
太陽光電	842	6,500	20,000	9	81	250
陸域風力	647	800	1,200	15	19	29
離岸風力	0	520	3,000	0	19	111
地熱能	0	150	200	0	10	13
生質能	741	768	813	36	56	59
水力	2,089	2,100	2,150	45	47	48
燃料電池	0	22.5	60	0	2	5
總計	4,319	10,861	27,423	105	234	515

二、 過程

（一）行程介紹

本次 7 日考察行程，如表 2。

表 2 參訪行程表

日期	地點	參訪機構及目的
105/09/25	桃園→大阪	啟程。
105/09/26	大阪→京都嵐山→大阪	參訪考察京都嵐山保勝會小水力發電所。
105/09/27	大阪→中濱→大阪	參訪大阪中濱等污水處理廠，了解污水處理廠發展沼氣發電與太陽能發電之現況。
105/09/28	大阪→京都→大阪	拜會關西電力京都支店之電力所及考察所屬 3 處小水力電力所，了解小水力之發展現況。
105/09/29	大阪→京都→奈良→大阪	考察石田水環境保全中心，了解太陽能發電及小水力發電作法及現況。 考察奈良大和市落戶池水上太陽能發電站設置情況及實際運作等。
105/09/30	大阪→兵庫縣→大阪	考察兵庫縣加西水上及河原山池太陽能發電站，了解水上型太陽能發電站設置情況及實際運作等。
105/10/01	大阪→桃園	返台。

(二)考察各行程參訪內容重點介紹

1. 9 月 26 日

位於京都嵐山地區一級河川淀川水系桂川之嵐山小水力發電設施係由嵐山保勝會營運操作（如照片 1.1），嵐山保勝會由當地人士自發性成立的地方社團，成立宗旨為保護當地名勝，會員包括天龍寺、阪急電車等，目前嵐山當地商店約有 50%加入保勝會，每年會員費至少 1,000 日圓，會費用於維護當地自然景觀。由嵐山保勝會吉田憲司招待解說。桂川上渡月橋設置歷史超過 1,000 年，具有當地名勝及歷史意義，因秋冬之際，天黑後視線不清，易造成事故，嵐山保勝會代表當地民眾向京都市府陳情，要求設置照明設施，礙於經費不足，市府遲未回應，保勝會爰於 2002 年，設置為期 1 個月的簡易式石造燈籠，行人交通安全度提升，當地民眾乃要求常態性路燈。

響應京都議定協議內容，保勝會思考如何結合當地特色並降低電力需求，爰向各界募款，籌措 3,400 萬日圓，利用桂川過去運送木材渠道，投入設置小水力發電機組，該小水力發電為供應渡月橋上照明設備而設置，渡月橋上設置 64 盞 LED 燈（如照片 1.3），電力需求為 1.2KW，於 2005 年通過國土交通省許可，取得設置發電設備及使用水權二項許可，設置虹吸式水車及三相(220V,60Hz)發電機(捷克製)，最大功率 5.5KW，流量 0.55cms，落差 1.74M (如圖 1.1)。該小水力設施發電容量在我國屬微水力發電，取得小水力利用推進協議會之 CCB 事業(小水力發電導入促進事業)第 1 號許可以，並獲得嵐山保勝會京都環境賞獎(如照片 1.5)。

該發電設備設置成本 3400 萬日圓，其中機械設備約 1,000 萬日圓，平均發電功率為 4.3KW，除供應渡月橋上路燈(1KW)，多餘電力售予關西電力，契約期間為 10 年，2005 年初售價為 1 度電 9.25 日圓，目前為 34 日圓，每年賣電所得約 50 萬日圓，除支付一級河川河川租借費用每年約 9000 日圓，尚足以支付維護費用，發電使用率維持約 80%，已使用 10 年發電效果仍很好。吉田先生表示小水力發電設施所在地上游設有水壩用於發電、防洪，因此此處水位尚稱穩定，但每年約有 2 至 4 次因颱風豪雨仍有被河水淹沒機會，造成停機，故發電機組設備皆採防水設計，由人工配合防汛通報預先關機，除每年 1 次檢修機電，尚未發生故障經驗，僅有因漂流木雜枝阻塞進水口之困擾（如照片 1.6），因無設置爬污機，

需定期人工清理。

照片 1.1 嵐山保勝會之小水力發電

照片 1.2 嵐山保勝會之小水力發電

照片 1.3 渡月橋路燈

照片 1.4 渡月橋旁小水力發電發電資訊看板

照片 1.5 嵐山保勝會小水力設施京都環境賞獎

小水力発電設備

[諸元]

○落　差　　1.74m（平常1.34m程度）

○最大使用水量　0.55㎥/s

○最大出力　　5.5kw（平常4.3kw）

[水車]

○サイフォン式プロペラ水車

[発電機]

○三相誘導発電機　200v　60Hz

[運用形態]

○低圧系統連係

○逆潮流あり（余剰電力の売電）

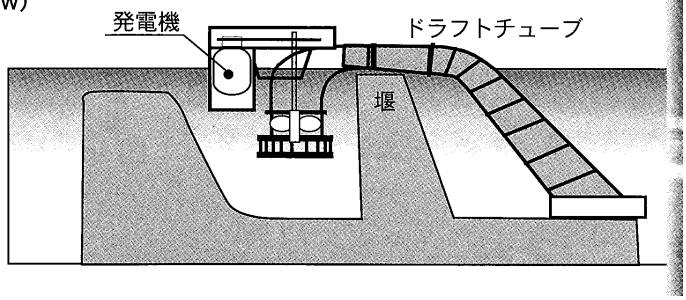
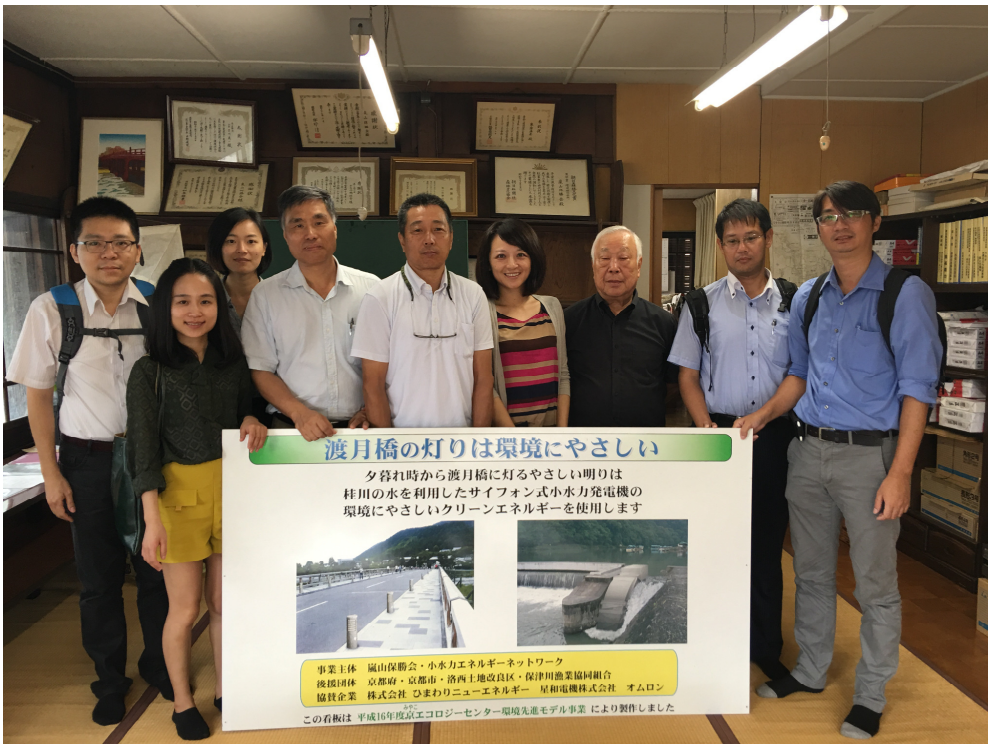


圖 1.1 嵐山小水力發電設備及示意圖

照片 1.6　嵐山小水力發電進水口卡樹枝等情形

照片 1.7　嵐山保勝會會議討論情形



照片 1.8　本次考察人員與嵐山保勝會代表合影

2. 9 月 27 日

本日參訪座落於大阪市城東區之中濱污水廠，由田中先生負責接待解說，中濱污水廠東區廠設置於昭和 35 年(1960 年) 5 月、西區廠設置於昭和 38 年 (1963 年) 8 月，東、西區廠處理量比為 3:1，總設計處理量為 28.8 萬 CMD，實際處理量介於 15 至 20 萬 CMD 間，總佔地面積 8.4 公頃(如圖 2.1)，集污區約 1869 公頃，與鄰近放出污水處理廠可算是共同調度(如圖 2.2)。

過去中濱污水處理廠主要以大阪市化工廠所排出之廢水進行過濾處理，目前大阪市內之化工廠已經很少，因此目前此污水處理廠主要是以民生污水處理為主。近半世紀的設施已相當老舊，大阪市政府建設局近期正在興建 MBR 污水處理設施，將生物曝氣池轉型利用，規劃於 2017 年完成設計，2018 至 2020 年建設與安裝。

圖 2.1 中濱污水廠配置圖

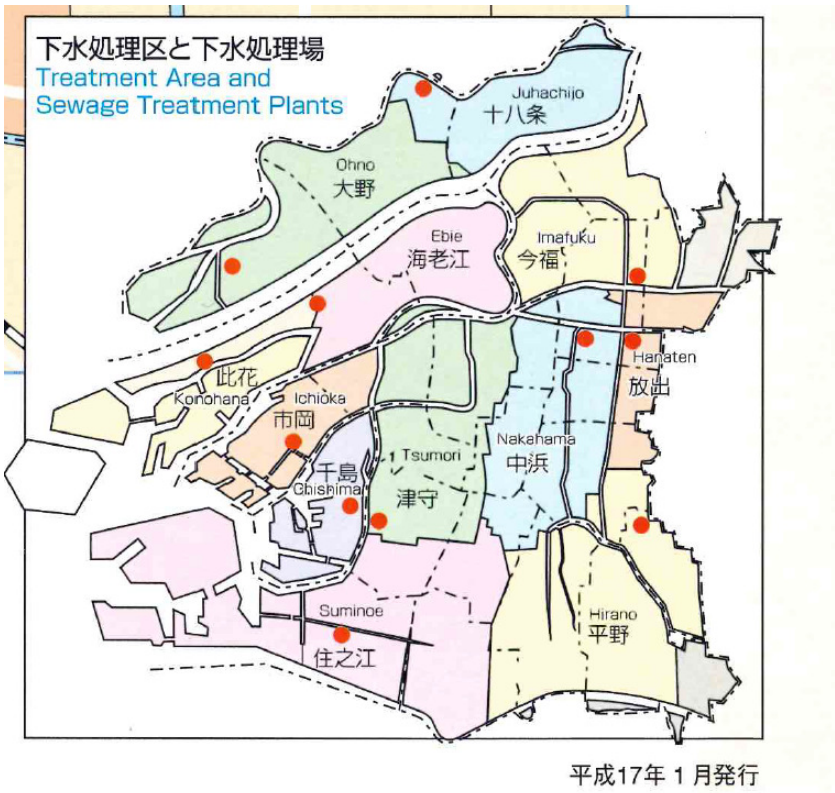


圖 2.2 大阪市公共污水處理廠分佈圖

西區廠設置有 3 座污泥濃縮槽，4 座厭氧消化槽，沼氣儲存槽 2 座(分別為直徑 15.5m、高 16.8m 以及直徑 14.5m、高 17.4m)，東區廠污泥送至西區併同厭氧發酵產沼氣，消化污泥泵送至放出污水處理廠脫水後，再併同放出污水處理廠污泥泵送至平野污水處理廠乾燥焚化，焚化灰渣再作利用為人行步道透水磚。

沼氣發電機組係於 1993 年設立（如照片 2.2），發電機廠牌為日本鋼管株式會社製（如照片 2.3），600KW 二部，目前每日發電量約 1.2 萬 kWh，約占全廠用電量 23%，發電餘熱用於維持厭氧消化槽溫度。沼氣中甲烷含量約 55~60%，沼氣經脫硫處理後於廠區內燃燒發電，熱交換器由日阪製作所生產，原則上溫水循環水入口溫度控制在 36~62 度間，冷卻水入口溫度應控制在 8~26 度間，出口溫度應控制在 10~30 度間，惟因參訪當日天氣炎熱，冷卻水入口溫度即達 32 度，出口溫度為 36 度。

田中先生告知，配合日本電業自由化政策，大阪市政府規劃將污水處理廠多角化發展為燃料供應廠(如圖 2.3)，並已於 2015 年 5 月 1 日與 3 民間業者簽訂契

約，擬將區內 4 處污水處理廠 (大野、海老江、放出、住之江) 所產生的沼氣售予民間業者燃燒發電，發電能力總計 4,090 kW(如表 3)，預計每年發電量為 2,580 萬 kWh，以生質沼氣發電躉購價格 39 日圓計，每年賣電收入可達近 10 億元，預計 2017 年開始運轉。

另外在太陽能發電方面，大阪市污水處理廠有 3 處分別設置容量為 2MW，年發電量 215 萬度，與關西電力簽訂 20 年躉購費率。

表 3 大阪市公共污水處理廠沼氣發電規劃裝置容量

污水處理廠	設備容量
大野	750kw(25kw*30)台
海老江	700kw(25kw*28)台
放出	1,320kw(660kw*2)台
住之江	1,320kw(660kw*2)台

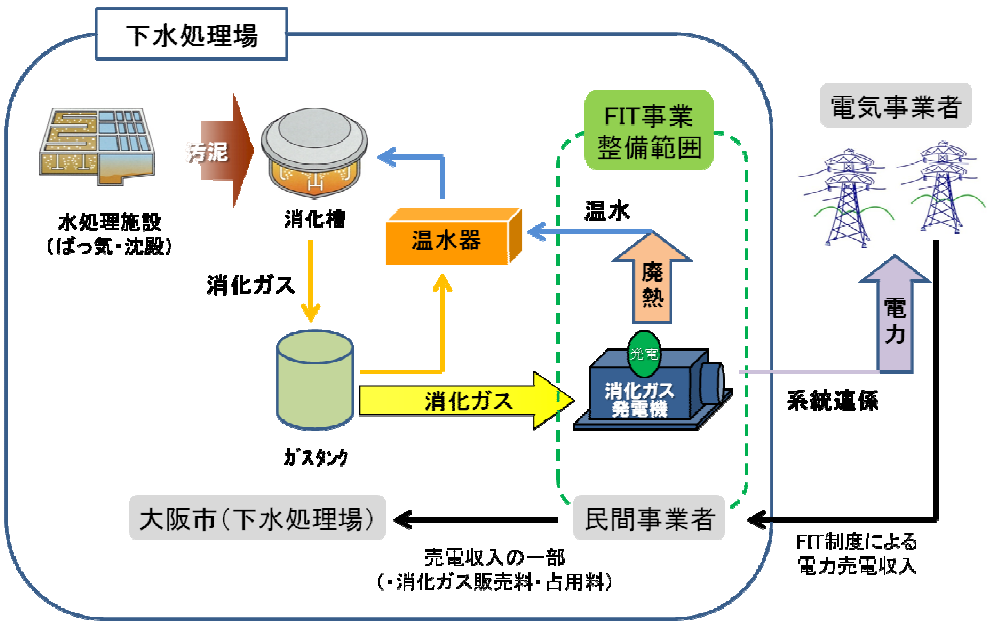
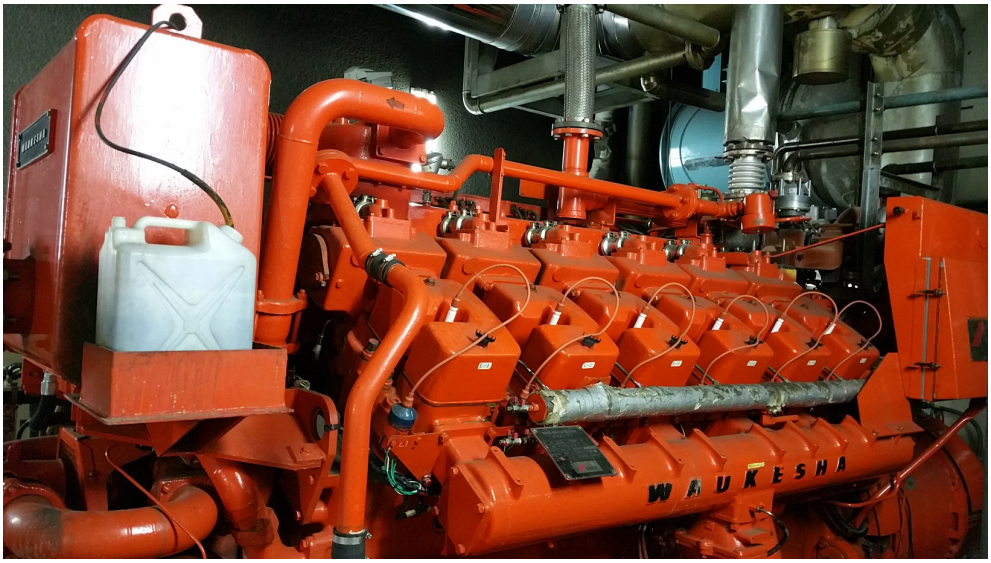
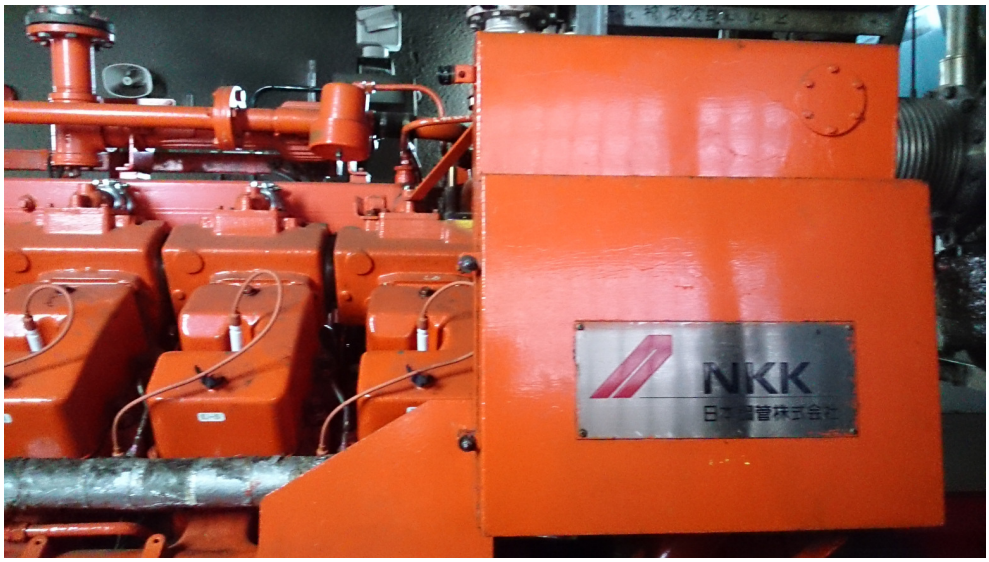


圖 2.3 大阪市沼氣發電計畫

照片 2.1　中濱污水廠現場解說討論情形



照片 2.2　中濱污水處理廠沼氣發電機組



照片 2.3　沼氣發電機組廠牌

照片 2.4　沼氣儲槽

3. 9 月 28 日

本日上午至關西電力株式會社京都分社拜會，由關西電力水力事業本部藤岡政行先生簡報關西電力在相關水力發電業務及水力設施現況(如照片 3.1)，隨後驅車至清滝及蹴上水力電廠現地考察。

關西電力有 170 所發電廠，各項發電設備及出力等相關資料，如表 4 及圖 3.1 所示，設備容量達 3657 萬 KW，2015 年總發電量達 1022 億度，其中水力發電設備容量為 822 萬 KW，佔全部設備 22%，發電量達 148 億度，僅佔全部發電量 14.5%，還是以火力發電為主，達 865 億度，佔 84.6%。

關西電力之水力發電廠位於兵庫縣、京都府、滋賀縣、奈良縣、和歌山縣、長野縣、岐阜縣及富山縣等 8 縣府，共有 152 所，設置容量達 822.5 萬 KW，其中一般水力電廠 148 個，設置容量 334.1 萬 KW，抽蓄式電廠有 4 個，其中壩高高於 15 公尺共有 50 座，所管轄水閘門有 287 門，水路長 433 公里，水路橋 108 座等。

一般水力發電型式可分流入(水路)式、調整(調整池)式及貯水池(水庫)式等 3 種。清滝水力電廠位於一級河川淀川支流清滝川上游，為川流式發電系統，(如照片 3.3)，照片中左側設置有魚道，照片 3.4 為國土交通省許可使用告示牌，電廠於明治 42 年(1909) 年開始運轉，昭和 12 年（1937）年增加為 250KW，落差 33.33M，流量 0.946cms，引水經總長度 1896 公尺的導水路，發電機容量 260KW，平時出力 150KW，水車為橫軸式(如照片 3.5)。為維護河川水質，每日清掃之落葉須集中包裝，因地處偏遠尚須定期運送至山下處理(如照片 3.10)，對於關西電力而言，平日巡視、清掃造成負擔。因此將操作維護管理分為三類:(一)委託當地居民每日巡查壩堰狀況(二)由關電人員每月定期檢查設備損害、劣化程度(三)委託專業單位檢查設備機能、清理保養等。

蹴上水力電廠位於京都市左京區，為日本第一座水力發電所，所引用水源為琵琶湖第一疏水，此運河建設目的為供船舶將貨物由琵琶湖運至大阪灣，爰設置發電設備，隨著交通方式改為陸運，琵琶湖運河運輸功能已轉為引水功能，發電後尾水進入蹴上淨水廠。此電廠自明治 24 年(1891)年 5 月開始發電，發電機組包含 2 台 80kw，照片 3.7 為日本水力發電發源地之石碑，歷經二期改造，目前為第三期於 1936 年完工，落差 33.74 公尺，設計取水最大流量 16.7cms，最大功率 4500kw，平均功率 2100kw (如照片 3.12)。運河水道內有水草，設有電動爬污機（日本稱為除塵機）定期清理，每日清理 24 次，照片 3.10 為實際操作情況，照片 3.11 為蹴上電廠水力許可告示牌。2001 年獲選為日本土木遺產(如照片 3.13)。

表 4 關西電力擁有發電廠及相關設備能量(整理自關西電力簡報)

種類	數量	設置容量（平成 27 年，2015） (佔全部百分比%)	2015 年發電量 (佔全部百分比%)
水力	152	822 萬 KW (22)	148 億度 (14.5)
火力	12	1941 萬 KW (53)	865 億度 (84.6)
核能	3	893 萬 KW (24)	8 億度 (0.8)
太陽能	3	1 萬 KW (<1%)	1 億度 (0.1)
合計	170	3657 萬 KW	1022 億度

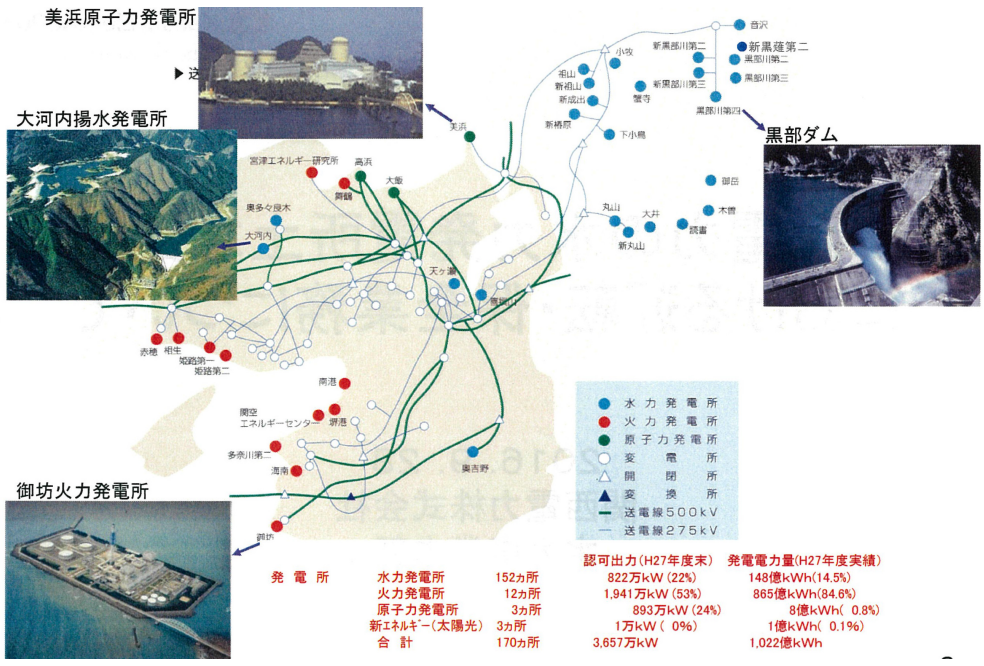


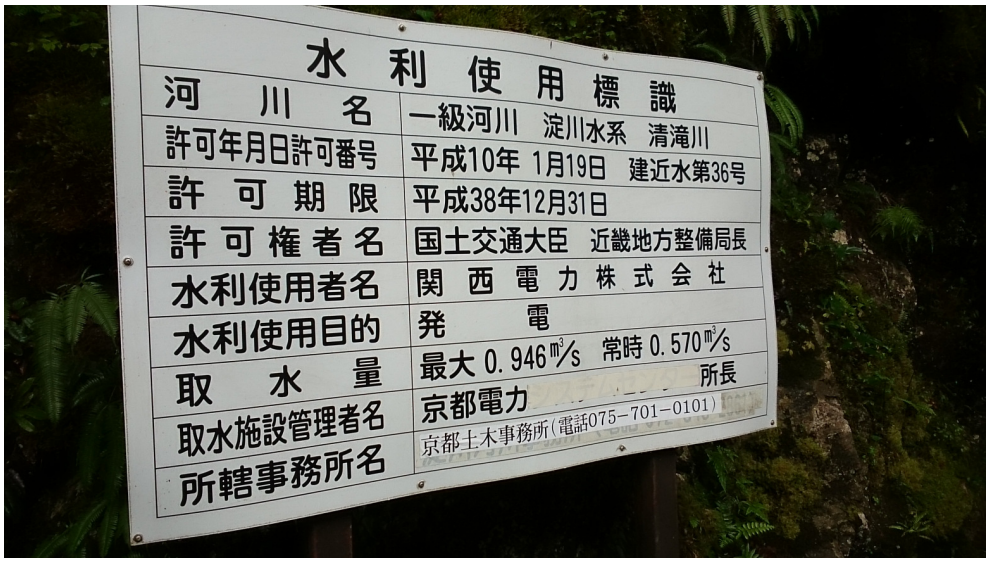
圖 3.1 關西電力擁有發電設備(摘自關西電力簡報資料)

圖 3.2 關西電力之水力發電廠位置(摘自關西電力簡報資料)

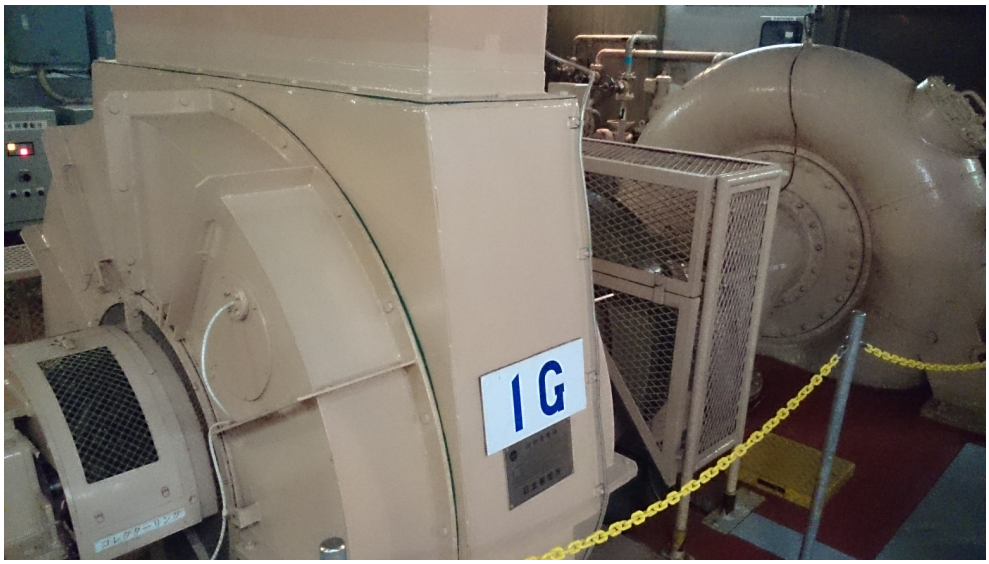
照片 3.1 在關西電力京都分社會議情形

照片 3.2 清滝電廠取水攔河堰

照片 3.3 清滝電廠水力發電設施



照片 3.4 清滝電廠水力使用許可告示牌



照片 3.5 清滝電廠水車及發電機

照片 3.6 委託當地居民清掃成果

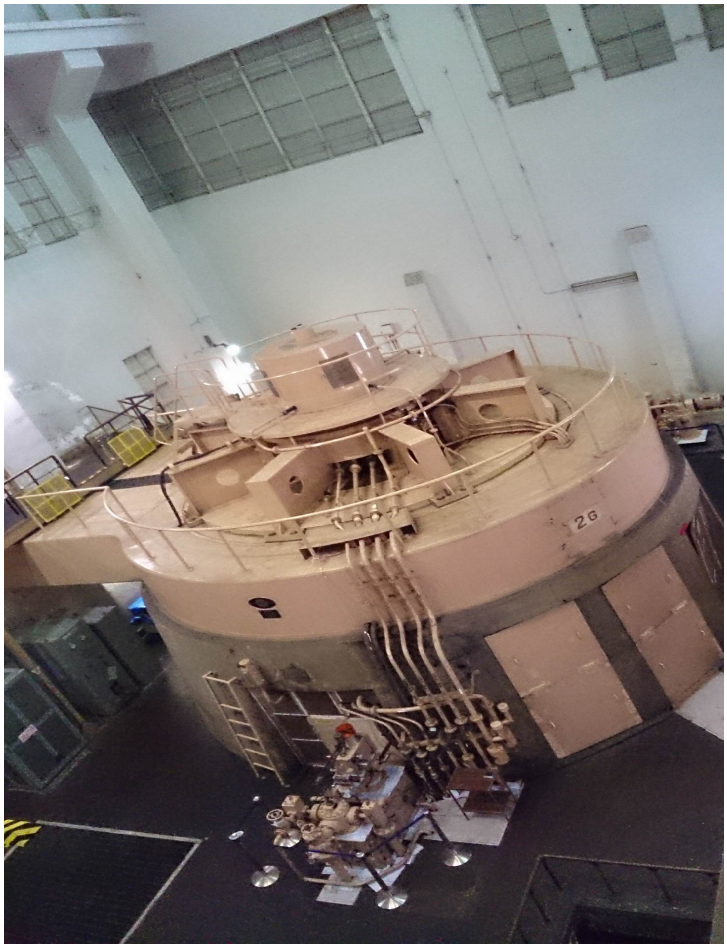
照片 3.7 水力發電發源地之石碑

照片 3.8　蹴上電廠第一期介紹

照片 3.9 琵琶湖運河

照片 3.10 爬污機實際操作爬出水草情況

照片 3.11 蹴上電廠水力使用許可告示牌



照片 3.12 蹴上電廠發電機

照片 3.13 蹴上電廠獲選土木遺產獎牌

照片 3.14 致贈關西電力水力事業本部藤岡政行先生紀念品

4. 9 月 29 日

本日上午至京都石田環境中心參訪，由所長永浦泰二率、所長輔佐山脇秀一及設施係長武田大輔，介紹石田水環境污水處理廠相關設施及現場說明。

石田水環境保全中心(石田中心)位於京都市中心東南方(如圖 4.1)，佔地面積 8.6 公頃，設計處理量 15 萬 CMD，實際處理能力為 12.6 萬 CMD，自昭和 56 年(1981)年 1 月開始運轉，為京都市第四大污水處理廠，主要污水來源為生活污水，另包含區內部分工業廢水，廢水須經前處理至符合納管標準(BOD=600mg/L)，始得排入下水道系統，污水廠定期檢測工業納管廢水。

石田中心共有 4 套污水處理系統(A 至 D 系統)，A 系統為分流式硝化脫硝法，其餘則為標準活性污泥法，推估建廠時因所處鄰近市區，當地居民防止臭味逸散意見，故採半地下式封閉規劃，加蓋後屋頂原規劃棒球場，但大地震後，原設計耐震標準不足，改設太陽光電發電 1MW(如照片 4.2)，設置 245WKyocera 多晶矽太陽光電模組 4230 片，方位南西 45 度，傾斜 20 度，設置費用為 4 億 932 萬日圓，收購費率為每度 32 日圓，規劃時年發電量為 92 萬度，於 2015 年 8 月 9 日

至今年 7 月累計實際發電量 127 萬 4068 度，超過規劃時發電度數，參訪時發電量(如照片 4.3)，達 151 萬多度。此系統模組採用橫式擺放方式設置太陽光電系統，支撐架為熱浸鍍鋅 C 型鋼材料(如照片 4.4)，模組採用螺絲固定於支撐架並於每片模組背面設有加強肋強化模組之結構受力(如照片 4.5)，特別在每一個固定螺絲都畫有記號，以便未來在維運檢查時容易檢查出螺絲是否有移動鬆脫的風險。

石田中心污泥原併同鄰近東部焚化廠焚燒並回收熱能，因垃圾減量之故，東部焚化廠於 3 年前廢止，現石田中心將濃縮污泥直接泵送至鳥羽水環境保全中心脫水乾燥焚燒；於放流至山科川前溢流堰上面，設置 9KW 小水力發電機，利用其 2 公尺落差，流量 0.7cms 以虹吸式水車配置橫軸發電機(如圖 4.2)。此小水力發電於 2007 年 4 月開始使用，設置經費 5250 萬日圓，2008 至 2015 年之年平均發電量 73583.75 度(如圖 4.3)，提供廠內污水處理用電，參訪時現場操作發電顯示累計發電量達 69 萬多度(如照片 4.7)，發電效率堪稱穩定。

照片 4.1 石田水環境保全中心會議討論情形

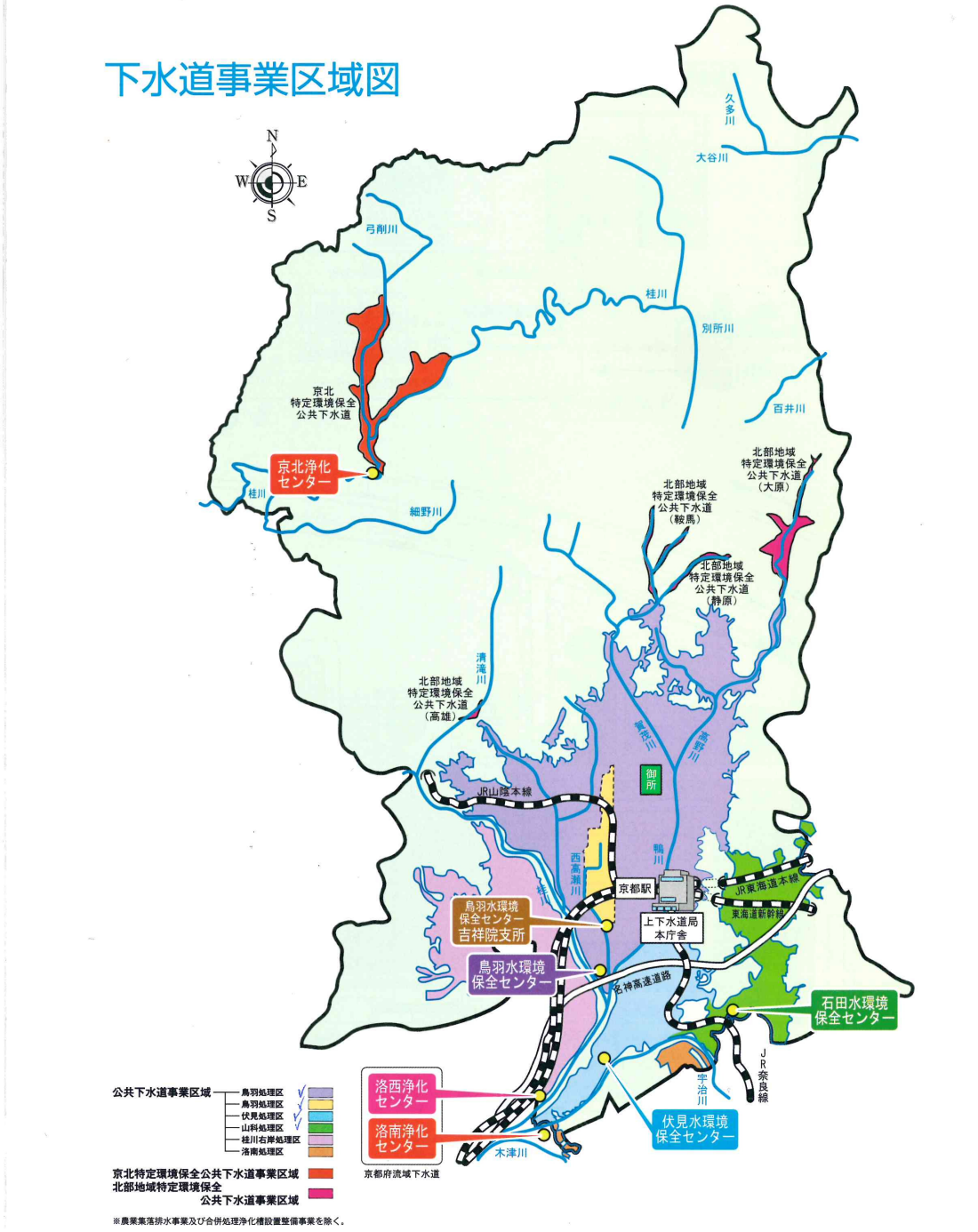


圖 4.1 京都市水環境保全中心分佈圖

照片 4.2 石田水環境中心屋頂型太陽光電系統

照片 4.3 石田水環境中心屋頂型太陽光電系統發電量顯示

照片 4.4 模組與 C 型鋼鎖固方式

照片 4.5 模組加強結構設計

■小水力発電設備

塩素接触タンクは川の水位が高いときも放流できるよう川より高い位置に設置されており，この落差を利用した発電設備です。

- 一般家庭の約２０軒分の電力を発電することができ，年間でCO_2換算約５９トンの温室効果ガスの削減を図ることができます。（森林約５ｈａ相当）
- 水が落下するエネルギーにより発電する為，二酸化炭素の排出がありません。
- 太陽光や風力といったエネルギーに比べ，気象による影響が少なく，安定して発電ができます。

施設概要

水車型式	横軸固定羽根プロペラ水車
定格出力	約９kW
水車流量	約０.７m^3/s
有効落差	約２m
管口径	φ９００mm
運転開始	平成１９年４月

小水力発電設備

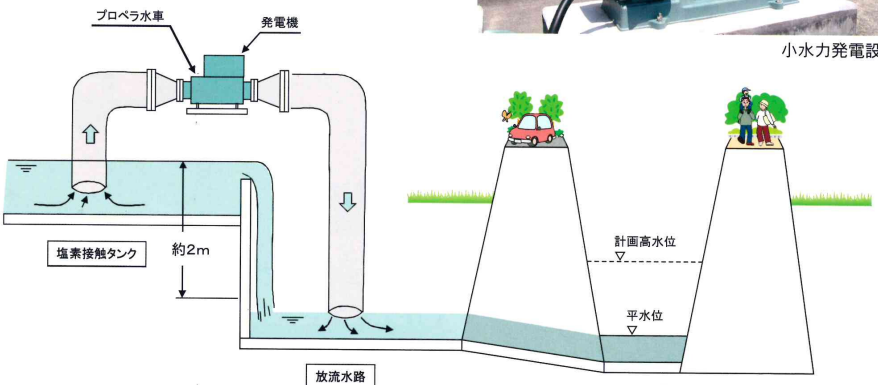


圖 4.2 石田水環境保全中心小水力發電設施示意圖

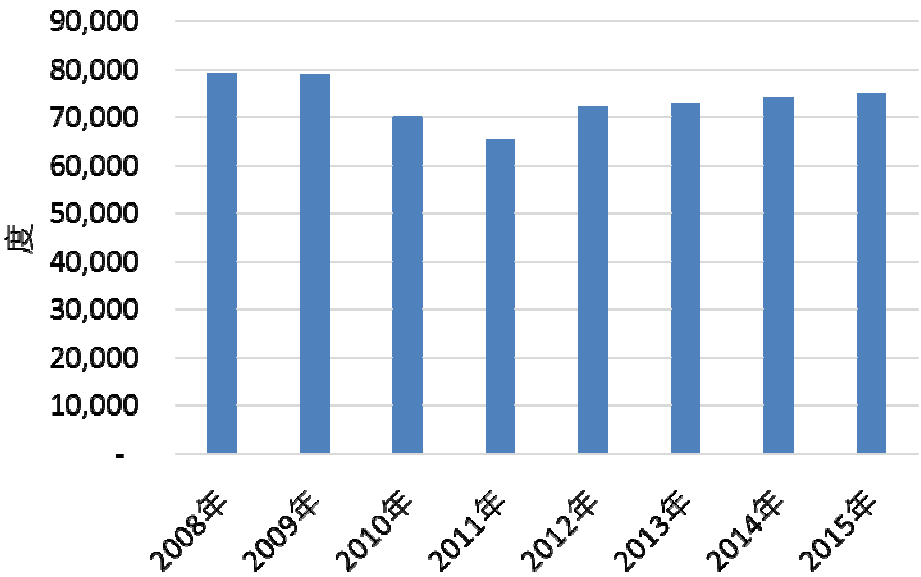


圖 4.3 石田水環境保全中心小水力發電設施歷年發電量

照片 4.6 石田水環境中心小水力發電設施水位落差

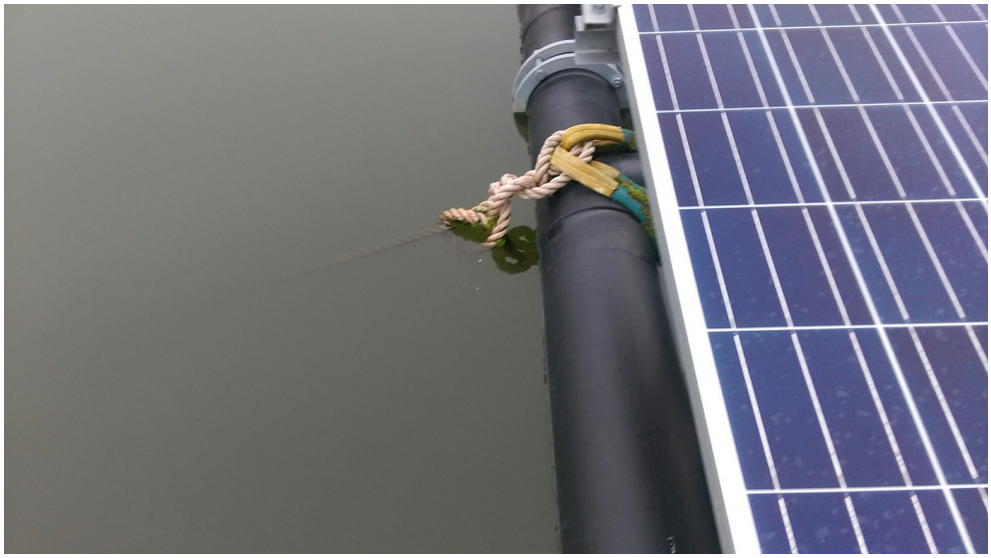
照片 4.7 石田水環境中心小水力發電設施發電量顯示

結束石田中心參訪後，至奈良大和市落戶池 HIRAYAMA 水域型太陽光電系統，本發電系統由臺灣李長榮集團整合，採用晶澳生產的太陽能板（照片 4.7），旭東科技設計的浮台，並由旭東在日本的代理商 Kanzai 提供管材並協助施工，浮台以 HDPE 管材組合而成，設置容量 500KW(如照片 4.8)與千原池共設置 1MW，設有維修步道(如照片 4.9)，整個水域型太陽能光電系統用 10 個混凝土塊，每塊重 5 噸置於池底以固定整個系統(如照片 4.10)。

照片 4.8　採用 JA 晶澳生產的太陽能板

照片 4.9 Hirayama 水域型太陽能光電

照片 4.10　Hirayama 太陽能光電系統維修步道



照片 4.11 Hirayama 太陽能光電站固定方式

5. 9 月 30 日

上午拜訪兵庫縣加東市度屋大池水域型太陽能發電所，為 COMSYS 會社設置，由 COMSYS 會社富岡部長真一、近藤部長嗣紀及近藤恭一現場說明，此水域為農田灌溉蓄水池，水域深度 3M，系統擁有者為屋度自治會，分大池及更池共設置 250W 韓國現代所生產之太陽能光電板 8036 枚，總出力 2009KW(如圖 1)，剛完成 1.5 年，簽約時價格為每度 32 日圓，約 10 米一條鋼纜固定在岸邊如照片 5.1，每根 wire 承受 1.5T 拉力。浮台採用日本大阪市 Takiron engineering 公司出產如圖 5.2，先在岸邊組立太陽能版如圖 5.3，組立完成再用吊車吊至湖面，如圖 5.4，浮板與太陽能板組合依設置太陽能板直放或橫放不同可分 8 塊或 12 塊浮板與 9

片太陽能板兩種組合型式如圖 5.5，大池採直放如照片 5.2，更池採橫放如照片 5.3。另廠商反映原水池長藻類水生植物，但太陽板下方不會長藻類水生植物如照片 5.4，可見湖面裝太陽能發電系統可改善水質。

下午至二川工業在河原山池設置 1400KW 水域型太陽能光電，由二川工業茨木翔木現場解說，浮台採用法國 CT 公司如照片 5.3，太陽能板板直接放在 CT 浮台上面，角度固定 12 度，無需使用吊車(如圖 5.6)。採用 5,712 片夏普太陽能模組，施工期 6 個月。二川工業設置成本 1KW 約 30 萬日圓，設置時池底不能有 15 度傾斜，池底不要無水，否則人員易侵入偷竊，水位高低差控制在 3-6 公尺，主要為錨碇問題，大部份在 5M 內等規劃設計考量。在維修方面，約每月 1 次，檢查接線、電流電壓等問題，詳細檢查每年 1 次。電力變流器容量設置 1250KW，轉換效率較高，實際發電量超過 1250KW，顯示水域型發電效率比地面高 20%。

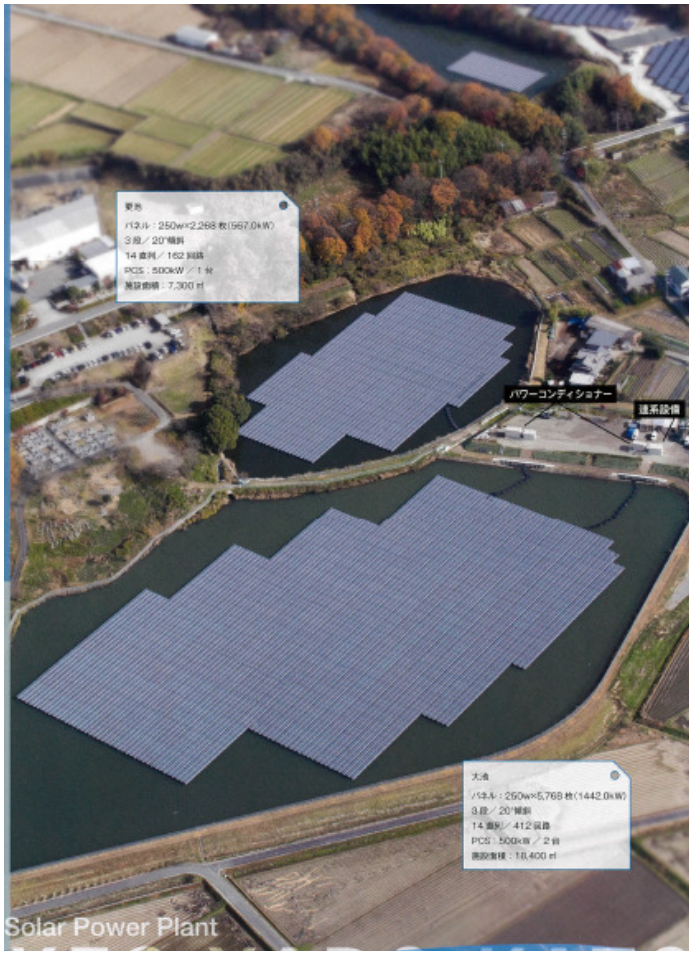


圖 5.1 加東市度屋大池水域型太陽能說明

圖 5.2 加東市度屋大池採用 HDPE 浮板

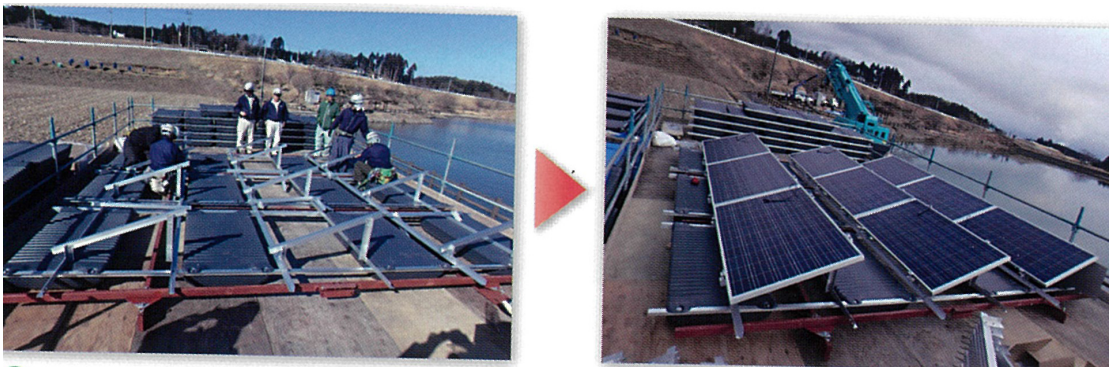


圖 5.3 太陽能板與浮板組立

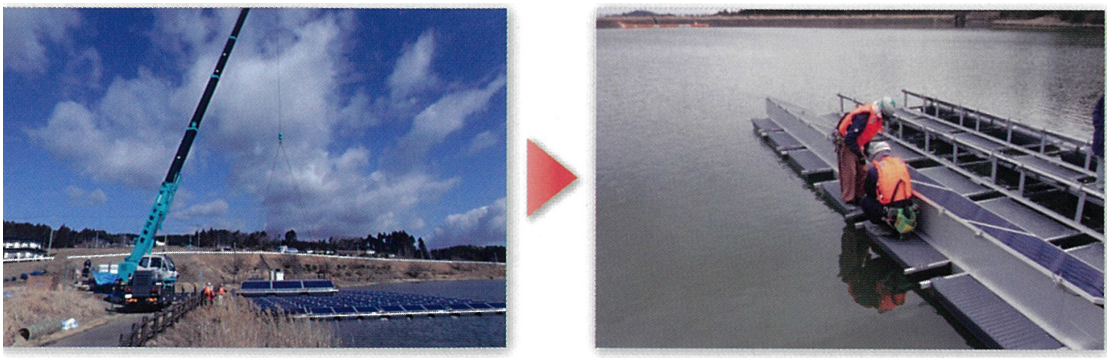


圖 5.4 太陽能板吊放至湖面再連結組立

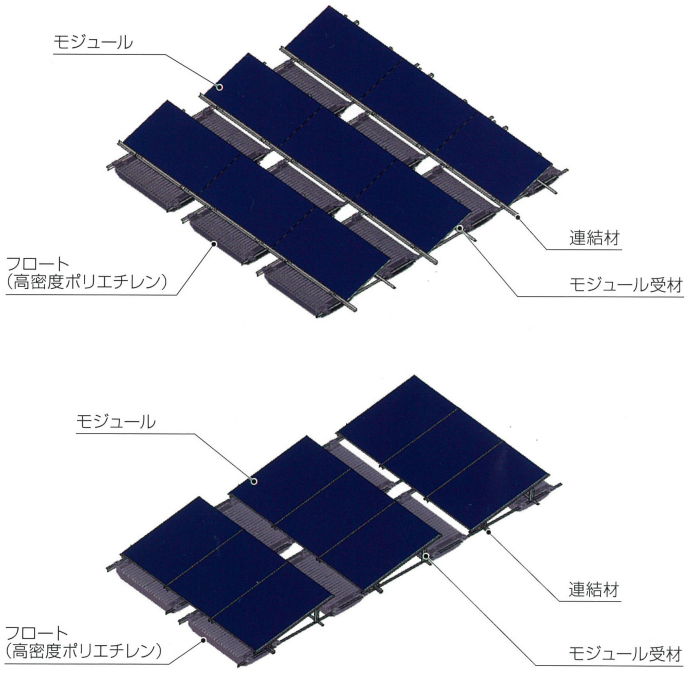


圖 5.5　浮板與太陽能板組合型式

照片 5.1 加東市度屋大池水域型太陽能錨碇

照片 5.2 加東市度屋大池太陽能板直放

照片 5.3 加東市度屋更池太陽能板横放

照片 5.4 加東市度屋大池水域型太陽能池塘藻類

圖 5.6　CT 浮台與太陽能版安裝圖

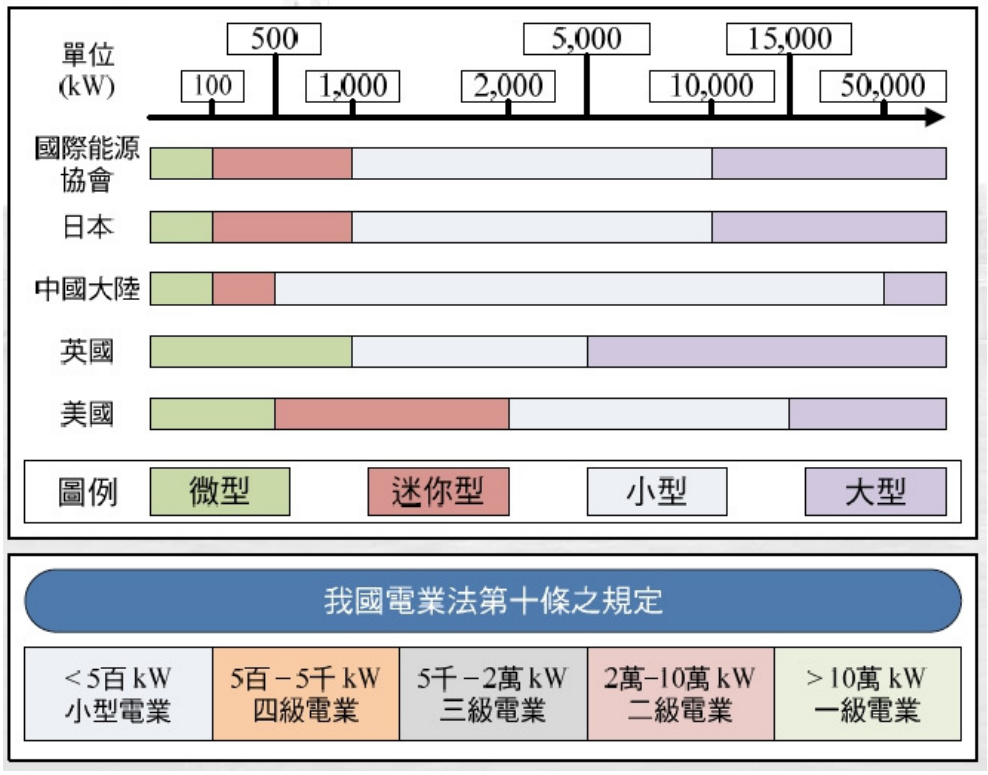
照片 5.5 河原山池水域型太陽能光電

三、 心得

(一)小水力發電

1.日本小型水力發電規模定義為 1000KW 以下，國內尚無明確定義，多以 100KW 至 20MW 內視為小水力發電，100KW 以下為微水力發電。本次參訪 4 處水力發電，嵐山保勝會、石田水環境保全中心水力發電裝置，在國內均屬微水力發電範疇，參考其實際發電量與投資費用，相較上關西電力二處，較無經濟效益，惟其維護成本低、對環境友善，且發電效益穩定持久，如能透過結合當地民眾參與，電力直接作為當地利用，降低其對電力供應之需求，仍值得開發利用。

2.關西電力為民營化企業，水力發電所之設置，係由關電自行尋求具有開發潛力場址，惟受限於環境條件，轄下地方幾無可再發展水力發電場址，即使環境條件允許，多僅能發展成本較為昂貴的小水力發電，成本與售電價格相近(每度 24~30 日圓)，因此以發電業者角度，對於水力發電採較保守投資策略。



圖三、世界各國水力發電規模區分示意圖

(二)沼氣發電

1.公共污水廠之用電需求，長期以來為下水道主管機關之定常負擔，未來公共污水處理廠如有規劃結合升級為再生水廠者，電力需求更為殷切，無論大阪市、京都市均以開創能源滿足廠內需求為重點發展項目，中濱污水處理廠既有沼氣發電已占總用電量近四分之一。

2.在日本電業自由化政策下，大阪市政府更積極與發電業合作，跨域整合，將污水處理廠轉型為燃料供應廠，透過電業相關法令與能資源整合技術，開創綠能商機，值得借鏡。

(三)太陽能光電

1.日本在太陽能長期（20 年）收購價格下，造成太陽能發電發展，依據日本業者反映，太陽能發電系統規模與經濟效益成正比，基本上以 1MW 為經濟規模。

2.依本次參訪經驗，相較於陸上型太陽光能發電廠，水上型的初期投入成本較高，水域型 1KW 要 25~30 萬日圓，最貴費用為電力公司為併接費用 200 萬至 2 億日圓，視饋線長度而定；隨著技術發展，浮台材質如採 HDPE，具有耐候性、耐食性，不影響水質，使用年限達 20 年特性。然考量土地出賃費用，水上的營運成本可顯著降低 (1 MW 水上型租金約 200 萬日圓/年，陸上型則需 800 萬日圓/年)。依據其經驗，水上型發電量約為陸上型的 1.2 倍，顯示水上型本益比逐漸拉近地面型，尤其水域型太陽能光電實際設置有減少藻類生長及發電效率較高等效益，可供國內發展參考。

四、建議事項

1.國內大型堰壩開發困難，較具經濟效益之水力發電場址多已完成開發利用，未來需再精進透過完善設計，利用灌溉渠道、河川中上游穩定放流水等合適地點開發小水力發電，雖不易以電力饋線售電，但可做為結合當地民眾參與及作為當地用電需求，並藉由對能源利用之認識，提升節約使用能源意識，營造綠色永續環境。

2.污水處理廠能耗需求大，因其具有生質能、太陽能及小水力發電潛勢，以厭氧消化方式處理下水污泥，不僅可達到污泥減量效益，更可發電及回收餘熱，大阪市更提升為燃料供應廠；槽池上方加蓋設置屋頂型太陽能光電以及放流水作為小水力發電，均為提供廠內能源來源，如能再結合鄰近地區產業熱能需求，更可發揮跨域加值功效。

3.水利相關設施所占土地面積大，可在不影響原功能下，於一定比率下施設太陽能光電系統，如污(淨)水處理廠槽池上方、農用池塘或水庫湖面設置，可解決太陽能光電土地競爭問題。

4.太陽能發電系統需配合電力輸配饋線，因此要在有較大面積同時需電力餽線容量夠，方能有經濟規模設置，水庫埤塘湖面在不影響原功能下，可大規模開發。