

出國報告

(出國類別：考察)

經濟部 105 年度臺加技術合作人員訓練計畫－水力發電及湖庫浮動式太陽能發電設置規劃及營運模式

服務機關：經濟部水利署

出國人職稱：正工程司

姓名：江俊生

出國地區：加拿大

出國期間：民國 105 年 8 月 17 日至 8 月 28 日

報告日期：民國 105 年 9 月

出國報告審核表

出國報告名稱：經濟部 105 年度臺加技術合作人員訓練計畫－水力發電及湖庫浮動式太陽能發電設置規劃及營運模式





出國人姓名	職稱	服務單位
江俊生	正工程司	經濟部水利署

出國類別	<input checked="" type="checkbox"/> 考察 <input type="checkbox"/> 進修 <input type="checkbox"/> 研究 <input type="checkbox"/> 實習 <input type="checkbox"/> 其他 _____ (例如國際會議、國際比賽、業務接洽等)
------	---

出國期間：105 年 8 月 17 日至 105 年 8 月 28 日 報告繳交日期：105 年 9 月 21 日

出國人員 自我檢核	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 checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	6.送本機關參考或研辦
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" 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： _____

出國人簽章	計畫主 辦機關 審核人	一級單位主管簽章	機關首長或其授權人員簽章
			 

說明：

- 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。

目 次

一、研習目的.....	3
二、研習行程安排.....	4
三、研習交流過程.....	5
四、研習課題探討.....	16
五、心得及建議.....	26
六、參考資料.....	28
附錄、本次出國研習向國外專家說明臺灣水電環境簡報.....	29

一、研習目的

因臺灣天然能源有限，多數幾乎仰賴進口，因此節能減碳及提升能源自給率，長期為我國各部門努力的目標。近期我國正研議推動電業法修正，以加速我國電業自由化，而考量以往經評估較不具經濟效益之小型水力發電，未來或可受該法開放民間事業經營發電或售電，而提升市場競爭及開發潛力；另近年部分國家為提升土地空間利用價值，亦有利用水庫或湖泊水面空間設置太陽能板進行發電並獲致良好實績，為擴展及提升再生能源推動新知與技術，個人爰申請參加本次至加拿大研習有關水力發電及太陽能發電相關技術研習行程。

本次研習地點加拿大，境內河流和湖泊眾多，為全球淡水面積最大的國家，由於水力豐富，70%以上用電來源來自水力發電，這也使得該國成為世界第二大水力發電國，另加拿大在發展再生能源亦不遺餘力。本次研習主要考察加拿大水力發電廠設置規劃及營運技術，並透過參加「第五屆國際潔能研討會（5th International Conference & Exhibition on Clean Energy）」研習目前國際再生能源推動設置情形，並與其它國家參加人員就水力發電及太陽能發電相關規劃及營運技術進行交流，研習他國技術並與世界接軌，以期對後續公務推展及我國再生能源推動有所助益。

二、研習行程安排

本次研習地點為加拿大，研習日期為 105 年 8 月 17 日至 28 日，各日研習行程及其研習重點如下表 2-1。研習主題為有關水力發電及太陽能發電設置規劃及營運技術交流，經與相關單位連繫安排，研習行程依時間序包括：1.參訪卑詩省溫哥華范度森植物園(VanDusen Botanical Gardens) 遊中心零耗能建築設計、2.拜訪卑詩省水電公司(BC-Hydro)、3.考察卑詩省水電公司 Stave falls 水電站、4.參加第五屆國際潔淨能源研討會及 5.參訪魁北克省水電公司(Quebec-Hydro)的 RIVIÈRE-DES-PRAIRIES 川流式水電站規劃營運。

表 2-1、各日研習行程及研習重點

日期	地點	研習行程	研習重點
8/17(三)	台北->溫哥華	去程	
8/18(四)	溫哥華	范度森植物園 (VanDusen Botanical Gardens)	參訪其遊客中心零耗能建築（零增用電、零增用水）太陽能發電規劃設計
		卑詩省水電公司 (BC-Hydro)	針對推動中水力發電或再生能源計畫規劃、推動及營運進行技術交流，並分享台灣浮動式太陽能案例
8/19(五)	溫哥華	卑詩省水電公司 Stave falls 水力發電站	參訪 Stave falls 水力發電站操作營運
8/20(六)	溫哥華->蒙特婁	車程	
8/21(日)	蒙特婁	蒙特婁	資料整理及蒙特婁市區再生能源利用考察
8/22(一)~ 8/24(三)		參加第 5 屆國際潔淨能源研討會 (International Conference & Exhibition on Clean Energy)	蒐集國際水力發電、太陽能發電規劃設置推動、經濟分析及營運模式等技術
8/25(四)		魁北克水電公司 RIVIÈRE-DES-PRAIRIES 水力發電站	參訪 RIVIÈRE-DES-PRAIRIES 水力發電站，及川流式水力發電穩定性及營運管理技術
8/26(五)~ 8/28(日)		蒙特婁->溫哥華 ->台北	回程

三、研習交流過程

行程一：參訪范度森植物園遊客中心零耗能建築

本次技術研習主題為水力發電及太陽能設置規劃及營運，筆者於 105 年 8 月 17 日上午至溫哥華范度森植物園(VanDusen Botanical Gardens)參訪其遊客中心綠建築零耗能設計，此植物園區占地 55 公頃，植物園區利用地熱、太陽能集熱及發電，另園區設有雨水集回收系統，並利用水生植物來過濾雨水並作為遊客中心沖廁及洗滌澆灌使用，達到零增用電、用水之“零耗能”(Zero-Net-Engery)的目標，詳圖 3-1 至圖 3-6。

該園區遊客中心外牆和內牆均採用素土夯實(素土是天然沉積形成的土層中沒有摻雜白灰、河流帶來的砂石的土)，並於屋頂種植花草，降低夏季建築物溫度及增加綠色覆蓋，極具環保綠建築特色。



圖 3-1、植物園入口



圖 3-2、植物園遊客中心



圖 3-3、遊客中心屋頂集熱系統



圖 3-4 設置太陽能系統供園區用電自給自足



圖 3-5、園區內雨水貯留水池及生態池



圖 3-6、利用水生植物自淨水體

行程二、拜會卑詩省水電公司(BC-Hydro)

1. 卑詩省水電公司簡介

卑詩省水電公司(BC-Hydro)成立於 1961 年，位於加拿大卑詩省（British Columbia Province），是加拿大最大的電力公司之一，電力供應服務卑詩省 95%的人口(詳圖 3-7)，直屬於加拿大卑詩省能源礦業與石油資源部，並受卑詩省公共事業委員會管轄。目前卑詩省水電公司共有 31 個下屬的水電機構和 3 個天然氣熱電廠，其角色類似台灣之台灣電力公司，負責國內主要電力生產、輸送及售電工作，並配合政府政策推動電力節能及再生能源推動。

2015 年加拿大卑詩省水電公司電力來源計有 98%為再生能源，主要來源為水力發電，多數水電站位於哥倫比亞河（Columbia River）和皮斯河（Peace River）。各水力電廠總裝機容量為 1,100 萬 kW，年總發電量約 430-540 億度(kW.h)。電力透過 1 萬 8,286 公里輸電線和 5 萬 5,254 公里配電線所組成的電力網絡進行調度配送。

另卑詩省水電公司為配合加拿大政府推動再生能源、培植水力產業技術及帶動產業發展，至 2014 年 10 月，卑詩省水電公司計與 92 個民營電廠(Independent Power Producers, IPPs)協議長期購電，總裝置容量達 341.9 萬 kW，年購電量為 165.85 億 kWh，占年供電總量約 25%，其中民營電廠主要為小水力或微水力發電廠為主，其中有 31 座民營電廠裝置容量在 10MW 以下，各民營電廠(IPP)清單如表 3-1 及表 3-2。

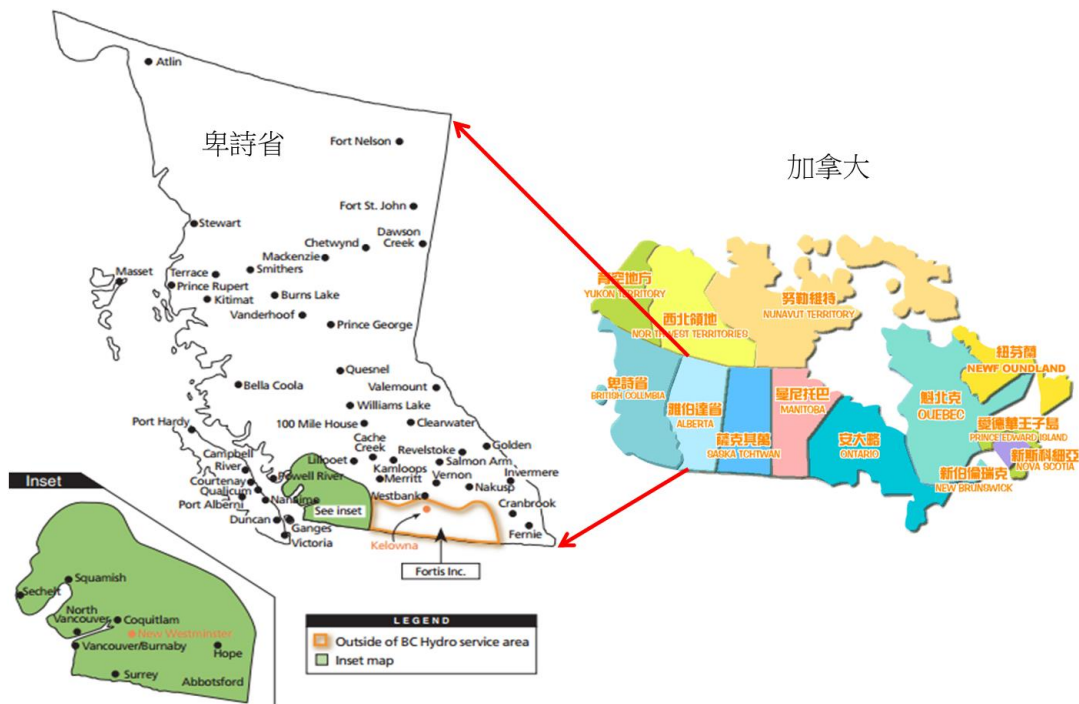


圖 3-7、卑詩省水電公司(BC-Hydro)服務範圍

表 3-1、卑詩省水電公司向民營電廠購電表(1/2)

Project Name	IPP/Seller	Location	Type	Call Process	Capacity (MW)	Energy (GWh/yr)
Coats IPP	Crofter's Gleann Enterprises	Gabriola Island	Non-Storage Hydro	1985 Negotiated EPA	< 0.5	1
Ocean Falls	Boralax Ocean Falls LP	Bella Bella	Non-Storage Hydro	1985 Non-Integrated Areas RFP	15	12
Mamquam Hydro	Atlantic Power Preferred Equity Ltd.	Squamish	Non-Storage Hydro	1988 Greater Than 5 MW	58	250
NWE Williams Lake WW	Atlantic Power Preferred Equity Ltd.	Williams Lake	Biomass	1988 Greater Than 5 MW	68	545
McMahon Generating	McMahon Cogeneration Plant JV	Taylor	Gas-Fired Thermal	1988 Greater Than 5 MW	105	840
McDonald Ranch	McDonald Ranch & Lumber Ltd.	Grasmere	Non-Storage Hydro	1989 Less Than 5 MW	< 0.5	< 0.5
Morehead Creek	Morehead Valley Hydro Inc.	Williams Lake	Non-Storage Hydro	1989 Less Than 5 MW	< 0.5	< 0.5
Seaton Creek Hydro (Homestead)	Homestead Hydro Systems	New Denver	Non-Storage Hydro	1989 Less Than 5 MW	< 0.5	1
Doran Taylor	Doran Taylor Hydro (JV partnership)	Port Alberni	Non-Storage Hydro	1989 Less Than 5 MW	6	23
Robson Valley (Ptarmigan Creek - RBV)	Robson Valley Power Corporation	McBride	Non-Storage Hydro	1989 Less Than 5 MW	4	26
Boston Bar Hydro (Scuzzy Creek)	Boston Bar LP	Boston Bar	Non-Storage Hydro	1989 Less Than 5 MW	6	38
Akolkolex	Canadian Hydro Developers, Inc.	Revelstoke	Non-Storage Hydro	1989 Less Than 5 MW	10	50
Walden North	Walden Power Partnership	Lillooet	Non-Storage Hydro	1989 Less Than 5 MW	18	54
Brown Lake Hydro	Brown Miller Power LP	Prince Rupert	Storage Hydro	1989 Less Than 5 MW	7	57
Soo River	Soo River Hydro	Whistler	Non-Storage Hydro	1989 Less Than 5 MW	13	65
Salmon Inlet (Sechelt Creek SCG)	MPT Hydro LP	Sechelt	Non-Storage Hydro	1989 Less Than 5 MW	17	68
Moresby Lake (QCPC)	Atlantic Power Preferred Equity Ltd.	Sandspit	Storage Hydro	1989 Non-Integrated Areas RFP	6	20
Hiuey Lake (SNP)	MPT Hydro LP	Dease Lake	Non-Storage Hydro	1993 Non-Integrated Areas RFP	3	5
Island Generation	V.I. Power LP	Campbell River	Gas-Fired Thermal	1994 RFP	275	2,300
Arrow Lakes Hydro	Arrow Lakes Power Corporation	Slocan	Storage Hydro	1998 Negotiated EPA	185	767
Hartland Landfill Gas Utilization	Capital Regional District	Saanich	Bioogas	2000 RFP	2	15
Hystad Creek Hydro	Valemount Hydro LP	Valemount	Non-Storage Hydro	2000 RFP	6	20
Miller Creek Power	Brown Miller Power LP	Pemberton	Non-Storage Hydro	2000 RFP	30	118
Upper Mamquam Hydro	Canadian Hydro Developers, Inc.	Squamish	Non-Storage Hydro	2001 Greater Than 40 GWh	25	108
Rutherford Creek Hydro	Rutherford Creek Power LP	Pemberton	Non-Storage Hydro	2001 Greater Than 40 GWh	50	172
Pingston Creek	Canadian Hydro Developers Inc and GLP Pingston Creek LP	Revelstoke	Non-Storage Hydro	2001 Greater Than 40 GWh	45	193
Eagle Lake C2 Micro Hydro	Pacific Cascade Hydro Inc.	West Vancouver	Non-Storage Hydro	2001 Less Than 40 GWh	< 0.5	1
Hauer Creek (aka Tete)	Hauer Creek Power Inc.	Valemount	Non-Storage Hydro	2001 Less Than 40 GWh	2	13
Marion 3 Creek	Marion Creek Hydro Inc.	Port Alberni	Non-Storage Hydro	2001 Less Than 40 GWh	5	18
Mears Creek	Synex Energy Resources Ltd	Gold River	Non-Storage Hydro	2001 Less Than 40 GWh	4	20
South Sutton Creek	South Sutton Creek Hydro Inc.	Port Alberni	Non-Storage Hydro	2001 Less Than 40 GWh	5	26
Brandywine Creek Small Hydro	Rockford Energy Corp.	Whistler	Non-Storage Hydro	2001 Less Than 40 GWh	8	34
McNair Creek Hydro	McNair Creek Hydro LP	Sechelt	Non-Storage Hydro	2001 Less Than 40 GWh	10	38
Furry Creek	Furry Creek Power Ltd	Lions Bay	Non-Storage Hydro	2001 Less Than 40 GWh	10	40
Vancouver Landfill Gas Utilization - Ph 1	VF Clean Energy, Inc.	Delta	Bioogas	2001 Less Than 40 GWh	6	40
Vancouver Landfill Gas Utilization - Ph 2	VF Clean Energy, Inc.	Delta	Bioogas	2003 Green Power Generation	2	15
China Creek Small Hydroelectric	Upnit Power LP	Port Alberni	Non-Storage Hydro	2003 Green Power Generation	6	25
South Cranberry Creek	Advanced Energy Systems 1 LP	Revelstoke	Non-Storage Hydro	2003 Green Power Generation	9	26
Zeballos Lake	Zeballos Lake Hydro LP	Zeballos	Storage Hydro	2003 Green Power Generation	22	93
Brilliant Expansion 1	Brilliant Expansion Power Corporation	Castlegar	Storage Hydro	2003 Green Power Generation	120	203
Ashlu Creek Water Power	Ashlu Creek Investments LP	Squamish	Non-Storage Hydro	2003 Green Power Generation	50	269
Pine Creek (Atlin)	XEITL LP	Atlin	Non-Storage Hydro	2006 Non-Integrated Areas RFP	2	5
Eldorado Reservoir	District of Lake Country	Kelowna	Storage Hydro	2006 Open Call	1	4
Barr Creek	Barr Creek LP	Tahsis	Non-Storage Hydro	2006 Open Call	4	16
Raging River 2	Raging River Power & Mining Inc.	Port Alice	Storage Hydro	2006 Open Call	8	30
150 Mile House ERG	EnPower Green Energy Generation LP	150 Mile House	Energy Recovery Generation	2006 Open Call	6	34
Savona ERG	EnPower Green Energy Generation LP	Savona	Energy Recovery Generation	2006 Open Call	6	41
Lower Clowhom	Clowhom Power L.P.	Sechelt	Non-Storage Hydro	2006 Open Call	11	48
Upper Clowhom	Clowhom Power L.P.	Sechelt	Non-Storage Hydro	2006 Open Call	11	48

表 3-2、卑詩省水電公司向民營電廠購電表(2/2)

Project Name	IPP/Seller	Location	Type	Call Process	Capacity (MW)	Energy (GWh/yr)
Tyson Creek Hydro	Tyson Creek Hydro Power Corp.	Sechelt	Storage Hydro	2006 Open Call	9	54
Bone Creek Hydro	Valisa Energy Inc.	Kamloops	Non-Storage Hydro	2006 Open Call	20	81
Bear Mountain Wind Park	Bear Mountain Wind LP	Dawson Creek	Wind	2006 Open Call	102	197
Kwoiek Creek Hydroelectric	Kwoiek Creek Resources LP	Lytton	Non-Storage Hydro	2006 Open Call	50	223
Brilliant Expansion 2	Brilliant Expansion Power Corporation	Castlegar	Storage Hydro	2006 Open Call	< 0.5	226
Upper Stave Energy	Innergex Renewable Energy Inc. (QC)	Mission	Non-Storage Hydro	2006 Open Call	60	264
Kwalsa Energy	Innergex Renewable Energy Inc. (QC)	Mission	Non-Storage Hydro	2006 Open Call	90	384
East Toba and Montrose	Toba Montrose General Partnership	Powell River	Non-Storage Hydro	2006 Open Call	196	715
Alcan Long Term Electricity Purchase	Rio Tinto Alcan Inc.	Kitimat	Storage Hydro	2007 Negotiated EPA	896	3,307
PGP Bio Energy Project	Canfor Pulp Ltd.	Prince George	Biomass	2008 Bioenergy Call	60	123
Celqar Green Energy	Zellstoff Celqar LP	Castlegar	Biomass	2008 Bioenergy Call	78	242
Cedar Road LFG	Cedar Road LFG Inc.	Nanaimo	BioGas	2008 Standing Offer Program	1	11
Cypress Creek	Synex Energy Resources Ltd	Gold River	Non-Storage Hydro	2008 Standing Offer Program	3	12
Canoe Creek Hydro	Canoe Creek Hydro Company	Ucluelet	Non-Storage Hydro	2008 Standing Offer Program	6	16
Fitzsimmons Creek	Fitzsimmons Creek Hydro LP	Whistler	Non-Storage Hydro	2008 Standing Offer Program	8	36
Lower Bear Hydro	Bear Hydro LP	Sechelt	Non-Storage Hydro	2008 Standing Offer Program	10	46
Upper Bear Hydro	Bear Hydro LP	Sechelt	Non-Storage Hydro	2008 Standing Offer Program	10	73
Armstrong Wood Waste Co-Gen (RVG)	Toiko Industries Ltd.	Armstrong	Biomass	2009 Negotiated EPA	20	163
Skookumchuck Power Project	Skookumchuck Pulp Inc.	Skookumchuck	Biomass	2009 Negotiated EPA	51	267
Dokie Wind	Dokie General Partnership	Chetwynd	Wind	2009 Negotiated EPA	144	375
Fraser Richmond Soil and Fibre	Fraser Richmond Soil & Fibre Ltd.	Richmond	BioGas	2010 CBB	1	8
Northwest Stave River	Northwest Stave River Hydro LP	Mission	Non-Storage Hydro	2010 Clean Power Call	18	65
Crowsnest Pass	Kensington Crowsnest Power L.P.	Sparwood	Energy Recovery Generation	2010 Clean Power Call	11	65
Jamie Creek	Jamie Creek LP	Gold Bridge	Non-Storage Hydro	2010 Clean Power Call	21	74
Skookum Power (aka Mamquam Skookum)	Skookum Creek Power Partnership	Squamish	Non-Storage Hydro	2010 Clean Power Call	25	95
Long Lake Hydro	Long Lake Joint Venture	Stewart	Storage Hydro	2010 Clean Power Call	31	139
Kokish River	Kwagis Power LP	Port McNeil	Non-Storage Hydro	2010 Clean Power Call	45	186
Cape Scott (formerly Knob Hill Wind)	Cape Scott Wind Farm Inc.	Port Hardy	Wind	2010 Clean Power Call	99	288
Quality Wind	Capital Power L.P.	Tumbler Ridge	Wind	2010 Clean Power Call	142	477
Northwood Green Power	Canfor Pulp Ltd.	Prince George	Biomass	2010 Integrated Power Offer	63	104
Powell River Generation	Catalyst Paper, general partnership	Powell River	Biomass	2010 Integrated Power Offer	38	151
Cariboo Pulp and Paper	Cariboo Pulp and Paper Company	Quesnel	Biomass	2010 Integrated Power Offer	61	172
Harmac Biomass	Nanaimo Forest Products Ltd.	Nanaimo	Biomass	2010 Integrated Power Offer	55	209
Kamloops Green Energy	Domtar Inc.	Kamloops	Biomass	2010 Integrated Power Offer	76	288
Howe Sound Green Energy	Howe Sound Pulp and Paper Corporation	Port Mellon	Biomass	2010 Integrated Power Offer	112	400
Nanaimo Reservoir #1 Energy Recovery	City of Nanaimo	Nanaimo	Energy Recovery Generation	2010 Standing Offer Program	< 0.5	1
Greater Nanaimo PCC Cogeneration	Regional District of Nanaimo	Nanaimo	BioGas	2010 Standing Offer Program	< 0.5	2
LP Golden Biomass	Louisiana-Pacific Canada Ltd.	Golden	Biomass	2010 Standing Offer Program	8	4
South Cranberry Creek 2	Advanced Energy Systems 1 LP	Revelstoke	Non-Storage Hydro	2010 Standing Offer Program	< 0.5	6
Squamish Power Project	Western Forest Products Inc.	Squamish	Storage Hydro	2010 Standing Offer Program	1	11
Haa-ak-suuk Creek Hydro	Haa-ak-suuk Creek Hydro LP	Ucluelet	Non-Storage Hydro	2010 Standing Offer Program	6	21
East Twin Creek Hydro	Valemount Hydro LP	McBride	Non-Storage Hydro	2011 Negotiated EPA	2	6
SEEGEN Burnaby Incinerator	Covanta Burnaby Renewable Energy, ULC	Burnaby	Municipal Solid Waste	2014 Negotiated EPA	25	166
92 EPAs					3,914	16,585

2.拜會重點：

105 年 8 月 17 日下午至卑詩省水電公司(BC-Hydro)拜訪，研習重點主要在卑詩省水電公司目前水力發電推動策略、既有水電站營運概況、推動中水力電廠計畫、既有水壩設施養護安全評估等工作，及相關節電措施，相關照片詳圖 3-7 至圖 3-8。加拿大卑詩省境內因具有豐富水力資源，卑詩省政府及該水電公司極力推展水力發電產業之 5 大理由為：(1) 水力資源是可重覆利用的潔淨能源、(2)水力發電廠營運及維護成本低，且使用年限長、(3) 水力資源為天然資源，取得水源單位成本極低，可充份利用、(4)穩定的電力帶動社會經濟成長，剩餘電力並可賣給鄰近地區，增加收益、(5)水力產業提供眾多就業機會。

另經了解，加拿大的用電尖峰主要在冬季之加熱用電，另因夏季水力較為豐沛，多餘水力發電量可售至其它鄰近地區，增加售電收益。另在卑詩省亦發展許多小水力 (Small-hydro)及微水力(Micro-hydro)發電，惟其多為民間公司投資設置及營運發電並併入區域電網售予卑詩省水電公司作區域供電調度。其中，卑詩省水電公司(BC-Hydro)在定義微水力電廠裝置容量低於 2MW，小水力電廠裝置容量是 2MW 至 50MW。

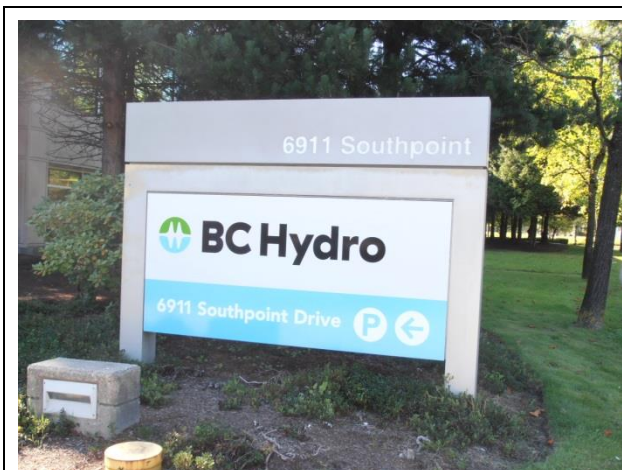


圖 3-7、卑詩省水電公司(BC Hydro)立牌



圖 3-8、與 BC Hydro 顏博士合影

行程三、參訪 stave lake 及其水力電廠

卑詩省水電公司所屬斯泰夫湖(stave lake)及其 stave falls 水力電廠位於溫哥華市區東側約 70 公里(詳圖 3-9)，其大壩建造於 1909 年，1912 年開始營運，壩高 18 公尺、壩長 122 公尺，為混凝土及堆石壩，蓄水容量 4.7 億立方公尺，營運迄今已超過 100 年，原於大壩下游側設有 5 座水力發電機組之電廠進行發電。卑詩省水電公司於 2000 年完成新設水力電廠興建，裝置容量由原裝機容量 52.5MW 提升至 90MW(2 部 45MW 卡普蘭渦輪機及發電機)，而目前原水力舊水力發電廠已改為遊客中心，展示有關大壩的建設歷史、水力發電簡介及相關施工文物，詳圖 3-10 至圖 3-13。

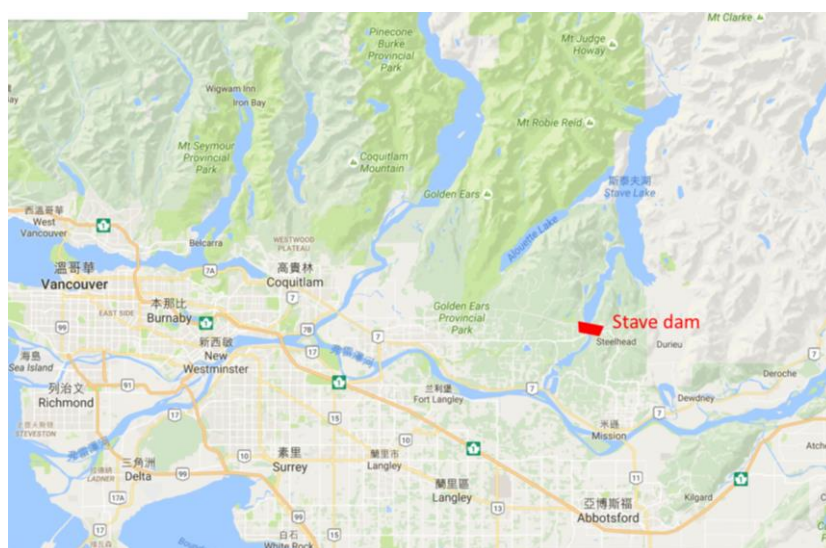


圖 3-9、卑詩省斯泰夫(stave)湖及其發電廠位置圖

表 3-3、stave 湖及及 stave falls 水力電廠諸元

Stave lake 諸元	1.溪流名稱	Stave Lake
	2.水庫容量	4.7 億立方公尺
	3.集水面積	1170 平方公里
	4.水域面積	62 平方公里
	5.建造時間	1909 年
	6.大壩長度	122 公尺
	7.大壩高程	EL.83.75 公尺
	8.大壩型式	混凝土及堆石壩
	9.溢洪道排洪能力	2*3,500cms
Stave falls 水力電廠諸元	1.發電機型式	卡普蘭渦輪機(Kaplan turbines)
	2.裝置容量	2 x 45MW
	3.年發電量	362GWh



圖 3-10、Stave 水庫



圖 3-11、Stave falls 發電站遊客中心入口



圖 3-12、舊 Stave falls 水力電廠

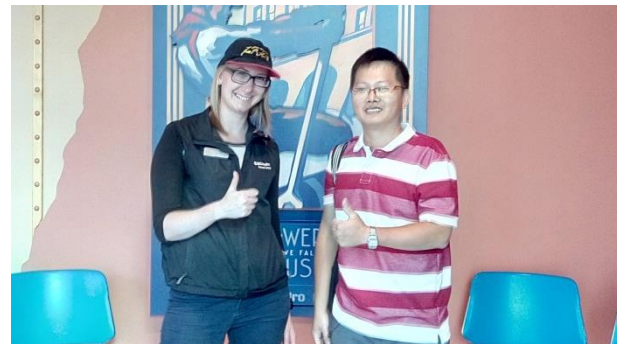


圖 3-13、與 Stave falls 發電站人員合影

備註：營運中之 Stave falls 水力電廠無法拍照。

行程四、參加第 5 屆國際潔能研討會

第 5 屆國際潔能研討會(International Conference & Exhibition on Clean Energy) 於 105 年 8 月 22 日至 24 日,在加拿大魁北克省蒙特婁 McGill 大學舉行,研討技術主題包括：
1. 再生能源貯留技術、2. 發電效率提升、3. 再生能源環境教育、4. 水力及太陽能發電設備材料及技術提升;5. 再生能源市場及經濟分析。

此次研討會共計 6 場專題演講,33 篇技術成果口頭發表及 18 篇技術成果海報展示發表。本次國際研討會筆者於行前已針對本次研習主題準備一份有關臺灣水力發電、浮庫式太陽能發電與水庫更新改善經驗相關簡報(詳附錄),並與來自各國參與者分享台灣經驗並技術交流。其中,來自加拿大及印度專家對於臺灣近年利用湖庫及滯洪池水域空間設置浮動式太陽能發電均給予高度支持,並建議在規劃設置時,應考量原蓄水設施功能優先確保,包括蓄水、供水、發電或觀光的功能,如獲確保後再利用其水域設置太陽發電系統,可提升附加價值並解決太陽能發電系統所需大規模空間需求,相關照片如圖 3-14 至圖 3-17。



圖 3-14、蒙特婁 McGill 大學研討會入口

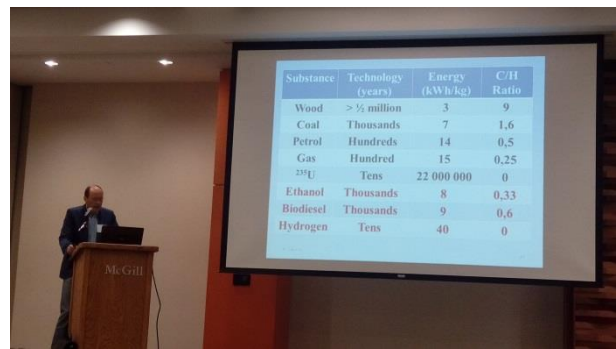


圖 3-15、專題演講分享各種再生能源比較



圖 3-16、與加拿大專家合影



圖 3-17、與印度專家合影

行程五、參訪魁北克水電公司 RIVIÈRE-DES-PRAIRIES 水力發電站

1. 魁北克水電公司簡介

魁北克水電公司(Québec-Hydro)主要負責加拿大魁北克省電力生產、輸送及電力分配，是全球最大水電公司，至 2014 年該水電公司計有 62 座水力發電站與 1 座核電站(補充發電使用)，總裝置容量 36,643MW，年發電量為 216,633GWh。電力透過 3 萬 4,187 公里輸電線和 11 萬 5,583 公里配電線所組成的電力網絡進行調度配送。所發電餘裕電力並輸送及販售至美國東北部地區，詳 3-18。

魁北克省因有豐富的水力資源，魁北克水電公司生產電力有 99%屬再生能源，其發電成本相較其它地區成本低(2014 年每度發電成本為加幣 2.01¢)，目前魁北克省售電價格為北美地區最低(詳圖 3-19)，每月 1,000 度用電稅前售價約 100 元加幣(每度約 2.45 台幣)

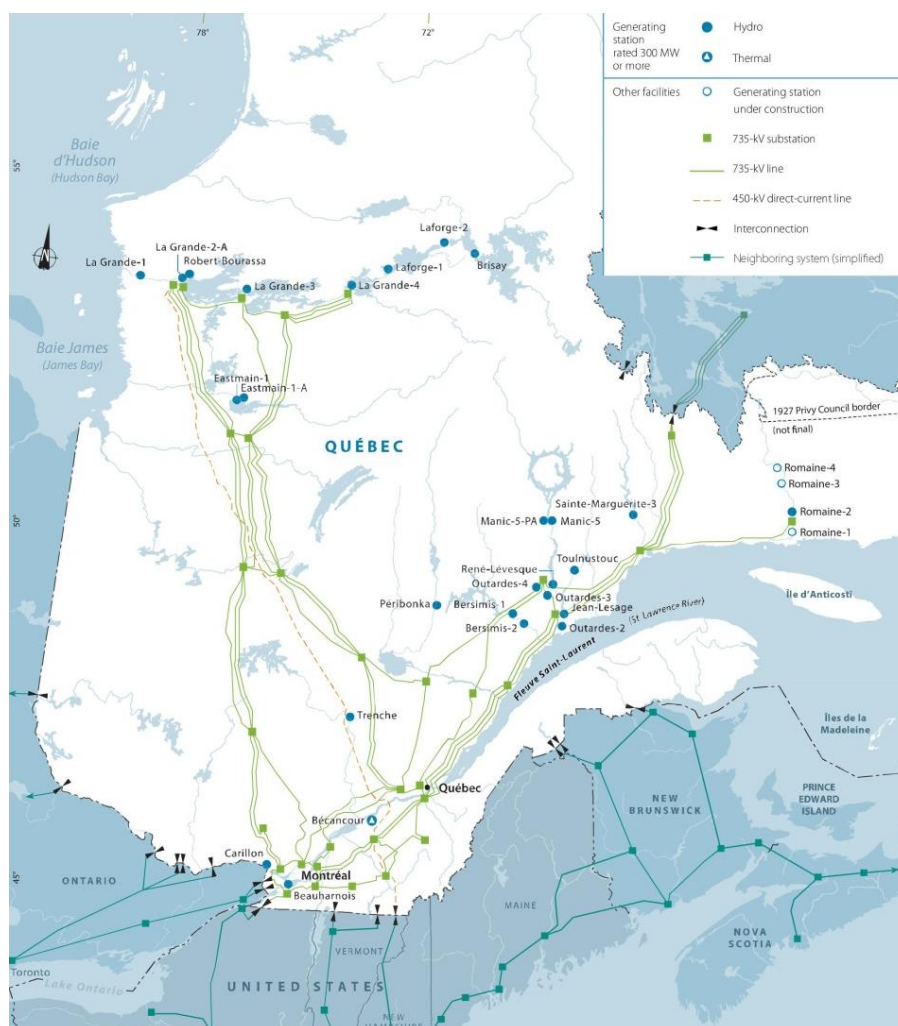


圖 3-18、魁北克水電公司主要設施位置圖(資料來源：參考資料 2)

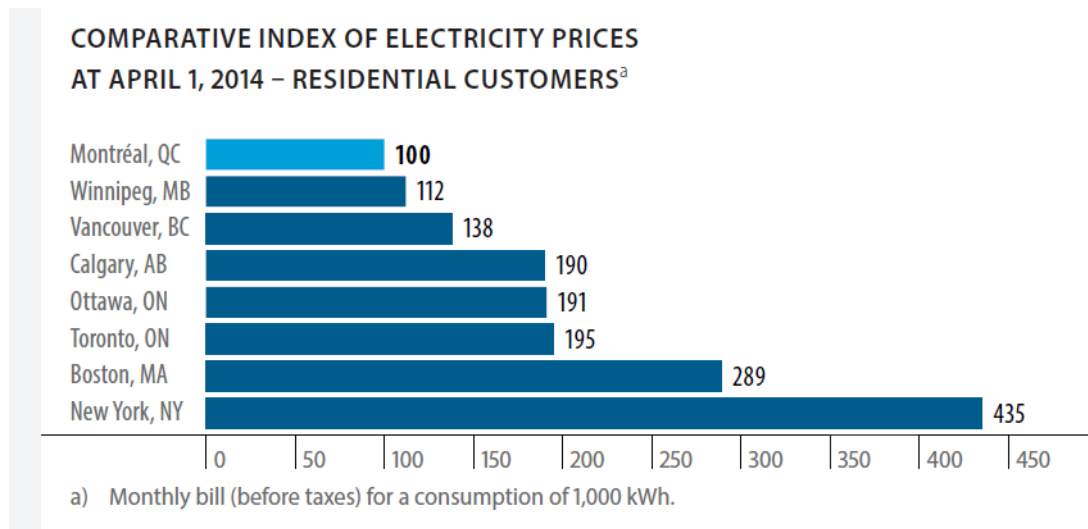


圖 3-19、北美地區 1000 度用電價格比較(資料來源：參考資料 2)

2. 參訪 RIVIÈRE-DES-PRAIRIES 水力發電站

此水力發電站位於魁北克省蒙特婁市郊之 RIVIÈRE-DES-PRAIRIES (里維耶爾-德普賴里)河，位置詳圖 3-20，其於 1930 年完工營運至今已逾 85 年，屬川流式水力發電，設計發電水頭僅 7.32-7.93 公尺，屬低落差水力發電，惟其河川具有豐沛水力資源，平均河川流量約有 1,000 秒立方公尺，透過 6 座卡普蘭(Kaplan)渦輪機發電機，每座發電機組裝置容量 8MW，合計裝置容量為 48MW，年總發電量為 362Gwh，相關諸元如表 3-4。此水力電廠座落於里維耶爾-德普賴里河中，電廠及排洪設施總長約 460 公尺，其中半斷面作為水力電廠設施，另半斷面作為通洪及發電水頭水位控制作。另該水力電廠工程師表示，該河段並未有漂流木及粗顆粒砂石問題，水質良好，其渦輪機磨損情形並不嚴重。另此水電站因位於大型主流河川中，為維持河川生態，該水電站亦設置魚道，相關照照片如 3-21 至圖 3-24。



圖 3-20、RIVIÈRE-DES-PRAIRIES 水力發電站位置圖

表 3-4、RIVIÈRE-DES-PRAIRIES 水力發電站諸元

水力電廠諸元	1.型式	川流式水力電廠
	2.建造時間	1929 年
	3.發電機型式	Kaplan turbines
	4.發電水頭	7.32-7.93 公尺
	5.裝置容量	48MW (6 部發電機組)
	6.年發電量	362GWh



圖 3-21、RIVIÈRE-DES-PRAIRIES 水力電廠入口指示牌



圖 3-22、RIVIÈRE-DES-PRAIRIES 水力電廠上游水域



圖 3-23、RIVIÈRE-DES-PRAIRIES 水力電廠
遠眺



圖 3-24、與 RIVIÈRE-DES-PRAIRIES 水力電
廠工程師合影

備註：RIVIÈRE-DES-PRAIRIES 水力發電站內無法拍照。

四、研習課題探討

本次研習拜會參訪加拿大卑詩省水電公司(BC-Hydro，位於溫哥華)及魁北克省水電公司(Quebec-Hydro，位於蒙特婁)，除了解加拿大水力發電推動概況、水力發電規劃及現地營運技術外，並參加第 5 屆國際潔能研討會研習國際再生能源推動技術、經濟分析及市場規劃等相關議題技術交流。針對本次研習之水力發電及浮庫設置太陽能發電主題，綜合本次各行程如下：

主題一、水力發電設置及營運規劃

加拿大卑詩省水電公司(BC-Hydro)自行開發及營運之水力發電站多主要為中大型水力發電站 (>100MW)，而為配合加拿大政府政策培植民間水力發電技術及產業發展，該水電公司亦出版「微水力發電站開發參考手冊」供民間公司推動參考，經由民營公司開發生產電力後再售給卑詩省水電公司，其中小水力發電站規劃之前置作業，需考量項目如表 4-1 及表 4-2。

而依據卑詩省水電公司(BC-Hydro)所出版之「微水力發電站開發參考手冊」，在開發水力發電過程中，除須評估確認發電潛能及發電量外，亦需評估其工程可行性、經濟可行性、法規可行性(包括水權申請、土地、環境影響、漁業、危險貨物流通)，其評估過程包括初步規劃及可行性規劃，進而研擬工程計畫、施工計畫及營運維護操作計畫等，本次參訪卑詩

省水電公司及魁北克水電公司之現場工程師均有提到，相關水電設施營運階段之操作與維護計畫，必須於規劃設計階段即要做好通盤考量，相關細部營運計畫、財源及設施操作保養手冊等，均應落實設計理念，以確保水電站能依設計發揮最大功能及設施正常營運。

表 4-1、卑詩省水電公司(BC-Hydro)之小水力發電開發作業手冊評估項目重點

重要工作項目	檢核項目
1.開發計畫概要	1.工作目的及檢視計畫需求 2.工作內容 3.經濟可行性 4.財務可行性
2.水力電廠位置擇選	1.發電水量、發電水頭 2.發電潛能【 $P=Q \times H \times 7.83$ ，P 為理論發電量(Kilowatts)，Q 為發電流量(m^3/s)，H 為發電水頭(m)】 4.綠色能源指標【可再生利用、低度衝擊、社會接受度、營運執照】 5.長期流量資料【水文資料】 6.水質【砂、石、浮木、化學污染及冰】 7.水權 8.外接電網距離及成本
3.成本及財務分析	1.初步建設成本估算 2.年成本估算(土地成本、稅金、水權費、電力傳輸維護、操作、維修) 3.發電收益估算(年發電收益、基金利息、門票及其它收益)
4.計畫推動需申請項目	詳表 4-2，包括：漁業保護、環境保護、水權、土地、歷史古蹟、森林防火、水質保護、文化影響評估、貨物輸送、建造、運轉
5.電網及售電	併網電壓評估、併網傳輸線、購電協議【Electricity purchase Agreement (EPA)】
6.建造	建造計畫書、可施工時間(避開洪水或環境衝擊季節)、材料供應、施工許可申請、施工管理
7.操作營運	營運維護預算、營運計畫、操作手冊、設施設計圖及設計準則、維護手冊、更新及營運紀錄

表 4-2、小水力發電計畫各階段推動申請程序

Act or Regulation	Relevant Project Phase			
	Initial Approval	Environmental Application	Construction	Operation
Fisheries Act (Canada)	•	•	•	•
Canadian Environmental Protection Act (Canada)	•	•		
Transportation of Dangerous Goods Act (Canada)			•	
BC Fish Protection Act	•	•	•	•
BC Fisheries Act	•	•	•	•
BC Land Act	•		•	•
BC Wildlife Act	•	•		
BC Environmental Management Act		•		
BC Waste Management Act			•	
Transportation of Dangerous Goods Act (BC)			•	
BC Heritage Act	•	•		
BC Soil Conservation Act			•	
BC Forest Act			•	•
BC Water Act	•	•	•	•
Forest Fire Prevention Regulations, B.C. Reg. 557/78.			•	•
Special Waste Regulations, B.C. Reg 432/82			•	•
Guidelines for the Use of Explosives in Canadian Fisheries Waters (DFO, Final Draft 1988)			•	•
Land Development Guidelines for the Protection of Aquatic Habitat (DFO and MoELP, 1992)			•	•
Navigable Waters Protection Act (DFO – Coast Guard)	•			
Environmental Objectives and Procedures for Water Crossings (MoELP, 1984)		•	•	•
Water Quality Criteria Approved and Working Criteria for Water Quality -1994 (MoELP, 1994)			•	•
Archaeological Impact Assessment Guidelines (Minister of Tourism and Minister Responsible for Culture, 1992)		•	•	

資料來源：參考資料 1。

此次研習亦蒐集到國內較少見之微水力發電類型案例，特別是於自來水管及灌溉管路高水壓處裝設微水力發電設備，其原理係以管內之高水壓驅動發電機組發電，如此可同時達到送水管路減壓及發電功能（Pressure Reducing Value Hydro Power，詳圖 4-1、圖 4-2 及圖 4-3）。此發電類型案例，未來或可提供國內既有及新設管路減壓設施參考，並可參考此案例改以裝設微水力發電減壓替代，以增加綠能發電效益，所得電力亦可就近提供附近使用或併入電網提供區域使用。



圖 4-1、西溫哥華市區於自來水管裝設微水力發電系統(200kw)替代減壓閥



A 23 kW PRV Hydro project, recently constructed in the District of North Vancouver.

圖 4-2、北溫哥華市區自水管減壓水力發電系統(PRV Hydro Project，23KV)

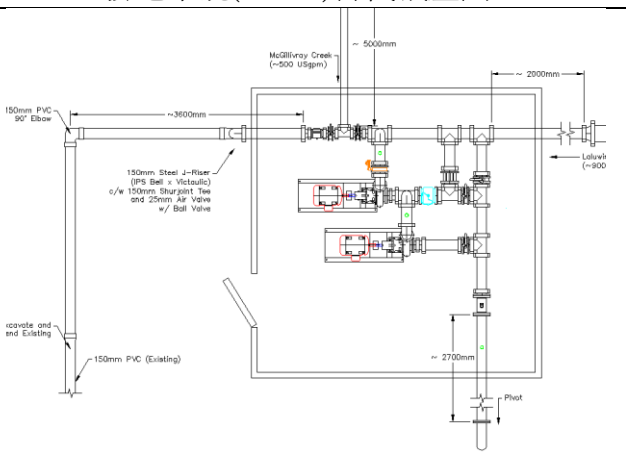


圖 4-3、灌溉管路減壓水力發電系統設計圖及發電機組(PRV Hydro Project，21KV)

如以加拿大卑詩省水電公司對微水力發電機組定義(裝置容量2,000KW以下)，目前臺灣地區微水力電廠包括桂山發電廠(桂山機組、粗坑機組及軟橋機組)、蘭陽發電廠(含圓山機組及天埤機組)、大甲溪發電廠(含社寮機組及后里機組)、明潭發電廠(含北山機組及濁水機組)、高屏發電廠(含六龜機組及竹門機組)、東部發電廠(含龍溪、水簾、清水、清流、榕樹、初英及溪口等分廠機組)、東興發電廠、名間發電廠、烏山頭發電廠、西口發電廠及卑南發電廠等實例，總計含分廠機組共有23座電廠(詳表4-3及表4-4)。其中，其小水力電廠之水輪機機組型式，共有豎軸卡普蘭式、豎軸法蘭西斯式、貫流式(Cross-flow turbine)、橫軸法蘭西斯式、管狀(S - type)、橫軸佩爾頓式與豎軸單輪單流渦卷型等七種，其中以橫軸法蘭西斯式有10座為最多。另在工業循環水系統中，中鋼公司設置2部微水力發電機組(最大輸37 kW)，利用熱軋軋延產線之冷卻水以重力流排放至鐵鑄坑的水位高度差發電，將所產生的電力供給電氣室空調系統及熱軋盤捲區照明設備使用。此二座低水頭、大流量與高轉速比之軸流式水力發電機組，係與國內輸水泵專業廠商共同開發。

表4-3、臺灣河川小水力電廠(1/2)

電廠	發電方式	廠房	所屬水系	設計發電水頭(公尺)	單機設計流量(CMS)	總流量(CMS)	機組數	總裝置容量(MW)	發電機組	年發電量(度)	操作單位	完工(更新)時間(民國)	
桂山發電廠	桂山機組	川流式	地面式	南勢溪	53.8	16	32	2	13	豎軸卡普蘭式	8,000 萬	台電公司	30
	粗坑機組	川流式	地面式	新店溪	21.78	27.08	27.1	1	5	豎軸法蘭西斯式	3,600 萬	台電公司	81
	軟橋	川流式	地面式	上坪溪竹東圳	7.7	3.2	3.2	1	0.22	貫流式(Cross-flow turbine)	170 萬	台電公司	81
蘭陽發電廠	圓山機組	川流式	地面式	蘭陽溪	70	18.5	37	2	18	豎軸法蘭西斯式	8,600 萬	台電公司	30
	天埤機組	川流式	地面式	蘭陽溪	39.39	7.8	31.2	4	8.375	橫軸法蘭西斯式	4,560 萬	台電公司	11
大甲溪發電廠	社寮機組	川流式	地面式	大甲溪	27.3	4.5	4.5	1	0.9	橫軸法蘭西斯式	600 萬	台電公司	83
	后里機組	川流式	半地下式	大安溪	72.4	1.64	3.28	2	1	橫軸法蘭西斯式	800 萬	台電公司	前 1
明潭發電廠	北山機組	川流式	地面式	濁水溪	51.2	10.2	10.2	1	4.32	橫軸法蘭西斯式	2,100 萬	台電公司	10
	濁水機組	川流式	地面式	濁水溪	15.62	30	30	1	3.67	橫軸法蘭西斯式	2,422 萬	台電公司	100
高屏發電廠	六龜機組	川流式	地面式	荖濃溪	30.6	8.7	8.7	2	4.5	橫軸法蘭西斯式	1,279 萬	台電公司	83
	竹門機組	川流式	地面式	荖濃溪	22.51	14	14	1	2.67	管狀(S - type)	759 萬	台電公司	98

表4-4、臺灣河川小水力電廠(2/2)

電廠	發電方式	廠房	所屬水系	設計發電水頭(公尺)	單機設計流量(CMS)	總流量(CMS)	機組數	總裝置容量(MW)	發電機組	年發電量(度)	操作單位	完工(更新)時間(民國)	
東部發電廠	龍溪機組	川流式	地下式	木瓜溪	242	2.4	2.4	1	4.7	橫軸法蘭西斯式	2,950 萬	台電公司	74
	水簾機組	川流式	地下式	木瓜溪	69.6	16.68	16.7	1	9.5	豎軸法蘭西斯式	6,900 萬	台電公司	73
	清水機組	川流式	地面式	木瓜溪	406	0.84	2.52	3	7	橫軸佩爾頓式	4,400 萬	台電公司	28
	清流機組	川流式	地面式	木瓜溪	105	4.9	4.9	1	4.2	橫軸法蘭西斯式	2,896.7 萬	台電公司	74
	榕樹機組	川流式	半地下式	木瓜溪	20	16.64	16.6	1	2.7	豎軸卡普蘭式	1,700 萬	台電公司	56
	初英機組	川流式	地面式	木瓜溪	19.5	15.75	15.8	1	2	豎軸卡普蘭式	1,300 萬	台電公司	30
	溪口機組	川流式	地下式	壽豐溪	39.6	8.3	8.3	1	2.7	橫軸法蘭西斯式	1,450 萬	台電公司	30
東興發電廠	川流式	地面式	利嘉溪	17	3	6	2	0.9	豎軸單輪單流渦卷型	283 萬	台電公司	31	
名間發電廠	川流式	地面式	濁水溪	61	30.5	61	2	16.7	豎軸卡普蘭式	7,600 萬	名間公司	97	
烏山頭發電廠	川流式	半地下式	曾文溪	24.1	41	41	1	8.75	豎軸卡普蘭式	4,217 萬	嘉南實業有限公司	91	
西口發電廠	調整池式	半地下式	曾文溪	24.5	52	52	1	11.52	豎軸法蘭西斯式	4,200 萬	嘉南實業有限公司	96	
卑南發電廠	川流式	地面式	鹿野溪	52.2	2.65	5.3	2	1.98	橫軸法蘭西斯式	1,620 萬	聚電企業開發股份有限公司	93	

加拿大因具有豐沛天然水力資源及地形落差條件，不論是水力發電開發規模、效益及市場均具有先天優勢及競爭力，長期發展以來，加拿大已群聚相關產業及研發技術領先，包括各種尺寸及型式之水輪機、發電機、軸承、控制系統等主要設備研發及製造，可降低水力發電設備投資成本，提升競爭力。

主題二、湖庫浮動太陽能發電設置及營運規劃

太陽能因具「取之不盡，用之不竭」優點，可作為人類能源來源，加上臺灣地處亞熱帶，日照時間長、日光偏斜角度小，適合發展太陽能。惟相較其它再生能源，太陽能發電需要較大土地面積大且其成本較高。

近年日本為解決土地不足，大型陸地太陽能電廠不易推動問題，開始發展水域型太陽能光電，經過實例開發結果，得到水域型浮動式太陽能發電相較陸地型太陽能發電，冷卻效果好，發電效率也比較高，而且可以減少蓄水池蒸發量，並防止藻類大量繁殖之經驗。另日本已於2016年在日本東京千葉縣山倉水庫（Yamakura Reservoir），建置一裝置容量13.7MW水域式巨型太陽能發電廠，該電廠由5萬1千片漂浮在水庫上的太陽能電池所組成，覆蓋面積達到18萬平方公尺，預計於2018年營運供電後，預估屆時每可發電

1,617萬度，為目前世界推動中最大漂浮式太陽能電廠。

而為提升再生能源比例，近年臺灣亦有參考他國於水域設置浮動式太陽能發電系統案例，其中國內首例為 2016 年於屏東縣佳冬鄉武丁抽水站前池水域完成「浮動式太陽能發電系統」(圖 4-4)，初期裝置容量為 102KW，終期為 499KW。另經濟部水利署亦已推動高雄阿公店水庫水上太陽能板建置，預估完工後，每年可發電 600 萬度(約 1500 戶家庭一年用電量)；並視其成效再推廣至南化、曾文、牡丹水庫等中南部水庫。惟因台灣多颱風且豐枯季節明顯，湖庫水位上下變化大，在規劃設置浮動式太陽能發電系統時，須考量水庫規模、日照條件、水庫在地環境、水文特性(水位變化、降雨、蓄水、豪雨)，另包括營運及太陽能板清洗維護作業，且不影響水庫正常運作為原則。



圖 4-4 屏東縣佳冬鄉武丁抽水站前池浮動式太陽發電系統

另本次至蒙特婁參加第五屆國際潔能研討會，相關太陽能發電效能提升技術成果，均有提到太陽能板的溫度愈高，光子轉化成電力效果愈差，相關研究顯示太陽能板溫度每增加 1 度，發電效率將降低 0.4%~0.5%，並建議太陽能發電系統要有良好的散熱設計，才能維持太陽能發電效能及降低發電成本。另由相關國外水域太陽能發電系統實際運轉經驗顯

示，水水域太陽能周邊水體可反射太陽光提高光照度，且可降低太陽能電池表面溫度，域上浮動太陽能可比陸上太陽能發電系統高出約 10%發電量。

另依日本兵庫縣北播磨縣民局「浮力式太陽發電實證實驗報告書」，在兵庫縣小野市淨谷新池設置水域型太陽能發電系統，並與鄰近縣民局屋頂的太陽能發電系統進行發電比較，顯示在相同的條件下，由於水體具有冷卻效果，水域型太陽能發電系統發電量高於屋頂型太陽能發電系統，平均較陸上型增加15%發電量。

上述相關技術成果顯示，利用湖庫設置規劃太陽能發電系統，不僅可解決土地不足問題，且散熱較陸上型太陽能佳且發電量較佳，確屬其推展的優勢。惟因湖庫浮動式太陽能發電設施其漂浮設備要求較高，組件長期在潮濕環境，須有良好抗腐蝕性能、低密度(浮力)、抗風浪等特性，且設備的安全性、浮台的承載能力和使用年限等，均要依個案條件特評估考量，另單位發電成本亦較風力及水力發電高，為推動劣勢。水域浮動式太陽能發電系統優劣比較詳表 4-5。

表 4-5、水域浮動式太陽能發電系統優劣比較

優勢	劣勢
<ul style="list-style-type: none"> ● 提高水域附加價值，增加經濟效益。 ● 提高發電效能：水體對對電池板有冷卻作用，依據相關試驗顯示，電池板的溫度若降低 1°C，可獲高出 10% ~ 15%的發一電量。 ● 改善水質及節約水資源：水上太陽能發電系統的遮擋可以減少光合作用，抑制藻類生長、改善水質。並可以減少蒸發水量，節約水資源。 ● 節省土地資源：可以規避土地不足之限制，且水域型太陽能光電系統沒有支架基礎開挖，降低環境開發及有利水土保持。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 漂浮設備要求高：須有良好的抗腐蝕性能、低密度、抗風浪等特性，要嚴謹考量組件長期在潮濕環境中設備的安全性、浮台的承載能力和使用年限。 ● 選址要求高：需在逕流穩定、風速低、光照條件好、水位變化小、開發條件較好、無航運、非生態敏感區等水域。 ● 不確定因素多：大風、水位等因素變數大，另需監測太陽能設備對水質、水中魚類、植物等有無影響。 ● 施工難度較大：施工過程需考慮水上作業，及浮動設備固定。 ● 單位發電成本較高。

近年太陽光電技術發展迅速，臺灣已成為全球第二大太陽能電池生產國，設置太陽能光電發電系統地點也趨於多元化，從屋頂型、陸上型至建築外牆及遮雨棚等都是目前設置太陽能光電設備地點。如今全球多個國家也已經陸續發展出水域型浮力式太陽能發電系統技術，並將太陽能板以浮動方式設置在水面上，如魚塢、滯洪池、水庫、調整池或埤塘等，現階段水域型浮動式太陽能發電以日本最多，英國次之。

水域型太陽能發電系統係利用池塘、湖泊、水庫或蓄水池，設置利用浮台搭載太陽能電池板的太陽能發電設施，適合於水底平整、水深及水位穩定的水體裝設，並需考量發電量、施工難易、申請期程及營運管理，其設置規劃及營運考量重要因子如表4-6 所示(參考資料4)。

表4-6、湖庫太陽能發電設置規劃及營運考量重要因子

篩選項目	篩選因子	重要性	備註
技術性	鄰近台電饋線且有餘裕容量	高	必要條件； 若無此條件則優先篩除
	月平均水位變化 10 公尺以下	高	必要條件； 若無此條件則優先篩除
	選擇水深 20 公尺以下場域	中	
	交通便利且可及性高	中	
環境性	湖庫入流取水型式(以離槽水庫為優先)	高	必要條件； 若無此條件則優先篩除
	非屬生態敏感地區(如國家級重要濕地)	高	必要條件； 若無此條件則優先篩除
	湖庫流速建議 1m/s 以下	中	
	湖庫流向	低	
適法性	法規可行性	高	必要條件； 若無此條件則優先篩除
	土地權屬：優先選擇公營或國營單位轄管之水體	中	
經濟性	等效日照時數	低	
	可規劃設置面積	低	

另參考日本湖庫浮動式太陽能發電推動經驗，其推動及營運模式主要有以下三種(如圖4-5至圖4-7，參考資料4)：1.第一種模式為電力營運廠商提出開發方案及主導計畫，水域擁有者提供湖庫水面，由設備商及施工業者興建。營運後由電力營運廠商統籌事業經營方向，水域擁有者對水域型太陽能光電設備進行營運維護；2.第二種模式為水域擁有者主導計畫，由

設備商及施工業者提出開發方案及興建。營運後水域擁有者對水域型太陽能光電設備進行營運維護；3.第三種模式設備商及施工業者向水域擁有者租借水域水面後，進行開發興建。營運後設備商或施工業者經營管理，水域擁有者僅執行水源維護管理。上述營運模式可作為臺灣推動湖庫水域設置太陽能發電系統參考。

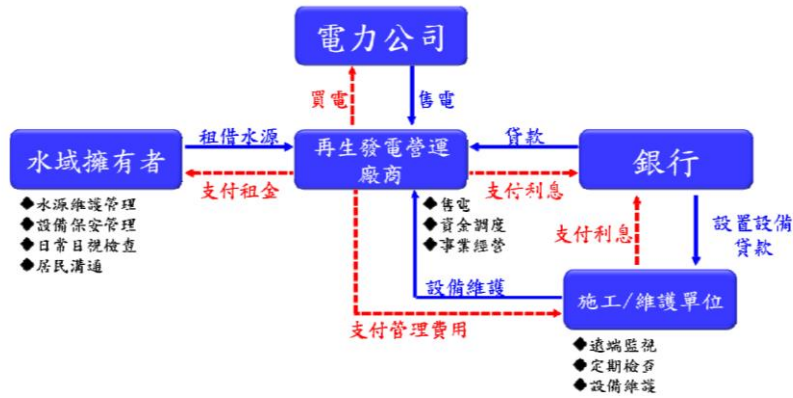


圖 4-5、日本由電力營運廠商主導浮動式太陽能發電開發模式

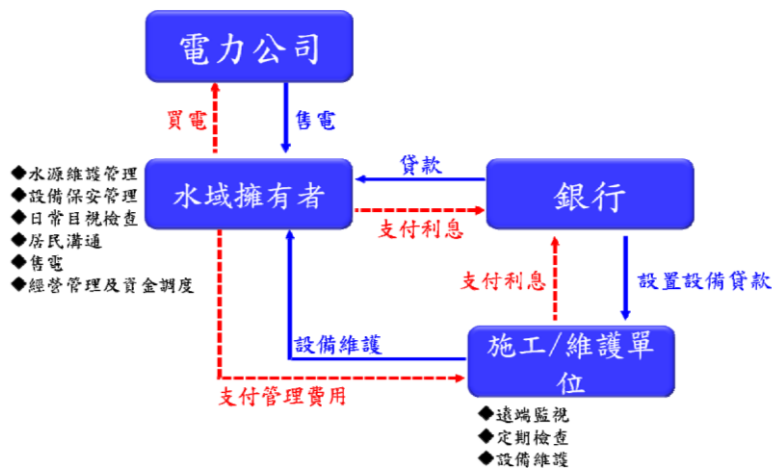


圖 4-6、日本由水域擁有者主浮動式太陽能發電開發模式

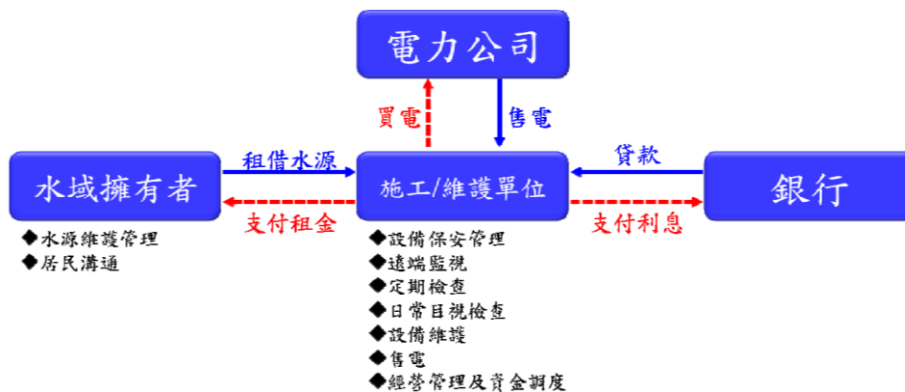


圖 4-7、日本由設備商或施工單位主導浮動式太陽能發電開發模式

五、心得及建議

現值臺灣大力推展再生能源之際，本次有幸至加拿大參加技術研習，感謝各級長官及相關單位協助，且特別感謝駐加拿大台北經濟文化辦事處經濟組陳新發副組長及陳時泰秘書協助安排並陪同參訪魁北克水電公司(Quebec-Hydro)所管 RIVIÈRE-DES-PRAIRIES 水力發電站。

本次研習時間扣除交通時間雖僅有 6 天，在各單位協助下，本次研習仍安排包括：1.參訪卑詩省范度森植物園 (VanDusen Botanical Gardens) 遊客中心零耗能建築設計、2.拜訪卑詩省水電公司(BC-Hydro)、3.考察卑詩省水電公司 Stave falls 水電站、4.參加第五屆國際潔能研討會及 5.參訪魁北克省水電公司(Quebec-Hydro)的 RIVIÈRE-DES-PRAIRIES 川流式水電站規劃營運。此次技術研習除學習他國經驗、現場交換意見外，並蒐集相關技術資料供後續業務推動參考，收穫良多且成果豐碩。並提供以下結論及建議供後續參考：

- (一) 本次參訪溫哥華范度森植物園遊客中心零耗能(Net-Zero-Energy)綠建築設計，該園區透過太陽能設置、雨水回收自淨處理使用，園區內用水及用電均能達自給自足目標，減少政府單位開發電力壓力。而考量在臺灣電力有限困境下，未來或可參考此案例要求國內一定規模以上之用電單位，自備一定比例再生能源或繳交一定費用由政府代為推動。
- (二) 在參訪加拿大卑詩省水電公司(BC-Hydro)及其微水力(<2MW)電廠推動模式，微電廠除可引人民間廠商投資營運(IPPs)外，並可促進國內產業及技術發展，並可降低政府營運管理人力。另因併電網成本為新設微電廠之單位發電成本關鍵因素，因微水力電廠位址多位於郊區，如要併入電網供電恐因距離過遠而大幅增加單位發電成本，而致益本比(B/C)小於 1.0，爰後續建議微電廠推動，可優先供應在地需求。
- (三) 另此次亦見習到加拿大溫哥華之於高壓輸水管線設置微水力電廠，其利用高壓驅動發電機組發電(PRV hydro project)，達到管路減壓及附帶發電效益案例，目前臺灣幾無此類型發電設施，建議未來可進一步參考推動，特別是既有或新設減壓設施後續可參考

評估應用。

- (四) 因台灣河川豐枯變化大且枯水期流量甚少，水量不穩定，難以像加拿大於主流河川廣置川流式水力發電廠，建議後續考量臺灣特殊地形、水文及氣候條件，因地制宜優先檢討評估既有輸水路及灌溉渠道，或市區排水(有穩定都市排放水量)推動川流式微水力電廠，並就近供應周邊用電需求。
- (五) 經參加第五屆國際潔能研討會，了解目前多數國家均積極推動再生能源，本次研習國家加拿大亦積極推動水力發電、地熱、風力及太陽能等再生能源，而因發電成本是最後的競爭力，雖目前微小型水力發電及太陽能單位發電成本較高，惟後續發電效能及產業發展，未來仍有下降空間，建議未來應持續扶植國內相關產業、促使技術升級及關鍵組件能本土化，降低設置成本，提高市場投資誘因。
- (六) 湖庫設置浮動式太陽發電系統，從日本實際經驗及相關研究顯示，水域太陽能散熱較好，相同條件下可較陸上型太陽能發電量平均增加 10%以上，且可減少蒸發及解決土地不足問題，其為推動優勢，惟因台灣多數湖庫水位變化大、易受颱風影響安全，建議後續規劃以離槽水庫、備援水池或埤塘優先推動，其中桃園地區具有相當多的埤塘且水位變化小，可考量推動，另中庄調整池屬離槽人工湖，具有超過 70 公頃大範圍湖面空間及水位變動小等性，未來均有設置浮動式太陽能發電系統潛力。

六、參考資料

1. Handbook for Developing Micro Hydro in British Columbia, Bc-Hydro, 2004。
2. Hydro-Quebec Annual Report 2014。
- 3.水面浮動太陽能發電技術，核能研究所燃材組 馬維揚 蔡家揚 楊村農。
- 4.臺灣地區湖庫設置太陽能光電設施初步規劃評估工作執行計畫書，經濟部水利署水利規劃試驗所，2016。
- 5.卑詩省水電公司網站 <https://www.bchydro.com/index.html>。
- 6.魁北克省水電公司網站<http://www.hydroquebec.com/>。

Environment of Taiwan's water and electricity



Name : Chiang, Chun-Sheng

Organization : Water Resources Agency, Ministry of Economic Affairs, Taiwan(ROC)

Position: Water resource management division/Engineer

Work: water resource facilities design, construction management etc.

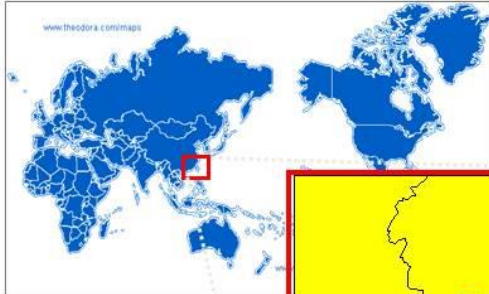
E-mail: ccs5128@gmail.com

Outline of introduce Taiwan

- I** Water Environment
- II** Electricity generation and supply
- III** Existing penstock reform to hydraulic desilting passway in Shihmen Reservoir
- VI** Future prospect

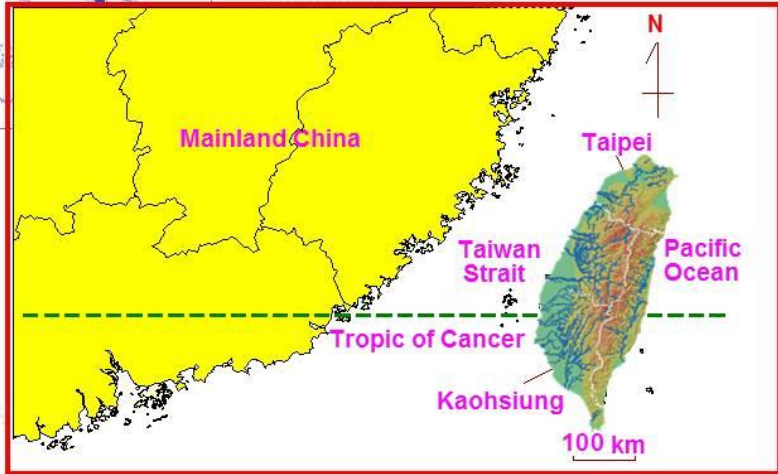
Water Environment of Taiwan

Geographic Location

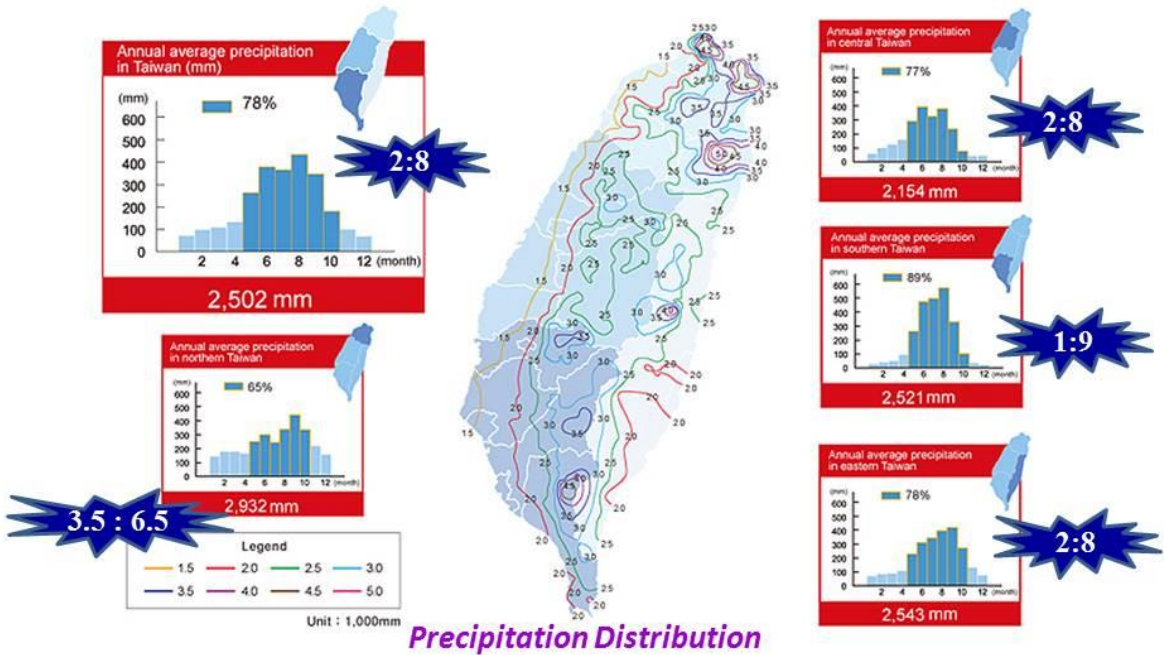


Area: 36,188 km²

Tallest Mount.: 3952-meter



Char. of Rainfall



Taiwan

Multi-Hazards



Responsibility of WRA



- **Flood Control and Coastal Protection**

- Administration of **river levees** and **sea dikes** under central government jurisdiction.

- **Water Resources Management**

- Water resources **development** and **allocation**
- Supervision of **reservoir** operation and management

- **Water Administration and Management**

- Planning and announcement of **boundaries** for rivers and sea.
- Supervision of regulations and plans for **river dredging affairs**.
- Groundwater conservation and **land subsidence prevention** implementation.

Responsibility of WRA



● Hydrological Observation

→ Including **collection** and **analysis** of surface water, groundwater and coastal hydrological information.

● Conservation

→ Over regulation of **reservoir storage area**
→ Supervision of **water utilities**
→ **Conservation** and management of **hot spring** resources.

● Disaster Mitigation

→ **Flood** and **drought** disaster mitigation.
→ Early warning software and hardware systems for disaster mitigation.
→ Disaster mitigation education, publicity, and evacuation.

8

8



The Accomplishments



Flood Diversion Tunnel
Sediment Sluicing Tunnel of Reservoir
Flood & Drought Prevention System
Water storage facility
Barrier Lake Disaster Mitigation
Management of Excavated Sand & Gravel
Riverfront Environment Creation
Lowland Flood Mitigation

Electricity Generation and Supply

◆ Sources of Electric generation in Taiwan



Total electricity use in 2015 yr.: 2,495 (100GWh)

77.1%(Taiwan power Company)
22.9%(IPP)

Tai-Chung Coal-Fired Power Plant

- ◆ The **largest** coal-fired power station in the world
- ◆ Generation Capacity : 10 generators / 5,500 MW
- ◆ also the world's largest emitter of **carbon dioxide** (40 million tons annually)



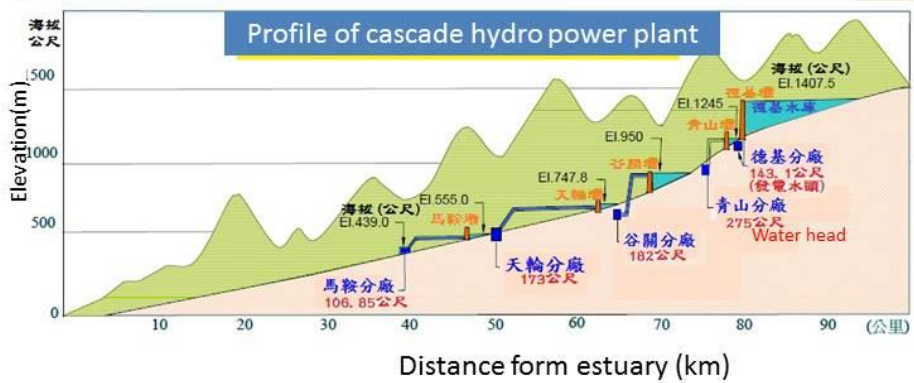
Ta-Ten gas-Fired Power Plant

- ◆ The largest gas-fired power station in the world
- ◆ Generation Capacity : 6 generators / 4,380 MW



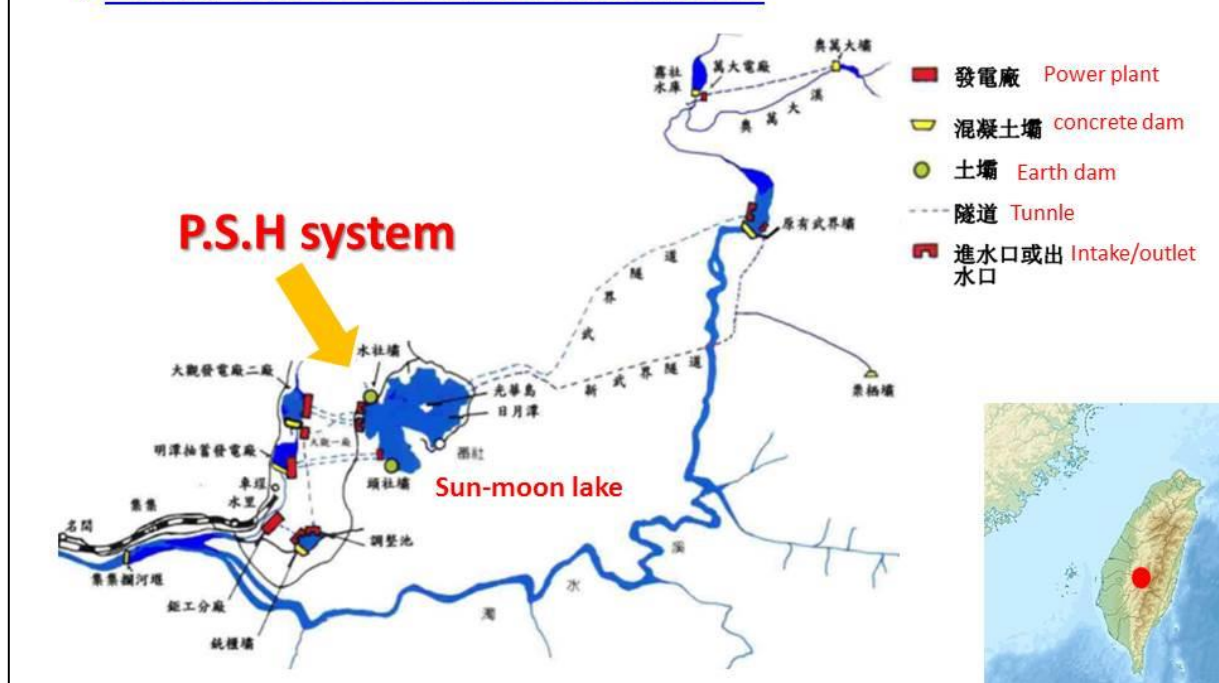
Cascade hydro power plant in Dajia River

- ◆ Generation Capacity : 5 plants /1,140MW
- ◆ Annual runoff of 2.5 billion cubic meters



Pumped-storage hydro plant in Zhuoshui River

- ◆ Generation Capacity : 10plants /2,800MW
- ◆ Annual runoff of 3.0 billion cubic meters



Solar power plant

- ◆ Due to limited availability of land space and rapid implementation of solar power in Taiwan.
- ◆ The construction of floating solar power projects on pond, roof, is considered to be a practical solution.



Wind Farm

- ◆ Taiwan is surrounded by sea, it is quite good condition to develop wind-power electricity generation in recycled energy.
- ◆ But it's facing challenges high cost in construction and management, especially destroyed by typhoon.



Cost of electricity production in 2015 of Taiwan

(Unit: CAD/per kwh)

	Taiwan power company (TPC)	Independence power producer (IPP)
Oil	17.4¢	-
Coal	4.8¢	8.2¢
LNG	10.7¢	13.2¢
Nuclear	4.6¢	-
Hydro-P.S	16.3¢	-
Hydro	6.8¢	6.8¢
Wind	10¢	9.0¢
Solar	37.7¢	26.6¢
Cogen	-	8.8¢

Electricity production cost : 10.54¢

Electricity sale price : 11.7¢

Existing penstock reform to hydraulic desilting passway in Shihmen Reservoir

- ✓ Shihmen reservoir is the most important water resource facility of north Taiwan.
- ✓ The reservoir has suffered many heavy typhoons in past 50 years for operation , and sediment cased siltation over 30%.

Reservoir storage capacity



2004 Typhoon Aere caused muddy reservoir and driftwood



Driftwood caused facilities choke and damage

PRO Gate morph



PRO screw choke



Generator choke

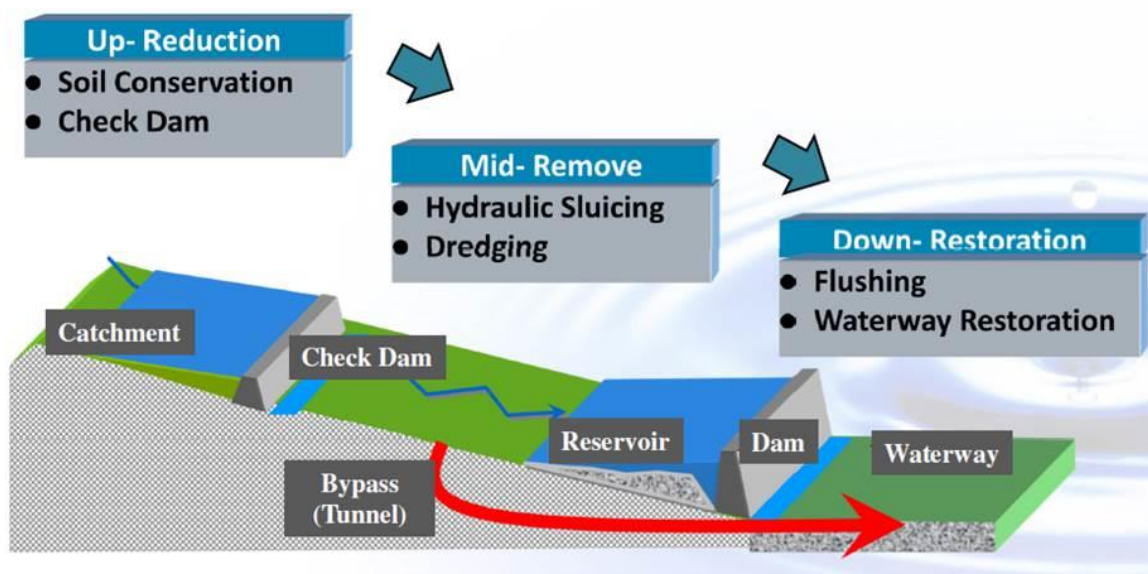


Floodgate morph & leaks

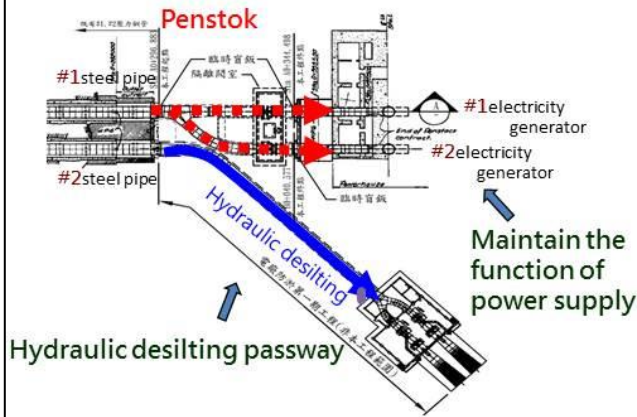


Strategy of

Maintain Reservoir Capacity



Existing penstock reform to hydraulic desilting passway



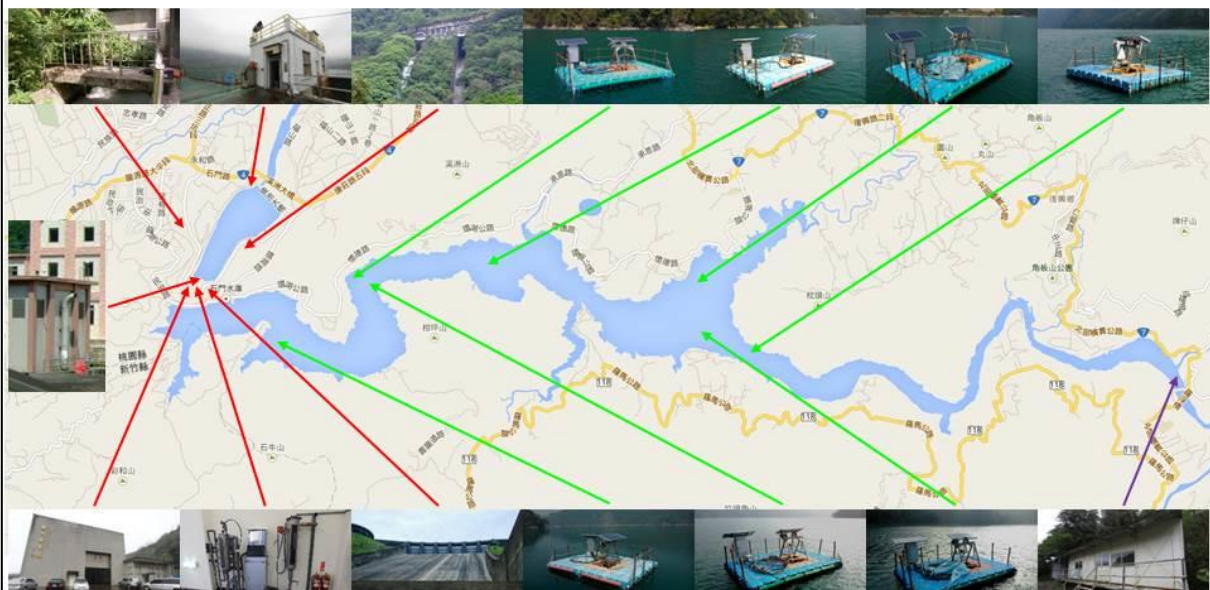
hydraulic desilting in Typhoon Soudelor

- ◆ Existing penstock reform to hydraulic desilting passway in 2012.
- ◆ 2013-2015 desilting 2.38 million cubic meters, saving about 1.2 billion dredging cost.

Hydraulic Desilting Operation

Setting up turbidity and sediment monitoring system

Collecting data of turbidity, sand amount and sediment storage migration behavior to control the sediment state and make appropriate management.



VI Future prospect

- Faced with insufficient energy production in Taiwan and global climate change issues, it is necessary to extend the useful life of existing facilities, development of hydro, solar and wind power and other renewable energy.
- Currently solar energy and small hydroelectric power costs are still quite high, the future how to reduce the cost of power generation, and to encourage the installation of solar power is an important public issue.

