



水資源管理會刊



第十八卷第一期 2016.07

ISSN: 1606-2604

行政院新聞局局版

北市誌第2415號

發 行 人:楊偉甫

發 行 所:中華水資源管理學會

總編輯:張敬昌副總編輯:蘇明道

出版委員會委員:毛振泰 王藝峰

何逸峯 李振誥 林 岳 林國華

林鎮洋 張良正

張尊國 陳清田 陳榮福 簡昭群

本期企劃:毛振泰 執行編輯:倪佩君

會 址:淡水郵政1-616信箱

電話(02)8631-1279電話傳真:(02)2621-0370

電子信箱:

cwrms@water.tku.edu.tw

承 印 者:晟傳文化事業有限公司

地 址:台北市中正區和平西路

2段141號4樓之6

電 話:(02))2314-1423

目錄

特別企劃 ——

微水力發電-待琢磨的璞玉 …… 陳榮松、吳瑞賢 02

專 論

臺灣電力系統發電水足跡盤查建置規劃與案例研析
…… 陳國義、鄭光志 09
氣候變遷對流量衝擊與水力發電影響初探
…… 陳韻如、蘇文瑞、陳永明、毛振泰 26

畜牧糞尿污染的新契機-「沼氣中心綠能推動計畫」
…… 王楷堯、謝正達、葉彥宏 38
藍金與綠能的協奏曲-深層海水冷能運用於溫差發電

之可行性探討 ……… 許經昌 47

學會動態

會員資料填表	 64
入命缴费方式	66

會務報導......秘書處 57

微水力發電-待琢磨的璞玉

陳榮松 國立中與大學土木工程系 教授 吳瑞賢 國立中央大學土木工程系 教授

一、前言

為因應全球氣候變遷問題,「節能減 碳」、「發展新能源科技」已成為世界各 國的共識及積極採取的行動策略,期藉以 提升能源使用效率、開發再生能源進而整 體提升「綠色能源」的占有率。以代表綠 色能源之一的水力發電而言,依據我國近 期的新能源政策規劃,在民國114年水力 發電裝置容量需達215萬瓩,占再生能源 裝置總容量21.6%。然而根據台灣電力公 司網站資料顯示:至民國103年底為止再 生能源加上水力的能源裝置容量占比僅 9.2%,在國內水庫開發已趨飽和,要再興 建大型水庫或水力發電廠,實際上有相當 的難度;反之小型水力發電設施較不會產 生環境破壞的問題、發電站選址彈性較大 、發電水源取得較易,因此我國在展望未 來水力發電的發展時,將水力發電機組與 規模小型化,亦即朝向所謂微水力發電的

領域調整將不失為明智的選項之一。(備註:在國際上經常定義發電量10,000 瓩以下者為小水力發電;1,000 瓩以下者為迷你水力發電;100 瓩以下者為微水力發電。在台灣根據台電公司「收購小水力電能實施辦法」將小水力發電定義為發電廠總裝機容量未滿20,000 瓩之電廠。)

二、我國的微水力發電技術為何 停滯不前?

在臺灣因山高流急的自然特性,使得遍布在各地的中小河川、農田水利會圳路等充滿著豐沛的水力能源,因此要開發發電量在100瓩以下之微水力發電系統已具備相當良好的天然條件。然而以往僅看到大型水力發電技術的研發與運用,卻甚少見到微型水力發電技術的深入探究。原因很簡單且環環相扣:由於水力發電技術的開發與應用甚早,故一般常認為要發電很

特別企劃

水資源管理會刊

簡單,例如騎腳踏車都能發電,不需要甚麼高深技術也不需要特別研究,殊不知微水力發電技術是一項獨門技術,而非大中水力發電技術的簡易型或省略部分機能的縮小版;再者因為微水力發電的規模非常小而不受到重視,故在技術開發層面經常被忽略,以致微型發電機組原本就低的發電效率始終無法提高;就因為微水力發電的規模小加上先天就低的發電效率,在與投資設備相權衡之下根本無法達到如大中型水力發電系統般可供商轉的條件,因此在看不到市場在哪裡的情況下,幾乎沒有大廠願意輕易投入資金來研發製造,此舉更造成微水力發電技術的停滯不前。

三、日本微水力發電技術的發展 契機

我國目前所面臨在微水力發電技術發展上的窘境,在鄰國且地理條件相似的日本在數年前也是如此,進行微水力發電技術的研發人員甚至常遭人冷言旁觀。然而就在2011年日本發生了311東日本大地震,核電廠的受損使日本頓時陷入全國限電的危機,巨大的社會及經濟損失迫使日本不得不重新省思其能源政策,並以「多層次、多樣化之彈性能源供需結構」為發展目標,以穩定其能源的供需平衡。當然此政策的修訂也就成了日本在發展微水力發電的主要契機及轉機。為了促進微水力發電技術的發展,日本在2011年便將發電量在200瓩以下者的電價躉購費率從原

本的每度電10日圓調高到34日圓,在 2016年重新審議躉購電價後其躉購費率依 然維持每度電34日圓不變,購電契約維持 20年,可見日本對於微水力發電發展的重 視。此等來自政府促參輔導的施政作為, 使得建置微水力發電系統的成本回收從以 往的十數年可能一舉大幅縮短到五年以內 。此舉不但點燃並引爆了產、官、學界等 的研究與開發熱潮,更促成高效率微型水 力發電機組的研發,使微水力發電系統進 入商轉的可能性出現一道曙光。日本因 311 東日本大地震的教訓領悟到多樣化能 源供需結構的重要性,身為鄰國且與日本 交流頻繁的我國,應該是不需要等到要親 歷此等「教訓」就能體會他山之石的啟發 與重要性才是。

四、我國的微水力發電技術為何無法突破?

微水力發電系統的研製技術門檻並不 算高,但市場上為何不見可資流通的臺製 「商品」?這是個值得探討的問題。剖析 日本製造的微水力發電系統來看,其中不 乏臺灣製造的零組件,換言之也就是我國 其實已經具備了製造微水力發電系統的技 術與能力。然而國內市場上仍無技術已趨 成熟的「商品」,主要原因依然是研發及 製造該「商品」在國內並無利可圖,沒有 像大中型水力發電的市場,廠商不願貿進 。另一無法產生利基的原因是微型水力發 電機組的發電效率不高,以致無法提高系 統建置的益本比。然而要提高發電效率, 除了吾等已經掌握之機械與電機方面的零 組件技術外,唯有透過整體發電系統從無 到有的實作,親歷構思、設計、組裝、修 改、測試等程序,方能確實體認研發上的 瓶頸並掌握如何解決的關鍵技術,進而逐 步提升發電機組的發電效率、發電系統的 整體效率及水力發電相關產業的技術水準 ,以資國內水力發電相關產業鏈的形成與 發展。但是話說回來,要驅動上述微水力 發電系統研發到研製的轉輪,使我國的能 源政策趨於可行並與國際接軌,來自政府 在政策面與資金面上的助力絕對是站在推 動綠能政策起跑點上所不可或缺的。

五、國外微水力發電技術的研發 與應用

關於微水力發電技術在國外雖已經開發、應用但目前仍尚未普及。為瞭解此等有關微型水車、發電機的新技術,以助國內微水力技術的發展參考,茲依據日本經濟產業省2013年度「中小水力開發促進指導事業基礎調查-新技術調查」報告,將相關資訊彙整如下。

表 1 各國微水力技術調查資料一覽表

序	國名	技術
1	日本	發電機一體型水輪機(環型水輪機)
2	日本	微卡布蘭水輪機發電系統(明渠落差工用發電系統)
3	德國	螺桿型水輪機發電機(水力螺桿)
4	美國	低落差水力引擎 (SLH)
5	挪威	豎軸微貝爾頓水輪機

表 2 各國水輪機與發電機技術資訊一覽表

序	技術	落差 (m)	流量 (cms)	輸出 (kW)
1	發電機一體型水輪機(環型水輪 機)	5~30	0.14~2.8	20~500
2	微卡布蘭水輪機發電系統(明渠落 差工用發電系統)	1.5~10	1.0~5.0	20~150
3	螺桿型水輪機發電機(水力螺桿)	1~4	0.02~0.92	7~50
4	低落差水力引擎 (SLH)	2~6	0.1~50	10~2000
5	豎軸微貝爾頓水輪機	30~300	5~12.5	15~150

特別企劃

水資源管理會刊

□ 11./h-		類似的水輪機發電機				
序	技術	製造商	商品名	落差(m)	流量 (cms)	輸出(瓩)
1	微卡布 OSSBERGER 蘭水輪 (德國)	Type K,T,S Kaplan Turbine	1~12	0.2~40	3~2,000	
機發電系統	MAVEL (捷克)	KVK 型	1.5~30	0.9~90	50~24,000	
2	螺桿型 2 水輪機	篠田製作所 (日本)	開放型(螺旋 水輪機)發電 裝置	0.6	0.15	0.5
發電機	北陸精機 (日本)	Power Archimedes	1~5	0.2~3.0	1~10	
豎軸微3 貝爾頓水輪機	PowerPal	MHG-T1	8~11	0.021~ 0.024	0.66~1.0	
	(日本)	MHG-T2	12~17	0.026~0.03	1.22~2.0	

表 3 其他類似機種之微水力發電設備一覽表

由以上資料可知,微水力發電機組的 研發與應用正在世界各國開始萌芽而逐漸 發展。然而考量到以低流量、低落差之中 小型渠道為首要應用對象時,日本所開發 出來的水輪發電機組應比較符合此等適用 條件。

日本約從2007年起開始看到當時以富山縣立大學瀧本裕士教授為首的研究團隊提出以提高發電用水車之動力特性為目標等,有關研發微水力發電技術的產官學合作研究計畫。由於研究成果的應用對象為農水路,故希望所開發的水車能在低流量、低落差的條件下,具有較好的效率,並且必須要不怕垃圾干擾及容易維護管理,因此在水車型式上選定自古以來常作為農村動力來源的螺旋水車做為研發對象。以該螺旋水車為基礎,歷經水車各零組件的實際試作、透過流量控制等流力試驗進

行結構調整與改良,期能提高發電系統的 發電效率到70%以上並使耐用年限能長達 10年以上。除了發電用的水車外,亦包括 符合動力特性之發電機、從交流電轉直流 電之整流控制以及蓄電系統的檢討、設計 等計畫內容。經由往後數年的一連串研究 ,成功開發出豎軸螺桿型水車發電機(參 考表3、照片1)、開放式橫流水車發電機(參考照片 2) 等數型微水力發電系統。由於 所發展之發電效率均高於50%以上,屬於 在低流量、低落差下的高效率發電系統, 極具市場競爭力,從2010年起已經陸續 在十餘處土地改良區的農水路、汙水處理 廠等推廣裝設。此外以311東日本大地震 為契機,從2011年起更以政策導向驅使 該類型研發如雨後春筍般冒出並蓬勃發展 至今,舉凡豎軸螺桿型水車、橫軸螺桿型 水車、單軸水車、雙豎軸水車發電機等,





發電機	豎軸螺旋式
發電範圍	1-10kW
流量範圍	0.2-3cms
有效水頭	1.0-5.0m
發電機	永磁誘導式

資料來源:北陸精機株式會社網站。

照片1 豎軸螺桿型水車於農水路之應用 (日本石川縣野野市市富樫用水)







用水名	大久保排水路
最大出力	5kW
最大流量	1 cms
有效水頭	1.2m
水輪機	開放型橫流式
發電機	同期發電機

照片2 開放型橫流於農水路之應用 (日本富山縣下新川群朝日町大家庄之大久保排水路)



資料來源:北陸精機株式會社網站。

照片 3 豎軸螺桿型水車於菲律賓農水路之應用

特別企劃

水資源管理會刊

均已成功開發出具備各級距發電量之各型 水輪機,並且約從2013年起日本更積極 透過其援外機構輸出至菲律賓、緬甸等東 南亞各國(參考表3、照片3),協助當地解 決農村電力不足的問題。

六、我國具備更優良的研發條件

目前在國內雖已有農業委員會等政府 單位正開始推動有關微水力發電技術研發 的研究計畫,但不論是在研究深度與廣度 、研究期程、經驗累積、甚至研究經費上 仍相當不足。儘管如此,為了扶植我國有 關微水力發電的本土產業,落實技術的本 土化,除了應確實結合國內具有深厚機電 技術能力的廠商,持續進行微水力發電技 術的獨自開發以逐步累積開發經驗外,如 何經由與日方通暢的學術、技術交流管道 透過互惠型技術合作來有效縮短研發的時 程,進而設計出符合我國水流特性條件的 高效率微水力發電系統,應可作為推動微 水力發電的捷徑之一。

由於日本在微水力發電系統的建置費用大致落在每瓩約100~150萬台幣所資不斐,故目前在國內能看到的若干設備大多是本土或大陸製品,惟其技術水準與發電效率尚低,更缺乏耐久性測試等商轉所需要的重要技術報告。然而以我國目前的工業技術基礎,只要假以時日絕對有足夠能力開發出建置成本較低並足可供商轉的微水力發電系統產品。若將此類產品應用於流量或落差條件均優於日本的我國水路

,發電效益預期應可超越日本而有更短的 投資回收年限。現階段欣見各縣市政府為 全力推動綠能而採取所謂的「種電」措施 ,惟「種電」內容大都僅限於太陽能發電 。若能考慮將綠能之一的微水力發電納入 ,透過水力、太陽能甚至風力等不同再生 能源發電系統的整併,將可擴大綠能的應 用範疇,不僅有助於綠能的整體發展與發 電收益外,亦可透過國內相關產業的異業 結合,促進綠能發電相關產業發展,進而 逐步落實節能減碳之國家政策目標。

七、結論

展望未來世界各國在綠色能源的發展 , 尤其是對於具有豐富水利資源的國家, 對於微水力技術的研發與推廣已開始萌芽 而有逐漸發展、技術深化及擴大的趨勢。 微水力發電規模雖小但卻無所不在, 其後 續市場的發展潛力值得期待,可謂是一顆 有待琢磨的璞玉, 其是否能發光發亮, 端 賴是否有慧眼獨具的政府去發掘。

參考文獻

- 1.全國能源會議(2015),網址: http://103年全國能源會議.tw。
- 2.日本經濟產業省(2013),「中小水力 開發促進指導事業基礎調查-新技術調 查」。
- 3.日本全國小水力利用推進協議會,網址: http://j-water.org/。
- 4.日本富山縣立大學,網址: http://www.pu-toyama.ac.jp/。
- 5.北陸精機株式會社,網址: http://www.s-hokuriku.com/archimedes.html。
- 6.台灣電力公司,網址: http://www.taipower.com.tw/index.aspx。



臺灣電力系統發電水足跡盤查建置規劃與案例研析

陳國義 台灣電力公司環保處 課長 鄭光志 台灣電力公司環保處 專員

一、前言

繼碳足跡之後,鑒於水資源是經濟發 展的重要項目,也是人類生存與社會發展 的基本要素,歷史上曾影響許多文明的興 衰存亡,因此國際間也針對水資源缺乏議 題,開始推動建立水足跡盤查體系,以明 確了解各種產品或服務的耗水狀況,據以 研判各不同產業和經濟型態,所導致不同 地區、國家乃至於企業在水資源運用上的 風險,和造成的經濟、環境與社會衝擊。 聯合國跨政府氣候變遷委員會(Intergovernmental Panel on Climate Change, 簡稱 IPCC) 相關研究報告指出,氣候變遷 已導致全球各地水文條件逐漸改變,因此 水資源風險的評估與解決方案已成為全球 各區域皆必須正視的重要議題(IPCC, 2013)[1] •

鑒於水資源所衍伸之壓力可能直接衝 擊企業生產活動,企業對於管理水資源風 險等資訊的需求隨之增加,目前國際上已 有數個組織公佈各種用水資源統計與評估 的指標或工具,提供不同單位參考運用, 如表1所示。國際標準組織(ISO)已於103 年8月正式發布(ISO 14046:2014)水足跡 標準^[2],作為眾多環境管理標準中之一環 ,以利企業遵循並衡量產品及整體產業的 水足跡。

國內則是由經濟部水利署最早推動水足跡盤查認證,導入規範及技術並輔導產業辦理,聯電公司(8吋與12吋積體電路晶圓)及奇美電子(18.5吋液晶面板)即在2010年分別取得部分產品水足跡盤查與查證。台灣電力公司(以下簡稱台電公司)為及早因應此一趨勢,並提供各界電力水足跡係數,亦於民國101年起依據當時國際間通用之水足跡聯盟網(WFN, Water Footprint Network)所制訂之水足跡評估手冊(Water Footprint Assessment Manual)[3]作為水足跡評估依據,針對台中(火力

、燃煤)及大潭(火力、燃氣)發電廠展開 先期水足跡盤並取得認證。其後為配合 ISO水足跡評估準則發布,台電公司同步 修正發電用水水足跡盤查方法,擴大盤查 範圍至核能、火力及水力電廠,建構各發 電型態水足跡盤查分析準則,使後續之各 電廠水足跡盤查流程標準化。

本篇將先就臺灣本島電力系統作一概述,據以規劃水足跡之整體盤查建置方案,再針對WFN及ISO的水足跡評估標準,說明其概念和估算方式並比較兩者之間的差異;再說明第二核能發電廠(核能,BWR式,以下簡稱核二廠)、協和發電廠

(火力,燃油,以下簡稱協和廠)、興達發電廠(火力,燃煤及燃氣,以下簡稱興達廠)、大甲溪發電廠(水力,川流式,以下簡稱大甲溪廠)及大觀發電廠(水力,水庫式及抽蓄式,以下簡稱大觀廠)等不同型態發電廠,依循ISO 14046標準所執行之水足跡盤查結果;最後比較不同類型(核能、火力及水力)發電廠於發電水足跡之主要差異,並設法推估臺灣地區電力之水足跡。鑒於日後不再採用WFN標準作為盤查依據,其相關案例(台中廠及大潭廠)之盤查則不在本篇探討。

表 1 各國際組織、機構制定之水足跡標準或工具

制定(驗證)機構	標準或工具	目 的
水足跡聯盟網(WFN)	水足跡評估手冊(Water Footprint Assessment Manual)	協助歐盟各國了解其工業和農業 等部門的用水量,以制定更完善 的水資源永續政策
世界永續發展協會(WBCSD)	全球水資源風險評估工具 及其他衍伸的工具	提供企業將各項資源風險納入商 業決策評估的永續管理工具
全球環境管理協會(GEMI)	永續水管理工具	幫助企業或組織分析水資源問題 的影響,以便制定管理策略因應 水資源議題之挑戰
國際標準組織(ISO)	水足跡標準(ISO 14046: 2014)	提供水足跡相關的國際性調查和 依據
聯合國農糧組織(FAO)	農作物用水量工具	協助農業氣象學者、灌溉工程師 計算蒸發散量和作物用水量的工 具,做為灌溉規劃和管理的根據
飲料產業環境圓桌會議 (BIER)	飲料產業的水足跡估算準 則	加強飲料產業的水資源管理

資料來源:台電公司發電用水水足跡盤查第一階段建置計畫(105年1月)[4]

關鍵詞:水足跡評估標準 (ISO 14046: 2014)、水資源短缺足跡、水足跡盤查分析準則、 發電水足跡、水資源管理策略。



二、臺灣電力系統發電水足跡盤 查建置規劃

(一)臺灣電力系統概要

臺灣本島是一獨立電網(power grid) ,由發電廠及輸配電系統組成,其組成如 圖1(至103年底)^[5]所示,由各種不同型 態發電設施構成,包括水力、火力、核能 及各再生能源等,其中火力可依燃料細分 為燃煤、燃油、及燃氣(LNG),依機組型 態分為蒸汽鍋爐、氣渦輪、複循環(整合 氣渦輪及蒸汽鍋爐)及柴油機等,水力則 有傳統之川流或水庫式,及調節尖離峰負 載之抽蓄式,再生能源除水力外另有風力 、太陽能、沼氣等,其容量及占比逐漸提升。臺灣本島民國104年底裝置容量4,072萬瓩,當年淨發購電量2,183億度,平均備轉率11.5%,線路損失3.72%^[6],績效與世界各大電力事業比較毫不遜色。

台電公司並非臺灣地區唯一發電業者,早年即有工廠(焚化廠)將多餘蒸汽發電售予台電稱為汽電共生(Co-generation),民國84年起分階段開放民間投資發電廠,加入電網接受調度將所發電力售予台電,亦稱獨立供電業者(IPP),經4階段開放目前各IPP及汽電共生等已占總裝置容量21.3%,售予電量達22%,係不可或缺之電源。



圖 1 臺灣地區電力系統

(二)臺灣電力系統發電水足跡盤查建 置規劃概要

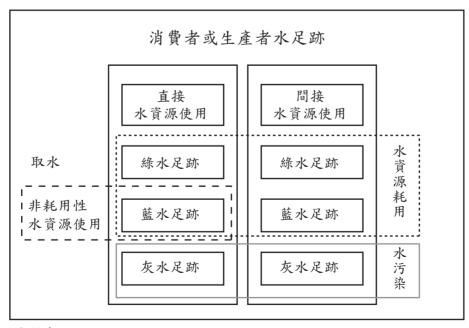
台電公司102年先在大潭及台中火力 發電廠依循 WFN標準進行水足跡盤查及 估算,其後再於104年完成核二廠、協和 廠、興達廠、大甲溪廠及大觀廠等不同型 態發電廠,改依據ISO 14046標準執行水 足跡盤查。至104年已盤查完成之發電機 組已占本島裝置容量49.4%(以104年為基 準,以下同),以淨發購電量計則達55.6% ,雖尚難得窺臺灣發電水足跡全貌,但輪 廓則已浮現,已可推估得出概略數字。

而為建立經常性之發電水足跡盤查體 系,台電公司已依據先前盤查之經驗建置 一個盤查申報系統,包含網路及資料庫, 由分布於各地的電廠人員將盤查結果填報 登錄,自動彙整計算產生統計報表及圖形 ,也可將自動匯入電廠基本資料產出盤查 報告文件,減輕文書作業負荷,總管理處 也能據以推估整體水足跡數據,並比較、 篩選錯誤或可疑數據。

三、WFN及ISO 14046水足跡評 估標準之異同

(一)WFN水足跡估算方法

在各種水足跡評估標準中,WFN水 足跡評估手冊係2014年以前(ISO14046 發布前)國內外企業估算水足跡遵循的主 要依據。根據水足跡手冊的定義,水足跡 包括藍水足跡、綠水足跡、灰水足跡三大 類別,也包含直接用水與間接用水,其組 成如圖2所示。台電公司水足跡先期專案 之大潭及台中火力發電廠即依循該標準進 行水足跡之盤查及估算。



(資料來源: WFN,WFP Assessment Manual,2011)

圖 2 WFN之水足跡構成圖



WFN建議的水足跡評估分四階段, 分別為設定目標與範圍、水足跡計算、水 足跡永續性評估與水足跡政策回應,在實 務操作上並非所有階段工作都屬必要。各 階段的重點說明如表2所示。

其中直接水資源使用係指消費者或生 產者之水資源衝擊。間接水資源使用係指 供應鏈之水資源衝擊。而綠水足跡係指生 產過程中雨水使用量,主要是指農產品在 生長過程中使用的雨水量,如於農田中稻 子生長時所使用的雨水量。藍水足跡則指 生產(或服務)過程中使用地表及地下水的 量。灰水足跡係指稀釋產品生產與提供服 務的過程中所排放的污水至承受水體環境 水質標準以上所需之水量。

表 2 WFN 水足跡評估各階段重點

階段	說明
第一階段 設定目標和範圍	1.評估目標:將目標屬性分類為一般或產品水足跡評估、消費者或社區水足跡評估、特定地理區域水足跡評估、國家水足跡評估(又可分國內水足跡和國家整體消費之水足跡)和企業水足跡評估等 2.評估範圍:明確界定估算範圍,可考慮以下 6 項問題作為界定輔助: (1)是否同時估算藍、綠和灰水足跡;(2)考慮產品供應鏈的截點;(3)資料精細程度;(4)數據期間;(5)評估消費者或生產者水足跡需考慮是否要同時估算直接和間接水足跡;(6)評估國家水足跡需考慮的問題包括國內水足跡、國家總消費水足跡、國家總消費之內、外部水足跡等
第二階段水足跡計算	1.產品水足跡:製造過程中所需的所有直接和間接的淡水用水量,必須估算產品生產鏈所有步驟的耗水量和污染量。 2.消費者水足跡:包括單一消費者水足跡與群體消費者水足跡,前者指單一消費者所消費的財貨和勞務在生產過程中所消耗和污染的淡水總量;群體消費者水足跡為單一消費者水足跡的加總 3.地理區域(可為省、國家或流域)水足跡:為區域範圍內所有淡水耗用量和污染量之總和。計算區域水足跡時界定區域範圍(boundaries of the area)是相當重要的工作,區域可以是集水區、流域、省、州、國家、水文區域或行政地理單位 4.國家水足跡:一個國家消費的內部水足跡(生產供國內居民消費之財貨和勞務所使用的國內水資源)與外部水足跡(外國生產本國居民消費的財貨與勞務所使用的水資源) 5.企業水足跡:包括企業營運水足跡(直接水足跡,指企業本身營運所耗用或污染的淡水水量)與企業供應鏈水足跡(間接水足跡,指生產企業所需投入的產品和服務所耗用或污染的淡水水量
第三階段 水足跡永續性評估	由環境、社會和經濟三個面向進行水足跡評價,而永續性亦可由當地、流域或全球等不同尺度衡量
第四階段 水足跡的政策回應	根據水足跡評估結果研擬回應策略和政策

(資料來源:水利署水足跡概念推廣與先期研究計畫(2011)[7])

(二)ISO14046:2014水足跡估算方法

國際標準組織 ISO14046:2014 水足跡標準係以 ISO14044定義的生命週期評估為依據,將產品在製造及使用過程等不同的生命週期階段的用水與水污染皆納入考量,提供企業辨識其產品及整體產業與水

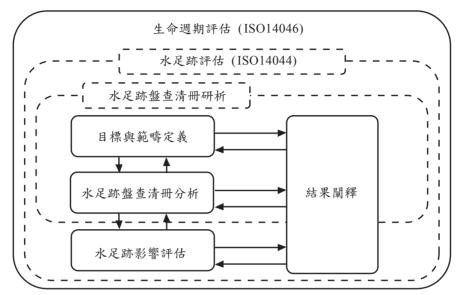
相關的環境風險,並可供決策者做為制定水資源相關政策時的參考依據。ISO14046的推動架構如圖3所示。主要執行階段可分為目標與範疇定義、水足跡清冊研析、水足跡影響評估、結果闡釋與報告、第三方查證報告等,如表3所示。

表 3 ISO 14046 水足跡評估階段重點說明

階段	內容
第一階段 目標與範疇定義	 清楚闡釋水足跡評估的目標,包括目的、後續用途、揭露的對象、是 否獨立為盤查或是生命週期評估的一部分等。 預計評估的邊界,包括組織邊界、系統邊界、限制和切斷原則等。 資料的品質和要求,包括資料的來源和類別、遺漏值、抵減量等。
第二階段 水足跡清冊研析	1. 水足跡清冊計算:計算和驗證的流程與步驟皆必須與ISO14044標準一致。 2. 水的使用,以及分配(allocation)和後續處理(如回收),在數據蒐集階段應考量以下項目:(1)使用量大的水資源(包括取水和排水);(2)水資源使用類型(包括取水和承受水體);(3)描述水的使用形式(包括取水、排水及承受水體);(4)水的使用位置;(5)季節變化、水質改變;(6)水使用時間。
第三階段 水足跡影響評估	評估的流程與步驟皆必須與ISO14044標準一致 1. 評估時應注意每一項用水指標的數據,以及整體加總而成的水足跡報告(profile)。 2. 針對水資源的稀缺性(scarcity)、水資源的輸入和輸出、對人體健康、環境和自然資源的影響等進行整體的評估。
結果闡釋與報告	 透過水足跡報告(profile)及其評估結果辨識出主要的幾個衝擊類別 (impact categories),並針對幾個特徵指標(characterization factors)做出 闡釋。 將水足跡評估結果以及辨識出對環境的衝擊等資訊進行對外公開報告。
第三方查證報告	查證報告應包括研究目標與範圍、水足跡盤查分析、水足跡的影響評估 、闡釋、內部審核等

資料來源:台電公司發電用水水足跡盤查第一階段建置計畫(105年1月)[4]





資料來源:台電公司發電用水水足跡盤查第一階段建置計畫(105年1月)^[4] 圖 3 ISO14046 水足跡標準之架構

(三)WFN水足跡評估手冊和SO14046 水足跡標準之比較差異

ISO 14046 水足跡評估標準及 WFN 推行之水足跡評估手冊皆是針對水資源消

耗的評估方法之一,惟兩者之相關規範於 水源界定、水足跡定義及定位、估算方式 、估算範圍與方法規範皆存在若干差異, 彙整相關差異如表4所示。

表 4 WFN和ISO14046 之比較差異

項目	WFN	ISO 14046
水源界定	將水源限定為淡水資源,包含地面水、地 下水與綠水	水源包括雨水、淡水、海水跟半鹹水,雖 未提及綠水,但雨水應包括綠水、雨水貯 留利用等水源。
水足跡定義及定位	 1. 將水足跡定位為評估淡水資源耗用和污染的指標 2. 分為藍水、綠水與灰水水足跡,並可加總成單一指標值的總水足跡,代表對水資源耗用及污染的影響 	將水足跡視為量化水資源(不僅是淡水)潛 在環境衝擊類別的評估,衝擊類別為根據 評估目的所選取的相關環境議題。
估算方式	1. 估算的基礎為水資源消費與耗用 2. 包括水資源蒸發散、成為產品的一部分 、水資源汲取後未回歸到相同流域、或 位在同一期間回歸到相同流域	 估算的基礎為任何人類活動對水資源的使用,範圍較廣。 包括水資源汲取、水資源排放或其它會影響水質或水量的人類活動。
估算範圍與 方法規範	1. 強調產品水足跡衡量的是產品供應鏈的 直接和間接水足跡的耗用 2. 水質以灰水水足跡(水量)表示	 強調水足跡評估須合乎生命週期原則。 先選定代表水質的衝擊類別,再計算衝擊類別指標值(污染物重量)。

資料來源:台電公司發電用水水足跡盤查第一階段建置計畫(105年1月)[4]

四、發電系統水足跡盤查分析準 則

(一)水足跡盤查分析準則架構

為提供台電公司各類型(核能、火力 及水力)、不同營運方式(基、尖載)之發 電廠皆能在相同基準下執行電力水足跡之 盤查作業,本次盤查參考國際產品環境資 訊揭露組織之產品類別規則及我國產品碳足跡產品類別規則之規範架構,將水足跡標準及相關水足跡評估工具進行一系統性的歸納與彙整,並依ISO 14046水足跡標準之內容,建立發電系統水足跡盤查分析準則,章節架構如表5所示。

章節架構	內 容 概 述
一、依據	盤查分析準則制訂之參考標準
二、名詞定義	定義相關專有名詞
三、水足跡宣告單位	水足跡計算與宣告之量化單位
四、評估範疇邊界	. 適用之發電廠種類及系統邊界
五、數據蒐集	數據蒐集期間、各用水資料所屬部門、 數據蒐集要求、數據品質要求及數據分配原則
六、水足跡計算	各式水足跡指標之計算方式
七、文件保存	盤查數據及佐證資料留存時間

表 5 發電水足跡盤查分析準則架構

1.水足跡宣告單位

水足跡盤查分析準則中應明確規 範該準則宣告單位,作為台電公司推 動發電水足跡盤查工作之一致參考基 準,發電水足跡定義為1kWh(1瓩小 時,即1度電),即發電水足跡之計算 與宣告皆以各電廠淨發電量1kWh作 為量化基礎。

2.評估範疇邊界

以ISO 14040、ISO 14046之 內容,以水力、火力及核能發電生命 週期之角度,規劃發電水足跡盤查分 析之系統邊界,包括原物料階段、發 電階段、輸供電階段等3階段,而台 電公司之盤查著重於原物料及發電階 段。原物料階段為發電投入之燃料、 化學品或氣體,包括設備維護用品等 ;發電階段為發電用水、生活用水、 冷卻用水等,至於輸送至電網後之輸 配電過程則不在本公司所評估系統邊 界內,概述如表6所示。



表 6 發電水足跡盤查分析系統邊界

階 段	內容
原料取得	原物料(燃料)階段包括: 1. 製程/公用設備投入之燃料,如核燃料、重油、煤、天然氣、汽油、LPG等燃料(不同電廠引發電特性不同而有差異),其製造及上游原料開採、萃取、精煉、成型之過程。 2. 製程/公用設備/污染防治設備之投入物料,其製造及上游原料開採、萃取、精煉、成型之過程。 3. 設備維護之投入物料等,其製造及上游原料開採、萃取、精煉、成型之過程。 4. 檢驗所須使用之藥劑、電廠外受電量(抽蓄用電)之生命週期過程不納入系統邊界。
發 電	發電階段涵蓋發電廠營運與發電過程,包含水資源投入、污染物產生、廢棄物處 理等。
供電	供電階段係指發電廠電力輸出至用戶過程,輸出至台電電網後之供電、配電過程不在本評估系統邊界內。

3.數據蒐集

水足跡盤查之數據蒐集時應避免四捨五入及小數位數不同之誤差;並應優先採用一級活動數據。一級活動數據係指針對某產品生命週期中之活動進行定量測量所取得的直接數據、如水錶抄寫數據、水費單數據等實際秤重數據、儀器直接量測數據等;而二級活動數據係指不是經由直接量測某產品生命週期中的活動而取得之數據,一般多指來自資料庫,或經過相關原理或公式之計算數據,或參考相關原理或公式之計算數據,或參考相關文獻/資料庫之推估數據;無論採用一級或二級活動數據,資料來源均應予以文件化紀錄,以利後續查證。原料取得階段蒐集項目有:

(1)以廠內發電設備及公用設備實際投

入化學品、氣體等材料為主,耗材 或更換之零配件等不在盤查範疇內;

(2)蒐集年度使用量(重量單位),非年

度採購量,係指當年度實際投入使 用之總量;

(3)如遇容積與重量單位轉換,請參考 國家/地方單位公告之數值為準, 並紀錄參考來源,以供備查。

發電階段資料數據蒐集應注意:

- (1)廠內用水量包括自來水、川流水(溪水)、地下水、雨水、海淡水、 海水,廠內各項用水量皆應蒐集原 始之取水量數據,若無實際用水紀 錄,建議參考機組設計值或下列用 水量計算方式取得水量;
- (2)各股廢水之污染物產生量,實際檢 測或監測之污染物項目皆需蒐集, 包括廢水中之BOD、COD、SS、 總餘氯等,應採用一級活動數據, 且為重量單位,並優先以污染物監 測系統之資料為主;
- (3)各項廢棄物產生量,應採用一級活動數據,重量單位計量,並優先以

廢棄物申報之資料為主;

(4)廢棄物運至最終處置地之運輸距離 ,可使用二級數據,距離估算方式 可至以下網址查詢,若有多批次運 送的問題,依據保守性及一致性原 則,以最遠之運送距離或環保署申 報之資訊為主。

在數據分配原則方面,盤查之數 據皆應與發電系統之年度總淨發電量 有關,即量化每1kWh之淨發電量之 能資源投入、污染物產出及其水足跡 。與發電無關之原物料投入及污染物 產出,應考慮其物理相關性,以適當 之分配比例予以排除,分配過程應予 以文件化紀錄。

4.水足跡計算

水足跡衝擊類別包含水資源短缺足跡、水體優養化足跡、水生態毒性足跡、水質酸化足跡等,執行水足跡衝擊評估時,應選擇至少1項衝擊類別予以量化,亦可量化所有與水有關的顯著環境影響類別,即稱為全面性水足跡。本次盤查係屬台電公司所屬發電廠淨發電量1kWh之用水足跡(即水資源短缺水足跡,亦屬企業水足跡),故採用水資源短缺足跡作為本次盤查之衝擊量化類別。發電系統之水資源短缺足跡可以下式計算:

水資源短缺足跡 (m^3/kWh) = [原料階段用水量 (m^3) +發電階段用水量 (m^3)] /總淨發電量 (kWh)

=[Σ(各原料使用量×水短缺係數)+(廠內直接用水量+廠內間接用水量 - 副產品含水量)+Σ(廢棄物處理相關活動數據×水短缺係數)]/總淨發電量(kWh)

五、各發電廠發電水足跡盤查分 析

(一)核能發電廠發電水足跡盤杳

核電水足跡盤查以使用沸水式反應爐(Boiling Water Reactor, BWR)的核二廠作為案例廠,核二廠共裝置兩部BWR機組,裝置容量各為985,000瓩。

核二廠發電生命週期流程圖如圖4所示,於原物料階段納入盤查之原物料包括 核燃料、柴油等燃料,及高分子助凝劑、 氫氧化鈉等物料列於表7。

核二廠於盤查期間(103年度)之淨發電量為16,407,719,000kWh,本次盤查依據核二廠提供之盤查資料,至輔助資料庫(Ecoinvent 3)中查詢原物料用水係數,經計算後,核二廠之水資源短缺足跡約為0.00442m³/kWh,並經第三方(TÜV)查證,相關結果彙整如表7所示。

核二廠水資源短缺足跡結果顯示,主要水資源投入量皆來自原物料階段,主要之貢獻量來自核燃料生產過程中所耗用之水資源量,依據Ecoinvent 3.0資料庫之數據顯示每公斤之核燃料於原物階段所耗用之水資源高達31,343.03m³,經計算後,核二廠核燃料之水資源投入量約佔了整體水資源短缺足跡之99%。



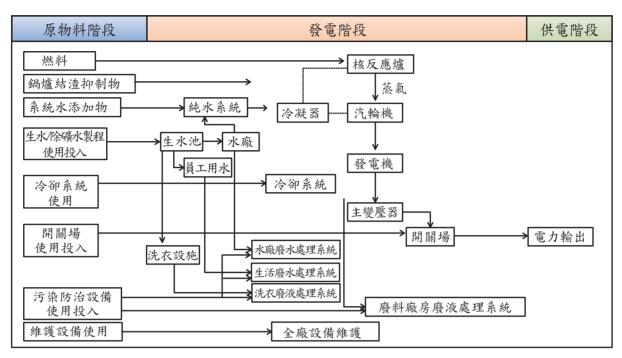


圖 4 核二廠發電水足跡生命週期流程圖

(二)水力發電廠發電水足跡盤查

本次盤查以大觀廠作為水力發電水足跡盤查的案例廠,大觀廠包括一座慣常水力發電廠(水庫式,大觀一廠)及一座抽蓄水力發電廠(pump storage,大觀二廠),兩分廠電力生產所需之水源均取自日月潭之蓄水。大觀一廠裝設5部機組,裝置

容量達11萬瓩;大觀二廠裝設4部機組, 裝置容量達100萬瓩;兩廠合計裝置容量 達111萬瓩。

本次盤查彙整大觀廠發電生命週期流程圖如圖5所示,於原物料階段納入盤查之原物料列於表7。

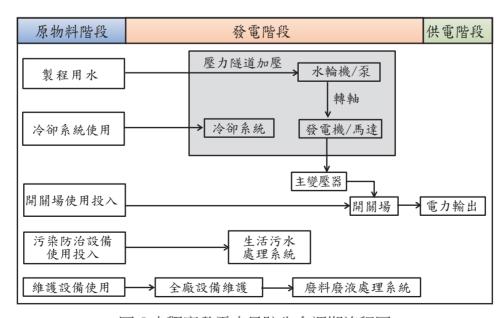


圖 5 大觀廠發電水足跡生命週期流程圖

大觀廠於盤查期間(103年度)之淨 發電量為1,306,777,889 kWh,其中大 觀二廠之廠內用電包含武界壩用電,但因 未送入電網銷售,故不影響淨發電量,經計算後,大觀廠之水資源短缺足跡約為2.34504m³/kWh,相關結果彙整如表7,大觀廠亦取得第三方(TÜV)查證聲明書。

大觀廠水資源短缺足跡結果顯示,主 要水資源使用來自發電階段之抽蓄用電, 此與電廠之發電特性有關,雖以水資源為 原料進行發電,但大觀二廠為抽蓄水力發 電廠,將上下池的水源循環使用,故廠內 用水僅占14%。然此抽蓄過程所利用之離 峰電力的水資源短缺足跡亦須納入計算, 故以抽蓄用電用水占比86%為最高。本次 盤查之抽蓄用電仍引用資料庫之電力係數 ,然而設置抽蓄電廠旨在利用離峰期間(夜 間)之核能過剩(無法停機)電力,抽水至 上池再於翌日尖峰用電時放流至下池發電 ,一上一下雖耗損能量但可彌補尖載時之 電力缺口,減少高成本之燃氣燃油支出, 可提升整體營運效益,故抽蓄用電之水足 跡應採計核電水足跡較為合理,此在日後 有完整之核電水足跡後應可採行。

(三)火力發電廠發電水足跡盤查

本次盤查以燃油之協和電廠及燃煤、 天然氣的興達電廠作為火力發電水足跡盤 查的案例廠。協和電廠建置4部全燃重油機 組,各機組裝置容量50萬瓩,合計共200 萬瓩;興達電廠建置4座燃煤機組(亦可燃 油,點火啟動時須先燃油),及以天然氣為 燃料之5座複循環機組,裝置容量合計 432.6萬瓩。

本次盤查彙整協和及興達電廠之生命週期流程圖分別如圖6及圖7所示,原物料階段所納入盤查之品項列於表7。協和廠於盤查期間(103年度)之淨發電量為4,722,702,900 kWh,經計算後,其水資源短缺足跡為0.169869m³/kWh,並經第三方(TÜV)查證如表7所示。協和電廠主要水資源投入量皆來自原物料階段,主要之貢獻量來自重油生產過程中所耗用之水資源量;依據Ecoevent 3.0資料庫之數據顯示,每公斤重油於原物階段所耗用之水資源雖僅為0.661073 m³,惟協和廠使用大量重油,經計算後重油之水資源投入量約佔了整體水資源短缺足跡之99%。

興達電廠於盤查期間(103年度)之 淨發電量為27,061,818,929 kWh,由於 該廠設有石灰石膏法之煙氣脫硫設施(FGD),故須扣除副產品石膏(出售)中之 水量,盤查期間石膏之產量為142,450噸 (含水量8.88%),經計算後,興達發電廠 之水資源短缺足跡0.073156 m³/kWh ,並經第三方(TÜV)查證,相關結果彙 整如表7所示。

興達電廠主要水資源投入量亦多來自 原物料階段,主要之貢獻量來自天然氣及 生煤生產過程中所耗用之水資源量;經計 算後,天然氣之水資源投入量約佔了整體 水資源短缺足跡之 57%,而生煤之水資源 投入量則約佔了整體水資源短缺足跡之



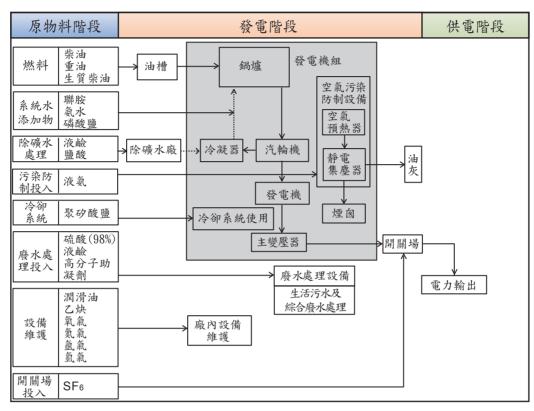


圖 6 協和廠發電水足跡生命週期流程圖

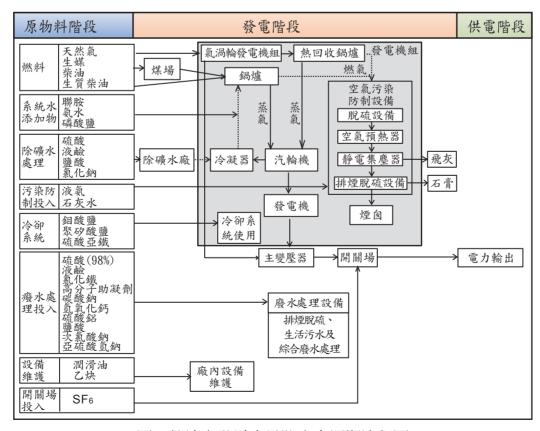


圖7興達廠發電水足跡生命週期流程圖

表7各發電廠發電水資源短缺足跡彙整表

		階段	水資源短缺足 跡,m³/kWh	占比%	燃料、原物料
	原物料		0.00437535	99.035	燃料:核燃料、柴油、生質柴油、LPG
	發	全廠用水	0.00004234	0.958	物料:高分子助凝劑、氫氧化鈉、硫酸鋁、檸檬酸、
	電	廢棄物處理	0.00000029	0.007	磷酸三納、次氯酸鈉、硫酸、液鹼、聚氯化
核二廠	水	火資源短缺足跡	0.00441798	100	鋁(PAC)、次氯酸鈉、磷酸鹽、鉬酸鹽、亞 硝酸鹽、STT 甲苯駢三氮唑鈉、 NACOL-2000、S-903 防腐蝕劑、F5100 防腐 蝕劑、液鹼、六氟化硫、乙炔、氧氣、氫氣、 液態氮、液態氫氣、潤滑油、離子交換樹脂、 鹽酸等品項。
		原物料	0.169727	99.92	燃料:柴油、重油、生質柴油
協	發	全廠用水	0.000129	0.08	物料:液鹼、鹽酸、聯胺、氨水、磷酸鹽、聚矽酸
和	電	廢棄物處理	0.000013	0.01	鹽、硫酸 (98%)、液鹼、高分子助凝劑、
廠	水	火資源短缺足跡	0.169869	100	潤滑油、乙炔、氧氣、氮氣、氫氣、氫氣、 六氟化硫、液氨等
		原物料階段	0.072957	99.73	燃料:生煤(澳洲)、生煤(印尼)、柴油、天然氣、生
	發	全廠用水	0.000117	0.16	質柴油
興	電	廢棄物處理	0.000082	0.11	物料:硫酸、液鹼、鹽酸、氯化鈉、聯胺、氨水、
八達廠	水	大 資源短缺足跡	0.073156	100	磷酸鹽、鉬酸鹽、聚矽酸鹽、硫酸亞鐵、硫酸(98%)、液鹼、氯化鐵、高分子助凝劑、碳酸鈉、氫氧化鈣、硫酸鋁、鹽酸、次氯酸鈉、亞硫酸氫鈉、液氨、石灰石、潤滑油、乙炔、六氟化硫等。
	原物料		0.00002897	0.001	能源:水、核能電力(抽蓄部分)
大	か	抽蓄用電	2.01822607	86.063	物料:柴油、重油、生質柴油、液鹼、鹽酸、聯胺、
觀	發電	廠內用水	0.32678496	13.935	氨水、磷酸鹽、聚矽酸鹽、硫酸(98%)、液鹼、高分
廠		廢棄物處理	0.00000003	0.0000015	子助凝劑、潤滑油、乙炔、氧氣、氮氣、氫氣、氫
	水	K資源短缺足跡	2.34504003	100	· 魚、六氟化硫、液氨等
大	原物料		0.0000271091	0.00098	能源:水、核能電力(抽蓄部分)
大甲	發	廠內用水	2.7754801946	99.99892	物料:柴油、重油、生質柴油、液鹼、鹽酸、聯胺、
	電	廢棄物處理	0.0000029042	0.00010	氨水、磷酸鹽、聚矽酸鹽、硫酸(98%)、液
廠	水	火資源短缺足跡	2.7755102079	100	鹼、高分子助凝劑、潤滑油、乙炔、氧氣、 氮氣、氫氣、氫氣、六氟化硫、液氨等

40%,此2類燃料加總之水資源投入量約佔了整體水資源短缺足跡之98%。

(四)各不同盤查標準及發電形式之發 電水足跡盤查結果分析

由台中廠、大潭廠、核二廠、協和廠、興達廠、大觀廠、及大甲溪廠之水足跡

盤查結果如表 8,先比較不同之盤查標準可發現,WFN較 ISO14046之水足跡值低很多,台中廠及大潭廠分別為燃煤及天然氣機組,兩者之水足跡數據卻以倍數計(分別為 6.24 及 0.82L/kWh),但較諸於採用 ISO14046 盤查標準,兼有燃煤及天然氣機組之興達廠 (73.16L/kWh),台中廠及



大潭廠之水足跡值僅為興達廠十分之一以下,興達電廠之水足跡並非介於台中廠及 大潭廠之間,顯見兩種盤查標準之差異頗 大,未來將採一致之標準進行盤查,俾便 於比較分析。

以燃料發電之發電廠,其主要之水足 跡分布皆來自原物料階段且主要來自燃料 於開採及萃取階段的用水量,如核燃料、 重油、燃煤、天然氣等;而水力電廠則主 要來自發電階段之用水。若僅就水資源短 缺足跡之計算結果,比較同為火力發電之 協和及興達電廠水足跡,可發現燃煤、天 然氣之電廠於發1度電所耗用之水量相較 燃油電廠節省1倍之多。而若加入第二核 能電廠進行比較,則可發現核能電廠發1 度電所耗用之水量約為火力電廠16~38 之1。

		- 477(Fam.) C/ / 1	(1 1 42222)/11	17.000	,, ,, ,,		
依據標準			WFN				
發電廠	核二廠	協和廠	興達廠	大觀廠	大甲溪廠	台中廠	大潭廠
發電形式	核分裂	火力	火力	水力	水力	火力	火力
發電媒介	核燃料	重油	煤、天然氣	水	水	煤	天然氣
各廠水資源短缺足(L/kWh)	4.42	169.87	73.16	2,345.04	2,775.51	6.24	0.82

表 8 已盤查驗證完成(不同盤查標準)之發電水足跡結果比較表

大觀及大甲溪等水力電廠之水資源短 缺足跡雖大,但主要因其發電形式為水力 ,雖發電過程中無實質減少水資源的損耗 ,但仍需把水資源投入量納入計算,故產 生較大之水資源短缺足跡,因此不宜與其 他發電形式之電廠作比較。

依據已辦理ISO 14046 盤查並驗證之 5 座發電廠水足跡,可以按淨發電量比例 推估,103及104年之計算數據如表9所 示。由該表之估算結果可得知該兩年度之 水足跡分別為527.41及512.57公升/度,

差異不大,以目前之水資源匱乏水足跡定 義而言,燃料之用水量占比甚高,燃料用 量主導水足跡大小,而這兩年水力廠總水 足跡差異有限,就導致水足跡差距甚微, 因此可以預見,若未來數年發電結構無重 大改變,台電發電水足跡數值應當就在此 範圍附近。

表 9 台電公司發電水足跡推估

發電形式	各驗證廠總水足跡 L	各驗證廠淨發電量 L/kWh	各驗證廠淨發電量 占總量比.%	各不同形態電廠 總水足跡,L			
水力,大觀&大甲溪廠	7,551,872,614,941	2,923,285,884	43.57	17,332,864,145,454			
核能,核二廠	72,522,117,980	16,407,719,000	40.21	180,340,678,393			
火力/燃油,協和廠	802,245,541,623	4,722,702,900	75.45	1,063,266,009,840			
火力/燃煤,興達廠	1,140,368,375,096	15,587,320,600	25.63	4,449,941,277,916			
火力/燃氣,興達廠	839,303,576,987	11,472,164,803	21.35	3,931,197,214,515			
103 年水資源 短缺足跡	527.41 L/kWh 或公升/度						
發電形式	各驗證廠總水足跡 L	各驗證廠淨發電量 L/kWh	各驗證廠淨發電 量占總量,%	各不同形態電廠 總水足跡,L			
水力,大觀&大甲溪廠	7,369,217,952,161	2,868,976,196	42.37	17,393,425,382,240			
核能,核二廠	71,370,805,220	16,147,241,000	45.95	155,332,189,860			
火力/燃油,協和廠	1,442,945,392,726	8,494,409,800	82.80	1,742,701,226,673			
火力/燃煤,興達廠	1,094,290,729,264	14,957,500,400	26.20	4,175,944,925,894			
火力/燃氣,興達廠	859,375,005,795	11,746,514,568	19.89	4,321,267,837,764			
104 年水資源 短缺足跡 512.57 L/kWh 或公升/度							

六、水足跡盤查運用水資源管理 之後續應用

(一)建置完整水足跡資訊

台電公司已完成7座發電廠不同形式機 組及燃料之水足跡盤查工作並皆通過第三 方查證,案例電廠類別涵蓋核能、火力及 水力發電,同時也建置完成水足跡盤查申 報平台,未來可經由示範廠經驗傳承,並 依循制度化之盤查準則及手冊進行各電廠 水足跡盤查工作,利用盤查申報平台,可 掌握台電公司所屬位於臺灣本島各電廠之 發電用水足跡。藉由全台電各電廠發電水 足跡之完整資訊,配合國家節水相關政策 及國際水相關議題之情勢變化,在台電公 司規劃整體水資源管理策略方向及訂定整體節水目標時,將可作於重要之參考依循。

而台電公司另有一項企業社會責任, 即為提供台灣地區發電水足跡數據供其他 產業作為水足跡盤查依據,以及民眾節電 省水之宣導,類似發電碳足跡盤查。目前 國內各水足跡盤查之用電水足跡係數均自 資料取得,包括本篇所述抽蓄用電之水足 跡,其為國外數據與國內狀況必有相當差 距,預計2~3年後將可有足夠可靠之數據 對外發布。

(二)運用多種用水指標作為發電廠水 資源管理工具

台電各發電廠的發電方式及營運(調



度)模式不同,因此各水資源指標之意涵 亦有所不同,若採單一指標作為台電公司 整體水資源管理工具恐將有所偏頗,亦無 法呈現不同發電量造成的影響。本篇係以 水資源短缺足跡做為指標,其顯示的僅是 生命週期盤查階段(搖籃到大門)每度電的 用水量,由於涵蓋原物料階段之用水量, 且原物料階段即占水足跡之大部分,並不 適合作為研擬節水用水效率改善策略之依 據。但藉由盤查過程可充分掌握用水狀況 ,包括流向流量及滲漏耗損量,仍可搭配 對應之水資源指標(總用水量、各股回收再 利用水量),同時參考不同指標數字所代表 的意涵,交叉確認及比對,據以制定整體 水資源規劃管理方案,配合全公司整體管 理策略,提升發電廠營運績效。

(三)整合環境資訊,揭露正確訊息

台電各電廠目前已在環境管理面導入 相當健全之管理系統和管理措施,也是國 內推動組織型溫室氣體盤查之先驅。未來 水足跡資訊完整化後,若能整合所有環境 面資訊,可提高環境管理效能,同時提供 管理階層更全面的背景資訊做為管理決策 的重要依循及參考。

舉例言之,水足跡與碳足跡皆為環境管理中之重要績效揭露指標,若僅個別使用特定指標作為管理依據則有產生決策偏頗的疑慮,如水力電廠之水資源短缺足跡高,但碳足跡則相較火力電廠明顯為低,故若僅考量單一指標則無法呈現全面的環境資訊。

參考文獻

- [1] IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis.

 Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
- [2] ISO, "Environmental Management-Water ootprint-Principles, Requirements and Guidelines", ISO 14046:2014, ISO 2014.
- [3] A.Y. Hoekstra, A.K. Chapagain, M.M. Aldaya and M.M. Mekonnen, "The Water Footprint Assessment Manual: Setting the Global Standard", Water Footprint Network, Earthscan, London, 2011.
- [4] 台灣電力公司,發電用水水足跡盤查第 一階段建置計畫,民國105年1月
- [5] 台灣電力公司電源開發處,104年長期電源開發方案10405案,民國104年10月
- [6] 台灣電力公司企劃處,104年統計年報,民國105年4月
- [7] 周嫦娥、李繼宇、朱美琴、楊浩彥、陳 詩婷、張鈺照,水足跡概念推廣與先期 研究,經濟部水利署,2011。

氣候變遷對流量衝擊 與水力發電影響初探

陳韻如、蘇文瑞、陳永明 國家災害防救科技中心 副研究員 毛振泰 國家發展委員會國土區域離島發展處 副處長

摘要

台灣地區水力資源相當豐富,早期 的再生能源是以水力發電為主。但降雨 量在空間與時間分布不均,豐枯水期的 流量差異大,水資源應用不易甚至影響 水力發電的效益。近年來,水力發電雖 然非為主要能源供應源,但卻為電力調 度重要來源之一。本研究藉由採用最新 的氣候變遷情境資料,評估未來氣候變 遷的衝擊下,台灣四大流域的豐枯水期 的流量變化,探討枯水期流量的變化對 水力發電的影響。研究結果顯示在近未 來期間,流域枯水期流量約減少 40%~60%之間,四個流域相比以大甲 溪流域枯水期的衝擊程度較小,南部高 屏溪多數 GCM 模式,則是呈現豐增枯 增的全年偏濕的特性。未來研究可進一 步評估流量對水力發電量的減少比率, 以利水力相關的決策者採取氣候變遷調 適措施。

一、前言

台灣地區降雨量充沛且河川坡地陡峻,水力資源相當豐富,故台灣早期的再生能源便是以水力發電為主。但台灣受限降雨型態分布不平均,降雨量不僅在各地區各季節的降雨量分布也極不平均,年間差異性也相當大,豐枯水期的流量差異大,其流量比差異大,故水資源利用不易,需仰賴水庫等蓄水設施達到蓄豐濟枯與發電之功能。在未來氣候變遷可能的衝擊下,可能使得豐枯水期的降雨型態趨於極端,將影響水資源的是否能穩定供應以及水力發電的效益,需進一步評估其氣候變遷對流量的衝擊程度,提供更多的資訊,以利決策者積極應對並採取調適措施。

評估未來氣候變化趨勢多需仰賴全 球氣候模式之推估結果,過去台灣欠缺 高解析度的大氣環流模式(簡稱GCM)



資料,分析氣候變遷衝擊多是直接利用 大尺度的模式網格或統計降尺度輸出資 料,評估分析臺灣地區的兩量與流量的 衝擊(童慶斌等人,1998,童慶斌, 2001、2004、2007、2008,水利署, 2007),過去分析的結果顯示冬季與春 季的流量均有明顯減少的趨勢,夏季的 流量呈現增加,而秋季則無明顯的增減 趨勢,各研究顯示未來情境流量變化偏 向極端趨勢。

Lehner et al. (2005) 與 Blackshear et al. (2011)評估氣候變遷對歐洲地區水力 發電的影響,結果顯示因氣候變遷影響 ,歐洲南部地區降雨減少和乾旱的可能 性增加,造成可用水量減少,進而可能 導致水力發電生產能量降低,評估結果 發現世紀末期間歐洲西南部地區水力發 電量減少約20%-50%。在多瑙河上游未 來在氣候變遷的影響下,全年未來的發 電量亦是呈現減少的趨勢 (Koch et al., (2011))。Minville et al.(2009)評估 AR4 之A2情境下,加拿大區域的水力發電 的影響,發現在近未來期間每年平均發 電量將減少1.8%,且表示氣候變遷會造 成水庫的脆弱度增加。國內針對氣候變 遷對水力發電的影響,應用AR4的資料 評估,結果顯示在氣候變遷之影響下, 枯水期(11月到4月)發電量將會減少 ,減少的比率依據不同流域有所差別, 約減少15~20%(洪念民等人,1998, 戴嘉慧,2010與周容辰,2012)。台灣 電力公司(2014)以大甲溪流域為例,

評估氣候變遷下水力發電脆弱度盤查與 風險管理,其研究成果顯示未來水力發 電量上半年(1月-6月)期間,大部分GCM 呈現減少的趨勢。台灣夏季6月至8月 期間為尖峰用電時間,於AR4的氣候變 遷情境下,約50%的GCM模式呈現平 均月發電量會減少約25%,將可能影響 未來在尖峰用電時間電力調度的問題。

過去的研究所採用的GCM資料,採 用台灣附近鄰近點的方式評估降雨與溫 度衝擊,由於空間解析度較大,不易代 表流域内的降雨特性,且部分採用單一 情境模式或少數GCM模式的結果進行 衝擊評估,亦造成單一模式推估結果, 過於偏頗之問題,且採用少數 GCM 模 式較無法呈現不確定的影響。本研究利 用台灣氣候變遷推估情境推估平台(簡 稱TCCIP)以統計降尺度方式,產製 AR5台灣5km解析度的氣候改變量資料 , 評估對於流域的豐枯水期流量的影響 ,研究中分析四個代表濃度路徑之氣候 情境,分別是RCP2.6、RCP4.5、 RCP6.0 與RCP8.5情境下,所有GCM模式的豐 枯水期流量衝擊,間接探討水力發電可 能的影響,作為未來流域之水資源調度 與調適策略訂定之參考。

二、研究區域

本研究分析台灣西部地區四大流域 評估氣候變遷下豐枯水期流量衝擊並探 討對水力發電之影響,分別是淡水河、



圖 1 研究流域區域與重要水力分布圖

大甲溪、曾文溪與高屏溪,其流域分布 位置與流域內的發電設施,如圖1所示。

淡水河位於臺灣北部,為北部石門 水庫主要重要水資源來源,幹流長度約 158.7公里,流域面積約2,726平方公里 ,均僅次於濁水溪及高屏溪,大漢溪的 石門發電廠及淡水河支流新店溪桂山發 電廠為北部重要的水力發電來源。

大甲溪位於台灣中西部,流域面積為 1235.73平方公里,其幹流長度約 124.2公里,年平均逕流量約 67cms大甲溪富含豐富的水力資源,係台灣水力資源最豐沛的河川,流域內的多座水庫除了提供民生用水外,其水力發電功能亦為大甲溪水資源利用之重心。

曾文溪流域位於臺灣西南部,幹流

長138公里,流域面積1,176平方公里。 為臺灣地區水資源利用率最高之河川水 系,流域內有多座水庫,水庫總集水面 積達645平方公里,約佔全流域面積55% ,以曾文水庫集水面積約佔全流域面積 41%為最大。各水庫兼具蓄洪、發電、 給水、灌溉等多目標功能,故其運轉對 流域下游流況及防洪工程設施安全影響 至鉅。

高屏溪位於台灣南部,主流河長 171.00公里,為全台第二長河;流域面 積廣達3,256.85平方公里,流域面積為 全台第一大河,平均年逕流量高達84億 5500萬立方公尺。平均年輸砂量是3561 萬噸,每平方公里流域面積輸送10934 噸,居全世界第11位。流域內有竹門與 六龜發電廠,發電兼具灌溉之川流式發



電廠六龜機組是屬於低落差川流式水力發電廠。

三、資料與評估方法

本研究評估氣候變遷對流量衝擊影響的研究架構如圖2所示,首先,整理研究區域內的氣候情境資料,研究中採用TCCIP之統計降尺度資料,TCCIP提供四種RCP情境下之5公里解析度降兩與溫度改變率資料,AR5氣候情境資料

說明如表1所示。進而根據月降雨變化 比值與月溫度差的特性,利用氣候合成 模式 (weather generation) 將月降雨特性 與月溫度變化,繁衍出日降雨量與日溫 度,以獲得流域上游的降雨量,並應用 GWLF (General Watershed Loading Function) 水文模式評估流域豐枯水期 的影響。最後,比較在不同情境下對豐 枯水期流量衝擊的差異性。研究中採用 之天氣合成模式與水文模式說明將於下 節文章說明。

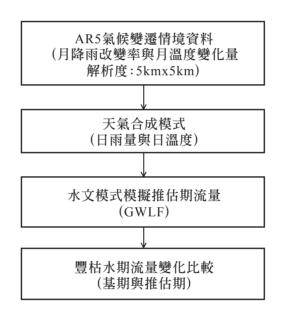


圖 2 氣候變遷對流量衝擊評估流程

表 1 AR5 氣候情境資料說明

	AR5 (CMIP5)				
基期	1986~2005 年				
近未來	2016~2035 年				
世紀末	2081~2100 年				
排放情境(模式數)	Rcp2.6(26) \cdot Rcp4.5(38)				
柳 从 明 児 (傑 八 製)	Rcp6.0(21) \cdot Rcp8.5(41)				

3.1 天氣合成模式

(Weather generation, WG)

由於GCM的預測氣象變數多數是 月的時間尺度,無法應用該情境資料於 水文與水資源衝擊端評估的使用者,故 多數利用天氣合成模式(簡稱 WG) 繁衍 出日序列的氣象變數資料。WG是一個 模式藉由與觀測資料類似的統計特性 (Richardson and Wright, 1984),經由該 點的觀測氣象資料檢定測站的參數後, 可用於模擬綜合的日氣候資料時間序列 ,降雨發生過程(判斷是乾天或是濕天) 利用馬可夫鏈模式(Markov chain)評估 , 在濕天的降雨總量的決定, 則是在一 個適當的統計分佈隨機抽樣以獲得降雨 總量。本研究採用 Tung and Haith (1995) 所提出的溫度及降雨合成模式,此方法 是利用日氣象資料做輸入值,與統計降 尺度後的5km網格的月降雨變化的預測 資料,利用下列公式計算日溫度與日雨 量資料。

(一)日溫度模擬模式

未來氣候條件下日溫度之模擬,由 月平均溫度,透過一階馬可夫鏈做模擬 Tung,1995),其方程式如下: $T_i = \mu_{Tm} + \rho(T_{i-1} - \mu_{Tm}) + V_i \sigma_T \sqrt{1 - \rho^2}$ (1) 方程式中 T_i 為第i天的溫度, μ_T 為對應該 月平均溫度, ρ 為該月份 T_i 與 T_{i-1} 之一階 系列相關係數 (First Order Serial correlation Coefficient)。 V_i 屬於N(0,1) (Normal Sampling Deviate), σ_T 為歷史資 料對應該月份之標準偏差。

(二)日降水量模擬模式

日降雨量之模擬,可分為降雨事件和降雨發生時之降雨量。降雨事件之模擬以歷史資料為演算依據,統計各月中第I-1日降雨時,第I日降雨的機率,表示為P(W|W);各月中第I-1日不降雨時,第I日降雨的機率,表示為P(W|D)。當每月第1天,模擬產生(0,1)間之亂數RN,當RN小於或等於該月降雨機率P(W)時,表示此日為降雨日;每月除第1日外,其餘日則利用前1日的降雨情形判定為降雨日或非降雨日,依照P(W|W)或P(W|D)的歷史資料平均值,若亂數RN小於或等於P(W|W)或P(W|D)時,判定該日為降雨日。

未來降雨量值之模擬,之計算方程式如 下:

$$P = \mu_P(I) \times \left[-\ln(1 - RN) \right]$$

上列方程式中P為日降雨量(公分), μ_P 為對應第I月份雨天之平均降雨量(公分),RN為介於(0,1)間的隨機亂數。

3.2 水文模式

本研究採取以考量影響流量之物理 因素,參數決定不需檢定過程,且參數 選用可因氣候變遷調整之

GWLF(Generalized Watershed Loading Functions; Haith and Shoemaker, 1987) 模式。此模式基本計算為水平衡,其系統水平衡收支關係,集水區主要水收支平衡之輸入為降雨;當雨水降落下來部



份會被樹、草地、地表植被等截留,此部份水分最後以蒸發回到大氣中;到達地表之水,有部份會填滿窪蓄容量、有部份入滲於土壤中、有部份形成地表逕流。入滲之水分可補充土壤水分,土壤水分可繼續往下移動以補注地下水,或由蒸發散將水分帶入大氣中。降雨藉由蒸發散或河川流量帶離集水區,河川流量包括地表逕流、與地下水流。(童慶斌,2007,詳細模式說明可參閱Haith and Shoemaker, 1987)

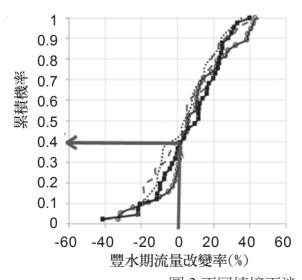
四、結果與討論

4.1 流域豐枯水期流量衝擊

本研究氣候變遷考量了四種排放情境(RCP2.6、RCP4.8、RCP6.0與RCP8.5)下,所有GCM模式對四大流域之流量衝擊評估,利用累積機率圖表示所有GCM模式豐枯水期流量變化率,結果如表2與圖3~圖6所示。在此呈現

的豐枯水期於近未來期間的流量變化, 推估期相對於基期的此流量改變率。研 究中得知豐水期期間多數模式呈現流量 增加的趨勢,在不同排放情境間,流量 變化差異不大,主要來自於不同 GCM 模式的情境資料,所模擬出來的流量改 變率較大。以淡水河為例,有75%以上 的 GCM 模式呈現枯水期減少的情形。

圖3~圖6呈現氣候變遷下近未來期間(2020~2039年)四大流域平均豐枯水期(枯水期為11月至隔年4月,豐水期為5月至10月)之流量改變率。圖中左半部為不同流域豐水期變化,右半邊則是枯水期流量變化,可發現豐水期在不同情境下之變化差異不大,不同流域的豐水期流量變化約在-40%~+40%之間,且南北流域豐水期改變率差異不大;而枯水期則是以RCP4.5情境下對枯水期造成的流量減少比率較高,且在不同流域也有不同的改變率區間,淡水河與大甲溪的枯水期流量變化約介於-40%~+40%



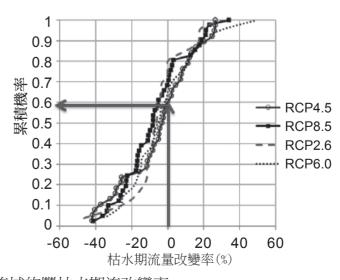


圖 3 不同情境下淡水河流域的豐枯水期流改變率

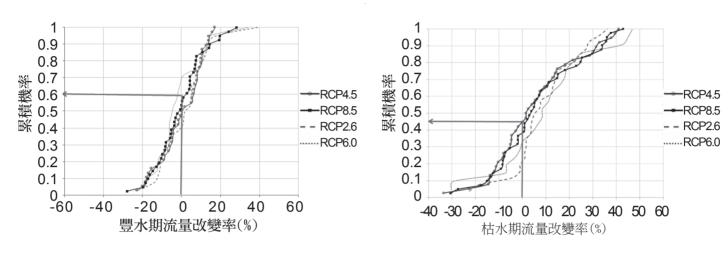


圖 4 不同情境下大甲溪的豐枯水期流量改變率

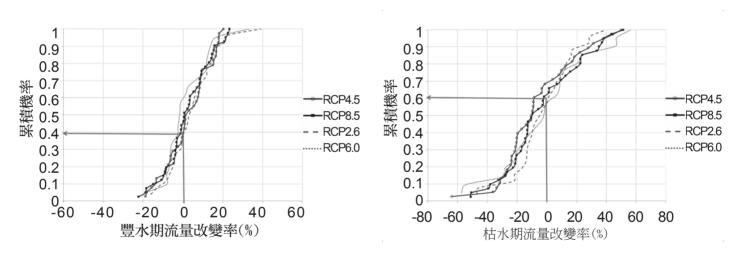


圖 5 不同情境下曾文溪的豐枯水期流量改變率

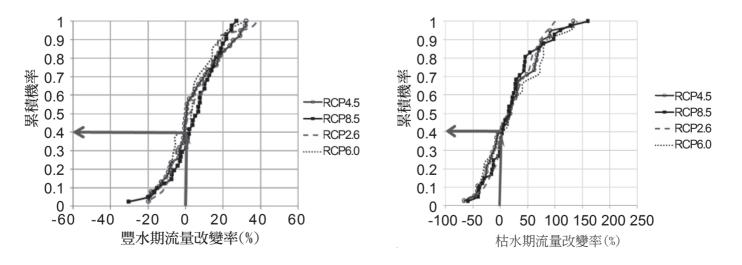


圖 6 不同情境下高屏溪豐枯水期流量改變率



,南部的曾文溪與高屏溪流量改變率增加至-60~150%之間,其中四個流域以中部大甲溪流域衝擊量較小。多數模式於高屏溪呈現枯水期流量增加,約有六成五的模式呈現枯水期是偏濕的情形,流量變化則是落在0~100%之間,約增加一倍的流量。由依據累積機率圖之分布可發現,所有GCM模式與排放情境顯示約有六成的模式呈現豐水期流量是增加,增加最大至40%左右;而約有六成的模式枯水期呈現減少的趨勢,最多高達減少60%。未來高屏溪流域評估,需考量全年多雨趨勢,亦即枯水期降雨增加的量對流量及水資源管理的影響。

4.2 台灣之水力發電

根據台灣電力公司統計資料,從1984年至2015年歷年水力發電量佔總發電百分比如圖7所示,從2012年後大約佔總發電量2~3%,所佔比例雖小,但常扮演以補充系統尖峰發電量之不足之角色。水力發電兼具再生能源與穩定發電的特性,發電過程並不會排放二氧化碳,相對於其他石油燃料對氣候變遷與環境的衝擊相對較小。水力發電設施通常很堅固,是可作為長期投資基礎設施,雖然極端降雨、暴雨、颱風的頻率增加會增加電廠毀壞的風險,此破壞性的風險相對是較小的(Asian Development Bank, 2012)。

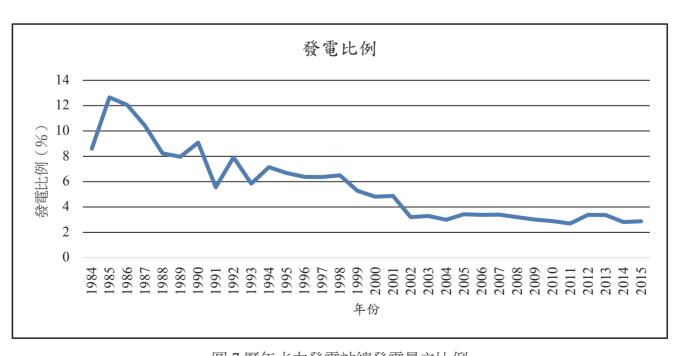


圖 7 歷年水力發電站總發電量之比例

另外從慣常水力發電(藉由水由高 處向下衝擊的巨大衝能帶動水輪機與發 電機產生電能,包含水庫式、調整池及 川流式),與抽蓄水力發電(利用離峰電 力將水抽回來,再將水放出做水力發電)之發電比例分析發現慣常式水力發電 比例較抽蓄來得高。若再將慣常式水力 發電進行統計分析,結果可發現,其與 每年河川流量豐枯有很大之關係性,如 圖8與圖9。

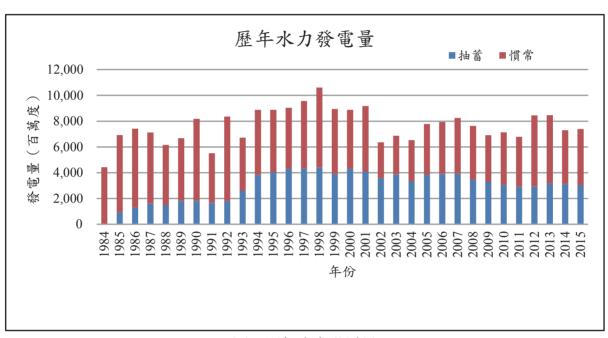


圖 8 歷年水力發電量

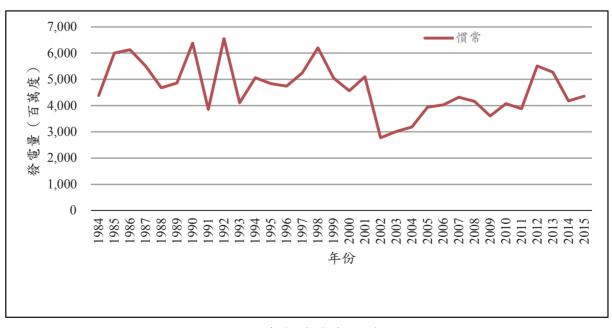


圖 9 歷年慣常水力發電量



台電公司(2014)採用AR4情境下的 五個GCM模式評估氣候變遷下大甲溪 水力發電的風險,研究顯示在近未來期 間,上半年(1月~6月)期間的發電量呈現 氣環流模式,分析氣候變遷情境下,大 甲溪流域之水庫水力發電量的變化,研 究結果指出未來枯水期期間發電量減少 約15%,豐水期期間則減少約6%。戴 嘉慧(2010)分析翡翠水庫在氣候變遷衝 擊下,枯水期期間總發電量將減少約 230萬度。洪念民(1996)利用大氣環流 模式之溫度與降雨量變數,評估后里圳 小型水力發電受氣候變遷影響,研究結 果顯示對小型水庫而言,考量溫度與降 水量的衝擊時,后里圳小型水力發電廠 發電量下降20%。

根據國內前人的研究中發現,豐枯 水期的流量對於水力發電有明顯的影響 ,特別是在枯水期期間,可能造成發電

量的減少。因此,本研究中將藉由各流 域的枯水期之流量變化,進而比較各流 域相對可能造成的水力發電衝擊。依據 前述的的分析成果,可發現各流域的在 氣候變遷衝擊下, 超過半數的 GCM 模 式呈現流量是豐增枯減的特性。表2為 四大流域於AR5中的四個情境下,豐枯 水期的流量變化,在此以範圍的方式呈 現六成模式的結果,四個流域在枯水期 期間衝擊影響比較,以高屏溪的枯水期 的流量改變率較大,故其衝擊程度較大 。在相同的氣候變遷情境下,水力發電 豐富的大甲溪流域,在枯水期的流量改 變率,是四個流域中相對較小的,其枯 水期流量衝擊,以RCP4.5情境下對枯 水期的流量衝擊較大,枯水期的變化約 為-34~7%。而高屏溪於枯水期流量多 數模式呈現增加的趨勢,故影響相對較 小,但較為極端的 GCM 模式,呈現流 量改變率遠大於其他流域。

表 2 流域之豐枯水期流量改變率區間(來自於60%的GCMs模式數的結果)

情境		豐水期(%)			枯水期(%)				
		淡水河	大甲溪	曾文溪	高屏溪	淡水河	大甲溪	曾文溪	高屏溪
AR5	RCP2.6	-2~45	-2~39	1~39	3~31	-47~-4	-22~12	-47~2	-60~31
	RCP4.5	2~42	-1~17	0~20	-1~32	-42~0	-34~7	-63~-8	-66~29
	RCP6.0	1~35	-6~34	-2~33	3~31	-33~-1	-30~12	-57~7	-47~40
	RCP8.5	3~40	-3~28	-1~23	2~27	-41~-5	-30~7	-51~-2	-59~24

五、結論與建議

本研究採用目前最新的IPCC第五 次評估報告(AR5)中,所採用的資料 四個代表濃度路徑氣候變遷情境,分析 台灣四大流域的在不同情境下近未來期 間可能的流量衝擊,研究中分析了多個 GCM模式,較過往研究中採用單一情 境與少數GCM模式的結果,能將相關 不確定性考量在內,提供決策者更多有 更多流量衝擊評估結果的資訊。

在評估各流域在氣候變遷之衝擊於 豐水期的流量,平均約增加0~30%,而 枯水期則是減少約20~60%,四個流域 中以大甲溪的衝擊相度較低。根據前人 研究枯水期的流量變化對水力發電影響 甚大,本研究分析未來氣候變遷衝擊下 ,南部地區枯水期流量改變,不同模式 間差異較大且枯水期流量改變率南部流 域大於北部淡水河流域。研究結果顯示 枯水期的河川水量明顯減少的情況,將 影響水力發電設施的可發電量,因此未 來在季節性水資源調配與抗旱的準備將 更加重要。在豐水期流量的變化以淡水 河流域的衝擊程度較大,高屏溪則相較 小,未來氣候變遷下夏季的流量增加, 應可有足夠的水量供應水力發電的使用 ,但夏季雨量增加將可能增加豪雨與颱 風降雨災害造成水力發電設施損毀的風 險,未來需更進一步評估極端降雨對於 水力發電的影響。

目前的研究各別針對流域豐枯水期 流量與水力發電特性初探,未來可結合 水資源系統模式與水力電廠發電模式, 評估未來水力發電量的影響,特別是需 進一步評估夏季尖峰發電的影響,未來 需進一步評估進而提出調適行動方案, 以降低未來氣候變遷的衝擊。

參考文獻

- 1. Asian Development Bank, 2012, "Climate risk and adaptation in the electric power sector," 20-24.
- 2.Blackshear, B., Crocker, T., Drucker,E., Filoon, J., Knelman, J. & Skiles,M., 2011, "Hydropower Vulnerability and Climate Change."
- 3.Haith, D.A., and L.L. Shoemaker, 1987. Generalized Watershed Loading Functions for Stream Flow Nutrients. Water Resources Bulletin, 23(3), pp. 471-478.
- 4.Koch, F., Prasch, M., Bach, H., Mauser, W., Appel, F. & Weber, M., 2011, "How will hydroelectric power generation develop under climate change scenarios? A case study in the upper Danube basin," Energies, 4, 1508-1541.
- 5.Lehner, B., Czisch, G. & Vassolo, S., 2005, "The impact of global change on



- the hydropower potential of Europe: a model-based analysis," Energy Policy, 33(7), 839-855.
- 6.Minville, M., Brissette, F., Krau, S. & Leconte, R., 2009, "Adaptation to climate change in the management of a Canadian water-resources system exploited for hydropower," Water Resour Manage, 23, 2965-2986.
- 7.Richardson, C.W., and Wright, D.A., 1984. WGEN: A model for generating daily weather variables. US

 Department of Agriculture,

 Agricultural Research Service, ARS-8, USDA, Washington, DC.
- 8.Tung, C. P., and Haith, D. A. 1995. Global Warming Effects on New York Streamflows Journal of Water Resources Planning and Management 121(2): 216-225.
- 9.台灣電力股份有限公司,2014,氣候 變遷下水力發電脆弱度盤查與風險管 理,台灣電力股份有限公司研究計畫 成果報告。
- 10.周容辰,2012,「氣候變遷對大甲溪 流域發電量之衝擊」,國立成功大學 水利及海洋工程研究所碩士論文。
- 11.洪念民,「氣候變遷對大安溪水資源營運之影響」,國立臺灣大學農業工程學研究所碩士論文,1996年。
- 12.洪念民、童慶斌、譚義績,1998, 「后里圳小型水力發電受氣候變遷之

- 影響」,台電工程月刊,第601期, 1-11頁。
- 13. 童慶斌, 2004, 氣候變遷對水文環境及水資源管理之衝擊評估及因應策略研究, 國科會計畫。
- 14. 重慶斌, 2007, 氣候變遷與環境變遷課程講義, 國立台灣大學生物環境系統工程系。
- 15.童慶斌、李宗祐,「氣候變遷對七家灣溪流量之影響評估」,農業工程學報,第47卷,第一期,65-74,2001年。
- 16.童慶斌、洪念民、譚義績,「氣候 變遷對大安溪水資源營運之衝擊」, 台灣水利季刊,第46卷,第二期, 48-59頁,1998年。
- 17.經濟部水利署水利規劃試驗所, 2007,強化區域水資源永續利用與因 應氣候變遷之調適能力(1/2),經濟部 水利署水利規劃試驗所成果報告。
- 18.戴嘉慧,2010,「氣候變遷對翡翠 水庫供水、發電與防洪功能之衝擊評 估」,國立台灣大學生物環境系統工 程研究所碩士論文。

畜牧糞尿污染的新契機-「沼氣中心綠能推動計畫」

王楷堯 美商傑明工程顧問(股)台灣分公司 工程師 謝正達 美商傑明工程顧問(股)台灣分公司 資深技術經理 葉彦宏 美商傑明工程顧問(股)台灣分公司 工程師

一、前言

全世界對於綠色能源的發展及建置 ,一直是不遺餘力,尤其是生質能相關 技術,已相當成熟及穩定。屏東縣有許 多鄉鎮農牧業發達,其中以萬丹鄉、鹽 埔鄉、長治鄉、九如鄉、麟洛鄉、竹田 鄉等鄉鎮飼養最為密集,為具發展生質 能潛力的縣市。

根據「屏東縣東港港溪流域河川水 質改善及污染削減具體行動計畫」(屏 東縣政府環境保護局,民100年)中所 述,針對偷排、繞流、暗管埋設等違法 行為共查獲37家中,畜牧業家數共計 24家,約占整體違規件數高達65%。畜 牧業廢水處理問題相當多,主要問題包 含三段污水處理設施硬體缺失、操作錯 誤或不當、或各別單元處理成效不彰等 。另外因廢水皆排入附近水體,不僅造 成水污染情事及影響水資源利用,亦產 生許多民眾陳情污染事件。

依相關政策及法令規定,環保署已於104年05月01日起開徵水污染防制費,畜牧業被列為第三年起徵收的對象,勢必增加了畜牧業者的一大成本;又環保署已於104年11月24日修正公告「水污染防治措施及檢測申報管理辦法」,增加第十章之一,讓畜牧業產生之糞尿經厭氧發酵後產生之沼液、沼渣可施灌於農地,作為農地肥份使用。

為有效保護環境水體、水資源、減低畜牧業因水污費產生的額外成本、讓畜牧業者專心從事生產、發展綠色能源、將具肥份之沼渣沼液再回歸農地利用,減少化學肥料使用、使農村資源能循環永續利用,最後達環境保護目的,屏東縣擬透過推動「沼氣中心綠能推動計畫」(以下簡稱為本計畫)先設置一處



沼氣中心,作為後續發展解決生活、生 產、生計及兼顧環境保護等綜合性議題 的基礎,期獲得一舉數得之長遠效益。

二、產業現況

根據104年11月底行政院農業委員會「養豬頭數調查報告」(行政院農業委員會,民105年)中提供之資料顯示,屏東縣為全國最多養豬戶數及養豬頭數第2多縣市,產生之畜牧污染相對較多,為利本計畫後續進行豬糞液蒐集與其他可能場址遴選參考依據,須進一步針對屏東縣各鄉鎮之養豬戶進行統計分析。根據行政院農業委員會104年11月底止之全國養豬頭數統計資料顯示(詳表1及圖1),屏東縣全縣共計有1,822家養豬戶,占全國比例23.22%,擁有127餘萬頭豬隻。

若以屏東縣各鄉鎮養豬頭數排序, 前五名鄉鎮分別為萬丹鄉、九如鄉、鹽 埔鄉、長治鄉及內埔鄉。相較於前次(104年5月底)調查結果,萬丹鄉畜養頭 數增加而九如鄉畜養頭數下降,排序由 萬丹鄉超越九如鄉成為最高;而以屏東 縣各鄉鎮畜養戶數排序,其前五名鄉鎮 分別為萬丹鄉、內埔鄉、長治鄉、竹田 鄉、鹽埔鄉。

另針對分析屏東縣其養豬飼養規模 分布,詳表2所示,以養豬頭數達200 頭以上之列管範圍進行劃分(出清養豬 戶數22戶未納入總數計算),屬未列管 之業者共計834戶(佔46.33%),養豬 頭數為51,758 頭(佔4.07%);而達列 管養豬頭數中以畜養200~1,999頭共 計861戶(佔47.83%),養豬頭數為 667,698 頭(佔52.51%);畜養 2,000~5,000頭以上共計105戶(佔 5.83%),養豬頭數為552,110頭(佔 43.42%)。

綜上所述,屏東縣之養豬戶數全國 最多(23.22%),飼養豬隻數量也為全 國第二(23.14%),其主要的養豬鄉鎮 分別為萬丹鄉、九如鄉、鹽埔鄉、長治 鄉及內埔鄉(相關位置圖詳圖2),針對 畜養頭數及養豬戶數量,屏東縣萬丹鄉 為本計畫禽畜糞液沼氣中心之優先考量 設置之鄉鎮,另也可將九如鄉、鹽埔鄉 等畜養頭數比例較高之鄉鎮考量納入。

表 1 屏東縣各鄉鎮市養豬戶數及頭數表

鄉鎮市		104	年11月底		104	年5月	户數增	減比較	頭數增	咸比較
區 別		(本	次調查)		(前:	次調查)	, , , ,		7,20 1	
	戶數	%	實數	%	戶數	頭數	戶數	%	頭數	%
合 計	1822	100.00	1,271,666	100.00	1,840	1,280,619	-18	-0.98	-8,953	-0.70
屏東市	132	7.24	87,957	6.92	134	88,424	-2	-0.11	-467	-0.04
潮州鎮	61	3.35	66,522	5.23	58	62,877	3	0.16	3,645	0.28
東港鎮	11	0.60	1,367	0.11	11	1,575	0	0.00	-208	-0.02
恆春鎮	7	0.38	1,741	0.14	7	1,625	0	0.00	116	0.01
萬丹鄉	288	15.81	150,298	11.82	297	146,124	-9	-0.49	4,174	0.33
長治鄉	151	8.29	106,769	8.40	152	104,235	-1	-0.05	2,534	0.20
麟洛鄉	60	3.29	79,330	6.24	60	82,106	0	0.00	-2,776	-0.22
九如鄉	108	5.93	138,679	10.91	107	149,893	1	0.05	-11,214	-0.88
里港鄉	45	2.47	50,103	3.94	48	52,620	-3	-0.16	-2,517	-0.20
鹽埔鄉	147	8.07	136,042	10.70	152	137,319	-5	-0.27	-1,277	-0.10
高樹鄉	22	1.21	1,351	0.11	23	1,350	-1	-0.05	1	0.00
萬巒鄉	73	4.01	66,914	5.26	75	66,759	-2	-0.11	155	0.01
內埔鄉	175	9.60	95,071	7.48	182	88,063	-7	-0.38	7,008	0.55
竹田鄉	149	8.18	79,383	6.24	151	81,523	-2	-0.11	-2,140	-0.17
新埤鄉	31	1.70	58,095	4.57	31	63,904	0	0.00	-5,809	-0.45
枋寮鄉	10	0.55	47,582	3.74	10	46,945	0	0.00	637	0.05
新園鄉	90	4.94	44,515	3.50	88	45,827	2	0.11	-1,312	-0.10
崁頂鄉	79	4.34	15,401	1.21	79	16,033	0	0.00	-632	-0.05
林邊鄉	9	0.49	3,247	0.26	9	3,209	0	0.00	38	0.00
南州鄉	10	0.55	1,980	0.16	10	1,449	0	0.00	531	0.04
佳冬鄉	56	3.07	37,932	2.98	58	37,514	-2	-0.11	418	0.03
琉球鄉	-		-		-	-		0.00		0.00
車城鄉	5	0.27	853	0.07	5	779	0	0.00	74	0.01
滿州鄉	1	0.05	12	0.00	1	17	0	0.00	-5	0.00
枋山鄉	-		-		-	-		0.00		0.00
三地門鄉	14	0.77	90	0.01	17	75	-3	-0.16	15	0.00
霧臺鄉	-		-		-	-		0.00		0.00
瑪家鄉	13	0.71	69	0.01	13	72	0	0.00	-3	0.00
泰武鄉	13	0.71	35	0.00	13	61	0	0.00	-26	0.00
來義鄉	20	1.10	87	0.01	9	59	11	0.60	28	0.00
春日鄉	15	0.82	50	0.00	15	44	0	0.00	6	0.00
獅子鄉	14	0.77	136	0.01	12	83	2	0.11	53	0.00
牡丹鄉	13	0.71	55	0.00	13	55	0	0.00	0	0.00

^{1.}資料來源:行政院農委會(統計至104年11月底)2.屏東縣養豬頭數前五大鄉鎮,依序爲萬丹鄉、九如鄉、鹽埔鄉、長治鄉及內埔鄉



表 2 屏東縣豬隻飼養規模統計表

	担性可	場	數	飼養豆	平均規模	
;	規模別	數量	%	數量 % (豆		(頭/戶)
	合計		100.00	1,271,666	100.00	706
北町悠	1 - 99 頭	613	34.06	19,709	1.55	32
非列管 事業	100 - 199 頭	221	12.28	32,049	2.52	145
ず 未	合計	834	46.33	51,758	4.07	
	200 - 299 頭	127	7.06	31,274	2.46	246
	300 - 499 頭	162	9.00	63,549	5.00	392
	500 - 999 頭	334	18.56	248,298	19.53	743
	1,000 - 1999 頭	238	13.22	324,577	25.52	1,364
列管事業	合 計	861	47.83	667,698	52.51	
	2,000 - 2,999 頭	48	2.67	109,427	8.61	2,280
	3,000 - 4,999 頭	26	1.44	103,096	8.11	3,965
	5,000 頭以上	31	1.72	339,687	26.71	10,958
	合計	105	5.83	552,210	43.42	5,259

- 1.出清養豬戶數22戶不列入此表總數計算
- 2. 資料來源:行政院農委會(統計至104年11月底)

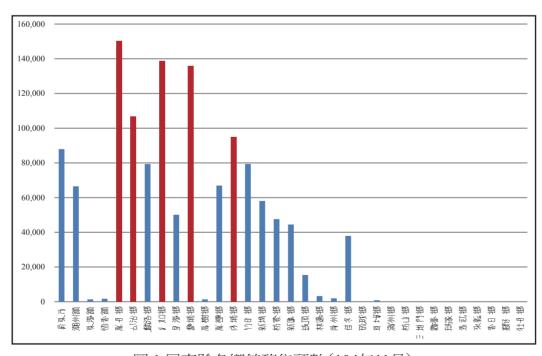


圖 1 屏東縣各鄉鎮豬隻頭數(104年11月)

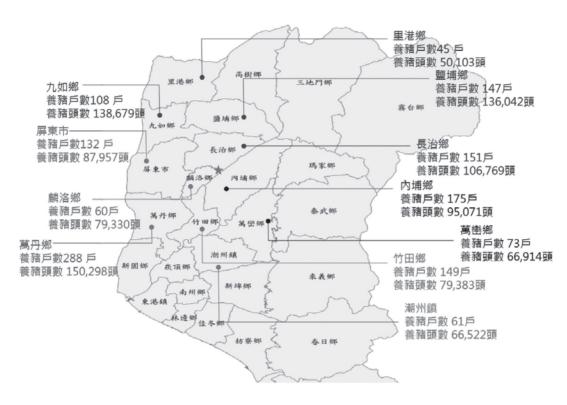


圖 2 屏東縣主要養豬隻頭數分佈鄉鎮(104年11月)

三、計畫重點工作

在推動上,本計畫依目標與工作內容及特性,已擬定工作綱領與查核重點 做為整體執行與管控之準據,其中包含 以下5項重點工作。

評估縣內養豬糞液作為沼渣及沼液再 利用之可行性及先期調查

- (1)養豬糞液作為沼渣及沼液再利用之可行性評析及相關文獻蒐集
- (2)縣內畜牧產業現況
- (3)沼氣中心技術分析、設備評估及料 源輸送方式
- 2. 縣內畜牧業興盛地區禽畜糞資源回收 中心(沼氣中心)場址調查及評估,提

出最適宜場址建議

3. 優選場址沼氣中心興建營運評估規劃

- (1)供應端豬糞液檢測作業
- (2)辦理畜牧廢棄物去化、再利用評估 與效益探討
- (3)沼氣中心商轉規劃與後續推廣機制
- (4)建置沼渣沼液肥分利用供需網路平 台

4. 辦理縣內畜牧糞液沼渣沼液農田肥分 利用宣導

- (1)拍攝沼渣沼液肥分利用宣導短片與 製作宣導光碟片
- (2)辦理畜牧糞液作為農田肥分利用推廣說明會
- (3)辦理工程規劃協調說明會



5. 優選場址沼氣中心設計作業

- (1)地形量測、地質鑽探及土壤地質分 析
- (2)沼氣中心基本設計/細部設計
- (3)興辦計畫書、招標文件

四、辦理情形

本計畫自105年4月底啟動後,除進行沼氣中心的技術評估,包含沼氣中心處理流程、厭氧消化槽之形式、豬糞尿及沼渣沼液運輸方式外,另須配合相關資料作驗證,故已著手執行豬糞尿的檢測工作、畜牧興盛地區之用地調查及拜訪專家學者,規劃未來於105年7月至106年1月間,舉辦5場宣導說明會及拍攝宣導短片,並規劃沼氣中心資訊平台

架構,期許能藉由多管道和地方居民溝通,使沼氣中心發展之綠能政策能推動 更順利。未來預計於106年1月初前完 成沼氣中心興建營運評估規劃及基本設 計,106年4月底前完成沼氣中心細部 設計及提出興辦計畫書。

沼氣中心的技術評估將考量糞液廢水性質及各畜牧場處理單元配置,評估最適合、最經濟的畜牧糞液及沼渣沼液運送方式(槽車或管線收集)及厭氧消化槽類型,提出沼氣中心規劃構想,內容包括設地範圍、糞液收集建議路線、收受單元規劃、處理容量、收集處理模式及適宜處理技術方案等,沼氣中心初步規劃處理流程與配置如圖3與圖4所示。

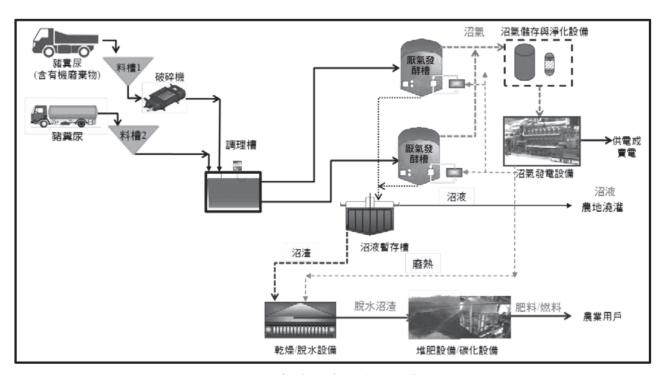


圖 3 沼氣中心處理流程示意圖

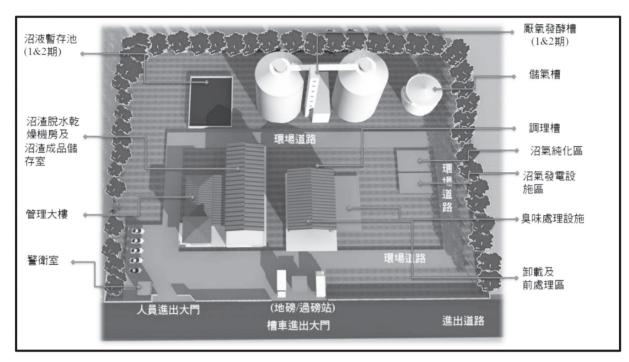


圖 4 沼氣中心平面配置圖

五、可能面臨之難題與解決方式

為使農村資源能循環永續利用,並 達環境保護目的,本計畫擬尋覓一公有 土地,設置沼氣中心集中處理畜牧禽畜 糞液等農業資源,預期在沼氣中心推動 過程中,主要包含之難題有畜牧糞尿沼 渣沼液農田肥分利用宣導與如何有效收 集與輸送畜牧糞尿至本沼氣中心。

為使沼氣中心產出之沼渣沼液再利用去處無慮,需推廣畜牧糞液做為農田肥份利用。因此本計畫亦沿用過去豐富之經驗訂定多項宣導工作項目。預計宣導流程首先根據本計畫蒐集之養豬糞液作為沼渣及沼液再利用之相關文獻、技術資訊彙整並放置於宣導網站上,並藉由規劃及設計之政策文宣、籌備拍攝之

宣導短片推廣沼渣沼液再利用及附上宣 導網站網址,最後召開沼渣沼液再利用 推廣說明會,分享宣導短片、政策文宣 及宣導網站之成果。整體宣導流程示意 詳見圖5。整體宣導項目規劃詳述如下

未來畜牧糞尿部分,主要需考量在 不影響養豬戶既有處理模式之下,評估 最佳收集處理模式,如採管線或槽車輸 送等方案,故本計畫針對未來可行之推 動方向,初步研擬兩方案,分別為所選 場址地區半徑5公里壓力輸送與以清運 機具運輸等方案進行運輸成本評估,使 本計畫擬評估之沼氣中心,達最佳經濟 效益。



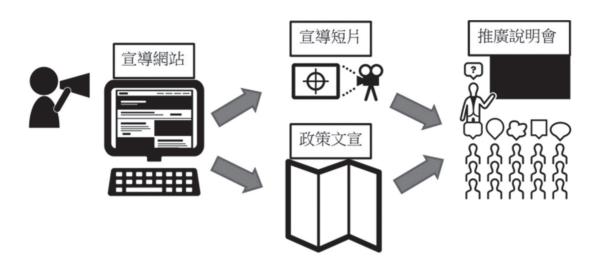


圖 5 畜牧糞液及沼渣沼液農田肥分利用宣導流程示意圖

六、未來展望與初步結論

本計畫規劃於屏東縣萬丹鄉尋得一 預定場址適宜建置禽畜糞液沼氣中心, 處理萬丹鄉畜牧禽畜糞液等廢棄物資源 ,避免排入環境水體、河川,造成水污 染情事、影響水資源利用、減少二氧化 碳排放量。本沼氣中心畜牧糞液生質能 來源相當豐富,推估約可收集10萬頭 豬隻之糞液(每頭豬隻每日產生廢水量 約30L,原廢水水質BOD5約為2,100 mg/L, COD約為5,200 mg/L, SS約為 4,800 mg/L),預期可達之環境水質及 能資源回收等各項效益如下:水質污染 削減效益(削減BOD5約為6,300 kg/day 、COD 約 為 15,600 kg/day、SS 約 為 14,400 kg/day);能源回收效益(沼氣產 量約10,000 m3 沼氣/day、沼氣發電產 生約15,000度電/day);有機肥分效益(

產生有機肥分約3,000噸/day);溫室氣體減量效益(減少二氧化碳排放量約9,555 kg CO₂/day);經濟效益(天然氣收益約150,000元/日、沼氣效益約50,700元/日)。

綜合上述,本計畫預期效益使屏東 縣禽畜糞液廢棄物獲致妥適收集與處理 ,將禽畜糞液集中處理,減少相關資源 之浪費,有效達到資源循環、資源整體 利用等永續發展等目標,進而成為國內 相關沼氣中心示範案,作為政府未來在 相關沼氣產業推動上的一大指標;對於 目前國內95%以上都仰賴進口能源而言 ,除可協助舒緩對進口能源的依賴性, 亦可減低部分二氧化碳之生成,減輕溫 室效應所造成的影響,達資源再生、永 續發展等三贏之局面。

七、誌謝

本文作者為屏東縣環境保護局推動中「屏東縣禽畜糞液沼氣中心設置規劃設計計畫」之委辦單位。作者並對於屏東縣環保局提供部份公開資料,及行政院環境保護署提供計畫經費補助特此誌謝。

參考文獻

- 1.屏東縣政府環境保護局,屏東縣東港港溪流域河川水質改善及污染削減具體行動計畫,民國100年。
- 2.行政院農業委員會,中華民國104年11 月底養豬頭數調查報告,民國105年。
- 3.南投縣政府環境保護局委辦能碩工程 顧問股份有限公司,南投縣養豬業源 頭減量清潔養豬(豬廁所)推廣計畫, 民國102年。
- 4.台灣曼寧工程顧問股份有限公司,彰 化縣養豬業源頭減量清潔養豬(豬廁 所)示範推廣計畫,民國101年。
- 5.台東縣政府環境保護局委辦嘉德技術 顧問股份有限公司,臺東縣清潔養豬 及水質改善計畫,民國103年。

- 6.宜蘭縣政府環境保護局,宜蘭縣養豬 業源頭減量執行成效探討,民國101 年。
- 7.屏東縣政府環境保護局委辦康廷工程 顧問企業有限公司,屏東縣清潔養豬 改善河川水質效益評估計畫,民國 100年。
- 8.屏東縣政府環境保護局,屏東縣高屏 溪流域事業污染源及暗管稽查管制計 畫,民國94年。
- 9.行政院環境保護局委辦台灣大學慶齡 工業研究中心,推廣農林及都市與事 業廢棄物之生質能源應用策略規劃, 民國100年。
- 10.台南市政府環境保護局委辦萬銘工 程科技股份有限公司,臺南市厭氧醱 酵生質能廠先期規劃委辦計畫,民國 102年。
- 11.行政院環境保護局委辦國立雲林科 技大學,養猪場源頭減量、資源化技 術及效益調查研析計畫,民國99年。
- 12.行政院環境保護署,高濃度畜牧廢 水收集處理及能源回收再利用技術出 訪報告,民國103年。



藍金與綠能的協奏曲-深層海水冷能 運用於溫差發電之可行性探討

許經昌 經濟部水利署水文技術組 正工程司

一、前言

依據臺灣深層海水資源利用學會的 定義,「深層海水」係指「海洋斜溫層 内,且深度二百公尺以下之海水,具低 溫、潔淨及富含營養鹽之特性」。其含 有冷能(Low-temperature Energy)、水 (Water)、營養鹽(Nutrient)、礦物質 (Mineral)及金屬元素(Metal Elements) 等資源,並具備潔淨性、低溫性、穩定 性、富營養鹽性及礦物質等五大優越性 。經濟部自2006年擬定實施計畫推動 產業發展迄今近10年,已略有初步成 果,目前在國內除已廣泛應用在飲料或 食品方面外,亦逐步推廣到化妝品、保 健食品、觀光休閒、水產養殖、農作物 栽培、甚至是醫療用途上,因此,也有 人稱該產業為「藍金」產業。

另一方面,經濟部能源局依據行政 院於2012年10月2日核定之「能源發

展綱領」,擬訂「2014年能源產業技術 白皮書」,其在屬於「綠能」的海洋溫 差發電開發規劃上,將由「概念驗證階 段」發展至「中小型系統開發階段」以 迄「大型系統開發階段」,最後進展到 「商業化電廠階段」,俾大規模開發我 國海洋能。推動目標則規劃於2020年完 成第一座 1MW 先導示範電廠, 2025年 達成設置目標50MW,邁向小型商業型 電廠開發,2030年達成設置目標250MW ,以加速商業型電廠開發。在推動方向 上,海洋溫差發電先階段性朝結合工業 餘熱及溫泉/地熱之中小型裝置容量海 洋溫差發電發展,建立國內溫差發電產 業,待大型化技術建立後再向海洋溫差 發電發展。

因為深層海水位在光線無法照到的 深海中,終年維持低溫且安定的水塊結 構,鮮少受外在環境變動干擾,所以國 內目前除已應用在建築物的空調外,亦 逐步推廣應用在養殖冷水性魚類或其它 冷能應用,而國內對於深層海水冷能應 用於溫差發電亦有部分的相關研究及kW 級的試驗機組。

由於應用深層海水進行溫差發電, 其所運用的僅為深層海水本身的冷能, 並不會改變深層海水本身的所具有的營 養鹽與礦物質,所以,冷能利用後的深 層海水仍可供其它應用,以提升深層海 水開發之整體效益。因此,如何結合深 層海水產業開發與海洋溫差發電政策, 使「藍金」與「綠能」得以共同發展, 以提升整體開發效益,並在經濟、社會 與環境永續取得和諧平衡,共創多贏局 面,就成為值得深入研究之課題。

二、政府的海洋溫差發電政策

依經濟部能源局「2014 年能源產業 技術白皮書」之規劃及再生能源相關規 定,政府海洋溫差發電政策重點如下:

(一)發展目標與策略

為積極開發我國海洋能,政府規劃 我國海洋能發展藍圖,於開發規劃上, 將由「概念驗證階段」發展至「中小型 系統開發階段」以迄「大型系統開發階 段」,最後進展到「商業化電廠階段」 ,俾大規模開發我國海洋能。**推動目標** 提劃加下。

規劃如下:

- 1.2020年:完成第一座 1MW 先導示範電 廠。
- 2.2025年:達成設置目標50MW,邁向小

型商業型電廠開發。

3.2030年:達成設置目標250MW,

加速商業型電廠開發。

海洋溫差發電推動先階段性朝結合 工業餘熱及溫泉/地熱之中小型裝置容 量海洋溫差發電發展,先行建立國內溫 差發電產業,待大型化技術建立後再向 海洋溫差發電發展。

(二)再生能源之海洋能發電設備示範 獎勵辦法

依再生能源發電設備示範獎勵辦法 規定,海洋能發電設備產出電力需引接 應用或與電業併聯,且可展示海洋能發 電應用功效之整體設備,總裝置容量規 定在5瓩以上,且需屬新品設備,如符 合上述規定之海洋能發電設備,每瓩購 置獎勵金額以新臺幣25萬元為上限, 但超過100瓩部分,每瓩以新臺幣15萬 元為上限,且規定每一申請案獎勵總額 不得超過新臺幣5千萬元。

(三)再生能源之海洋能發電躉購費率

依據經濟部能源局公告訂定的「中華民國一百零五年度再生能源電能躉購費率及其計算公式」,2016年各類別再生能源電能躉購費率(如表1),由於海洋溫差發電發展尚未成熟,國際上尚未有商轉電廠,再生能源之躉購費率未就海洋溫差發電等海洋能分析合理售電價格,故目前僅能適用以其他類躉購費率項目,躉購費率為2.7174元/0度。



表 1 再生能源(太陽光電除外)發電設備電能躉購費率表

再生能源類別	分類	裝置容量級距	躉購費率(元/度)			
		1 瓩以上不及 20 瓩	8.5098			
	陸域	20 瓩以上註1	加裝 LY	VRT 者	2.8099	
風力		20 处以上	未加裝 LVRT		2.7763	
(大)			固定 20 年	躉購費率 ^{誰2}	5.7405	
	離岸	無區分	階梯式躉	前 10 年	7.1085	
			購費率 ^{註3}	後10年	3.4586	
川流式水力	無區分	無區分	2.9078			
地熱能	無區分	無區分	4.9428			
生質能	無厭氧消化設備	無區分		2.7174		
土 貝 ル	有厭氧消化設備	無四刀	3.9211			
廢棄物	無區分	無區分		2.9439		
其他	無區分	無區分		2.7174		

註1:屬符合第10點規定之陸域型20瓩以上風力發電設備,有加裝低電壓持續運轉能力 (LVRT)者,費率加成3.6%後為2.9111元/度;未加裝低電壓持續運轉能力(LVRT)者, 費率加成3.6%後為2.8762元/度。

註2:屬離岸型風力發電設備,選擇適用固定20年躉購費率者,躉購費率為5.7405元/度。 註3:屬離岸型風力發電設備,選擇適用階梯式躉購費率者,前10年適用費率為7.1085元/度 ,後10年適用費率為3.4586元/度。

資料來源:經濟部能源局網站

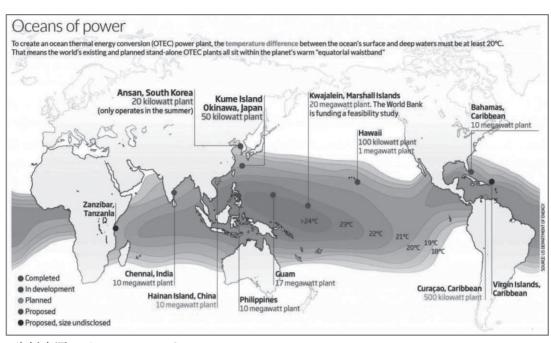
三、臺灣深層海水溫差發電之可 行性探討

(一)臺灣發展海洋溫差發電條件

依據2007年國際能源總署-海洋能源系統(IEA-OES)指出海洋溫差能量的理論年發電量為10,000 TWh (Tera Watt-Hour)。而夏威夷海洋能專家Nihouse則評估熱帶海域具有海洋溫差發電潛能的面積超過100百萬平方公里,其發電容量為3~10 TW (Tera Watt)

,可全年全日發電及作為基載電力,並 足以提供目前全球電力消耗量的二倍。

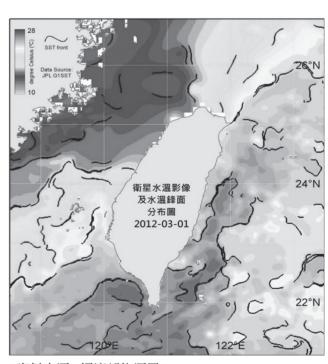
全球於200海哩經濟海域內具有海洋溫差資源之國家,這些具有潛在海洋溫差發電和海水空調(Seawater Air Conditioning, SWAC)潛能國家分別位於美洲、非洲、印度及太平洋等熱帶和亞熱帶地區,其地區總人口可達的30億人,其中也包括臺灣(如圖1)。



(資料來源: US Department of Energy)

圖1全球海域溫差發電潛能區域分布圖

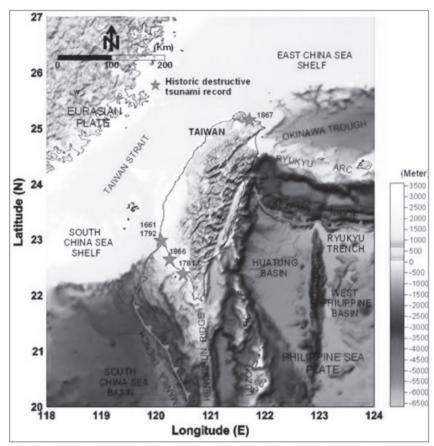
臺灣能源絕大部份仰賴進口,隨著 能源價格不斷上漲,開發自有能源已是 刻不容緩,因為臺灣四面臨海,海洋能 源被視為新興的再生能源,而臺灣位處 亞熱帶地區,東部海域海底地形陡峻, 部分地區距離海岸約3公里~5公里處水 深即達1,000公尺,深層海水溫度約 4°C~5°C,臺灣海水表層溫度方面,東 部較西部高,南部則較北部高,東部由 於有黑潮暖流通過海域,表層水溫常年 達25℃以上,表面溫海水與深層冷海水 溫差約17℃~25℃(如圖2及圖3),全年 皆可用來發電,由於地形及水溫條件俱 佳,發展海洋溫差發電甚有潛力,未來 如配合深層海水多目標利用進行整體開 發,將更可提高其整體經濟效益。



(資料來源:經濟部能源局)

圖2臺灣海域水溫圖





(資料來源: http://scweb.cwb.gov.tw/macho-web/)

圖3臺灣海域地形圖

(二)國內既有研究與試驗機組

1. 國內海洋溫差發電調查研究

台電公司於1980年起即開始注意海 洋溫差發電在臺灣的可行性,並於1981 年開始執行海洋溫差發電相關技術資料 的蒐集與研究,擬定長期發展計畫,展 開系列性的調查研究作業。自1981年 進行「臺灣東部海域海洋溫差發電潛能 研究計畫」,完成候選場址環境資料調 查以及初步可行性研究與電廠概念設計 ,1989年完成「海洋溫差多目標利用初 步可行性研究報告」,1991年則完成「 和平海洋溫差發電預定場址外海海床調查研究」。

經濟部能源委員會則於 2003 年委託中興工程顧問公司評估臺灣東部海岸或近海區域設置海洋溫差發電示範電廠關鍵技術及經濟可行性。而台灣電力公司亦於 2007~2009 年委託國立臺灣海洋大學針對結合深層海水與太陽熱能之複合式溫差發電示範電廠之可行性進行研究,並提出初步設計。其預計設置地點為臺東深層海水創新研發中心,初步規劃電廠裝置容量為80kW。其後經濟部水利署則於 2011年

委託逢甲大學完成深層海水及溫泉水溫 差發電之可行性探討,近期經濟部能源 局再於2014年委託中興工程顧問公司完 成高效率溫差發電及深層海水冷能利用 可行性評估。

2. 國內海洋溫差發電機組建置技術

2006年經濟部能源局委託工研院建置國內第一套小型溫差發電實驗室,裝置容量為500W。2008年更進一步研發5kW之實驗機組,為實驗研究奠立基礎,接著2009年更成功開發出亞洲首座海洋溫差發電現場實驗機組,於花蓮台肥園區系統裝置瓩級海洋溫差發電現場機組,其表層海水、深層海水溫差超過10℃即可發電。冬天因表層海水溫度較低,溫差約10℃,發電量約600~700W,夏季表層海水溫度較高,溫差可達15℃,發電量約1,100W,可持續24小時穩定運轉發電,產出電力提供建築照明方式展示。

經濟部水利署配合行政院政策推動 深層海水產業之發展,除負責於臺東縣 知本溪南岸興建「經濟部東部深層海水 創新研發中心」以做為深層海水產業技 術研發之基地外,為增加創新研發中心 整體營運效能,故思考提升溫差發電運 作效率之方式,於2011年委託逢甲大學 建置1套可利用深層海水及溫泉水進行 溫差發電之機組,裝置容量為5kW。

近年來工研院更接續投入50kW有機 朗 肯 循 環 (Organic Rankine Cycle,

ORC)關鍵元件研發,利用海洋溫差發 電轉換為電力核心技術,設計、開發有 機朗肯熱機循環系統,建立系統工程、 關鍵元件自主技術,可做為大型海洋溫 差電廠動力系統開發,亦可做為低階熱 能發電系統(例如工業餘熱、地熱/溫泉 、生質熱能、太陽熱能等)開發,技術 應用範圍廣,可帶動國內的節能、綠能 相關產業。ORC機組適合將低階或中階 熱能轉換為軸功率或電力輸出,而且機 組具備壽期長、穩定性佳、可靠度高、 維修週期長等產品特性,目前正辦理溫 差發電業界合作,擴大至工業餘熱利用 ,就我國低溫差熱能特性,研發適用 ORC機組,以掌握機組系統工程、關鍵 元件開發技術,並建造示範機組,落實 技術成效,期提高國內自製率,以推動 低溫熱能發電產業。

因此可知,國內目前對於海洋溫差 發電中小型機組建置已具有相當的技術 能力,未來的技術研發方向應在於增大 發電容量,以達到規模經濟的效果。



(三)國內既有規劃案經濟可行性探討

台灣電力公司2009年委託國立臺灣 海洋大學針對結合深層海水與太陽熱能 之複合式溫差發電示範電廠之可行性研 究,其後經濟部水利署於2011年委託逢 甲大學完成深層海水及溫泉水溫差發電 之可行性探討,兩計畫預計設置地點皆 為經濟部東部深層海水創新研發中心, 前者初步規劃電廠裝置容量為80kW, 後者規劃之電廠裝置容量則為200kW 。另外,經濟部能源局於2014年委託中 興工程顧問公司完成高效率溫差發電及 深層海水冷能利用可行性評估,其規劃 設置地點則為花蓮和平火力發電廠,規 劃之裝置容量亦較大,達4MW(即 4,000kW)。三項研究規劃之基本內容、 深層海水需求及估算之年均化發電成本 等資料彙整理如表2。

比較上述三項研究規劃,台電公司 規劃案(A案)規劃裝置容量最小(80kW),主要運用之溫差來源為深層海水與 太陽能集熱板供應之熱水;經濟部水利 署規劃案(B案)規劃裝置容量其次(200kW),主要運用之溫差來源為表層 與深層海水或溫泉與深層海水或溫泉與 溪水;經濟部能源局規劃案(C案)規劃 裝置容量最大(4,000kW),主要運用之 溫差來源為深層海水與和平火力電廠廢 熱水。而因應規劃案溫差來源之不同, 溫差愈大,其系統發電效率愈高。

由於A案及B案係以位於臺東縣之經濟部東部深層海水創新研發中心為規

劃設置地點,故其深層海水需求量原則上需以創新研發中心既有之最大取水量為上限,A案規劃需水量為273~1,073CMD,B案則為2,962~14,333CMD;而C案則需497,664CMD。

在年淨發電量部分,A案因受限於高溫端供水限制,每日每機組運轉時數僅為2.91~6.65小時,在考慮發電機組與相關設備及太陽能集熱板等耗電功率情況下,估算年淨發電量約為3.4萬度,電廠容量因素則為4.87%;B案規劃每日機組運轉時數為24小時,在未考慮發電機組與相關設備耗電功率情況下,估算年淨發電量約為172.8萬度,廠容量因素則為100%;C案規劃每日機組運轉時數為24小時,在考慮發電機組與相關設備等耗電功率情況下,估算年淨發電量約為2,030.9萬度,電廠容量因素則為57.96%。

依據各規劃案工程內容之不同,A 案之建廠成本約為7,638萬元(無補助) 或7,145萬元(有補助),年均化發電成 本為375.5元/度(無補助有人事費)或 256.7元/度(有補助無人事費);B案建 廠成本約為1,500萬元,在含取水費用 情況下,年均化發電成本分別為60.39 元/度(表層與深層海水)、15.88元/度(溫泉與深層海水)及3.059元/度(溫泉 與溪水);C案之建廠成本約為19.2億 元,年均化發電成本為7.638元/度。

經比較上述三項研究規劃結果亦發現,電廠裝置容量愈大,因經濟規模

表 2 臺灣近年針對溫差發電設施之相關研究規劃

研究規劃單位	台電公司(A案)	經濟部水利署(B案)	經濟部能源局(C案)
規劃裝置容量	80kW(2 機組)	200kW	4,000 kW
規劃設置地點	臺東深層海水 創新研發中心	臺東深層海水 創新研發中心	花蓮和平火力發電廠
溫差來源	太陽能集熱板熱水 與深層海水	深層海水與溫泉水、 溪水或表層海水	和平火力電廠廢熱水 與深層海水
高溫及低溫端溫度	高溫 50°C 以上 低溫端 12°C	表層與深層海水 35℃(高),6℃(低) 溫泉與深層海水 90℃(高),6℃(低) 溫泉與溪水 120℃(高),27℃(低)	高温端 32℃ 低温端 9℃
規劃系統發電效率, η(%)	5.5%	2.35%~6.52%	2.5%~4%
深層海水需求量 (CMD) ^{±1}	273~1,073	2,962~14,333	497,664
推算年淨發電量 ^{註2} (萬度)	3.4129	172.8	2,030.9
電廠容量因素(%)	4.87%	100%	57.96%
建廠成本(億元)	無補助 0.7638 有補助 0.7145	0.15	19.2036
運轉維護年均成本 (萬元)	無人事費 386.9 有人事費 758.6	311.4	1,541
年均化發電成本 (元/度)	無補助有人事費 375.5 有補助無人事費 256.7	表層與深層海水 ^{±3} 0.668 或 60.39 溫泉與深層海水 0.594 或 15.88 溫泉與溪水 0.417 或 3.059	7.638

- 註:1.深層海水需求量可能依各月份設計可操作溫差或溫差來源而有不同。
 - 2.A案規劃每日每機組運轉時數為2.91~6.65小時(受限於高溫端供水限制), 且已考慮發電機組與相關設備及太陽能集熱板等耗電功率;
 - B案規劃每日機組運轉時數為24小時,但未考慮發電機組與相關設備耗電功率;
 - C案規劃每日機組運轉時數爲24小時,且已考慮發電機組與相關設備等耗電功率。
 - 3.前者爲不含取水費用,後者爲含取水費用。



因素,其年均化發電成本愈低。再與2012年台灣電力公司電源成本(如表3)比較發現,C案(4,000kW)之年均化發電成本已與同等級電廠裝置容量之太陽能發電成本相當,顯示MW級的溫差發電廠,已具有與同等電廠裝置容量太陽能發電廠之競爭能力,未來如能比照與溫差發電性質相近之地熱能的躉購費率(4.9428元/度),將會大幅提升MW級溫差發電廠開發之經濟效益。另外,由於溫差發電廠開發之經濟效益。另外,由於溫差發電僅運用深層海水之冷能,並不會改變其化學性質,因此經過溫差發電

的深層海水,亦可運用在深層海水產業 之其他用途,亦可再進一步提升整體開 發之經濟效益。

表 3 2012年台灣電力公司電源成本

發電種類	淨發電量 (億度)	可用率 (%)	容量因數(%)	發電成本 (新台幣元/度)			
火力燃油	45.9	87.99	20.14	6.52			
火力燃煤	638.7	91.62	89.39	1.64			
火力燃氣	25.1	91.18	28.52	5.67			
火力燃氣 複循環	463.9	88.09	56.48	3.71			
核能	388.87	?	?	0.7212			
風力	台電7.37 民間7.53	?	?	?			
太陽能	台電0.13 民間1.25	?	?	1瓩以上不及10瓩,9.25 10瓩以上不及100瓩,8.32 100瓩以上不及500瓩,7.97 500瓩以上,7.18			
水力	台電46.87 民間9.61	?	?	?			

參考資料來源:1.火力營運指標,台灣電力公司[2013-12-05]

- 2. 歷年核能發電成本,台灣電力公司[2013-12-05]
- 3.再生能源發電概況,台灣電力公司[2013-12-05]
- 4.中華民國102年度再生能源電能躉購費率及其計算公式
 - ,經濟部能源局[2013-12-05]

四、結語

深層海水具有低溫、潔淨及富含營養鹽之特性,可以廣泛應用在飲料、食品、化妝品、保健食品、觀光休閒、水產養殖、農作物栽培及醫療等多種產業用途上;而依據2014年能源產業技術白皮書,在屬於「綠能」的海洋溫差發電開發規劃上,將由「概念驗證階段」發展至「中小型系統開發階段」以迄「大型系統開發階段」,最後進展到「商業化電廠階段」,俾大規模開發我國海洋能,其推動目標為規劃於2020年完成第一座1MW先導示範電廠。

依據研究結果發現,電廠裝置容量愈大,因經濟規模因素,其年均化發電成本愈低,且裝置容量4MW溫差發電電廠之年均化發電成本已與同等級電廠之太陽能發電成本相當,顯示MW級的溫差發電廠,已具有與同等電廠裝置容量太陽能發電廠之競爭能力。

另一方面裝置容量為kW級之溫差 發電電廠,雖然年均化發電成本仍相對 偏高,但由於應用深層海水進行溫差發 電,其所運用的僅為深層海水本身的冷 能,並不會改變深層海水本身的所具有 的營養鹽與礦物質,所以冷能利用後的 深層海水仍可供其它應用,以提升深層 海水開發之整體效益。

因此,建議短期內可以蒐集「經濟 部東部深層海水創新研發中心」及「行 政院農業委員會東部海洋生物研究中心 水產生物種原庫」完工迄今之實際營運 資料,分析研擬結合深層海水產業開發 與海洋溫差發電電廠之規劃,以進一步 提升整體開發效益,並可作為驗證「中 型系統開發階段」之用途,以期於2020 年前完成1MW先導示範電廠之推動目 標。

參考文獻:

- 1.台灣電力股份有限公司,民國98年11 月,複合式溫差發電示範電廠可行性 研究及初步設計。
- 2.經濟部水利署,民國100年12月,深 層海水及溫泉水溫差發電可行性探討。
- 3.經濟部能源局,民國103年12月,高 效率溫差發電及深層海水冷能利用可 行性評估。
- 4.經濟部能源局官方網站 https://web3.moeaboe.gov.tw/。
- 5.維基百科網址 https://zh.wikipedia.org/zh-tw/。

學會動態

水資源管理會刊

會務報導

秘書長 虞國與

一、年會暨研討會活動報導

本會為促進水資源管理,推動水資源永續利用相關學術研究的民間團體,目的在提昇我國水資源管理水準。會員為從事水資源相關研究或工作之學者專家,分別來自國內各大學院校、研究單位以及經濟部水利署、農田水利體系及自來水體系等機關,本次(第七屆第二次)年會於國立中興大學圖書館七樓國際會議廳辦理,由中興大學、經濟部水利署中區水資源局、經濟部水利署水利規劃試驗、經濟部水利署第三河川局及中興大學土木工程系與本會共同主辦。

本次會員大會特邀請中興工程顧問 社施顏祥董事長進行特約演講「台灣水 資源管理的挑戰」,施董事長以節流、 開源、防災、優化及環境等五大面向, 剖析當前台灣治水面臨的重大挑戰與因 應對策。

年會活動包括人才表揚,本會頒發 104年度卓越貢獻、傑出水資源成就、 優異資深人員、優秀青年工程師及優良 論文等獎項共14人獲獎,並由卓越貢獻 得獎人-台灣自來水公司胡南澤總經理 代表受獎人致詞。

下午舉行「水資源管理研討會及水 環境教育參訪」,本次研討會主題為「 河川環境營造之躍升」,由經濟部水利 署蔡孟元副總工程司介紹台灣河川治理 與環境營造演變過程, 並提出如何以節 能减碳之思維,利用創新科技作法打造 新的河川環境;另,由行政院農委會何 逸峯科長以農田水利事業多功能之角色 ,說明農田灌溉和河川環境營造之概況 與作法,期能朝向「恢復自然健康河川 ,建構永續生活環境 | 之願景邁進。配 合本次研討會主題,大會亦特別安排水 環境教育參訪~再現康橋,邀請會員共 同體驗「旱溪排水康橋環境營造」之成 果,見證這處位於中興大學旁原舊河道 之河川環境整治現況,親身感受水利人 辛苦耕耘創造的康橋驚艷景色。

104 年 夏水資源優異 人才之名 獎項及 得獎 人知下:

1.「卓越貢獻獎」

• 胡南澤 (台灣自來水股份有限公司總經理)

2.「傑出水資源成就獎」

• 林柏璋 (行政院農業委員會農田水利處 簡任技正)

• 賴建信 (經濟部水利署 副署長)

◆ 許少華 (逢甲大學水利工程與資源保育學系 教授)

• 林占山 (臺灣嘉南農田水利會新營區管理處 工程師兼主任)

3.「優異資深人員獎」

● 王復生 (臺灣屏東農田水利會 總幹事)

● 曾國柱 (經濟部水利署水源經營組 副組長)

● 簡文煥 (財團法人農業工程研究中心 助理研究員兼 資訊組組長)



致贈「卓越貢獻獎」-感謝前理事賴平雄會長貢獻,賴夫人(右)代表領獎

4.「優秀青年工程師獎」

● 簡大為 (臺灣新竹農田水利會 助理工程師)

• 梁維堯 (台灣自來水股份有限公司工程師)

• 賴炯賓 (經濟部水利署河川海岸組 副工程司)

5.「優良論文獎」

• 李丁來

(台灣自來水公司漏水防治處 處長) 〔自來水事業績效國際評比及標竿探討〕 一自來水會刊(33卷第1期), 2014.2

• 林生榮

(經濟部水利署北區水資源局 正工程司/寶二水 庫管理中心主任)

[土石壩心層內垂直立管之行為觀察與對壩體 影響探討]

一中興工程期刊第125期, 2014.10

• 許錫鑫

(經濟部水利署 科長)

[將數位化管理應用於河川土砂疏濬作業之效 益分析]

一營建管理季刊第99期/2014.11



陳理事長(左)頒發「卓越貢獻獎」 得獎人:田巧玲副署長(右)

學會動態

水資源管理會刊



會員出席年會



大會主席-楊偉甫理事長致詞



感佩熱忱-楊偉甫理事長(左)頒獎 感謝中興大學薛富盛校長協辦年會活動



大會貴賓-施顏祥董事長特約演講



楊偉甫理事長(右)頒發「卓越貢獻獎」 得獎人:胡南澤總經理(左)



王瑞德署長(中)頒發「傑出水資源成就獎」 林柏璋簡任技正(左1)、賴建信副署長(左2) 、許少華教授(右2)、林占山主任(右1)



呂芳堅常務監事(右1)頒發「優異資深人員獎」 王復生總幹事(左1)、曾國柱副組長(左2)、 簡文煥組長(左3)



吳瑞賢主任委員(右1)頒發「優良論文獎」 林生榮課長(王國樑副局長代)(左1)、 李丁來處長(左2)、許錫鑫科長(右2)



水環境教育參訪參訪~再現康橋 現場解說



胡南澤總經理(右1)頒發「優秀青年工程師獎」 簡大為工程師(左1)、梁維堯工程師(左2)、 賴炯賓副工程司(左3)



水資源管理研討會-「河川環境營造之躍升」



水環境教育參訪參訪~再現康橋

學會動態

水資源管理會刊

二、第七屆第二次年會暨研討會委員會

◎主辦單位: 中華水資源管理學會 、中興大學、經濟部水利署中區水資源局

◎協辦單位:

經濟部水利署 經濟部水利署水利規劃試驗所

經濟部水利署第三河川局國立中興大學土木工程學系

經濟部水利署北區水資源局經濟部水利署南區水資源局

經濟部水利署台北水源特定區管理局 台灣自來水股份有限公司

台北自來水事業處中華民國自來水協會

台灣電力股份有限公司農田水利會聯合會

台北市瑠公農田水利會台北市七星農田水利會

臺灣石門農田水利會臺灣桃園農田水利會

臺灣新竹農田水利會臺灣苗栗農田水利會

臺灣臺中農田水利會臺灣南投農田水利會

臺灣彰化農田水利會臺灣雲林農田水利會

臺灣嘉南農田水利會 臺灣屏東農田水利會

財團法人工業技術研究院 財團法人中興工程顧問社

財團法人台北市七星農田水利研究發展基金會財團法人七星農業發展基金會

財團法人維謙基金會財團法人台灣產業服務基金會

財團法人成大水利海洋研究發展文教基金會財團法人國家實驗研究院國家高速網路與計算中心

台塑公司塑化公用事業部 容泰工程顧問股份有限公司

陶林數值測量工程有限公司 象騰顧問有限公司

光宇工程顧問股份有限公司

艾亦康工程顧問股份有限公司 世合工程技術顧問股份有限公司

61

三、會員

會員類別	會員人數
永久個人會員	229
一般個人會員	679
永久團體會員	29
一般團體會員	22
學生會員	2
終計	961

新入會員名單

【永久團體會員】

證號	單 位	代表人	職稱
G20031	桃園市政府水務局	劉振宇	局長
G20031		李金靖	副局長

【一般團體會員】

證號	單 位	代表人	職稱
G10035	中華電信研究院	羅坤榮	所長
	中半电信训光机 	呂光欽	高級研究員

學會動態

水資源管理會刊

【永久個人會員】

證號	會員姓名	服務單位	職稱
P20263	張敬悅	台灣自來水公司漏水防治處	工程師
P20264	陳郁仁	台灣自來水公司	工程師
P20265	李順敏		總工程師
P20266	李魁士		經理
P20267	陳正勳		副理
P20268	張嘉興	台灣世曦工程顧問股份有限公司	副理
P20269	陳聰海		副理
P20270	楊智堯		正工程師
P20271	黃威豪		正工程師

【永久個人會員】

證號	會員姓名	服務單位	職稱
P11581	黄正中	台灣自來水公司漏水防治處	工程員
P11582	蔡怡臻	台灣世曦工程顧問股份有限公司	工程師

中雪水資源館理學會個人會員資料表

項目	□ 新申請入會(請填寫全部項目)□ 資料更新(請填寫姓名及更新項目)				
會員別	│ □ 一般個人會員	□永	久個人會員		
姓名		出生年次	民 國	年	
性別		身分證字號			
畢業學校及 最 高 學 歷					
專長領域	□ 工程 □ 管理 □□ 經濟 □ 農業 □	」法律 □ 環]其他 <u></u>	境	」	
服務單位			職稱		
單位地址					
永久地址					
聯絡電話		傳真電話			
E-mail					
會員證號	(新申請入會者由學會填寫)				

填表日期:中華民國 年 月 日

■ 本會傳真號碼:(02)2621-0370 ■ 本會聯絡電話:(02)8631-1279

* 個人資料僅供本會審核會員資格及通訊使用,不作其他用途。

學會動態

水資源管理會刊

口雪水資源館 門學會 團體會員資料表

項目	□ 新申請入會(請填寫全部項目)□ 資 料 更 新(請填寫姓名及更新項目)					
會員別	□ 一般團體會	i員		□ 永/	入團體會.	Ę
團體名稱						
單位電話			傳	真電話		
單位地址						
負 責 人			職	稱		
成立日期			員	工人數		
業務項目						
會員	姓名	性另	IJ	職	稱	年次(民國)
代表						
(二名)						
會員證號 (新申請入會者由學會填寫)						

填表日期:中華民國 年 月 日

■ 填表人: ■ 聯絡電話:

■ 本會傳真號碼:(02)2621-0370 ■ 本會聯絡電話:(02)8631-1279

^{*} 團體單位資料僅供本會審核會員資格及通訊使用,不作其他用途。

入會繳費方式

會費繳付方式如下:

一、郵政劃撥:

戶名:社團法人中華水資源管理學會

劃撥帳號: 19369414

二、支票:抬頭「社團法人中華水資源管理學會」

三、會員類別與收費標準:

■一般個人會員:第一年申請入會時,需繳交入會費500元,會員應每年按期繳納 常年會費,本會每屆會期三年,凡個人會員於該屆繳納二年以 上之會費者得享有優惠,會費收取標準如下:

1.一次繳交一年:新台幣500元

2.一次繳交二年:新台幣900元

3.一次繳交三年:新台幣1,200元

■永久個人會員:一次繳付5,000元整,終生享有會員權益。

■一般團體會員:第一年申請入會時,需繳交入會費10,000元,

第二年開始每年需繳納常年會費5,000元。

■永久團體會員:一次繳付100,000元整,該團體終生享有會員權益。

■學 生 會 員:第一年申請入會時,需繳交入會費200元,第二年開

始每年需繳納常年會費200元。

本會傳真:(02)2621-0370 聯絡電話:(02)8631-1279 地址:251淡水郵政1-616號信箱

經濟部水利署 經濟部水利署北區水資源局

經濟部水利署南區水資源局

行政院農委會水土保持局

台北市瑠公農田水利會 臺灣桃園農田水利會

臺灣新竹農田水利會

臺灣彰化農田水利會 臺灣雲林農田水利會

臺灣宜蘭農田水利會 臺灣花蓮農田水利會

經濟部水利署水利規劃試驗所 台灣自來水股份有限公司 台北市七星農田水利會 臺灣石門農田水利會 臺灣苗栗農田水利會

臺灣臺中農田水利會 臺灣南投農田水利會

臺灣嘉南農田水利會 臺灣高雄農田水利會 臺灣屏東農田水利會 臺灣臺東農田水利會

台北市農會 財團法人七星農業發展基金會

財團法人台北市七星農田水利研究發展基金會

巨廷工程顧問股份有限公司 光宇工程顧問股份有限公司

感謝以上單位贊助,協助本刊順利發行,特此銘謝!



巨廷工程顧問股份有限公司 **GTInternational**

公司理念 Managemant Concepts

巨廷工程顧問公司創立於民國78年5月,成立之主旨在提供專業技術與經驗,協助國内外政府機關 及各公民營機構辦理水利、環境、能源與資源等工程相關之規劃、設計與監造等各項工作。多年 來,巨廷工程顧問公司不斷秉持著「創新技術、價值服務、關懷環境、培訓人才、重視信譽」之 創立宗旨,發揮「品質、效率、溝通、協調、負責」之經營理念,以認真、積極、勤奮的態度參 與國内各項重大建設相關之工程計畫,普獲政府機關、委託單位之重視與肯定,在工程顧問界已 奠立穩固的基礎。

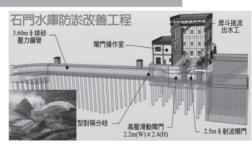
展望未來,我們將持續秉持公司創業理念,建立追求創新之企業文化,強化卓越服務的組織功 能、融合環境永續之前瞻設計,以創造專業領域的社會價值,樹立業界新典範自許,期對台灣的 水利、環境、能源與資源工程有所貢獻,並以深耕專業技術服務亞洲地區國家為目標,懇請各界不吝 繼續給予鼓勵與支持。

服務範圍 Services

- 研究與發展 Research and Developement 0
- 分析與評估 Analysis and Evaluation
- 技術移轉與訓練 Technology Transfer and Tarinning 0
- 可行性規劃 Feasibility Study 0
- 細部規劃 **Detail Planning**
- 基本設計 Basic Engineering Design
- 細部設計 Detailed Engineering Design
- 工程管理 Construction Management

服務領域 **Business Lines**

- 永續水庫
- 健康河川
- 資源開發 健康城市
- 國土規劃 環境調查
- 巨廷工程顧問股份有限公司 **G T International**







基隆河員山子分洪工程

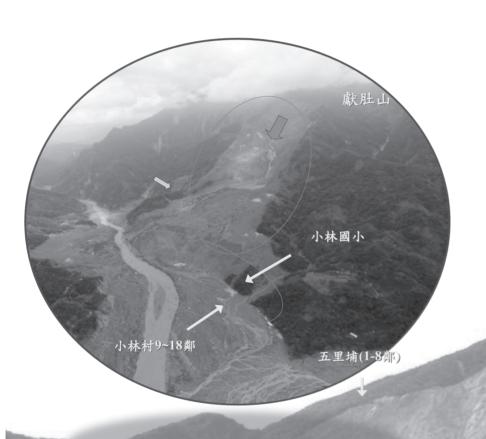


都市防洪與總合治水策略規劃



地址:台北市南京東路3段215號2樓 電話:(02)8712-9866 傳真:(02)8712-9869

規劃大規模崩塌災害處理調適工作強化對於氣候變遷影響因應能力



願景。

目標

調適策略

大規模崩塌 中高潛勢風險 降低改善 34處

大規模土砂 災害區土地可 利用限度評估 5萬公頃

疏散避難 規劃33處

聚落防護 能力提升 2.250户

提升社會認 同價值與水 土資源保育

建構智慧防災的坡地環境

建構科技、創新、智慧的坡地防災維護安全、生態、多樣的水土環境營造保育、利用、永續的國土資源

- > 強化大規模崩塌危機應變能力
- 建立大規模土砂災害區智慧防災體系
- > 增進大規模土砂災害區治理成效
- > 精進大規模土砂災害區資源保育
- ▶ 推動大規模土砂災害區水土保持管理
- 統合大規模土砂災害區防減災資訊及 推廣交流



行政院農業委員會水土保持局

Soil and Water Conservation Bureau, Council of Agriculture, Executive Yuan.

廣告