

研發村落型緊急供水技術之研究(2/2)- 綠能快組式之高濁度原水淨水系統

The Study of the Emergency Water Treatment System by Green Technology

主管單位：經濟部水利署

陳建宏¹

任維傑¹

謝明昌²

Chen, Chien-Hung¹

Jen, Wei-Chieh¹

Hsieh, Ming-Chang²

¹工業技術研究院材料與化工研究所

²水利署防災中心

摘要

世界上有超過一半以上的人口因為飲用水受到污染而罹病，每天超過 6,000 人而死亡，故可見緊急淨水處理技術研發之重要性。且臺灣颱風發生頻率極高、區域降雨不均、坡陡流急，為一常發生缺水之國家，而水為維持生物生命之必需，故基於人道救援考量，研發高科技技術來解決急難時的用水問題，確有其必要性與急迫性。本研究第一年已完成 Qwater 緊急供水系統建置，並在桃園縣羅浮國小進行長時間效能測試。第二年計畫將設計綠能型或低耗能型處理單元之淨水技術與系統，並與 Qwater 緊急供水系統整合應用。今年已完成綠能淨水技術可行性評估，包含曝氣加壓薄膜過濾技術、虹吸淨水薄膜過濾技術、人力腳踏車淨水技術及綠能 Qwater 緊急供水系統整合，實驗結果顯示綠能型直流電 Qwater 系統之節能效率為原始 Qwater 系統用電量之 80.1%。更進一步來說，既有 15 CMD Qwater 設備平均每小時所需耗電量為 633 W，藉由設備優化改良、應用晶片中控系統的綠能 Qwater 裝置，每小時只需要 154 W 即可達到相同的淨水功效，並輔以綠能配套系統，經過實驗測試，平均每小時綠能 Qwater 消耗的市電約為 126 W，從 633 W 變成 126 W，為原始 Qwater 系統用電量之 19.9%，節省 80.1% 之用電量。遠超過計畫設定的 30% 目標。除此之外，本計畫已於七月份在新北市法鼓山教育園區完成淨水模場建置，在高濁度原水 Qwater 淨水實驗與效能驗證部分，整體系統濁度去除率達 99.9%，產水濁度小於 2 NTU，總菌數與大腸桿菌數皆符合飲用水水質標準。

關鍵詞：緊急淨水、災難、綠能

Abstract

Water borne diseases have affected the living for more than half of population in the world and caused 6,000 deaths each day. Taiwan faces typhoon threats frequently due to concentrated raining and steep terrain. Water supply and human health is an urgent challenge for the whole word. New solution for safe water supply under emergency situations is needed. Qwater has been developed as an emergency water treatment system and tested at Lofu

Elementary School in the first year of the project. The major goal for the second year is designing a Qwater system with green energy and low energy usage. Up to now, we have evaluated the feasibility of applying various green technology into Qwater system, including aeration pressured membrane filtration, siphoned membrane filtration, bicycle power water treatment technology and integration of Q water system. The experiment results show the green Qwater system (126W/hr) save 80% electricity compared to original one (633W/hr). Besides, the evaluation and selection of the test site has been completed. System installation will be completed at the end of July. About the water treatment efficiency of Q water, the feasibility test show that the removal rate of turbidity could achieved 99.9%. Besides, water qualities of the system permeate can conform to drinking water quality standard. Turbidity was smaller than 2 NTU.

Keywords : emergency water treatment system , disaster, green energy.

一、前言

迄今世界上有超過一半以上的人口因為飲用水受到污染而罹病，每天超過6,000人而死亡，可見緊急淨水處理技術研發之重要性。且臺灣颱風發生頻率極高、區域降雨不均、坡陡流急，為一常發生缺水之國家，而水為維持生物生命之必需，故基於人道救援考量，研發高科技技術來解決急難時的用水問題，確有其必要性與急迫性。

然而，傳統之淨水技術、供水技術並無法直接應用於緊急、救災之需求，因傳統淨水、供水技術，其缺點為1.設備較重甚或不可搬運，不利於運輸。2.系統組裝及試車時間長，且試車期間長。3.不適用於高濁度水處理。4.需大量用電，故基於這些原因，致使傳統淨水技術無法滿足緊急用水之水質需求。

緊急淨水設備的水源多為高濁度水，於颱風期間臺灣地區濁度高於上萬NTU甚為常見，而傳僅可處理小於3000NTU的原水，故傳統淨水技術無法處理高濁度水源。此外，考量到緊急災難發生時，多為交通中斷導致傳統大型水處理系統無法運送的情況，而薄膜淨水技術較其他技術如AOP、生物、化混、砂濾、沈澱等方法，具有小型、高效、快速供水的優勢，故為相當適用於救災用之淨水技術，然而，薄膜過濾必須藉由電力驅動泵浦加壓濾水，但急難地點不定且無法確保電力來源，且若為使原水可藉自然重力過濾而增加膜孔孔徑，則無法提供優良之濾水水質而無法引用，故本計畫必須找出一找低耗能且抗堵之薄膜材料加以應用。另外，於高濁度水固液分離方法部分，因臺灣多處地質鬆軟，故降雨期間亦產生泥沙含量高的高濁度水，其因濁度極高，且含有小於 $1\ \mu\text{m}$ 的微小顆粒，故若僅以傳統淨水技術處理，如水漩機，則無法有效去除，並會導致淨水系統損害。且現有處理技術多為大型化設備，如Actiflo及具漩流結團絮凝器，並不適用於機動式救災淨水系統中。

有鑑於此，本計畫將以工研院專利技術BioMF技術進行改良與衍生，來突破上述所說之技術瓶頸，發展出一種快組式之高濁度原水淨水系統，同時具備低能耗、高效率、高機動性、可去除高濁度之功能，並搭配綠能系統，使其在無市電供應下仍可運作產水，以符合急難救助功能需求。

本年度特別針對綠能緊急淨水技術，進行研發與測試應用。

二、研究項目

傳統處理高濁度原水之淨水技術，包含化學混凝沉澱、置重混凝沉澱技術、砂濾技術、離心水漩技術、漩流結團絮凝等，但此等技術通常有設備較重甚或不可搬運，不利於運輸、系統組裝及試車時間長，且試車期間長、不適用於高濁度水處理、需大量用電等缺點，故較不適用於救災。有鑑於此，本研究為突破上述所說之技術瓶頸，發展出一種快組式之高濁度原水淨水系統，同時具備低能耗、高效率、高機動性、可去除高濁度之功能，並搭配綠能系統，使其在無市電供應下仍可運作產水，以符合急難救助功能需求，研究項目敘述如下。

2.1 開發高效率模組化淨水設備

針對可滿足處理高濁度原水之系統進行設計，開發小尺寸套裝設備及系統，並提高

組裝速度與處理效能，並能有效量產化，因而淨水設備並須進行模組化設計，舉例而言，本研究應用一種輕質軟質的泡棉擔體，替代較重的砂濾或石英砂，大大的減少設備重量，且前面在增加傾斜板沉澱池，有效減輕後面擔體及薄膜的負擔，也降低了堵塞之風險，可使溢流率提高增加了淨水效能。

2.2 研發快組式緊急淨水系統

開發一種快組式的套裝設備，開發快速組裝模組套件，使前處理、主處理等淨水模組相互間得以快速串聯，以便於搬運、組裝、拆卸維護等工作，使系統能由兩個民眾於20分鐘內組裝完成(不包括周邊硬體或水電等設施工程)，並能搭載運輸設備(載重小於3.5噸的車或船)，整體重量小於300公斤，單一元件重量小於40公斤，形成為一種高機動性且快速組裝的套裝模組設備。

2.3 綠能/節能系統整合

研發綠能供電配套系統，系統本身並具節能之設計，例如將槽體水位線拉高，如此薄膜在無電力驅動的情況下亦能產水，經過先期研究發現，若能克服氣封問題，則水體可以虹吸方式通過薄膜過濾。並可增設如柴油發電機、太陽能板、風力發電機、人體加壓驅動等裝置，形成一種多元化供電系統，此外，馬達亦選用直流電馬達，使其能跟綠能裝置串接。

三、村落型緊急淨水設備功能介紹

3.1 技術內涵

為有效處理高濁度水體，村落型緊急供水雛型之淨水單元設計，係整合高效率沉澱系統、BioNET、薄膜、UV殺菌等淨水技術，且為求組裝時效性，淨水單元係建構成簡易型套裝模組型態，而多數元件材質，則考量較輕質的材料進行應用。下文將針對各種淨水單元功能及系統結構型態進行說明。

另一方面，積木式村落型緊急供水系統原本之設計係以多元的套裝淨水模組進行組合，現階段係以高濁度為標的污染物，故目前之淨水模組為傾斜板沉澱池、BioNET、薄膜等單元，倘若應用處水源具有高有機污染、高重金屬污染等不同情況發生，則可將增設或抽換部分去濁度的淨水模組，改成如EDR、AOP等淨水套裝模組。

3.1.1 傾斜板沉澱池

第一道程序為含有傾斜板之沉澱模組，主要係針對大於10 μm 的砂土進行固液分離。一般而言，普通沉澱池的水利停留時間設計為大於8小時，溢流率為5-10 m/day，而膠凝沉澱池的水利停留時間設計為大於3小時，溢流率為20-40 m/day，雖然，加混凝劑的沉澱池可有效降低水利停留時間，因而得以減少槽體體積，並可增加溢流率提高水處理量，然而，加藥卻會增加成本及增加污泥量，當原水濁度大於2000 NTU時，則每公升的原水約需添加80 mg的多元氯化鋁混凝劑，除了不符合經濟效益外，對於緊急供水系統之應用較難以執行，於此情境下，要於艱困的環境中，再提供大量的混凝劑進行應用，是相當困難的，因其增加的輸送物質體積與重量，且於現場操作時，若為非專業人士進行操作，則加藥量難以控制，而有加藥量不足或加藥過量之風險，有鑑於此，本研

究係以不添加混凝劑之系統進行設計為原則，再驗證不加藥淨水之可行性。另外，關於進水水質限制，一般沉澱池之進水原水濁度以不超過 3,000 NTU，但若原水水質更濁，則傾斜板沉澱池為一種相當不錯的應用選擇，因其水利停留時間設計值為大於1小時，溢流率可提升至 80-120 m/day之間，故固液分離效果，關於設備硬體方面，傾斜板設備前方應設緩衝區及整流壁，傾斜板設備與池壁之間隙應在 10cm 以下，以避免短流及失效流情況發生，並依據經驗與實廠應用結果，傾斜板傾斜角為60度為較佳。

3.1.2 BioNET

第二道BioNET模組，則針對大於1 μm 的泥土進行處理，可壓縮的多孔性PU泡棉擔體上，亦可有效吸附生物形成生物膜，於一定的操作時間與停留時間下，可有效降解氨氮及有機物。 BioNET系統，為工研的一種專利技術，屬一種多孔性可壓縮式擔體為核心之處理系統，採用多孔性擔體作為反應槽之介質，提高懸浮固體物攔截之機會，因提供廣大表面積作為微生物附著、增殖之介質，可累積大量及特定族群之生物膜微生物，有助於達到去除各種污染物之目的。能提高懸浮固體物攔截之機會，由於擔體屬於開放性孔洞，有助於水流流況之穩定。並能於多孔性擔體上成長大量微生物，使反應槽具有高負荷、高效率、高穩定性的優點。而反應槽具浮動床操作之特點，擔體可浮動於反應槽之內部空間，擔體間並無劇烈之攪動之情形，而具有低磨耗之優點。此外，反應槽具有新型之分散式進水裝置，進流之低污染水與氣體經混合進入浮動床，可達到均勻分佈之目的。

另外，為了強化懸浮固體物之去除效果，將擔體填充率提高到80%以上，除可以解決擔體磨損的問題，而且操作上會比流動床簡單，至於堵塞的問題，則可以由適當的反沖洗加以排除，因此填充床式的處理槽比流動床式的處理槽理想。由於反應槽有效體積內填充顆粒狀多孔性可壓縮擔體，反應槽具有浮動床操作之特點，擔體可供大量附著型微生物形成生物膜，且浮動於反應槽之內，擔體間可依水流狀況自動調整其相關位置，同時具有低磨耗、避免阻塞、均勻分散氣體與進流水等之優點。最重要的是，BioNET擔體為一種可壓縮的輕質泡棉擔體，可有效去除高濁度水中的固體物，因而，相當適合應用於緊急供水之救災需求。

3.1.3 超濾薄膜

第三道超濾膜模組，能去除大於0.08 μm 的微細顆粒、細菌、腐植質、固體物有機物等污染物，以確保良好的淨水水質。而超過濾是一種以膜兩側的壓力差為驅動力，以超濾膜為過濾介質，與膜孔徑大小相關的篩分過程，超濾膜表面的微孔只允許水及小分子物質通過而成為透過液，而體積大於膜表面微孔徑的物質則被截留在膜的進液側，成為濃縮液，從而實現對原液的淨化、分離和濃縮的目的。一般而言，超濾膜地截留顆粒直徑0.002~0.1 μm 之間，孔徑大小的切割分子量一般在1,000~500,000之間。超過濾允許小分子物質和溶解性固體（無機鹽）等通過，同時截留下膠體、蛋白質、微生物及大分子有機物，用於表示超濾膜，超濾操作壓力一般在0.1~0.6 MPa之間。此即代表，超濾可以將原液中的膠體物質、大分子物質、顆粒、細菌、病毒和原生動物等進行截留，通過濃縮液排放、反沖洗和化學清洗而去除。由上可知，超濾膜可確保濾液中不存在細菌中，因而於緊急供水應用中，出水則不用添加氯錠或其他殺菌劑，如此，則能避免使

用者添加殺菌劑用量不當而導致身體健康危害之風險，另外，除了能於不加藥情況下確保出水無菌外，為符合緊急供水之應用需求，薄膜的選用考量因子，必須還包含有體積小但有效薄膜面積大、低濾阻(較高通量及較低透膜壓力)及高強度等特性，因而本計畫所選用之超濾膜，為一種高效PVDF中空纖維UF膜，因質材為PVDF，所以薄膜强度高(張強度 30-50M Pa)，於相對體積下較平板式薄膜有效操作面積大(於571 mm-L、45 mm-W、815 mm-H尺寸下，有效膜面積為10 m²)、親水性好(改質後接觸角為30-35°)、膜孔徑小(<0.08 μm)、通量適當(100~500 L/H)及操作壓力適當(10-50 Kpa)，適用於緊急造水系統之應用。

3.1.4 殺菌單元

主要用以去除水體中細菌，係利用短波長254 nm的UV燈進行殺菌，或利用氯錠、次氯酸鈉等加藥手法進行水體殺菌。

3.2 硬體設備

而淨水套裝模組、管架模組及可移動平台，可於一小時內可快速組裝整合成一種淨水系統，圖1為Qwater之整體設計示意圖。

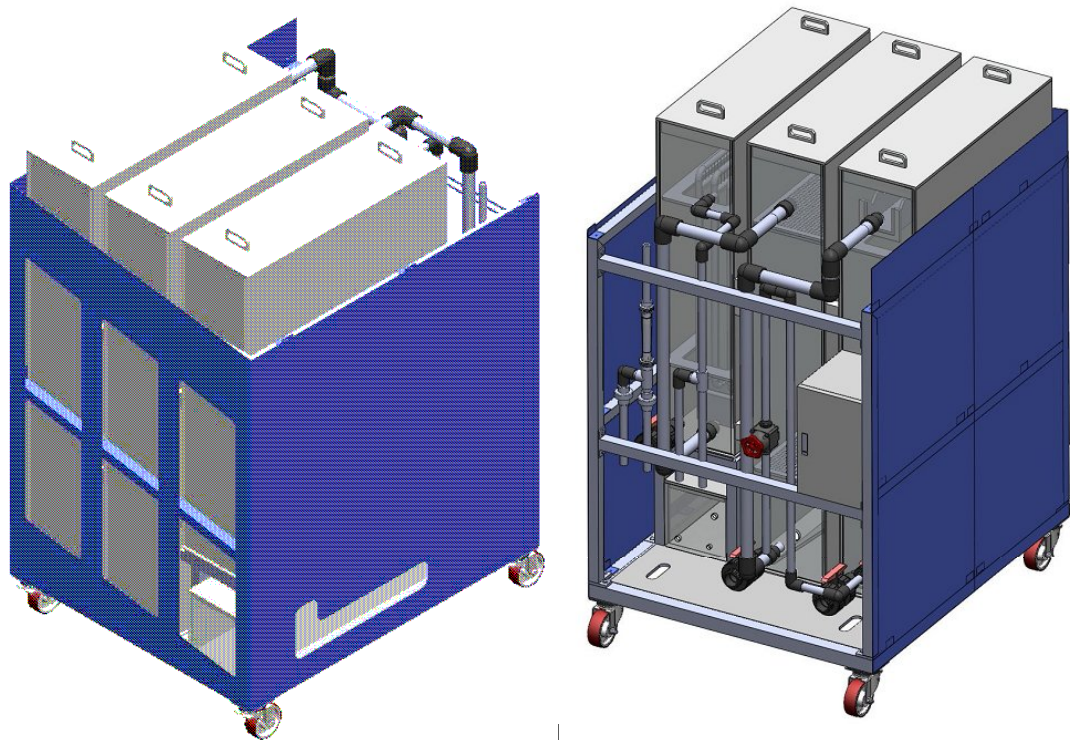


圖 1、村落型緊急淨水系統-Qwater

3.2.1 快組平台

此快組系統並設有可移動平台，係由數個支撐框架、支撐桿材、支撐板、輪胎所建構，此平台得以各個零件進行快速進行組裝與建構，茲以方便攜帶各零件至現地進行快速組裝。

3.2.2 套裝淨水模組

傾斜板沉澱單元、軟質多孔性擔體單元、超濾膜單元及殺菌單元等四個套裝淨水模組之槽體，均為套裝設備，內含的淨水元件均可進行抽換，此外，為強化槽體整體的結

構強度，避免槽壁變型，並能減少組裝程序，故於兩兩相鄰的淨水模組槽壁上，設置有數個支撐橫柱或縱柱，當兩個槽壁相靠時，兩個槽體間的支撐橫柱或縱柱則可抑制淨水模組槽壁變形，此為一種支架與槽體整合為一體之新型態設計。

3.2.3 快組管件模塊

標準Qwater具有四種套裝式淨水單元，各淨水單元均設有一入水口、出水口及排泥口，水路管口及水管連接上的設置為可快速拆卸或組裝的架構，非為固定式，而連接四個單元的水管管路，彼此間則以一或數個橫桿，將多個水管管路整合固定成一個管架模組套件。此外，此管架模組套件上，並設有一個電路開關系統，與系統上之泵浦電線、UV燈電線可進行快速簡易插線連接，並設有控制系統運作開關。

3.3 綠能型Qwater淨水系統設計

綠能Qwater淨水系統將整合太陽能、風力、緊急發電機(此論文不介紹)、人力機械驅動(此論文不介紹)、曝氣加壓/虹吸過濾(此論文不介紹)產水等方式進行，並能與市電併聯，形成一種多元電力供應的系統，然而此種組合並需透過許多控制器、變電器、調壓器等裝置才可進行整合。本研究採用的設備與設計說明如下：

3.3.1 綠能系統

1. 太陽能板：法鼓山綠能Qwater系統整體太陽能產電量約為2000 W。
2. 風力發電：為了提高發電效率，採水平式螺旋風機。
3. 緊急發電機：汽油發電機950，若切換為直流電模式，輸出電壓與電流為12 V/8.3 A，最大的充電能力為40 A.h，若切換為交流電模式，則可供給800W 電力。汽油與機油混合比例為50:1，油槽空間為 4 L。
4. 電力整合系統：可分成獨立式及聯電式系統，架構如圖2，並說明如下：

(1)獨立(電池)式

此方法的好處為系統架構較為單純，架設容易且系統方便移動，係將太陽能、風能、汽油發電機產生的直流電，直接充電於直流電電池中，直流電電池一部分電力，則供應給直流電抽水馬達使用，並經過110V及5V的變壓器轉為直流電，分別供給UV燈、曝氣機及晶片卡使用。但缺點為電池經過重覆的充放電，其使用壽命有限，此外，若無日照、無風、無汽油的情況下，也有電力供應中斷的可能。

(2)聯電式

此方法的好處為可確保系統長時間可正常運作，係將太陽能、風能、汽油發電機產生的直流電，與市電進行整合，當綠能系統的供電量大於系統耗電量時，則多餘的電力可販售給電力公司，若綠能系統的供電量不足，則可由市電補足，如此於綠能系統發電量大時，則可販售電能，綠能系統發電量小時，也可節省電費。此綠能系統為了跟市電整合，需共同轉換為交流電型態，其中一部分需再轉換成直流電型態給抽水馬達使用。偏固定點位供水的應用，建議以此系統方法為之。而若為移動淨水車或淨水船，則將以獨立(電池)式為之。

(3)節能

人力機械驅動過濾的抽水腳踏車，以及氣壓、虹吸的淨水薄膜系統，係獨立建設於薄膜槽中，可有效減少抽水泵的耗電量，或者當市電與綠能系統電力中斷時，則可以免

電力的方式進行薄膜過濾。

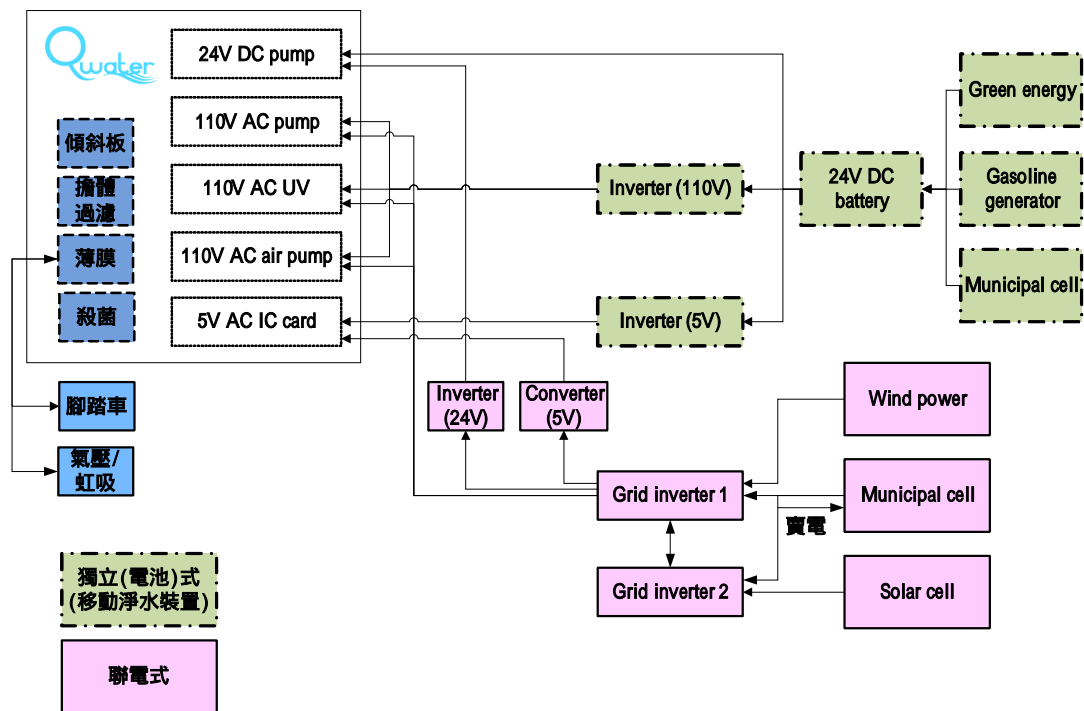


圖2、多元電力供應整合系統架構圖

3.3.2 整合設計

圖3為已完成的綠能型Qwater淨水系統設計圖，系統中包含風力發電及太陽能發電，兩個綠能系統整合後將設置電源整控、蓄電系統等配套設備，使其有效將太陽或風力產生的電力貯存起來應用。此外，並含有一種人力機械淨水過濾設置，目前之研究方式係應用腳踏車的動力進行，腳踏車腳踏經由鏈條使前齒輪帶動後齒輪後，後齒輪部分則增設一蠕動馬達抽水頭，而薄膜出水水管設有三通，一邊接傳統的電力馬達，電力供應來源為太陽能、風力，三通的另一邊出水則為軟管，與腳踏車之蠕動馬達抽水頭連接，或以虹吸/重力方式出水。此外，15 CMD綠能型Qwater淨水系統並設有緊急發電機，當太陽能或風能電力不足時，或不方便以人力驅動淨水時，則可以柴油、汽油發電機進行供電。

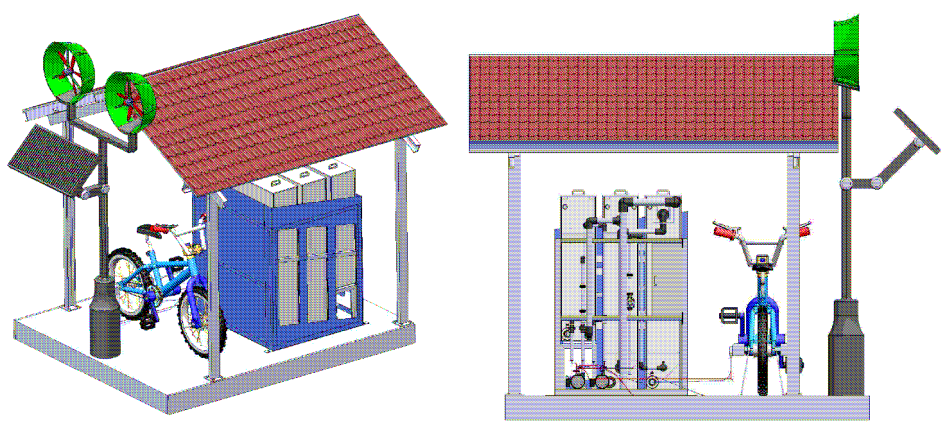


圖3、綠能型Q water淨水系統設計圖

四、村落型緊急淨水設備功能介紹

4.1 羅浮國小淨水系統

桃園縣復興鄉羅浮台地部落，位於桃園縣復興鄉偏遠山區，桃園縣環保局曾多次對羅浮簡易自來水之水質進行檢測，偶有不符現行飲用水水質標準，其中以大腸桿菌群密度偏高次數較多。因此，本研究於桃園縣復興鄉羅浮村之羅浮國小內，建立兩套15 CMD之Qwater示範模場，共計30 CMD水處理量，於平時，可替代既有簡易處理系統，使出水濁度及菌數符合標準，使該地師生及居民有更潔淨的水可使用；於災難時，可作為緊急供水之用，有效處理高濁水進行處理，提供給所需要的災民使用，若災期時間長，並可移動及組裝系統於臨近溪流旁，進行淨水處理。另一方面，因設於羅浮國小內，並兼具教育意涵。每部機具高度相當於一個成人(1.6 m)，長寬在1.2 m之內，空機重約280公斤，兩機並聯30 CMD，能滿足全校師生用水需求。此外，並於台北市內湖區的白石森活農場，因無簡易自來水系統，故本研究團隊並於該地裝設15 CMD的Qwater系統進行測試。如圖4。



圖4、桃園縣復興鄉羅浮國小及白石森活農場之Qwater村落型淨水模組

羅浮國小Qwater模場，如圖6為村落型緊急供水雛型系統之去除高濁度試驗結果，說明分析如下：

- (1)原水水質：因原水配置乃為批次配置，故濁度之高低起伏較大，介於2,500-5,000 NTU之間，平均值為3,673 NTU。
- (2)傾斜板沉澱池：傾斜板沉澱池之出水濁度平均為1,355 NTU，由圖中得知，沉澱池出水濁度變化較大，介於500至2,800之間，濁度去除率為63.1%，可將平均原水濁度3,673 NTU降至1,355 NTU。
- (3)BioNET：出水濁度平均為360 NTU，濁度去除率達73.4%，系統整體去除率達90.19%，且產水水質變化相當穩定，介於190~650 NTU之間。
- (4)UF薄膜：薄膜出水濁度均小於2 NTU，濁度去除率為99.6%。

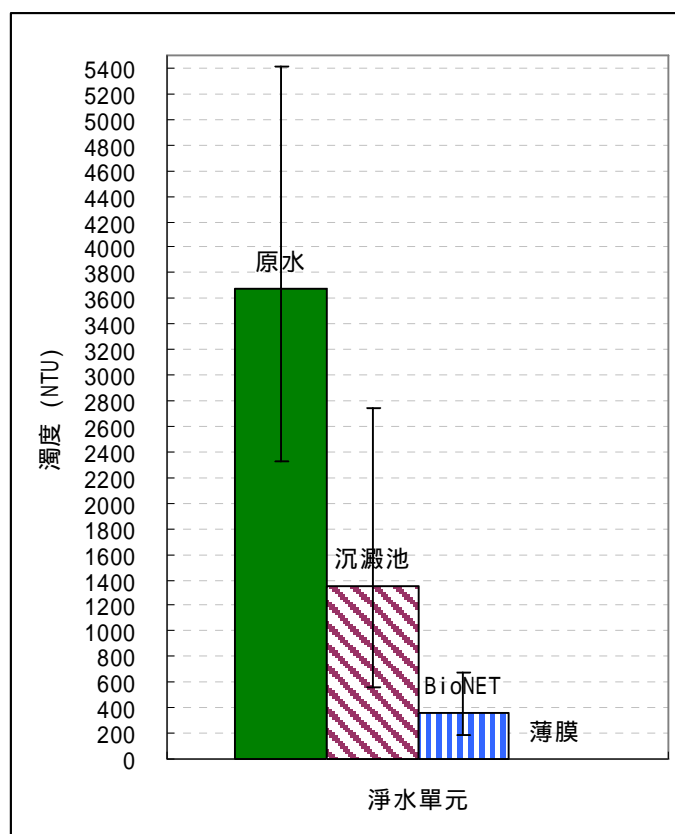


圖5、去濁度效能測試之歷程圖

於細菌去除效能方面，原水中總菌數為 2.4×10^3 CFU/mL，而BioNET擔體具有微生物截留生長之功能，故經過BioNET後則降至 3.5×10^3 CFU/mL，最後，UF薄膜產水之總菌數小於1 CFU/mL，符合飲用水水質標準小於100 CFU/mL之規範。

4.2 緊急淨水船

因應水患災區淹水環境，水利署、慈濟與工研院，合作研發的淨水法船，應用十餘年前慈濟人設計用以運送飲水食物、接運受困者的急難救助艇，整合Qwater淨水系統，便成具高機動性的「水陸兩用」緊急淨水設備，同時能煮水泡香積飯，在小艇上裝淨水系統，浮航於水患災區，同時抽水過濾、淨化供給飲食，為一種新穎有創意的概念。此套新式淨水船，是因應偏遠山區在大雨或天災後，土石崩落導致水源濁度上升，為確保飲用水的安全衛生而設計。

但要把固定式的系統縮小，搬上尺寸和小型轎車差不多的急難救助艇，又要具備好的淨水效能，是高難度挑戰。因應救助艇的尺寸，研發團隊捨棄Qwater淨水系統的沈澱槽，改為以沈水馬達抽取中層水的方式，避免吸入水底汙泥和水面浮渣，確保水源的清淨，然後直接進入泡棉擔體過濾，以及最後的薄膜過濾階段。淨水船的Qwater淨水系統，高度為120 cm，長寬為110 cm，產水量為5 CMD。以國際急難淨水的標準來看，每人每天約需7.5 L，淨水艇一日可因應500人需求，適合村落短期應急使用。經過淨水艇過濾後，總菌數、濁度等指標，均符合飲用水水質標準。另一方面，急難救助艇最大載重量為八百公斤，但一天產水5噸的 Q water淨水設備空機重量就有兩百多公斤，加滿水後又再增加約四到五百公斤，如果加上兩位操作人員的體重，就很接近極限值。而此淨水船

的開發，原本需時兩週的設計施工及測試時程，為了能提早進行救災工作，特別壓縮在七天內完成。

此外，慈濟人希望能讓居民可以喝到熱水、吃到熱食，為了滿足熱食需求，研究團隊特別選購市面上少見，容量達一百六十公升的橫臥式電熱水器，並為它配置了六千瓦的發電機作為電力來源。而因應在船上工作，沒有足夠空間，改把香積飯放在大盆子大鍋子調理的作法，以具有保溫功能的二十公升茶水桶為「香積桶」，用悶燒的方式料理香積飯。

於應用情境上，當面臨大面積淹水災情時，急難救助隊員可用急難救助艇舷外機的動力，或用手划槳的方式，將一整套系統經水路送進災區，並且直接抽取災區積水過濾淨化。若道路能通行，就把淨水和熱水器機組搬上小卡車，直接開到收容處所服務受災鄉親。於2011年11月22日，研發團隊將兩艘淨水法船的全套設備，運到慈濟關渡園區，引關渡園區旁、大愛臺造景水池的水進行淨化，然後用以煮午齋，供應百人食用，當日，證嚴上人親自食用以「淨化水」煮成的午齋，餐後眾人沒有不適的情形，也證實Qwater淨水船的優質產水功效。相關照片如圖8。



圖6、淨水船於關渡園區之應用測試

另外，淨水船並配合新竹縣進行救災演習，於2012年3月2日上午的新豐鄉，進行救災演練，模擬在災難發生時如何於收容所內安置災區居民之生活起居，應用工研院與水利署水利防災中心共同研發出可於現場淨化水質之高科技淨水技術-Qwater，可快速組裝成淨水系統，結合可烹煮食物之餐車，以提供熱食給現場災民食用。相關照片如圖7。此外，目前本研究正準備著手進行淨水車的研發。

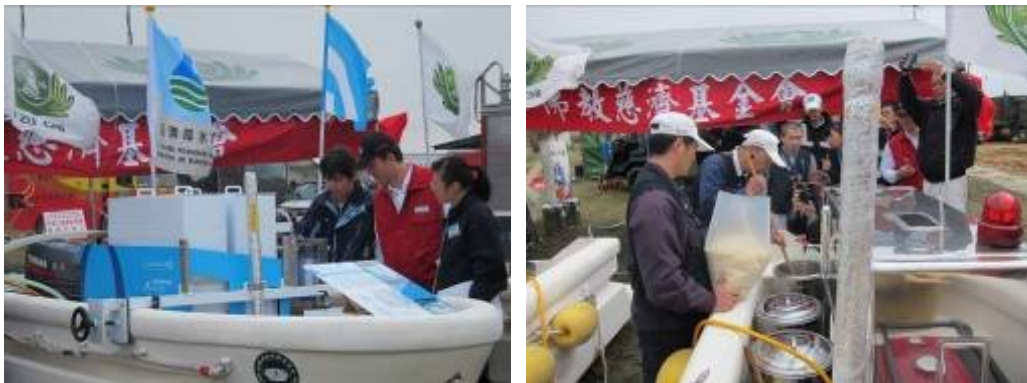


圖7 淨水船參加新竹救災演習之情況

4.3 法鼓山淨水系統

法鼓山地處海邊山區，風力強風量大，且環境優美，日照充足，因而天然環境相當適用於綠能Qwater系統，且考量法鼓山為知名的觀光、宗教聖地，設於淨水設備此地，將有極高的教育推廣價值，亦可改善此地水質欠佳，砂濾淨水系統的效能有限之問題。此綠能系統的最大發電量達2400 W，並設有貯電設備，Qwater系統需電量為1600 W，系統設備如圖10所示。



圖8、法鼓山綠能Qwater系統

五、結論與建議

隨著氣候變遷，全球頻頻發生大規模天災，水利署及工研院戮力運用科技技術發展救災設備，並持續與NGO等團體合作，降低天然災害的衝擊。於全球暖化的環境下，複合式天災的發生頻率已日漸頻繁，台灣每年面臨的颱風所造成的災難也難以避免，因而水利署水利防災中心委託工研院，開發村落型緊急淨水設備，使於災難發生期間能進行救災應用。本研究已成功研發村落型緊急供水系統-Qwater系統，所謂的Q代表著Quick(快組)、Quality(優質)及Quantity(豐沛)，Qwater可由兩個民眾於20分鐘內組裝完成，是謂快組；Q water可處理高濁度原水，出水並符合飲用水標準，是謂優質；Qwater小體積大產量，於2.5立方米左右的空間下可產水為15 CMD，並可進行並聯增加出水量，是謂豐沛。並已於桃園縣復興羅浮村羅浮國小內設置30 CMD之模廠，並順利進行淨水效能之測試，整體系統濁度去除率達99.9%，產水濁度小於2 NTU，總有機碳出水平均濃度為4 mg/L，總菌數小於1 CFU/mL，均符合飲用水水質標準。另外於綠能技術方面，已完成太陽能、風能、人力機械驅動、緊急發電機、自然驅動等應用技術的研發，並完成電力整合系統的規劃，分為獨立供電式(電池)及聯電供電式(與市電整合)的系統，並於法鼓山建置一套綠能Qwater系統。另一方面，本研究並與慈濟基金會合作，開發能水陸兩用淨水船，並配合新竹縣政府完成救災演習，對全球救災科技與應用上有一具體的突破性貢獻。

參考文獻

1. 夏工傑、洪仁陽、陳建宏、周珊珊 (2009), 八八水災公用設施防救災措施及重建工程計畫-瑞峰國小緊急淨水系統之建置, 工程, 第 124-128 頁。
2. 洪仁陽、夏工傑、陳建宏、蕭碧蓮、周珊珊 (2010), BioMF 薄膜技術在緊急救災用水之應用, 中華民國自來水協會會刊, 第 29 卷, 第二期, 第 35-44 頁。
3. 鄒文源、張王冠、洪仁陽、吳漢松、莊順興, (1999) BioNET 生物程序處理自來水原水之研究, 自來水會刊, 第 18 卷第 4 期, 22-33。
4. 張添晉 (2006), 羅浮簡易自來水水源取水工程改善方案, 桃園縣政府環境保護局。
5. 洪仁陽、張王冠、鄒文源、張敏超、邵信、周珊珊 (2005), 多孔性擔體濾除高濁度原水前處理之研究, 第二十二屆自來水研究發表會, 第 345-351 頁。
6. 周珊珊、洪仁陽、彭明鏡、陳誼彰、袁如馨、黃志彬 (2005), 高濁度原水混凝前處理模廠試驗研究, 第一屆永續水處理：水資源及水質管理研討會, A5-3-1~14。
7. 吳志超、周珊珊、洪仁陽、鄭世揚 (2007), 高濁度原水最適化處理技術之研究, 台灣自來水股份有限公司。
8. Horng, R. Y., Chang, M. C., Shao, H., Hu Y. J., Huang, C. P. "Application of TiO₂ photocatalytic oxidation and non-woven membrane filtration hybrid system for degradation of 4-chlorophenol", Desalination, 245, 169-182, 2009.