

行政院國家科學委員會專題研究計畫 期末報告

數位分佈式水位感測元件與擷取系統開發 研究成果報告(精簡版)

計畫類別：個別型
計畫編號：NSC 101-2622-E-009-014-CC3
執行期間：101年11月01日至102年10月31日
執行單位：國立交通大學防災與水環境研究中心

計畫主持人：鐘志忠

公開資訊：本計畫可公開查詢

中華民國 103 年 01 月 08 日

中文摘要：臺灣由於近來天候極端變化，降雨強度集中（時間域與地域），臺灣之淹水問題頻率增加，然而藉由既有雨量站之降雨特性推算可能淹水區，無法有效的對淹水區域發出即時預警。因此提升分佈式水文監測功能，如雨水下水道、地表慢地流以及區域排水內之水位，可對易淹水地區提供更準確的淹水檢核，以降低淹水損失。另外降雨問題也使邊坡坍塌問題頻傳，邊坡破壞經常也涉及地下水壓變化，因此若能同時監測地下水壓剖面則更能有效反應地層之破壞潛能，藉以提早預警。

有鑑於此，本計畫所提出之數位分佈式水位感測元件與擷取系統開發，主要配合微機電電阻元件引用，而組裝開發本土化水位感測元件；另外以穩定傳輸以及經濟成本為考量，提出利用 RS485 模式進行感測元件溝通與串接，包含其擷取系統與軟體，其特色在於可多點串接以及長距離有線傳輸。基於上述感測系統開發以及其優勢，應可提供一接近分佈式的水位感測方案，如淹水檢核所需之橫向空間多點水位資料分佈，以及邊坡坍塌所需之縱向地下水壓剖面。另外本系統也兼容傳統設備（如電阻式或振弦式）以及先進量測系統（如時域反射量測技術），因此配合本計畫開發之軟硬體介面，應可大幅提昇現有工程監測人員應用便利性。

中文關鍵詞：分佈式水位監測、淹水、邊坡破壞、擷取系統

英文摘要：Since the weather changes dramatically recently, torrential rainfall events lead the flooding frequently in Taiwan. However, by characterizing the rainfall type via rainfall station data, it is not an effective and accurate approach to predict the possible flooding areas for pre-warning. It is suggested cooperate the measured water level data from the streams, pipelines, and surface runoff simultaneously. Furthermore, the rainfall events also yield landslide problems. The slope failures highly correspond to the ground water pressure

increases. The ground water pressure profile can improve the interpretations of land sliding in advance.

Based upon the aforementioned requirements, the study proposes the digitized distributed water level sensors and correlated data acquisition system. The first step of the study is using micro electromechanical systems (MEMS) module as the main transducer of the water level sensor. Second, using the RS485 protocol to achieve the multi-sensor connection and long distance communication purposes. Thus the development includes the acquisition system and software. This system can provide the distributed water level sensors that covers the water level measurements in horizontal spatial scale for the flooding prediction, and also the vertical ground water pressure profile for the land sliding interpretation. Moreover, the system is design to has the compatibility with the traditional sensors (e.g. resistance or vibrating wire types) and advanced measurement techniques (e.g. time domain reflectometry, TDR). Therefore, the development with system hardware and software would increase the operation efficiency in practice.

英文關鍵詞： distributed water level measurement, flooding, landslide, data acquisition system

行政院國家科學委員會補助產學合作研究計畫成果精簡報告

計畫名稱：數位分佈式水位感測元件與擷取系統開發

計畫類別： 先導型 開發型 技術及知識應用型

計畫編號：NSC 101-2622-E-009-014-CC3

執行期間：101年11月01日至102年10月31日

執行單位：國立交通大學

計畫主持人：鐘志忠

共同主持人：

計畫參與人員：陳弘宇、鄭志峰、陳震紘

研究摘要：

臺灣由於近來天候極端變化，降雨強度集中（時間域與地域），臺灣之淹水問題頻率增加，然而藉由既有雨量站之降雨特性推算可能淹水區，無法有效的對淹水區域發出即時預警。因此提升分佈式水文監測功能，如雨水下水道、地表慢地流以及區域排水內之水位，可對易淹水地區提供更準確的淹水檢核，以降低淹水損失。另外降雨問題也使邊坡坍塌問題頻傳，邊坡破壞經常也涉及地下水壓變化，因此若能同時監測地下水壓剖面則更能有效反應地層之破壞潛能，藉以提早預警。

有鑑於此，本計畫所提出之數位分佈式水位感測元件與擷取系統開發，主要配合微機電電阻元件引用，而組裝開發本土化水位感測元件；另外以穩定傳輸以及經濟成本為考量，提出利用 RS485 模式進行感測元件溝通與串接，包含其擷取系統與軟體，其特色在於可多點串接以及長距離有線傳輸。基於上述感測系統開發以及其優勢，應可提供一接近分佈式的水位感測方案，如淹水檢核所需之橫向空間多點水位資料分佈，以及邊坡坍塌所需之縱向地下水壓剖面。另外本系統也兼容傳統設備（如電阻式或振弦式）以及先進量測系統（如時域反射量測技術），因此配合本計畫開發之軟硬體介面，應可大幅提昇現有工程監測人員應用便利性。

人才培育成果說明：

本計畫兼參與的研究生可獲得完整的先進電子量測技術於土木工程應用的經驗與監測儀器規劃、設計、組裝的能力。本計畫主要研究人力包括兼任助理及碩士研究生各一名，經由研究計畫之儀器研發、軟體開發及系統測試經驗，培養研究人員解決問題之能力，並大幅提昇研究人員研發、數值分析、軟體開發多方面之能力。另一方面，本計畫除土木工程外涉及訊號分析及資訊科技等多個層面，計畫主持人主要專長包含土木工程與電機工程，可提供研究生多元化之訓練，有助於培養具有跨領域研發能力素養之土木工程師，對於土木工程面臨資訊科技衝擊之因應及產業升級，將有正面的意義。

技術研發成果說明：

本計畫主要核心包含兩個面向，一為水壓計，另一為擷取系統。利用微機電

(Micro electromechanical systems, MEMS) 元件為基礎所開發之水壓計感測元件，將內嵌 RS485 控制晶片。近年來由於微機電 MEMS 技術發展日益成熟，利用其 MEMS 結構特性，目前已經對應開發出商業用之壓力元件(pressure module)、傾度元件(Inclined module)、加速度元件(accelerometer module)以及陀螺儀元件(gyroscope module)。相對於傳統採用電阻式應變計(Resistance)或是振弦式(Vibrating wire)為主之感測計，以應變計或振弦振動頻率為基礎，將量測物理量透過所設計之機制轉換，可設計製造不同的感測器，例如荷重計、扭力計、水壓計、位移計、加速度計等產品，微機電 MEMS 目前所開發之電子感測器，透過半導體產業技術改良，有其高精度以及長期量測穩定之優勢；另外，基於半導體產業發展，目前微機電 MEMS 元件之成本也大幅下降。

目前採用單一感測器安裝並獨立拉線的模式有其作業與成本限制。為能達到本計畫提出之分佈式量測概念，採用 RS485 通訊協定。RS485 是目前工業常用之傳輸協定，可以應用於配置便宜的廣域網和採用單機發送，多機接受通訊連結。RS485 可提供高速的數據通訊速率（憑藉傳輸線路長度），一般傳輸距離可超過 1 公里。因此 RS485 主要特色在於可單一線路多點連結，以及長距離傳輸。一方面可達到類似光纖長距離傳輸優勢，另一方面 RS485 之硬體成本相當低廉。目前有許多無線傳輸通訊模式，包含 WIFI 以及 Zigbee 等，但本計畫考量傳輸穩定性，主要以 RS485 有線傳輸為主，計畫內所開發之感測器以及擷取主機皆可以額外擴充無線傳輸埠，以增加傳輸通訊之彈性。

基於上述兩個重要元件引入，包含微機電 MEMS 元件以及 RS485 通訊協定，另外需一個類比數位轉換元件(Digital/Analog Acquisition module, DAQ)，主要因微機電 MEMS 元件輸出訊號為類比，如需經過 RS485 傳輸，則需先轉換為數位訊號；另一方面，為了維持 MEMS 的量測精度，本計畫目前將採用至少 20 bits 以上之 DAQ 模組，以作為類比數位轉換使用。

因此本研究所擬定開發之水壓計感測元件，將會把上述微機電 MEMS 元件、RS485 通訊協定晶片以及類比數位轉換元件進行整合，並考量現地實務應用需求，進行必要之封裝。另外為達到分佈式概念，此一水壓計感測元件將配合 RS485 傳輸線配置，發展兩種串接模式，一為水平空間使用之串接模式，如圖 1(a) 所示，

其 RS485 傳輸線為同一方向接頭進出；另一為垂直空間（如鑽孔）使用之串接模式，如圖 1(b) 所示，其 RS485 傳輸線為不同方向接頭進出。如此一來，便可以針對現場使用需求，進行標的選用。此一設計將配合對應水壓以及相關現場穩定性需求，進行封裝測試。

本計畫主要核心另一面向為水壓計擷取系統。本擷取系統最主要功能在於擷取不同的分佈式水壓計回傳訊號，因此仍基於 RS485 架構佈設對應 RS485 晶片模組，而此一擷取系統主要核心系統將初步採用單版嵌入式控制器（single board embedded system）。目前市面常見之控制器 Data logger，雖具有低耗電量與高穩定性，但即時運算能力不佳；工業電腦可程式化且運算能力強，但耗電量高，不適合野外之資料擷取控制器，FPGA（Field Programmable Gate Array）則兼具低耗電量、高穩定性與運算能力強等優點，但價格昂貴。因此本研究採用單版嵌入式控制器，具有低價位、低耗電量、足夠的穩定性與運算能力，相較於工業電腦其儲存容量小，但控制器僅需一段時間備份資料，大部分的監測資料透過傳輸系統回傳至遠端，因此不至於造成問題。

另一選擇單版嵌入式控制器之考量在於可擴充其他監測項目所需之傳輸協定，包含傳統常用之 RS232 以及 USB 等，甚至單版嵌入式控制器可嵌入類比輸出/輸入以及數位輸出/輸入頻道。基於其可擴充性優勢，除了本研究提出之 RS485 分佈式水壓計讀取之外，任何基於 RS485 以及 RS232 傳輸協定之感測器等，均可利用單版嵌入式控制器進行資料傳輸以及控制功能。嵌入類比輸出/輸入則可提供一般傳統電阻式感測器輸入使用。而此一系統則可配合 GPRS 或是其他無限傳輸模組，進行即時資料上下載。單版嵌入式控制器主要架構可參考圖 2 所示。估計其嵌入式作業系統將採可採用如 Windows XP embedded，再利用 Lab VIEW 進行對應擷取應用程式開發。

目前其研發之串接式水位計（如圖 3）以及擷取主機（如圖 4），已經嘗試提供河川堤防地下水壓分佈，並於颱風期間觀測地下水壓變化歷時，如圖 5 所示，因可有效提供實務地下水壓分層量測。另外本感測器也可透過線路配置，提供單一線路於水平方向分佈式感測使用，如地表與渠道不同位置之水位感測。

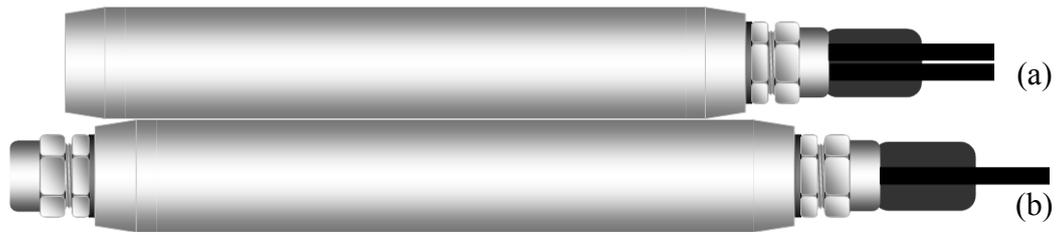


圖 1 (a)水平空間分佈式水壓感測器 (b)垂直空間分佈式水壓感測器

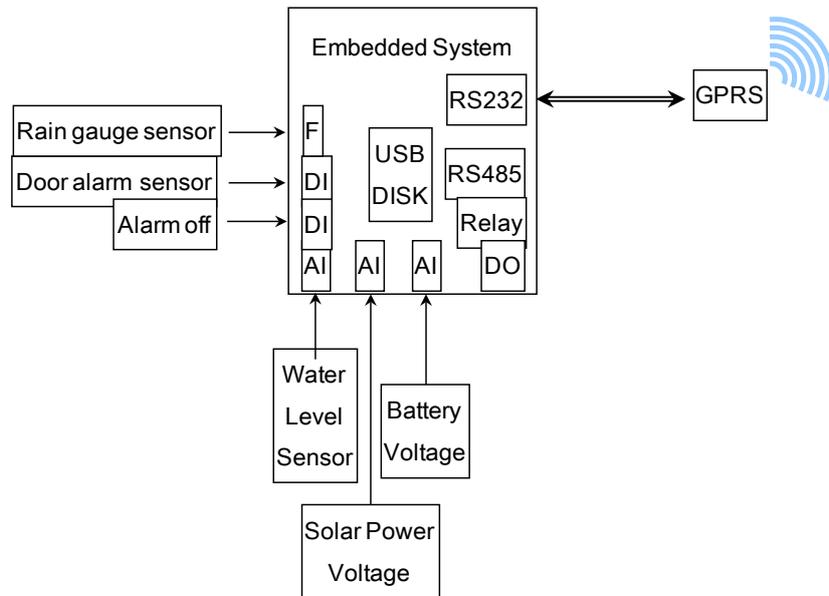


圖 2 單版嵌入式控制器主要架構圖



圖 3 微機電串接形式水壓計

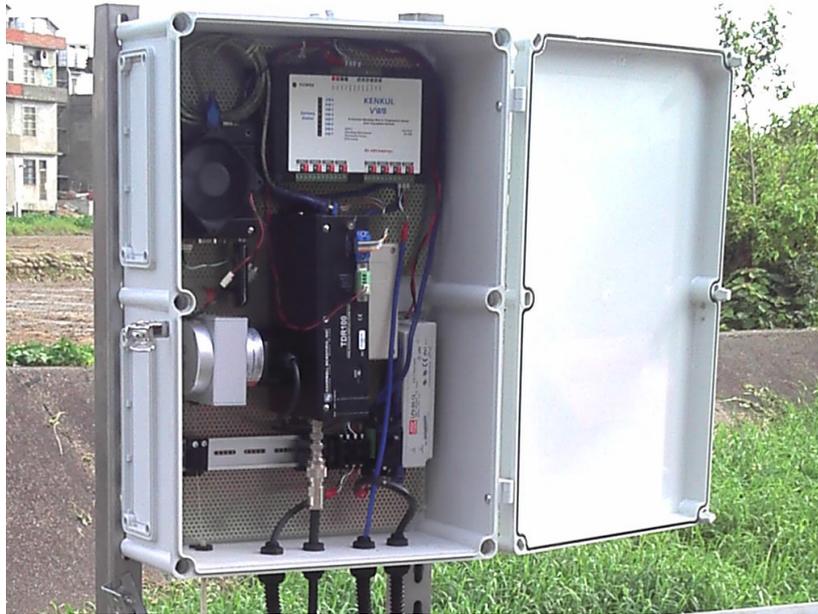


圖 4 微機電串接形式水壓計擷取系統

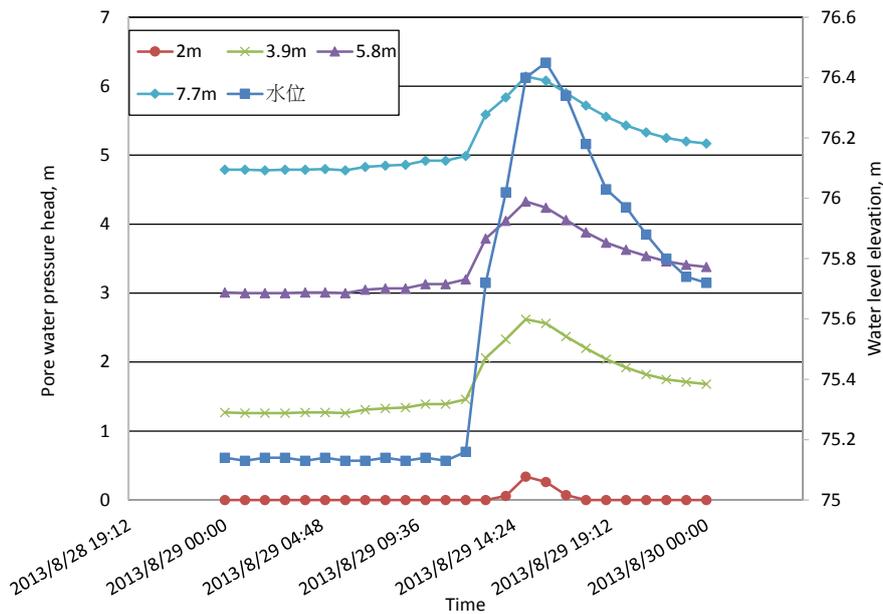


圖 5 微機電串接形式水壓計於颱風期間地下水壓觀測結果

技術特點說明：

目前國內已有成熟之傳統電子式傳感器、資料傳輸介面及其所需資料擷取系統之服務，但考量相關淹水檢核與地下水剖面需求，包含空間分佈以及成本考量，尚無一整體有效解決方案。本計畫提出之分佈式水位感測元件系統開發，其

優點特色除基於微機電元件及 RS485 傳輸模式之優勢外，對應之擷取系統更可以兼容既有傳統感測器以及先進感測器，透過資料擷取程式開發與整合，應可解決既有相關量測作業限制，並提升人員操作與應用便利性。

可利用之產業及可開發之產品：

本計畫完成數位分佈式水位感測元件與擷取系統開發，本計畫之產品開發經過實務工程需求以及成本考量，對於工程監測可望帶來革命性的貢獻，並藉由分佈式水位監測系統之耐久性、易維護性與使用便利性，以擴大工程監測市場，例如山坡地與堤防安全監測、以及地表與渠道不同位置之水位感測。

推廣及運用的價值：

本計畫產出對應之感測元件與資料擷取系統，未來除水位感測元件外，相同原理應可延伸至傾度以及其他工程監測項目，以落實真正分佈式概念之工程監測系統，應可大為提升合作企業之產值，並從以銷售代理產品為主，轉型為生產製造為主。

國科會補助計畫衍生研發成果推廣資料表

日期:2012/12/24

國科會補助計畫	計畫名稱: 數位分佈式水位感測元件與擷取系統開發		
	計畫主持人: 鐘志忠		
	計畫編號: 101-2622-E-009-014-CC3		學門領域: 大地工程
研發成果名稱	(中文) 數位分佈式水位感測元件與擷取系統開發		
	(英文)		
成果歸屬機構	國立交通大學	發明人 (創作人)	鐘志忠
	<p>(中文) 臺灣由於近來天候極端變化, 降雨強度集中(時間域與地域), 臺灣之淹水問題頻率增加, 然而藉由既有雨量站之降雨特性推算可能淹水區, 無法有效的對淹水區域發出即時預警。因此提升分佈式水文監測功能, 如雨水下水道、地表慢地流以及區域排水內之水位, 可對易淹水地區提供更準確的淹水檢核, 以降低淹水損失。另外降雨問題也使邊坡坍塌問題頻傳, 邊坡破壞經常也涉及地下水壓變化, 因此若能同時監測地下水壓剖面則更能有效反應地層之破壞潛能, 藉以提早預警。</p> <p>有鑑於此, 本計畫所提出之數位分佈式水位感測元件與擷取系統開發, 主要配合微機電電阻元件引用, 而組裝開發本土化水位感測元件; 另外以穩定傳輸以及經濟成本為考量, 提出利用RS485模式進行感測元件溝通與串接, 包含其擷取系統與軟體, 其特色在於可多點串接以及長距離有線傳輸。基於上述感測系統開發及其優勢, 應可提供一接近分佈式的水位感測方案, 如淹水檢核所需之橫向空間多點水位資料分佈, 以及邊坡坍塌所需之縱向地下水壓剖面。另外本系統也兼容傳統設備(如電阻式或振弦式)以及先進量測系統(如時域反射量測技術), 因此配合本計畫開發之軟硬體介面, 應可大幅提昇現有工程監測人員應用便利性。</p>		
技術說明	<p>(英文) The ground water pressure profile can improve the interpretations of land sliding in advance. Based upon requirements, the study proposes the digitized distributed water level sensors and correlated data acquisition system. The first step is using micro electromechanical systems (MEMS) module as the main transducer. Second, using the RS485 protocol to achieve the multi-sensor connection and long distance communication purposes. Thus the development includes the acquisition system and software. This system can provide the distributed water level sensors that covers the water level measurements in horizontal spatial scale for the flooding prediction, and also the vertical ground water pressure profile for the land sliding interpretation. Moreover, the system is design to has the compatibility with the traditional sensors. Therefore, the development with system hardware and software would increase the operation efficiency in practice.</p>		
產業別	研究發展服務業; 顧問服務業		
技術/產品應用範圍	本計畫預計完成數位分佈式水位感測元件與擷取系統開發, 本計畫之產品開發經過實務工程需求以及成本考量, 對於工程監測可望帶來革命性的貢獻, 並藉由分佈式水位監測系統之耐久性、易維護性與使用便利性, 以擴大工程監測市場。本計畫預計完成後可產出對應之感測元件與資料擷取系統, 未來除水位感測元件外, 相同原理應可延伸至傾度以及其他工程監測項目, 以落實真正分佈式概念之工程監測系統		
技術移轉可行性及預期效益	由合作企業整合全套的監測系統, 應可提升合作企業之產值, 並從以銷售代理產品為主, 轉型為生產製造為主。		

註: 本項研發成果若尚未申請專利, 請勿揭露可申請專利之主要內容。

101 年度專題研究計畫研究成果彙整表

計畫主持人：鐘志忠

計畫編號：101-2622-E-009-014-CC3

計畫名稱：數位分佈式水位感測元件與擷取系統開發

成果項目		量化			單位	備註（質化說明：如數個計畫共同成果、成果列為該期刊之封面故事...等）	
		實際已達成數（被接受或已發表）	預期總達成數（含實際已達成數）	本計畫實際貢獻百分比			
國內	論文著作	期刊論文	0	1	100%	篇	
		研究報告/技術報告	1	1	100%		
		研討會論文	0	0	100%		
		專書	0	0	100%		
	專利	申請中件數	0	0	100%	件	
		已獲得件數	0	0	100%		
	技術移轉	件數	0	0	100%	件	
		權利金	0	0	100%	千元	
	參與計畫人力（本國籍）	碩士生	1	1	100%	人次	
		博士生	0	0	100%		
		博士後研究員	0	0	100%		
		專任助理	0	0	100%		
國外	論文著作	期刊論文	0	1	100%	篇	
		研究報告/技術報告	0	0	100%		
		研討會論文	0	1	100%		
		專書	0	0	100%	章/本	
	專利	申請中件數	0	0	100%	件	
		已獲得件數	0	0	100%		
	技術移轉	件數	0	0	100%	件	
		權利金	0	0	100%	千元	
	參與計畫人力（外國籍）	碩士生	0	0	100%	人次	
		博士生	0	0	100%		
		博士後研究員	0	0	100%		
		專任助理	0	0	100%		

<p>其他成果 (無法以量化表達之成果如辦理學術活動、獲得獎項、重要國際合作、研究成果國際影響力及其他協助產業技術發展之具體效益事項等，請以文字敘述填列。)</p>	<p>相關產品初步應可實務適用於易淹水地區提供更準確的淹水檢核，如雨水下水道、地表慢地流以及區域排水內之水位量測資訊，其功能可在淹水前爭取有限的避災、減災與救災時間，以降低救災困難度與淹水的損失。另外也包含邊坡降雨前後地層內水壓分佈，以有效反應地層之破壞潛能，藉以提早預警。 目前也配合相關建教計畫，於河川堤防進行實際現地分層水壓監測，並提供颱風期間即時資料，以能有效掌握堤防安全以及可能破壞模式。</p>
--	---

	成果項目	量化	名稱或內容性質簡述
科 教 處 計 畫 加 填 項 目	測驗工具(含質性與量性)	0	
	課程/模組	0	
	電腦及網路系統或工具	0	
	教材	0	
	舉辦之活動/競賽	0	
	研討會/工作坊	0	
	電子報、網站	0	
	計畫成果推廣之參與(閱聽)人數	0	

本產學合作計畫研發成果及績效達成情形自評表

成果項目		本產學合作計畫 預估 研究成果及績效指標 (作為本計畫後續管考之參據)	計畫達成情形
技術移轉		預計技轉授權 1 項	完成技轉授權 1 項
專利	國內	預估 0 件	提出申請 0 件，獲得 0 件
	國外	預估 0 件	提出申請 0 件，獲得 0 件
人才培育		博士 0人，畢業任職於業界0人	博士 0人，畢業任職於業界0人
		碩士 1人，畢業任職於業界1人	碩士 1人，畢業任職於業界1人
		其他 0人，畢業任職於業界0人	其他 0人，畢業任職於業界0人
論文著作	國內	期刊論文 1 件	發表期刊論文 0 件
		研討會論文 0 件	發表研討會論文 0 件
		SCI論文 1 件	發表SCI論文 0 件
		專書 0 件	完成專書 0 件
		技術報告 1 件	完成技術報告 1 件
	國外	期刊論文 1 件	發表期刊論文 0 件
		學術論文 0 件	發表學術論文 0 件
		研討會論文 0 件	發表研討會論文 0 件
		SCI/SSCI論文 1 件	發表SCI/SSCI論文 0 件
		專書 0 件	完成專書 0 件
		技術報告 0 件	完成技術報告 0 件
其他協助產業發展之具體績效		新公司或衍生公司 0 家	設立新公司或衍生公司(名稱)：
<u>計畫產出成果簡述：請以文字敘述計畫非量化產出之技術應用具體效益。(限 600 字以內)</u>		本計畫預計完成數位分佈式水位感測元件與擷取系統開發，本計畫之產品開發經過實務工程需求以及成本考量，對於工程監測可望帶來革命性的貢獻，並藉由分佈式水位監測系統之耐久性、易維護性與使用便利性，以擴大工程監測市場。本計畫預計完成後可產出對應之感測元件與資料擷取系統，未來除水位感測元件外，相同原理應可延伸至傾度以及其他工程監測項目，以落實真正分佈式概念之工程監測系統，應可大為提升合作企業之產值，並從以銷售代理產品為主，轉型為生產製造為主。	