

地下水的時頻分析

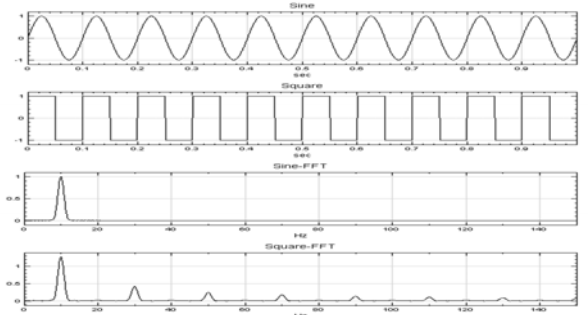
王逸民
逸奇科技
2011/10/27

內容

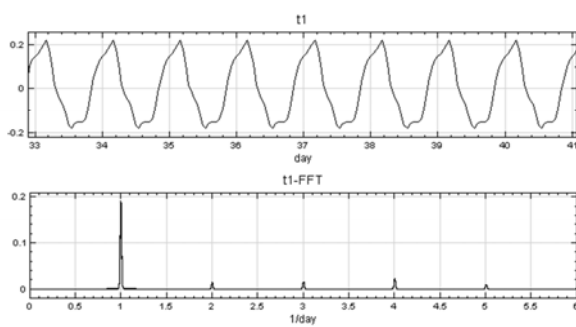
- 地下水抽水行為分析
 - 頻譜分析
 - 時頻分析
 - 日均水位分析
 - 週均水位分析
 - 獨立成分分析
- 地下水位與地表沈陷(GPS)的關連性分析
- 地陷時變圖與地陷機制之探討

頻譜分析

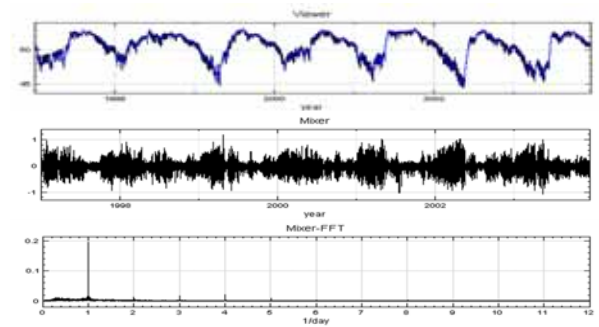
Single Frequency and Harmonics



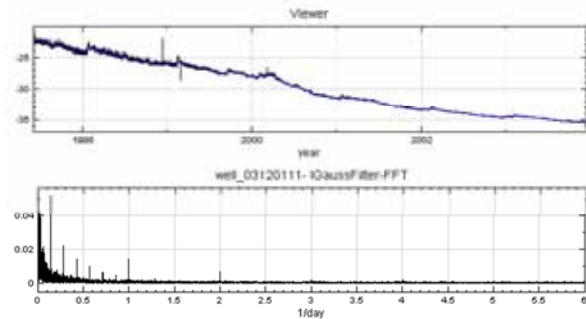
Spectrum of 美濃(1)



美濃(1)

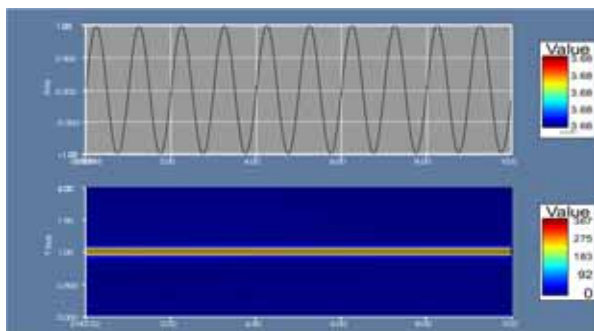


樹林(1)



時頻分析

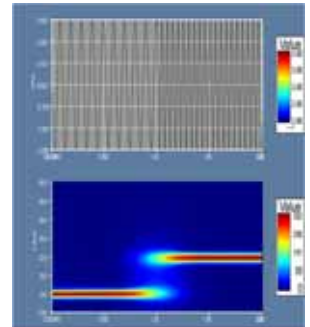
TF Plot: Single frequency



TF Plot: Change of frequency

- Signal with abrupt change of frequency.

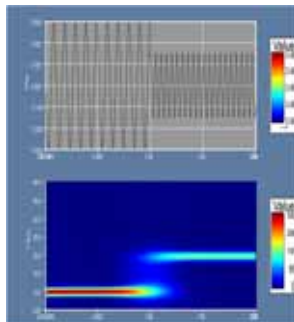
$$x(t) = \begin{cases} 0.30 \cos(2 \times 10\pi t) & , 0 \leq t < 1 \\ 0.30 \cos(2 \times 20\pi t) & , 1 \leq t < 2 \end{cases}$$



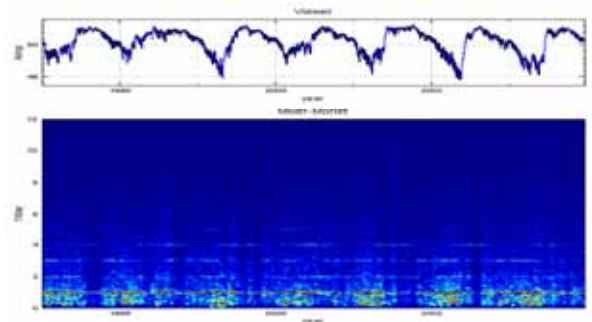
TF Plot: Change of frequency and amplitude

- Signal with abrupt change of frequency and amplitude

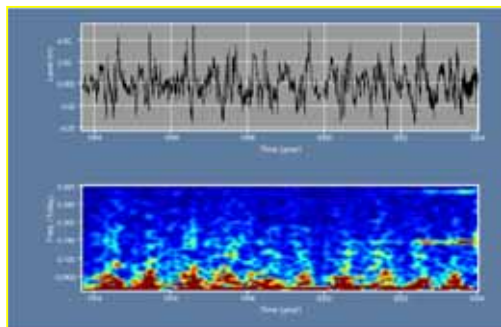
$$x(t) = \begin{cases} 0.30 \cos(2 \times 10\pi t) & , 0 \leq t < 1 \\ 0.15 \cos(2 \times 20\pi t) & , 1 \leq t < 2 \end{cases}$$



TF Plot of 美濃(1)



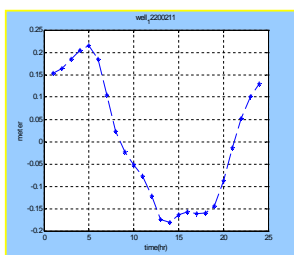
Abnormal Pumping



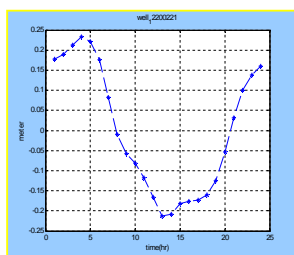
後安

日均水位分析

Average Daily Variation of GWL in Agriculture Region

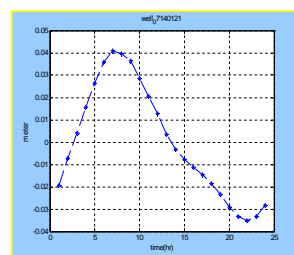


美濃(1)



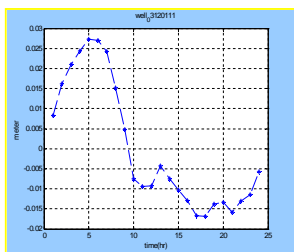
美濃(2)

Average Daily Variation of GWL in Industrial Region

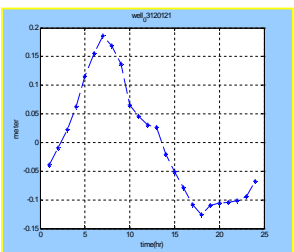


彰化·好修(2)

Average Daily Variation of GWL in Mixed Region

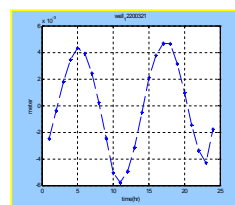


桃園樹林(1)

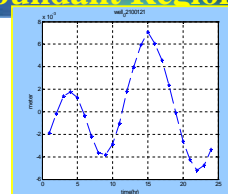


桃園樹林(2)

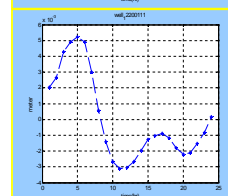
Average Daily Variation of GWL in Recharge Abundant Region



吉洋人工湖

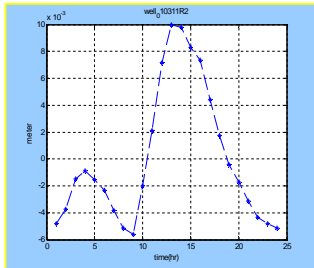


吉洋工作站



宜蘭·大鵬

Average Daily Variation of GWL in Region without Pumping

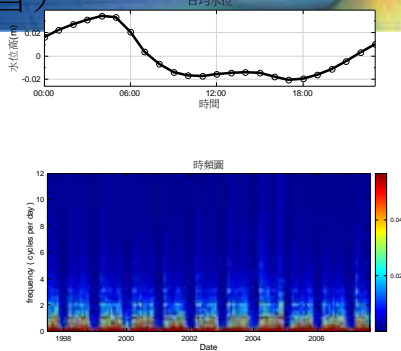


中和 Well, Taipei

抽水型態分類

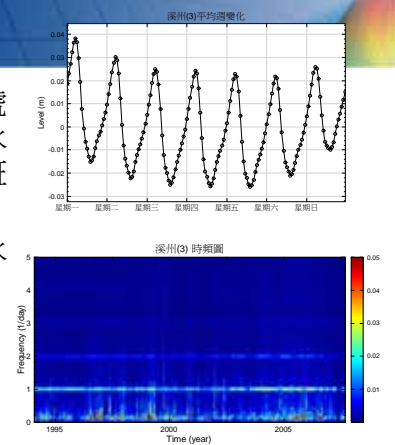
養殖型 (文昌)

- 一般養殖漁業常在凌晨氣溫低時開始抽取地下水。
- 可能有季節性變化。



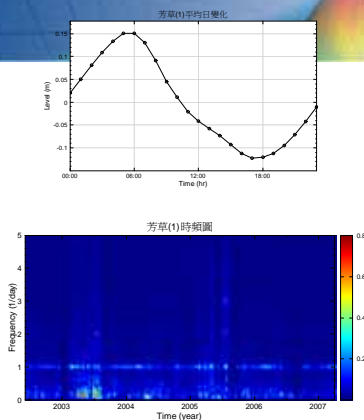
工業型

- 一週之週期訊號明顯，上班日水位下降，非上班日回升。
- 有無季節性抽水則視產業特性。



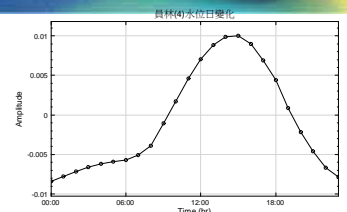
農業型

- 水位從早晨開始下降，傍晚回升。
- 沒有明顯一週的頻率。
- 抽水之季節性視當地供水狀況及作物而定。



節費型

- 抽水行為在電費較便宜時進行。
- 如右圖水位會在下午以後開始下降。

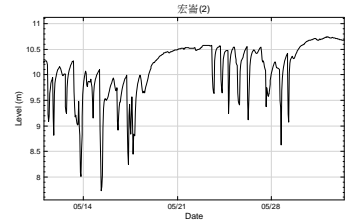


電力計費方式

- 台灣電力公司用電計費方式:提供您瞭解並節約用電
- 一、季節區分:
 - 1.夏天:6/1至9/30日止。
 - 2.非夏天:10/1至5/31日止。
- 二、電費計算時段:
 - 1.尖峰時間:早上7:30~晚上10:30分。
 - 2.離峰時間:晚上10:30分~早上7:30。
 - 3.半尖峰時間:
 - ◎星期六早上7:30~晚上10:30分。
 - ◎星期日至整天。
- 三、電費計算:(一度計算)
 - 1.夏天:
 - ◎尖峰2.35元◎離峰0.92元◎半尖峰1.49元
 - 2.非夏天:
 - ◎尖峰2.29元◎離峰0.86元◎半尖峰1.42元

水塔型

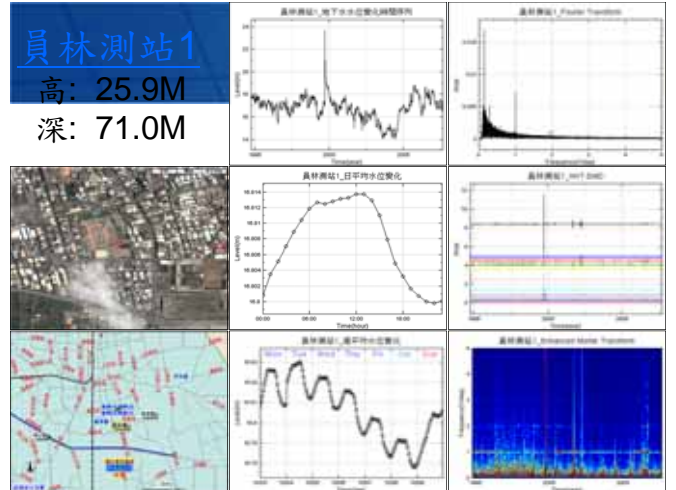
- 水位歷線會有突然下降又上升的情形。



綜合判斷：員林，漢寶

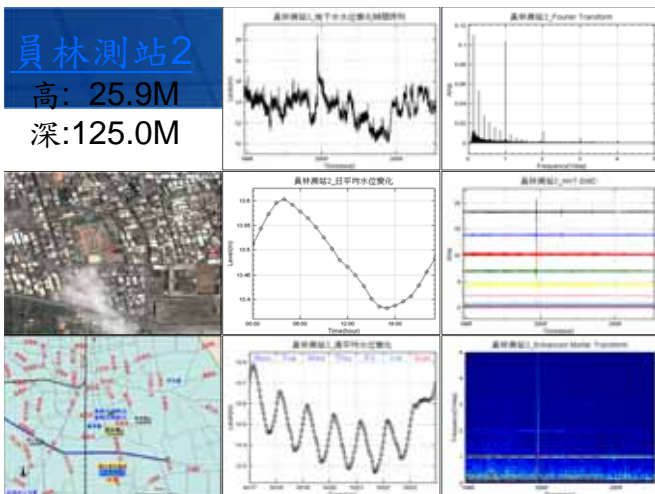
員林測站1

高: 25.9M
深: 71.0M



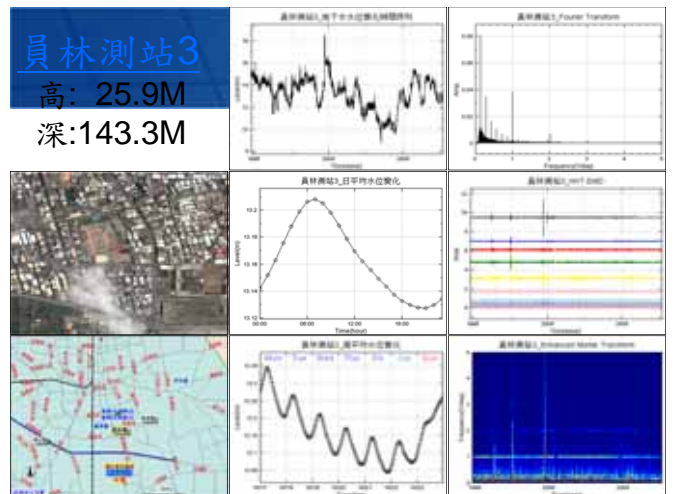
員林測站2

高: 25.9M
深: 125.0M



員林測站3

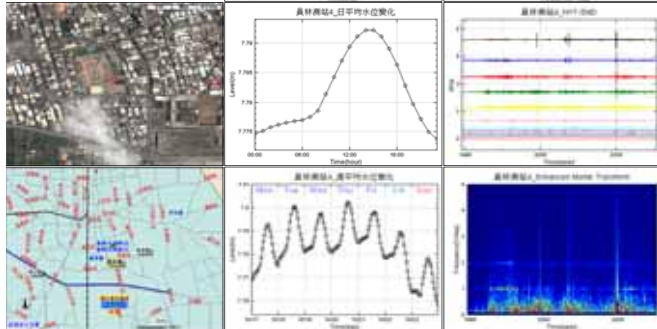
高: 25.9M
深: 143.3M



員林測站4

高: 25.9M

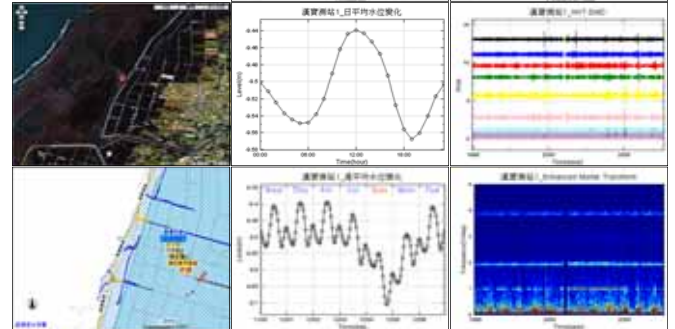
深: 205.4M



漢寶測站1

高: 3.0M

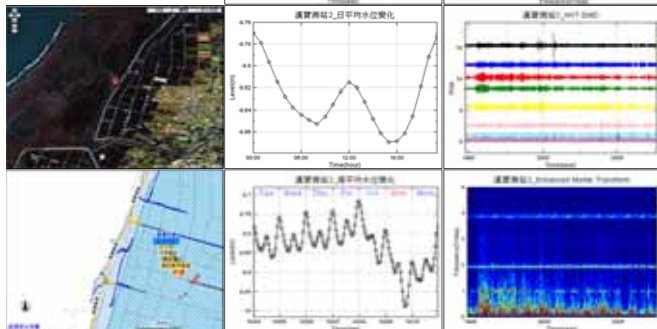
深: 72.0M



漢寶測站2

高: 2.9M

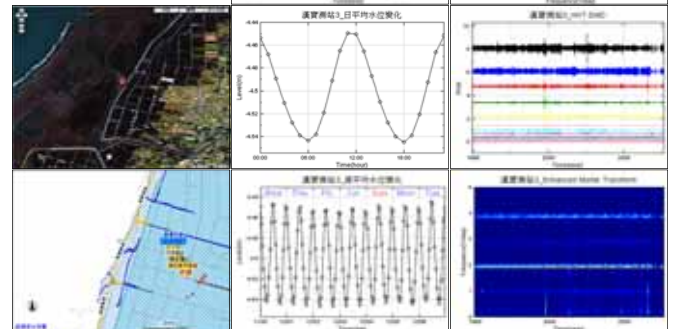
深: 119.7M



漢寶測站3

高: 3.0M

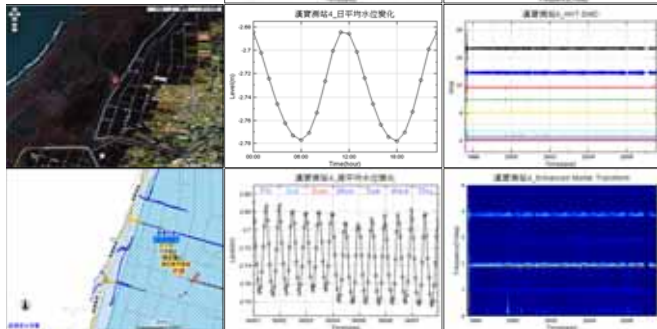
深: 204.0M



漢寶測站4

高: 0.0M

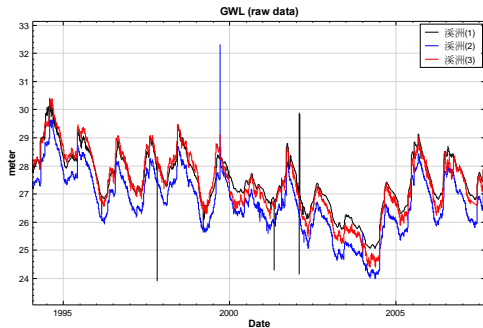
深: 294.0M



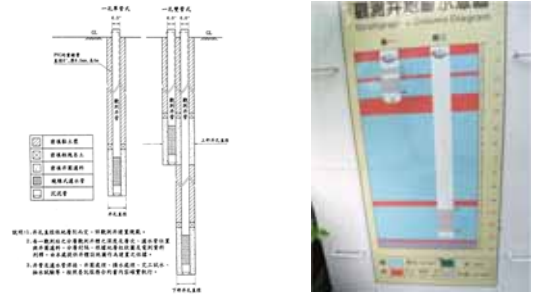
地下水監測井：第四河川局
地陷井：溪洲國小

綜合判斷：溪洲

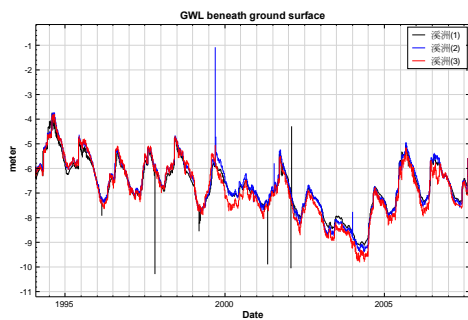
地下水水位(溪洲國小)



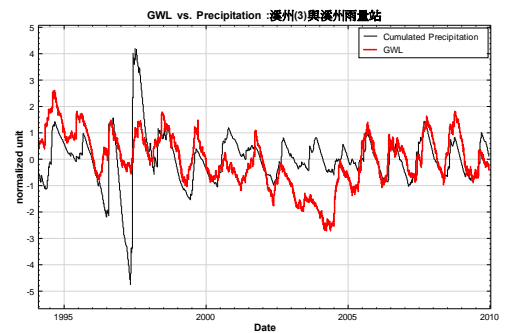
一孔雙管：溪洲(1)(3)



修正後水位(溪洲國小)



累積雨量與地下水水位連動



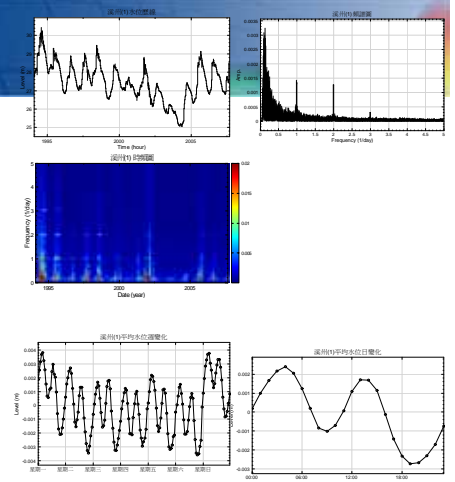
2001-2005年的差異可能來自側向補注的變異，須進一步查證。

溪洲水位說明

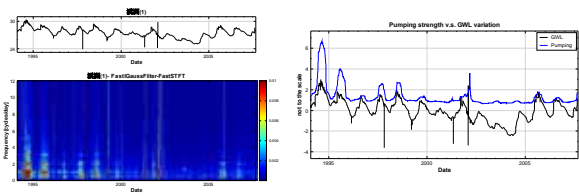
- 溪洲(1)(3)幾乎一起連動，溪洲(2)與(1)(3)相差不管何時幾乎整整80公分，要不是(1)(2)與(2)(3)之間都有阻水層，再不是校正上有失誤。如是前者，則水位很難不管何時都正好相差一定的高度，而溪洲(1)(3)共井，溪洲(2)為獨立井，井篩長度約有幾公尺，參考點距離設定的一些誤差，極有可能造成水位整體高度的固定偏差，因此後者的可能性為大。
- 溪洲的農民抱怨近年來抽不到水，新挖的井深達40丈，約為13公尺。對照水位的變化，該深度可保證抽的到水。
- 溪洲的三層水位幾乎連動在一起，顯示該地區沒有明顯的阻水層，水位可上下互相補充流動。不管是淺層或深層的抽水造成的都是整體水位一起的高低浮動。

溪洲(1)

深度39.95m

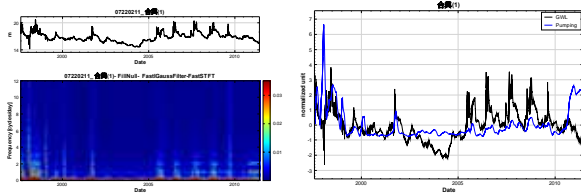


水源不足之抽水行爲 (溪洲一)

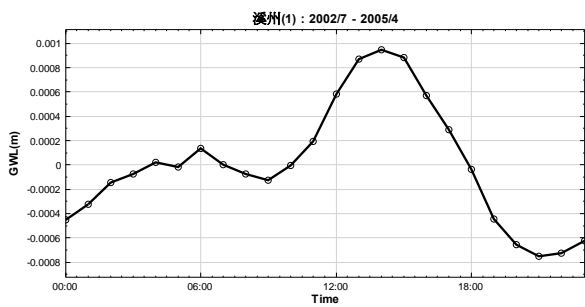


非旱季抽水，而是水位高於地表下約7公尺，即導致大量抽水。
 現地訪查發現：農民常抽不到水，
 新鑿的井深約略20公尺左右，雖有灌溉渠道，但已多年不復有水。

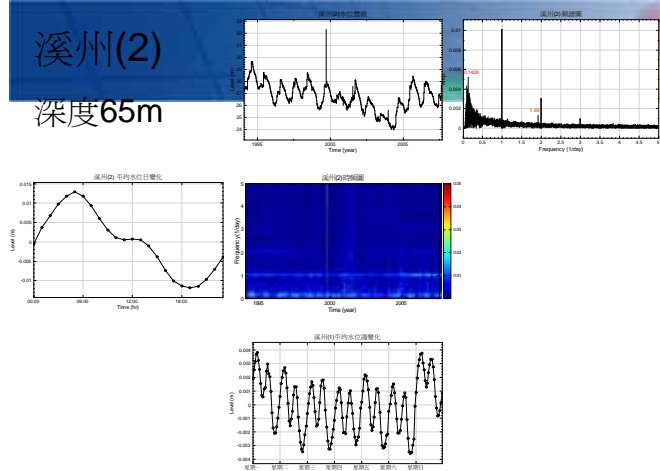
水源不足之抽水行爲 (合興一)



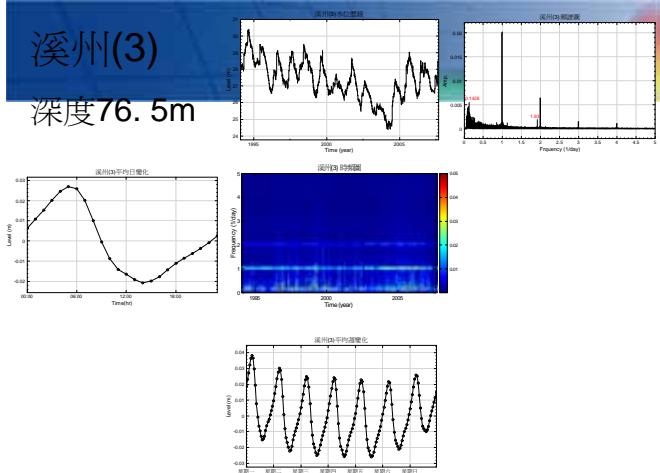
低水位時之抽水型態



溪州(2) 深度65m



溪州(3) 深度76.5m



說明

- 溪洲(2)(3)水位雖為連動，但抽水所引起的水位變動，(3)為(2)的兩倍，暗示可能有更深的抽水源。
- 相較於(1)沒有週的頻率，(2)(3)的週頻率明顯，因水位擴散式的連通關係，週頻率的變化強度固定，可能有工業或民生用水。
- (2)與(3)應為非侷限含水層，地潮現象明顯。

抽水補充強度(抽補強度) PUMPING/RECOVERY STRENGTH (PRS)

Hydraulic Impedance

- For single pumping well in homogeneous confined aquifer, the drawdown of ground water is related to pumping rate via the following equation:

$$s(\omega, r) = q(\omega)\Gamma(r, \omega, S, T)$$

where

$s(\omega, r)$	Drawdown of ground water level
$q(\omega)$	Pumping rate
$\Gamma(r, \omega, S, T)$	Hydraulic Impedance
ω	Pumping frequency
r	Distance away from the pumping well
S, T	Storage coefficient and Transmissivity

Pumping Resistance

- Artificial Pumping for purposes like irrigation, manufacture, and drinking water contains periodical cyclic pumping with frequency of once per day (cpd).
- Define pumping resistance by setting frequency to be 1 cpd in hydraulic impedance formula $\Gamma(1, r, T, S) = s(1, r)/q(1)$
- Pumping resistance characterizes how difficult water be pumped out from the well due to effects of hydraulic conductivity and specific storage with unit rate of pumping strength. It is also a measure of how difficult water can move to balance the water level fluctuation due to pumping. For area of large pumping resistance, fluctuation of ground water level due to pumping is high, care should be taken to prevent possible land subsidence.

抽水補充強度(抽補強度)

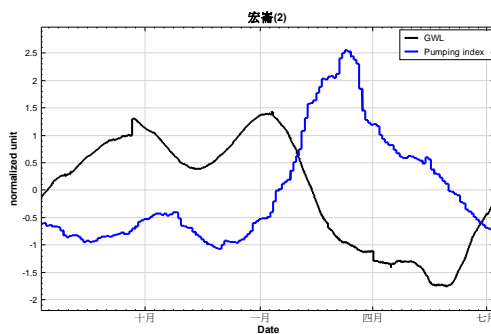
- Pumping/Recovery Strength (PRS)
- Water level fluctuation of an observatory well is the sum of drawdowns of all pumping well:

$$s(w) = \sum_{i=1}^n q_i(\omega)\Gamma(\omega, r_i, S_i, T_i)$$

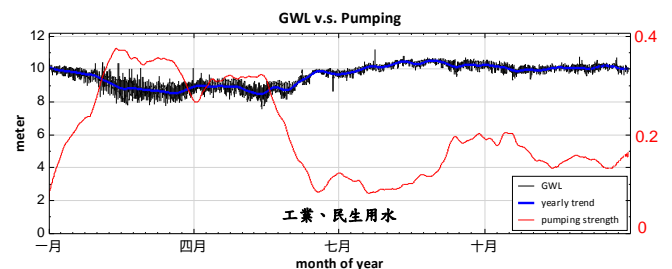
- The drawdown corresponding to pumping frequency of 1cpd is defined as PRS. That is

$$PRS \triangleq s(1)$$

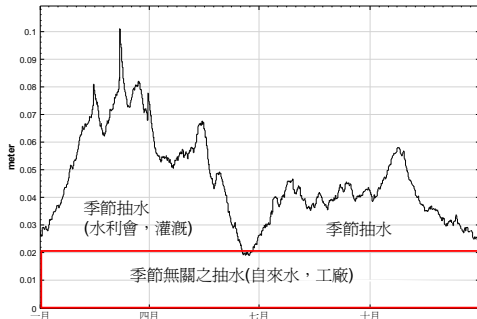
地下水水位與抽補強度



宏崙(1)的PRS

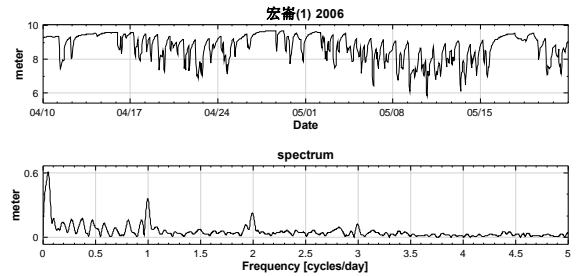


抽水頻率時變圖(虎尾2)



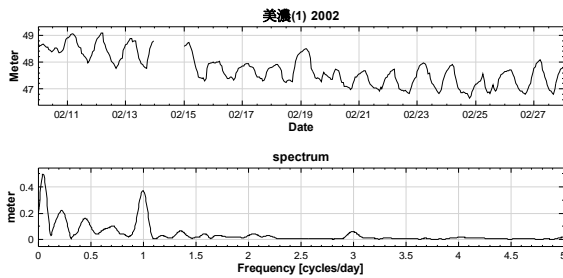
季節抽水占整體頻率性抽水的53%, 水利會佔比 47%。

為何人爲抽水有一天一次的頻率?



宏崙水塔型的抽水並非每天的抽水時間都一樣, 有時水位最低是在下午三點, 有時是四點, 甚或有在晚上七、八點, 但是由於它有明顯的日夜區隔, 例如大部分的抽水都發生在白天, 晚上比較少人抽, 因此頻譜上可以看到明顯一天一次的頻率及其倍頻。

灌溉抽水的一天一次頻率

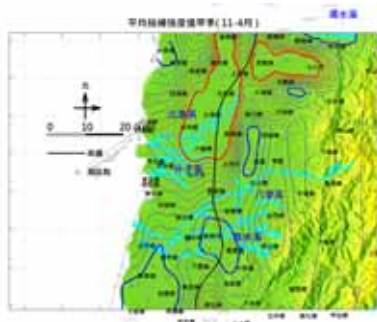


雖然春耕時農業灌溉行為經驗上認知並沒有固定的一天一次的週期, 譬如很多人是灌溉到田裡都有水時就停止, 並沒有固定一定在白天抽水, 但由於水位變化是觀測井附近集體的抽水井的影響總和, 集體農夫的耕作仍有日出而作, 日落而息的規律, 因此集體而言, 白天有在抽水的時間比晚間多, 造成水位有一天一次的頻率。

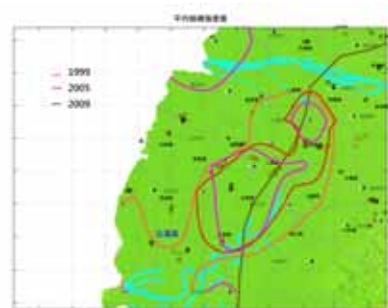
一天一次的頻率都是人爲抽水嗎?

- 影響地下水一天一次的頻率變化的因素有人爲抽水, 地潮, 海潮與大氣壓等。地潮的一天一次強度約是公厘大小, 且旁邊伴隨更強一天0.93次的頻率, 所以如果一天0.93次的頻率強度很小, 可斷定地潮的影響量很小。靠海邊的井有可能受海潮的影響, 可能有高達公分級以上的一天一次的頻率, 一樣但如果0.93次的頻率低, 則可忽略。對海潮很大的觀測井, 可利用海潮0.93與一天一次頻率強度的比值, 換算去除海潮對一天一次頻率的影響。大氣壓是另一對地下水一天一次影響的因子, 但水位觀測時很多已扣掉大氣壓, 需進一步確認才知道該觀測水位是否有大氣壓的影響因子。檢視以上的因素, 剩下的一天一次的頻率強度應可視為人爲抽水所造成的。

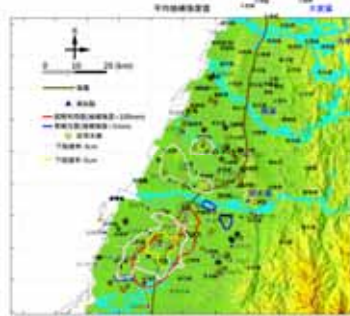
抽補強度(淺層)



淺層抽補強度的變遷

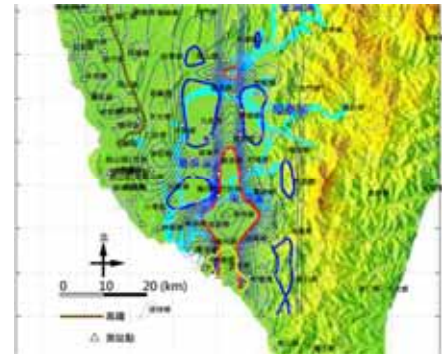


抽補強度(淺層)與地層下陷

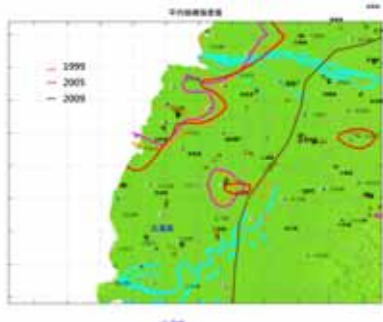


high PRS v.s. Land Subsidence

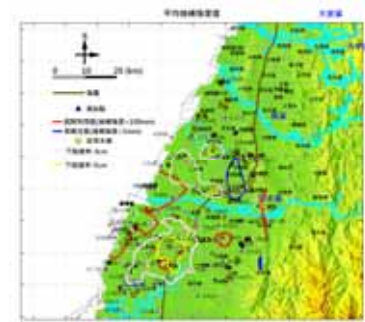
黃色區域為工研院計算2010年下陷三公分與五公分範圍



中淺層抽補強度的變遷



抽補強度(中淺層)與地層下陷

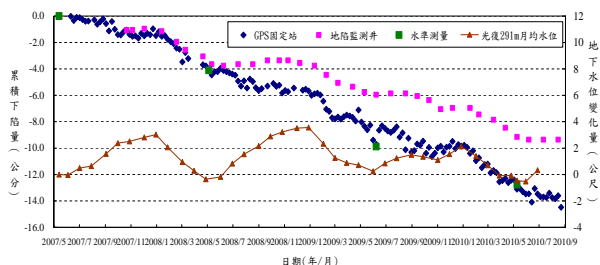


抽補強度(PRS)的意義

- 抽得快，補充得慢，則水位變動大，PRS大。
- 抽得慢，補充得快，則水位變動小，PRS小。
- PRS不與抽水量直接相關，而是與抽水的速率呈正相關。
- 季節性PRS的變化在農業地區與稻作的灌溉極其相關，高點發生在四月與十月。非季節性的PRS應與民生用水如自來水或工廠用水有關。
- 透過PRS的年度變化，結合已知的抽水型態與抽水地點，可推估影響PRS的各種抽水行為(民生，工業，水利會)的抽水速率比例。
- 濁水溪沖積扇，PRS大的地方與地層下陷區高度相關，如下頁圖，可推測地層下陷直接與抽水的速率有關。抽水速率的控制，監測PRS，與藉由PRS的値來訂定管制區，可能是防治地層下陷的方法之一。
- PRS小為抽水速率小，或補充快速的地區，如補注強烈的地區，或少量抽水的地區。考量地下水的永續利用，這些地區如做好監控，應可適量做地下水的利用。

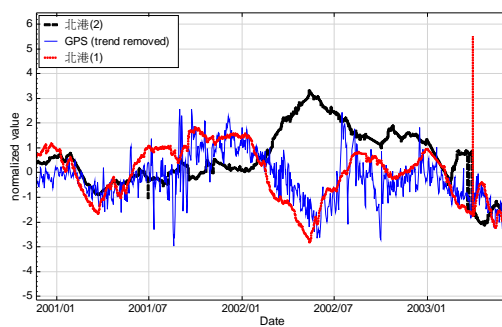
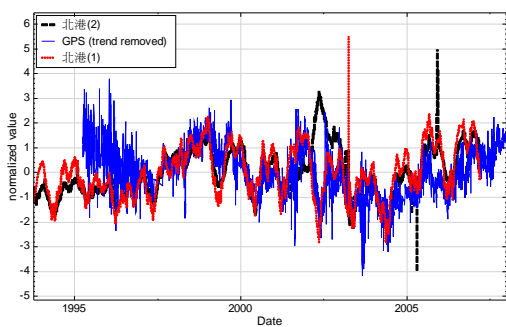
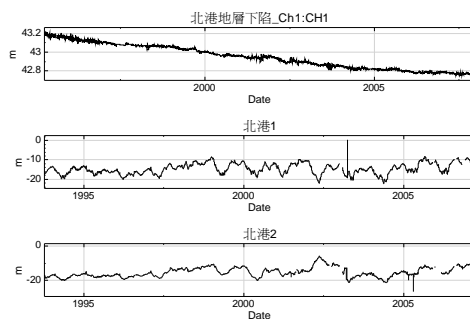
地下水與地層下陷

光復國小GPS固定站與光復(2)地下水位 變化量關係圖*



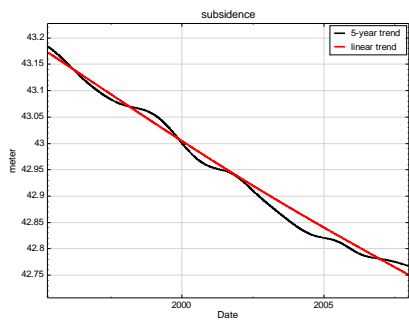
* Adapted from ITRI's report

Raw Data

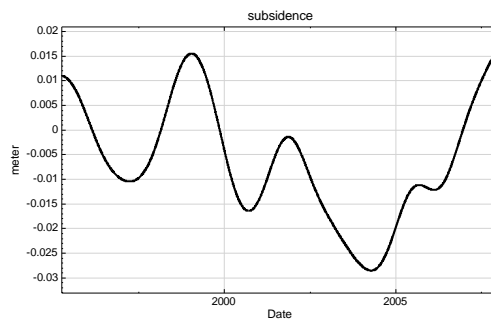


地表GPS測得的地層下陷值與第一層地下水水位運動密切。
地下水領先地層下陷約一個月

直線與長週期趨勢下陷量

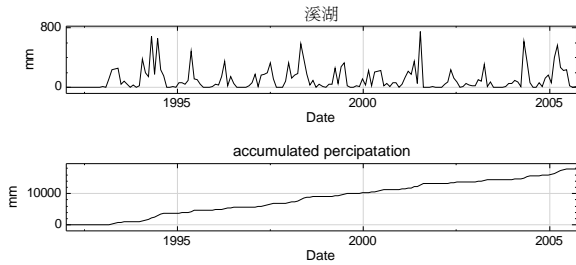


長週期下陷變化量*

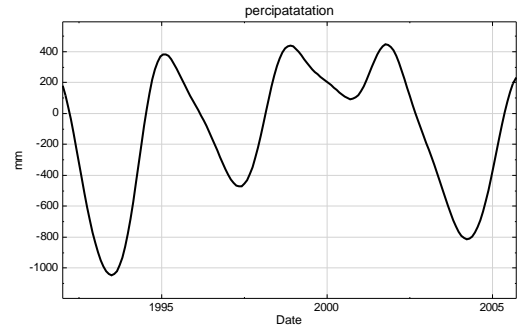


*扣掉直線趨勢之下陷變化量

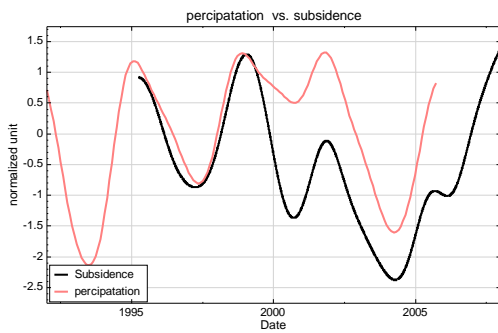
溪湖雨量



溪湖累積降雨趨勢

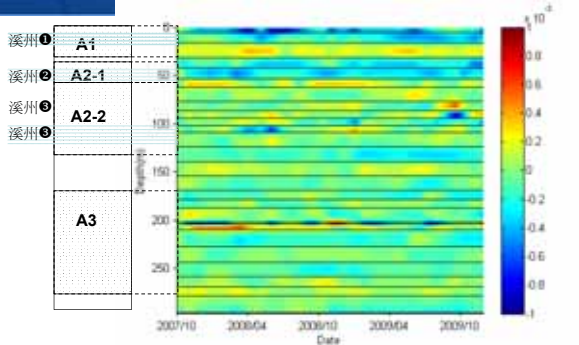


累積雨量與下陷長週期趨勢比較

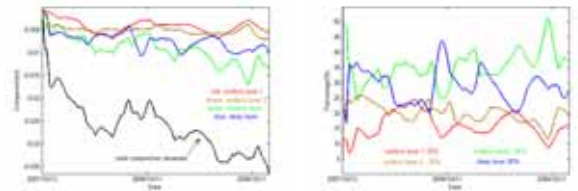


地陷時變圖

單位深度壓縮量(溪州國小)

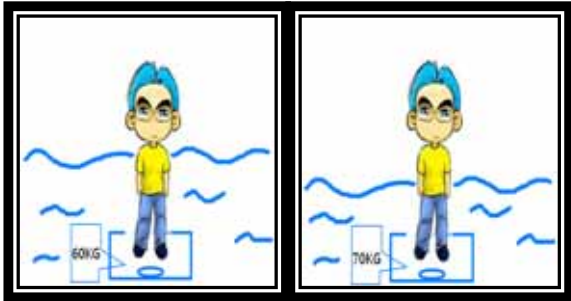


右圖黑色橫線代表地陷監測井磁環位置，顏色為壓縮量大小。
 左圖為含水層及水井深度示意圖。網格區域為含水層，標示為A1-A3；淺藍色區域為最近之地下水觀測井濾網範圍，並標示水井名稱。



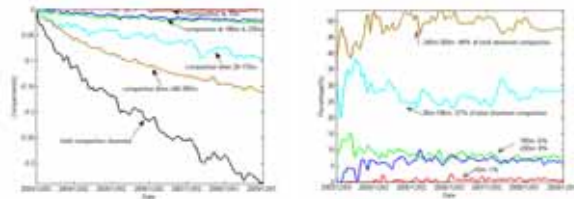
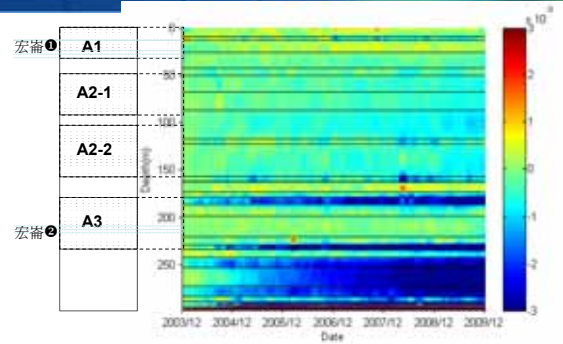
溪州表層(<50m)雖有下陷，但下陷自2008後已然停止，由於地陷井需一段時間後才會穩定，參考時間的選定，影響後續的計算甚鉅，應進一步評估，表層是否有絕對的下陷。

unconfined subsidence(水位與浮力)

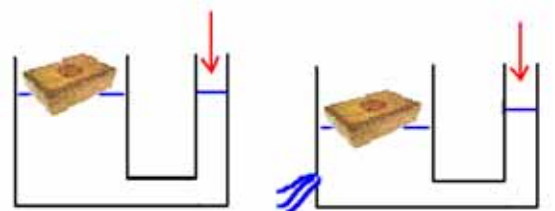


水位降低，浮力減少，壓力變大

單位深度壓縮量(土庫國中)



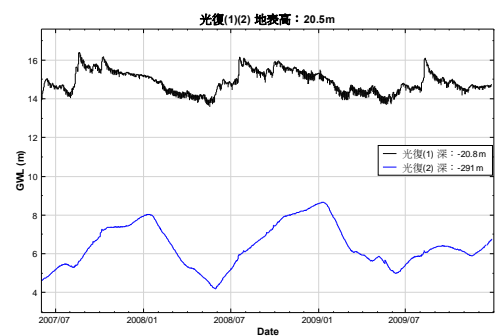
Confined Subsidence(層狀下陷/千斤頂式下陷)



地下水監測井：光復國小
地陷井：光復國小
GPS站：光復國小

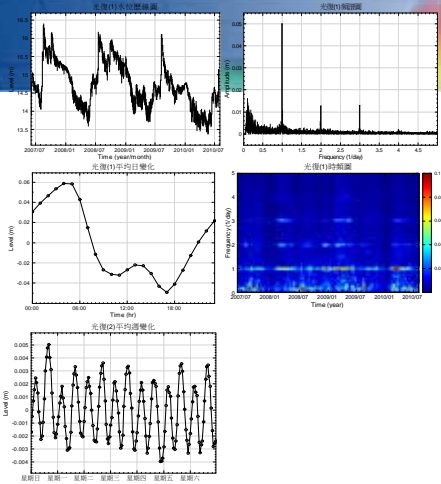
綜合判斷：光復

地下水位

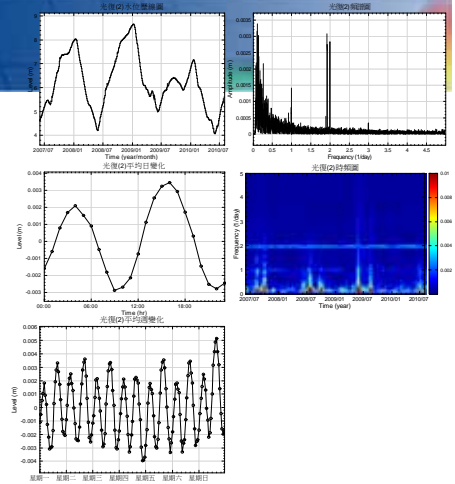


不互相聯通，代表有阻水層存在。
水位約在地表下6公尺處，農民取水容易。

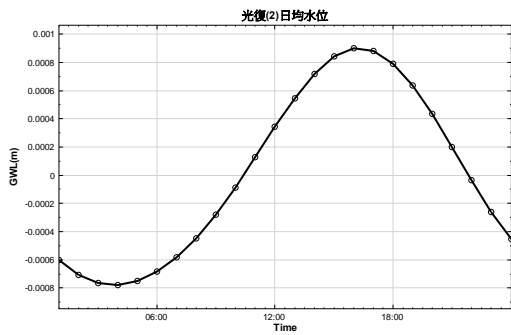
光復(1) 深度 39m



光復(2) 深度291m

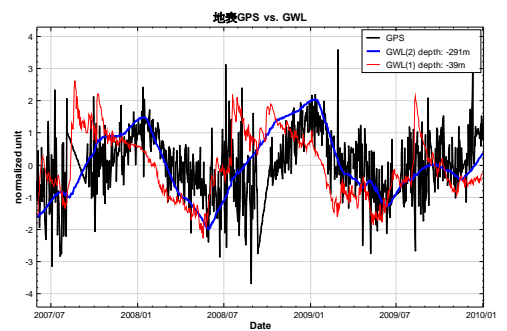


只取一天一次的頻率

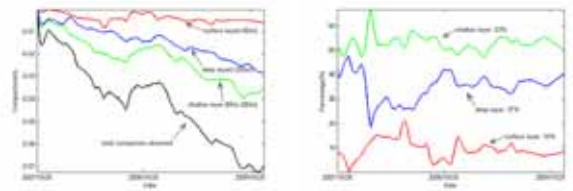
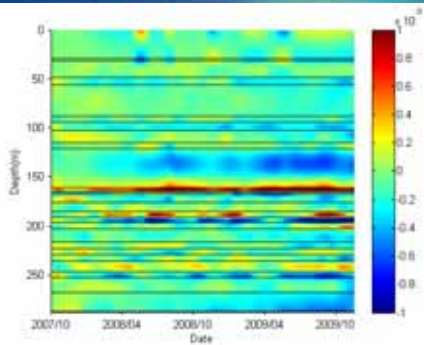


光復(2)有節費型的抽水，每年從10月到翌年的1月底

GPS vs. GWL



單位深度壓縮量(光復國小)



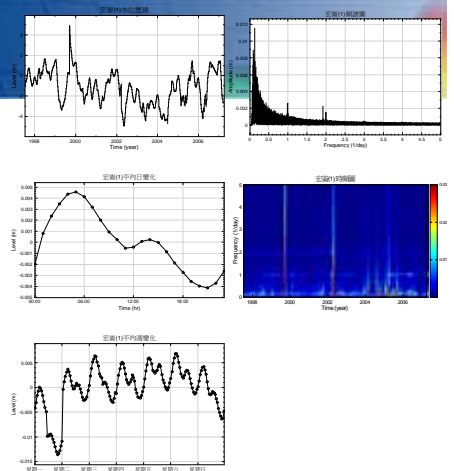


地下水監測井：宏崙國小
地陷井：土庫國中

綜合判斷：土庫，宏崙

宏崙(2)

深度 225m

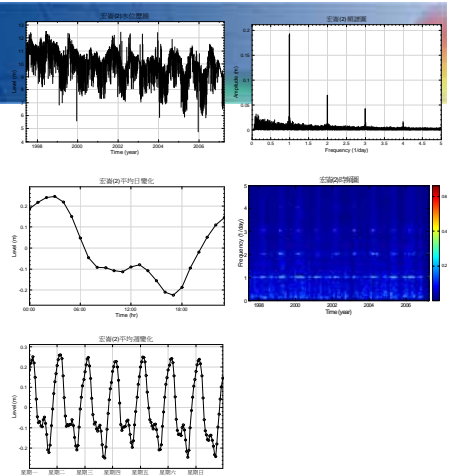


A,B: 自來水廠，*：土庫國中

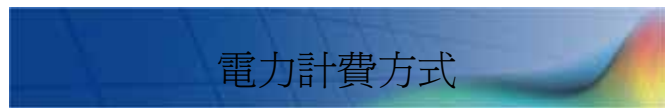
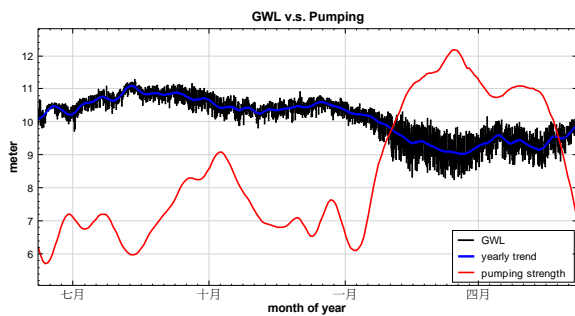


宏崙(1)

深度 35.5m



GWL vs. Pumping

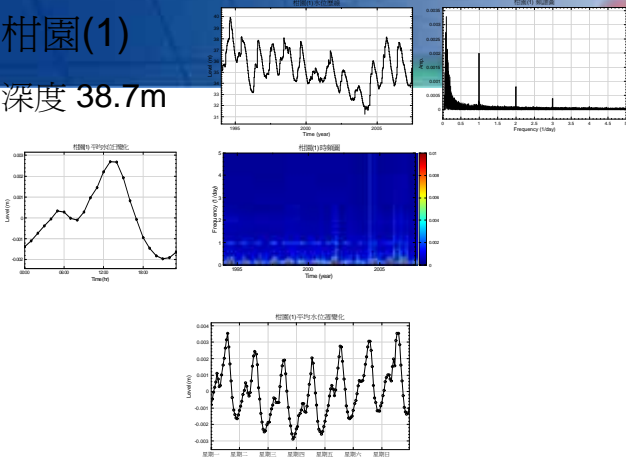


電力計費方式

- 台灣電力公司用電計費方式,提供您瞭解並節約用電
- 一、季節區分:
 1. 夏天: 6/1至9/30日止。
 2. 非夏天: 10/1至5/31日止。
- 二、電費計算時段:
 1. 尖峰時間: 早上7:30~晚上10:30分。
 2. 離峰時間: 晚上10:30分~早上7:30。
 3. 半尖峰時間:
 - ◎ 星期六早上7:30~晚上10:30分。
 - ◎ 星期日至整天。
- 三、電費計算:(一度計算)
 1. 夏天:
 - ◎ 尖峰 2.35元 ◎ 離峰 0.92元 ◎ 半尖峰 1.49元
 2. 非夏天:
 - ◎ 尖峰 2.29元 ◎ 離峰 0.86元 ◎ 半尖峰 1.42元

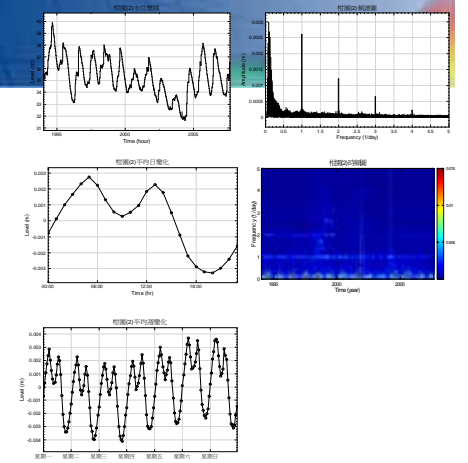
柑園(1)

深度 38.7m



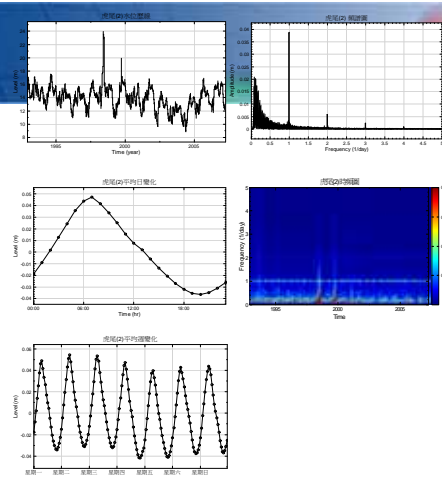
柑園(2)

深度 97.6m



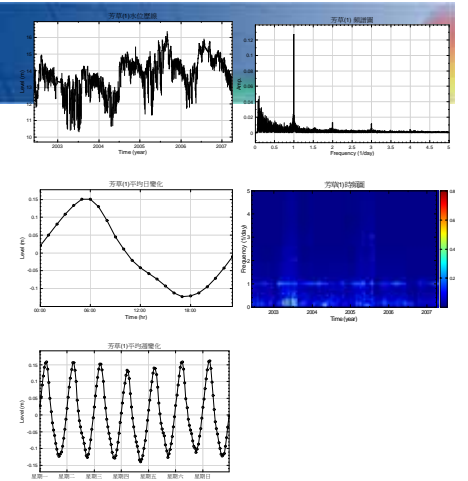
虎尾(2)

深度 120.2m



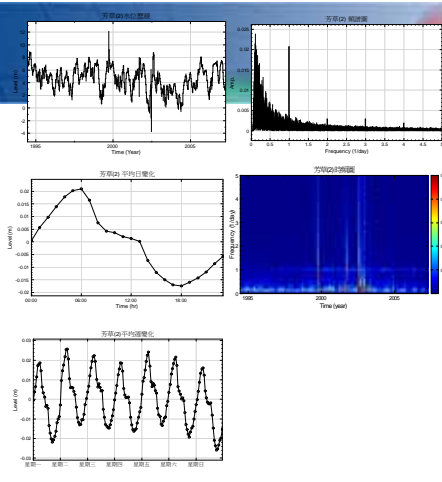
芳草(1)

深度 26.1m



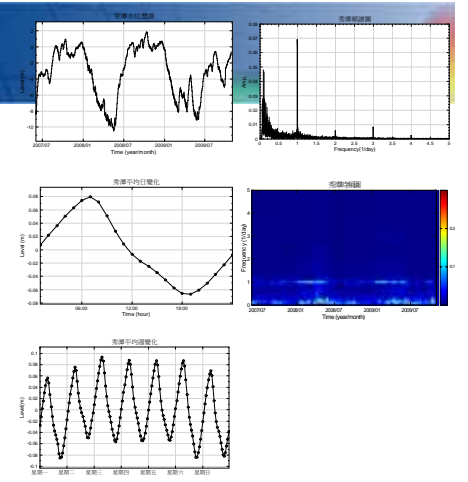
芳草(2)

深度 129.6m



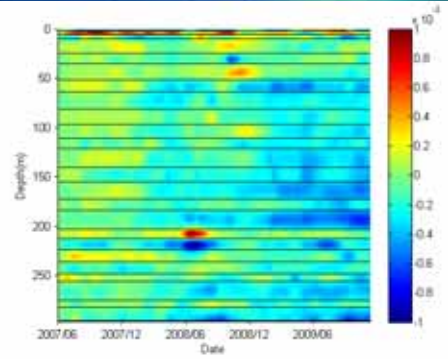
秀潭

深度 134m

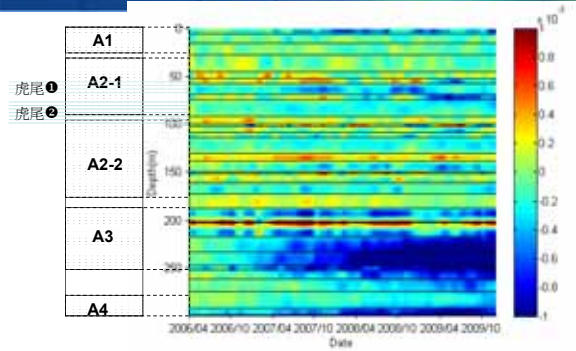


地陷時變圖與地陷機制之探討

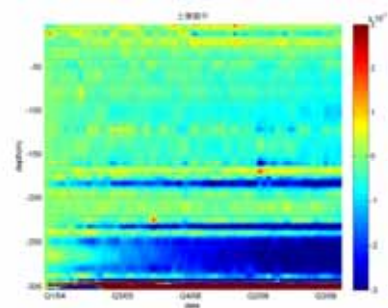
單位壓縮量(秀潭國小)



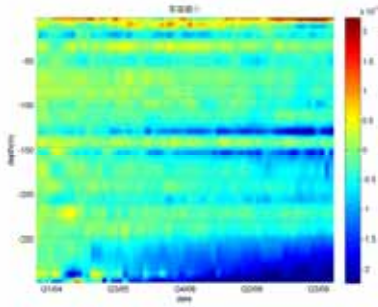
單位深度壓縮量(虎尾國小)



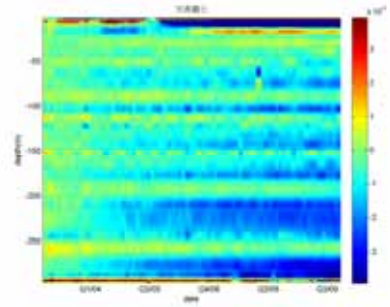
雲林縣：土庫國中



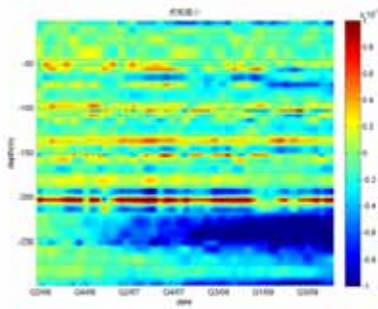
雲林縣：客厝國小



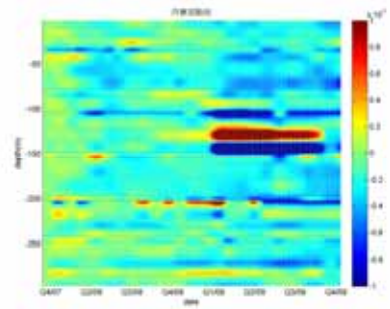
雲林縣：元長國小



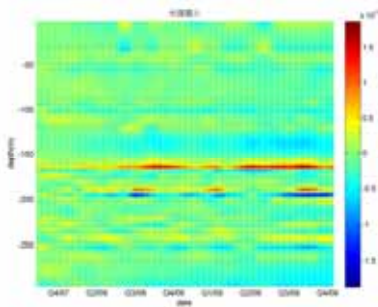
雲林縣：虎尾國小



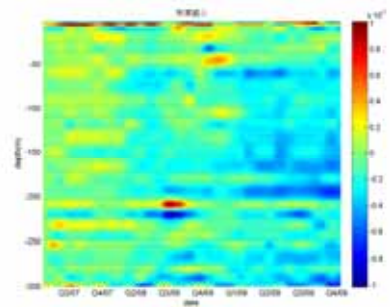
雲林縣：內寮派駐站



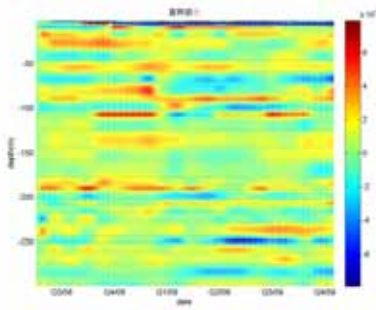
雲林縣：光復國小



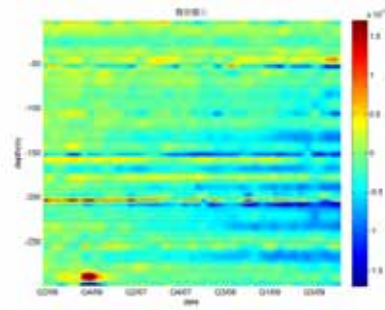
雲林縣：秀潭國小



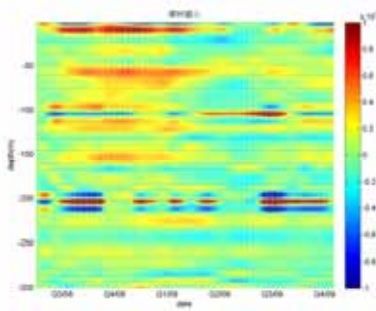
雲林縣：嘉興國小



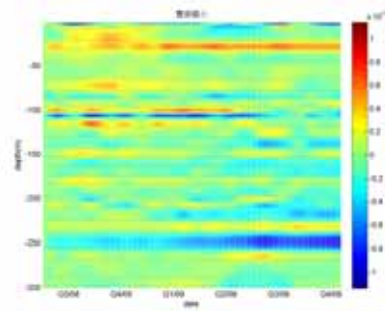
雲林縣：龍岩國小



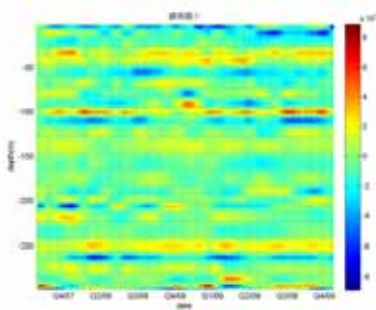
雲林縣：燦林國小



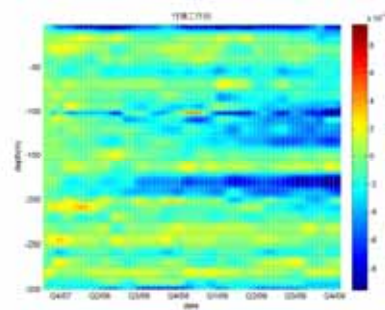
雲林縣：豐榮國小



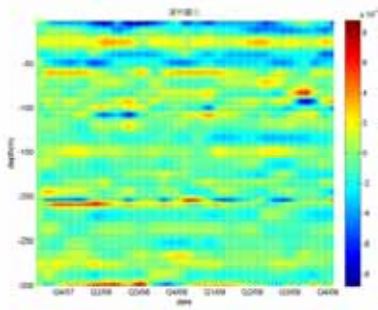
雲林縣：鎮南國小



彰化縣：竹塘工作站

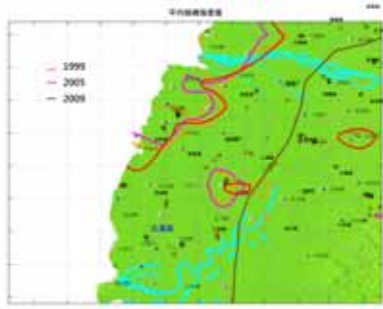


彰化縣：溪洲國小

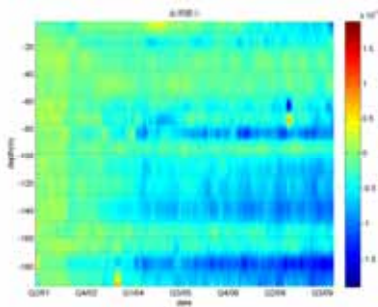


層狀下陷區：彰雲沿海

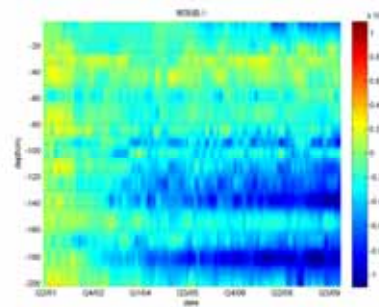
中淺層抽補強度的變遷



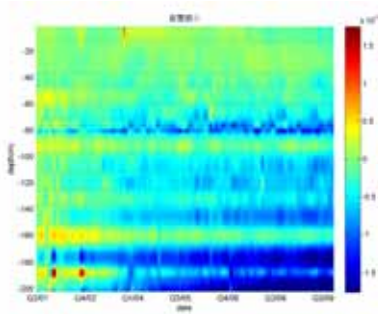
雲林縣：金湖國小



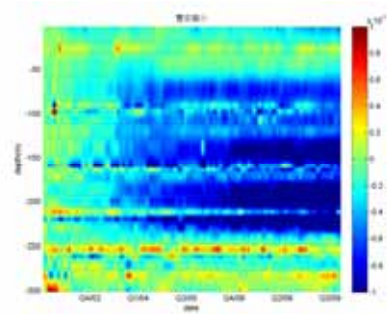
雲林縣：建陽國小



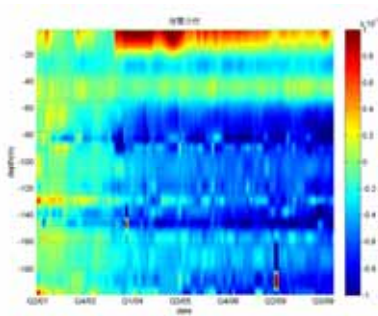
雲林縣：崙豐國小



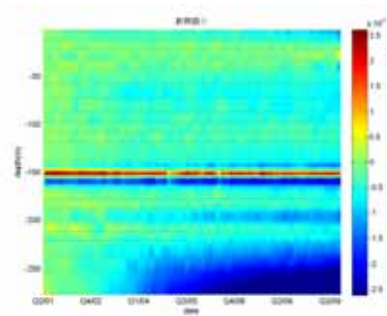
雲林縣：豐安國小



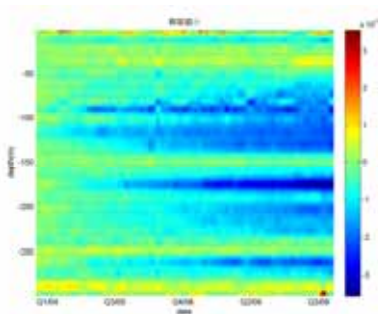
雲林縣：海豐分校



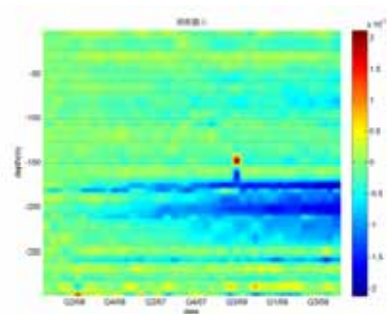
雲林縣：新興國小



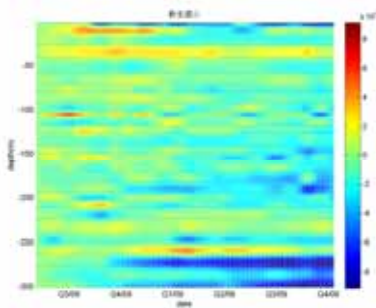
彰化縣：興華國小



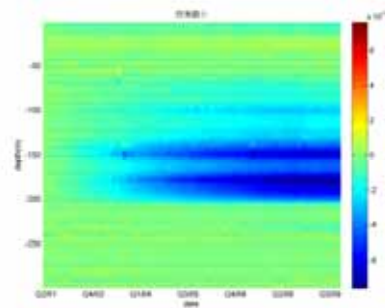
彰化縣：湖南國小



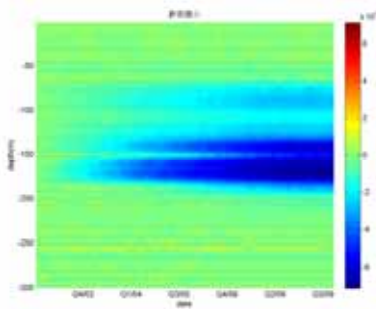
彰化縣：新生國小



彰化縣：西港國小



彰化縣：新街國小



結語

- 淺層抽補強度過量區與地層下陷嚴重區高度相關，暗示下陷的機制可能與抽水速率有關，觀測井的抽補強度，可用於是否過度抽水的判斷依據。
- 層狀下陷區與中淺層抽補過強區域重疊。
- 扇尾地區多為層狀沖積平原，地下水上下不連通，過量抽水引起層狀的下陷。
- 中淺層抽補強度太大的地區可能有層狀下陷，應進一步觀測與防治。

Thank You!!

Visual Signal
<http://www.ancad.com/VisualSignal/downloadform.php>

yetmen@ancad.com

在快不在多

- 抽水速率應降低，讓水位有足夠充足的時間回復。具體做法包括：降低抽水管的管徑，相近同個含水層的水井避免同時抽，一次大量抽水的時間不要太長，輪抽等。
- 觀測井的抽補強度，可用於是否過度抽水的判斷依據。
- 地層下陷防治重點應在抽水速率而非抽水量，在局部抽水而不在大面積抽水，;在深層抽水而不在淺層抽水。
- [在快不在多，在深不在淺，在點不在面]。



- 地層下陷防治重點應在抽水速率而非抽水量，在局部抽水而不在大面積抽水，；在深層抽水而不在淺層抽水。
- [在快不在多，在深不在淺，在點不在面]。
- 關鍵議題:封井，水權核發，監管，地下水涵養，旱季取水，休耕轉作。



地下水位與地表沈陷(GPS)的關連性分析

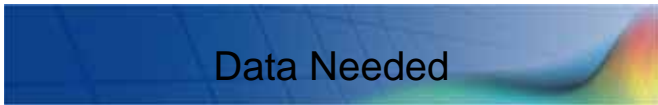


- 縣府水利處副處長林榮川澄清，把該處地層下陷歸咎於抽地下水並不公允，因該段東西向快速道路是填土而成，可能集中載重而加重沉陷量；此外，**區域內十口水公司、水利會所屬的深水井自九十四年封閉後，下陷速度已經明顯減緩**，可見元兇應是深水井，而非一百公尺深以內的灌溉井。



一些觀察

- 下陷分直線下陷，長週期下陷，與短週期下陷。短週期下陷與淺層地下水位高度連動，長週期下陷與累積雨量之豐枯有明顯關係。直線下陷目前原因不明，可能與長時期定量深井抽水有關。
- 淺層地下水的取用，或季節性的豐枯水位變化，直接影響地層的下陷，延遲時間約一個月，但水位回升以後，地層也跟著回升，下陷與回升的機制類似彈性的作用，是可回復的機制。
- 如果地層下陷沒有彈性（reversible）的機制，早在有人類活動之前，季節性的豐枯變化將使地層下陷至無法居住的狀態。
- 2005年後下陷趨緩，可能與封井（見上述的新聞內容）或長週期（五年以上）的豐枯變化有關，需進一步查證。
- 累積雨量（而非雨量）與下陷關係明顯，過去二十年間有明顯五年的豐枯週期。



Data Needed

- 九四年開始的封井封了哪些，時間為何？
- 雨量資料不齊全
- 深井的地陷資料



建議事項

- 地陷觀測資料的精確度與量測時間密度需予提高，量測精準度建議與同一地點，不同深度的水準測量做比對。取樣率應予提高至

觀測井有效觀測面積之率定

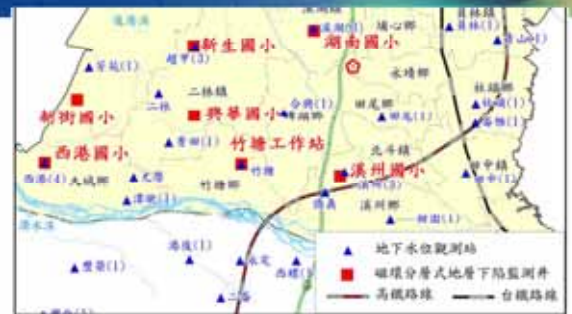
- 鄰近觀測井水位關連性分析
 - 若無關連性，則顯示水井密度不足。
 - 若有關連性，可用ICA的分析方法找出共同觀測的訊號源，利用三角法，或可求出訊號源的空間位置。
- 利用地潮之相位差與離海岸距離之關係，求解水力參數與儲水係數。利用地下水方程式之求解，找出最小水位解析所對應之距離。
- 步驟如下：
 - 從潮位資料分離出半日潮
 - 從地下水水位（主要為深層井）分析出地潮的訊號分量
 - 求取相位差
 - 求解地下水方程式，壓力源（source term）設為一天兩次的正弦式波。求出理論的相位差值，該值為水力參數（K）與儲水係數（S）之函數。
 - K值為已知，利用訊號解得之相位差，求取S參數。
 - 假設軸對稱，針對不同距離的週期性抽水行為，在頻率域求解地下水方程式之空間解析解。
 - 求取觀測井水位之最小解析刻度，帶入解析解，求出最遠的水井觀測距離，並有效觀測面積。

Action required

- 地層下陷導致地下水濾水口參考位置改變，應對地層下陷區域的地下水井做校正，以免影響後續的分析，如水平衡或可用水量。
- 地陷井應增加觀測的時間密度，從每月一次到每天一次，量測單位需與後續分析單位分離，以增加資料的客觀性。最好採取自動量測記錄與傳輸的方式進行監測。
- 地陷資料的正確性可與同一地點，不同井深的水準量測做比對。
- 利用GPS的地表陷落資料來做下陷的分類

indices

- 抽水強度（當量）
- 補注強度
- 層狀下陷量，均狀下陷量各自的值與比例。
- 不同抽水行為的比例(pie chart)
- (燈號)是否有層狀下陷？
- 深水井的分佈
- 地陷時變圖
- 最大壓縮應變量
- 平均壓縮應變量



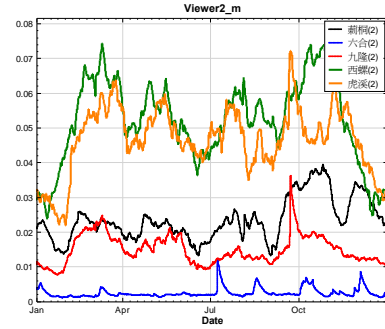
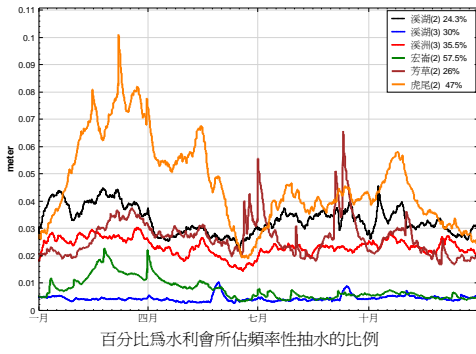
抽補強度

- 一天一次水位變化頻率的振幅，定義為地下水的抽補強度。
- 人為的抽水一般會有一天一次的頻率，如農夫，工廠的抽水等。工廠或工業區的抽水，另外會有一周一次的頻率。
- 一般而言，抽水會引起水位的降低，降低的幅度，與抽水的多寡成比例。
- 在地下水補注強烈的地區或季節，由於水位回升得快，抽水所引起的振幅會降低，甚至沒有，

假設條件

- 深層地下水(>100m)的抽水，主要來自自來水，水利會，與工廠。(表層抽水對深層地下水的影響不予考慮)
- 自來水的抽取分成連續抽水與一天一次的頻率性抽水。根據現地訪談操作人員，自來水的淨水池一天24小時持續有地下水的插入，另根據用水狀況，於白天民生用水的尖峰時期，增加抽水機抽水。
- 民生用水以標準每人每天300公升，雲林縣人口數歷年平均75萬人計算，總用水量約為7,900萬噸，水公司年報資料，雲林地區民國90,91年的地下水抽取總量為8696與8658萬噸，應為可信之數據。
- 將不同觀測井一天一次的頻率濾出，可發現在雲林縣，抽水的巔峰發生在每年的2,3月與10月，正是一、二期稻作的供灌期。相對在彰化縣，抽水強度變化較無季節性。數據顯示，彰化水利會的深水井數為38口，而雲林水利會共有水井610口。
- 假設水利會無全年連續性不中斷的抽水，即水利會有些時日是不抽水的，則浮動性的季節性抽水可視為是水利會的抽水所產生的。
- 雲林水利會於民國90,91年的報告統計出水利會的地下水抽取量為7406與8466萬公噸。

抽補強度年均時變圖



日抽水強度

	總強度(m)	非季節性強度(m)	季節性強度(m)	比例	水利會單位抽水水量之強度	T/O	倍數
虎尾(2)	0.0464064	0.0188074	0.027599	59%	0.032386	1.173448313	0.852189
芳草(2)	0.0266961	0.0166079	0.0100882	38%	0.00780595	0.773770346	1.292373
宏崙(2)	0.00766303	0.00313359	0.00452944	59%	7.46E-05	0.016460931	60.7499
西螺(2)	0.052117	0.0237577	0.0283593	54%	0.0525492	1.852979446	0.539671
九隆(2)	0.0149821	0.00768244	0.00729966	49%	0.00853656	1.169446248	0.855106
虎溪(2)	0.0466477	0.0219021	0.0247456	53%	0.0127024	0.51331954	1.948104
六合(2)	0.00250893	0.0011383	0.00137063	55%	0.0357117	26.05495283	0.03838
荊桐(2)	0.0235867	0.0132094	0.0103773	44%	2.01E-02	1.93258362	0.517442
					Avg		8.349146

- 由於深層的地下水可視為侷限含水層，可利用Theis的解析解，推估單位抽水量在觀測井的水位洩降，調整抽水量藉以符合觀測井所測得之一天一次的抽水頻率強度，可反推抽水量的大小。

相同抽水量所引起的水位洩降

- 定義標準抽水量為每天360噸。(以每年8000萬噸，610口水井得出的均數)
- 假設每口深水井的口徑相當，每口水井的抽水抽水量都是標準抽水量。
- 目前取得資料，彰化雲林地區水利會435口，自來水362口，工廠761家。

水位洩降

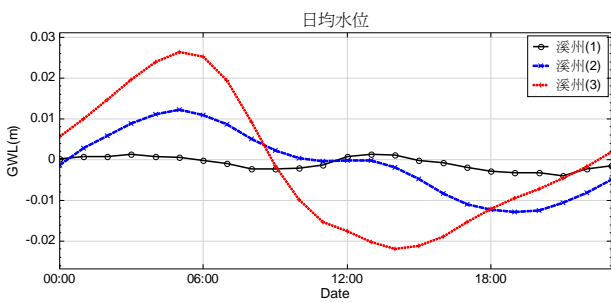
	虎尾(2)	芳草(2)	宏崙(2)	西螺(2)	九隆(2)	虎溪(2)	六合(2)	荊桐(2)
T(m ² /min)	1.085	1.547	0.0564	1.0072	0.0564	1.3187	2.7237	1.6034
S	0.0007	0.0015	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007
水利會	4.45	2.87	51.33	4.54	54.38	3.72	1.854	3.09
自來水	3.27	2.15	36.74	3.58	38.74	2.80	1.46	2.36
工廠	7.75	5.15	95.3	7.47	91.96	5.92	2.911	5.00

單位抽水量在不同抽水型態在觀測井引起的水位洩降

獨立成分分析 INDEPENDENT COMPONENT ANALYSIS

— ICA於地下水水位分析上之應用—

以彰化溪洲地下水觀測井為例-日均水位分析

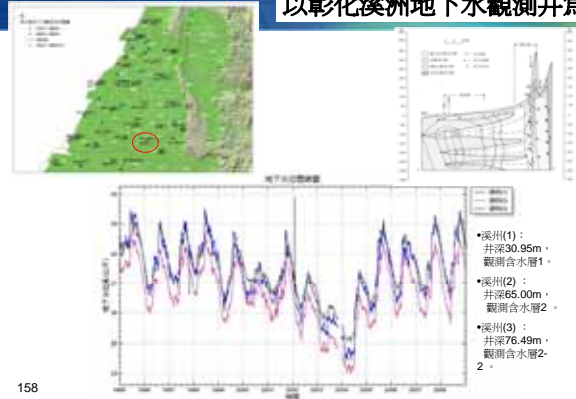


159

18

— ICA於地下水水位分析上之應用—

以彰化溪洲地下水觀測井為例

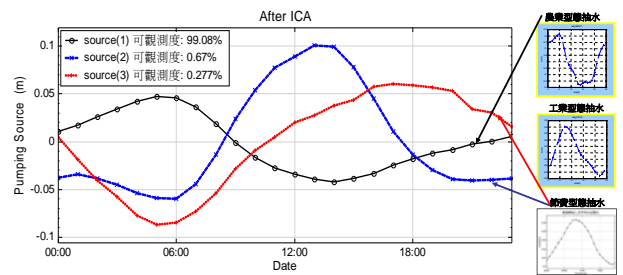


158

17

— ICA於地下水水位分析上之應用—

以彰化溪洲地下水觀測井為例-日均水位分析



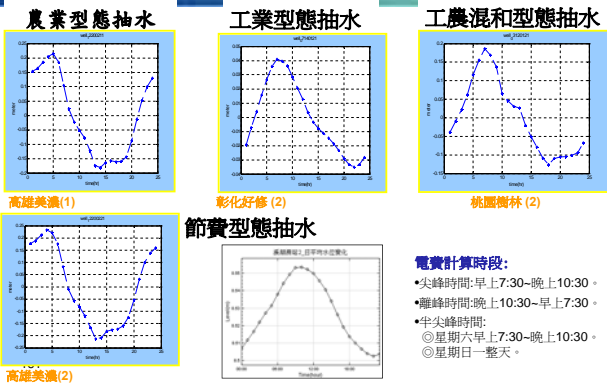
• 經ICA 分離後，由結果顯示，可知影響溪洲觀測井抽水行為有三種模式：第一種為**農業型態抽水**，有最佳可觀測度，亦即由溪洲站三口井所量測到水位中可擷取到之隱含抽水型態以**農業型態抽水為最明顯**。

• 第一及三種比較偏向節費型抽水，來源可能離觀測井較遠，可觀測度較差。

19

— ICA於地下水水位分析上之應用—

抽水型態分類-日均水位分析



16

量化數據

	Source (1)	Source (2)	Source (3)
溪洲(1)	0.903(8.04cm)	0.285(4.52cm)	0.288(4.25cm)
溪洲(2)	1.02 (9.08cm)	0.345(5.477cm)	0.175(2.58cm)
溪洲(3)	1.12(9.97cm)	0.187 (2.97cm)	0.174 (2.57cm)

各個sources的日均變化最大值: 8.9cm 15.877cm 14.77cm

各個sources 對觀測井的影響矩陣。舉例說:

溪洲(1)的水位 = source (1) * 0.903 + source (2) * 0.285 + source (3) * 0.288

Source (2)的日均變化約為每日15.877公分，反應在觀測井的水位變化為溪洲(1) 14.34cm, 溪洲(2) 5.477cm, 溪洲(3) 2.78cm。



測站 (井深)	農業型 (cm)	節費型 (cm)	節費型占比
溪洲(1) (-31m)	8.0	8.0	50%
溪洲(2) (-65m)	8.9	16.1	64%
溪洲(3) (-76m)	9.8	5.1	34%

•溪州附近工廠林立，觀測井的深度最多到地底下76公尺。節費抽水主要在溪洲(2)

high PRS v.s. Land Subsidence

黃色區域為工研院計算2010年下陷三公分與五公分範圍

