

科技部補助專題研究計畫成果報告 期末報告

嘉南地區表層土壤溫度之量測研究

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：MOST 106-2116-M-041-001-

執行期間：106年08月01日至107年07月31日

執行單位：嘉藥學校財團法人嘉南藥理大學觀光事業管理系(含溫泉產業碩士班)

計畫主持人：陳文福

計畫參與人員：此計畫無其他參與人員

報告附件：出席國際學術會議心得報告

中華民國 107 年 10 月 29 日

中文摘要：淺處(<20m)的垂直井溫可能受到季節的影響，一天的量測並不具有代表性，表層土壤溫度(surface soil temperature簡稱SST)則變化更大，且有地理上及時間上的差異。SST為瞭解地下熱傳的重要邊界條件，本研究之目的，希望實地量測嘉南地區的SST並探討其與土地利用之關係。研究結果顯示可將埋設溫度計的土地分為四類：建築、樹林、草地及裸土(含鋪面)，本區2017年實測SST比氣溫高(本區年均溫約23.9-25.2 °C)，所以除了受到氣溫影響，也受到日照影響；有陰影遮蔽，例如樹林及建築物，SST約為23.8-26.2 °C，會比較接近氣溫；沒有遮蔽，例如裸土溫度約26.0-28.3 °C，因為直接日曬會造成SST升高。

垂直井溫推估現在的SST，其值大約介於24.5-28.5 °C。將觀測井半徑100m內的土地利用分為五類：樹林、建物、旱地(作物及草地)、空地(裸土、道路及操場)、魚塭(靜止水體)，統計其面積的百分比，求取最接近的井溫之現在SST，結果樹林25.6 °C、建物25.9 °C、旱地25.2 °C、空地27.6 °C、魚塭26.8 °C，平均誤差約0.51°C。以面積推算之SST與2015年垂直井溫推算之現在SST比較大致上有正比關係，本研究數據支持井溫受到土地利用之影響。

中文關鍵詞：表層土壤溫度、嘉南平原、垂直井溫

英文摘要：Surface Soil Temperature (SST or Ground Surface Temperature-GST) is defined as the surface or near-surface temperature of the ground (soil, bedrock, or surficial deposit, measured in the uppermost centimeters of the ground. SST is the temperature in the upper boundary of subsurface temperature-depth curve which is an important parameter for the understanding of the subsurface heat transfer and climate. In this research, temperature data loggers were setup for collecting SST on the Chianan plain to study the correlation between SST and different land covers. The results show that study sites of Chianan plain include 4 types of land cover: building, trees, grass and bare soil. The values of SST in 2017 are 23.8-28.3 °C while the average annual air temperature are 23.9-25.2 °C. The temperatures for trees and building are lower, 23.8-26.2 °C while those temperatures are higher in bare soil 26.0-28.3 °C, with no shadow to shield the solar radiation.

The present SST from temperature-depth curve in Chianan plain are 24.5-28.5 °C. The land covers around the observation well with a radius of 100 m include 5 types: trees, building, crop(grass), bare soil(pavement), and fish pond. The present SST values are correlated with percentages of land cover area to estimate the temperature in different land covers. The best fitting temperatures are 25.6, 25.9, 25.2, 27.6, and 26.8 °C for trees, building, crop, bare soil, fish pond, respectively, with an average error of 0.5 °C. The present SST from temperature-depth curve and the SST estimated by land cover area show a

positive correlation which indicate the upper boundary of temperature-depth curves are affected by land covers.

英文關鍵詞： surface soil temperature, Chianan plain, temperature-depth curve

嘉南地區表層土壤溫度之量測研究

The surface soil temperatures in Chianan plain, southern Taiwan

摘要

淺處(<20m)的垂直井溫可能受到季節的影響，一天的量測並不具有代表性，表層土壤溫度(surface soil temperature 簡稱 SST)則變化更大，且有地理上及時間上的差異。SST 為瞭解地下熱傳的重要邊界條件，本研究之目的，希望實地量測嘉南地區的 SST 並探討其與土地利用之關係。研究結果顯示可將埋設溫度計的土地分為四類:建築、樹林、草地及裸土(含鋪面)，本區 2017 年實測 SST 比氣溫高(本區年均溫約 23.9-25.2 °C)，所以除了受到氣溫影響，也受到日照影響；有陰影遮蔽，例如樹林及建築物，SST 約為 23.8-26.2 °C，會比較接近氣溫；沒有遮蔽，例如裸土溫度約 26.0-28.3 °C，因為直接日曬會造成 SST 升高。

垂直井溫推估現在的 SST，其值大約介於 24.5-28.5 °C。將觀測井半徑 100m 內的土地利用分為五類:樹林、建物、旱地(作物及草地)、空地(裸土、道路及操場)、魚塭(靜止水體)，統計其面積的百分比，求取最接近的井溫之現在 SST，結果樹林 25.6 °C、建物 25.9 °C、旱地 25.2 °C、空地 27.6 °C、魚塭 26.8 °C，平均誤差約 0.51°C。以面積推算之 SST 與 2015 年垂直井溫推算之現在 SST 比較大致上有正比關係，本研究數據支持井溫受到土地利用之影響。

關鍵字: 表層土壤溫度、嘉南平原、垂直井溫

Abstract

Surface Soil Temperature (SST or Ground Surface Temperature-GST) is defined as the surface or near-surface temperature of the ground (soil, bedrock, or surficial deposit, measured in the uppermost centimeters of the ground. SST is the temperature in the upper boundary of subsurface temperature-depth curve which is an important parameter for the understanding of the subsurface heat transfer and climate. In this research, temperature data loggers were setup for collecting SST on the Chianan plain to study the correlation between SST and different land covers. The results show that study sites of Chianan plain include 4 types of land cover: building, trees, grass and bare soil. The values of SST in 2017 are 23.8-28.3 °C while the average annual air temperature are 23.9-25.2 °C. The temperatures for trees and building are lower, 23.8-26.2 °C while those temperatures are higher in bare soil 26.0-28.3 °C, with no shadow to shield the solar radiation.

The present SST from temperature-depth curve in Chianan plain are 24.5-28.5 °C. The land covers around the observation well with a radius of 100 m include 5 types: trees, building, crop(grass), bare soil(pavement), and fish pond. The present SST values

are correlated with percentages of land cover area to estimate the temperature in different land covers. The best fitting temperatures are 25.6, 25.9, 25.2, 27.6, and 26.8 °C for trees, building, crop, bare soil, fish pond, respectively, with an average error of 0.5 °C. The present SST from temperature-depth curve and the SST estimated by land cover area show a positive correlation which indicate the upper boundary of temperature-depth curves are affected by land covers.

Keywords: surface soil temperature, Chianan plain, temperature-depth curve

1.前言

表層土壤溫度(surface soil temperature, 簡寫 SST)指位於表層下 0-10cm 所量測的溫度, 須避免陽光直接照射(USCRN, 2016), 有些研究稱為地表面溫度(Ground Surface Temperature-GST)。表層土壤溫度是地層溫度分布的上邊界, 對於瞭解地下熱傳是相當重要的參數(Smirnova et al., 1997; Shafer et al., 2000; Signorelli and Kohl, 2004; Herb et al., 2008; Balobaev et al., 2008; Lundquist and Lott, 2008; Holmes et al., 2012; Vargo et al., 2013; Bayer et al., 2016; Kupfersberger et al., 2017)。

有些研究者已經發展出數值模式來預測 SST, 需要考慮的參數為地表面的熱量平衡, 例如太陽輻射、空氣及土壤的熱傳、蒸發散等因素。前人研究也指出 SST 和地面覆蓋狀態(土地利用)有關, 例如鋪面(pavement)、裸土(bare soil)、草地(grass)、樹林(trees)和作物(agricultural crops)。其中以柏油(Asphalt)和水泥(concrete)鋪面的表層土壤溫度最高, 因為太陽照射而吸收熱量; 相對的、因為有樹冠層遮蔽太陽光, 所以樹林下的 SST 溫度最低(Deardorff, 1978; Skinner and Majorowicz, 1999; Herb et al., 2008; Leaf and Erell, 2018)。

嘉南平原是南台灣重要的地下水區之一, 水利署建有 40 處的地下水觀測站(圖 1)。利用這些觀測井所得到的垂直井溫曲線(temperature-depth curve), 顯示有許多井有上段變暖的趨勢, 而且上部井溫的範圍也差異很大(圖 2)。例如圖 2 的 14 號井呈現上部變暖, 圖 2 的 4 口井上部井溫約 25-27 °C。引起地下溫度變化的原因, 可能有土地利用改變、全球暖化或是地下水流動, 國際上已有許多的研究(Taniguchi et al., 1999; Kohl, 1999; Huang et al., 2000; Pollack and Huang, 2000; Ferguson et al., 2006; Bense and Beltrami, 2007; Verdoya et al., 2007; Kataoka et al., 2009; Yamano et al., 2009; Bayer et al., 2016)。然而地下溫度分布及變化, 目前在嘉南平原仍沒有相關研究, 本研究的目地, 希望能實地量測嘉南平原的 SST, 分析 SST 與土地利用的關係, 以幫助解答可能引起垂直井溫變化的原因。

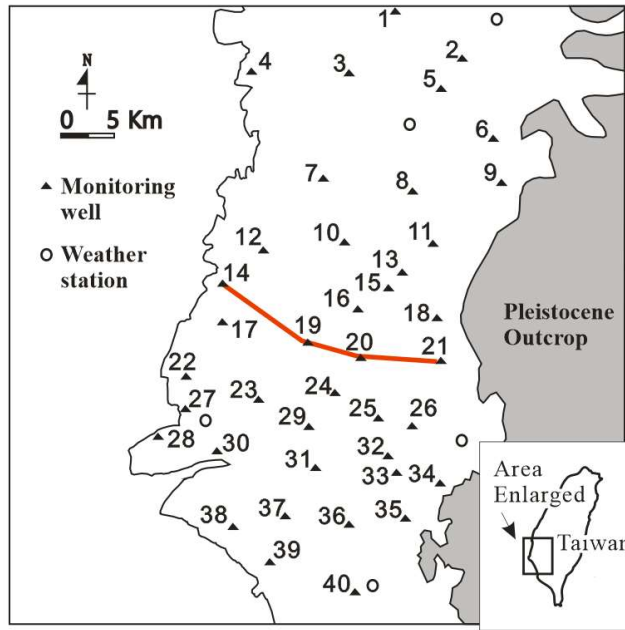


圖 1 嘉南平原觀測井的位置，紅線為圖 2 四口井的位置

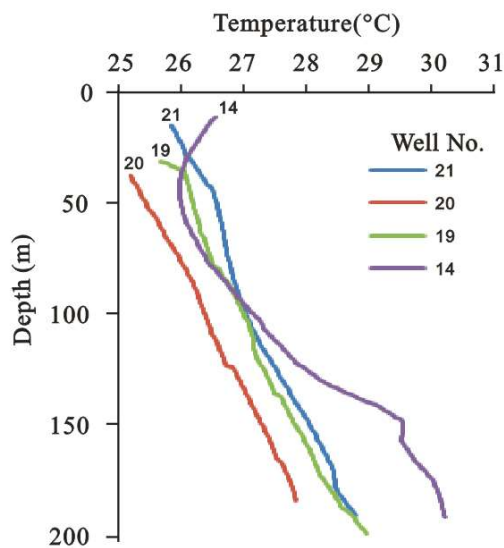


圖 2 嘉南平原 4 口井的垂直井溫(量測時間 2015 一月)，井的分布請見圖 1

本研究於 2017 年，在觀測井附近埋設自記式溫度計，並利用實地觀察及衛星影像來分類土地利用狀態，並分析不同年代的地圖，來探討土地利用變化可能對地下溫度的影響。

2.研究方法

經濟部水利署在民國 80-88 年間，在嘉南平原共建有地下水觀測站 40 站(表

1), 分層觀測井 101 口, 最淺的井約 10m(安平一)、最深的井約 283m(進學四)。地下水觀測井大都為 6 吋井, 材質為不銹鋼, 純為觀測用, 都沒有抽水, 井內放置觀測儀器(自記式水位計)。濾水管長度約 6-24 m, 通常放置於底部, 井管外有儀器箱及基礎台保護 (Lu et al., 2008)。

本研究計畫於地下水觀測站, 水平距離井管約 2-4 m, 埋設自記式溫度計共約 40 站, 埋設深度約 5cm, 為期一年, 記錄間隔為每 30 分鐘, 每月人工收取一次數據。自記式溫度計為美國 Hobo Onset 公司製造的 Tidbit-v2-UTB1(圖 3), 適用的量測溫度範圍-20 至 70°C, 準確度±0.2°C, 解析度 0.02°C可耐最大水壓為 300 m (Helmuth et al. 2016)。

分析土地利用類別的方法, 首先使用 google 的衛星影像(圖 4A), 進行人工辨別, 例如魚塢、樹林、或是草地等, 判別類別及界定範圍後, 不同的土地利用指定不同顏色(圖 4B), 分析的範圍在距離觀測井半徑 50m 內, 衛星影像人工判別後, 再以人工至現場確定, 並以 GPS 定位(圖 4C)。

表 1 嘉南地區之地下水觀測站

編號	站名	站址
1	安和	嘉義縣新港鄉安和村 46 號(安和國小)
2	大崙	嘉義縣水上鄉大崙分校
3	竹圍	嘉義縣朴子市大同路竹圍里 239 號(大同國小)
4	東石	嘉義縣東石鄉猿樹村 117 號(東石國小)
5	下半年	嘉義縣鹿草鄉後寮農場
6	玉豐	台南市白河區 85 號(玉豐國小)-跟白河站較近
7	平溪	嘉義縣義竹鄉平溪村安溪寮 1 號(東華國小)
8	新東	台南縣後壁鄉仕安村下長 81 號(新東國小)
9	白河	台南縣白河鎮永安里三民路 448 號(白河國小)
10	歡雅	台南市鹽水區歡雅里 31 號(歡雅國小)
11	太康	台南市柳營區太康里 4-1 號(太康國小)-跟柳營站較近
12	錦湖	台南縣北門鄉錦湖村渡仔頭 75 號(錦湖國小)
13	柳營	台南縣柳營鄉士林村柳營 108 號(柳營國小)
14	北門	台南縣北門鄉蚵寮段北門區海埔地
15	賀建	台南市下營區賀建村麻豆寮 49 號(賀建國小)
16	下營	台南縣下營鄉仁里村 11 號(下營國小)
17	文山	臺南市北門區中樞里 50 號(文山國小)
18	六甲	台南縣六甲鄉六甲村中正路 319 號(六甲國小)
19	港尾	台南縣麻豆鎮港尾里 9 號(港尾國小)

編號	站名	站址
20	總爺	台南縣麻豆鎮南勢里總爺 104 號(總爺國小)
21	官田	台南縣官田鄉官田村 11 號(官田國小)
22	頂山	台南縣七股鄉頂山村 153-2 號(頂山國小)
23	大文	台南縣七股鄉大寮村 36-2 號(大文國小)
24	紀安	台南縣麻豆鎮謝安里 231 號(紀安國小)
25	善化	台南縣善化鎮文正路 25 巷 18 號(善化區文正里社區活動中心旁)
26	小新	台南縣善化鎮小新里 97-3 號(小新國小)
27	光復	台南市七股區塩埕里 1 號(光復國小)
28	十份	台南縣七股鄉十份村 2 號(曾文氣象站內)
29	進學	台南縣西港鄉慶安村進學街 60 號(進學國小)
30	三股	台南縣七股鄉三股村 100 號(三股國小)
31	南興	台南縣安定鄉六嘉村 30 號(南興國小)
32	南科	台南縣新市鄉南科五路與南科北路交叉路山旁
33	新市	台南縣新市鄉中興街 1 號(新市國小)
34	那拔	台南縣善化鎮那拔林 54 號(那拔國小)
35	新化	台南縣新化鎮(新化國小)
36	永康	台南縣永康鄉中山南路 637 號(永康國小)
37	安慶	台南市安中路一段 703 巷 80 號(安慶國小)
38	台南	台南市安南區本田路二段 21 號(防洪抽水站)
39	安平	台南市安平路 700 號(石門國小)
40	仁德	臺南市仁德區中正路二段 806 號(仁德國小)

註：編號與圖 1 相同

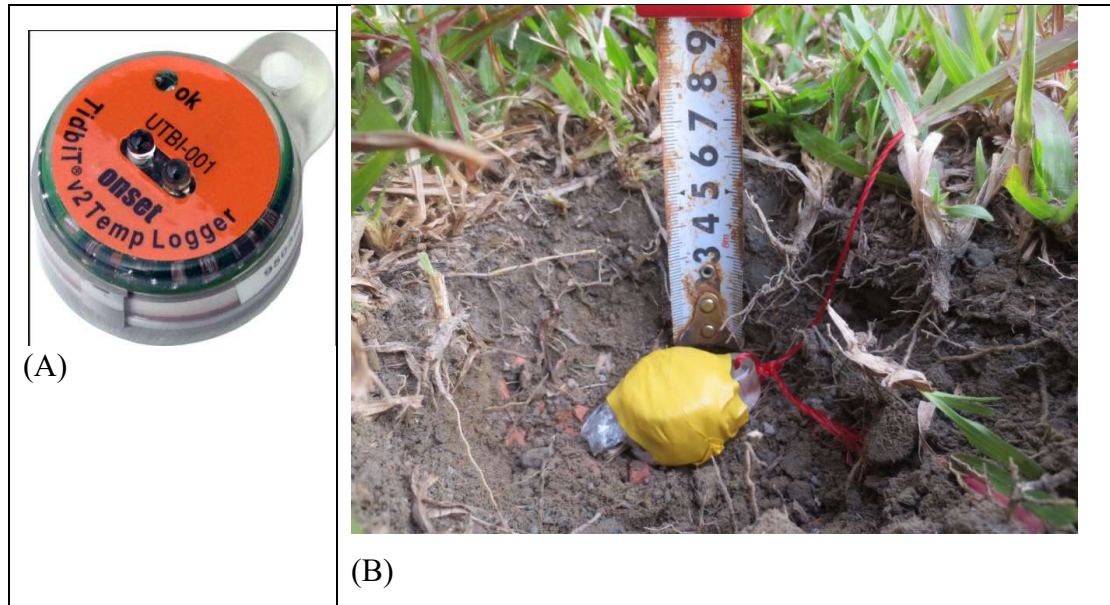


圖 3 (A)美國 Hobo Onset 公司製造的 Tidbit-v2-UTB1 自記式溫度計；(B)現地埋深約地面下 5 公分



圖 4 (A)編號 28 號井在 google 衛星影像上的位置，(B)基於衛星影像以人工判別土地利用狀況，(C)現場之照片，顯示觀測井的儀器箱及基礎台，溫度計埋設之位置(紅色箭頭)。

垂直井溫之量測方法，使用美國 In-situ 公司 Troll 200 測棒（圖 5），進入地下水後，每間隔 4m 測量一點水溫數據，每點停留至少 2min，因每點溫度同時有水壓數據，即可換算該井深的溫度。量測時由上往下量一次，第一點需停留 10min 以上，以待測棒與地下水之間溫度達到平衡 (Eppelbaum et al., 2006)。本研究使用地下水觀測井，其開篩不長，約 6-24m，且都位於底部，大都位於單一含水層，因此比較不會有多層水流互相流動的問題。含水層中的地下水沿著開篩段流入井內，達到與含水層水壓平衡的高度，形成一井內的地下水面，此井內水柱原先的溫度為該含水層的溫度，但靜置一段時間後，應漸漸與周圍井管及地層溫度平衡，因此能代表周圍的地溫(江協堂等、2008) (圖 6)。



圖 5 美國 In-situ Troll-200 水壓、水溫及導電度自記測棒

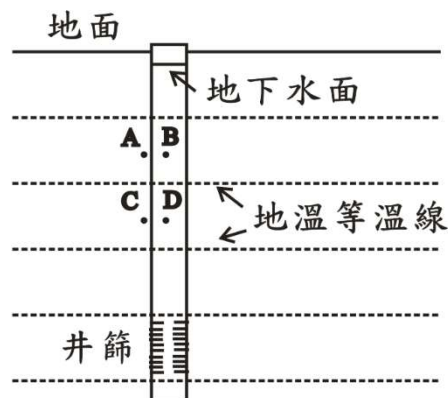


圖 6 井內水溫量測點(B 或 D)假設與井外地溫達平衡(A 或 C)

美國 In-situ troll 200 為水壓、導電度與溫度三合一自記式測棒。溫度量測範圍-20—80°C、準確度 0.1°C、解析度 0.01°C；壓力量測範圍可達 350m 水壓、準確度 0.1% (相當於 2cm)、解析度 0.005% (1mm)。水溫確認方式為比對標準溫度計的讀數，誤差需在 0.1°C 內，超過此值，需送回原廠校正(Chen and Chiang, 2016；陳文福等、2016)。

本研究的歷年的土地利用變化，使用 1904、1924、1956 及 1989 年的老地圖(圖 7)，這些老地圖為中研院地理資訊科學研究專題中心(Center for GIS, RCHSS, Academia Sinica)所整理建檔，並提供公開查詢及套疊服務，標題為台灣百年歷史地圖 (Taiwan Centurial Historical Map)，網址如附 (<http://gis.rchss.sinica.edu.tw/>)。

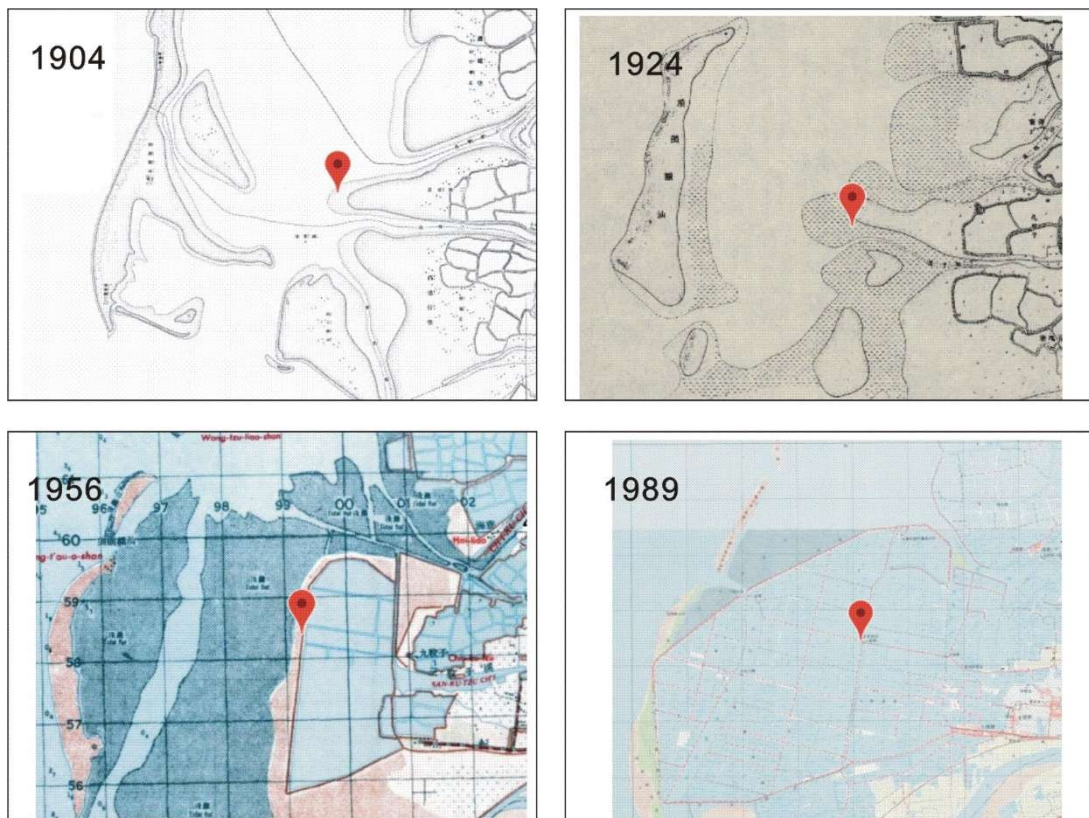


圖 7 嘉南 28 號井(紅色標號)1904-1989 的土地環境變遷，在 1904-1924 的地圖上本井位置處於潮間帶，但在 1956 地圖上已被圍堤，建設為魚塢，1989 年至今都是魚塢為主的環境(請參考圖 4 之現況)。

3. 水文地質背景

嘉南平原上部 200m 的地層，以海岸三角洲及河流環境，所沉積的細顆粒未固結沖積層為主，年代約從更新世至今(Lu et al. 2008)。水文地質剖面顯示上部 200m 有三層含水層(aquifer) (圖 8)，主要由細砂夾泥所構成，根據碳十四定年數據，32 kyr 的等年代線在西側較深，例如 14 號井深度達 200m 以下，到東側變淺，21 號井深度 50m 的年代已大於三萬多年了 (CGS, 2018)。

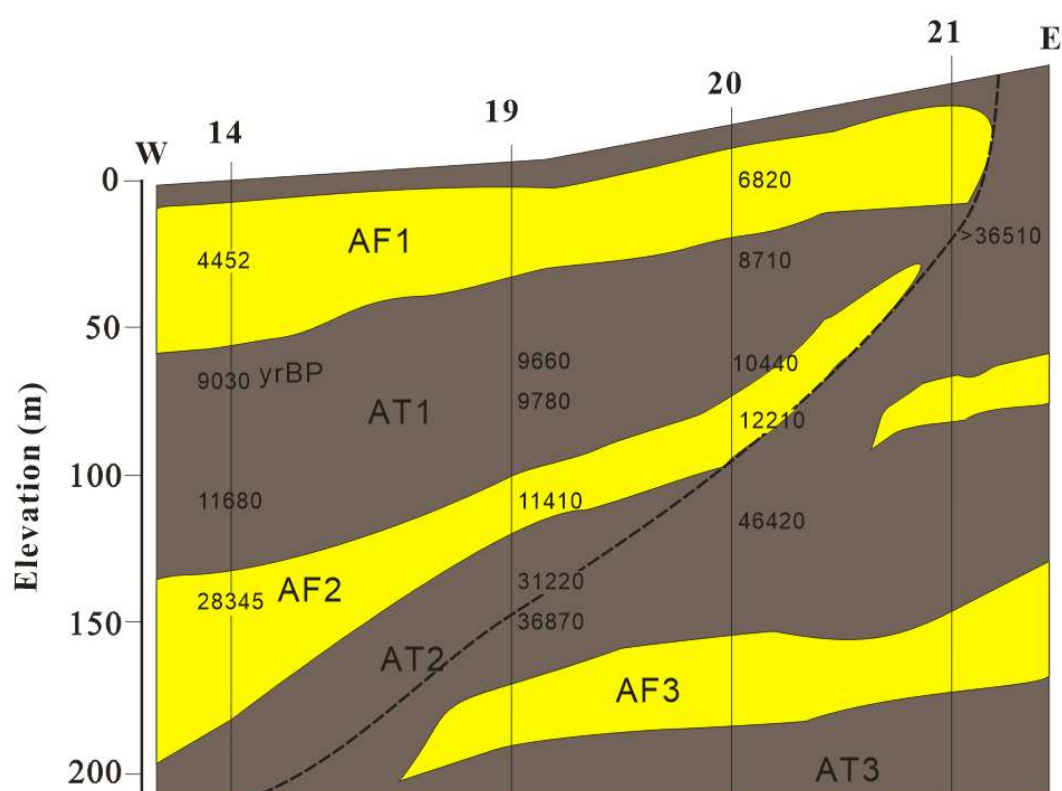


圖 8 水文地質剖面及碳十四定年數據，AF1 為第一含水層 (黃色)，AT1 為第一阻水層 (棕色)。

4. 結果與討論

4-1. 2017 實測 SST 與土地利用之關係

2017 年於嘉南地區總共埋設 40 口觀測站，其中 2 口井(4 號及 11 號)儀器遺失，因此數據有缺失，總共收集到 38 口的 SST 數據。其溫度月平均及年平均如表 2 所示，年平均最低為 7 號井 23.82 °C、最高為 28 號井 28.37

°C，38 站年平均的年均溫為 25.83 °C，年平均溫最高與最低相差可達 4.5 °C (圖 9A).

表 2 嘉南平原 38 口觀測井 2017 年的表層土壤溫度(SST) (°C)

Well No	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Average
1	19	19.21	21.29	24.3	26.56	28.22	28.41	28.99	29.9	26.46	23.41	19.32	24.59
2	20.63	20.91	22.67	24.94	27.66	27.78	28.46	29.52	30.84	28.22	24.86	20.79	25.61
3	18.06	18.16	21.78	24.78	27.62	28.84	29.42	29.92	28.87	25.78	22.63	17.73	24.47
5	22.72	22.64	24.06	26.26	29.63	30.53	30.33	29.32	34	30.37	26.76	22.24	27.41
6	19.01	19.26	21.93	24.01	26.09	27.11	27.28	27.97	28.66	25.97	23.36	19.58	24.19
7	18.72	18.52	20.24	22.88	25.36	27.13	27.78	28.02	27.92	26.04	23.47	19.72	23.82
8	19.07	19.62	21.87	24.84	30.27	30.02	31.15	31.03	31.19	28.55	24.35	20.29	26.02
9	21.04	21.87	24.98	27.12	30.35	29.99	30.64	31.22	32.16	28.96	25.53	21.95	27.15
10	19.13	19.98	23.09	25.72	28.37	29.78	30.71	30.83	30.88	28.31	24.83	21.09	26.06
12	20.69	20.65	23.22	25.45	28.89	30.08	31.63	31.52	31.45	28.39	25.01	20.88	26.49
13	19.2	19.51	21.94	25.3	27.11	27.88	28.12	28.57	28.73	27.32	24.38	21.77	24.99
14	22.49	22.51	24.95	27.52	30.47	29.35	31.56	31.1	31.01	28.29	25.43	22.23	27.24
15	18.22	19.78	24.86	27.61	31.25	31.47	31.46	31.38	31.63	27.91	24.02	19.64	26.60
16	20.33	20.18	21.74	23.79	26.42	28.01	28.55	28.35	28.67	27.02	24.98	21.61	24.97
17	19.52	19.94	22	24	27.21	28.48	30.01	29.73	30.19	27.5	24.03	19.73	25.20
18	20.09	20.27	22.65	24.73	27.64	29.5	30.32	30.5	30.74	27.89	24.97	20.7	25.83
19	20.7	21.09	24.06	26.7	30.25	30.45	31.56	31.52	31.83	29.73	26.69	22.54	27.26
20	19.9	19.66	21.59	24.48	27.21	28.24	28.96	29.14	29.14	26.74	23.81	20.37	24.94
21	18.16	18.64	21.3	25.05	28.59	29.66	30.27	30	28.9	26.47	23.18	19.13	24.95
22	19.58	20.1	22.58	25.35	28.24	29.5	29.94	29.4	29.47	28.05	25.21	19.37	25.57
23	21.51	21.29	23.61	26.09	29.76	30.38	31.41	31.01	30.8	28.4	25.75	21.82	26.82
24	19.62	19.94	23.39	25.31	27.71	28.21	28.47	28.83	29.27	26.53	24.36	20.58	25.19
25	19.84	20.14	21.7	24.13	27.34	28.08	28.62	28.24	28.93	26.58	24.23	20.84	24.89
26	20.75	20.75	22.5	25	27.34	28.59	29.23	29.52	30.31	27.83	26.15	22.23	25.85
27	18.77	19.21	22.26	25.28	28.3	30.2	31.1	31.43	31.3	27.92	25.04	18.61	25.79
28	25.39	24.99	27.72	28.49	31.61	30.15	31.11	30.06	30.62	28.71	26.38	25.19	28.37
29	22.06	22.78	25	27.5	29.34	30.83	31.45	31.13	30.99	28.56	25.68	21.94	27.27
30	18.69	19.64	22.38	25.38	29.22	30.25	30.69	30.92	31.27	28.82	24.28	19.91	25.95
31	19.81	20.14	23	26	28.42	29.82	30.34	30.21	30	27.2	23.95	19.74	25.72
32	22.25	22.04	23.56	25.25	27.69	28.55	28.61	29.72	30.39	28.32	25.88	22.46	26.23
33	20.89	21.11	23.97	26.38	28.13	28.03	27.86	28.96	29.91	26.88	24.95	20.98	25.67
34	19.64	20.29	23.01	24.96	26.9	29.17	29.35	29.52	29.28	26.9	24.26	20.48	25.31
35	19.06	19.73	23.05	26.08	28.85	29.93	29.82	29.82	29.25	26.88	23.98	20.05	25.54

36	19.47	20.22	23.8	25.46	28.56	28.78	29.31	31.28	32.42	29.03	25.78	20.36	26.21
37	20.29	20.34	22.58	24.62	27.91	28.72	29.24	29.75	30.15	28.43	25.24	21.02	25.69
38	21.42	21.96	24.93	27.17	30.1	30.79	31.39	31.59	31.92	29.82	26.91	23.06	27.59
39	18.33	18.43	20.66	24.25	27.91	28.75	29.58	29.9	29.2	27.14	23.75	19.83	24.81
40	20	22.01	23.64	24.96	27.36	27.89	28.12	28.46	29.14	27.72	25.84	19.87	25.42

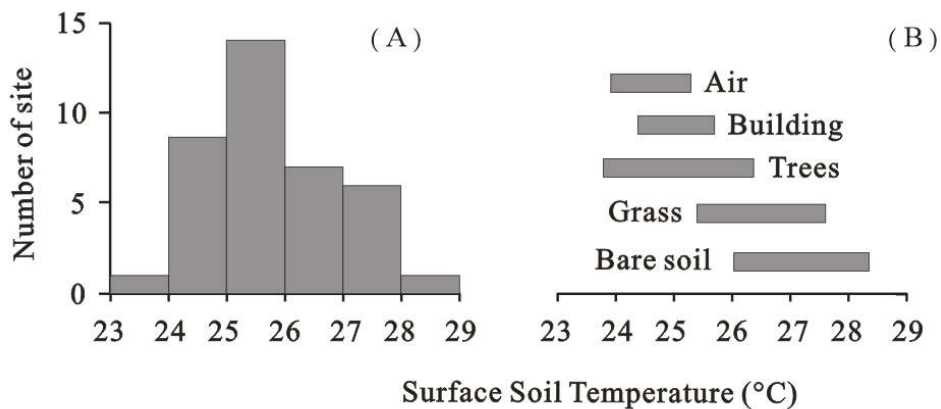


圖 9 (A)本研究 2017 年 SST 值的直方圖，(B)土地利用分為四類:建築、樹林、草地及裸土，其對應的 SST 溫度分布，並與氣溫比較。氣溫數據來自中央氣象局鄰近 5 個測站(位置請見圖 1)。

在本研究中，將土地利用分為四類:建築、樹林、草地及裸土(含鋪面)，其對應的 SST 溫度分布，並與氣溫比較請見表 3 及圖 9B。氣溫數據來自中央氣象局鄰近 5 個測站(位置請見圖 1)，年均溫約 23.93-25.29 °C。38 站中有 18 站屬於樹林、11 站屬於草地、5 站屬於裸土、4 站位於建築物旁邊。數據顯示嘉南地區的 SST 比氣溫高，所以除了受到氣溫影響，也受到日照影響；有陰影遮蔽，例如樹林及建築物，SST 約為 23.82-26.23 °C，會比較接近氣溫；沒有遮蔽，例如裸土溫度約 26.02-28.37 °C，因為直接日曬會造成 SST 升高。

本研究結果部份與國際上的研究相同，例如 Herb et al.(2008)指出裸土及鋪面的 SST 最高、樹林及有植被覆蓋之處溫度最低。然而建築物對於 SST 所造成的效果，可能並不相同，建築物對地表面溫度是暖區或是冷區？北方會下雪的國家大都把建築物視為暖區，因為人為的暖氣會加熱地表溫度(Bayer et al. 2016)。但對於亞熱帶的台灣，本研究認為建築物應該為冷區，在夏天陽光被屋頂擋住，所以地面溫度會偏低，冬天又不需開暖氣，並沒有加溫效果，所以本研究數據顯示在建築物邊的 SST 偏低、接近氣溫(圖 9B)。

表 3 有 SST 數據的 38 個站於 2017 年的土地利用分類

No	Land cover	No	Land cover	No	Land cover	No	Land cover
1	Building	13	Trees	23	Bare soil	33	Building
2	Trees	14	Bare soil	24	Grass	34	Trees
3	Trees	15	Grass	25	Building	35	Grass
5	Grass	16	Trees	26	Trees	36	Trees
6	Trees	17	Trees	27	Grass	37	Trees
7	Trees	18	Trees	28	Bare soil	38	Grass
8	Bare soil	19	Grass	29	Grass	39	Building
9	Grass	20	Trees	30	Trees	40	Trees
10	Grass	21	Trees	31	Trees		
12	Bare soil	22	Grass	32	Trees		

4-2. 垂直井溫推估現在 SST 與土地利用之關係

利用最上段的垂直井溫可以外插推估過去的 SST 及現在的 SST，過去的 SST 是利用反折點以下的井溫線外差而得，現在的 SST 則是使用反折點以上，較靠近地表的井溫線外插(圖 10)。嘉南地區由 2015 年垂直井溫外插現在 SST，40 口中有 7 口因為受到地下水干擾，垂直井溫曲折嚴重，無法外插，總共有 33 口可以外插 SST，其值大約介於 24.5-28.5 °C(表 4)，八成以上介於 25-27 °C(圖 11)，其中最低溫為安和站約 24.5 °C，最高溫為台南站 28.5 °C。

2017 年實測 SST 與 2015 年垂直井溫推算之現在 SST 比較如圖 12，大致上有正比關係，但並不是很一致，推測原因：(1)垂直井溫受到較大範圍的影響，例如水平半徑 100m(或更遠)以內的遮蔽狀況，對淺部地下溫度都有影響；(2)植被提供遮蔽，是影響 SST 的重要因素之一，但是植物的成長可能每年都在改變，2015 年的垂直井溫與 2017 年的 SST 實測，可能不同的時間有不同的變化。

將觀測井半徑 100m 內的土地利用分為五類：樹林、建物、旱地(作物及草地)、空地(道路及操場)、魚塭(靜止水體)，統計其面積的百分比(表 5)。例如安和站以旱作為主占 78%，其餘樹林 4%、建物 12%、空地 6%、魚塭 0%。假設各種土地利用的溫度介於 23-29 °C，以此區間的溫度帶入，求取最接近的井溫之現在 SST，結果樹林 25.6 °C、建物 25.9 °C、旱地 25.2 °C、空地 27.6 °C、魚塭 26.8 °C，平均誤差約 0.51 °C。以面積推算之 SST 與 2015 年垂直井溫推算之現在 SST 比較如圖 13，大致上有正比關係。

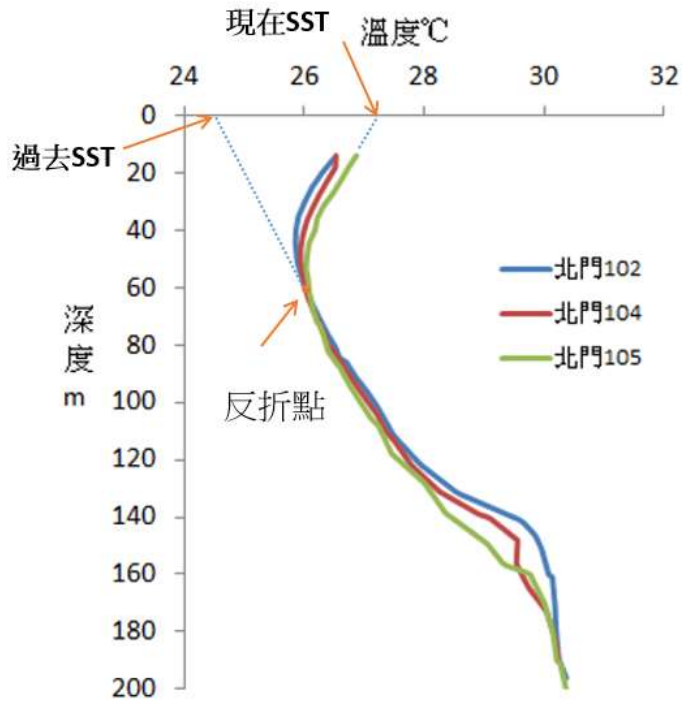


圖 10 以垂直井溫外插推算現在及過去的 SST

表 4 以垂直井溫外插推算之現在 SST

編號	站名	溫度 °C	編號	站名	溫度 °C	編號	站名	溫度 °C	編號	站名	溫度 °C
1	安和	24.5	11	太康		21	官田	25.4	31	南興	26.5
2	大崙	25.8	12	錦湖	25.4	22	頂山	25.8	32	南科	26.4
3	竹圍		13	柳營	26.4	23	大文	26.2	33	新市	25.6
4	東石	26.7	14	北門	27.1	24	紀安	25.5	34	那菝	26.4
5	下半天	25	15	賀建	25.6	25	善化	26	35	新化	26.9
6	玉豐		16	下營	26.6	26	小新	26.3	36	永康	27.2
7	平溪		17	文山		27	光復		37	安慶	27.5
8	新東	25.6	18	六甲	27	28	十份	26.5	38	台南	28.5
9	白河	26.7	19	港尾	25.5	29	進學	27.6	39	安平	25.8
10	歡雅		20	總爺	24.5	30	三股	25.9	40	仁德	25.9

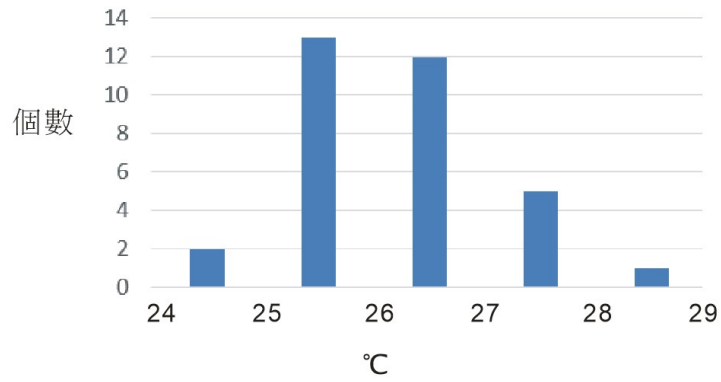


圖 11 以垂直井溫外插之現在 SST 統計

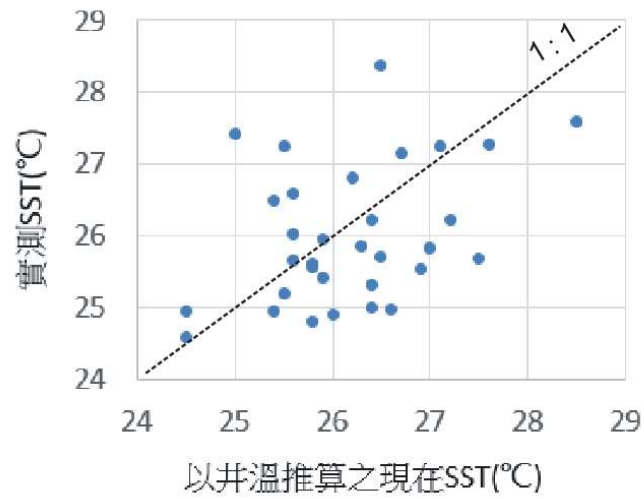


圖 12 實測 SST 與井溫推算 SST 之比較

表 5 各觀測站半徑 100 公尺內之土地利用百分比

編號	站名	樹林	建物	旱作/ 草地	空地/ 道路/ 操場	魚塭/ 靜 止水 體	2015 井溫 推算現在 SST	以面積推 算之 SST
1	安和	4	12	78	6	0	24.5	25.4
2	大崙二	11	9	62	18	0	25.8	25.7
4	東石	15	30	0	26	29	26.7	26.6
5	下半天二	0	0	85	15	0	25	25.6
8	新東四	5	13	65	8	9	25.6	25.6
9	白河三	24	59	0	18	0	26.7	26.4
12	錦湖三	0	10	69	21	0	25.4	25.8
13	柳營二	6	60	0	34	0	26.4	26.5
14	北門二	0	0	0	38	62	27.1	27.1
15	賀建	19	21	52	8	0	25.6	25.6
16	下營四	50	26	0	24	0	26.6	26.2
18	六甲三	7	62	3	28	0	27	26.3
19	港尾四	13	14	61	12	0	25.5	25.6
20	總爺三	81	11	0	8	0	24.5	25.8
21	官田三	13	28	45	13	0	25.4	25.5
22	頂山二	9	22	40	29	0	25.8	26.1
23	大文四	17	8	28	47	0	26.2	26.5
24	紀安二	22	61	8	10	0	25.5	26.2
25	善化四	7	19	53	21	0	26	25.9
26	小新二	14	34	40	12	0	26.3	25.8
28	十份三	3	1	2	21	74	26.5	27.2
29	進學四	8	14	52	27	0	27.6	26.2
30	三股二	45	11	23	15	6	25.9	25.9
31	南興四	0	25	48	27	0	26.5	26.0
32	南科四	35	26	0	39	0	26.4	26.5
33	新市三	8	42	0	50	0	25.6	26.7
34	那拔三	20	8	57	16	0	26.4	26.0
35	新化二	14	14	49	22	0	26.9	25.6
36	永康二	12	51	23	14	0	27.2	25.9
37	安慶四	20	17	15	42	7	27.5	26.8
38	台南四	24	7	27	22	20	28.5	26.2
39	安平	6	77	0	16	0	25.8	25.9
40	仁德	27	33	33	7	0	25.9	25.7

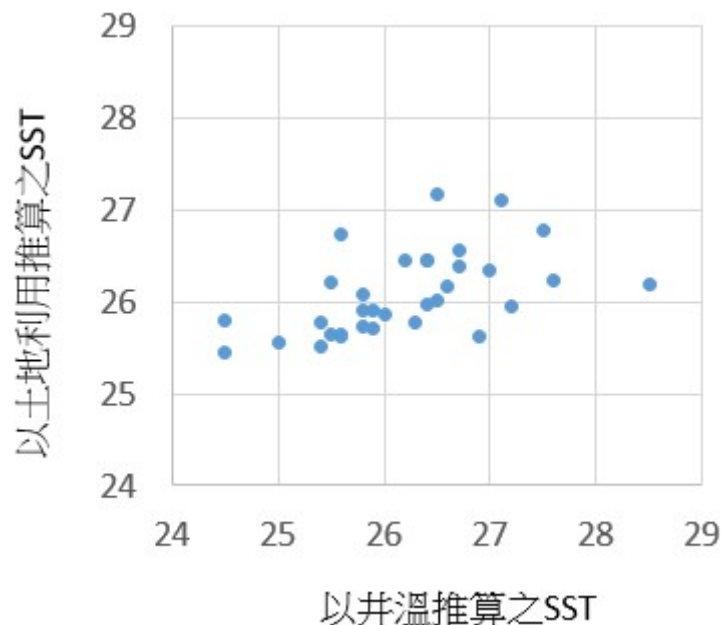


圖 13 以井溫推算之 SST 與以土地利用推算 SST 之比較

5. 結論

本研究將土地利用分為四類:建築、樹林、草地及裸土(含鋪面)，38 站中有 18 站屬於樹林、11 站屬於草地、5 站屬於裸土、4 站位於建築物旁邊。數據顯示嘉南地區的 SST 比氣溫高，所以除了受到氣溫影響，也受到日照影響；有陰影遮蔽，例如樹林及建築物，SST 約為 23.8-26.2 °C，會比較接近氣溫(中央氣象局鄰近 5 個測站年均溫約 23.9-25.2 °C)；沒有遮蔽，例如裸土溫度約 26.0-28.3 °C，因為直接日曬會造成 SST 升高。本研究結果與國際上的研究相同，例如 Herb et al.(2008)指出裸土及鋪面的 SST 最高、樹林及有植被覆蓋之處溫度最低。

利用最上段的垂直井溫可以外插推估現在的 SST，40 口中有 7 口因為受到地下水干擾，垂直井溫曲折嚴重，無法外插，總共有 33 口可以外插 SST，其值大約介於 24.5-28.5 °C，八成以上介於 25-27 °C。將觀測井半徑 100m 內的土地利用分為五類:樹林、建物、旱地(作物及草地)、空地(裸土、道路及操場)、魚塢(靜止水體)，統計其面積的百分比。假設各種土地利用的溫度介於 23-29 °C，以此區間的溫度帶入，求取最接近的井溫之現在 SST，結果樹林 25.6 °C、建物 25.9 °C、旱地 25.2 °C、空地 27.6 °C、魚塢 26.8 °C，平均誤差約 0.51 °C。以面積推算之 SST 與 2015 年垂直井溫推算之現在 SST 比較大致上有正比關係，顯示井溫數據支持土地利用之影響。

參考文獻

- 江協堂、徐春田、張宏毅，2008，台灣東北部宜蘭平原淺部地熱水研究，鑛冶，52/2，112-121。
- 陳文福，陳瑞娥，陸挽中，黃智昭，王詠絢（2016）名竹盆地及鄰近區域的地溫分布：中央地質調查所特刊，第29期，第69-88頁。
- Balobaev VT, Kutasov IM, Eppelbaum LV, 2008, Borehole paleoclimatology – the effect of deep lakes and heat islands on temperature profiles. *Clim. Past Discuss.* 4, 415-432.
- Bayer P, Rivera JA, Schweizer D, Scharli U, Blum P, 2016. Extracting past atmospheric warming and urban heating effects from borehole temperature profiles. *Geothermics* 64, 289-299.
- Bense V and Beltrami H, 2007, Impact of horizontal groundwater flow and localized deforestation on the development of shallow temperature anomalies, *Jour Geophysical Research* 112,
- Chen Wenfu, Chiang Hsietang (2016) Subsurface temperature trends in response to thermal water exploitation in the Jiashi Hot Spring, northeastern Taiwan. *Geothermics* 60, 126-133.
- CGS (Central Geological Survey) (2018) Hydrogeological database. <https://hydro.moeacgs.gov.tw/plain>.
- Deardorff JW, 1978. Efficient prediction of ground surface temperature and moisture, with inclusion of a layer of vegetation. *J Geophy Resear* 83, 1889-1903.
- Eppelbaum LV, Kutasov IM and Barak G, 2006, Ground surface temperature histories inferred from 15 boreholes temperature profiles: comparison of two approaches. *Earth Sci. Res. J.* 10/1, 25-34.
- Ferguson G, Beltrami H, Woodbury AD, 2006, Perturbation of ground surface temperature reconstructions by groundwater flow? *Geophysical Research Letters*, 33,
- Helmuth B et al., 2016. Long-term, high frequency in situ measurements of intertidal mussel bed temperatures using biomimetic sensors. *Scientific Data* 3, 160087.
- Herb WR, Janke B, Mohseni O, Stefan HG, 2008, Ground surface temperature simulation for different land covers. *J Hydrology* 356, 327-343.
- Holmes TRH, Jackson TJ, Reichle RH, Basara JB, 2012, An assessment of surface soil temperature products from numerical weather prediction models using ground-based measurements. *Water Resour Resea* 48,
- Hsu HH, Chou C, Wu Y, Lu MM, Chen CT, Chen YM, 2011, Climate change in Taiwan: scientific report 2011 summary, National Science Council, Taipei, Taiwan, ROC, 67pp.

- Huang S, Pollack HN and Shen PY, 2000, Temperature trends over the past five centuries reconstructed from borehole temperatures, *Nature* 403, 756-758.
- Kataoka K, Matsumoto F, Ichiose T, Taniguchi M, 2009, Urban warming trends in several large Asian cities over the last 100 years, *Science of the Total Environment* 407, 3112-3119.
- Kohl, T, 1998, Palaeoclimatic temperature signals-Can they be washed out? *Tectonophysics* 291, 225-234.
- Kohl, T, 1999, Transient thermal effects below complex topographies, *Tectonophysics* 306, 311-324.
- Kupfersberger H, Rock G, Draxler JC, 2017. Inferring near surface soil temperature time series from different land uses to quantify the variation of heat fluxes into a shallow aquifer in Austria, *J Hydrology* 552, 564-577.
- Leaf JS, Erell E, 2018, A model of the ground surface temperature for micrometeorological analysis, *Theoretical and Applied Climatology* 133, 697-710.
- Lu HY, Liu TK, Chen WF, Peng TR, Wang CH, Tsai MH, Liou TS (2008) Use of geochemical modeling to evaluate the hydraulic connection of aquifers: a case study from Chianan Plain, Taiwan. *Hydrogeology J* 16: 139-154.
- Lundquist JD, Lott F, 2008. Using inexpensive temperature sensors to monitor the duration and heterogeneity of snow-covered areas. *Water Resour Resear* 44.
- Pollack HN and Huang S, 2000, Climate reconstruction from subsurface temperatures, *Annu. Rev. Earth Planet Sci.* 28, 339-365.
- Shafer, M. A., C. A. Fiebrich, D. S. Arndt, S. E. Fredrickson, and T. W. Hughes, 2000, Quality assurance procedures in the Oklahoma mesonet, *J. Atmos. Oceanic Technol.* 17/4, 474-494.
- Signorelli, S., Kohl, T., 2004. Regional ground surface temperature mapping from meteorological data. *Glob. Planet. Change* 40, 267-284.
- Skinner WR, Majorowicz JA, 1999. Regional climatic warming and associated twentieth century land-cover changes in north-western North America. *Clim. Res.* 12, 39-52.
- Smirnova TG, Brown JM, Benjamin SG, 1997. Performance of different soil model configurations in simulating ground surface temperature and surface fluxes. *Monthly Weather Review* 125, 1870-1884.
- Stevens MB, Gonzalez-Rouco JF, and Beltrami H, 2008, North American climate of the last millennium: underground temperatures and model comparison, *Jour Geophysical Research* 113,
- Taniguchi M, Shimada J, Tanaka T, Kayane I, Sakura Y, Shimano Y, Dapaah-Siakwan S, and Kawashima S, 1999, Disturbances of temperature-depth profiles due to

- surface climate change and subsurface water flow; 1. An effect of linear increase in surface temperature caused by global warming and urbanization in the Tokyo metropolitan area, Japan. *Water Resources Research* 35/5, 1507-1517.
- Taniguchi M, Shimada J, Uemura T, 2003, Transient effects of surface temperature and groundwater flow on subsurface temperature in Kumamoto Plan, Japan. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C* 28, 477-486.
- USCRN(US Climate Reference Network),2016, <https://www.ncdc.noaa.gov/crn/>
- Vargo J, Habeeb D, Stone Jr. B, 2013. The importance of land cover change across urban-rural typologies for climate modeling. *J Enviro Management* 114, 243-252.
- Verdoya M, Chiozzi P, Pasquale V, 2007, Thermal log analysis for recognition of ground surface temperature change and water movements, *Climate Past* 3, 315-324.
- Villaluz AC, Unggui A, 1983. Effects of temperature on behavior, growth, development and survival in young milkfish, *Chanos chanos* (Forsk). *Aquaculture* 35, 321-330.
- Yamano M, Goto S, Miyakoshi A, Hamamoto H, Lubis RF, Monyrath V, and Taniguchi M, 2009, Reconstruction of the thermal environment evolution in urban areas from underground temperature distribution, *Science of the Total Environment* 407, 3120-3128.

科技部補助專題研究計畫出席國際學術會議心得報告

日期:107 年 10 月 12 日

計畫編號	MOST 106-2116-M-041 -001 -		
計畫名稱	嘉南地區表層土壤溫度之量測研究		
出國人員姓名	陳文福	服務機構及職稱	嘉南藥理大學 副教授
會議時間	107 年 4 月 7-16 日	會議地點	奧地利維也納
會議名稱	2018 歐洲地科年會 (European Geoscience Union 2018)		
發表題目	嘉南平原地下水之垂直流研究 Vertical velocity in semi-confining layers in Chianan coastal plain, southern Taiwan		

一、參加會議經過

4/7-8 (六日) 啟程往奧地利維也納

4/9 (一) 報到、參加會議發表論文；

4/10-13 (二至五) 繼續參加會議

4/14 (六) 自由活動

4/15-16 (日一) 搭機返台灣

二、與會心得

歐洲地球科學學會是重要的地球科學組織之一，參加 2018 年會的人數約達 15075 多人，來自 106 國，論文有 4776 口頭報告、11128 壁報，參予國家別以德國人數最多(2451 人)，台灣第 15 名(259 人)，次於中國及南韓，但多過日本（表 1）。此會議涵蓋的題目很廣，有 666 個領域子題(session)，共發表一萬五千多篇論文，我比較感興趣的科目為水文學 Hydrological Science（表 2），水文學底下又有 12 個分組(表 3)。

表 1 各國參予的人數

Germany	2.451
United Kingdom	1.385
France	1.097
Italy	1.095
United States	957
China	756
Austria	734
Switzerland	655
Netherlands	474
Spain	479
Korea, Republic Of	346
Russian Federation	340
Norway	333
Belgium	264
Taiwan	259
Canada	258
Sweden	237
Japan	223
Czech Republic	210
Australia	195

表 2 大會分為 36 個領域

<p>Union-wide</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Union Symposia (US) <input type="checkbox"/> Great Debates (GDB) <input type="checkbox"/> Medal Lectures (ML) <input type="checkbox"/> Short courses (SC) <input type="checkbox"/> Educational and Outreach Symposia (EOS) <input type="checkbox"/> EGU Plenary, Ceremonies and Networking (PCN) <input type="checkbox"/> Feedback and administrative meetings (FAM) <input type="checkbox"/> Townhall and splinter meetings (TSM) <input type="checkbox"/> Side events (SEV) <input type="checkbox"/> Press conferences (PC) 	<p>Interdisciplinary Events</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Life in the Earth system <input type="checkbox"/> From palaeo-timescales to future projections <input type="checkbox"/> New imaging technologies in the Geosciences <input type="checkbox"/> Big Data <p>Disciplinary Sessions</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Atmospheric Sciences (AS) <input type="checkbox"/> Biogeosciences (BG) <input type="checkbox"/> Climate: Past, Present, Future (CL) <input type="checkbox"/> Cryospheric Sciences (CR) <input type="checkbox"/> Earth Magnetism & Rock Physics (EMRP) <input type="checkbox"/> Energy, Resources and the Environment (ERE) <input type="checkbox"/> Earth & Space Science Informatics (ESSI) <input type="checkbox"/> Geodesy (G) 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Geodynamics (GD) <input type="checkbox"/> Geosciences Instrumentation & Data Systems (GI) <input type="checkbox"/> Geomorphology (GM) <input type="checkbox"/> Geochemistry, Mineralogy, Petrology & Volcanology (GMPV) <input type="checkbox"/> Hydrological Sciences (HS) <input type="checkbox"/> Natural Hazards (NH) <input type="checkbox"/> Nonlinear Processes in Geosciences (NP) <input type="checkbox"/> Ocean Sciences (OS) <input type="checkbox"/> Planetary & Solar System Sciences (PS) <input type="checkbox"/> Seismology (SM) <input type="checkbox"/> Stratigraphy, Sedimentology & Palaeontology (SSP) <input type="checkbox"/> Soil System Sciences (SSS) <input type="checkbox"/> Solar-Terrestrial Sciences (ST) <input type="checkbox"/> Tectonics & Structural Geology (TS)
--	--	---

表 3 水文學有 12 個分組

<p>HS – Hydrological Sciences</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> HS1 – General Hydrology <input type="checkbox"/> HS2 – Catchment hydrology <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> HS2.1 – General Catchment Hydrology <input type="checkbox"/> HS2.2 – Catchment hydrology in selected climates and world regions <input type="checkbox"/> HS2.3 – From observations to concepts to predictions (in Catchment hydrology) <input type="checkbox"/> HS2.4 – Hydrological change: detection and prediction (in Catchment hydrology) <input type="checkbox"/> HS3 – Hydroinformatics <input type="checkbox"/> HS4 – Hydrological Forecasting <input type="checkbox"/> HS5 – Water policy, management and control <input type="checkbox"/> HS6 – Remote Sensing and Data Assimilation <input type="checkbox"/> HS7 – Precipitation and Climate <input type="checkbox"/> HS8 – Subsurface Hydrology <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> HS8.1 – Subsurface Hydrology – General sessions <input type="checkbox"/> HS8.2 – Subsurface Hydrology – Groundwater <input type="checkbox"/> HS8.3 – Subsurface Hydrology – Vadose zone hydrology <input type="checkbox"/> HS9 – Erosion, sedimentation and river processes <input type="checkbox"/> HS10 – Ecohydrology, Wetlands and Estuaries <input type="checkbox"/> HS11 – Interdisciplinary sessions related to Hydrological Sciences <input type="checkbox"/> HS12 – Short Courses in Hydrological Sciences <input type="checkbox"/> SE – Special events
--

我這次參加的分組為水文學 HS823 與能源環境 ERE64 的小組，熱與力學作用能源儲存於孔隙及裂隙含水層(HS8.2.3/ERE6.4 - Thermal and mechanical processes and energy storage in porous and fractured aquifers) ，召集人 Martin Bleimendal。本分組主要的研究主題為地下熱的傳播與儲存，研究者來自歐洲各

國及其他國家，例如來自奧地利的 Susanne Benz 發表的論文 Long-term trends of groundwater temperatures in Austria(奧地利地下水溫度的長期變化)。和我的研究主題接近，可見近年各國都有類似的觀測與研究。會議中並且和日本京都「總和地球環境學研究所」(Research Institute for Humanity and Nature)谷口真人 (Makoto Taniguchi) 教授討論加入他的計畫中：全球地下暖化—都市化及全球暖化的衝擊(Global Subsurface Warming: urbanization and global warming impacts)，提供台灣地下溫度的觀測數據及研究成果。

會議中並且也認識了荷蘭 Wageningen University and Research 的 Victor Bense 教授，他近年研究荷蘭地下水溫度，已發表許多相關的著作，例如 Subsurface warming across the Veluwe area (Netherlands) driven by climate change, urbanisation, groundwater abstraction and aquifer energy storage (氣候變遷、都市化、地下水抽用及含水層熱儲存導致的荷蘭 Veluwe 地區地下暖化)。討論台灣觀測的數據和荷蘭的差異與相同現象，例如建築物對地表面溫度是暖區或是冷區？北方會下雪的國家大都把建築物視為暖區，因為人為的暖氣會加熱地表溫度。但對於亞熱帶的台灣，建築物應該為冷區，在夏天陽光被屋頂擋住，所以地面溫度會偏低，冬天又不需開暖氣，並沒有加溫效果。

2009 年執行國科會的計畫，調查礁溪地區的觀測井溫度分布，發現該地的地下水溫受到地下水流動影響較大（陳文福等，2012），較完整的結果已投稿到 geothermics 期刊，已於 2016 年正式發表(Chen and Chiang, 2016)。

2010 年執行地調所研究案，調查濁水溪地區觀測井的地下水溫，發現三點現象：(1)沖積扇許多井的上部有溫度增加的趨勢，可能和全球暖化及都市化有關。(2)扇頂的井常呈現零或負的地溫梯度，因為含水層沒有泥層阻隔，地下水流容易上下流動，所以地溫梯度為零（即上下溫度相同），(3)扇尾的地溫梯度則較正常，因有許多泥層分隔，所以主要由下方往上傳熱，有正常地溫梯度。

2012-2013 年國科會補助的屏東地區地溫量測共 48 口井，也發現向上變暖的井高達 40 口。2014 年科技部補助之嘉南地溫量測共 48 口井，也發現向上變暖

的井高達 40 口。以上研究成果正進行整理投稿國內外期刊。2015-2016 科技部計畫，再度調查彰雲地區地溫，確認 2010 年發現的現象，另外藉由兩次地溫變化(2010-2015)，也可計算地下水的流速及上部地溫變化的速率。2017 科技部計畫，調查嘉南地區表層土壤的溫度，此次會議即報告嘉南地區地溫研究的初步結果，也和各國同一主題的研究者交換研究心得。

溫度及熱傳是地下水研究的重要參數之一，但在台灣的研究仍在起步階段，未來希望能持續建立全台的地下水溫度(地溫)、地溫梯度等數據，經由多年多次量測，以了解地下水的流動及地表地溫變遷等問題，也經由參加國際會議的機會了解其他各國的研究現況，並成為全球觀測網的一員，提供台灣的觀測數據。



圖 1：EGU-2018 會場--國際會議中心



圖 2：此次發表的海報

三、發表論文摘要

Vertical velocity in semi-confining layers in Chianan coastal plain, southern Taiwan Abstract

The Chianan coastal plain in southern Taiwan consist of horizontal sand and mud layers over hundred meters thick. Those fine-grained aquifers have been exploited for decades and cause large hydraulic gradient between shallow and deeper aquifers. In theory, a vertical flow may occur in the semi-confining layers. However, there is no research on the vertical flow in Taiwan's coastal fine-grained layers. We represent a study of borehole temperatures by monitoring wells from 2013 to 2016. We discover that there is a vertical downward flow in 60-120m with a Darcy velocity of $1.6-3.2 \times 10^{-9}$ m/s by the Bredehoeft and Papadopulos (1965) curve matching method which assume a steady state boundary condition. However, a warming trend in the shallow aquifer and a cooling trend in the deeper aquifer during our studied period that may

change the curve shape of borehole temperature and cause some errors. Therefore, we simulate 1D heat transfer for those data and find a vertical velocity of 2.45×10^{-8} m/s, one order larger than the curve matching method, while the thermal diffusivity is 1.2×10^{-6} m²/s and porosity assumed as 0.35.

Geophysical Research Abstracts
Vol. 20, EGU2018-3256, 2018
EGU General Assembly 2018
© Author(s) 2018. CC Attribution 4.0 license.



Vertical velocity in semi-confining layers in Chianan coastal plain, southern Taiwan

Wenfu Chen
Chia Nan University, Tainan, Taiwan (chenwenfu@ntu.edu.tw)

The Chianan coastal plain in southern Taiwan consist of horizontal sand and mud layers over hundred meters thick. Those fine-grained aquifers have been exploited for decades and cause large hydraulic gradient between shallow and deeper aquifers. In theory, a vertical flow may occur in the semi-confining layers. However, there is no research on the vertical flow in Taiwan's coastal fine-grained layers. We represent a study of borehole temperatures by monitoring wells from 2013 to 2016. We discover that there is a vertical downward flow in 60-120m with a Darcy velocity of $1.6-3.2 \times 10^{-9}$ m/s by the Bredehoeft and Papadopoulos (1965) curve matching method which assume a steady state boundary condition. However, a warming trend in the shallow aquifer and a cooling trend in the deeper aquifer during our studied period that may change the curve shape of borehole temperature and cause some errors. Therefore, we simulate 1D heat transfer for those data and find a vertical velocity of 2.45×10^{-8} m/s, one order larger than the curve matching method, while the thermal diffusivity is 1.2×10^{-6} m²/s and porosity assumed as 0.35.

四、建議

參加 EGU 能見到許多科學家孜孜不倦的作研究，親身參予歐洲最大的地球科學集會，能見到許多研究的最新發展，對我自己的研究及教學都有很大的幫助。並且也讓國際看見我們的研究，例如此次會議也和日本及荷蘭的學者討論合作研究，並加入國際地下溫度的觀測網中。希望科技部仍能持續補助科學家參加會議。

五、攜回資料

EGU 會議的議程及論文都已公開上網，並未帶回紙本論文集。

106年度專題研究計畫成果彙整表

計畫主持人：陳文福			計畫編號：106-2116-M-041-001-				
計畫名稱：嘉南地區表層土壤溫度之量測研究							
成果項目			量化	單位	質化 (說明：各成果項目請附佐證資料或細項說明，如期刊名稱、年份、卷期、起訖頁數、證號...等)		
國內	學術性論文	期刊論文		0	篇		
		研討會論文		0			
		專書		0	本		
		專書論文		0	章		
		技術報告		0	篇		
		其他		0	篇		
	智慧財產權及成果	專利權	發明專利	申請中	0	件	
				已獲得	0		
			新型/設計專利		0		
		商標權		0			
		營業秘密		0			
		積體電路電路布局權		0			
		著作權		0			
		品種權		0			
		其他		0			
	技術移轉	件數		0	件		
		收入		0	千元		
	國外	學術性論文	期刊論文		0	篇	
			研討會論文		1		Chen Wen-Fu, 2018, Vertical velocity in semi-confining layers in Chianan plain, southern Taiwan, The 2018 EGU (European Geosciences Union) Meeting, 9 to 13 Apr, Vienna, Austria.
			專書		0	本	
專書論文			0	章			
技術報告			0	篇			
其他			0	篇			
智慧財產權及成果		專利權	發明專利	申請中	0	件	
				已獲得	0		
			新型/設計專利		0		
		商標權		0			
		營業秘密		0			

		積體電路電路布局權	0			
		著作權	0			
		品種權	0			
		其他	0			
	技術移轉	件數	0		件	
		收入	0		千元	
參與計畫人力	本國籍	大專生	0	人次		
		碩士生	0			
		博士生	0			
		博士後研究員	0			
		專任助理	0			
	非本國籍	大專生	0			
		碩士生	0			
		博士生	0			
		博士後研究員	0			
		專任助理	0			
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。)						

科技部補助專題研究計畫成果自評表

請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況、研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）、是否適合在學術期刊發表或申請專利、主要發現（簡要敘述成果是否具有政策應用參考價值及具影響公共利益之重大發現）或其他有關價值等，作一綜合評估。

1. 請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況作一綜合評估

達成目標

未達成目標（請說明，以100字為限）

實驗失敗

因故實驗中斷

其他原因

說明：

2. 研究成果在學術期刊發表或申請專利等情形（請於其他欄註明專利及技轉之證號、合約、申請及洽談等詳細資訊）

論文： 已發表 未發表之文稿 撰寫中 無

專利： 已獲得 申請中 無

技轉： 已技轉 洽談中 無

其他：（以200字為限）

3. 請依學術成就、技術創新、社會影響等方面，評估研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性，以500字為限）

垂直井溫上邊界受到土地利用的影響,如果用來解釋地溫梯度或氣候變遷會有誤導

4. 主要發現

本研究具有政策應用參考價值： 否 是，建議提供機關科技部，
（勾選「是」者，請列舉建議可提供施政參考之業務主管機關）

本研究具影響公共利益之重大發現： 否 是

說明：（以150字為限）