

地底下也有春、夏、秋、冬嗎？

國中組 第三名

縣市：台北縣

校名：自強國中

作者：謝瑩、蔡雨潔



指導教師：王碧玉、謝桂洲

謝瑩，十五歲，O型，巨蟹座，就讀臺北縣自強國中；興趣：電腦、繪畫。很榮幸能在「全國科展」中看到許多傑出的人才和作品，使我學習到更多的新知。感恩王碧玉老師及謝桂洲老師兩年來的辛苦指導，也很高興評審老師讓我們獲得地球科學科第三名的榮譽。謝謝！

蔡雨潔，十六歲，處女座，就讀臺北縣自強國中；興趣：繪畫、彈琴。很高興能和謝瑩一起參加「全國科展」比賽，回想兩年來持續不斷的共同研究，甘苦與共，點點滴滴都是難得的經驗。能夠得獎，真是感謝評審老師及指導老師。

關鍵詞：地溫、年變化、日變化

一、研究動機

我們在國小自然課已經學過溫度有夏熱冬冷的年變化和中午較熱的日變化，但是地底下的溫度是否也有年變化和日變化呢？於是展開了這次的長期實驗。

二、研究目的

(一)找出不同深度的地溫之年變化、日變化。

(二)找出地溫年變化對時間的函數。

(三)探討地溫的年變化（最大值、最小值、溫差）及日變化（最大值）和深度的關係；並找出各值對深度的函數。

三、研究設備

(一)電腦 (二)Microsoft Excel軟體 (三)印表機 (四)曲管地溫計

(五)酒精溫度計 (六)自製測溫箱 (七)空心鐵管

四、研究過程

(一)實驗前準備工作：

1.埋設溫度計；並以自製測溫箱覆蓋。

2.設計地溫紀錄表格。

(二)測量各深度的地溫值：

1.地溫的年變化：於87年4月21日至88年4月27日的每日12：25紀錄各深度的地溫。

2.地溫的日變化：

每月23日的早上7：00至下午4：00，每一小時整紀錄各深度的地溫。

(三)輸入溫度數據並製成表格、找出關係圖：

1.地溫的年變化：

(1)做出各深度的地溫年變化圖、月均溫圖。

(2)做出各深度的地溫年變化Max、最小值Min、溫差A三者與深度（Z）的關係圖。

2.地溫的日變化：

(1)做出各日期及深度的地溫日變化圖。

(2)做出最大值與深度的關係圖。

(四)找出地溫對時間的函數：

1、利用地溫年變化月均溫表中地表的最高值溫度和時間、溫差數據，並配合地溫年變化月均溫圖找出函數。

(五)找出各值對深度的函數：

1、地溫年變化最大值、最小值、溫差對深度的函數：

(1)做出三者比值和深度的關係圖。

(2)計算：地溫Max、Min、A相對於地表值的Ln值，及深度的關係圖。

(3)求出地溫年變化最大值、最小值、溫差與深度關係的方程式。

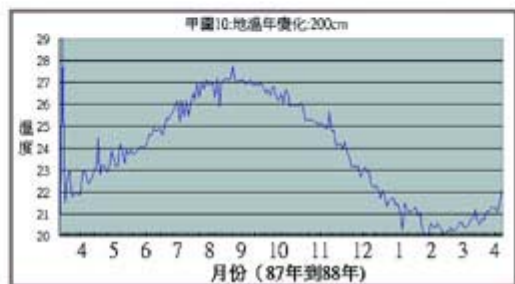
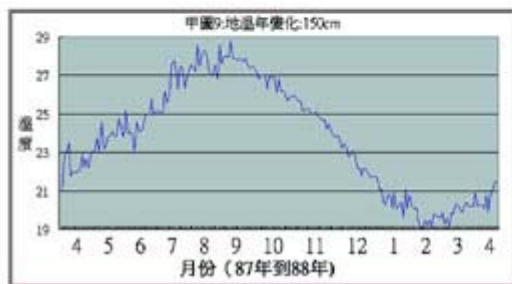
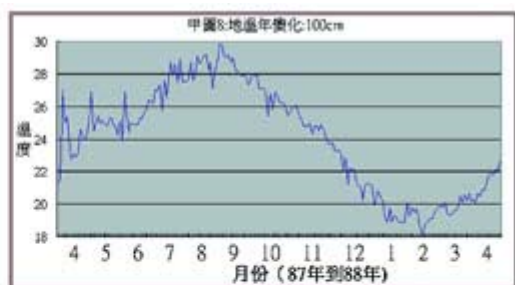
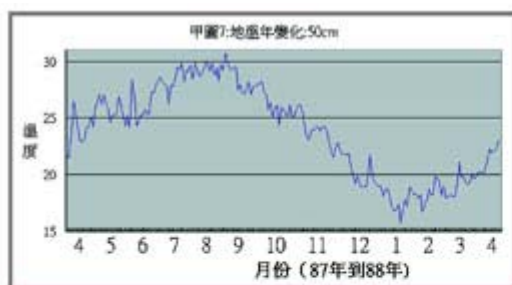
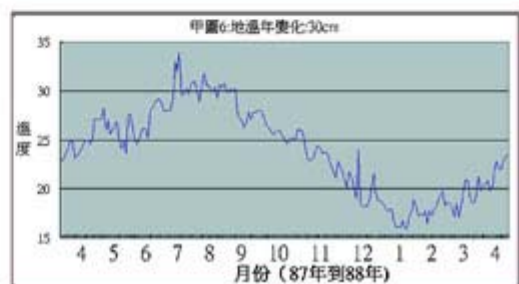
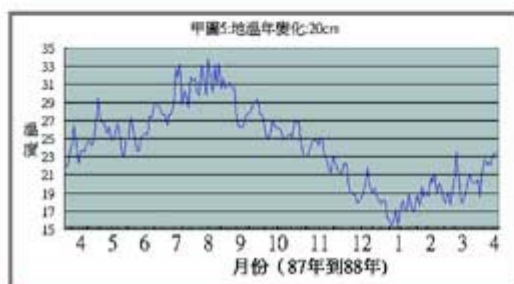
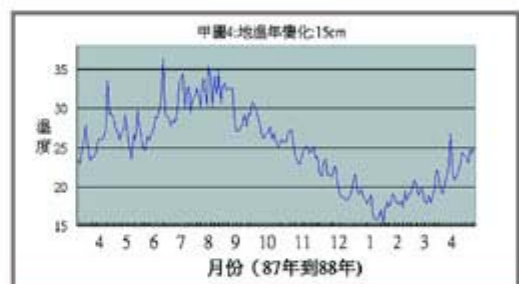
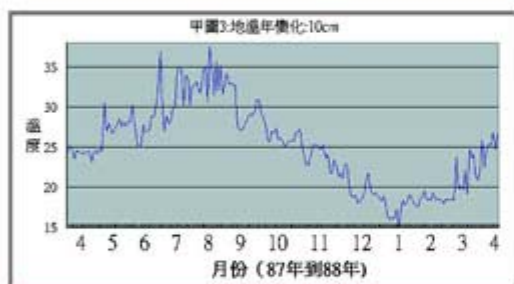
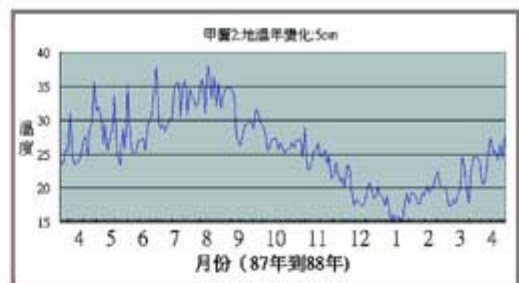
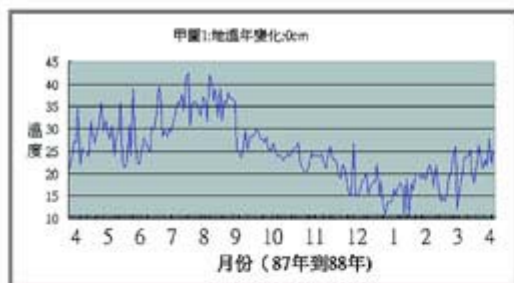
2、地溫日變化最大值對深度的函數：

(1)、(2)(同上法)

(3)求出地溫日變化最大值與深度關係的方程式。

五、研究結果：

(一)地溫的年變化：(甲圖1至11)

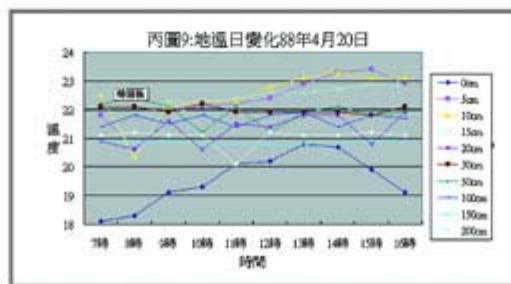
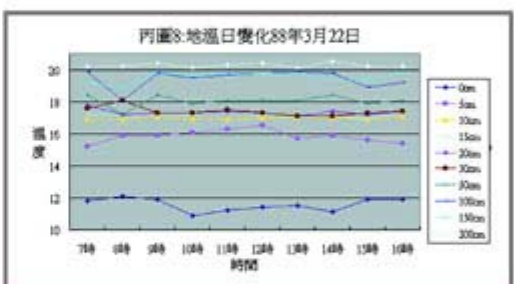
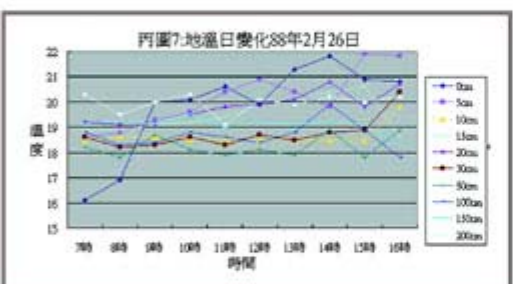
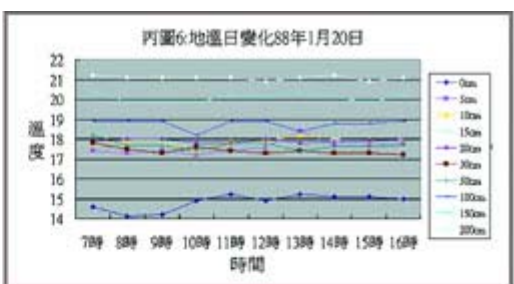
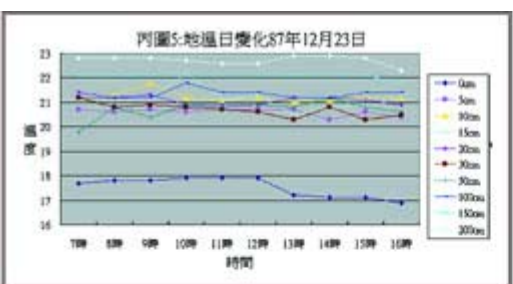
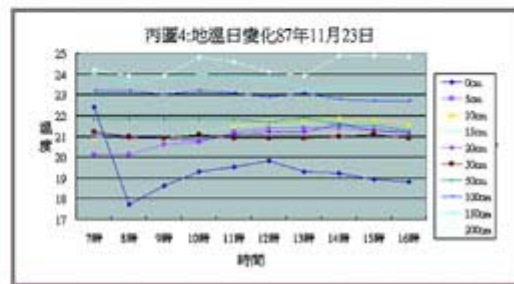
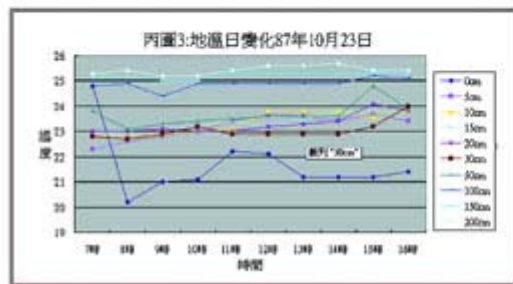
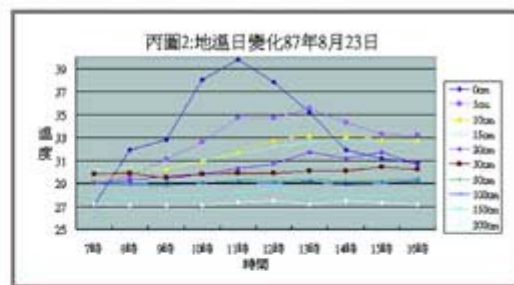
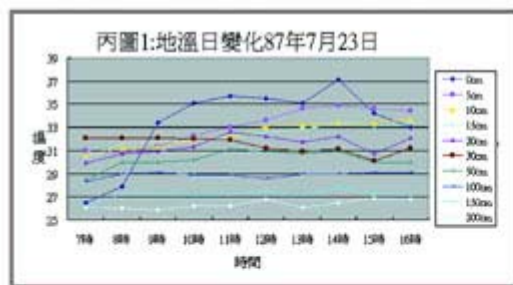


◎由以上地溫年變化圖（甲圖1至11）可看出：

- (1)相同點：各深度的地溫變化曲線為同一形式，都是一個週期波；且波峰都在夏天，波谷都在冬天。
- (2)相異點：深度愈深的溫度曲線愈趨於平滑。

(二) 地溫的日變化：

1.各日期的地溫變化圖（丙圖1至9）

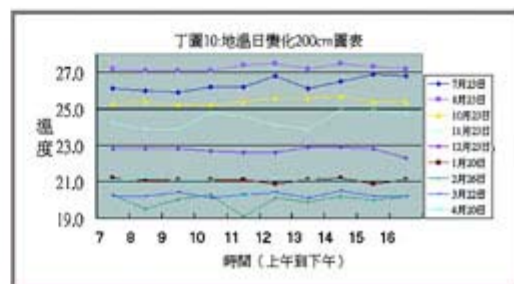
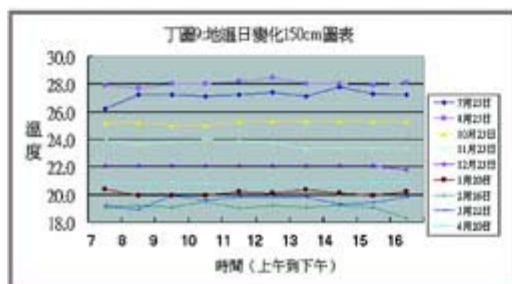
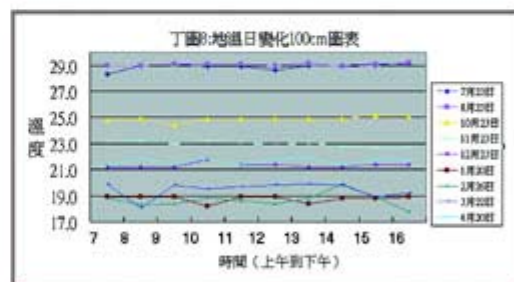
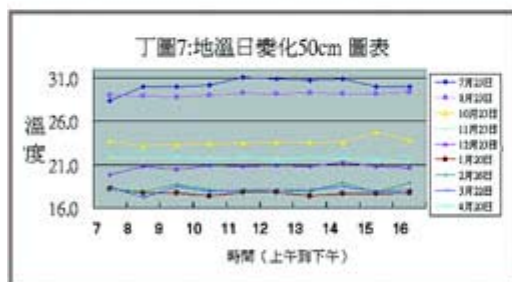
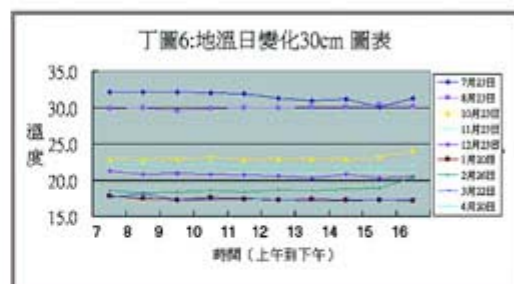
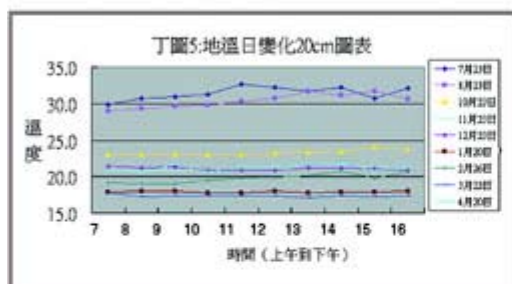
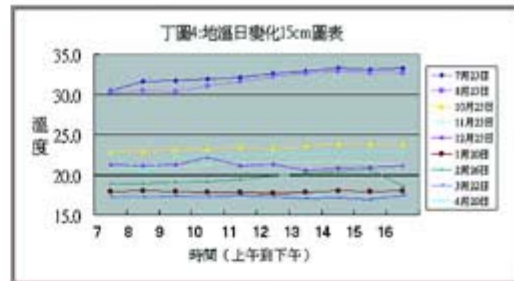
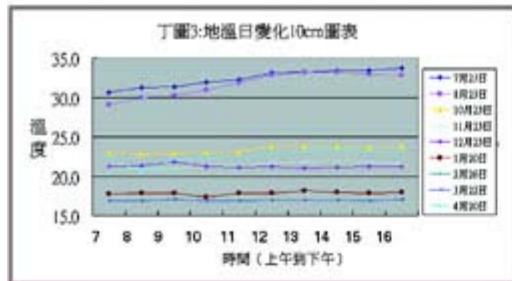
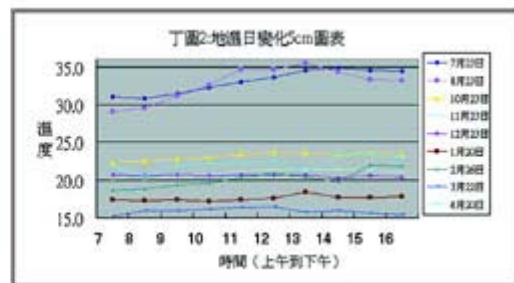
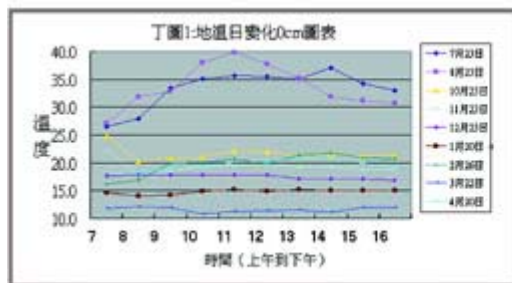


由以上各日期的地溫變化圖（丙圖1至9）可看出：

(1)相同點：各日期的地溫日變化都是地表變化最大；深度愈深，曲線愈平滑，且地溫最大值都出現在中午。

(2)相異點：在7、8月深度愈深則地溫愈低；其他月份深度愈深則地溫愈高。

2.各深度的地溫變化圖（丁圖1至10）



由以上各深度的地溫變化圖（丁圖 1 至10）可看出：

(1)相同點：各深度的地溫日變化最高溫都在7、8月，最低溫都在1至3月。

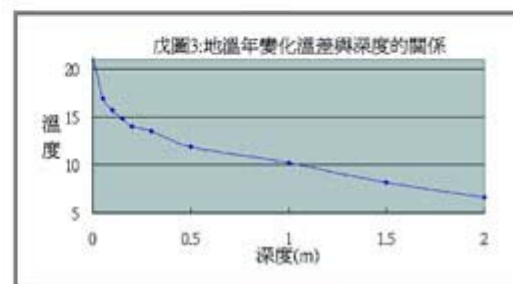
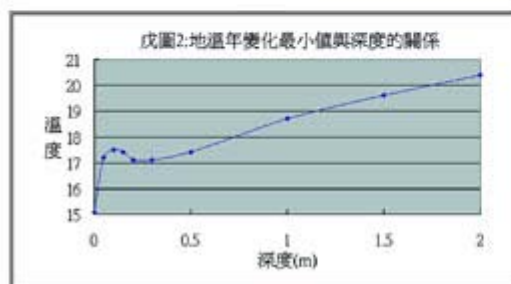
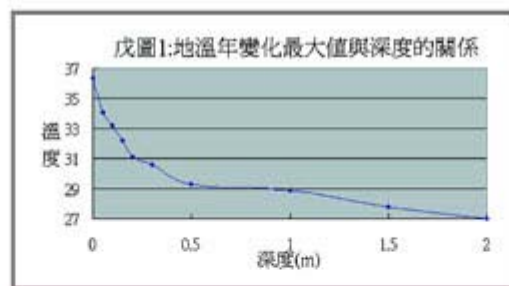
(2)相異點：深度愈深地溫變化愈小。

(三)地溫年變化對時間的函數：

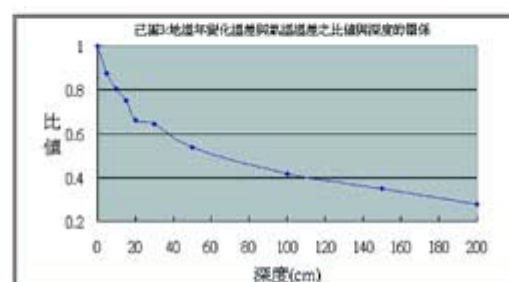
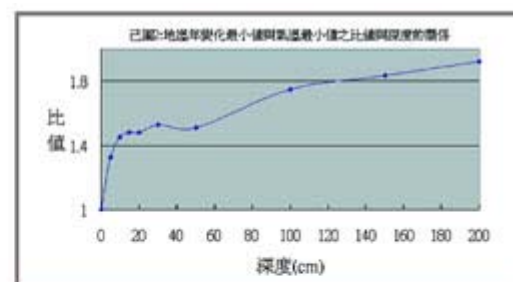
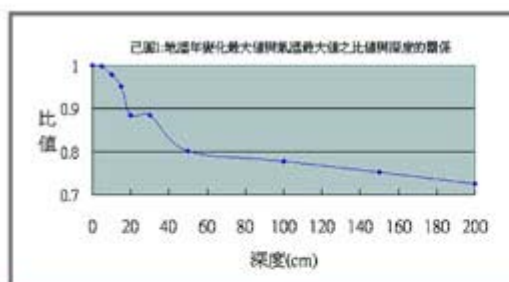
◎各深度地溫年變化對時間的函數：

$$\begin{aligned}
T_0(t) &= 36.4 - 21.3 \times \left| \sin \left[\frac{\pi}{12} \times (t - 7) \right] \right| \\
T_{0.05}(t) &= 34.1 - 16.9 \times \left| \sin \left[\frac{\pi}{12} \times (t - 7) \right] \right| \\
T_{0.1}(t) &= 33.2 - 15.7 \times \left| \sin \left[\frac{\pi}{12} \times (t - 7) \right] \right| \\
T_{0.15}(t) &= 32.2 - 14.8 \times \left| \sin \left[\frac{\pi}{12} \times (t - 7) \right] \right| \\
T_{0.2}(t) &= 31.1 - 14.0 \times \left| \sin \left[\frac{\pi}{12} \times (t - 7) \right] \right| \\
T_{0.3}(t) &= 30.6 - 13.5 \times \left| \sin \left[\frac{\pi}{12} \times (t - 7) \right] \right| \\
T_{0.5}(t) &= 29.3 - 11.9 \times \left| \sin \left[\frac{\pi}{12} \times (t - 7) \right] \right| \\
T_1(t) &= 28.9 - 10.2 \times \left| \sin \left[\frac{\pi}{12} \times (t - 7) \right] \right| \\
T_{1.5}(t) &= 27.8 - 8.2 \times \left| \sin \left[\frac{\pi}{12} \times (t - 8) \right] \right| \\
T_2(t) &= 27.0 - 6.6 \times \left| \sin \left[\frac{\pi}{12} \times (t - 7) \right] \right|
\end{aligned}$$

(四)1.由地溫年變化最大值、最小值、溫差與深度的關係圖（戊圖1-3）可看出：深度愈深，最大值愈小、最小值愈大、溫差愈小；且深度較淺處的變化較快。

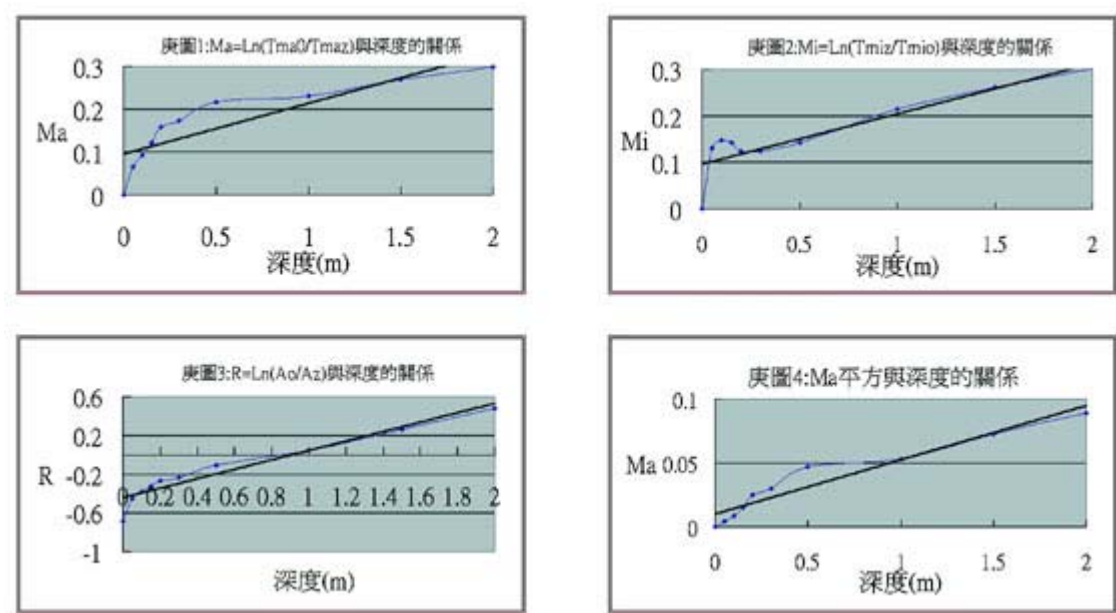


2.由地溫年變化最大值、最小值、溫差相對於地表值與深度的關係圖（己圖1-3）知：深度愈深，最大值的比值愈小，最小值的比值愈大，溫差的比值愈小。



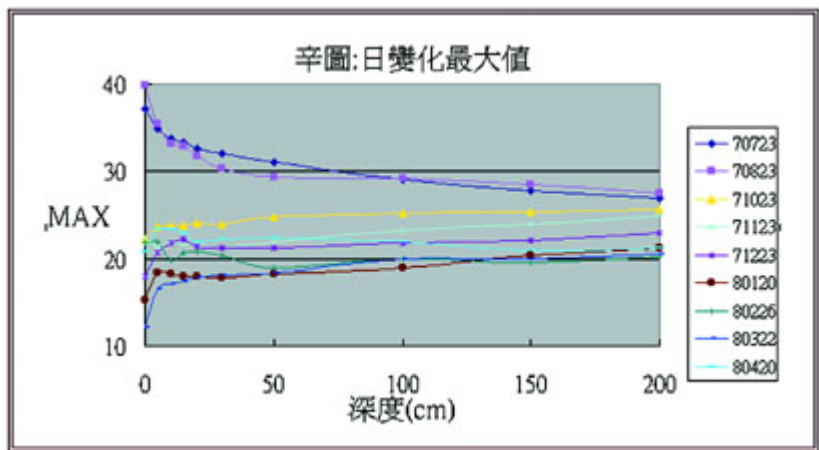
3.Ma、Mi、R、Ma平方與深度的關係圖（庚圖1-4）可看出：

Mi、R、Ma平方值都是隨深度增加而增大，但深度較淺的數值誤差較大。



(五)地溫日變化的Max值與深度的關係：

由日變化最大值與深度的關係圖（辛圖）在87/7/23、87/8/23的曲線隨深度增加而漸小，其它曲線趨勢則相反。



(六)地溫最大值、最小值、溫差對深度的函數：

計算地溫日變化最大值TMax（z）之平均：

$$\text{夏天：} T_{\text{Max}}(z) = T_{\text{max}}(z=0) \times \exp(-\sqrt{0.0418Z+0.035})$$

$$\text{冬天：} T_{\text{Max}}(z) = T_{\text{max}}(z=0) \times \exp(\sqrt{0.045Z+0.037})$$

六、討論

(一)找出影響地溫變化的可能因素：

1. 氣溫，即地表將熱量藉由傳導方式傳送至地下：

(1)影響氣溫高低的因素有緯度、海流、海陸分布、地形因素。我們的實驗地點位在亞熱帶、盆地地形。

(2)因近年來溫室效應的增強使氣溫有愈來愈高的趨勢。

(3)聖嬰現象的增溫作用：1997年台灣冬季和春季平均氣溫比氣候值高出1 以上。

2.土壤的性質：

土壤的本身結構、透水性、溼度、有機質的多寡等因素會影響熱量的傳導率；我們的實驗地點為含水量高、富含有機質的沙質腐植土。

3.從較深層地殼和地函所帶上來的熱量：

我們的實驗範圍2公尺處，因地溫梯度的影響會較地表高0.06。

(二)深度為何時地溫年變化為一定值？

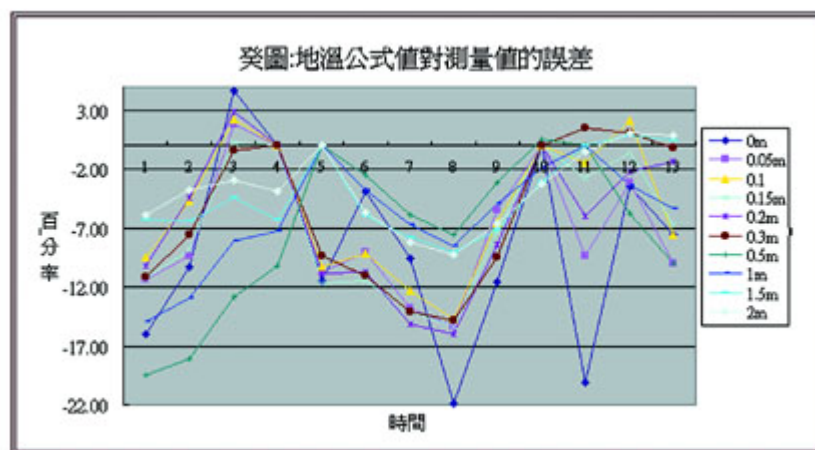
利用方程式，即在深度約2.5m7.4m處的地溫為一定值。

(三)探討地溫年變化對時間的函數與測量數據的誤差：

1.計算地溫公式值對測量值的誤差及誤差百分率。

2.作各深度誤差對時間的關係圖

下列（癸圖）可看出：



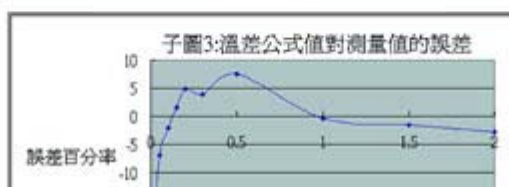
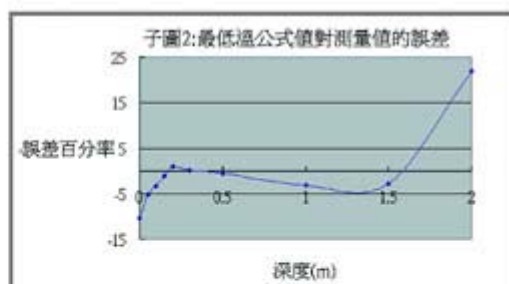
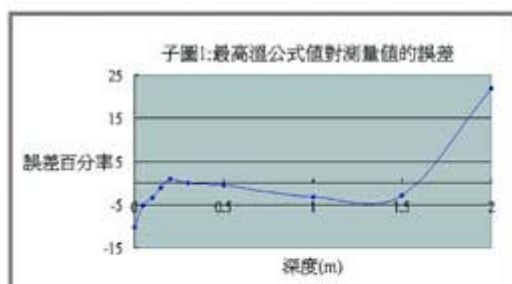
誤差百分率都在 -22% 至 3% 之間。

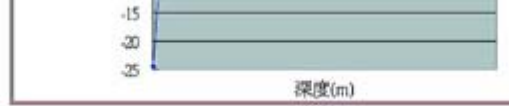
(四)探討地溫最大值、最小值、溫差對深度的函數與測量數據的誤差：

1. 作三項誤差對深度的關係圖（子圖1-3），可看出：

(1)相同點：最高溫、最低溫、溫差三值的公式值，誤差百分率都在-5%至5% 間

(2)相異點：最高溫和最低溫值的公式值誤差百分率為負值，溫差的公式 值誤差百分率較不規律。





(五)地溫年變化對時間及深度的函數為何？

$$T(z, t) = T_{\max(z=0)} \times \exp(-\sqrt{0.0395Z+0.01}) - A_{(z=0)} \times \exp(-0.46Z - 0.28) \times \left| \sin \left[\frac{\pi}{12} \times (t - t_{\max(z)}) \right] \right|$$

(六)本研究產生誤差的可能原因？

1.測量數據的誤差：

(1)估計值產生的誤差。

(2)溫度計拿出來紀錄時受地表溫度影響產生的誤差。

(3)泥土滲入鐵管內，使溫度計無法下達正確深度處。

(4)實驗中溫度計斷裂，另換溫度計。

2.分析時的誤差：在求方程式時，所找的趨勢線與數據曲線沒有完全重合。

七、結論

(一)中午時之地溫年變化：

1.任一深度之地溫均隨時間作週期性變化。

2.深度愈深之地溫變化愈小。

3.地溫變化中最高溫和最低溫的時間都會隨深度增加而延後。

(二)白天部分（7：00-16：00）的地溫日變化：

1.任一深度之地溫都以中午時的地溫最高。

2.隨深度增加而減少。

書名或論著名	作者	出版	出版日期
快快樂樂學 Excel 97 中文版	鄧文淵 李淑玲	松崗電腦圖書	86.11
台灣地區土壤溫度特性之初步分析 (氣象學報季刊第25卷第4期)	劉文俊	中央氣象局 氣象學報社	68.12
上部地殼溫度變化之傅氏級數分析 (國立台灣師範大學報第34期)	鄭懌	國立台灣師範大學	78年
中山自然科學大辭典 第六冊-地球科學	名譽總編輯王 雲五	台灣商務印書館	62.12
聖嬰現象 (1998天然災害教育研討會教材彙編)	許晃雄		1998

3.在夏天時深度愈深地溫愈低，在冬天時深度愈深地溫愈高。

(三)影響地溫變化的主因是地表溫度的日變化和年變化，其他因素有土壤性質、地表型態、及地溫梯度。

八、參考資料

地溫的研究涵蓋年變化及日變化，深度從地表至最深二公尺，且分成十個不同深度分別測其地溫，故在研究角度相當廣泛而且深入。另外能將觀測資料利用電腦程式進行統計分析，故在結合現代電腦科技或資訊方面也呈現一定之功力。

回到目錄頁 [../Index.htm](#)