

# 第四十四屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

科 別：地球科學科

組 別：高中組

作品名稱：海水水溫的微妙變化

關 鍵 詞：海水、斜溫層、鹽度（最多三個）

編 號：

## 一、研究動機：

四十六億年前，地球形成的初期原本是顆巨大的火球，隨著地球的逐漸冷卻，海水也開始逐漸在地球表面聚集，而形成了今天壯闊的海洋。

在地球科學的課程中，我們知道了海水的水溫隨著深度會有所變化，而且不同的緯度，水溫垂直分佈的情形也不盡相同，我們很好奇的是，這樣的差異除了是由於日照量不同所造成的之外，會不會還有其他影響的因素，導致水溫在垂直方向上有所不同呢？

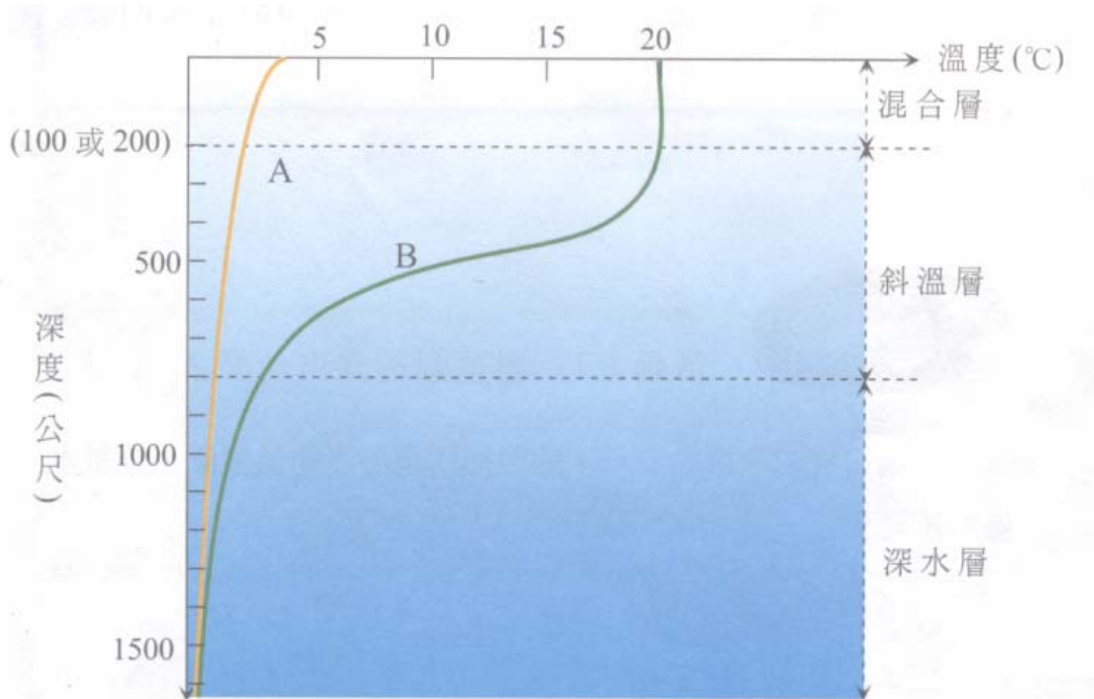


圖 8.9 高緯度(A)與低緯度(B)海水溫度的垂直變化

## 二、研究目的：

我們希望藉由簡單的實驗方法，模擬出海水水溫在垂直方向上的變化，並探討影響其溫度變化與分佈的原因。因此我們的研究目的有：

- (一) 日照長短對不同深度水溫隨時間變化的情形。
- (二) 探討淡水與鹹水在受到日照之後，溫度隨時間變化的差異。

## 三、研究設備及器材：

壓克力水箱(長25cm、寬12cm、高150 cm)、電子溫度計、碼表、白色壁報紙、四盞鹵素燈、鹽、熱水、冷水、電腦。



#### 四、研究過程與方法(實驗設計及說明)：

##### (一) 淡水 VS 日照

1. 用白色壁報紙覆蓋在長 25 公分，寬 12 公分，高 150 公分的壓克力水箱，僅露出水箱上方。
2. 自壓克力水箱底部向上 60 公分開始，以 20 公分為一單位，在水箱上作記號，共 5 個，並在每個記號上裝設電子溫度計。
3. 將壓克力水箱注滿水，待電子溫度計達到平衡時，使用 4 盞鹵素燈在壓克力水箱上方約 30 公分照射，並於每 1 分鐘及 5 分鐘作一次紀錄，連續紀錄 200 分鐘。

##### (二) 海水 VS 日照

1. 壓克力水箱的設置與實驗一相同。
2. 將壓克力水箱注滿水，並將鹽加入水中，調出比例與海水相近，鹽度約為 3.5% 的鹽水。
3. 待電子溫度計達到平衡時，使用 4 盞鹵素燈在水箱上方 30 公分處照射，並於每 1 分鐘及 5 分鐘作一次紀錄，連續紀錄 200 分鐘。

## 五、研究結果：

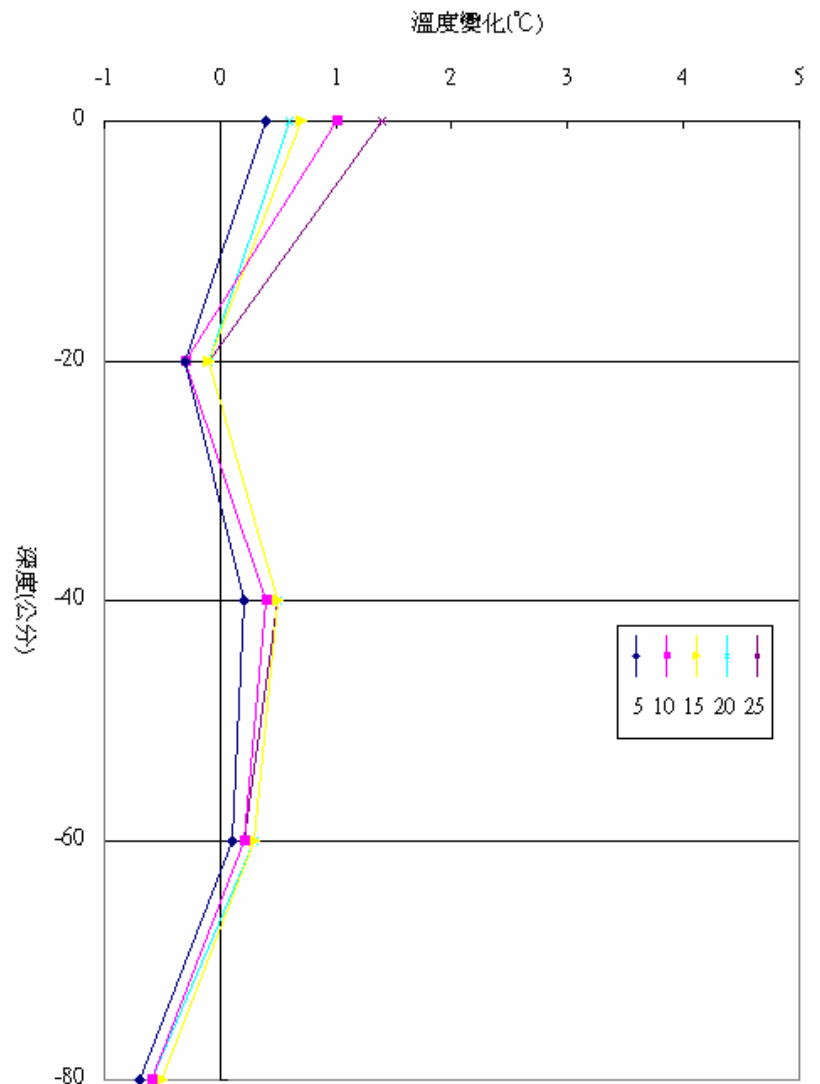
### (一) 實驗一：〈實驗結果〉

#### 1. 實驗開始到第 25 分鐘

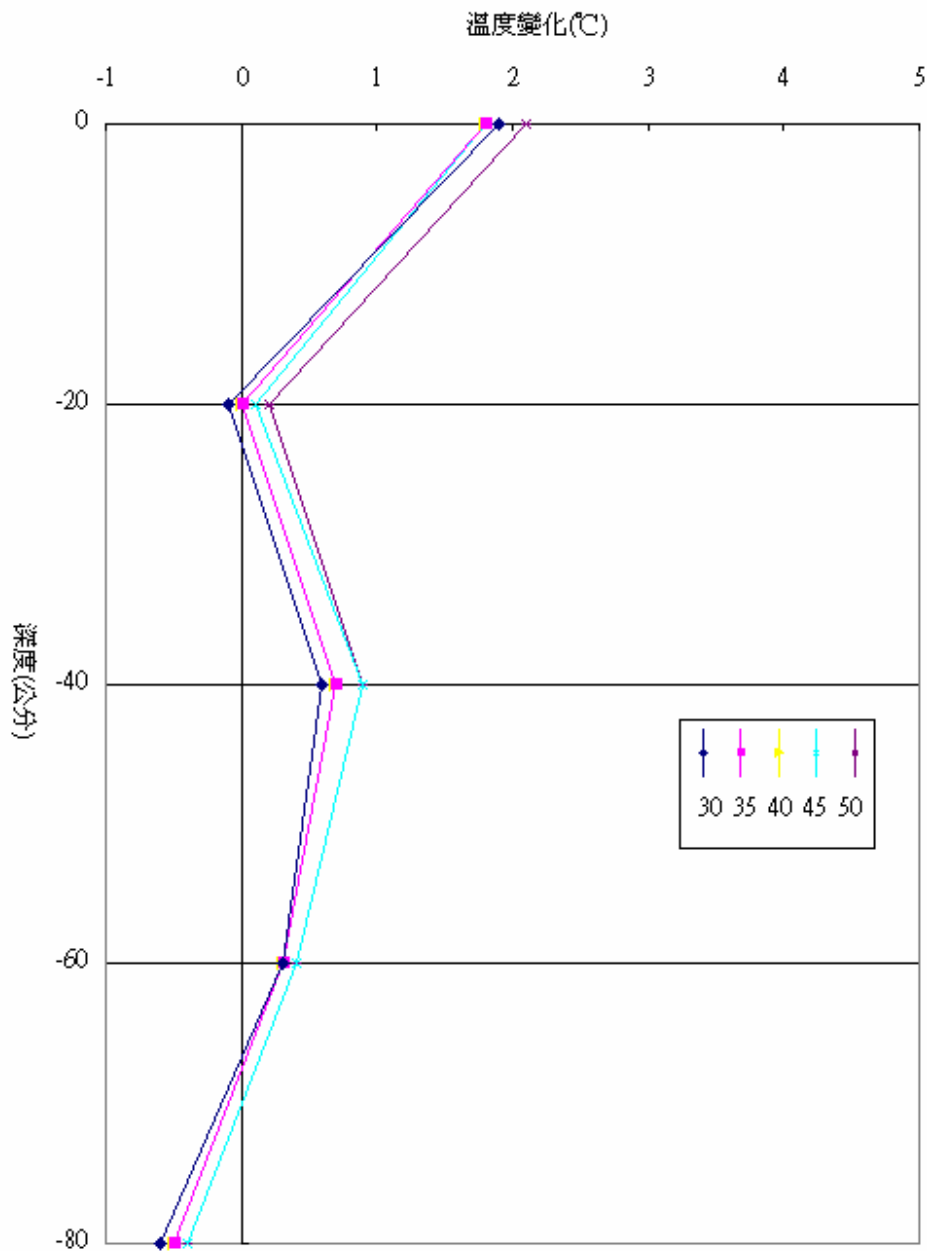
##### (1) 水溫隨深度的變化

化，大致以表面水溫上升最多，約  $0.5^{\circ}\text{C}$  ~  $1.5^{\circ}\text{C}$ ；而表面以下的水溫變化則不甚明顯，其中只有 40 cm 處有些微上升約  $0.5^{\circ}\text{C}$ ，而最底層 80 cm 處則下降了約  $0.5^{\circ}\text{C}$ 。

(2) 前 25 分鐘表層的水溫變化較其他深度大，而底層的水溫幾乎無變化。

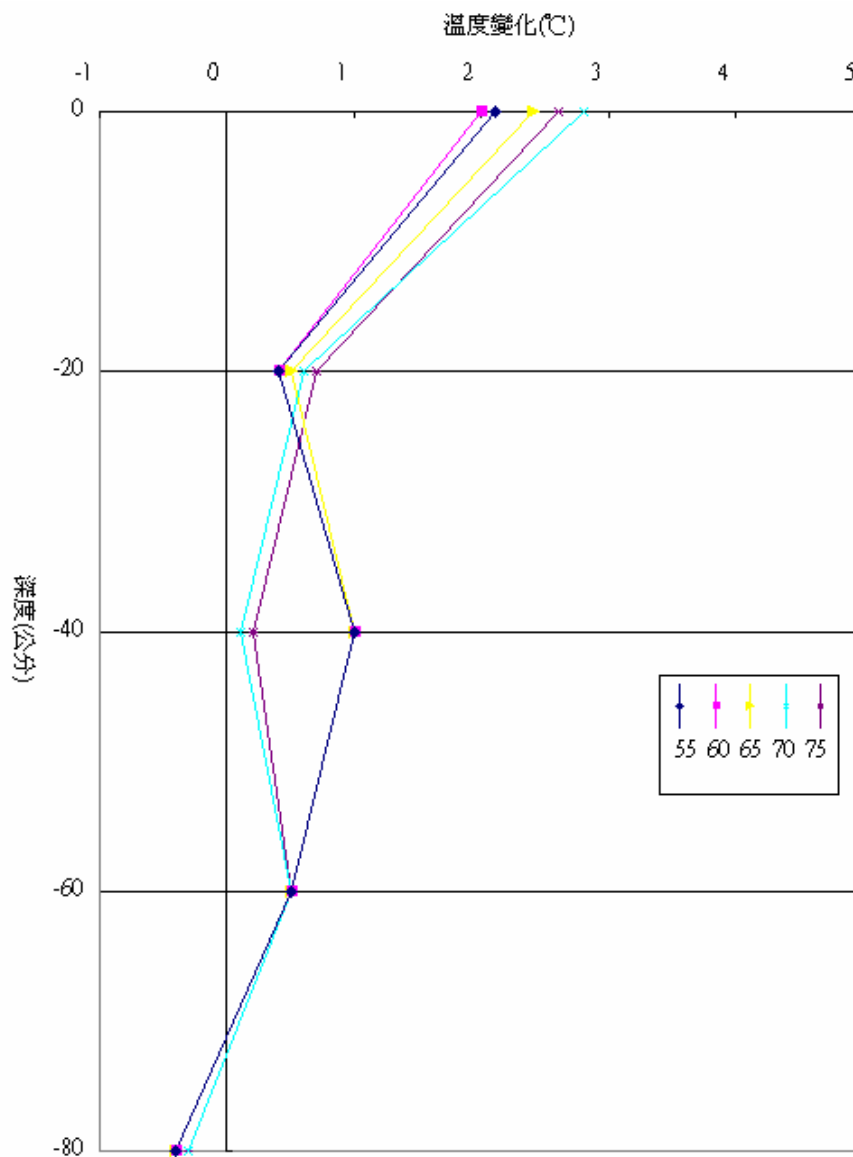


## 2. 第 25~50 分鐘



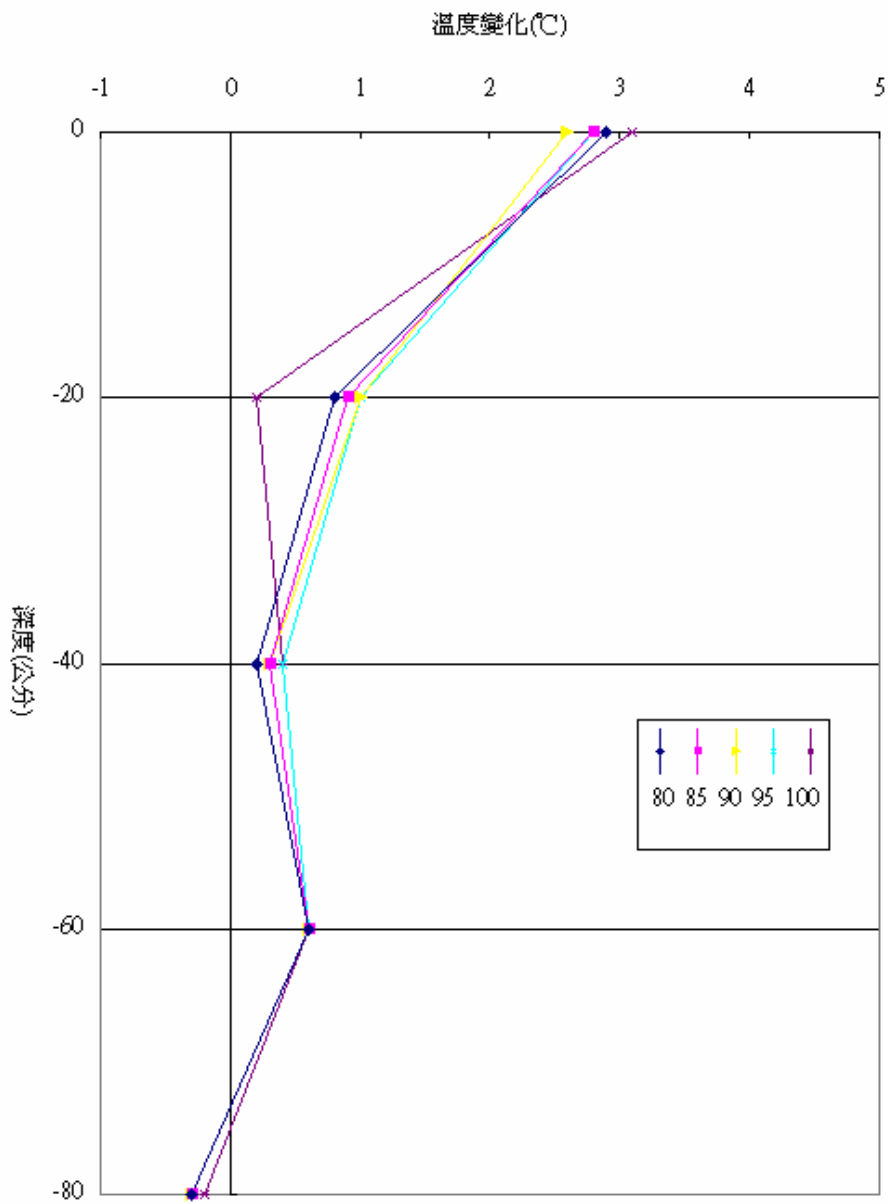
- (1) 水溫隨深度的變化大致和前 25 分鐘相似，唯表層溫度和 40 cm 處的水溫又再上升約  $0.5^{\circ}\text{C}$ 。
- (2) 第 25~50 分鐘的溫度隨時間變化均不明顯(小於  $0.4^{\circ}\text{C}$ )。

### 3. 第 50~75 分鐘



- (1) 70 分鐘之前，水溫隨深度變化的變化除了表層上升之外，其他深度的溫度變化和前幾分鐘相似。
- (2) 70 分鐘之後，-40cm 溫度忽然下降約  $1^{\circ}\text{C}$ ，其他深度的水溫則無明顯變化。溫度變化的曲線變成表層的溫度增加；而 20 cm 和 60 cm 的溫度變化趨緩，至於 60~80 cm 的溫度曲線則稍稍下降。

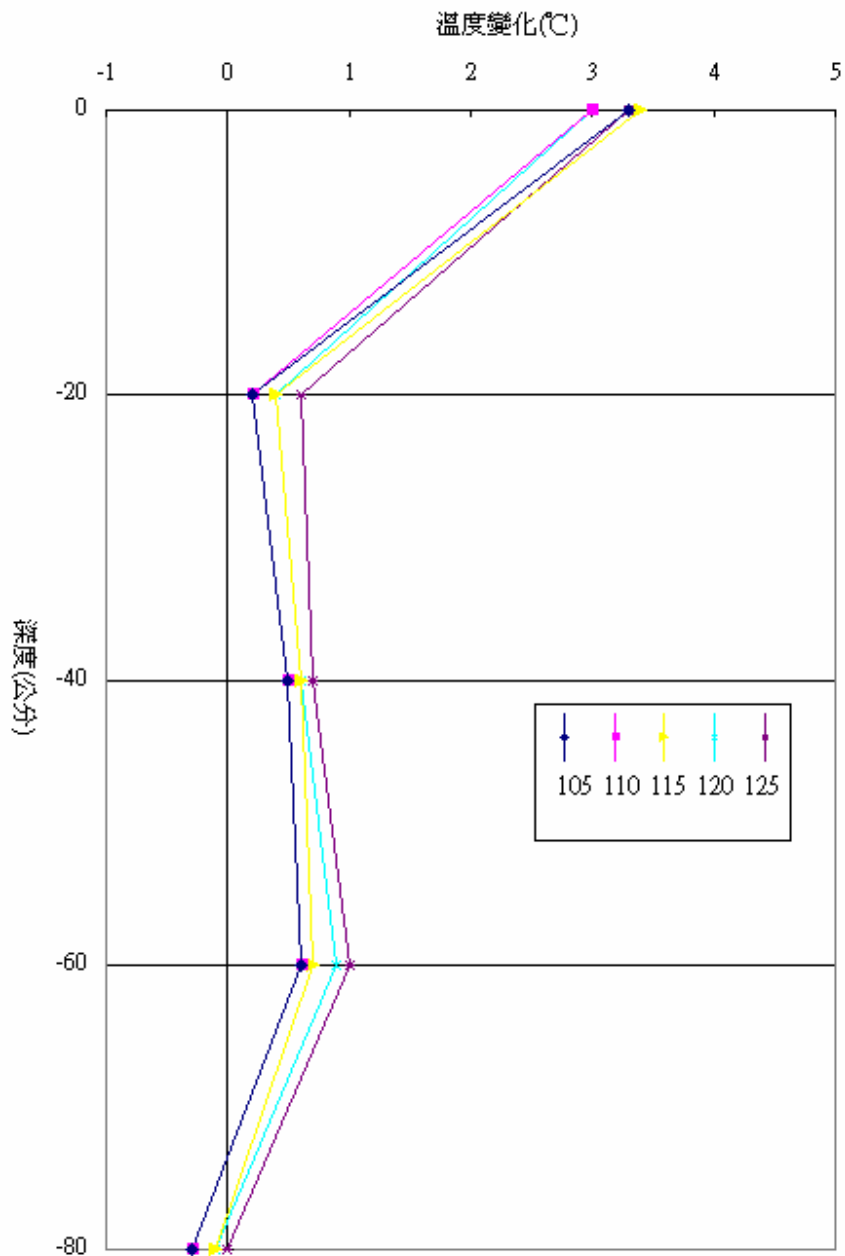
#### 4. 第 75~100 分鐘



- (1) 100 分鐘之前，各層溫度並無明顯改變，和 70 分鐘之後的溫度相較並無明顯差異。
- (2) 第 100 分鐘時，在 20cm 位置的水溫忽然下降約  $1^{\circ}\text{C}$ ，在 40 cm 以下，水溫隨深度的變化在 80~100 分鐘漸趨一致。
- (3) 此時水溫隨深度的變化成為 20~60 cm 間的溫度漸漸一致。

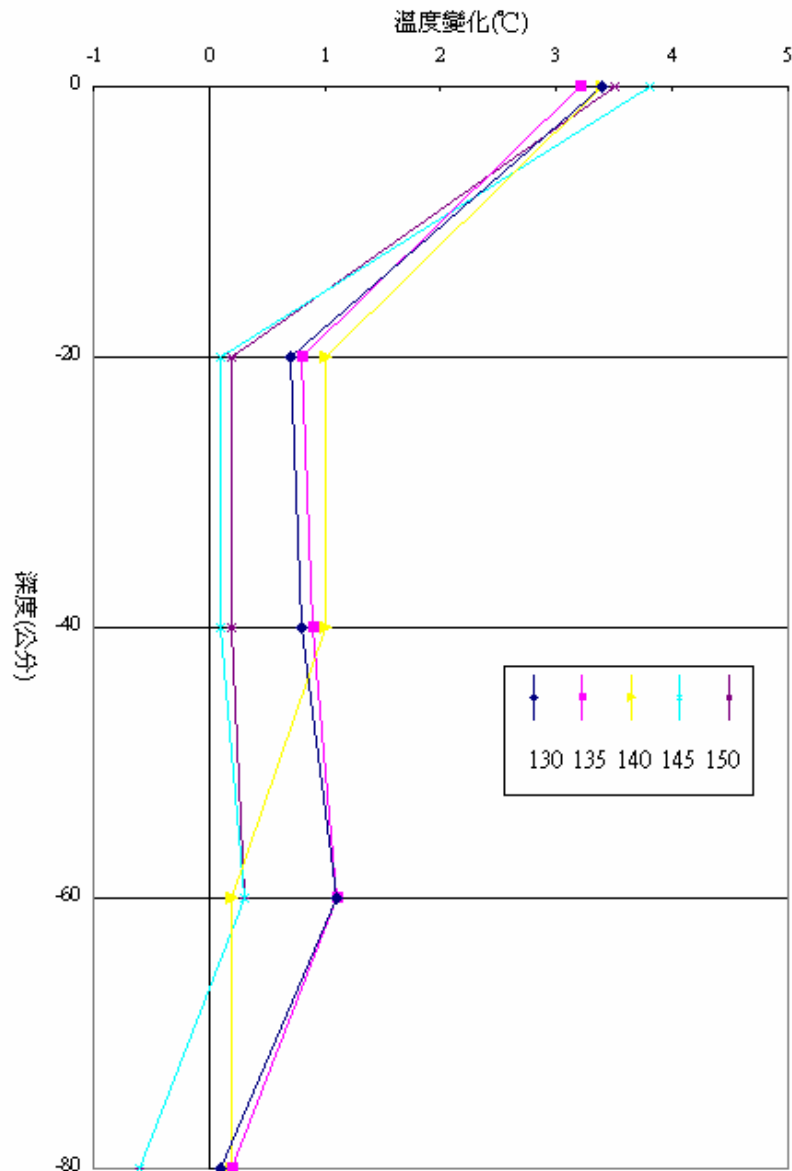


### 5. 第 100~125 分鐘



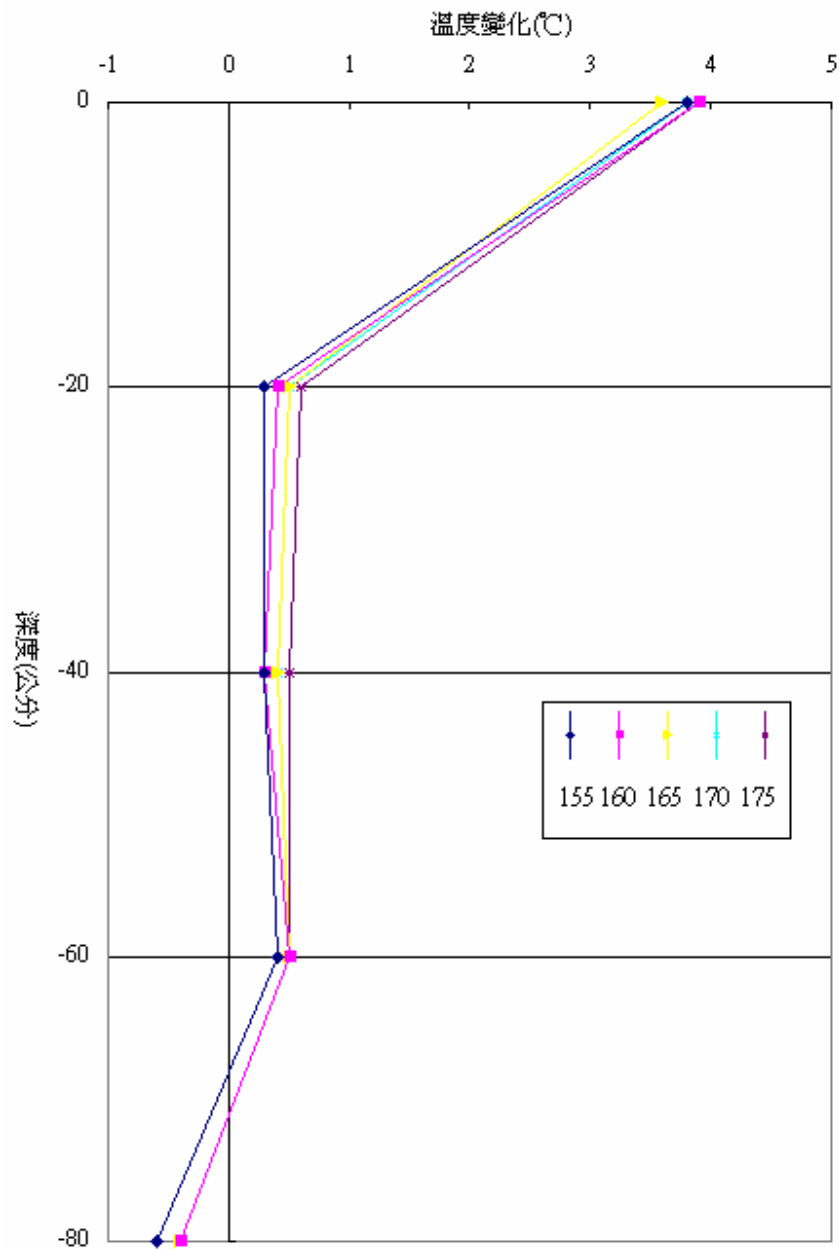
- (1) 第 100 分鐘到第 125 分鐘各深度的溫度上升約  $0.5^{\circ}\text{C}$ 。
- (2) 表層溫度的變化略小於其他各層深度的溫度變化。
- (3) 各層深度隨時間的變化從第一百分鐘開始就大致相同。

## 6. 第 125~150 分鐘



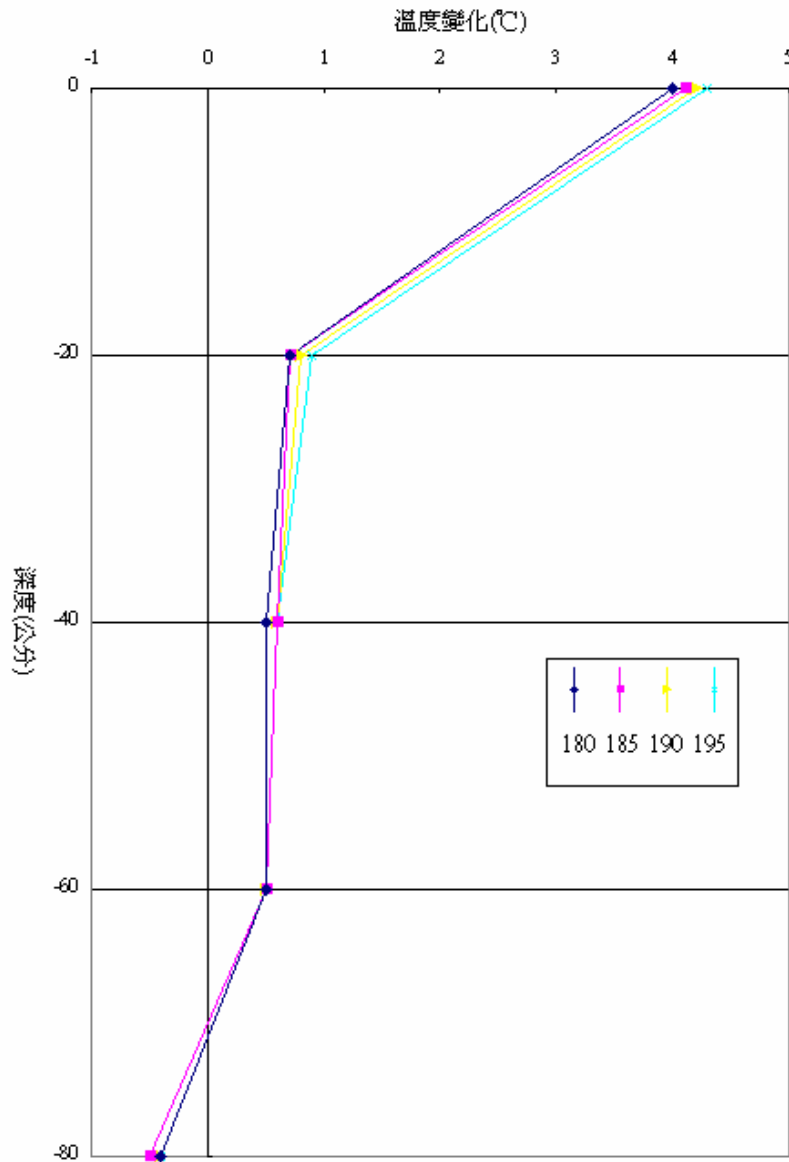
- (1) 在 135 分鐘之前的各層溫度變化仍然和先前相同。
- (2) 在 140 分鐘時出現明顯的改變，60cm 處的溫度忽然下降約 0.9°C，但其他各層溫度變化不顯著。
- (3) 在 145 分鐘之後，僅表層無明顯改變，然而在 20~80 cm 的溫度卻降低了 0.5~1°C。

### 7. 第 150~175 分鐘



- (1) 各層溫度隨深度的水溫漸漸不再隨時間改變。
- (2) 從表層到 20 cm 處溫度下降約  $4^{\circ}\text{C}$ ，20~80 cm 間溫度大致維持一定，直到 80 cm 處溫度才又稍稍下降了約  $0.5^{\circ}\text{C}$ 。

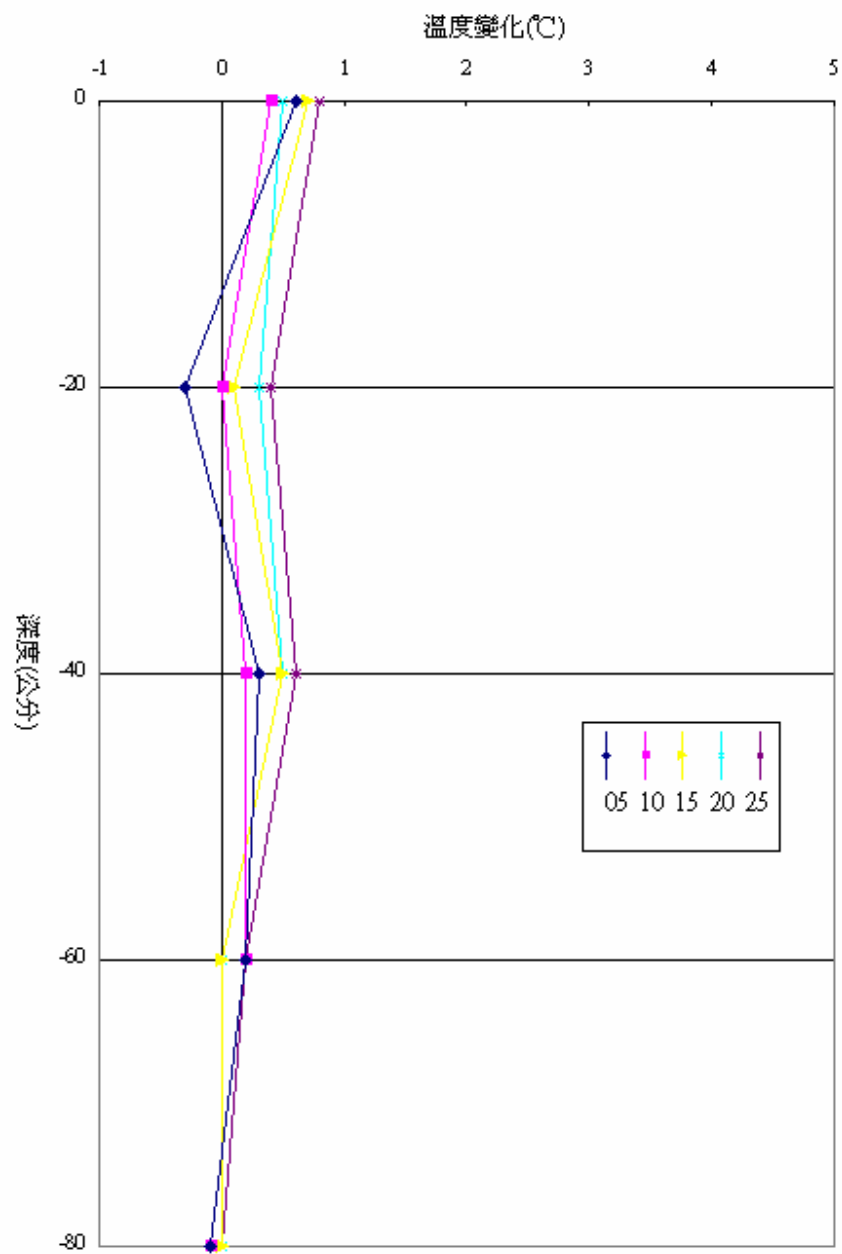
## 8. 第 175~195 分鐘



- (1) 各層溫度隨深度的水溫幾乎不再隨時間變化。
- (2) 從表層到 20 cm 處的溫度明顯下降，而 20~80 cm 的溫度比先前的變化更小，幾乎已經沒有變化，直到 80 cm 處溫度才又稍稍下降了約  $0.5^{\circ}\text{C}$ 。

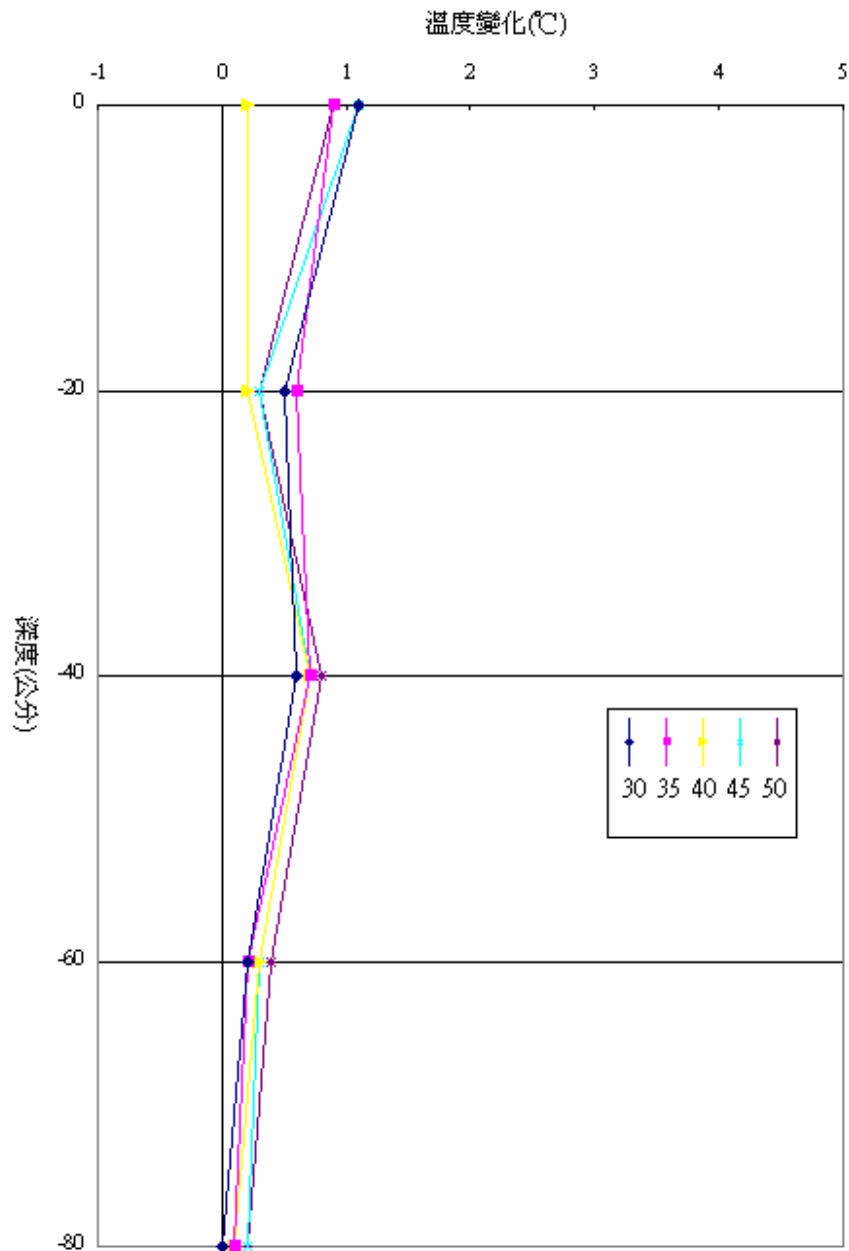
(二) 實驗二：〈實驗結果〉

1. 實驗開始到第 25 分鐘



(1) 水溫在深度 0~40cm 間，都有略為上升。

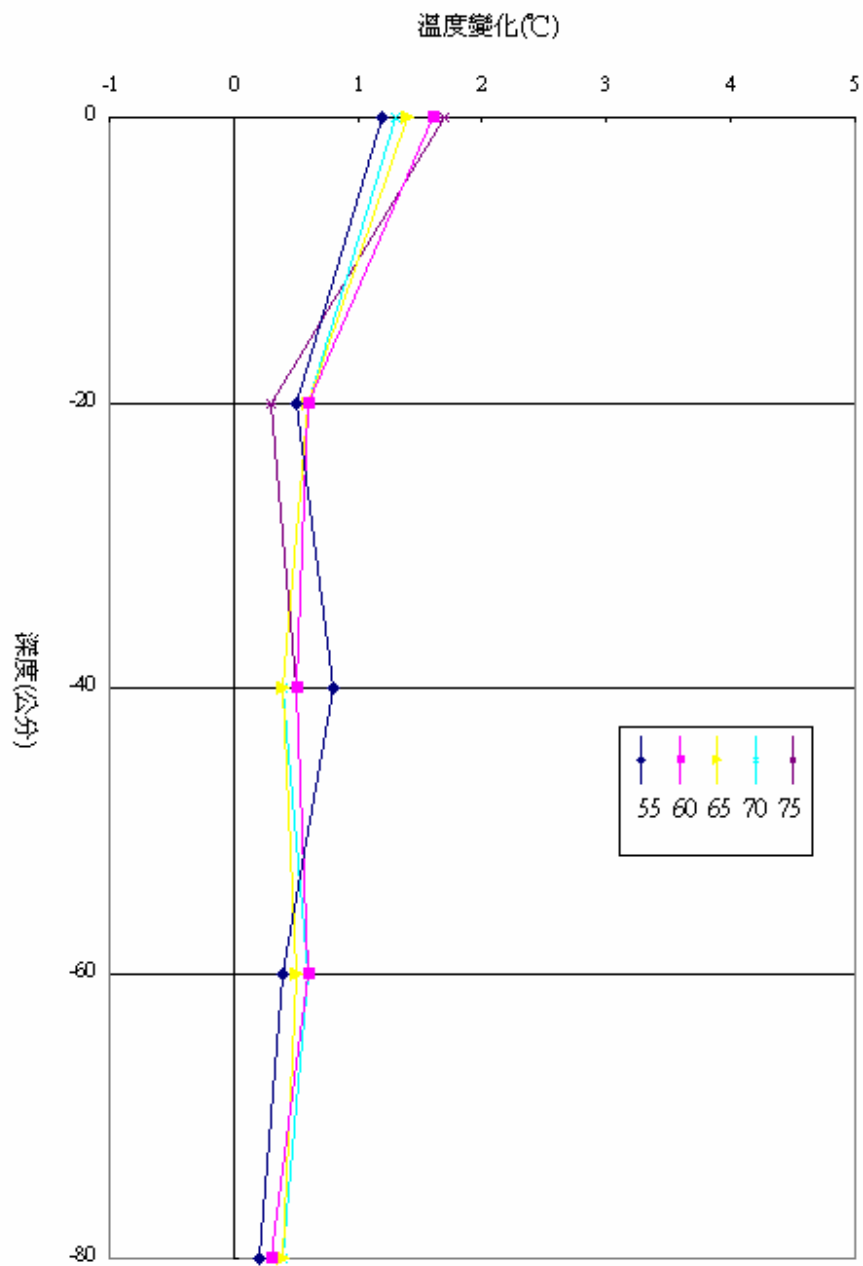
## 2. 第 25~50 分鐘



(1) 各層水溫隨時間的變化，除了 20cm 有小幅滑落外，都在緩慢上升中。

(2) 溫度上升的幅度大致以越接近表層越明顯。

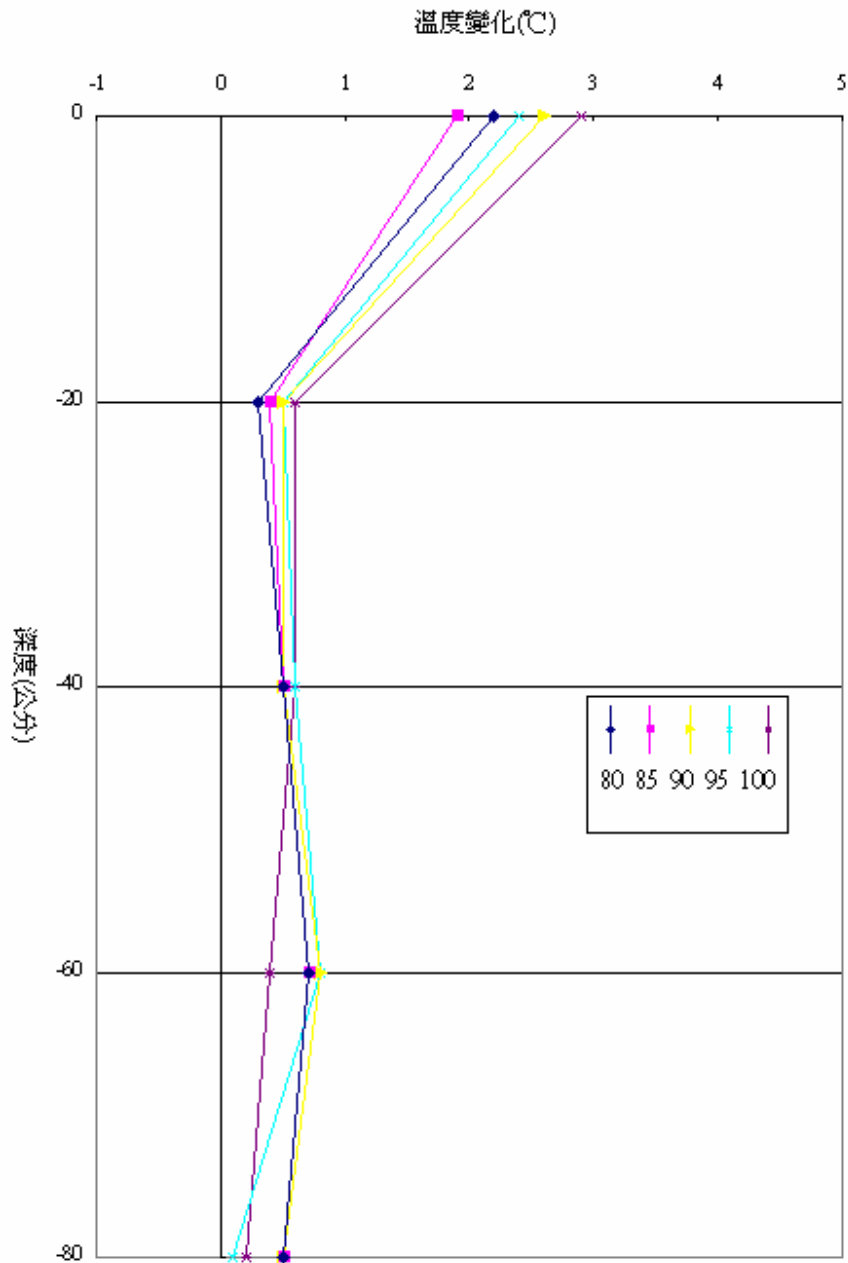
### 3. 第 50~75 分鐘



(1) 各深度水溫的變化以表層上升最明顯，約達  $0.8^{\circ}\text{C}$ 。

(2) 20cm 以下的水溫大致相同，都上升了約  $0.5^{\circ}\text{C}$ 。

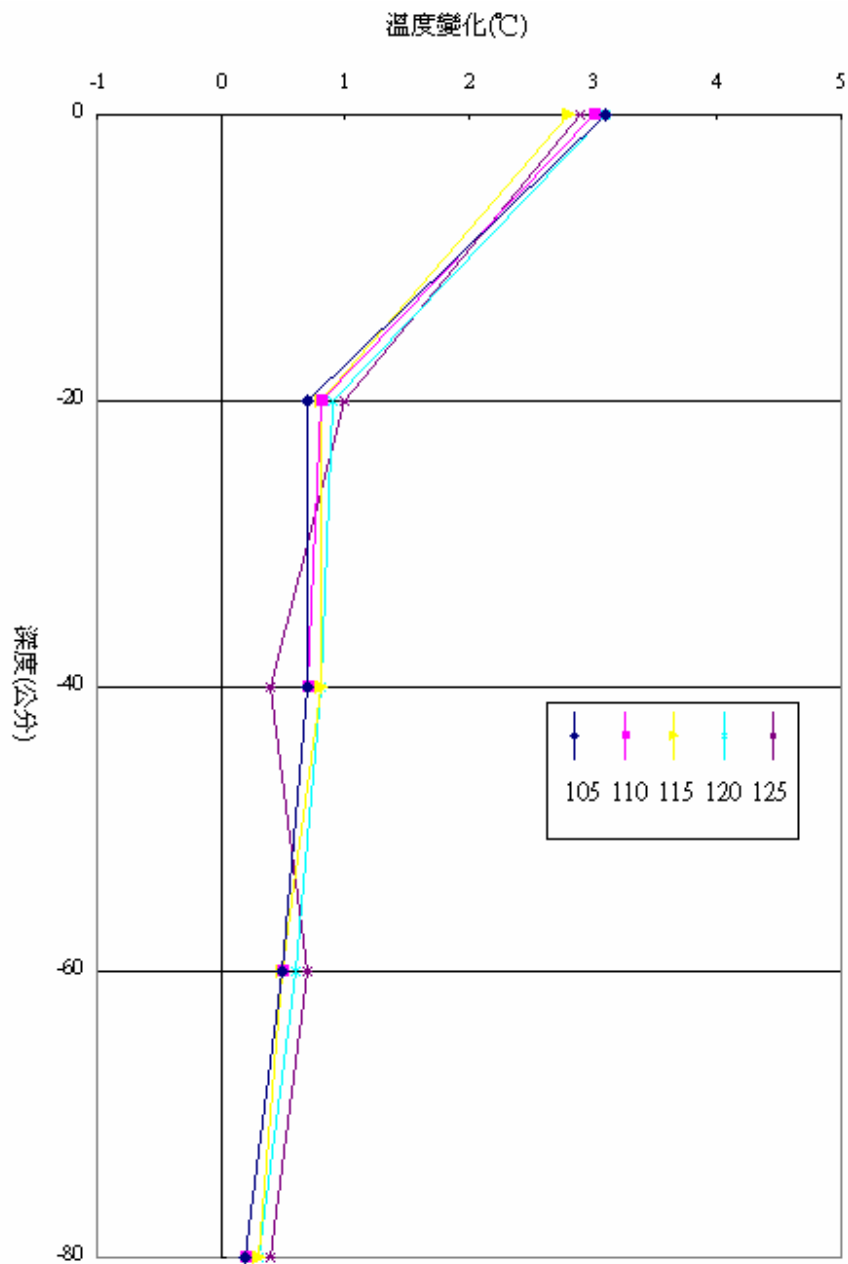
#### 4. 第 75~100 分鐘



- (1) 表層的溫度持續上升約  $1^{\circ}\text{C}$ ，其餘各層水溫的變化，大致不變。
- (2) 第 100 分鐘時，60、80cm 處的水溫隨時間變化反而下降約  $0.3^{\circ}\text{C}$ 。
- (3) 水溫隨深度的變化，大致上仍然和 55~75 分鐘之間的分佈類似。

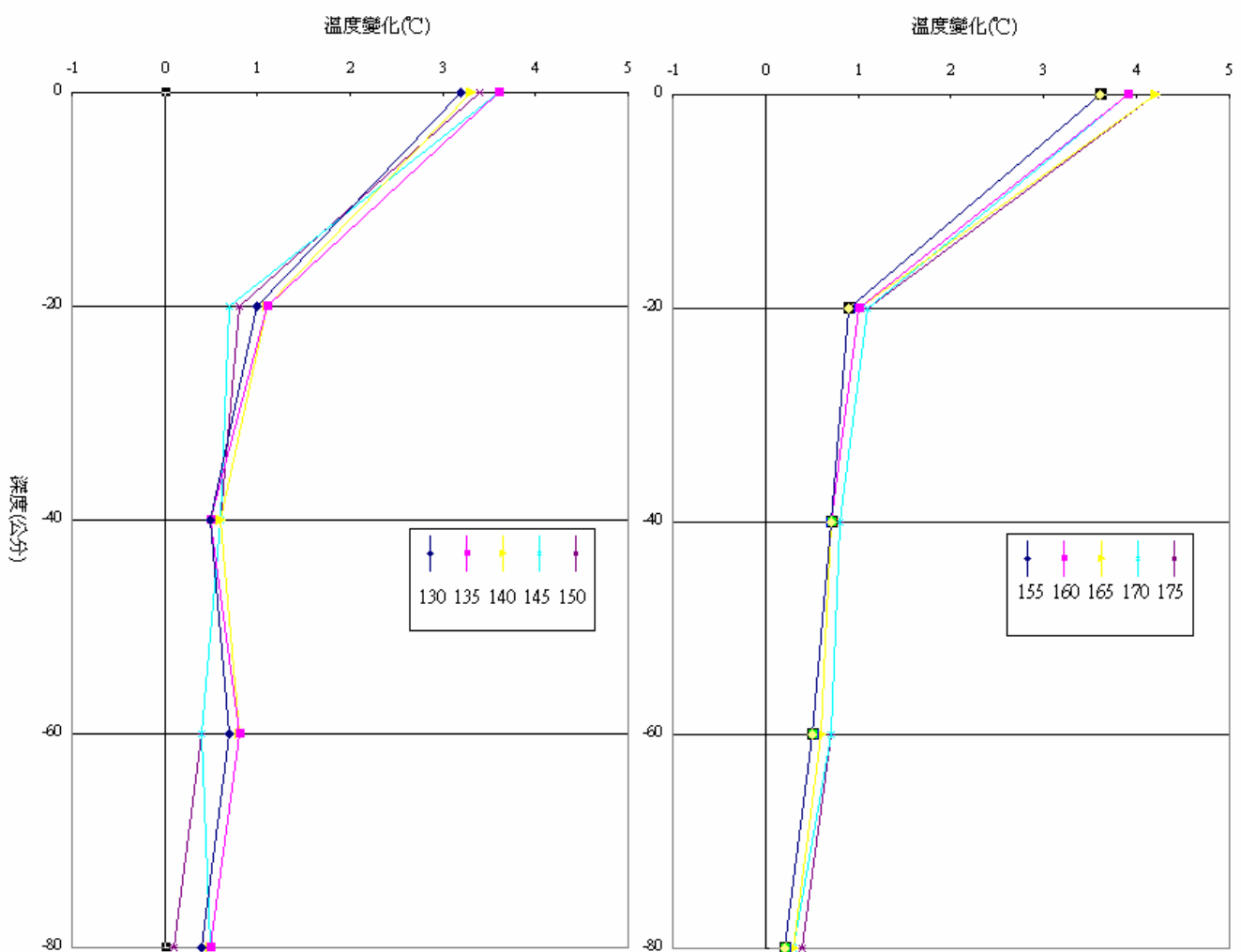


## 5. 第 100~125 分鐘



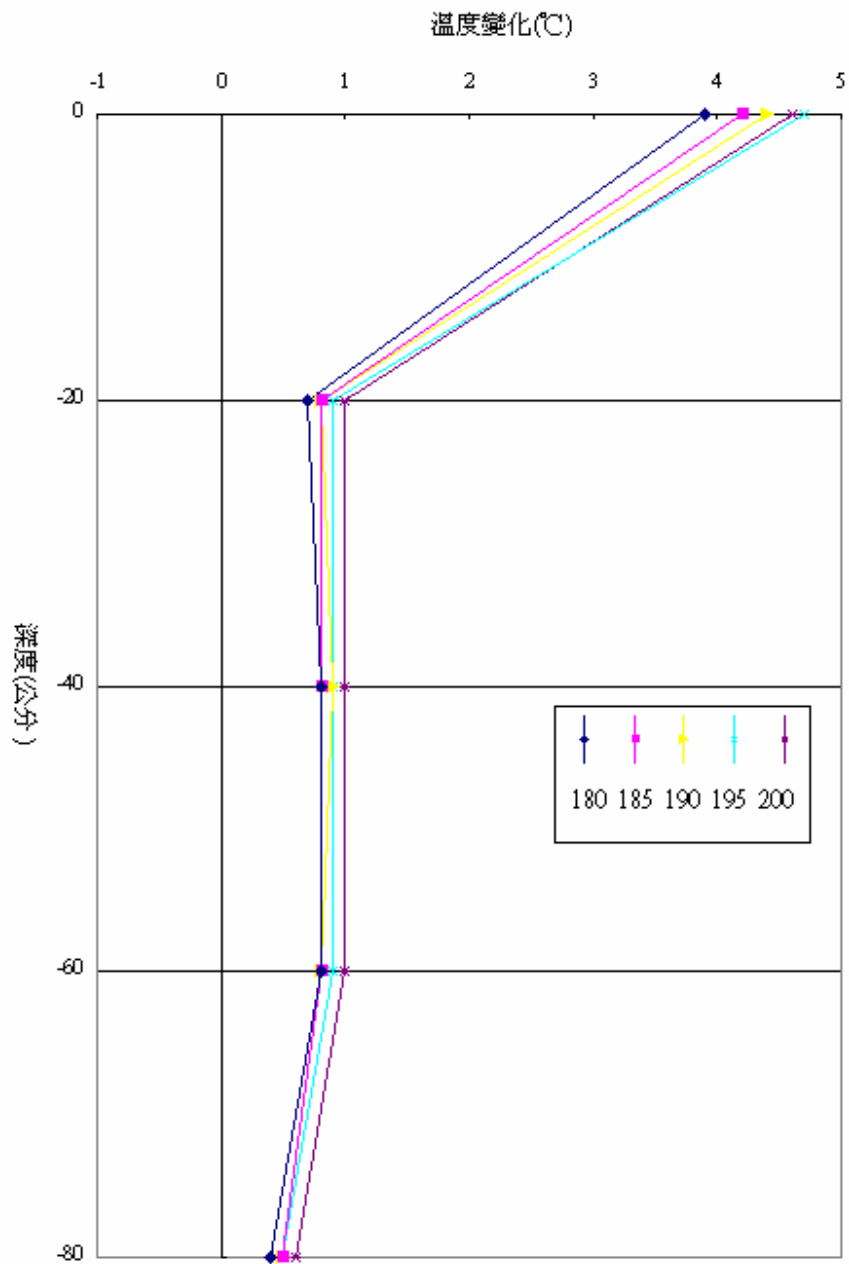
- (1) 表層溫度仍在持續上升。
- (2) 各層溫度略有上升或下降，但是最後水溫的分佈，仍然大致維持一樣。

## 6. 第 125~175 分鐘



- (1) 表層溫度持續上。
- (2) 各層溫度有上升或下降，但是最後水溫的分佈，仍然大致維持一樣。

## 7. 第 175~200 分鐘

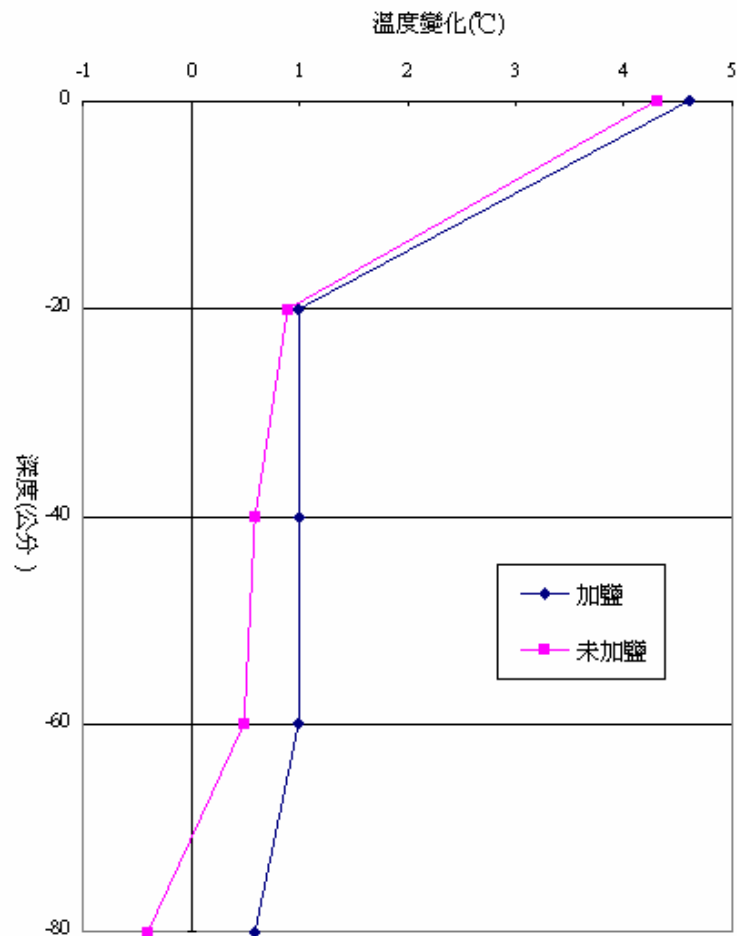


- (1) 各層溫度隨時間的變化漸趨一致，都緩緩地上升了約  $0.3^{\circ}\text{C}$ ，僅有表面上升速度較快，約達  $0.8^{\circ}\text{C}$ 。
- (2) 20cm 以下，水溫都大致相同。

## 六、討論

### 1. 燈照加熱之後的結果

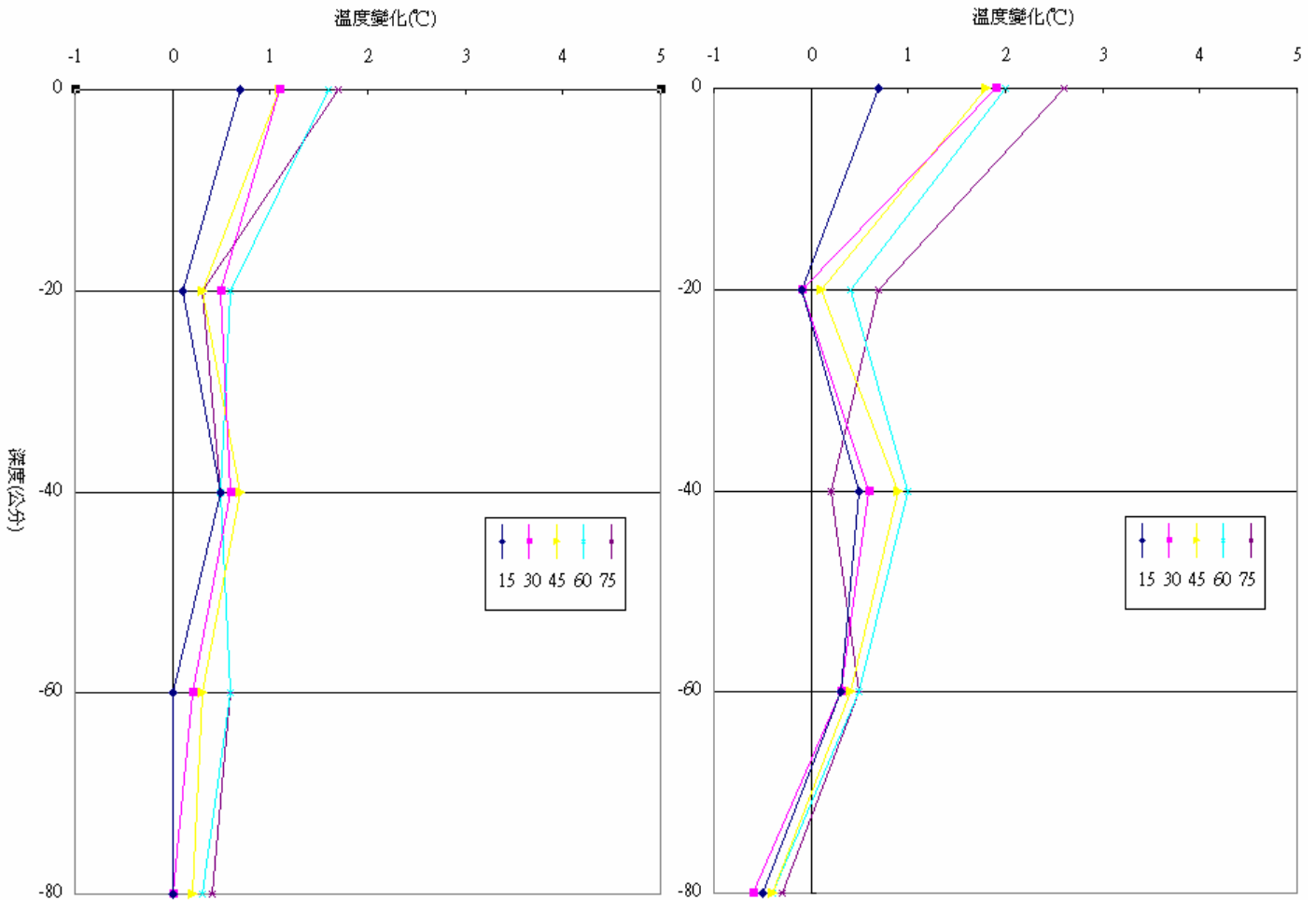
不論是否水中有加鹽，在燈照之後的結果均顯示，表層溫度上升顯著，並在深度 20 公分範圍內迅速降低，從 20 公分以下則溫度相當一致，都比實驗最初要上升了  $1^{\circ}\text{C}$ ，而比最表面的溫度低  $4-5^{\circ}\text{C}$ ，顯見藉由燈照加熱確實可以形成類似海水溫度垂直變化中的斜溫層及恆溫層。



### 2. 最底層的水溫

不論是否水中有加鹽，在燈照之後，最底層的溫度都稍低，特別是未加鹽的水底層溫度甚至比開始的時候還低了約  $1^{\circ}\text{C}$ 。底層溫度偏低，應該是受密度和長時間光照的影響，水接受光照所產生的熱使的水的密度變小，較熱的水密度變小，水團上升，因而相對的較冷的水密度較大所以下沉。

### 3. 加熱的過程



有加鹽的水溫變化

未加鹽的水溫變化

在燈照加熱的過程中，我們可以很明顯發現在前 75 分鐘，未加鹽的水表層溫度已經上升了 3-4°C，但是加了鹽的水僅上升了 1°C。除此之外，在整個加熱過程中，未加鹽的水在各層的溫度變化非常劇烈，但是相對加了鹽的水水溫變化則相當穩定。這很可能是因為純水在加熱後所產生的密度變化要比鹽水的密度變化來得大，因此純水各層一但有了溫度造成的密度變化，水團就會迅速上升或下降移動，造成各深度水溫變化顯著，但是鹽水因加熱所產生的密度變化則小得多，因此水溫變化相對穩定。

同樣的道理，從最初一開始加熱，純水的表層水溫就迅速上升，可能就是接近表層有被加熱到的水密度就迅速降低而上升，造成表層水溫迅速上升，而鹽水的水溫變化則顯示單純地越接近表層溫度上升越多，可能就是沒有水團的移動，而只有單純熱的傳導。

這也造成了溫度較低，密度較大的冷水，在純水實驗中迅速降低到底層，但是鹽水的底層溫度則沒有顯著地比較低。

#### 4. 未來的工作

我們都知道，海水的水溫垂直分層中，最頂層還有溫度大致不變的混合層，我們希望接下來可以在我們的實驗中，加入頂層的攪拌，模擬海浪的攪拌作用，相信同樣可以模擬出混合層溫度變化的特性。

除此之外，我們相信表層和底層的洋流，包括冷流和暖流，也都會影響海水水溫的垂直分布，我們同樣希望探討洋流所造成的影響。

## 七、結論

1. 藉由我們的實驗，可以模擬出淡水及海水在受到日光加熱後，水溫的垂直分布，包括斜溫層及恆溫層的變化，同時我們將加入攪拌的動作，以模擬出混合層的溫度變化特性。
2. 根據我們的實驗結果顯示，在受到日光加熱時，海水的水溫變化相當穩定，可是如果我們的海洋是淡水而非鹽水，則恐怕溫度的變化就會非常劇烈，而對海洋生物造成莫大影響。
3. 未來我們將加入洋流對水溫垂直分布變化的研究。

## 八、參考資料及其他：

海洋科學導論 馮士筳 李鳳歧 李少菁 藝軒出版社

<http://www.divingtaiwan.idv.tw/diver4.htm>

[http://science.yam.com/weather/system/sys003\\_05.html](http://science.yam.com/weather/system/sys003_05.html)

<http://www.gcc.ntu.edu.tw/multidisciplinary/海洋系統科學/>

<http://www.ncor.ntu.edu.tw/keep/generalocean/Physics/physic01.html>

<http://www.geos.ntnu.edu.tw/sea/sea91/1/temp.htm>

<http://ms3.bdh.kl.edu.tw/~c9101/file03/index%20.htm>

<http://w3.csghs.tp.edu.tw/earth/study/index.htm>

[www.nani.com.tw/big5/node/2003-09/23/default.htm](http://www.nani.com.tw/big5/node/2003-09/23/default.htm)

<http://www2.ccs.kh.edu.tw/33/107/13/sea2.htm>

<http://lincad.epa.com.tw/%ae%fc%acv%c0%f4%b9%d2.html>

<http://library.kmsh.tnc.edu.tw/science/content/1990/00070247/0006.htm>