

高雄市都會區夏季溫濕效應與 人體舒適度之研究

鄧財文
莊福泰

中央氣象局恆春氣象站
高雄市立瑞祥高中

103年天氣分析與預報研討會

大綱

- 壹、研究動機、目的與資料
- 貳、研究理論
- 參、結果
- 肆、討論
- 伍、結論與未來研究

研究動機、目的與資料

- 高雄市氣候特徵-熱帶季風氣候
- 夏季最高氣溫 $\geq 30^{\circ}\text{C}$ 的日數

| 地名 | 五月 | 六月 | 七月 | 八月 | 九月 | 合計 |
|----|------|------|------|------|------|-------|
| 臺南 | 24.0 | 25.6 | 28.5 | 28.0 | 26.9 | 180.7 |
| 高雄 | 22.8 | 25.1 | 28.2 | 27.1 | 26.3 | 165.7 |
| 嘉義 | 21.2 | 25.6 | 28.8 | 28.0 | 25.2 | 163.2 |
| 恆春 | 23.0 | 24.7 | 27.5 | 26.3 | 23.6 | 164.3 |

(資料來源:氣象局官網, 1981-2010)

- 夏季(5-9月)平均相對濕度76.9~80.5%

研究動機、目的與資料

- 高雄都會區高溫+高濕環境

- 1. 人體舒適度？如何量化？
- 2. 量化指數-溫濕指數(THI)
- 3. 指數年際變化(全球暖化?)
- 4. 高指數天氣類型及特徵



- 資料:1983-2012年高雄氣象站氣象觀測資料

研究理論

一、人體熱平衡機制與溫、濕度

- $T_{\text{空氣}} = 28^{\circ}\text{C} \rightarrow T_{\text{皮膚}} = 34^{\circ}\text{C}$ 熱平衡/舒適
- $T_{\text{空氣}} \geq 28^{\circ}\text{C} \rightarrow$ 血管擴張 \rightarrow 散熱
- $T_{\text{空氣}} > 30^{\circ}\text{C} \rightarrow$ 排汗散熱 不舒適增加
- $T_{\text{空氣}} > 35^{\circ}\text{C} \rightarrow$ 調節失衡 \rightarrow 中暑、熱衰竭

- 排汗 \sim 相對溼度及風速
(高雄市夏季平均風速 2.3 \sim 2.6 m/s)

研究理論

二、溫濕指數(Thom, G. C., 1959, Discomfort Index, DI)

$$THI = T - 0.55(1 - 0.01RH)(T - 14.5)$$

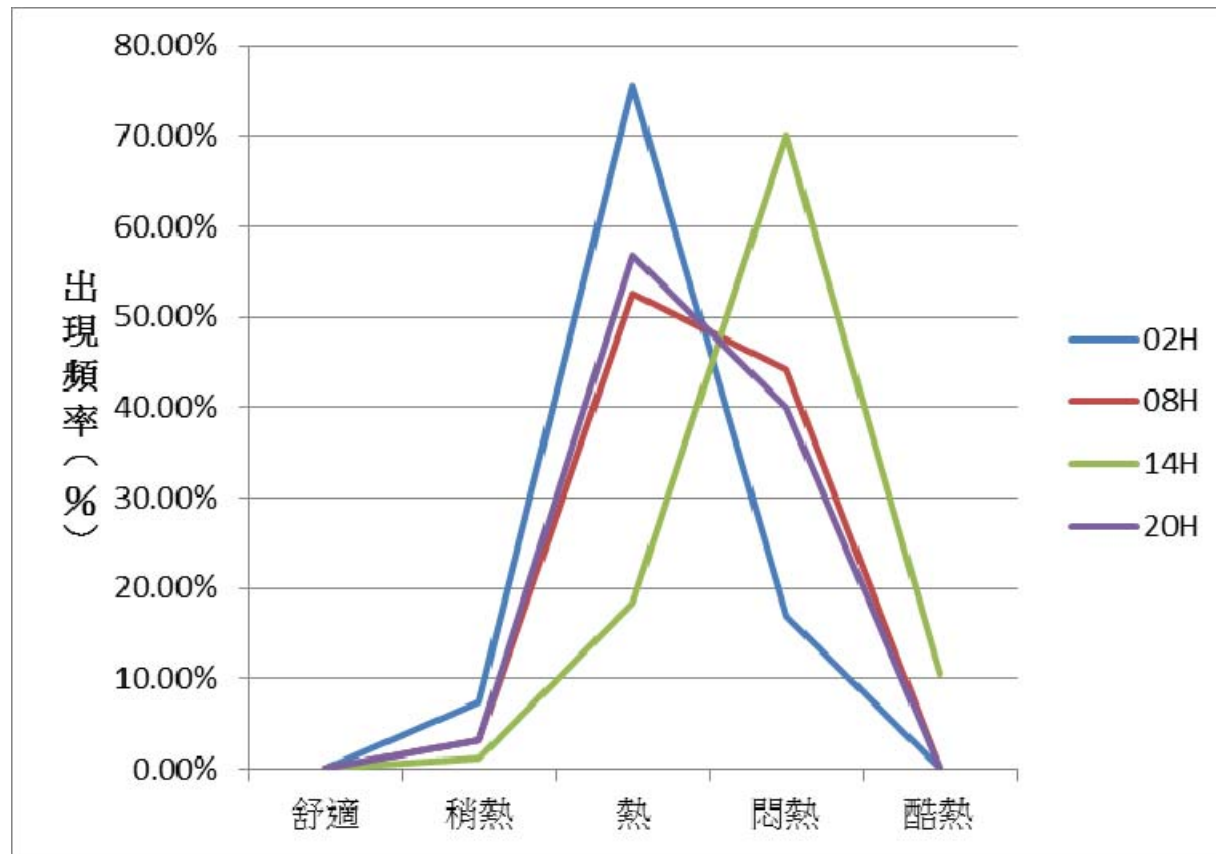
| | | | | | |
|-------|--------|-----------|-----------|-----------|---------|
| 指數範圍 | 21以下 | 21.1-23.9 | 24.0-26.9 | 27.0-29.4 | 29.5以上 |
| 人體舒適度 | 舒適(0%) | 稍熱 | 熱(50%) | 悶熱(100%) | 酷熱(易中暑) |

研究理論

- 不同時段的溫溼度指數對居民的影響不同
- 02H：THI的高低對居民夜間休息影響很大，若THI高，濕熱的環境條件使居民難以得到充分的休息，影響次日的工作。
- 08H：大約是居民外出工作的出行時間，THI高低基本上決定了一天內工作時不舒適感的時間長短
- 14H：處於一天中THI最高的一段時間，不舒適程度最強，極端的高溫高濕容易導致熱中暑的發生。
- 20H：將開始休息，較高的THI不利於工作疲勞的恢復，特別是長時間的處於高THI的環境中，容易對老年體弱者和兒童造成熱傷害。

結果

一、各時段THI統計分布



各時段THI頻率分布

| 人體舒適度(THI) | 舒適(<21) | 稍熱(21~23.9) | 熱(24~26.9) | 悶熱(27~29.4) | 酷熱(>29.5) |
|------------|---------|-------------|------------|-------------|-----------|
| 02H | 0.07% | 7.41% | 75.60% | 16.93% | 0.00% |
| 08H | 0.07% | 3.20% | 52.55% | 44.18% | 0.00% |
| 14H | 0.00% | 1.11% | 18.39% | 70.09% | 10.41% |
| 20H | 0.02% | 3.25% | 56.84% | 39.89% | 0.00% |

| 時段 | 溫度(°C) | 相對溼度(%) | THI |
|-----|--------|---------|------|
| 02H | 27.0 | 83.7 | 25.9 |
| 08H | 28.3 | 78.7 | 26.6 |
| 14H | 30.6 | 72.2 | 28.1 |
| 20H | 28.0 | 79.7 | 26.5 |

各時段THI頻率分布

- 1983~2012高雄市夏季各時段之相對濕度、氣溫分布

| 時段 | <60% | 60%~70% | 70%~80% | 80%~90% | >90% |
|-----|-------|---------|---------|---------|--------|
| 02H | 0.11% | 1.81% | 23.59% | 57.10% | 17.39% |
| 08H | 0.31% | 9.50% | 48.74% | 31.13% | 10.33% |
| 14H | 3.53% | 38.89% | 41.13% | 10.50% | 5.95% |
| 20H | 0.70% | 6.99% | 43.22% | 37.78% | 11.31% |

| 時段 | <26°C | 26°C~29°C | 29°C~32°C | 32°C~35°C | >35°C |
|-----|--------|-----------|-----------|-----------|-------|
| 02H | 22.18% | 71.66% | 6.17% | 0.00% | 0.00% |
| 08H | 9.52% | 52.05% | 38.30% | 0.13% | 0.00% |
| 14H | 4.10% | 14.05% | 55.56% | 25.95% | 0.35% |
| 20H | 10.76% | 58.76% | 30.44% | 0.04% | 0.00% |

各時段THI頻率分布

- 白天高THI與高的氣溫有關
- 14時酷熱日=498天(93% \geq 32°C)

| | | | | | |
|-----|-------|-----------|-----------|-----------|-------|
| 溫度 | <26°C | 26°C~29°C | 29°C~32°C | 32°C~35°C | >35°C |
| 百分比 | 0.00% | 0.00% | 6.28% | 90.38% | 3.35% |

| | | | | | |
|------|-------|---------|---------|---------|-------|
| 相對濕度 | <60% | 60%~70% | 70%~80% | 80%~90% | >90% |
| 百分比 | 5.23% | 49.58% | 43.31% | 1.88% | 0.00% |

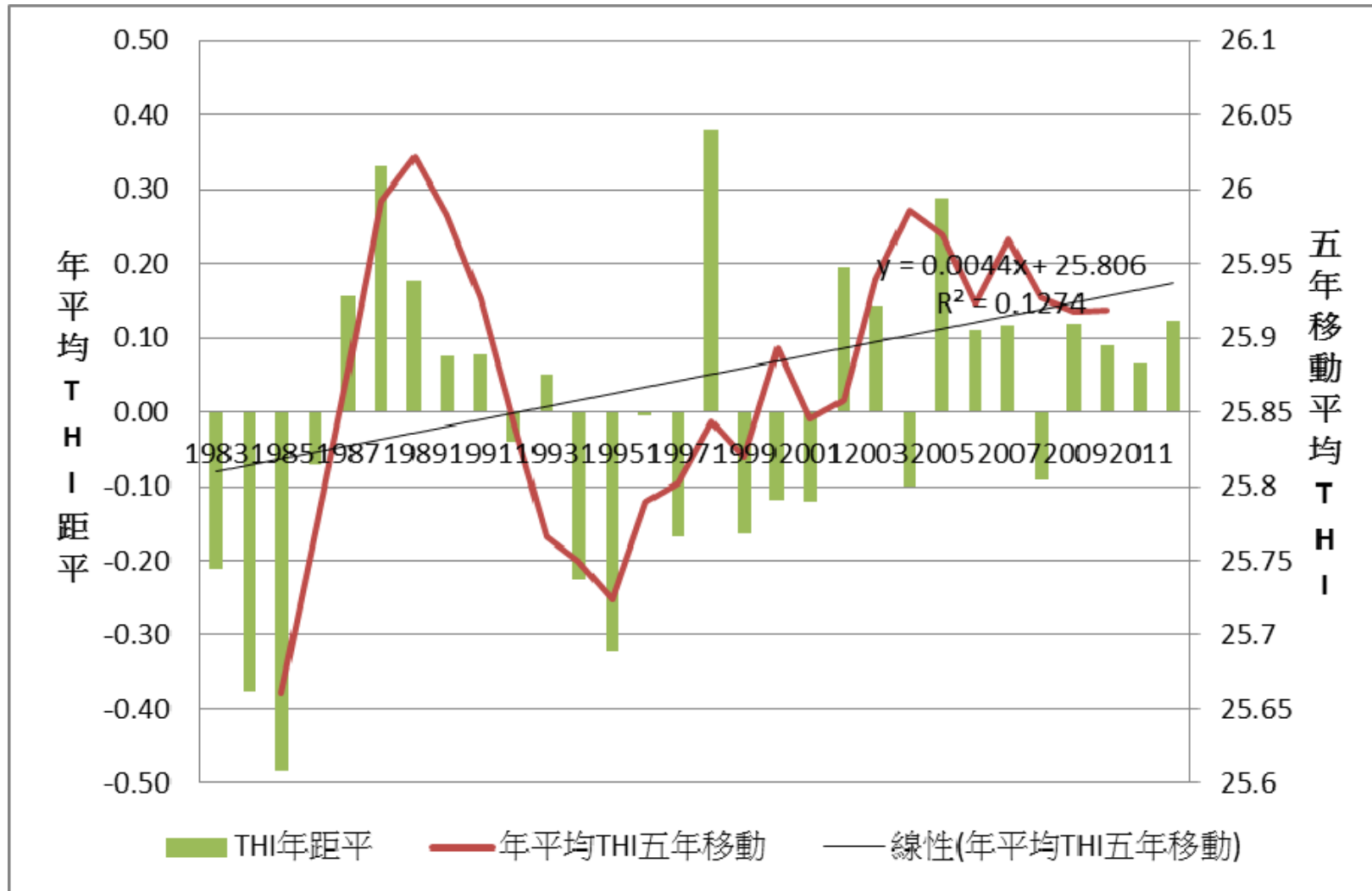
各時段THI頻率分布

- 一天之中持續性悶熱以上不舒適感

| 項目 | 02H、08H、14H、20H均達悶熱以上 | 08H、14H、20H均達悶熱以上 |
|----|-----------------------|-------------------|
| 日數 | 571 天 | 1366 天 |
| 頻率 | 12.44% | 29.76% |

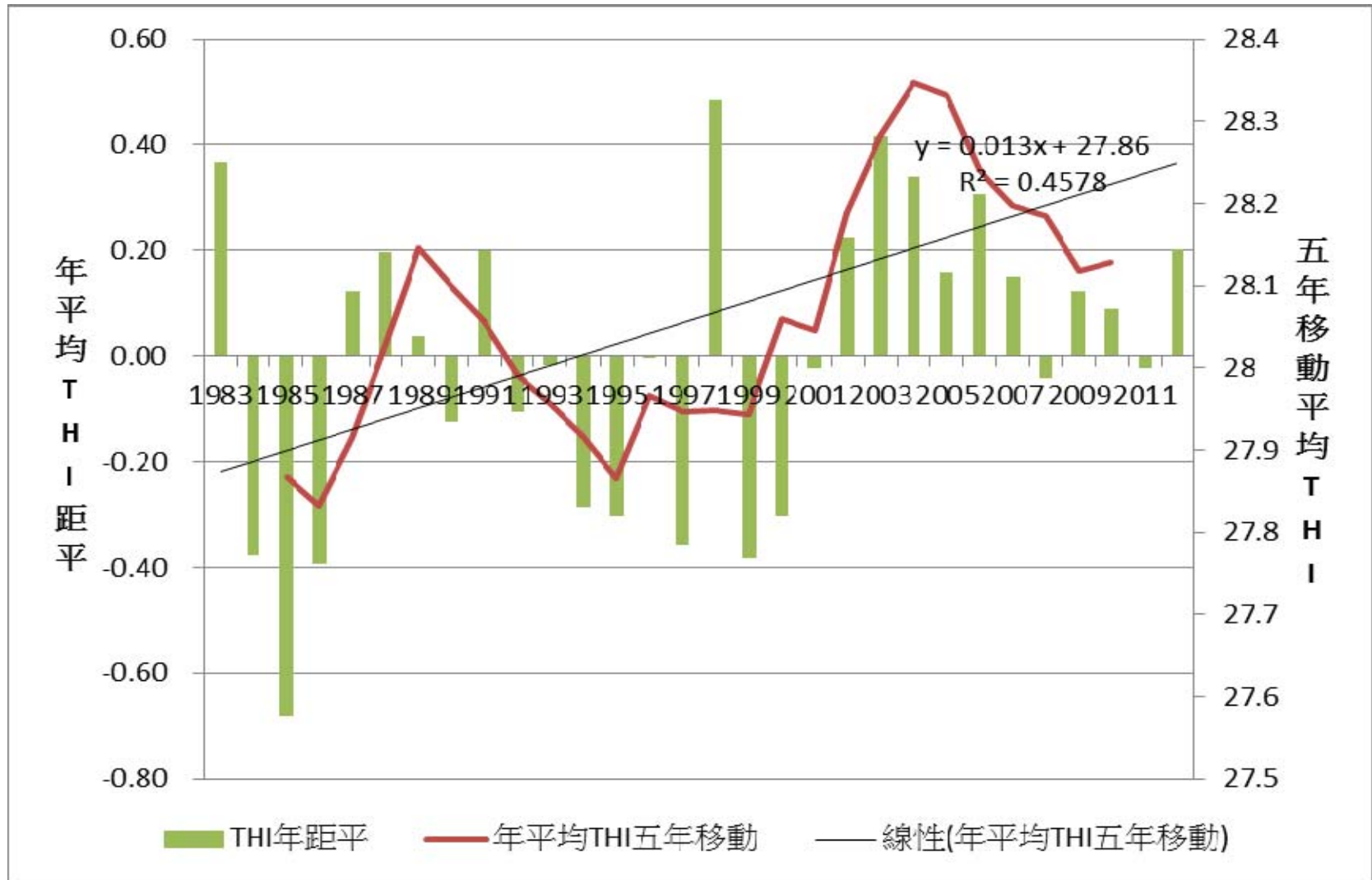
溫溼指數與溫度之年際變化

(一)02時THI



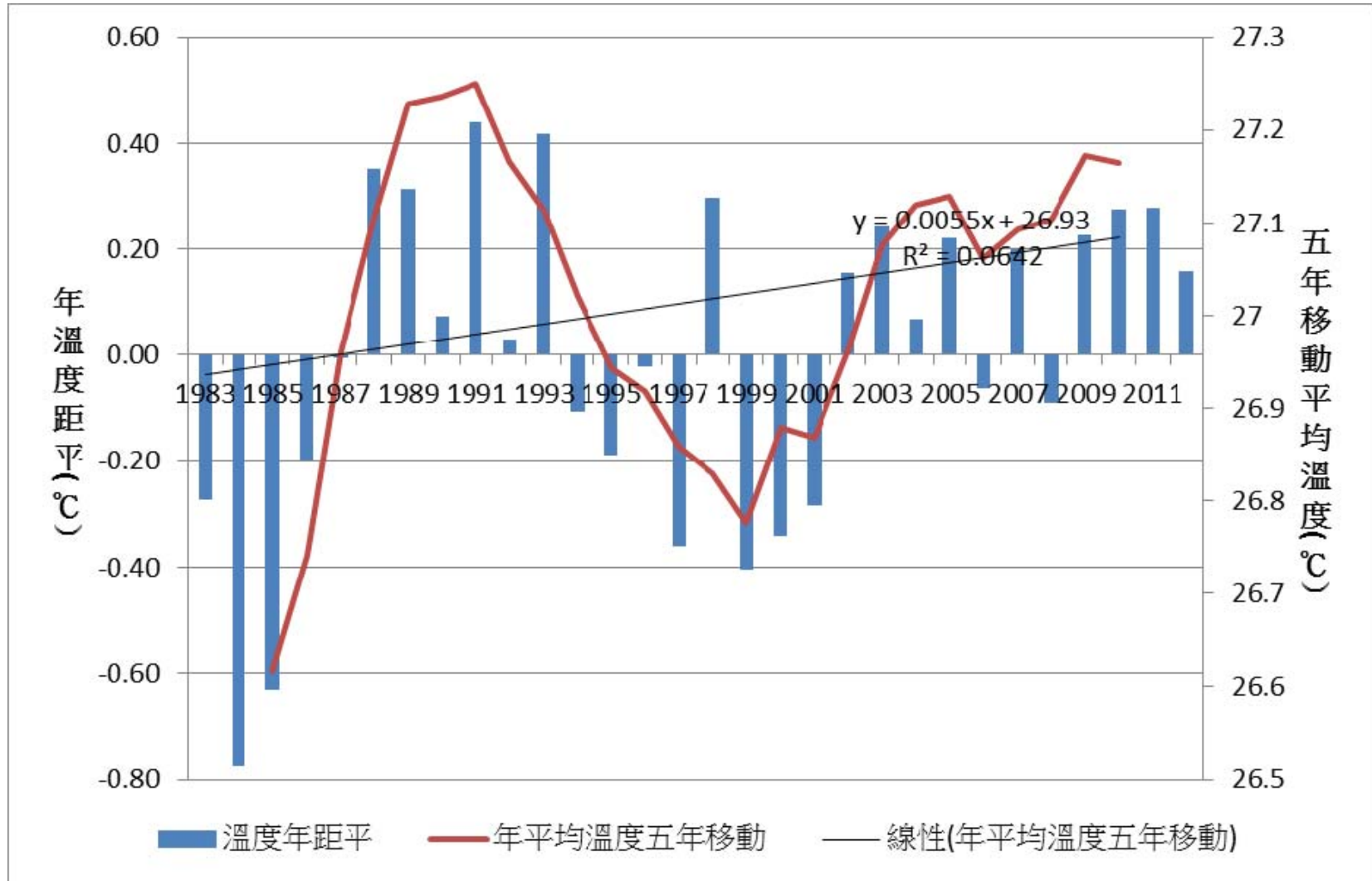
溫溼指數與溫度之年際變化

(二)14時THI



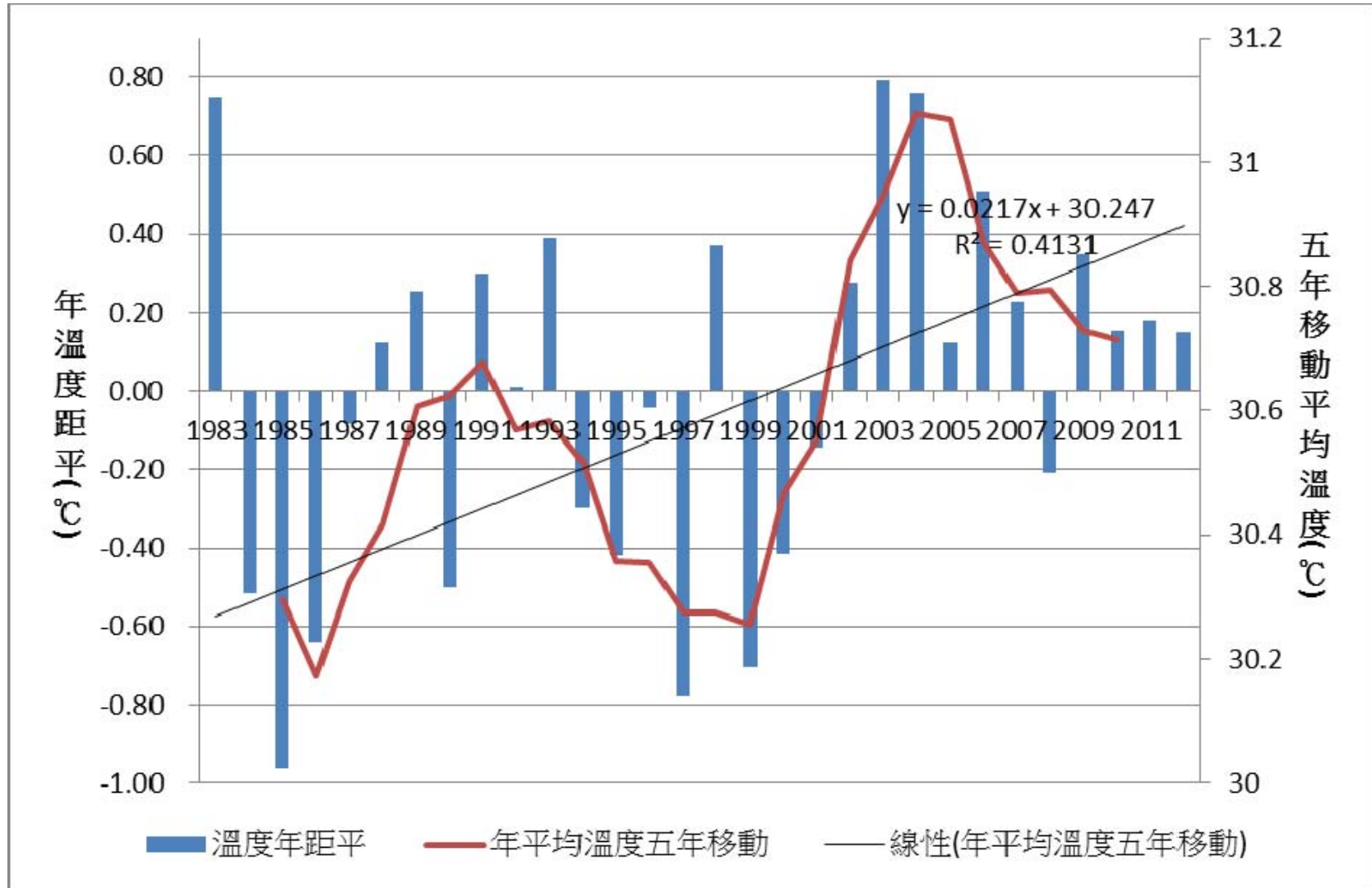
溫溼指數與溫度之年際變化

(三)02時溫度



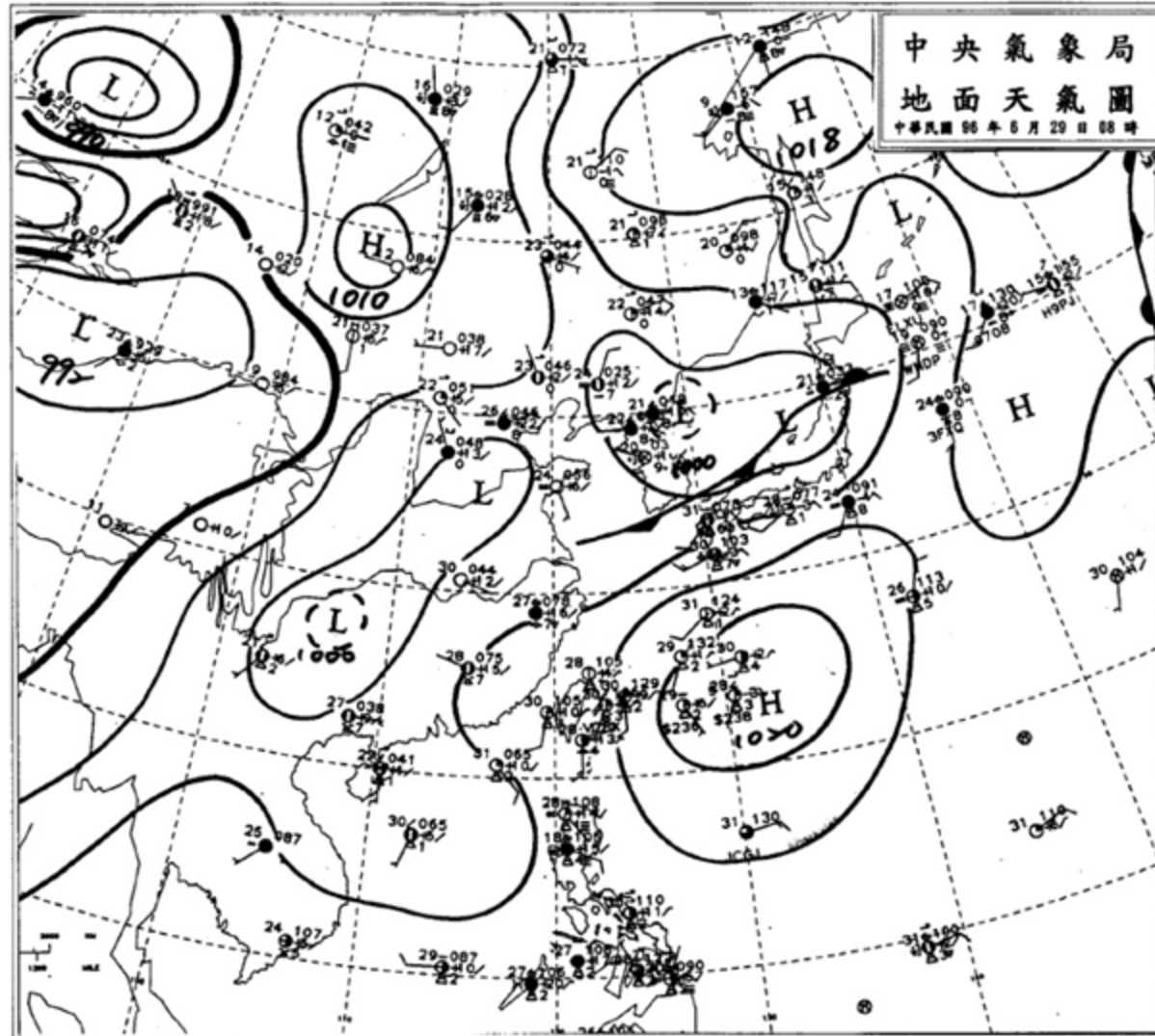
溫溼指數與溫度之年際變化

(四) 14時溫度

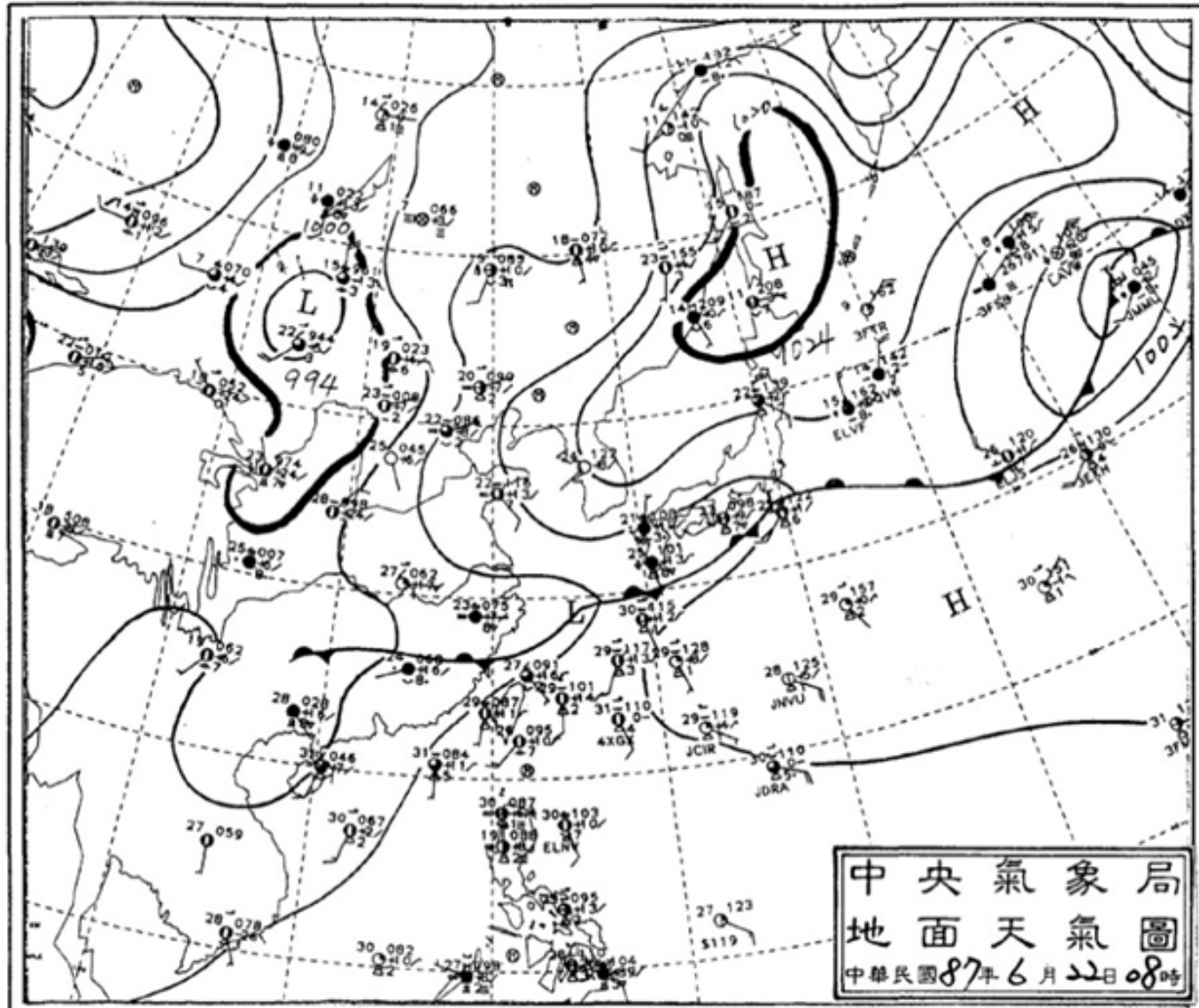


高溫濕天氣類型

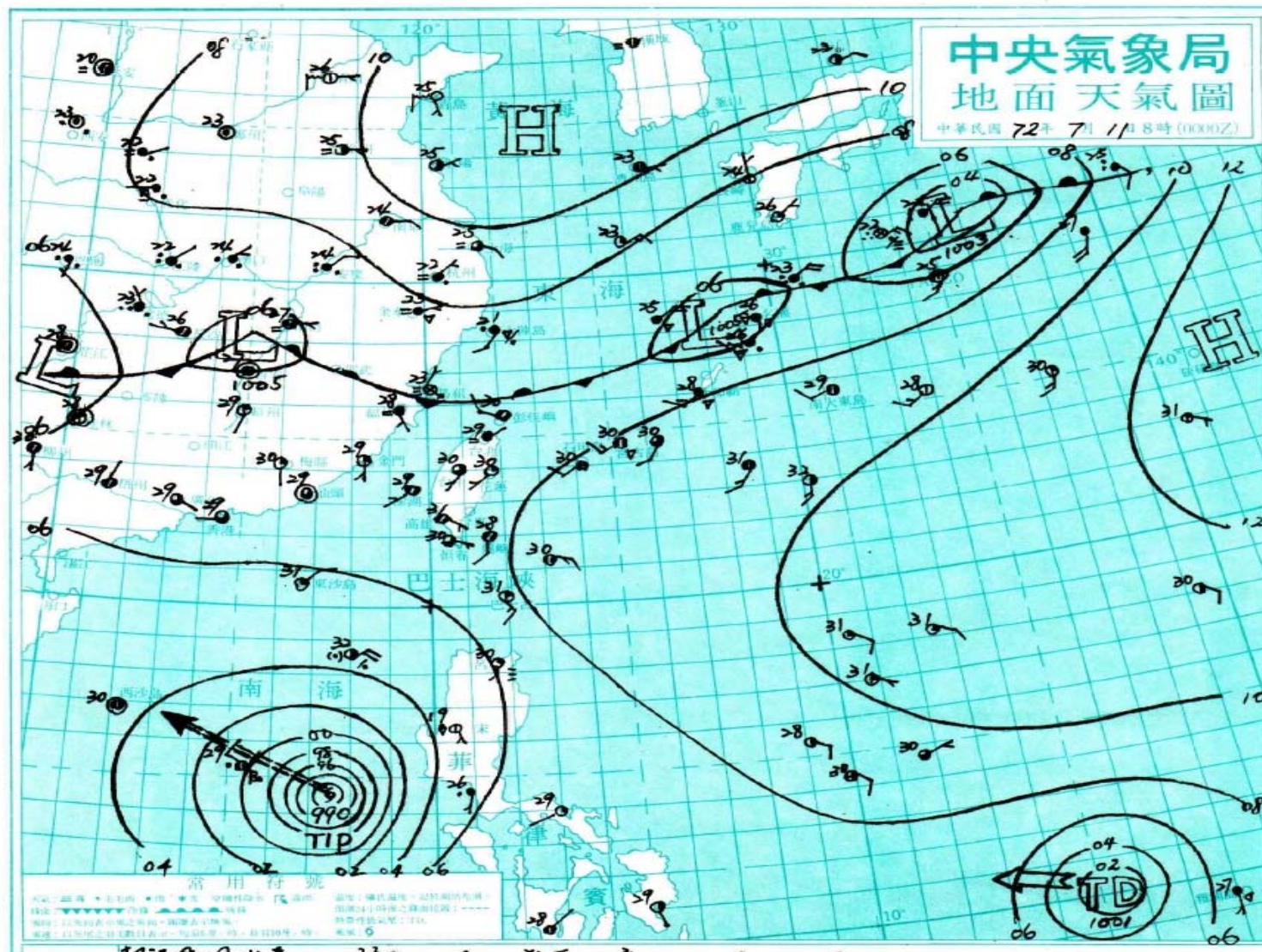
- 一、太平洋高壓型



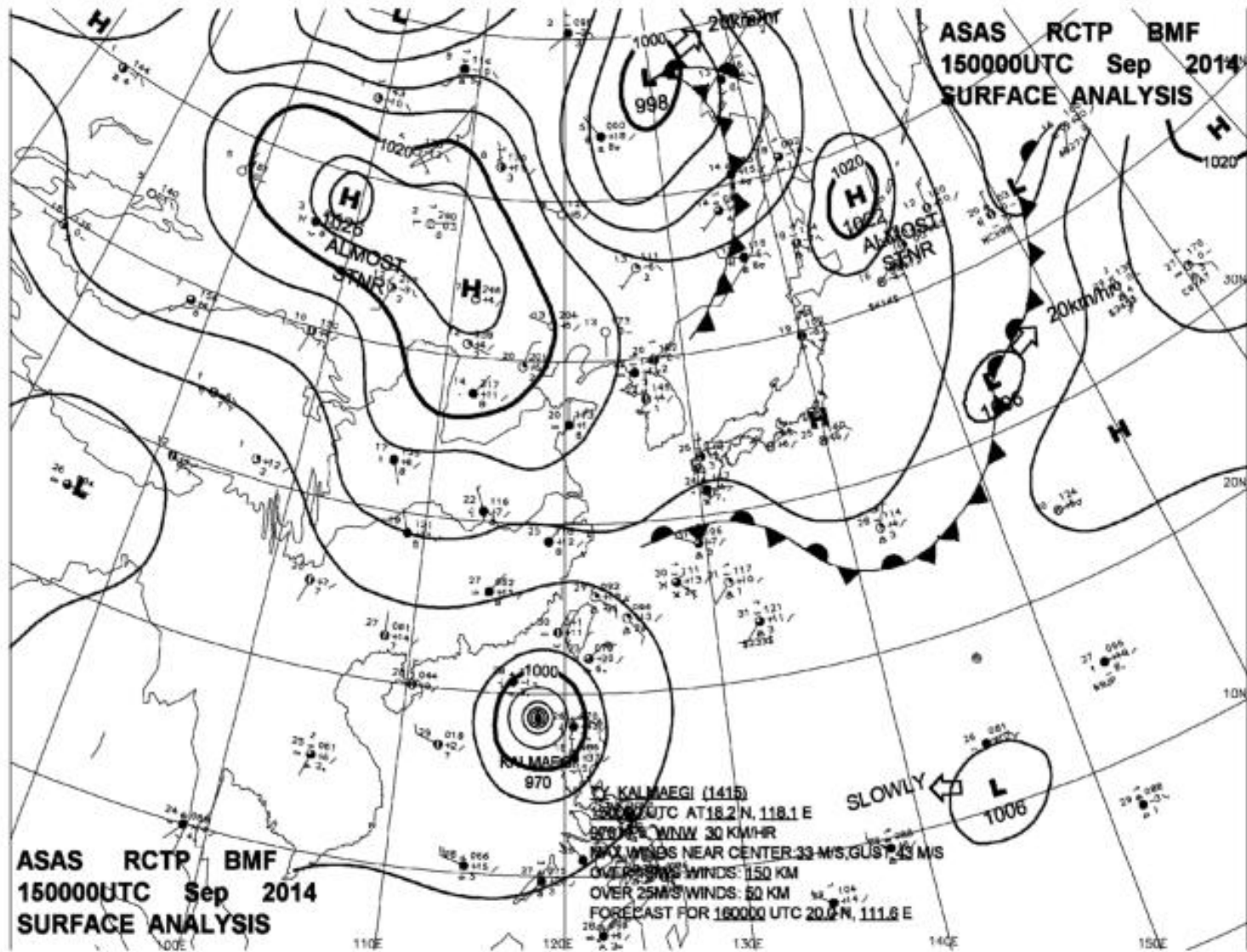
二、鋒面前暖區型



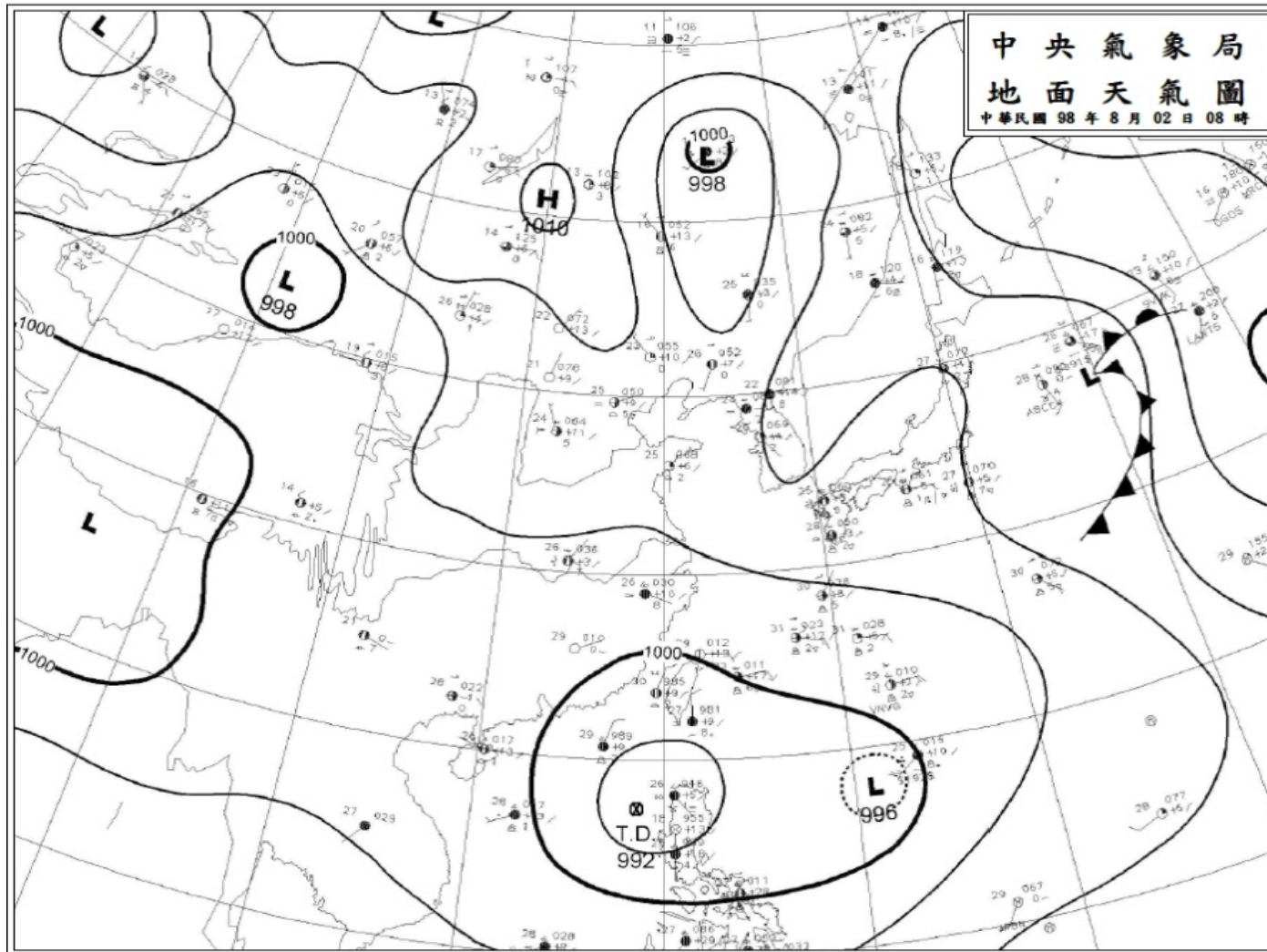
三、西行颱風搭配太平洋高壓型



三、西行颱風搭配太平洋高壓型

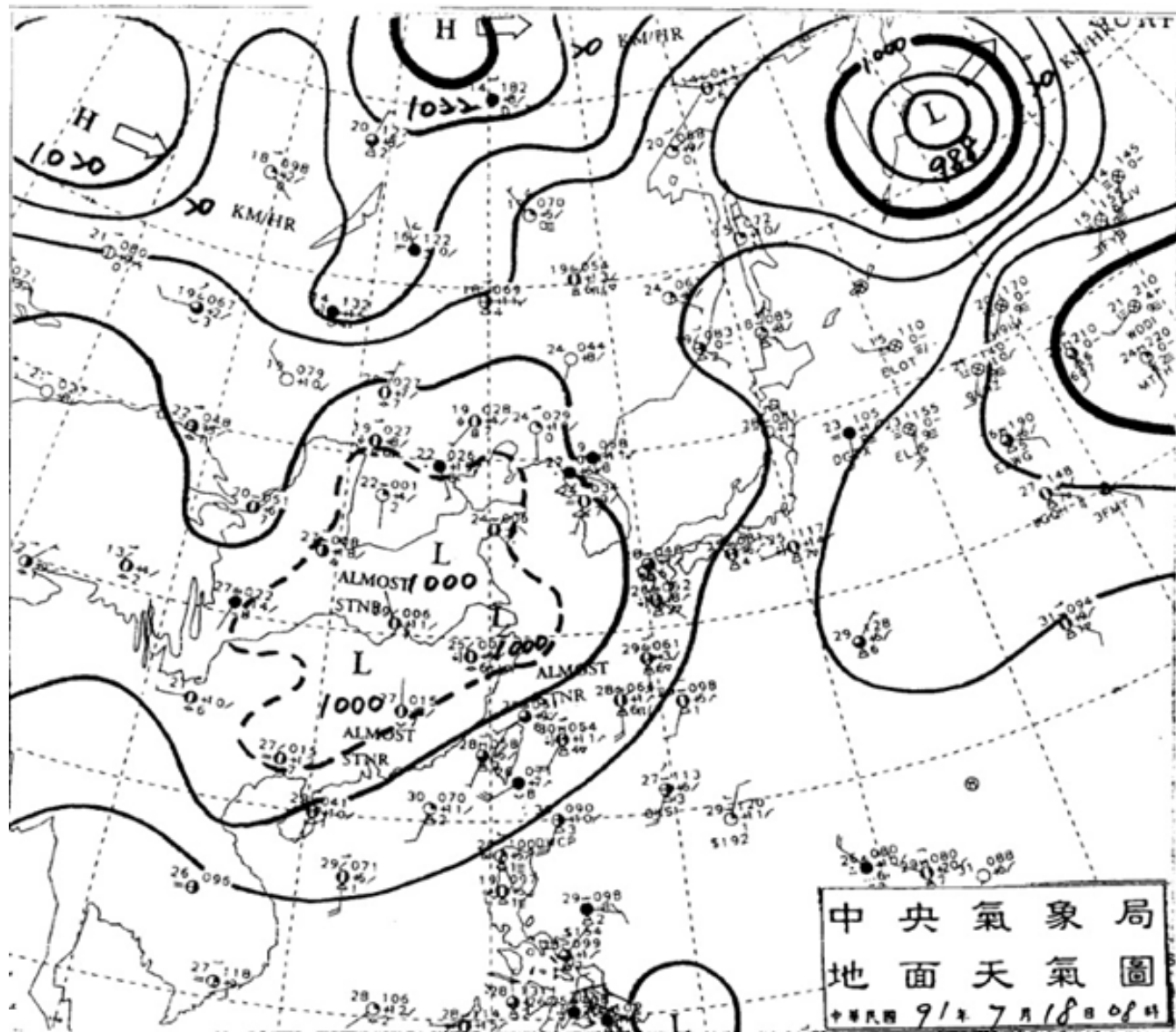


四、南方低壓擾動型



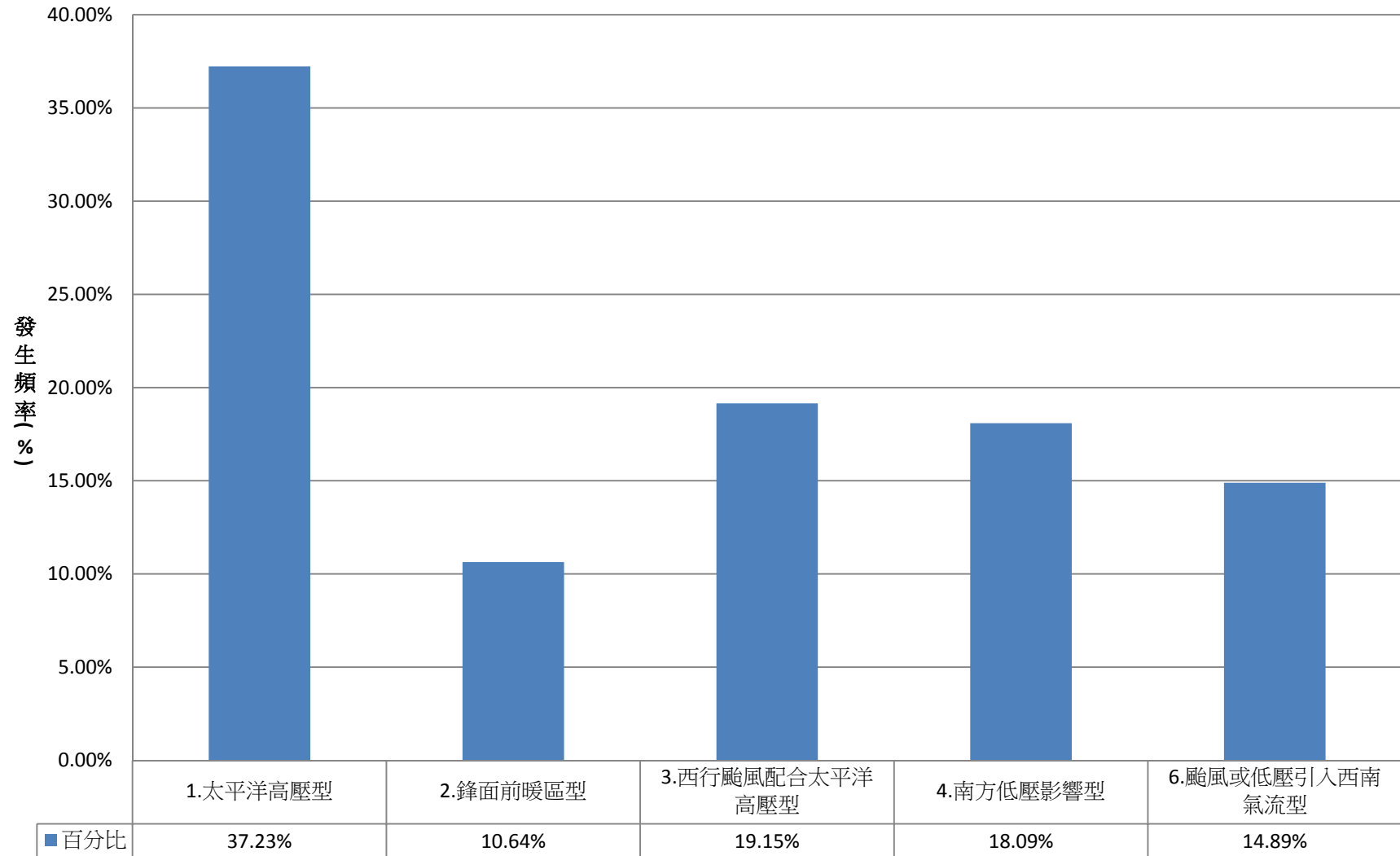
- 熱低壓出現在台灣南方海域與呂宋島一帶
- 與第三型比較，氣溫較低，濕度較高

五、颱風或低壓引進西南氣流型

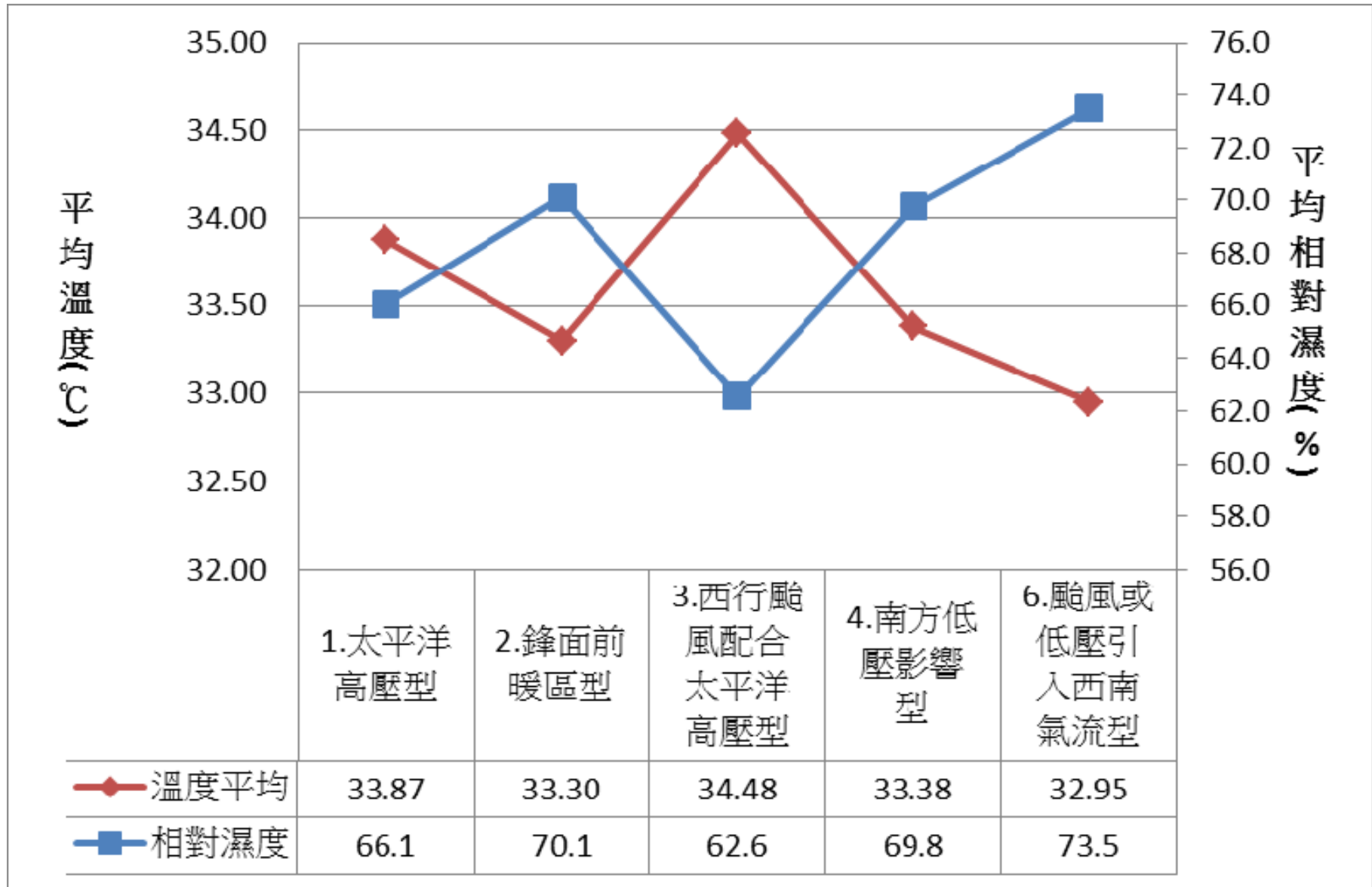


- 高濕西南風
- 濕度最大

各天氣類型出現頻率



各天氣類型溫溼度比較



討論

一、夜間高溫濕指數不利睡眠與休息，
02時熱不舒適比例達92%，20時則高達
97%。

二、白天08時熱不舒適比例高達96.7%
14時則達98.9%

幾乎整個夏季都在高溫濕不舒適狀態
14時酷熱頻率達10.4%，戶外工作有
熱中暑危險

討論

- 三、夜間高溫濕不舒適-高濕度造成
- 02時-83.7%
- 20時-79.7%
- 白天高溫濕不舒適-高溫造成

14時-30.6度(平均)

$\geq 32^{\circ}\text{C}$ 26.3%

討論

- 四、持續長時間不舒適

- 全天 12.4%

- 8AM-8PM 29.8%

- 五、高溫濕指數與氣溫呈現升高趨勢，白天大於夜間

- 14時 0.013/yr (THI)

- 0.022°C/yr (>0.014/yr)

討論

- 六、高溫濕指數五大天氣類型，
 - 1. 太平洋高壓型，
 - 2. 鋒面前暖區型，
 - 3. 西行颱風配合太平洋高壓型，
 - 4. 南方低壓影響型，
 - 5. 颱風或低壓引入西南氣流型

- 14時-酷熱預防

結論與未來研究

- 由過去1983~2012年高雄市夏季逐時氣象觀測資料分析顯示，高雄市都會區是一個高溫溼指數的地區，夏季夜間雖然人體舒適度稍微減緩，但白天幾乎都有持續性的高溫溼指數，對於戶外工作、戶外活動和運動(尤其是學校體育課的安排)都應注意各項預防中暑的措施。
- 近30年高雄市夏季的溫溼指數和氣溫的逐年上升速度，初步觀察比台灣都會地區百年平均值要高，未來可將溫溼指數的研究擴及全年和其他城市，進一步探討是高雄市的獨特的現象還是近代升溫速度的加速，或是其他因素的影響。
- 本研究提出高溫溼指數發生的五大類天氣狀態，可進一步研究這五大類天氣型態不同溫溼指數的分布頻率，以進一步理解這五大類天氣型態產生高溫溼指數天氣的機率。
- 高雄三伏天氣的氣候學定義與劃分
- 台南都會區對比研究