

臺灣氣候變化之趨勢與週期

劉衍淮

Tendency and Periodicity of the Climatic Changes in Taiwan

Yen-huai Liu.

Abstract

A statistical analysis is applied to the meteorological records of Taiwan, including temperature, precipitation, and atmospheric pressure during the 64 years 1897~1960, to determine whether climatic tendency or periodicity in variations exists. The following results are found:

1) Tendency: During the 64 years, the annual temperature indicates a clearcut warming tendency, especially in the 5 year, 10 year, 20 year and 30 year means. Mean temperature of the sixth decade is 0.7 °C higher than that of the first decade in this century. The 20 and 30 year means of January temperature in Hengchun show also warming trend, and July temperature of Taipei and Hengchun was high too.

There was no general trend in precipitation could be found. Mean July air pressure of the last 30 years is 0.6 mm and 0.7 mm higher than before at the two Taiwan stations. The change in the mean pressure follows with the change of general circulation of the atmosphere, and the mean temperature changes. The positive changes of temperature in Taiwan during 1897~1960 are consistent with what Brooks and Conover pointed. The global temperature trends went upward approximately from 1885 to 1940. These trends seem to be a part of the climatic secular variation.

2) Periodicity: The variations of temperature - precipitation and air pressure - indicate clearly climatic cycles of 3~4 years. Mean period of such cycles is 3.6 years. From observational evidences of other parts of the world, Lockyers, Braak, Defant and others found climatic periodicity of about the same length. In Taiwan, the precipitation and air pressure show also cycles of 5~7 years. Temperature and precipitation reveal even cycle of 10.7 years, which was close to the 11 year sunspot cycle, and equals with the composite period of three 3.6 year cycles. Longer periods which we can find here, are cycles of 13~16, 21~22, 30~40, 60 and years more. Among these cycles, the 3~4 year cycle is the most clear and remarkable one. The cause of such climatic variations may be partly due to the variations of solar activity,

¹ 本研究之完成，得國家長期發展科學委員會之補助。

such as sunspots. Its main cause was due to the changes in general atmospheric circulation, which may have no external cause. The result from the interaction of the winds, ocean currents and others which we thought to be relevant but our knowledge, under the present state, is still inmeasurable.

The periodicity of the climatic oscillation in Taiwan indicated that they may not be possible for the application to long-range weather or climate forecasts. However, if any one wishes to make a prediction on the climatic changes in coming years the result of this paper probably may be used as a reference for their differentiations.

一、序論

(一) 歷史年代中氣候變化問題

歷史年代中氣候變化之證據甚多，大致可分為：
1. 儀器及非儀器觀測之記錄，2. 有關氣候變化及天氣災害之傳說與實錄，3. 地文人文之變遷，4. 古樹年輪表現之生長情況，5. 其他自然現象之變化等。非儀器之觀測記錄，可追溯甚遠，可分為有系統者及偶然者二類。後者如嚴冬及河流結冰期之記載，歐洲有千餘年來之資料。用儀器所作之系統氣候觀測，約在三百年前開始，但初期所用儀器不够精確，且安裝不妥，故不能與後期之觀測比較，而作為氣候變化之論據，因之，可供直至現今氣候變化論斷之可用儀器觀測資料，僅屬十八世紀中葉二百年來者。至於此前數千年之氣候資料，惟有求諸觀測以外之歷史證據。因記錄片段之殘缺不全，以及種種自然現象或人文變遷與氣候關係複雜錯綜，故對歷史年代中氣候變化問題之研究，衆說紛紜，結論不一，但綜合一般可信之意見，吾人可略謂在歷史年代中氣候有如下之變化：

亞洲、歐洲、北美及北非，因有許多證據與記錄，歷史年代中氣候之變化，頗為明顯，約自西曆紀元前五千年至三千五百年，氣候溫和而多雨，為一氣候最佳時期。此後直至大約紀元前五百年之三千年之期間，大體為乾燥微冷之氣候，曾有數次之大旱，每次為期約一世紀許。紀元前五百年約至基督降生之五百年，期中多風饒雨，氣候較前為冷。西曆紀元後之1250年，大體溫和乾燥，約在西曆第八世紀中。現今冰雪載道無法通行之東格陵蘭，曾有移民村落190個，教堂12座，修道院2座，並駐有主教，足徵此期氣候緩和，冰雪較少，西曆1250～1400年之半世紀又為多雨多風之期，而1400～1600之十五及十六世紀則為冷而少雨之期，1600～1850之二百五十年為著名之小冰期，各地冰河顯有前進，擴張至第四紀冰期以來之最大範圍。1850年以後變暖，至本世紀

氣候變暖之趨勢更顯。

由中國史書中有關旱災水災以及嚴霜劇寒等之記載，可以見出兩千年來我國氣候之變化大致如下：西曆第一世紀比較乾旱，二、三世紀雨量較多。四世紀最為乾旱，六世紀乾而冷，七世紀乾而暖和，九世紀冬寒頗甚，十二至十四世紀寒冷多雨，十五世紀為乾旱及暖和時期，十八、十九世紀又為多雨而冷之期，第二十世紀則趨乾燥暖和。

(二) 氣候變化之一般報告或結論

在歷史年代之數千年中世界各地區之氣候，雖見有週期性之變化，但氣候類型古今一致，並無若何改變，即不見有由熱變冷，由濕變乾，或與此相反之逐漸改變之趨勢，斯皮士奈德（C.J.H. Speerschneider）由審慎之丹麥海面690～1860年間結冰情形之研究中，已謂不能證明氣候有逐漸變暖之大變，1928～1929中歐之嚴冬，已證明既在現世紀亦能有過寒之冬日，一如在上世紀前半中之所見。

歷史年代中地中海周圍古文化地變乾之說，無法證實，賴太爾（H. Leiter）曾對北非之觀測資料，加以細心分析，結果並未證實溫度之增高與雨量之減少，而反見有相反之跡象。被人認為漸變乾涸之現象，僅係一部份之氣候偏差。雅典之氣候，自經典時代以來，勿論溫度或雨量，皆無顯著之變化。有關巴勒斯坦之情形，洪廷屯（Huntington）之觀念，為除乾濕期之變化外，自古迄今尚見雨量之減少，此說頗成問題。

有許多學者主張中央亞細亞及高原亞洲逐漸乾涸之學說，費凱（H. v. Ficker）曾指出此未必為降水量逐漸減少：冰期後內陸冰之融水頗多，此區草原高地之居民會充分利用，因而發展有繁榮之經濟，及後水源枯竭，農牧趨於衰敗。作者在歷史年代中中亞氣候變化的證據一文中曾指出一切有關歷史年代中湖面變小變淺，河流乾涸，沙漠擴大，森林退縮，城市墾區之廢棄而歸咎於雨量減少，中亞漸變乾涸之說，俱

成問題，華爾凱 (C.T. Walker) 由印度1841~1908六十八年之雨量中，亦未證明氣候之固定改變。

非洲亦有許多湖泊漸趨乾涸或已乾涸之報告，史華茲 (Schwartz) 不信南非之有氣候改變，湖泊之乾涸，應由河系之改變解釋之。南美及澳洲亦有水量減少之報告，但確否抑為氣候偏差之暫時現象，現尚未定，一區由於人口之增加以及工業之發展，導致水量減少，頗可置信，但對氣候有何影響，則殊成疑問。土地墾殖面積之增大，所生氣候變化問題亦然，美國東部之森林，已較昔為少，而西方大草原區則反是，新林之面積擴大，雖然如此，仍不能確證美國溫度及雨量之有何重大改變，邵特 (Charles Schott) 曾研究美國早期之溫度與雨量之記錄，而見廣大區域有平行及同義之溫度變動，形成有規則之波型，代表暖期冷期之正負波幅，高出或低於準平均僅 $1^{\circ}\sim 2^{\circ}\text{F}$ ，並未發現同意義之不斷改變。

貝爾格 (L. Berg) 關於歷史年代氣候變化問題之研究中，作有以下之結論：

1. 以現世與冰期相比，吾人可謂幾乎全部陸地上皆見內陸水及降水之減少。
2. 自冰期終止以來，並未見有繼續不斷之變乾涸，以前曾有較現世更乾更暖之氣候。
3. 在歷史年代中並無任何一處，見有對於氣溫逐漸升高或降水逐漸減少之氣候變化為有利之證據，氣候如非持續不變，即係尚有些微變濕之傾向。
4. 因之，吾人既不能謂自冰期終止以來，地球不斷變乾涸，亦不能謂在歷史年代中，氣候之不斷變乾燥。

(三) 氣候變化之週期性

長期氣候要素之記錄中，若干年代高於標準平均，若干年代低於標準平均之現象，已有許多研究，探討此種變動之有否規則，或謂是否按一定之週期，重複出現，其答案如為肯定者，則此項週期性，必在氣候預報或長期天氣預報上佔極重要地位。此類研究之問題，在於週期長短以及偏差大小之決定，研究之出發，基於二種不同之觀點，其一為假定由於某一物理原因，有某一長短之週期存在，因而研究此一現象隨時間之變化中，有否此一週期。另一種觀點之此類研究，則為並不預先假定某種週期之存在，而試由氣候要素隨時間變化之順序中，尋求得若干並不預知之週期長短，前者甚為普通，研究精神自然使人向此一方面鑽研，例如氣候與太陽之關係至為密切，舉凡日射變化之週期，亦應見諸氣候，另外亦曾有人試就月相階段觀察氣候要素之變化，但後之研究，毫無結果。

第二種方法曾有許多學者使用之，即使用統計方法，計算氣候要素值隨時間變化之順序，尋求其週期性。迄今所有之結果，頗足令人沮喪，原因不在於統計中無週期，而在於所出現之週期太多，偏差太小，在氣候資料中，1~14年之一切年數之週期皆可見有之。此外較長之週期尚有16、17、19、21、22、23、24、29、30、32、33、35、37、42、46、51、55、69、88、96、108、117、以至260及更長年數之週期。對某些清楚顯現氣候要素之週期變化作進一步觀察之前，須知第一吾人並不確知此類變化之原因，第二此類變化並非固定，永係重複出現之現象，每一較長時期之記錄，皆表示若干週期有時清楚與有規則出現，但以後突然消失，或變為另一型之波動，相與偏差皆有改變。第三應知既最清楚之週期，亦係於相當化平手續後所得出者，並不能直接由已有之曲線，按外推法達成預報之目的。

(四) 臺灣氣候概述

臺灣為中國最大之海島，面積約36,000平方公里，位於中國東南淺海之邊緣，隔臺灣海峽與福建省相距200公里左右，本島南起N21°53'48''，北止N25°18'05''，西起E120°03'，東屆E121°59'。低於100公尺之平原，約佔全島面積31.3%，而高度在1,000公尺以上之山地，約佔總面積31.5%，高度自100~1,000公尺之丘陵地，佔總面積37.2%，高度達3,000公尺以上之高峯共有十數處。

臺灣有季風型之氣候，冬季處於亞洲大陸上強大高氣壓之東南部，氣壓北高南低，差別顯著，強盛之東北季風，控制全境，除東北部因有地形雨比較冷濕外，中南部大致晴明乾燥，夏季本島位於大陸低氣壓之邊緣，氣壓南高北低，但梯度甚小，故流行之西南季風不強，雷雨頻仍，颱風時常侵來，造成豪雨與強風，災害屢見，除東北部少數地點如基隆、宜蘭等地外，本島之絕大部份，以夏季為主要雨季。

(五) 本研究所使用之氣候資料

臺灣氣候要素之系統儀器觀測，最早者始自民前15年即西曆1897年，計有5處，為臺北、臺中、澎湖、臺南及恒春，迄民國49年，即西曆1960年已共64年，在臺灣省氣象所出版之臺灣累年氣象報告中，除此五地記錄最久外，其餘15地之觀測，則長短不一。此一累年氣象報告中，平均氣壓一項，民國36年即西曆1947年止，係以僅作以冰點溫度為標準溫度訂正之水銀氣壓表讀數為根據而作者，37年起以後之資料，則係曾作重力訂正之氣壓值，而所作之總平均，亦係已

作重力訂正者，故該報告中前後年代之氣壓值不一致，初期之51年之氣壓值應加以修正，方形一致，是以本研究所取臺北、恒春二地氣壓值，曾將之加以訂正，按二地緯度其訂正數臺北為 -1.3 ，恒春為 -1.4 公厘（mm）。

由臺北與恒春二地64年來氣候記錄之比較，可見臺灣全境，自北端至南尖，氣候之變化，完全相同，界此二地中間緯度之臺中、臺南以及澎湖三地，亦必因相距不遠，且盡位東亞季風氣候區，氣候之變化亦必相同。以時間所限，資料整理統計需時，故本研究暫以臺北、恒春二地之資料為限，想可良好代表臺灣全城，茲列出二地地理位置及出海面之高度如下：

	北緯	東經	高度（公尺）
臺北	25°02'	121°31'	8
恒春	22°00'	120°45'	22

本研究所用之資料中民國41年以前即1897～1952年者，係依據省氣象所出版之臺灣累年氣象報告，而民國41年即1952年以後8年之記錄，則係由作者向臺灣省氣象所所洽抄之尚未出版之資料。

二、臺灣氣溫之變化

（一）年平均溫度之變化

1897至1960年共64年之標準平均年溫度，臺北為 22.4°C ，恒春為 24.6°C ，恒春高於臺北 2.2°C 。由此二地年溫度之逐年數值，或其所形成之曲線，可見二地年溫度之變化極為相似，即較冷較暖年代相符。實以此二地緯度僅差三度，經度相差不及一度，直線

距離僅約350公里，且同屬東亞季風氣候區，冷季八個月同受東北季風之支配，夏季四個月則轉有相同之西南季風，故雖二地之地理位置及地形有別，而64年中之氣候變化，則幾完全相同。

在1897～1960年平均溫度之曲線中，臺北1917與1951二年顯屬較冷之年，其偏差為 -1.0°C 與 -0.7°C ，此外尚見年平均溫度有逐漸升高之趨勢。此種變暖趨勢在恒春尤為明顯，在恒春1917亦為一較冷之年，年溫低於準平均 0.9°C ，本世紀之第一個30年中，較冷年數較多，且冷年氣溫低於平均之數值，亦較暖年高於平均之數值為大，第二個30年之情形與此相反，暖年多於冷年，且暖年之偏差較大，二地前30年與後30年之冷暖年數如下表：

年 代	臺 北		恒 春	
	冷 年	暖 年	冷 年	暖 年
1901～1930	20	6	19	3
1931～1960	7	21	6	21

兩地64年中歷年溫度所構成之曲線（圖1），顯示週期2至5年不等，但3及4年較多之波形19個，是此項週期變化之波長平均為3.4年。此19個波中偏差較大之波有6個，是其又顯有平均為10.7年之週期變化。此一週期之長，約為上述3.4年之週期3倍之數，是每3個3.4年之週期中平均有一較大之變動，此10.7年之週期與太陽黑子之11年之週期頗為接近，故其存在，頗屬可能。圖1即表示1897～1960年64年臺北、恒春二地，年溫曲線中之週期性。

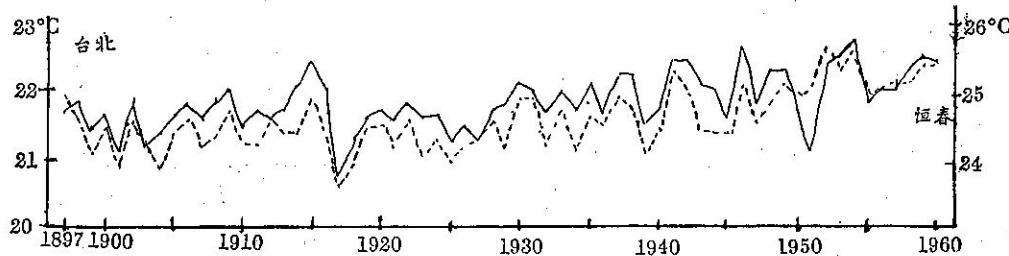


圖1：年 溫 度
Fig. 1 : Mean temperature

吾人如計算年溫之5年平均值，則見以下表之結果：

年 代	臺 北	恒 春	年 代	臺 北	恒 春	年 代	臺 北	恒 春
1897～1900	21.6	24.5	1921～1925	21.6	24.2	1946～1950	22.1	24.9
1901～1905	21.4	24.2	1926～1930	21.7	24.4	1951～1955	22.1	25.3
1906～1910	21.7	24.4	1931～1935	21.9	24.5	1955～1960	22.2	25.2
1911～1915	21.9	24.5	1936～1940	21.8	24.5			
1916～1920	21.5	24.2	1941～1945	22.1	24.8			

在此項 5 年平均值中可見 1940 年以後之年代，氣溫顯然升高，如統計本世紀 60 年氣溫之 10 年平均值，則得以下之結果，後 30 年有顯著之變暖。

年 代	臺 北	恒 春
1901~1910	21.6	24.3
1911~1920	21.7	24.4
1921~1930	21.6	24.3
1931~1940	21.9	24.5
1941~1950	22.1	24.9
1951~1960	22.2	25.3

如就二地連續 20 年與 30 年之平均溫度觀之，則 1931 年以後氣溫上升之趨勢尤顯，臺北與恒春二地末後 30 年之平均溫度，皆高出以前 30 年之平均值 0.5°C ，是此項資料尚顯示出氣溫之變化中有更長之週期，為三、四十年或 60 年以上年數之週期，臺北、恒春二地年溫之 20 年平均值及 30 年平均值如下表：

年 代	臺 北	恒 春	年 代	臺 北	恒 春
1901~1920	21.7	24.3	1901~1930	21.6	24.3
1921~1940	21.8	24.4	1931~1960	22.1	24.8
1941~1960	22.2	25.1			

(二) 一月溫度之變化

根據 64 年之總平均，1 月份氣溫臺北為 15.2°C ，恒春為 20.5°C ，恒春高於臺北 5.3°C ，恒春不僅緯度較低三度，且冬月天氣幾為絕對晴明，而同時臺北則陰雨較多，故見二地冬月氣溫，懸殊頗大。歷年 1 月溫度之變化，臺北與恒春二地有相同之形式，在臺灣，1 月為冬季東北季風盛行之月份，二地氣溫同受此一因素之支配，季風特強之 1 月，二地溫度皆低，反之季風特弱則氣溫較高，在溫度低於準平均之 1 月，二地之溫度差亦小，而 1 月溫度高之時期，則二地氣溫差別大，此更說明季風環流對臺灣氣溫影響之大。

由臺北、恒春二地 1 月溫度之變化曲線(圖 2)，

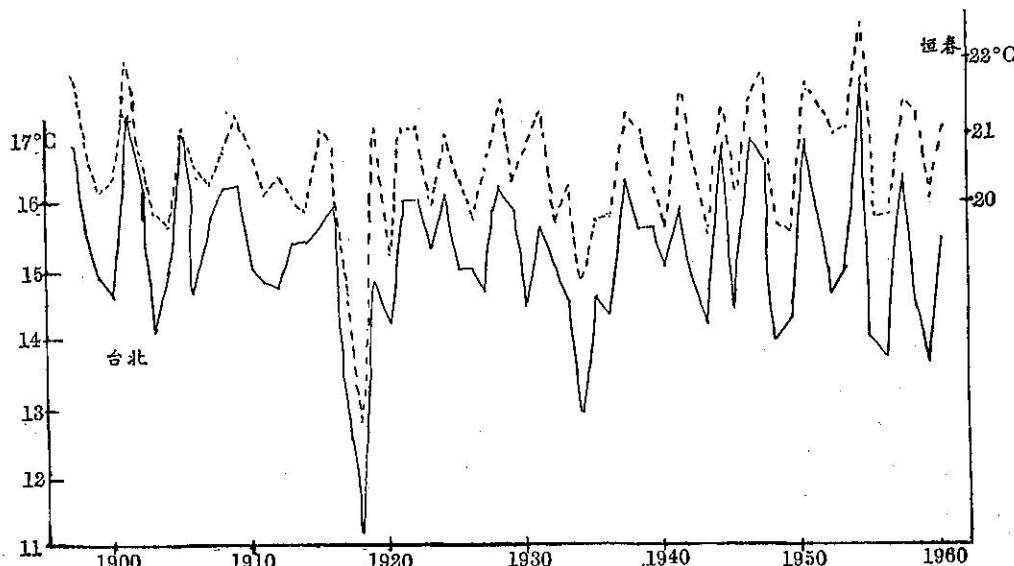


圖 2：1 月溫度
Fig. 2 : January temperature

可見此月溫度之逐年變化頗大，但在此種曲線中，並不見有逐漸升高之趨勢，臺北、恒春二地偏差為

0.5°C 或更大之較冷較暖之 1 月及其溫度偏差如下表：

一 月 較 冷				一 月 較 暖			
臺 北		恒 春		臺 北		恒 春	
年 代	偏 差	年 代	偏 差	年 代	偏 差	年 代	偏 差
1900	- 0.6	(1903)	- 0.7	1897	+ 1.6	1897	+ 1.3
1903	-- 1.1	1904	-- 0.9	1901	+ 1.9	1901	+ 1.5

1906	- 0.5	1911	- 0.5	(1902)	+ 0.9	1905	+ 0.5
1912	- 0.5	(1913)	- 0.5	1905	+ 1.8	1909	+ 0.7
(1917)	- 1.9	(1914)	- 0.7	(1907)	+ 0.5	1915	+ 0.5
1918	- 4.0	(1917)	- 1.8	(1908)	+ 1.0	1919	+ 0.5
1920	- 1.0	1918	- 3.7	1909	+ 1.0	1921	+ 0.5
1927	- 0.5	1920	- 1.6	1916	+ 0.7	(1922)	+ 0.5
1930	- 0.7	1923	- 0.6	1921	+ 0.8	1928	+ 0.9
(1933)	- 0.7	1926	- 0.8	(1922)	+ 0.8	1931	+ 0.8
1934	- 2.3	1932	- 0.9	1924	+ 0.9	1937	+ 0.7
(1935)	- 0.6	1934	- 1.6	1928	+ 1.0	(1938)	+ 0.5
1936	- 0.8	(1935)	- 0.8	(1929)	+ 0.7	1941	+ 1.1
1943	- 1.0	(1936)	- 0.8	1937	+ 1.1	1944	+ 0.8
1945	- 0.7	1940	- 1.0	1941	+ 0.7	1946	+ 0.8
1948	- 0.9	1943	- 1.1	1944	+ 1.6	1947	+ 1.3
(1949)	- 1.2	1945	- 0.5	1946	+ 1.7	1950	+ 1.1
1952	- 0.5	(1948)	- 0.9	(1947)	+ 1.4	(1951)	+ 0.8
(1955)	- 1.2	1949	- 1.0	1950	+ 1.7	(1953)	+ 0.5
1956	- 1.5	(1950)	- 0.8	1954	+ 2.6	1954	+ 2.0
(1958)	- 0.7	(1951)	- 0.8	1957	+ 1.2	1957	+ 0.9
1959	- 1.5	1959	- 0.5	1960	+ 0.5	(1958)	+ 0.7
						1960	+ 0.5

在64年中1月溫度低於準平均達 -1.0°C 及以上者臺北共見10次，其中以1918年即民國7年為冬最冷之年，溫度偏差 4.0°C ，1934年即民國28年之1月次之，偏差 -2.3°C ，較暖1月其偏差達 $+1.0^{\circ}\text{C}$ 及以上者共13次，1954即民國43年之1月最暖，偏差 $+2.6^{\circ}\text{C}$ ，1901年即民前11年之1月次暖，偏差 $+1.9^{\circ}\text{C}$ 。在恒春偏差在 1.0°C 以上之寒冷1月，64年中共見7次，1918年之1月最冷，偏差 -3.7°C ，時期與臺北同，偏差亦相若。最暖之1月，見於1954年，亦與臺北同時，偏差 $+2.0^{\circ}\text{C}$ 。次冷之1月見於1917與1934年，偏差為 -1.8°C 與 -1.6°C ，而次暖之1月則為1901年，與臺北相同，偏差為 $+1.5^{\circ}\text{C}$ ，較臺北略小。

就臺北、恒春二地64年中1月溫度偏差達 0.5°C 及以上之年數而論，臺北較冷與較暖之1月各22個，而恒春則較冷22個，較暖者23個，至於偏差大於及等於 1.0°C 之年數如下：

	臺北	恒春
較冷	10	7
較暖	13	6

以二地64年之1月溫度所形成之曲線而論，其所顯示之明顯波動二地各有18個，是每波之平均週期約

為3.6年，各波之實際週期則自2至5年不等，而以3或4年週期之波形為較多。如分別統計偏差0.5及更大之較冷年代與較暖年代，則見臺北、恒春較冷年代所表現之波應為16個，即平均週期之長為4.0年。而恒春較暖年代似應形成20個波，每波之週期平均為3.2年，故上述平均3.6年之週期長，實為為一折中之數值。

就1897~1960 1月溫度之5年平均值視之，則見其每3至5個5年亦呈一週期性之變化，是此種週期之長為15~25年，在13個5年平均值之曲線中呈現波形3個，是其週期之平均約為22年，在1916~1920之5年，平均1月溫度最低，偏差在臺北為 -1.3°C ，在恒春則為 -1.2°C ，5年平均1月溫度最高之期，二地並不一致，氣溫之偏差頗小，臺北1901~1905偏差 $+0.7^{\circ}\text{C}$ ，而恒春則1951~1955年偏差 $+0.6^{\circ}\text{C}$ ，臺北、恒春二地1月溫度之5年平均值如下表：

年 代	臺 北	恒 春	年 代	臺 北	恒 春
1897~1900	15.5	20.8	1916~1920	13.9	19.3
1901~1905	15.9	20.6	1921~1925	15.7	20.6
1906~1910	15.6	20.7	1926~1930	15.3	20.5
1911~1915	15.2	20.2	1931~1935	15.5	19.9

1936~1940	15.4	20.3	1951~1955	15.4	21.1
1941~1945	15.2	20.6	1956~1960	14.8	20.7
1946~1950	15.5	20.8			

冬季出現於臺灣地區之各種氣團，性質差別顯著，天氣變化即見有劇烈之溫度變化，且可連續數年見有同性之變化，故既在1月溫度之5年平均值及10年平均值中，仍見明顯之變化。臺北與恒春二地本世紀1月溫度之10年平均值如下：

年 代	臺 北	恒 春	年 代	臺 北	恒 春
1901~1910	15.7	20.7	1931~1940	15.0	20.1
1911~1920	14.5	19.8	1941~1950	15.4	20.7
1921~1930	15.5	20.6	1951~1960	15.1	20.9

在10年平均中，1911~1920之10年，臺灣自北至南全境均為60年中冬寒較甚之10年，平均偏差臺北 -0.7°C ，恒春亦為 -0.7°C ，60年中1月比較最暖之10年，氣溫之平均偏差僅約 $+0.4\sim+0.5^{\circ}\text{C}$ ，且二地並不一致，在臺北為1901~1910，而恒春則為1951~1960。

如計算臺北、恒春二地1月溫度之20年平均值，則見臺北1901~1920年之20年平均微低，隨後之兩個20年之平均微高，但此項高低自準平均之偏差，僅為

0.1°C ，與觀測之一般誤差大致相若，故不能謂其實有變化。在恒春20年平均值之變化略大，最初20年偏差 -0.2°C ，第二個20年平均偏差 -0.1°C ，而末20年之平均則偏差為 $+0.3^{\circ}\text{C}$ ，較前為高頗顯，至於1月溫度之30年平均，則臺北前後毫無差別，而恒春後30年較前30年高 0.2°C 。二地1月溫度之20年平均值及30年平均值如下：

年 代	臺 北	恒 春	年 代	臺 北	恒 春
1901~1920	15.1	20.3	1901~1930	15.2	20.4
1921~1940	15.3	20.4	1931~1960	15.2	20.6
1941~1960	15.3	20.8			

(三) 7月溫度之變化

1897~1960年之期中7月氣溫之標準平均，臺北 28.2°C ，恒春 27.7°C ，與冬季1月之情形正相反，臺灣之7月溫度，北高南低，上述二地相差 0.5°C 。夏季臺灣雖為西南季風時期，但西南季風之強度及持續性皆小，而此季雷雨及熱帶氣旋頗多，臺北、恒春中隔綿長高大之山脈，故二地7月溫度所顯示之變化，不盡相同，恒春7月為主要雨季時期，雨量及雨日之數值，皆大於臺北者，故恒春此月溫度反不如北方臺北者之高。

由歷年7月溫度所作出之曲線（圖3），臺北顯

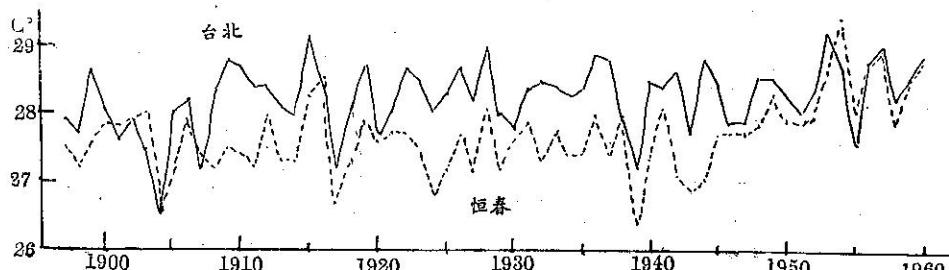


圖3：7月溫度
Fig. 3 : July temperature

示有17個溫度波，是波之週期平均為3.8年，恒春之曲線顯示有18個波，是週之平均為3.6年。總之，吾人於臺灣夏季氣溫之曲線中，發現有3.6~3.8年

之週期。臺北、恒春二地7月溫度偏差為 0.5°C 或更大之較冷與較暖7月出現之年代及偏差如下表：

7月較冷				7月較熱			
臺 北		恒 春		臺 北		恒 春	
年 代	偏 差	年 代	偏 差	年 代	偏 差	年 代	偏 差
1898	-0.5	1898	-0.5	1909	+0.6	(1915)	+0.6
1901	-0.6	1904	-1.2	(1910)	+0.5	1916	+0.8

1904	- 1.7	(1905)	- 0.6	1915	+ 1.0	1949	+ 0.6
1907	- 1.0	1908	- 0.5	1919	+ 0.5	(1953)	+ 0.9
1917	- 1.0	1911	- 0.5	1922	+ 0.5	1954	+ 1.7
1920	- 0.5	1917	- 1.0	1926	+ 0.5	(1956)	+ 1.0
1939	- 1.0	1924	- 0.9	1928	+ 0.8	1957	+ 1.2
1943	- 0.5	(1925)	- 0.5	1936	+ 0.7	(1959)	+ 0.7
1955	- 0.7	1927	- 0.5	(1937)	+ 0.6	1960	+ 1.2
		1929	- 0.5	1944	+ 0.6		
		1939	- 1.3	1953	+ 1.0		
		(1942)	- 0.6	1957	+ 0.8		
		1943	- 0.8	1960	+ 0.6		
		(1944)	- 0.7				

就偏差 0.5°C 及以上之 7 月觀之，臺北較熱 7 月之數目，大於較冷 7 月之數目。恒春則反是，較熱 7 月之數目較小，最後 20 餘年 7 月變暖之趨勢，二地皆甚清楚，1904 年 7 月，臺北、恒春同為較冷，偏差為：臺北 -1.7°C ，恒春 -1.2°C ，另一臺灣南北通為較冷 7 月之年代為 1939，臺北 1.0°C ，恒春 -1.3°C ，另外 1917 年 7 月，溫度偏差臺北與恒春同為 1.0°C ，至於 1907 年 7 月，臺北偏差雖達 -1.0°C ，但恒春僅為 -0.5°C ，1915 年 7 月，臺灣有較高之溫度，臺北偏差 $+1.0^{\circ}\text{C}$ ，恒春偏差 $+0.9^{\circ}\text{C}$ ，1953 年 7 月亦然，臺北偏差 $+1.0^{\circ}\text{C}$ ，恒春偏差 $+0.9^{\circ}\text{C}$ ，1957 年 7 月，臺北偏差 $+0.8^{\circ}\text{C}$ ，恒春偏差 $+1.2^{\circ}\text{C}$ ，1960 年 7 月二地偏差亦皆在 0.5°C 以上，臺北 $+0.6^{\circ}\text{C}$ ，恒春 $+1.2^{\circ}\text{C}$ ，1954 年 7 月恒春偏差雖達 1.7°C 之多，但同時臺北之偏差僅為 $+0.4^{\circ}\text{C}$ ，差別較大。

在本世紀 60 年中之末後 20 餘年，夏季 7 月之溫度，見有顯著變高之趨勢。此在 5 年之平均值中，臺北 7 月溫度不見逐漸升高之趨勢，但恒春則末後 20 年連續上升。在 7 月氣溫之 10 年平均值中僅見最後 10 年，二地 7 月氣溫之平均值升高。

年 代	7 月溫度之 5 年平均		7 月溫度之 10 年平均			
	臺 北	恒 春	年 代	臺 北	恒 春	
1897~1900	28.1	27.5	1901~1910	27.8	27.5	
1901~1905	27.3	27.5	1911~1920	28.2	27.6	
1906~1910	28.3	27.5	1921~1930	28.3	27.5	
1911~1915	28.4	27.6	1931~1940	28.4	27.7	
1916~1920	28.0	27.6	1941~1950	28.3	27.7	
1921~1925	28.3	27.4	1951~1960	28.5	28.4	
1926~1930	28.3	27.6				
1931~1935	28.4	27.9				

1936~1940	28.3	27.4			
1941~1945	28.4	27.4			
1946~1950	28.2	27.9			
1951~1955	28.3	28.3			
1956~1960	28.6	28.5			

就 7 月氣溫之 10 年平均而論，末後之 10 年均高出本世紀首 10 年之平均，臺北 $+0.7^{\circ}\text{C}$ ，恒春 $+0.9^{\circ}\text{C}$ ，如統計 7 月氣溫之 20 年及 30 年之平均，則二地此一夏月氣溫，顯見升高。

20 年 平 均			30 年 平 均		
年 代	臺 北	恒 春	年 代	臺 北	恒 春
1901~1920	28.0	27.5	1901~1930	28.1	27.5
1921~1940	28.3	27.6	1931~1960	28.4	27.9
1941~1960	28.4	28.1			

三、臺灣雨量之變化

(一) 年雨量之變化

根據 1897~1960 年之觀測，臺北與恒春二地平均年雨量及各季分配百分數如下表：

	年 雨 量(mm)	冬 (%)	春 (%)	夏 (%)	秋 (%)
臺 北	2,111.9	14	26	41	19
恒 春	2,298.3	3	11	65	21

由此可知臺灣南北兩端，平均年雨量大致相若，恒春略高於臺北。雨量之各季分配雖同為夏季多雨，但臺灣北部雨量之年中分佈比較均勻，南部則雨量集中於夏季之形勢特顯，冬季至為乾燥。在北部春季較秋季為多雨，而在南部則秋雨多於春雨。

1897~1960 年 64 年中年雨量之變化，在臺北不

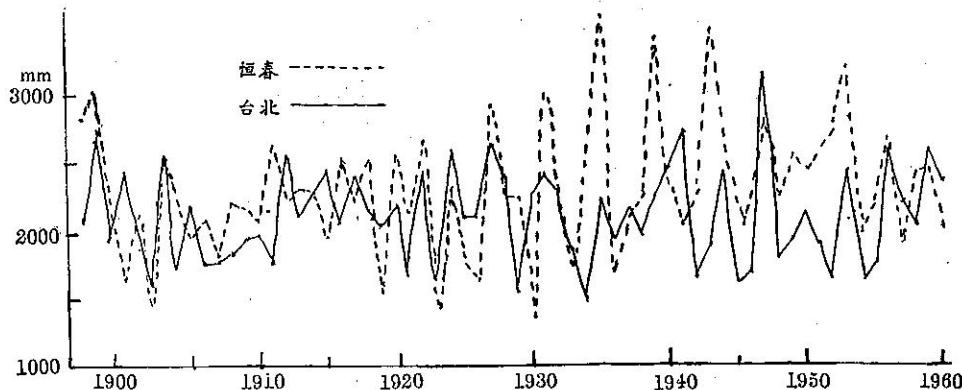


圖 4：年雨量
Fig. 4 : Annual precipitation

見有漸變多雨或漸變乾燥之趨勢，在恒春則末後30年顯示年雨量之變化增大，由臺北、恒春二地年雨量之變化曲線(圖4)可以看出二地年雨量之變化在64年中顯有22個週期性之波形，是年雨量顯示有平均約為2.9年即約為3年之週期，如取年雨量偏差大於400 mm之濕年、乾年觀之，則見臺北濕年有9，乾年有10，乾年有2年係連續者，故可謂濕年、乾年所形成之波形，同為9個，是此雨量偏差大於400 mm之波之平均週期為7年，恒春偏差大於400 mm之濕年亦有9個，而顯示平均為7年之週期，但較乾年數為12，除1925與1926年連續之2年只計其1，則恒春乾年顯有11個波，其平均週期為5.7年，約為上述大小波合計平均週期之2.9年之2倍數。臺北、恒春二地，因緯度、部位及地形之差別，氣候大同小異，恒春年雨量略大，但其變化亦較臺北為烈，濕年、乾年如下表：

(偏差大於400mm)

濕年		乾年	
臺北	恒春	臺北	恒春
1898	1898	1902	1900
1903	1922	1921	1902
1912	1927	1923	1907
1924	1931	1929	1919
1927	1935	1984	1923
1941	1939	1942	(1925)
1947	1943	1945	1926
1956	1947	(1946)	1930
1959	1953	1952	1933
		1954	1936
			1946
			1957

由上表可見比較顯著之濕年與乾年，只各有3次同時見於臺北與恒春二地。是此數年為臺灣全島性之濕年與乾年。全島性濕年為1898、1927與1947年，全島性乾年則為1902、1923與1946年，相隔29與20、21與23年不等。是每隔20至29年臺灣可見一次普遍多雨或乾燥之年。惟恒春年雨量超過準平均1,000 mm以上之三年，1935、1939與1943年，相距各僅4年，且同年臺北之雨量並非特多，故上述全島性濕乾年之週期殊少意義。恒春多雨之三年，雨量皆得自夏季之豪雨。1935年7月，雨量1,603.6 mm，1939年7月1,926.4 mm，而1943年6月1,797.7 mm，7月952.2 mm，故使上述三年恒春之年雨量特大。夏季之龐大雨量，為颱風及鋒雷雨所造成，而颱風與鋒雷雨所生雨量大小又屬地方性現象，因之雨量之地理分佈，差異甚顯，故在年雨量之研究中，臺灣全島性之氣候變化，頗不易確定。

就1897~1960年64年中，年雨量之5年平均值觀之，臺北平均年雨量只見波動，而無漸變潮濕或漸變乾燥之趨勢。變化所表現之波形，共有5個，是此種變化之週期，平均為13年，此項波動之偏差頗為微小，上世紀之最後5年與1956至1960年之5年，平均雨量特多，偏差約為年雨量12%，1906~1910年與1951~1955年為平均雨量特少之兩個5年，偏差約為年雨量11%，恒春年雨量之5年平均值，則顯示本世紀前30年之數皆略低，而隨後之25年各平均值皆較高，二地年雨量之5年平均值如下表：

年代	臺北	恒春
1897~1900	2,321.2	2,386.2
1901~1905	2,028.6	2,022.8

1906~1910	1,851.7	2,020.6
1911~1915	2,244.1	2,281.5
1916~1920	2,164.7	2,230.0
1921~1925	2,093.9	2,046.4
1926~1930	2,195.8	2,084.2
1931~1935	2,059.0	2,658.9
1936~1940	2,144.6	2,363.9
1941~1945	2,049.7	2,570.4
1946~1950	2,137.6	2,359.3
1951~1955	1,356.4	2,521.0
1956~1960	2,349.0	2,279.7

就本世紀 60 年之年雨量 10 年平均值觀之，可見臺北之變化甚小，而恒春後 30 年之 3 個平均數，皆較前 30 年者為大，臺北、恒春年雨量 10 年平均值如下表：

年 代	臺 北	恒 春
1901~1910	1,940.1	2,051.7
1911~1920	2,204.4	2,280.8
1921~1930	2,144.9	2,065.3
1931~1940	2,101.8	2,511.4
1941~1950	2,093.6	2,264.9
1951~1960	2,102.7	2,400.4

再就年雨量之 20 年平均值及 30 年平均值而論，臺北年雨量在 60 年中仍不顯示重大變化，而恒春逐漸增多之趨勢比較明顯，後 30 年之平均多於前 30 年者 326 mm。合標準平均 14%。二地 20 年平均及 30 年平均年雨量如下表：

年 代	臺 北	恒 春
1901~1920	2,072.3	2,166.3
1921~1940	2,123.4	2,288.4
1941~1960	2,098.2	2,432.7
1901~1930	2,096.5	2,132.6
1931~1960	2,099.4	2,458.9

(二) 1 月雨量之變化

冬季臺灣盛行東北季風，雨量一般稀少，但本島東北部首當季風之衝，加以地形突起，氣團舉升，造成冬季陰雨連綿之氣候，獲有相當可觀之雨量。尤以在特殊有利地形之處為甚，是以基隆就 50 年之平均而論，以冬季雨量為最大。臺北受登陸季風影響，雖地處盆地中，冬雨仍佔年雨量 14%，而本島南端之恒春

，冬雨僅佔年雨量 3%。蓋冬季季風越山到達中南部已變乾燥，因之雨量至微，僅於有強烈寒潮之極鋒伸達此區，方見可以量出之雨量。

1897~1960 年 64 年之平均 1 月雨量：臺北 90.4 mm，恒春 20.8 mm，在二地逐年 1 月雨量之變化中，不見有漸漸增多或漸漸減少之趨勢，臺北雨量變化之曲線中(圖 5)，可見 64 年中共有 18 個波形，是有平均為 3.6 年之週期變化。各個週期之實際長短，則 2 至 7 年不等。如選取偏差大於 50 mm 之波，則見有 9 至 10 個，是平均週期為 6.4 至 7 年。恒春 1 月雨量甚小，變差自亦不大，但就各種大小波數而論，共見有 19 個，是有平均為 3.4 年之週期，但究以恒春 1 月雨量過小，平均僅為 20.8 mm，64 年僅有 3 年之 1 月雨量超過平均 50 mm 以上，僅有 1 年，其 1 月雨量達 100 mm，臺北與恒春二地 1 月雨量之偏差達 50 mm 及以上之年代如下表：

1 月 多 雨		1 月 少 雨	
臺 北	恒 春	臺 北	恒 春
1900	1916	1902	
1905	1929	1914	
(1906)	1937	1918	
(1911)		1920	
1912		(1921)	
1925		1923	
1920		1926	
1937		1932	
1941		1944	
1951		1946	
1956		1957	

多雨之 1 月，二地並非同時，臺北 1 月份雨量超過 200 mm 之年代，為 1912、1925、1941 與 1951 各年，而恒春此 4 年 1 月雨量稀少，恒春雨量達 70 mm 以上之 1916、1929 與 1937 三年，臺北同月雨量並不特多，僅 1937 年 1 月臺北雨量接近 200 mm。冬季二地因地形不同，生雨原因有別，故此處多雨，他處未必。

二地 1 月雨量之 5 年平均，亦不見變乾或變濕之恒定趨勢。其所形成之曲線，有如圖 5 之所示，臺北見有變動輕微之波 4 個，週期自 10 年至 20 年不等，其平均則為 16 年，恒春之 5 年平均，1 月雨量總介於 10~35 mm 之間，不顯有何重要變化，二地 1 月

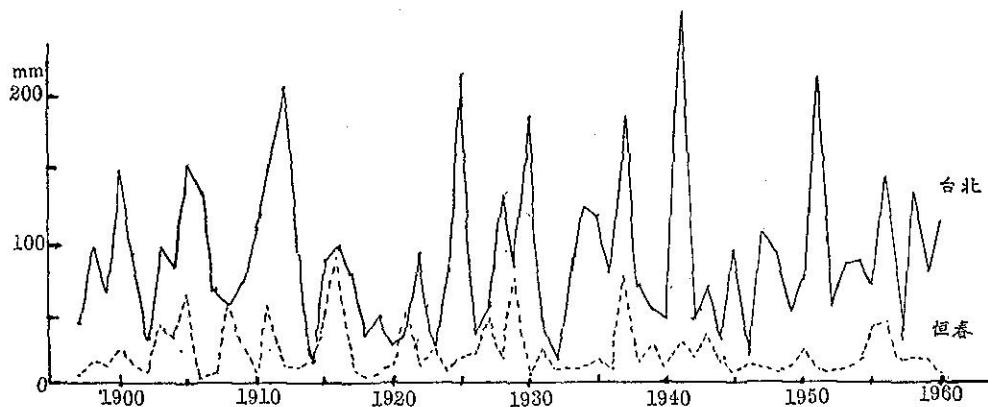


圖5：1月雨量
Fig. 5 : January precipitation

雨量之5年平均值如下表：

年 代	臺 北	恒 春
1897~1900	90.7	14.6
1901~1905	93.4	32.2
1906~1910	88.5	19.2
1911~1915	112.5	24.5
1916~1920	56.2	23.5
1921~1925	89.9	20.9
1926~1930	99.6	31.6
1931~1935	73.9	10.8
1936~1940	86.0	25.7
1941~1945	100.7	18.5
1946~1950	68.3	10.8
1951~1955	102.7	14.3
1956~1960	100.4	19.5

本世紀6個10年之1月雨量平均值，臺北介於80~102mm，變率約為標準平均之12%，恒春平均雨量介於14.7與26.3mm之間，變率約為26~30%，恒春1月雨量太小，此種變率無何重要性。

1月雨量之10年平均如下表：

年 代	臺 北	恒 春
1901~1910	91.0	25.7
1911~1920	84.3	24.0
1921~1930	94.8	26.3
1931~1940	80.0	18.3
1941~1950	84.5	14.7
1951~1960	101.6	16.9

臺北、恒春二地1月雨量之20年平均與30年平均，顯示此少雨月之雨量變化更小。

20 年 平 均		
年 代	臺 北	恒 春
1901~1920	87.7	24.9
1921~1940	87.4	22.3
1941~1960	93.1	15.8

30 年 平 均		
年 代	臺 北	恒 春
1901~1930	90.0	25.3
1931~1960	88.7	16.6

(三) 七月雨量之變化

夏季6月7月8月三個月，臺灣各地因雷雨與颱風而有豐富之雨量，僅東北角之基隆例外，冬季多雨。臺北夏季三個月之雨量，佔年雨量43%，臺灣中南部夏雨之優勢尤顯，所佔年量百分數：臺中56%，高雄74%，恒春65%，故夏雨在臺灣之水源供給上，佔極重要之地位。其變化對經濟生活之影響至大。

由1897~1960年64年間，臺北7月雨量變化之曲線(圖6)，吾人並看不出此一夏月雨量有逐漸增多或逐漸減少之趨勢，其變化顯示有週期2至5年之波19個，是此型變化之週期，平均為3.4年。恒春7月雨量之變化，亦不見有逐漸變濕或變乾之傾向，而曲線中共有19個波，各波週期2至5年週期不等，其平均亦為3.4年，7月雖為西南季風盛行時期，但風勢不強，方向亦多變化，臺北、恒春二地因位置及地形差別，雨量多寡之時期，頗有不同，故此處7月多雨之年

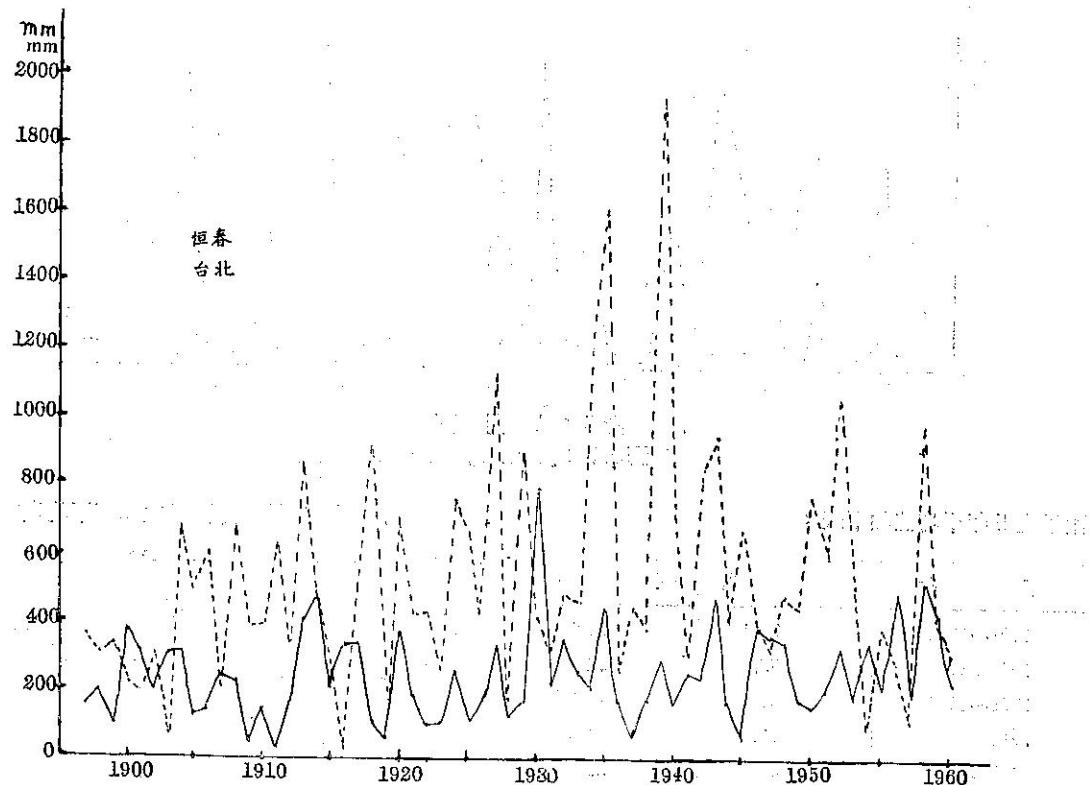


圖 6：7 月雨量
Fig. 6 : July precipitation

代，他處不必同時多雨，根據64年之平均，7月雨量：臺北 246.5mm，恒春 519.1mm，是此月平均雨量恒春大於臺北 2 倍許。茲列出臺北 7 月雨量偏差大於 120mm，恒春 7 月雨量偏差大於 250mm 之年代如下表：

臺北偏差大於 120mm		恒春偏差大於 250mm	
多雨	少雨	多雨	少雨
1900	1899	1913	(1900)
(1913)	1909	1918	1901
1914	1911	1927	1903
1920	(1918)	1929	1907
1930	1919	(1934)	(1915)
1935	1922	1935	1916
1943	(1923)	1939	1919
1946	1925	(1942)	1923
1956	1928	1943	1931
1958	1937	1952	1936
(1959)	1945	1958	1954
			1957

以臺北雨量偏差大於 120mm，恒春雨量偏差大於 250mm，即二地雨量偏差達本地準平均一半及以上之 7 月而論，除恒春少雨 7 月出現 12 次外，其餘臺北多雨少雨以及恒春多雨 7 月，在 64 年中各見 11 次，如將連續多雨或少雨之二年，併為一次計，則可謂共見 9 至 10 個波，即平均約為 6.4~7.1 年之週期，是臺灣平均約 3 年至 4 年見一次旱或澇，而 6 年或 7 年見一次大旱或大澇。如再統計臺北 7 月雨量大於 400mm 者則見 1914、1930、1935、1943、1956 與 1958 六年為如是，而 7 月雨量不及 100mm 之年代，則為 1909、1911、1919、1922、1937 及 1945 六年，是更甚之旱澇，見有約為 10.7 年，即 3 個 3 年多之週期。恒春 7 月雨量大於 1,000mm 之年代為，1927、1934、1935、1939 與 1952 五年，雨量小於 200mm 之 7 月見於 1901、1903、1907、1916、1919、1928、1954 與 1957 八年。雨量不及 100mm 之年代，為 1903、1916、1954 三年。由後者可見每隔若干年尚見更大之旱，但相隔年數甚不規則。就恒春最多雨之 7 月而論，1935 與 1939 二年之 7 月雨量皆超過 1,600mm，1939 年 7 月竟達

1,926.4mm，約為平均年雨量84%。

就臺北、恒春二地7月雨量之5年平均值而論，二地之變化頗為不同，臺北平均7月雨量達300mm以上之時期為1926~1930與1956~1960。最後之5年平均最高，恒春之5年平均值，64年中顯示一個大的週期變化，1931~1935之數值最大，此外尚見二個較小之週期變化，二地7月雨量5年平均值如下表：

年 代	臺 北	恒 春
1897~1900	209.0	312.3
1901~1905	255.3	352.9
1906~1910	158.8	452.6
1911~1915	253.6	513.3
1916~1920	242.4	488.5
1921~1925	146.3	505.2
1926~1930	318.0	612.8
1931~1935	292.1	812.2
1936~1940	168.7	748.7
1941~1945	232.0	630.0
1946~1950	278.2	476.0
1951~1955	271.7	522.9
1956~1960	271.4	421.0

在臺北7月雨量之10年平均值中，後30年顯見7月平均雨量之增大。恒春7月雨量之10年平均則顯示前40年顯然升高，其後則降低，是顯示7月雨量之有60年以上之週期變化，臺北、恒春二地7月雨量之10年平均如下表：

年 代	臺 北	恒 春
1901~1910	207.1	402.8
1911~1920	248.0	500.9
1921~1930	232.2	559.0
1931~1940	230.4	780.5
1941~1950	255.1	553.0
1951~1960	321.6	472.0

7月雨量之20年平均，臺北末後20年顯著升高，恒春則以居中之1921~1940年20年之平均為最高，至於7月雨量之30年平均，臺北、恒春二地皆顯見後30年較前30年為多雨，後30年平均多出前30年之數，臺北約40mm，恒春約114mm，二地7月雨量20年平均及30年平均如下表：

年 代	臺 北	恒 春
1901~1920	227.6	451.9
1921~1940	231.3	669.8
1941~1960	288.4	512.5
1901~1930	229.1	487.6
1931~1960	269.0	601.8

四、臺灣氣壓之變化

(一) 年平均氣壓之變化

冬季臺灣位於亞洲大陸強大高氣壓之東南部，氣壓頗高，氣壓梯度自北向南，就64年之總平均而論，1月海面氣壓臺北高於恒春2.3mm，或3.1mb，是氣壓梯度，每緯度約為1.0mb，故東北季風頗強。夏季亞洲大陸上為低氣壓區，臺北位於此低氣壓之邊緣，氣壓亦低，氣壓梯度與冬季反向，由南向北，7月海面平均氣壓，恒春高於臺北約0.7mm，或0.9mb，是梯度約為每度緯度0.3mb，由此小之氣壓梯度所維持之西南季風，微弱多變，二地1月7月及年平均氣壓如下表：

高 度 (m)		觀 测 氣 壓 (mm)			海 面 氣 壓 (mm)		
		1 月	7 月	年	1 月	7 月	年
臺 北	8	765.2	753.6	759.6	765.9	754.3	760.3
恒 春	22	761.5	752.9	757.1	763.6	755.0	759.2
差(臺北-恒春)				2.3		-0.7	1.1

一地氣壓之變化，代表氣壓型及風場之變化，環流有變化，則氣團與天氣亦必有所改變，故在長期氣候變化之研究中，氣壓之變化亦頗重要。

由臺北、恒春二地1897~1960年64年中逐年平均氣壓之變化曲線，吾人無法看出氣壓有何向一方向之趨勢，即不見其有連續升高或降低。有如圖7之所示，在64年中臺北、恒春二地年平均氣壓偏差，最大不超過1公厘(mm)。此種微小變動所構成之波浪，在64年中共有18個，各波週期自2至5年不等。其平均期長為3.6年，臺北氣壓高之年代，恒春氣壓亦高，臺北氣壓低之年代，恒春氣壓亦低，極少例外，年平均氣壓自準平均之偏差達0.4mm及以上之年數，在64年中臺北共有6年較高，恒春有7年較高，而氣壓較低之年，臺北有9個，恒春亦有8個，其中高於準平均0.6mm及以上之年代，臺北為1926與1932二年，恒春僅1926一年，而低於準平均0.6mm及

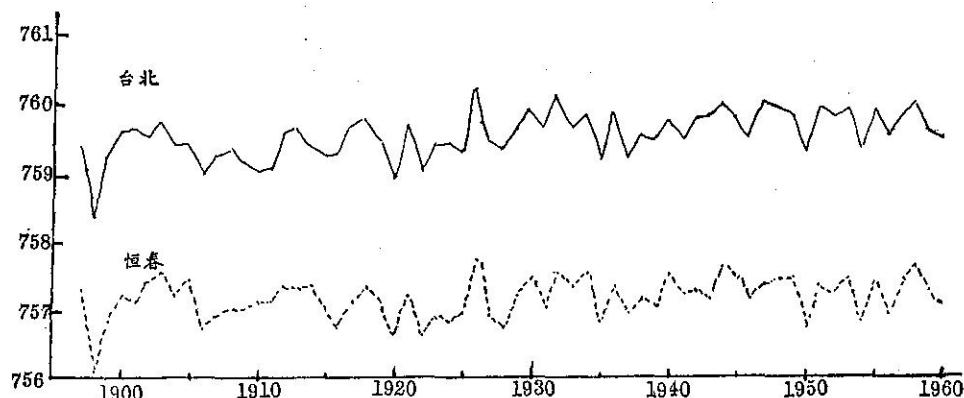


圖 7：年 氣 壓
Fig. 7 : Mean pressure

以上之年代臺北僅 1898 (偏差 -1.0mm) 與 1920 二年，恒春僅 1898 (偏差 -1.0mm) 一年。年平均氣壓偏差在 0.4mm 以上之年代如下表：

氣 壓 較 高		氣 壓 較 低	
臺 北	恒 春	臺 北	恒 春
1926	1903	1898	1898
1930	1926	1906	1906
1932	1932	1910	1916
1944	1934	1911	1920
1947	1940	1920	1922
1958	1958	1922	1928
		1935	1935
		1937	1950

如統計年平均氣壓之 5 年平均值，可見臺北、恒春二地並無氣壓不斷升高或降低之趨勢，其高低之差不過 0.5mm。1930 年以前變化略大，其後幾近不變，兩地未訂正至海面之 5 年平均年氣壓如下表：

年 代	臺 北	恒 春
1897~1900	759.3	756.8
1901~1905	759.7	757.3
1906~1910	759.3	756.9
1911~1915	759.5	757.2
1916~1920	759.5	757.0
1921~1925	759.4	756.8
1926~1930	759.7	757.2
1931~1935	759.7	757.2
1936~1940	759.6	757.2
1941~1945	759.8	757.2

1946~1950	759.7	757.2
1951~1955	759.8	757.2
1956~1960	759.6	757.2

年氣壓之 10 年平均表示本世紀之前 30 年氣壓微低，後 30 年氣壓微高，惟高低之差僅有 0.2mm，年氣壓 10 年平均值如下表：

年 代	臺 北	恒 春
1901~1910	759.5	757.1
1911~1920	759.5	757.1
1921~1930	759.6	757.0
1931~1940	759.7	757.2
1941~1950	759.7	757.2
1951~1960	759.7	757.2

在 20 年及 30 年之平均值中，臺灣年氣壓在 60 年中變化之微，尤為明顯。末後 20 年之平均，比前 20 年之平均值高 0.1mm，後 30 年之平均，亦僅高出前 30 年者 0.1 至 0.2mm，此變化僅及觀測之可能誤差，故吾人實不便肯定之為氣壓之顯著升高，臺北、恒春二地年氣壓之 20 及 30 年平均如下表：

年 代	臺 北	恒 春
1901~1920	759.5	757.1
1921~1940	759.6	757.1
1941~1960	759.7	757.2
1901~1930	759.5	757.1
1931~1960	759.7	757.2

(二) 1 月氣壓之變化

1897~1960年 64年之總平均1月氣壓：臺北 765.2mm，恒春 761.5mm，各年1月平均氣壓變化所形成之曲線，表示在東北季風盛行之此一冬月，氣壓

之變動頗大，但不見有逐漸升高或降低之趨勢，二地曲線之高低起伏，有如圖8之所示，完全一致。臺北1月氣壓高之年，恒春1月氣壓亦高。反之，臺北1月

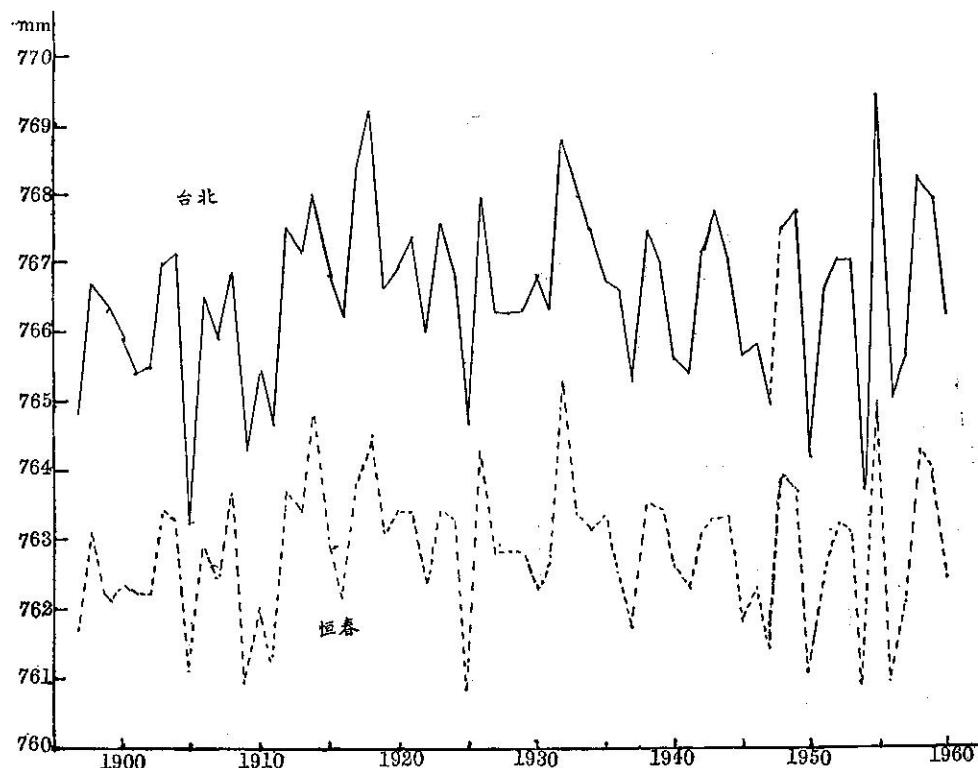


圖8：1月氣壓
Fig. 8 : January pressure

氣壓低之年，恒春1月氣壓亦低。在64年之1月氣壓曲線中，顯有氣壓波20個，各波週期2至4年不等，而平均期長為3.2年，大致與以前在溫度變化及雨量變化中所見之波數與週期相符，64年中臺北、恒春二地1月氣壓偏差達1mm及以上較高較低年代如下表：

較高年代		較低年代	
臺 北	恒 春	臺 北	恒 春
1912	1914	1897	1897
1914	1918	1901	1905
(1917)	1926	1902	1909
1918	1932	1905	1911
1923	1948	1909	1925
1926	(1949)	(1910)	1937
1932	1955	(1911)	1945

(1933)	1958	1925	1947
1943	(1959)	1937	1950
(1948)		1941	1954
1949		1947	1956
1955		1950	
1958		1954	
(1959)		1956	

是氣壓偏差等於1mm及以上之1月，臺北氣壓較高者有14個，恒春較高者9個，1月氣壓較低之年數，臺北14個，恒春11個，如計氣壓偏差1mm以上之波，而將上述年代中連續之年認為同一之波，則可謂64年中有10~11個波，是約有週期6~6.4年之變化。即約為上述3.2年週期2倍之波。

如取偏差2mm及以上之1月，則見氣壓特高特低之年代如下表：

1月氣壓特高		1月氣壓特低	
臺北	恒春	臺北	恒春
1913	1932	1905	1909
1932	1955	1909	1925
1955		1950	
		1954	

在64年中1月氣壓特高之年數，臺北3，恒春2，而1月氣壓特低之年數，則為臺北4，恒春2，由上可知在冬月臺北之氣壓較高，變化較多，且變化之偏差亦較大。1905年1月臺北氣壓最低，低於準平均3.3mm，1955年1月氣壓最高，高於準平均3.1mm，在恒春，1932年1月氣壓最高，高於準平均2.4mm，1954年1月氣壓最低，低於準平均2.3mm，一般而言，1月氣壓特高，表示東北季風強盛，氣團較冷，降水量較少。反之，1月氣壓特低則是冬季季風稍弱，氣溫略高，降水量稍多。

64年中1月氣壓之5年平均，亦顯示臺北、恒春二地有完全相同之變化形式，並與二地1月溫度之5年平均之變化相反。在氣壓變化曲線中，含有波形3個，是氣壓尚見有大約為21年之週期，1897~1960年臺北、恒春二地1月氣壓之5年平均如下表：

年 代	臺 北	恒 春
1897~1900	764.4	760.9
1901~1905	764.3	761.0
1906~1910	764.5	761.0
1911~1915	765.5	761.8
1916~1920	766.2	762.0
1921~1925	765.2	761.2
1926~1930	765.4	761.6
1931~1935	766.2	762.1
1936~1940	765.1	762.1
1941~1945	765.3	761.3
1946~1950	764.8	761.2
1951~1955	765.6	761.7
1956~1960	765.5	761.7

二地本世紀1月氣壓之10年平均，仍見顯著之變化，10年平均值如下表：

1月氣壓	臺 北	恒 春
1901~1910	764.4	761.0
1911~1920	765.9	761.9

1921~1930	765.3	761.4
1931~1940	765.6	761.7
1941~1950	765.1	761.3
1951~1960	765.5	761.7

本世紀之60年中，臺北、恒春二地1月氣壓之20年平均與30年平均，表示出中間20年之平均1月氣壓略高，以及後30年之平均高於前30年之平均，惟差別僅有0.1至0.2mm，此亦表示氣壓變化顯有60年以上之週期。二地20年及30年之平均值如下表：

20 年 平 均		
年 代	臺 北	恒 春
1901~1920	765.2	761.5
1921~1940	765.5	761.6
1941~1960	765.3	761.5

30 年 平 均		
年 代	臺 北	恒 春
1901~1930	765.2	761.4
1931~1960	765.4	761.6

(三) 7月氣壓之變化

1897~1960年64年7月份氣壓之標準平均，臺北753.6mm，恒春752.9mm。其逐年之變化，二地完全同形，臺北氣壓高之7月，恒春氣壓亦高；臺北氣壓低之7月，恒春氣壓亦低。夏季二地同屬西南季風時期，惟訂正至海面之氣壓平均，恒春高於臺北僅0.7mm，因平均氣壓梯度小，故西南季風不強，常為熱帶及副熱帶之氣旋所擾亂，7月氣壓低，表示氣旋之侵襲較甚，因之雨量亦較多，氣壓高之7月，情形與此相反。

在64年之氣壓變化中，不見恆久變高或變低之趨勢，其曲線有如圖9之所示，顯有週期2至5年不等之大小波形20個，是此波之平均週期3.2年，與上述1月氣壓變化所顯示之週期性相同，如僅數計偏差為+1.0mm或更大之波形，則臺北與恒春二地皆表示有13個，是其平均週期為5年，偏差-1.0mm或更低之波形，臺北、恒春各有12個，是平均約5.8年可見一次7月低壓較低1mm許。

再就氣壓偏差大於2.0mm之年代而論，64年中氣壓特高之7月，臺北有2個，恒春1個；特低之

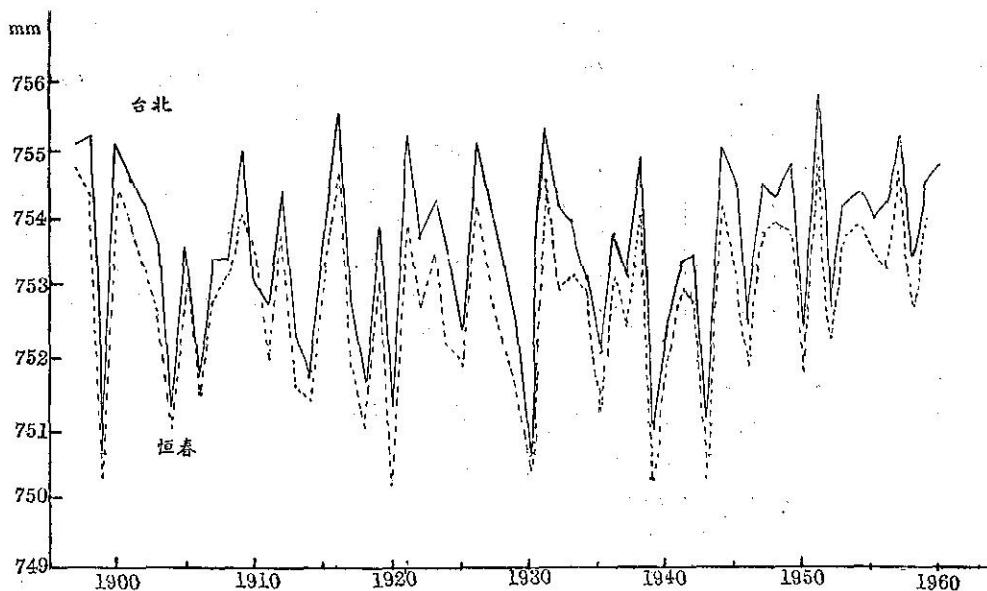


圖 9：7 月 氣 壓
Fig. 9 : July pressure

月，臺北有 6 個，恒春有 5 個。7 月氣壓偏差等於 1.0mm 及更大之年代：

7 月 氣 壓 高		7 月 氣 壓 低	
臺 北	恒 春	臺 北	恒 春
(1897)	1897	1899	1899
1898	(1898)	1904	1904
1900	1900	1906	1906
(1901)	(1901)	(1913)	(1913)
1909	1909	1914	1914
1916	1916	1918	1918
1921	1921	1920	1920
1926	1926	1925	1925
1931	1931	(1929)	(1929)
1938	1938	1930	1930
1944	1944	1935	1935
(1945)	1951	1939	1939
1947	1954	(1940)	1943
1951	1957	1943	1946
1957	(1959)	1946	
(1959)	1960		
1960			

7 月氣壓偏差達於 2.0mm 及更大之年代

7 月 氣 壓 特 高		7 月 氣 壓 特 低	
臺 北	恒 春	臺 北	恒 春
1916	1951	1899	1899
		1904	1920
		1920	1930
		1930	1939
		1939	1943
		1943	

7 月氣壓之 5 年平均值，臺北及恒春二地皆見 1925 年以前之 6 個 5 年平均，表示平均氣壓下降，1925 年以後之 7 月 5 年平均，表示平均氣壓上升，其間雖有週期較小之波，但週期至少約為 65 年之波，在此甚為明顯，最高最低之偏差，在臺北為 0.9 與 -0.7，在恒春為 1.0 與 0.7mm，此項 65 年之週期或為更大週期中較小週期之一，臺北、恒春二地 7 月氣壓之 5 年平均如下表：

年 代	臺 北	恒 春
1897~1900	754.1	753.4
1901~1905	753.6	752.8
1906~1910	753.4	753.0
1911~1915	753.1	752.4

1916~1920	753.2	752.2
1921~1925	752.9	752.8
1926~1930	753.2	752.3
1931~1935	753.8	753.0
1936~1940	753.2	752.4
1941~1945	753.6	752.7
1946~1950	753.8	753.1
1951~1955	754.3	753.9
1956~1960	754.5	753.9

在臺北、恒春二地 7 月氣壓之 10 年平均中，則見二地本世紀之 60 年中，平均氣壓先降以後連續上升，此 60 年平均氣壓之變化，似為週期至少為 80~90 年之變化中之一部分，二地 7 月氣壓之 10 年平均如下表：

年 代	臺 北	恒 春
1901~1910	753.5	752.9
1911~1920	753.1	752.3
1921~1930	753.1	752.6
1931~1940	753.5	752.7
1941~1950	753.7	752.9
1951~1960	754.4	753.9

如統計 7 月氣壓之 20 年平均與 30 年平均，則見臺灣在本世紀末後 20 年之 7 月氣壓顯然高出以前之二次 20 年之平均氣壓，最高最低之差仍達 0.8mm。末後 30 年之平均，高於以前 30 年之平均 0.6~0.7mm。

年 代	臺 北	恒 春
1901~1920	753.3	752.6
1921~1940	753.3	752.7
1941~1960	754.1	753.4
1901~1930	753.2	752.6
1931~1960	753.9	753.2

五、臺灣氣候變化之趨勢與週期

(一) 氣候趨勢

1. 趨勢一覽

由 1897~1960 年 64 年中臺北、恒春二地氣候資料之分析，可見臺灣氣候在氣溫、雨量及氣壓三要素中趨勢之有無及若何如下表：

	氣 溫			雨 量			氣 壓		
	年	1月	7月	年	1月	7月	年	1月	7月
歷年觀測	臺北	變暖	無	無	無	無	無	無	無
	恒春	"	"	"	"	"	"	"	"
5年平均	臺北	"	"	"	"	"	"	"	"
	恒春	"	"	"	"	"	"	"	"
10年平均	臺北	"	"	變暖	"	"	"	"	"
	恒春	"	"	"	"	"	"	"	"
20年平均	臺北	"	"	"	"	微濕	變濕	微升	"
	恒春	"	變暖	"	變濕	微乾	無	"	"
30年平均	臺北	"	無	"	無	微濕	變濕	"	微升
	恒春	"	變暖	"	變濕	微乾	"	"	"

2. 氣溫趨勢

臺灣南北兩地年平均氣溫在 64 年中逐漸升高之趨勢，甚為明顯。在逐年觀測之曲線中已可大致看出，如計算年溫度之 5 年、10 年、20 年及 30 年之平均值，則氣溫變暖之趨勢更顯，此與柯諾佛 (Conover) 等所指出西曆 1885 年起至少到 1940 年之 56 年中全球溫度皆見上升之趨勢相符。柯氏指出冬季溫度升高約 1.2°C，年溫上升約 0.6°C，在臺灣，臺北冬溫升高不顯，但恒春 1 月溫度之 20 年平均，第三 20 年高出第一 20 年 0.5°C。既在 30 年平均中，後 30 年平均氣溫仍高出前 30 年 0.2°C。柯氏並指出 1917~1937 年之期中，北極溫度升高最大，超過 3.5°C，此期臺灣 1 月溫度之 5 年平均，臺北升高 1.8°C，恒春升高 1.3°C，西曆 1917 年，即民國 6 年，在臺灣為 64 年中最冷之一年，年平均溫度低於標準平均之數，在臺北及恒春同為 1°C。1917 年 1 月氣溫之偏差：臺北 -4.0°C，恒春 -3.7°C，而該年 7 月亦較標準情形為涼爽。

3. 雨量之趨勢

1897 至 1960 之 64 年中臺灣之歷年年雨量及年雨量之 5 年平均與 10 年平均，變化多端，不見逐漸變為多雨或乾燥之趨勢，既在 20 年與 30 年之平均中，僅恒春顯有年雨量之增多，臺北則無一般趨勢。後 30 年雨量與前 30 年相差僅及年雨量千分之一。在冬季臺北與恒春雨量皆甚稀少，其變化不關重要，但既此亦僅於 20 年及 30 年之平均中，方見有臺北、恒春二地頗不同之趨勢，臺北雨量微見增多，而恒春則微見減少，7 月臺北及恒春皆為多雨月份，是月雨量，既在 5 年與 10 年平均中仍顯示週期性之變化，而無一般趨勢，但臺北則 20 年平均及 30 年平均，皆見雨量之增大，恒春則僅於 30 年之平均，顯示 7 月雨量增多。按柯諾佛，

在 1885~1940 年之 56 年中，北極區、北溫帶、墨西哥、南美中部、南印度以及東南亞年雨量皆見正變化，而美國、南美北部、非洲、馬來亞及澳洲則見有相反之負變化，是不同區域之年雨量，頗有不同，因之彼云年雨量之變化，並無世界性之一般變化，由臺灣南北兩端年雨量 1 月雨量與 7 月雨量變化之差別，亦可想見其一般。

4. 氣壓之趨勢

由臺北、恒春二地 60 餘年之氣壓紀錄，可見僅於年氣壓之 20 年及 30 年平均值，見有微形升高之趨勢，升高 0.1 至 0.2mm，1 月氣壓則僅於 30 年平均值，後 30 年高於前 30 年 0.2mm。而 7 月氣壓則變化較大，其 20 年平均與 30 年平均有顯著上升，20 年平均後 20 年升勢特強，高出首 20 年 0.3mm，二地皆然。30 年平均則後 30 年高出前 30 年之數為臺北 0.7mm，恒春 0.6mm，是氣壓之變化，除 7 月氣壓在本世紀最後 20 年有比較顯著之升高外，年平均氣壓與 1 月平均氣壓之升高殊微，變值接近資料之正確度，故不能謂其必有。

氣壓之變化，當然表示大氣環流之變化，由臺灣氣溫在 60 餘年中升高之趨勢，可以想見氣壓應有所變化，北半球顯著溫度變化之原因，在於歐亞大陸及北

美冬季反氣旋位置及強度之變化，彼得遜 (Petersen) 在其北大西洋及東歐氣旋頻率之研究中，曾謂斯干的納維亞氣壓上升之區，風暴性減小，而紐芬蘭東北方及北方之風暴性增大。此種型式使北大西洋東部多西南風，因暖空氣之平流，此期極圈內風之進出較以前為頻，空氣在反氣旋區輻射冷卻之時間較少，因之北風之平均，暖於以前。60 年之氣候記錄中，臺灣 7 月氣壓在末後二、三十年之升高，顯示此期風暴性之減小，氣溫因亦較高，此種情形，在冬季臺北雖不見氣溫之變暖，但在年平均之氣壓與氣溫之變化中，亦可約略見之。

上述 60 年中氣溫、氣壓升高之趨勢，不過週期長於 60 年以至 100 餘年變化之一部份，即另一較大週期中之上升部份，不能視之為永恒升高，蓋既在整個歷史年代中，百年及數百年之氣候週期變化，數見不鮮也。

(二) 氣候週期

由上述臺北及恒春二地 60 餘年氣候資料所作分析研究，可見溫度、雨量及氣壓三者，年、1 月與 7 月之逐年數值及 5 年平均之變化中，有下列年數之週期性：

	氣溫			雨量			氣壓		
	年	1 月	7 月	年	1 月	7 月	年	1 月	7 月
歷年記錄	臺北	3.4,10.7	3.6,4.0	3.8	3.0,7	3.6,6.4	3.4,6-7,10.7	3.6	3.2,6.4
	恒春	3.4,10.7	3.2,4.0,3.6	3.6	3.0,7,5.7	3.4	3.4,6-7	3.6	3.2,6.4
5 年平均	臺北	22			13	16	21	21	65
	恒春	22					21,65	21	10,65

10 年平均、20 年平均與 30 年之平均，更顯示出長期之氣候變化，週期為 30~40 年、65 年及 80~90 年或 100 年以上者，茲分述如下：

(1) 3 至 4 年之週期

在代表臺灣之臺北及恒春二地，全年與冬夏二季之氣溫、雨量及氣壓變化中，普遍見有 3 至 4 年之週期。其實際平均長短為 3.0、3.2、3.4、3.6、3.8、4.0 年不等，但最多見者則為 3.6 年之週期，3.4 年之週期次之。此種 3 至 4 年之週期，早已在世界其他部份之氣候變化中為人所發現。羅開葉 (N. Lockyer) 由世界上 73 處之氣壓變化，曾發見平均為 3.8 年週期，另一羅開葉 (W.J.S. Lockyer) 求得澳洲亦有此種週期，布拉克 (Braak) 由東印度群島之氣壓梯度，

發見其有 3.5 年之週期變化，此外戴芳特 (A. Defant) 亦曾在北大西洋環流中求得此種三年半之週期，李車爾 (Rietschel) 由 1901~1912 年冬季溫度之調查和分析中，得有 3.7 年之週期，貝拉格 (H.P. Berlage jun.) 在爪哇自 1519~1929 年 411 年之樹環 (年輪) 研究中，發見平均為 3.32 年之週期，此種 3 至 4 年之週期，一般皆認為係大氣本身振動問題，而為溫度變動與氣壓變動之自動調整，舒伯特 (Schubert) 在其世界氣壓波之研究中，亦取相同之解釋，氣壓波之出發點在赤道附近，自此沿子午線方向前進，在較高緯度形成數個大氣活動中心。

(2) 5 至 7 年之週期

由臺北、恒春二地雨量及氣壓之變化中，尚見有

爲期5.0、5.7、6.0、6.4與7.0年之週期，惟此種5至7年之週期，並不普遍，故其真實性，不若上述3至4年者爲大。僅於取較大偏差時偶見之，其中6至7年之週期，恰爲二個3至4年之週期之期長，表示每兩個3年餘之週期中，常見有一較大偏差之變化，亦屬合理。

(3) 11年太陽黑子週期

觀察臺灣氣溫與雨量變化中之較大偏差，尚見平均爲10.7年之週期，此不僅相當三個3.6年之週期，而又與11年太陽黑子週期相接近，故其存在，頗屬可信。太陽黑子之多寡，使日射強度發生變化，而太陽黑子數有一明顯之11年週期，柯本(W. Köppen)求得太陽黑子數量最小之年代，氣溫高出準平均約0.5°C，在熱帶特別顯著，赫爾曼(Hellmann)並發見歐洲雨量之變化與太陽黑子之數量有關，但關係並不太密切，在黑子最少之年，雨量最大，在黑子最多之年，雨量次大，是雨量可謂有5或6年之週期，與11年之週期。

(4) 13至16年之週期

於臺北1897~1960年年雨量及1月雨量以及7月氣壓之5年平均中，尚見有13年與16年之週期，此似爲四個3至4年之週期合成之較大週期，瓦格奈(Wagner)於維也納自1776年以來之溫度紀錄中發見冬夏平均溫度差，有一正爲16年平均週期之變化，溫度平均變差0.7°C餘，是此項16年之週期亦能見於其他氣候要素與他區氣候之變化中。

(5) 21至22年之週期

由臺灣60餘年1月溫度與1月氣壓之5年平均中，尚可見到大約爲22與21年之週期。此項週期之年數，相當於六個3至4年之週期，以及兩個11年太陽黑子週期。其真實性無可置疑。但以此處之觀測根據，僅爲64年之期者，作成5年平均，亦只有13個數字，用此作出之曲線，顯示3個波，由3個波所得之結果，終有資料太少之感。阿保特(Abbot)曾指出氣候有23年之週期，與此22年之週期頗相接近。因之又相信氣候變化中之見有21、22、或23年之週期，殊屬可能，惟以資料不同，故所得期長略有差異耳。

(6) 30至40年之週期

於臺灣60餘年氣候要素變化之分析中，特別是在10年、20年之平均中，似尚偶見30~40年之週期變化。本研究所根據之資料，固因觀測期限短，如此所得30~40年之週期之可靠性不大。但在他家氣候變化之研究中，30~40年之週期，實已成立。蓋此約爲3~4年之

週期之10倍，11年黑子週期之3倍，氣候變化之出現此種節奏，頗爲可能。布呂克奈(Brückner)於印度百年氣候紀錄中會發見33年之週期，道格拉斯(Douglass)於加利福尼亞州樹環之研究，亦會得有33年之週期，羅克葉(Lockyer)發見太陽黑子有35.5年之週期，布呂克奈並由河湖水位，18世紀以來雨量與溫度之觀測，俄國結冰情形，西歐葡萄收穫日期，以及千年來寒冬之記載，求得35年之氣候週期。

(7) 60年以上之週期

由各項氣候要素20年及30年之平均，見氣溫有升高之趨勢，雨量與氣壓亦微顯升高，此種趨勢顯然爲60年以上週期變化中之上升部份，雨量及氣壓之5年平均值中似尚有一約爲65年之週期，此大致爲20個3年餘之週期，6個11年黑子週期，3個21至22年之週期，與2個33年之週期，長於65年之週期，本資料固無法論斷，但其他研究中確已發見之。已被發現者有69年、88年、96年、108年、114~117年以至260年之週期等，此外在歷史年代中更長之週期亦有之。

六、結論

本研究之根據，僅以1897~1960年64年臺北、恒春二地氣候記錄爲主，故所謂氣候趨勢，指在此期限內之升高或降低之趨勢，自然屬於長於此限週期變化之一部份，而非永恆之趨勢。因之真能確定之氣候週期，僅以短於64年者爲限。

本世紀以來臺灣氣溫顯有上升之趨勢，在氣溫之年平均及多年平均中尤爲明顯，氣壓亦微顯上升之趨勢，但年雨量則無明顯趨勢之可言。本世紀以來氣溫之變暖，應爲百年以上氣候週期之一部份。

本研究所發現之臺灣氣候週期，最明顯者爲3至4年之週期，此外尚見5至7年之週期，11年之週期，13至16年之週期，21至22年之週期，與30至40年之週期等。由種種長短不同週期之聯合與重疊，氣候要素因而出現爲曲折多端之複雜曲線。

百年以下週期之氣候變化，其一部份之原因，可能在於太陽活動如太陽黑子等之變化，但主要之原因，似仍在於大氣一般環流之變化，此外規模較小之風、海流、及浮冰等之作用，使氣候呈現複雜之變化。

臺灣60餘年來之氣候資料，表示某種週期有時清楚出現，但以後却變爲另一週期，偏差亦有不同，且由不同資料中所見之週期，互有差異，缺乏共同性之週期，至於較長週期，多係由5年平均或10年平均或

更長年代之平均得出者，不能直接由觀測資料，按外推法達成長期氣候預報。惟吾人如欲對未來數年或數十年之氣候若何加以預想，則捨以此項結果為依據外，別無他途可循，是以本研究所求得之臺灣氣候週期，亦有其應有之價值。

參考文獻

1. J. Hann u. K. Knoch, (1932) : Handbuch der Klimatologie, 4te Auflage, Stuttgart.
2. C.E.P. Brooks, (1950) : Climate through the ages. Ernest Benn, Limited, London.
3. R.E. Huschke, (1959) : Glossary of meteorology. Boston.
4. 劉衍淮 (1951) : 歷史年代中中亞氣候變化的證據，師大學報第六期。
5. C. J. H. Speerschneider, (1915) : Om Isførholdene i Danske Færrande Aarene 690 1860, Kopenhagen.
6. H. Leiter, (1909) : Die Frage der Klimaänderung während geschichtlicher Zeit in Nordafrika, Wien.
7. Huntington, (1911) : Palestine and its transformation, London.
8. H. v. Ficker, (1923) : Mitt. Ges. Ges. Erdk., Leipzig.
9. G. T. Walker, (1910) : Mem. Ind. Met. Dep. XXI, Simla.
10. E. H. L. Schwartz, (1920) : Geog. Journ. 1919 and Monthly Weather Review.
11. Ch. Schott, (1876) : Tables of the atmospheric temperature in the U.S. Washington.
12. Berg, (1914) : Das Problem der Klimaänderung in Geschichtlicher zeit, Leipzig und Berlin.
13. 劉衍淮 (1949) : 氣候學 (甲種)，空軍訓練司令部，民國48年6月。
14. 劉衍淮 (1953) : 臺灣區域氣候之研究，師大學報第八期。
15. 臺灣省氣象所出版：臺灣累年氣象報告 (1897 ~ 1952) 。
16. 劉衍淮，(1954) : 東亞天氣類型與臺灣天氣變化之研究，師大學報第九期。
17. H. Shapley, (1953) : Climatic change, evidence, Causes and Effects, Harvard University, Press, Cambridge.
18. J.H. Conover: Climatic changes as interpreted from meteorological data.
19. S. Petterssen, (1914) : Changes in the general circulation, Glaciers and Climate, Geografiska Annaler 31.
20. N. Lockyer, (1908) : Monthly mean values of barometric pressure for 73 selected stations over the earth surface. Solar Physics Observatory, South Kensington, London.
21. W. J. S. Lockyer, (1919) : A discussion of Australian meteorology, Solar Physics Committee, London.
22. C. Braak, (1920) : Met Z. 1910, Annal. d. Hydrogr.
23. A. Defant, (1924) : Geografiska Annaler.
24. E. Rietschel, (1929) : Die 3~3 1/2 jährige Temperaturschwankung. Univ. Leipzig.
25. H. P. Berlage jun., (1931) : Gerlands Beiträge z. Geophysik.
26. O. V. Schubert, (1928) : Die dreijährige Luftdruckwelle, Univ. Leipzig.
27. W. Köpen, (1873) : über mehrjährige Perioden der Witterung insbesondere über die lljährige Periode der Temperatur, Met. Z.
28. A. Wagner, (1924) : Sitz. Ber. Akad. Wiss. Wien.
29. C.G. Abbot: Smithsonian solar radiation researches.
30. E. Brücker, (1890) : Klimaschwankungen seit 1700 nebst Bemerkungen über die Klimaschwankung der Diluvialzeit, Wien.
31. A. E. Douglass. Climatic cycles and tree growth, Carnegie Inst. Wash. Publ. I, (1919) II, (1928), III, (1936).
32. Lockyer. (1900) : On solar changes of temperature and variations in rainfall in the region surrounding the Indian Ocean. Proc. R. Soc. Nov.
33. G. Hellmann, (1910) : Abh. Kgl. Preuss. Met. Inst.