

檳榔嶼之氣候

薛繼堦 潘巧清

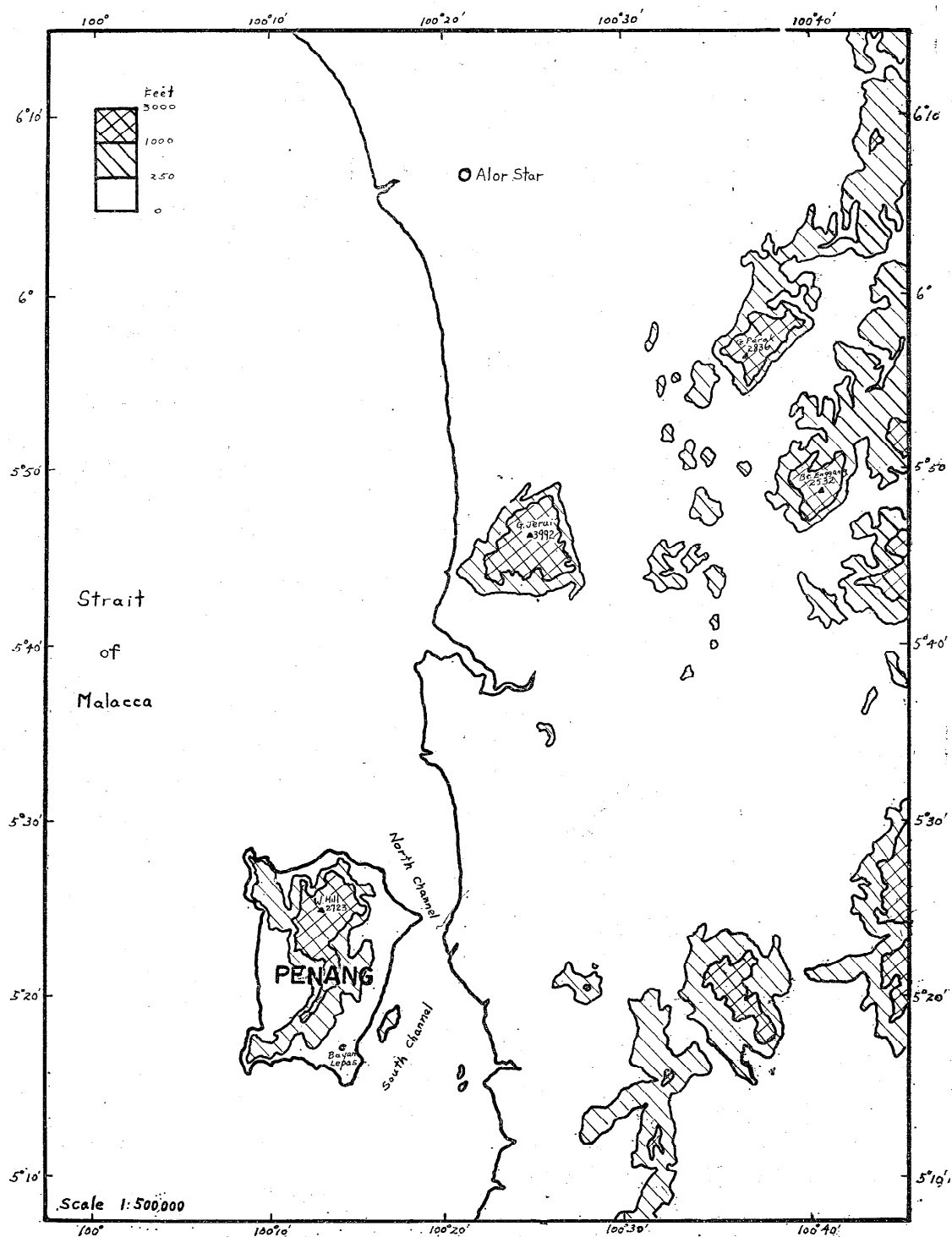
引言

氣候爲地球氣界之常態，與地形之爲地球陸界之常態相似，惟以氣界無定形，密度亦不一致，其常態之顯示遠較陸界爲複雜，尤以熱帶氣候爲甚。因熱帶常熱，氣溫之年變化極微，不足以爲判別季節之根據，南洋地區，雨量變化亦無明確乾濕季之可言，氣界常態之季節，隱而不顯。

西元一九六二年秋迄一九七〇年春任教星洲南洋大學時期，曾提出以氣流顯示熱帶氣候之季節，並分析其形成，演變，與影響一觀念，與諸生共勉。實因亞洲爲季風盛行之區，中國，印度，久以季風聞名；而其間之中印半島及亞澳兩陸間之南洋羣島區，氣流之季變亦遠較氣溫雨量等要素爲顯著，因其地近赤道，風向之更替，關係南北半球大氣之交流，與冬夏半球季節之推移。除有助於氣界常態之顯示外，更便於推究其形成，分析其演變與影響也。乃於講授氣象學，氣候學，氣候誌，及熱帶氣象學諸課時，彙集當地資料，示以研究方法。復應高年級需要，開設地理專題研究一課，由邱維國、李興日、陳丁韶三生就馬來西亞沿海地區，彙集資料，整理研究，每周集合討論成果，分別提出研究報告。由余彙整成 *On the Monsoon Characteristics along Malaysian Coast* 一文，宣讀于一九六八年十一月底迄十二月初在印度 Poona 及新德里舉行之國際地理學協會第廿一屆大會熱帶氣候組 (Symposium on Tropical Climates, XXI International Geographical Congress) ，闡釋是區之季風期，轉變期之判別方法，及季風與氣溫雨量之關係，以所論範圍較廣，對當地氣候及氣候類別等項未曾作深入之分析。

一九六九年，南洋大學仿英國學制，創設榮譽學士學位班，訂畢業論文爲必修課目，潘生巧清有志作氣候方面之研究，由余担任指導，爲時一學年；自選題，取材，計算，繪製圖表，寫作成篇，逐步進行，每周攜其成果，討論一次，至一九七〇年一月完成，經系會通過。是文僅分繕數份，置圖書館及地理學系，未及印行，是年三月底，余即離星返台，先後任教華岡及本校，倏將三載，深覺是文尙足示余對熱帶氣候研究所採之方向；爰於季風之垂直伸展及氣候分類兩方面加以補充，聯名發表，就正於 高明，特述經過爲之引。

薛繼堦 民國六十二年二月



圖一、檳榔嶼 (PENANG) 之位置

一、前 言

馬來半島地處熱帶，屬亞洲季風區範圍；實為季風影響下之熱帶雨林氣候區。氣候上，以風分季，有北季風期與南季風期；第一轉換期約在每年的四月或五月，第二轉換期約在十、十一月或十二月(1)。風之季節變化頗為顯明。

S. Nieuwolt 氏謂赤道氣候區，氣溫終年一致，雨量季變不顯明，也是以風季節變化比較顯著(2)。由此觀之，季節之劃分，中緯度地區，四季明顯，多依溫度分季。低緯度地區，雨量季變與氣溫變化，均不足以分季，按風分季，更能清楚顯示季節。

按雨量日變化，馬來亞測站可分為三大類型：(Ⅰ)東岸型——哥打峇魯與豐盛港。(Ⅱ)西岸型——阿羅士打與馬六甲。(Ⅲ)內陸型——吉隆坡與怡保。各測站都有其代表性；但檳榔嶼(經緯度位置： $5^{\circ}21'N100^{\circ}17'E$ 見圖一(3))受地文因子影響甚大，不能作為西岸型代表；也不能歸入任何型類(4)。可見檳榔嶼受地文因子影響之深，雨量日變化不足用為分季。故本文擬按風季變化，討論檳榔嶼其他氣候要素與因子之關係。地面風應受地文因子影響較多，則檳榔嶼為一山丘起伏之小島，應更能顯示氣候要素與因子的關係。

此外，檳榔嶼除機場主要測站之外，還有山頂及市區測站；記錄較全，可據以作為當地氣候之比較。

二、材料與方法

有關資料來源乃依據 1960—1966 年「馬來亞氣象局」(Malayan Meteorological Service) 刊行氣候觀測數據 (Summary of observation)。檳榔嶼有一主要測站及二輔助測站(詳見圖九(5))位置如下：

測 站	經 度	緯 度	高 度(呎)
峇六拜飛機場 (Bayan Lepas)	$100^{\circ}16'E$	$5^{\circ}18'N$	11
檳榔市 (Penang Town)	$100^{\circ}19'E$	$5^{\circ}25'N$	17
檳榔山 (Penang Hill)	$100^{\circ}16'E$	$5^{\circ}25'N$	2400

上列測站資料，機場資料比較完全，除氣溫、雨量、相對濕度觀測數據之外，還有風向頻率、風速之統計；而市區及山頂僅有氣溫、雨量、相對濕度之資料。故

利用機場測站風之觀測數據；計算合成風，分出風季。因合成風向、量兼顧，是整理風的合理方法。

合成風之計算，取 V. Conrad (6) 公式應用：

$$V_N = \frac{1}{n} \left[N - S + (NE + NW - SE - SW) \cos 45^\circ \right]$$

$$V_E = \frac{1}{n} \left[E - W + (NE + SE - NW - SW) \cos 45^\circ \right]$$

V_N 為南北向分速， V_E 為東西向分速。為便利計算，一律採用 $\cos 45^\circ = 0.71$ 。經緯流之計算，分別以正值代表東風及北風；再求得合成風之向、速，後計算恆定度。風之恆定度，可以合成風速與平均風速之比值或全月合成風程與總風程之比值表示。若風向始終不變，則兩者相等，恆定度為 100%。若風向多變化，所得比值小，恆定度低。季風轉換期之判定，根據恆定度、經緯度、合成風程、風向及其他氣候要素與因子。材料方面則取 1960 至 1966 年，先就各年之計算，再計七年平均值。由此作分季與氣候年之比較。

三、季風性質

季風之成因，有中心季變與風帶季移二說(7)，季風一詞之解釋，簡單者莫過於：因季節不同而改變風向的風。由海陸氣溫季差而起的季風，有季風盛行期及轉換期的差別，足以顯示季變之重要。

有以季風指數表示季風之強弱。季風指數是冬季最多風向與夏季同風向之差，加上夏季最多風向與冬季同風向之差。普遍指數在四十以上者，屬顯著之季風區；反之在二十以下者，則非季風區(8)，這方法的應用，熱帶低緯地區因無冬、夏之分；而以全年中最高風向頻率月份代之。但最高風向頻率之月份，因地而異，不適宜比較。且風為向量 (Vector)，應用向量方法計算合成風；應較僅憑頻率計算之季風指數為合理。故應用合成風之統計方法，從風向、風速、經緯流、恆定度與靜頻率各項要素；更能說明季風性質(9)(10)。本文乃採用合成風方法探討檳榔嶼之季風性質。

(一) 季風期與轉換期

季風期與轉換期之決定，依有關資料統計，得每年各月之經緯流 (表一)、合成風 (表二)、恆定度與靜頻率 (表三)。已得記錄所示，各年變化並不一致。再四
據七年之值 (表四、五、六) 以及所繪圖解 (圖二、三、四) 加以分析，決定季風期與轉換期；同時考慮氣候因子及高空風資料判別之。

表一：各月經流 (M) 及緯流 (Z) —— $M(+N)$ —— $Z(+E)$ —— km.

年份	月份 經緯流											
	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二
1960	M 691.9	-27.8	44.6	-50.4	-126.5	-604.8	-342.2	-230.6	43.2	-37.2	201.6	684.5
	Z 245.6	-167.0	-297.6	-28.8	-275.3	-259.2	-252.9	-223.2	-216.0	-238.1	-79.2	238.1
1961	M 81.8	174.7	-156.2	-115.2	-29.8	-72.0	-305.0	-520.8	-129.6	66.9	144.0	558.0
	Z 141.4	-147.8	-342.2	-352.8	-193.4	-230.4	-260.4	-193.4	-273.6	-186.0	57.6	267.8
1962	M 66.9	631.7	52.1	-259.2	-424.1	-86.4	-282.7	-178.6	-50.4	267.8	208.8	342.2
	Z 238.1	33.6	-200.9	-331.2	-215.8	-136.8	-230.6	-208.3	-244.8	-193.4	-14.4	193.4
1963	M 1517.8	228.5	74.4	-122.4	-104.2	-367.2	-572.9	-186.0	-259.2	-252.9	21.6	424.1
	Z 535.7	-80.6	-290.2	-410.4	-344.8	-280.8	-357.1	-163.7	-273.6	-238.1	-64.8	148.8
1964	M 223.2	403.7	-66.9	-324.0	89.3	-388.8	-580.3	-379.4	-14.4	186.0	468.0	766.3
	Z -104.2	83.5	-349.7	-388.8	-252.9	-180.0	-215.8	-89.3	-352.8	-163.7	36.0	29.8
1965	M 1011.8	87.4	-74.4	-288.0	-394.3	-518.4	-357.1	-424.1	-93.6	223.2	280.8	610.1
	Z 44.6	-208.3	-290.2	-345.6	-186.0	-208.8	-171.1	-208.3	-151.2	-89.3	-36.0	141.4
1966	M 706.8	201.6	74.4	-316.8	-297.6	-331.2	-334.8	-669.6	57.6	-119.0	64.8	372.0
	Z -44.6	-127.7	-275.3	-338.4	-215.8	-252.0	-290.2	-29.8	-180.0	-252.9	14.4	141.4

(232)

表二：各月合成風——風向(Dir)——Degree
風程(Dis)——Km.

年份	月 份 合 成 風	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二
1960	Dir.	19°32'	260°32'	278.40'	261°	245°19'	203°12'	216°28'	224°03'	281°18'	261°10'	338°34'	19°10'
	Dis.	2626.3	598.6	1041.6	1166.4	1101.1	2304.0	1525.2	1153.2	806.4	855.6	792.0	2596.6
1961	Dir.	9°48'	319°46'	245°28'	251°55'	261°15'	252°39'	220°29'	200°22'	244°39'	289°48'	21°48'	25°39'
	Dis.	2998.3	1491.8	1443.4	1346.4	699.4	878.4	1443.4	2008.8	1087.2	721.7	568.8	2224.6
1962	Dir.	19°34'	3°02'	284°32'	231°57'	206°58'	237°43'	219°39'	229°24'	258°22'	324°10'	356°03'	29°29'
	Dis.	2574.2	2271.4	757.4	1504.8	1711.2	568.8	1309.4	989.5	914.4	1175.5	748.8	1421.0
1963	Dir.	19°26'	340°34'	284°25'	253°23'	252°43'	217°24'	211°56'	221°21'	266°33'	223°16'	288°16'	19°20'
	Dis.	5788.3	873.6	1071.4	1526.4	1257.4	1656.0	2440.3	885.4	1346.4	1257.4	230.4	1607.0
1964	Dir.	335°	11°41'	259°09'	230°12'	289°26'	204°50'	200°28'	193°14'	267°40'	318°40'	4°24'	2°14'
	Dis.	885.4	1457.5	1279.7	1814.4	959.8	1555.2	2224.6	1391.3	1274.4	885.4	1684.8	2760.2
1965	Dir.	2°31'	292°45'	255°37'	230°12'	205°15'	201°56'	205°36'	206°10'	238°14'	338°12'	352°42'	13°03'
	Dis.	989.5	819.8	1071.4'	1605.6	1577.3	2023.2	1421.0	1711.2	648.0	855.6	1008.0	2246.9
1966	Dir.	356°24'	327°40'	285°07'	226°53'	215°56'	217°16'	220°55'	203°58'	287°45'	244°48'	12°32'	20°48'
	Dis.	2544.5	873.6	989.5	1656.0	1309.4	1504.8	1607.0	2626.3	676.8	1019.3	230.4	1443.4

表三：各月恆定度 (S.) 及靜頻率 (C.)——%

年份	月份 恆定度及靜頻率											
	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二
1960	S. 42	13	26	33	33	57	43	35	23	23	23	48
	C. 12	23	24	29	37	35	32	32	30	29	26	13
1961	S. 44	17	34	35	18	25	42	52	30	20	14	46
	C. 10	18	22	29	33	33	41	38	31	30	22	19
1962	S. 48	38	14	36	42	17	34	31	28	26	20	31
	C. 14	16	17	26	29	36	37	38	31	17	23	18
1963	S. 71	15	21	31	29	42	54	27	37	32	6	31
	C. 3	12	19	21	20	37	31	37	33	28	25	15
1964	S. 19	29	27	49	27	45	53	39	30	27	42	44
	C. 23	17	29	36	35	44	34	43	32	33	27	16
1965	S. 13	17	21	39	41	50	32	32	16	18	20	42
	C. 12	27	29	33	34	39	34	22	31	22	22	14
1966	S. 42	16	23	45	35	35	35	56	19	26	6	35
	C. 14	17	25	30	35	29	32	33	33	29	25	22

(234)

表四：1960—1966 月均經流(M) 及月均緯流(Z)—— $\frac{M(+N)}{Z(+E)}$ ——Km.

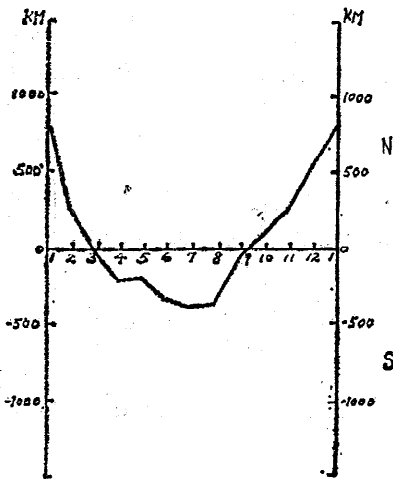
月 份	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二
經緯流												
經 流(M)	803.5	244.4	-7.4	-208.8	-208.3	-338.4	-394.3	-372.0	-64.8	44.6	201.6	533.7
緯 流(Z)	14.9	-88.2	-290.2	-316.8	-238.1	-223.2	-252.9	-200.9	-244.8	-193.4	-14.4	163.7

表五：1960—1966 月合成風——風向(Dir.)——Dergre.
風程(Dis.)——Km.

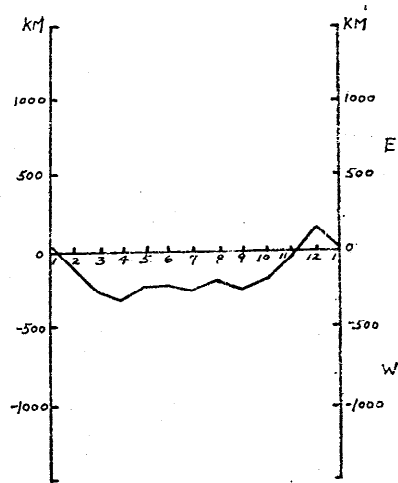
月 份	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二
合成風												
風 向(Dir.)	1°03'	340°81'	268°30'	236°37'	228°49'	213°24'	212°41'	208°22'	225°10'	283°	355°58'	17°
風 程(Dis.)	2894.2	929.9	1041.6	1375.2	1153.2	1454.4	1688.9	1525.2	907.2	721.7	727.2	2008.8

表六：1960—1966 月均恆定度及靜頻率——%

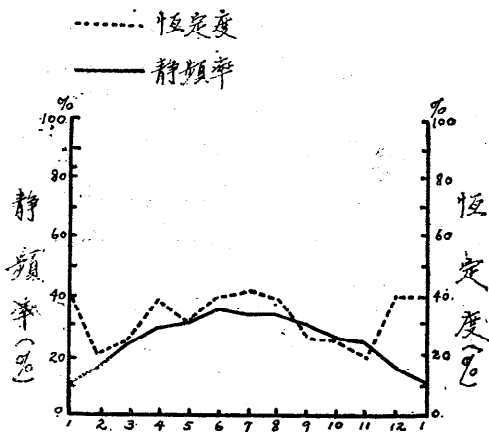
月 份	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二
恆定度及靜頻率												
恆 定 度 %	40	21	24	38	32	39	42	39	26	25	19	40
靜 頻 率 %	12	16	23	29	31	36	34	34	31	26	24	16



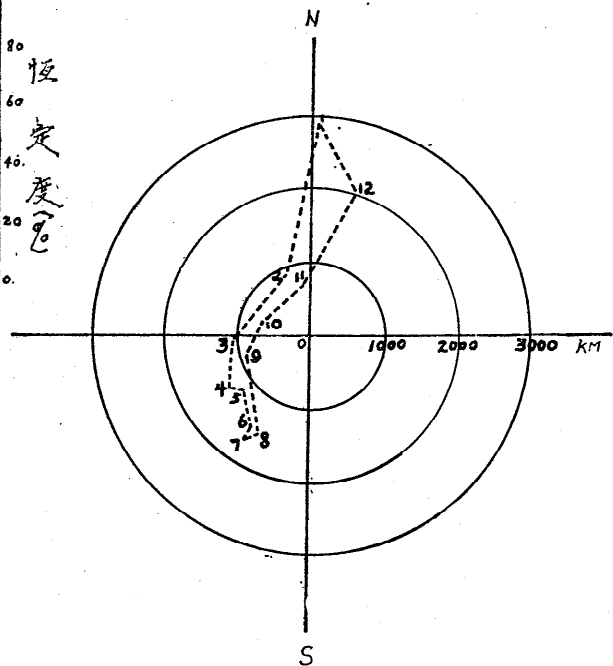
圖二、1960—1966各月平均經流



圖三、1960—1966各月平均緯流



圖四、1960—1966各月平均值



圖五、1960—1966各月均合成風

綜合上列圖表：

- (1) 月均經緯流——圖二、三所示
南北與東西之分流並不明顯，
尤其是緯流，終年西風成份高，
僅十二、一月北季風盛行時，
有吹東風。月均緯流數值，
一般上不大。西風在四月最強
可達316.8km，十一月最弱僅

14.4km。東風較盛者為十二月，達163.7km，一月為14.9km。月均經流所示，
北風在一月強達803.5km；十月最小，為44.6km，南風在七月最強為394.3km，
三月最弱為7.4km。故由月平均經流所示，第一轉換期在二、三月間，第二轉
換期在九、十月間。

(2) 恆定度與靜頻率——恆定度最低月份是二月 (21%) 與十一月 (19%)；五月 (32%) 是次低值。恆定度較高者，出現在一月 (40%) 與七月 (42%)。若曰風之恆定度大，靜頻率小；反之靜頻率大，恆定度小；則圖四除一月外，二者之關係不顯明。

(3) 風程與風向

I) 最高值風程——風程最大者為季風盛行月份，則北季風盛行於一月，風程 2894.2km。南季風盛行於七月，風程 1688.9km。此二個月恆定度值亦最大。

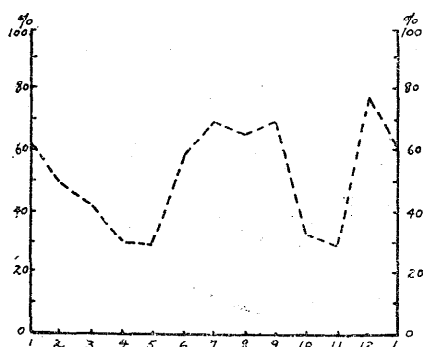
II) 最低值風程——是在二月、十月與十一月，風程介於 700—900km 間，五月出現次低值，風程為 1153.2km。

III) 風向——四至五月間是東北風轉變為西南風時期。十一月是西南風轉變為東北風時期。

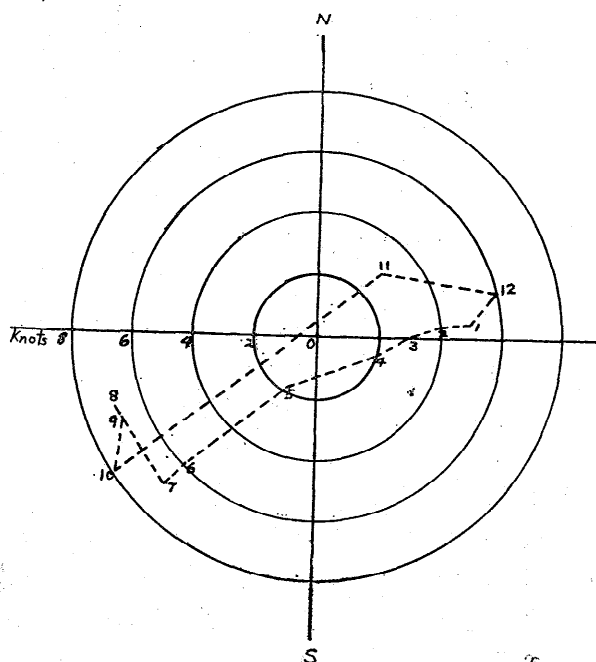
根據上述各點，按恆定度最低值：第一轉換期應在二月。第二轉換期應在十一月。這與下列資料稍有出入：

(1) 地面風——馬來亞氣象局 "Summary of Observation" 所示，馬來亞每年十月下旬或十一月至翌年三月為東北季風期。五月下旬或六月初至九月為西南季風期。換言之，第一轉換期在四月，第二轉換期在十月。

(2) 高空風——據泰國氣象局 1956—1960 年檳榔嶼 5000 呎高空風資料，各月平均合成風向、速、恆定度繪得圖六、七。顯示十二月至翌年四月為東北季風期，六月至十月為西南季風期。風季變化，清楚地以五月及十一月為轉換期；因為此二個月恆定度值最低，而且風向在轉變中，風程亦較小。



圖六、1956-1960 Bayar Lepas 5000
高空風月均恆定度



圖七、1956-1960 Bayar Lepas 5000 高空月均合成風

高空風資料的應用，一因5000呎高空不應受當地地形之影響，風向比較清楚；一因高空風與地面風之轉換期大致符合。例如星加坡地面風第一轉換期在四月，第二轉換期在十月至十一月間(2)(4)。高空風第一轉換期在四至五月間，第二轉換期在十月至十一月間(4)。兩者大致相同。

地形方面，檳榔嶼為一多山小島，島的中部，高度在1000呎以上，最高峯為西山(W. Hill 2723呎)。機場測站位於島之東南，西側全是山地屏蔽；東側隔着檳城海峽面對馬來半島(圖一)。結果易造成東風受阻於半島上的山脈，西風或北風却被島上的地形阻隔。

因此，二月恆定度低與地形有密切關係。根據記錄，二月多吹西北風，間有東北風；七年合成風也是西北風。風自西北，必受阻於測站西北之地形。三月與二月情形相似，風向也受地形擾亂，恆定度低。故二月風程之小，恆定度之低，當因地形影響所致。由此觀之，第一轉換期不應為恆定最低的二月，而為次低值之五月。第二轉換期是十一月。以一個月為標準，綜合高空風與地面風，可得檳榔嶼之季風期與轉換期如表七：

表七：季風期與轉換期

季 風 期	轉 換 期	劃 分 根 據
12—4 月	5 月	合成風、恆定度、平均經流、高空風
6—10 月	11 月	合成風、恆定度、平均經流、高空風

關於檳榔嶼季風之垂直伸展高度，亦可自上述泰國氣象局出版之圖(3)中讀出10000，20000，30000，40000呎各層各月合成風向風速及恆定度如下表：

高 度	月 份	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二
10000呎 (700mb)	風 向	085	080	070	080	260	275	260	270	265	265	065	080
	風 速(Kts)	08	05	07	06	02	04	09	10	09	02	02	05
	恆定度(%)	72	52	63	64	22	65	61	70	72	16	18	80
20000呎 (500mb)	風 向	090	090	095	075	125	165	220	225	205	100	095	083
	風 速(Kts)	10	08	08	12	46	01	08	03	01	07	11	09
	恆定度(%)	72	21	66	84	22	16	55	82	16	60	77	72
30000呎 (300mb)	風 向	105	100	110	090	100	085	090	085	075	090	085	090
	風 速(Kts)	07	15	08	11	08	14	16	16	16	07	18	15
	恆定度(%)	43	83	66	75	72	74	26	74	84	64	86	83
40000呎 (200mb)	風 向	130	140	130	125	065	080	085	090	060	080	094	115
	風 速(Kts)	08	06	12	11	10	14	26	28	24	17	15	19
	恆定度(%)	47	24	62	81	59	86	87	70	93	47	71	24

由上表可見 10000 呎層十一月至四月間合成風來自東北象限，風速以一月為最高；五月至十月間合成風來自西南象限，風速以八月為最高。恆定度五月及十月十一月為最低，依次為 22%，16%，18%。足見地面季風仍可向上伸展達此高度。

20000 呎層在十一月至四月間合成風向則以東風為多，僅略偏北或南，偏北者不出 15°，偏南者不出 5°。而十一月及四月之風速仍較一月為強。五月至十月間合成風向除西南外尚有來自東南者，而恆定度之升降亦與地面合成風不類。惟轉變月份大致相符。至予更上之 30000 公呎及 40000 呎層，則全變東風控制，其偏南或偏北成分亦少，偏南或偏北月份且與 20000 呎以下各層相反。可見地面季風向上伸展高度在 20000 呎以下。

近作星洲季風特性之研究，察知星洲季風之向上伸展高度約以 600mb 層為上限，其層各月合成風向不定，風速亦微弱者，竟佔十二個月中之一半。其層高度為 4.4GPKM，約合 15500 呎，與上列檳城紀錄中 20000 呎已無地面季風跡象可尋參證，足以初步判別是區地面季風向上伸展之高度約在一萬至一萬五千呎之間，以萬呎以下較為顯著。

(二) 氣溫、雨量之季變

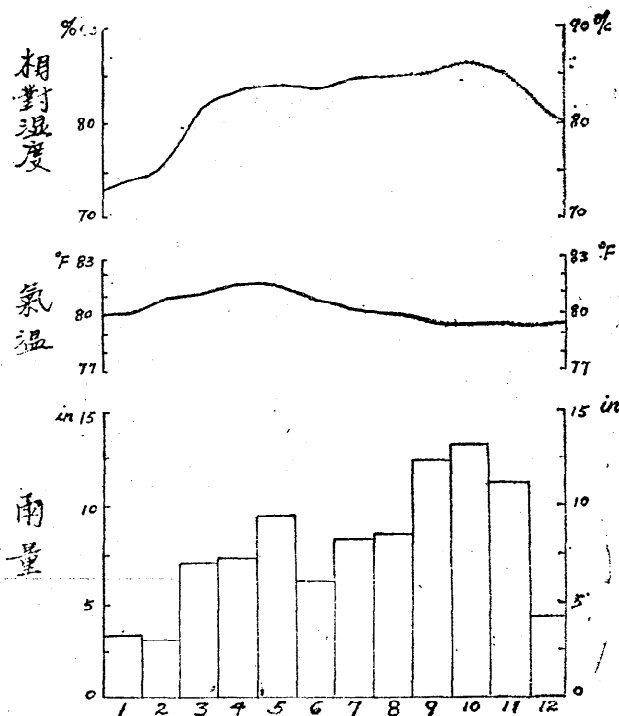
乾濕季之交替，往往隨着季風進退。據平均值比較季風對氣溫、雨量、相對濕度影響，如表八：

表八 季風期與轉換期之氣溫、雨量、相對濕度

季風期與轉換期	氣 溫 (°F)	雨 量 (吋)	相對濕度 (%)
北 季 風	80.71	4.98	79.35
南 季 風	79.98	9.66	85.02
轉 換 期	80.56	10.45	84.82

雨量分佈，轉換期最豐富，南季風期次之，北季風期最少（表八及圖八）。同樣情形也見於阿羅士打（雨量記錄：北季風期 3.9 吋，南季風期 8.77 吋，轉換期 9.61 吋）（1）分析雨量分佈差異的原因；約如下列：

1. 氣流源地不同。北季風溯源自西伯利亞高氣壓帶輻散氣流，雖經過廣闊的南中國海，氣團變性深，但受阻於半島上中央山脈，水氣含量必減少。南季風源自印度洋，越過蘇門答臘，馬六甲海峽至馬來半島；檳榔嶼所在半島西北岸；恰為馬六甲海峽最寬闊水面：水汽來源不絕。因此，造成南季風期比北季風期多雨。
2. 轉換期為南、北季風交界形成之輻合氣流界；氣流上升，再加上地形擾動作用，故雨量充沛。



圖八 1960-1966 Bayan Lepas各月平均值

3. 季風與海陸輕風系統造成各月有雨(2)。

新加坡情形與檳榔嶼相反。新加坡最多雨的季節在東北季風期，西南季風期較乾(2)，兩島差異，主要是因為地理位置及地形影響不同所致。

一般上，氣溫變化小(圖八)平均氣溫80°F，各季相差不及1°F，純屬典型赤道氣候特徵之一。相對濕度之增減與雨量多寡大致相合。

(三)季風之特徵

1. 北季風期自十二月至翌年四月。風主要來自北北東(NNE)或北北西(NNW)。風程700-2900Km，恆定度20-40%。各年北季風的風向不一，因受島上地形影響。二月即為一例。
2. 南季風期自六月至十月。以西南風為主，風程700-1700km。恆定度25-42%。風向大體一致，較北季風者為明顯。
3. 轉換期在五月與十一月。風程700—1200km，恆定度19—32%。風向不定，但以西風成份較大。
4. 季風之強度，北季風以一月最盛，風程2894.2km。南季風以七月最盛，風程1688.9km。轉換期風程最小，在十、十一月均約720km。五月風程1153.2km，較二月三月者為大；二月三月風程之小，係島上地形所致。
5. 季風最盛時期在一月及七月，與恆定度最高值一致。
6. 靜頻率關係不大，無法作為一標準。緯流亦不足作為判別季風期之標準。
7. 氣溫變化小。雨量季變較顯著，轉換期與西南季風期多雨。北季風期少雨，僅

轉換期雨量之半。

四、氣候類別

柯本 (Koppen) 以氣溫、雨量作為氣候分類標準。依據其標準定Bayan Lepas各年氣候類 (表九)。此外，再如前述季風轉換期之判別方法，以合成風、恆定度、平均經流、高空風、地形決定各年季風轉換期。Bayan Lepas各年氣候分類與轉換期之比較如表九：

表九：柯本氣候分類與季風轉換期

年 份	氣 候 類	轉 換 期 (月)
1960	Afi	5,11
1961	Afi	5,11
1962	Ami	4,10
1963	Awi	5,11
1964	Ami	5,10
1965	Ami	5,10
1966	Afi	5,11
1960—1966	Afi	5,11

1. BayanLepas七年氣候分類，據平均值得Afi。根據馬來亞氣象局‘‘Climatology Summaries’’較長時間資料：1934—1940。1947—1959共 19 年之氣溫記錄；1883—1940。1950—1954共63 年之雨量記錄，計算亦得 Afi。足見據七年之值與長期平均所得氣候類相同。
2. 1960至—1966年平均值為Afi，事實上七年中出現Ami，Awi，表示有乾濕季之差異，非每年常濕。
3. 1960，61年，66年為Afi，轉換期均為五月與十一月。1962，64年，65年為Ami，轉換期介於四、五月間及十、十一月間。1963年Awi，因這一年有特別乾的月份，年總量81.58吋是七年中最少者，四月雨量0.66吋，是七年中最乾月。
4. 各年雨量之季變，均以轉換期最多，南季風期次之，北季風期最少。Ami 氣候類轉換期雨量更為豐富，其乾濕季亦較為明顯。
5. 綜合各點，可見按季風分季與氣候類大抵一致。

五、當地氣候

地形為影響氣候之因子。地形之高低、凹凸、向背造成氣候差異，甚至可為氣

候區界。檳榔嶼爲一花崗岩構成小島。島之南北長15哩，東西寬9哩，面積約108方哩。島上地形，海岸爲低地，中部爲高地。全島約一半地區在50呎以上。北部及西南部50呎等高線逼近海岸。中部高地大致作東北西南向，高度1000呎以上，西山高出海平面2723呎爲島上最高峯。次爲王家山，高度2424呎。再次爲檳榔山。(圖九)

測站位置，Penang Hill 在西山東南，Penang Town 及 Bayan Lepas 二低地測站均在東岸。自Penang Hill 至 Bayan Lepas 與 Penang Town 作截面圖(圖九)以示測站附近地形。低地測站高度在50以下，地面風易受地形阻擋，尤其是西風；Bayan Lepas 更有北面地形之阻礙。地形之影響，自季風性質一斑。

茲以三測站氣溫、雨量、相對濕度之比較，究其異同。

(一)三測站氣溫、雨量、相對濕度之比較：

(1)1960—1966年各月平均值如表十：

(2)季風期與轉換期間各要素之比較：如表十一

(3)由上列記錄觀之，各測站氣溫季變小，各季相差均在1°F 左右。雨量季變比較顯著。

(a)山頂測站得地形抬高作用，各季雨量都比市區與機場測站爲多。

(b)南季風期及轉換期均較北季風期爲多。

(c)南季風期與轉換期雨量相差極少。濕度亦以北季風期最小。

(二)據平均值差計算遞減率

(1)氣溫向上直減率

Penang Hill 與 Bayan Lepas 之間爲3.36°F/1000呎

北季風期3.41°F/1000呎

南季風期3.32°F/1000呎

轉換期 3.34°F/1000呎

Penang Hill 與 Penang Town 之間爲3.80°F/1000呎

北季風期3.94°F/1000呎

南季風期3.79°F/1000呎

轉換期 3.76°F/1000呎

(2)雨量向上直升率

Penang Hill 與 Bayan Lepas 之間全年直升率爲 12.05吋/1000 呎，平均各月 1.00吋/1000 呎，各季中各月平均情形如下：

北季風期0.51吋/1000呎

南季風期1.59吋/1000呎

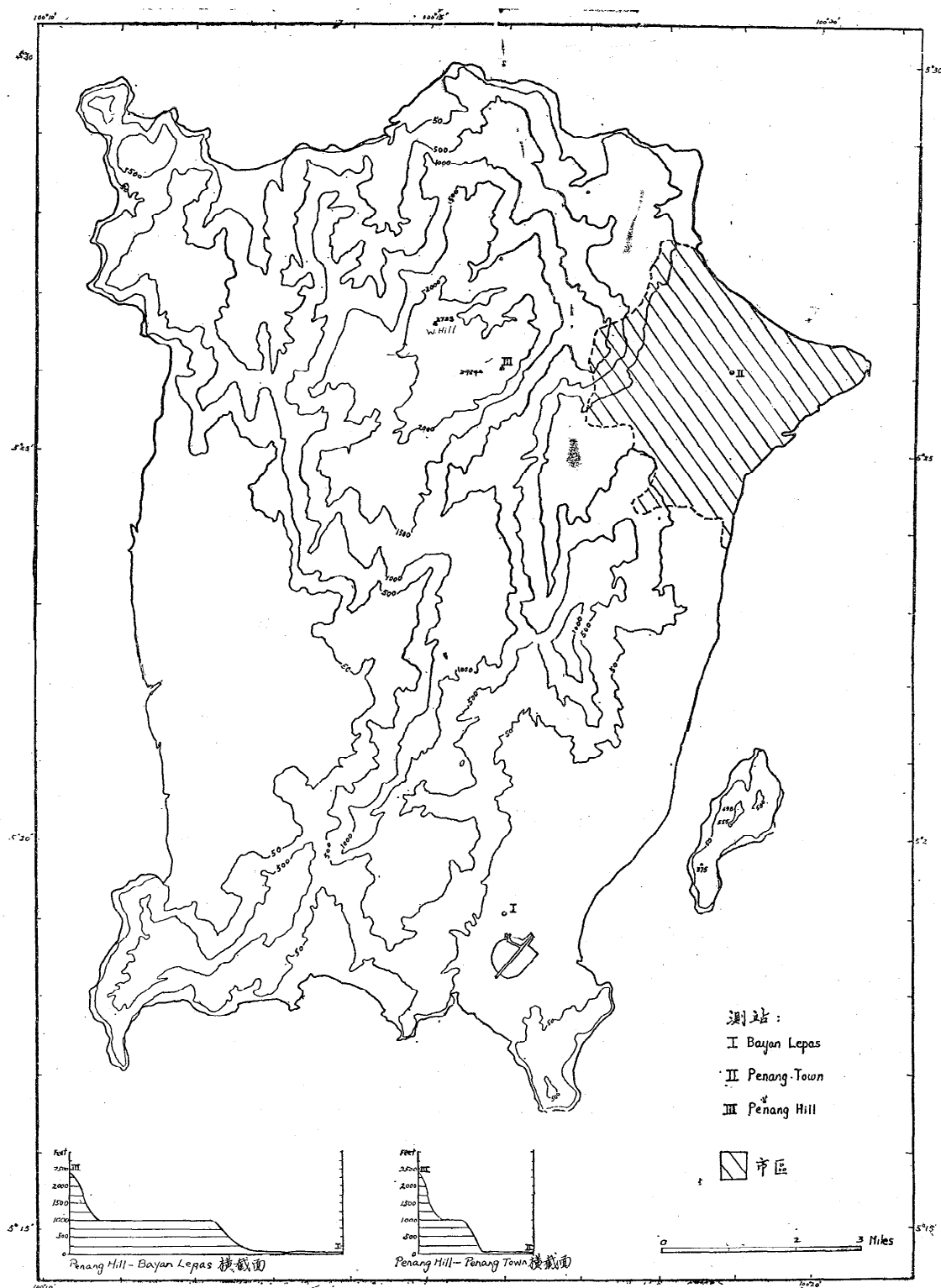
轉換期0.81吋/1000呎

Penang Hill 與 Penang Town 之間全年雨量升率爲 9.72吋/1000呎，平均各月 0.81吋/1000呎，各季中各月平均情形如下：

北季風期0.48吋/1000呎

南季風期0.88吋/1000呎

轉換期 1.46吋/1000呎



圖九：檳榔嶼地形與測站分佈

表十：1960—1966 Penang Hill, Bayan Lepas 與 Penang Town之氣溫、雨量、相對濕度。

氣*	月		一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二	年
	測	站													
溫 (°F)	Penang Hill		72.43	73.67	74.09	74.63	74.10	73.40	72.61	72.50	72.49	72.34	72.50	71.91	73.07
	Bayan Lepas		81.01	81.90	81.73	82.31	82.24	81.31	80.61	80.56	80.36	80.20	80.36	80.60	81.11
	Penang Town		82.03	83.19	83.31	83.84	83.11	82.41	82.04	81.71	81.24	81.09	81.43	81.43	82.24
雨 量 (呎)	Penang Hill		5.02	3.09	7.72	7.83	11.10	9.36	12.18	11.54	14.95	19.17	13.67	7.29	122.93
	Bayan Lepas		3.32	3.05	7.15	7.32	9.67	6.01	8.22	8.51	12.35	13.23	11.23	4.08	94.14
	Penang Town		3.69	2.70	6.50	6.03	9.32	9.00	10.35	8.76	13.39	15.18	8.50	6.32	99.76
相* 對 濕 度 (%)	Penang Hill		69	68	74	79	84	83	84	85	86	86	85	79	80
	Bayan Lepas		58	59	67	71	70	70	70	71	73	74	71	67	69
	Penang Town		58	60	59	63	65	66	66	68	69	69	70	64	65

* (註)此表所列測站氣溫均為最高與最低溫的平均值，相對濕度為1300 Station Time之觀測。Bayan Lepas雖有24小時記錄，但為求劃一起見，未予採用，以便比較。

表十一：Penang Hill, Bayan Lepas, Penang Town 季風期與轉期之氣溫、雨量、相對濕度。

	測 站	北 季 風 期	南 季 風 期	轉 換 期
氣 溫 (F°)	Penang Hil	73.35	72.67	73.30
	Bayan Lepas	81.51	80.61	81.30
	Penang Town	82.76	81.70	82.27
雨 量 (吋)	Penang Hil	6.19	13.44	12.39
	Bayan Lepas	4.98	9.66	10.45
	Penang Town	5.05	11.34	8.91
相 對 濕 度 (%)	Penang Hil	73.97	84.63	84.43
	Bayan Lepas	64.51	71.57	70.86
	Penang Town	60.92	67.48	67.44

(3)相對濕度直升率

Penang Hill 與 Bayan Lepas 之間為 4.6%

北季風期 3.95%

南季風期 5.46%

轉換期 5.68%

Penang Hill 與 Penang Town 之間為 6.20%

北季風期 5.47%

南季風期 7.19%

轉換期 7.13%

(4)據平均值差計算遞減率結果，各季溫度直減率，相差極微，亦以雨量之直升率為顯明。

(三)高、低地年較差之比較

根據表十：高地溫度較低地低 8°F。高地氣溫變化較大，年較差 3.7°F，而低地氣溫年較差為 2.4°F。氣溫之季變小。高低地最高溫均在四月，最低溫均在十月。

(四)高、低地雨量之差異

由雨量向上直升率觀之，高地雨量較低地為多。季風期與轉換期均如此。相對濕度之增減與雨量多寡大致相合。

(五)市區與郊區氣溫之差異

Penang Town 測站在市區中央醫院，Bayan Lepas 在郊區即機場記錄。

二測站氣溫差異，除1960—1966年各月平均值（表十）與季風期、轉換期記錄（表十一）之外，再舉各年最高、最低溫平均值如表十二，作一比較。

表十二：1960—1966 Bayan Lepas 與 Penang Town各年氣溫（°F）

Mean of Max. Temp.	年 測 站	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1960-66
	Bayan Lepas	88.5	88.0	88.2	88.6	87.9	87.7	87.7	88.1
Mean of Min. Temp.	Penang Town	89.6	88.6	88.8	89.2	88.7	88.9	88.8	88.9
	Bayan Lepas	74.3	74.0	74.0	74.2	74.1	73.9	74.5	74.1
Mean of Max. and Min. Temp.	Penang Town	75.5	76.2	76.7	75.7	74.9	74.4	75.2	75.5
	Bayan Lepas	81.4	81.0	81.0	81.4	81.0	80.8	81.1	81.1
	Penang Town	82.6	82.4	82.8	82.5	81.8	81.6	82.0	82.2

依表十數據：二測站最高溫均在四月，市區溫度比郊區高 1.5°F。十月出現最低溫，郊區溫度較市區低 0.8°F。1960—1966年逐月平均氣溫顯示市區比郊區熱。

市區與郊區各年最高、最低溫平均值之比較：根據表十二，二測站最高溫相差 0.85°F，最低溫相差 1.4°F，年平均相差 1.1°F。可見最低溫時，二測站相差最大，市區之熱島作用在低溫時更顯明。

總之，郊區氣流暢通，而市區缺少空曠地區；加上市區內建築物對熱量之反應，減輕風力摩擦，均足以形成高溫。市區比郊區熱，新加坡巴爺黎峇機場與市區氣溫日變化也有類似情形(1)。華盛頓1949年8月11日當地時間 10p.m. 市區與郊區氣溫顯示，市區出現熱島現象(2)。上列兩地均為天氣情形，檳榔嶼記錄顯示氣候情況亦屬如此。

此外桑士維氏（C. W. Thornthwaite）氣候分類適于作當地氣候或小區域氣候之研究，茲據表十中所列 Penang Hill 與 Bayan Lepas 之氣溫雨量資料，換算最大蒸揮量（evapotranspiration）及水份平衡表（water balance），并分別以土壤蓄水量為 10cm 及 30cm。結果 Penang Hill 不論按照桑氏1948年或1955年標準，均為 AB4'ra' 類。而 Bayan Lepas 則顯有不同；如以土壤蓄水量為 10cm，則不論按桑氏1948或1955年標準均為 B2A'ra' 類。如以蓄水量為 30cm，則均為 B1A'ra'。面積 108 方哩小島之上，4 哩距離之內，而氣候不同，有如此者，足見高度對氣候之影響也。山頂過濕（A），而山麓僅為一級或二級潮濕（B1 或 B2）；山麓炎熱（A'），而山頂則降為四級溫暖（B'4），惟溫濕之年變化無殊耳。

六、結 論

綜上所述，檳榔嶼之氣候，可得下列各點：

- (1)地形的影響顯得重要。地形使合成風恆定度變小，風程減少。地形除影響雨量日變化外(4)，亦影響風季。

- (2) 每年12—4月間盛吹北季風，6—10月月間盛吹南季風，各為期五個月。轉換期是在5月與11月。南季風期向自西南，北季風期則以北風為主。因此兩季風非180°相反。其向上伸展高度約在一萬至一萬五千呎之間。
- (3) 每年氣溫變化小，季風氣溫影響亦小。
- (4) 雨量季變比較顯著。各季雨量分佈以西南風期與季風轉換期最多；一因海陸位置，一因輻合氣流界所致(4)(3)。
- (5) 根據柯本氣候分類，1960、61、66年為 Afi，轉換期均在5、11月。1962、64、65年為 Ami，轉換期介於4—5與10—11月。1963年為 Awi，因這一年有特別乾月份；年雨量也是年中最少者。長期記錄平均得 Afi。按季風分季與氣候類大抵一致。
- (6) 當地氣候受地形與季風之影響。Penang Hill 測站最冷月溫在 64.4°F (18°C) 以上，屬柯本A類氣候。絕對低溫記錄：1962年與1965年的1月中有63°F，1963年1月中有61°F。據1931—1940及1950—1958，十九年之記錄(4)：最冷月溫71.2°F，絕對低溫1934年12月中有60°F。故檳榔山站亦未有達柯本C類氣候之年份，而七年(1960—66)均值，按桑士維分類，則山站與平地站已有差別。
- (7) 市區比郊區熱，市區之熱島作用，在氣候上頗為顯著。

參 考 資 料

- (1) Prof. Chi-Hsun Hsueh: On the Monsoon Characteristics along Malaysian Coasts.
- (2) S. Nieuwolt: Uniformity and Variation in an Equatorial Climate.
- (3) The Surveyor General, Federation of Malay, 1958.
- (4) S. Nieuwolt: Diurnal Rainfall Variation in Malaya.
- (5) The Surveyor General, Federation of Malaya, 1962.
- (6) V. Conrad: Methods in Climatology (Pg. 180-185)
- (7) 薛繼堦教授主講：氣候誌筆記
P. Pedelaborde: The Monsoon.
- (8) 胡中庸：氣候學
- (9) Prof. Chi-Hsun Hsueh and Chien-hsiung Yang: On the Monsoon Characteristics Observed at Hsinchu, Taiwan.
- (10) 林紹豪教授：新加坡萬呎以下高空風之年變與日變
- (11) S. Nieuwolt: The Urban Microclimate of Singapore.
- (12) Herbert Riehl: Introduction to the Atmosphere (Pp. 265-270)
- (13) Upper Winds Over S. E. A. and Neighbouring Area, Meteorological Department, Bangkok, Thailand. 1965
- (14) Malayan Meteorological Service, Climatology Summaries, Part III Temperature, Relative Humidity and Pressure.