

皇家香港天文台有關海洋物理之活動

陳銓望

皇家香港天文台

1. 引言

在香港超過一百萬人居住在低窪地區，因而風暴潮引起的氾濫，構成了嚴重的威脅。一九三七年九月二日的颱風便是一例子：颱風引起的風暴潮淹沒了大埔海沿岸的幾個村莊，造成了11 000人死亡。沙田與大埔間的鐵路路基亦被沖毀。由此可見，對海平面高度、風暴潮及海浪作出符合事實的估計，不論在香港的沿海工程計劃上或水浸警報工作方面，都是不可以缺少的。

這份報告的第二節簡述了有關海平面高度及海浪的分析結果及統計。首先描述每月平均海平面高度的氣候資料，然後列出具有潮汐資料之所有熱帶氣旋，繼而根據北角、大埔滘及芝蔴灣驗潮儀之實測資料將年最高海平面高度之迴轉周期列成表。在估計迴轉周期時，採用了龔貝法(GUMBEL'S)。最後描述一個個例研究，介紹一九七五年十月颱風「愛茜襲港時橫瀾島附近的海浪譜分析。

第三節簡述安裝於香港各地的各種驗潮器及海波計，並介紹用來傳送資料到香港天文台總部的遙測系統。

2. 分析與統計

(甲) 每月平均海平面之氣候資料

平均海平面各處不同(見圖1)。這個研究祇描述北角與大埔滘之每月平均海平面高度。圖2與圖3分別顯示北角和大埔滘的19年每月平

均海平面高度。19年平均值會使天文因素的影響減至最低。在九月至十一月份，兩張圖表中都有一陡峯。這段時間正是颱風季節，平均海平面明顯升高。在淺水中風的應力產生水流，流向與風向差不多。水流遇上障礙(海岸)時便會迫使水位上升。月平均海平面在二月後開始下降，最低在四月。四月為霧的季節，通常風勢輕微，因此水位下降。由此可見，風的應力對於月平均海平面高度的變化影響甚大。

(乙) 風暴潮資料與海平面高度的迴轉周期

表1列出具有潮汐資料之熱帶氣旋。在這份報告中，風暴潮指實測海平面與同一時間與地點的預測天文潮相差之高度。在計算大埔灣與芝麻灣的預測天文潮時，須從英國海軍潮汐表上查出相應的訂正值，再利用北角的預測天文潮求得。

北角、大埔灣與芝麻灣之包括各種起因導致的最高海平面，分別列於表2、3與4。當一熱帶氣旋中心在於香港400海里內時，海平面的升高均視作由該熱帶氣旋所引致。表2、3、4內的最高海平面多數由熱帶氣旋引起，至於下面劃有直綫的最高海平面則由其他因素引起。

對於下列各地的年最高海平面使用襲貝法(GUMBEL, 1954)：

北角——一九五零至一九八一

大埔灣——一九六二至一九八一

芝麻灣——一九六三至一九八一

以上各地海平面繪劃於極值概率紙上(見圖4、5及6)。不同迴轉周期之海平面值列於表5(a)；而不同海平面值的迴轉周期則列於表5(b)。

用來估計迴轉周期之統計方法可參閱文獻(一)與(五)。

(丙) 一九七五年十月颶風「愛茜」掠過香港時海浪的譜分析

一九七一年至一九七七年熱帶氣旋襲港時的橫瀾島附近的海浪資料錄自文獻(二)，並轉列於表6。由上述資料，利用費貝法計算出不同迴轉周期的最高海浪高度(列於表七)。

由於海浪祇有圖表紀錄，在計算波譜時須用人工抽取計算。在計算時，假設所有海浪分量均屬正弦波。因此對於一波高為H的海浪分量來說，方差可由下式表達：

$$\frac{1}{T} \int_0^T \left(\frac{H}{2} \sin \omega t \right)^2 dt = \frac{H^2}{8}$$

資料集內的海浪分量方差根據以上方法計算後再以不同頻率分組，每組相隔 0.02 Hz 。每組之譜密度為：

$$\frac{1}{8N} \left(\sum_{\delta_i \leq \delta < \delta_{i+0.02}} H_{\delta}^2 \right)$$

N為一段紀錄期間的海波總數。

颶風「愛茜」過港時之正態化海波譜(NORMALIZED WAVE SPECTRA)

由圖7顯示，而海波全譜(FULL SPECTRA)則由圖8顯示。圖7同時繪有「愛茜」之移動途徑。當「愛茜」集結在本港以南約50海里時，譜密度峯值為 $118.3 \text{ m}^2/\text{Hz}$ 。該值為一九七一年至一九七七年間最高之譜密度峯值。

當「愛茜」最初經呂宋海峽移入南中國海北部時，譜峯(SPECTRAL PEAK)的周期為12.5秒，較「愛茜」更接近香港時的周期(8.3秒)要長得多。這時因為當「愛茜」仍然遠離香港時，周期較長湧浪帶有較多能量。

3. 儀器

(甲) 驗潮儀與海波計

無論水浸危險的統計分析及水浸警報都需要收集海平面及海浪

資料。因此，香港在多處地方安裝了驗潮儀，此外還裝了一個海波計。

天文台的驗潮儀可分為3類：(一)抗壓橋型(通風)，

(二)充氣型和(三)浮標型。

抗壓橋型驗潮器擁有一壓力感應元件，安裝在接近海底的地方。元件所受的壓力將因海平面的不斷變化而改變，元件內部抗壓物體的電阻亦隨而改變，產生了與壓力變化成正比的電勢。

充氣型驗潮器亦包括一壓力感應元件，安裝於接近海底的地方。感應元件的主要部份為一密不通風的汽球並與圖表紀錄器的筆杆相連接。汽球內空氣的壓力將因水壓的變化而改變，並引致圖表紀錄器的筆杆跟隨移動。

浮標型驗潮器內有一浮標，隨著海平面的變化上下移動，並帶動圖表紀錄器的筆杆。

現在採用之海波計屬聲波型，由一安放於海床附近之換能器組成。由換能器發出之聲脈沖到達海面再折回所需時間及已知水中聲速便可計算海面之高度。此高度與平均海平面之差即為波高。

(C) 遙測系統

水浸警報及向公眾提供海面情況資料都需要即時監測水位及波高。由於各驗潮儀和海波計分佈於香港各區，所以需要利用遙測系統來達到上述目的。不同類型驗潮器的各種主要輸出均轉為適當的電訊號，經電話綫傳送至天文台總部。

抗壓橋型驗潮器的輸出電勢經振蕩橋接電路轉為隨電勢轉變而變化的頻率，以便轉送回天文台。浮標型驗潮器的浮標之機械運動則經無觸點式自動同步機轉為隨機械運動而變化的電勢，以便

送回天文台。

4. 總結

上文討論了海平面及海浪的各種分析結果與統計，並簡介了各類儀器的工作原理及遙測系統。

在上述分析中，部份假設可能較為粗糙。不少研究學者(例如 DAS, 1974)曾證明風暴潮與天文潮並非互相獨立，因此文中對風暴潮定義(實測海平面與同時同地的預測天文潮之差)並不夠準確。筆者希望以後能對風暴潮及天文潮之相互作用多作調查研究。

除了統計分析外，數值流體動力模型亦被用來模擬整個香港水域的海平面變化。這種模型曾成功地應用於香港多個龐大的沿海工程的設計，在熱帶氣旋吹襲香港期間，也被應用於水浸警報。至於上述模式的詳細描述及原理，則不在本文討論範圍之內了。

5. 參考文獻

1. Chan, Y.K. 1983 Statistics of extreme sea-levels in Hong Kong, Royal Observatory Tech. Note (Local) No. 35
2. Chen, T.Y. 1979 Spectral analysis of sea waves at Waglan Island Hong Kong, Royal Observatory Tech. Note No. 50
3. Das, P.K. 1974 Storm surges in the Bay of Bengal,
Sinha, M.C. and
Balasubramanyam, V. Quart. J.R. Met. Soc., 100, pp. 437 - 449
4. Institute of 1948 "Admiralty Tide Tables 1948 - 1982",
Oceanographic to
Sciences 1982 Hydrographic Dept., Taunton.
5. Peterson, P. 1975 Storm surge statistics, Royal Observatory
Tech. Note (Local) No. 20

表一：具有潮汐資料的熱帶氣旋

YEAR	MONTH	NAME OF TROPICAL CYCLONE (IF AVAILABLE)	R.O. OBSERVATION				MAX STORM SURGE (m) (IF AVAILABLE)				MAX SEA LEVEL (m) (IF AVAILABLE)				NEAREST APPROACH TO HONG KONG			
			MIN H.S.L. PRESSURE (mbar)	GUST	10-MIN	60-MIN	NORTH POINT	TAI PO	CHI MA WAN	NORTH POINT	TAI PO	CHI MA WAN	TIME (GMT)	DIR. (°)	DIST. (n. mile)	CENTRAL H.S.L. PRESSURE (mbar)	DIR. (°)	SPEED (k.n)
1906	SEP		986.2			49	1.83	6.10		3.35			180	5	985	270	9	
1923	AUG		970.0	113*		67	1.68	4.37		3.20			360	5	970	270	16	
1929	AUG		980.9	102		57	0.85			2.38			200	25	980	290	8	
1936	AUG		979.4	115	69	63	1.92	4.27		3.81			200	50	964*	290	16	
1937	SEP		958.3	130*	74	59	1.98	3.81		4.05	6.25		206	7	949*	296	15	
1949	SEP		990.8	81	61	56	1.49			2.90			170	37	988	260	8	
1951	JUN		1001.6	63	39	36	0.52			2.74			205	200	986	295	8	
	AUG		990.1	76	46	44	0.73			2.44			216	82	986	306	8	
	SEP		1002.4	59	37	36	0.52			2.44			240	100	992	330	8	
1953	SEP	SUSAN	994.7	75	44	42	0.64			2.44			201	32	992	291	6	
1954	AUG	IDA	992.4	87	50	48	1.68			3.20			198	76	988	288	16	
	OCT	NANCY	1012.7	33	21	18	0.61			2.77			177	246	995	267	7	
	NOV	PAHELA	997.1	84	53	50	1.16			2.83			205	30	995	295	14	
	NOV	RUBY*	1001.8	47	28	25	0.67			3.11			080	50	998	350	6	
1955	JUN	BILLIE	1005.0	48	31	27	0.61			2.62			200	95	1000	290	7	
1956	SEP	KATE	1007.5	61	37	33	0.70			2.74			186	266	990	276	16	
	JUL	VERA	1005.5	46	29	26	0.46			2.77			180	260	990	270	18	
	AUG	CHARLOTTE	1003.5	45	30	27	0.22			2.44			170	286	990	260	13	
	OCT	JEAN	1008.3	41	25	23	0.64			2.83			177	156	995	267	1	
1957	JUL	VENDY	990.0	45	28	26	0.49			2.32			173	242	980	263	7	
	JUL	GLORIA	987.7	71	38	32	0.76			2.22			020	30	985	290	10	
	SEP		984.3	101	64	62	1.34			3.08			208	30	970*	298	8	
	OCT		1004.2	53	31	30	0.46			2.41			250	80	1000	340	11	
1958	MAY		1001.9	59	36	34	0.67			2.44			0000	115	990	317	3	
	AUG		1004.0	62	34	29	0.49			2.01			197	82	990	287	4	
	AUG		1003.9	36	20	17	0.34			2.29			180	156	990	270	6	
1959	JUL	WILDA*	995.7	47	27	25	0.37			2.22			086	84	990	356	13	
	SEP	NORA*	996.2	47	27	25	0.24			2.22			110	51	992	020	6	
1960	JUN	HARY	973.8	103	54	52	1.10			2.77			285	5	966*	015	12	
	JUN	OLIVE	997.0	66	35	32	0.60			2.44			185	127	980	275	13	
	OCT	KIT	1005.0	51	27	25	0.70			2.71			211	197	985	301	6	
1961	MAY	ALICE	981.1	89	47	45	0.55			2.29			0	0	980*	010	12	

表一 (續)

YEAR	MONTH	NAME OF TROPICAL CYCLONE (IF AVAILABLE)	R.O. OBSERVATION				MAX STORM SURGE (m) (IF AVAILABLE)			MAX SEA-LEVEL (m) (IF AVAILABLE)			NEAREST APPROACH TO HONG KONG			
			H.H. M.S.L. PRESSURE (mbars)	MAX WIND (kn)		NORTH POINT	TAI PO	CHI MA WAN	NORTH POINT	TAI PO	CHI MA WAN	TIME (GMT)	DIR (°)	DIST. (n. mile)	CENTRAL M.S.L. PRESSURE (mbars)	DIR. (°)
			GUST	10-MIN		60-MIN										
1962	JUL	ELSI ⁺		995.4	42		20	14	0.30			2.29			990	040
	SEP	OLGA ⁺	986.1	64	36	35	<u>0.58</u>		2.53			30	982	045	30	7
	SEP	SALLY	993.4	50	29	27	0.43		2.35			19	993*	341	251	14
	SEP	WANDA	953.2	140	78	72	1.77**	3.20	5.03	3.96	5.03	10	944*	235	325	12
1963	JUL	AGNES	1002.1	50	25	24	0.55	0.58	2.83	2.93	0.58	2.83	998	200	103	10
	AUG	GARREN	1001.4	56	27	26	0.21	0.58	2.44	2.65	0.30	2.44	985	180	222	12
	SEP	FAYE	996.5	70	29	27	<u>0.85</u>	<u>0.08</u>	2.77	2.77	<u>0.76</u>	2.77	990	168	122	10
	MAY	VIOLA	991.9	82	38	36	0.94	1.40	2.90	3.20	0.85	2.59	998	245	55	8
1964	JUL	WINNIE	997.1	70	29	28	0.61	0.73	2.38	2.59	0.73	2.59	960	212	261	9
	AUG	IDA	972.0	112	47	45	1.31	2.16	2.86	3.63	1.43	2.56	965*	211	32	16
	SEP	RUBY	968.2	122	60	59	<u>1.49</u>	<u>2.96</u>	3.14	3.54	<u>2.32</u>	3.20	954*	213	17	11
	SEP	SALLY	989.1	56	37	35	0.55	1.04	2.41	3.02	0.49	2.44	985	031	32	14
1965	SEP	DILLI ⁺	1007.1	48	24	21	0.73	0.84	2.54	2.69	0.80	2.67	973*	190	310	18
	OCT	DOT	977.3	94	51	48	0.58	1.43	2.65	3.23	0.82	2.95	988	090	18	10
	JUL	FREDA	995.8	61	28	27	<u>1.01</u>	<u>1.01</u>	2.92	2.90	<u>1.01</u>	2.86	996	201	129	15
	SEP	ROSE	1000.1	46	21	20	0.21	0.27	2.41	2.19	0.61	2.44	996	230	135	10
1966	SEP	AGNES	1004.7	52	26	24	0.30	0.70	2.32	2.59	0.61	2.59	996	240	185	5
	NOV	ELAINE	1010.0	46	16	13	0.46	0.67	2.90	3.05	0.94	3.08	1000	240	100	7
	MAY	JUDY	1002.5	29	14	13	0.34		2.07	2.22	0.55	2.22	998	129	171	9
	JUL	LOLA	989.5	82	40	35	0.55	1.09	1.95	2.22	0.79	2.10	987*	255	13	9
1967	JUL	HANIE	1003.5	48	21	20	0.37	0.46	2.38	2.44	0.52	2.65	995	185	55	17
	JUL	ORA	1000.1	49	21	18	0.34	0.58	2.07	1.95	0.58	2.22	988	235	220	10
	AUG	IRIS	999.9	57	25	24	0.43		2.53	2.65	0.94	2.65	995	189	109	7
	AUG	KATE	989.6	80	34	33	<u>0.72</u>	<u>1.13</u>	2.77	2.83	<u>1.22</u>	2.92	985	243	50	9
1968	NOV	EMVA	1008.9	51	24	23	0.52	0.73	2.80	2.92	0.73	2.92	1000	216	172	7
	JUL	HADINE	991.8	34	15	14	0.69	0.79	2.77	2.77	0.76	2.90	985	102	165	5
	AUG	RCSE	1001.9	42	18	17	0.30		2.38	2.56	0.46	2.56	995	190	238	12
	AUG	SHIRLEY	968.6	72	40	37	<u>1.02</u>	<u>1.78</u>	2.77	2.85	<u>1.65</u>	2.90	966*	0	0	10
1969	SEP	DESS	1002.5	50	20	21	0.46	0.55	2.56	2.62	0.58	2.71	995	169	159	3
	SEP	WENDY	997.5	44	20	19	0.40	0.67	2.59	2.56	0.55	2.71	983	196	87	13
	SEP	ELAINE ⁺	1003.5	39	17	16	0.76		2.77	2.80	0.82	2.80	995	68	129	7
	JUL	VIOLA ⁺	981.9	67	35	28	<u>0.70</u>	<u>0.98</u>	2.11	2.26	<u>0.82</u>	3.14	975	06	54	10
SEP	ELSI ⁺	996.4	25	11	10	0.15	0.46	2.26	2.32	0.30	2.41	980	33	200	13	

表一 (續)

YEAR	MONTH	NAME OF TROPICAL CYCLONE (IF AVAILABLE)	R.O. OBSERVATORY				MAX STORM SURGE (m) (IF AVAILABLE)			MAX SEA-LEVEL (m) (IF AVAILABLE)			NEAREST APPROACH TO HONG KONG					
			MIN. M.S.L. PRESSURE (mbar)	MAX WIND (kn)		60-MIN	NORTH POINT	TAI PO	CHI HA WAN	NORTH POINT	TAI PO	CHI HA WAN	DAY	TIME (GMT)	DIR. (°)	DIST. (n. mile)	CENTRAL M.S.L. PRESSURE (mbar)	DIR. (°)
1970	JUL	RUBY [†]	993.6	29	28	0.30	0.32	0.40	2.36	2.30	2.50	16	0200	90	40	990	360	10
	AUG	T.D. [†]	994.7	24	22	0.20	0.44	0.37	2.26	2.41	2.42	02	2130	360	50	990	270	12
	AUG	VIOLET	1002.6	21	20	0.12	0.30	0.30	1.86	1.86	2.04	08	2100	204	59	998	204	14
1971	SEP	GEORGIA [†]	995.0	25	23	0.58	1.11	0.52	2.61	2.89	2.53	13	2200	95	66	1000	005	9
	OCT	IRIS	1007.4	15	14	0.21	0.34	0.67	2.41	2.41	2.74	07	0800	155	99	980	065	5
	OCT	JOAN	1002.7	25	23	0.58	0.82	0.67	2.62	2.83	2.74	16	1800	223	246	984	313	5
	JUN	FREDA	984.3	38	35	0.85	1.37	1.01	2.35	2.61	2.50	17	1640	230	22	984	320	9
	JUN	GILDA	1004.1	18	17	0.34	0.82	0.55	2.29	2.19	2.47	27	1200	225	260	990	315	12
	JUL	HARRIET	1005.9	14	13	0.21	0.21	0.37	2.32	2.32	2.50	05	0700	197	400	970	287	14
	JUL	LUCY [†]	977.9	35	34	0.97	1.40	0.37	2.91	2.82	2.50	22	0340	15	25	977*	285	14
	JUL	MADINE [†]	992.0	23	21	0.21	0.34	1.23	2.16	2.22	2.98	26	1500	45	240	975	315	11
	AUG	ROSE	982.8	58	55	0.64	0.98	0.61	2.56	3.00	2.98	16	1730	270	13	982	360	8
	SEP	DELLA	1008.1	49	20	0.45	0.48	0.61	2.49	2.46	2.71	28	1500	190	195	990	280	12
1972	OCT	ELAIRE	1005.6	17	14	0.78	0.89	1.01	3.23	3.35	3.25	07	1600	185	300	985	275	12
	JUN	T.D.	999.7	40	16	0.34	0.76	0.76	2.38	2.53	2.53	10	2100	145	120	992	055	8
	JUN	ORA	1003.0	18	15	0.27	0.49	0.49	2.38	2.38	2.38	26	1500	220	210	990	315	15
	JUL	SUSAN [†]	990.2	15	13	0.40	0.49	0.40	2.65	2.38	2.38	13	0600	95	80	986	185	7
	NOV	PAHELA	1007.5	27	26	0.56	1.30	0.91	2.88	3.06	3.06	08	2000	310	120	998	010	17
	JUL	WILDA [†]	1002.0	11	08	0.43	1.04	0.82	2.65	2.59	2.17	02	1200	100	200	990	010	7
	JUL	ANITA	1004.4	21	18	0.34	0.46	0.82	1.83	1.86	2.32	07	2000	225	420	975	315	10
	JUL	DOT [†]	978.0	38	35	0.67	1.31	1.22	2.62	2.74	3.08	16	2100	90	12	976*	360	10
	AUG	GEORGIA	1002.8	23	19	0.43	0.88	0.79	2.50	2.71	2.74	12	0900	250	95	990	340	8
	AUG	JOAN	998.4	22	20	0.49	0.70	0.70	2.41	2.47	2.60	20	2200	180	60	995	270	15
1973	AUG	KATE	1001.1	47	16	0.37	0.64	0.70	2.53	2.62	2.62	22	1800	160	180	986	250	15
	SEP	LOUISE	1006.9	43	17	0.12	0.18	0.79	2.10	2.13	2.74	05	1100	180	150	990	270	9
	SEP	MARGE	1007.6	33	10	0.21	0.27	0.70	2.10	2.22	2.59	13	0200	185	210	992	275	12
	OCT	NOTA [†]	1002.3	16	14	0.67	0.88	0.70	2.50	2.59	2.59	10	0800	50	265	990	320	10
	OCT	RUTH	1010.5	15	15	0.55	0.70	0.64	2.77	2.93	2.90	19	1500	270	320	990	360	12
	JUN	T.D.	1003.3	43	16	0.42	0.60	0.70	2.46	2.50	2.70	07	1800	240	125	998	330	7
	JUN	DINAH	996.2	64	22	0.66	1.10	0.90	2.36	2.50	2.60	12	1400	205	240	980	295	11
	JUL	IVY	1002.7	61	23	0.56	0.70	1.00	2.66	2.60	3.10	22	0700	230	130	994	320	10
	SEP	TRIX	1001.3	46	16	0.39	0.40	0.60	2.18	2.20	2.40	05	1800	200	100	995	290	8
	SEP	WENDY [†]	1005.2	20	6	0.25	0.40	0.60	2.16	2.20	2.40	26	1800	105	350	980	015	6

表一 (續)

YEAR	MONTH	NAME OF TROPICAL CYCLONE (IF AVAILABLE)	R.O. OBSERVATION				MAX STORM SURGE (m) (IF AVAILABLE)			MAX SEA-LEVEL (m) (IF AVAILABLE)			NEAREST APPROACH TO HONG KONG					
			MIN. M.S.L. PRESSURE (mbar)	GUST	10-MIN.	60-MIN.	NORTH POINT	TAI PO	CHI MA WAN	NORTH POINT	TAI PO	CHI MA WAN	TIME (GMT)	DIR. (°)	DIST. (n. mile)	CENTRAL M.S.L. PRESSURE (mbar)	DIR. (°)	SPEED (kn)
1975	OCT	BESS	1001.8	50	20	18	1.21	1.45	1.48	2.22	2.42	2.56	2300	180	190	990	270	15
	OCT	GARMEN	994.1	70	29	25	0.82	1.09	1.00	2.87	3.17	3.06	0000	200	70	990	290	7
	OCT	DELLA	1010.1	40	15	12	0.41	0.59	0.66	2.19	2.31	2.34	1300	200	240	992	290	10
	OCT	ELAINE	1000.0	52	20	17	0.73	1.02	0.87	2.82	2.97	2.97	0110	180	80	994	270	6
	NOV	GLORIA	1001.7	27	10	8	0.34	0.63	0.54	2.34	2.48	2.51	1500	105	105	995	195	4
	DEC	IRMA	1001.8	38	18	18	0.25	0.65	0.40	2.50	2.49	2.73	0900	325	30	1000	055	11
	JUN	T.D.	1003.7	33	15	14	0.44	0.53	0.47	2.03	2.09	2.15	1300	215	160	998	305	8
	AUG	T.D.	990.2	45	20	19	0.32	1.00	0.67	2.40	2.64	2.50	1800	0	0	990	350	8
	SEP	ALICE	1006.1	41	23	16	0.23	0.47	0.57	2.14	2.19	2.40	0900	205	270	995	295	14
	SEP	BETTY	1000.0	36	15	14	0.19	0.39	0.57	2.28	2.20	2.40	0200	05	95	995	275	9
	OCT	DORIS	1001.8	52	27	20	0.37	0.77	0.73	2.30	2.30	2.73	0000	290	85	997	020	15
	OCT	ELSIE	996.2	76	32	31	0.64	1.23	0.64	2.30	2.35	2.40	0530	180	27	994	170	11
OCT	FLOSSIE	1003.0	67	28	26	0.67	0.67	0.60	2.92	2.92	2.92	0100	235	140	995	325	13	
JUN	RUBY	998.4	40	21	19	0.60	0.77	0.73	2.61	2.58	2.73	0800	130	180	975	040	5	
JUL	VIOLET	995.3	42	23	21	0.52	0.70	0.78	2.51	2.59	2.70	1000	225	105	970	300	6	
AUG	CLARA	998.5	41	20	19	0.36	0.49	0.47	2.26	2.26	2.44	1200	225	70	980	320	12	
AUG	ELLEN	996.3	50	23	18	0.40	0.68	0.62	2.66	2.62	2.74	0500	010	60	990	280	12	
SEP	IRIS	999.8	67	31	29	0.78	0.92	0.94	2.64	2.73	2.91	2100	200	95	965	290	6	
JUN	RUTH	1003.7	19	8	7	0.15	0.29	0.32	2.09	2.02	2.25	0000	100	200	985	360	10	
JUL	T.D.	1001.1	41	20	18	0.44	0.77	0.55	2.28	2.28	2.50	1800	230	190	990	320	17	
JUL	SARAH	1000.5	40	21	19	0.52	0.89	0.90	2.41	2.42	2.62	1030	225	260	960	290	11	
JUL	THELMA	998.1	31	16	15	0.29	0.42	0.40	2.01	2.00	2.17	2000	090	310	960	040	10	
AUG	AMY	996.8	24	13	11	0.27	0.52	0.47	2.25	2.27	2.38	1500	090	250	985	140	6	
SEP	CARLA	1002.2	45	24	22	0.32	0.58	0.81	2.12	2.20	2.67	0600	180	210	990	270	13	
SEP	DINAH	1001.9	32	16	15	0.81	1.03	1.21	2.98	3.00	3.41	1300	145	230	980	230	9	
SEP	FREDA	1000.5	55	30	30	0.75	1.16	1.36	2.56	2.65	2.96	1200	205	80	985	290	16	
APR	OLIVE	1005.0	28	15	12	0.29	0.30	0.69	2.31	2.12	2.56	1200	165	190	960	050	13	
JUL	AGNES	989.8	71	35	32	0.64	1.22	0.88	2.24	2.67	2.45	0900	100	50	980	260	6	
JUL	(1st approach)	986.6	49	22	22	0.43	0.79	0.69	2.17	2.27	2.30	1900	090	35	975	010	7	
AUG	AGNES	998.7	45	23	20	0.27	0.54	0.58	1.93	2.03	2.14	0600	100	240	990	230	2	
AUG	ELAINE	993.0	81	38	33	0.92	1.15	1.10	2.76	2.91	3.00	0300	230	140	965	310	13	

表一 (續)

YEAR	MONTH	NAME OF TROPICAL CYCLONE (IF AVAILABLE)	R.O. OBSERVATION				MAX STORM SURGE (m) (IF AVAILABLE)			MAX SEA-LEVEL (m) (IF AVAILABLE)			NEAREST APPROACH TO HONG KONG						
			MIN M.S.L. PRESSURE (mbar)	UUST	10-MIN	60-MIN	NORTH POINT	TAI PO	CHI HA WAN	NORTH POINT	TAI PO	CHI HA WAN	DAY	TIME (GMT)	DJR. (°)	DIST. (n. miles)	CENTRAL M.S.L. PRESSURE (mbar)	DIR. (°)	SPEED (km)
1979	SEP	KIT	1008.8	39	20	18	0.56	0.68	0.58	2.39	2.42	2.53	24	1800	205	320	990	290	7
	OCT	LOLA	1003.3	48	25	20	0.50	0.84		2.49	2.58		1	1800	230	240	970	310	5
	OCT	NINA	1009.0	45	22	21	0.79	1.05	1.01	2.85	2.88	3.02	16	0600	225	170	1005		DISSIPATED
	OCT	RITA	1007.4	59	20	18	0.48	0.52	0.54	2.33	2.36	2.31	28	0000	160	300	990	230	7
	JUL	ELLIS	995.0	52	23	20	0.57	0.87	0.80	2.26	2.22	2.39	5	1600	200	100	985	290	11
	JUL	GORDON*	994.9	39	22	20	0.35	0.48	0.51	2.15	2.08	2.25	29	1800	360	40	992	270	10
	AUG	HOPE	961.6	94	42	40	1.45	3.23	1.54	2.78	4.33	2.73	2	0700	345	6	950	260	17
	AUG	T.D.	1000.8	43	22	17	0.39	0.57	0.55	2.67	2.58	2.87	8	0700	205	270	998	230	8
1980	SEP	NANCY	1007.1	37	16	15	0.29	0.44	0.48	2.25	2.38	2.43	19	0100	225	250	1000	290	7
	SEP	MAC	1001.0	71	30	28	0.46	0.78	0.73	2.32	2.43	2.58	23	1700	260	25	995	280	5
	MAY	GEORGIA*	999.4	43	22	17	0.70	0.65	0.74	2.02	1.87	2.14	23	1500	115	90	990	029	10
	JUN	HERBERT	1004.2	33	14	14	0.18	0.38	0.52	2.28	2.20	2.46	27	1800	250	300	985	330	5
	JUL	IDA*	993.8	41	24	19	0.48	0.75	0.45	2.41	2.26	2.36	11	1200	070	150	984	330	8
	JUL	T.S.	1002.7	39	16	16	0.32	0.47	0.41	1.89	1.86	2.10	18	1800	225	105	1000	310	10
	JUL	JOE	1001.2	58	28	24	0.89	0.94	1.02	2.23	2.28	2.50	22	0200	205	190	965	290	18
	JUL	KIH*	998.9	58	29	22	0.47	0.73	0.54	2.53	2.36	2.66	27	0700	080	100	993	360	10
1981	AUG	T.D.	1000.4	43	15	15	0.32	0.39	0.44	1.88	1.75	2.02	18	1200	225	140	998	290	10
	SEP	RUTH	1003.8	40	17	15	0.42	0.60	0.62	2.20	2.19	2.36	12	2100	170	200	993	270	2
	SEP	PERCY*	1001.5	26	13	10	0.45	0.63	0.65	2.48	2.46	2.57	19	0000	045	190	1000	290	9
	SEP	GARY	1013.5	20	8	6	0.63	0.60	0.82	2.32	2.43	2.40	30	1500	160	360	991	200	8
	OCT	IKE	996.4	31	19	16	0.52	0.62	0.63	2.18	2.16	2.30	12	0400	155	180	983	045	13
	JUL	KELLY	1006.6	46	26	24	0.51	0.65	0.83	2.62	2.62	2.83	3	0200	200	330	955	280	15
	JUL	IRVIN	999.6	54	36	32	0.78	1.15	0.92	2.62	2.56	2.80	6	2300	245	80	985	310	13
	AUG	ROY	1001.0	30	23	22	0.17	0.29	0.27	1.74	1.70	1.89	7	1900	135	180	996	290	5
1982	SEP	CLARA*	996.8	47	28	26	0.57	0.74	0.64	2.66	2.68	2.70	21	2200	050	90	970	330	15
	JUN	TESS	996.1	38	18	17	0.87	0.87		2.21	2.21		30	1900	130	50	992	050	6
	JUL	WINONA	999.8	34	19	18	0.29	0.38		2.17	2.02		16	1300	220	170	985	300	13
	JUL	ANDY*	990.5	30	16	15	0.27	0.43		2.04	1.98		29	2200	045	295	985	320	11
	SEP	IRVING	1005.8	29	16	15	0.41	0.57		2.45	2.50		14	1200	225	210	965	320	5
	OCT	NANCY	1009.4	21	13	12	0.44	0.72		2.34	2.43		16	0000	175	330	970	270	12

Note: - (1) * Estimated
 (2) * Tropical cyclone landed east of Hong Kong
 (3) **Data from C.H. Gullford's unpublished report.
 (4) Maximum readings of the year are underlined.
 (5) Data in years prior to 1976 were obtained from Ref. 4. Please note that in the pre-war years, the water levels and storm surges were estimated by visual observations and were hence liable to larger errors than post-war readings. (Watts 1959)
 During the period 18 Jun 1981 to 31 May 1982, the MAX WIND (GUST), 10-MIN & 60-MIN data were those recorded at Hong Kong Airport (SE) and not at H.O.

表二：北角的月最高海面高度 (米)

YEAR	MONTH												ANNUAL
	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	
1962	2.80	2.52	2.24	2.41	2.26	2.33	2.38	2.37	3.96	2.76	2.51	2.53	3.96
1963	2.51	2.46	2.38	2.36	2.27	2.36	2.83	2.44	2.83	2.39	2.67	2.68	2.83
1964	2.57	2.54	2.20	2.17	2.90	2.43	2.44	2.87	3.14	2.82	2.72	2.64	3.14
1965	2.56	2.51	2.41	2.31	2.51	2.56	2.99	2.39	2.54	2.42	2.90	2.57	2.99
1966	2.49	2.66	2.44	2.50	2.64	2.48	2.54	2.47	<u>2.89</u>	2.43	2.62	2.73	<u>2.89</u>
1967	2.53	2.56	2.29	2.29	2.38	2.41	2.38	2.77	2.53	2.19	2.80	2.68	2.80
1968	2.53	2.41	2.19	2.26	2.41	2.47	2.74	2.77	2.77	2.74	2.71	2.68	2.77
1969	2.56	2.56	2.32	2.26	2.44	2.59	3.11	2.41	2.44	2.50	2.56	2.68	3.11
1970	2.59	2.80	2.62	2.19	2.35	2.50	2.44	2.65	2.53	2.74	<u>2.90</u>	2.77	<u>2.90</u>
1971	2.77	2.74	2.41	2.38	2.44	2.35	2.93	2.56	2.47	3.23	2.68	2.65	3.23
1972	2.80	2.47	2.29	2.47	2.59	2.53	2.65	2.41	2.31	2.50	<u>2.90</u>	2.83	<u>2.90</u>
1973	2.62	2.35	2.32	2.41	2.59	2.59	2.62	2.56	2.38	<u>2.93</u>	2.77	2.71	<u>2.93</u>
1974	2.65	2.62	2.37	2.29	2.47	2.59	2.67	2.59	2.46	3.32	2.96	2.77	3.32
1975	2.77	2.46	2.29	2.47	2.44	2.44	2.32	2.40	2.39	2.92	2.78	2.59	2.92
1976	2.60	2.50	2.51	2.24	2.47	2.62	2.52	2.67	2.66	2.71	<u>2.79</u>	2.45	<u>2.79</u>
1977	2.53	2.54	2.25	2.17	2.20	2.65	2.41	2.40	2.98	2.50	2.88	2.78	2.98
1978	2.85	2.47	2.39	2.51	2.53	2.48	2.47	2.78	2.50	2.85	2.63	2.76	2.85
1979	2.55	2.41	2.24	2.26	2.45	2.48	2.45	2.78	2.47	2.62	2.61	2.34	2.78
1980	2.64	2.60	2.40	2.25	2.55	2.35	2.52	2.46	2.57	2.64	2.60	<u>2.67</u>	<u>2.67</u>
1981	2.59	2.55	2.34	2.29	2.39	2.61	2.63	2.41	2.66	2.56	2.63	<u>2.77</u>	<u>2.77</u>
1982	2.50	<u>2.70</u>	2.54	2.32	2.45	-	2.47*	2.31	2.45	2.35	2.45*	-	<u>2.70</u>

並不由熱帶氣旋引起

數據不全

無數據

表三：大埔灣的月最高海面高度（米）

YEAR	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANNUAL
1970	2.72*	3.15*	2.92	2.48*	-	2.48	2.44	2.58	2.90	2.83	3.08	2.99	3.15
1971	2.91	2.90	2.49	2.51	2.44	2.62	2.81	3.02	2.46	3.35	2.76	2.65	3.35
1972	2.90	2.52	2.28	2.56	2.80	2.50	2.68	2.44*	2.49	3.25	3.05	2.93	3.25
1973	2.68	2.34	2.47	2.44	2.72	2.77	2.71	2.71	2.55	3.12	2.88	2.71	3.12
1974	2.73	2.76	2.43*	2.43*	2.47	2.49*	2.63*	2.67	2.66	3.42	3.16	2.90	3.42
1975	2.87	2.56	2.38	2.40	2.45	2.51	2.25	2.64	2.32	3.02	2.84	2.59	3.02
1976	2.69	2.42	2.40*	2.30	2.42	2.60	2.62	2.64	2.75*	2.78	2.86	2.45	2.86
1977	2.60	2.61	2.24	2.22	2.28	2.41	2.44	2.38	2.99	2.62	2.43*	2.78	2.99
1978	2.88	2.34	2.38	2.34	2.13*	2.43	2.60	2.90	2.50	2.89	2.65	2.82	2.90
1979	2.52	2.40	2.32	2.22	2.35	2.43	2.36	3.91*	2.58	2.65	2.56	2.50	3.91
1980	2.82*	-	2.33*	2.15	2.62*	2.23	2.31	2.45	2.54	2.64	2.58	2.66	2.82
1981	2.49	2.48	2.40	2.20	2.43	2.58	2.59	2.28	2.67	2.58	2.53	2.60	2.67
1982	2.38	2.51	2.34	2.22	2.33	2.46*	2.28	2.16	2.47	2.44	2.57	2.58	2.58

無數據
 數據不全
 並不由熱帶氣旋引起

表四：芝蔴灣的月最高海面高度（米）

YEAR	MONTH												ANNUAL
	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	
1970	2.70	2.92	2.72	2.38	2.48	2.67	2.62	2.81	2.72	2.74	3.00	2.87	3.00
1971	2.75*	2.93*	2.49*	2.58	2.66	2.54	2.69*	2.96	2.67*	3.28	2.87	2.83	3.28
1972	3.00	2.66	2.44	2.64*	2.78	2.76*	2.89	2.63	2.53	2.64*	-	-	3.00
1973	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.93*	2.90	2.80	2.93
1974	2.73	2.71	-	2.38*	2.68*	2.82*	3.02*	2.97	2.71	3.51	3.10	2.94	3.51
1975	2.96	2.60	2.44	2.45	2.60*	2.57	2.51*	2.59	2.71	2.87*	2.80*	2.72	2.96
1976	2.72*	2.46*	2.60*	2.38*	2.61	2.72	2.70	2.72	2.85	2.84	2.93	2.56	2.93
1977	2.61	2.63	2.37	2.30	2.37	2.60	2.60	2.78*	3.37	2.61	2.95	2.81	3.37
1978	2.87	2.49*	2.40	2.55	2.51*	2.67*	2.62	2.96	2.55*	3.00*	2.70*	2.85*	3.00
1979	2.60	2.26*	-	-	-	2.68	2.61	2.80*	2.55*	2.70*	2.70*	2.55*	2.80
1980	2.73*	2.70*	2.47*	2.34*	2.78*	2.49*	2.61*	2.56*	2.65*	2.69	2.69	2.77	2.78
1981	2.66	2.58*	2.45	2.40	2.52*	2.74	2.75*	2.59	2.63	2.40*	-	-	2.75
1982	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

- 無數據

* 數據不全

— 並不由熱帶氣旋引起

表五(a): 不同迴轉周期的海平面高度

地點 迴轉周期 (年)	北角 (1950 - 1981) (米)	大埔灣 (1962 - 1981) (米)	芝蔴灣 (1963 - 1981) (米)
10	3.34	4.13	3.40
50	3.71	5.01	3.74
100	3.86	5.39	3.89
200	4.01	5.76	4.03
500	4.22	6.25	4.22
1000	4.37	6.62	4.37

表五(b): 不同海平面高度的迴轉周期

地點 水位(米)	北角 (1950 - 1981) (年)	大埔灣 (1962 - 1981) (年)	芝蔴灣 (1963 - 1981) (年)
3.0	< 5	< 5	< 5
3.5	20	< 5	16
4.0	187	8	173
4.5	1792	16	1910
5.0	> 2000	49	> 2000
5.5		124	
6.0		314	
6.5		797	
7.0		> 2000	

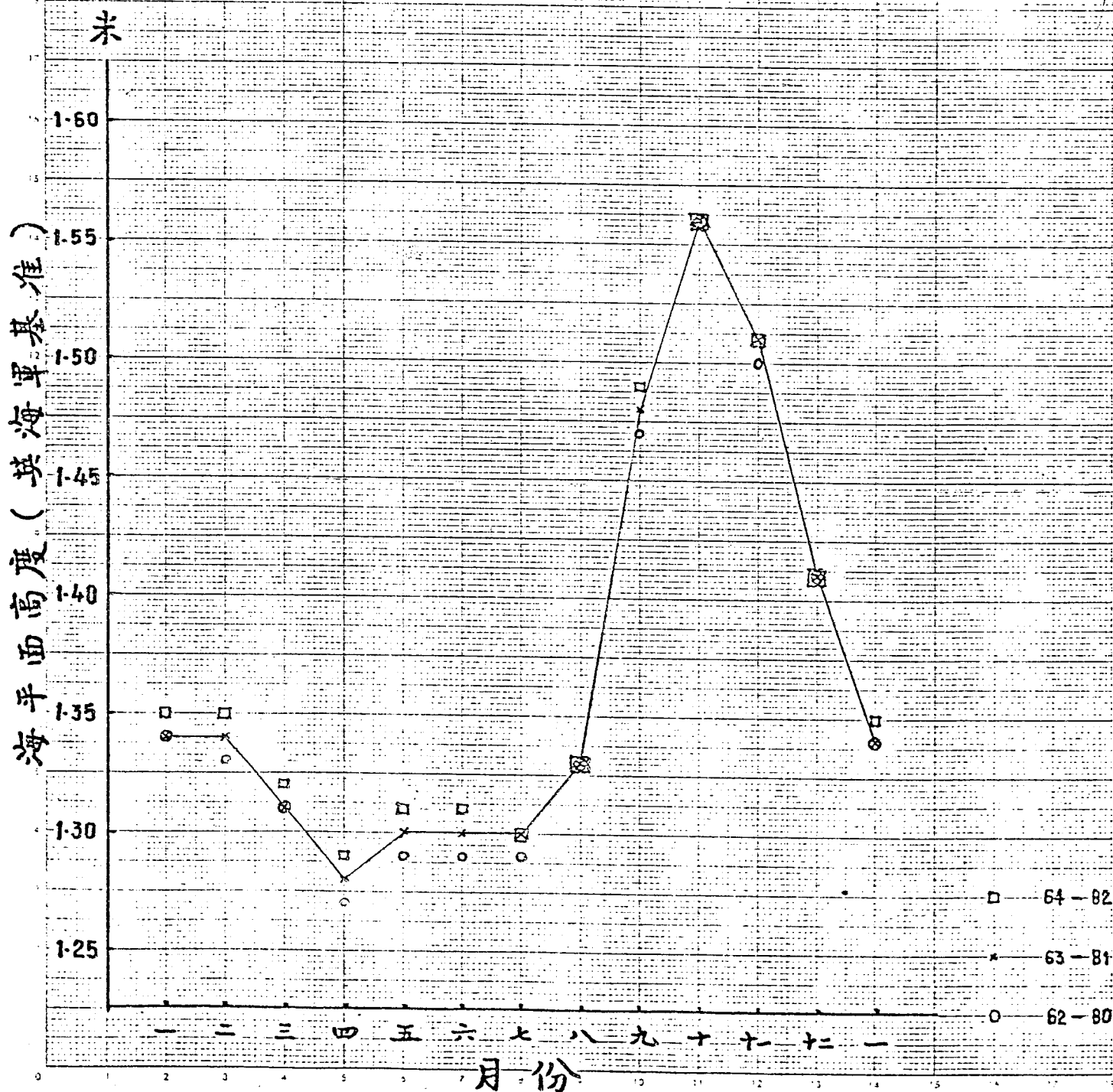
表 6 : 熱帶氣旋襲港時橫瀾島附近的海浪資料

Name of Tropical Cyclones	Month and Year	Period under analysis (H.K. Time)	Distance(r) and Bearing (km)	Winds at Waglan(U) (deg)(m/s)	H _s (m)	S _m (m ² /Hz)	f _m (Hz)	T _m (s)	E (m ²)
Kim	7/71	111627-111642	780 S	080/13.4	2.2	7.5	0.12	8.3	0.30
		120728-120742	740 SSW	090/11.8	2.0	5.9	0.12	8.3	0.30
		130727-130741	720 SW	090/6.2	2.1	6.5	0.12	8.3	0.23
Jean	7/71	150746-150800	1220 SE	300/1.0	0.8	1.2	0.14	7.1	0.04
		160746-160800	850 S	060/9.3	2.1	13.2	0.12	8.3	0.40
		171946-171959	670 SW	130/6.2	1.7	6.0	0.12	8.2	0.20
		180746-180800	780 WSW	120/4.6	1.3	3.1	0.12	8.3	0.12
Lucy	7/71	201346-201400	870 ESE	260/5.7	1.0	3.5	0.08	12.5	0.11
		210745-210800	450 ESE	300/8.2	1.4	3.5	0.08	12.5	0.10
		211647-211700	310 ESE	010/5.0	3.4	27.8	0.08	12.5	0.96
		220745-220800	110 E	300/23.2	1.6	4.3	0.10	10.0	0.16
		230745-230800	650 W	150/12.4	1.9	8.0	0.12	8.3	0.07
		240746-240800	1190 W	100/5.7	1.1	3.0	0.12	8.3	0.10
Nadine	7/71	261045-261100	560 ENE	260/10.3	0.5	0.4	0.12	8.3	0.03
Rose	8/71	151648-151703	390 SSE	080/7.7	2.9	13.6	0.10	10.0	0.60
		161053-161109	190 S	100/18.0	6.6	71.3	0.08	12.5	2.81
Della	9/71	280146-280159	670 SE	080/13.4	1.6	3.9	0.14	7.1	0.21
		281345-281358	410 SSE	060/11.3	2.2	9.2	0.12	8.3	0.35
		290144-290157	330 SSW	060/16.5	3.6	21.2	0.12	8.3	0.82
		291944-291958	590 WSW	080/12.9	2.4	12.8	0.12	8.3	0.38
		301345-301358	910 WSW	080/13.4	2.8	14.7	0.12	8.3	0.49
Elaine	10/71	051947-052000	940 SSE	360/13.9	2.0	7.5	0.12	8.3	0.26
		061945-061959	800 SSE	360/13.9	3.1	14.8	0.10	10.0	0.61
		071946-071958	590 S	020/12.9	5.5	23.2	0.08	12.5	1.39
		081947-082000	670 SW	070/16.5	3.4	17.4	0.12	8.3	0.65
		091950-092001	550 WSW	090/7.7	2.3	7.2	0.12	8.3	0.30
Hester	10/71	220744-220757	1110 S	060/6.2	1.8	3.8	0.14	7.1	0.16
		230143-230155	960 SW	070/14.4	1.9	4.9	0.14	7.1	0.19
Carmen	10/74	180759-180813	300 SSE	360/18.5	2.9	20.8	0.08	12.5	0.79
		181951-182006	220 S	040/18.0	4.4	40.3	0.08	12.5	1.54
		190151-190204	150 S	060/22.7	5.3	44.1	0.08	12.5	1.89
Elaine	10/74	291947-292000	320 SSE	360/18.0	3.4	22.4	0.08	12.5	0.72
		301017-301038	170 S	070/21.6	3.5	18.6	0.10	10.0	0.86
Elsie	10/75	130809-130822	560 E	360/11.8	1.1	4.0	0.08	12.5	0.10
		132007-132021	330 E	360/11.8	2.3	14.0	0.08	12.5	0.36
		140808-140820	120 ESE	340/25.7	4.2	43.6	0.08	12.5	1.29
		141315-141331	60 SE	060/32.4	5.2	53.4	0.12	8.3	2.39
		141430-141446	50 S	100/26.8	6.6	116.3	0.12	8.3	3.14
		141520-141536	60 SW	110/24.7	6.7	70.6	0.12	8.3	2.27
Iris	9/76	171946-172000	350 SE	080/12.4	3.6	20.1	0.10	10.0	1.02
		181347-181402	260 SSE	050/18.5	4.1	23.9	0.08	12.5	1.15
		181946-181957	185 S	060/19.6	5.6	53.0	0.08	12.5	2.11
		190605-190620	185 SW	100/22.1	7.1	108.2	0.10	10.0	3.67
Freda	9/77	241702-241715	170 S	070/22.1	3.8	32.9	0.10	10.0	1.39
		242002-242018	150 SSW	110/18.5	2.4	11.1	0.10	10.0	0.39

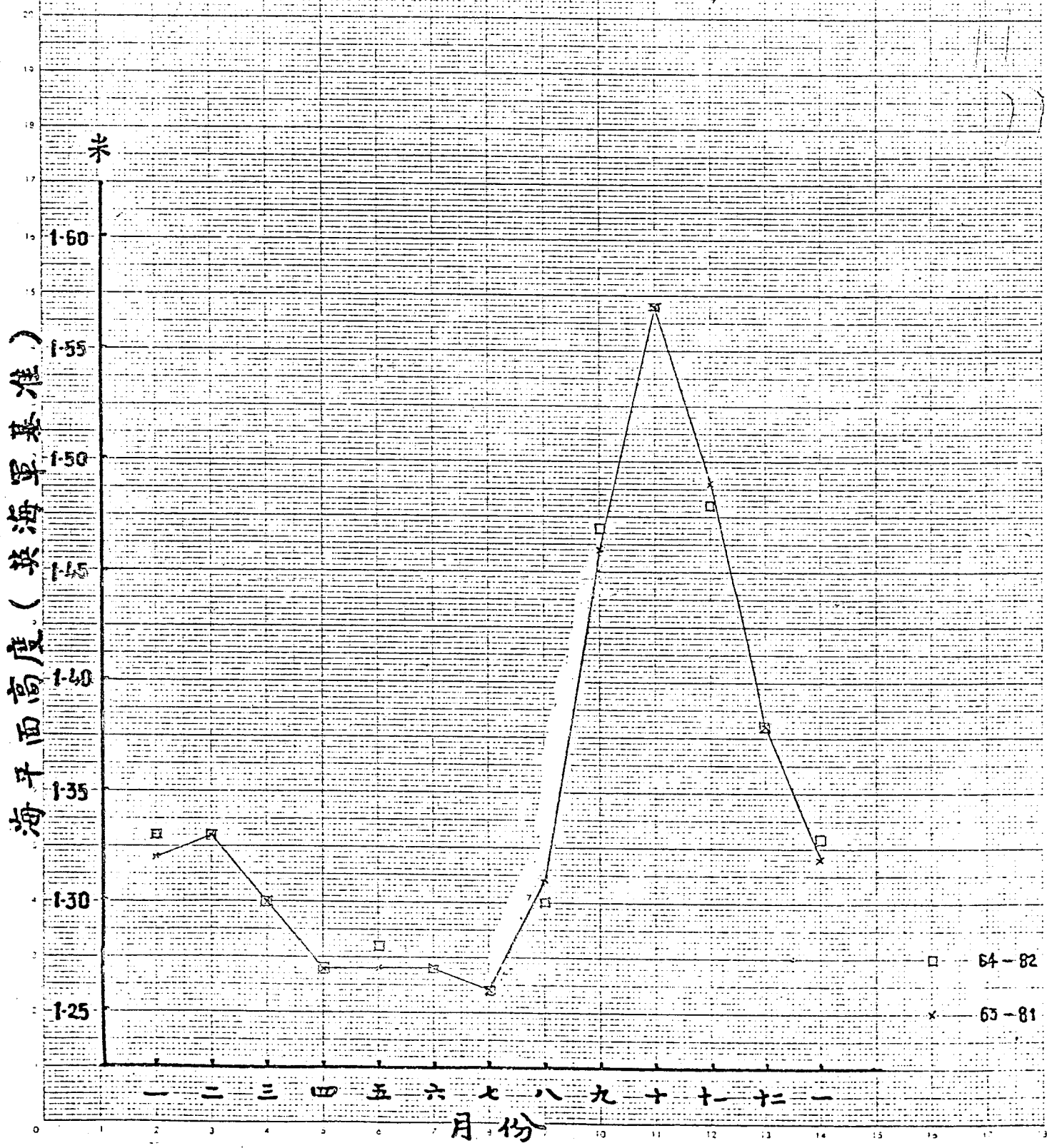
表七： 不同迴轉周期的波高極值

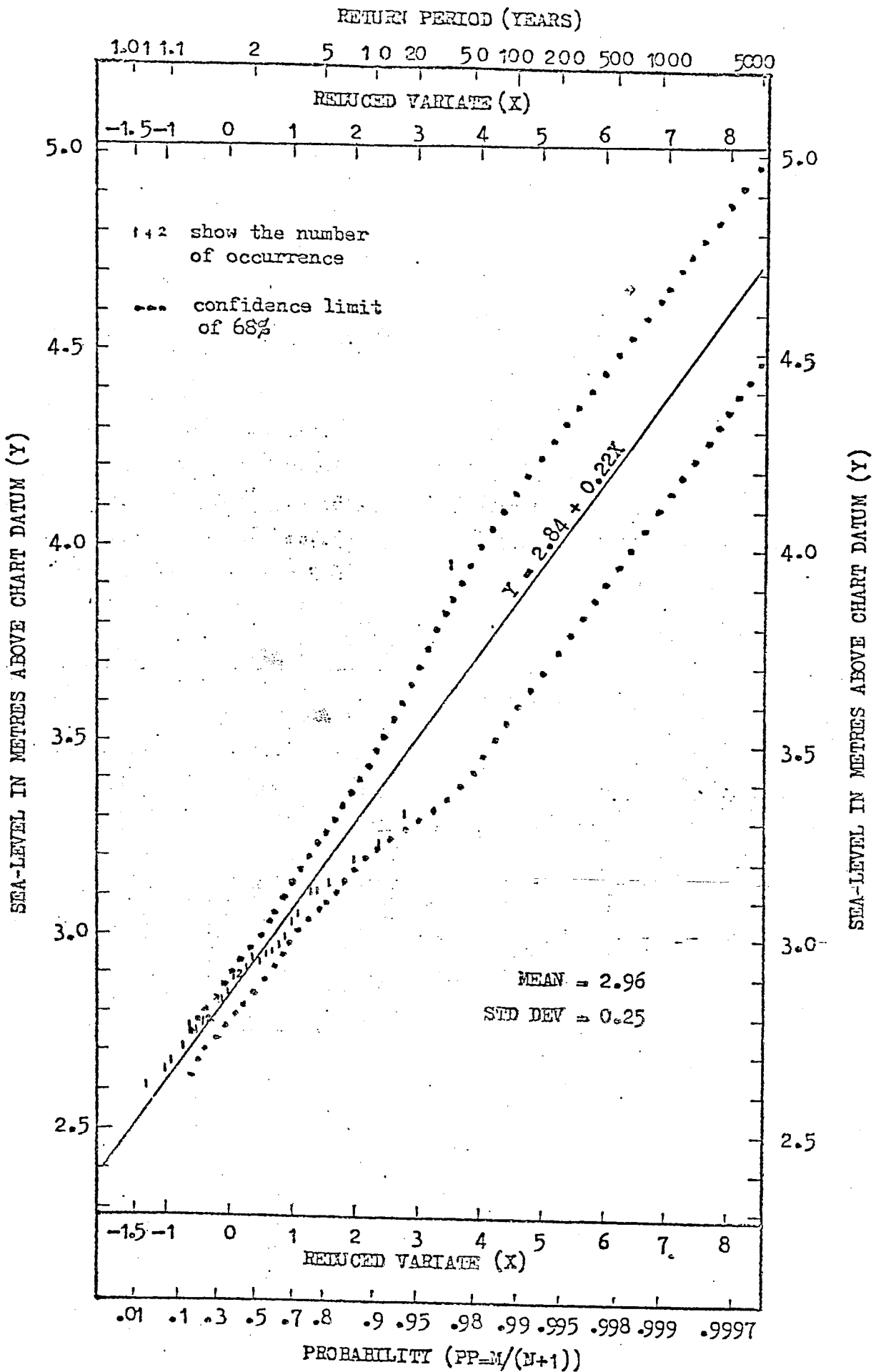
迴轉周期 (年)	波高極值 (米)
10	16.6
25	17.9
50	19.3
100	21.0

圖二：北角的十九年月平均海平面高度

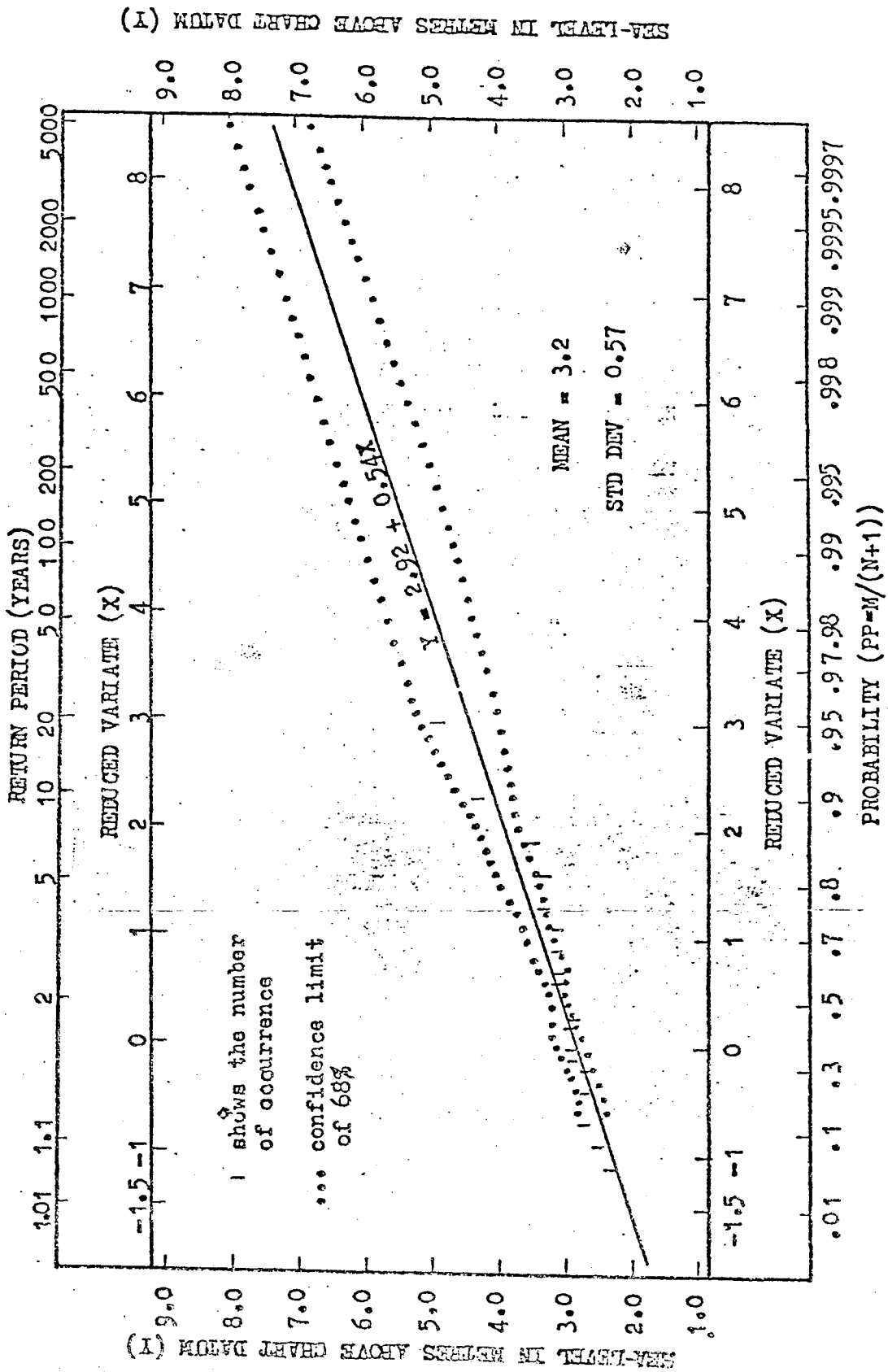


圖三：大埔灣的十九年月平均海平面高度

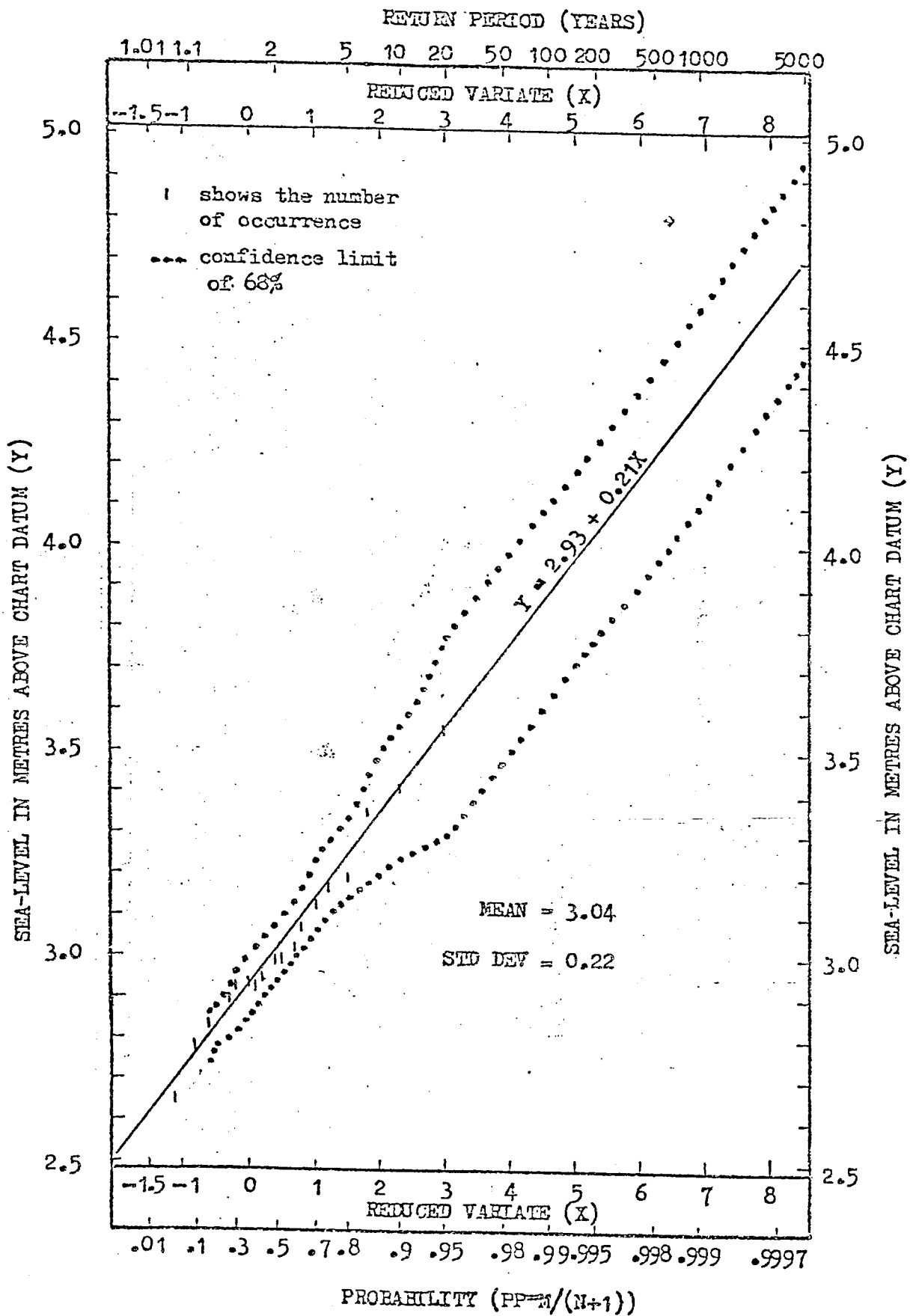




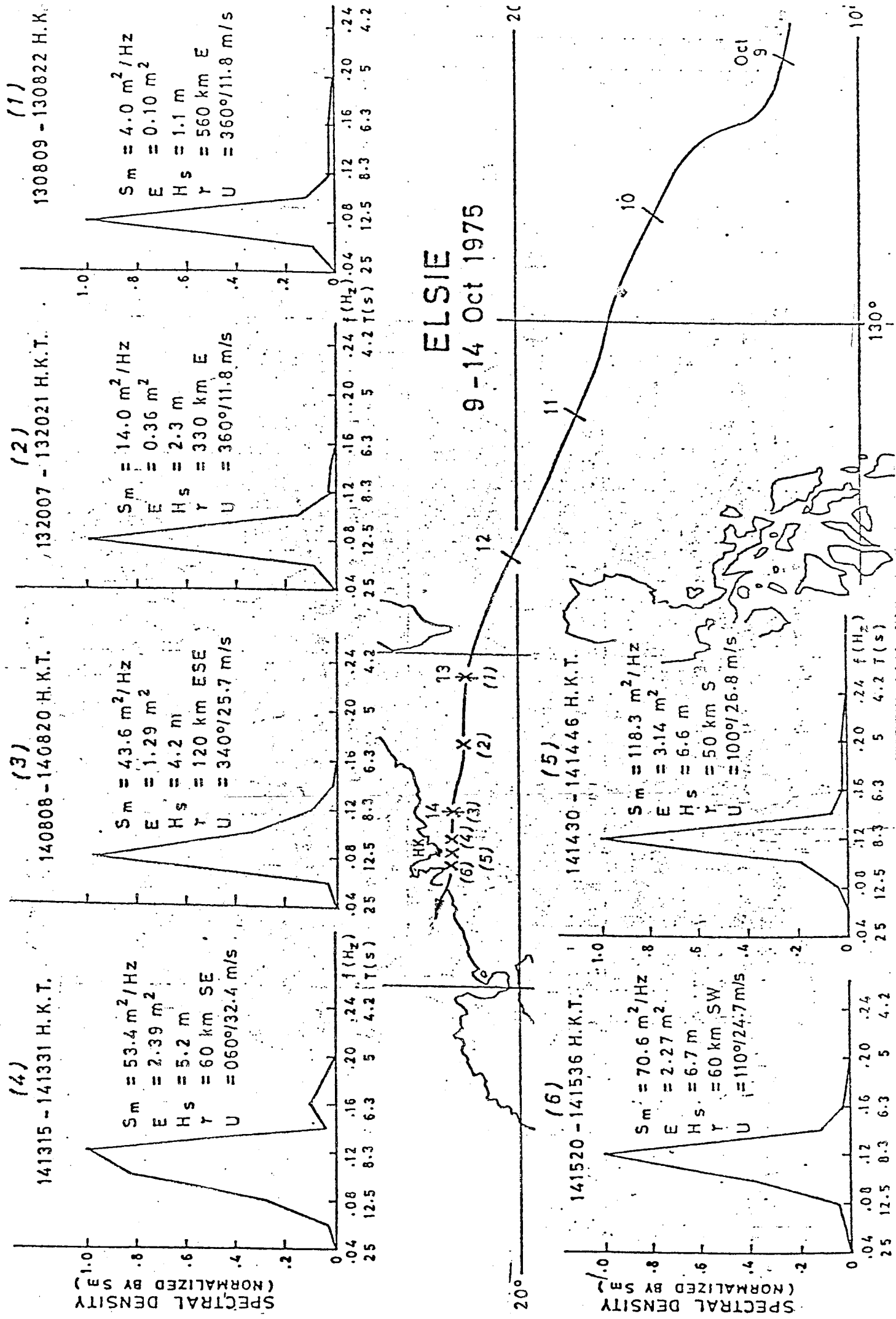
圖四：北角年最高水位的極值概率



圖五：大埔灣年最高水位的極值概率

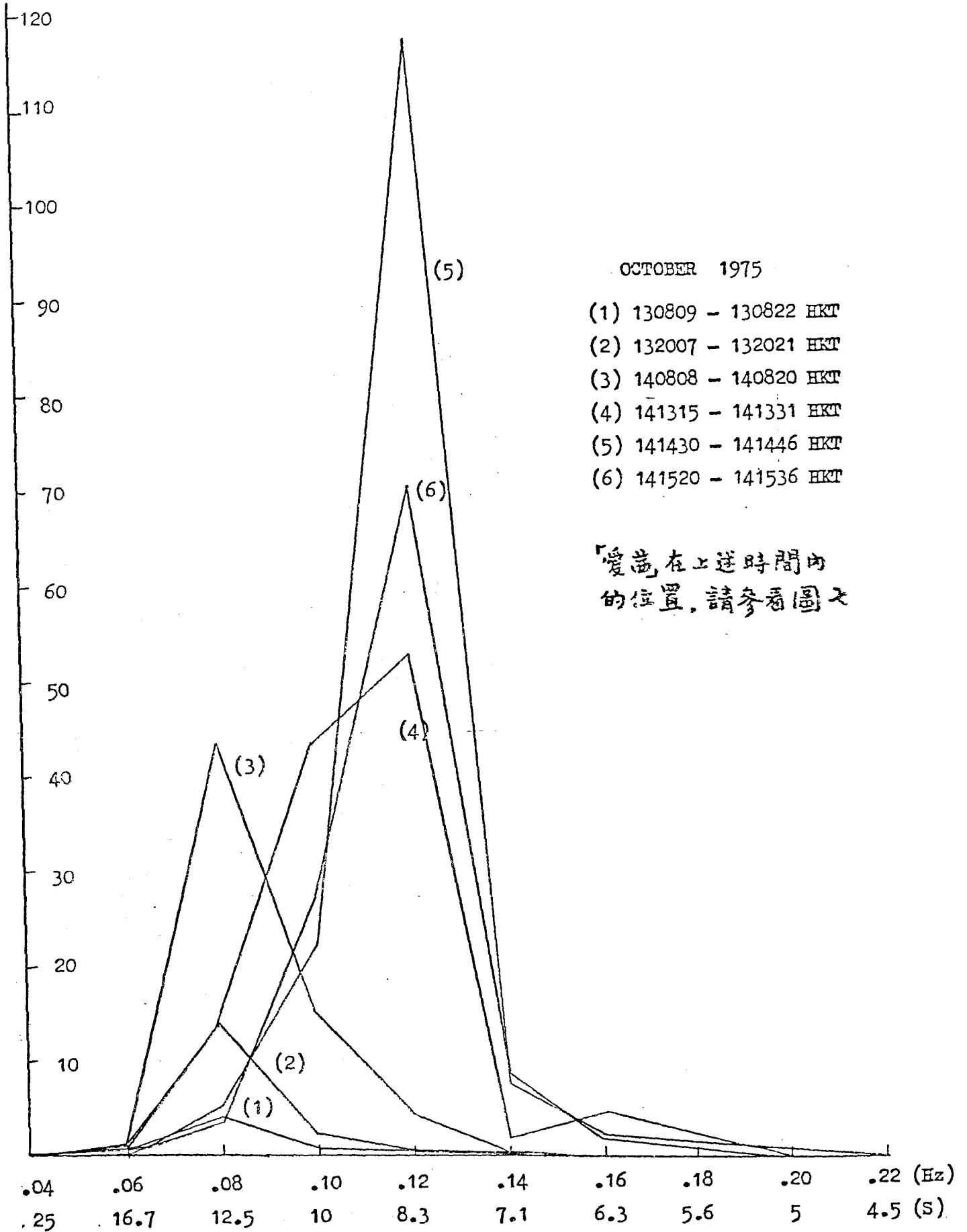


圖六：芝蔴灣年最高水位的極值概率

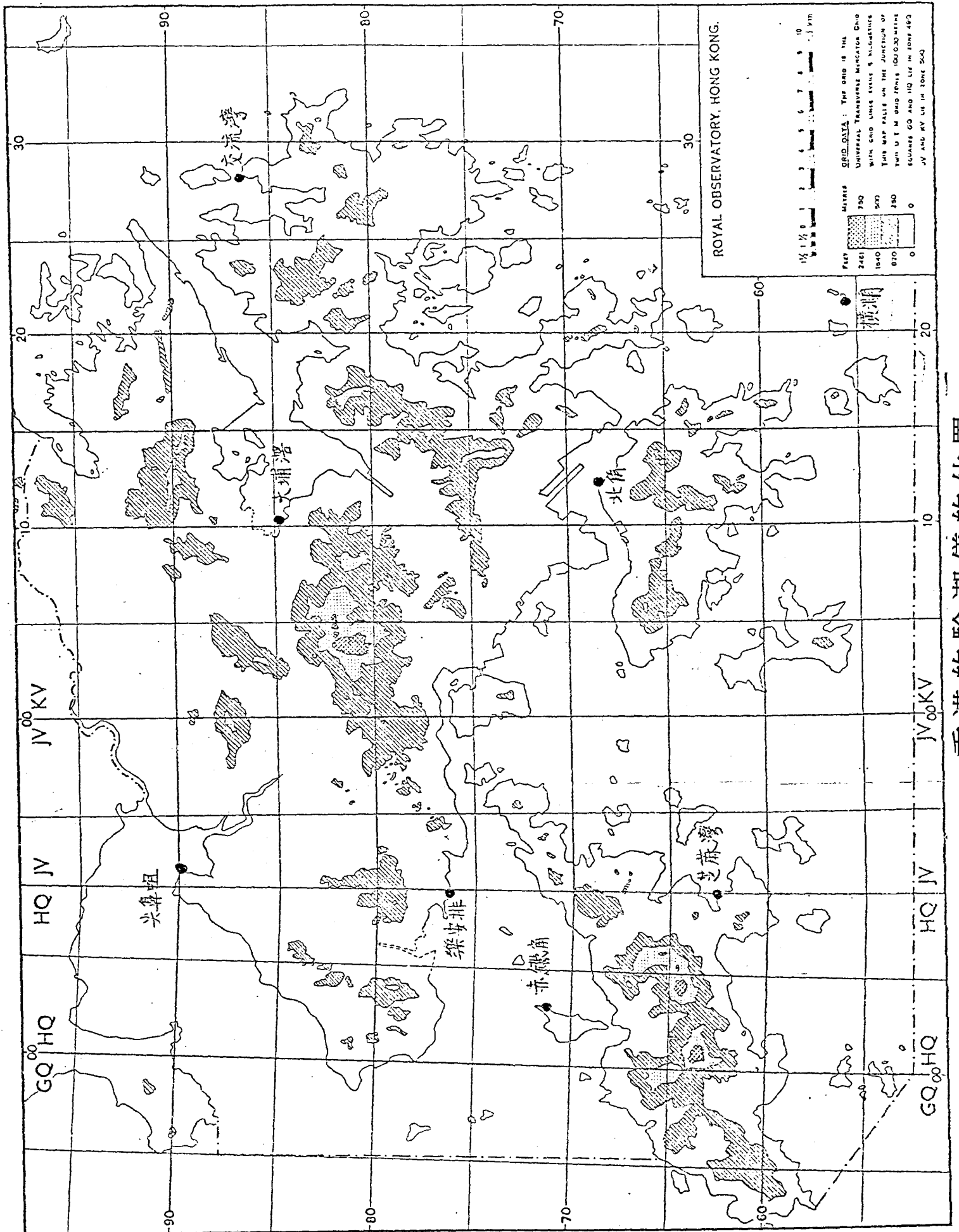


圖七：「愛苗」繫港途徑及其間橫瀾島附近的正態化海波譜

譜密度



圖八：「愛齒」襲港時橫瀾島附近的海波全譜



香港的位置