

委 託 機 關：中央氣象局

計 畫 名 稱：台灣附近海域波浪預報模式研究(四)
(波 浪 部 份)

金 額：新台幣 壹佰零貳萬元

時 間：民國 76 年 7 月 1 日 至
民國 77 年 6 月 30 日 止

計畫主持人：所長 梁 乃 匡

研 究 人 員：簡 仲 璟
洪 憲 忠
蘇 青 和
吳 基
江 中 權

目 錄

壹. 前 言	1
貳. 颱風湧浪預報模式修正	2
參. 季風模式經驗常數之決定及模擬颱風波浪場 ..	16
肆. 結 論 與 建 議	114
伍. 誌 謝	116
陸. 參 考 文 獻	117
附錄一	118
附錄二	122

壹. 前 言

在過去三年的研究中，吾人先由射線式風場推算單一推算點之季風波浪，後發展演進為網格點式風場推算多點之季風波浪分佈場。對於颱風波浪除加入湧浪因素外，且考慮受陸地遮蔽時之影響。在第三年的報告中並建立颱風波浪與季風波浪的合成模式。至此有關台灣附近海域波浪推算的模式已具雛型。而在今年的研究中除了預報作業的初步嘗試外，對於颱風湧浪週期，及季風波浪推算中之常數皆作了更深一層的研究，而提出了新的颱風湧浪週期公式，及 $\xi \kappa$ 值不再是一固定值，而是為有效波能 (SUUBB) κ 的函數。其關係為 $\xi \kappa$ 值將隨有效波能之增大而有減小的趨勢。在本次研究中模擬幾個不同颱風情況下以推算台灣附近的波浪分佈情形，其結果尚屬合理。

爾後的主要工作將是預報程序作業的試行，波浪預報模式的校驗工作，及季風預報風場模式的建立。在這四年的研究過程中蒙氣象局鼎力的協助提供有關海氣象資料，而使得本計畫能夠順利完成。

貳. 颱風湧浪預報模式修正

2 - 1 引 言

作者曾提出一個颱風湧浪的預報法（梁乃匡, 1982），其主要觀念是把颱風波浪場當作點波源來看，颱風中心波浪由 Bretschneider 方法估計（1976）。推算公式如下：

$$H_{1/3} = C \times H_R^* \frac{R}{\sqrt{DD}} \quad (2-1)$$

其中

$H_{1/3}$ 颱風湧浪代表波波高，單位米

C 經驗常數，約 0.11

H_R^* 移動颱風在最大風速半徑 R 處風向指向測站處的代表波高，單位呎

R 最大風速半徑，單位哩

DD 颱風中心到測站的距離，單位哩

$$T_{1/3} = C' T_{RS} \quad (2-2)$$

其中

$T_{1/3}$ 颱風湧浪代表波週期，單位秒

T_{RS} 在 Bretschneider 方法中與 H_R^* 有關的颱風波浪週期，單位秒

C' 經驗常數，由下式求得：

$$C' = 0.05 [(DD \times T_{RS}) / (R \times U_{RS}^*)] + 1 \quad (2-3)$$

其中

U_{RS}^* 為移動颱風在半徑 R 處的海面上 10 米高 10 分鐘平均風速，單位節。

作者感於湧浪週期推算結果不盡理想，而湧浪週期影響湧浪抵達時間及因颱風移動而產生的堆積與消退所造成的波高修正，因此再作進一步探討（梁乃匡，1987）。作者採用 1985 - 1986 兩年間在蘇澳測得的 8 個颱風湧浪資料，分別對 $[T_{1/3} / T_R, (DD \cdot T_R) / (R \cdot U_{RS}^*)]$ ， $[T_{1/3} / T_R, (DD \cdot T_R) / (R \cdot U_{RS})]$ ， $[T_{1/3} / T_R, (DD \cdot T_R)^{1/2} / (R \cdot U_{RS})^2]$ ， $[T_{1/3} / U_{RS}^*, DD / T_R^2]$ ， $[T_{1/3} / T_R, DD / U_{RS}^2]$ ， $[T_{1/3} / U_{RS}, DD / T_R^2]$ 六組參數作用相關分析，求得相關係數分別為 0.305，0.316，0.55，0.485，0.514 及 0.626，其中 U_{RS} 與 T_R 為未考慮颱風移動的 U_{RS}^* 與 T_{RS} （此時已發現 T_R 比 T_{RS} 好）。由以上的結果可以發現 U_{RS} 比 U_{RS}^* 好，最佳的參數是 $(T_{1/3} / U_{RS}, DD / T_R^2)$ ，並得出經驗公式如下：

$$T_{1/3} / U_{RS} = 0.2 + 0.023 (DD / T_R^2) - 0.0005 (DD^2 / T_R^4),$$

$$\text{當 } DD / T_R^2 \leq 20$$

$$T_{1/3} / U_{RS} = 0.46, \text{ 當 } DD / T_R^2 > 20$$

(2 - 4)

以上所述結果乃是取代表波週期 $T_{1/3}$ 代表湧浪週期，而實際上湧浪常與當地風浪混在一起，因此湧浪週期應大於 $T_{1/3}$ ，所以最好以波譜的最大波能週期作為湧浪週期。上述八個颱風波浪有四個有原始資料，可以計算波譜再作進一步探討。

2 - 2 求最佳參數對及新的經驗公式

用四個颱風期間所測波浪原始資料，計算波譜，求出最大能量週期 T_P ，分別以 $(T_{1/3} / U_{RS}, DD / T_R^2)$ 及 $(T_P / U_{RS}, DD / T_R^2)$ 求相關係數，相關係數的公式為：

$$\text{相關係數} = \frac{\sum_1^N (A - \bar{A})(B - \bar{B})}{(\sum_1^N (A - \bar{A})^2)^{1/2} (\sum_1^N (B - \bar{B})^2)^{1/2}}$$

(2 - 5)

其中 A, B 為紛紜變數, N 為該變數的數目, $\bar{A}, \bar{B}$ 為 A, B 的平均值。

如表 2 - 1 所示, 可得四個颱風湧浪的 T_P / U_{RS} , $T_{1/3} / U_{RS}$ 及 DD / TR^2 對應值及其相關係數。($T_{1/3} / U_{RS}$, DD / TR^2) 的相關係數為 0.618, 比八個颱風的 0.626 略小, 表示此四個颱風湧浪資料比原八個颱風湧浪資料的相關性略低。但 (T_P / U_{RS} , DD / TR^2) 的相關係數為 0.747, 這表示 T_P 比 $T_{1/3}$ 為佳。附錄一為颱風資料, 含七級風暴風半徑 (單位公里)。附錄二為波浪資料, 含最大波能週期 T_P 。

表 2 - 1 各無因次參數值*

颱風名	時間	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
		DD / TR^2	$T_{1/3} / U_{RS}$	T_P / U_{RS}	$\frac{DD \cdot R}{TR^4}$	$\frac{DD \cdot R^7}{TR^4}$
H A L	1985年06月20日08時	12.1	0.32	0.35	2.26	33.9
"	21日08時	6.2	0.26	0.27	0.84	19.9
"	14時	5.4	0.24	0.27	0.78	17.0
"	22日02時	3.5	0.28	0.28	0.5	12.0
"	08時	3.3	0.23	0.23	0.45	11.5
IRMA	06月27日08時	13.8	0.41	0.41	3.11	62.7
"	20時	9.1	0.27	0.31	1.43	34.8
"	28日08時	6.9	0.28	0.28	1.17	28.5

颱風名	時間	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
		DD / TR^2	$T_{1/3}$ / URS	T_P / URS	$\frac{DD \cdot R}{TR^4}$	$\frac{DD \cdot R^7}{TR^4}$
NELSON	08月19日 14時	11.2	0.28	0.29	2.67	37.2
"	20日 02時	8.7	0.25	0.28	1.84	25.8
"	08時	8.1	0.26	0.29	1.68	29.0
"	14時	7.0	0.23	0.27	1.34	23.0
"	21日 02時	5.9	0.23	0.29	1.11	18.9
"	14時	4.2	0.22	0.26	0.76	12.3
"	20時	3.6	0.22	0.26	0.66	10.5
"	22日 02時	2.7	0.21	0.24	0.46	8.4
"	08時	2.2	0.22	0.26	0.40	7.2
"	14時	1.1	0.23	0.26	0.14	2.1
"	23日 08時	0.5	0.23	0.23	0.09	1.3
BRENDA	10月02日 08時	8.1	0.28	0.29	1.52	38.1
"	20時	6.6	0.33	0.34	1.32	30.9
"	03日 02時	5.7	0.35	0.35	1.08	27.3
"	14時	2.7	0.27	0.27	0.41	10.4
"	20時	1.9	0.27	0.27	0.29	7.2
"	04日 02時	1.2	0.29	0.29	0.21	4.5
"	08時	0.6	0.23	0.24	0.12	2.3
"	14時	1.0	0.22	0.25	0.20	3.6
相關係數			0.618	0.747	0.748	0.822
			與 (1)	與 (1)	與 (3)	與 (3)

* 無因次參數略去重力加速度 g

由參考文獻二之圖 2 中可隱約看出似乎有另一參數在其中，根據經驗判斷颱風的暴風圈愈大，週期應愈大，因此將 DD / T_R^2 改為 $\frac{DD}{T_R^2} \times \frac{R}{T_R^2} = (DD \cdot R) / T_R^4$ 。 R / T_R^2 代表暴風圈的半徑與波長的比值（重力加速度 g 省略），或稱為無因次暴風半徑，因為 T_R^2 與波長成正比。另一代表暴風圈的因素為七級風暴風半徑 R_7 ，因此另一無因次參數為 $(DD \cdot R_7) / T_R^4$ ，其值列在表 2 - 1 中，與 T_P / U_{RS} 的相關係數如下：

$$(T_P / U_{RS}, DD \cdot R / T_R^4) \quad 0.748$$

$$(T_P / U_{RS}, DD \cdot R_7 / T_R^4) \quad 0.822$$

由此可知用 R 並未改善，而 R_7 使相關係數提高，可見 R_7 為一良好的因子。由文獻一所採用的參數對 $(T_{1/3} / T_R, DD \cdot T_R / R \cdot U_{RS}^*)$ 的相關係數 0.3 改善到本文所用的參數對 $(T_P / U_{RS}, DD \cdot R_7 / T_R^4)$ 的相關係數 0.8，可謂進步不少了。將表 2 - 1 $(T_P / U_{RS}, DD \cdot R_7 / T_R^4)$ 的資料點繪在圖 2 - 1 上迴歸出一經驗方程式如下：

$$T_P = [0.003 \times (DD \cdot R_7 / T_R^4) + 0.22] U_{RS}$$

(2 - 6)

2 - 3 檢討湧浪波高公式

公式 (2-1) 所用的 R 在文獻一中實際上是由 $R = 0.1 R_7$ 求得，而由上節發現 R_7 為優於 R 的因子，而前述不考慮颱風移動風速 U_{RS} 與周期 T_R 均優於 U_{RS}^* 與 T_{RS} 。因此，湧浪波高公式可由 (2-1) 式改為

$$H_{1/3} = 0.11 (0.1 R_7 / 1.852) \cdot H_R / (DD)^{1/2}$$

$$\approx 0.006 (R_7 \cdot H_R) / (DD)^{1/2}$$

(2 - 7)

其中 R_7 為颱風七級風暴風半徑，單位公里， H_R 為由 Bretschneider 方法求出颱風中心最大風速半徑 R 處不考慮颱風移動的波高，單位呎。

經計算 BRENDA，HAL 與 NELSON 三颱風湧浪波高與實測值比較，如圖 2 - 2，2 - 3，2 - 4 所示。因實測值含有非湧浪部份，所以無法印證是否正確，但趨勢大致符合，新公式略優於舊公式。三個颱風推算的湧浪週期與由波譜求出的最大能量週期比較（如圖 2 - 5，2 - 6 及 2 - 7 所示），發現結果頗為吻合。

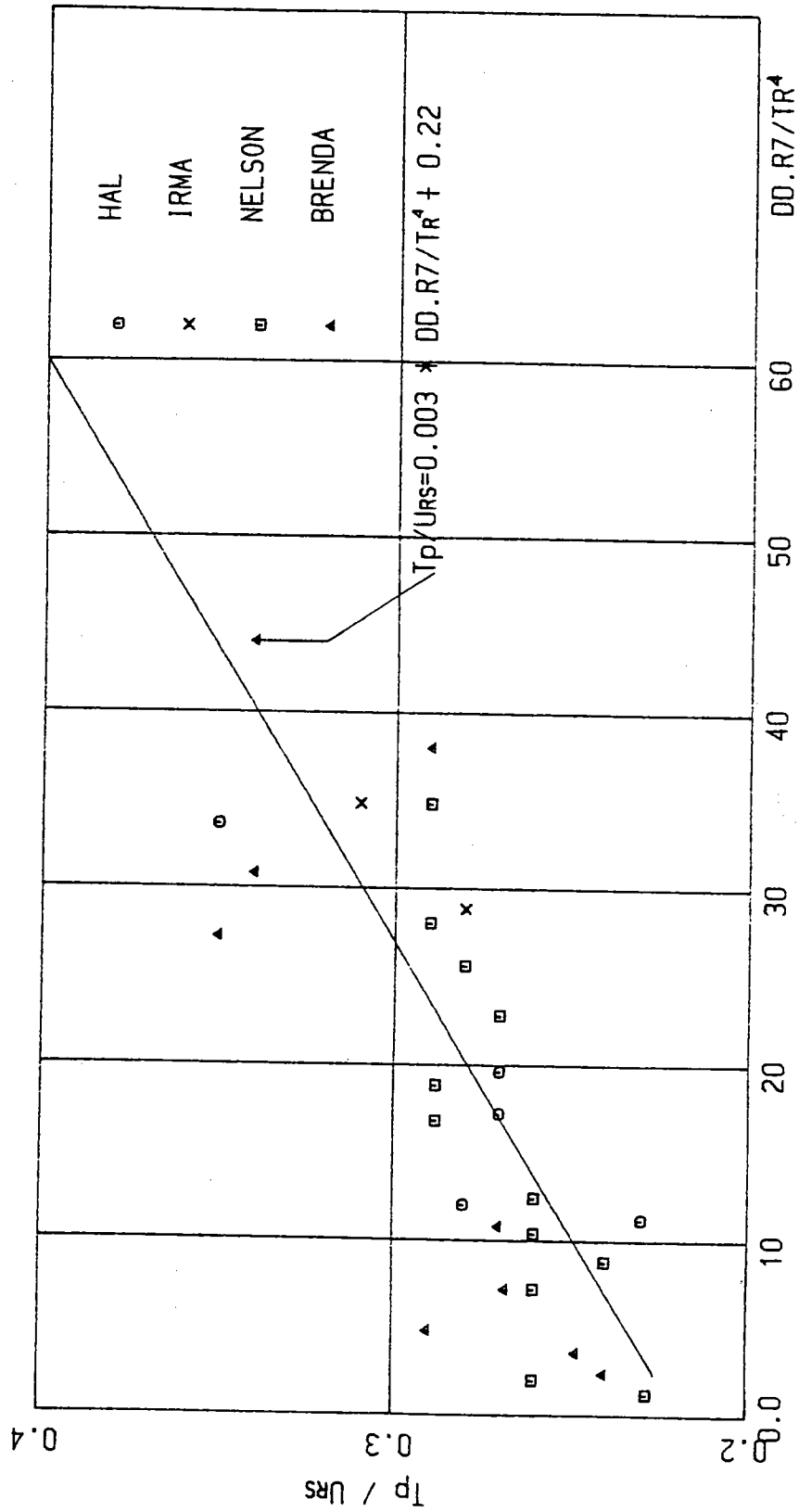
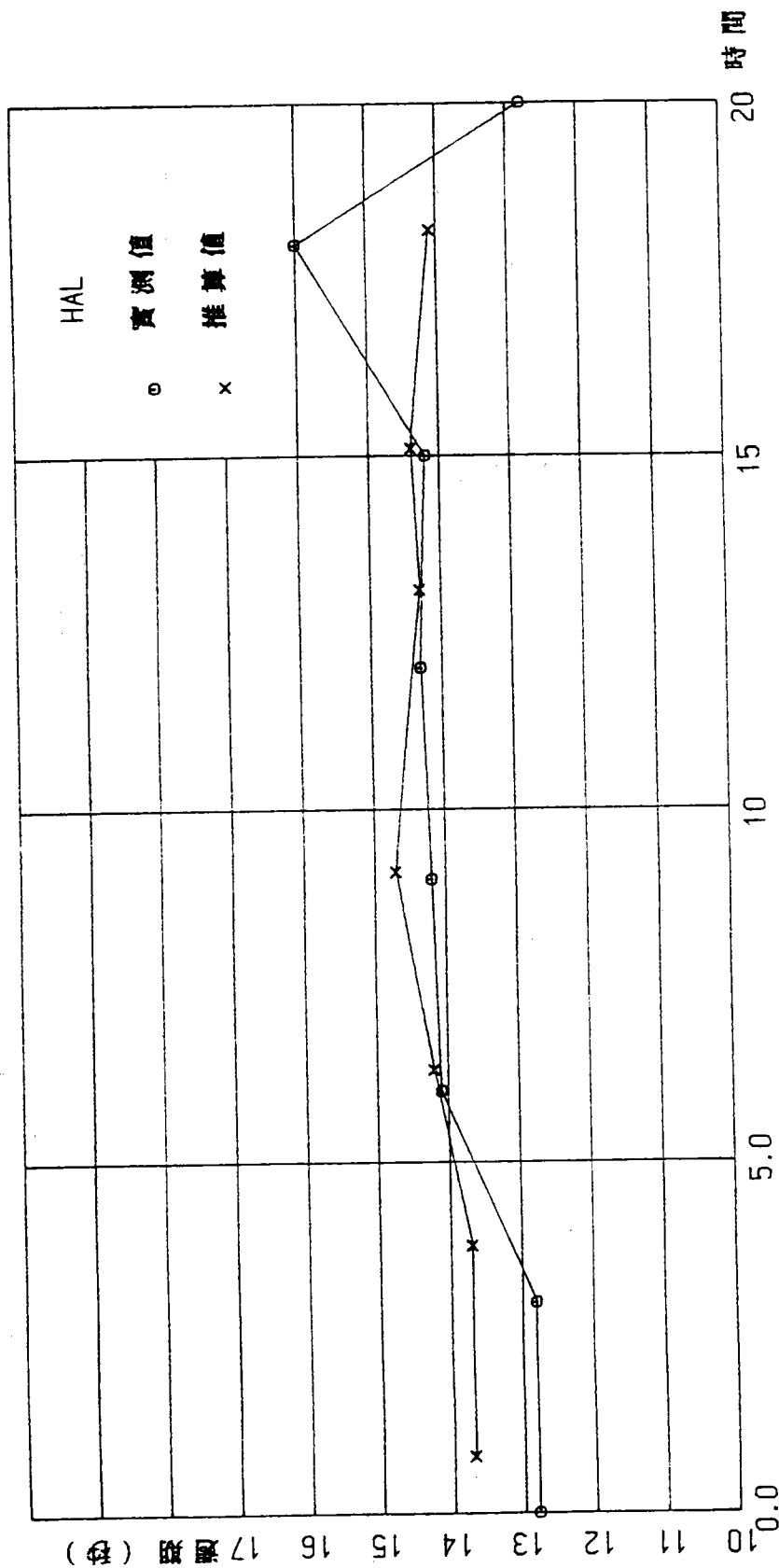


圖 2 - 1 T_p / U_{RS} 對應 $DD \cdot R7 / TR^4$ 資料點及迴歸直線



1985年6月22日
圖 2 - 2 HAL 颱風湧浪週期實測與推算值比較

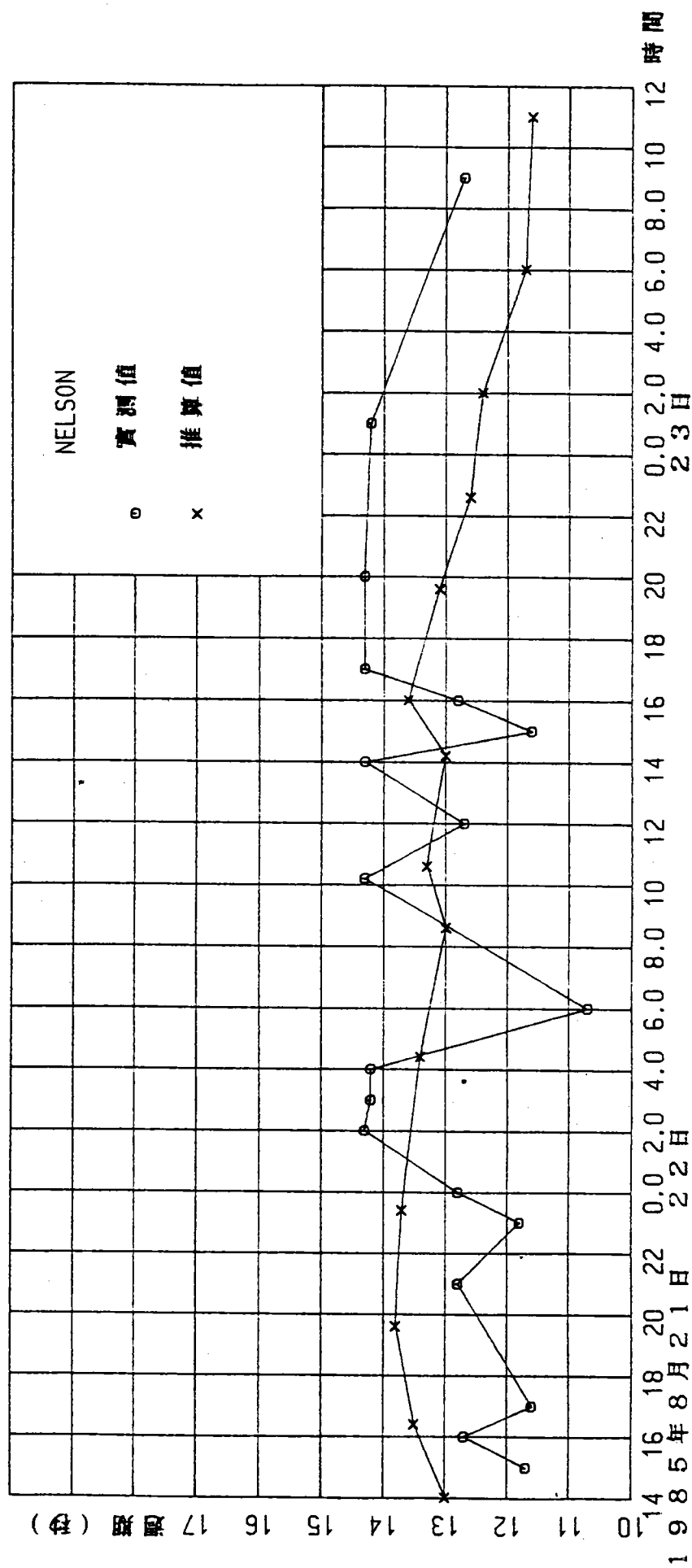


圖 2 - 3 NELSON 颱風湧浪週期實測與推算值比較

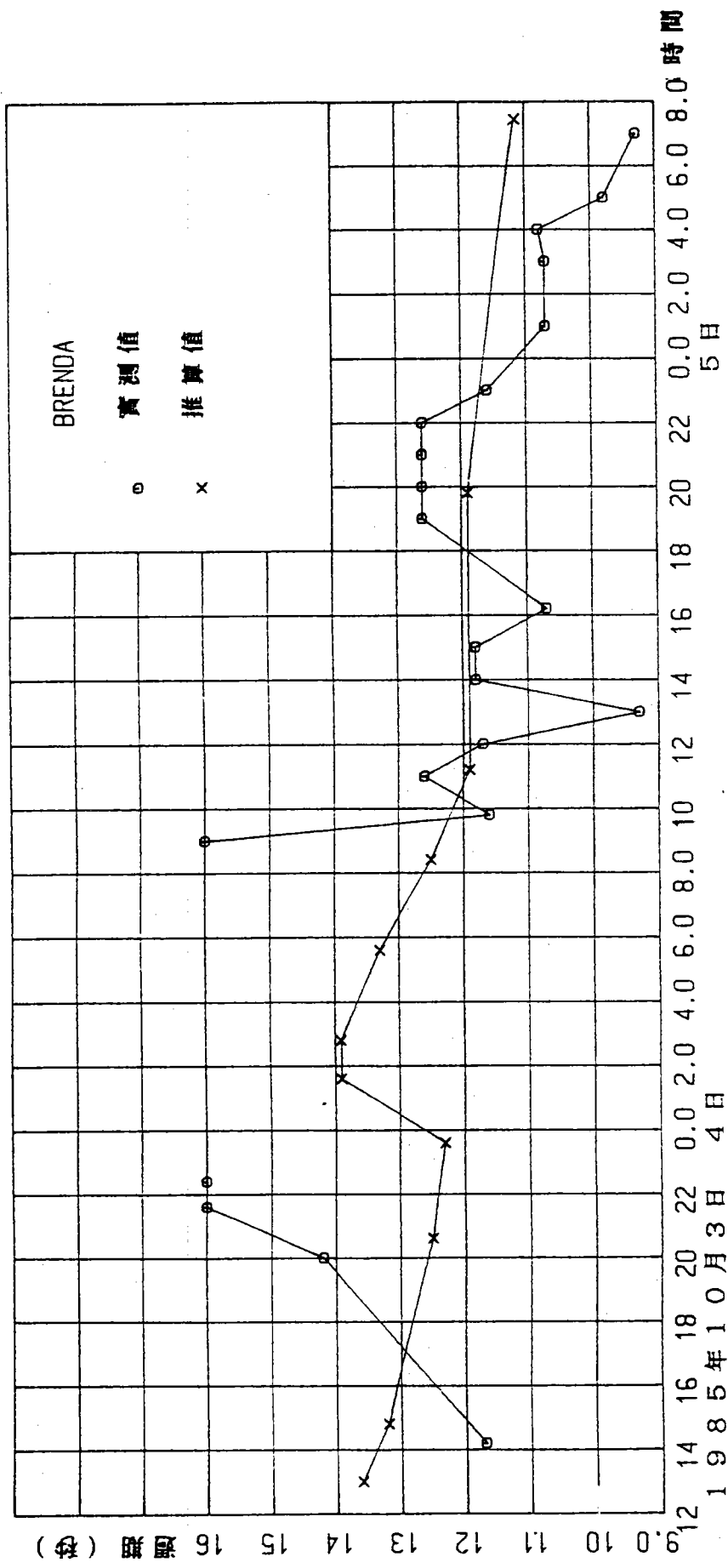
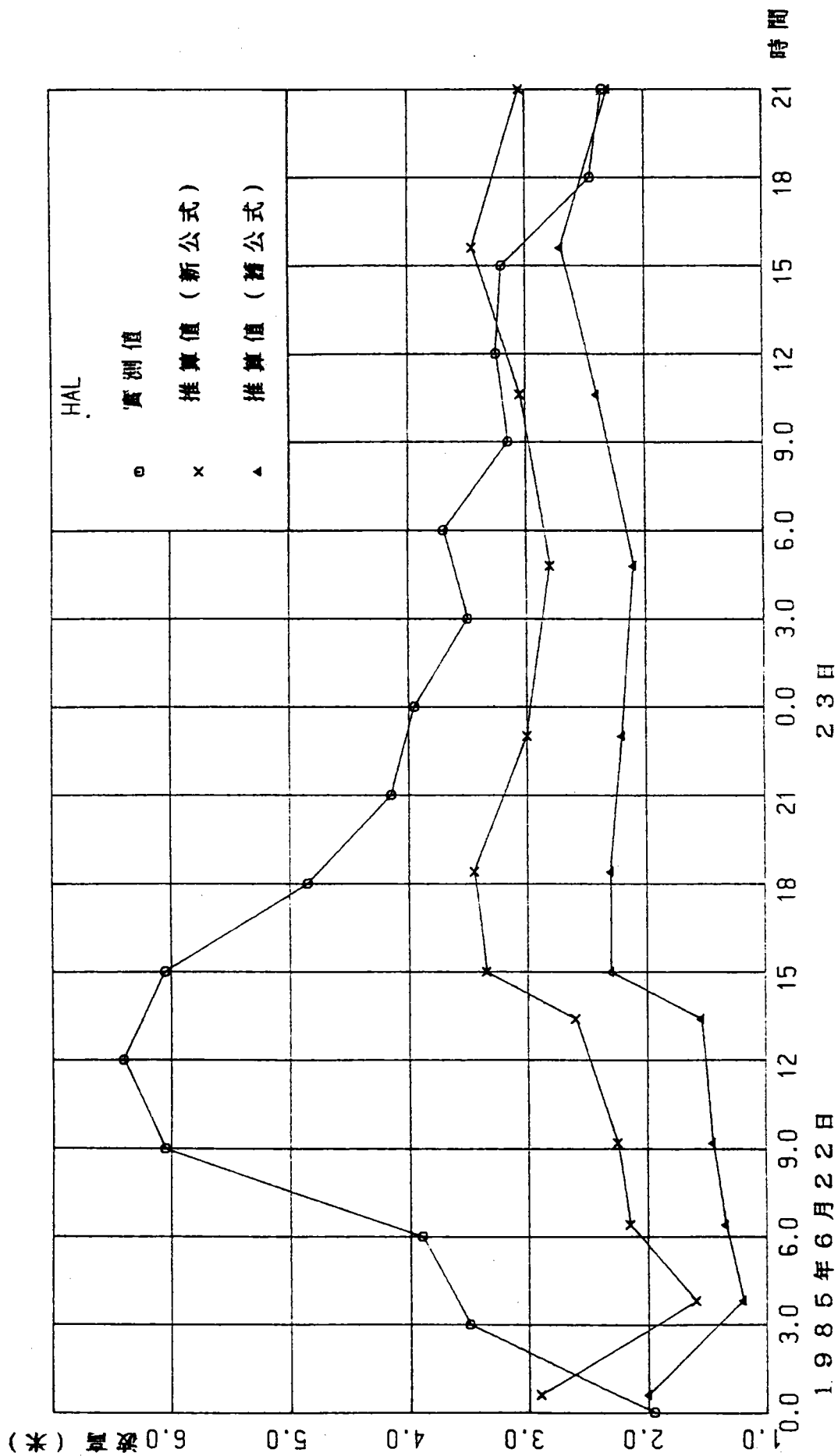


圖 2 - 4 BRENDA 颱風湧浪週期實測與推算值比較



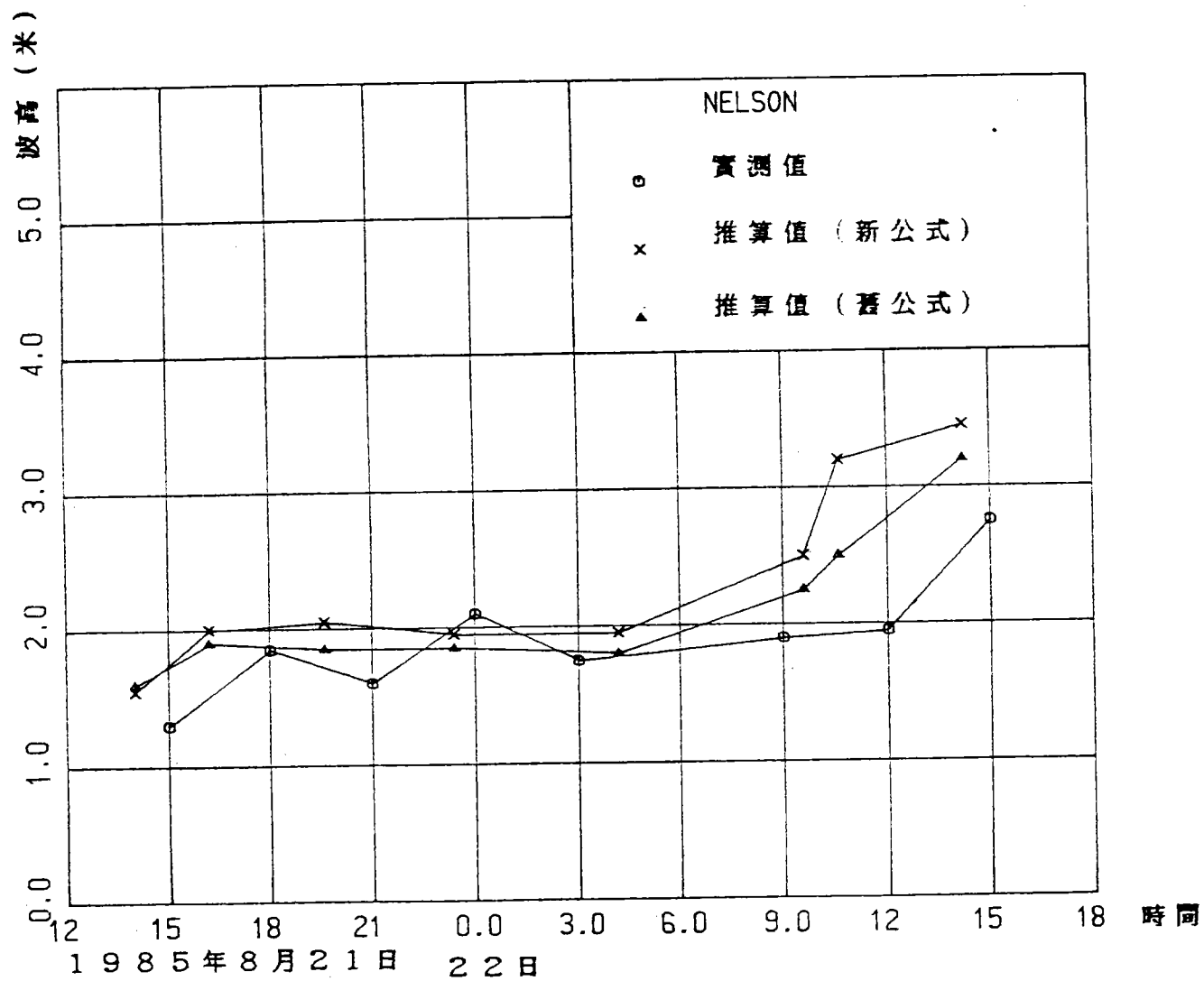


圖 2 - 6 NELSON 颱風波浪實測與推算比較

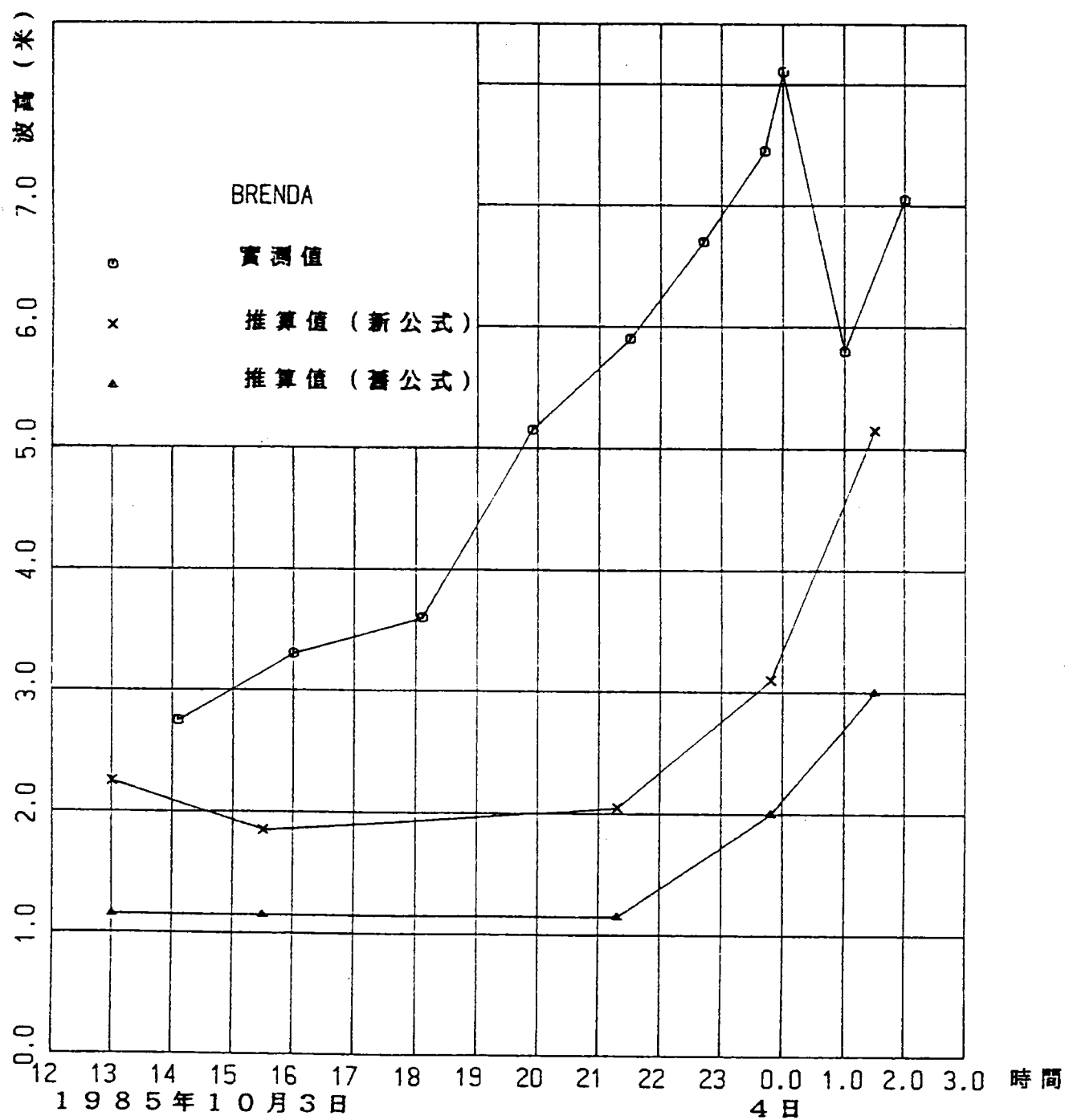


圖 2 - 7 BREDA 颱風波浪實測與推算比較

參. 季風模式經驗常數之決定及模擬颱風波浪場

3 - 1 求經驗常數值之步驟

用面積風域法推算波浪之前，須先由一段實測的波浪及風場資料以求得風能與波能之間能量授受的關係值 ξ 如下式：

$$\xi_k = \frac{g (H_{1/3})_k^2 (T_{1/3})_k}{[8 \cdot (SUUBB)_k]} \dots\dots\dots (k = 1, 2, \dots, L)$$

\dots\dots\dots (3 - 1)

$$(SUUBB)_k = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M U_{ij}^2 \cos^2 \theta_{ij} \exp \left(\frac{-\beta r_j}{U_{a_{ij}}^2} \right) \cdot \frac{1}{r_j} \cdot dA_j$$

\dots\dots\dots (3 - 2)

其中：

U_{ij} ：第 i 張天氣圖，第 j 個風場網格點之風速
(m / sec)。

θ_{ij} ：第 i 張天氣圖，第 j 個風場網格點之風向
與推算點連線之夾角。

r_j ：網格元素至推算點距離 (km)。

dA_j ：網格元素之面積 (km^2)。

β ：衰減常數。

M ：風場網格點個數。

N ：歷時天氣圖張數。

L ：波浪資料個數。

在 (3-2) 式代表因風而產生之對應波功率。而此波功率將因 $\exp (- \beta r_j / U_{ij}^2)$ 項而在抵達推算點時將有所衰減，而其衰減的程度由衰減常數 β 調整控制。此外因空間與時間的配合問題，故此波能是否會在適當的時刻到達預定的位置也須加以考慮，對於此問題吾人由下式估算之：

$$LD_{ij} = \alpha \cdot U_{ij} \cdot (N - i) \cdot 3.6 \cdot \Delta t \quad \dots\dots\dots (3-3)$$

$$LU_{ij} = \alpha \cdot U_{ij} \cdot (N - i + 1) \cdot 3.6 \cdot \Delta t \quad \dots\dots\dots (3-4)$$

α : 傳遞常數

Δt : 天氣圖時間間隔 (小時)

LD_{ij} : 第 i 張天氣圖，第 j 個網格點，其對應波能之傳遞距離下限。 (km)

LU_{ij} : 第 i 張天氣圖，第 j 個網格點，其對應波能之傳遞距離上限。 (km)

$$LD_{ij} \leq r_j \leq LU_{ij} \quad \dots\dots\dots (3-5)$$

若 r_j 適合 (3-5) 式，則表第 i 張天氣圖，第 j 個網格點上的對應波能在適當時刻可到達預定地點，即表示此波能為有效。是否為有效波能則由傳遞常數 α 作控制調整。

在 (3-2) 式中的衰減常數 β 及 (3-3)，(3-4) 式中的傳遞常數 α 在以往的報告裡是固定為 $\beta = 0.08$ ，

$\alpha = 0.5$ ，因為 α 與 β 皆與風速有關，例如 αU_{ij} 即代表該元素波傳遞的速度，因此如果 U_{ij} 估高，則 α 應變小；反之， α 應變大，所以 α 與 β 值須跟著風的推算模式而變。因此本次研究即由中央氣象局所提供的風與浪資料冀圖求得較佳的 α 與 β 值。而其決定的方法為由不同 α 及 β 值而得 $(SUUBB)_K$ 與 ξ_K 的資料，作其相關性分析。相關性最大（相關係數值最大）的就是最合適的 α 及 β 值。

3 - 2 常 數 值 之 求 取

用新竹外海及新港實測波浪資料及氣象局提供之相對應風場資料進行測試以求最佳之 α 及 β 值。其結果見表 3-1 ~ 3-4，由表中可發現 α 及 β 值並非如以往設定 $\alpha = 0.5$ ， $\beta = 0.08$ ，而有相當的差異（可能推算風速偏小），在新竹外海 α 值約為 1.00 ~ 1.20 間， β 值約 0.4 ~ 0.6 之間，而新港 α 值約 1.20 ~ 1.35， β 值約 0.3 ~ 0.6 之間。 α 值愈大表示波能在空間座標上範圍較大，或在時間座標上較快到達預定位置。 β 值愈大表示隨傳遞距離之增加，衰減程度愈大，即表推算點附近的風場其權重較大，也就是說有較大的影響性，從另一觀點來看，這表示台灣附近推算的風比遠處的風較為正確。然而，由面積風域法的觀點本來測站附近的風影響最大， β 值大則更加強這效果。此關係可由東吉島、新竹外海、鼻頭角、小琉球、新港的風速與波高歷時變

化圖（圖 3-1 ～ 圖 3-5）可知，風速的變化與波高變化趨勢相當一致。因此推算點附近局部的風場對推算點波高有相當大的影響性。不過小琉球因冬季季風受地形遮蔽影響，此關係較不明顯。

吾人由新竹外海及新港資料以能得到最大相關係數的 α 及 β 值代入而求得 $(SUUBB)_K$ 及 ξ_K 的關係。發現 ξ_K 隨 $(SUUBB)_K$ 的增大而有減小的趨勢，以二次迴歸求得其相關式如圖 3-86 ～ 圖 3-89。

3 - 3 模擬颱風之對應浪場分佈

以五個假設之模擬颱風來測試隨時間變化的浪場分佈是否合理。模擬之颱風資料如表 3-5 ～ 表 3-9。浪場分佈結果見圖 3-6 ～ 圖 3-85。由測試結果發現遮蔽效應符合吾人所冀求。且浪場的分佈由空間或時間觀點而言皆屬合理。測試時季風的風場暫假設不存在，而單純的只考慮颱風的效果。

表 3-1 (SUUBB) κ 與 $\xi \kappa$ 之相關係數值

$\beta \backslash \alpha$	1.00	1.20	1.35
0.2	-----	0.56	-----
0.3	0.55	0.56*	0.56
0.4	0.53	0.52	0.53

波浪測站：新港

時間：1988/02/05 - 1988/02/19:23

表 3-2 (SUUBB) κ 與 $\xi \kappa$ 之相關係數值

$\beta \backslash \alpha$	1.00	1.20	1.35
0.5	-----	0.40	-----
0.6	0.40	0.42*	0.41
0.7	-----	0.38	-----

波浪測站：新港

時間：1987/01/23:08 - 1987/02/02:05

表 3-3 (SUUBB) κ 與 $\xi \kappa$ 之相關係數值

$\beta \backslash \alpha$	1.00	1.20	1.35
0.3	0.27	0.47	0.45
0.4	0.31	0.56*	0.48
0.5	0.30	0.55	0.45

波浪測站：新竹外海

時間：1987/01/08 - 1987/02/02:05

表 3-4 (SUUBB) κ 與 $\xi \kappa$ 之相關係數值

$\beta \backslash \alpha$	1.00	1.20	1.35
0.5	0.48	0.56	0.53
0.6	0.50	0.57*	0.54
0.7	0.49	0.56	0.52

波浪測站：新竹外海

時間：1987/06/18:02 - 1987/06/25:23

表 3 - 5 颶 風 資 料

颶 風 名	年	月	日	時	北 緯	東 經	中心氣壓 (mb)
A	1987	10	22	06	18.0	128.0	960.0
				09	18.0	128.0	960.0
				12	18.0	128.0	960.0
				15	18.0	128.0	960.0
				18	18.0	128.0	960.0
				21	18.0	128.0	960.0
			23	00	18.0	128.0	960.0
				03	18.0	128.0	960.0
				06	18.0	128.0	960.0

表 3 - 6 颶 風 資 料

颶 風 名	年	月	日	時	北 緯	東 經	中心氣壓 (mb)
B	1987	10	22	06	18.0	125.0	960.0
				09	18.0	124.0	960.0
				12	18.0	123.0	960.0
				15	18.0	122.0	960.0
				18	18.0	121.0	960.0
				21	18.0	120.0	960.0
			23	00	18.0	119.0	960.0
				03	18.0	118.0	960.0
				06	18.0	117.0	960.0

表 3 - 7 颱 風 資 料

颱 風 名	年	月	日	時	北 緯	東 經	中心氣壓 (mb)
C	1987	10	22	06	20.0	128.0	980.0
				09	20.5	127.0	970.0
				12	21.0	126.0	960.0
				15	21.5	125.0	960.0
				18	22.0	124.0	970.0
				21	22.5	123.0	970.0
			23	00	23.0	122.0	980.0
				03	23.5	121.0	980.0
				06	24.0	120.0	980.0

表 3 - 8 颱 風 資 料

颱 風 名	年	月	日	時	北 緯	東 經	中心氣壓 (mb)
D	1987	10	22	06	17.0	121.0	980.0
				09	17.0	121.0	970.0
				12	17.0	121.0	960.0
				15	17.0	121.0	960.0
				18	17.0	121.0	970.0
				21	17.0	121.0	970.0
			23	00	17.0	121.0	980.0
				03	17.0	121.0	980.0
				06	17.0	121.0	980.0

表 3 - 9 颱 風 資 料

颱 風 名	年	月	日	時	北 緯	東 經	中心氣壓 (mb)
E	1987	10	22	06	21.0	116.0	960.0
				09	21.5	117.0	970.0
				12	22.0	118.0	975.0
				15	22.5	119.0	980.0
				18	23.0	120.0	985.0
				21	23.5	121.0	985.0
			23	00	24.0	122.0	990.0
				03	24.5	123.0	990.0
				06	25.0	124.0	990.0

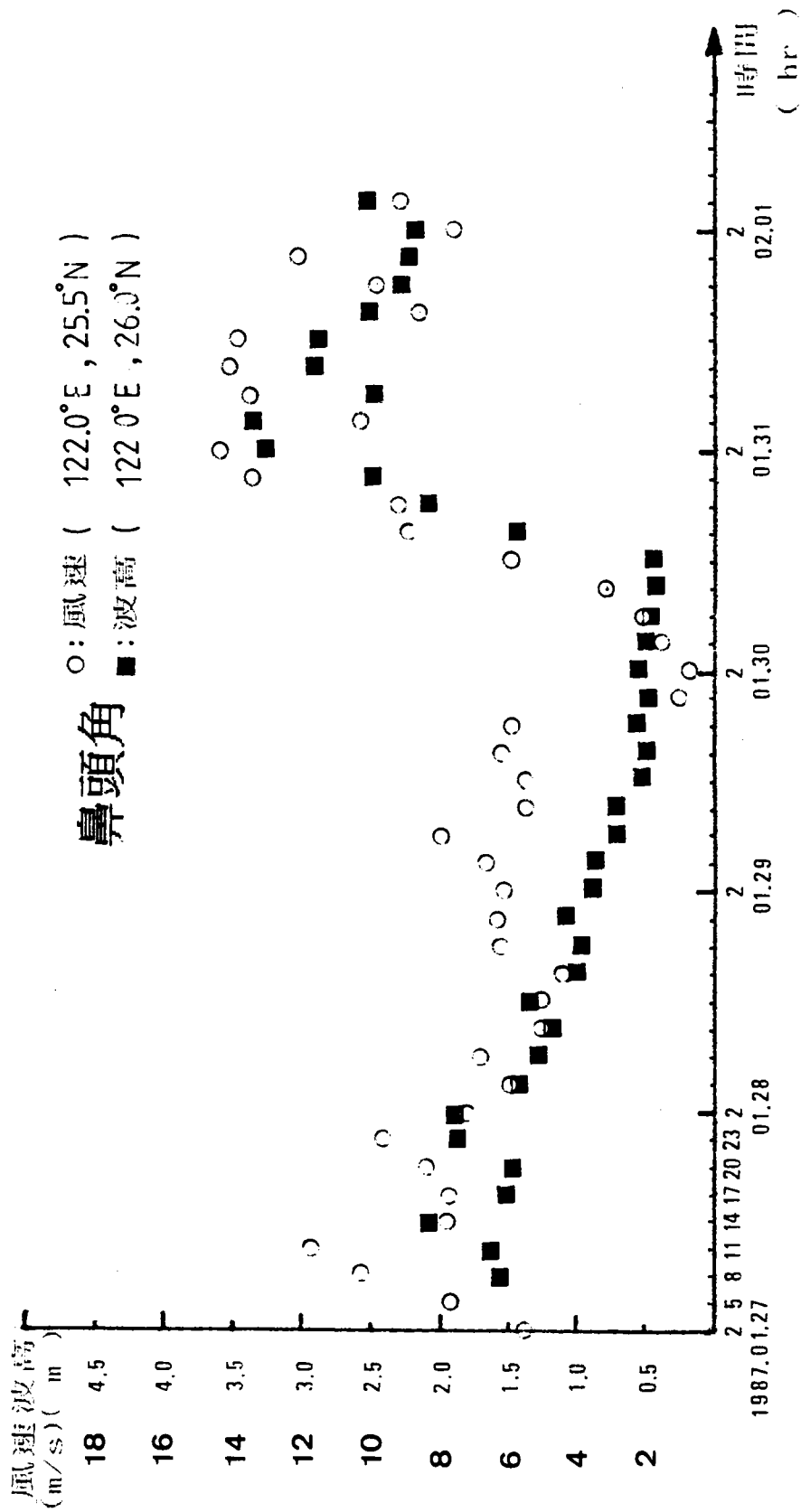


圖 3 - 1 風 速 與 波 高 歷 時 變 化 圖

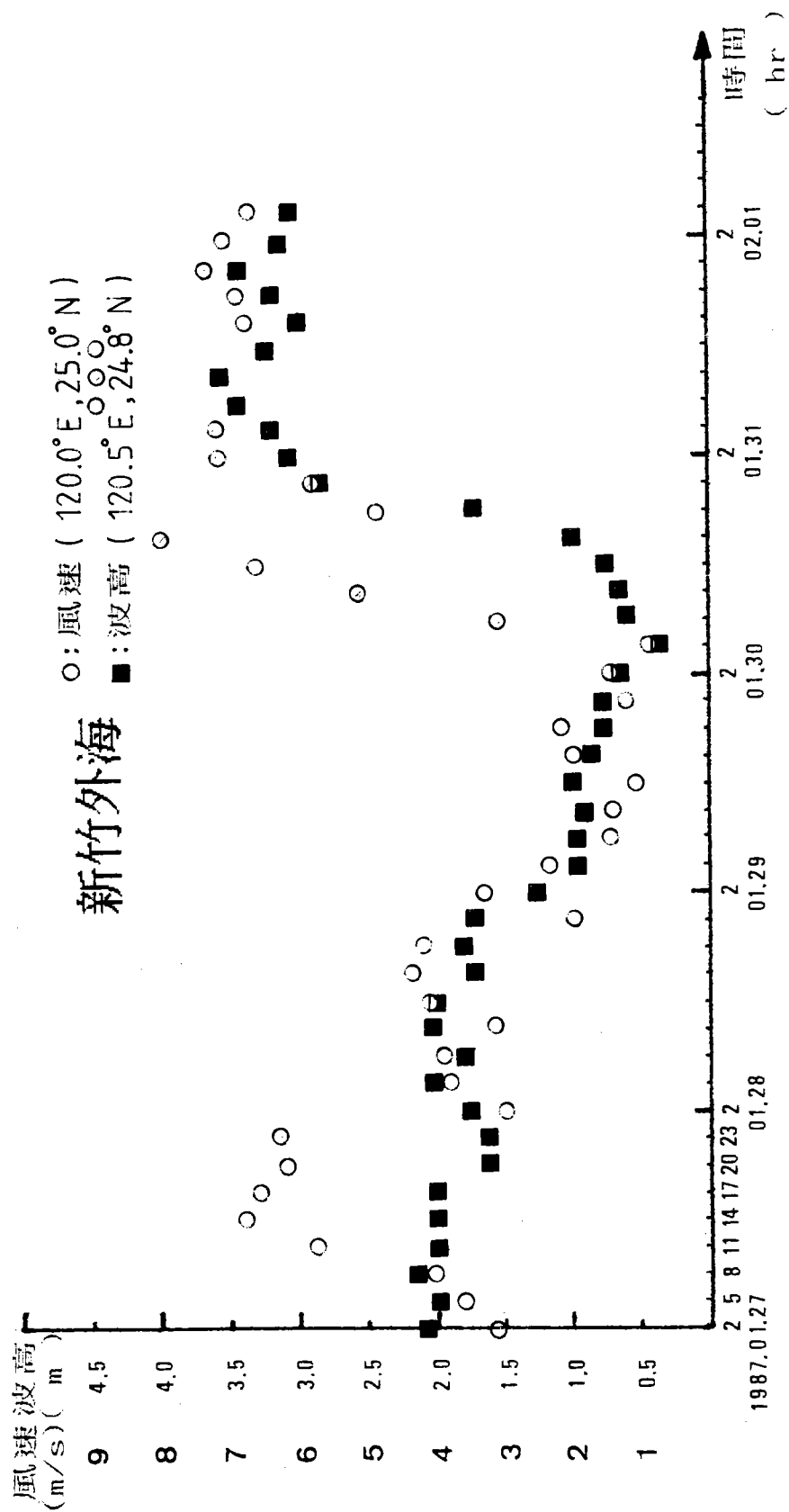


圖 3 - 2 風 速 與 波 高 歷 時 變 化 圖

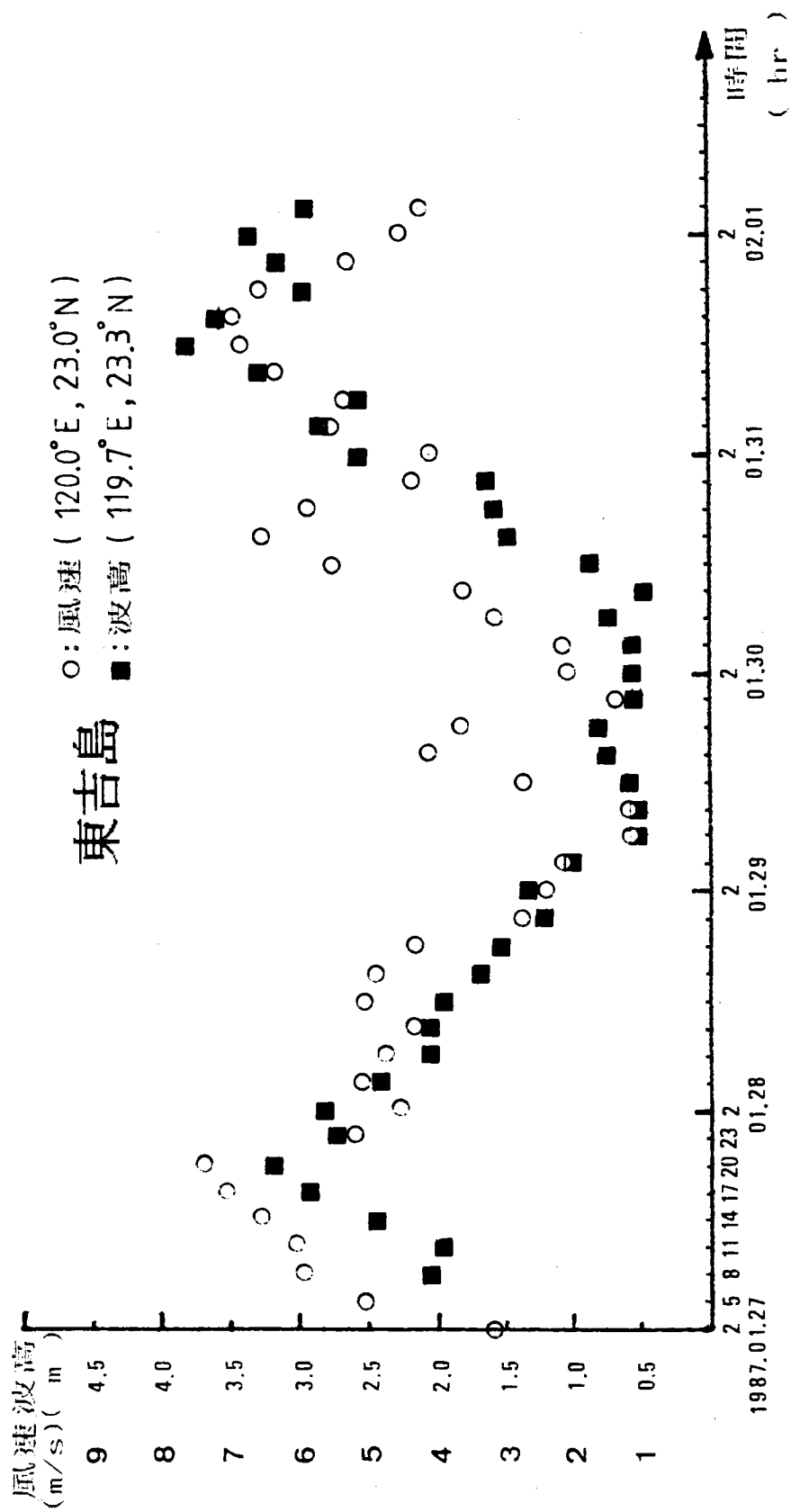


圖 3 - 3 風速與波高歷時變化圖

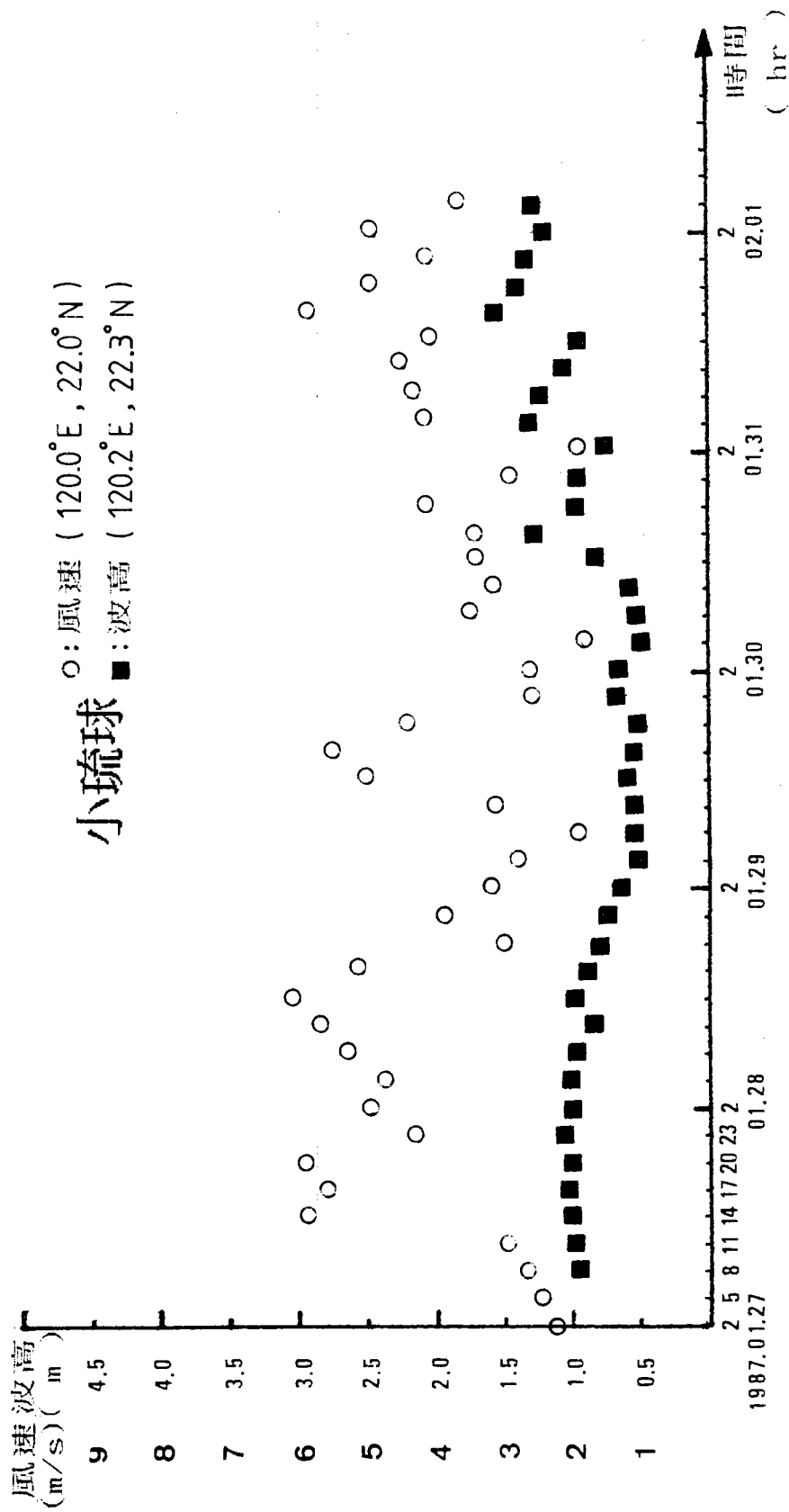
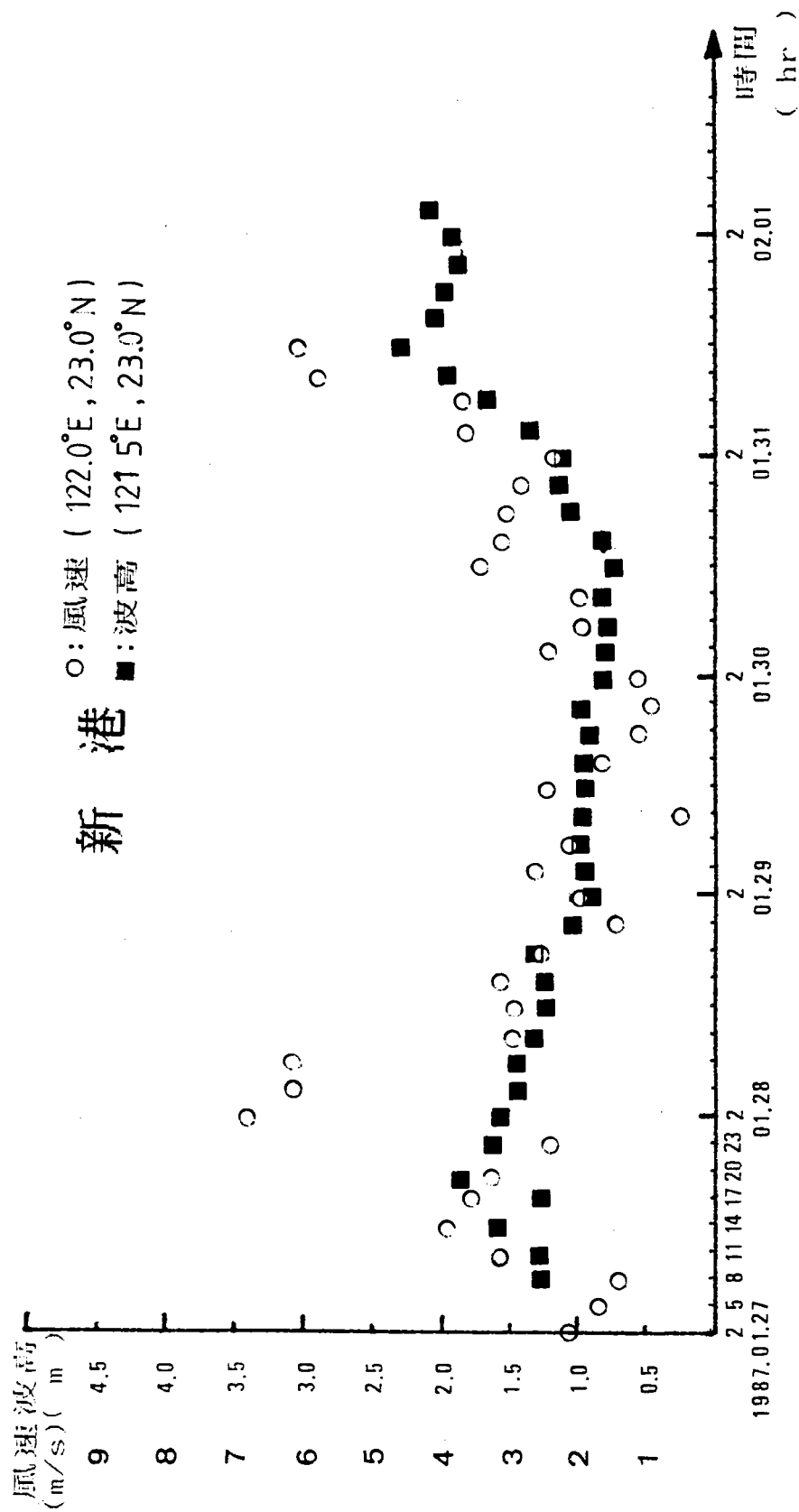
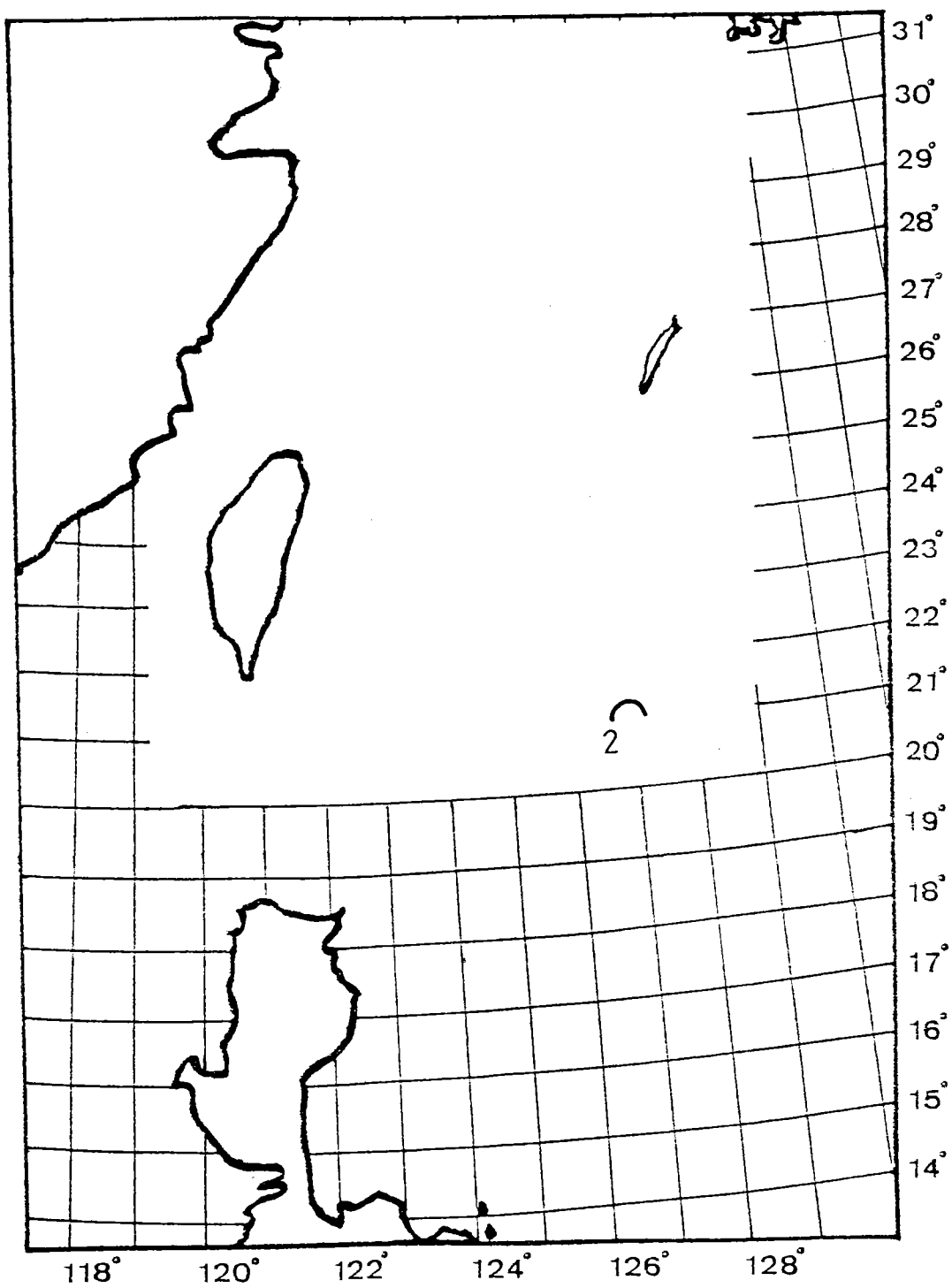


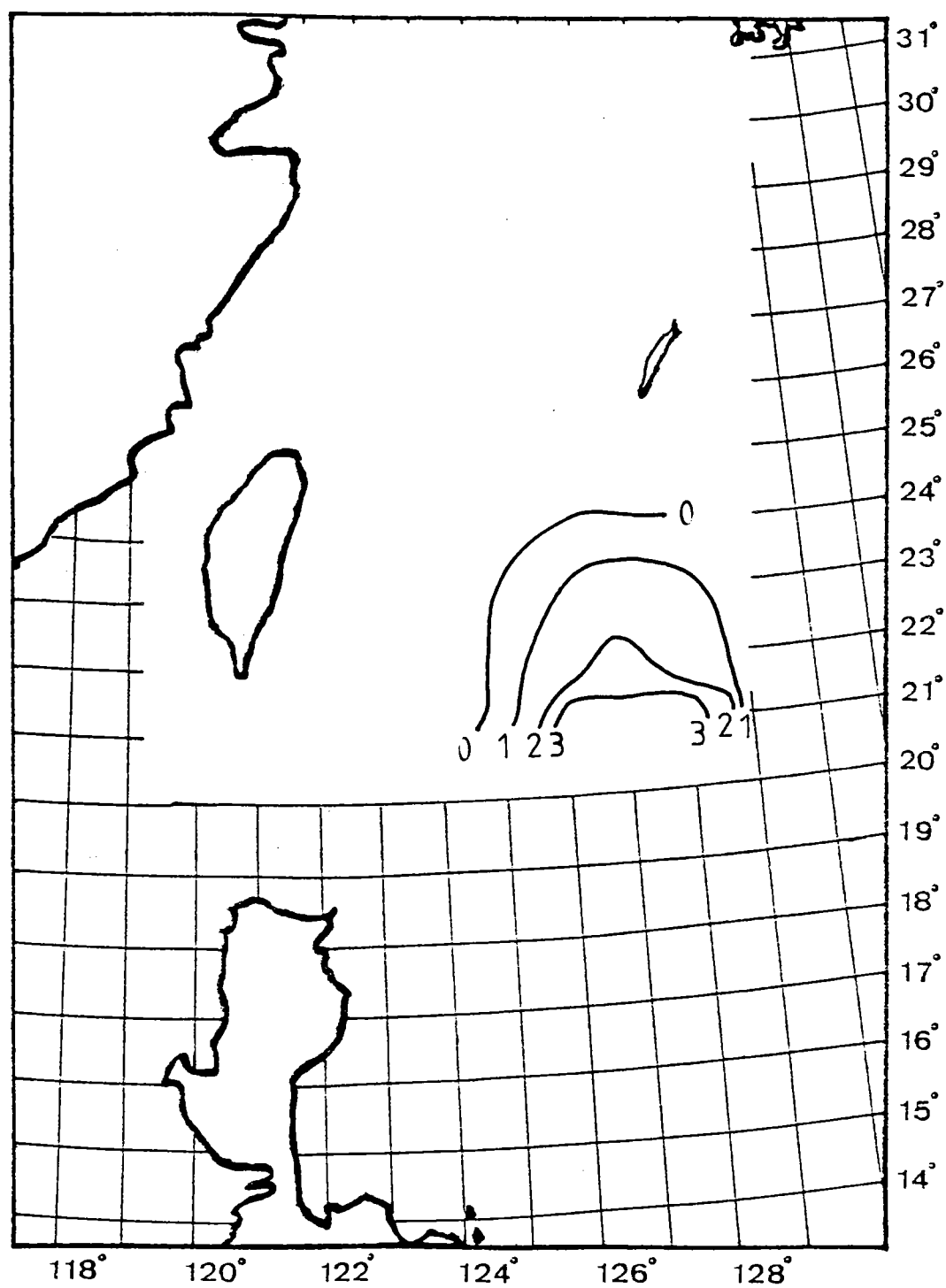
圖 3 - 4 風速與波高歷時變化圖





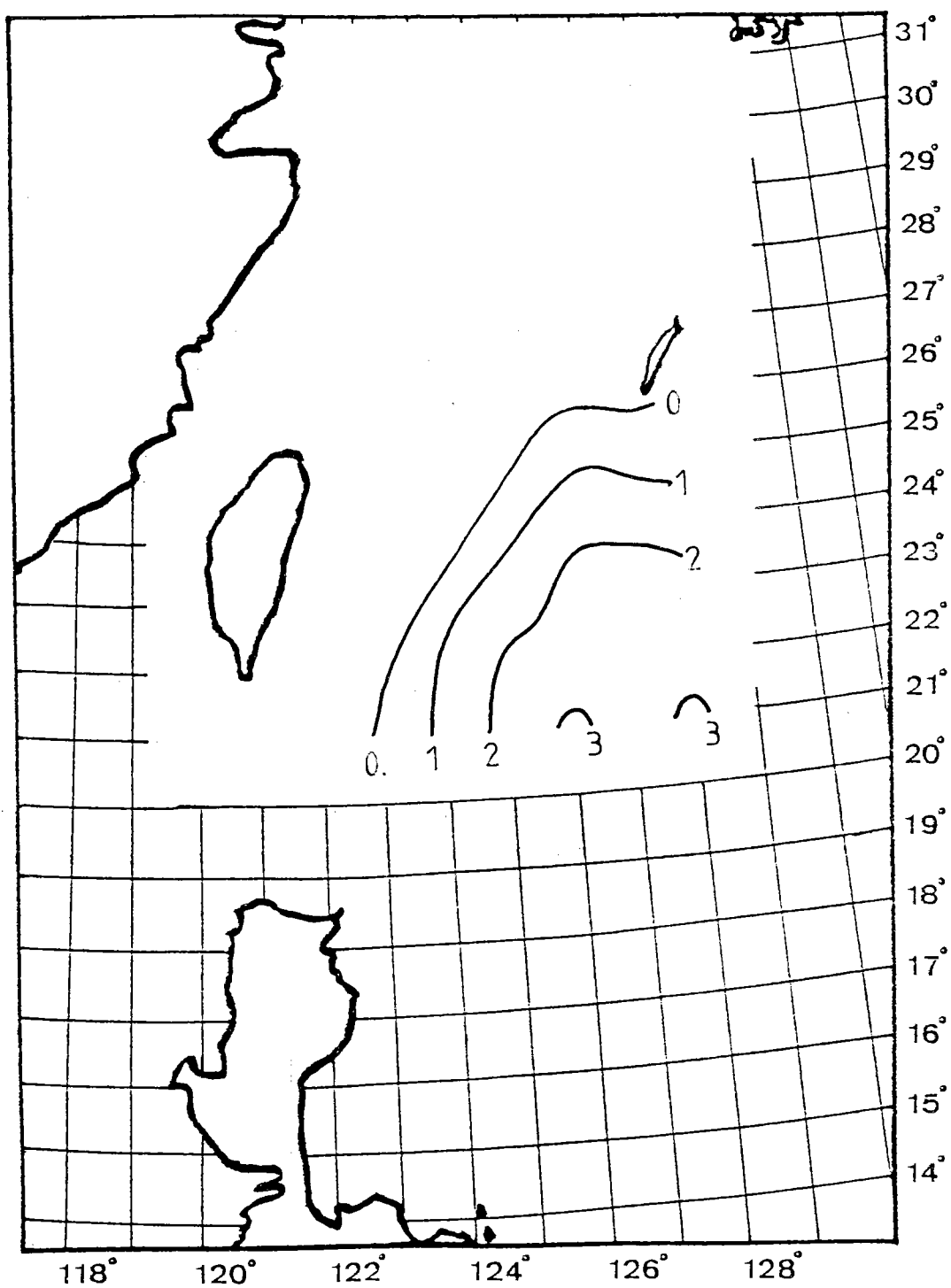
時 間 : 1987.10.22.1200

圖 3 - 6 波浪場等波高線分佈 (模擬颱風 A)



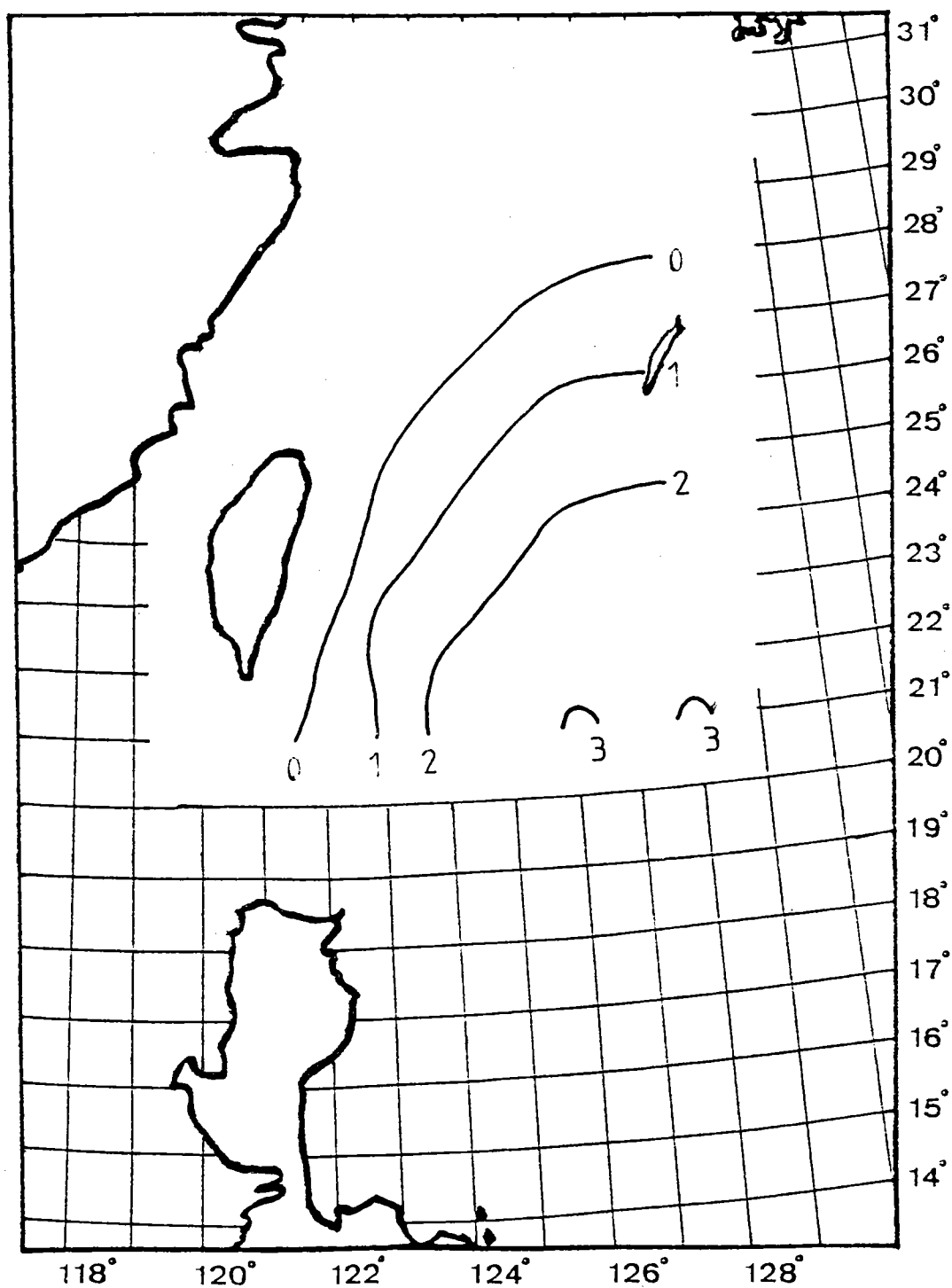
時 間 : 1987.10.22.1500

圖 3 - 7 波浪場等波高線分佈 (模擬颱風 A)



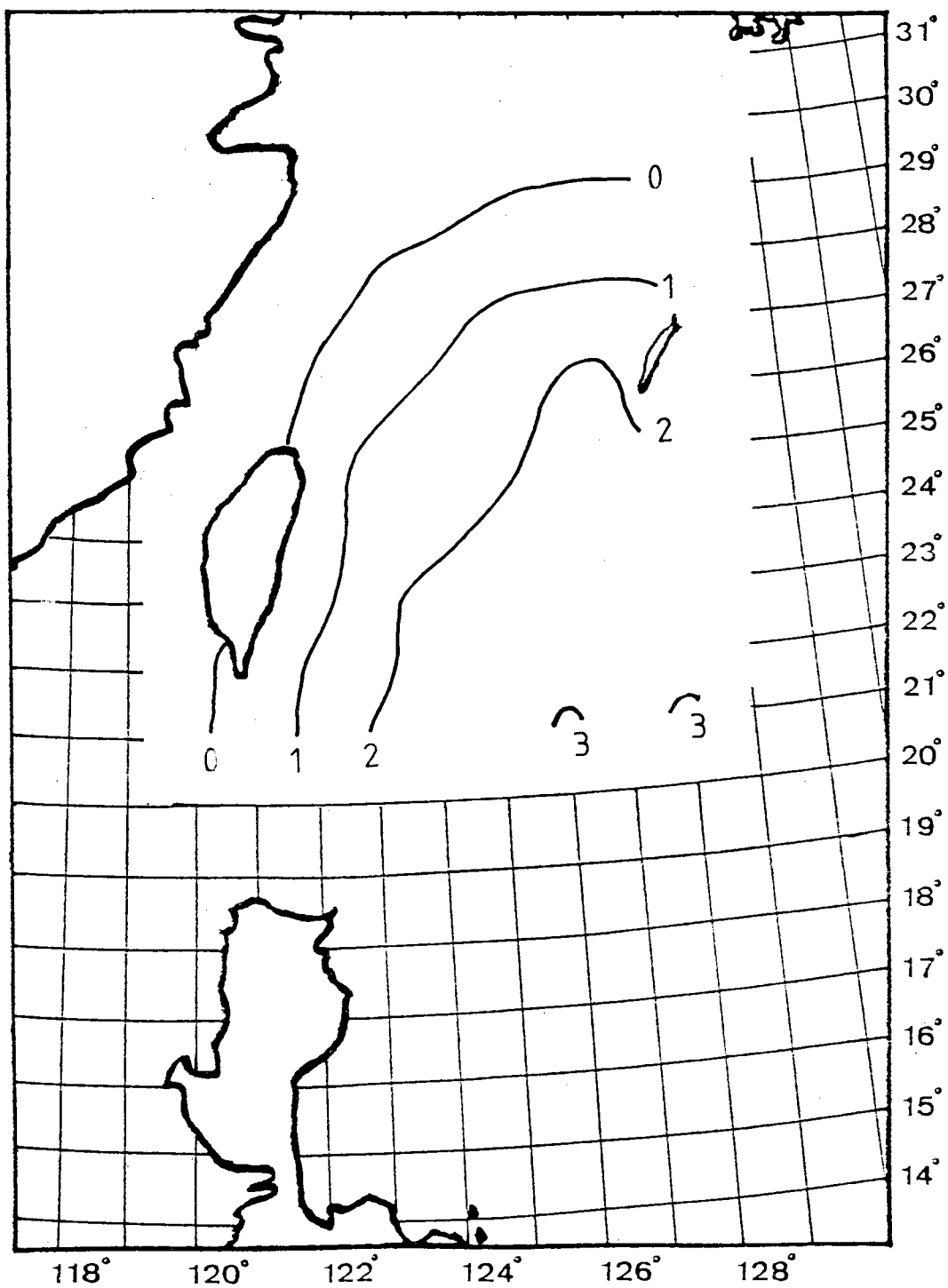
時 間：1987.10.22.1800

圖 3 - 8 波浪場等波高線分佈 (模擬颱風 A)



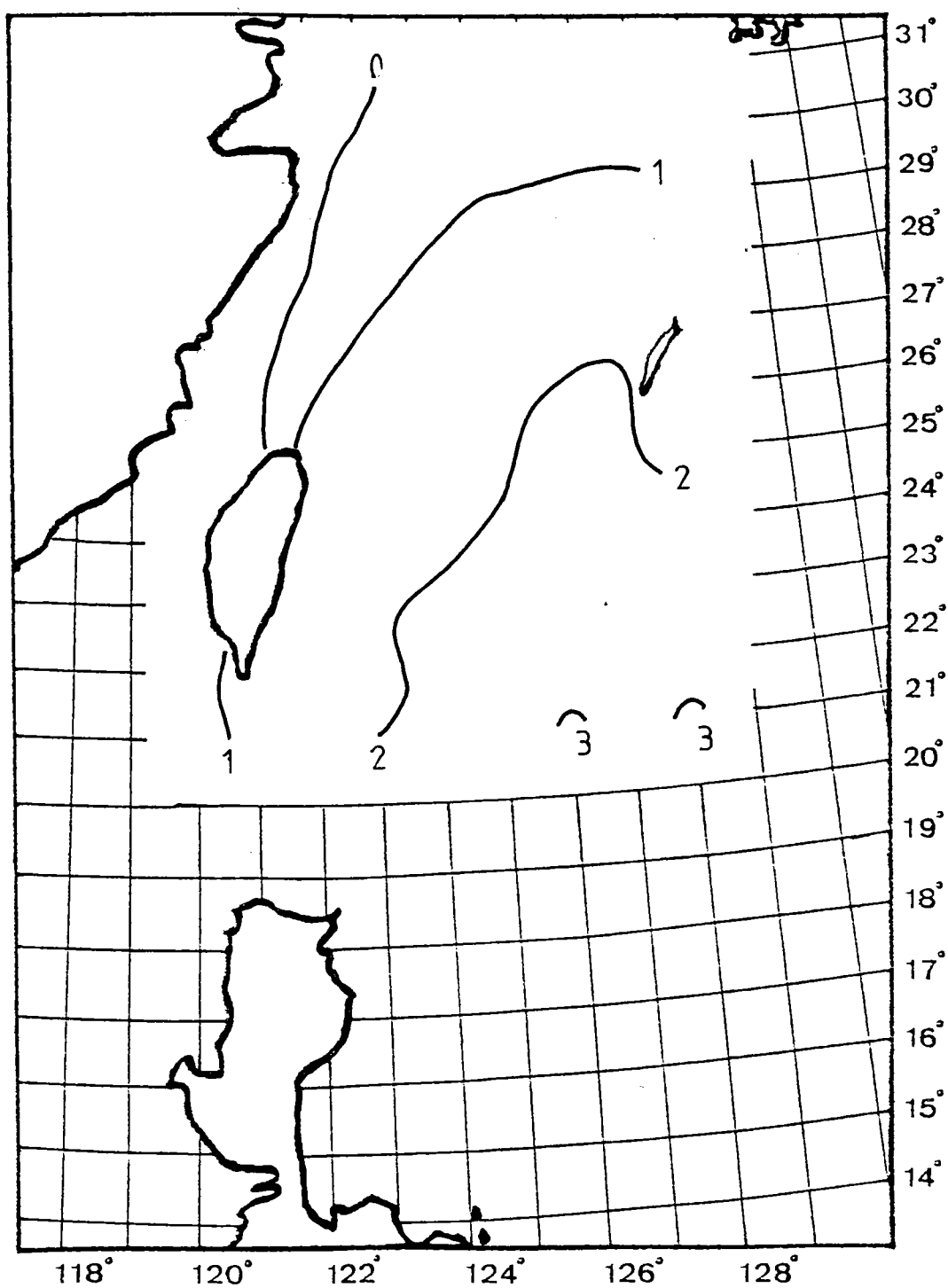
時 間 : 1987.10.22.2100

圖 3 - 9 波浪場等波高線分佈 (模擬颱風 A)



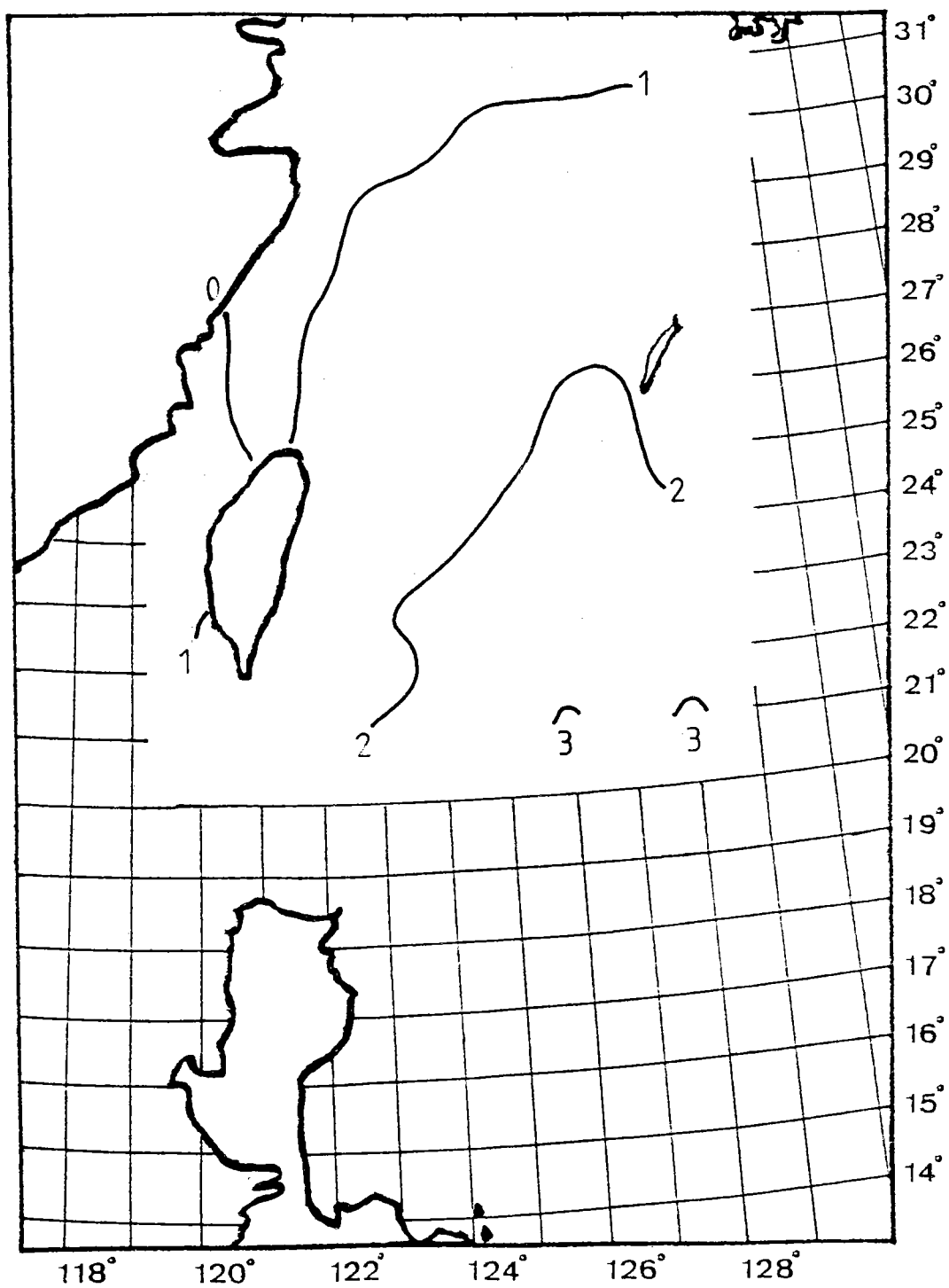
時 間 : 1987.10.23.0000

圖 3 - 10 波浪場等波高線分佈 (模擬颱風 A)



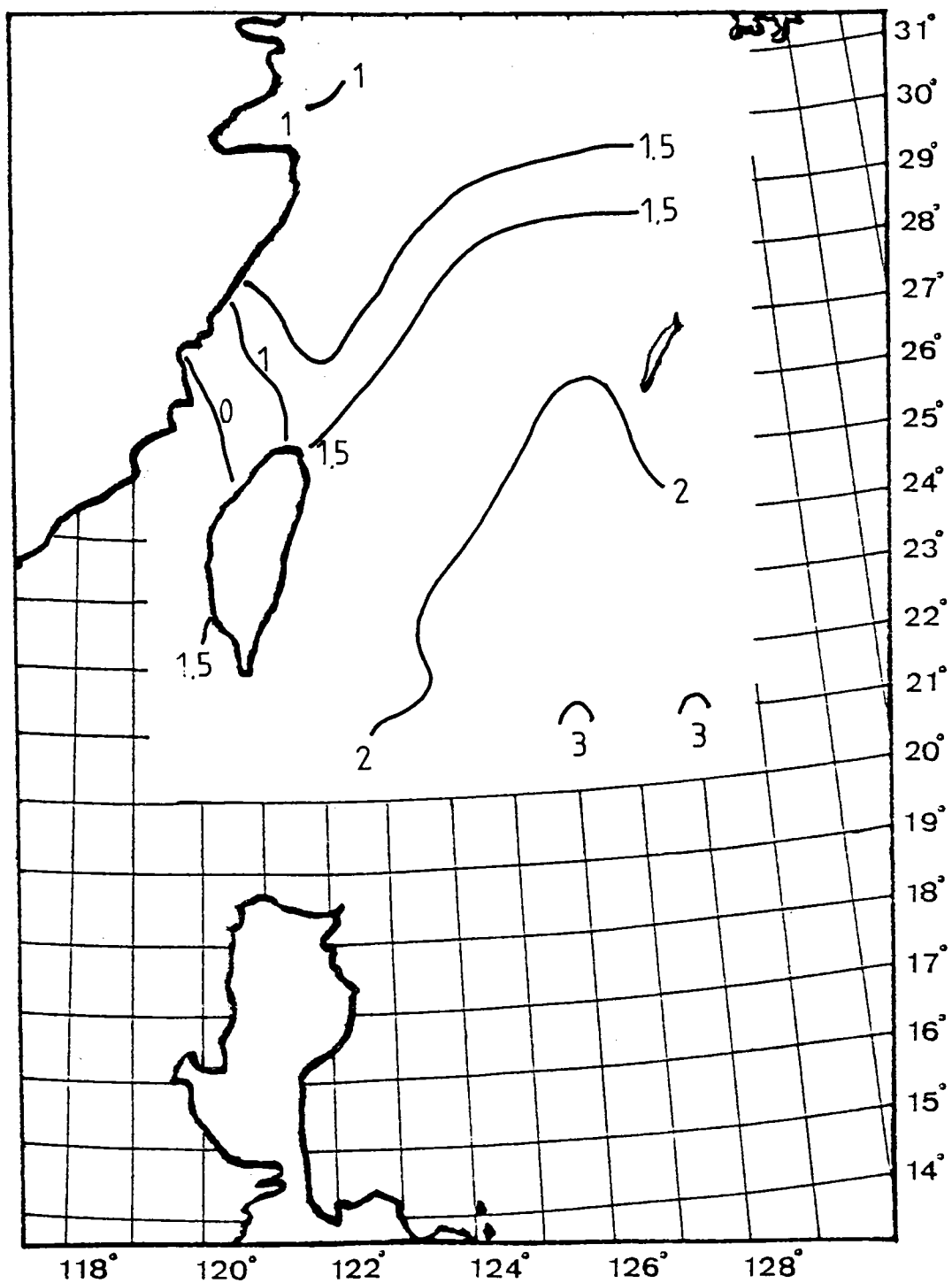
時 間 : 1987.10.23.0300

圖 3 - 11 波浪場等波高線分佈 (模擬颱風 A)



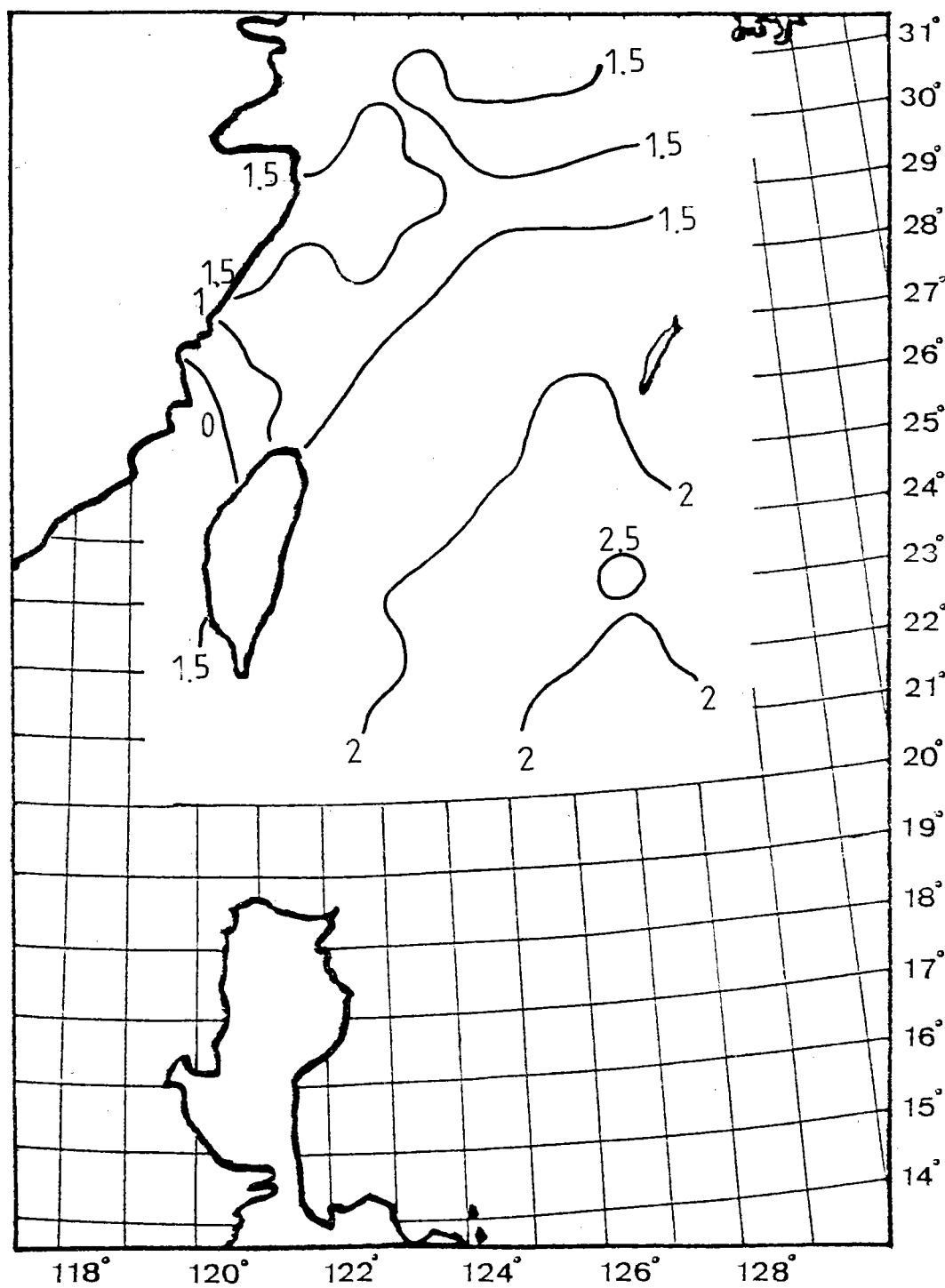
時 間： 1987.10.23.0600

圖 3 - 12 波浪場等波高線分佈 (模擬颱風 A)



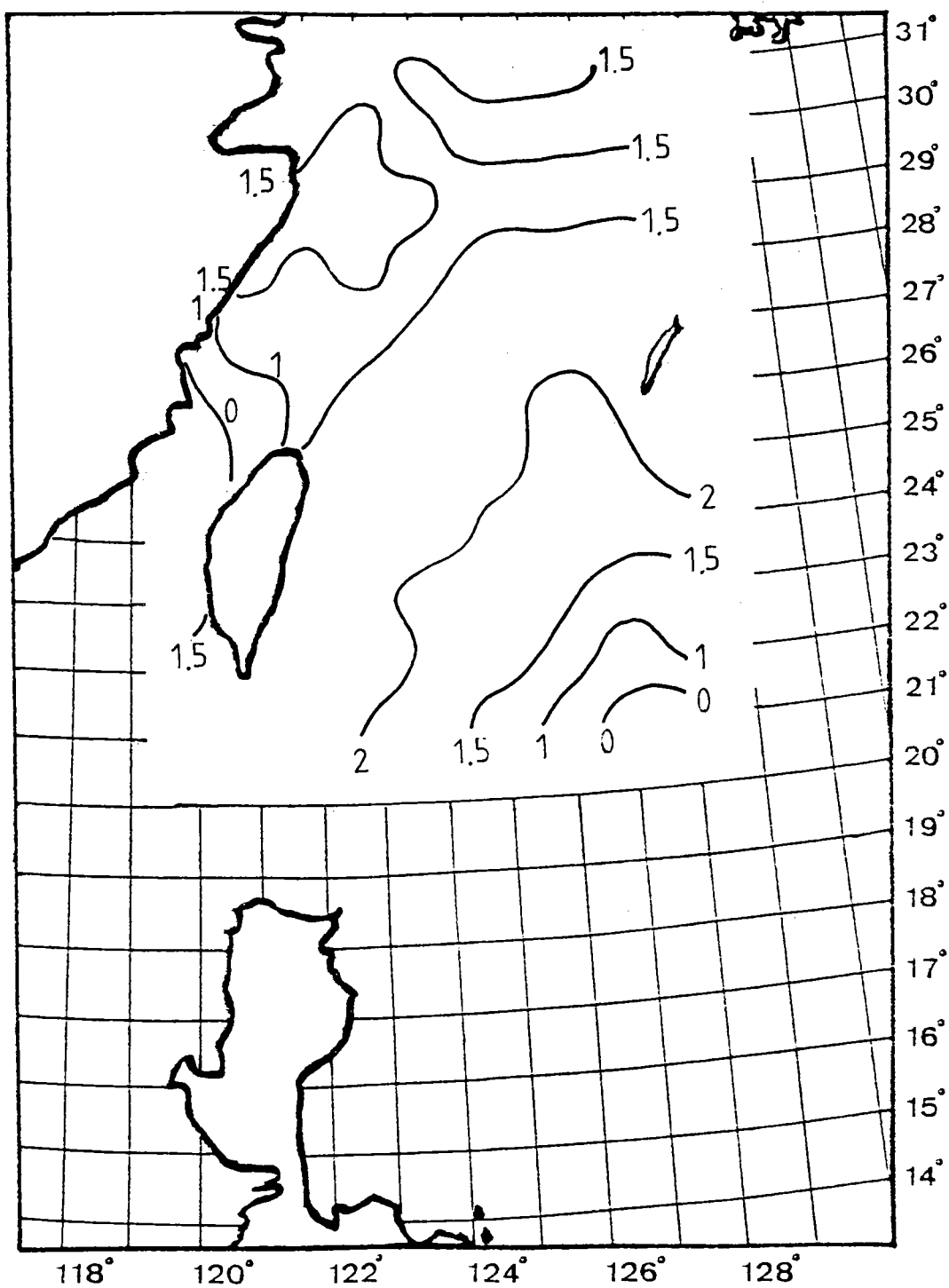
時 間 : 1987.10.23.0900

圖 3 - 13 波浪場等波高線分佈 (模擬颱風 A)



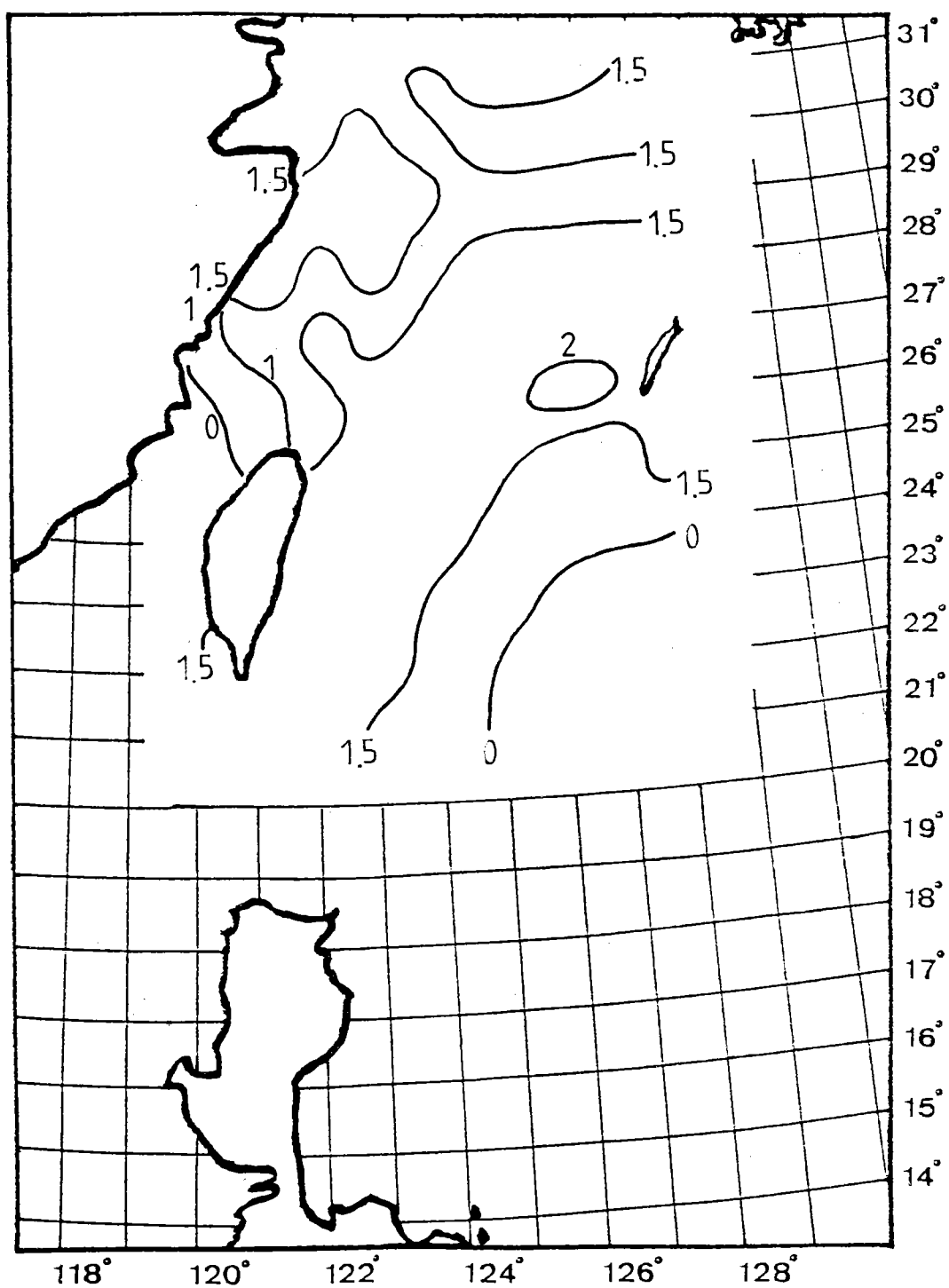
時 間 : 1987.10.23.1200

圖 3 - 14 波浪場等波高線分佈 (模擬颱風 A)



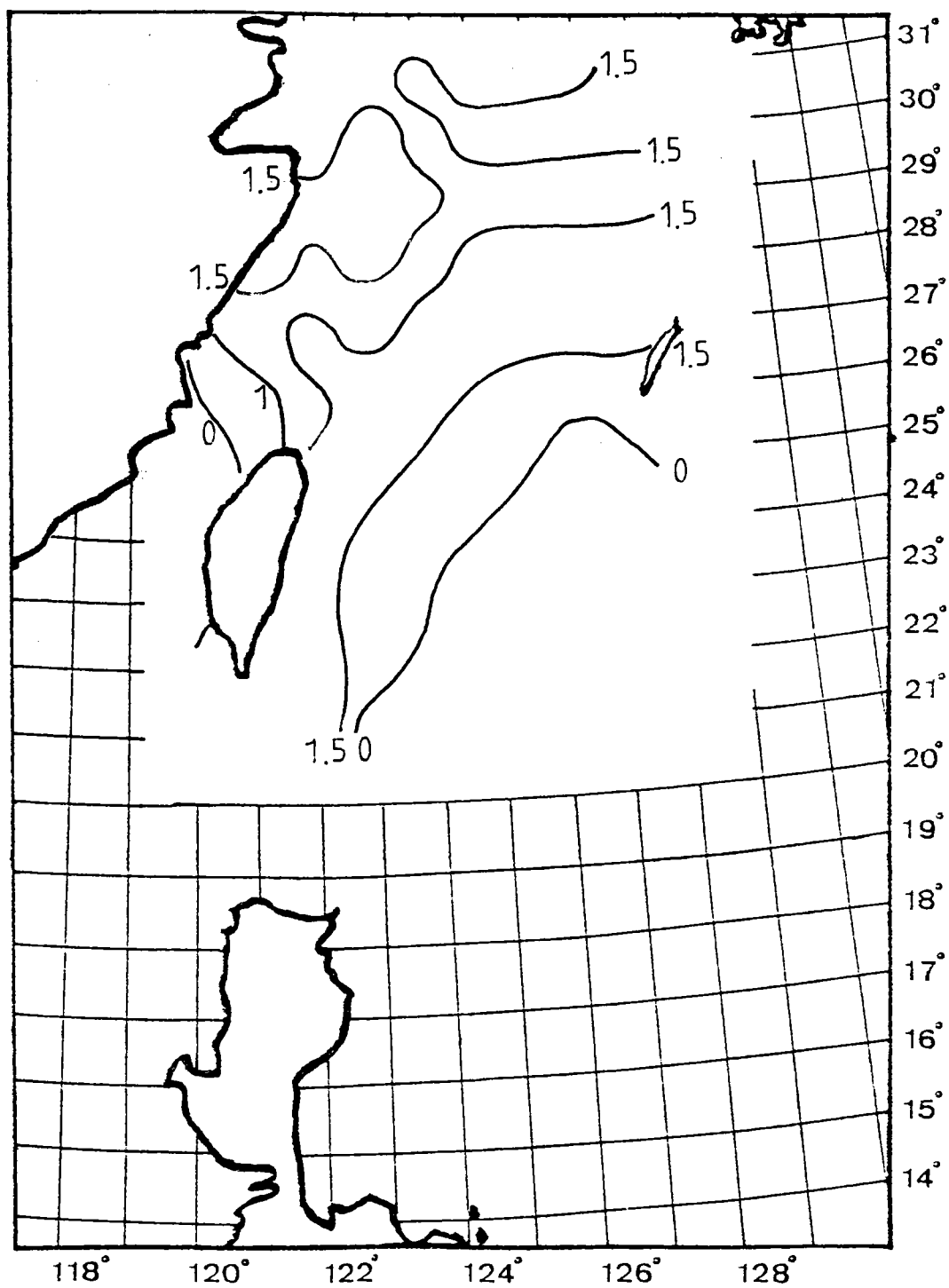
時 間 : 1987.10.23.1500

圖 3 - 15 波浪場等波高線分佈 (模擬颱風 A)



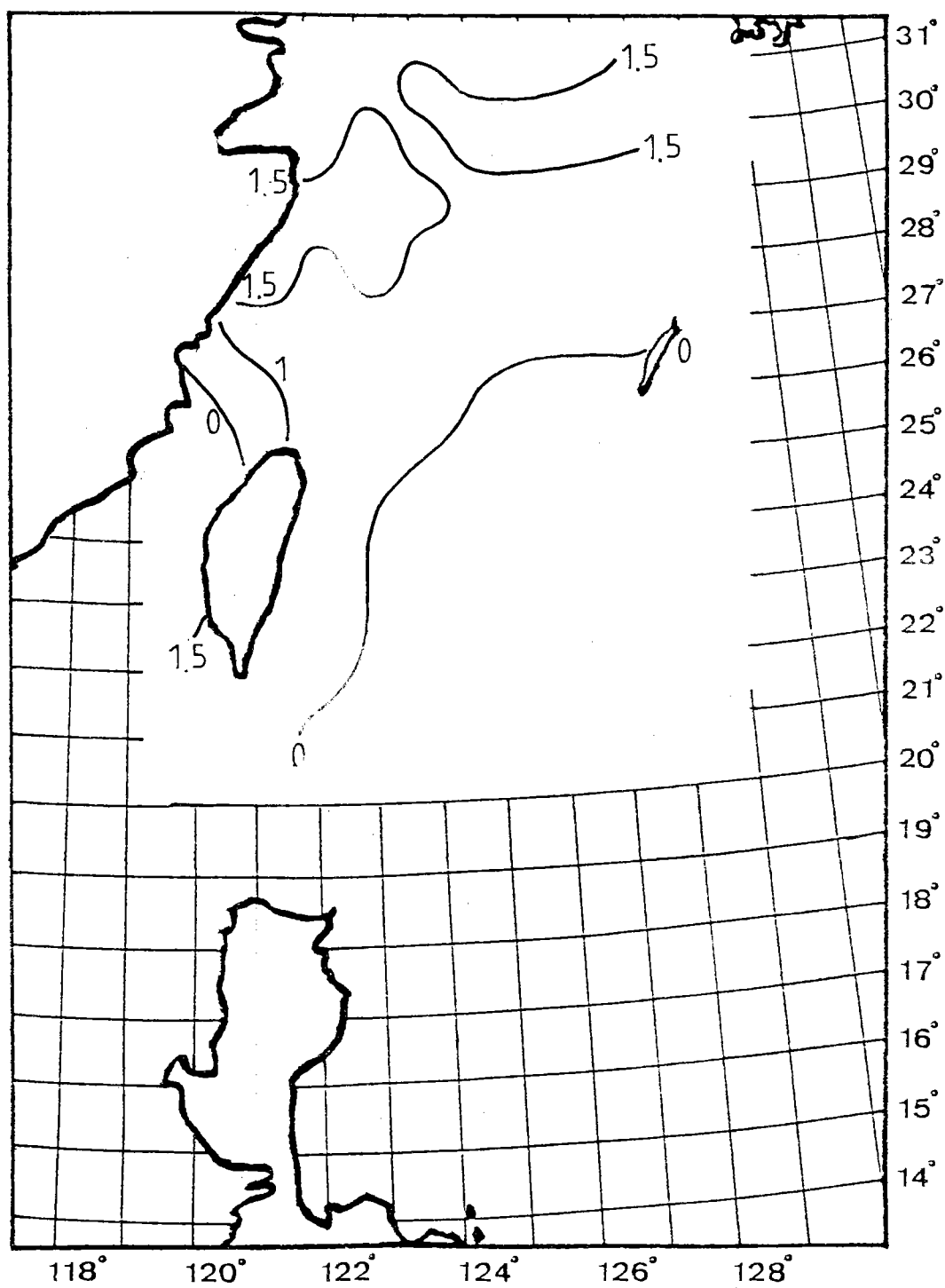
時 間 : 1987.10.23.1800

圖 3 - 16 波浪場等波高線分佈 (模擬颱風 A)



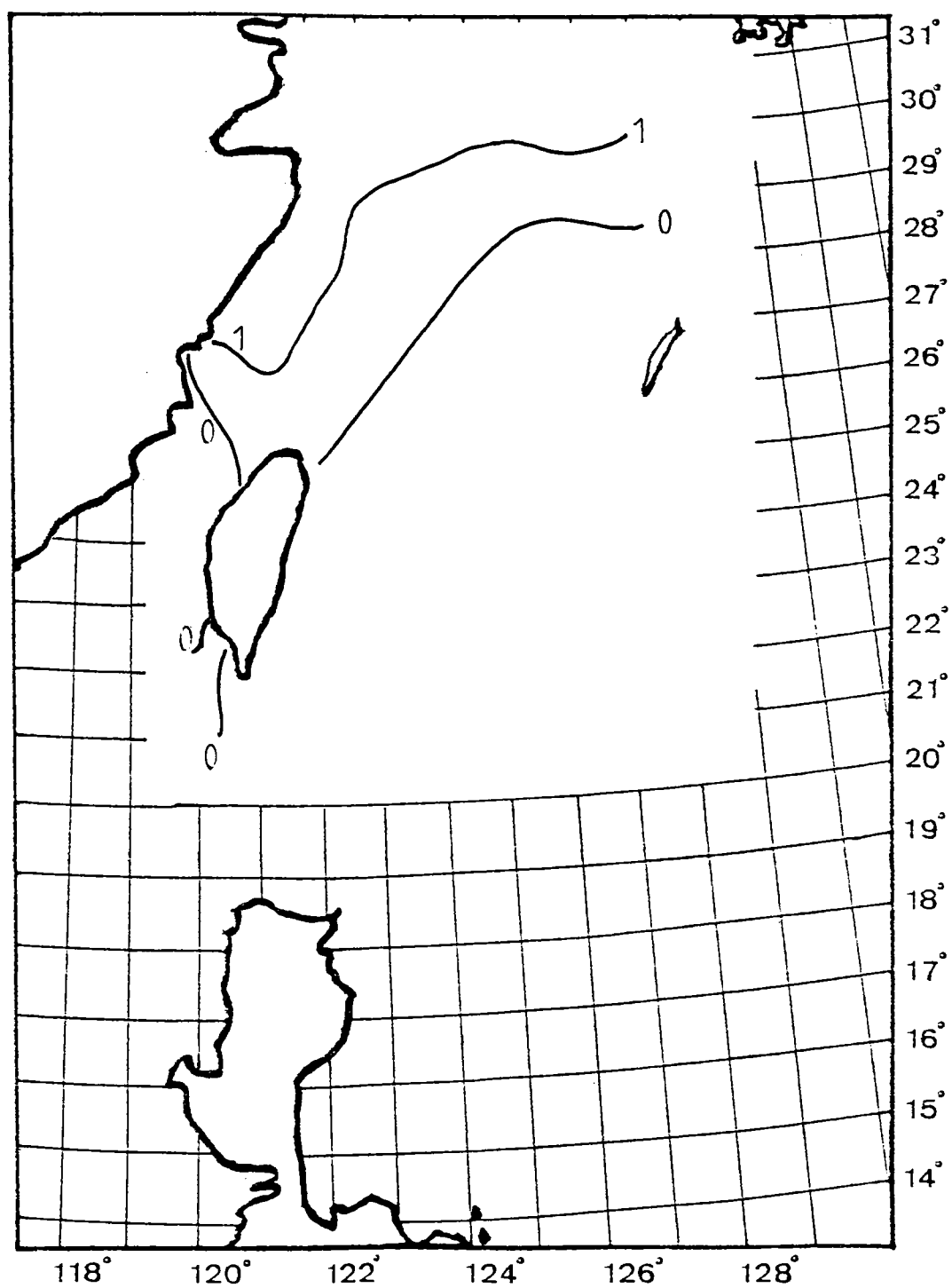
時 間 : 1987.10.23.2100

圖 3 - 17 波浪場等波高線分佈 (模擬颱風 A)



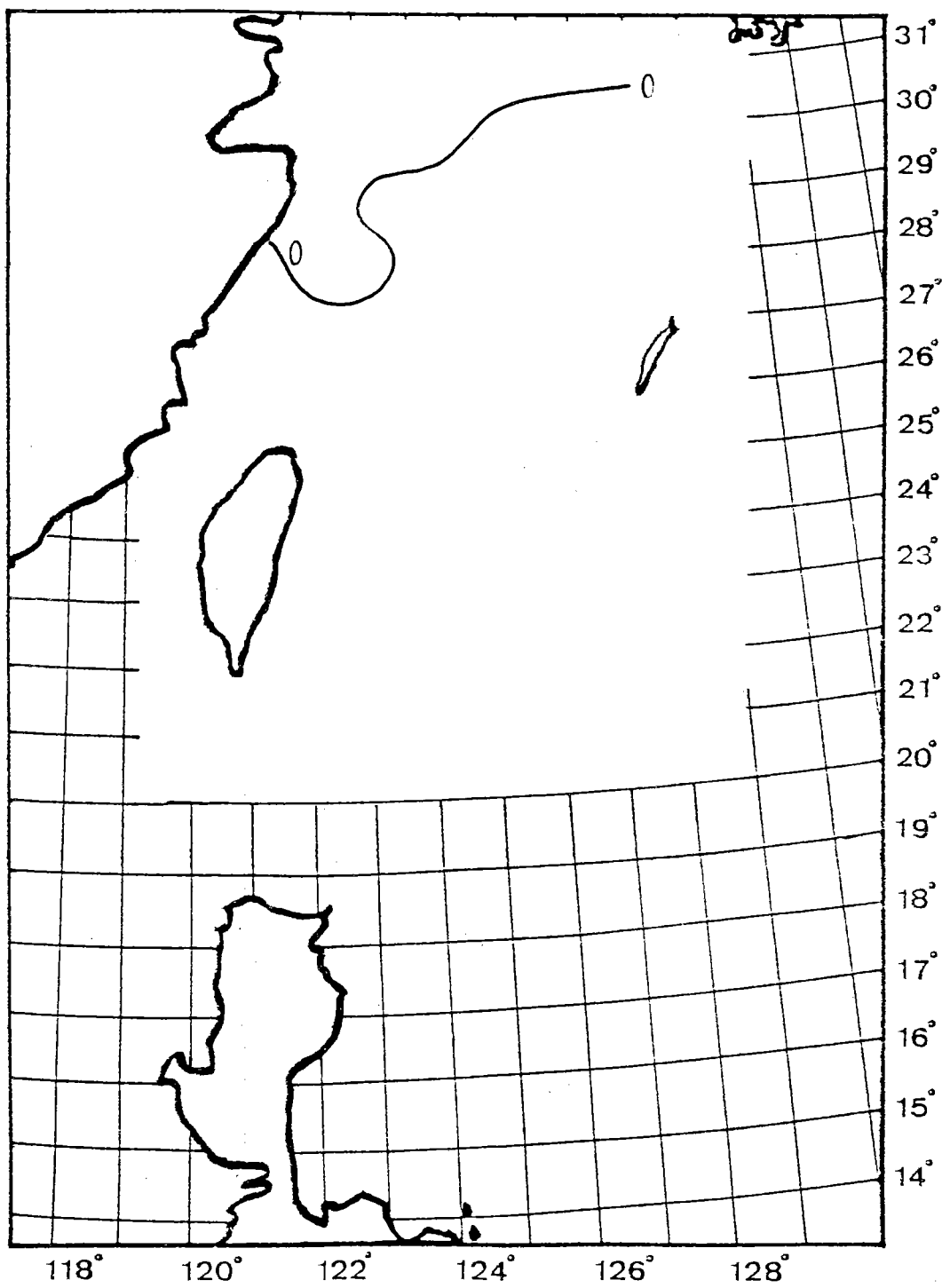
時 間 : 1987.10.24.0000

圖 3 - 18 波浪場等波高線分佈 (模擬颱風 A)



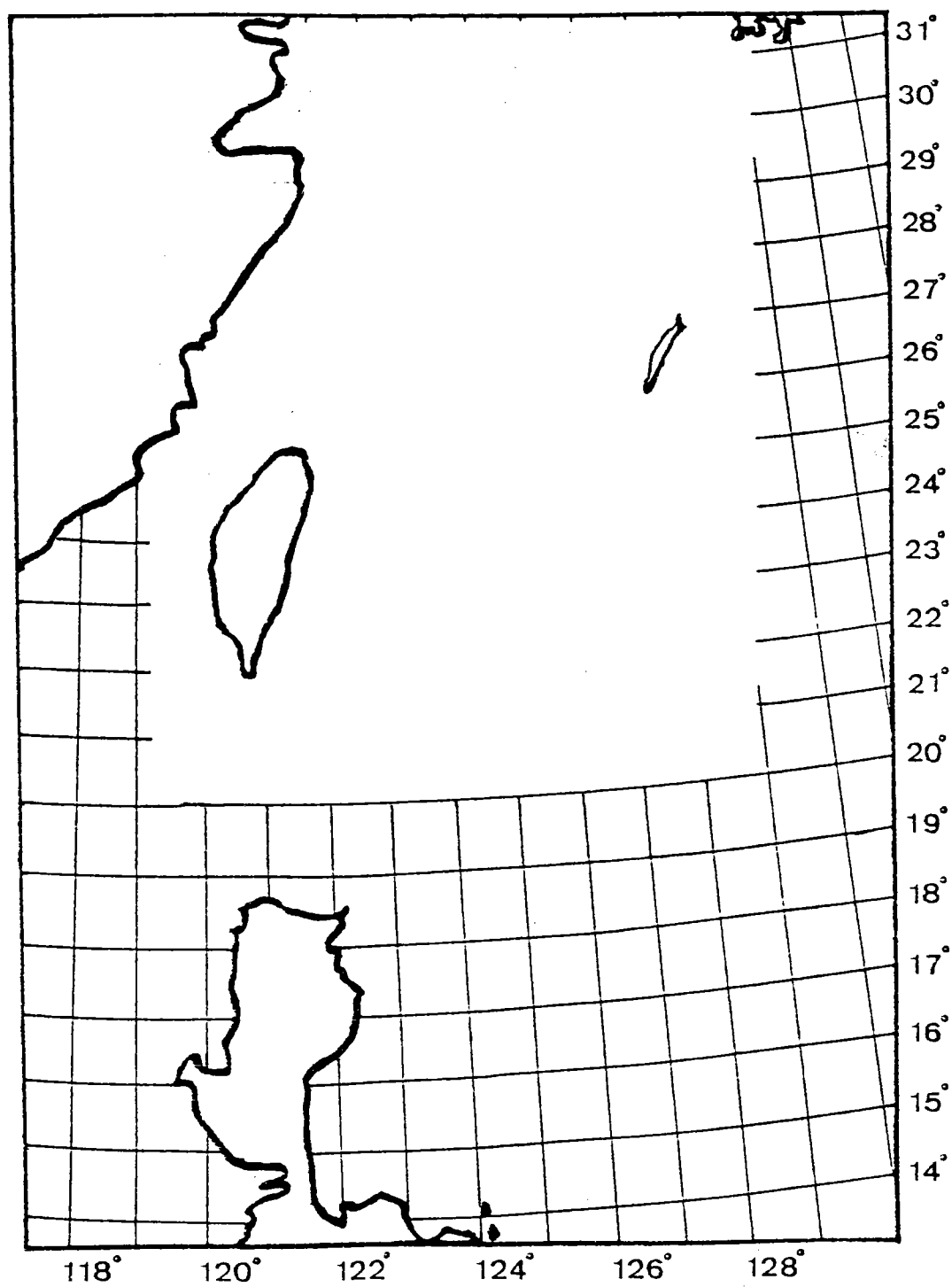
時 間： 1987.10.24.0300

圖 3 - 19 波浪場等波高線分佈 (模擬颱風 A)



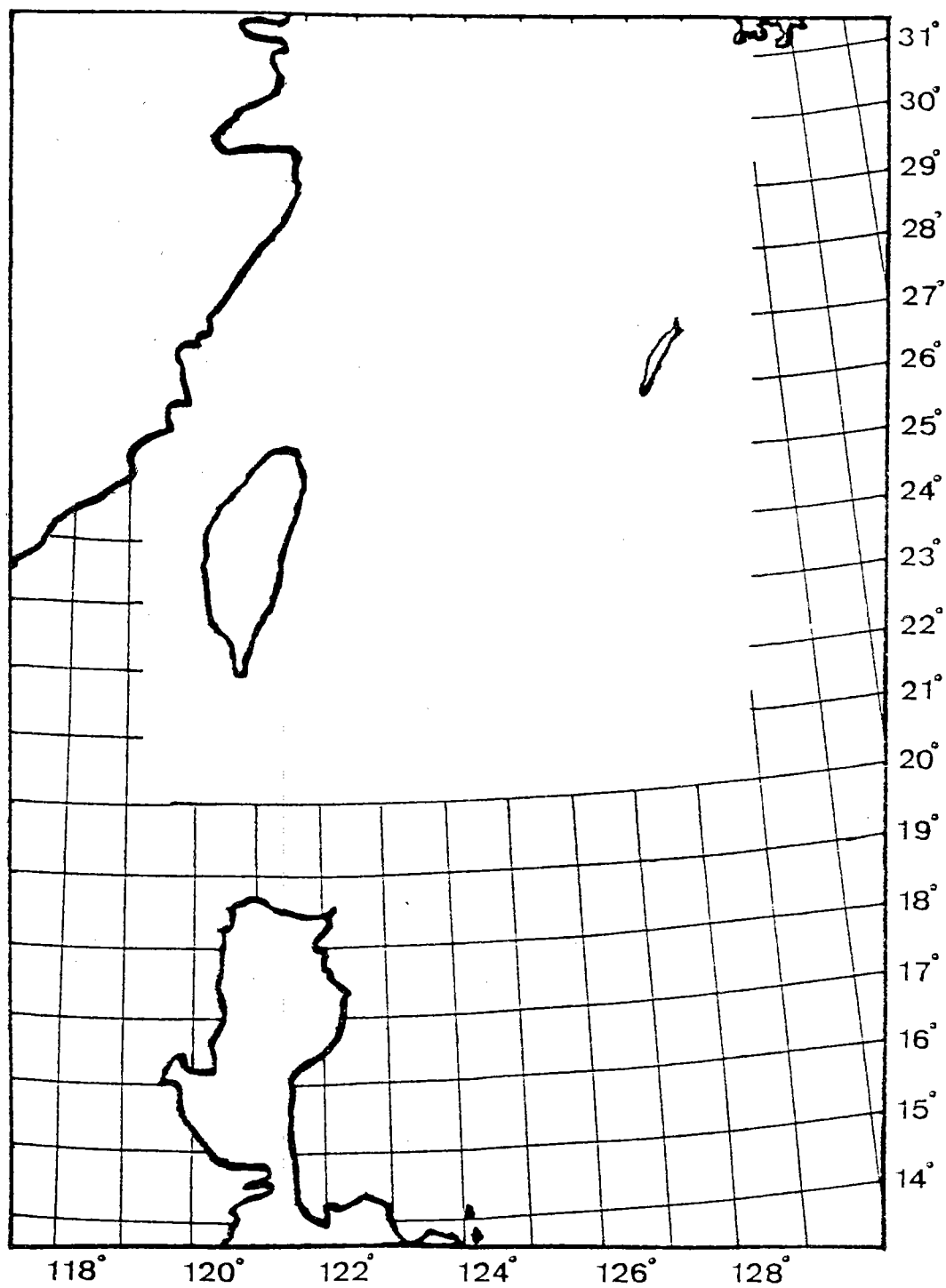
時 間 : 1987.10.24.0600

圖 3 - 20 波浪場等波高線分佈 (模擬颱風 A)



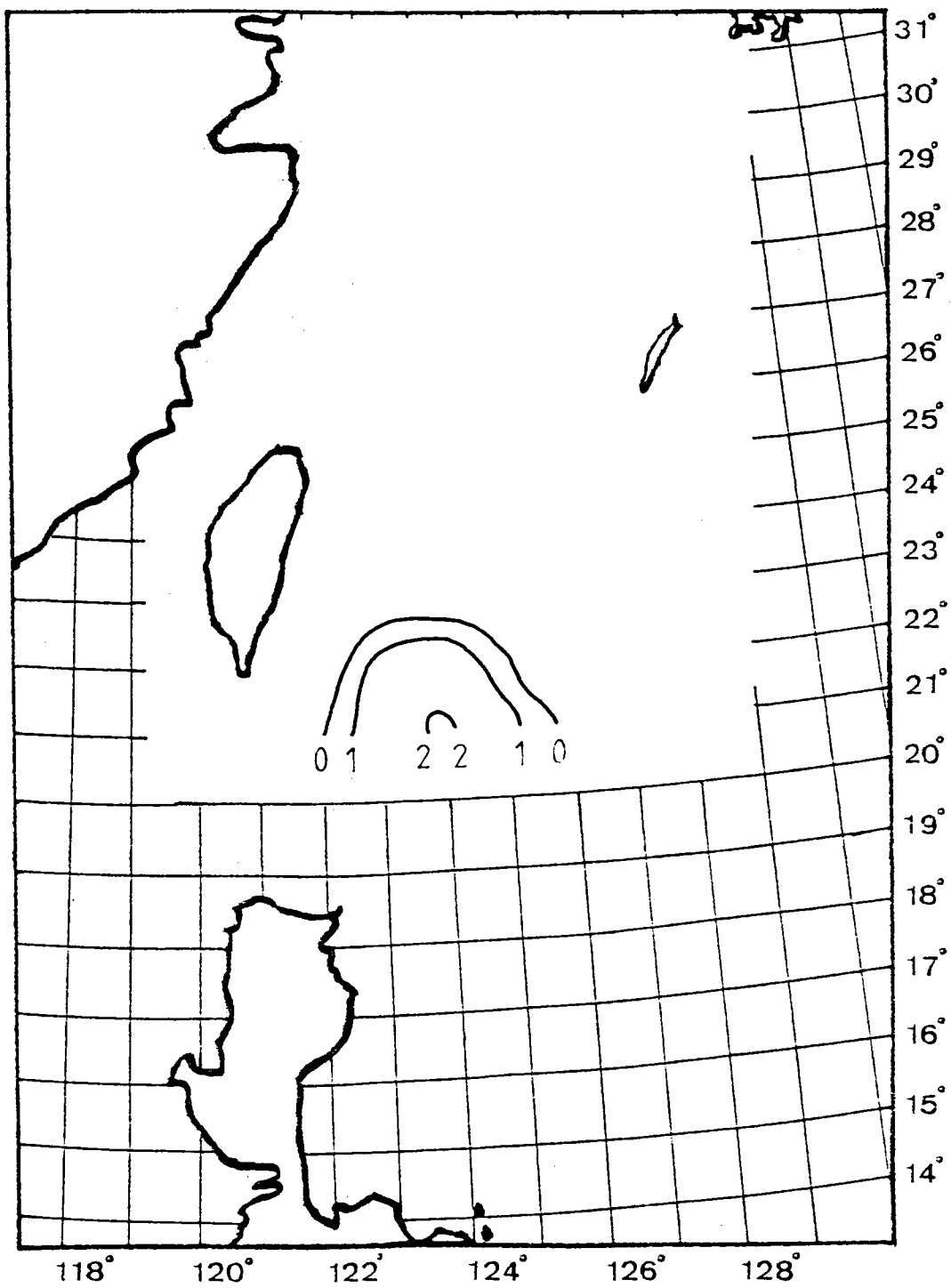
時 間 : 1987.1022.0600

圖 3 - 21 波浪場等波高線分佈 (模擬颱風 B)



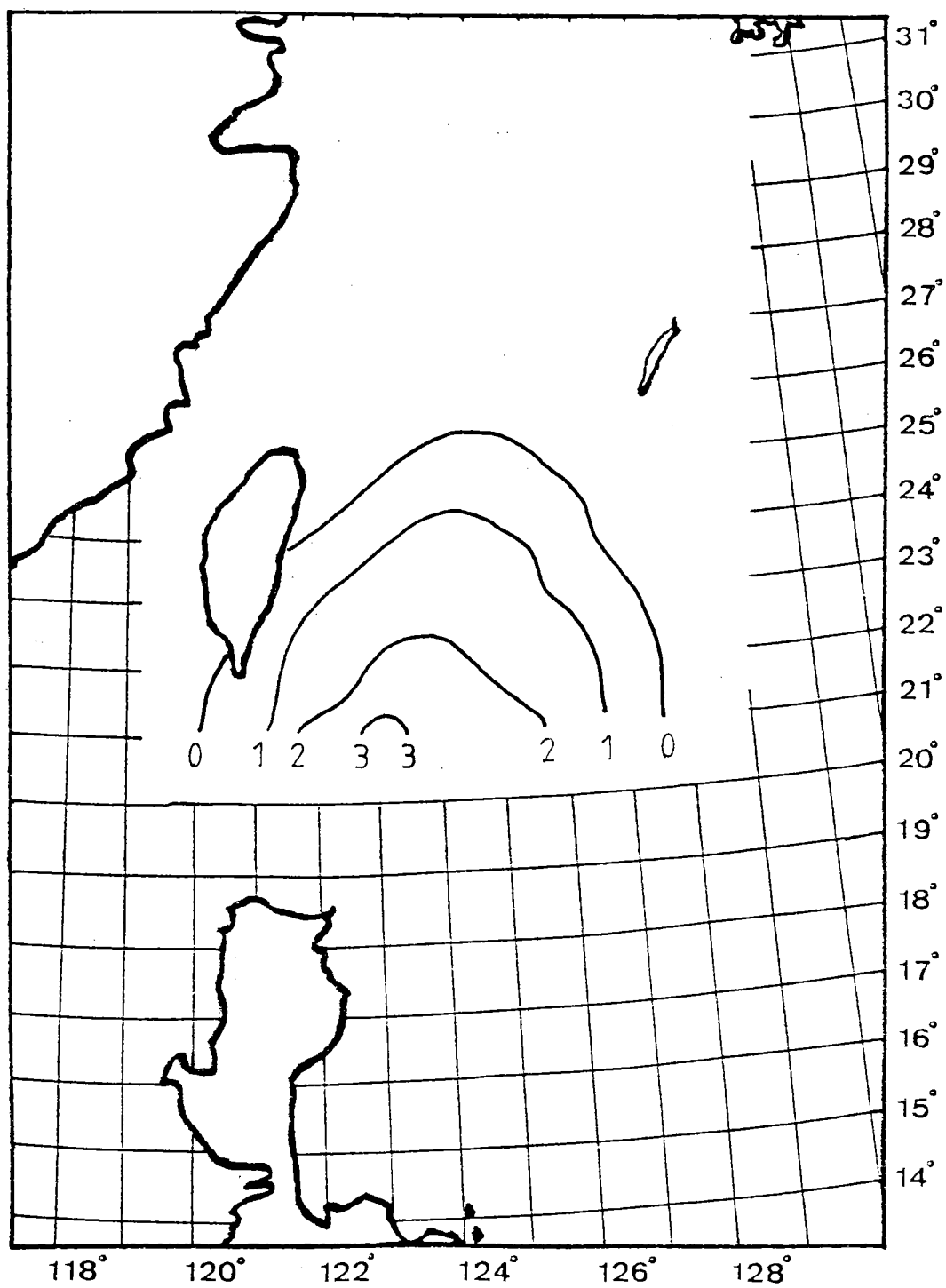
時 間 : 1987.10.22.0900

圖 3 - 22 波浪場等波高線分佈 (模擬颱風 B)



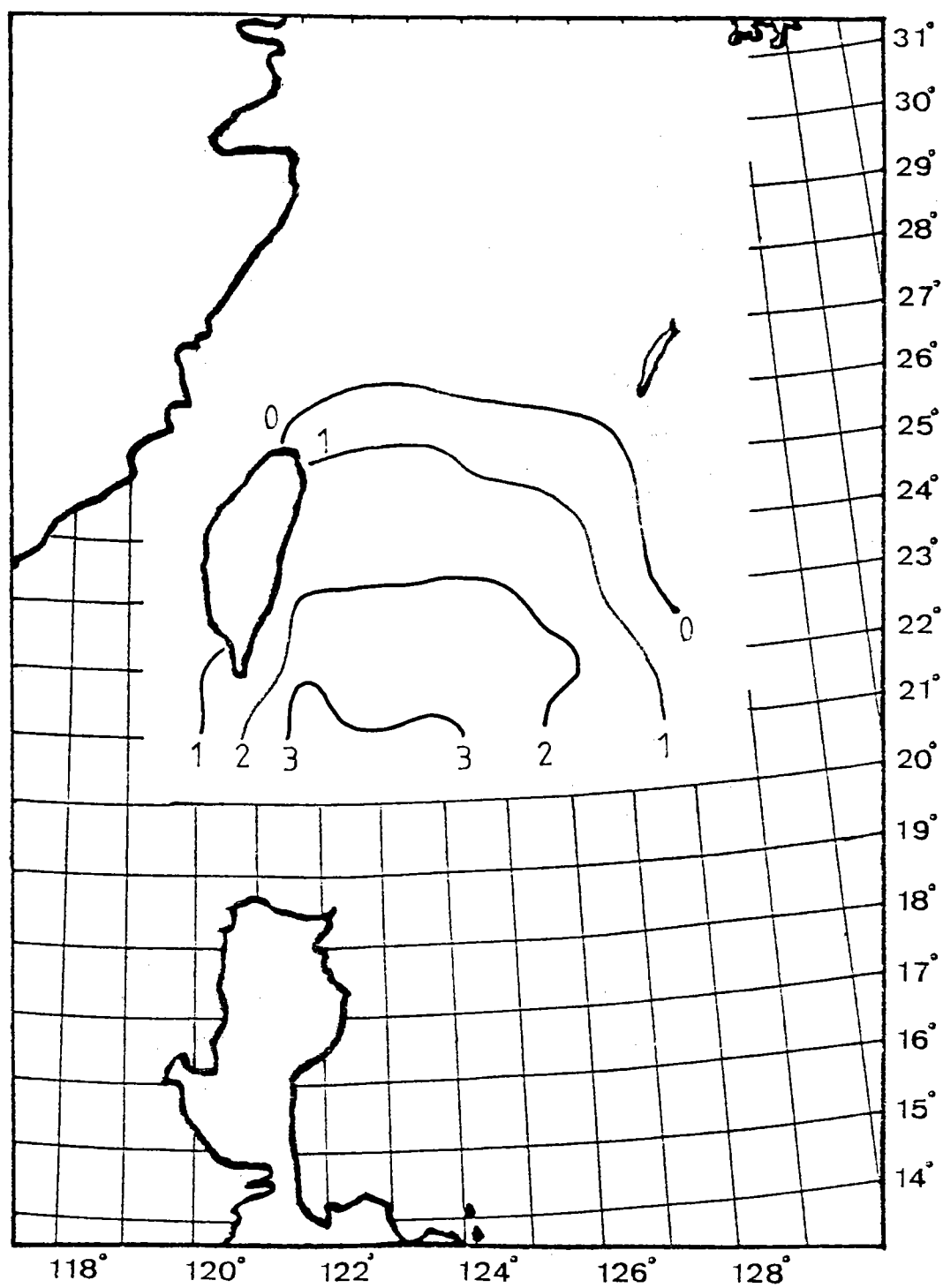
時 間 : 1987.10.22.1200

圖 3 - 23 波浪場等波高線分佈 (模擬颱風 B)



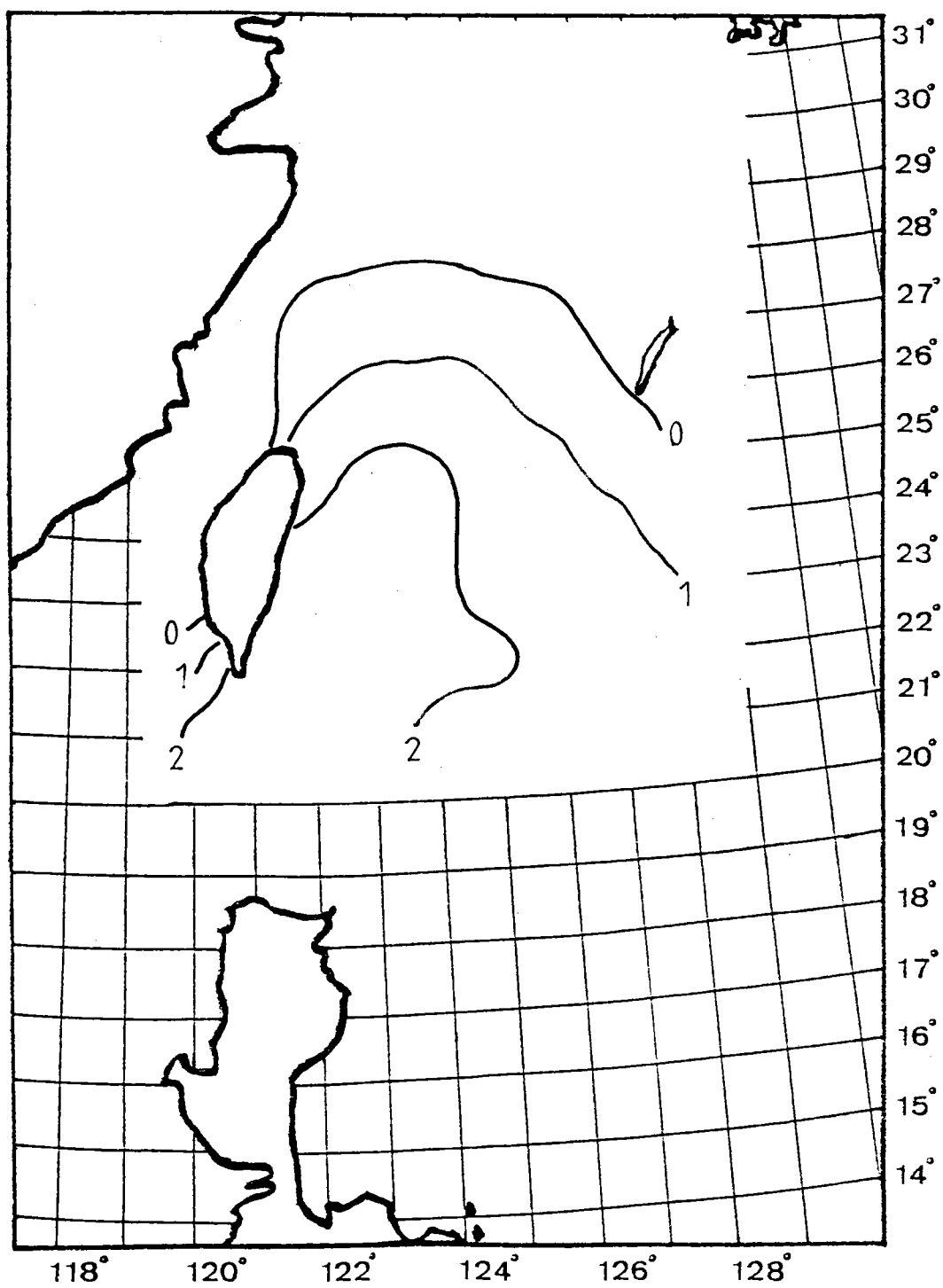
時 間 : 1987.10.22.1500

圖 3 - 24 波浪場等波高線分佈 (模擬颱風 B)



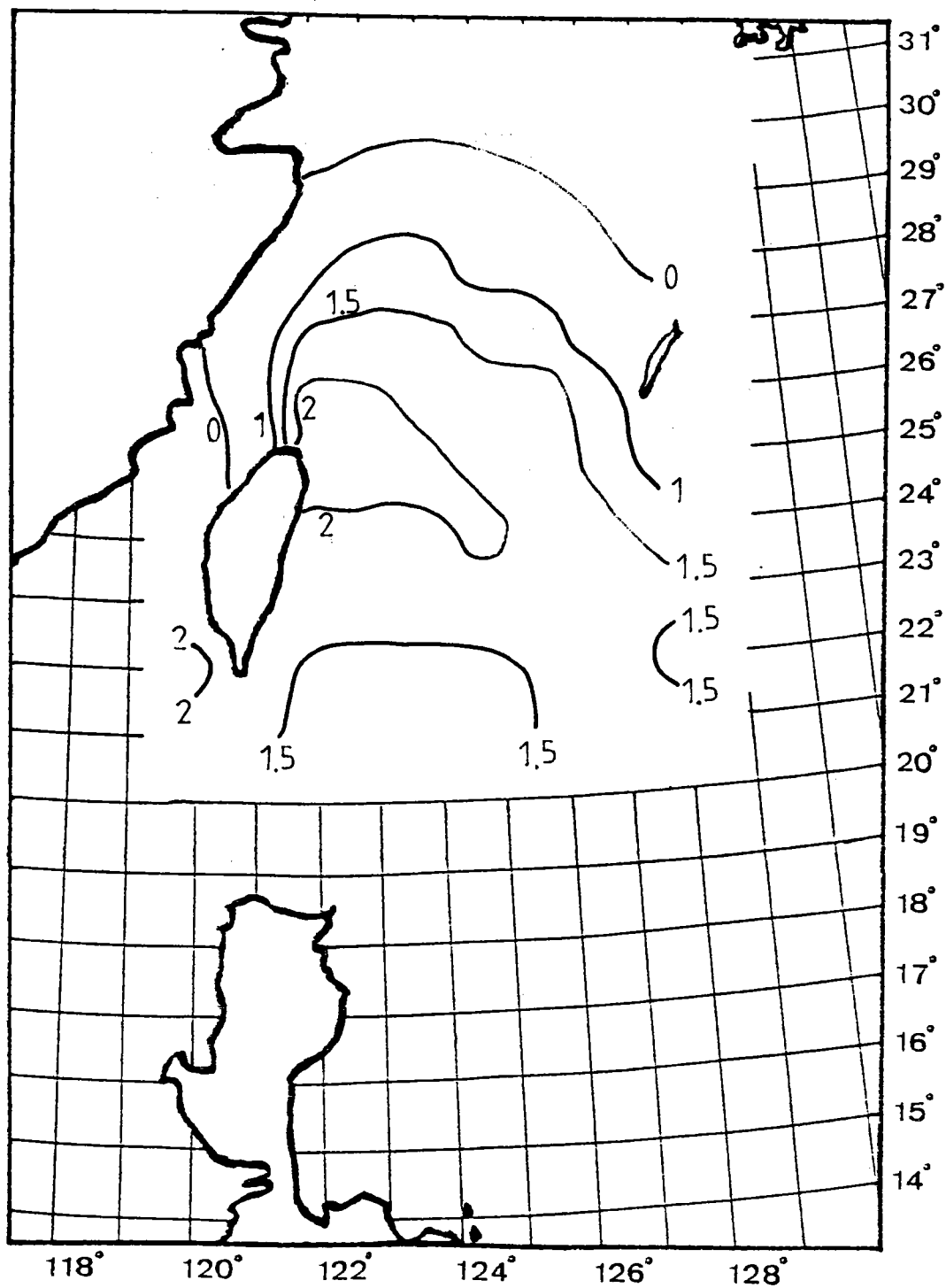
時 間 : 1987.10.22.1800

圖 3 - 25 波浪場等波高線分佈 (模擬颱風 B)



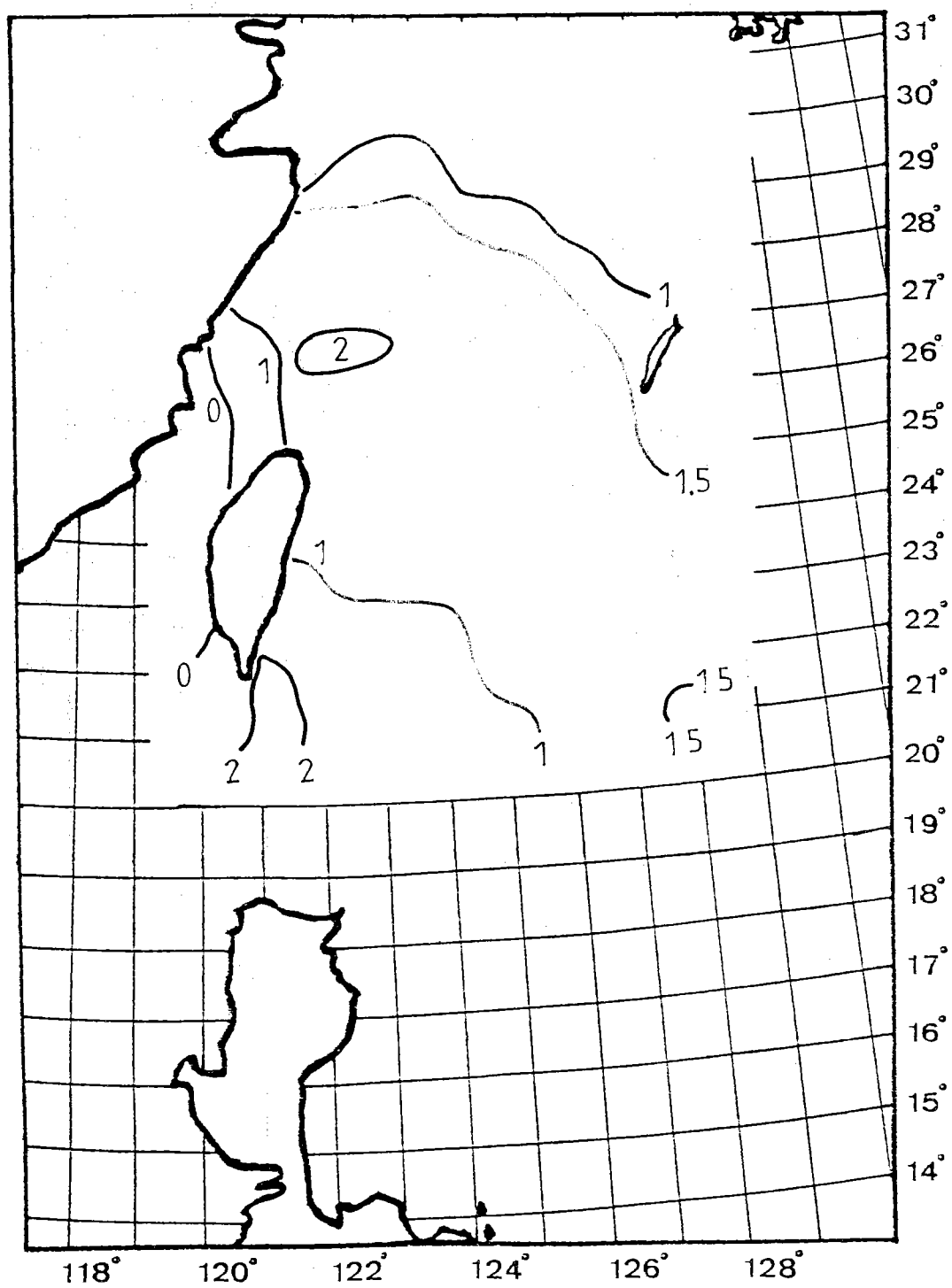
時 間 : 1987.10.22.2100

圖 3 - 26 波浪場等波高線分佈 (模擬颱風 B)



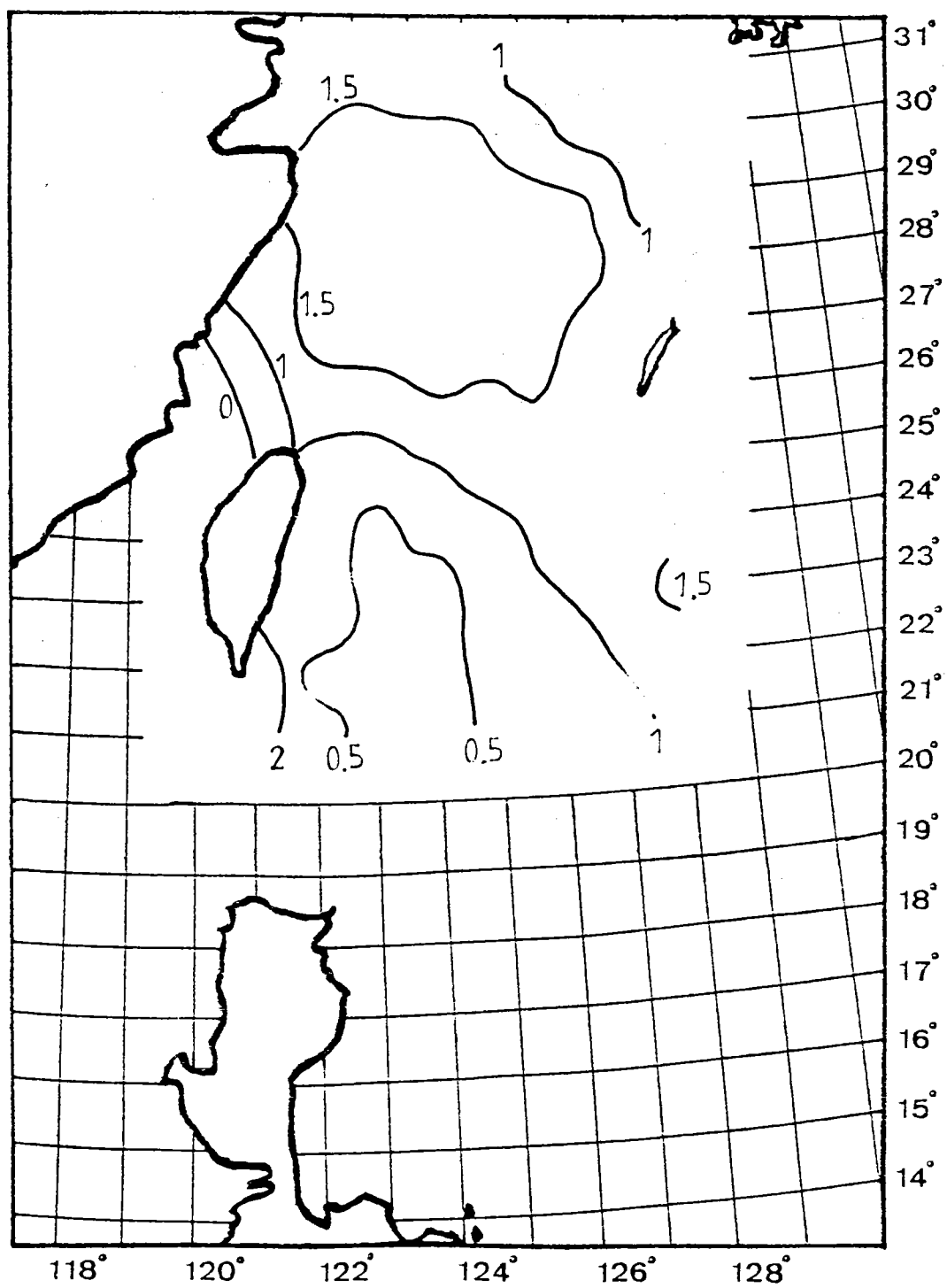
時 間 : 1987.10.23.0000

圖 3 - 27 波浪場等波高線分佈 (模擬颱風 B)



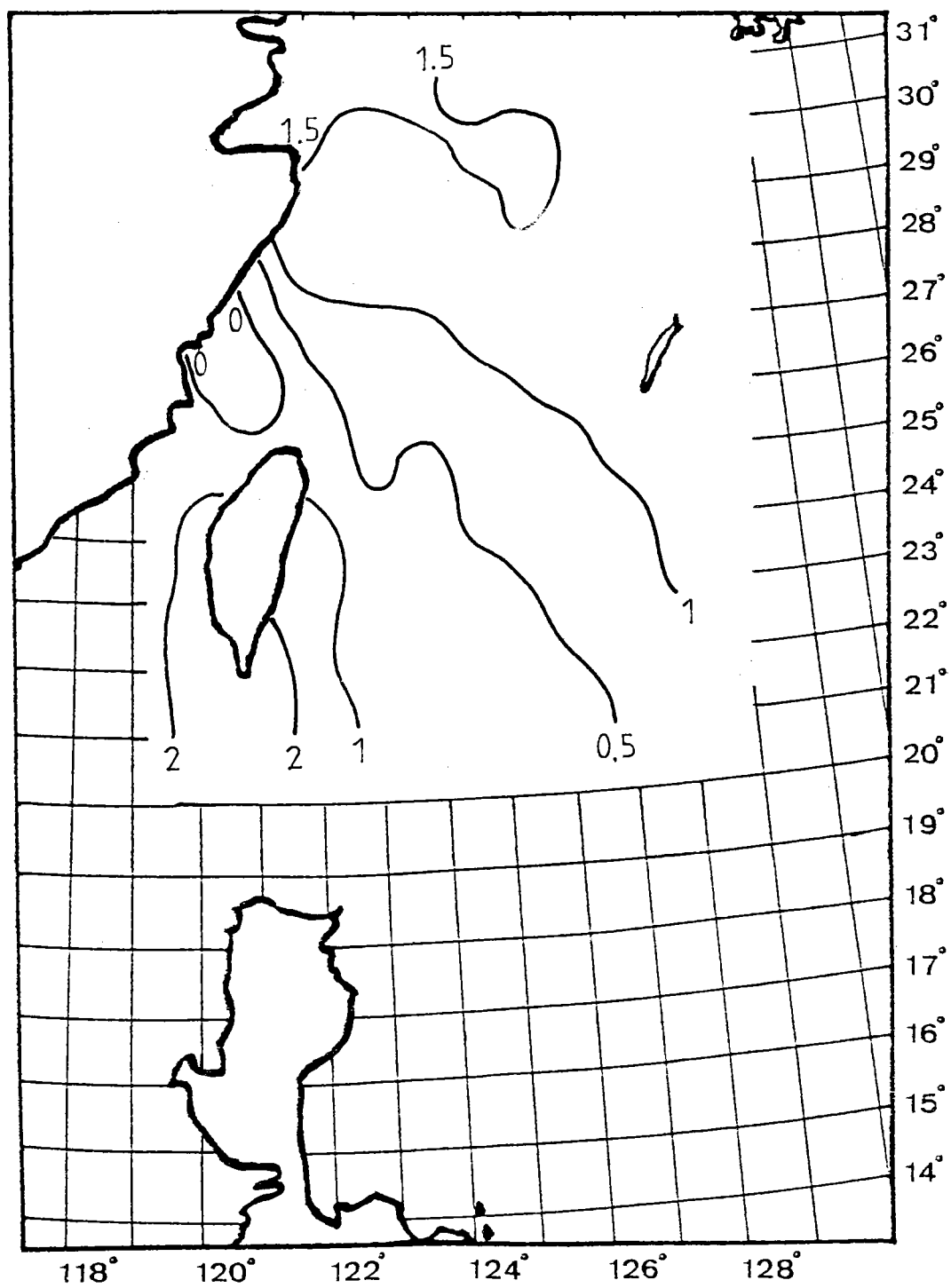
時 間 : 1987.10.23.0300

圖 3 - 28 波浪場等波高線分佈 (模擬颱風 B)



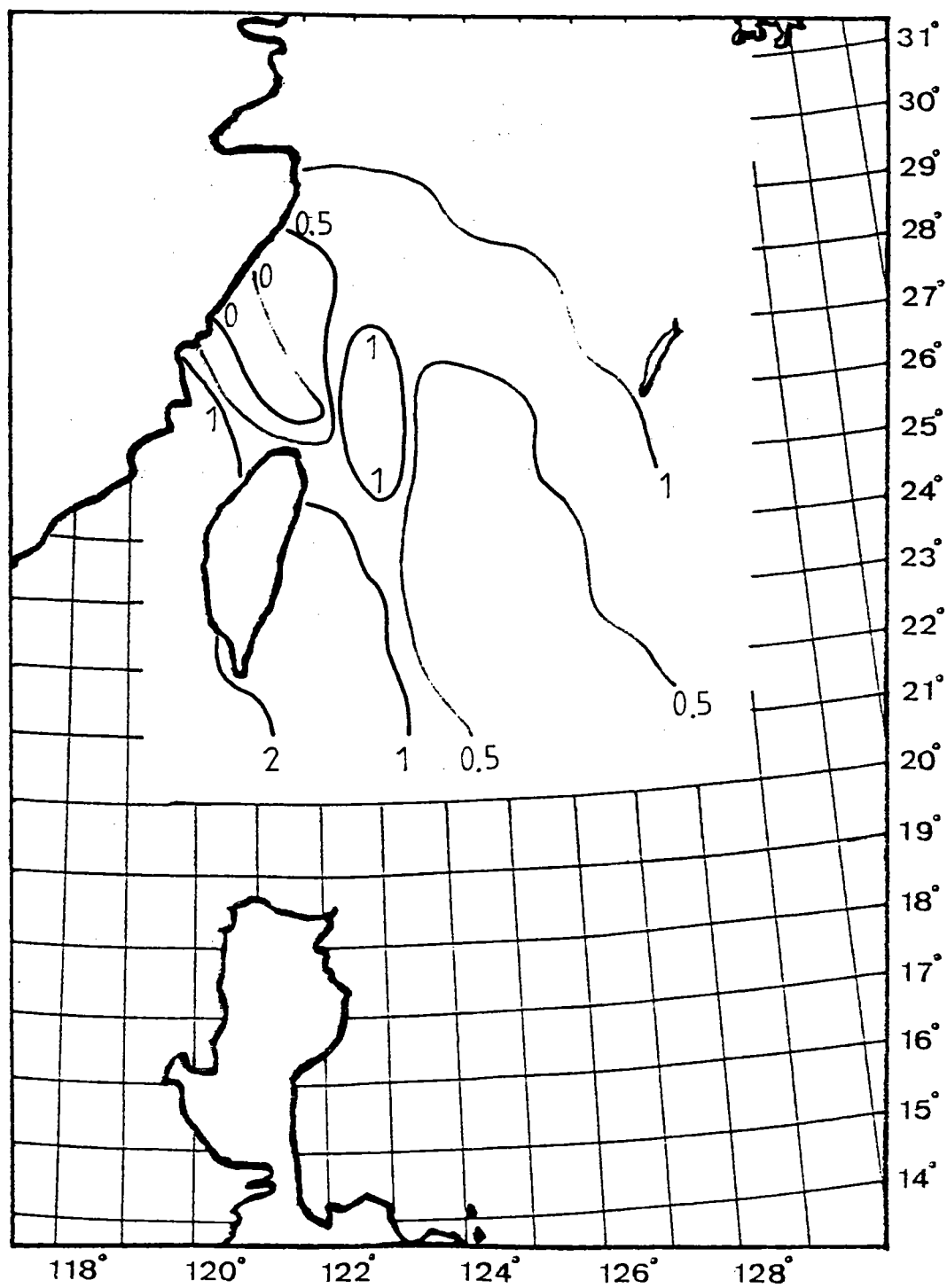
時 間 : 1987.10.23.0600

圖 3 - 29 波浪場等波高線分佈 (模擬颱風 B)



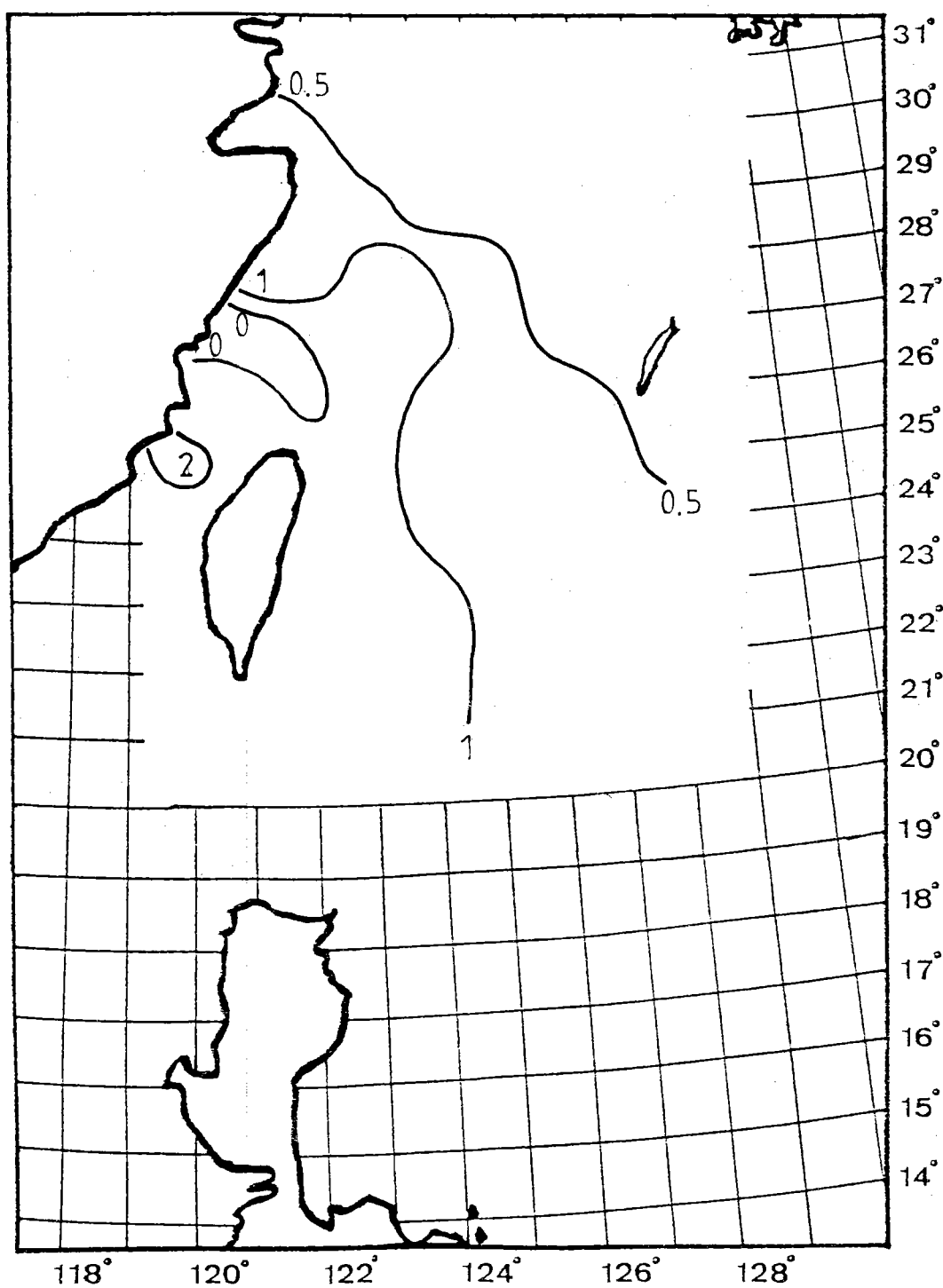
時 間 : 1987.10.23.0900

圖 3 - 30 波浪場等波高線分佈 (模擬颱風 B)



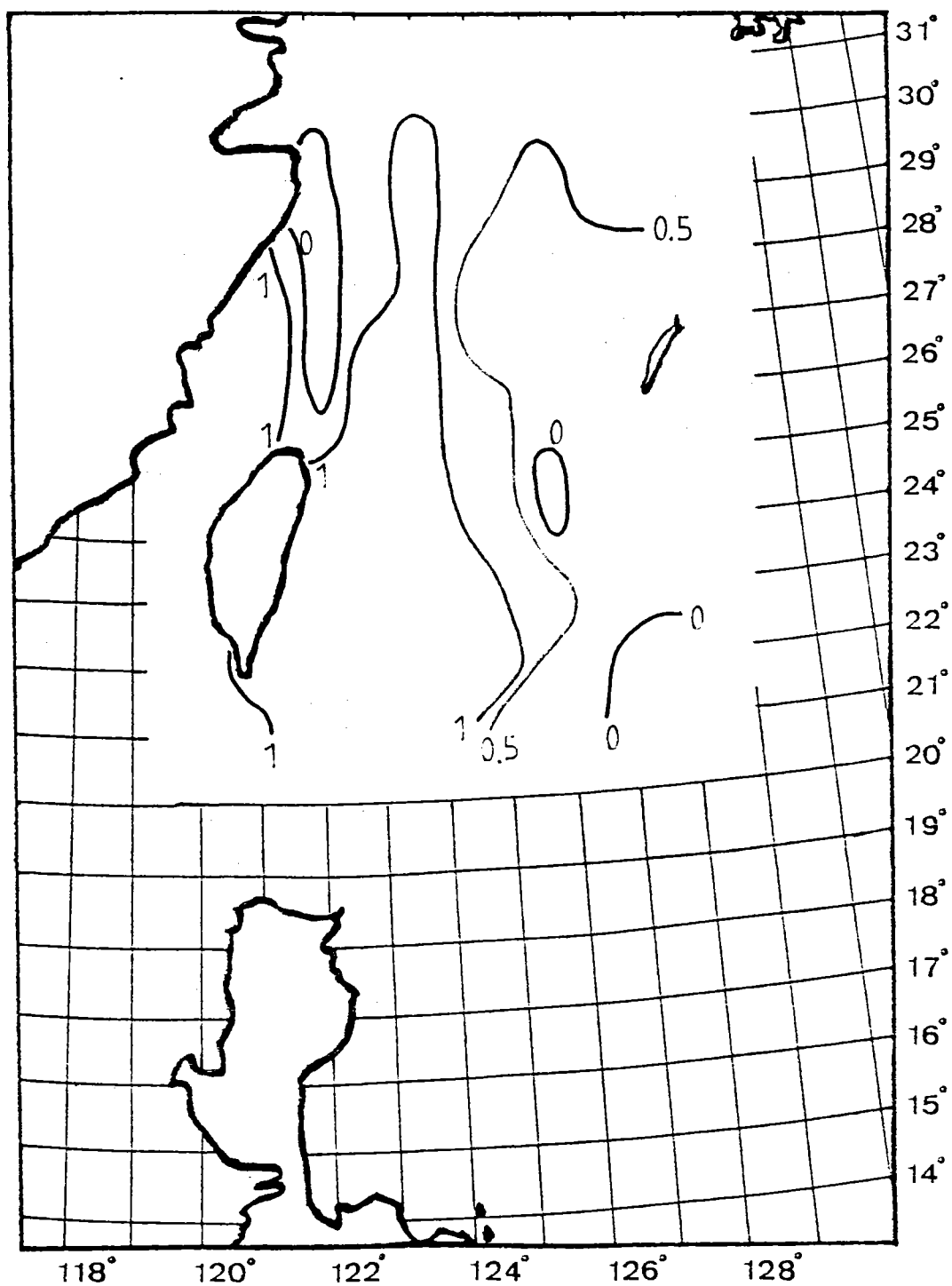
時 間 : 1987.10.23.1200

圖 3 - 31 波浪場等波高線分佈 (模擬颱風 B)



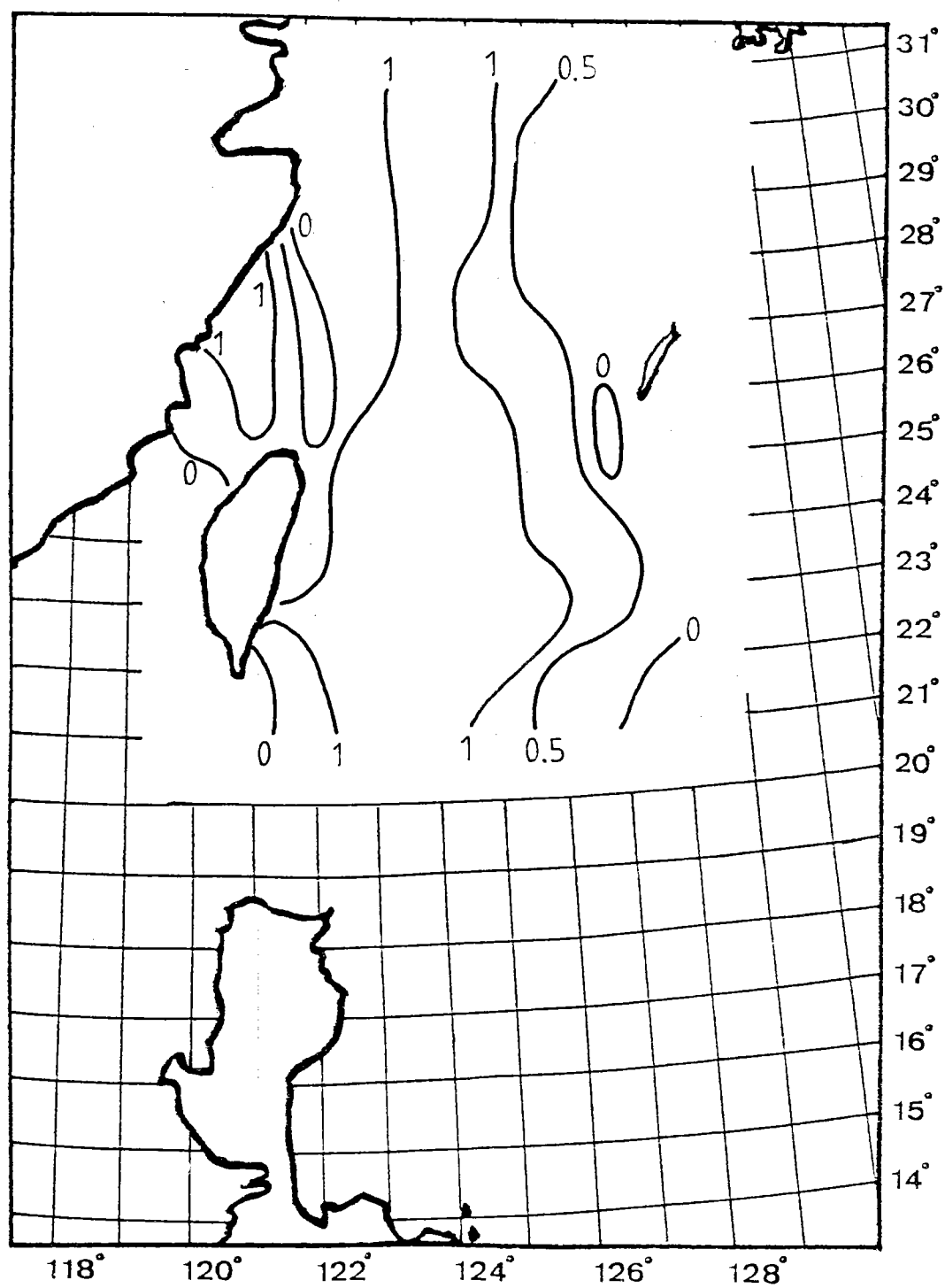
時 間 : 1987.10.23.1500

圖 3 - 32 波浪場等波高線分佈 (模擬颱風 B)



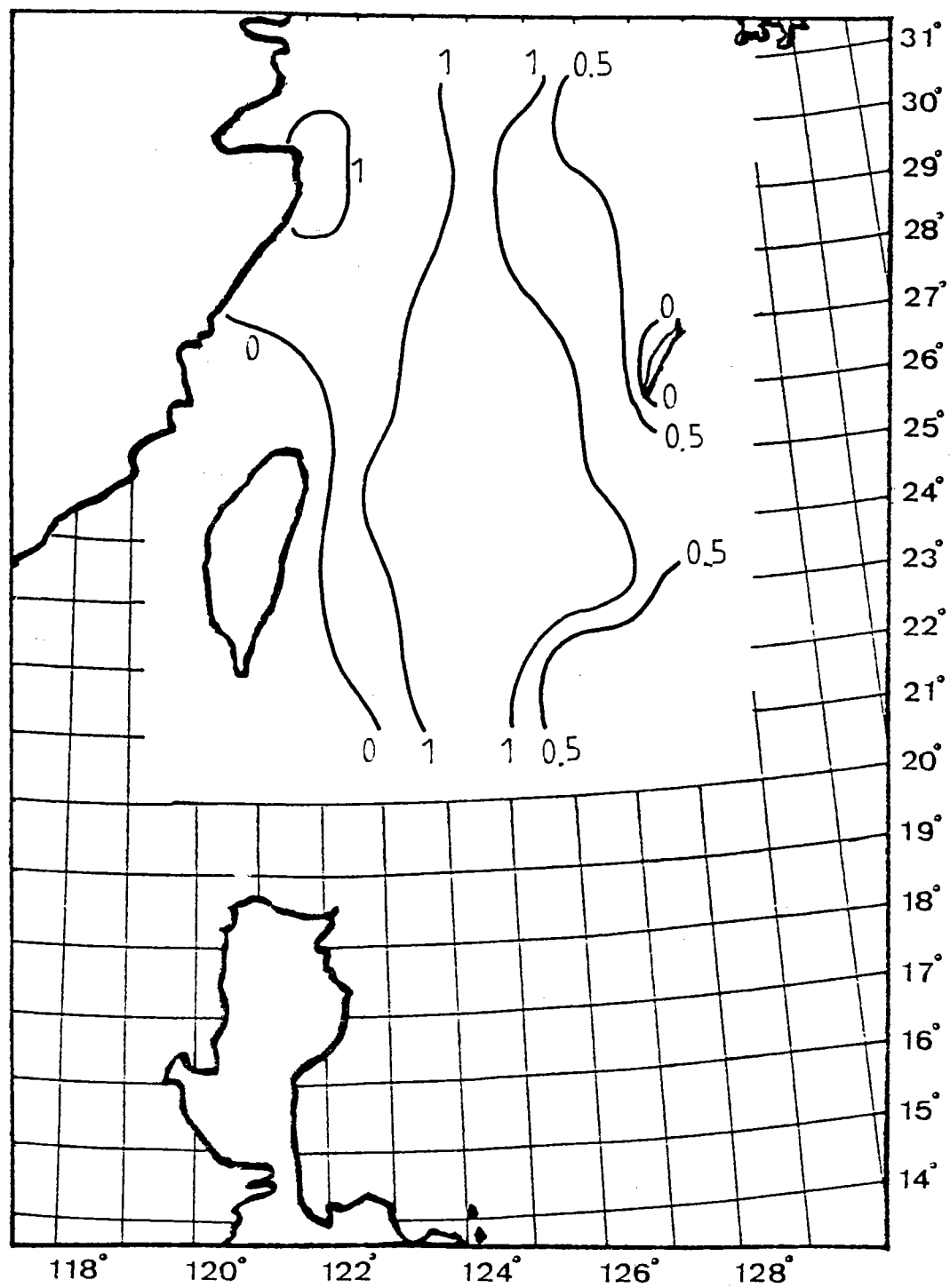
時 間 : 1987.10.23.1800

圖 3 - 33 波浪場等波高線分佈 (模擬颱風 B)



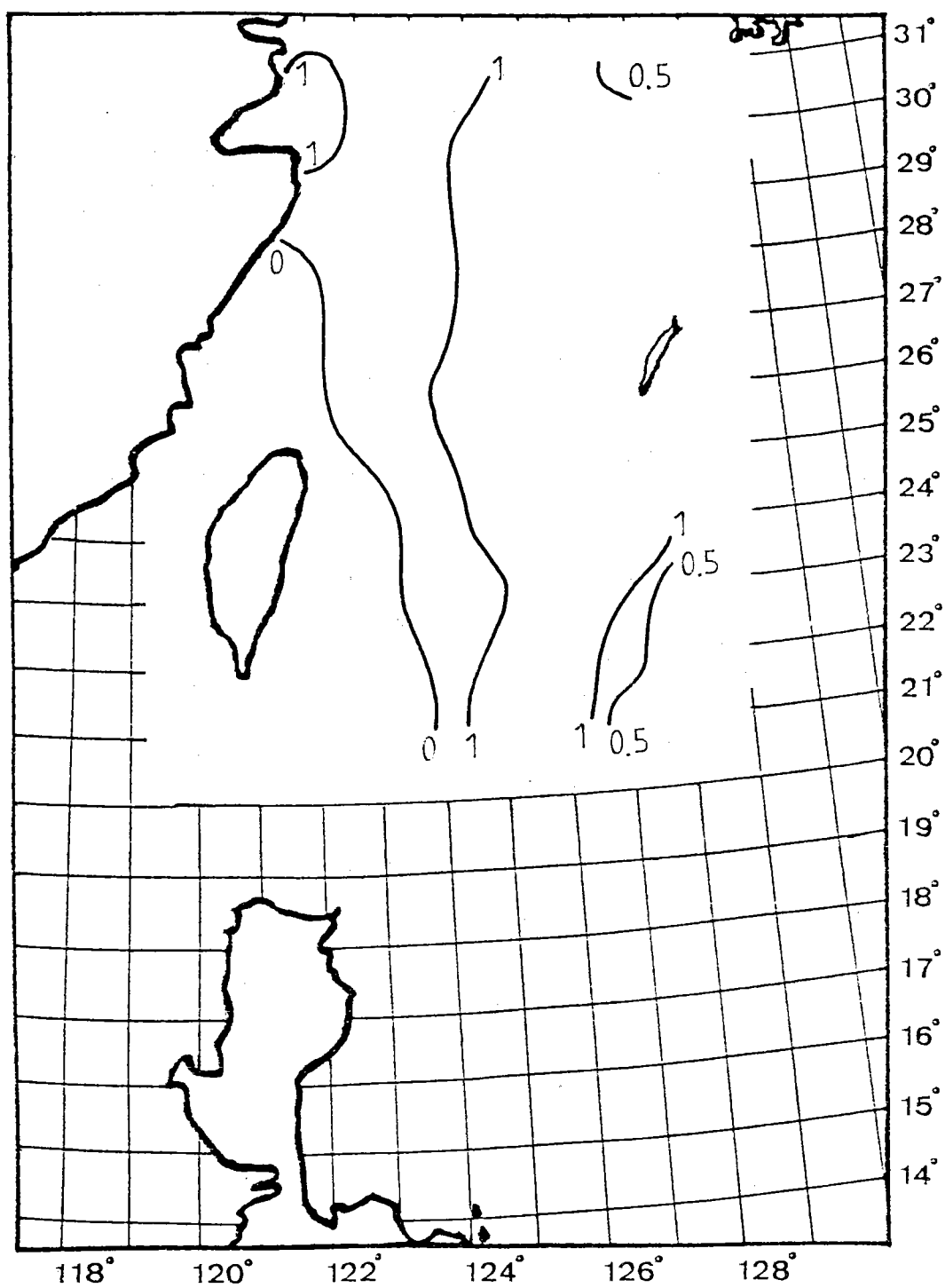
時 間： 1987.10.23.2100

圖 3 - 34 波浪場等波高線分佈 (模擬颱風 B)



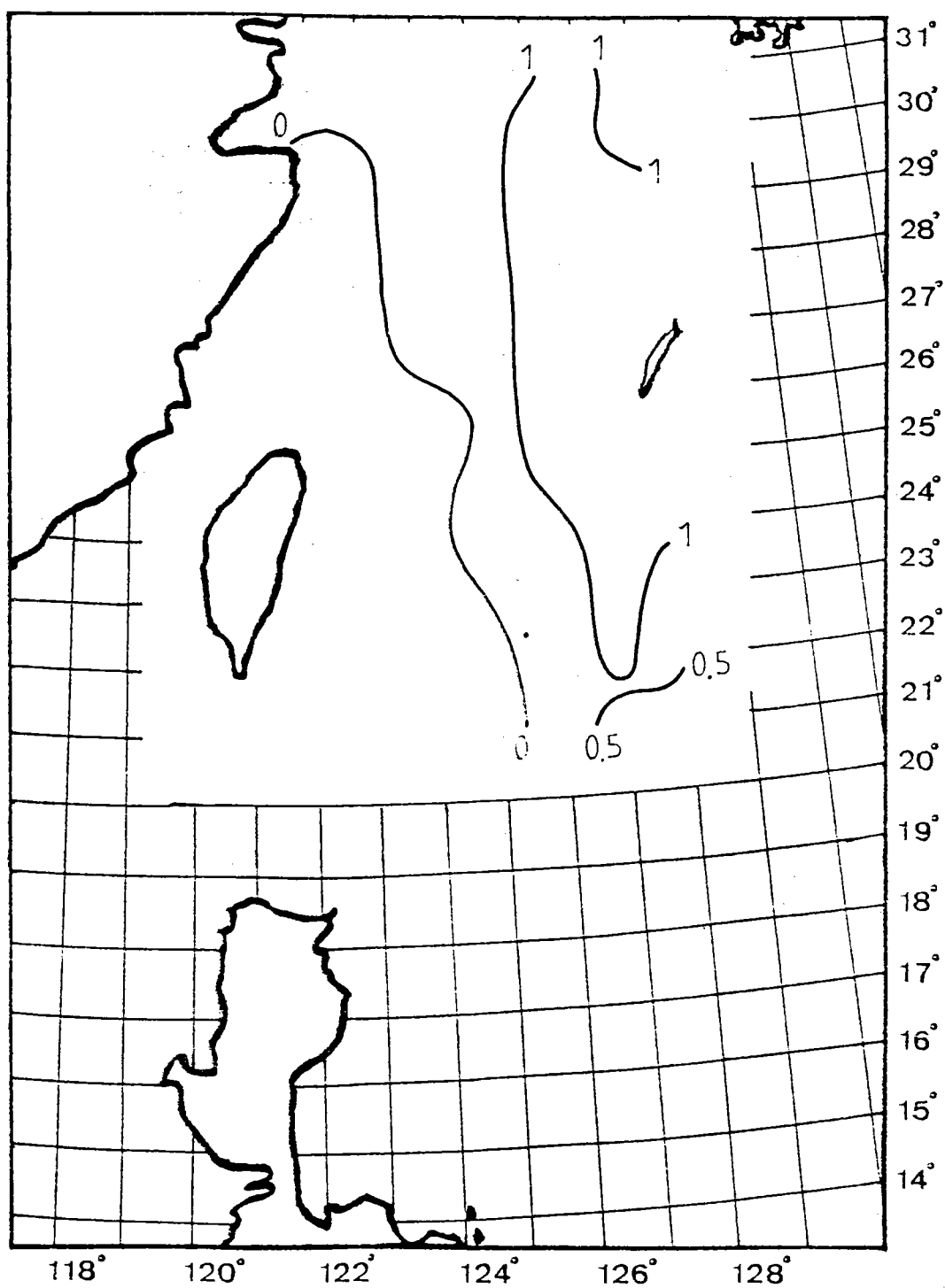
時 間 : 1987.10.24.0000

圖 3 - 35 波浪場等波高線分佈 (模擬颱風 B)



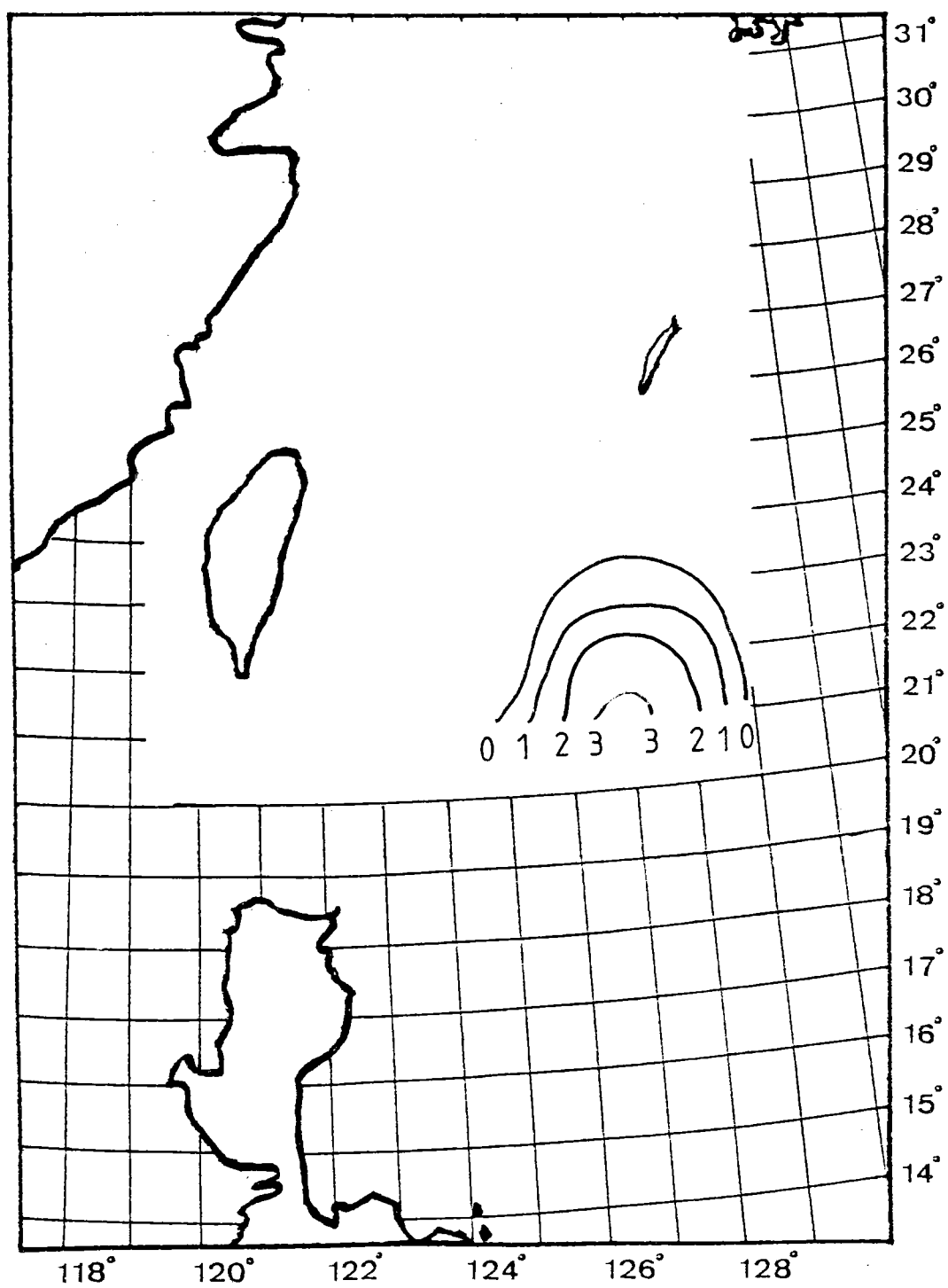
時 間： 1987.10.24.0300

圖 3 - 36 波浪場等波高線分佈 (模擬颱風 B)



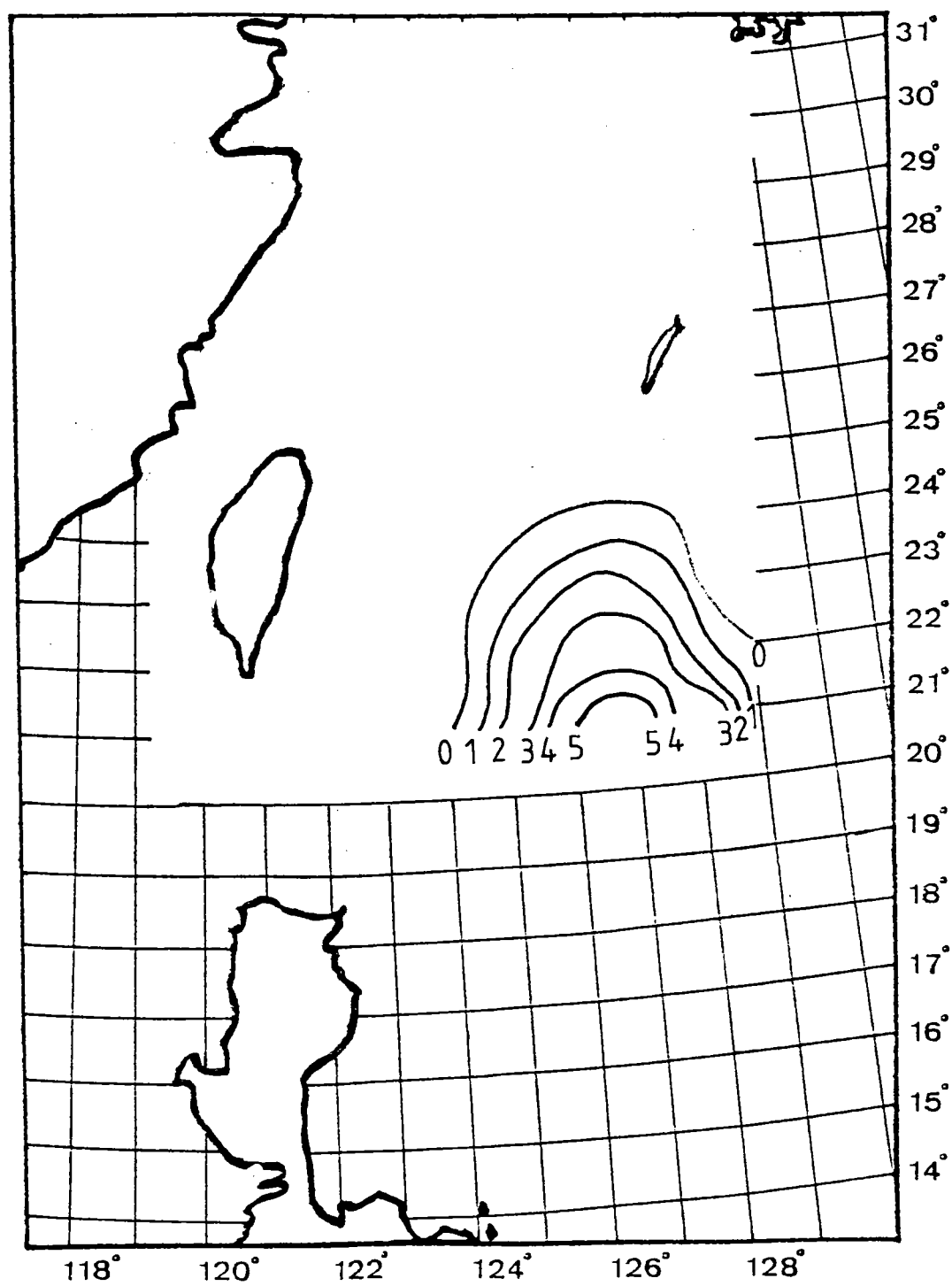
時 間 : 1987.10.24.0600

圖 3 - 37 波浪場等波高線分佈 (模擬颱風 3)



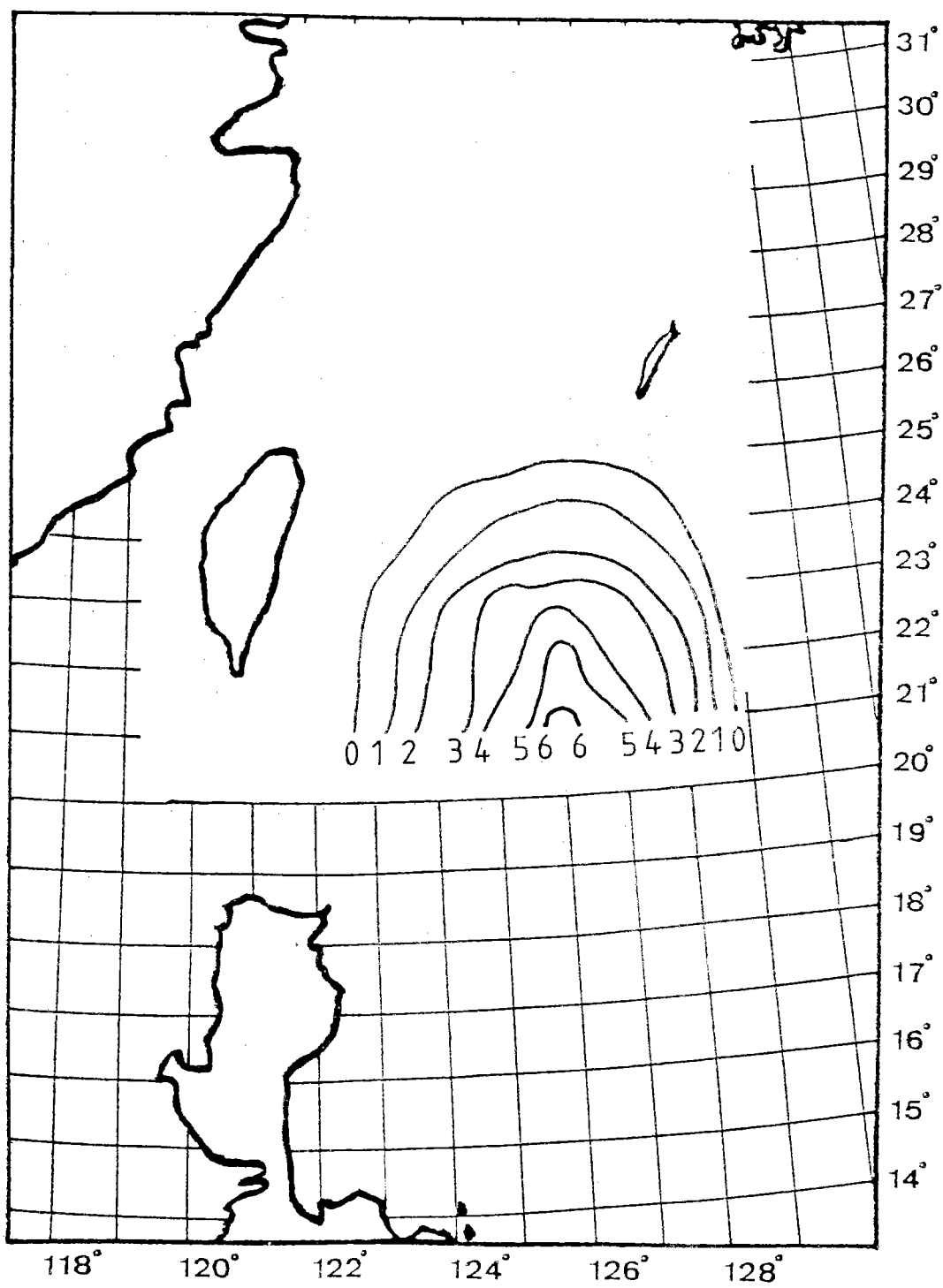
時間：1987.1022.0600

圖 3 - 38 波浪場等波高線分佈 (模擬颱風 [)



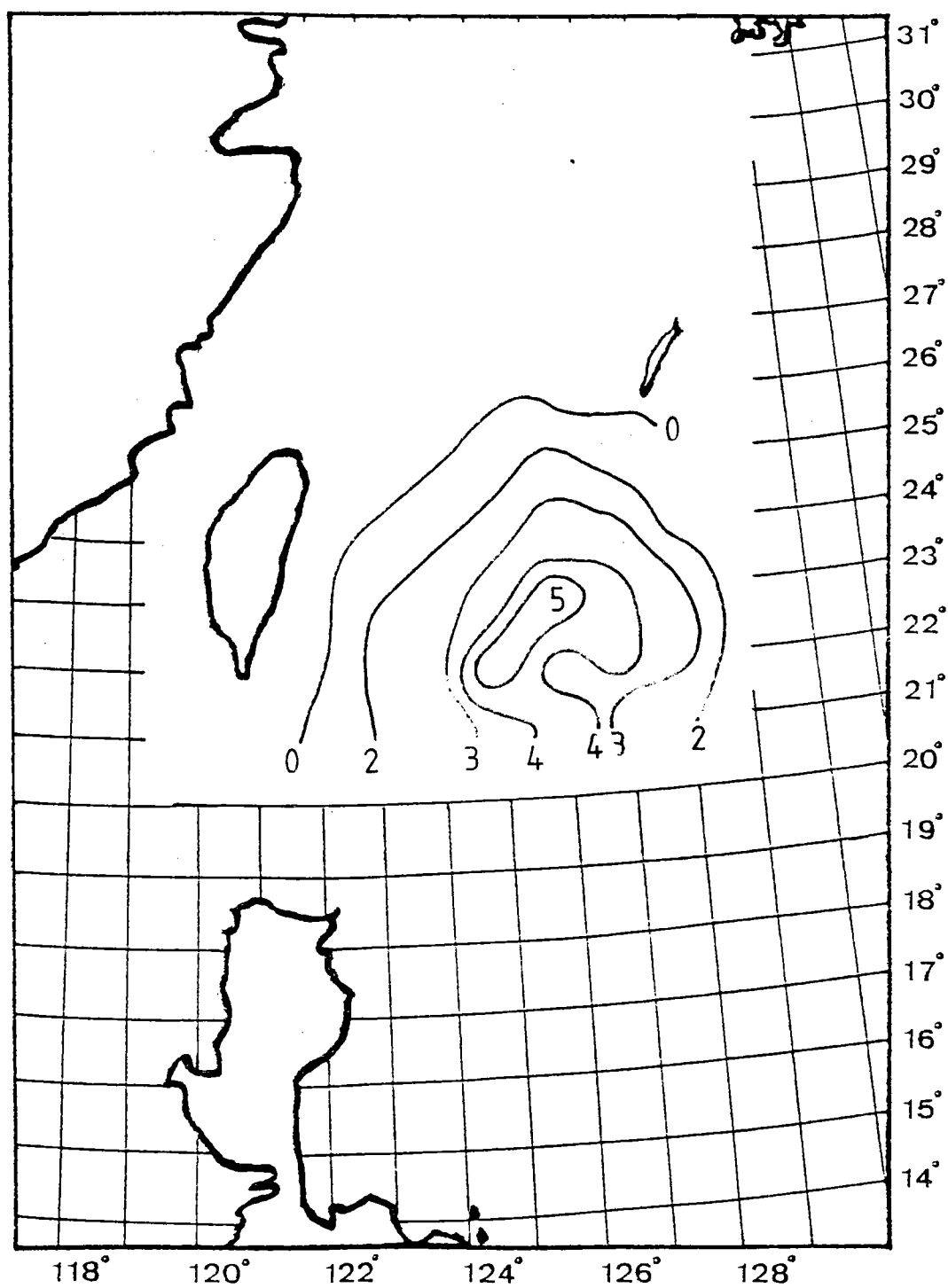
時 間 : 1987.10.22.0900

圖 3 - 39 波浪場等波高線分佈 (模擬颱風 [)



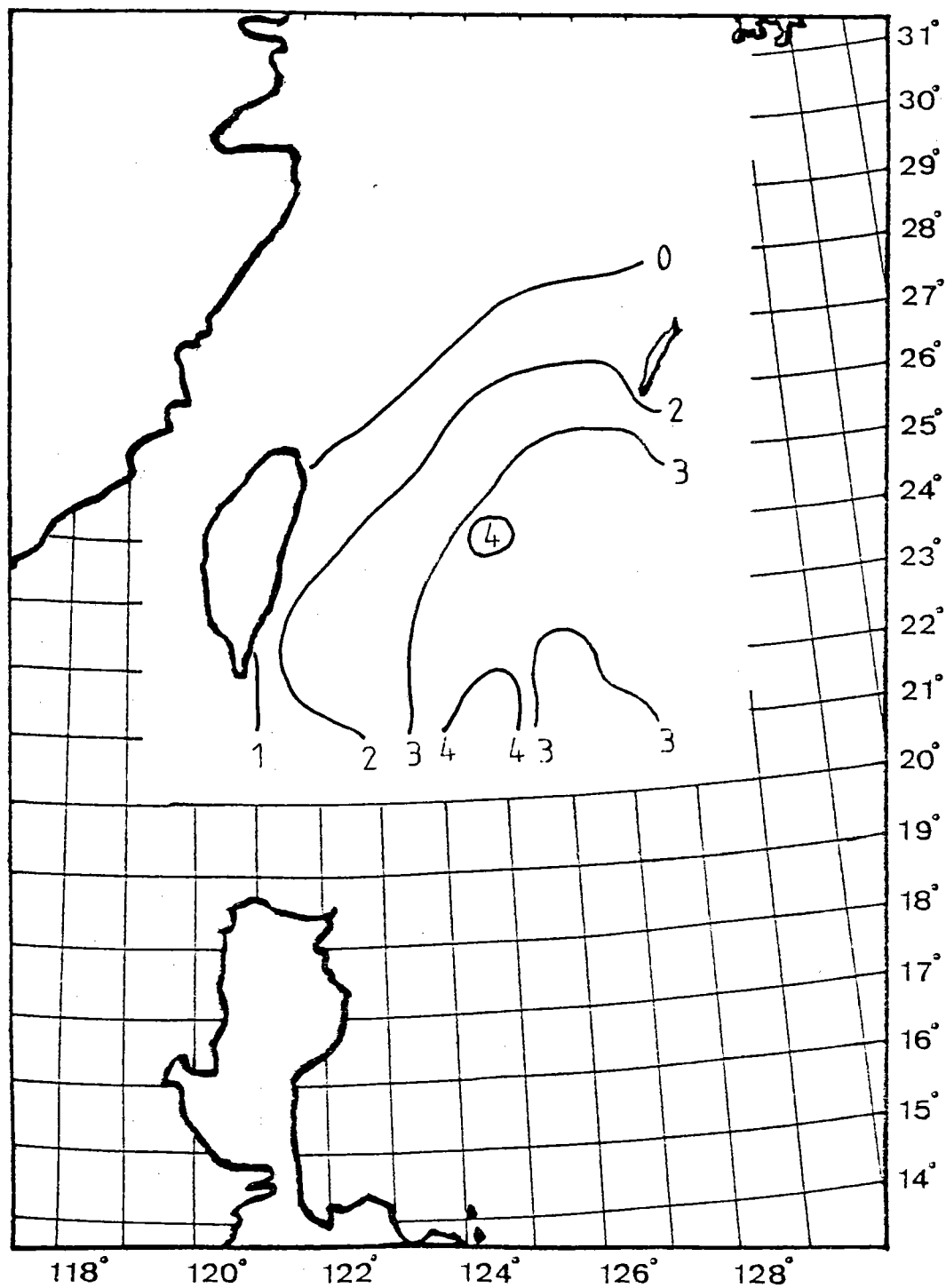
時 間： 1987.10.22.1200

圖 3 - 40 波浪場等波高線分佈 (模擬颱風 [])



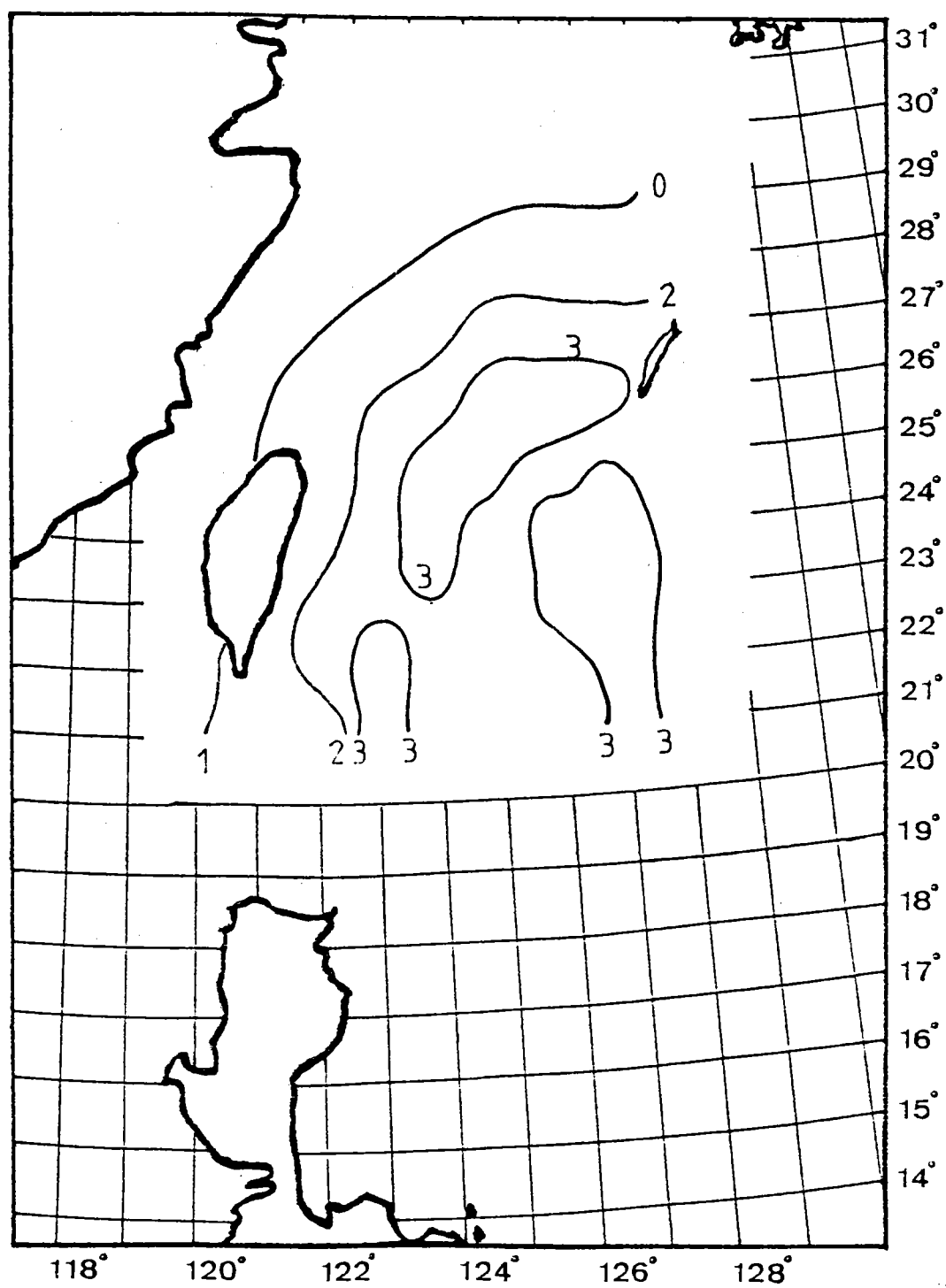
時 間 : 1987.10.22.1500

圖 3 - 41 波浪場等波高線分佈 (模擬颱風)



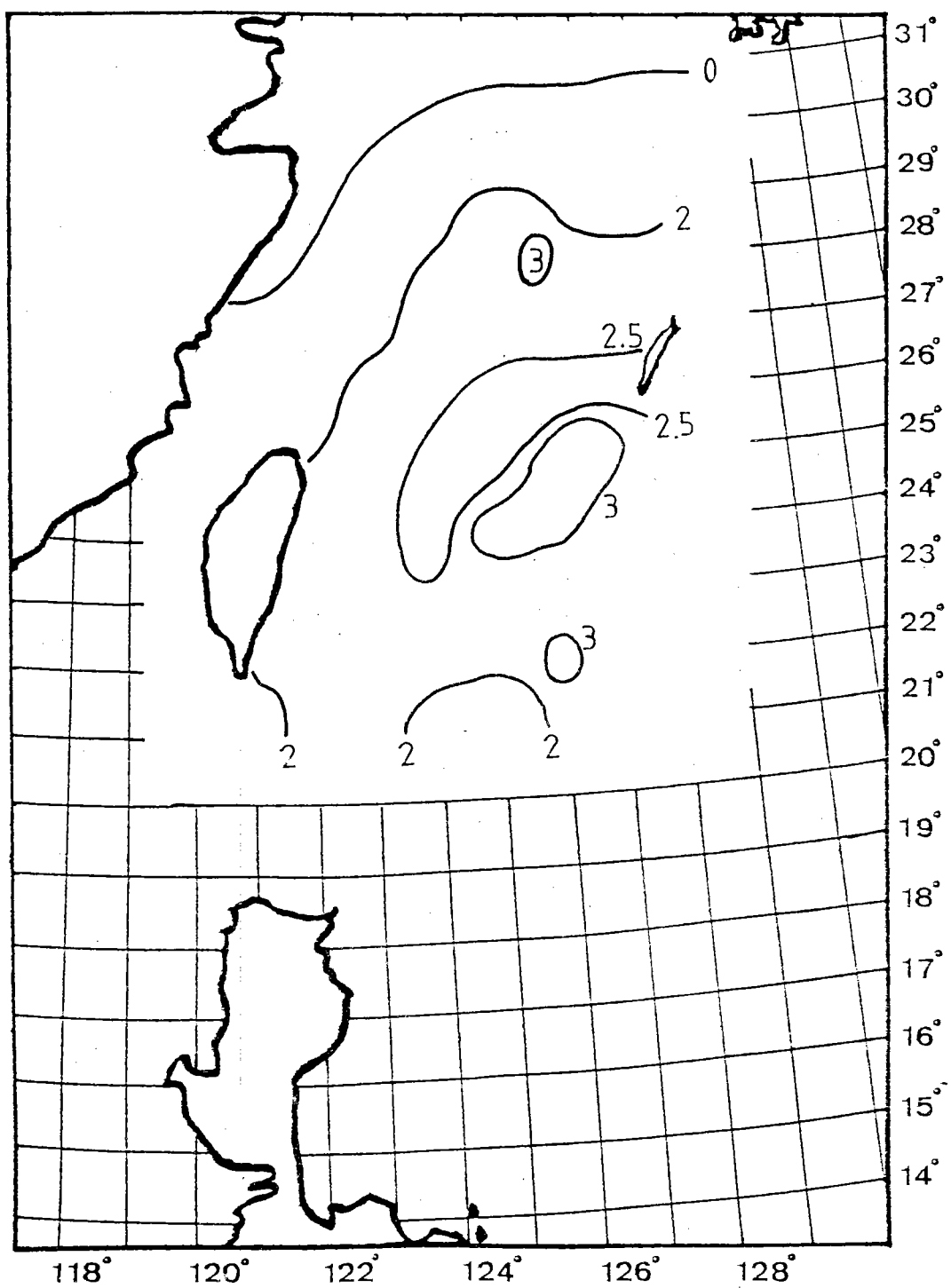
時 間： 1987.10.22.1800

圖 3 - 42 波浪場等波高線分佈 (模擬颱風)



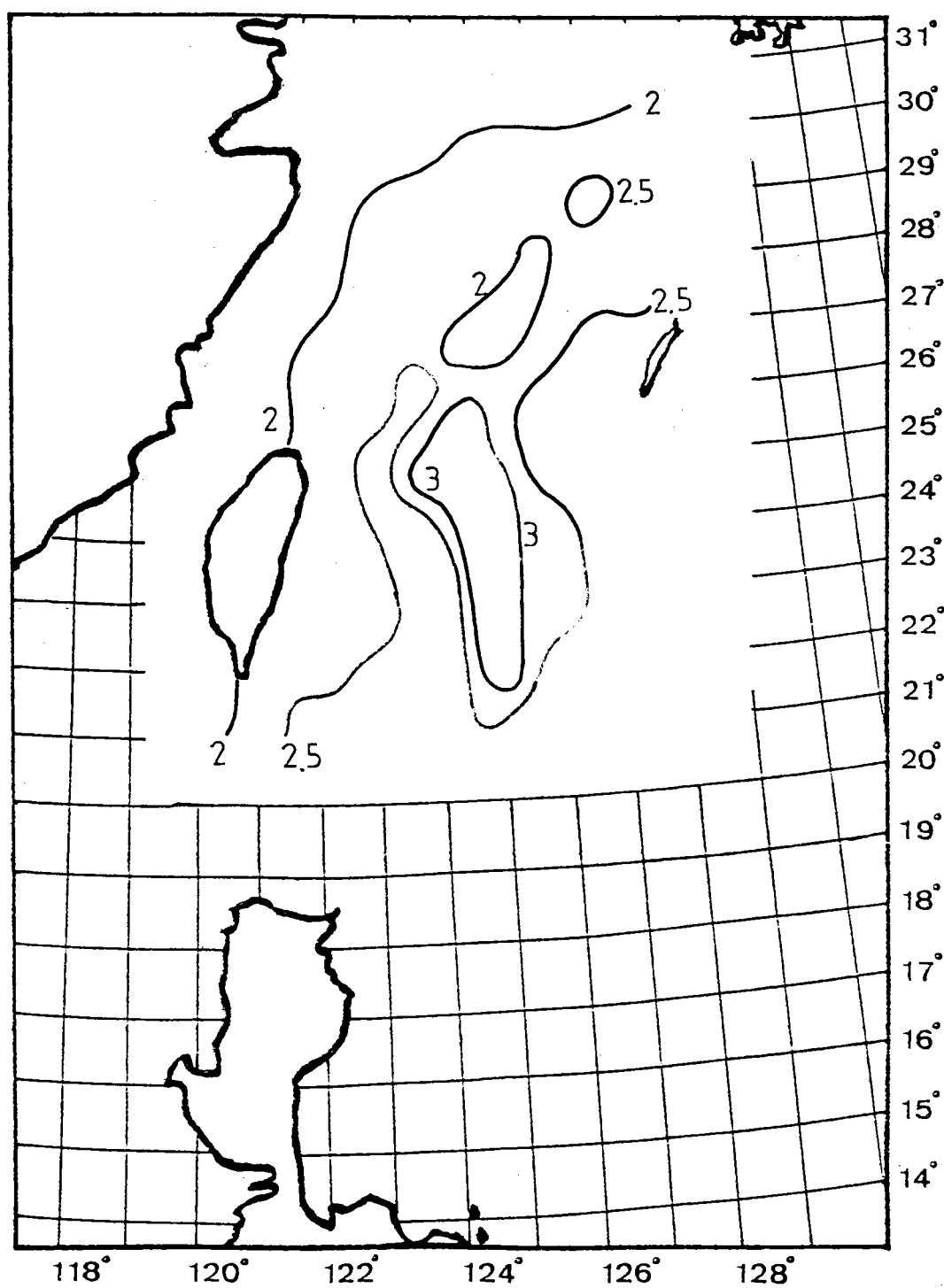
時 間 : 1987.10.22.2100

圖 3 - 43 波浪場等波高線分佈 (模擬颱風 [)



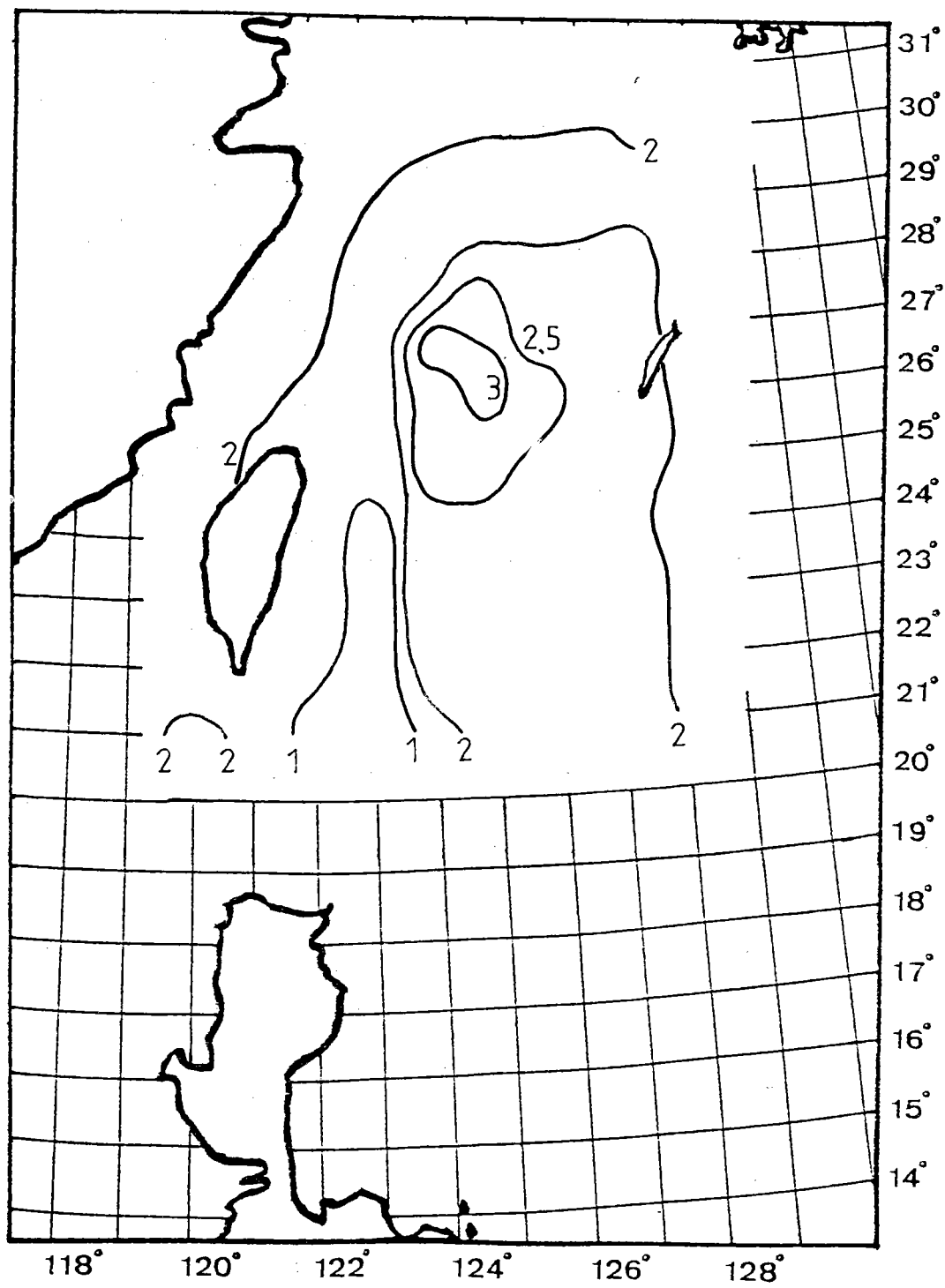
時 間 : 1987.10.23.0000

圖 3 - 44 波浪場等波高線分佈 (模擬颱風 [)



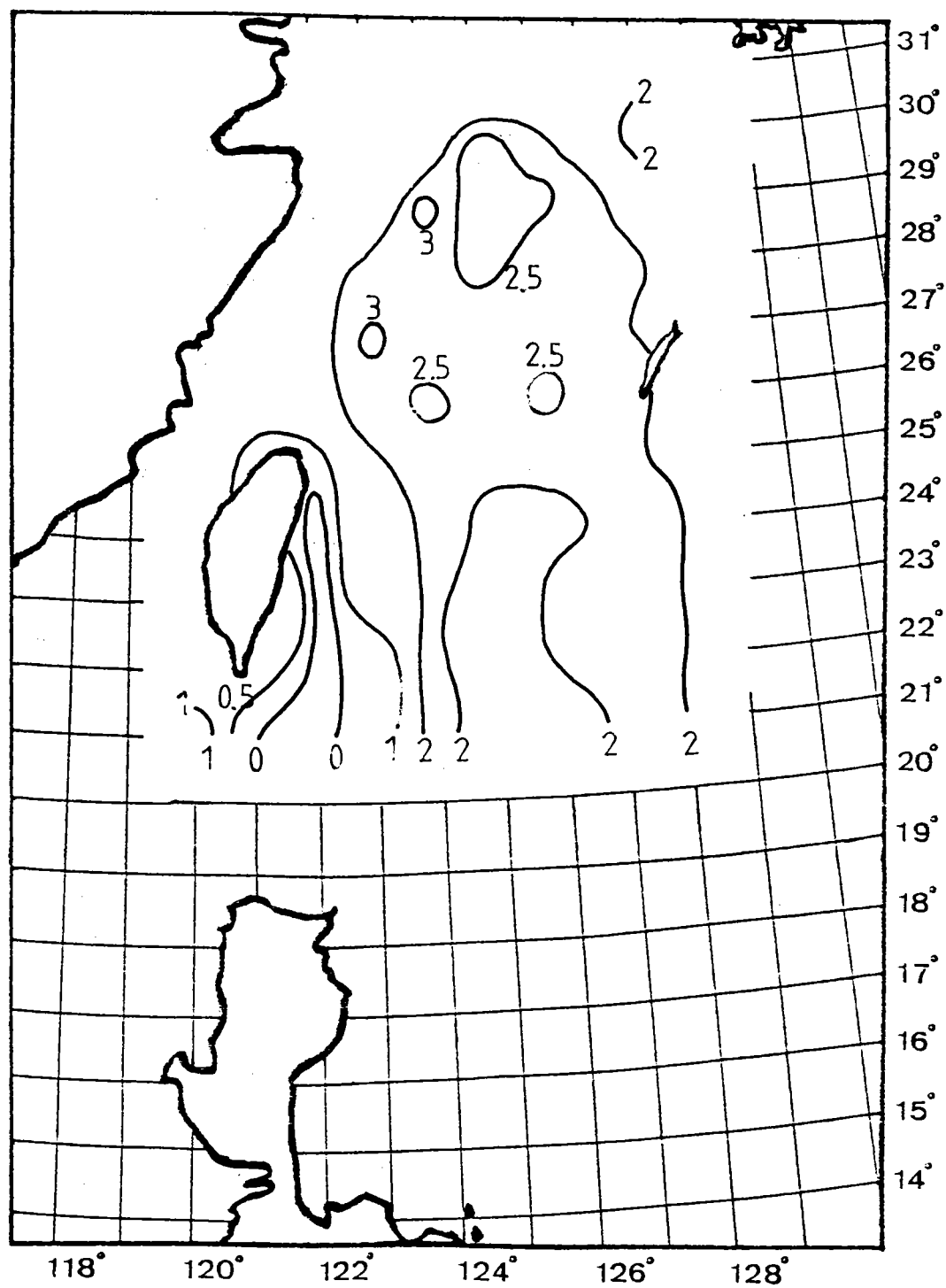
時間：1987.10.23.0300

圖 3 - 45 波浪場等波高線分佈 (模擬颱風)



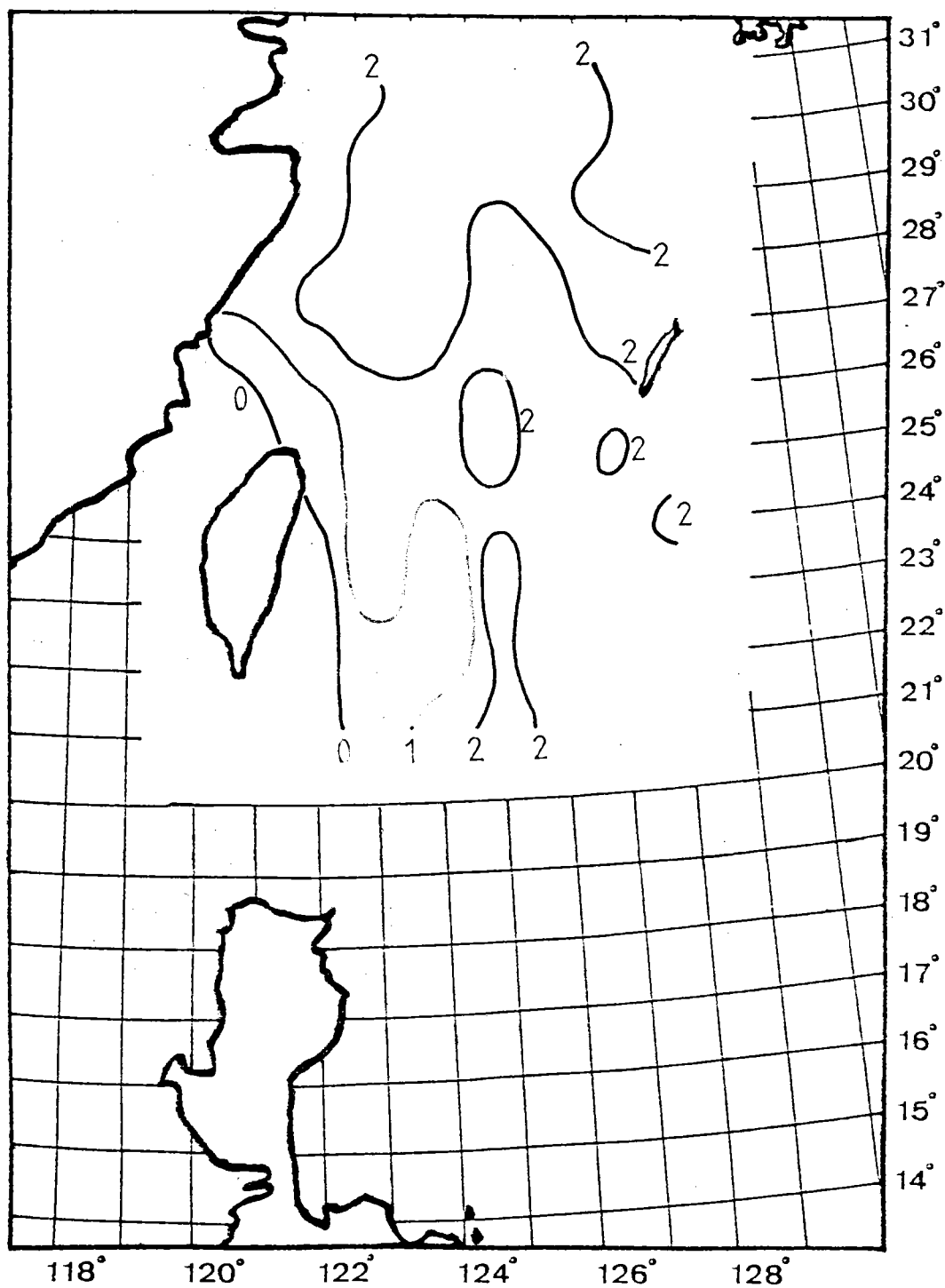
時 間 : 1987.10.23.0600

圖 3 - 46 波浪場等波高線分佈 (模擬颱風 [])



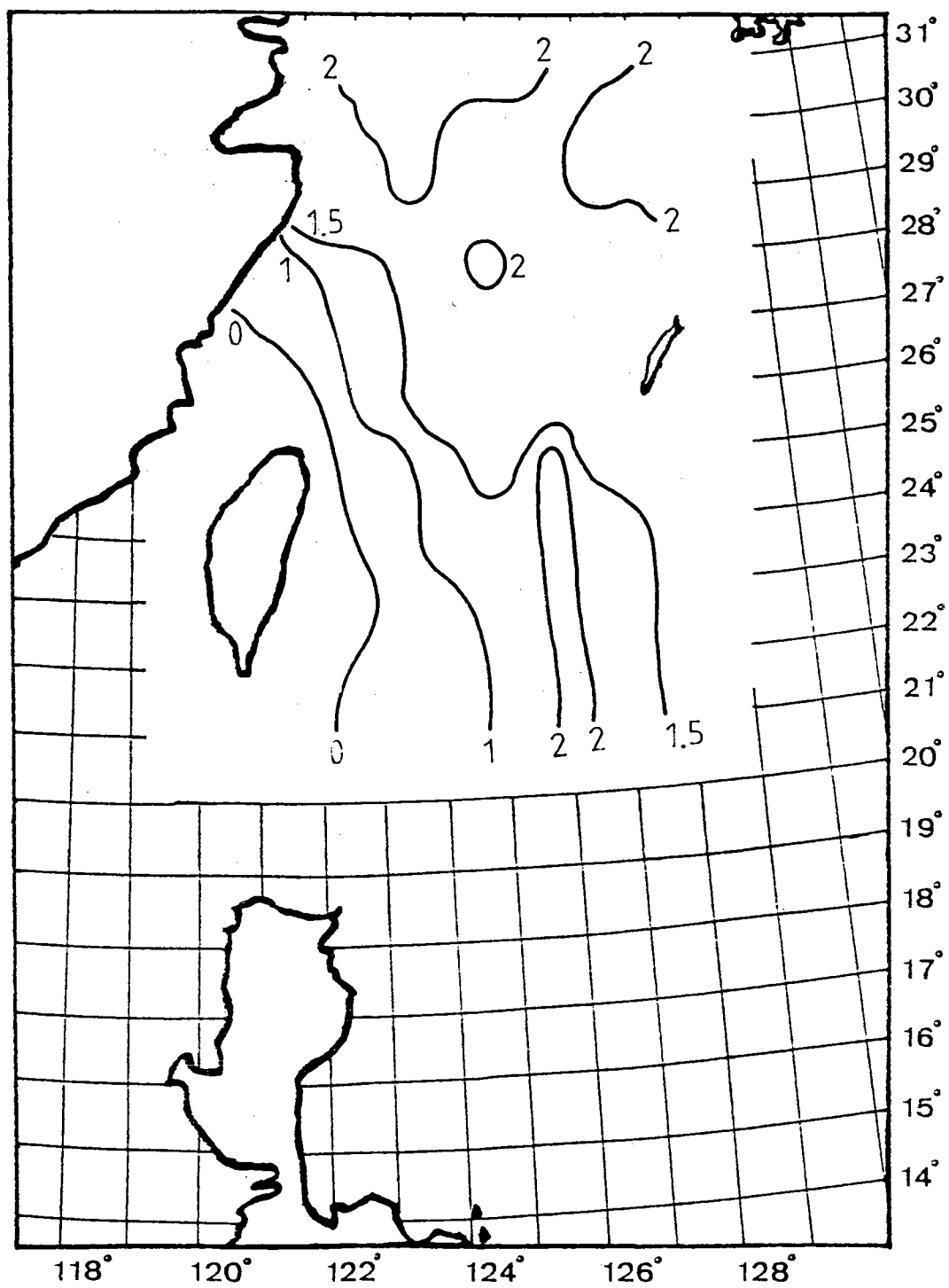
時 間 : 1987.10.23.0900

圖 3 - 47 波浪場等波高線分佈 (模擬颱風 [)



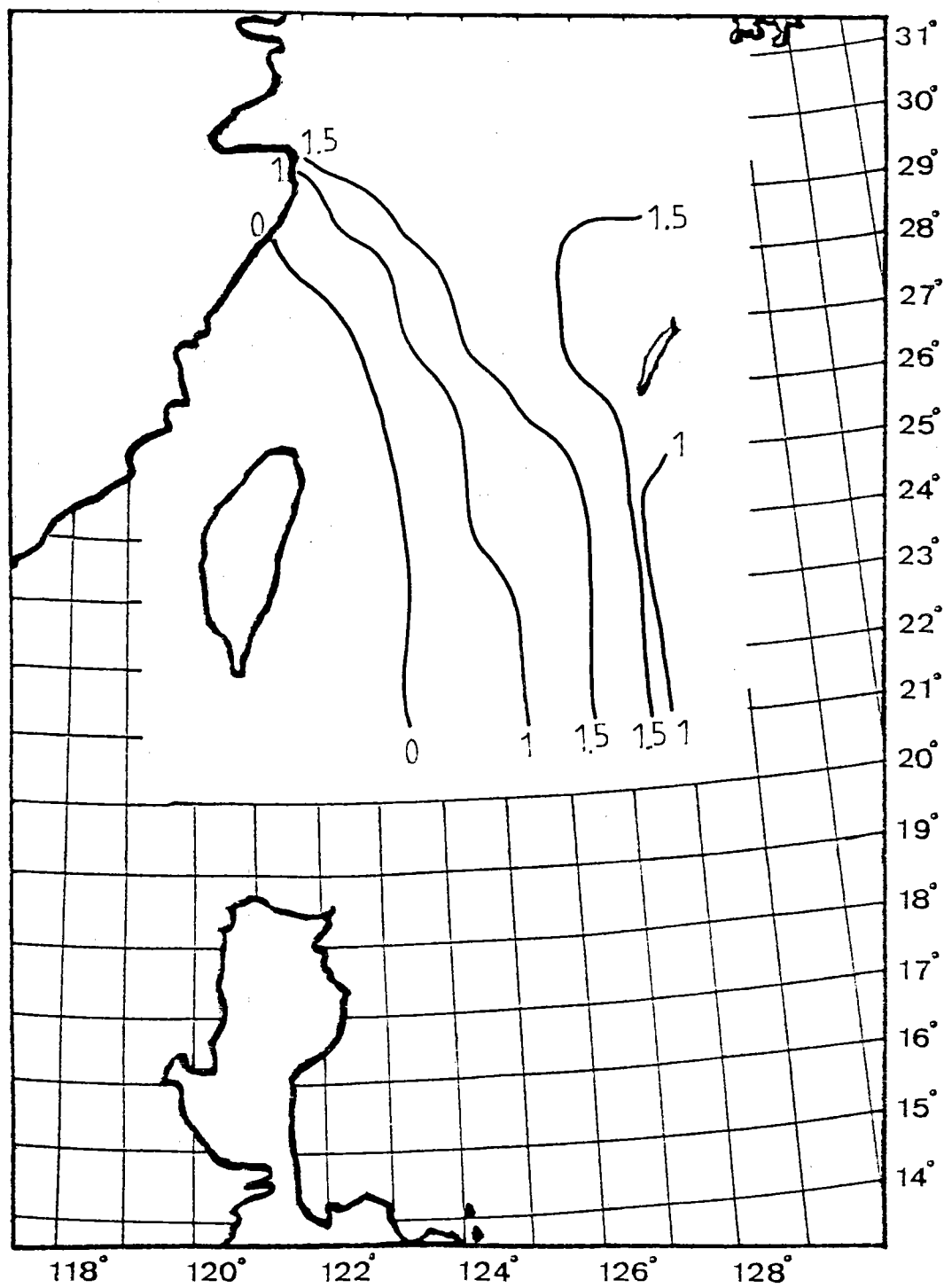
時 間 : 1987.10.23.1200

圖 3 - 48 波浪場等波高線分佈 (模擬颱風 C)



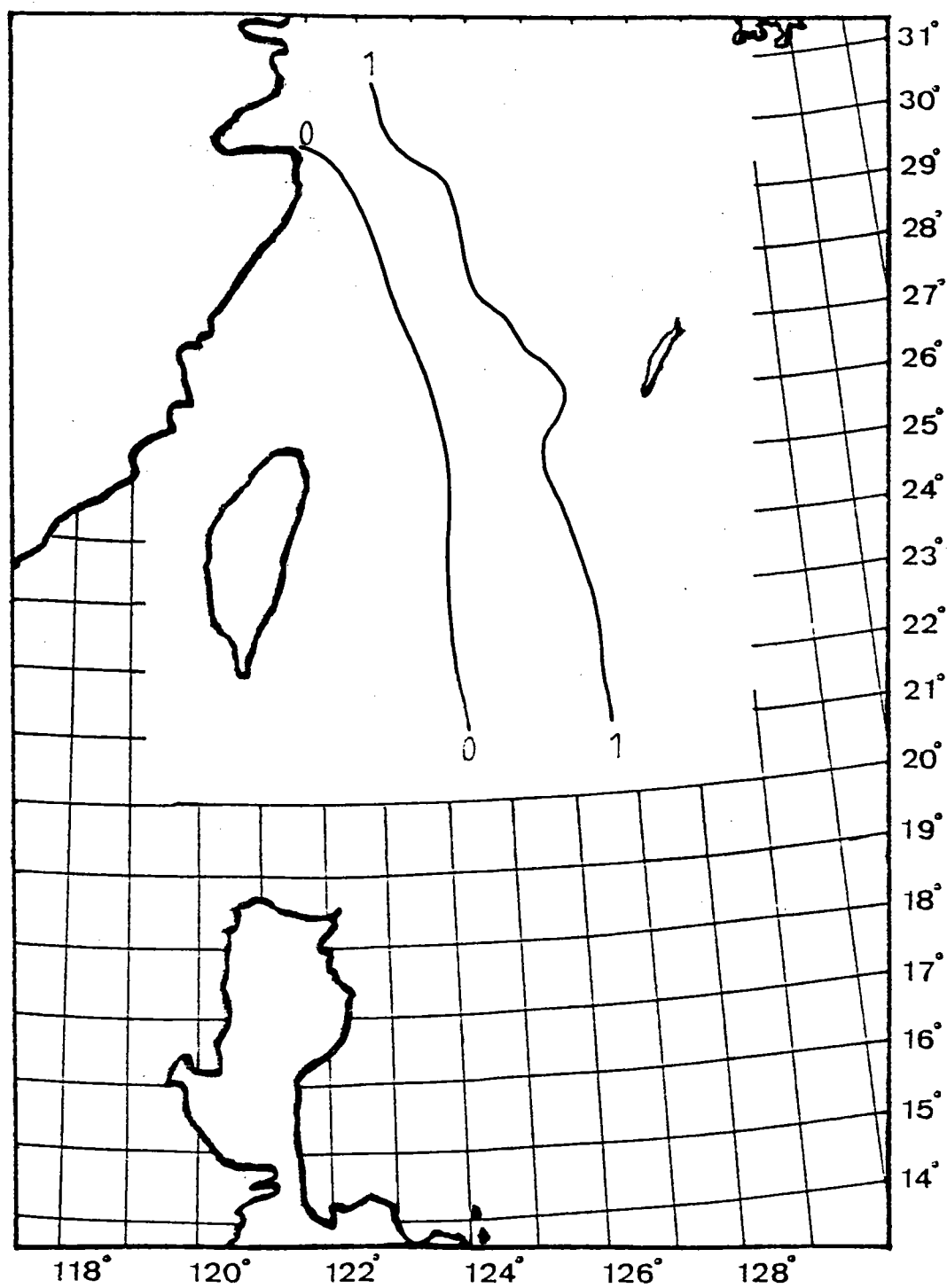
時 間 : 1987.10.23.1500

圖 3 - 49 波浪場等波高線分佈 (模擬颱風 C)



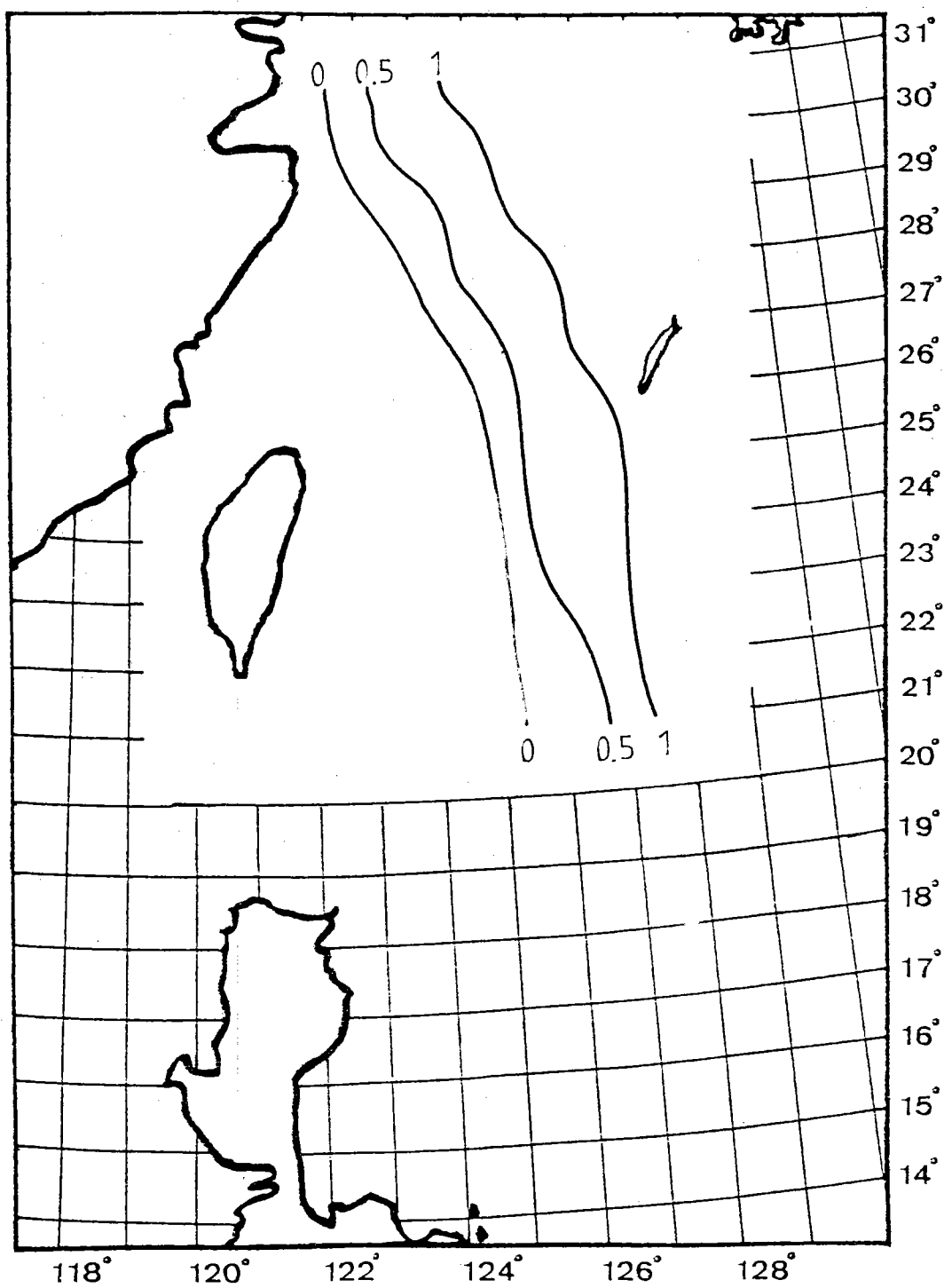
時 間： 1987.10.23.1800

圖 3 - 50 波浪場等波高線分佈 (模擬颱風)



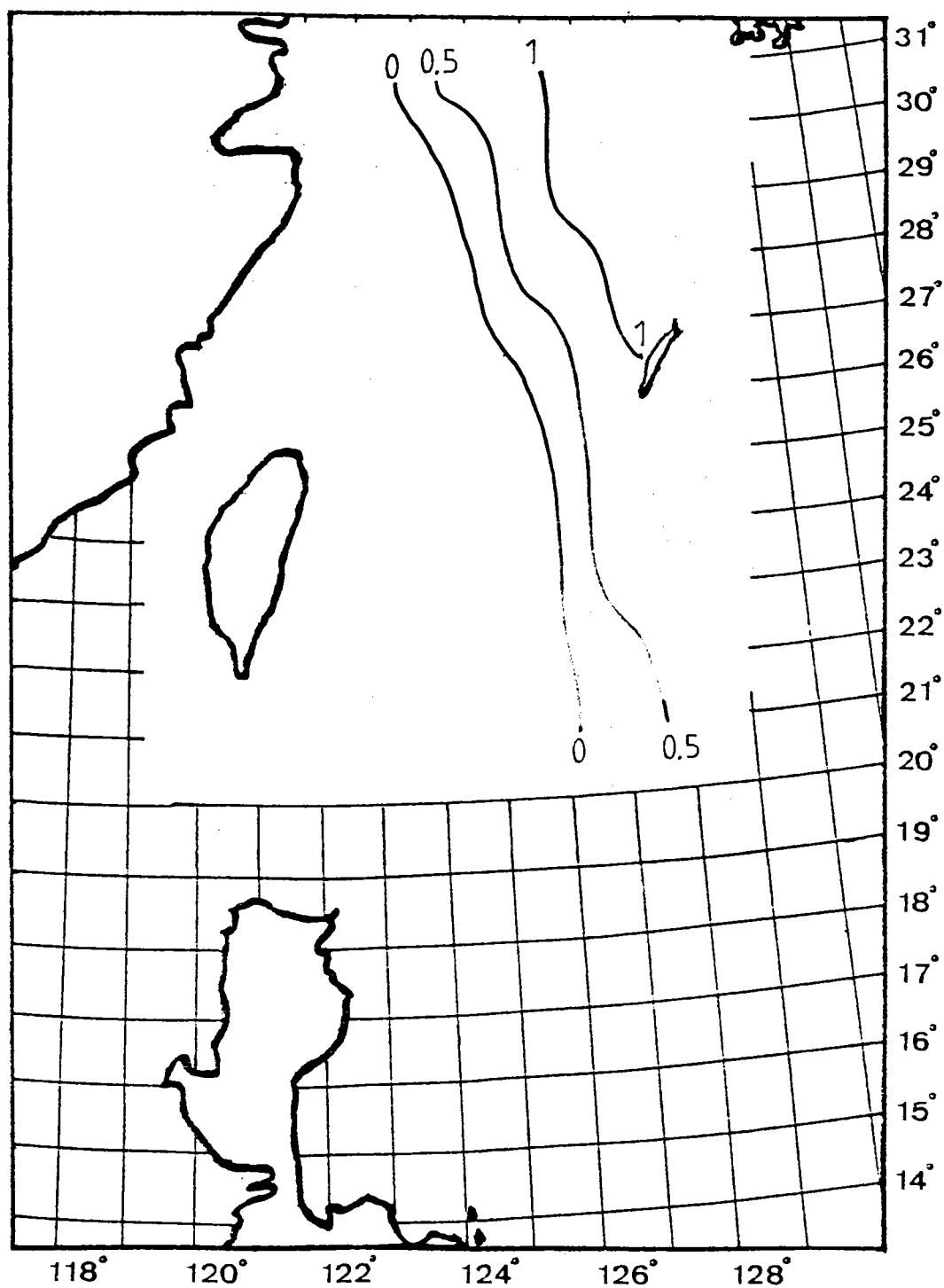
時 間 : 1987.10.23.2100

圖 3 - 51 波浪場等波高線分佈 (模擬颱風 C)



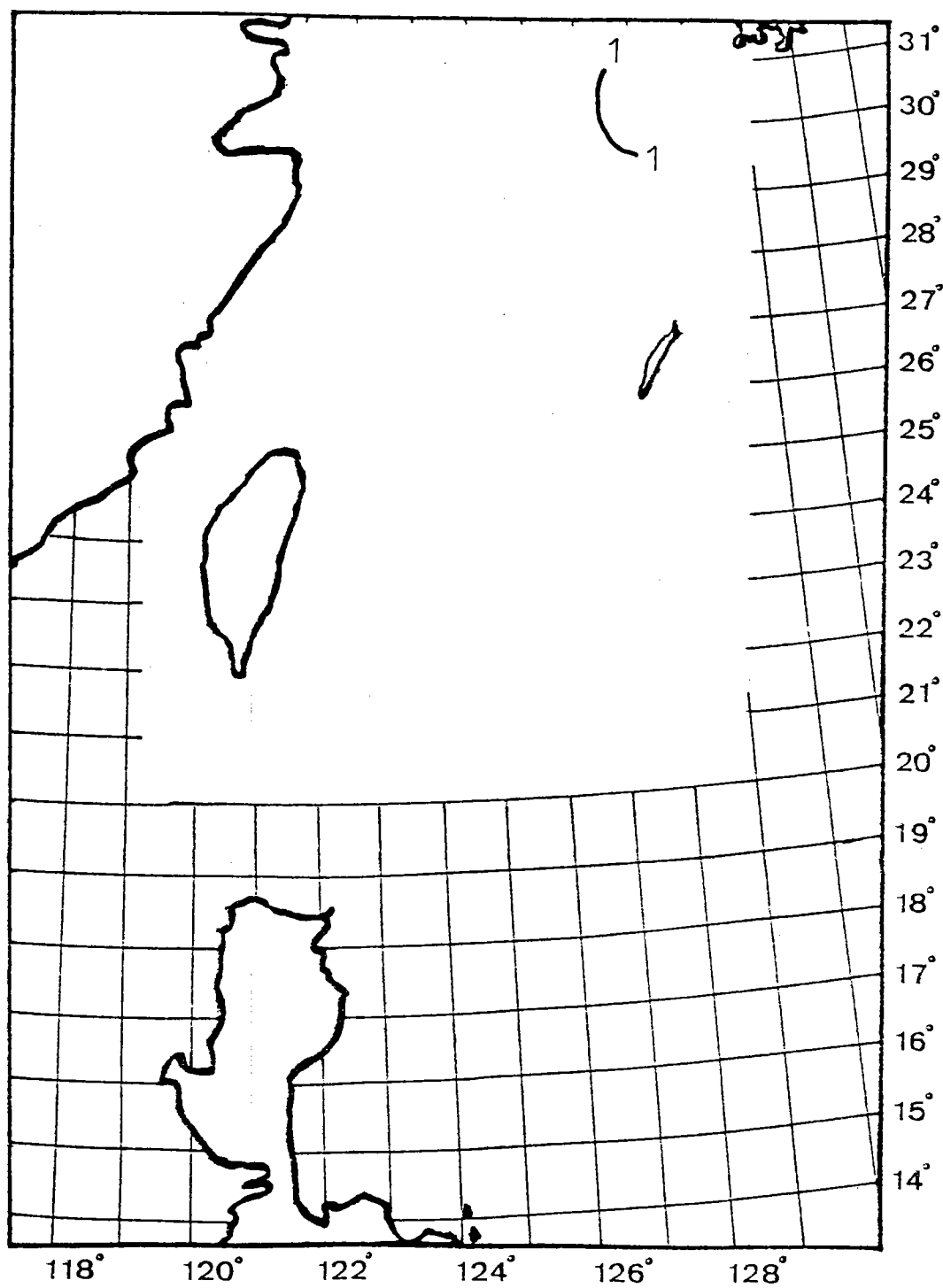
時 間 : 1987.10.24.0000

圖 3 - 52 波浪場等波高線分佈 (模擬颱風 C)



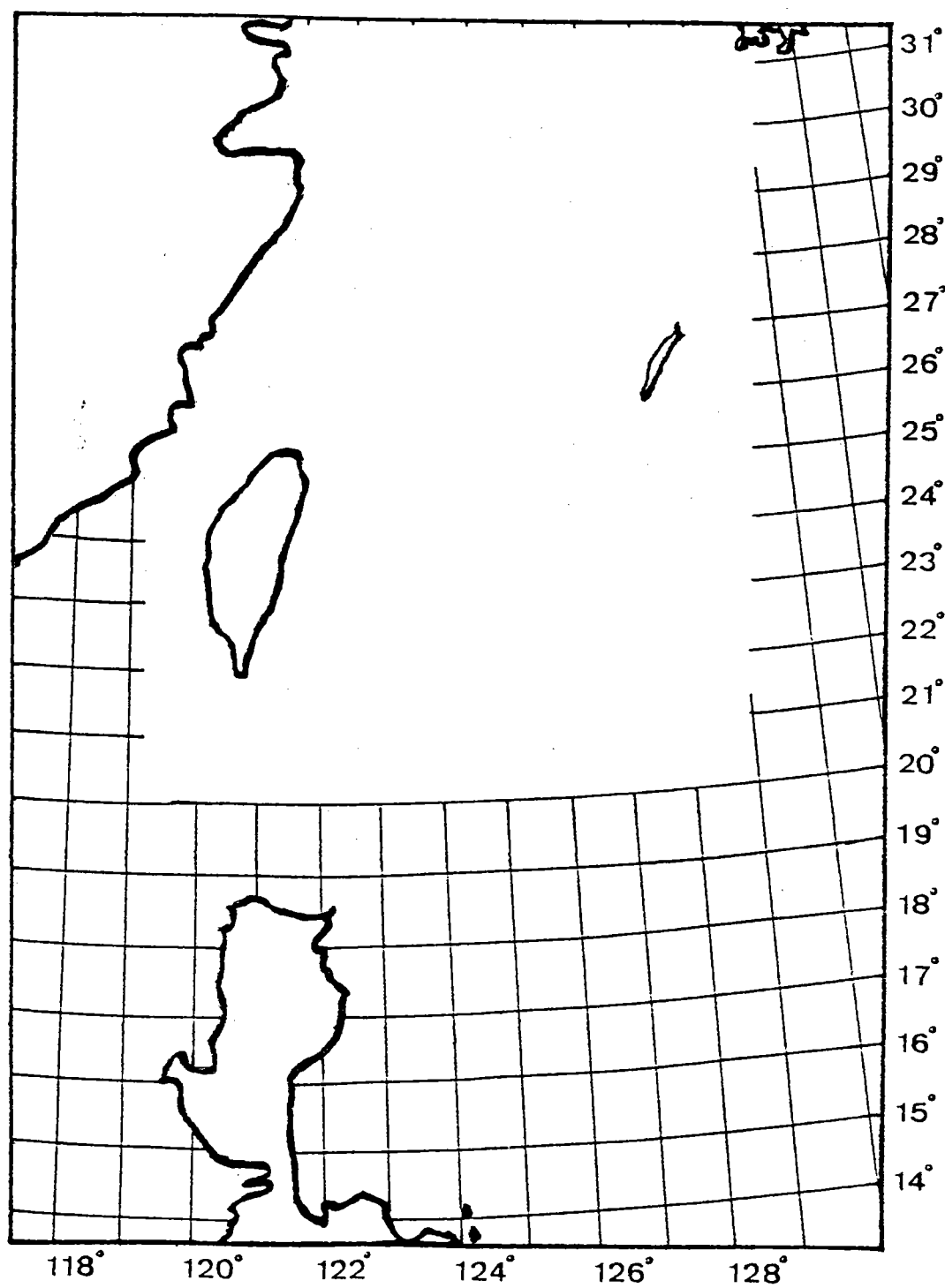
時 間 : 1987.10.24.0300

圖 3 - 53 波浪場等波高線分佈 (模擬颱風 C)



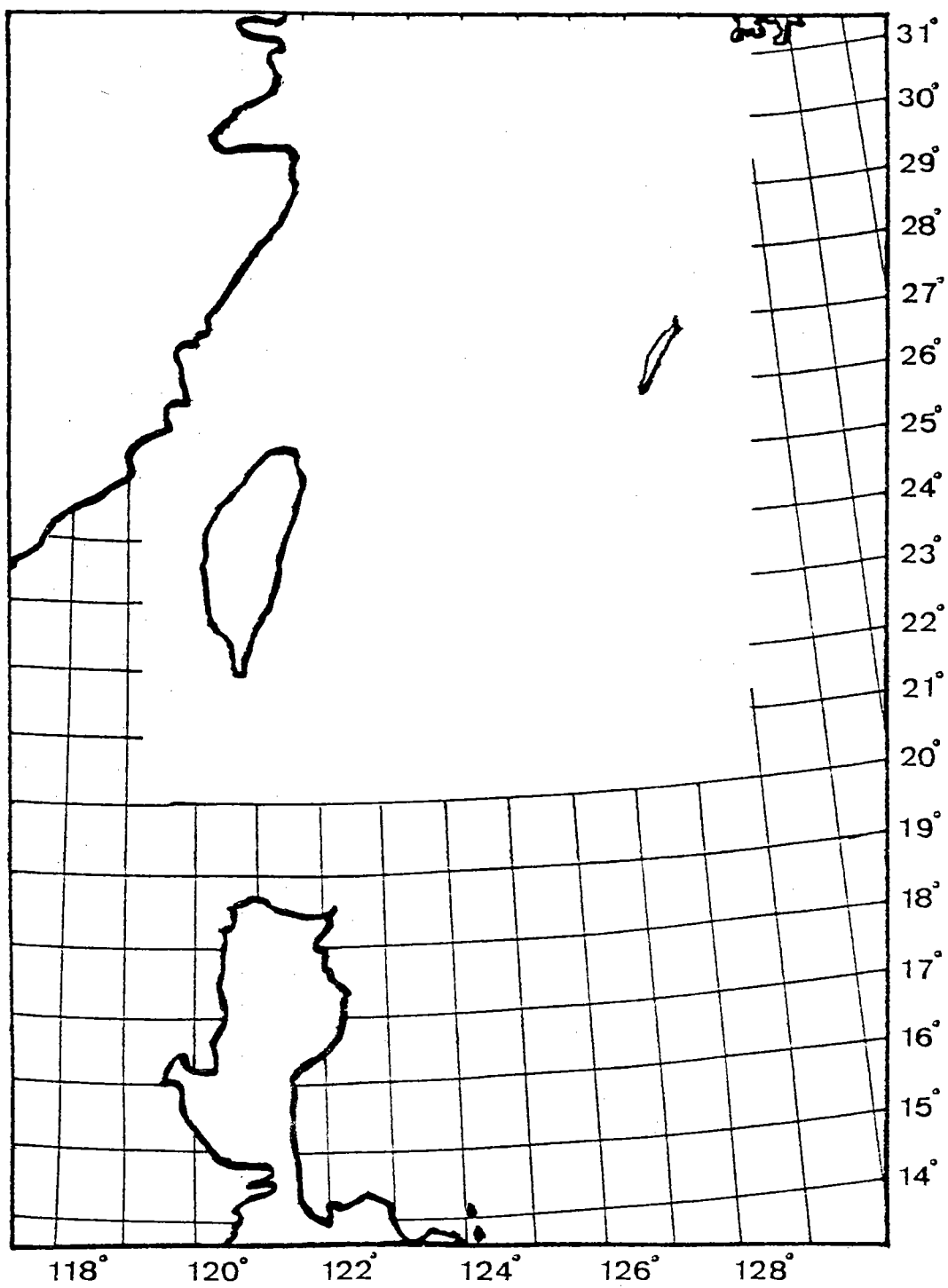
時 間 : 1987.10.24.0600

圖 3 - 54 波浪場等波高線分佈 (模擬颱風 C)



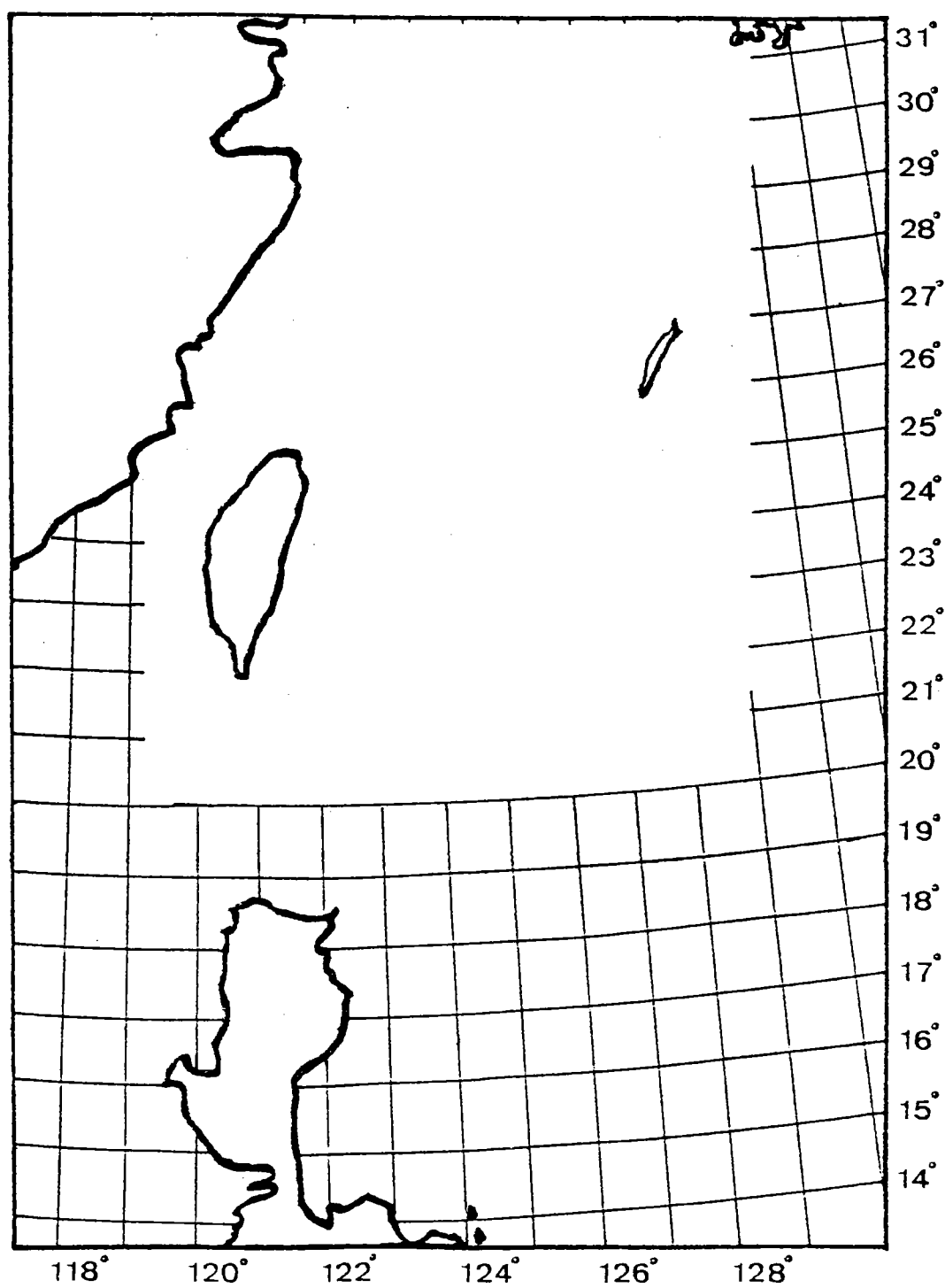
時 間 : 1987.1022.0600

圖 3 - 55 波浪場等波高線分佈 (模擬颱風 D)



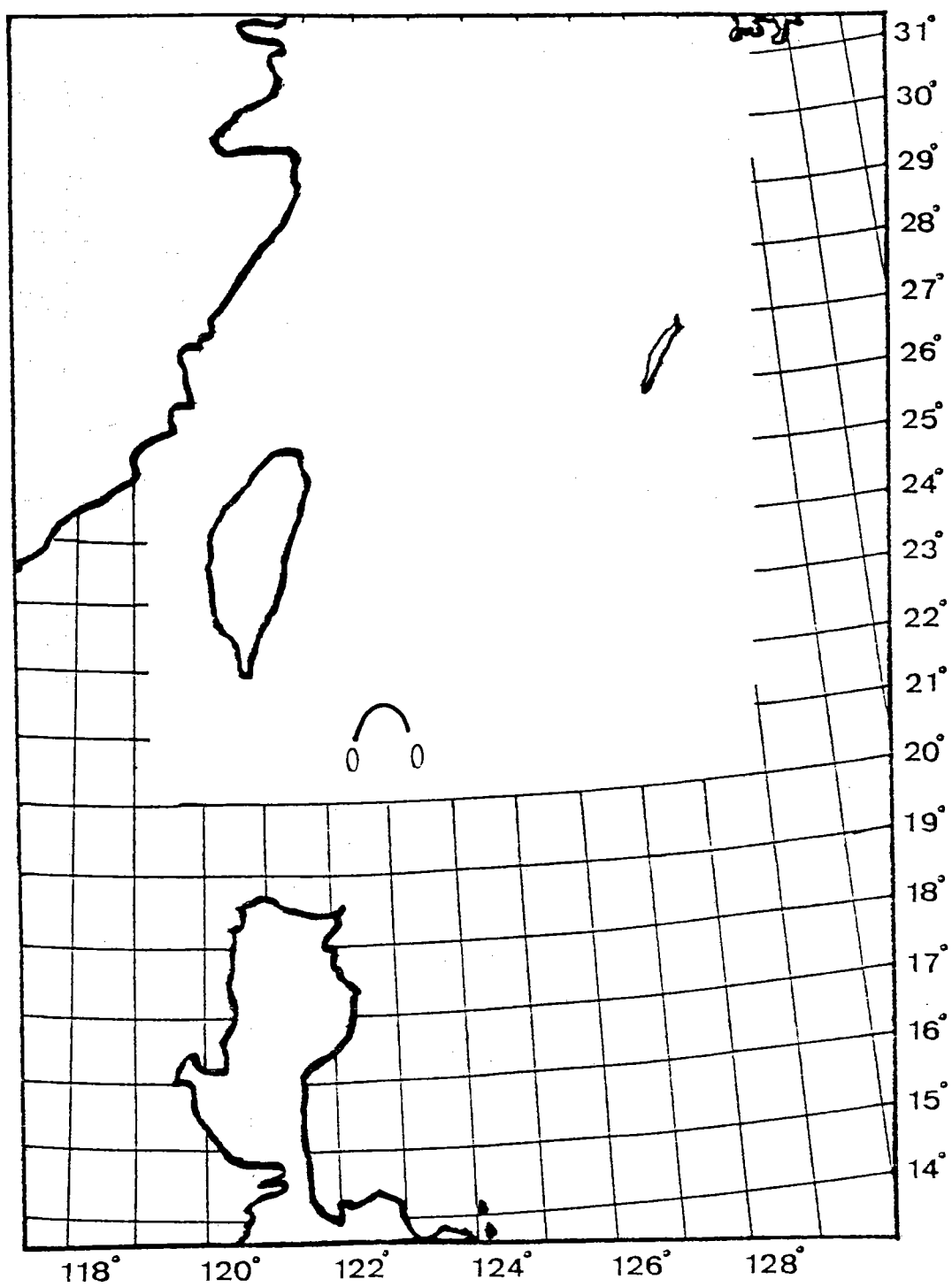
時 間 : 1987.10.22.0900

圖 3 - 56 波浪場等波高線分佈 (模擬颱風 D)



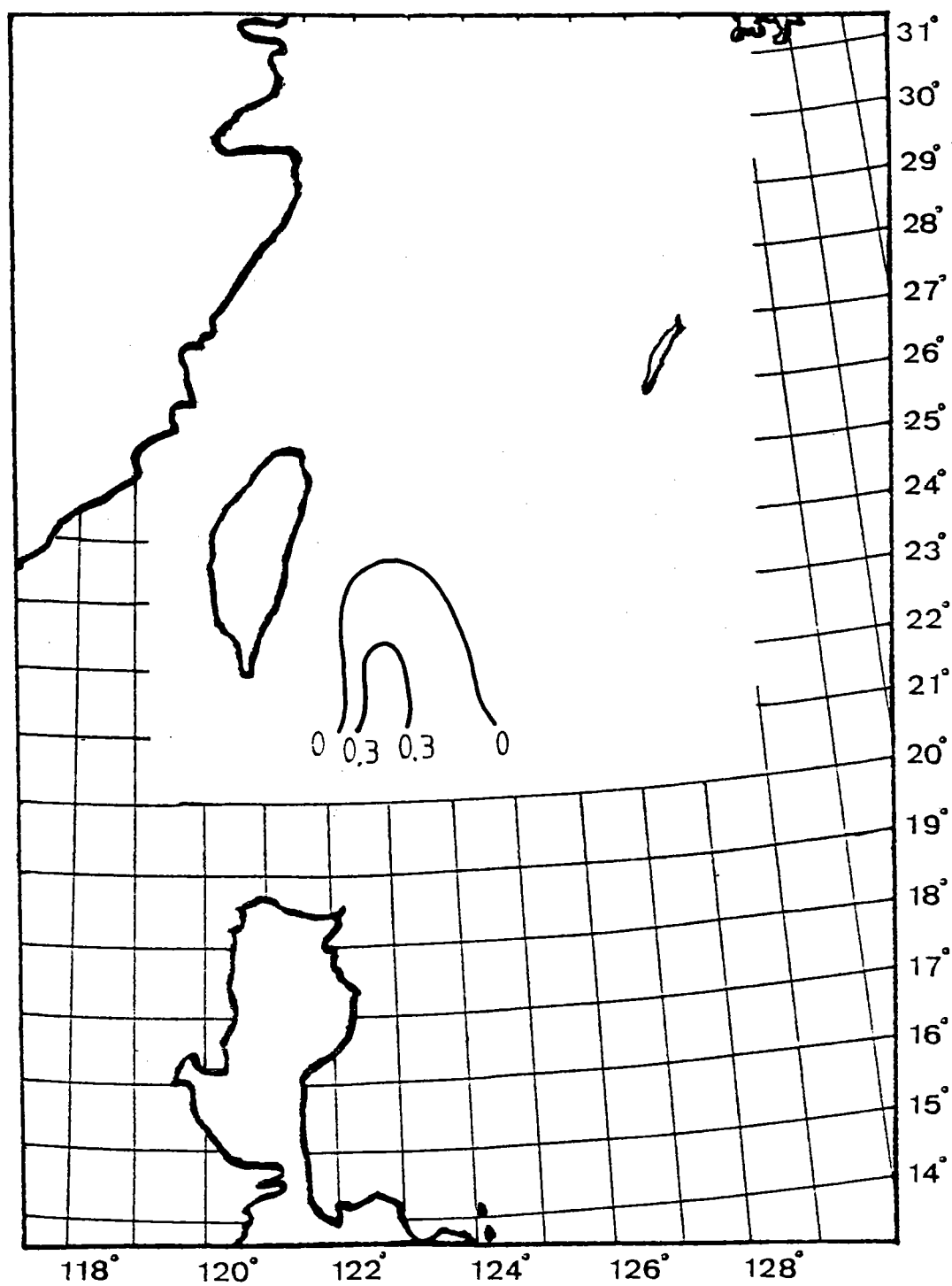
時 間 : 1987.10.22.1200

圖 3 - 57 波浪場等波高線分佈 (模擬颱風 D)



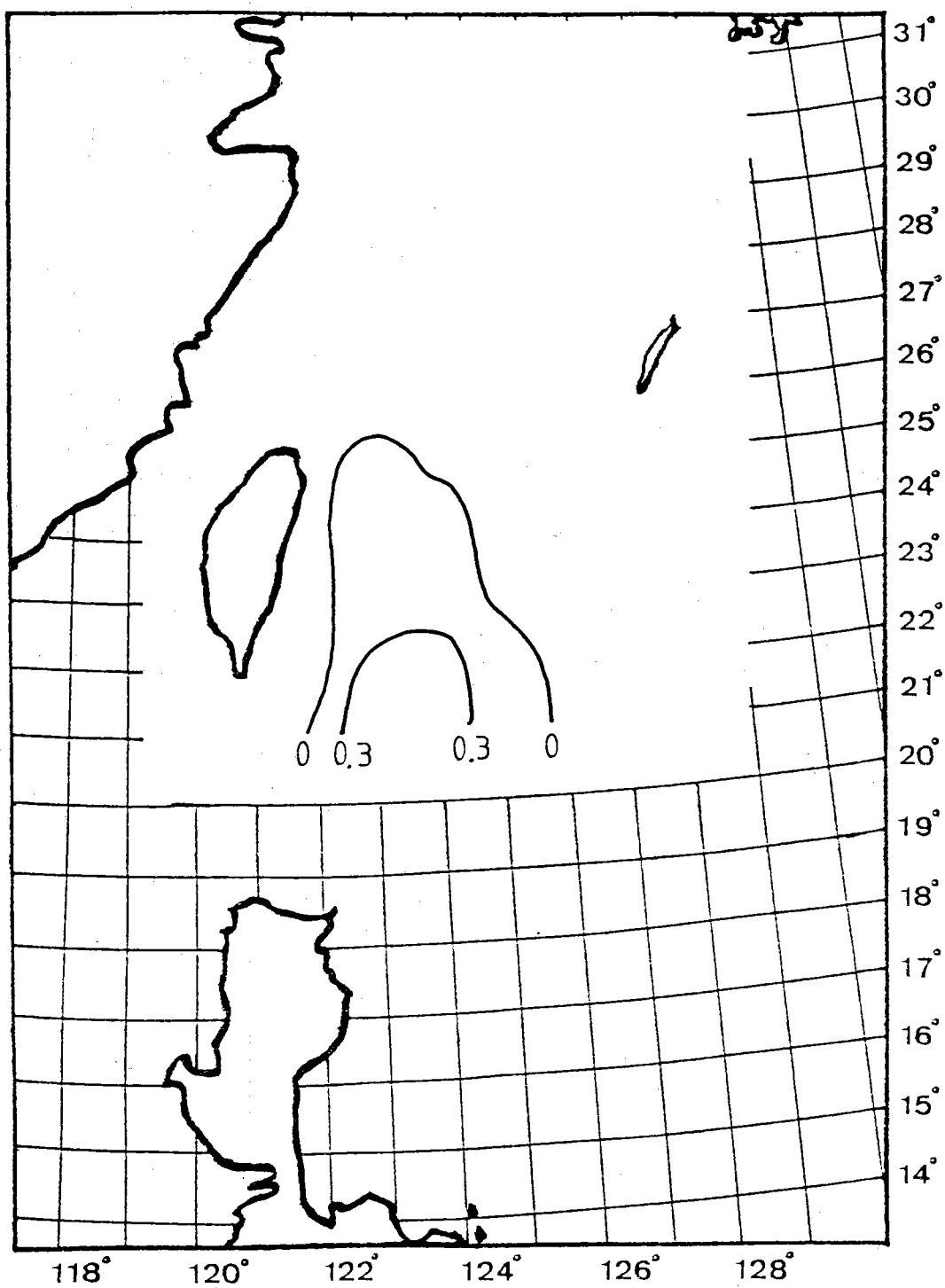
時間：1987.10.22.1500

圖 3 - 58 波浪場等波高線分佈 (模擬颱風 D)



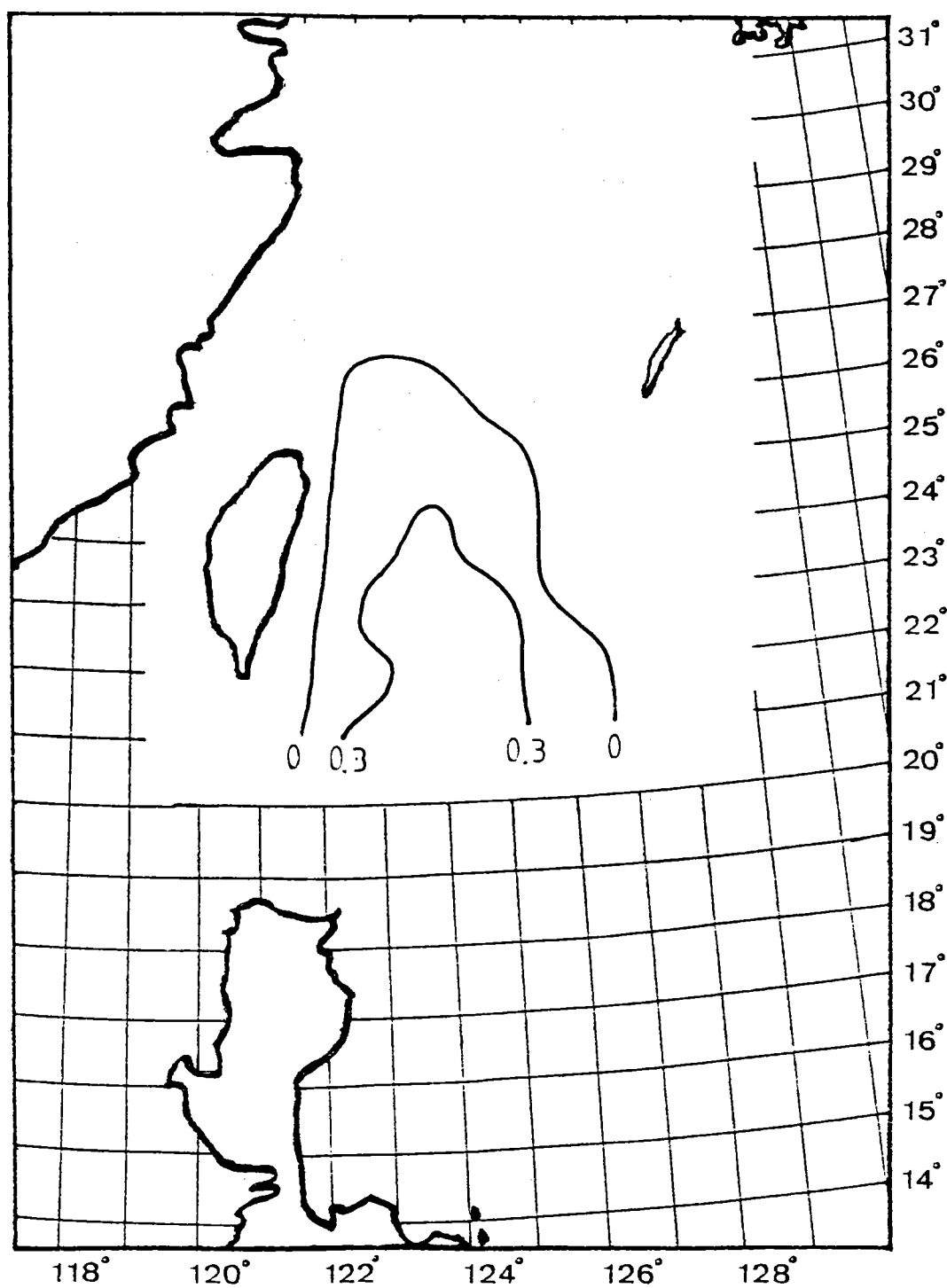
時 間 : 1987.10.22.1800

圖 3 - 59 波浪場等波高線分佈 (模擬颱風 D)



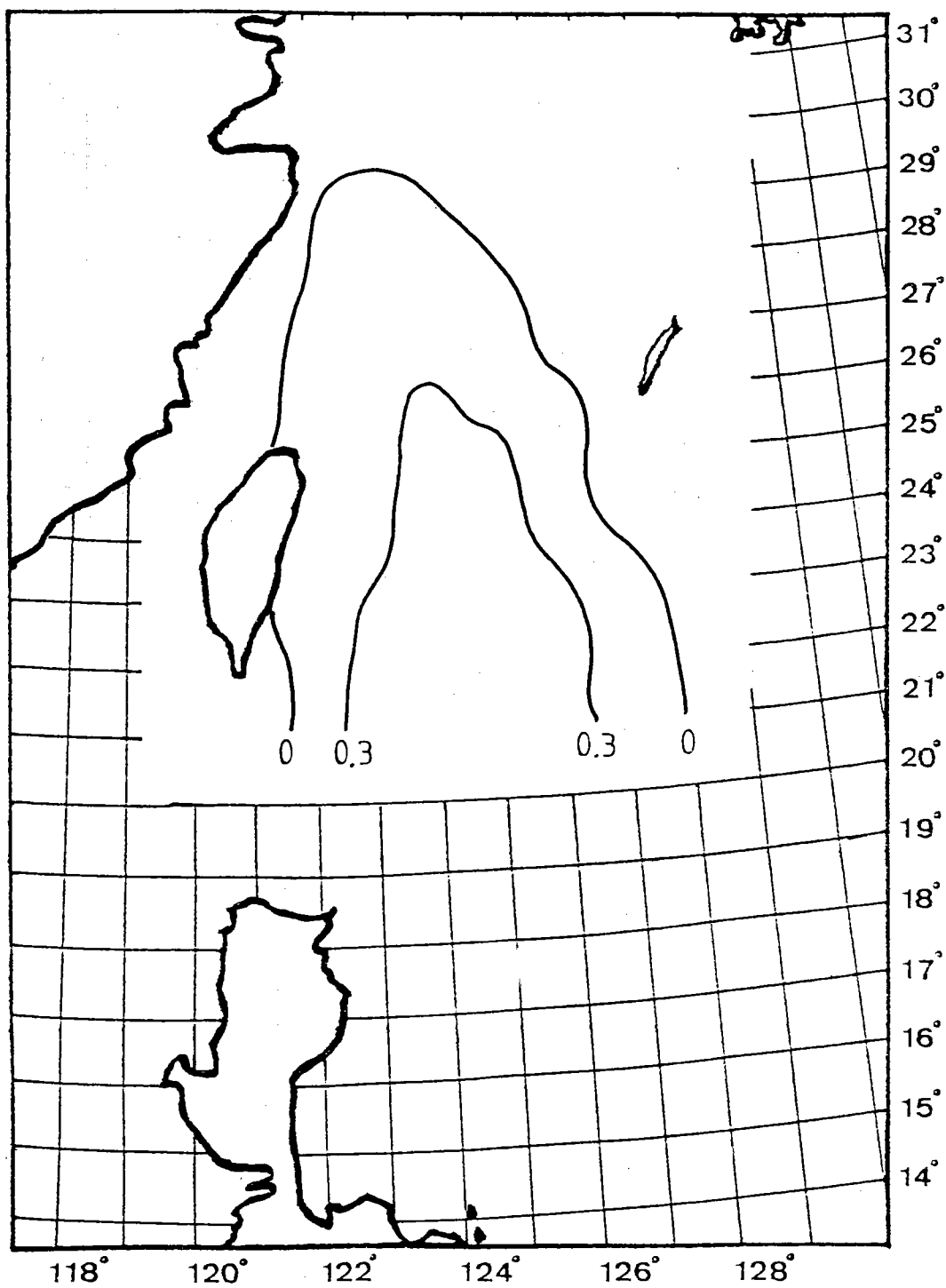
時 間 : 1987.10.22.2100

圖 3 - 60 波浪場等波高線分佈 (模擬颱風 D)



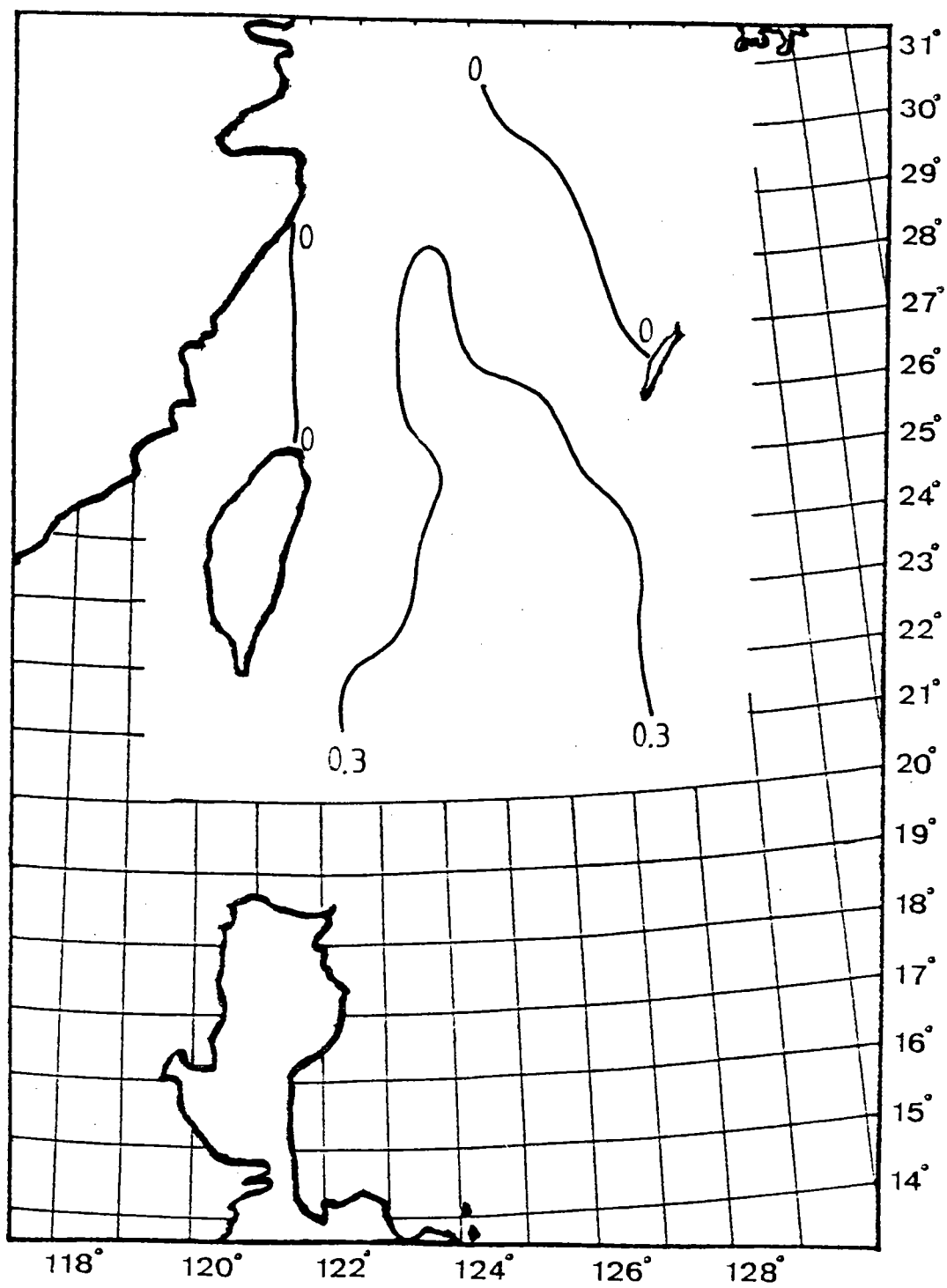
時 間 : 1987.10.23.0000

圖 3 - 61 波浪場等波高線分佈 (模擬颱風 D)



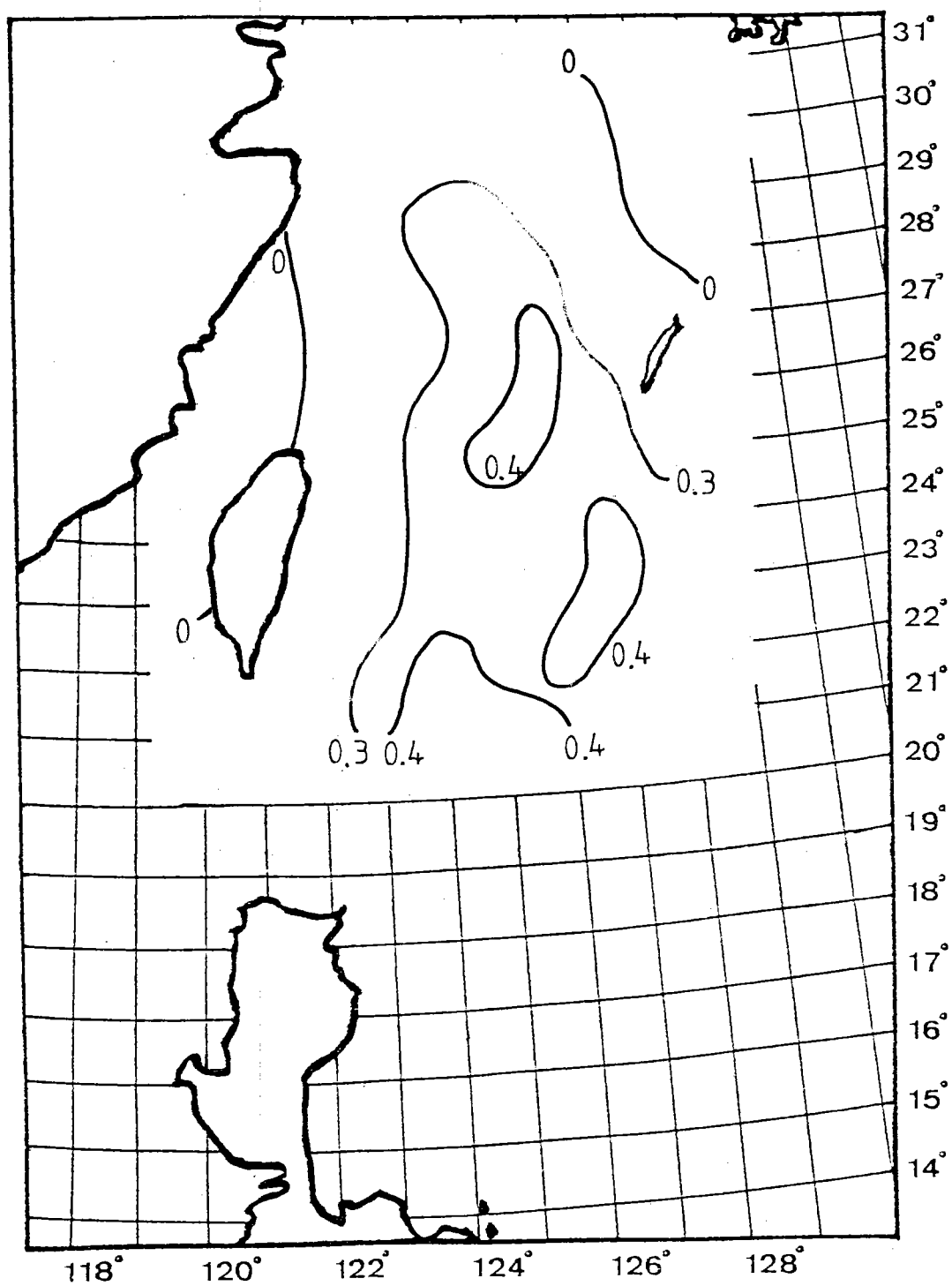
時 間 : 1987.10.23.0300

圖 3 - 62 波浪場等波高線分佈 (模擬颱風 D)



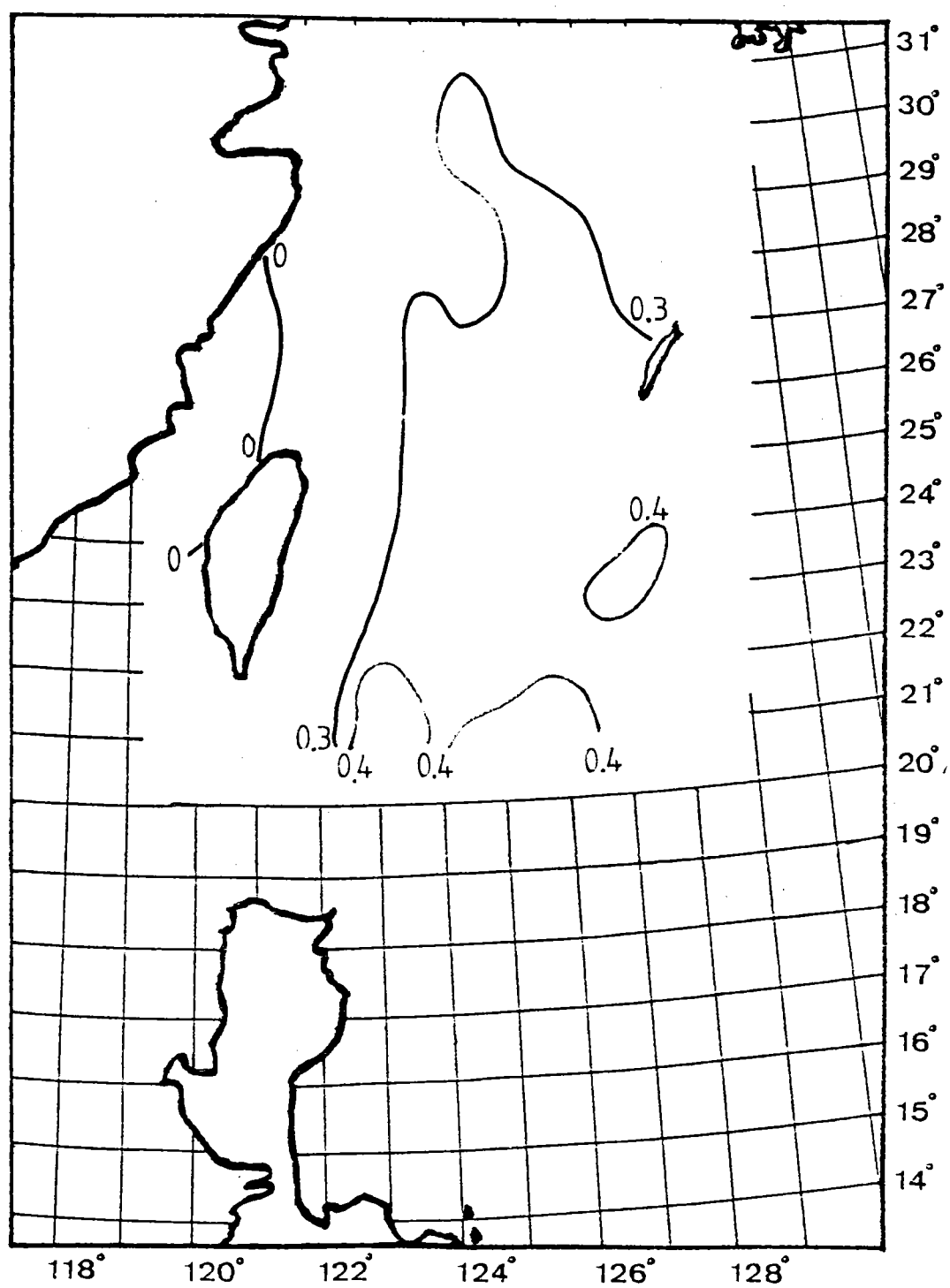
時 間 : 1987.10.23.0600

圖 3 - 63 波浪場等波高線分佈 (模擬颱風 D)



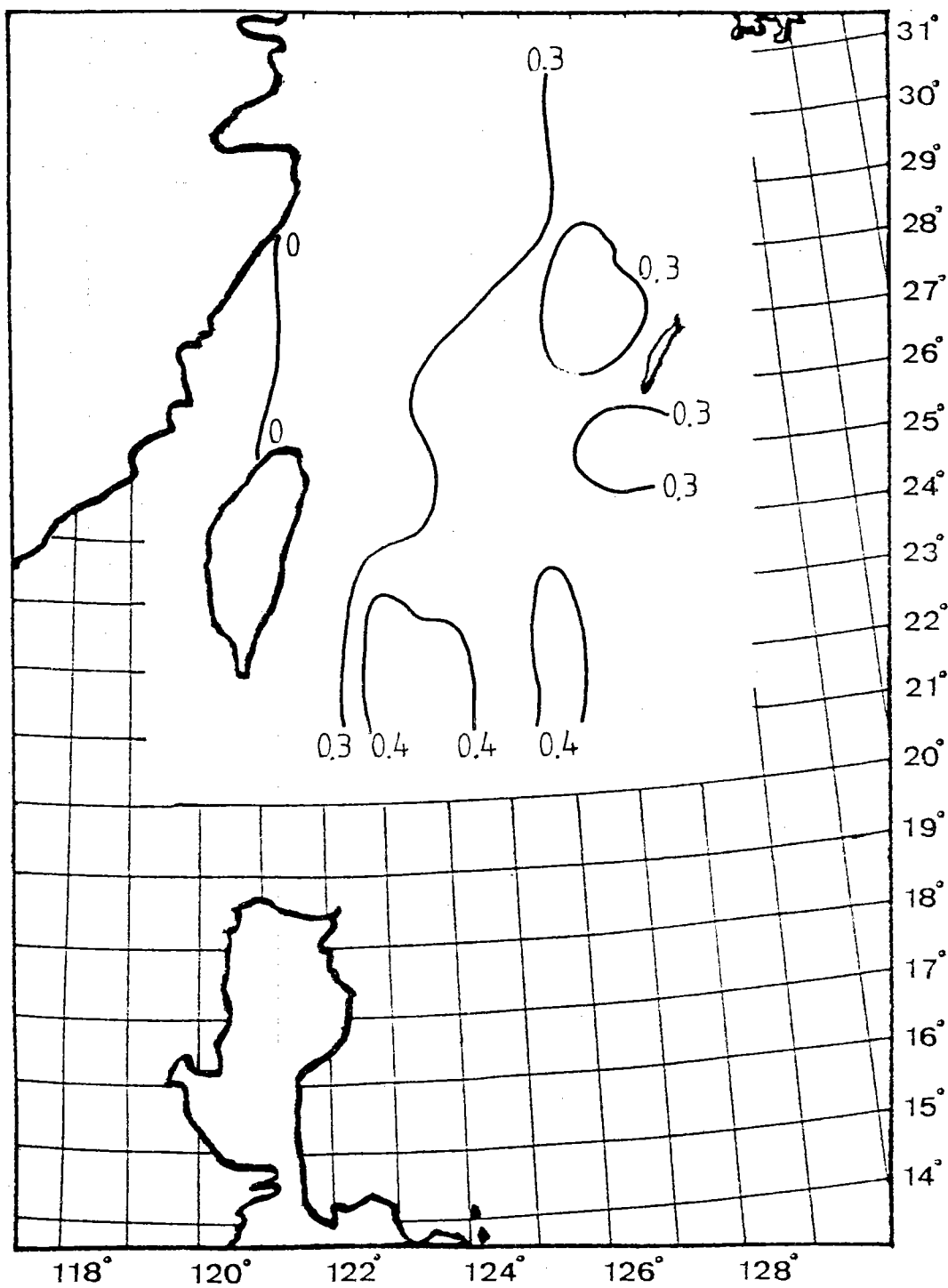
時 間 : 1987.10.23.0900

圖 3 - 64 波浪場等波高線分佈 (模擬颱風 D)



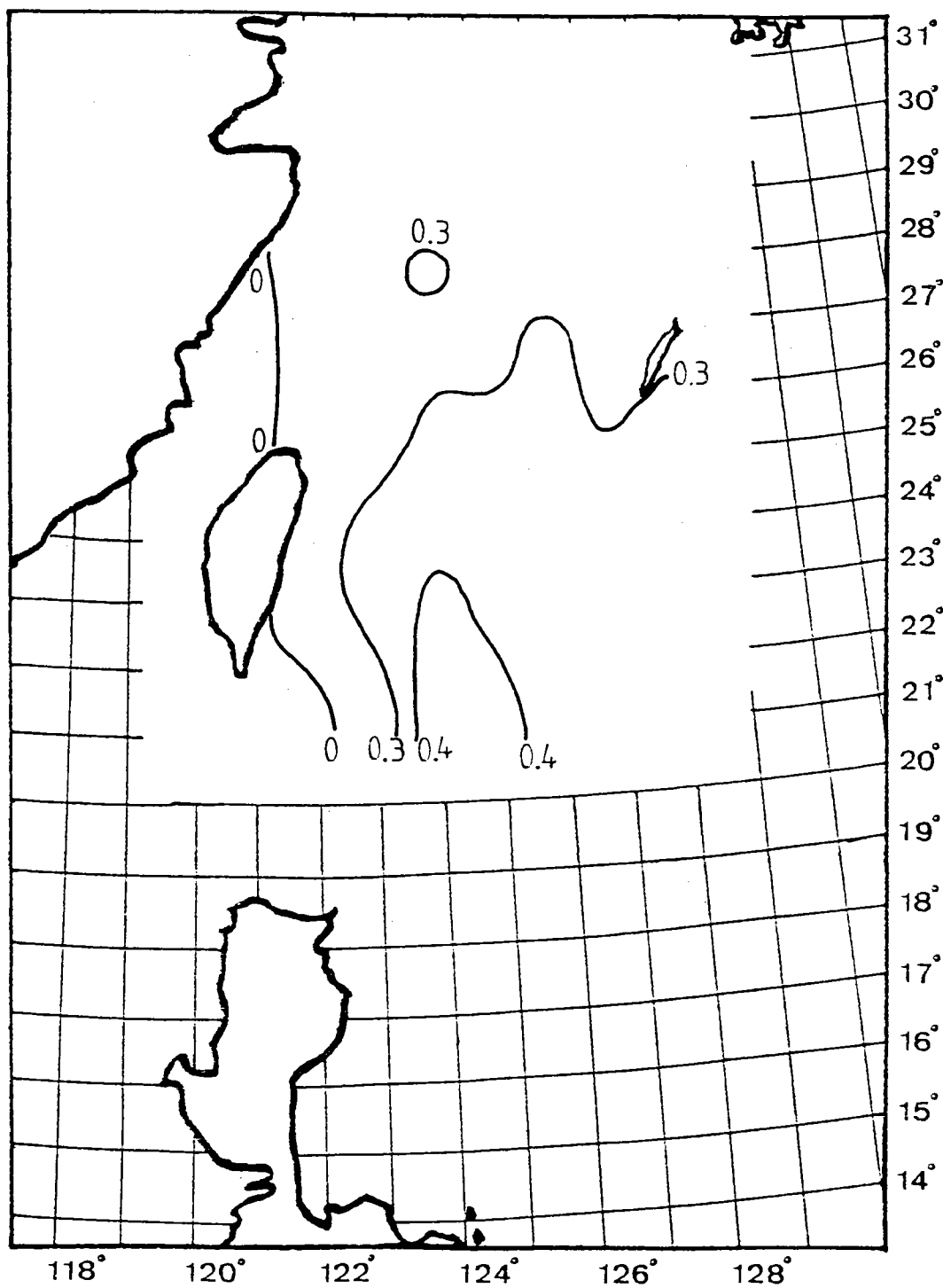
時 間 : 1987.10.23.1200

圖 3 - 65 波浪場等波高線分佈 (模擬颱風 D)



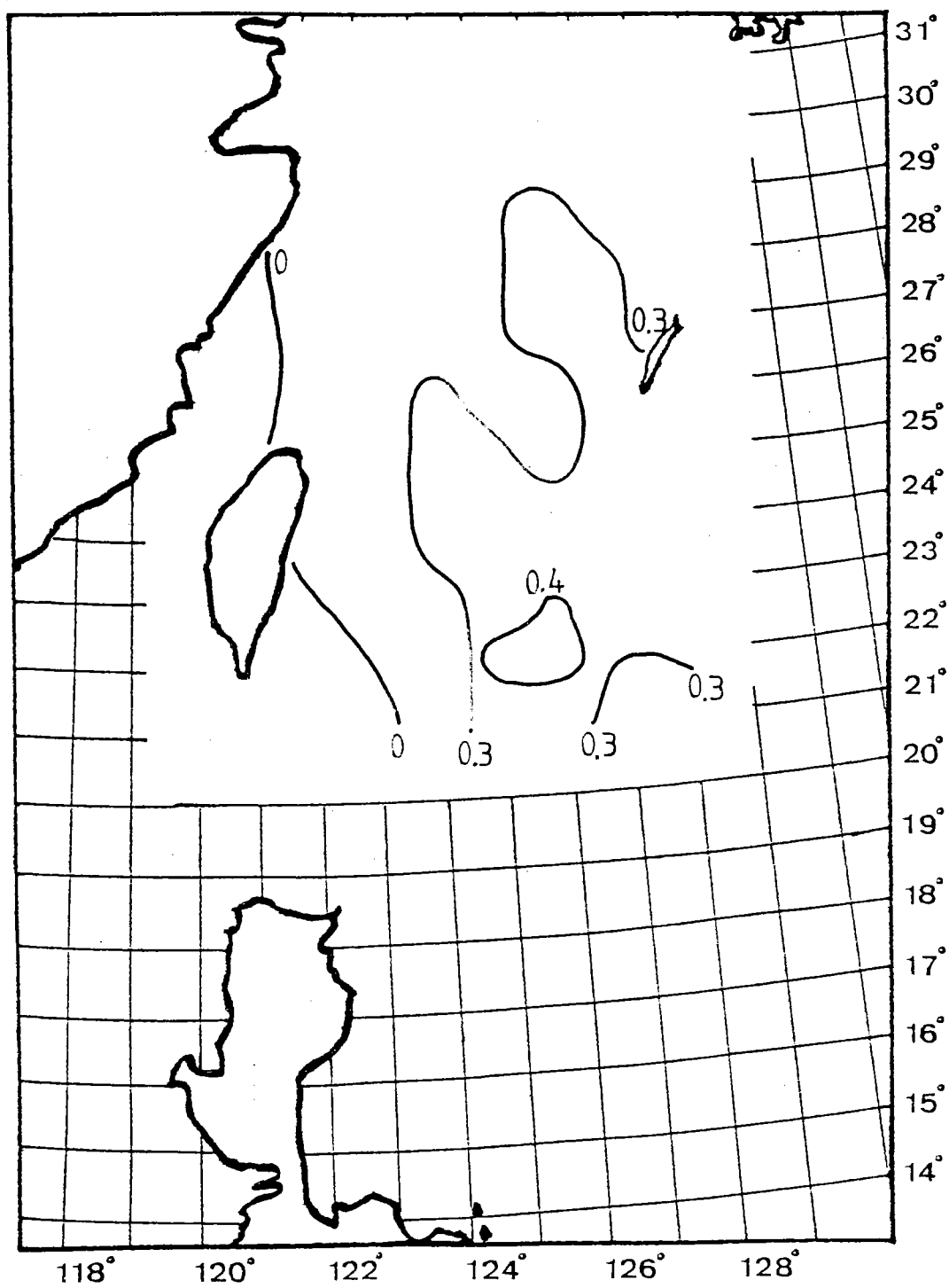
時 間 : 1987.10.23.1500

圖 3 - 66 波浪場等波高線分佈 (模擬颱風 D)



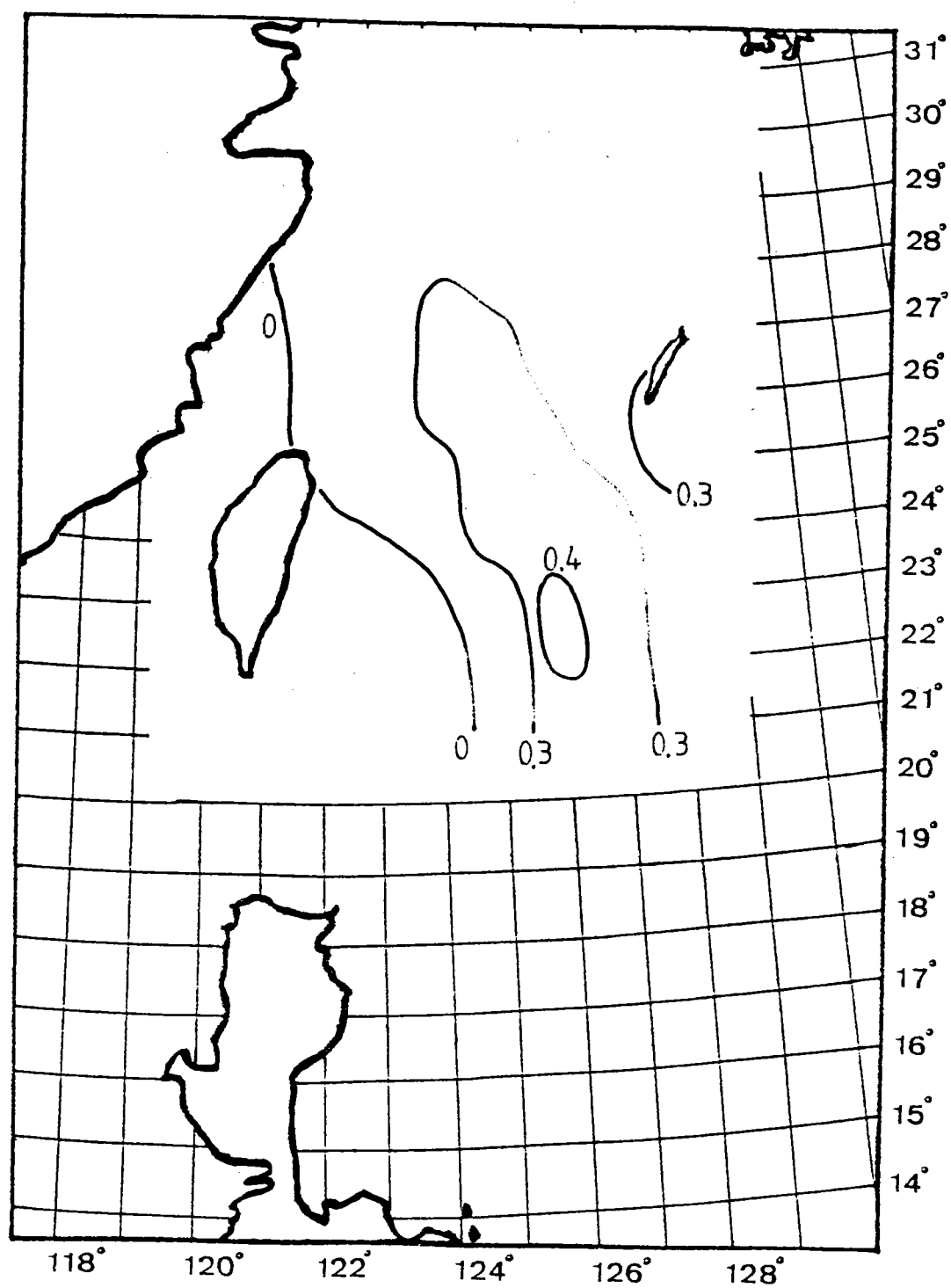
時間 : 1987.10.23.1800

圖 3 - 67 波浪場等波高線分佈 (模擬颱風 D)



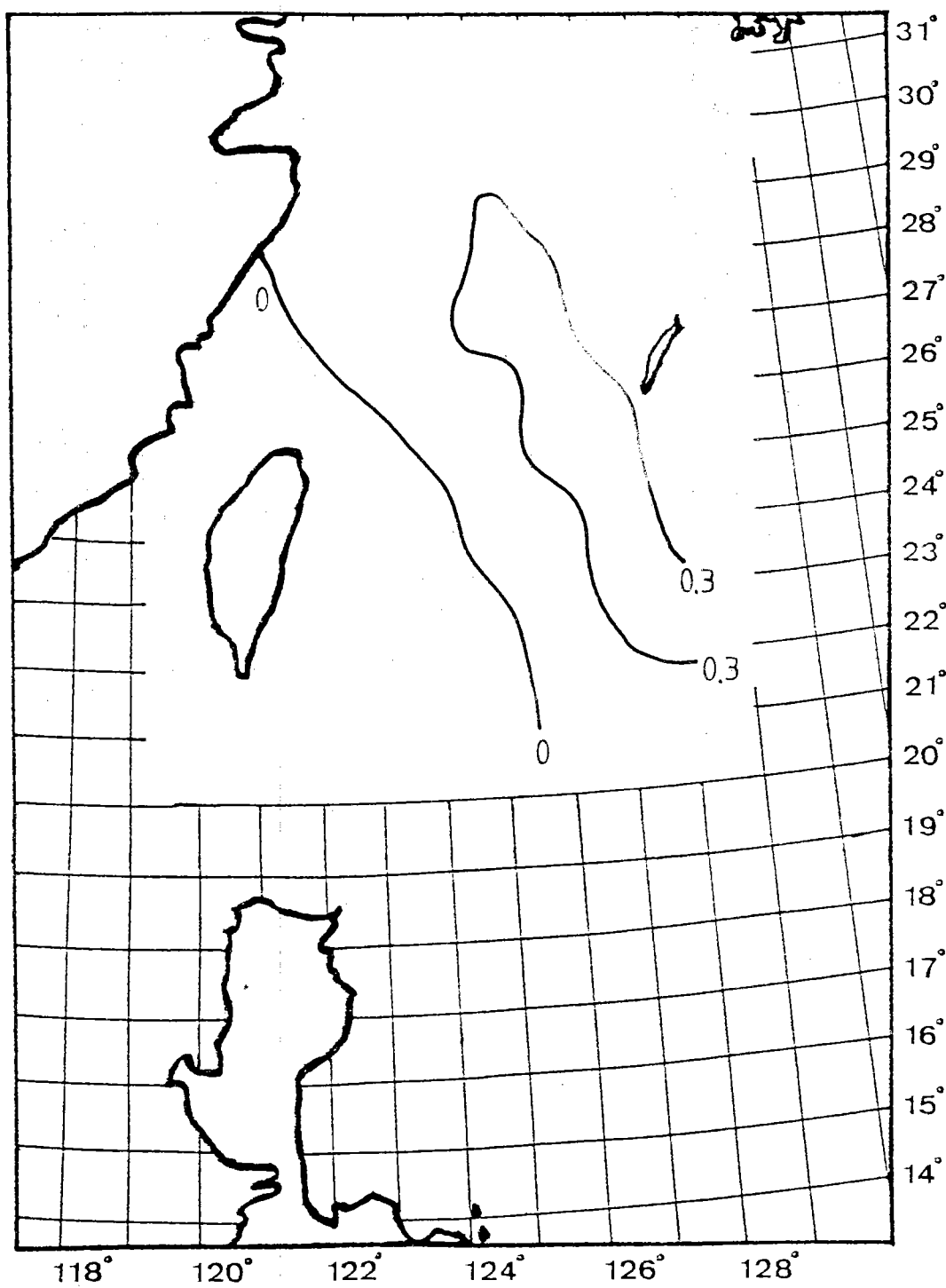
時 間 : 1987.10.23.2100

圖 3 - 68 波浪場等波高線分佈 (模擬颱風 D)



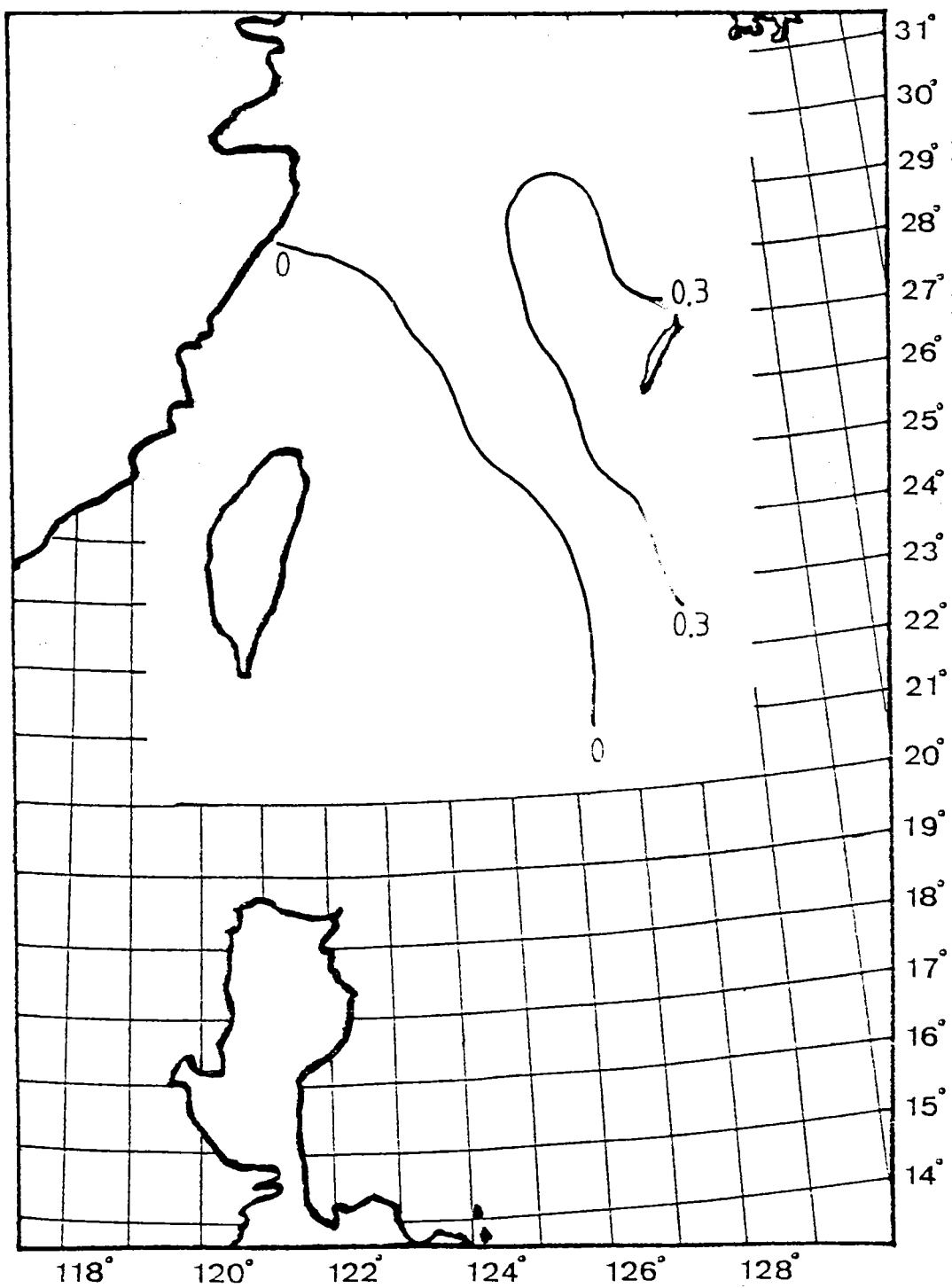
時 間 : 1987.10.24.0000

圖 3 - 69 波浪場等波高線分佈 (模擬颱風 D)



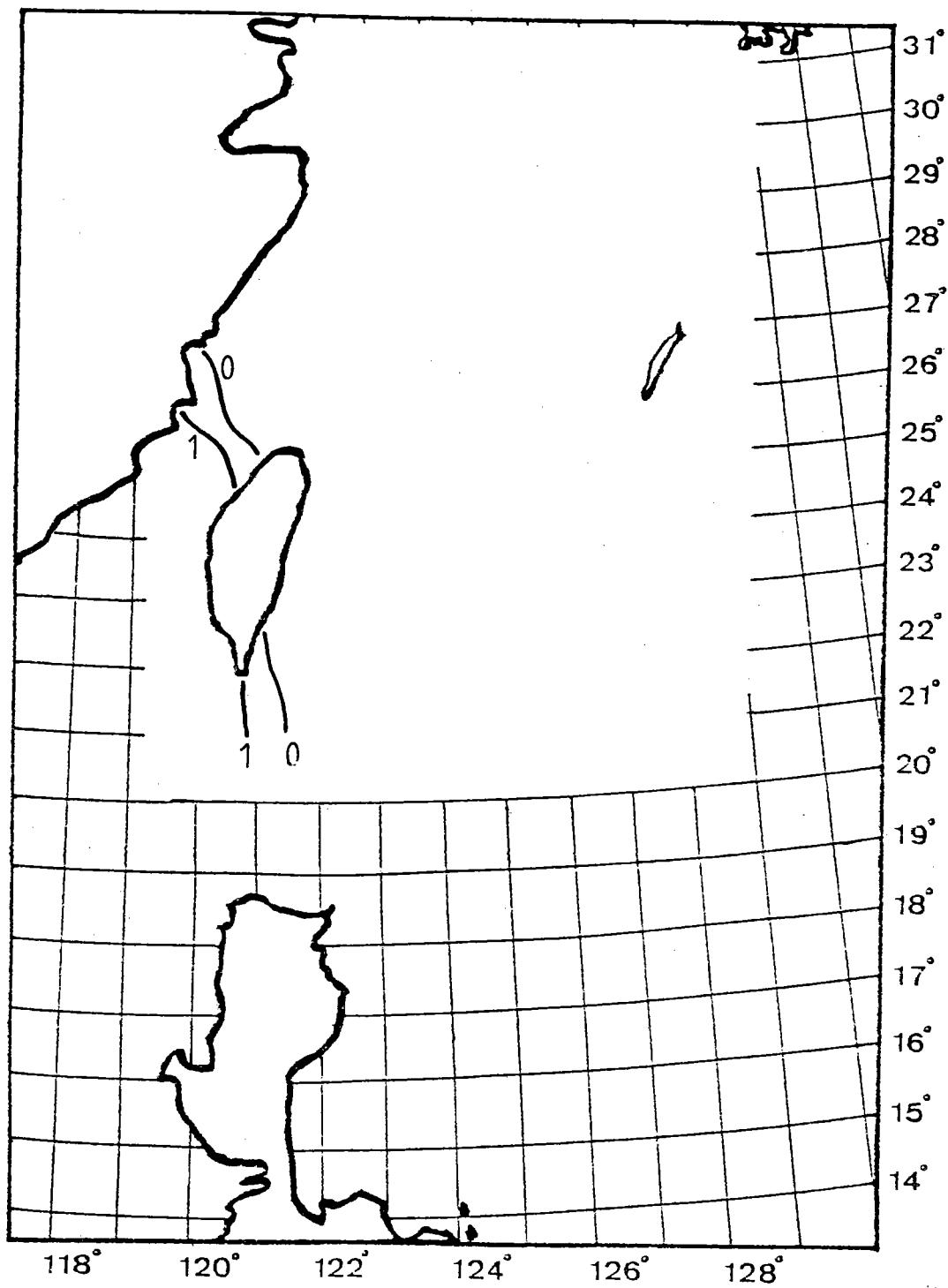
時 間 : 1987.10.24.0300

圖 3 - 70 波浪場等波高線分佈 (模擬颱風 D)



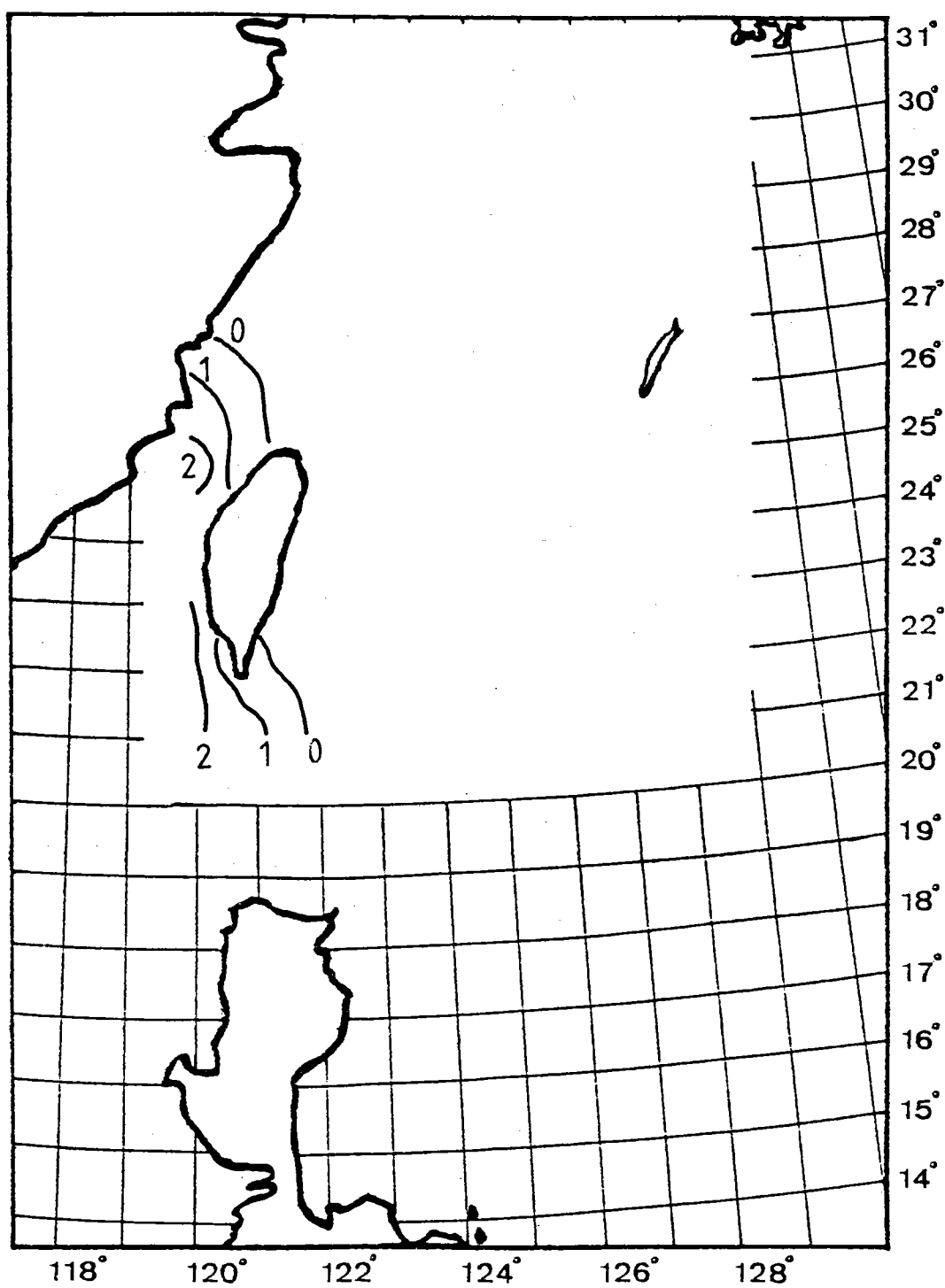
時 間 : 1987.10.24.0600

圖 3 - 71 波浪場等波高線分佈 (模擬颱風 D)



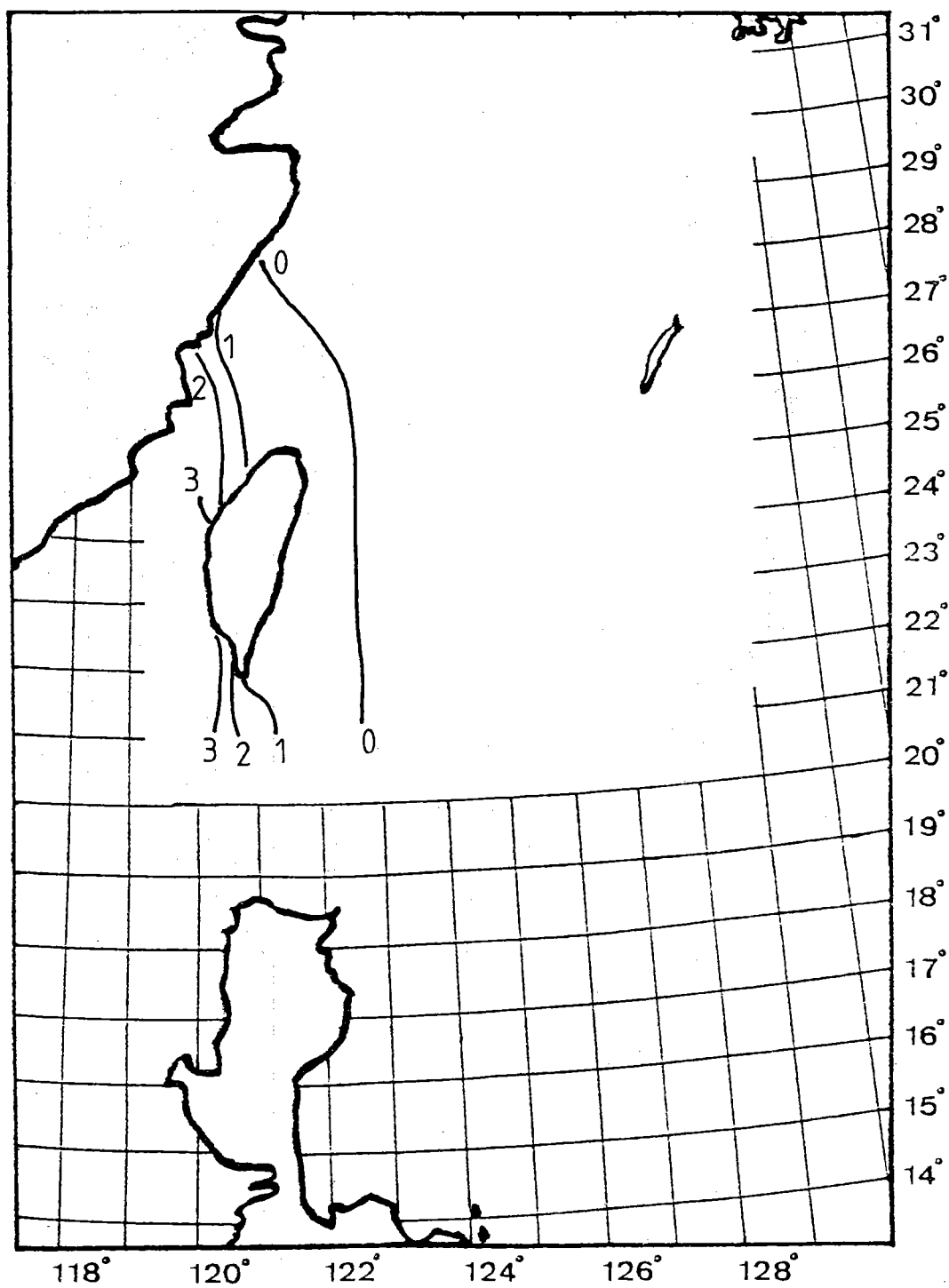
時 間 : 1987.1022.1200

圖 3 - 72 波浪場等波高線分佈 (模擬颱風 E)



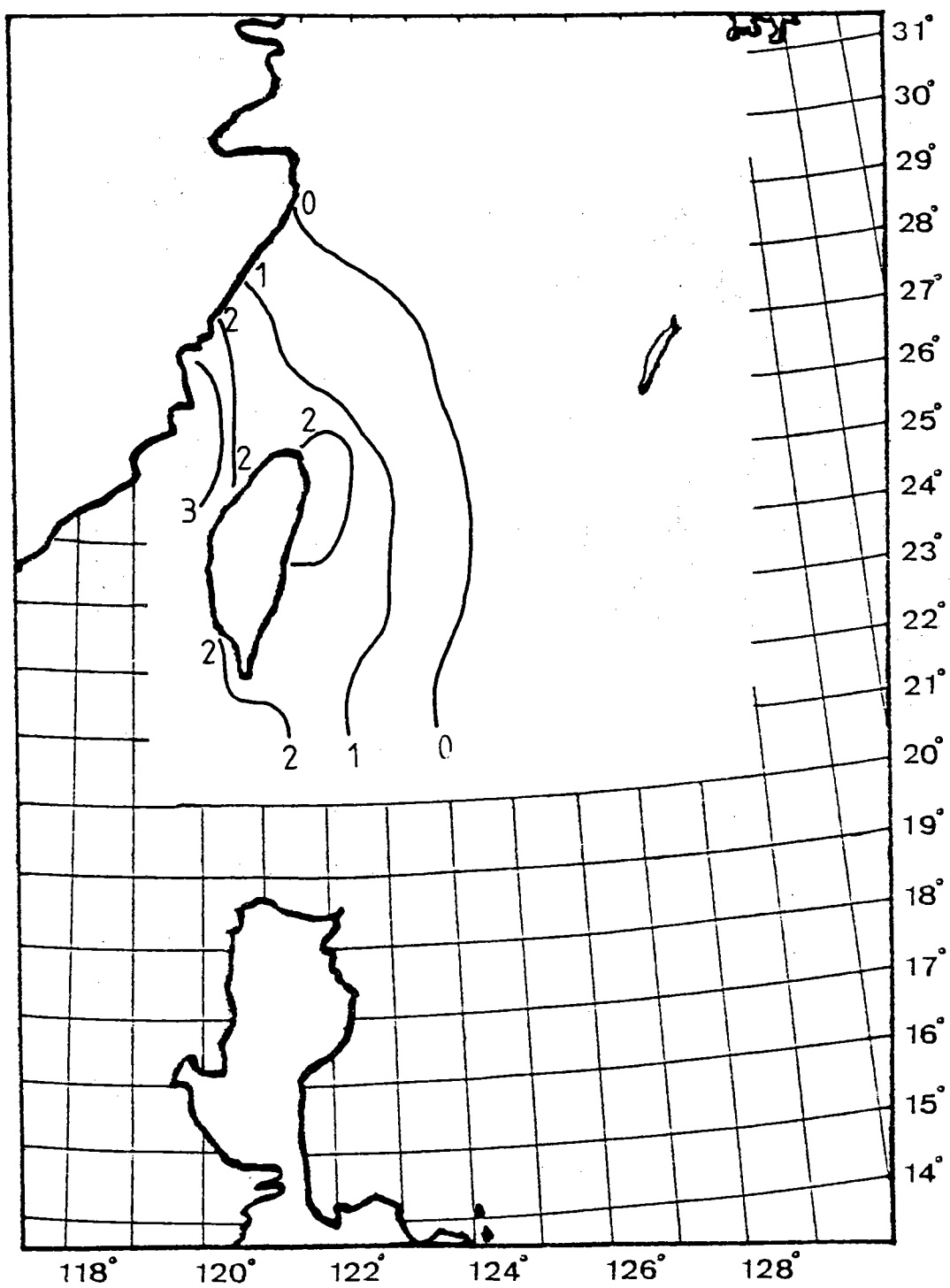
時 間 : 1987.1022.1500

圖 3 - 73 波浪場等波高線分佈 (模擬颱風 E)



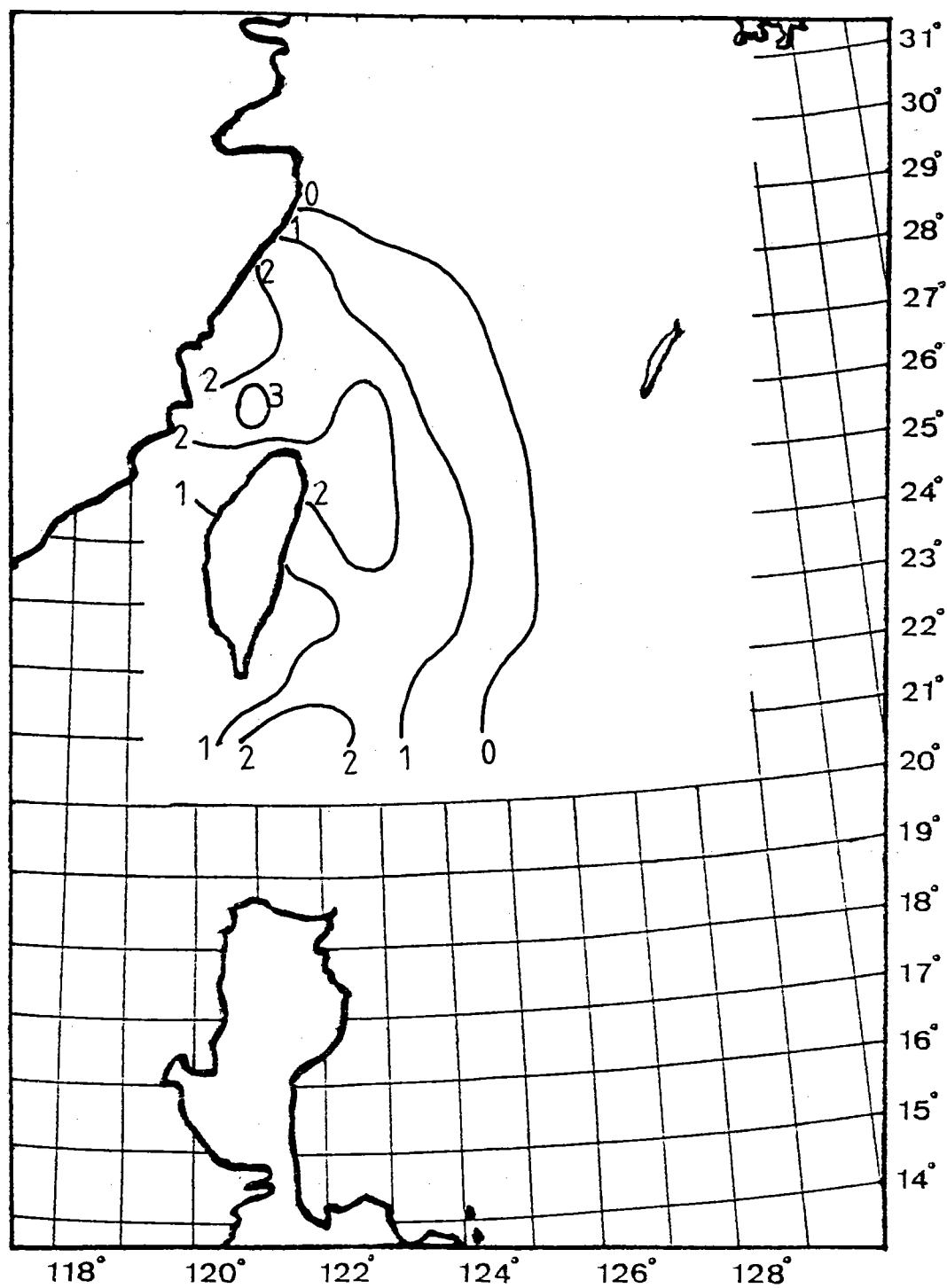
時間：1987.1022.1800

圖 3 - 74 波浪場等波高線分佈 (模擬颱風 E)



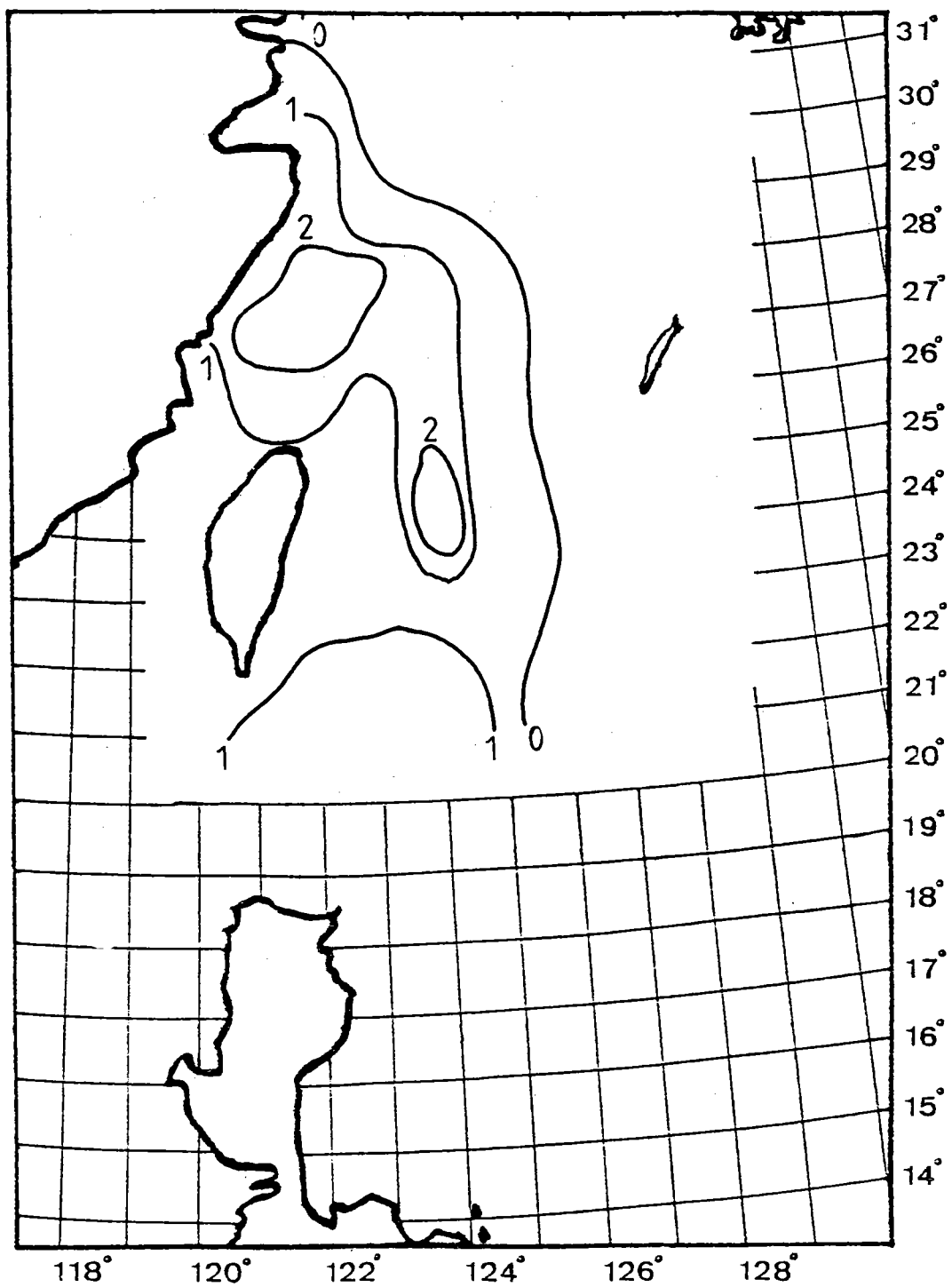
時 間 : 1987.1022.2100

圖 3 - 75 波浪場等波高線分佈 (模擬颱風 E)



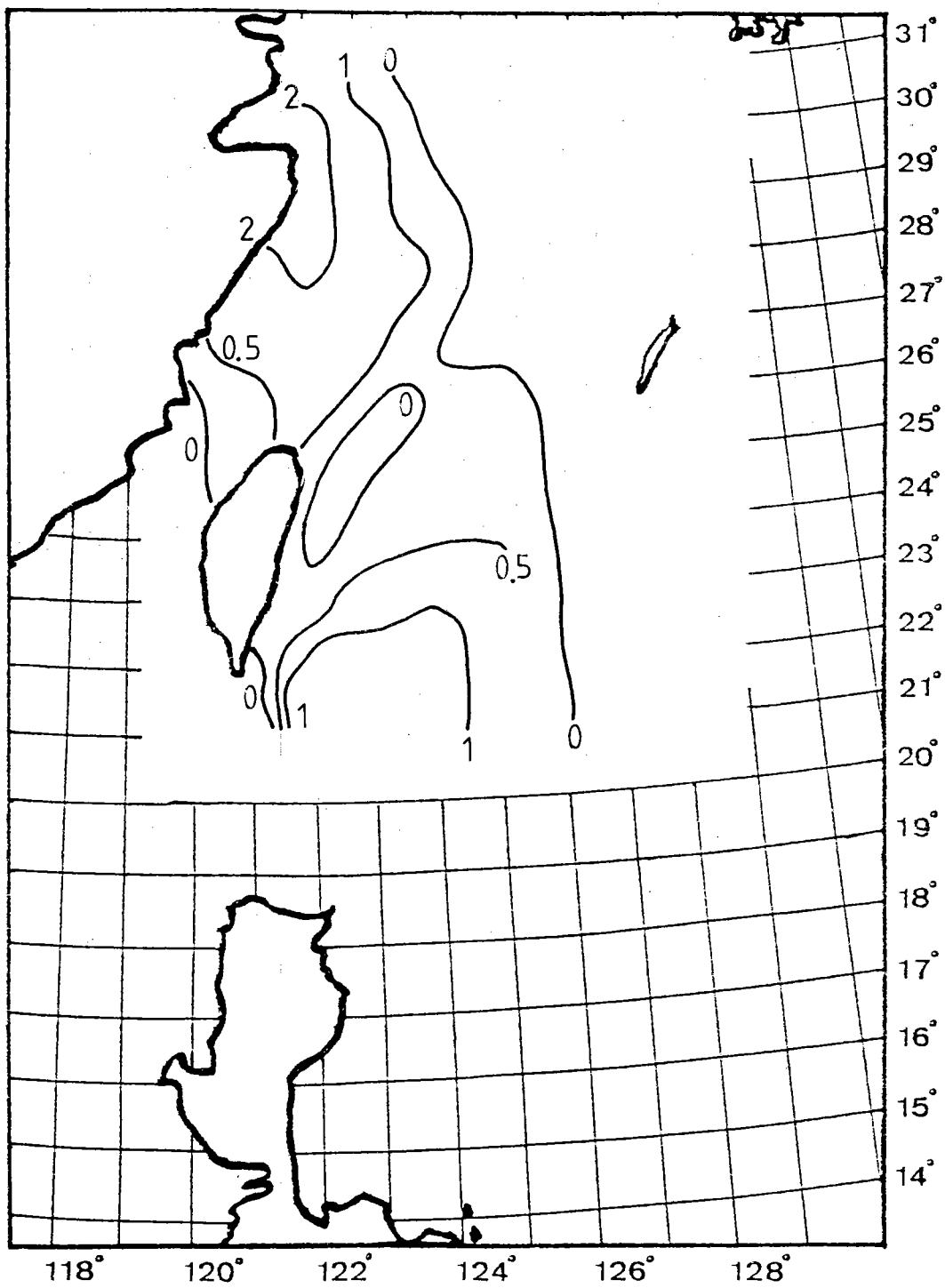
時 間 : 1987.1023.0000

圖 .3 - 76 波浪場等波高線分佈 (模擬颱風 E)



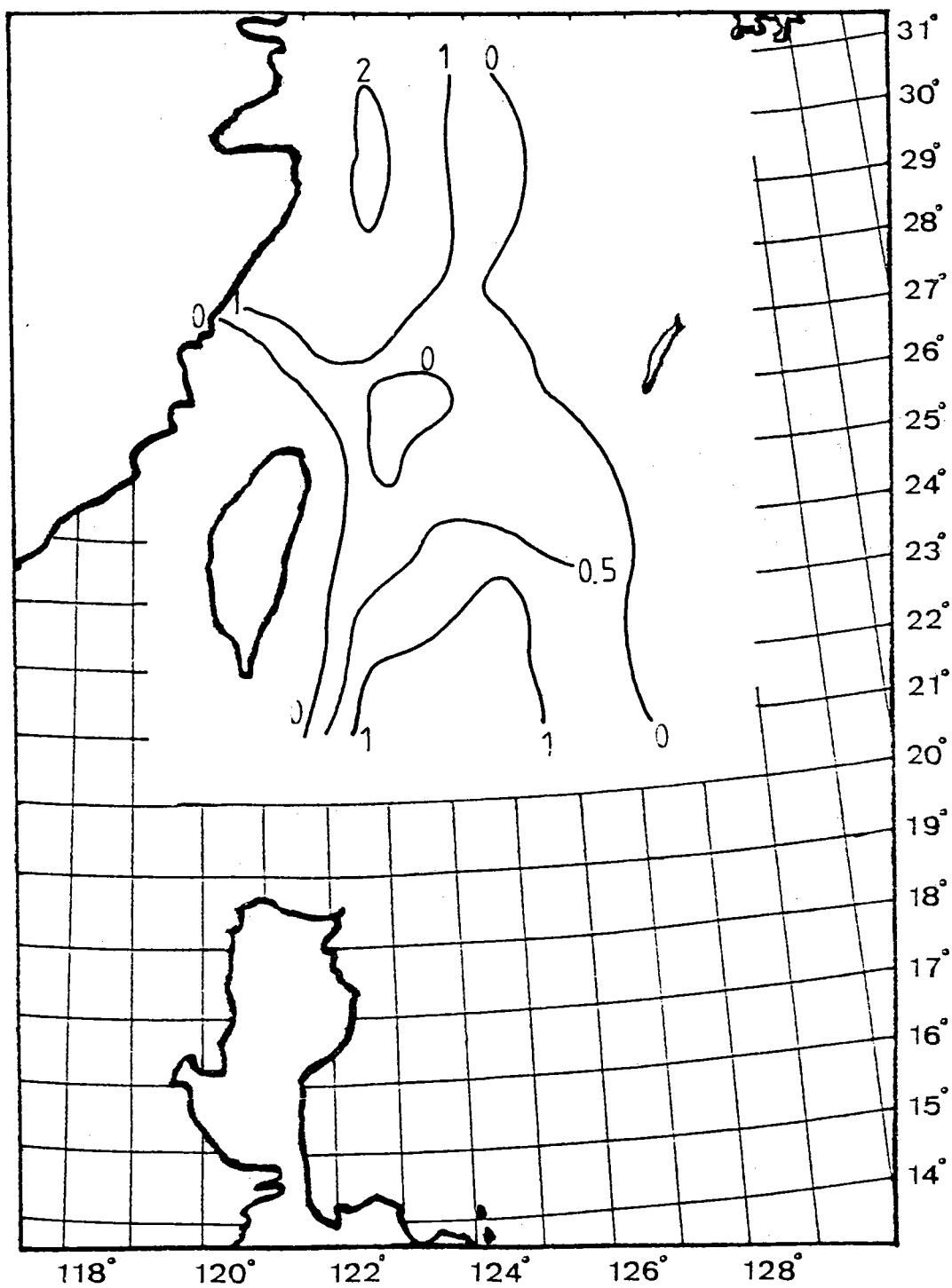
時 間 : 1987.1023.0300

圖 3 - 77 波浪場等波高線分佈 (模擬颱風 E)



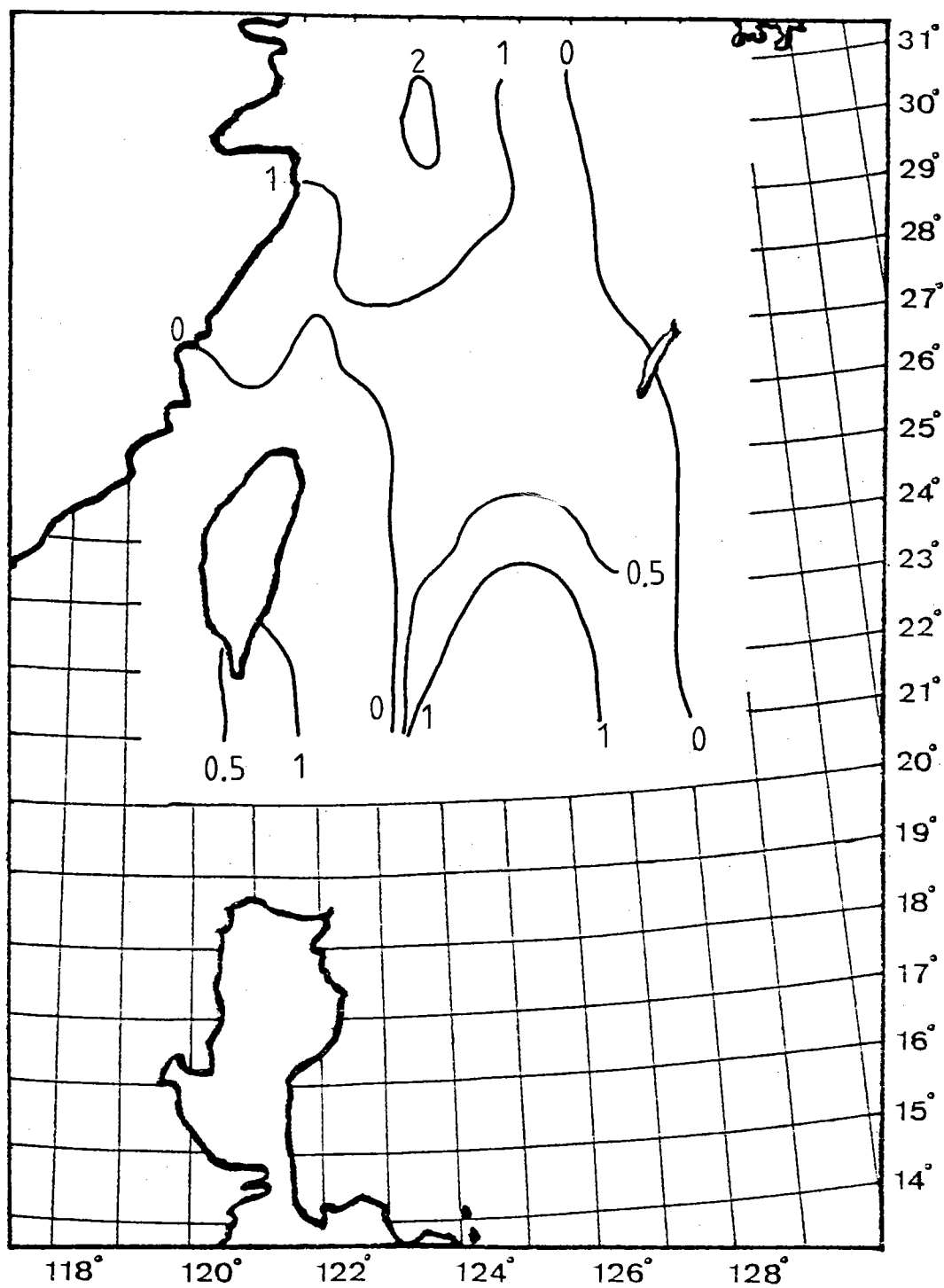
時 間 : 1987.1023.0600

圖 3 - 78 波浪場等波高線分佈 (模擬颱風 E)



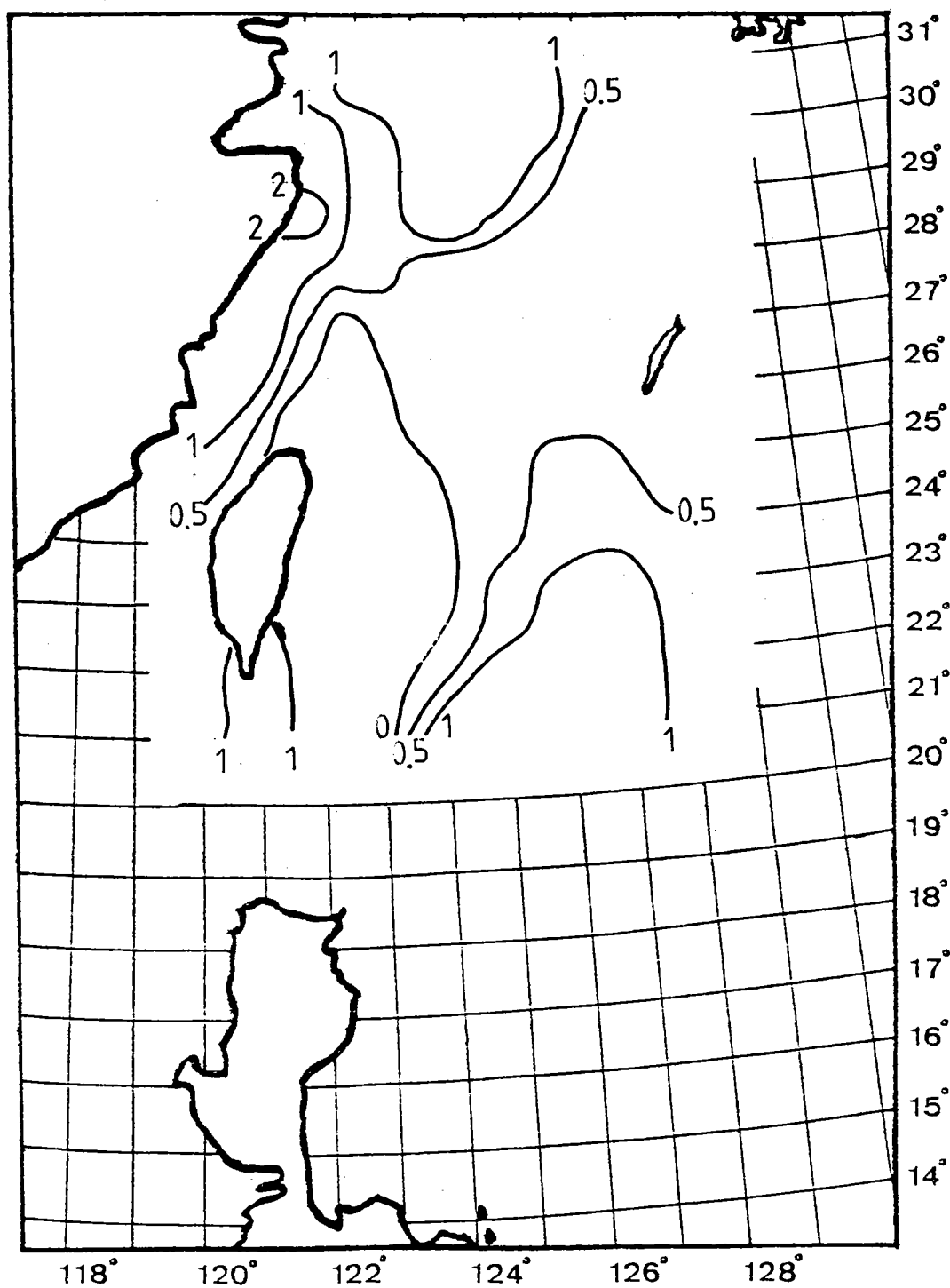
時 間 : 1987.1023.0900

圖 3 - 79 波浪場等波高線分佈 (模擬颱風 E)



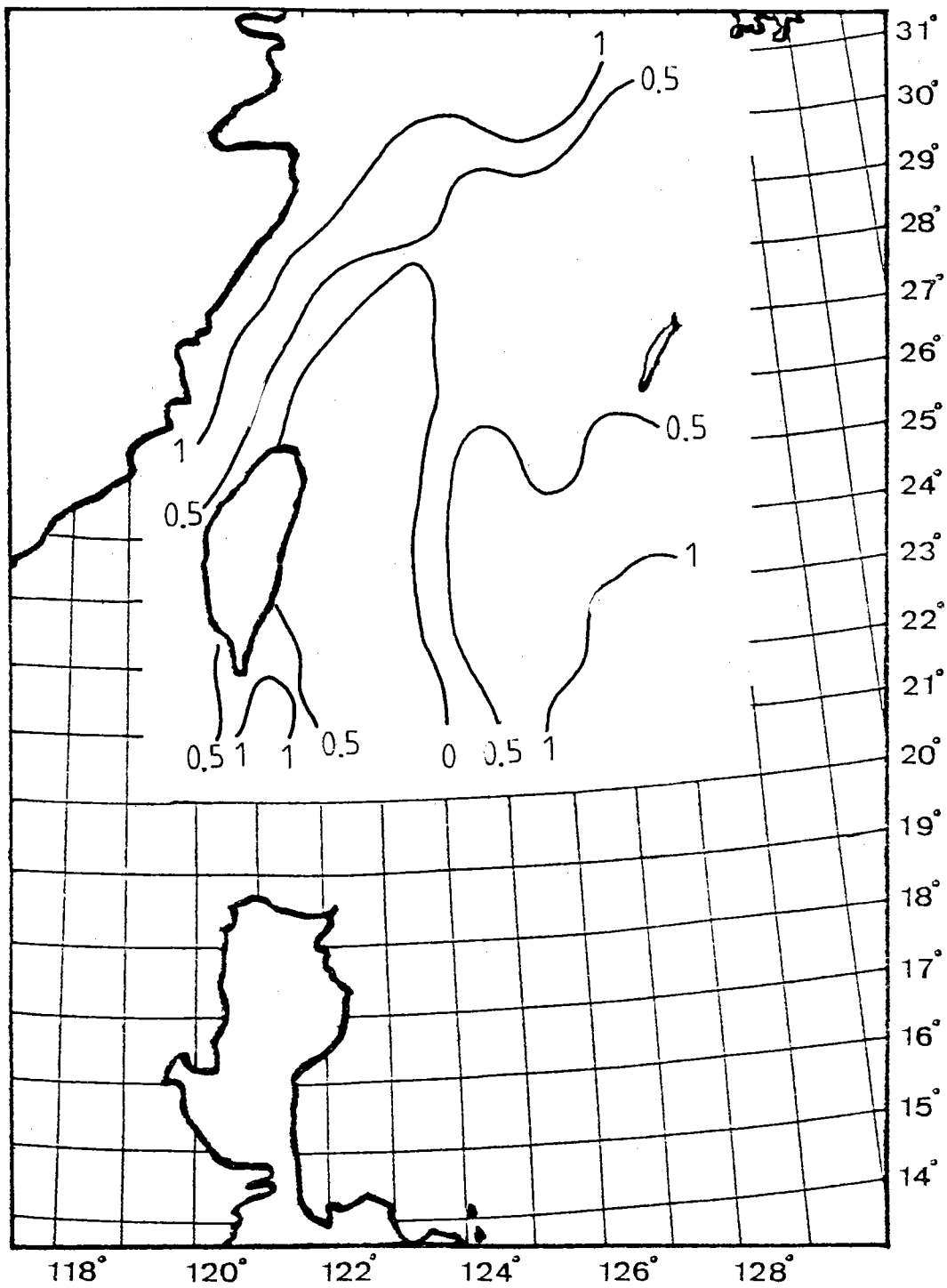
時 間 : 1987.1023.1200

圖 3 - 80 波浪場等波高線分佈 (模擬颱風 E)



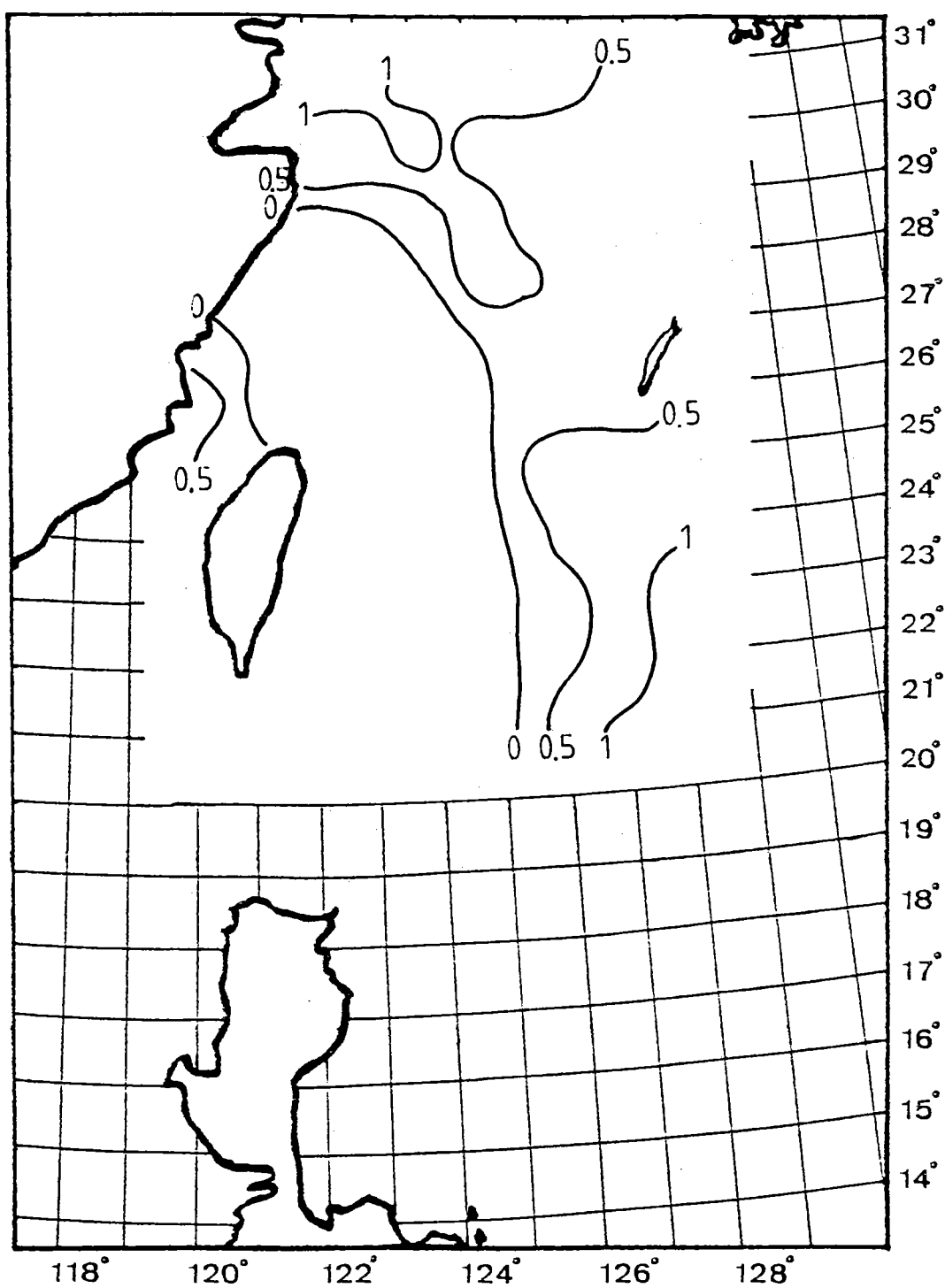
時 間 : 1987.1023.1500

圖 3 - 81 波浪場等波高線分佈 (模擬颱風 E)



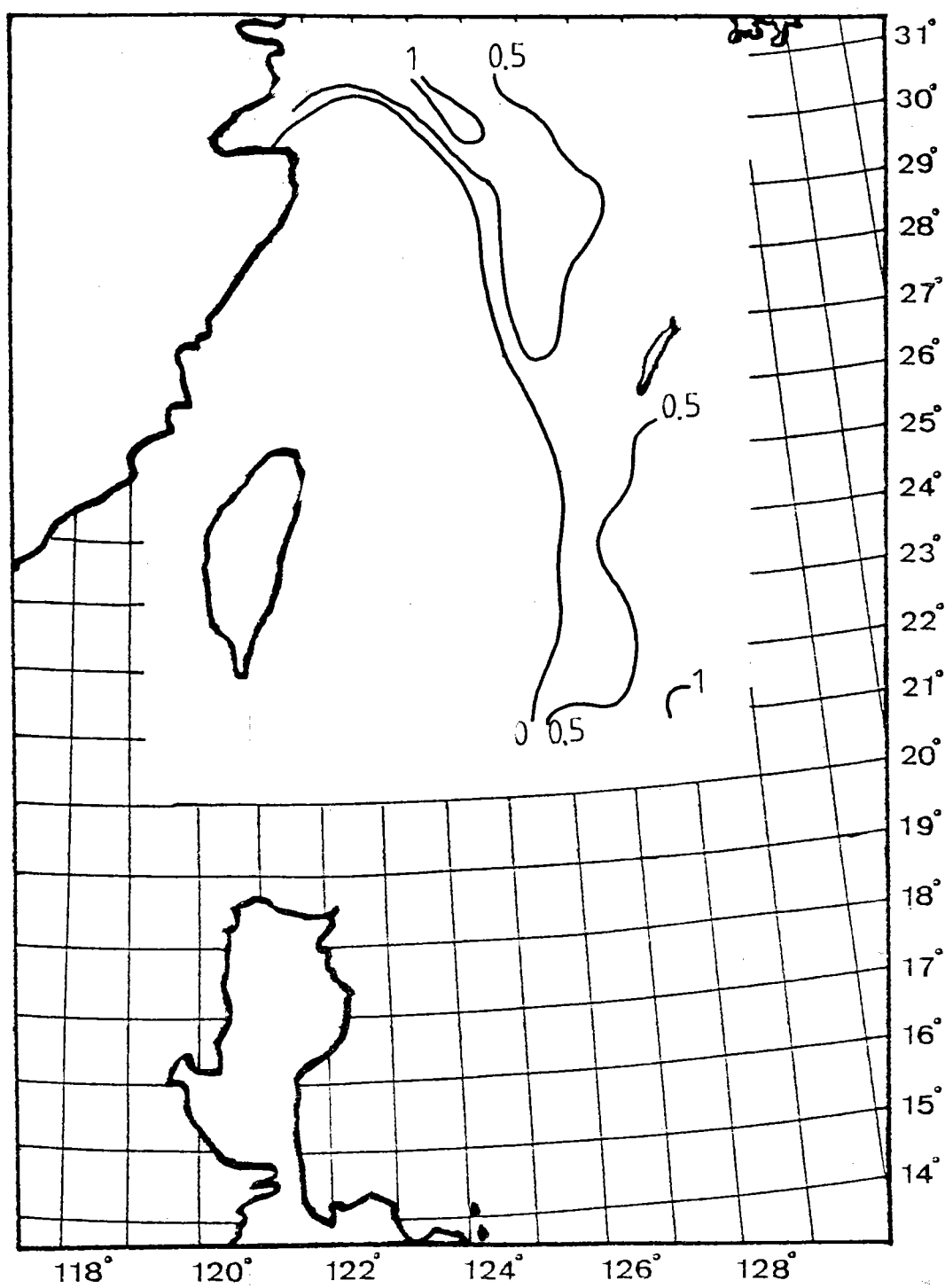
時 間 : 1987.1023.1800

圖 3 - 82 波浪場等波高線分佈 (模擬颱風 E)



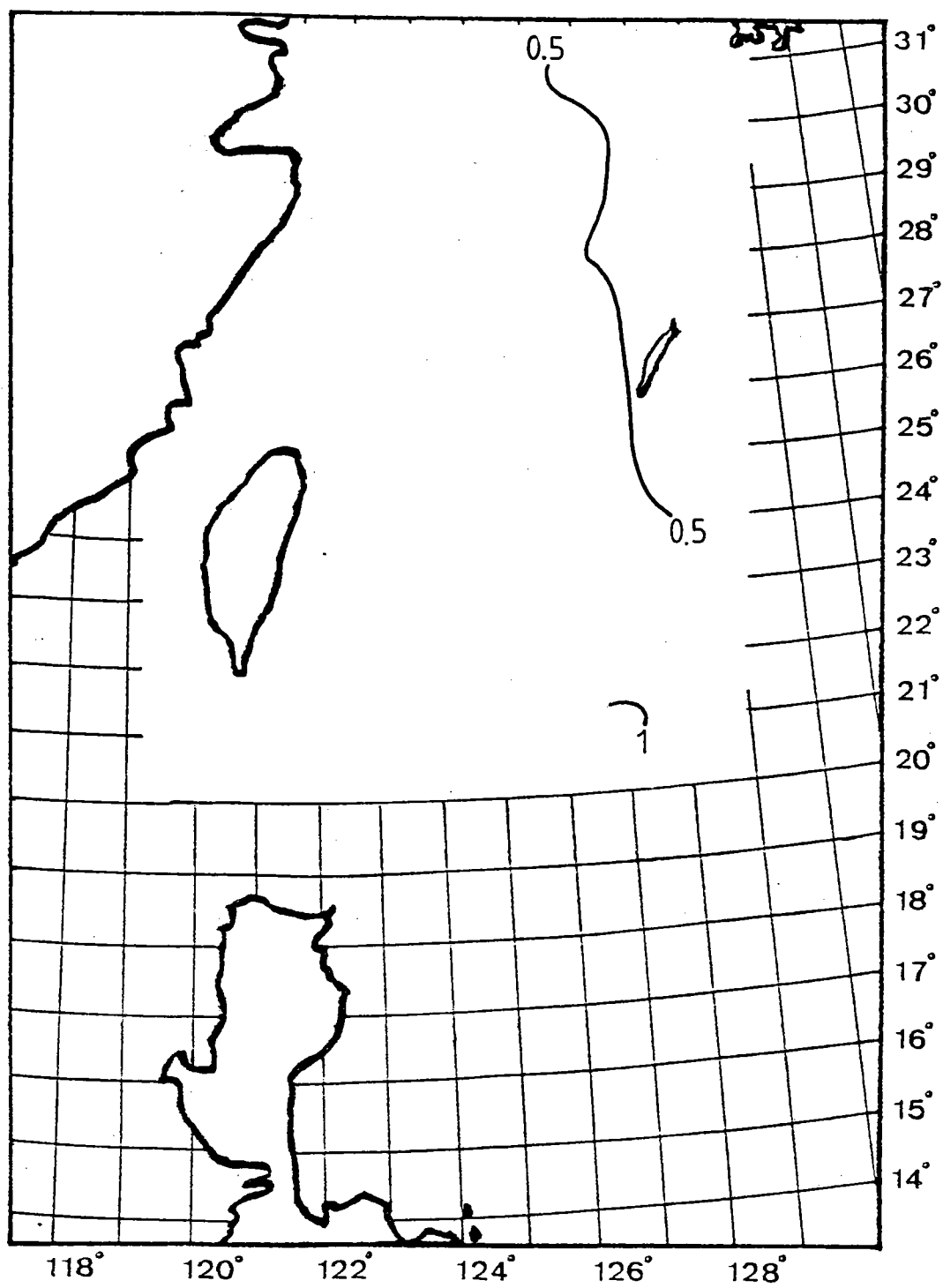
時 間 : 1987.1023.2100

圖 3 - 83 波浪場等波高線分佈 (模擬颱風 E)



時 間 : 1987.1024.0 00

圖 3 - 84 波浪場等波高線分佈 (模擬颱風 E)



時 間 : 1987.1024.0300

圖 3 - 85 波浪場等波高線分佈 (模擬颱風 E)

波浪測站：新港

時間：1987/01/23:08 - 1987/02/02:05

$$Y = 0.27X^2 - 2.782X + 3.718$$

$$Y = \log_{10} \xi, \quad X = \log_{10} (\text{SUUBB})$$

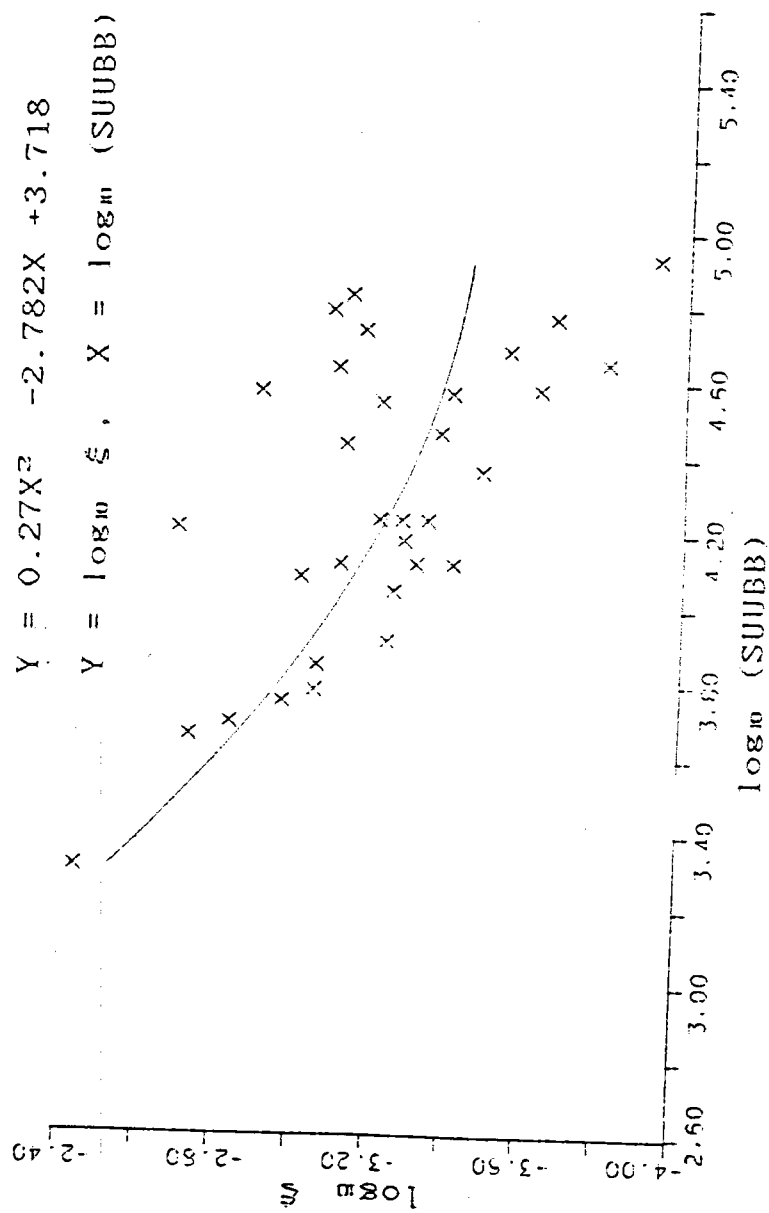


圖 3 - 86 ξ κ 值與 (SUUBB) κ 值之關係分佈圖

波浪測站：新港

時間：1988/02/05:02 - 1988/02/19:23

$$Y = 0.178X^2 - 2.473X + 4.289$$

$$Y = \log_m \xi, \quad X = \log_m (\text{SUUBB})$$

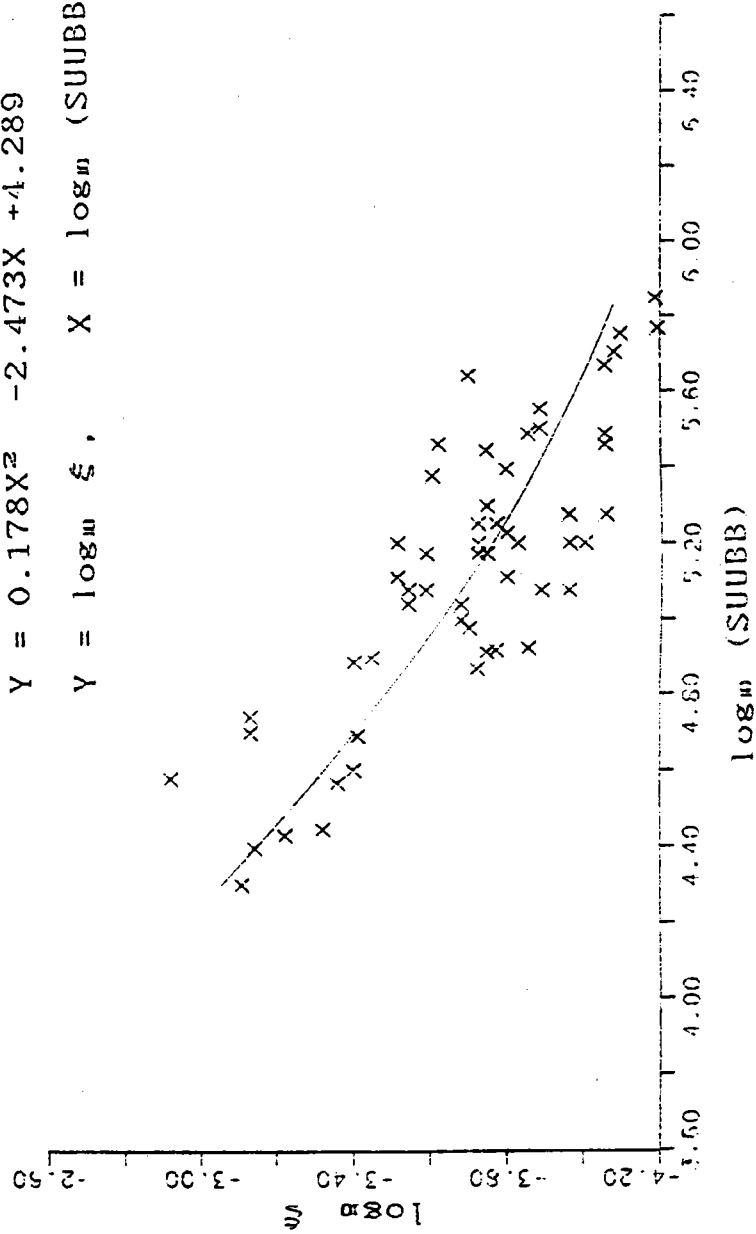


圖 3 - 87 ξ κ 值與 (SUUBB) κ 值之關係分佈圖

波浪測站：新竹外海

時間：1987/01/23:08 ~ 1987/02/02:05

$$Y = -0.0278X^2 - 0.0653X - 1.742$$

$$Y = \log_{10} \xi, \quad X = \log_{10} (\text{SUUBB})$$

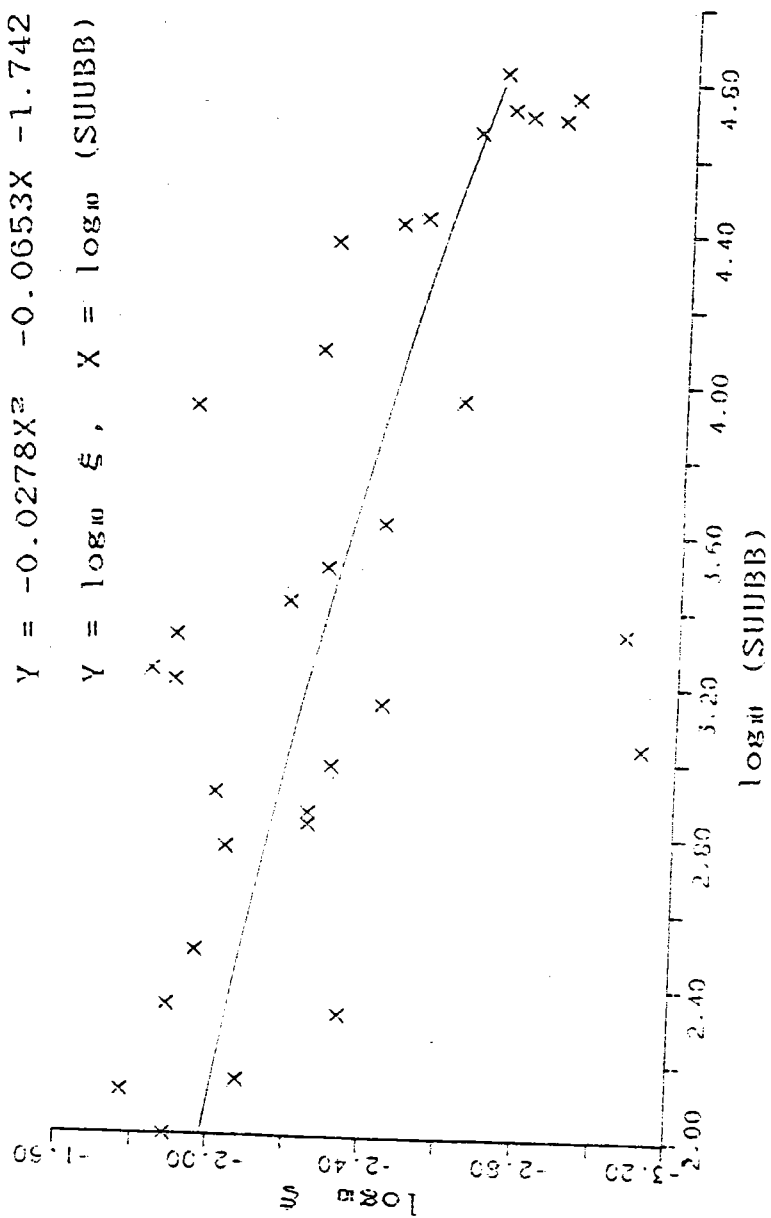


圖 3 - 88 ξ 值與 (SUUBB) κ 值之關係分佈圖

波浪測站：新竹外海

時間：1987/06/18:02 - 1987/06/25:23

$$Y = -0.170X^2 + 0.660X - 2.683$$

$$Y = \log_{10} \xi, \quad X = \log_{10} (\text{SUUBB})$$

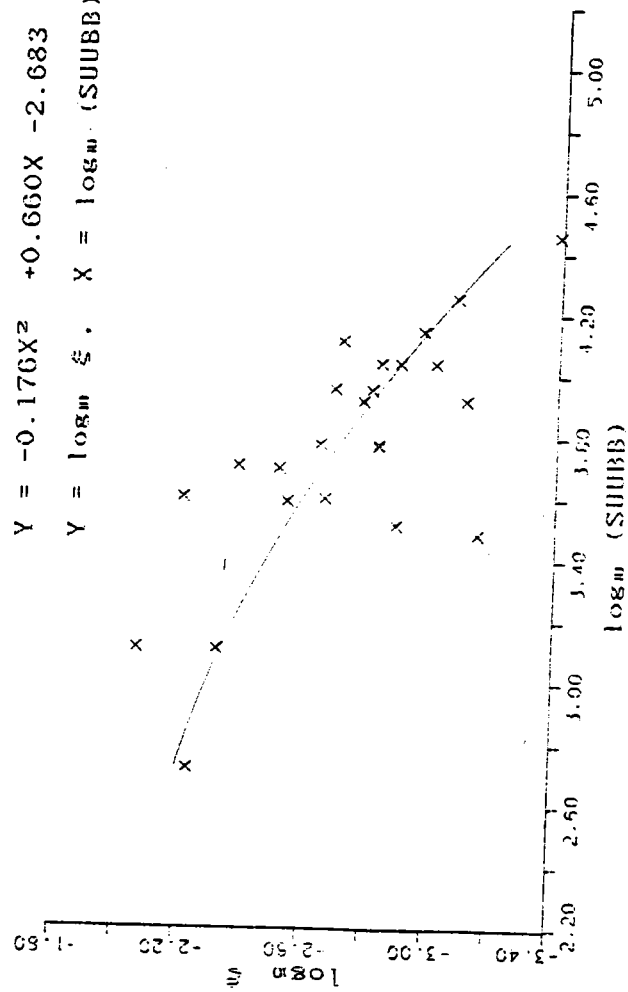


圖 3 - 89 ξ 值與 (SUUBB) κ 值之關係分佈圖

肆. 結論與建議

1. 根據實測資料所作相關分析發現，由波譜求得的最大能量週期 T_P 比代表波週期 $T_{1/3}$ 較能代表湧浪週期。
2. 七級風暴風半徑 R_7 比最大風速半徑 R 較能代表颱風圈的大小，此處 R 為由 Graham 及 Nunn 的經驗公式求得者。
3. 颱風湧浪推算公式建議採下式：

$$\text{週期 } T_P = [0.003 (DD \cdot R_7) / T_R^4 + 0.22] U_{RS}$$

$$\text{波高 } H_{1/3} = 0.006 \cdot R_7 \cdot H_R / (DD)^{1/2}$$

4. 由 ξ_K 與 $(SUUBB)_K$ 的關係可知風能與相對應波能之間並非線性關係。換言之能量授受之關係值 ξ_K 將隨對應風能 $(SUUBB)_K$ 而有所改變，不是一固定值。也就是 ξ_K 為 $(SUUBB)_K$ 的函數。今後應繼續求兩者的關係。
5. 據經驗上判斷，推算風速偏小，但衰減常數 β 反而比原先的 0.08 為大，這表示推算點處的風比以往有更大的影響。
6. 在假設颱風情況下對應波浪場分佈的模擬演算結果相當合理。但如有現場實測的颱風波浪及同時的颱風及季風風場資料當可作進一步的校核。

7. 颱風波浪及季風波浪的推算目前已趨於成熟階段，未來的工作將著重於波浪預報作業的建立，及模式的繼續校驗工作。而此將有賴於爾後在波浪資料的蒐集，預報風場的準確性及電腦系統整體運作調配上的努力。

伍. 誌 謝

本報告颱風及風場資料由中央氣象局提供，新竹外海波浪資料由台大王 冑教授提供。另曾相茂先生協助資料整理，及繪圖。楊怡芸小姐打字，特此誌謝。

陸. 參考文獻

1. 梁乃匡等 (1985), " 台灣附近海域波浪預報模式研究 (一), (波浪部份) ", 中央氣象局研究報告第 148 號, 港研所專刊第 22 號。
2. 梁乃匡等 (1986), " 台灣附近海域波浪預報模式研究 (二), (波浪部份) ", 中央氣象局研究報告第 179 號, 港研所專刊第 29 號。
3. 梁乃匡等 (1987), " 台灣附近海域波浪預報模式研究 (三), (波浪部份) ", 中央氣象局研究報告第 211 號, 港研所專刊第 36 號。
4. 梁乃匡 (1988), " 颱風湧浪預報的探討 ", 第四屆水利工程研討會論文集。PP. 189 - 207。

附錄一 颱風資料

颱風名	年	月	日	時	北緯	東經	中心氣壓 (mb)	七級風暴風半徑 (公里)
H A L	1986	06	20	08	15.0	130.6	984	180
				14	15.2	129.8	979	250
				20	15.5	128.8	976	250
			21	02	15.9	127.8	975	300
				08	16.3	126.8	969	300
				14	16.9	125.6	969	300
			22	20	17.9	124.2	965	300
				02	18.7	122.8	965	350
				08	19.1	121.3	965	350
			23	14	19.3	120.3	965	350
				20	19.7	119.7	965	350
				02	20.4	119.0	960	350
			24	08	21.1	117.9	955	350
				14	21.4	116.9	960	350
				20	21.7	116.1	965	350
			25	02	21.8	115.4	965	350
				08	22.1	115.3	970	350
				14	22.8	115.3	975	300
			26	20	23.3	115.1	975	300
				02	23.9	115.1	980	250
IRMA	1985	06	27	08	15.0	130.1	988	250
				14	15.8	129.9	985	300
				20	16.7	129.7	980	300

颱風名	年	月	日	時	北緯	東經	中心氣壓 (mb)	七級風暴風半徑 (公里)
IRMA	1985	06	28	02	17.7	129.6	975	300
				08	18.8	129.7	975	350
				14	20.0	129.9	965	350
				20	21.3	129.9	965	350
			29	02	22.9	130.0	960	380
				08	24.3	130.2	957	400
				14	25.7	130.2	957	400
				20	26.9	130.5	965	350
			30	02	28.2	131.0	965	350
				08	29.5	131.8	970	300
				14	30.9	133.4	970	300
				20	32.4	135.5	970	300
			07	01	02	34.8	138.7	280
				08	21.0	139.8	990	180
				14	21.7	139.4	990	200
				20	22.4	138.5	985	230
NELSON	1985	08	18	08	21.0	139.8	990	180
				14	21.7	139.4	990	200
				20	22.4	138.5	985	230
			19	02	22.6	137.5	980	250
				08	22.7	136.6	979	250
				14	22.9	135.8	979	250
				20	23.0	134.9	975	250
			20	02	23.1	134.0	975	250
				08	23.1	133.1	975	300
				14	23.1	132.4	971	300
				20	23.2	131.6	970	300

颱風名	年	月	日	時	北緯	東經	中心氣壓 (mb)	七級風暴風半徑 (公里)	
NELSON	1985	08	21	02	23.3	131.0	970	300	
				08	23.7	130.2	970	300	
				14	24.0	129.0	966	300	
				20	24.1	128.0	966	300	
			22	02	24.2	126.9	961	350	
				08	24.5	125.8	963	350	
				14	24.7	124.7	963	300	
				20	24.8	123.8	963	300	
			23	02	25.4	122.8	965	300	
				08	25.5	121.6	965	300	
				14	25.6	120.6	965	300	
				20	25.6	119.8	965	300	
			24	02	25.5	118.4	980	250	
BRENDA	1985	09	30	08	16.5	131.0	999	--	
				14	16.0	131.1	995	100	
				20	15.9	130.3	996	120	
			10	01	02	16.1	130.1	994	150
				08	16.2	129.9	991	200	
				14	17.2	129.6	989	300	
				20	17.8	129.2	985	300	
			02	02	17.7	128.8	995	300	
				08	17.5	129.0	980	350	
				14	18.3	128.0	980	350	
				20	18.5	127.4	980	350	

颱風名	年	月	日	時	北緯	東經	中心氣壓 (mb)	七級風暴風半徑 (公里)
BRENDA	1985	10	03	02	19.1	126.1	980	350
				08	19.5	125.6	966	350
				14	20.6	124.3	964	400
				20	21.7	123.5	964	400
		04	02		22.8	123.0	964	400
				08	24.7	122.9	964	400
				14	26.3	122.6	964	400
				20	27.6	123.5	967	350
		05	02		29.7	124.3	970	350
				08	31.8	126.0	970	350
				14	33.8	128.0	985	300

附錄二 蘇澳波浪資料

年	月	日	時	分	$H_{1/3}$ (米)	$T_{1/3}$ (秒)	T_P (秒)	站
1985	06	21	06	00	1.24	8.89	9.85	B
			09	00	1.26	9.29	9.85	B
			12	00	1.46	9.77	10.67	B
			15	00	1.54	9.74	10.67	B
			18	00	1.72	10.28	9.85	B
			21	00	2.10	10.32	12.77	B
		22	00	00	2.85	11.63	12.77	B
			03	00	3.43	11.72	12.77	B
			06	00	3.83	13.23	14.22	B
			09	00	6.06	13.86	14.22	B
			12	00	6.43	13.41	14.22	B
			15	00	6.11	12.81	14.22	B
			18	00	4.82	12.60	16.00	B
			21	00	4.18	10.69	12.77	B
		23	00	00	3.96	9.00	12.77	B
			03	00	3.47	9.04	12.77	B
			06	00	3.73	9.93	9.85	B
			09	00	3.15	8.91	10.67	B
			12	00	3.25	8.73	11.64	B
			15	00	3.20	9.55	12.77	B
			18	00	2.44	7.91	10.67	B

年	月	日	時	分	H _{1/3} (米)	T _{1/3} (秒)	T _P (秒)	站
1985	06	23	21	00	2.39	8.64	10.67	B
		24	00	00	2.50	8.87	10.67	B
			03	00	2.46	8.32	9.14	B
		28	12	00	1.41	9.22	10.67	B
			15	00	1.38	9.24	9.85	B
			18	00	1.66	10.37	9.85	B
			21	00	2.70	12.33	12.77	B
		29	00	00	2.24	10.93	12.77	B
			03	00	1.96	10.86	11.64	B
			06	00	1.68	11.50	12.77	B
			09	00	2.14	11.15	11.64	B
			12	00	2.24	10.84	12.77	B
			15	00	1.90	10.47	12.77	B
			18	00	1.64	9.64	10.67	B
			21	00	1.48	9.44	9.85	B
		30	00	00	1.12	8.67	8.53	B
			03	00	1.05	8.69	10.67	B
			06	00	0.96	8.73	9.14	B
			09	00	1.01	8.98	9.14	B
08	21	00	00		1.30	10.74	---	A
		15	00		1.31	10.47	11.64	A
		16	04		1.60	10.99	12.77	A
		17	08		1.57	10.03	11.64	A
		18	12		1.87	11.39	12.77	A
		19	00		1.61	11.36	11.64	A

年	月	日	時	分	H _{1/3} (米)	T _{1/3} (秒)	T _P (秒)	站
1985	08	21	20	04	1.47	10.55	10.67	A
			21	08	1.60	10.25	12.77	A
			22	12	1.90	11.54	12.77	A
			23	00	1.77	10.39	11.64	A
			23	48	2.13	10.26	11.64	A
		22	00	04	2.13	9.91	12.77	A
			01	08	1.95	9.97	11.64	A
			02	12	1.76	9.18	14.22	A
			03	00	1.77	10.14	14.22	A
			04	04	1.83	11.24	14.22	A
			05	08	1.56	9.71	10.67	A
			06	12	1.91	9.91	10.67	A
			07	00	1.80	10.08	10.67	A
			08	04	2.07	10.33	11.64	A
			09	08	1.94	9.44	9.85	A
			10	12	2.30	11.01	14.22	A
			11	00	2.30	10.88	14.22	A
			12	04	2.98	10.66	12.77	A
			13	08	2.72	10.81	11.64	A
			13	40	2.76	11.65	---	A
			13	59	3.41	11.06	14.22	A
			15	03	2.79	10.23	11.64	A
			16	07	3.44	10.63	12.77	A
			16	55	3.46	11.28	14.22	A

年	月	日	時	分	H _{1/3} (米)	T _{1/3} (秒)	T _P (秒)	站
1985	08	22	17	59	3.87	11.71	12.77	A
			19	03	3.63	12.31	14.22	A
			20	07	4.10	11.77	12.77	A
			20	55	4.35	12.60	14.22	A
			21	59	4.54	12.58	14.22	A
			23	03	4.66	12.60	14.22	A
			23	51	4.85	12.94	---	A
		23	00	07	4.72	12.06	14.22	A
			00	55	4.84	12.38	14.22	A
			01	59	4.49	11.91	14.22	A
			03	03	3.94	11.42	12.77	A
			03	57	3.24	10.66	12.77	A
			09	57	1.73	8.90	12.77	A
	10	03	14	07	2.79	10.65	11.64	B
			15	59	3.32	10.28	11.64	B
			18	07	3.81	11.86	---	B
			19	59	5.20	12.37	14.23	B
			20	47	7.08	14.04	14.23	B
			21	35	5.97	14.30	16.00	B
			21	51	6.69	15.23	---	B
			22	07	6.11	14.73	16.00	B
			22	39	6.77	15.24	---	B
			23	11	7.58	15.93	18.29	B
			23	43	7.44	15.49	---	B

年	月	日	時	分	$H_{1/3}$ (米)	$T_{1/3}$ (秒)	T_P (秒)	站
1985	10	04	09	08	6.40	13.72	16.00	B
			09	56	4.53	11.87	11.64	B
			11	00	4.97	12.52	12.77	B
			12	04	4.04	10.97	11.64	B
			13	08	3.66	10.62	9.14	B
			14	12	3.51	9.79	11.64	B
			15	00	3.19	10.05	11.64	B
			16	04	3.62	10.35	10.67	B
			17	08	2.65	10.06	10.67	B
			18	12	2.93	9.02	9.85	B
			19	00	2.07	9.33	12.77	B
			20	04	2.22	11.29	12.77	B
			21	08	1.99	11.07	12.77	B
			22	12	1.92	9.52	12.77	B
			23	00	2.09	9.47	11.64	B
			23	48	2.14	9.33	11.64	B
	05	00	04		2.19	8.87	---	B
			02	12	1.54	9.22	10.67	B