

室戸颱風に伴へる關西風津浪の研究^{*}

理學博士 野 滿 隆 治

理學博士 竹 上 藤 七 郎

理 學 士 松 崎 卓 一

緒 言

昭和九年九月二十一日早朝突如として四國近畿一帯を襲ひ稀有の災害を與へた所謂室戸颱風に由る慘害狀況(沿岸高潮、河川氾濫、家屋倒壊、浸水等)に就きては、各方面の人々により調査が進められ既に發表せられた報告も二三に止まらない。筆者等も災害後直ちに大坂灣、四國太平洋岸、紀州の各沿岸に於ける津浪の水位上昇を約2ヶ月に亘つて實地に調査し、又氣象記錄と檢潮記錄の蒐集に努め、以て該津浪の性質を研究闡明した。其の結果は多少從來の發表と喰違つてゐる點もあるし、且つ津浪の性質につきては我等獨自の見解があるので、茲に夫れ等を報告する。

1. 各地津浪の高さ

各地の水位上昇を測定するに當つては、吾等は所謂風浪の影響を除くため、成るべく海岸最前面の浪痕を避けて専ら側壁、家裏、室内、横路の板塀等に相當長い水平直線を印せる侵水跡のみによつた。第1圖はその若干例を示す。是れ風浪の跡印しは岩壁突堤其他極めて局部的の事情により、同一地區にても甚だしく其の高低に差があり、所によつては屋根の上まで潮水をかぶつたのさへあるが、夫れを以て直に其の津浪高とすることは穩當を缺ぐからである。例へば紀州瀬戸に在る京大臨海實驗所には、水で洗はれた跡が海面上4.8米の處まであつたが、之は明かに風浪の打あげたもの故取らず、白濱沿岸空小屋の明瞭な浸水位を採用して此の附近の津浪高を2.5米とした如きである。四國室津、羽根、奈半利等には海潮を浴びた高さ9.5—10米に及ぶ所もあるが、之も多く風浪の奔騰したもので

* 本文は昭和10年4月大阪に於ける日本數學物理學會年會席上にて發表し、且つ其の梗概は服部報公會研究抄録第3輯(昭和12年)133頁に掲載してある。

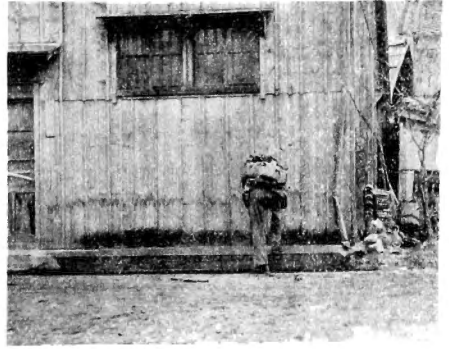
室戸颱風に伴へる關西風津浪の研究

第1圖 津浪高を決定した浸水跡の例

(イ) 大阪灣乃至紀伊水道沿岸の例



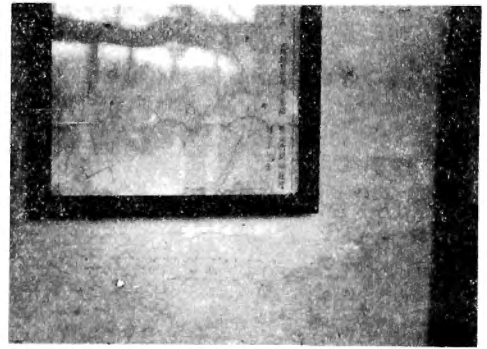
濱寺海岸にて



岸和田海岸にて

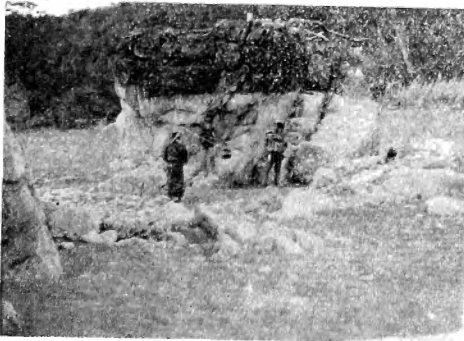


御坊町海岸



西宮巡查派出所内

(ロ) 四國海岸の津浪跡



安田町海岸洗掘の跡



室戸岬町(岸壁上まで浸水)

室戸颱風に伴へる關西風津浪の研究

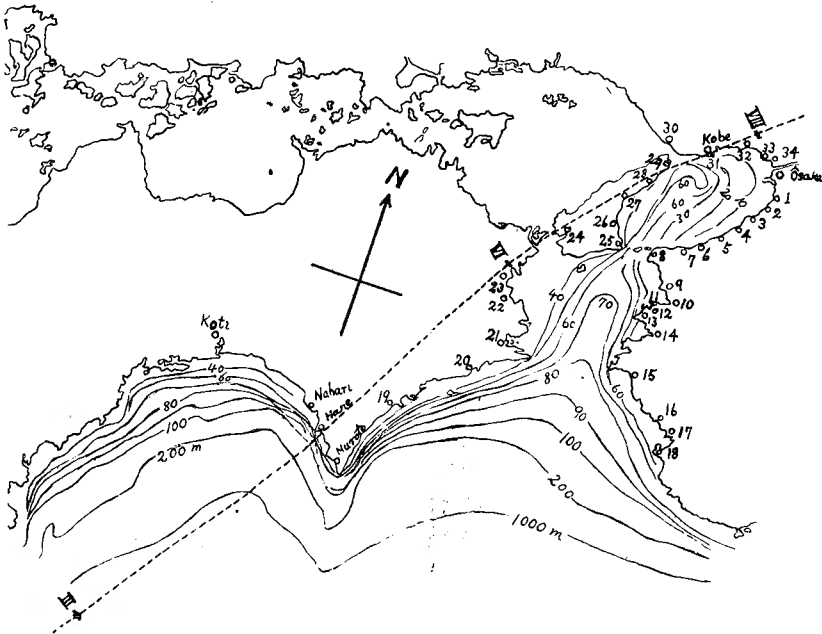
あるから、水位上昇としては採用しなかつた。然し諸種の事情より見て四國沿岸の水位上昇は 4—5 米は下るまいと思はれる。

上述の如き浸水痕跡の海水面よりの高さは、バンベルグ水準器を以て精測し、一方驗潮記録より當時の豫想潮位を定めて、颱風の影響のみを分離推算して第 1 表の如き結果を得た。第 2 圖は當日の颱風通路と共に上記各地點の位置を番號にて示したものである。紀伊

第 1 表 關西各地風津浪の高さ(米)

番 號	地 名	水位上昇 (m)	番 號	地 名	水位上昇 (m)	番 號	地 名	水位上昇 (m)
1	堺	3.3	11	大 崎	2.3	21	洲 本	1.8
2	濱 寺	3.2	12	下 津	2.1	22	志 築	2.6
3	大 津	2.9	13	箕 島	3.0	23	假 屋	2.2
4	岸 和 田	2.7	14	湯 崎	2.5	24	岩 屋	2.5
5	佐 野	2.0	15	御 坊	2.8	25	明 石	1.7
6	尾 崎	2.7	16	南 部	2.8	26	和 田 岬	3.1
7	淡 輪	2.2	17	田 邊	2.3	27	西 宮	3.0
8	加 太	3.2	18	白 濱	1.9	28	甲 子 園	2.8
9	和 歌 山	1.7	19	福 良	2.6	29	尼 ヱ 崎	3.2
10	日 方	2.7	20	由 良	1.8			

第 2 圖 颱風通路と津浪高調査地點(番號にて示す)



室戸颱風に伴へる關西風津浪の研究

水道及び大坂灣とも其の西側よりは東側特に東北隅に於て津浪高は大となつて居る。

大坂市の津浪分布は著者の一人野滿が内務省大阪土木出張所の依頼により、同所の技手諸君に案を示して精密に其の浸水高を調査した結果があるから、夫れを第3圖に掲げる。所によつては6米にも及ぶが、大體は3米位の水位上昇があつた様である。尙ほ津浪の時間的變化は十數ヶ所の檢潮儀若くは量水所で記録乃至觀測されて居るので、是等によつて研究した。其の内最も完全に近き記録の得られたのは船津橋のそれで、第4圖(イ)に轉寫する。之には當日の潮汐も含まれて居るので、颱風のみによる水位上昇を知るには暴風當日の潮汐を推定して、その影響を引去らねばならぬ。

第2表 大阪船津橋の水位變化

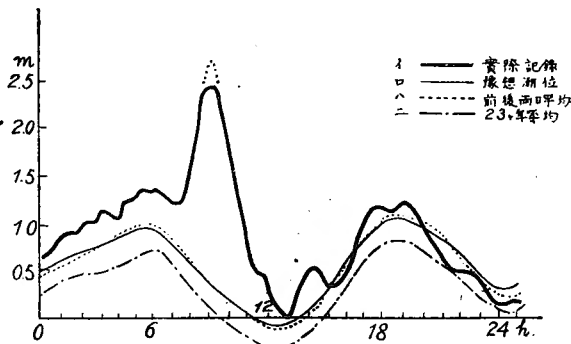
時刻	20日, 22日平均潮位	23ヶ年 平均潮位	豫想 水位	實際 水位	氣象 效果	時刻	20日, 22日平均潮位	23ヶ年 平均潮位	豫想 水位	實際 水位	氣象 效果
時	cm	cm	cm	cm	cm	時	cm	cm	cm	cm	cm
0	44	24	49	59	10	13	-8	-31	-6	0	6
0.5	49	30	52	70	18	13.5	-7	-23	-4	20	24
1	55	37	58	84	25	14	4	-19	5	45	40
1.5	58	41	62	89	27	14.5	7	-10	10	48	38
2	64	44	66	90	24	15	28	3	31	31	0
2.5	66	55	68	99	31	15.5	38	15	38	21	-17
3	73	49	73	105	32	16	60	23	62	45	-17
3.5	76	52	76	113	37	16.5	66	47	79	74	-3
4	81	55	81	104	23	17	91	64	91	99	8
4.5	84	60	84	119	25	17.5	100	72	98	83	15
5	93	65	91	126	25	18	108	79	106	116	10
5.5	98	68	96	133	37	18.5	109	83	107	113	6
6	97	70	95	129	34	19	106	84	106	123	17
6.5	92	65	91	125	32	19.5	106	82	106	123	17
7	77	54	75	122	47	20	101	78	100	100	0
7.5	67	40	67	127	60	20.5	97	72	97	85	-12
8	52	28	51	164	113	21	85	64	84	70	-14
8.5	47	18	46	139	193	21.5	78	55	78	62	-16
9	33	8	32	265	233	22	63	45	65	53	-12
9.5	26	0	26	228	202	22.5	52	35	58	50	-8
10	16	-7	16	156	140	23	40	23	44	34	-10
10.5	12	-15	12	109	97	23.5	35	17	42	28	-14
11	1	-21	1	72	71	24	27	9	32	19	-13
11.5	-3	-27	-3	49	52	24.5	27	7	32	23	-9
12	-8	-31	-8	34	42	25	26	15	36	24	-12
12.5	-7	-31	-6	19	25						



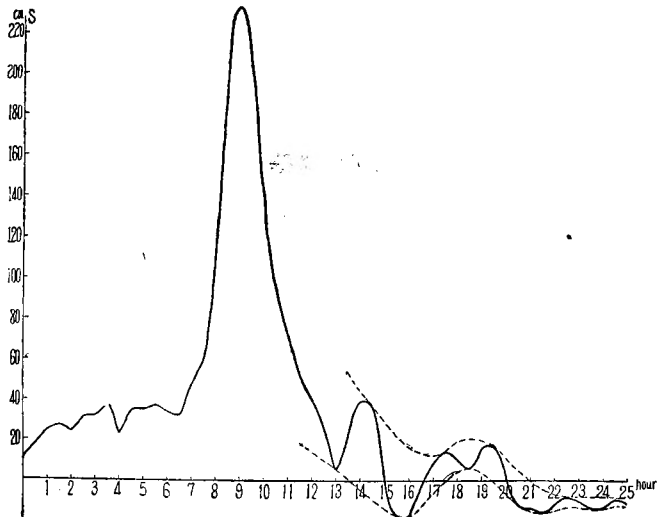
それには、その前後兩日（共に海水頗る平穩）の驗潮記録を、時刻 50 分づゝ一は遅らし一は進めて重ね合はせその平均を取る（第 4 圖（ハ），第 2 表）。之を内務省大阪土木出張所の發表に係る九月二十一日の過去 23 ケ年平均潮位（第 3 圖（ニ），第 2 表）と比較すれば、全體として上下 20 cm 程のずれはあるが、その變化の模様は兩者共酷似して居る。依つて精確を期する爲め出来る丈（ニ）を（ハ）に一致せしめて、その平均を取り、それを以て當日の豫想潮位とした（第 4 圖（ロ），第 2 表）。

斯くして得たる豫想潮汐を當日の實際驗潮曲線より引きさると、颱風のみに依る水位上昇曲線所謂純粹な風津浪曲線を得る。第 5 圖及第 2 表最終行はその結果である。

第 4 圖



第 5 圖



2. 津浪當日の大阪灣内セイシの週期と減衰率

以上の記録によつて大阪津浪の消長を検討する前に、準備として先づセイシ運動を調べて置かう。

第4圖の實際記録其のまゝでは、颱風着と共に水位の急昇を示す外セイシの作用は頗る微弱な様に言ふ人があるけれども、第5圖の様に純粹な風津浪だけを抽出して見ると、大阪津浪動は意外にも整然たる變化をして居るもので、セイシ運動も決して微弱でなく、否寧ろ災害を與へた大上昇が既にセイシ運動の第一動に外ならずと察せられる。而して其の變化狀況は吾人の前論文「室戸颱風に伴ふ琵琶湖水面の大動搖」⁽¹⁾で見た湖南部の水位變化と全く類似の様相を示して居る。只琵琶湖では颱風襲來と共に南部の水を吹きやつて水面の急降下を來し、大阪では海水を吹きよせて急上昇をした差があるだけである。

さて大阪灣平時のセイシに就きては、本田、寺田諸氏及び高谷氏⁽²⁾によると三種類あつて週期の最長なものは270分、次は120分、最短のものは66分といふことである。然るに今回の颱風時に於けるセイシの週期は第4及5圖を見ると次の如くなつて居る。

(i) 最短週期のもの：——暴風中心到着前 SE 風連吹中に振幅 10 cm 程度を以て明瞭に現はれて居る。然し颱風通過後には殆んど見えて居ない。故に少くとも當日の60分週期セイシは本田、寺田諸氏や日高氏の考ふる如く縦式雙節振動ではなく、高谷氏⁽³⁾の横振動説に左袒すべきものの様である。

(ii) 中週期のもの：——颱風通過前にも2時間週期のセイシが出ては居るが振幅は10 cm 足らずで、颱風通過後に最も顯著に現はれ、正午から夜半までに6回の連続振動があり週期は著しく延びて2時間35.6分になつて居る。之は洲本—大阪間の閉塞海としての基本振動であることは明かである。週期の延びたるは、大阪灣沿岸が廣く浸水されて灣の廣さが増した爲めと、當日海面の大擾亂により渦粘性も海底摩擦も増加した爲めであらう。

而して其の振幅及び減衰率を測つて見ると次の通りである。

(1) Mem. Coll. Sci. Kyoto, 18 (1935), 221.

(2) Jour. Coll. Sci. Tokyo, 24 (1908), 1.

(3) 海洋時報, 2 (1930), 91.

室戸颱風に伴へる關西風津浪の研究

第3表 颱風通過後中週期セイシの減幅率

振 幅 (センチ)	谷 30	山 23	谷 17	山 14	谷 10	山 7	谷 5	山 2.5	平 均
半 週 期 減 幅 率	0.75	0.78	0.77	0.76	0.75	0.73	0.73		0.75

(iii) 長週期セイシ：— 驗潮記錄第4圖から直接認められるセイシは以上の二種であるが、純粹風津浪を抽出した第5圖によると、明瞭に5時間半の週期の存在が浮き出して居る。而も其の振幅は中週期の夫れの倍以上でもあるのである。其の減幅率及び減幅指數($\frac{1}{2}v_0\beta^2$)は次の通り。

第4表 長週期セイシの減幅率

	暴 風 中 並 に 急 降 下 中 (7.5 ~ 13 時)	普 通 潮 汐 時 (13 時 以 後)
半 週 期 減 幅 率	0.1	0.76
減 幅 指 數	$1.37 \times 10^{-4} \text{ sec}^{-1}$	1.18×10^{-4}

此の振動は平日270分程度の週期を以て現はれるものと同種で、只前にも言つた通り津浪によつて海面が廣くなつたこと及び渦動粘性の増加せることによつて週期が360分にも延びたにすぎない。而して其の振動の本質は由良海峡を灣口とする大阪灣の縦式灣振動に外ならぬ。而して夫れが斯く著しく發達して中週期振動の倍以上にも及ぶ振幅を有することとは、紀伊水道よりの海水の流入が充分に行はれて居ることを示す有力な證據となる。

以上を要約すると、155分週期は大阪灣を紀淡海峡にて閉塞せられたるものとしての湖水的振動週期、350分のそれは同海峡にて外洋と連絡せる灣としての振動週期と考へられる。尙第5圖により、この日の灣振動は湖水的振動の振幅の約二倍と成つて居ることは注目し値する。

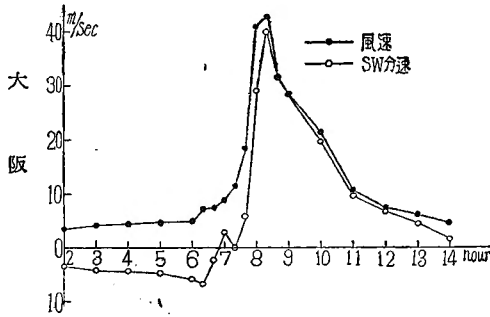
3. 大阪風津浪消長の機構

吾等は第1節で大阪風津浪の颱風作用のみによる部分を抽出し、第2節で、この内には灣振動と湖水的振動との兩様の運動が加味されて居ることを指摘した。依て本節では、實際の風の強さと氣壓の降下量とから大阪風津浪の消長が定量的に説明し得られるかどうか

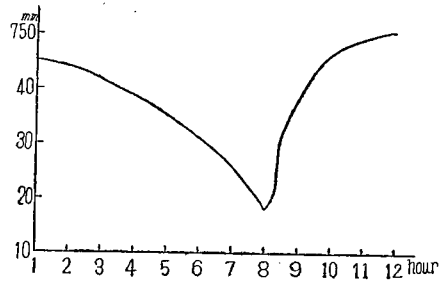
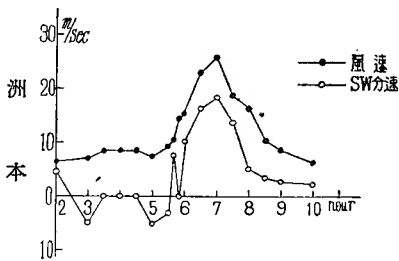
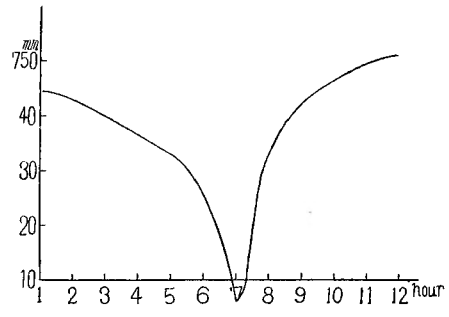
を、野滿の「風及び氣壓傾度の變化による津浪及びセイシの理論」⁽⁴⁾によつて試して見よう。

(1) 大阪灣内津浪原動力の變化：—基礎材料として當日の大阪，洲本の風速，風向，氣壓の變化を實際記録又は觀測より轉載すると，第5，6表，第6，7圖の如くである。

第6圖 風速變化



第7圖 氣壓變化



第5表 當日の風速風向の變化

大阪ノ風速，風向				洲本ノ風速，風向			
時刻	風速m/sec	風向	SW方向ノ分速	時刻	風速m/sec	風向	SW方向ノ分速
時分				時分			
0.0	1.4	NNE	-1.3	2.0	6.3	S	4.5
1.0	2.6	NE	-2.6	3.0	7.0	E	-5.0
2.0	3.4	NE	-3.4	3.30	8.6	ESE	0
3.0	4.2	NE	-4.2	4.0	8.4	ESE	0
4.0	4.4	NE	-4.4	4.30	8.5	ESE	0
5.0	4.8	NE	-4.8	5.0	7.4	SE	-5.2
6.0	5.9	NE	-5.9	5.30	9.6	SSE	-3.1
6.20	7.1	ENE	-6.9	5.40	10.5	S	7.4
6.40	7.4	E	-2.1	5.50	14.6	ESE	0

(4) T. Nomitsu: A Theory of Tunnies and Seiches produced by Wind and Barometric Gradient, Mem. Coll. Sci. Kyoto Imp. Univ. A 18, (1935) 201.

室戸颱風に伴へる關西風津浪の研究

7.0	8.9	ESE	2.8	6.0	15.1	S	10.1
7.20	11.3	SE	0.0	6.10		S	
7.40	18.6	SSE	6.0	6.20		S	
8.0	41.0	S	29.0	6.30	23.0	S	16.3
8.20	42.9	SSW	40.0	7.0	26.0	S	18.4
8.40	31.5	SW	31.5	7.10		S	
9.0	28.4	SW	28.4	7.20		SW	
10.0	21.3	WSW	19.7	7.30	13.8	SW	13.8
11.0	10.5	WSW	9.7	7.40		SW	
12.0	7.4	WSW	6.8	7.50		W	
13.0	6.2	NW	4.4	8.0	16.5	WNW	5.0
14.0	4.8	WNW	1.5	8.30	10.3	WNW	3.3
				9.0	8.8	WNW	2.8
				10.0	6.5	WNW	2.1

第 6 表 當 日 の 氣 壓 變 化

時 刻	大 阪 ノ 氣壓降下	ξ_p	時 刻	大 阪 ノ 氣壓降下	ξ_p	時 刻	大 阪 ノ 氣壓降下	ξ_p
時 分	mm	cm	時 分	mm	cm	時 分	mm	cm
6.0	28.6	39.0	7.55	44.1	60.0	9.20	18.7	25.0
6.20	30.9	42.0	8.0	41.8	57.0	9.40	14.7	20.0
6.40	32.3	44.0	8.10	40.3	55.0	10.0	13.2	18.0
7.0	33.8	46.0	8.20	36.7	50.0	11.0	10.3	14.0
7.20	36.0	49.0	8.30	29.4	40.0	12.0	8.1	11.0
7.40	39.6	54.0	8.40	37.9	38.0			
7.50	41.2	56.0	9.0	22.1	30.0			

野滿の理論を適用するには、先づこれ等の原動力が瞬間瞬間の値を永く持續すると假定した場合に於ける水面上昇の Steady value ξ を計算して置く必要がある。其の内、氣壓降下に應ずる分を ξ_p 、風による分を ξ_r としよう。

氣壓による ξ_p は勿論簡單に大阪に於ける氣壓水銀柱の高さに 13.4 を乗じて得らるべく、第 6 表の第二欄に並記してある。

風による ξ_r を出すには、洲本と大阪を連ぬる直線上 (SW 方向) の平均風速を用ひ、野滿の陸岸ある場合の風に依る水位變化公式⁽⁵⁾

$$\xi_r = \sum \frac{nT}{gp(H+\xi)} \Delta L \dots \dots \dots (1)$$

(5) 前出 (4)。

を用いた。 g, ρ は重力の加速度と海水の密度で、 Δl は大阪洲本間を數十個に分割したる區間の長さであつて、洲本より 50 km 迄は 5 km, それより先は 2 km づゝに取つた。 H は考へてゐる直線上で ΔL 間の平均の深さである。 v を風速, v' を SW 方向の分速とすると(第 6 圖),

$$T=0.002 \rho_{\text{air}} v'^2, \quad \rho_{\text{air}}=\text{空氣の密度}$$

で表はされる。但し v, v' としては風速が大阪洲本間で直線的に變化して居るものと見て平均値を, 時々刻々, 各地點の値を第 6 圖を用ひて算出したものを用ひた。尙 n には海底の條件を如何に取るかに由つて定まるものであるが, 茲では $n=3/2$ とした。

かくして得た ξ_T は第 7 表の如くである。同表に標準水位とあるは振動が潮水的である場合に, これだけを全體より引き去るべき値である。尙洲本が原點に取つてあるから 0 km, 12 km は夫々洲本, 大阪の水位を示し, 他はその中間地區のそれである。

第 7 表 ξ_T の 變 化

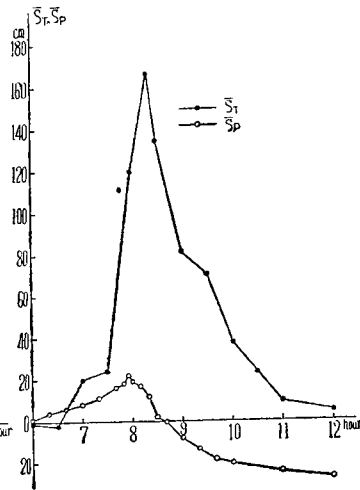
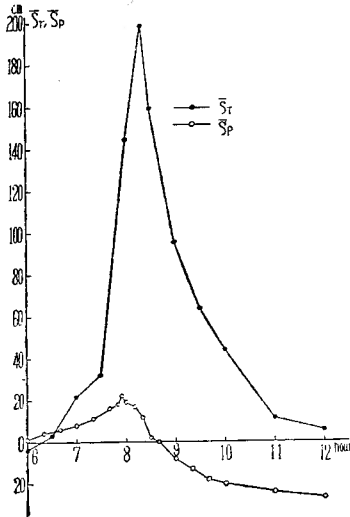
時刻 Z(km)	時 分 6 0	時 分 6 30	時 分 7 0	時 分 7 30	時 分 8 0	時 分 8 20	時 分 8 30	時 分 9 0	時 分 9 30	時 分 10 0	時 分 11 0	時 分 12 0
0	cm 0.3	cm 0.9	cm 1.7	cm 0.7	cm 0.4	cm 0.3	cm 0.2	cm 0.1	cm 0.1	cm 0.0	cm 0.0	cm 0.0
5	0.6	1.7	3.4	1.5	1.0	0.8	0.6	0.4	0.2	0.0	0.0	0.0
10	0.9	2.6	5.3	2.4	2.1	1.9	1.5	0.9	0.7	0.2	0.1	0.0
15	1.1	3.3	7.0	3.3	3.5	3.5	2.7	1.5	1.1	0.3	0.2	0.1
20	1.3	4.0	9.2	4.5	6.3	6.6	5.1	3.1	2.0	1.1	0.3	0.2
25	1.4	4.5	11.0	5.6	9.7	10.6	8.3	5.1	3.2	1.9	0.5	0.3
30	1.4	4.8	12.6	6.8	14.2	16.1	12.7	7.8	4.8	2.8	0.8	0.4
35	1.4	5.0	14.4	8.3	21.2	25.1	19.7	12.1	7.6	4.2	1.3	0.7
40	1.4	5.1	16.0	9.8	30.2	35.6	29.3	17.9	11.2	6.6	2.0	1.0
45	1.4	5.1	17.4	11.4	43.2	51.8	41.8	25.9	16.4	10.0	2.9	1.5
50	1.4	5.1	17.9	13.0	48.9	59.8	48.1	29.6	18.9	11.7	3.0	1.7
52	1.3	5.1	18.4	14.7	55.4	68.8	55.3	33.8	21.7	13.6	3.5	2.0
54	1.2	5.1	18.9	16.6	63.6	79.8	64.4	39.1	25.2	16.1	4.1	2.3
56	1.0	5.1	19.4	18.9	73.6	93.8	76.0	45.8	29.7	19.3	4.9	2.7
58	0.9	5.0	19.9	21.4	86.1	111.8	90.5	54.4	35.5	23.4	5.9	3.2
60	0.4	4.8	20.7	25.6	106.1	142.8	115.5	69.4	45.5	30.6	7.7	4.0
62	-3.3	2.3	21.7	32.0	145.1	198.8	160.5	96.4	63.5	44.0	11.0	5.5
標準 水位	1.1	3.9	11.0	8.0	25.0	32.0	25.0	15.5	14.0	6.3	2.0	1.0

以上 ξ_p 及び ξ_T を灣振動とした場合と 潮水的振動とした 場合とに分けて第 8, 9 圖に

併記した。

第 8 圖 灣振動の原動力

第 9 圖 湖水的振動の原動力



(2) 野滿理論による大阪津浪の計算：— 長く働けば $\bar{\zeta} = \bar{\zeta}_p + \bar{\zeta}_T$ の水位上昇を起すべき
原動力が絶えず變化する場合には，野滿の津浪及びセイシ理論によると

$$\zeta_m(t) = \bar{\zeta}_m - \int_0^t \frac{\partial \bar{\zeta}(\tau)}{\partial \tau} \frac{\sqrt{4\sigma_m^2 + (\nu\beta_0^2)^2}}{2\sigma_m} e^{-\frac{1}{2}\nu\beta_0^2(t-\tau)} \sin(\sigma_m \sqrt{t-\tau} + \epsilon) d\tau \dots (2)$$

$$\text{但し } \epsilon = \tan^{-1} \nu\beta_0^2 / 2\sigma_m, \quad \nu = \frac{\mu}{\rho}, \quad \beta_0 \tan \beta_0 H = f' \rho / \mu$$

f' ：海底条件を定むる係数， μ ：粘性係数， m ＝振動の次数

前項に得た $\bar{\zeta}$ を此の式に入れて數値積分を行へば，第 8 表及び第 10, 11 圖の如き結果を得る。

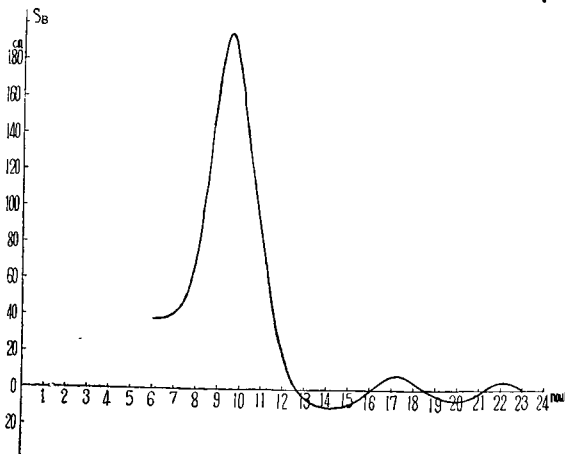
第 8 表

灣 ト 考 ヘ タ ル 場 合				湖 ト 考 ヘ タ ル 場 合			
時 刻	$\bar{\zeta} = \bar{\zeta}_T + \bar{\zeta}_P$	$\Delta \bar{\zeta}$	ζ_B	時 刻	$\bar{\zeta} = \bar{\zeta}_T + \bar{\zeta}_P$	$\Delta \bar{\zeta}$	ζ_L
時 分	cm	cm	cm	時 分	cm	cm	cm
6 0	- 2	13	0	6 0	1	1	0
6 35	11	14	0	6 20	2	7	2
7 10	25	79	5	6 40	9	19	5
7 45	104	107	21	7 00	28	7	11
8 20	211	-110	67	7 20	35	34	24

室戸颱風に伴へる關西風津浪の研究

灣 ト 考 ヘ タ ル 場 合				湖 ト 考 ヘ タ ル 場 合			
時 刻	$\bar{\zeta} = \bar{\zeta}_T + \bar{\zeta}_P$	$\Delta \bar{\zeta}$	ζ_R	時 刻	$\bar{\zeta} = \bar{\zeta}_T + \bar{\zeta}_P$	$\Delta \bar{\zeta}$	ζ_L
時 分	cm	cm	cm	時 分	cm	cm	cm
8 55	101	-53	125	7 40	69	70	46
9 30	48	-27	157	8 00	139	40	89
10 05	21	-21	122	8 20	179	-61	145
10 40	0	-14	75	8 40	118	-45	186
11 15	-14	-5	25	9 00	73	-13	173
11 50	-19	-6	-13	9 20	60	-20	139
12 25	-27	0	-34	9 40	40	-23	53
13 00	-27	0	-43	10 00	17	-10	-15
				10 20	7	-12	-36
				10 40	-5	-10	-29
				11 00	-15	-10	-11
				11 20	-25	0	5
				11 40	-25	-2	-1
				12 00	-27		-20

第10圖 灣 振 動 ζ_R

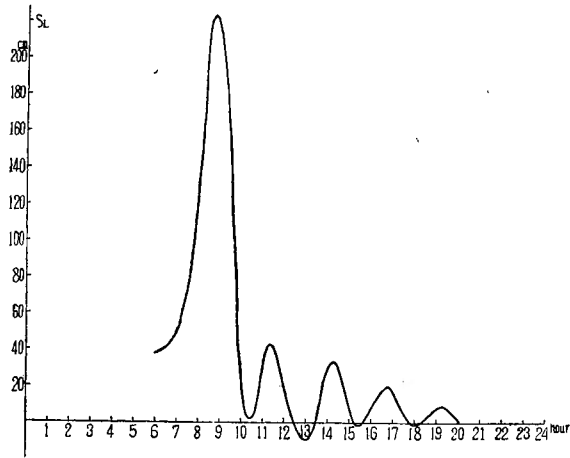


計算に際し減幅率 $\frac{1}{2}\%$ は第3, 4表のものを用ひ、週期は湖水的振動155分、灣振動0分としたものである。 ζ_R は灣振動による水位上昇、 ζ_L は湖水的振動による水位上を示す。但し12時以後は簡單のため半週期減幅率と週期とより上式に據らずして畫いものであるから、微細な點の精確さは期待出来ない。

折くして得た ζ_R と ζ_L を適當の割合に合成したものが實際の津浪曲線になる筈である

室戸颱風に伴へる關西風津浪の研究

第11圖 湖 水 的 振 動 ζ_L

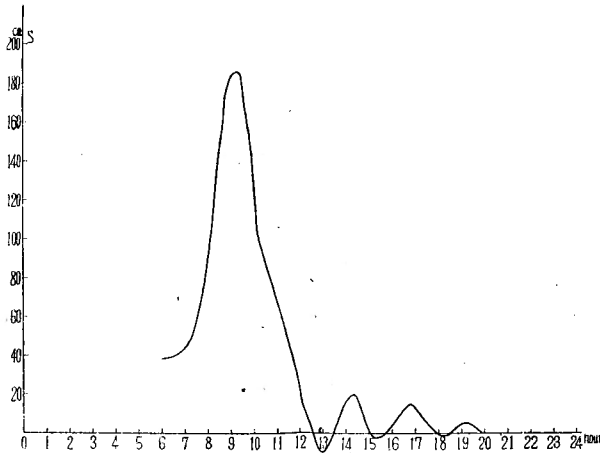


第 9 表

時 刻	ζ_R	ζ_L	ζ	時 刻	ζ_R	ζ_L	ζ
時 分	cm	cm	cm	時 分	cm	cm	cm
6 0	38	38	38	13 20	- 7	- 4	- 5
6 20	38	40	39	13 40	- 9	14	6
6 40	39	43	40	14 00	-10	30	17
7 00	41	49	44	14 20	- 9	34	20
7 20	45	62	51	14 40	- 9	22	12
7 40	56	84	65	15 00	- 8	6	1
8 00	63	127	84	15 20	- 6	- 1	- 3
8 20	101	182	128	15 40	- 3	0	- 1
8 40	135	224	165	16 00	0	7	5
9 00	170	211	184	16 20	3	12	9
9 20	190	177	186	16 40	5	20	15
9 40	191	91	157	17 00	7	16	13
10 00	170	18	120	17 20	7	8	8
10 20	142	2	95	17 40	6	1	3
10 40	113	9	78	18 00	4	- 1	- 1
11 00	85	27	66	18 20	1	1	1
11 20	57	43	53	18 40	- 1	5	3
11 40	35	37	36	19 00	- 3	8	4
12 00	18	18	18	19 20	- 4	10	5
12 20	7	8	8	19 40	- 5	6	2
12 40	- 1	- 3	- 3	20 00	- 5	2	- 1
13 00	- 5	-10	-10				

が、其兩者の振幅比は前にも云つた通り第4圖を熟視すれば $r_R:r_L=2:1$ とすべきである。依つて、第10、11圖から等間隔の r_R, r_L を読み取つて上述の割合に組合はせ第9表を得、それを圖にして第12圖を得た。

第12圖 計算津浪曲線(合成振動)



この計算曲線と津浪曲線とを比較對照すると大上昇時は勿論それ以後の微細なる點に於ても可なり満足すべき一致のあることを知り、我々の見解の妥當なるを裏書きする様である。只茲に注意すべきは、此の計算だけに依ると洲本にては寧ろ水位が下降すべきであるのに可なりの水位上昇が實際にはあつたし、又大阪津浪の高さも計算値は稍過小であることである。之は實は紀伊水道が矢張り大阪灣と同様の作用を受けて其の端は水位が上昇して居る筈だし、事實和歌山での檢潮記録は颱風の大阪通過時にもまだ随分高水位を持続して居た。その紀伊水道北端の水位上昇が大阪灣内にも影響して、洲本も水位が幾分上昇するし大阪の水位をも大阪灣内での颱風效果以上に上昇せしめたものと考へられる。

(3) 四國海岸の津浪と竹上理論の適用：一次に大阪灣の如き入江でなく、略ぼ直線的陸岸を有する四國南岸でもその當日最高 4~5 米の水位上昇のあつた事が諸種の事情から推定されることは既述の通りである。之は此の附近の海棚に進行性低氣壓乃至風域が襲來した效果として、筆者の一人竹上の「進行性低氣壓に伴ふ水位上昇」⁽⁶⁾⁽⁷⁾に關する理論を適用す

- (6) T. Takegami: A study of the Effect of a Local Wind etc. Mem. Kyoto Imp. Univ. A 19 (1936), 122.
 (7) T. Takegami: A Study of the Effect of a Travelling Atmospheric Disturbance etc. Mem. Kyoto Imp. Univ. A. 21 (1938), 69.

れば説明がつく。其の理論をここに述べる事は出来ないが、竹上はその論文に於て室戸颱風を例に取り、四國沿岸に於ける水位上昇を氣壓効果と風の效果とに分け、前者による上昇量として 3.9 m、後者に依るそれとして約 0.4 m、合せて約 4 m の上昇量を算出して居る。この値は可なり實際の上昇量を示すものと見てよい。

結 論

以上の所論及び計算の結果を要約すると

- (イ) 風浪の發達は外洋に於て最も顯著であるが、風津浪の發達は棚海以内に限る。
- (ロ) 風及び氣壓に變動あれば棚海以内の海面には必ず多少のセイシ發達し、變動激甚ならば往々陸上に溢水して津浪となる。風津浪動はセイシと本質的に相異なるものではなくて、寧ろその一相に過ぎざる場合が多い。今回の大阪津浪、大正 6 年の東京灣津浪はその適例である。

- (ハ) 今回の大阪津浪は、その原動力より見ると

風の作用：氣壓の作用＝3：1

又振動様式としては

灣振動：湖水振動＝2：1

の割合にて合成發達したセイシの第一動である。

- (ニ) 大阪灣外の海水堆積も多少の影響を與へた。
- (ホ) 四國南岸の大津浪は其の前面にある海棚に進行性低氣壓が作用したとして推算出来る。

本研究は服部報公會の援助により遂行したもので、同會に對し茲に深甚の謝意を表する。