

韓國沿岸에 있어서 氣象攪亂에 의한 海面變化 I. 颱風 빌리號 (1970年)와 南·西海岸의 異常高潮現象

黃 進 豐
交通部 水路局

ON THE VARIATION OF SEA LEVEL DUE TO METEOROLOGICAL DISTURBANCES ON THE COAST OF KOREA. I. STORM SURGES CAUSED BY TYPHOON BILLIE, 1970, ON THE WEST AND SOUTH COASTS OF KOREA

Chin-Pung Hwang

Hydrographic Office, Republic of Korea, Seoul

ABSTRACT

Storm surges caused by typhoon Billie, 28 Aug. ~ 2 Sep. 1970, on the west and south coasts of Korea are studied with the tidal data. Tracks and frequencies of the typhoons which affected the Korean peninsula and the yearly maximum tidal deviation at tide stations for the past twelve years are also reviewed.

It is assumed that most of the typhoons affecting the Korea peninsula cause variations of sea level along almost all of the coast of Korea. Maximum storm surges at each tide station on the south coast appeared to be caused by typhoons during the summer, and by the north westerly monsoon and extraordinary cyclones on the west coast during spring and winter. In the coastal waters of the west coast where depths are shallower and the bottom configuration is flat, sea level variation is mostly caused by atmospheric pressure and wind effect. When a typhoon travels as in case of typhoon Billie, sea level ascends generally on the south coast and it descends on the west coast before the typhoon approaches near to the coasts. Considering the large tidal range on the western and southern coasts, it is assumed that the extraordinary destructive surges can be occurred when the tide is high water. Reviewing the monthly mean sea level variations on the each coast, hazards to be caused by storm surges can more fluently occur during the summer.

序 言

本稿는 지난 12年동안 韓國沿岸에 來襲한 颱風 및 各 檢潮所에 出現한 매년의 最高 異常高潮와 1970. 8. 29~9. 2에 있었던 颱風 빌리號 來襲時 南·西海岸의 各 檢潮所에서 얻은 資料에 의하여 海面變化에 대한 事例調査를 試圖한 것이다. 韓國沿岸은 매년 頻繁한 氣象攪亂 (颱風, 低氣

壓等)에 의하여 異常高潮 또는 氣象海溢現象이 發生, 港灣이나 沿岸地帶에서는 적지 않은 被害를 받고 있으나 이에 관한 調査는 전혀 없었으며, 이후 沿岸地帶의 高度利用이나 沿岸防災를 위하여 먼저 正確한 事例調査가 必要하다고 본다.

이 調査가 없었던 理由로서 여러가지로 생각할 수 있겠으나 根本的으로 韓國沿岸에는 檢潮所

가 不足하여 資料取得이 어려웠고 沿岸의 利用度가 낮아 被害는 소한 沿岸住民의 被害程度로 認識되었고 天災地變이므로 不可避하다는 觀念때문이라고 判斷된다.

현재 韓國沿岸에는 東海 3, 西海 4, 南海 4個 檢潮所가 있으나 이러한 現象의 調査에는 너무나 不足한 實情이다.

韓半島의 沿岸地形은 東岸은 아주 單純하고 南·西岸은 매우 複雜하다. 海底地形도 東海는 急變하여 5 浬만 나가도 200 m가 넘고, 가장 깊은 곳은 4049 m나 되는데 反하여 南海(韓國海峽)는 西部에서 東部로 감에 따라 漸次 깊어지고 있으나 가장 깊은 곳이 227 m, 平均水深은 100 m 內外이다. 西海는 水深이 아주 낮고 平坦하여 가장 깊은 곳일지라도 100 m 以內이며 平均水深은 약 50 m에 不過하다.

潮汐現象은 東海岸에서 西海岸으로 갈수록 潮差가 큰데 大潮昇은 東海 0.2~0.4 m, 南海 1.2~4 m, 西海 3.0~9 m에 達하고 있으며, 平均海面의 變化는 春冬에 낮고 夏秋에 높는데 年較差는 20~50 cm 나 된다.

資料의 分析

가. 颱風 來襲經路와 頻度

1959—1970 동안 韓半島를 來襲한 颱風의 經路와 頻度는 그림 1 및 表 1과 같다. 颱風의 經路



Fig 1. The track of typhoon passed in the vicinity of Korea peninsula during 1959—1970.

Table 1. Frequency of typhoon affected coast of Korea, 1959~1970.

Year	Month					Total
	6	7	8	9	10	
1959		1		2		3
1960		1	1			2
1961			1		1	2
1962			3	2		5
1963	1		1			2
1964		2	1			3
1965		1	1			2
1966			2	1		3
1967			1			1
1968			1			1
1969			1	1		2
1970		1	2			3
Total	1	6	15	6	1	29

는 複雜多樣하여 異常高潮現象도 그 經路에 따라 모두 다르겠으나 그 經路의 特性을 다음과 같이 分類할 수 있겠다.

첫째 東支那海에서 西海岸을 따라 黃海를 北上하는 것.

둘째 東支那海에서 黃海中部를 北東進하다가 韓半島의 中部地方으로 上陸 東海로 進出하는 것.

셋째 東支那海에서 東北東進하여 半島의 南部海岸에 上陸 東海로 進出하는 것.

넷째 東支那海에서 韓國海峽으로 進出 南岸中部로 上陸하거나 同海峽을 通過, 또는 日本西南部를 거쳐 東海로 進出 北東進하는 것 등이다.

颱風의 年月別 來襲頻度에서 특히 注目할만한 것은 總回數 29回중 8月이 15回로서 全體의 약 53%이고, 7月, 9月에 各 6回로서 夏期에는 颱風에 依하여 海面變化가 많이 이리날 수 있다는 것이다.

各 海岸別 颱風 來襲頻度는 총 29回중 東·西·南海岸 각각 21回, 13回, 18回를 記錄하고 있는데 이는 韓半島를 通過하는 颱風 가운데 약 60%가 全沿岸에 影響을 미치고 있음을 알 수 있다.

나. 港灣別 異常高潮

表 2는 빌리號의 影響받은 沿岸 各 檢潮所(그림 2 參照)에서 1959~1970까지 나타난 年別 最高異常高潮量을 表示한 것으로 이 값은 同期間의

Table 2. Maximum tidal deviation at each tide station, 1959~1970.

(Unit: cm)

Year	JEJU		DEAHE-UKSAN		MOKPO		KUNSAN		INCHON		YOSU		CHINHAE		PUSAN		ULSAN		
	Date	Ht.	Date	Ht.	Date	Ht.	Date	Ht.	Date	Ht.	Date	Ht.	Date	Ht.	Date	Ht.	Date	Ht.	
1959					7 Feb.	120	5 Dec.	90	19 Dec.	70			18 Sep.	*110					
60					19 Jan.	60							21 Mar.	80					
61					6 Feb.	70	17 Dec.	140	29 Aug.	80			4 Apr. 17 Dec.	80					
62					16 Nov.	80	7 Mar.	110	10 Apr.	80									
63					25 May.	57	5 Dec.	95	7 Jul.	62			3 Jan. 20 Jun.	40					
64	21 Aug.	60			2 Apr.	58	12 Jan.	62	21 Aug.	73			7 Apr. 12 Aug.	40			21 Dec.	60	
65	6 Jun.	60			10 Jan.	48	18 Mar.	58	10 Jan.	88	6 Jun.		2 Jan.	40	2 Jan.				
66	22 Aug.	*102	14 Oct.	53	18 Mar.	54	6 May	95	27 Jul.	79	*24 Aug.		17 Apr.	40	Sep.		11 Sep.	40	
67	27 Jan.	34	8 Oct.	98	15 Apr.	54	8 Apr.	32	14 Dec.	87	30 Apr.		11 Dec.	40	29 Nov.		3 Jul. 3 Sep.	30	
68	6 Dec.	43	3 Sep.	78	12 Mar.	59	28 Jul.	66	2 Jan.	71	16 Mar.		21 Aug. 28 Nov.	40	12 Dec.				
69	16 Apr.	39	19 Oct.	73	28 Mar.	62	28 Apr.	65	12 Jun.	53	25 Apr.		27 May. 31 Oct.	50	24 May. 6 Jun.				
70	30 Aug.	*69	30 Aug.	*112	30 Aug.	*92	12 Jan.	98	31 Aug.	*79	30 Aug.		18 Mar. 31 Aug.	*40	30 Jan.		6 Jul. 16 Aug.	30	

* Tidal deviation caused by typhoon.

高潮 및 低潮時의 實測潮位에서 推算潮位를 減한 偏差量을 求한 것이다.

이 表에 의하면 群山, 仁川, 木浦를 除外한 港灣에서 最高異常高潮의 出現은 颱風에 의하여 發生하였으나 大部分의 最高潮位偏差가 기타 氣象攪亂에 의하여 冬季와 春季에 많이 出現하고 있으며 量도 無視할 수 없을 정도이다. 높이는 南海~西海에 按에 따라 크며, 가장 높은 값은 群山에서 1961年 12月 17日 140cm를 비롯 蔚山, 釜山을 除外하고 모두 1m 以上이다. 最高值중 濟州麗水, 大黑山, 鎮海에서는 颱風에 의하여 發生하였다.

다. 月平均海面의 變化

颱風 발리號에 의하여 海面變化에 影響받은 8個 檢潮所에 있어서 1960年 이후 累年 月平均海面値와 累年 平均海面値와의 偏差는 表 3과 같다.

그 結果를 보면 同 沿岸에 있어 月平均海面의 연중 變化位置는 각 檢潮所가 거의 같고, 대개 2月에 最低値, 8~9月에 最高値가 나타났으며, 가장 큰 곳은 仁川으로서 51.5cm, 가장 낮은 곳은 釜山으로서 21.7cm이다. 離島인 濟州에서는 沿岸에 비하여 크게 나타났는데 약 3.92cm로서 李

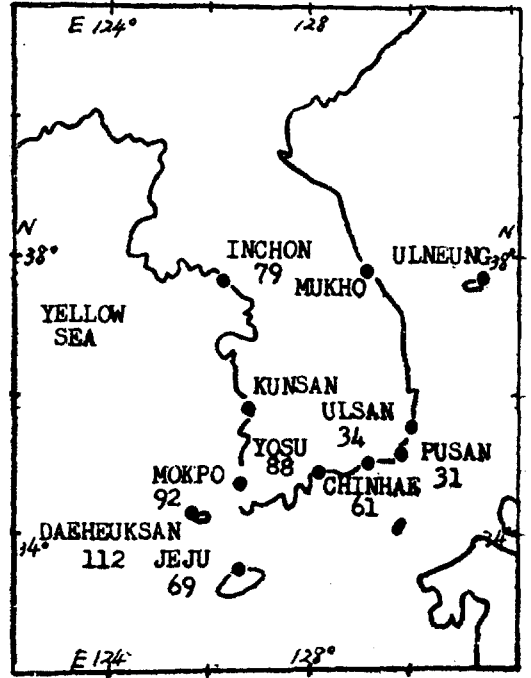


Fig. 2. Location of the tide gage station along the coast of Korea, and the maximum storm surge, by typhoon Billie 1970, was observed at each station.

Table 3. Monthly deviation of observed mean sea level.

(Unit : cm)

Month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	M.S.L	Annual Range	Period
INCH-ON	-30	-19	-12.1	-6.4	1.1	10.8	17.9	21.5	14.9	4.1	-6.2	-15.5	459.4	51.5	60-69
MOKPO	-14.1	-16.1	-12.7	-7.8	-0.9	7.7	13.7	18.2	17.2	8.3	-3.1	-10.1	213.1	34.3	60-69
YOSU	-15.4	-16.3	-10.5	-9.6	-1.1	6.8	11.5	16.4	17.5	8.0	-5.5	-11.4	181.9	33.8	65-69
JEJU	-14.0	-19.3	-14.8	-9.3	-1.8	5.6	12.4	19.9	18.2	10.0	0.6	-7.7	141.0	39.2	64-69
PUSAN	-8.2	-12.3	-10.1	-8.6	-0.7	6.0	7.0	11.6	11.6	4.1	-2.9	-6.3	63.8	21.7	60-69
ULSAN	-7.7	-12.0	-8.5	-10.1	-2.4	3.7	5.9	11.0	12.7	4.2	-3.5	-5.4	31.3	24.7	62-69
CHIN-HAE	-8.8	-13.3	-10.2	-7.5	-0.5	6.4	9.1	13.6	14.1	5.3	-1.9	-6.1	111.7	26.9	60-69

(1967)의 研究結果와 아주 잘 맞고 있다. 특히 동 論文에서 濟州에 있어서 月平均海面變化는 거의 海水密度에 基因하는것 같다는 점은 주목할만하다. 따라서 月平均海面變化와 沿岸被害를 결부하여 생각할 때 같은 높이의 異常高潮가 發生하였다해도 夏期에 海面이 높기 때문에 沿岸被害

가 夏期에 더 클 可能性이 甚다고 하겠다.

라. 발리號와 異常高潮

1) 分析

발리號 (1970. 8. 28~9. 2)에 의해 發生한 異常高潮의 分析은 南·西海岸 8個 主要港에 位置하고 있는 각 檢潮所의 每時의 實測潮位를 利用하였다.

Table 4. List of tide gage stations.

Station	Lat. N	Long. E	Authority*
INCHON	37 27	126 37	C
KUNSAN	35 59	126 42	C
MOKPO	34 46	126 26	H
DAEHEUKSAN	34 41	125 26	H
JEJU	33 30	126 31	C
YOSU	34 44	127 46	H
CHINHAIE	35 08	128 38	H
PUSAN	35 05	129 02	H
ULSAN	35 29	129 22	C

* Authority C : Ministry of Consturction
H : Hydrographic Office

각 檢潮所의 位置는 그림 2 및 表 3과 같다. 동 檢潮所중 蔚山, 釜山, 麗水, 鎭海는 南海岸에 位置하여 韓國海峽에 면하고 있으며, 濟州와 大黑山은 南西海의 島嶼 北岸에, 木浦, 仁川은 西海岸에 각각 位置하고 있다.

그림 3에서 빌리號는 同年 8월 30일 09時경에 濟州南方 약 200 km의 海上에서 最低氣壓 950 mb, 最大風速 35 m/sec를 同伴하여 時速 약 9돛트의 速度로 北北西進하다가 當日 13時경에 濟州西方 약 50 km 海上에서 北北東으로 進路를 바꾸어, 平均時速 약 7돛트로 黃海上을 거의 西海岸과 平行히 北上, 31日 16時경에 海州附近으로 上陸, 南滿州地方에서 消滅되었다.

동 그림에서 굵은 線은 빌리號의 經路이며 가느다란 線은 각 檢潮所에서 最高 異常高潮가 出現한 時刻에 颶風의 中心位置를 表示한다.

그림 4는 동期間동안 각 檢潮所에 있어 時間別 異常高潮量의 變化를 나타낸 것으로서 그 높이는 每時的 實測潮位에서 豫報된 天文潮位를 減하여 얻었다. 點線은 각 地點에 있어 最低氣壓의 出現時間을 連結한 것이다.

각 港口에 있어 天文潮의 豫報는 仁川 38個, 木浦 33個, 麗水, 濟州 각 34個, 釜山 28個의 分潮가 利用되었고, 鎭海와 蔚山은 釜山을 基準으로 또한 大黑山은 28個의 分潮를 利用한 群山을 基準으로 한 潮汐非調和常數에 의하여 豫報하였다. 각 港灣에 있어서 月平均海面은 實測値와 推算値가 一致한다고 가정하였다.

그러므로 비록 南海岸이나 西海岸에 있어서 潮

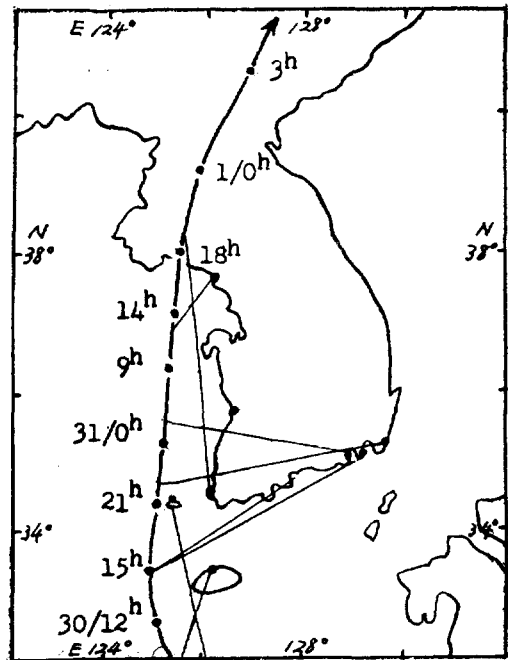


Fig. 3. Track of typhoon Billie, 28 Aug. ~ 2 Sept. 1970. Thin lines indicate the typhoon position when the maximum storm surge appeared at each station.

차가 크지만 그에 比例하여 釜山을 除外한 각 港灣이 30個以上の 分潮를 利用豫報되었으므로 異常潮位의 높이는 精度面에서 滿足할만하다고 본다.

그림 5는 각 港灣에 있는 각 中央觀象臺 地方 測候所에서 觀測한 동期間 동안의 時間別 氣壓과 風向 風速의 變化를 表示한 것이다.

2) 檢 討

그림 3에서 보는바와 같이 西, 南海의 島嶼와 南海岸에서는 颶風이 最短距離에 接近하기 相當 時間前에 最高潮位偏差가 出現하고, 西海岸에서는 接近 直前이나 通過후에 最高潮位偏差가 나타나고 있는 것은 注目할만하다. 木浦에서 時間偏差가 큰 理由는 동 颶風에 同伴되어 湖南地方에 내린 豪雨때문에 榮山江 水位의 上昇이 그 原因이 아닌가 생각된다. 그러나 鎭海에서 最高潮位偏差가 늦게 나타난 原因은 分明치가 얕으나 當時 南東南風이 약 12 m/sec로 불었다.

그림 4에 의하면 각 港灣別 最高偏差는 濟州 69 cm, 大黑山 112 cm, 木浦 92 cm, 仁川 79 cm,

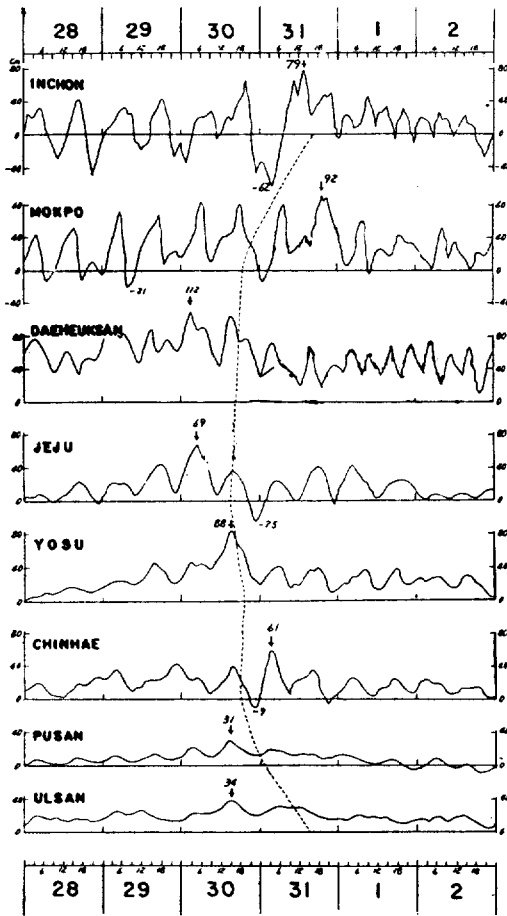


Fig. 4. Tidal deviation at the each tidal station during typhoon Billie, 28 Aug. ~ 2 Sept. 1970. Ordinate : elevation above predicted tide (cm), Abscissa : time KST, Dash line : Connection of minimum pressure time of each station.

麗水 88 cm, 鎮海 61 cm, 釜山 31 cm, 蔚山 34 cm 로 각각 나타났고, 負(-)偏差의 極値는 仁川에서 -62 cm, 木浦 -21 cm, 濟州 -25 cm, 鎮海 -9 cm가 나타났으며, 麗水, 釜山, 蔚山에서는 나타나지 않았다. 前記 각 港灣에 있어서 負偏差가 出現한 時間에 風向은 모두 陸上에서 바다로 상당 時間동안 불고 있었다.

특히 仁川에서는 最低氣壓 出現 약 18時間 전부터 10時間동안이나 현저한 負偏差에 이어 海面이 上昇하기 시작하여, 약 17時間동안 높은 潮位偏差가 出現하였는데 負偏差가 發生하는 동안은 東北東의 바람이 平均 10 m/sec로 불었고, (+)

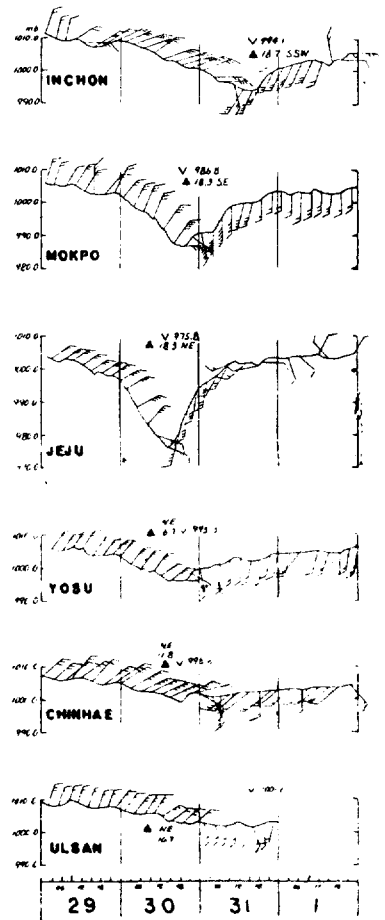


Fig 5. Atmospheric pressure and wind at the each tidal station during typhoon Billie, 29 Aug. - 1 Sept. 1970. V: Occurred time of minimum atmospheric pressure. A: Occurred time of maximum wind velocity and direction.

偏差가 出現하는 동안에는 南南西의 바람이 平均 13 m/sec로 長時間 불고 있었다.

각 港灣에 있어서 最高潮位偏差와 最低氣壓의 出現間隔은 각 港灣이 一定치 않고, 濟州, 蔚山, 麗水, 仁川에서는 最高 潮位偏差가 出現하기 10時間, 24時間, 4時間, 2時間前에 각각 最低氣壓이 觀測되었고, 木浦, 鎮海에서는 24時間, 9時間후에 나타났다.

潮位偏差의 時間的 位相變化는 南東岸의 蔚山, 釜山에서는 比較的 連續的인 上昇 및 下降現象이 보이고, 西海의 仁川에 감에 따라 漸次 不規則하게 나타나고 있다. 이는 潮差가 큰 港灣에 있어

서 分析上의 誤差도 다소 다르겠으나, 얕은 海底地形과 바람의 影響이 아닌가 생각된다.

結 論

이상 우리나라에 來襲한 颱風經路, 頻度 및 각 港灣에 있어서 年別 最高異常高潮와 밀리號의 來襲에 따른 南·西海岸에 있어서의 海面變化를 考察하였는데 要約하면 다음과 같다.

가. 우리나라에 來襲하는 颱風은 大部分이 全沿岸에 影響을 주어 海面의 變化를 招來한다고 할 수 있다.

나. 最高 異常高潮의 出現은 南海岸과 南西海의 離島에서는 여름동안 颱風에 의하여 발생하고, 西海岸에서는 冬期나 春期の 北西季節風이나, 異常 低氣壓에 의하여 주로 出現하고 있으며, 그 높이는 1 m以上이 되는 경우가 있다.

다. 海底地形이 平坦하고 水深이 얕은 海岸에 있어서 海面變化는 주로 氣壓의 下降과 바람의 影響에 크게 左右되고 있으며, 특히 西海岸에 있어서는 바람에 의한 海水의 沿岸으로의 輸送과 堆積에 의하여 異常高潮가 많이 發生한다고 할 수 있다.

라. 颱風 밀리號와 같은 經路를 가질 때 一般的으로 南·西海岸에서는 颱風이 接近하기 전에 海面이 上昇하여 最高潮位 偏差가 出現하고, 西海岸에서는 接近前에 海面이 下降하였다가 接近直前 또는 通過後에 出現하는 傾向이 보인다.

마. 西·南海岸의 큰 潮差와 關聯하여 보건대 異常高潮의 높이가 크다 할지라도 海面上昇에 의한 沿岸의 被害는 거의 滿潮時間과 一致할때 일어난다고 할 수 있다.

바. 각 沿岸의 月平均海面의 年變化와 關聯하여 볼 때 南·西海岸에 있어서 異常高潮의 量이 크다 할지라도 平均海面은 冬季에 약 20~50cm가 낮기 때문에 異常高潮에 의한 沿岸被害는 夏季에 크다 할 수 있다.

끝으로 沿岸에 있어서 被害는 海面의 異常的인 上昇에 의해서도 發生하고 있지만 기타 심한 氣象攪亂에 同伴되는 風浪과 副振動에 의하여 더 큰 被害가 招來된다고 思料됨으로 이후 正確한 氣象現象의 分析과 아울러 이들에 대한 事例調査도 併行하여야 할 것이다.

本稿를 쓰는데 많은 協助를 베풀어주신 中央觀象臺, 각 地方測候所 및 關係諸位에게 眞心으로 感謝를 드리는 바이다.

參 考 文 獻

- Isozaki, I. 1968. An investigation on the variations of sea level due to meteorological disturbances on the coast of Japanese Island. (II). Storm surges on the coast of the Japan Sea. J. oceanogr. Soc. Japan, 2, 32-45.
- 國立中央觀象臺. 1956~1970. 氣象年報.
- 國立水產振興院. 1964. 韓國海洋便覽, p. 28.
- 交通部 水路局. 1960~1970. 潮汐觀測資料.
- Macmillan, D. H. 1966. *Tides*, Elsevier Publ. Co., p. 111-120.
- 齋見則夫. 1963. 日本における 台風通過後の 高潮について. 舞鶴海洋氣象台要報, 8, 41-47.
- 谷岡克己. 1971. 山陰地方の高潮. 海と空, 46(2-3), 21-31.
- 李錫佑. 1967. 韓國沿岸의 月平均海面의 變化에 對하여. 韓國海洋學會誌, 2, (1-2), 24-33.