

## 東北 아시아 海域의 暴風海溢 研究 I. 暴風海溢의 年別 極值 分析

李眞慶 · 吳林象

서울대학교 自然科學大學 海洋學科

### A Study of Storm Surges of the Seas in North Eastern Asia I. Analysis of Yearly Maximum Surge

JIN KYUNG LEE AND IM SANG OH

*Dept. of Oceanography, Seoul National Univ., Seoul 151-742, Korea*

우리 나라와 일본, 러시아의 총 44개 관측점에서의 水位 資料에서 潮汐을 제거, 海溢을 계산하여 年別 最大 陽의 海溢값, 最大 陰의 海溢값을 구하고 그 값들의 평균을 구하여 각 해안에서 발생하는 海溢의 특성을 고찰하였다. 우리 나라의 경우는 陽의 海溢과 陰의 海溢 모두 그 진폭이 서해안에서 크고 남해안과 동해안으로 갈수록 점차 줄어드는 양상을 보였다. 각 관측점에서 발생한 陽의 海溢과 陰의 海溢의 진폭의 평균을 비교해 보면 서해안의 경우는 陰의 海溢의 진폭이 陽의 海溢의 진폭보다 더 크고, 우리 나라의 남해안과 동해안 또 일본 서해안의 경우는 그 반대였다. 또한 동해에서는 북부 러시아 해안에서의 海溢이 남부 일본 서해안에서의 海溢에 비해 상대적으로 큰 결과를 보였다.

국내 각 관측점간의 海溢의 年中 최대치를 비교해 본 바에 의하면, 서해안에서 陽의 海溢의 年中 최대치가 나타난 것은 溫帶性 低氣壓에 의한 강풍의 결과이고, 남해나 동해에서 나타난 경우는 여름철 颱風에 의한 결과였다. 陰의 海溢의 경우는 거의 대부분 서해, 특히 仁川에서 溫帶性 低氣壓에 의한 年中 최대치가 나타났다.

The hourly sea level data are analyzed in order to find the general characteristics of the storm surges at the coasts of Korea, Japan and Russia. The surges are calculated by removing the predicted tides from the observed sea level at 44 tidal stations.

In Korea, positive and negative surges of the west coast are larger than those of the south and east coasts. The magnitudes of negative surges are larger than those of positive surges at the west coast of Korea while they are reversed at the south and east coast of Korea and the west coast of Japan. The surges of the northern Russian coast are relatively larger than those of the southern west coast of Japan.

The yearly maximum positive surges at the west coast of Korea, are found to be caused by extratropical storm, but the maximum positive surges at the south or the east coast of Korea are due to the summer typhoon. Mostly the yearly maximum negative surges occur at the west coast of Korea (particularly Incheon), and they are caused by extratropical storm.

### 緒 論

해수면 변동에 대한 지식은 연안의 개발 및 이용이 크게 확대됨으로써 연안 개발시 고려되어야 할 중요한 사항이 되었다. 暴風海溢은 중요한 해수면

변동 현상 중의 하나로, 颱風이나 溫帶性 低氣壓과 같은 기상 요인에 의해 해수면이 상승 또는 하강하는 것을 의미한다. 颱風이나 溫帶性 低氣壓과 같은 요인이 없을 때에도, 해수면이 潮汐 현상에 의해 대규모의 규칙적인 변동을 하고 있음은 잘 알려진

사실이다. 해안의 한 지점에서 관측된 해수면 자료에서 潮汐에 의해 생겨날 수 있는 해수면의 높이를 제거한 것을 기상 요인에 의한 해수면 변동으로 보고 이것을 暴風海溢로 취급한다. 이 때, 관측된 해수면이 潮汐 현상에 의한 해수면의 높이보다 높은 경우를 陽의 海溢(positive surge), 반대로 관측된 해수면이 潮汐 현상에 의한 해수면 높이보다 낮을 때를 陰의 海溢(negative surge)이라 부른다.

북태평양 상의 경도 125~155°E, 위도 5~20°N 부근의 열대 해역에서 발생하는 颱風은 7~9월에 걸쳐 매년 2~3개 이상 우리 나라를 통과하며(중앙 기상대, 1984), 아열대의 덥고 습한 氣團과, 극지방의 차고 건조한 氣團이 만나서 생겨나는 溫帶性 低氣壓의 경우는 颱風보다 더 자주 우리 나라를 통과하여 크고 작은 海溢을 발생시킨다.

暴風海溢의 크기는 원인이 되는 颱風이나 溫帶性 低氣壓과 같은 기상 요인의 강도에 일차적으로 큰 지배를 받고, 颱風의 경로에 대한 상대적인 위치에도 영향을 받으며, 그 외에도 발생 지역의 수심이나 潮汐의 성질, 연안의 지형에도 영향을 받는다.

이 연구에서는 우리 나라와 일본, 그리고 러시아를 포함하는 동북아시아의 총 44개 관측점에서의 해수면 변위 자료를 가지고 海溢을 계산하고, 그것을 이용하여 각 해안에서 발생한 海溢의 크기나, 陽의 海溢과 陰의 海溢의 발생 양상, 海溢의 지속 시간 등의 특징들을 고찰하였다. 분석된 자료는 그 기간이 긴 것은 31년에서 짧은 것은 1년에 이르기까지 다양한 기간 동안의 것들이다. 黃(1971), 秋(1987) 등을 비롯한 기존의 海溢의 연구가 우리 나라의 연안을 주로 관심의 대상으로 하여 연구한 반면, 이 연구에서는 러시아의 해안과 일본의 서쪽 해안까지를 연구의 대상으로 삼았고, 우리 나라 해안에 대하여서는 방대한 양의 자료를 분석하여, 기존의 연구에 비해 海溢의 특성에 대해 더욱 일반성을 가질 수 있도록 하였다.

### 資 料

이 연구에는 우리 나라 연안 22개 주요 항만의 1시간 간격의 實測 平均 潮位 자료가 이용되었다. Fig. 1에 각 관측점의 위치가 나타나 있고, Table 1에는 사용된 자료의 각 연도와 분석한 총 연도수를

나타내었다. 사용된 자료가 가장 많은 곳은 31년간의 자료가 있는 木浦이고, 다음으로 20년 이상의 자료가 이용된 곳은 仁川, 濟州, 麗水, 釜山, 蔚山, 墨湖 등의 관측점들이다. 群山, 大黑山島, 巨文島, 忠武, 加德島, 浦項, 鬱陵島, 東草 등에 대해서는 10년 이상, 그리고 安興, 고정, 蟻島, 楸子島, 西歸浦, 莞島 등에 대해서는 10년 이하의 자료가 분석에 사용되었다.

이 연구에서는 또한 일본의 서해안 12개 관측점(Fig. 1)에서의 1시간 간격의 조위 자료도 이용되었다. 사용된 자료는 1976~1986년의 11년에 해당하는 것이었으나, 자료에 결측이 많아서 10년 이상의 자료를 이용할 수 있었던 곳은 Maizuru와 Shimonsaki뿐이고 나머지 10개의 관측점에 대해서는 10년 미만의 자료가 분석에 이용되었다(Table 2).

또한 러시아의 10개 관측점에 대해서는 1977~1988년의 12년 동안에 대해 계산된 海溢의 연간 최대치들을 직접 얻어서 함께 고찰해 보았다(Rabinovich, 1992). Table 2에 러시아와 일본의 각 관측점에 있어서 사용된 자료의 연도와 총 연도수를 나타내었다.

Table 1. Analyzed tide data at the Korean coasts

Station	Year	Number of Years
Inchon	60-66, 68-69, 71, 76-91	26
Anheung	87-91	5
Kojung	86, 88-91	5
Kunsan (In)	60-61, 66-68, 72, 74-77	19
	81-87, 89-90	
Kunsan (Out)	81-87, 89-91	10
Wido	85-86, 89-91	5
Mokpo	60-63, 65-91	31
Tachuksan	68, 73-39, 81-91	19
Chujado	84-91	8
Cheju	64-91	28
Seogwipo	85-91	7
Wando	83-91	9
Keomundo	82-91	10
Yeosu	67-79, 81-91	24
Chungmu	76-91	16
Kadukdo	77-91	15
Pusan	61-64, 66-71, 73-91	29
Ulsan	65-68, 71-91	25
Pohang	73-90	18
Ulleung	79-91	13
Mukho	66-69, 71-91	25
Sokcho	74-90	17

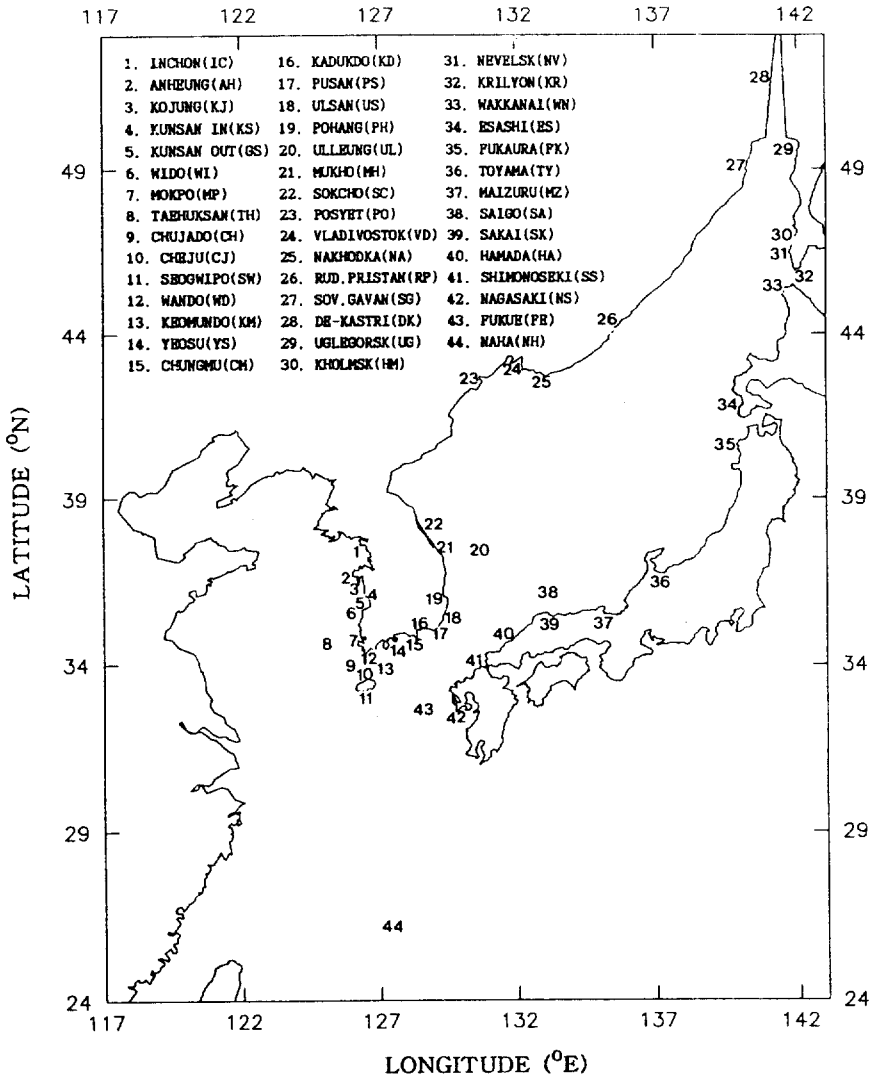


Fig. 1. Locations of tidal stations.

資料 分析 方法

暴風海溢은 관측된 해수면 높이(實測水位)로부터 潮汐에 의한 해수면의 높이인 豫報 潮位를 제거한 해수면으로 정의된다. 그러나 본 연구에서는 확보 자료의 제한성으로 인하여 실측 수위를 사용하지 못하고, 실측 수위를 1시간 정도로 이동평균한 값(實測 平均 潮位)을 사용하였다. 이 실측 평균 조위를 뒫 등(1988)이 사용한 방법으로 분석하였는데, 이 방법은 1시간 간격으로 된 해당 연도의 365일의

조위 자료로부터 調和 分析에 의해 64개의 分潮를 계산한 후 이를 재합성하여 예보 조위를 구함으로써 시작된다(Easton, 1977). 이들 64개 分潮의 調和 常數들은 최소자승법으로 구하는데, 이 때 행렬의 계산은 Gauss-Siedel 반복법(Kuo, 1972)이 사용된다. 이 64개의 分潮를 재합성하여 예보 조위를 얻는 계산식은 다음과 같다(Dronkers, 1964).

$$h(t) = S_0 + \sum_{n=1}^{64} f_n h_n \cos[\omega_n t + (V_n + u_n) - \kappa_n]$$

Table 2. Analyzed tide data at Japanese and Russian coasts

Station	Year	Number of Years
Posyet	78-88	11
Vladivostok	78-79, 83-88	8
Nakhodka	78-87	10
Rudnaya Pristan	77-88	12
Sov. Gavan	77-80	4
De-Kastri	77-88	12
Uglegorsk	77-88	12
Kholmsk	77-88	12
Nevelsk	78-88	11
Krilyon	77-88	12
Wakkanai	84-85	2
Esashi	85	1
Fukaura	83, 86	2
Toyama	76, 81, 86	3
Maizuru	76-86	11
Saigo	76-79, 82, 84-86	8
Sakai	76, 79-80, 82	4
Hamada	77, 78	2
Shimonoseki	76-82, 84-86	10
Nagasaki	76, 78-79, 81-86	9
Fukue	78, 79	2
Naha	76, 78-83, 85	8

여기서 각 항은 다음의 의미를 갖는다.

- $h(t)$  : 예보 조위
- $S_0$  : 365일 간의 평균해면
- $f_n$  : 기조력의 장주기(18.6년) 성분을 고려하여  $h_n$ 을 보정하는 변수
- $h_n$  : 각 분조의 진폭
- $\omega_n$  : 각 분조의 각속도
- $V_n$  : 각 분조의 위상
- $u_n$  : 기조력의 장주기 성분을 고려하여  $V_n$ 을 보정하기 위한 변수
- $\kappa_n$  : 각 분조의 遲角(lag angle)

위와 같이 구한 예보 조위를 원래의 실측 평균 조위로부터 제거하여 潮汐 殘差를 계산하였다. 이 조석 잔차 중 颱風이나 溫帶性 低氣壓이 지나감으로 인해 강풍이 일었던 기간 동안에 나타난 현저한 해수면의 상승이나 하강을 暴風海溢로 간주하였다.

結果 및 討議

관측된 평균 조위에서 예보 조위를 제거하여 매년 일년 길이의 潮汐 殘差 時系列을 얻을 수 있다. 이때 潮汐이 우세한 우리 나라 서해안과 남해안 관측점의 潮汐 殘差에는 潮汐 주기가 아닌 약 12시간 주기의 소폭의 진동이 나타나서 이를 제거하기 위하여 仁川에서 加德島 사이의 모든 관측점에 대해서는 13시간 이동평균을 통해 平滑化(smoothing)를 하였다. 이들 자료 중 颱風이나 溫帶性 低氣壓으로 인한 강풍 기간의 현저한 해수면 상승이나 하강을 앞 절에서 서술한 것처럼 海溢로 간주하여 陽의 海溢의 최대값과 그 발생일, 陰의 海溢의 최대값과 그 발생일을 자료가 존재하는 전 기간에 대해서 구해 보았다.

이렇게 해서 구한 우리 나라 22개 관측점의 年間 最大 陽의 海溢값과 陰의 海溢값, 그리고 그 발생일을 Table 3에 나타내었다. 연도별로는 대체로 陽의 海溢의 경우 그 크기가 仁川, 群山, 木浦의 순이나 '61, '66, '76, '81, '89, '91년의 경우는 群山이 仁川보다 오히려 큰 값을 보였으며, '83년의 경우는 木浦가 가장 큰 값을 나타냈다. 이는 黃(1971)이 보고한 바와 같이 群山에서의 海溢이 해에 따라서는 仁川보다 커질 수 있는 가능성이 가장 큼을 보여준다. 陰의 海溢의 경우는 '84년을 제외하고는 모두 仁川이 群山보다 그 크기가 컸다.

1983년 莞島에 검조소가 설치된 후로는 우리 나라의 年間 最大 陽의 海溢이 '83년부터 연속 4년간이나 이곳에서 기록되었다. 이러한 기록들은 모두 여름철에 기록되어 '76 '77, '78, '80, '82년 등 5번이나 국내 最大 陽의 海溢을 기록한 仁川이 모두 겨울철의 기록인 것과 큰 대조를 이룬다. 이밖에도 '87, '88년에도 국내 最大 陽의 海溢을 仁川에서 찾을 수 있는데 이들도 예외 없이 여름철 颱風에 의한 것은 아니다. 이러한 경향은 群山의 경우도 비슷하여 모두 溫帶性 低氣壓에 의한 최대치이다. 반면에 해당 년도의 국내 최대치인 '89년의 麗水 42.5 cm, '91년의 莞島와, 국내 최대치는 아니나 최대치에 가까운 값으로 '81년 浦項의 42 cm, 釜山の '84년 43.5 cm와 '85년 43.3 cm, '86년 東草의 63.4 cm 등은 모두 颱風





Table 3. Continued.

Year	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	mean												
인천	439	-59.6	44.8	-67.7	42.0	-48.6	39.3	-50.3	48.9	-56.9	65.8	-74.2	38.6	-67.6	37.5	-65.0	43.5	-66.7	41.5	-48.8	48.1	-63.9	
IC	12/22	4/9	4/26	3/17	10/19	3/21	1/15	1/14	1/3	11/5	44.2	-67.6	31.8	-44.7	12/16	4/28	10/15	3/25	11/21	3/21	12/28	39.8	-55.3
안흥																							
AH																							
고성																							
KJ																							
군산내항	390	-49.0	38.0	-49.0	37.3	-53.4	35.5	-34.7	37.8	-42.9	60.9	-59.5											
KS	11/11	2/1	9/28	11/30	3/18	3/21	11/11	1/4	8/29	1/5	12/22	2/3											
군산외항	30.5	-41.0	38.0	41.6	30.9	-45.8	37.0	-36.5	35.6	-35.8	35.4	-58.7											
GS	1/11	4/9	9/28	11/30	10/19	3/21	11/8	1/30	12/30	1/8	4/21	2/3											
위도																							
WI																							
목포	28.2	-28.5	45.1	-40.8	29.1	-39.4	36.7	-29.6	40.1	-31.6	33.5	-40.6	30.6	-32.4	28.1	-30.4	45.3	-40.4	40.3	-30.5	35.8	-35.0	
MP	11/29	1/18	9/28	11/30	8/21	3/21	2/9	12/30	8/28	1/4	1/2	2/3	7/28	12/4	2/17	3/16	3/25	11/21	3/8	3/14	35.3	-36.4	
대곡산	34.1	-32.5	39.5	-53.0	28.3	-37.2	35.1	-27.4	37.2	-31.5	32.3	-46.9	26.6	-27.1	26.3	-33.7	45.9	-39.5	42.9	-27.4	32.7	-25.9	
TH	11/29	4/9	9/28	3/17	8/21	3/21	4/12	12/2	8/28	1/5	1/2	2/3	10/8	12/16	2/17	11/18	3/25	37.8	-31.6	29.7	-22.7	30.4	-24.6
추자도																							
CH																							
제주	24.7	-21.0	26.4	-29.4	28.5	-22.9	36.1	-19.8	43.6	-19.4	29.2	-26.6	21.3	-19.3	30.7	-18.8	29.7	-26.0	31.2	-18.8	8.22	2.22	
CJ	11/29	1/18	8/15	3/17	8/20	3/21	34.9	-18.7	53.1	-18.5	30.3	-25.2	20.8	-17.2	35.5	-15.9	30.2	-21.7	44.3	-19.6	35.6	-19.5	
서귀포																							
SW																							
완도																							
WD	20.8	-15.7	37.8	28.6	39.0	-15.3	39.3	-18.2	42.9	-18.0	36.5	-23.0	22.6	-17.1	25.6	-16.6	22.3	-23.0	39.3	-20.7	32.6	-19.6	
거문도	11/29	3/31	9/28	3/17	8/21	3/21	10/5	5/17	8/28	1/13	7/14	2/3	10/8	2/2	12/23	7/15	3/25	12/26	8/23	7/23	31.0	-23.0	
KM	12/2	3/30	9/28	2/14	8/21	1/16	10/5	5/17	8/28	1/13	7/15	2/3	7/27	2/2	7/28	11/18	1/11	12/26	8/23	7/23	26.7	17.6	
여수	22.3	-20.7	31.4	-27.7	38.7	-18.1	40.5	-18.0	53.6	-21.0	46.9	-20.5	22.1	-23.0	42.5	-18.2	21.8	-24.9	42.0	-22.3	31.0	-23.0	
영구	16.8	17.4	23.7	20.2	31.8	-13.4	26.7	-20.1	43.5	16.3	34.3	-14.8	19.5	14.7	24.8	-16.8	19.6	-17.6	35.7	-20.3	26.7	17.6	
봉곡	8/27	4/5	3/23	7/26	8/21	9/16	10/5	5/17	8/28	1/13	7/15	7/26	10/8	9/29	7/28	7/21	1/11	3/19	8/23	7/24	25.1	-18.1	
CM	18.2	-20.6	20.1	-22.8	31.1	-13.6	25.5	-22.1	32.9	-14.4	33.3	-14.7	15.7	-18.4	25.9	-17.0	20.8	-16.7	30.5	-19.9	25.1	-18.1	
가덕도	8/27	4/5	3/23	7/26	8/21	1/17	10/5	3/16	8/28	7/29	7/15	7/28	3/14	2/2	12/23	7/15	11/5	3/26	8/23	7/24	33.2	-23.0	
KD	26.5	-23.2	31.0	-25.6	43.5	-17.9	43.3	-19.6	48.5	-19.1	72.5	19.2	22.7	-17.0	27.5	-21.8	23.4	-20.7	38.9	-21.2	33.2	-23.0	
보산	8/27	4/5	3/23	7/26	8/21	1/16	10/5	5/17	8/28	2/15	8/31	7/28	3/14	8/8	12/23	5/20	1/2	3/25	9/27	7/24	29.6	-20.0	
PS	8/27	4/5	9/22	7/27	8/21	1/16	10/5	5/17	8/28	6/12	8/31	7/28	9/27	3/16	12/24	2/23	11/5	3/25	9/27	11/26	30.2	-19.1	
웅산	21.2	-20.2	19.2	-18.5	34.7	-15.9	27.8	-20.4	43.5	-14.4	57.1	-17.9	25.4	-15.4	29.0	-20.7	26.8	-28.2	37.7	-18.6	29.2	-22.0	
US	8/28	4/5	8/17	8/5	8/21	8/9	10/5	12/5	8/28	6/12	8/31	7/28	9/27	3/16	12/24	2/23	11/5	3/25	9/27	11/26	29.2	-22.0	
포항	24.0	-22.6	24.0	22.9	33.4	-13.8	25.6	-19.2	36.5	-17.8	60.4	-20.7	25.6	-16.8	31.5	-20.7	24.5	-23.2	30.0	-21.7	29.2	-22.0	
PH	8/29	4/4	2/2	5/2	3/17	1/16	10/5	5/17	8/28	5/1	8/31	2/4	9/27	9/19	12/24	1/5	11/5	3/26	30.0	-21.7	29.2	-22.0	
울릉	28.9	-20.1	23.1	-19.0	31.7	-21.9	26.8	-32.5	37.4	-20.0	44.9	-20.8	21.4	-22.9	21.7	-18.6	25.7	-25.6	30.0	-21.7	29.2	-22.0	
UI	10/20	3/28	2/18	1/10	8/22	9/23	11/10	4/13	8/28	1/26	8/31	2/4	1/22	11/29	8/30	7/22	11/5	3/25	7/30	11/26	28.0	-20.9	
북포	35.0	19.2	23.7	18.4	31.7	-17.3	24.4	-25.9	50.4	-16.5	31.0	-21.2	17.0	-15.3	21.6	-22.9	24.8	-28.6	22.4	-18.5	28.0	-20.9	
MI	8/28	4/4	7/4	5/2	8/23	4/19	2/21	4/12	8/28	6/12	7/16	11/1	2/5	3/20	8/31	3/2	11/6	3/25	9/21	3/22	27.4	20.5	
소포	34.1	19.1	23.5	19.0	33.2	-18.4	22.7	-25.3	63.4	-17.4	38.7	-19.5	17.9	-16.7	22.2	21.9	26.1	27.1	30.0	-21.7	29.2	-22.0	
SC	8/28	9/25	7/3	5/25	8/22	4/19	11/6	4/12	8/28	6/12	7/16	2/4	1/22	11/30	8/30	3/2	11/6	3/25	9/21	3/22	27.4	20.5	

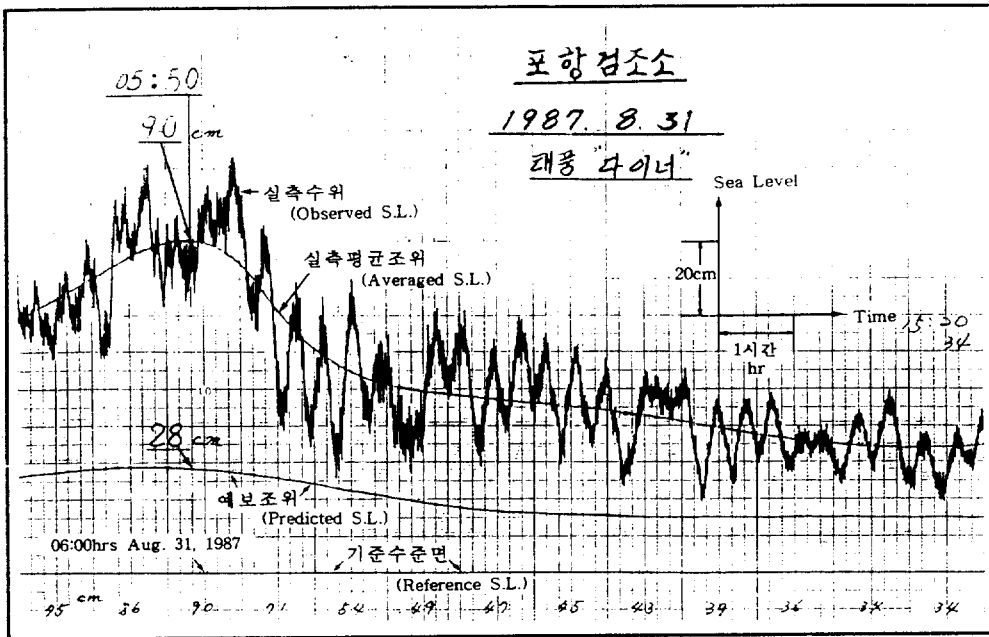


Fig. 2. Sea levels at Pohang when the typhoon Dinah passes the Korean Peninsula in Aug. 31, 1987. The upper smooth curve denotes the averaged sea level from the observed sea level. The lower smooth curve denotes the predicted sea level calculated from pre-estimated harmonic constants. The height of surge can be obtained by subtracting the predicted sea level from the averaged sea level (Ex.  $90 - 28 \text{ cm} = 62 \text{ cm}$  @05:50, Aug. 31, 1987).

風에 의한 극값들이다. 이상에서 보는 바와 같이 큰 海溢 값인 국내 연중 최대치가 서해에 나타나는 경우는 溫帶性 低氣壓에 의한 강풍의 결과이며, 남해 및 동해에 나타나는 경우에는 여름철 颱風에 의한 것이라 판단된다.

陰의 海溢의 경우는 '84년 群山内港에서 -53.4 cm를 제외하고는 전 분석 기간 동안 仁川에서 국내 연중 최대 크기를 보여 주었으며, 이들은 모두 溫帶性 低氣壓에 의한 강풍에 의한 것이었다. 남해안이나 동해안의 陰의 海溢은 그 크기가 크지 않았다. 이렇게 볼 때 陰의 海溢은 溫帶性 低氣壓의 영향이 颱風에 의한 영향보다 훨씬 큼을 알 수 있다.

전 기간, 전 지역을 통해서 가장 높은 陽의 海溢을 기록한 것은 1962년 8월 9일 仁川의 73.6 cm의 경우고, 가장 낮은 陰의 海溢로는 1965년 12월 17일, 역시 仁川에서 -84.4 cm가 기록되었다. 이 값들은 1987년 秋가 보고한 1965년 12월에 仁川의 -126 cm의 最低 氣象潮(최고 陰의 海溢)와 海溢의 크기 면에서 차이를 보인다. 이러한 차이가 나는 이유는

秋(1987)는 最低 氣象潮 계산시 실측 수위를 바로 사용하였고 본 연구에서는 이 실측 수위를 1시간 정도의 이동평균을 취하여 1시간 간격으로 만들어진 교통부 수로국의 외부 공급용 자료를 이용하였기 때문이라 판단된다.

다음의 예를 보면 이것이 더욱 명확해진다. 즉 浦項에서 颱風 '다이너(Dinah)' 시기에 기록된 수위 자료(Fig. 2)를 보자. 시간을 나타내는 척도는 횡축으로, 수위를 나타내는 척도는 종축으로 그려 그림의 우측에 포함시켰다. 그림에서 가장 변화가 심한 선이 실측 수위를 나타내며, 실측 평균 조위는 이 실측 수위로부터 1시간 정도의 이동평균(실제로는 숙련된 수로국 근무자가 자료를 관찰한 후 손으로 그림)한 것과 유사한 방법으로 얻은 것이다. 그림 하단의 숫자들은 위의 방법으로 얻은 실측 평균 조위의 값을 基準 水準面으로부터 매 시간마다 읽은 것이다. 수로국에서 제공하는 각 관측점의 수위는 이들 매시간의 실측 평균 조위이다. 또 예보 조위는 전년도 등의 수위 자료를 이용하여 계산한 조화 상수를



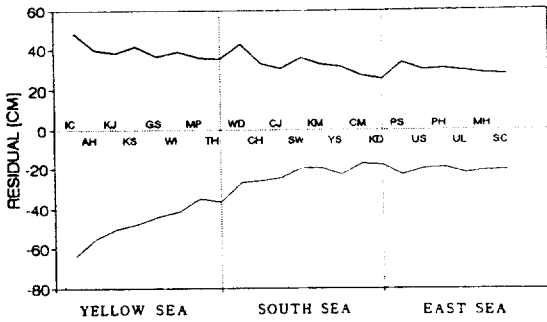


Fig. 3. Averages of the yearly maximum positive surges and maximum negative surges at the Korean coasts. See Fig. 1 for the symbols of tidal station.

이용하여 예보한 조위를 가리킨다. 따라서 海溢의 크기는 실측 수위에서 예보 조위를 뺀 값이 되어야 하는 것이 사실이나, 교통부 수로국에서 외부로 주로 공급하는 값은 실측 수위가 아닌 1시간 간격의 실측 평균 조위이므로 실측 수위에서 예보 조위를 빼서 海溢을 구하는 것은 현실적으로 가능하지 않다. 예를 들어 1987년 8월 31일 05:50의 경우, 실측 평균 조위가 90 cm이고 예보 조위가 28 cm이므로 最大 海溢의 크기는 62 cm에 해당한다. 그러나 만약 海溢의 크기를 실측 수위를 써서 계산하는 경우 같은 날 06:25의 海溢은  $113 - 27.5 \text{ cm} = 85.5 \text{ cm}$  가 되어 앞서 구한 62 cm와는 큰 차이를 보이게 되는 것이다. 그러나 이러한 방법으로 실측 수위에서 예보 조위를 빼는 방법은 Fig. 2와 같은 그림이 전 관측점에 대해 전 기간에 대해 존재해야만 가능하기 때문에 용이한 방법은 아니다.

각 관측점에 대한 年間 最大 陽의 海溢, 最大 陰의 海溢의 전 분석 기간 동안의 평균이 Table 3의 마지막 열에 나타나 있다. 서해안의 경우 陽의 海溢의 평균은 대체로 35~50 cm의 범위, 陰의 海溢은 -35~-65 cm의 범위에 분포하고, 남해안의 경우 陽의 海溢은 대체로 25~35 cm, 陰의 海溢은 -15~-30 cm, 동해안의 경우 陽의 海溢 25~35 cm, 陰의 海溢 -15~-25 cm의 범위에 분포한다. 이 평균 값을 관측점 별로 Fig. 3에 나타내었다. 陽의 海溢, 陰의 海溢 모두 그 진폭이 서해에서 크고 남해, 동해로 갈수록 줄어드는 양상을 보인다. 이러한 결과는 여러 해 자료 중에서 가장 큰 陽, 陰의 海溢 값을 취한 秋(1987)의 보고 결과와 그 경향 면에서 같으나,

海溢의 크기는 다소 작다. 이것은 본 연구의 경우 평균을 취한 것이므로 당연한 결과라고 생각한다.

이 분석에서 알 수 있는 또 한가지 특징은 仁川, 安興, 고정, 群山, 嵎島, 大黑山島 등의 서해안 관측점의 경우는 陰의 海溢의 평균값이 陽의 海溢의 평균값보다 더 크게 나타났으나, 남해안과 동해안의 경우는 陽의 海溢의 평균값이 陰의 海溢의 평균값보다 더 크게 나타나고 있다는 사실이다.

위와 같은 결과가 얻어지는 이유는 海溢의 원인이 되는 기상 요인에서, 또 海溢이 발생하는 지역의 지형적 조건에서 찾을 수 있다. 우리나라의 경우 여름철의 海溢은 주로 颱風 통과 시기에 기압 강하와 바람에 의해, 겨울철의 海溢은 주로 溫帶性 低氣壓의 통과 시기에 기압 차에 의한 강한 북풍, 또는 북서풍으로 인해 발생하는 것이 일반적이다. 颱風은 대부분의 경우 남쪽에서부터 북상하여 진행하므로 동해안의 경우보다 남해안, 또는 서해 남부 해안에 먼저 도달, 더 세력이 강할 때 영향을 미치게 되어 이 지역에 더 큰 海溢이 발생하게 되는 것은 당연한 결과이다. 경우에 따라 颱風이 동쪽으로 치우쳐 진행하는 경로를 가진 것이라 하여도 동해안에 영향을 미칠 때는 이미 육지로 상륙한 이후인 경우가 많은데, 颱風이 상륙하게 되면 보충되는 潛熱의 감소로 세력이 약화되기에 동해안의 경우 상대적으로 작은 값의 海溢이 발생하게 된다고 생각한다.

또한, 겨울철 溫帶性 低氣壓 통과와 경우 시베리아 대륙으로부터 불어오는 강한 북풍이 서해의 경우 거의 해안선에 평행한 바람이 되므로 이 바람에 대해 오른쪽으로 해수의 이동이 생겨나 서해안에서는 陰의 海溢이 자주, 큰 폭으로 발생하는 것으로 사료된다. 반면 동해안의 경우 겨울철의 季節風에 직접 노출되지 않는 지리적 조건을 가지고 있을 뿐 아니라 바람의 영향을 받더라도 이 바람에 의해 해수는 해안으로 밀려 들어오는 결과가 되어 서해안에서와 같이 陰의 海溢이 발생하지 못하는 것으로 생각된다. 또다른 원인은 서해나 남해는 그 깊이가 대체로 100 m 이내의 천해역인 반면 동해는 깊이의 변화가 매우 심하고 3500 m 이상의 깊이가 되는 곳도 있는데, 이러한 점도 발생하는 海溢의 양상이 다른 이유가 될 수 있을 것이라 생각된다. 또한 대한 해협 존재도 동해안의 陰의 海溢의 발생을 제한하는 원인이 되고 있는 것으로 알려져 있다(金, 1988).

Table 4. Yearly maximum positive, negative surges and their occurrence date at the Russian and Japanese coasts. See Fig. 1 for the symbols of tidal station. 단위[cm]

	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	평균
PO		32.4 12/1	41.3 10/26	53.0 12/20	70.0 8/28	27.9 3/26	70.2 10/21	26.1 4/29	30.4 8/22	41.3 11/10	66.3 8/28	43.6 7/16	39.9 4/18		42.9
VD		32.8 12/1	44.7 12/20	55.6 8/18	73.1 10/26	32.2 8/23	45.6 8/28	34.8 4/29	39.4 8/22	30.4 11/10	48.9 8/28	40.7 4/21	38.1 4/18		41.4
NA		27.6 3/12	51.3 10/26	55.5 8/18	73.1 10/26	32.2 8/23	45.6 8/28	34.8 4/29	39.4 8/22	30.4 11/10	48.9 8/28	40.7 4/21	42.5 10/6		40.7
RP	35.2 4/18	50.6 3/12	73.1 10/26	55.5 8/18	73.1 10/26	32.2 8/23	45.6 8/28	34.8 4/29	39.4 8/22	30.4 11/10	48.9 8/28	40.7 4/21	42.5 10/6		49.6
SG	35.7 4/18	40.3 12/1	50.8 8/18	50.8 8/18	38.3 5/27	38.3 5/27	38.3 5/27	2.19 8/28	8.22 8/22	2.72 2/22	9.71 9/21	9.1 9/1	10.6 10/6		41.3
DK	43.6 4/18	49.0 4/18	54.2 12/20	54.2 12/20	56.5 5/27	79.2 10/24	70.2 10/21	42.6 4/16	53.0 10/22	45.6 11/10	52.3 1/5	65.8 4/21	52.1 1/23		55.3
UG	44.3 3/25	46.5 12/1	51.0 11/13	51.0 12/20	54.1 11/13	71.5 10/24	43.0 10/21	40.2 1/8	27.6 10/22	45.5 4/27	50.3 1/5	45.8 9/27	59.9 1/23		48.3
HM	35.7 4/18	36.7 12/1	45.4 12/20	45.4 12/20	41.6 2/1	68.4 10/24	43.7 10/21	35.3 4/23	36.3 10/3	28.3 4/27	34.2 9/21	40.5 4/21	39.4 2/3		40.5
NV		63.7 12/1	48.9 12/20	48.9 12/20	39.6 2/1	63.2 10/24	47.6 10/21	41.9 1/8	48.4 10/3	31.5 3/26	40.8 9/21	44.2 4/21	42.3 1/23		46.6
KR	29.2 10.7	39.8 3/12	45.4 5/27	45.4 5/27	44.9 5/27	74.8 8/23	49.2 10/21	34.7 1/8	51.7 8/22	49.9 12/9	49.0 11/26	55.4 11/23	94.2 11/26		51.5
WN									63.3 - 23.2	39.9 - 37.6					51.6 - 30.4
ES									10/3 11/20	2/22 4/12					38.9 - 28.4
FK										2/21 4/21					34.8 - 20.6
TY	28.7 - 32.9 10/30 11/12					30.1 - 23.9 1/3 12/18					34.7 - 22.2 3/17 9/28				34.9 - 18.9
MZ	38.0 - 28.0 10/29 9/12	24.1 - 27.6 11/4 11/29	23.8 - 23.8 12/12 12/12	24.1 - 24.1 3/31 1/29	47.4 - 28.0 10/26 1/1	35.5 - 26.0 1/1 1/3	31.9 - 30.1 11/12 4/5	30.6 - 21.9 2/19 5/26	28.1 - 19.9 10/21 9/28	36.0 - 26.4 2/21 4/12	46.5 - 22.1 12/19 10/20				35.4 - 25.3
SA	22.8 - 21.6 1/5 7/1	24.4 - 19.5 11/4 11/28	25.5 - 20.7 5/7 4/6	30.3 - 21.5 3/31 4/6	30.3 - 21.5 3/31 4/6	25.9 - 28.0 10/19 4/5	25.9 - 28.0 10/19 4/5		28.4 - 19.5 8/22 11/21	26.1 - 26.9 2/21 4/13	39.6 - 22.0 12/19 10/20				27.9 - 22.5
SK	34.6 - 32.2 1/5 9/12					44.5 - 31.3 3/31 1/29	52.4 - 34.9 10/26 1/1								41.1 - 34.0
HA		29.0 - 24.1 8/24 11/28	31.4 - 24.0 2/26 2/26												30.2 - 24.1
SS	41.5 - 15.5 9/13 5/14	22.8 - 17.0 1/26 1/3	26.7 - 18.4 8/2 1/10	24.8 - 19.8 3/30 1/19	40.7 - 17.7 9/11 7/17	30.7 - 23.5 2/26 8/27	38.7 - 21.7 4/4 4/4		36.4 - 14.5 8/21 9/23	22.9 - 19.9 11/11 3/31	33.7 - 20.1 12/18 10/21				31.9 - 18.8
NS	50.2 - 15.9 9/13 8/17	27.7 - 16.1 8/2 3/1	26.8 - 17.8 3/30 8/2	26.8 - 17.8 3/30 8/2	26.8 - 17.8 3/30 8/2	28.8 - 20.8 11/2 2/26	21.3 - 16.9 1/4 3/26	31.8 - 19.4 9/28 7/27	46.4 - 14.0 8/21 5/3	27.8 - 20.3 2/9 3/31	28.5 - 16.6 8/28 10/23				32.1 - 17.5
FE		27.1 - 14.9 8/2 3/1	22.2 - 16.9 3/30 8/3	22.2 - 16.9 3/30 8/3											34.7 - 15.9
NH	41/4 - 11.7 9/9 10/5	28.8 - 13.0 7/28 6/26	47.2 - 13.0 10/18 10/22	47.2 - 13.0 10/18 10/22	28.0 - 12.8 10/14 5/27	44.7 - 16.6 10/21 2/26	26.4 - 18.7 9/23 1/30	24.1 - 13.3 9/25 2/13		15.6 - 12.2 10/31 1/14					32.0 - 14.2

일본과 러시아의 22개 관측점에서 자료가 있는 기간에 대한 年間 陽의 海溢의 최대값과 陰의 海溢의 최대값, 그리고 각각의 발생일과 평균을 Table 4에 나타내었다. 러시아의 경우는 자료의 불충분으로 陰의 海溢을 구하지 못하였고, 일본의 Nagasaki, Fukuue, Shimonoseki의 세 관측점에서 海溢을 계산할 때는 우리 나라의 서해안, 남해안 관측점과 마찬가지로 약 12시간 주기의 소폭의 진동이 보여 13시간 이동평균에 의한 평활화가 행하여졌다.

러시아나 일본의 경우는 우리 나라와는 달리 특정 관측점 하나에서 계속적으로 가장 큰 海溢이 발생하는 것과 같은 경향을 볼 수는 없었다. 다만 분석된 결과만으로 본다면 陽의 海溢은 러시아의 De-Kastri가 '81, '82, '87년의 3년 동안 러시아와 일본의 관측점들 중 가장 큰 값을 보였고 빈도도 제일 높았다. 그리고 陰의 海溢은 일본의 Sakai에서 '79, '80, '82년의 3회, Maizuru에서 '77, '81, '86년의 3회에 걸쳐 관측점들 중 가장 큰 海溢을 기록하였다. 그러나 그 값은  $-25 \sim 35$  cm 정도로 우리 나라 서해안에서의 값에는 훨씬 못 미치는 크기이다.

또, 이 Table 4에 의하면 '76년 일본의 Nagasaki와 Shimonoseki에서는 年間 最大 陽의 海溢이 9월 13일에 발생한 것으로 기록되었다. 이것은 颱風 '프랜(Fran)'의 통과에 의한 것으로 같은 기간에 우리나라의 木浦, 大黑山島, 濟州, 麗水, 忠武, 釜山, 蔚山, 浦項 등의 여러 관측점에서도 年間 最大 陽의 海溢이 발생한 것으로 기록되었다. 1978년의 경우 Nevelsk에서 러시아와 일본의 관측점들 중 최대인 63.7 cm의 海溢이 溫帶性 低氣壓에 의해 발생한 12월 1일에는 우리나라의 仁川에서도 국내 최대치인 55.5 cm의 海溢이 발생하였다. 또한 '86년 Posyet에서는 8월 28일에 66.3 cm의 最大 海溢이 발생하였는데, 이것은 颱風 '베라(Vera)'에 의한 것으로 같은 기간에 西歸浦에 53.1 cm, 莞島에 65.5 cm, 東草에 63.4 cm의 年間 最大 陽의 海溢이 기록되었다.

러시아 관측점의 年間 最大 陽의 海溢값의 기간 평균은 대체로 약 40~50 cm의 범위로 우리나라의 동해안 관측점보다 그 값이 크게 나타나고 있고, 일본 관측점의 年間 最大 海溢값의 기간 평균은, 陽의 海溢이 25~35 cm 정도, 陰의 海溢이  $-15 \sim -30$  cm 정도의 값을 갖는다. 이 러시아와 일본의 관측점에서의 年間 最大 陽의 海溢과 陰의 海溢의

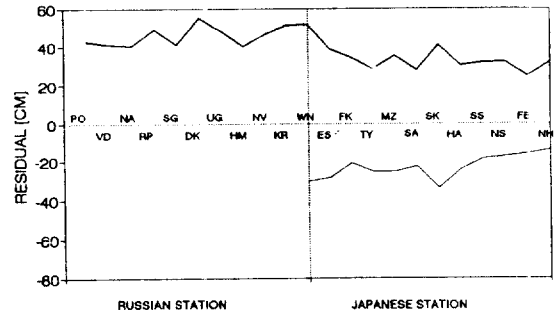


Fig. 4. Averages of the yearly maximum positive surges and maximum negative surges at the Japanese and Russian coasts. See Fig. 1 for the symbols of tidal station.

전 기간에 대한 평균값을 그림으로 나타내었다(Fig. 4). 陽의 海溢이 陰의 海溢보다 크게 나타나고, 동해 북부에서 양, 陰의 海溢 모두 진폭이 크다가 일본 연안을 따라 남으로 내려오면서 진폭이 작아지는 경향을 볼 수 있다.

우리 나라와 일본의 33개 관측점에 대해서 年間 最大 陽의 海溢과 陰의 海溢 중, 전 분석 기간을 통하여 가장 큰 陽의 海溢과 陰의 海溢을 각각 5개년도씩 취하고 이들 각각의 평균과, 그 각각의 지속시간(duration)의 평균을 계산하였다 (Table 5). 여기의 海溢 지속 시간은 海溢의 최고치(peak)의 1/2 값 이상의 해수면 높이가 유지되는 시간으로 정의하였다. 最大 陽의 海溢 5개의 평균값이 60 cm 이상 되는 관측점은 仁川이었고, 群山, 木浦, 大黑山島 등의 서해안 관측점에서는 약 40~60 cm의 값을 보였다. 또 楸子島, 濟州, 西歸浦, 忠武, 加德島 등의 남해안의 관측점에서는 30~40 cm의 값을 나타냈다. 또, 동해안의 釜山, 蔚山, 浦項, 鬱陵島, 東草에서는 30~50 cm로 비교적 큰 값을 보여, 전 기간의 평균으로 고려했을 때 海溢의 크기가 서해, 남해, 동해 순이었던 것과 좀 달리 관측점에 따라 동해안 관측점의 海溢이 남해안의 관측점보다 더 크게 나타나는 곳도 있었다. 이것은 특별히 세력이 강한 기상 요인으로 인해 발생한 海溢에 의해 최대 5개의 陽의 海溢의 평균값이 크게 좌우될 수 있기 때문인 것으로 생각된다.

한편, 陰의 海溢 5개의 평균의 경우는 陽의 海溢보다 관측점의 위치에 따른 특성, 즉 서해안에서 그 진폭이 최대이고 남, 동해안으로 갈수록 감소하는

Table 5. Averages of the amplitudes and durations of the five largest positive and negative surges.

Station	Average of the 5 largest positive surges		Average of the 5 largest negative surges	
	Amplitude (cm)	Duration (hours)	Amplitude (cm)	Duration (hours)
Inchon	61.0	18.3	-79.3	22.4
Anheung	39.8	22.2	-55.3	20.8
Kojung	38.4	25.3	-50.3	25.4
Gunsan	39.7	30.2	-49.4	23.6
Wido	38.8	28.2	-41.4	20.5
Mokpo	43.9	26.4	-42.3	22.9
Taehuksan	45.4	28.4	-47.6	22.4
Chujado	36.9	21.4	-28.0	19.2
Cheju	38.8	28.6	-31.9	30.6
Seogwipo	39.6	36.6	-20.7	53.6
Wando	52.0	21.2	-30.5	25.1
Keomundo	39.7	33.6	-22.7	56.5
Yeosu	45.7	24.9	-29.8	49.0
Chungmu	34.9	29.3	-20.4	237.9
Kadukdo	31.6	38.3	-21.2	135.8
Pusan	49.6	18.4	-30.8	11.1
Ulsan	42.0	25.3	-25.0	38.0
Pohang	40.9	34.1	-22.0	56.0
Ulleung	35.6	30.2	-25.4	58.5
Mukho	41.5	52.1	-25.9	40.1
Sokcho	39.4	39.4	-24.0	61.7
Wakkanai	51.6	31.5	-30.4	42.8
Esashi	38.9	86.6	-28.4	46.5
Fukaura	34.8	28.7	-20.6	52.3
Toyama	28.4	48.6	-25.3	41.3
Maizuru	41.0	46.4	-28.0	51.9
Saigo	30.1	52.1	-24.0	55.7
Sakai	41.1	33.5	-34.0	38.2
Hamada	30.2	22.3	-24.1	25.0
Shimonoseki	38.2	25.5	-20.3	41.0
Nagasaki	37.1	30.1	-19.0	154.5
Fukue	24.7	71.8	-15.9	58.6
Naha	38.0	41.1	-15.3	111.8

경향이 비교적 뚜렷하게 보인다. 구해 본 最大 陰의 海溢 5개의 평균값은 仁川이 약 -70 cm, 群山, 고정, 安興에서 -50~-60 cm, 蟬島, 木浦, 大黑山島에서 -40~-50 cm, 濟州, 莞島에서 -30~-40 cm, 楸子島, 西歸浦, 忠武, 麗水, 巨文島, 加德島 등의 남해안과 蔚山, 浦項, 鬱陵島, 墨湖, 束草 등의 동해안의 모든 관측점에서 -20~-30 cm의 값을 보여 전 기간의 평균을 가지고 고려했을 때 海溢의 크기가 서해, 남해, 동해 순이었던 경향과 일치한다. 海溢의 지속 시간은 영향을 미치는 기상 요인, 즉 颱風이나 溫帶性 低氣壓의 통과 속도나 그 강도 및 그 진행

방향 등에 영향을 받을 것으로 판단되나 이 연구의 결과만으로는 어떤 경향을 찾지 못하였다. 이것은 앞으로 수행할 과제로 남겨 둔다.

### 結 論

實測 平均 潮位 資料의 분석을 통해서 우리 나라와 일본, 러시아의 총 44개 관측점에서의 年別 最大 陽의 海溢값, 最大 陰의 海溢값을 구하고, 전 기간에 걸친 그 값들의 평균을 구한 결과, 우리 나라의 경우는 陽의 海溢과 陰의 海溢 모두, 그 진폭이

서해안 관측점들에서 크고 남해안, 동해안 관측점으로 갈수록 줄어드는 양상을 보였다. 또한 각 관측점에서 陽의 海溢과 陰의 海溢의 진폭을 비교한 결과, 서해안에서는 陰의 海溢값이 陽의 海溢값보다 더 크게 나타났고 남해, 동해안에서는 그 반대의 결과를 보였다. 그리고, 일본 및 러시아의 관측점의 경우는 陽의 海溢의 진폭이 陰의 海溢의 진폭보다 크고, 전체적으로 보면 러시아 해안인 동해 북부에서의 陽의 海溢값이 일본 해안(동해 남부)에서의 값보다 상대적으로 큰 결과를 나타내었다.

陽의 海溢의 경우 국내 각 관측점의 값들을 비교해 볼 때, 연중 최대치가 서해에 나타나는 경우는 溫帶性 低氣壓에 의한 강풍의 결과이며, 남해 및 동해에 나타나는 경우는 여름철 颱風에 의한 것이라 판단된다. 陰의 海溢의 연중 최대치는 거의 모두 서해 특히 仁川에 나타났는데 이것은 溫帶性 低氣壓에 기인한 강풍에 의해서였다. 남해안이나 동해안의 陰의 海溢은 그 크기가 크지 않았고 이것으로 보아 陰의 海溢은 溫帶性 低氣壓의 영향이 颱風에 의한 영향보다 훨씬 큼을 알 수 있다.

서해안에서의 海溢이 남해안이나 동해안에서의 海溢보다 큰 값을 보이는 것은 海溢의 원인이 되는 颱風이나 겨울철의 季節風에 대해 동해안보다 남해나 서해가 영향을 받기 쉽기 때문인 것으로 생각되며 주로 바람에 의해 발생하는 陰의 海溢값이 서해안에서 큰 것은, 이 지역이 겨울철 北西 季節風의 직접적인 영향권에 속하기 때문인 것으로 생각된다.

陽의 海溢은 海溢 발생의 원인이 되는 기상 요인의 강도에 지배를 받는 정도가 陰의 海溢보다 더 크며, 陰의 海溢은 陽의 海溢에 비해 지형에 대해 지배받는 정도가 클 것으로 사료된다. 또 海溢의 지속 시간은 원인이 되는 기상 요인의 통과 속도에 많은 지배를 받는 것으로 판단되나 본 연구의 결과만으로 결론을 내리기는 어렵다. 이와 같이 여러 요인들이 복합된 현상들은 수치 모델 기법을 통하여 보다 더 효과적으로 실험할 수 있는데 奉 등(1990), 및와 金(1990)에 의해서 일부 수치 실험이 행해진 바 있으며, 특히 본 연구 영역과 동일한 영역에 대한 수치 실험이 및 등(1993)에 의해서 행해졌다.

이상의 실측 평균 조위 자료 분석을 통하여 알 아본 우리 나라의 남해와 서해, 그리고 동해 전체에

대한 海溢의 일반적인 특성들은 앞으로 海溢에 대한 여러 연구의 기반이 될 수 있을 것이며 그 외에도 연안의 여러 산업 시설물들의 설계와 같은 실용적인 측면에도 많은 도움이 될 수 있을 것으로 생각한다.

## 謝 辭

본 論文에 유익한 조언을 주신 부산수산대학의 강용균, 이재철 두 교수님께 감사드립니다. 이 연구는 1991년도 教育部 學術研究造成費와 1992년도 科學財團의 特定基礎研究費의 一部 支援으로 이루어졌습니다.

## 參考文獻

- 김성일, 1988. 남해안 근처를 통과하는 颱風에 의해 발생되는 해면변화에 대한 연구. 석사학위 논문, 서울대학교 해양학과, 70 pp.
- 봉종현, 최정부, 오임상, 강인식 등, 1987. 한국 근해의 해양기상 특성과 예보기술 개발에 관한 연구(I). 기상연구소, 한국 중앙기상대 보고서, 220 pp.
- , 1988. 한국 근해의 해양기상 특성과 예보기술 개발에 관한 연구(II). 기상연구소, 한국 중앙기상대 보고서, 323 pp.
- , 1989. 한국 근해의 해양기상 특성과 예보기술 개발에 관한 연구(III). 기상연구소, 한국 중앙기상대 보고서, 355 pp.
- , 1990. 한국 근해의 해양기상 특성과 예보기술 개발에 관한 연구(IV). 기상연구소, 한국 중앙기상대 보고서, 373 pp.
- 오임상, 김성일, 봉종현, 1988. 한국 남해를 통과하는 颱風에 의한 暴風海溢 연구. 한국기상학회지, 24(3): 72-84.
- 오임상, 김성일, 1990. 한국 근해의 暴風海溢 수치 시물레이션. 한국해양학회지, 25(4): 161-181.
- 오임상, 이진경, 안희수, 1993. 동북 아시아 해역의 暴風海溢 연구 -II. 수치모델에 의한 海溢의 재현-. 한국지구과학회지, 14(4): 467-481.
- 중앙기상대, 1984. 한국 颱風 80년보 (1904-1983). 364 pp.
- 추교승, 1987. 한국연안에서 발생한 暴風, 地震海溢에 대하여. 교통부 수로국, 153 pp.
- 황진풍, 1971. 한국연안에 있어서 기상교란에 의한 해면 변화, I. 颱風 밀리호(1970)와 남·서해안의 이상고조 현상. 한국해양학회지, 6: 92-97.
- 해양연구소, 1985. 해난, 재해 예보시스템 연구(I). 317pp.
- , 1986a. 해난, 재해 예보시스템 연구(II). 284 pp.
- , 1986b. 한국 연안의 storm surge 예보를 위한 기초 연구. 75pp.
- Dronkers, J.J., 1964. Tidal computations in rivers and coastal waters. North-Holland Publishing Company. Amsterdam. 518pp.
- Easton, A.K., 1977. Selected programs for tidal analysis

and prediction. Computing Rep. No. 9, Flinders Univ. South Australia, 78pp.  
Kuo, S. S., 1972. Computer applications of numerical methods. Addison Wesley Publishing Company, 415pp.  
Murdy, T. S., 1984. Storm surge-meteorological ocean tides.

Dep. Fish. Oceans. Sidney, 897pp.  
Rabinovich, A. B., 1992. Personal communications.

---

Accepted March 2, 1994