

論 文

한국연안해역에서의 해면수위의 변동에 관한 연구

이경연* · 김동수** · 손창배*** · 김창제**

A Study on the Sea Level Variations in Korean Coastal Area

*Gyeong-Yeon Lee** · *Dong-Su Kim*** · *Chang-Bae Son**** · *Chang-Je Kim***

〈 목 차 〉

Abstract

1. 서론

2. 자료 수집 및 분석

3. 해면수위의 단기변동

4. 해면수위의 장기변동

5. 결론

참고문헌

Abstract

This paper is to estimate the long and short term variations of mean sea level in Korean coastal waters by identifying interrelations among the mean sea level, atmospheric pressure and air temperature along the coast. For this, long-term tidal data observed at tidal and weather observation stations were brought into a statistical analysis. It was noted that, in a general sense, an inverse relationship exists between the sea level and the atmospheric pressure and a positive relationship between the sea level and air temperature, respectively.

The maximum difference of monthly mean sea level was in the range of 21 to 25 cm at the eastern and southeastern coasts, meanwhile more than 30 cm being in both in southern and western coasts. It was also noted that mean sea level continues to rise in a long-term basis. Long-term variation of mean sea level trends to rise 0.10 ~ 0.44 cm per year for each region. However, the long-term variation of mean sea level in the isolated islands shows a different trend, Ullngdo being 0.41 cm fall per year and Chejudo being 0.44 cm rise per year.

* 부산지방 해양수산청 항만운영과

** 한국해양대학교

*** 조취대학

1. 서 론

최근, 급속한 연안해역의 개발에 따라 산업시설이나 생활기반시설 등이 이 지역에 집중되고 있으므로, 연안해역에서의 지속적인 해면수위의 상승 또는 해면수위의 하강은 막대한 인명과 재산 피해를 초래할 수 있다. 즉, 해면수위가 상승하면 저지대의 침수, 해안의 침식, 생태계 및 지배환경요인의 변화 등을 일으킬 수 있으며, 해면수위가 하강하면 연안해역의 수심저하에 의한 선박의 통항장애, 조간대의 확대에 의한 생태계의 변화, 지하수위의 하강에 의한 육상의 지반침하와 구조물 붕괴 등을 일으킬 수 있다. 특히 전지구적인 해면수위의 상승은 산업화문명 이후로 지속적인 화석연료의 사용에 따른 지구온난화(Global Warming)나 도시화의 급진전화 등과 관련하여 다각적으로 검토되고 있다. 21세기의 전지구적인 해면수위의 상승율은 약 0.6 cm/yr로 예상되며, 이것은 지난 100년간 해면수위의 상승율 약 0.15 cm/yr보다 훨씬 큰 상승율이다(IPCC, 1991).

해면수위의 변화요인은 천문조(astronomical tide)에 의한 주기적인 변화와 대기압, 바람, 태풍, 해수밀도, 해류, 해수의 증발이나 강수등에 의한 국부적인 변화 및 지각변화 또는 해빙에 의한 해양의 평형변화등으로 분류한다.

해면수위의 상승량 또는 하강량은 지역에 따라서 일정하지 않기 때문에 연안해역을 개발할 때는 이 점을 충분히 고려해야 한다. 해면수위는 대기압의 변화, 해수온도 또는 해수밀도의 변화에 따라 상승 또는 하강한다. 즉, 해면수위는 대기압이 1 hPa 감소할 때 약 1.01 cm 상승한다. 그리고 해수온도의 변화는 해수밀도의 변화를 일으키기 때문에 해수온도가 1℃ 상승하면 해면수위는 약 1.1 cm 상승한다(村上·山田, 1992). 또한, 해면수위는 해류행로의 변화에 따라서도 변한다(宇多等, 1992).

한편, 한국연안해역에서의 해면수위의 단기변동에 관해서는 다수의 연구(이, 1967, 1968, 1992, 1994; 고, 1989; 최, 1991 등)가 진행되어 많은 성과를 얻었으나 장기변동에 관해서는, 일부지역을 대상으로 한 연구(최, 1983; Kang and Lee, 1985; Son et

al, 1997 등)가 진행되어 있을 뿐 동해, 남해 및 서해 등 우리나라 전 연안해역을 대상으로 한 연구는 아직 충분하지 않다.

따라서 이 연구에서는 우리나라 연안해역에 위치한 검조소의 장기 조석자료를 수집·분석하여 해면수위의 단기 및 장기변동을 기압 및 기온변화와 관련시켜 명백히 하고자 한다.

2. 자료수집 및 분석

2.1 자료의 수집

국립해양조사원의 각 지방 검조소, 즉 동해안 2개소(속초, 포항), 남해안 2개소(부산, 여수), 서해안 3개소(목포, 군산, 인천) 및 섬 2개소(울릉도, 제주)에서 관측한 매일과 매월의 평균 해면자료를 수집하였다.

수집자료의 관측기간은 속초 21년(1976-1996), 포항 21년(1976-1996), 부산 36년(1961-1996), 여수 32년(1965-1996), 목포 36년(1961-1996), 군산 14년(1983-1996), 인천 34년(1963-1996), 울릉도 15년(1982-1996) 및 제주 33년(1964-1996)이며, 이 중에서 부산, 목포 및 인천의 경우, 관측기간 도중에 관측시설을 이전하였기 때문에 동일 관측지점에서의 연속관측기록이 아니다.

매일 및 매월 평균 해면자료를 수집한 지점과 동일 지점 또는 그것에 가장 인접한 지점에서 관측한 기상청의 대기압, 기온 등을 포함한 기상자료를 수집하였다. 수집한 기상자료의 관측기간은 매일과 매월의 평균 해면자료 수집기간과 동일하다.

2.2 자료의 분석

자료분석에는 가능한 한 20년 이상 축적된 자료를 이용하였으며, 20년 미만의 자료는 비교·검토를 목적으로 이용하였다.

해면수위 변동의 분석에 있어서 관측시설의 이전 또는 기타의 원인으로, 장기간 결측된 경우에는 결측이전과 결측이후의 자료를 각각 분리하여 이용하였으며, 단기간 결측된 경우에는 선형보간에

의해 보완한 자료를 결측기간의 자료로 이용하였다.

해면수위의 단기변동(계절변동)의 분석에는 장기변동의 영향을 제거한 매월평균값을 이용하였다. 또한 장기변동의 경우에는 12개월 이동평균값 및 최소자승법에 의한 이동평균값의 변화경향을 구하여 분석에 이용하였다.

대기압 (해면기압으로 보정 : 이하 해면기압을 의미한다) 및 대기온도의 분석도 해면수위의 장·단기변동의 경우와 동일한 방법으로 하였다.

마지막으로 해면수위의 변동과 대기압의 변동 및 해면수위의 변동과 대기온도의 변동과의 상관계수를 구하여 변동요인간의 상관관계를 검토하였다.

아래에 이 연구에서 사용한 분석방법을 간단히 기술한다.

(1) 상관계수

두 변수 해면수위변동 Y_i 와 대기압변동 X_i 및 해면수위변동 Y_i 와 대기온도변동 X_i 사이의 상관계수 r 는 다음 식과 같이 나타낸다.

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}} \quad (1)$$

위의 식(1)에서 \bar{X} 및 \bar{Y} 는 각각 X_i 및 Y_i 의 산술평균값 ($\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$, $\bar{Y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i$) 이다.

위의 식(1)에서 상관계수 r 은 부등식 $-1 \leq r \leq 1$ 을 만족시키며, 또한 상관의 정도는 다음과 같다.

일반적으로, $|r| \geq 0.7$ 은 높은 상관관계, $0.4 \leq |r| < 0.7$ 은 비교적 높은 상관관계, $0.2 \leq |r| < 0.4$ 은 낮은 상관관계이고 $|r| \leq 0.2$ 은 상관관계가 거의 없는 경우이다.

(2) 12개월 이동평균 (Monthly Mean Moving Average)

해면수위, 대기압 또는 대기온도의 변동에 있어

서 계절변동의 영향을 제거하기 위하여 적용한 12개월 이동평균값 \bar{Y} 는 다음 식과 같이 나타낼 수 있다.

$$\bar{Y}_i = \frac{1}{12} \sum_{j=i-11}^i Y_j \quad (2)$$

위의 식 (2)에서 Y_i 는 해면수위, 대기압 또는 대기온도 각각의 월평균값이다.

(3) 장기변동경향

해면수위, 대기압 또는 대기온도의 장기변동경향을 1차방정식으로 추정하였다. 즉 해면수위, 대기압 또는 대기온도의 이동평균변화율 b 는 다음과 같다.

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n t_i \bar{Y}_i - \sum_{i=1}^n t_i \sum_{i=1}^n \bar{Y}_i}{n \sum_{i=1}^n t_i^2 - (\sum_{i=1}^n t_i)^2} \quad (3)$$

위의 식 (3)에서 n 은 자료분석에 이용한 총자료수, t_i 는 자료분석기간의 시간(월)이며 $i = 1 \sim n$, \bar{Y}_i 는 해면수위, 대기압 또는 대기온도 각각의 월평균값의 이동평균값이다.

식(3)에서 b 가 양(+)이면 상승경향, b 가 음(-)이면 하강경향을 나타낸다.

3. 해면수위의 단기변동

해면수위의 단기변동에는 일일변동과 계절변동이 있으며, 아래에 우리나라 연안해역에서의 해면변화의 단기변동 특성을 요약한다.

3.1 해면수위의 일일변동

우리나라 연안해역의 해면수위의 일일변동(조석)은 일반적으로 반일주조가 우세하여 매일 비슷한 두번의 고조와 두번의 저조가 발생한다(Table 1 참조). 목포, 제주등은 일조부등 및 출현시각의 부등이 심한 편이며, 울릉도, 포항등은 일주조가 우세하다.

포항, 부산 또는 인천 등 몇 곳의 조석은 상하대칭을 이루며 그 외의 지역은 상하 비대칭을 이룬다.

Table 1 Daily Variations of Sea Level in Korean Coastal Area

Station	Type of Tidal Pattern Predominant	Character	Range of Spring and Neap Tide (cm)	Remarks
Sokcho	Semi-diurnal (mixed-type)	Asymmetric	19.4 ~ 9.1	
Ullngdo	Diurnal	Asymmetric	30 ~ 5	
Pohang	Diurnal	Symmetric	7.6 ~ 4.8	Long-term Variation of 2 to 7 days
Pusan	Semi-diurnal (mixed-type)	Symmetric	118 ~ 42	
Yosu	Semi-diurnal (mixed-type)	slightly Asymmetric	320 ~ 105	
Cheju	Semi-diurnal (mixed-type)	Asymmetric	180 ~ 110	
Mokpo	Semi-diurnal (mixed-type)	Asymmetric	415 ~ 160	
Kunsan	Semi-diurnal (mixed-type)	Asymmetric	602 ~ 275	
Inchon	Semi-diurnal (mixed-type)	Symmetric	832 ~ 334	Maximum tidal range, 10 m

대·소조차는 동해에서 남해를 거쳐 서해로 갈수록 커지는 경향을 나타내며, 인천의 경우에는 조차가 10 m 이상이 될 때도 있다.

이상과 같이 우리나라 연안해역의 해면수위의 일일변동은 지역에 따라 큰 차이를 나타낸다.

3.2 해면수위의 계절변동

해면수위변동은 계절과 밀접한 관련이 있다. 즉, Fig. 1의 예에 나타낸 바와 같이, 대기압은 여름에 낮고(저기압) 겨울에 높으며(고기압), 대기온도는 여름에 높고(고온) 겨울에 낮다(저온). 일반적으로 해면수위는 대기압 및 대기온도의 영향에 의해 여름에 높아지고 겨울에 낮아진다.

월평균 해면수위, 대기압, 대기온도의 최대값 및 최소값을 Table 2에 나타내었다. 해면수위의 최대값은 8 ~ 9월, 최소값은 2 ~ 3월, 대기압의 최대값은 12 ~ 1월, 최소값은 7월, 대기온도의 최대값은 8월, 최소값은 1월에 출현한다. 동해(속초, 울

릉도, 포항) 및 남동해(부산)의 해면수위에 있어서, 월평균값의 최대차는 21 ~ 25 cm, 남해 및 서해의 경우 30 cm 이상이며, 동해에서 남해를 거쳐 서해로 갈수록 커지는 경향을 나타낸다.

해면수위의 월평균값의 최대차에 미치는 대기압 및 대기온도의 영향(Contributor)을 살펴보면 다음과 같다.

앞에서 언급한 바와 같이 대기압 1 hPa 및 해수온도 1 °C 변화는 각각 해면수위 1.01 cm 및 1.1 cm 변화를 일으킨다(村上·山田, 1992). 대기압의 변화에 의한 해면수위의 반응은 빠르다. 그러나 대기온도는 시간차를 가지고 해수온도에 작용하므로 이 연구에서는 대기온도의 월평균값의 최대차를 사용하였다. 따라서 이 결과는 해면수위의 월평균값의 최대차에 미치는 해수온도의 영향을 근사적으로 나타낼 것으로 추정된다. Table 2에서 Contributor의 절대값이 작은 경우가 해면수위에 미치는 대기압 및 대기온도의 영향은 크다. 동해(속초, 울릉도, 포항) 및 남동해(부산)에서, 해면수위

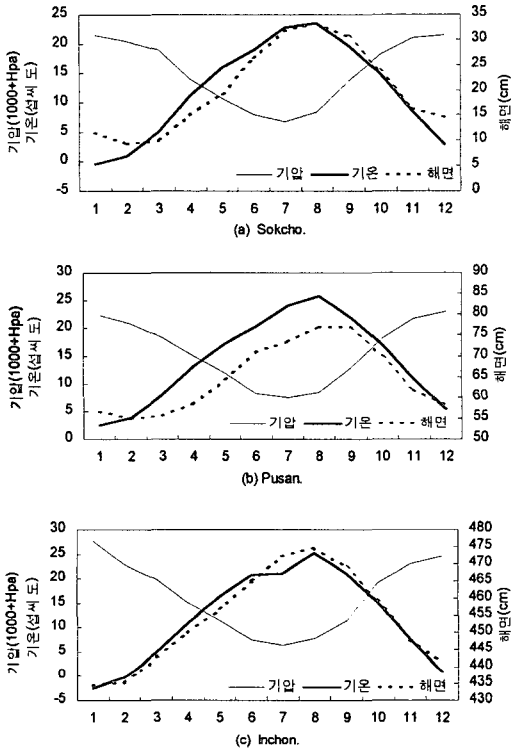


Fig. 1 Seasonal Variations of Sea Level, Atmospheric Pressure and Air Temperature

에 미치는 대기압 및 대기온도의 영향은 작다. 이 원인은 과거의 연구결과(李錫祐,1992)에서 지적되었듯이 속초, 포항 및 부산의 해면수위는 대마난류와 북한해류 상호간의 강약작용에 의한 영향을 많이 받으며, 울릉도의 경우 약하지만 지속적인 대마난류 때문에 해면수위에 미치는 대기압 및 대기온도의 영향은 속초, 포항 및 부산보다는 클 것이라 생각된다. 동해의 일본해역 역시 해면수위에 미치는 대기압 및 대기온도의 영향은 작다(Isosaki, 1967). 또한 동해에서 해면수위에 미치는 대기온도의 영향은 포항이 26.6 cm (= 24.2 × 1.1)으로 최대이며 Pattulo (1955)의 연구결과(최대 25cm)와 거의 일치한다.

남해(제주 제외) 및 서해의 경우 해면수위에 직접적으로 영향을 미치는 해류는 거의 없으며, 제주의 경우는 비교적 강하고 지속적인 쿠로시오해류 때문에 해면수위에 미치는 대기압 및 대기온도의 영향은 클 것이다(李錫祐,1992).

해면수위변동과 대기압변동 및 해면수위변동과 대기온도변동의 상관관계를 나타내는 상관계수(식 (1))를 구하여 Table 3 에 나타내었다. 예상되는 바와 같이 해면수위변동과 대기압은 역(-)상관관계이

Table 2 Maximum and Minimum Monthly Mean

Station	Period (Year)	Mean Sea Level (A)			Atm. Pressure (B)			Air Temp. (C)			Contributor A-(B+C) (cm)
		Max.	Min.	Diff. (cm)	Max.	Min.	Diff. (hPa)	Max.	Min.	Diff. (°C)	
Sokcho	20('76~'96)	Aug.	Feb.	23.92	Jan.	July	14.71	Aug.	Jan.	23.96	-17.07
Ullngdo	14('82~'96)	Aug.	Mar.	24.26	Jan.	July	13.81	Aug.	Jan.	22.47	-14.20
Pohang	20('76~'96)	Sept.	Feb.	22.34	Dec.	July	15.41	Aug.	Jan.	24.20	-19.61
Pusan	35('61~'96) 23('73~'96)	Aug.	Feb.	22.05	Dec.	July	15.07	Aug.	Jan.	23.30	-18.58
		Aug.	Feb.	21.85	Dec.	July	15.10	Aug.	Jan.	23.04	-18.52
Yosu	31('65~'96)	Aug.	Feb.	30.87	Dec.	July	16.26	Aug.	Jan.	23.94	-11.64
Cheju	32('64~'96)	Aug.	Feb.	35.78	Dec.	July	17.77	Aug.	Jan.	21.15	-5.17
Mokpo	21('61~'82) 13('83~'96)	Sept.	Feb.	33.43	Dec.	July	17.47	Aug.	Jan.	24.93	-11.38
		Aug.	Feb.	35.24	Dec.	July	18.09	Aug.	Jan.	24.30	-9.49
Kunsan	13('83~'96)	Aug.	Feb.	38.89	Jan.	July	19.79	Aug.	Jan.	26.22	-9.64
Inchon	21('75~'96)	Aug.	Feb.	40.43	Jan.	July	21.38	Aug.	Jan.	27.60	-11.20

Table 3 Correlation Coefficients of Monthly Mean between Sea Level and Atmospheric Pressure, Air Temperature

Station	Period (Year)	Pressure to Sea Level	Temperature to Sea Level
Sokcho	20('76~'96)	-0.794	0.944
Ullngdo	14('82~'96)	-0.635	0.865
Pohang	20('76~'96)	-0.754	0.906
Pusan	35('61~'96)	-0.790	0.940
	23('73~'96)	-0.790	0.946
Yosu	31('65~'96)	-0.808	0.953
Cheju	32('64~'96)	-0.784	0.961
Mokpo	21('61~'82)	-0.819	0.959
	13('83~'96)	-0.867	0.976
Kunsan	13('83~'96)	-0.890	0.785
Inchon	10('63~'73)	-0.869	0.981
	21('75~'96)	-0.896	0.977

고, 해면수위와 대기온도는 정(+)상관관계이다. 또한 전해역에서 상관관계는 좋다.

이상과 같이 우리나라의 연안해역의 해면수위의

계절변동은 지역조건, 계절적으로 되풀이 되는 규칙적인 대기압이나 대기온도 및 외부로부터 유입되는 해류 등의 영향을 많이 받는다.

4. 해면수위의 장기변동

전지구적인 평균해면수위의 상승율에 관하여, 0.6 cm/yr(IPCC, 1991), 0.2 cm/yr (Douglas, 1995) 등 다양한 연구결과가 있다. 일반적으로 지구온난화 때문에 전지구적인 평균해면수위는 상승 경향이나 국부적인 지형, 기상 또는 해상 등의 영향으로 하강하는 곳도 상당수 존재한다.

식(2), 식(3)을 사용하여 포항, 여수 및 군산의 해면수위, 대기압 및 대기온도의 매월이동평균값, 장기변동경향을 Fig. 2 에 나타내었다.

그림에서 알 수 있는 바와 같이, 해면수위의 매월이동평균값은 일정한 주기성을 나타내고 있으나 관측기간이 짧기 때문에 일률적으로 설명하기 어렵다. 포항, 여수의 해면수위는 상승하는 경향이며 군산의 경우는 하강하는 경향이다. 그림에 제시한 지역을 포함하여 연구대상지역의 장기변동경향을 Table 4 에 나타내었다.

Table 4 Trend of Monthly Mean Moving Average

Station	Period (Year)	M. S. L. Change Rate (cm/yr)	M. Atm. Press Change Rate (hPa/yr)	M. Air Temp. Change Rate (°C/yr)	Computed M. S. L. Change Rate (cm/yr)
Sokcho	20 ('76~'96)	0.2604	-0.0192	0.0108	0.2294
Pohang	14 ('82~'96)	0.1884	0.0300	0.0624	0.1497
Ullngdo	20 ('76~'96)	-0.4896	0.1188	0.0396	-0.4150
Pusan	35 ('61~'96)	0.1752	0.0072	0.0312	0.1481
	23 ('73~'96)	0.1596	0.0084	0.0372	0.1271
Yosu	31 ('65~'96)	0.1164	0.0240	0.0276	0.1099
Cheju	32 ('64~'96)	0.4296	0.0312	0.0204	0.4382
Mokpo	21 ('61~'82)	0.0252	0.0204	-0.0144	0.0613
	13 ('83~'96)	0.2820	0.0468	0.0696	0.2520
Kunsan	13 ('83~'96)	-0.0948	0.0132	0.0456	-0.1439
Inchon	10 ('63~'73)	0.0960	-0.0132	-0.0120	0.0960
	21 ('75~'96)	-0.0768	-0.0276	-0.0672	-0.0304
Average	-	0.0823	0.0243	0.0253	0.0787

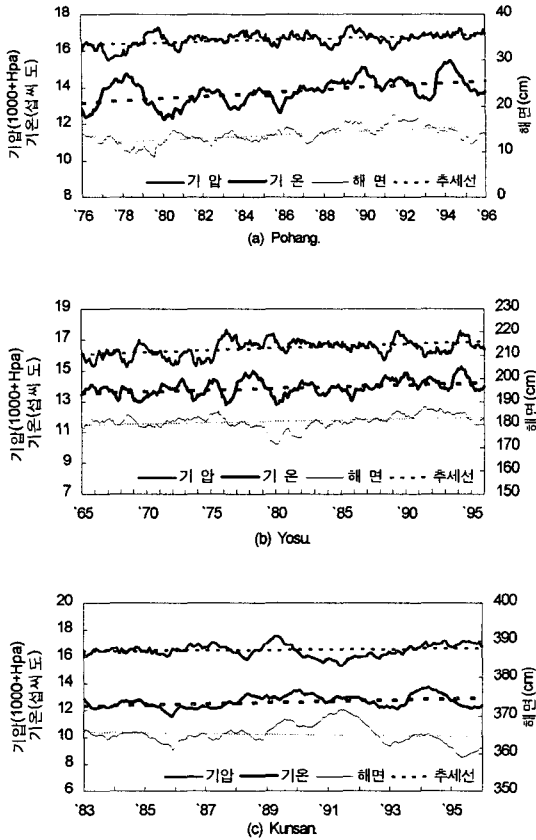


Fig. 2 Monthly Mean Moving Average of Sea Level, Atmospheric Pressure and Air Temperature

Table 4 에서 제 6 열은 대기압 및 대기온도의 변화율을 고려하여 해면수위변화율을 산정한 값이다. 군산, 인천 및 울릉도를 제외한 지역의 해면수위는 상승하는 경향이다. 군산과 울릉도의 경우 앞에서 언급한 바와 같이 관측기간이 짧기 때문에 해면수위의 장기변동경향은 정확하지 않을 것이라 생각된다. 인천의 경우, 내륙댐의 건설로 육지에서 유입되는 강물의 감소가 해면수위의 장기변동에 영향을 미쳤을 것이라고 사료된다. 해면수위변동경향의 평균값 (약 0.1 cm/yr)은 IPCC에서 예측한 값 (0.6 cm/yr)보다 작다.

대기압 및 대기온도의 변화율을 고려한 해면수

위변화율(Table 4 의 제 6 열)은 그것들을 고려하지 않은 경우의 해면수위변화율보다 작다.

해면수위변동경향과 대기압변동경향 및 해면수위변동경향과 대기온도변동경향의 상관관계를 나타내는 상관계수(식(1))를 Table 5 에 표시하였다. 계절변동의 상관관계와 비슷하게 해면수위변동경향과 대기압변동경향은 역(-)상관관계, 해면수위변동경향과 대기온도변동경향은 정(+)상관관계이나, 계절변동의 경우보다는 상관관계가 좋지 않다. 이 원인으로서 매월이동평균의 경우에는 계절변동영향이 제거된 12개월 동안의 상관관계이기 때문에 상관관계가 좋지 않은 것이라 사료된다.

Table 5 Correlation Coefficients of Moving Average between Sea Level and Atmospheric Pressure, Air Temperature

Station	Period (Year)	Pressure to Sea Level	Temperature to Sea Level
Sokcho	20('76~'96)	-0.126	-0.148
Ullngdo	14('82~'96)	-0.072	0.240
Pohang	20('76~'96)	0.115	0.219
Pusan	35('61~'96)	0.035	0.587
	23('73~'96)	-0.108	0.436
Yosu	31('65~'96)	-0.229	0.439
Cheju	32('64~'96)	0.198	0.540
Mokpo	21('61~'82)	-0.278	0.218
	13('83~'96)	-0.047	0.460
Kunsan	13('83~'96)	-0.497	0.468
Inchon	10('63~'73)	-0.101	-0.362
	21('75~'96)	0.273	0.428

조석의 주기는 약 18.9년이므로 20여년의 자료분석결과로 100년후의 대기압과 대기온도의 영향을 고려한 평균해면수위 상승량은 최대 44 cm(제주), 하강량은 최대 42 cm(울릉도)이며, 기타 속초 23 cm, 포항 15 cm, 부산 15 cm, 여수 10 cm, 서해(목포 제외) 각 지방은 10 cm 이내이다. 목포의 경우

영산강 하구둑 건설 완료후의 상승률을 고려 할 때 100년 후에는 25 cm 상승하지만, 더 긴 기간의 관측자료에 의해 상승률을 평가 할 필요가 있다. 결과적으로 동해, 남동해 및 제주 부근해역은 평균해면이 현재보다 상당히 변할 것이며, 서해역은 큰 변화가 없을 것으로 판단된다. 특히 동해, 남동해역의 경우 수위차에 의한 흐름의 변화가 예상된다.

5. 결 론

한국연안해역의 해면수위의 단기변동 및 장기변동을 대기압 및 대기온도의 변동과 관련시켜 고찰하였다. 그 결과를 요약·정리하면 다음과 같다.

조석의 대·소조차는 동해에서 남해를 거쳐 서해로 갈수록 커지는 경향이며 지역에 따라 큰 차이를 나타낸다.

해면수위의 계절변동은 대기압의 계절변동 및 대기온도의 계절변동과 상관관계가 좋다.

평균해면수위는 우리나라 연안해역의 일부지역을 제외하고 대체적으로 상승하는 경향이다. 또한 동해 및 남동해에서는 지역에 따라 변화가 크며 남해 및 서해에서는 거의 변화가 없다.

우리나라 연안해역의 해면수위변동의 평균증가율은 IPCC에서 예측한 값보다 작다.

장래에 동해, 남동해역에 있어서 수위차에 의한 흐름의 변화가 예상된다.

참고문헌

- [1] 기상연보, 1961-1996, 기상청.
- [2] 수로기술연보(Technical Reports), 1961-1996, 해양수산부, 국립해양조사원(舊 수로국).
- [3] 高英豪, 마산·진해만의 평균해면에 관한 연구, 경남대학교부설 공업기술연구소 연구논문 제 7 집, pp. 189-199, 1989.
- [4] 李錫祐, 한국연안의 월평균해면의 변화에 대하여, 한국해양학회지, Vol. 2, No. 1~2, pp. 24-33, 1967.
- [5] 李錫祐, 한국해협의 해황과 평균해면의 변화, 수로기술연보, pp. 140-156, 1968.
- [6] 李錫祐, 한국근해해상지, 集文堂, 서울, p. 334, 1992.
- [7] 李錫祐, 한국항만수리지, 集文堂, 서울, p. 254, 1994.
- [8] 崔秉昊, 우리나라 정밀수준망에 관한 연구(우리나라 주요항만의 평균 해면 및 조위분석), 건설부, 국립지리원, 한국측지학회, p. 332, 1983.
- [9] 崔榮燮, 한국의 평균해면 관측, 수로국, 수로기술연보, pp. 3-15, 1991.
- [10] Douglas B. C. Global Sea Level Change : Determination and interpretation, Rev. Geophys. Vol. 33 suppl., p. 33, 1995.
- [11] IPCC, Climate Change and Oceans, pp. 1-9, 1991.
- [12] Isozaki I. An Investigation on the Variations of Sea Level due to Meteorological Disturbances on the Coast of Japanese Islands(III) On the Variation of Daily Mean Sea Level, 일본해양학회지, Vol. 25, No. 2, pp. 91-102, 1969.
- [13] Kang Y. Q. and B. D. Lee, The Annual Variation of Mean Sea Level along the Coast of Korea, 한국해양학회지, Vol. 20, No. 1, pp. 22-30, 1985.

- [14] Lisitzin E. Sea Level Change, Elsevier Scientific Publishing Co., Amsterdam, p. 286, 1974.
- [15] Pattulo J, W. Munk, R. Revelle, and E. Strong, The Seasonal Oscillations in Sea Level, J. M. R. , Vol. 14, pp. 88-156, 1955.
- [16] Son C. B. H. Noda, Y. Matsubara and M.Kuroiwa, Beach Response to Sea-level Rise Around the Sea of Japan(East Sea), Proceedings of the Seventh(1997), International Offshore and Polar Engineering Conference Honolulu, USA, May 25-30, 1997, pp. 885-890, 1997.
- [17] 宇多高明, 伊藤弘之, 大谷靖郎, 日本沿岸에서의 1955년 이후의 海水面 變動, 일본해안공학논문집, Vol. 39, pp. 1021-1025, (in Japanese), 1992.
- [18] 地球温暖化의 沿岸影響(海面上昇·氣候變動의 實態·影響·對應戰略), 일본토목학회, p. 221(in Japanese), 1994.
- [19] 村上和男, 山田邦明, 1992, 日本沿岸의 海面 水位의 長期變動 特性과 그 要因, 일본해안공학논문집, Vol.39, pp.1026-1030, (in Japanese), 1992.