

낙동강 하구역 해양물리환경에 미치는 영향인자 비교분석(I) - 하구둑 방류량과 기상인자 -

박 순* □윤한삼** □이인철* □김헌태*

* 부경대학교 해양공학과, ** 부경대학교 해양산업개발연구소

Correlation between Meteorological Factors and Water Discharge from the Nakdong River Barrage, Korea

Son Park* □Han-Sam Yoon** □In-Cheol Lee* □Heon-Tae Kim*

* Dept. of ocean Engineering, Pukyong National University, Busan, 608-737, Korea

** Research Center for Ocean Industrial Development, Pukyong National University, Busan, 608-737, Korea

요 약 : 본 연구는 최근 11년간(1996년~2006년)의 낙동강 하구둑 방류량 자료를 바탕으로 하구둑 방류량의 경년변동 및 월별특성 즉, 낙동강 하구둑 월별총방류량, 일일평균방류량, 일일최대방류량을 산출하였으며, 하구둑 방류와 하천수 유입에 직접적인 영향을 미치는 기상인자들과의 상관성을 검토하였다. 본 연구를 통해 얻어진 결과는 다음과 같다. (1) 낙동강 하구둑으로부터의 11년간 총 방류량은 $224,576.8 \times 10^6 \text{ m}^3$ 이며 가장 많이 방류된 연도는 2003년으로 $56,292.3 \times 10^6 \text{ m}^3$ 이다. 월별로는 8월이 23.4%의 $52,634.2 \times 10^6 \text{ m}^3$ 으로 가장 많고 7월이 23.1%, 9월이 17.0%의 순이었다. (2) 방류량 패턴을 시기별로 살펴보면 7~9월은 유하량이 많은 홍수기(방류량 $100 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{day}$ 이상), 4~6월 및 10월은 유하량이 보통수준인 평수기(방류량 $30 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{day}$ 이상), 12~3월은 유하량이 적은 갈수기(방류량 $16 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{day}$ 미만)로 구분할 수 있다. (3) 방류량과 기상인자와의 상관성 비교에 있어서는 대체로 기온이 높고 증발량이 적으며 일조시간이 적은 시기에 많은 방류가 이루어짐을 알 수 있다. (4) 방류량이 많을 경우 주 풍향은 NNE 및 SW, SSW 였다. 이러한 결과는 풍향에 따른 취송류의 영향으로 북풍이 불 경우 담수의 하구 집적화와 남풍이 불 경우 담수가 외해로 유출될 가능성이 높음을 시사한다.

핵심용어 : 낙동강 하구역, 하구둑, 방류량, 기상요소, 상관성

Abstract : We estimated the yearly and monthly variation in discharge from the Nakdong River Barrage. We studied the total monthly discharge, the mean daily discharge, and the maximum daily discharge based on the observational discharge data for the 11-year period 1996-2006. We also examined the correlation between the discharge and the meteorological factors that influence the river inflow. The results from this study are as follows. (1) The total monthly discharge for 11 years at the Nakdong River Barrage was $224,576.8 \times 10^6 \text{ m}^3$. The daily maximum was in 2003, with $56,292.3 \times 10^6 \text{ m}^3$. The largest daily mean release discharges occurred in August with $52,634.2 \times 10^6 \text{ m}^3$ (23.4% of the year), followed by July and September in that order with 23.1 and 17%, respectively. (2) The monthly pattern of discharge could be divided into the flood season for the period July-September (discharge $\geq 100 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{day}$), the normal season from April to June and October (discharge $\geq 30 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{day}$), and the drought season from December to March (discharge $< 30 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{day}$). (3) Periods of high temperature, low evaporation loss, and short sunshine duration produced a much higher discharge in general. Conditions of low rainfall and high evaporation loss, as was the case in 2003, tended to reduce the discharge, but high rainfall and low evaporation loss tended to increase the discharge as it did in 2001. (4) The dominant wind directions during periods of high discharge were NNE (15.5%), SW and SSW (13.1%), S(12.1%), and NE (10.8%). This results show that it can bring on accumulation of fresh water when northern winds are dominant, and it can flow out fresh water toward offshore when southern winds are dominant.

Key Words : Nakdong River, Estuary Barrage, Release discharge, Meteorological factor, Correlation

1. 서 론

낙동강 하구역은 우리나라 대표적인 하구역이며, 1987년 완공된 하구둑은 낙동강 하류 지역에 미기후, 수문, 지형, 생태 등 자연 환경 조건과 인구, 산업, 공공시설, 교통 등 사회 경제적

변화를 가져왔다(윤 등, 2007). 하구둑 건설 이전에는 낙동강 유동의 주요인은 조석이었으나(류와 장, 1979), 하구둑 건설 이후 해수 유입이 억제되어 조류에 의한 영향보다는 인위적인 조작에 의한 수문의 개폐에 따른 담수의 영향이 하구둑에서의 하구 유동에 영향을 미치는 주된 요인으로 나타났다(장과 김, 1997; 2006).

하구역의 환경변화를 야기하는 영향요소로는 일반적으로 주변 지역의 기후, 강우, 하천유량, 유입토사 등 육역으로부터의

* 대표저자 : 정희원, pspjh@pknu.ac.kr, 051-629-6581

** 교신저자 : 정희원, yoonhans@pknu.ac.kr, 051-629-7375

영향뿐만 아니라, 해역의 파랑 및 조석작용, 하구의 지형적 특징, 하구내부 수심조건, 주변연안의 개발여건 등이며 이 요소들이 하구역내 토사의 이동 및 퇴적작용에 미치는 영향은 다양하고 복잡하다.

실제 하구둑 방류 특성을 바탕으로 낙동강 유역에서의 유출 특성을 평가하기 위한 연구는 수문학적 관점에서 많은 연구가 되어온 것이 사실이나, 해양물리환경 변화 예측모형수립시 기초자료가 되는 수문자료나 유입오염부하량에 대한 자료가 빈약할 뿐만 아니라, 대체로 월별 또는 계절별 관측치를 대표값으로 이용하거나 관측자료를 임의 보정 후 입력자료로 사용하고 있는 실정이다. 이와 같은 간헐적인 입력자료들은 중□장기적인 수량변동을 반영하거나 계절적인 변동성을 정성적□정량적으로 평가하기가 곤란하므로, 강우시의 하천유량 및 오염부하량의 시간변동 특성을 파악하기에는 어려움이 따른다.

또한 낙동강 하구역은 Fig. 1과 같이 인공구조물인 하구둑의 인위적인 조작에 의해서 상술한 바와 같이 일반적인 하천유출 모형으로 적용할 수 있는 경우는 하구둑 내부에 도달하는 하천유량을 산정하는 경우에만 한정되며 하구둑 외부의 해양환경에 영향을 미치는 하천 방류량에 적용함에 있어서는 많은 오차를 보이는 것이 사실이다.

따라서 낙동강 하구역의 지형변동을 예측하거나 해양수질을 평가함에 있어서 낙동강 하구둑으로부터의 담수유입량을 실제 하구둑 방류자료로부터 산출하는 것이 타당하다고 판단되나 이와 관련된 자료를 찾아보기는 힘든 실정이다. 최근 박과 윤(2007)의 연구에서 부분적으로 하구둑 방류량 자료를 바탕으로 하구역내 부유쓰레기 거동을 예측한 사례가 있으나, 이는 태풍 내습시만을 대상으로 설정함으로써 일반적인 상황에서의 연구자료로 활용하기에는 미흡한 실정이며, 최근 전지구적 기후변화를 초래한 기간동안의 낙동강 하구둑을 통한 실제 방류 특성을 명확히 분석할 필요가 있다.

본 연구에서는 낙동강 하구역 해양물리환경에 미치는 영향인자 비교분석의 기초적 연구로서 최근 11년간(1996년~2006년)의 하구둑을 통한 실제 방류량 자료를 바탕으로 하구둑 방류량의 경년변동 및 월별특성 즉, 낙동강 하구둑 월별총방류량, 일일평균방류량, 일일최대방류량을 산출하였으며, 하구둑 방류와 하천수 유입에 직접적인 영향을 미치는 기상인자들과의 상관성을 검토하였다. 이러한 결과는 향후 하천방류에 따른 낙동강 하구역의 해양수리특성을 수치모의를 통하여 분석하고자 할 때 갈수기, 평수기, 홍수기 등 계절별 하천방류량 자료로 사용될 수 있을 것이다.

2. 재료 및 방법

2.1 낙동강 하구둑

유엔개발계획(UNDP, United Nations Development Program)/국제연합식량농업기구(FAO, Food and Agriculture Organization) 지원하에 1974년 착수, 1977년 완료한 낙동강 하구 조사에서는 낙동강 하구 지역의 염수 침투를 영구적으로 방지하는 대책이

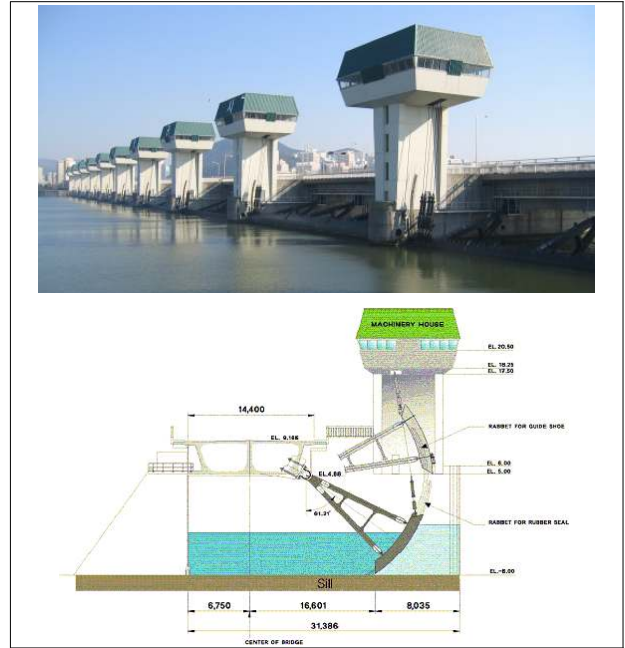


Fig. 1. Background photograph and side view of main gate of the Nakdong River Barrage.

검토되었으며, 낙동강 하구둑의 위치 선정은 염해 방지, 하구둑 상류 저수범위, 인근 지역의 배수, 상 하류의 수질, 생태학적 측면, 하구둑의 교통 기능과 매립 등을 고려하여 현재의 위치에 건설되었다.

최종적으로 낙동강 하구둑은 제5차 경제개발 5개년 계획의 일환으로 1983년 4월에 건설사업을 시작하여 1987년 11월에 완공되었는데, 하구둑의 건설 배경은 (1) 안정적 수량공급의 필요성, (2) 수질 개선 및 안정의 필요성, (3) 체계적인 홍수조절의 필요성에 있으며, 결론적으로 낙동강 하구둑은 낙동강 하류부 인근 동남 해안권의 산업도시와 영남최대의 곡창지대인 김해평야에 염분 피해 없는 안정된 용수공급과 치수를 목적으로 건설되었다.

낙동강 수계의 유역면적은 23,717km², 유로연장 521.5km이며 낙동강 하류 서부산에 위치한 낙동강 하구둑은 총 연장 2,230m이며, 토언체 1,720m, 주배수문부 510m(수문폭 47.5m×높이 8m×10련), 수문부 양쪽벽에 설치된 2개의 어도(폭1.8m×높이 3.0m×길이24.0m)로 구성되어 있다. 하구둑의 주배수문은 좌안 및 우안배수문으로 구별되고 하구(Estuary)와 강(River)을 분리하며 둑(Barrage or Dam)의 상류로 뚫어있는 강은 담수이며 저수지 역할을 한다.

또한 하구둑 운영 목적에 있어서는 첫 번째, 해수의 염분이 상류로 침투하는 것을 차단하는 것으로 이를 위해 하구둑 상·하류 수위차가 0.20m이내일 때 하구둑 주배수문과 우안배수문을 폐쇄하며, 홍수기에만 최대방류를 위해 하구둑 전수문을 완전 개방한다. 또한 두 번째로는 저수지 수위를 SMSL+1.00m로 일정하게 유지시키는데 있다(한국수자원공사, 2007).

2.2 하구둑의 방류 패턴

낙동강 하구둑은 주배수문, 조절수문, 갑문, 우안배수문, 어도로 구성되어 있는데 이중 우기시 하천수 방류에 우안배수문과 주수문이 사용되며 하구둑 수위에 대한 운영범위는 일반적으로 SMSL(+0.75m)와 SMSL(+1.25m)이다. 하구둑 상류수위와 하류수위차 0.2m를 기준으로 0.2m이상의 수위차가 생기는 경우에 방류를 시행하고 있으며 방류시간은 조절수문이 대부분(전체시간의 60%, 연평균 유량의 20%)을 차지하고 있으며, 우안배수문도 연평균 30% 정도로 개방시간이 길다.

일반적으로 낙동강 유역의 방류량 패턴은 시기별로 세가지로 구분하는데, 10-3월은 강물 유하량이 적은 갈수기(유하량이 100m³/sec정도)이며, 4-6월은 유하량이 보통수준(유하량이 500 m³/sec), 7-9월은 유하량이 많은 홍수기(유하량이 1,200m³/sec이상)로 구분된다(신 등, 2006).

이와 같이 하구둑 건설후, 방류된 담수는 수문의 인위적인 개폐작용에 따라 방출되고 해수유입은 하구둑에 의해 제한되어 수문을 열었을 때 담수와 해수는 급격히 만나 염수쇄기의 형태로 성층화되는 양상을 보임에 따라 하구둑 수문의 개폐는 하구순환에 영향을 미치는 주된 요인 중의 하나가 되었다(김 등, 1999). 장과 김(2006)은 하구둑 건설전 이후의 특징을 살펴본 결과, 건설전에 비해 흐름이 약해졌고 조류가 흐름을 주도하던 혼합 기작이 담수의 방류가 주도하는 체계로 변화하였으며, 이러한 담수의 방류는 하천유량의 정도에 따라 낙동강 하구둑 하류부담수의 거동과 혼합 특성을 변화시켰으며 해수 순환에도 큰 영향을 주었다고 주장하였다.

2.3 하구둑 방류량 및 기상인자

본 연구에서는 1996년부터 2006년까지 한국수자원공사의 일별 낙동강 하구둑 수문기상 관측자료(총 11년 자료)를 수집하여 하구둑 방류량의 경년변동 및 월별특성 즉, 최근 11년간 낙동강 하구둑 월별총방류량, 일일평균방류량, 일일최대방류량을 산출하였다. 또한 하구둑 방류와 하천수 유입에 직접적인 영향을 미치는 기상인자들과의 상관성을 파악하기 위해 하구둑 방류 당일의 방류량과 부산기상관측소 기상인자(평균기온, 습도, 일사량, 강우량, 평균풍속 및 풍향, 증발량, 운량)와의 상호관련성을 검토하였다. 아울러 윤 등(2003)이 사용한 Tank model과 모델에서 요구되는 총 18개의 매개변수에 대해서는 한국수자원공사(1989)의 자료를 사용하여 부산기상관측소의 강우량 및 증발량을 입력자료로 해서 낙동강 유역면적에 대한 하천유량을 산출하였으며 이를 바탕으로 낙동강 하구둑으로부터 방류되는 방류량과의 차이를 비교하였다.

3. 연구결과 및 고찰

3.1 낙동강 하구둑 방류량의 경년변동

1996년부터 2006년까지 한국수자원공사의 일별 낙동강 하구둑 수문기상 관측자료(총 11년 자료)를 바탕으로 낙동강 하구둑 방류량의 경년변동을 시계열로 나타낸 것이 Fig. 2이다. 그림에서 살펴보면 일일최대방류량이 나타나는 시기는 2003년 9

월 7일이며 이 당시의 일일최대방류량이 1,538.3×10⁶m³/day로 이는 태풍 매미에 의한 영향으로 판단된다. 또한 그림에서 일일 최대방류량이 가장 작은 년도의 경우에는 2001년 6월 26일의 446.6×10⁶m³/day로 나타났다. 11년동안의 경년변동 특성을 개략적으로 살펴보면 2000년이후 방류량이 2000년 이전보다 약 1.5 배 많음을 알 수 있는데 이는 최근 이슈가 되고 있는 지구온난화 현상으로 인한 강수량 증가와 무관하지 않다고 판단된다.

Fig. 3은 하구둑 전면의 해상 조위(SMSL)의 경년변동 시계열을 나타낸 것으로 최대치는 실선으로 최소치는 점선으로 표기하였다. 최대치의 평균은 0.895m, 최소치의 평균은 -0.197m로서 약 1.092m의 차이를 나타내며 상술한 하구둑 수위의 운영범위에 해당한다. 하구둑 전면의 해상 조위 시계열을 분석한 결과, 특이한 점은 각 연도별 평균치가 최근들어서 점차 감소하는 경향을 나타내고 있는데 이는 낙동강 하구역 전면에 위치한 사주의 발달에 따른 지형변화가 해수의 유입을 감소시키는 역할을 한 것으로 생각된다(윤 등, 2007). 한편 1997년의 최소 조위 자료는 다른 년도와 다른 패턴을 나타내었는데 이는 수치기록상의 오류라 판단되며 평균치 계산에서는 제외하였다.

이상의 낙동강 하구둑 방류량 자료로부터 최근 11년간 낙동강 하구둑 월별총방류량, 일일평균방류량, 일일최대방류량을 산

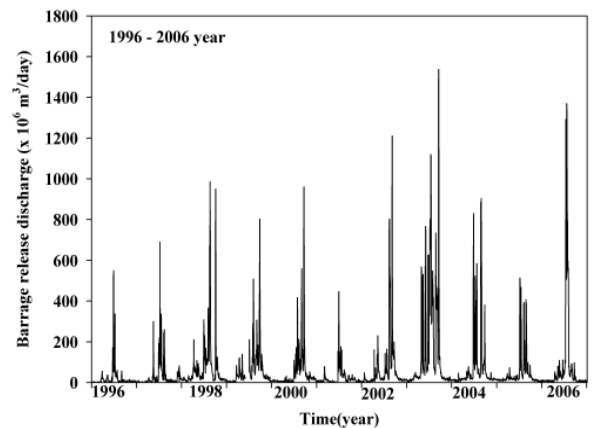


Fig. 2. Annual time series of discharge from the Nakdong River Barrage for 11 years from 1996 to 2006.

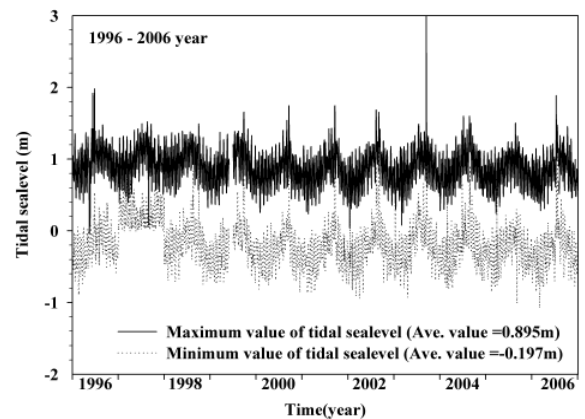


Fig. 3. Annual time series of water levels in front of the Nakdong River Barrage for 11 years.

출한 결과는 각각 Table 1에서부터 Table 3과 같다.

낙동강 하구둑 연□월별 총방류량을 나타낸 Table 1과 Fig. 4에서 살펴보면 11년간 총 방류량은 $224,576.8 \times 10^6 \text{ m}^3$ 이며 가장 많이 방류된 연도는 2003년으로 $56,293.2 \times 10^6 \text{ m}^3$ 이고 다음으로는 2004년, 1998년 순이었다. 월별 총방류량을 살펴보면 8월이 23.4%의 $52,634.2 \times 10^6 \text{ m}^3$ 으로 가장 많고 다음으로는 7월이 23.1%, 9월이 17.0%의 순이었다.

또한 일일평균방류량을 나타낸 Table 2를 살펴보면 7월이 28.1%의 $151.9 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{day}$ 으로 가장 많고 다음으로는 8월이 21.6%, 9월이 16.1%의 순이었다. 낙동강 유역의 방류량 패턴을 시기별로 제시한 신 등(2006)의 주장과 비교해 볼때 7~9월은 유하량이 많은 홍수기(방류량 $100 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{day}$ 이상), 4~6월 및

10월은 유하량이 보통수준인 평수기(방류량 $30 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{day}$ 이상), 12~3월은 유하량이 적은 갈수기(방류량 $16 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{day}$ 미만)로 구분하는 것이 적합할 것으로 생각된다.

아울러 일일최대방류량을 나타낸 Table 3를 살펴보면 상술한 바와 같이 일일최대방류량이 나타나는 시기는 2003년 9월 7일이며 당시 일일최대방류량이 $1,538.3 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{day}$ 로 가장 많았으며, 가장 작은 일일최대방류량은 1996년 2월이었다.

3.2 기상인자와 방류량의 상호관련성

하구둑 방류와 하천수 유입에 직접적인 영향을 미치는 기상인자들과의 상관성을 파악하기 위해 하구둑 방류 당일의 방류량과 부산기상관측소 기상인자와의 상호관련성을 검토하고자

Table 1. Total yearly□monthly barrage discharge from the Nakdong River Barrage, 1996~2006

	Yearly□monthly total release discharge($\times 10^6 \text{ m}^3$)												Total	%
	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006			
JAN	86.7	100.8	480.4	169.1	295.1	232.4	413.4	294.7	355.9	394.8	265.4	3,088.7	1.4	
FEB	54.7	30.7	377.0	154.9	220.5	279.7	178.7	480.6	375.0	364.4	249.0	2,765.2	1.2	
MAR	456.2	149.3	561.6	771.7	194.2	757.9	265.9	957.5	487.7	649.3	204.1	5,455.4	2.4	
APR	282.8	284.1	2019.5	1365.0	273.3	132.5	864.1	3587.7	666.8	783.2	634.9	10,893.9	4.9	
MAY	441.0	1186.1	1496.7	1162.4	173.2	106.1	2172.1	6048.5	1288.1	534.2	1452.7	16,061.1	7.2	
JUN	2707.2	1000.4	1908.0	682.4	545.5	2118.6	537.0	6506.6	4723.1	682.4	1260.7	22,671.9	10.1	
JUL	1990.7	4662.6	3557.6	2322.7	2925.7	2358.5	2022.2	17925.9	7150.3	5003.5	1860.2	51,779.9	23.1	
AUG	275.6	1978.7	9232.5	4171.7	4396.8	897.2	7602.1	8060.2	7991.1	5419.9	2608.4	52,634.2	23.4	
SEP	306.1	302.8	962.2	6921.0	6438.8	492.4	6610.1	10672.1	3137.5	1401.7	907.7	38,152.4	17.0	
OCT	137.7	171.5	4606.1	2023.1	854.1	594.5	889.8	806.4	803.8	555.2	239.6	11,681.8	5.2	
NOV	183.9	335.9	460.7	780.3	783.0	304.2	399.2	477.2	569.1	327.1	176.0	4,796.6	2.1	
DEC	135.3	1156.6	388.8	369.4	499.3	208.2	422.7	475.8	505.1	226.4	208.1	4,595.7	2.0	
Total	7,057.9	11,359.5	26,051.1	20,893.7	17,599.5	8,482.2	22,377.3	56,293.2	28,053.5	16,342.1	10,066.8	224,576.8	100	

Table 2. Daily average barrage discharge from the Nakdong River Barrage, 1996~2006

	Daily average release discharge($\times 10^6 \text{ m}^3/\text{day}$)												Av.	%
	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006			
JAN	2.8	3.3	15.5	5.5	9.5	7.5	13.3	9.5	11.5	12.7	8.6	9.1	1.3	
FEB	1.9	1.1	13.5	5.5	7.6	10.0	6.4	17.2	12.9	13.0	8.9	8.9	1.2	
MAR	14.3	4.8	18.1	24.9	6.3	24.4	8.6	30.9	15.7	20.9	6.6	16.0	2.2	
APR	9.4	9.5	67.3	45.5	9.1	4.4	28.8	119.6	22.2	26.1	21.2	33.0	4.6	
MAY	14.2	38.3	48.3	37.5	5.6	3.4	70.1	195.1	41.6	17.2	46.9	47.1	6.6	
JUN	90.2	33.3	63.6	22.7	18.2	70.6	17.9	216.9	157.4	22.7	42.0	68.7	9.6	
JUL	64.2	150.4	114.8	74.9	94.4	76.1	65.2	578.3	230.7	161.4	60.1	151.9	28.1	
AUG	8.9	64.1	297.8	134.6	141.2	28.9	245.2	260.1	257.8	174.8	84.1	154.32	21.6	
SEP	10.2	10.1	32.1	230.7	214.6	16.4	220.3	355.7	104.6	46.7	30.3	115.6	16.1	
OCT	4.4	5.5	148.6	65.3	27.6	19.2	28.7	26.0	25.9	17.9	7.7	34.25	4.8	
NOV	6.1	11.2	15.4	26.0	26.1	10.1	13.3	15.9	19.0	10.9	5.9	15.5	2.0	
DEC	4.4	37.3	12.5	12.3	16.1	6.7	13.6	15.3	16.3	7.3	6.7	13.5	1.9	
Av.	19.3	30.7	70.6	57.1	48.0	23.1	61.0	153.4	76.3	44.3	27.4	55.6	100	

Table 3. Daily maximum barrage discharge from the Nakdong River Barrage, 1996~2006

	Daily Maximum release discharge($\times 10^6 \text{ m}^3/\text{day}$)												Av.	%
	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006			
JAN	4.4	11.4	27.5	11.1	16.2	13.0	48.9	18.1	17.0	17.9	14.4	18.2	0.8	
FEB	4.0	6.7	34.5	12.9	12.8	43.3	14.1	35.6	47.4	23.2	13.8	22.6	0.9	
MAR	56.6	10.4	34.2	84.5	9.6	79.5	18.3	50.8	21.6	45.2	12.3	38.5	1.6	
APR	24.3	24.1	210.8	121.8	31.7	11.8	161.2	568.1	57.3	74.1	53.6	121.7	5.1	
MAY	37.2	300.6	109.7	139.4	21.5	11.8	230.5	766.7	78.8	32.5	109.0	167.1	6.9	
JUN	549.7	193.5	308.4	40.1	109.8	446.6	29.9	751.0	831.9	40.1	111.5	310.2	12.9	
JUL	338.1	691.2	231.0	290.6	417.4	176.4	164.7	1120.3	583.8	514.5	1369.7	536.2	22.2	
AUG	57.1	260.4	986.3	508.7	559.5	63.8	803.4	735.1	904.7	408.4	513.5	527.4	21.9	
SEP	43.7	18.1	118.2	802.4	960.9	36.1	1210.9	1538.3	381.7	98.0	98.4	482.4	20.0	
OCT	10.9	16.9	951.1	138.4	47.9	39.7	56.2	53.5	45.1	30.9	16.0	127.9	5.3	
NOV	16.7	53.9	25.8	40.4	54.4	26.8	20.3	22.9	49.5	17.6	15.2	31.2	1.3	
DEC	13.5	82.6	20.2	30.9	31.3	17.1	17.9	29.6	23.9	12.1	14.6	26.7	1.1	
Av.	96.4	139.2	254.8	185.1	189.4	80.5	231.4	474.2	253.6	109.5	195.2	200.8	100	

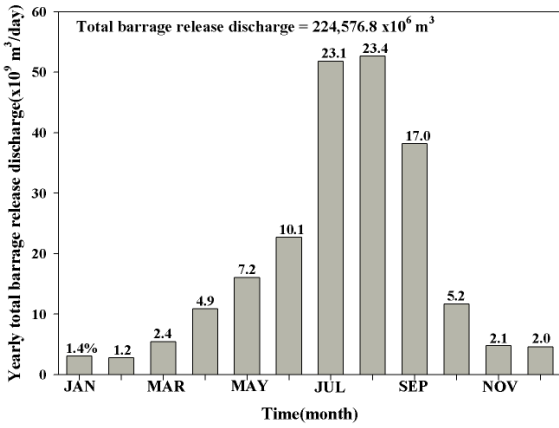


Fig. 4. Monthly distribution of total river discharge from the Nakdong River Barrage for 11 years from 1996 to 2006.

하였다. Fig. 5는 1996년부터 2006년까지(총 11년 자료) 대표적인 기상인자인 평균기온, 습도, 일사시간, 평균풍속의 경년변동 시계열을 나타내고 있다. 11년간의 각 기상인자별 일일평균값을 계산하면 평균기온은 14.9°C, 습도 63.7%, 일사시간 7.0 hour, 평균풍속 3.5m/sec로 나타났다.

또한 일반적으로 하구둑 방류량에 직접적으로 영향을 미칠 것으로 판단되는 강수량 및 증발량과의 시계열 특성은 Fig. 6에 나타내었다. (A)와 (D)는 각각 강수량과 증발량을 시계열로 나

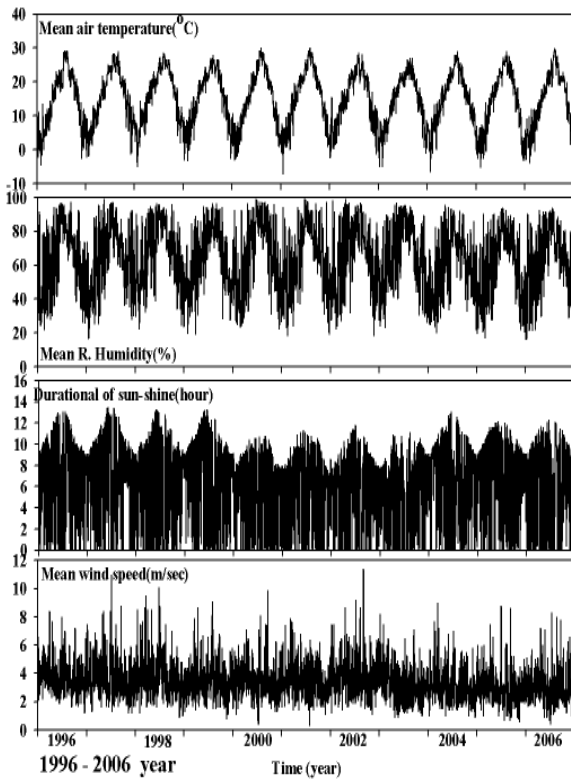


Fig. 5. Annual time series of weather factors at Busan Meteorological Station for 11 years, 1996~2006.

타낸 것으로 11년간의 각 기상인자별 일일평균값(일일발생량)을 계산하면 강수량은 15.9 mm, 증발량은 3.0 mm로 나타났다. 또한 그림에서 (B)는 하구둑 실제 방류량을, (C)는 Tank model을 이용한 추정 방류량을 시계열로 나타낸 것이다.

결과적으로 2001년과 같이 강수량이 적고 증발량이 많은 경우에는 하구둑으로부터의 방류량이 대체로 작은 경향을 나타내었으며 2003년과 같이 강수량이 많고 증발량이 적은 경우에는 반대로 방류량이 크게 나타났다. 그러나 (B)와 (C)의 결과 비교에 있어서는 1999년, 2003년부터 2005년까지의 결과에서 차이를 나타내었는데 계산되어진 하천유량 산정결과는 강수량 시계열 패턴과 유사한 결과를 나타내었다.

이는 낙동강 수계의 유역면적 23,717km²내에서 유하하여 하구둑으로 방류되는 실제 유량과 낙동강 하류에 속해 있는 부산기상관측소에서의 강수량 및 증발량을 사용하여 산정한 하천유량과는 부분적으로 차이를 가질 수 있음을 나타낸다. 따라서 하천유량 산정모델을 적용함에 있어서 낙동강 수계내 특정 지역의 강수량 및 증발량 자료를 사용해야 하는 점에 있어서는 유의해야 할 필요성이 있다고 판단된다.

전(2005)은 하구둑 건설전□후의 기상환경변화를 분석함으로써 하구둑 건설로 인한 대기환경 변화 요인으로 지표피복(Surface covered environment)의 전환을 제기하였는데 이는 하구둑 건설이 인공호수를 형성하고 대기중에 수증기를 공급, 대기 중 수분 및 열수지의 변화를 야기하여 강하류 지역의 기

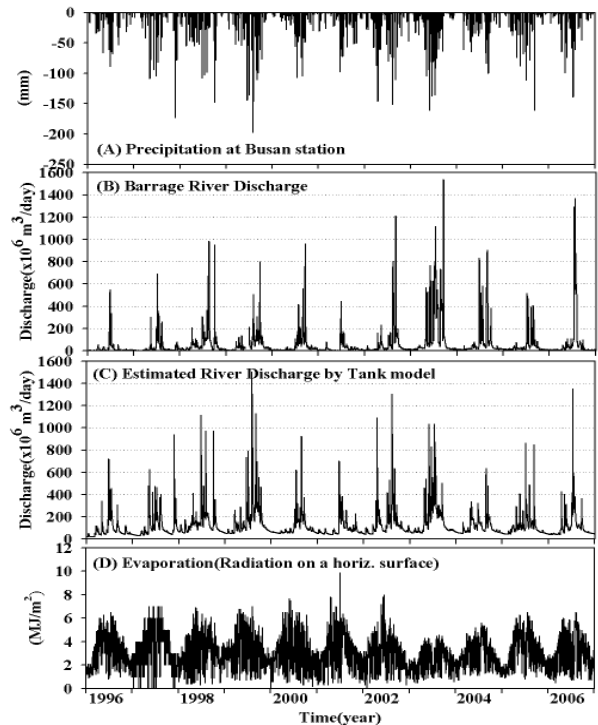


Fig. 6. Time series comparing the river discharge measured and estimated by the tank model with the evaporation and precipitation measured at the Busan station.

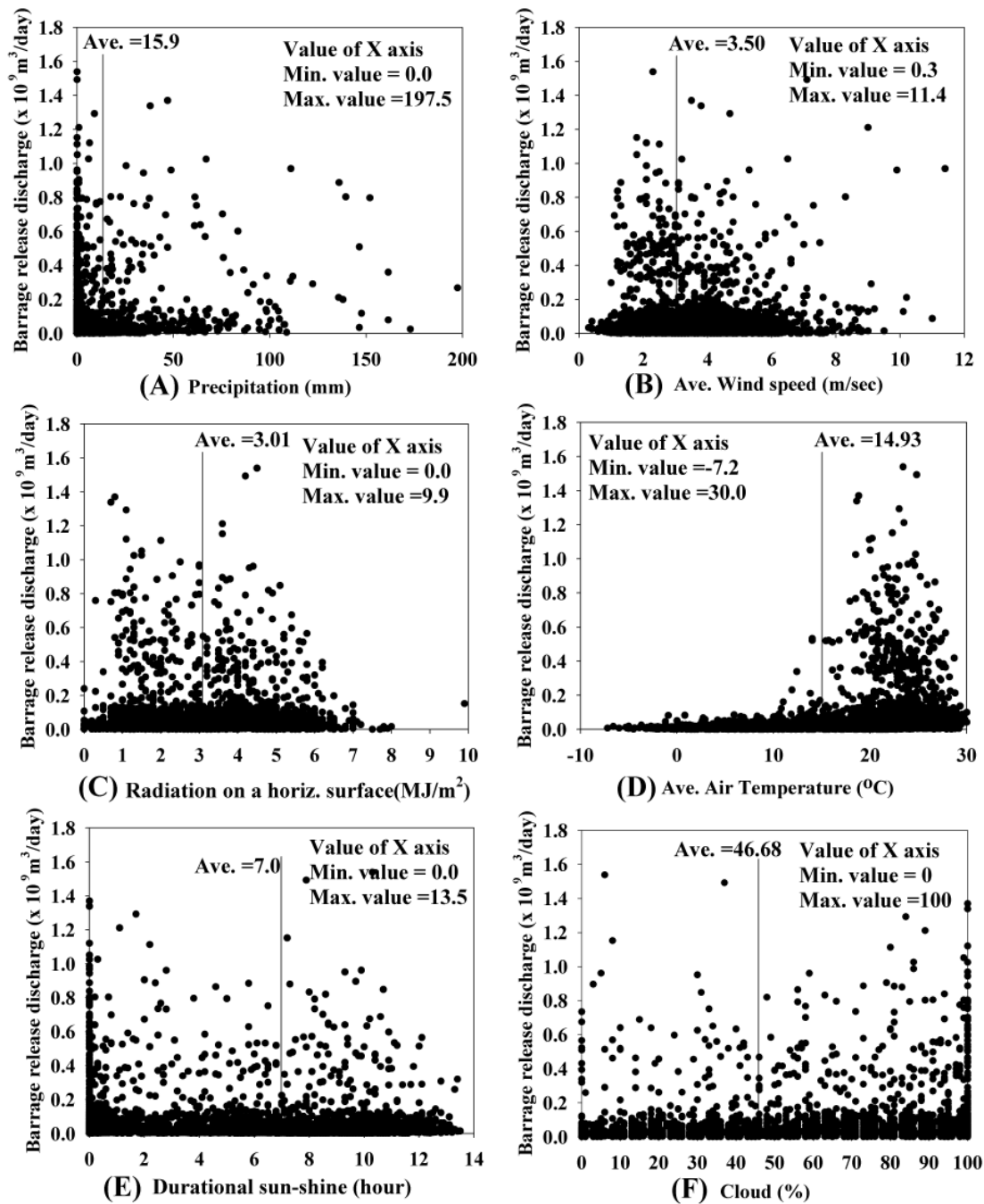


Fig. 7. Correlation between meteorological factors and water discharge from the Nakdong River Barrage.

후변화를 초래한다고 보고한 바 있다. Fig. 7은 최근 11년간 낙동강 하구둑 방류량과 기상인자들과의 상관성을 파악하기 위해 하구둑 방류 당일의 방류량과 부산기상관측소 기상인자(평균기온, 일사량, 강수량, 평균풍속, 증발량 및 운량)와의 상호관련성을 각각 검토하였다.

먼저 Fig. 7(A)의 방류량과 강수량과의 비교에 있어서는 데이터의 분포 경향이 최대강우량이 197.5 mm, 방류량은 1.6×10⁹ m³/day미만에 분포하며 평균강우량은 15.9 mm에 해당한다. 또한 Fig. 7(B)의 방류량과 평균풍속과의 비교에 있어서는 데이터의 분포 경향이 대체로 평균 풍속 3.50 m/sec를 중심으로 분포

하고 Fig. 7(C)의 증발량과의 비교에 있어서는 평균 증발량 3.01 MJ/m², Fig. 7(D)의 평균기온과의 비교에 있어서는 평균기온 14.93 °C를 중심으로 평균기온보다 높은 기온에 많은 방류가 이루어졌음을 알 수 있다. 아울러 Fig. 7(E)의 일사시간과의 비교에 있어서는 평균일사시간 7.0시간을 중심으로 분포하며, Fig. 7(F)의 운량과의 비교에 있어서는 평균 46.68%를 중심으로 구름이 많은 즉, 강수의 확률이 높은 기상조건에서 방류가 많음을 알 수 있다. 이상의 결과를 종합하면 하구둑 방류량은 기온이 높고 증발량이 적으며 일조시간이 적은 시기에 많은 방류가 이루어짐을 알 수 있다.

본 연구에서는 방류시점에서의 일별 주풍향과의 방류특성을 살펴보기 위해 최근 11년간의 방류량과 일별 주풍향을 비교하여 Fig. 8과 같이 나타내었다. 그림에서 풍향대 방류량을 살펴보면 NNE풍향시 15.5%, SW 및 SSW풍향시 13.1%, S풍향시 12.1%, NE풍향시 10.8% 로 방류량이 많았던 것으로 조사되었다. 특히 N, NW, SE계열의 풍향일 경우에는 대체로 5.0%미만의 매우 적은 수치를 나타내었다. 이상의 결과를 종합해보면 방류량이 많은 경우 북서 계절풍 및 남동 계절풍이 탁월하며 낙동강 하구역의 지형적 특성을 고려할 때 북풍 계열 시기에 방류된 하천의 담수는 바람에 의한 취송류에 의해서 보다 먼 외해로 유출될 가능성이 높고 태풍 내습시 하천의 담수는 바람의 효과에 의해 연안역에 담수의 집적현상을 가속화시킬 것으로 생각된다.

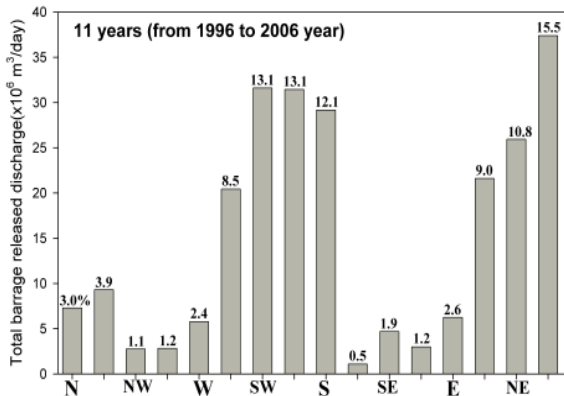


Fig. 8. River discharge against wind direction.

4. 요약 및 결론

본 연구에서는 낙동강 하구둑을 통한 최근 11년간(1996년 ~ 2006년)의 실제 방류량 자료를 바탕으로 하구둑 방류량의 경년 변동 및 월별특성 즉, 낙동강 하구둑 월별총방류량, 일일평균방류량, 일일최대방류량을 산출하였으며, 하구둑 방류와 하천수 유입에 직접적인 영향을 미치는 기상인자들과의 상관성을 검토하였다. 본 연구를 통해 얻어진 결과는 다음과 같다.

(1) 낙동강 하구둑으로부터의 11년간 총 방류량은 224,576.8 × 10⁶ m³이며 가장 많이 방류된 연도는 2003년으로 56,292.3 × 10⁶ m³이다. 8월이 23.4%의 52,634.2 × 10⁶ m³으로 가장 많고 7월이 23.1%, 9월이 17.0%의 순이었다.

(2) 방류량 패턴은 시기별로 7~9월은 유하량이 많은 홍수기(방류량 100 × 10⁶ m³/day이상), 4~6월 및 10월은 유하량이 보통수준인 평수기(방류량 30 × 10⁶ m³/day이상), 12~3월은 유하량이 적은 갈수기(방류량 16 × 10⁶ m³/day미만)로 구분할 수 있다.

(3) 방류량과 기상인자와의 상관성 비교에 있어서는 대체로 기온이 높고 증발량이 적으며 일조시간이 적은 시기에 많은 방류가 이루어짐을 알 수 있다. 특히, 2001년과 같이 강우량이 적고 증발량이 많은 경우에는 하구둑으로부터의 방류량이 대체로 작은 경향을 나타내었으며 2003년과 같이 강우량이 많고 증발량이 적은 경우에는 반대로 방류량이 크게 나타났다.

(4) 방류량과 풍향특성 분석 결과 총 방류량의 46.8%가 남풍 계열 시기에, 35.3%가 북풍계열 시기에 방류되었다.

이상의 결과는 향후 낙동강 하천방류에 따른 낙동강 하구역의 해양수리특성을 평가함에 있어서 갈수기, 평수기, 홍수기 등 계절별 하천방류량 자료로 적용가능하며 담수의 유출 특성에 따른 하구역의 지형변동 예측 및 해역수질 평가의 정도를 향상시킬 수 있을 것으로 생각된다.

후 기

본 연구는 2006년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구(KRF-2006-331-D00700) 결과이며, 연구비 지원에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- [1] 김기철, 양한섭, 김차겸, 문창호, 장성태(1999), 수문개폐에 따른 낙동강 하구연 하류부의 해양물리환경변화, 한국해양환경공학회지, 제2권 제2호, pp. 49-59.
- [2] 류청로, 장선덕(1979), 낙동강 하구의 조석과 유동, 한국해양공학회, 제14권 제2호, pp. 71-77.
- [3] 박순, 윤한삼(2007), 태풍 내습후 낙동강 하구 사주해안의 쓰레기 분포, 해양환경안전학회지, 제13권 제4호, pp. 1-7.
- [4] 신성교, 백경훈, 홍석진(2006), 낙동강 하구둑 건설에 따른 해역의 염분 영향분석 및 하구둑 운영 개선방안, 부산발전연구원 보고서(2006-6), pp. 34-36.
- [5] 윤한삼, 이인철, 류청로(2003), 영일만 유입오염부하량과 수질의 시공간적 변동특성(Ⅰ), 하천유량과 유입오염부하량의 계절변동, 한국해양공학회지, 제17권 제4호, pp. 23-30.
- [6] 윤한삼, 유창일, 강윤구, 류청로(2007), 낙동강 하구역 삼각주 발달에 관한 문헌 고찰 연구, 한국해양공학회지, 제21권 제2호, pp. 22-34.
- [7] 장성태, 김기철(1997), 낙동강 하구에서의 해수유동, 동아대학교 해양자원연구소 연구논문집, 제10권, pp. 11-17.
- [8] 장성태, 김기철(2006), 낙동강 하구에서의 해양 환경 변화, 한국해양학회지 바다, 제11권 제1호, pp. 11-20.
- [9] 전병일(2005), 낙동강 하구연 건설 전후의 기상환경 변화 특성, 환경영향평가, 제14권 제3호, pp. 135-145.
- [10] 한국수자원공사(1989), 낙동강수계 다목적댐 연계운영방안연구(1차) 보고서, p. 225.
- [11] 한국수자원공사(2007), <http://busan.kwater.or.kr>.

원고접수일 : 2008년 02월 29일

원고수정일 : 1차 : 2008년 03월 29일

2차 : 2008년 05월 13일

3차 : 2008년 06월 14일

게재확정일 : 2008년 06월 16일