

동해 연안 파력 부존량의 시간적 및 공간적인 변동 양상 Temporal and Spatial Variations in the Wave Energy Potential of the East Coastal Seas of Korea

정원무* · 조홍연** · 오상호*** · 김상익****

Weon Mu Jeong*, Hongyeon Cho**, Sang Ho Oh***, and Sang Ik Kim****

요 지 : 본 연구에서는 동해 연안의 9개소에서 관측된 파랑 자료를 사용하여 파력 부존량을 평가하였으며 기존의 연구 결과와 비교하였다. 동해 연안에서는 파력 부존량의 계절 변화가 동계 6.4 kW/m, 하계 1.2 kW/m 정도로 공간적인 변화인 2.5~4.3 kW/m보다 크게 나타나고 있으며, 거의 대부분의 정점에서 하계 6~7월의 파력이 가장 작게 나타났다. 연 평균 파력 부존량 추정치는 동해 중부 해역에 위치하고 있는 묵호와 죽변 지점에서 4.3 kW/m 정도로 가장 크게 나타났으며, 진하 지점에서 2.5 kW/m로 가장 작게 나타났다. 또한 파력 부존량의 분포도 기존의 후측자료를 이용하여 제시된 남쪽에서 북쪽 방향으로의 감소 경향과는 달리 중부해역에서 가장 크고, 중부해역을 기준으로 남쪽, 북쪽 방향으로 모두 감소하는 경향을 보이는 것으로 파악되었다.

핵심용어 : 파력 부존량, 동해 연안, 후측 자료, 파랑 관측 자료, 계절변화

Abstract : In this study, the wave energy potential (WEP) was evaluated using the wave data measured at nine stations along the Korean east coast and compared with the results of previous studies. Along the Korean east coast, seasonal variations in the WEP were around 6.4 kW/m in winter and 1.2 kW/m in summer, greater than spatial variations of 2.5~4.3 kW/m. In most stations, the wave power during June to July were shown to be smallest. The estimated annual average WEP was greatest in the Mukho and Jukbyeon stations located in the middle of the Korean east coast at around 4.3 kW/m, and smallest in the Jinha station at around 2.5 kW/m. The results found using the previous hindcast data showed WEP having a tendency to decrease from south to north. However, in this study, the WEP showed a tendency of being greatest in the middle of the Korean east coast and decreasing in both north and south directions.

Keywords : Wave power potential, Korean east coast, hindcast data, measured wave data, seasonal variation

1. 서 론

조력과 파력으로 대표되는 해양에너지는 청정에너지로 지속적인 관심을 받아 왔다. 규칙적인 조석 현상으로 생산가능한 발전량 예측이 용이한 조력발전은 거대한 방조제 건설로 인한 환경문제로 제동이 걸리고 있는 반면, 불규칙적으로 발생하는 파랑은 발전량 예측이 다소 어려운 해양에너지임에도 불구하고 상대적으로 환경 영향이 적기 때문에 파력발전이 유망한 분야로 부각되고 있다. 파력발전에 관한 연구는 대용량의 해양파력발전장치(OWEC; Ocean Wave Energy Converter)를 실용화 단계로 이끌었으며(Drew et al., 2009), 최근에는 비교적 수심이 얇은 연안에서 규모가 작고 효율이 높은 다수의 발전

장치를 조합하는 해양파력발전단지(OWEF; Ocean Wave Energy Farm)를 구축하는 연구도 활발하게 진행되고 있다(Hong et al., 2004; Shin et al., 2005; Kyoung et al., 2006; Ryu et al., 2007; Hong et al., 2007; Nam et al., 2011; Park et al., 2011). 그러나 파력발전을 실용화하기 위해서는 발전이 가능한 파력 에너지 부존량(WEP; Wave Energy Potential)의 시간적·공간적 변동 양상과 분포 특성이 파악되어야 한다.

Song et al.(2004)은 장기(약 25년) 파랑 후측 자료(hind-casting data)를 이용하여 우리나라 연안의 파랑에너지 부존량 분포를 추정·분석하여 파력발전을 위한 최적의 입지 선정에 활용한 바 있다. 최적의 입지로 제시된 제주 연안에 대

*한국해양과학기술원 연안개발·에너지연구부(Coastal Development & Ocean Energy Research Division, Korea Institute of Ocean Science & Technology, wmjeong@kiost.ac)

**한국해양과학기술원 해양환경·보전연구부(Corresponding author; Marine Environments & Conservation Research Division, KIOST, Tel: +82-31-400-6318, Fax: +82-31-400-7868, hycho@kiost.ac)

***한국해양과학기술원 연안개발·에너지연구부(Coastal Development & Ocean Energy Research Division, KIOST, ohsangho@kiost.ac)

****한국해양과학기술원 연안재해·재난연구센터(Coastal Disaster Research Center, KIOST, sikim@kiost.ac)

해서는 추가적으로 Hong et al.(2004)의 상세한 파력 부존량 분포에 대한 연구가 수행된 바 있다. 그러나 파랑 후측 자료는 제한된 현장 관측 자료를 이용하여 검정하거나 또는 공학적인 관심을 가지는 고파랑(high waves)에 대하여 검정을 수행하기 때문에 평상시 파랑에 대한 정보가 왜곡될 수도 있는 단점을 가지고 있다. 따라서 어느 정도의 오차가 수반되는 파랑 후측 자료를 이용한 파력 부존량 산정 결과는 가용한 장기간의 파랑관측 자료가 있는 해역에서 그 신뢰수준을 검토할 필요가 있다. Kweon et al.(2013)은 후포 지역에서의 파력발전 설계를 위한 파랑 자료와 스펙트럼 특성분석을 집중적으로 수행한 바 있다.

최근 Jeong et al.(2007)은 동해안의 속초, 후포, 온산(울산) 지점에서 2-4년 동안 관측한 파랑 자료를 분석하여 동해 연안의 파력 부존량을 평가하였다. 그 결과에 따르면 속초 지점에서의 연평균 파력 부존량은 4.4 kW/m로 후포와 온산 지점의 파력 부존량 2.3 kW/m, 2.0 kW/m의 2배 정도로 추정되었다. 또한 기존의 후측 자료를 이용한 Song et al.(2004)의 분석 결과에서 제시된 파력 부존량의 분포 경향(동해 연안의 경우 북쪽에서 남쪽 방향으로 증가)과는 달리 분석 지점이 단 3개 지점에 불과하고, 분석 기간이 다소 짧은 제약이 있으나 남쪽에서 북쪽 방향으로 증가하는 상반된 경향을 보이고 있다. 한편, Kim et al.(2011)도 Song et al.(2004)이 사용한 후측 자료를 이용하여 먼 바다의 파랑정보를 SWAN 모형을 이용하여 연안 파랑정보로 환산하여 연안의 파력 부존량을 4-6 kW/m 정도로 제시하였다. Song et al.(2004)의 동해 연안의 개략적인 파력 부존량 2-3 kW/m에 비해서는 2배 정도 크게 나타나고 있으나, 동해 연안의 북쪽에서 남쪽 방향으로 증가하는 경향은 동일하다.

파력발전은 파력 부존량 평가와 더불어 공간적인 비교를 통하여 입지를 선정하는 과정을 거치지만, 입지 선정에 이용되는 장기간의 완전한(complete) 파랑 후측 자료의 분석 결과와 시간적·공간적인 제한이 있는(incomplete) 관측 자료의 분석 결과가 적어도 동해 연안에서는 서로 큰 차이를 보이고 있음을 알 수 있다.

본 논문에서는 동해 연안에서 2004년부터 2012년에 걸쳐 지속적으로 여러 지점에서 관측한 장기간의 파랑자료를 이용하여 동해 연안 파력 부존량에 대한 재평가를 목적으로 한다. 분석에 사용된 파랑 관측지점은 동해 북부 연안에서부터 남부 연안 방향으로 대진, 속초, 강릉, 묵호, 죽변, 후포, 월포, 양포, 진하의 총 9개 지점이다. 본 연구에서는 관측 자료를 이용하여 파력 부존량의 시간적·공간적인 변동 양상을 분석하고, 기존의 연구 결과에서 제시된 동해 연안 파력 부존량과 공간적·시간적인 분포 양상에 관한 비교-검토를 수행하였다.

2. 동해 파랑관측 자료 및 변동 양상

파랑 관측은 동해안의 대진항, 속초항, 강릉 경포대, 묵호항, 죽변항, 후포항, 월포만, 양포항, 진하 해수욕장 해역에서 실시되었다(Fig. 1 참조). 한편, Fig. 1에는 기상청에서 운영 중

인 해양기상관측 부이의 위치를 참고로 제시(그림에서 ■로 표시)하였다. 관측지점은 각각 우리나라 동해안 북부 해역에서 남부 해역에 걸쳐 위치하고 있기 때문에 관측 자료로부터 동해안 전체 지역의 파랑 특성과 파랑정보로부터 추정되는 파랑에너지 부존량 분포를 파악하는 것이 가능하다. 각각의 관측지점은 대진, 속초, 강릉, 묵호, 죽변, 후포, 월포, 양포 및 진하로 표기하였다. 파랑 관측에는 수압식 파고계(WTG; Wave and Tide Gauge)가 사용되었으며, 파고계의 설치지점, 수심 및 관측 기간은 Table 1에 제시하였다. 파고계의 자료수집 시간 간격은 0.5



Fig. 1. Location map of the wave measurement stations.

Table 1. Basic information of the nine wave measurement stations

Station ID	Observation period	Geographical coordinate (N°, E°)	Water depth (m)	No. of the data
DJ (Daejin)	2007.11.09 ~ 2012.06.19	38.521, 128.427	17.5	75,691
SC (Sokcho)	2005.11.24 ~ 2012.11.29	38.208, 128.617	18.5	122,944
GN (Gangneung)	2005.02.27 ~ 2012.10.27	37.798, 128.929	15.0	133,202
MH (Mukho)	2004.03.07 ~ 2012.06.18	37.548, 129.125	15.5	138,708
JB (Jukbyeon)	2006.03.15 ~ 2012.11.30	37.060, 129.433	18.5	104,275
HP (Hupo)	2006.05.04 ~ 2012.09.20	36.700, 129.484	18.5	102,311
WP (Weolpo)	2008.01.29 ~ 2012.05.16	36.212, 129.398	17.0	75,294
YP (Yangpo)	2007.10.31 ~ 2012.10.30	35.886, 129.539	18.5	87,360
JH (Jinha)	2005.10.20 ~ 2012.10.30	35.387, 129.361	19.0	112,952

초이며, 30분마다 2,048개($=2^{11}$ 개)의 자료를 사용하여 FFT 기법을 적용하여 파랑 스펙트럼을 계산하였다. 스펙트럼 분석을 통하여 유의파고(H_s)를 계산하였으며, 영점교차(zero-crossing) 방법을 통하여 유의파주기($T_{H_{1/3}} \approx T_s$)를 계산하였다.

Table 2에는 전체 관측기간 동안의 유의파고 및 유의파주기

Table 2. Basic statistical parameters of the significant wave heights and periods

Station ID	H_s (m)				T_s (s)			
	mean	SD	COV	Max.	mean	SD	COV	Max.
DJ	0.71	0.65	0.92	5.52	6.83	1.32	0.19	13.65
SC	0.65	0.58	0.89	8.95	6.83	1.24	0.18	13.34
GN	0.71	0.62	0.87	7.52	6.73	1.34	0.20	13.63
MH	0.76	0.68	0.89	8.37	6.76	1.41	0.21	13.17
JB	0.81	0.65	0.80	6.71	6.82	1.31	0.19	13.70
HP	0.71	0.60	0.85	5.94	6.87	1.32	0.19	14.49
WP	0.64	0.58	0.91	5.46	7.07	1.37	0.19	13.76
YP	0.67	0.57	0.85	5.18	7.05	1.38	0.20	14.14
JH	0.59	0.53	0.90	5.96	7.30	1.50	0.21	14.43

Ref. SD = standard deviation, COV = coefficient of variation = SD/mean, Max. = maximum.

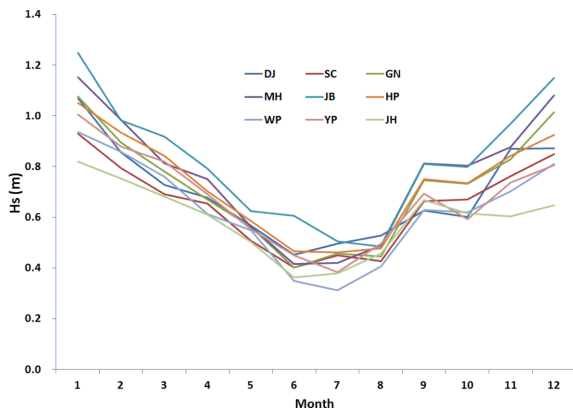


Fig. 2. Monthly mean of the significant wave heights at the nine stations.

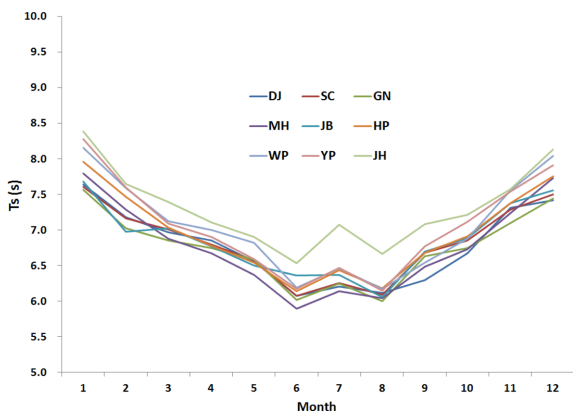


Fig. 3. Monthly mean of the significant wave periods at the nine stations.

의 평균, 표준편차, 변동계수 및 최대값을 제시하였다. 유의파고의 평균은 0.59~0.81 m로 공간적인 변화 범위가 0.22 m로 파악되었으며, 표준편차는 0.53~0.68 m로 공간적인 변화 범위가 0.15 m로 평균보다 작게 나타났다. 한편 유의파고 최대값은 5.18~8.95 m로 공간적인 변화 범위가 3.77 m로 평균파고의 약 17배 정도로 매우 큰 차이를 보이고 있음을 알 수 있다. 한편, 유의파주기의 평균은 6.73~7.30초, 표준편차는 1.24~1.50초, 최대값은 13.17~14.49초로 평균, 표준편차와 최대값의 공간적인 변동범위는 각각 0.57초, 0.26초, 1.32초로 나타났다. 특히 유의파주기의 표준편차는 매우 미미한 변화수준으로 파악되었다.

파랑 에너지가 연중 변화되는 경향을 보다 명확하게 검토하기 위하여 9개 지점에서의 월별 유의파고와 유의파주기의 평균을 Figs. 2~3에 각각 제시하였다. Fig. 2를 살펴보면 거의 모든 정점에서 동계 1월의 유의파고가 가장 크게 나타나며, 하계 6~7월의 유의파고가 가장 작게 나타나는 뚜렷한 계절변화 양상을 보이고 있음을 알 수 있다. 그리고 측면에서의 월별 유의파고 평균이 다른 정점에 비해 거의 연중에 걸쳐 더 크게 나타나고 있다. Fig. 3에 제시한 9개 지점별 유의파주기의 월별 변화도 유의파고의 월별 변화와 상당히 유사한 경향을 나타내고 있으며, 뚜렷한 계절변화 양상을 보이고 있음을 알 수 있다. 거의 모든 정점에서 동계 1월의 유의파주기가 가장 길게 나타나며, 하계 6~8월의 유의파고가 가장 짧게 나타난다. 하계 7월의 돌출적인 유의파주기의 변화와 추계 9~10월의 일정한 유의파고 변화 양상은 전체적인 계절변화 양상에서 매우 특징적인 단기간의 변화 양상으로 판단된다.

3. 동해의 파력 부존량 변동 특성

파력(P)은 선형파 이론에 의하여 다음과 같이 이론적으로 계산된다(Sorensen, 1997).

$$P = \frac{\rho_w g H^2 L}{16T} \left(1 + \frac{2kh}{\sinh 2kh} \right) \quad (1)$$

여기서, ρ_w = 유체의 밀도(해수의 경우, $1,025 \text{ kg/m}^3$), g = 중력 가속도, H = 파고(m), L = 파장(m), T = 주기(초)이며, h = 수심(m), $k = \text{파수}(=2\pi/L)$ 이다.

그러나, 실제 바다에서의 파랑은 주기가 다른 여러 성분들이 섞여 있으므로, 불규칙파의 특정 스펙트럼을 가정하여 다음과 같은 근사식으로 표현된다(Song et al., 2004). 본 연구에서는 식 (2)를 이용하여 파력 부존량을 계산하였다. 단 계산에는 유의파고 $H_{1/3}$ 대신 파랑 스펙트럼으로부터 산출한 유의파고(H_s)와 영점교차 방법으로 산정된 유의파주기(T_s)를 사용하였다. 그러나 식 (2)는 특정 스펙트럼을 가정하여 유도된 식이기 때문에 실제 상시 파랑 스펙트럼의 형상과는 어느 정도 차이를 보일 수 있으며, 스펙트럼 차이에 의한 파력 보정은 추후 연구가 필요할 것으로 판단된다.

$$P = \frac{1}{64\pi} \rho_w g^2 H_{1/3}^2 T_{1/3} \approx \frac{1}{64\pi} \rho_w g^2 H_s^2 T_s \quad (2)$$

3.1 시간적인 변동 특성

각각의 파랑에 대하여 계산된 파력 에너지는 시간적·공간적인 변화 양상을 분석하기 위하여 각각의 지점에 대한 월별 평균 파력에너지와 연간 평균 파력에너지로 구분하여 Table 3과 4에 각각 제시하였다. 그리고 Table 3의 월별 평균 파력에너지의 변화 양상을 가시적으로 파악하기 위하여 지점별 월별 파력에너지를 Fig. 4에 제시하였다. 전체적인 파력 에너지의 시간 변화는 파랑정보와 같이 뚜렷한 계절변화 양상을 보이고 있으나, 춘계 3~4월, 추계 9~10월에는 전체적인 변화 경향과는 반대되는 단기 변화 양상을 보이기도 한다.

한편, Table 4에는 각 지점별 파력 부존량의 연별 변동성을 나타내었으며 괄호 안의 숫자는 연간 관측율(%)을 나타

낸다. 이 표에서 *로 표시된 값들은 관측율이 50% 미만이어서 대표성을 나타내기에는 무리가 있어서 전체 평균에서는 제외하였다. 연평균 파력은 평균값을 기준으로 $\pm 20\%$ 의 범위 내에서 분포하며, 4~8년의 관측 기간을 감안하면 연별 변동성은 비교적 작은 편이라고 할 수 있다.

파력 부존량의 크고 뚜렷한 계절변화 양상은 기존의 연구 분석 결과와 동일한 양상을 보이고 있다. Fig. 5는 총 9개의 파랑 관측지점에서의 월별 파력 부존량을 전체 평균한 값으로 동해 연안의 월별 파력 부존량 변화 양상을 볼 수 있

Table 3. Monthly averaged wave energy potential (kW/m)

Month	DJ	SC	GN	MH	JB	HP	WP	YP	JH	Mean
1	6.89	4.97	5.40	8.38	8.99	6.59	5.43	6.35	4.95	6.44
2	4.54	3.63	4.29	5.70	5.39	5.24	4.59	4.92	3.66	4.66
3	3.21	2.61	3.23	3.85	4.48	3.73	3.33	3.70	2.85	3.44
4	3.68	2.95	3.10	4.18	4.02	3.33	2.85	3.35	2.63	3.34
5	2.63	1.81	2.39	2.17	2.40	2.09	2.15	2.10	1.80	2.17
6	1.57	1.09	0.98	1.02	2.10	1.19	0.88	1.21	0.76	1.20
7	1.49	1.43	1.48	1.16	1.80	1.42	0.91	1.05	1.10	1.32
8	2.90	1.57	1.58	1.92	1.66	1.66	1.18	1.53	1.35	1.71
9	3.27	3.50	4.29	4.89	4.69	4.24	2.89	3.60	3.70	3.90
10	2.50	4.11	3.35	5.52	4.17	4.48	2.91	2.07	4.19	3.70
11	5.64	4.21	3.50	5.95	6.42	5.15	3.96	3.92	3.07	4.65
12	4.66	4.26	5.79	7.92	8.02	5.38	4.19	3.87	3.13	5.25

Table 4. Annually averaged wave energy potential (kW/m)

Year	DJ	SC	GN	MH	JB	HP	WP	YP	JH
2004				3.53 (71)					
2005		3.55* (10)	3.44 (83)	5.37 (86)					6.78* (20)
2006		4.02 (100)	3.45 (100)	5.08 (100)	5.49 (61)	4.50 (66)			3.39 (100)
2007	5.08* (14)	2.34 (100)	3.06 (100)	3.53 (95)	3.63 (100)	2.23 (64)		1.96* (17)	1.89 (70)
2008	3.09 (100)	2.64 (100)	3.15 (100)	3.61 (94)	3.70 (87)	2.94 (89)	2.17 (92)	2.97 (100)	2.29 (100)
2009	3.71 (95)	3.44 (100)	3.18 (97)	4.69 (100)	4.19 (73)	3.90 (93)	3.20 (100)	3.13 (99)	2.47 (95)
2010	3.38 (76)	2.65 (100)	3.33 (98)	3.86 (100)	3.87 (100)	2.91 (100)	2.54 (100)	2.87 (100)	2.56 (100)
2011	4.05 (100)	3.27 (100)	3.09 (100)	4.77 (100)	5.86 (83)	4.36 (100)	3.17 (100)	3.94 (100)	2.95 (91)
2012	4.00* (47)	2.98 (91)	3.11 (82)	4.50* (46)	3.49 (91)	3.48 (72)	8.50* (37)	2.79 (83)	2.02 (69)
Mean	3.56	3.05	3.27	4.31	4.32	3.48	2.77	3.14	2.51

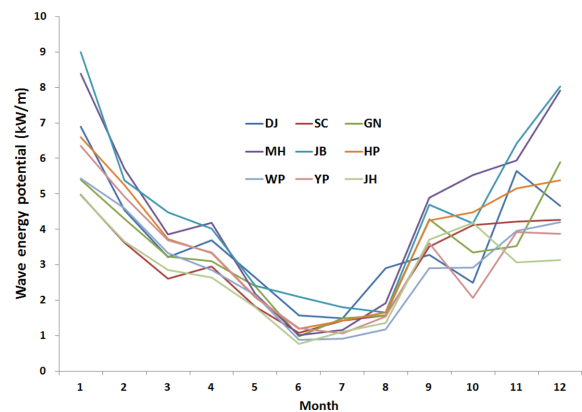


Fig. 4. Monthly mean of the wave energy potential at each station.

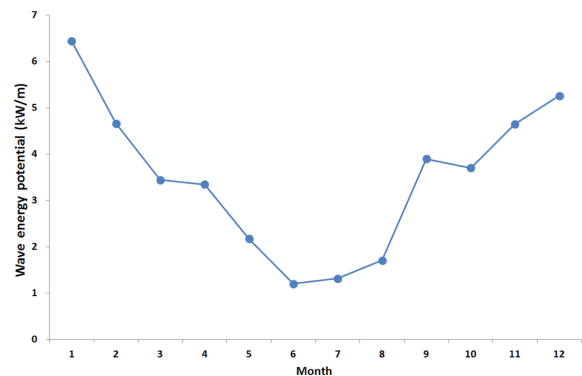


Fig. 5. Monthly variation of the station-mean wave energy potentials.

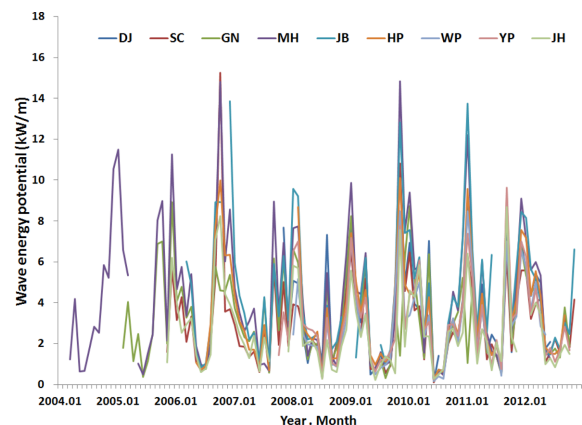


Fig. 6. Monthly variation of the wave powers at the nine stations.

다. 동해 연안 전체로 보면 동계의 최대 파력 부존량은 6.44 kW/m, 하계의 최소 파력 부존량은 1.20 kW/m로, 연간 변화 범위가 5.24 kW/m 정도로 상당한 크기임을 알 수 있다. 이러한 뚜렷한 계절변화 양상은 연중 시기에 따라 생산 가능한 파력 발전량이 서로 다르기 때문에 파력발전시설의 운영방법을 결정하는 중요한 인자로 활용할 수 있다. 한편, Fig. 6에는 모든 관측점의 가용한 관측 기간 동안의 월평균 파력변화 양상을 그래프로 나타내었다.

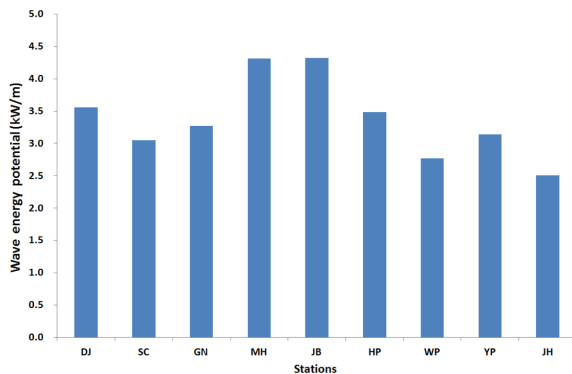


Fig. 7. Spatial variation of the wave energy potential.

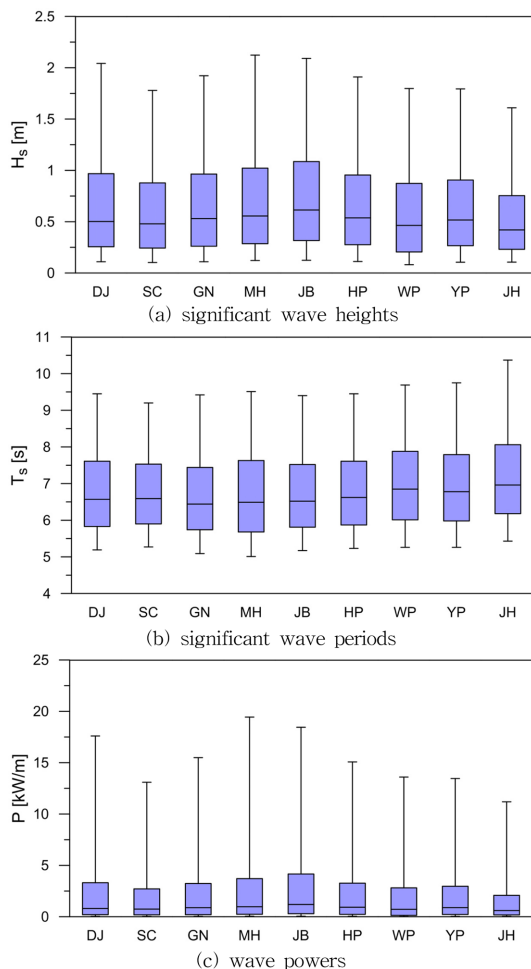


Fig. 8. Box-Whisker plots of the significant wave heights, significant wave periods, and wave powers at the nine stations.

3.2 공간적인 변동 특성

Table 3에 제시된 월별 평균 파력 부존량의 공간적인 차이를 보면, 1월의 경우 묵호, 죽변 지점이 8.38~8.99 kW/m로 가장 크게 나타나고 있으며, 속초, 진하 지점이 4.95~4.97 kW/m로 가장 작게 나타나고 있음을 알 수 있다. 시기적으로 파력 부존량이 가장 적은 6~7월에는 월포, 진하 지점이 0.76~0.88 kW/m로 가장 작게 나타났으며, 대진, 죽변 지점이 1.49~1.66 kW/m 정도로 가장 크게 나타났다. 단, 죽변 지점의 하계 최소값 1.66 kW/m는 다른 지점과는 달리 8월에 나타났다.

한편 Fig. 7에 제시된 지점별 연평균 파력 부존량의 변화를 살펴보면 동해 연안에서 2.5~4.3 kW/m 범위로 공간변동범위는 1.8 kW/m의 값을 나타내고 있음을 알 수 있으며, 파력 부존량이 상대적으로 큰 지역은 기존의 후측 자료를 이용한 Hong et al.(2004)에 제시된 동해 남부 해역이 아니라 동해 중부 해역에서 나타나고 있음을 알 수 있다. Table 4에 따르면 연 평균 최대 파력 부존량을 보이는 지점은 묵호, 죽변 지점으로 4.31~4.32 kW/m 정도이다. 반면 가장 파력 부존량이 작은 지점은 월포, 진하 지점으로 각각 2.77, 2.51 kW/m 정도로 최대 파력부존량을 보이는 지점의 58~64%에 해당한다. Fig. 8에는 파랑 정보와 파력 부존량 정보의 지점별 변동 양상을 보기 위하여 Box-plot을 제시하였다. 자료의 50%를 차지하는 Box 영역만을 보면 공간적인 변동 범위가 비교적 작게 나타나고 있음을 알 수 있다.

4. 결론 및 요약

본 연구에서는 우리나라 동해안의 9개 지점에서 장기간 연속적으로 수행된 파랑 관측 자료로부터 파력 부존량을 평가하고 그 특성을 분석하였으며, 기존의 연구성과와 비교하였다. 자료 분석 결과 동해 연안에서의 연평균 파력 부존량은 지역에 따라 2.5~4.3 kW/m 범위로 공간변동범위는 1.8 kW/m의 값을 나타내었다. 또한 파력 부존량의 계절적 변동성은 동계 6.4 kW/m, 하계 1.20 kW/m 정도로 시간적인 변동범위는 5.2 kW/m로 공간적인 변화의 크기보다 시기적인 변동성이 더 큰 것으로 파악되었다.

한편, 본 연구에서 산정된 동해안의 파력 부존량을 기존 연구 결과와 상호 비교·정리해 보았다(Table 5). Song et al.(2004)의 경우에는 연안 해역에서의 파력 산정값이 제시되어 있지 않으나 파력부존량 분포 그림에서 대략적으로 추정하면 연안은 2~3 kW/m 정도로 판단된다. 또한 동해 남부 해역에서 북부해역 방향으로 파력 부존량이 감소하는 경향을 보이고 있는 반면, 본 연구에서는 동해 중부 해역에서 가장 큰 파력 부존량을 보이고 있는 것으로 파악되었으며, 이 영역을 기준으로 남부, 북부 방향으로 감소하는 경향을 보이고 있는 것으로 파악되었다. 또한 추정 파력 부존량은 2.5~4.3 kW/m 정도로 기존의 후측 자료를 사용하여 Song et al.(2004)의 결과보다는 다소 크며, Kim et al.(2011)의 결과에 비해서는 작게 나타났다.

관측 자료는 현장의 다양한 환경조건에 의한 영향이 반영

Table 5. Summary on the magnitude and distribution of the wave energy potentials in east coastal seas, Korea

Researchers	Data used in the study	Spatial distribution pattern	Wave energy potential (kW/m)
Song et al.(2004)	Hindcasting data	Decreasing pattern from south to north	Offshore : 3~4 Onshore : 2~3
Jeong et al.(2007)	Monitoring data at 3 stations during 2~3 years	Max. at Sokcho station	Onshore : 2.0~4.4
Kim et al.(2011)	Hindcasting data	Decreasing pattern from south to north	Offshore : 6~12 Onshore : 4~6
This study	Monitoring data at 9 stations during 5~9 years	Max. at the middle-area of the east coast	Onshore : 2.5~4.3

된 수면변동 또는 파압을 직접 관측하기 때문에 어느 정도의 가정이 포함된 모델을 이용하여 추정된 후측 자료와는 달리 오차가 거의 없는 정확한 자료로 간주할 수 있다. 따라서 동해 연안의 파랑 정보 및 파력 부존량 추정결과의 차이는 기존의 후측 자료에서 발생하는 오차가 대부분을 차지한다고 볼 수 있다. 따라서, 동해 연안의 파력 발전은 동해 중부 해역이 파력 부존량 측면에서 가장 적합한 지역으로 판단된다.

향후 파력 부존량 평가에서 후측 자료를 이용하는 경우 관측 자료를 이용한 일시적인 고파랑에서의 모델 검증뿐만 아니라 보다 큰 시간·공간규모에서의 변화양상을 정확하게 파악하기 위한 동해해역 규모의 공간분포 및 연 변화를 파악할 수 있을 정도의 시간변화 양상에 대한 모델 검증이 요구된다.

감사의 글

본 논문은 국토교통부가 주관하고 국토교통과학기술진흥원이 시행하는 2012년도 지역기술혁신사업(12 지역기술혁신 B01) 및 해양수산부가 주관하고 한국해양과학기술진흥원이 시행하는 “10MW급 부유식 파력-해상풍력 연계형 발전시스템 설계기술 개발 및 인프라 구축”의 지원을 받아 수행되었습니다.

참고문헌

- Drew B, Plummer A. and Sahinkaya, M. N. (2009). A review of wave energy converter technology, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part A: Journal of Power and Energy, 223(8), 887-902.
- Hong, K., Shin, S-H. and Hong, D-C. (2007). Wave energy absorption efficiency of pneumatic chamber of OWC wave energy converter, J. of the Korean Society for Marine Environmental Engineers, 10(3), 173-180.
- Hong, K-Y., Ryu, H-J, Shin, S-H., and Hong, S-W. (2004). Wave energy distribution at Jeju Sea and investigation of optimal sites for wave power generation, J. of Korean Society of Ocean Engineers, 18(6), 8-15.
- Jeong, W.M., Oh, S-H, ee, D.S. and Lee, D.Y. (2007). Comparison of wave power resources in the coastal zone of Korean East Sea estimated by using field measurement wave data, J. of Korean Society for New and Renewable Energy, 3(3), 28-35.
- Kim, G, Jeong, W.M., Lee, K.S., Jun, K. and Lee, M.E. (2011). Offshore and nearshore wave energy assessment around the Korean Peninsula, Energy, 36, 1460-1466.
- Kweon, H-M., Cho, H. and Jeong, W-M. (2013). Wave analysis and spectrum estimation for the optimal design of the wave energy converter in the Hupo coastal sea, J. of Korean Society of Coastal and Ocean Engineers, 25(3), 147-153.
- Kyoung, J-H, Hong, S-Y. and Hong, D-C. (2006). Numerical analysis on wave energy absorption of OWC-type wave power generation, J. of Korean Society of Ocean Engineers, 20(4), 64-69.
- Nam, B.W., Hong, S.Y., Kim, K-B., Park, J. and Shin S-H. (2011). Numerical analysis of wave-induced motion of floating pendulum wave energy convertor, J. of Korean Society of Ocean Engineers, 25(4), 28-35.
- Park, J.Y., Shin, S.H. and Hong, K.Y. (2011). Experimental study for overtopping performance and control system of overtopping wave energy convertor, J. of the Korean Society for Marine Environmental Engineers, 14(1), 11-18.
- Ryu, H-J., Shin, S-H., Hong, K-Y., Hong, S-W. and Kim, D-Y. (2007). A simulation of directional irregular waves at Chagui-Do Sea area in Jeju using the Boussinesq wave model, J. of Korean Society of Ocean Engineers, 21(1), 7-17.
- Shin, S-H. and Hong, K. (2005). Experimental study on wave overtopping rate of wave overtopping control structure for wave energy conversion, J. of Korean Society of Ocean Engineers, 19(6), 8-15.
- Song, M., Kim, D., Kim M., Hong K. and Jun, K. (2004). Analysis of wave energy density for Korean coastal sea area based on long-term simulated wave data, J. of the Korean Society for Marine Environmental Engineers, 7, 152-157.
- Sorensen, R.M. (1997). Basic Coastal Engineering, Second Edition, Sec. 2.5, Chapman & Hall.

원고접수일: 2013년 9월 10일

수정본채택: 2013년 10월 14일

게재확정일: 2013년 10월 28일