

## 전국파랑관측자료 제공시스템 WINK 구축 Establishment of Wave Information Network of Korea (WINK)

정원무\* · 오상호\*\* · 류경호\* · 백종대\*\*\* · 최일훈\*\*\*\*

Weon-Mu Jeong\*, Sang-Ho Oh\*\*, Kyung-Ho Ryu\*, Jong-Dai Back\*\*\* and Il-Hoon Choi\*\*\*\*

**요 지 :** 항만 및 연안 시설물의 연안방재 계획 수립을 위해서는 우리나라 연안에서 장기간 연속 관측된 파랑자료가 필수적이다. 이를 위해 기상청, 국립해양조사원, 해양수산부의 연안파랑 관측자료를 수집하고, 품질관리를 거쳐 제공하는 시스템 WINK가 최근 구축되었다. 이 시스템 구축을 위한 각 기관별 장기파랑 관측자료의 수집 및 선별, 역추산자료의 생성, 선별된 관측자료의 품질관리 방법, 웹 기반 자료제공 시스템 구축 과정의 기술적 내용을 본 논문에서 기술하였다.

**핵심용어 :** 파랑 관측, 품질 관리, 파랑 역추산, 데이터베이스

**Abstract :** Continuous measurement of nearshore waves around Korea over long period is very demanding to setup plans for prevention of disasters of port and coastal structures. In this respect, a new web-based system, termed as WINK, was established, which collects nearshore wave data from Korea Meteorological Agency (KMA), Korea Hydrographic and Oceanographic Agency (KHOA), and Ministry of Oceans and Fisheries (MOF) and provide them after quality control of the data. This paper describes technical aspects regarding collection and selection of the wave observation data, construction of wave hindcasting data, the methodology of quality control for the selected wave data, and overall process of building the web-based data providing system.

**Keywords :** wave observation, quality control, wave hindcasting, database

### 1. 서 론

우리나라의 항만 및 연안 시설물의 연안방재 계획 수립을 위해서는 설계과 산정 시 대상 해역의 신뢰성 높은 장기간 연속된 파랑 관측자료가 필요하다. 그러나 주요 항만 및 연안에서도 장기파랑 관측자료가 확보된 경우가 많지 않고 파랑 관측자료를 관리하는 기관도 분산되어 있어서 자료를 활용하기가 어려운 상황이다. 또한 일부 자료의 경우 관측자료의 품질이 떨어져 항만 및 연안 시설물 설계에 사용하기에는 신뢰도를 갖추지 못한 경우도 있다. 이러한 우리나라의 현실은 일본이나 미국이 상당히 오래 전부터 NOWPHAS(Nationwide Ocean Wave information network for Ports and HarbourS) 또는 NDBC(National Data Buoy Center) 시스템을 통해 체계적으로 통합 파랑정보 제공시스템을 운영해 오고 있는 상황과 매우 대조적이다(Anctil et al., 1993; Nagai, 1994; Seki et al., 2012, Steele et al., 1985).

이러한 이유로 각 기관별로 관리되고 있는 장기파랑 관측자

료를 수집하고, 활용 가능하도록 품질관리(Quality Control)를 수행하여 하나의 통합된 시스템으로 제공할 필요성이 꾸준히 제기되어 왔다. 현업 실무자들의 지속적인 요청을 반영하여 최근 해양수산부를 중심으로 기상청 및 국립해양조사원의 협조를 통해 전국파랑 관측자료 데이터베이스를 통합 구축할 수 있게 되었다. 그리고 이렇게 구축된 데이터베이스를 항만 및 연안 시설물 설계 및 연구에 관련된 사용자들이 쉽게 사용할 수 있도록 웹 기반의 시스템을 구축하여 일반에 공개하였다.

전국파랑관측자료 제공시스템으로 명명된 이 시스템의 영문 약칭은 WINK(Wave Information Network of Korea)이다. 2018년 현재 WINK에서는 기상청 16개 정점, 국립해양조사원 6개 정점, 해양수산부 7개 정점에서의 파랑 관측자료를 제공하고 있다. 또한, 파랑추산모델을 이용한 수치모델링을 통해 각 정점에서 계산된 역추산(Wave hindcasting) 자료도 함께 제공하고 있다. 본 논문에서는 WINK 시스템에서 제공하는 파랑 관측자료의 수집 방법, 역추산자료의 구축 방법 및 이를 이용한 품질관리 방법, 웹 기반 자료제공 시스템의

\*한국해양과학기술원 ICT융합연구센터(Maritime ICT R&D Center, Korea Institute of Ocean Science and Technology)

\*\*한국해양과학기술원 연안개발 · 에너지연구센터(Corresponding author: Sang-Ho Oh, Coastal Development and Ocean Energy Research Center, Korea Institute of Ocean Science and Technology, Busan 49111 Korea, Tel: +82-51-664-3523, [coast.oh@gmail.com](mailto:coast.oh@gmail.com))

\*\*\* (주)해안해양기술(Coast and Ocean Technology Research Institute)

\*\*\*\* (주)지오아이티(GOIT)

주요 특징에 대하여 설명하고 향후 이 시스템의 발전 방향에 대하여 논하였다.

## 2. 장기파랑 관측자료 수집 및 선별

현재 우리나라에서는 기상청(Korea Meteorological Agency: KMA), 국립해양조사원(Korea Hydrographic and Oceanographic Agency: KHOA), 그리고 해양수산부(Ministry of Oceans and Fisheries: MOF)에서 장기 파랑관측을 수행하고 있다. 이들 3개 기관에서 보유하고 있는 관측자료 중에서 관측 위치, 관측 항목, 관측 기간의 세 가지 측면에서 적절하다고 판단되는 자료를 선별하여 전국파랑관측자료 제공시스템에 포함시켰다.

관측 위치 측면에서는 육지나 섬 또는 인공구조물에 의한 회절, 수심에 의한 굴절 및 쇄파 변형의 영향이 크지 않고 외해로부터 연안으로 입해 들어오는 진행파의 대표성을 확보할 수 있는지를 기준으로 삼았다. 관측 항목 측면에서는 파고(유의파고), 주기(침두주기 또는 유의파주기) 및 파향(침두파향 또는 평균파향)의 세 가지 성분 자료가 제공되는지를 기준으로 하였다. 관측 항목에 대한 자료 확인 과정에서 세 기 관별로 파고, 주기 및 파향을 정의하는 방식이 차이가 있다는 점을 인지하게 되었으며, 그 차이점을 Table 1에 제시하였다. 마지막으로 관측 기간 측면에서는 사계절을 포함하는

**Table 1.** Comparison of the wave parameters provided by KMA, KHOA, and MOF

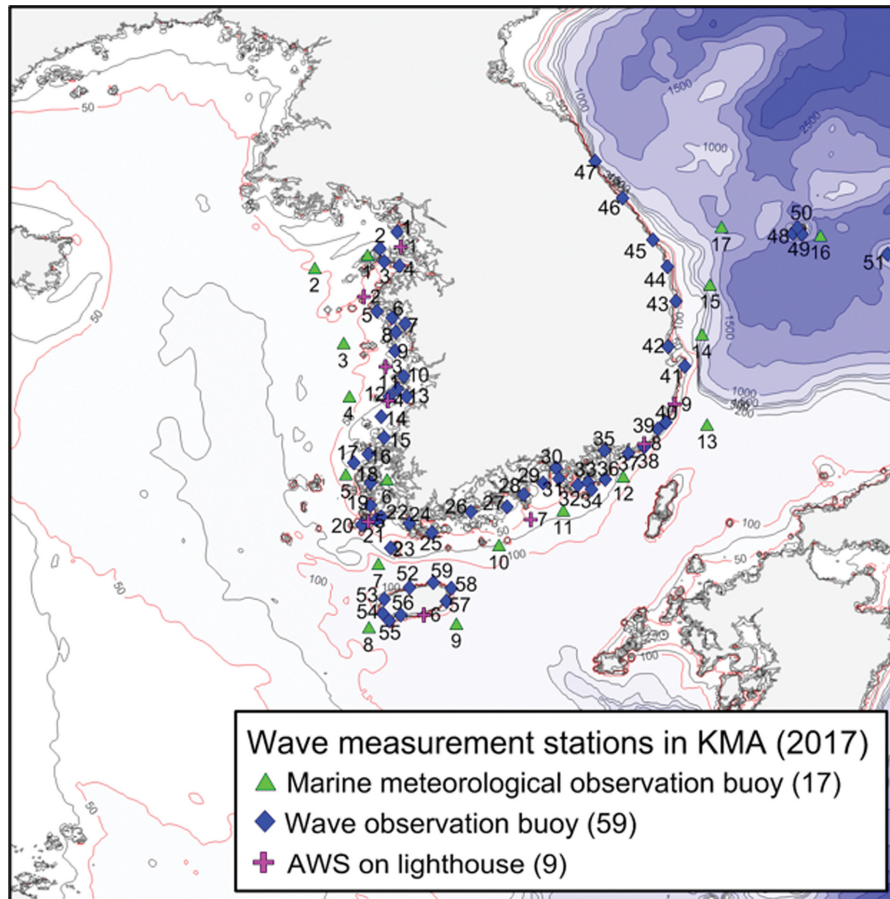
Organization	Spectral analysis	Zero-crossing method
KMA	$H_s, T_p, \theta_{mean}$	
KHOA	$\theta_p$	$H_{1/3}, T_{1/3}$
MOF	$H_s, T_p, \theta_p$	

일년 이상 연속 관측자료가 확보되었는지를 기준으로 삼았다.

한편 기상청과 해양수산부의 자료는 자북 기준이며, 국립해양조사원의 자료는 진북 기준이므로 서로 다른 기관의 파향 자료를 서로 비교할 경우에는 유의할 필요가 있다.

### 2.1 기상청 자료 수집 및 선별

기상청은 2017년 기준으로 해양기상부이 17개 정점, 파고부이 59개 정점, 등표 9개 정점 등 총 85개 정점에서 파랑 관측을 수행하고 있다. Fig. 1에 기상청 파랑관측 정점의 위치를 제시하였다. 해양기상부이는 주로 외해에서 해양 기상 현상을 관측하기 위한 장비로 위성 등 원격통신을 이용하여 관측자료를 전송한다. 형태는 선박형(길이 6 m)과 원반형(직경 3 m) 두 가지가 있으며 풍향, 풍속, 기압, 기온, 습도, 파고, 주기, 파향, 수온을 30분 간격으로 관측한다. 파고부이(직경 0.7 m)는 주로 근해 또는 연안에서 파랑을 관측하기 위한 장비이며 CDMA(Code Division Multiple Access) 방식으로



**Fig. 1.** Map of the wave measurement stations operated by Korea Meteorological Agency (KMA) as of 2017.

**Table 2.** List of wave stations operated by KMA that are chosen to be included in the WINK system

Station name	Longitude	Latitude	Observation period
Deokjeokdo	126°01'07.68"E	37°14'09.96"N	1996/07/23~2016/12/31
Incheon	125°25'44.04"E	37°05'30.12"N	2015/12/22~2016/12/31
Woeyeondo	125°45'00.00"E	36°15'00.00"N	2011/09/22~2016/12/31
Buan	125°48'50.04"E	35°39'30.96"N	2015/12/22~2016/12/31
Chilbaldo	125°46'36.84"E	34°47'35.88"N	2012/12/12~2016/12/31
Chujado	126°08'27.96"E	33°47'36.96"N	2016/10/29~2016/12/31
Marado	126°01'59.88"E	33°04'59.88"N	2010/11/22~2016/12/31
Seogwipo	127°01'22.08"E	33°07'41.16"N	2015/12/22~2016/12/31
Geomund	127°30'05.04"E	34°00'05.04"N	2006/10/04~2016/12/31
Tongyeong	128°13'30.00"E	34°23'30.12"N	2015/12/22~2016/12/31
Geojedo	128°54'00.00"E	34°46'00.12"N	2006/10/04~2016/12/31
Ulsan	129°50'29.04"E	35°20'43.08"N	2015/12/22~2016/12/31
Pohang	129°46'59.88"E	36°21'00.00"N	2012/02/22~2016/12/31
Uljin	129°52'27.84"E	36°54'24.84"N	2015/12/09~2016/12/31
Ulreungdo	131°06'51.84"E	37°27'19.44"N	2013/05/09~2016/12/31
Donghae	130°00'00.00"E	37°32'39.12"N	2011/05/08~2016/12/31

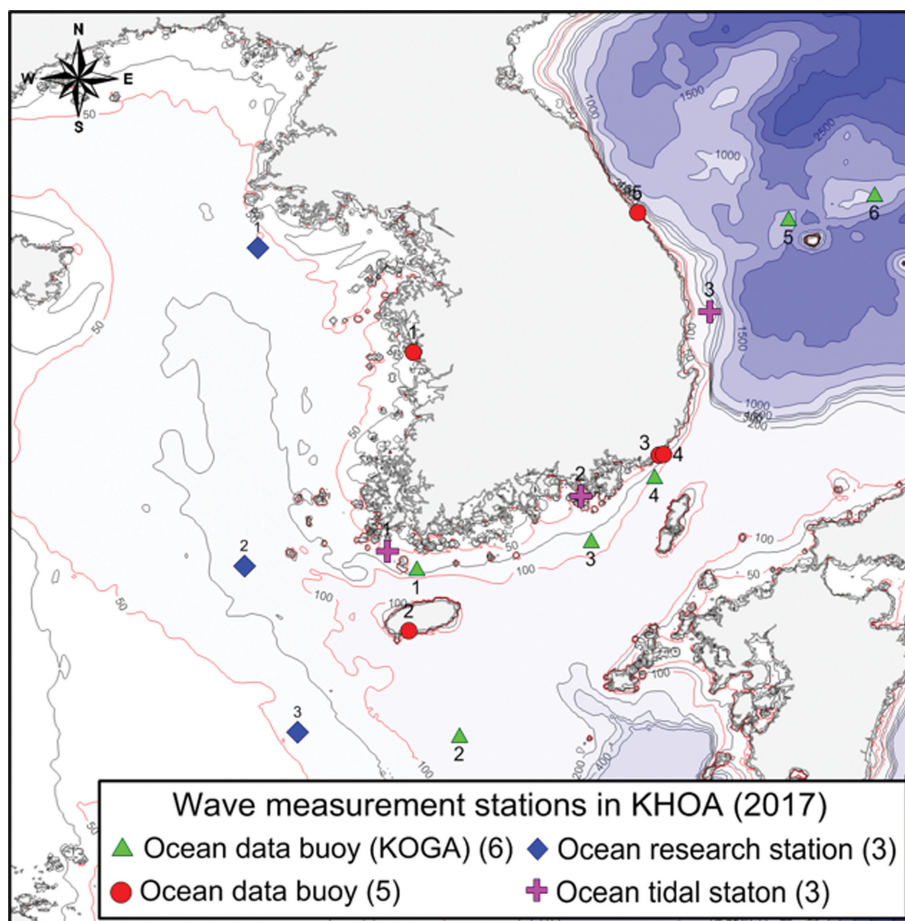
매시간마다 관측자료를 전송한다. 기상 및 해양 관측장비가 설치된 등표의 경우 위성 또는 CDMA를 이용하여 관측자료를 1시간 간격으로 전송한다.

이 중 파고부이와 등표는 위에서 언급한 세 가지 고려사항 중 관측 위치 측면에서 적당하지 못한 것으로 나타났다. 해양기상부이는 세 가지 기준을 모두 만족시킨다고 판단되었으

며, 기상청 협조를 통해 신안 부이를 제외한 16개 정점의 관측자료를 수집하였다. Table 2에는 선별된 16개 정점의 경위도 좌표 및 자료 관측기간을 제시하였다.

## 2.2 국립해양조사원 자료 수집 및 선별

국립해양조사원은 2017년 기준으로 해양관측부이 6개 정

**Fig. 2.** Map of the wave measurement stations operated by Korea Hydrographic and Oceanographic Agency (KHOA) as of 2017.

점, 이안류부이 5개 정점, 종합해양과학기지 3개 정점, 해양관측소 3개 정점 등 총 17개 정점에서 파랑관측을 수행하고 있다. Fig. 2에 국립해양조사원 파랑관측 정점의 위치를 제시하였다.

이 중 이안류부이는 설치위치의 수심이 얇고 육지가 인접해 있다. 그리고 해양관측소에서는 파향이 관측되지 않는다. 종합해양과학기지의 경우 1분마다 관측자료를 생산하기 때문에 설계와 산정에 활용하기에는 적당하지 않다. 또한 해양관측부이의 관측자료는 군사적 이유 등 특정해역에 대한 공개제한 정보로 구분되어 있는 경우가 많아 자료 수집 및 활용에 제약이 있다. 이러한 이유로 해양관측부이 6개 정점의 자료만을 국립해양조사원의 협조를 통해 입수하여 전국파랑관측자료 제공시스템에 포함시켰다. 해양관측부이에서의 관측

시간간격은 30분이다. Table 3에는 선별된 6개 정점의 경위도 좌표 및 자료 관측기간을 제시하였다.

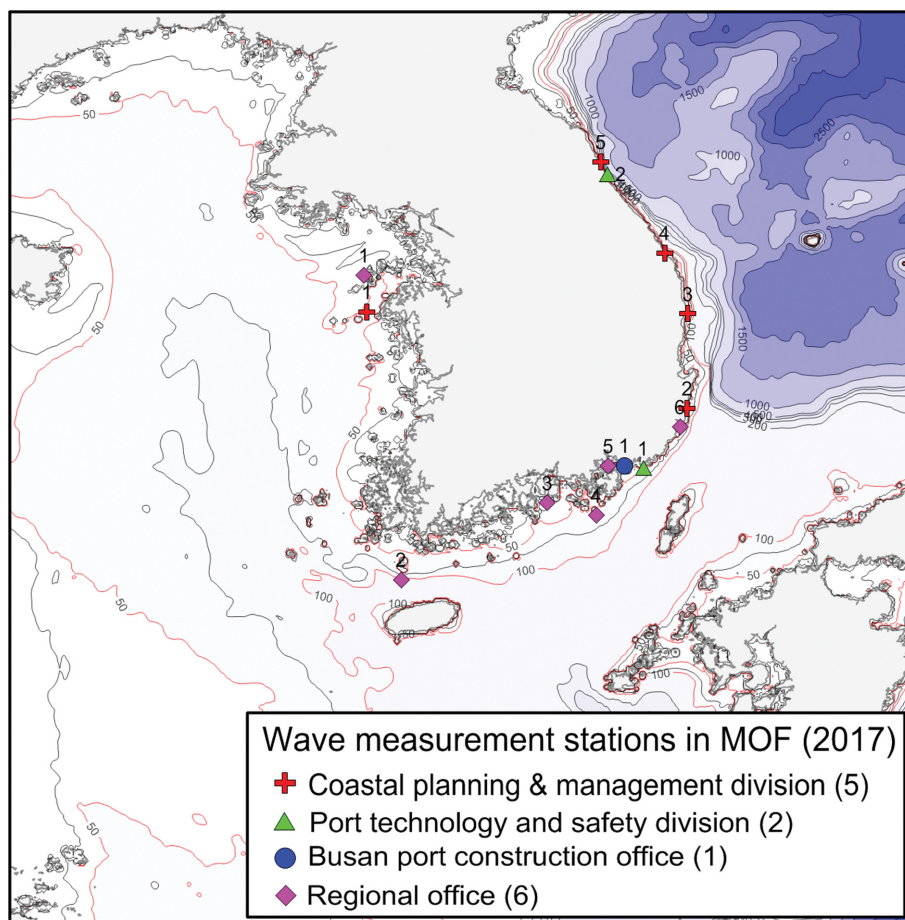
### 2.3 해양수산부 자료 수집 및 선별

해양수산부에서는 2017년 기준으로 우리나라 근해 7개 정점(연안계획과 5개 정점, 항만기술안전과 2개 정점, 부산항건설사무소 1개 정점)에서 해저 바닥에 관측장비를 고정하는 방식으로 파랑관측을 수행하고 있다. 이외에 해양수산부 지방청에서 운영하는 항로표지 시설 중 6개 정점에서 파랑을 관측하고 있다. Fig. 3에 해양수산부 파랑관측 정점의 위치를 제시하였다.

이 중 해양수산부 지방청에서 운영하는 6개 표지시설은 파고, 주기, 파향을 함께 관측하는 곳은 없다. 또한 부산항건설

**Table 3.** List of wave stations operated by KHOA that are chosen to be included in the WINK system

Station name	Longitude	Latitude	Observation period
Jeju South	126°57'57.00"E	32°05'25.00"N	2012/09/25~2016/12/31
Jeju Strait	126°29'32.00"E	33°54'42.00"N	2012/09/08~2016/12/31
South Sea East	128°25'08.00"E	34°13'21.00"N	2012/09/06~2016/12/31
Korea Strait	129°07'11.00"E	34°55'08.00"N	2012/09/05~2016/12/31
Ulleungdo Northwest	130°36'04.00"E	37°44'34.00"N	2012/11/23~2016/12/31
Ulleungdo Northeast	131°33'09.00"E	38°00'26.00"N	2012/11/24~2016/12/31



**Fig. 3.** Map of the wave measurement stations operated by Ministry of Oceans and Fisheries (MOF) as of 2017.

**Table 4.** List of wave stations operated by MOF that are chosen to be included in the WINK system

Station name	Longitude	Latitude	Observation period
Taeon Heukdo	125°56'43.40"E	36°43'11.50"N	2014/07/12~2016/12/31
Gamcheon	128°59'48.00"E	35°00'50.00"N	2017/09/22~2018/04/10
Gyeongju Sunyeonmmal	129°28'55.10"E	36°40'06.40"N	2014/07/21~2016/12/31
Uljin Hupo	129°29'24.10"E	36°41'59.80"N	2011/11/12~2016/12/31
Samcheok Maengbang	129°14'05.20"E	37°22'00.00"N	2013/09/27~2016/12/31
Sokcho Yeoungsang	128°35'55.38"E	38°13'14.04"N	2013/06/19~2016/12/31
Goseong Gonghyeonjin	128°31'41.60"E	38°21'40.40"N	2016/04/29~2016/12/31

사무소에서 운영하는 관측장비는 수심이 얇은 곳에 설치되었고, 부산신항 동방파제에 인접하여 반사파의 영향이 있는 것으로 나타났다. 그래서 연안계획과 및 항만기술안전과에서 운영하는 7개 정점의 관측자료를 수집하여 전국파랑관측자료 체계공시스템에 포함시켰다. Table 4에는 선별된 7개 정점의 경위도 좌표 및 자료 관측기간을 제시하였다.

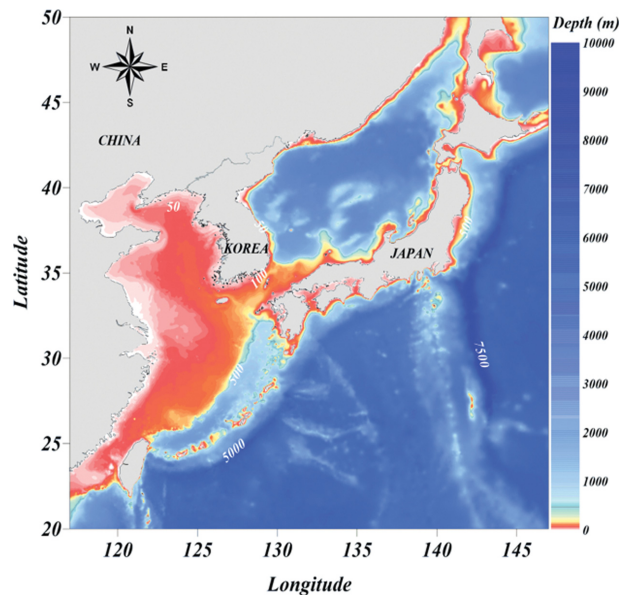
### 3. 역추산자료 구축

여러 정점에서 장기간 연속 관측된 파랑 자료의 품질관리를 수행하기 위해서는 수치모델링을 통해 산출된 역추산자료와 비교하는 것이 효과적이다. 물론 역추산자료로 실측 파랑 자료의 정확도를 검증할 수는 없지만 연속 관측된 자료에 있어서 특이값을 발견하여 적절성 여부를 검토하는 것은 충분히 가능하다.

본 연구에서는 우리나라 주변 해역에서의 가용한 바람 자료와 범용 파랑모델 SWAN(Simulating WAVes Nearshore) version 41.10을 이용하여 역추산 파랑자료를 산출하였다. 바람 자료는 미국해양대기청(National Oceanic and Atmospheric Administration)의 예보 바람장(NCEP)과 일본기상청(Japan Meteorological Agency)의 예보 바람장(JMA-MSM)을 수집하여 사용하였다. 역추산 파랑자료의 생성 기간은 선별된 관측 정점 중 가장 오래 관측이 수행된 덕적도 정점의 관측기간을 고려하여 1996년부터 2016년까지로 설정하였다.

미국해양대기청의 바람자료 NCEP은 전 지구를 대상으로 1979년 1월 1일부터 2010년 12월 31일까지는 위도와 경도 모두 0.3125°의 해상도로, 2011년 1월 1일 이후부터는 0.2045°의 해상도로 매시간 간격의 해상풍 예보 자료를 제공한다. 한편, 일본기상청의 JMA-MSM은 2002년 7월 1일부터 2006년 2월 28일까지는 22.5°~47.5°N, 120°~150°E의 범위에서 위도 0.1°, 경도 0.125°의 해상도로 매시간 간격으로, 2006년 3월 1일 이후부터는 22.4°~50.4°N, 120°~150°E의 범위에서 위도 0.05°, 경도 0.0625°의 해상도로 매 3시간 간격의 해상풍 예보 자료를 제공한다. JMA-MSM 바람 자료의 공간 해상도가 더 좋기 때문에 2002년 7월부터는 이 바람 자료를 사용하고, JMA-MSM 바람 자료가 없는 2002년 7월 이전에는 NCEP 바람 자료를 역추산 파랑모델링에 사용하였다.

파랑 모델링의 계산영역 범위는 Fig. 4에 보인 것처럼 20°~

**Fig. 4.** Computational domain for numerical simulation.

50°N 및 117°~147°E로 설정하였다. 이 계산영역은 우리나라 동해, 남해, 서해 및 동중국해를 포함하게 된다. 위도 및 경도 방향으로 모두 0.05° 간격의 정방격자를 구성하였으며, 이는 약 5 km 정도의 해상도에 해당한다. JONSWAP 파랑 스펙트럼을 사용하였고, 파향은 0~360°에서 10° 간격으로 36분할, 주파수는 0.02~1.0 Hz 범위에 대하여 36분할을 사용하였다.

역추산 파랑모델링 결과로부터 유의파고, 침두주기, 평균파향을 30분 간격으로 생성하였으며, 이를 파랑 관측자료의 품질관리에 사용하였다.

### 4. 선별된 관측자료의 품질관리

#### 4.1 품질관리 방법

선별된 파랑 관측자료의 신뢰도를 향상시키기 위하여 품질관리(Quality Control: QC)를 수행하였다. 파랑 관측자료 품질관리는 일반적으로 알고리즘에 의한 1차 QC 및 다른 관측자료 또는 수치모델링 자료와의 비교를 통한 2차 QC를 통해 이루어진다. 1차 QC는 관측시간의 이상값(time), 장비오작동에 의한 오류값(error), 관측장비의 계측범위를 벗어나는 값(range), 순간적으로 주변값과 매우 큰 차이를 보이며 튀는

비정상적인 값(spike), 연속적으로 나타나는 비정상적인 값(equal peaks) 등을 알고리즘으로 탐지하여 제거하거나 수정하는 품질관리 기법이다. 일반적으로 관측장비 자체에 1차 QC를 위한 전용 프로그램이 탑재되어 있으며, 장비를 운영하는 기관별로 이에 더하여 추가 기준 및 매뉴얼에 따라 1차 QC를 수행한다.

한편 2차 QC는 관측자료와 역추산자료의 유사성 및 관측자료 시계열의 경향성을 종합적으로 검토하여 관측자료의 신뢰성을 더욱 높이게 된다. 10년 이상 장기간 자료가 있는 다수의 관측 정점에서 관측자료와 역추산자료의 시계열을 서로 중첩되도록 그려 보았을 때 대략 90% 이상 대부분의 기간에서 파고와 주기의 크기 및 동시성이 잘 일치함을 확인하였다. 그러므로 역추산에 사용된 바람자료 및 이에 의한 파랑 추산 결과가 신뢰할 수 있다고 판단하였으며 이를 토대로 2차 QC를 수행하는 것이 가능하였다.

기상청과 국립해양조사원 자료의 경우 자체 알고리즘에 의해 1차 QC가 이루어진 자료이므로 2차 QC만 수행한 후 필요 시 각 기관에 자료 검토를 다시 의뢰하는 방식으로 품질관리가 이루어졌다. 한편, 해양수산부의 파랑 관측자료는 원시자료(raw data)를 직접 입수하여 장비 전용 분석 프로그램을 이용한 1차 QC를 우선 수행한 후 역추산자료를 이용한 2차 QC를 순차적으로 수행하였다.

이러한 파랑 관측자료 품질관리 흐름도를 Fig. 5에 나타내

었다.

#### 4.2 기상청 자료 품질관리

기상청 17개 관측정점 중 신안을 제외한 16개 정점에서의 파랑 관측자료와 역추산자료에 대하여 월별 파고, 주기, 파향 시계열 그래프를 1:1로 서로 비교하는 2차 QC를 수행하였다.

그 결과 일부 시간대의 관측자료에서 파고와 주기의 값이 0으로 표시되거나 둘 중 하나의 파라미터 값만 있고 나머지는 결측이 된 경우가 있었다. 또한, 관측자료 및 역추산자료의 파고, 주기 및 파향의 값 차이가 크게 나타나는 시간대가 존재하였다. 특히 파향의 경우 관측값과 역추산값의 차이가 거의 모든 시간대에 걸쳐서 상당히 크게 나타났다. 기상청 자료에 대한 2차 QC 결과 중에서 파고 관측값과 역추산값의 차이가 큰 경우를 예시로서 Fig. 6에 나타내었다. Fig. 6으로부터 파고 관측값과 역추산값이 큰 편차를 보이는 기간에는 주기가 결측되었음을 알 수 있으며, 이 시기에는 관측장비의 상태가 좋지 않았던 것으로 추정할 수 있다.

이러한 품질관리 수행 결과에 대해서 기상청과 협의를 진행하여 기상청 자료의 경우 관측된 파고 및 주기가 역추산자료와 비교적 잘 일치하는 시점부터 최근까지의 자료만을 WINK 시스템에 제공하기로 하였다. 또한, 기상청의 의견을 반영하여 1차 QC가 진행 중인 파향은 제외하고 파고와 주기만 제공 자료에 포함하기로 하였다.

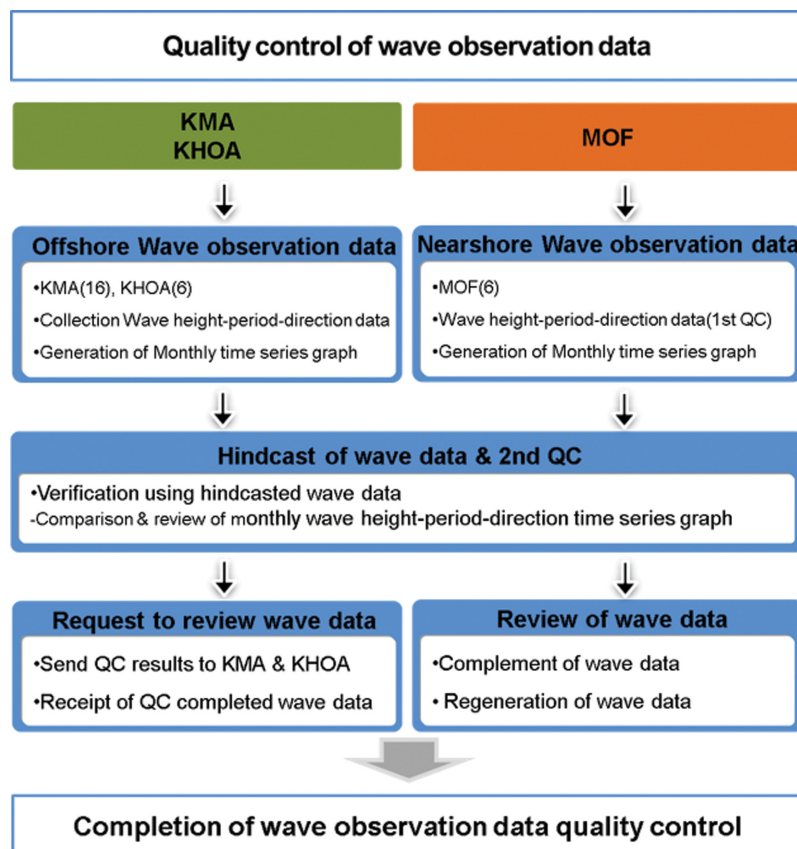


Fig. 5. Flow chart of quality control for the wave observation data acquired by KMA, KHOA, and MOF.

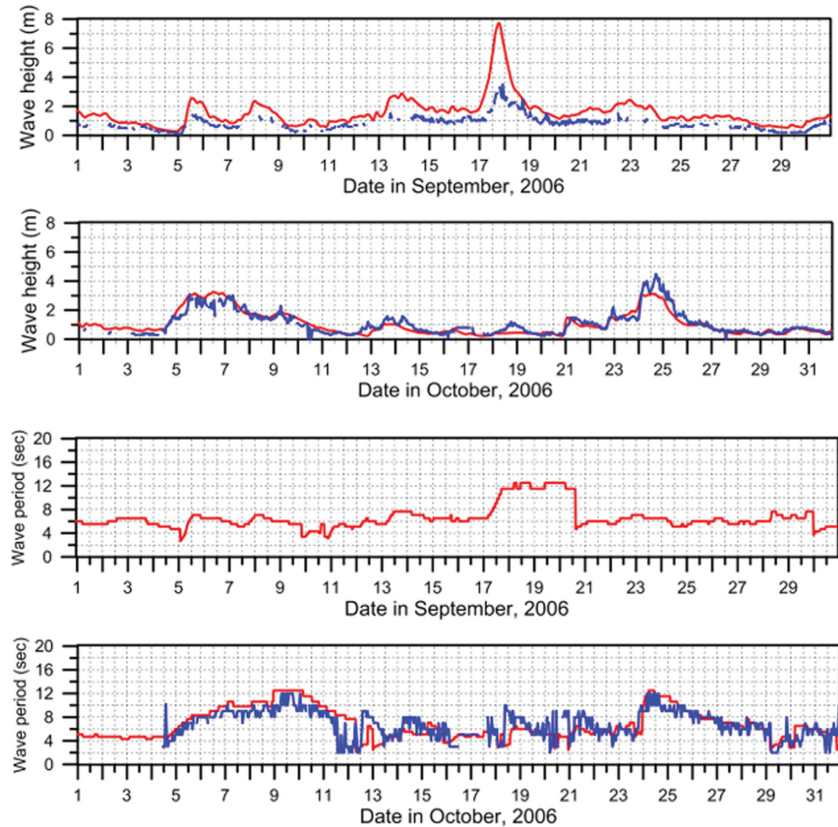


Fig. 6. Comparison of the significant wave height and period measured and hindcasted at Geojedo station of KMA from September to October 2006.

#### 4.3 국립해양조사원 자료 품질관리

국립해양조사원 6개 정점에서 취득된 파랑 관측자료에 대해서도 기상청 자료와 동일한 방법으로 2차 QC를 수행하였다. 그 결과 일부 자료에서 파고 및 주기 값이 0으로 나타나거나 또는 관측의 시작 및 종료 시점의 값에 오류가 나타나는 2가지의 문제점이 발견되었다. Fig. 7에는 후자의 예시를 나타내었다. 이 그림에서 2013년 11월 15일의 자료를 보면 관측이 종료되는 시점의 관측값이 비정상적인 값을 나타냄을 확인할 수 있다. 이러한 오류가 나타나는 원인은 관측기기의 상태가 불량해지기 시작하는 시점 바로 직전의 비정상적인 관측값이 1차 QC에서 미처 제거되지 않았기 때문인 것으로 추정된다. 국립해양조사원과 협의를 통해 이러한 자료는 모두 결측으로 처리한 후 WINK 시스템에 제공하기로 결정하였다.

#### 4.4 해양수산부 자료 품질관리

해양수산부 6개 정점에서 관측된 원시자료(raw data)를 직접 입수하여 4.1절에서 설명한 알고리즘에 의한 1차 QC를 수행한 후, 기상청 및 국립해양조사원 자료와 마찬가지로 2차 QC를 수행하였다. 그 결과 파고 값이 작을 때 관측자료와 역추산자료의 파향 시계열이 다소 차이가 있는 점을 제외하면 시계열 자료의 경향이 매우 유사하기 때문에 추가적인 수정이 필요하지 않은 것으로 분석되었다. Fig. 8에는 삼척 맹방의 가장 최근 기간인 2016년 11월부터 12월까지의 그

래프를 나타내었다. 파고가 작은 시기에 관측자료와 역추산자료의 파향이 차이를 나타냄을 확인할 수 있다. 해양수산부 관측자료는 파랑 스펙트럼의 침두파향을 제공하기 때문에 파고가 작을 때는 파향의 값이 역추산자료의 파향과 차이가 날 가능성이 커지게 된다.

### 5. 웹 기반 자료제공 시스템

파랑 관측자료 및 역추산자료 정보를 직관적으로 파악하고 쉽게 활용할 수 있도록 웹 기반 지리정보시스템(GIS)을 이용하여 전국파랑관측자료 제공시스템 WINK(<http://wink.kiost.ac.kr>)를 구축하였으며, 운영 서버는 한국해양과학기술원에 두었다. WINK 화면 상에서 각 정점별 파랑 관측자료 및 역추산자료를 사용자가 원하는 기간을 설정하여 시계열 그림으로 볼 수 있도록 구성하였다. 또한 WINK에서 제공하는 자료는 모두 내려 받을 수 있도록 하였다.

#### 5.1 시스템 설계

수집된 모든 자료는 포맷의 일관성을 유지하면서 서로 중복되지 않고 오류가 없도록 데이터베이스를 설계하였다. 또한 보안성 확보를 기본원칙으로 하여 각종 정보를 관리할 수 있도록 데이터베이스의 세부내역을 Table 5에 보인 것처럼 정의하였다.

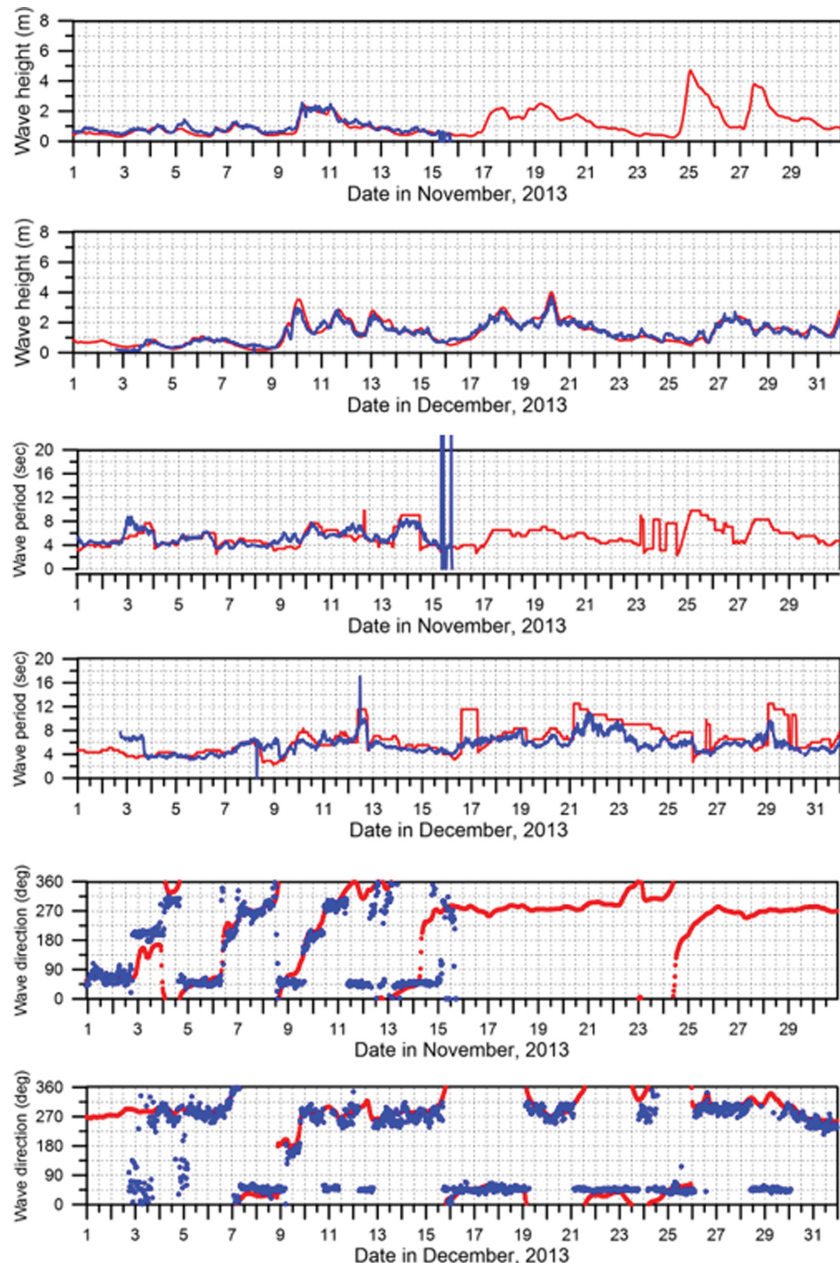


Fig. 7. Comparison of the significant wave height, period and direction measured and hindcasted at South Sea East station of KHOA from November to December 2013.

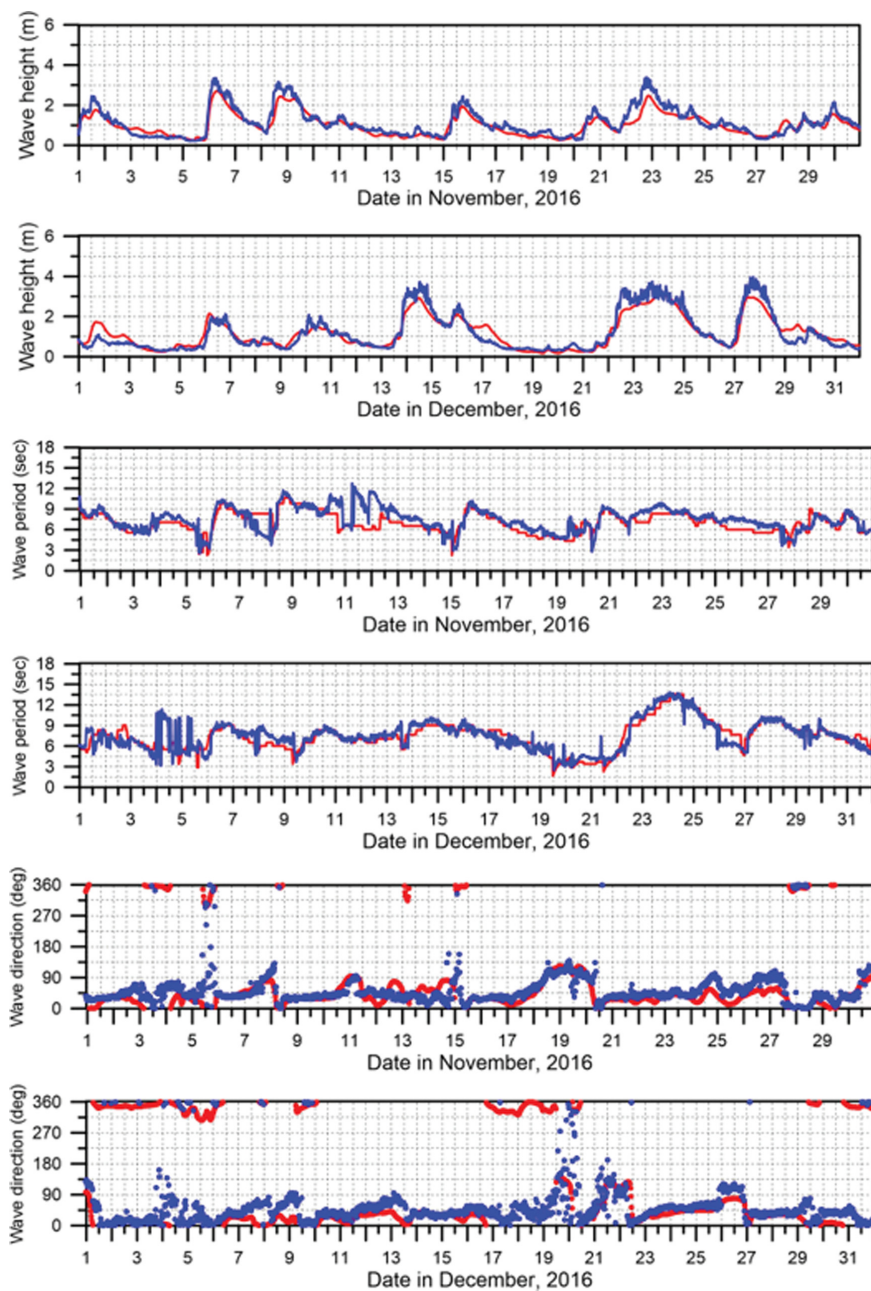
시스템 아키텍처(Architecture) 측면에서는 데이터베이스 관리 및 운영을 위한 서버와 웹서비스, 어플리케이션 및 지도 서비스 운영을 위한 서버로 구성하여 한국해양과학기술원 전산실에 프로그램을 설치하였다. 향후 시스템 확장성 및 유지 관리 편의성을 고려하여 상용 프로그램 사용을 지양하고, 오픈소스 기반의 소프트웨어 제품군을 활용하였다. 사용된 대표적 오픈소스 소프트웨어는 지도기반의 데이터베이스 처리 및 관리도구를 지원하는 PostgreSQL(Momjian, 2001), 공간 정보에 대한 데이터 공유 및 편집이 용이한 지도서비스 엔진인 GeoServer(Deoliveira, 2008) 이다. 또한 전자정부표준프레임워크(www.egovframe.go.kr) 및 지도 API(Application Programming Interface) 서비스 활용을 위한 OpenLayers 기

술(Hazzard, 2011) 등 웹 기반 시스템 최근 경향을 반영하여 시스템을 구축하였다. Table 6에는 WINK에 적용된 요소 기술 및 설명을 제시하였다.

## 5.2 시스템 개발

WINK의 메뉴는 사용자 및 관리자 시스템의 2가지로 구분된다. 사용자 시스템은 관측정점 검색, 지도 조회, 관측자료 조회 등으로 구성되고, 관리자 시스템은 사용자 관리, 사용자 접속내역 및 통계 등으로 구성되어 있다. 이 중 본 논문에서는 사용자 시스템에 관해서 주로 설명하였다.

시스템 기본 화면은 서해, 남해, 동해 및 전체 관측정점을 표시하고 선택할 수 있는 상단메뉴와 선택영역에 대한 파랑



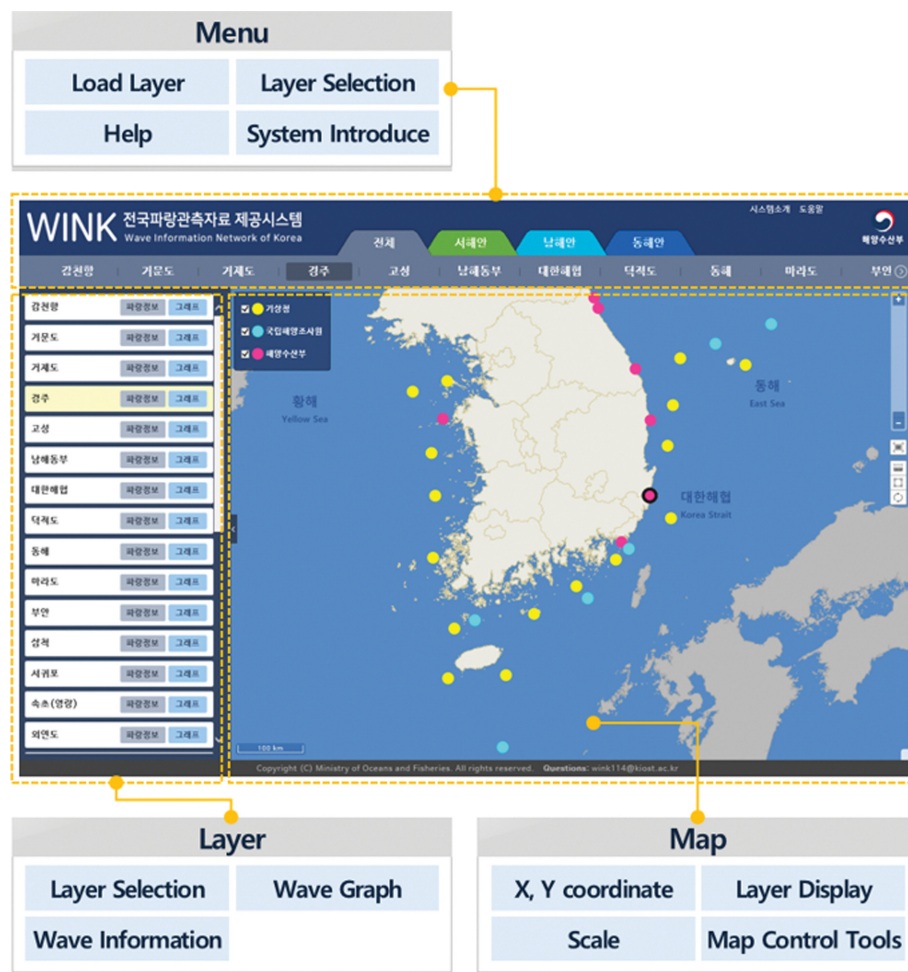
**Fig. 8.** Comparison of the significant wave height, period and direction measured and hindcasted at Maengbang station of MOF from November to December 2016.

**Table 5.** Definition of database for the WINK system

Category	Contents
Observation Point	Observation Point ID, Observation Point Name, Management Institution, Latitude, Longitude, Installation Depth, Measurement Interval, Location, URL for Real-time measurement Site
Observation Data	Observation Point ID, Date Time, Maximum Wave Height, Maximum Wave Period, Significant Wave Height, Significant Wave Period, Peak Wave Period, Wave Direction, Category (Observation/Estimation)
Observation Equipment	Observation Point ID, Serial Number, Name, Start Date of Observation, Location, Measurement Depth, Equipment Type, Specification of Equipment
Request for Data Check	Data ID, Data Name, User ID, Request Date, Original File Name, Saved File Name, Result, Reason for the Result
User	User ID, Password, User Category (Manager/User), Institution
Connection Log	User ID, System Type, Login Time, User IP

**Table 6.** Applied technology for developing the WINK system

Type	Name	Description
Development Framework	eGovFrame 3.2	Development frame for web developer supported by Korean government
Data Mapper	iBatis	Library that supports data mapping for java and .NET.
Template Library	Tiles 3.0	Template composition framework that simplifies the development of web application
Library Management	Maven 4.0	Software project management and comprehension tool
Logger	Log4j 2.0	Java library that specializes in logging.
GIS Library	OpenLayers 3.0	Pure javascript library for displaying map data in most modern web browsers
Javascript Library	JQuery 1.12.3	Javascript library that makes it much easier to use javascript on web site
Chart Library	d3.v4	Javascript library for visualizing data with HTML, SVG, CSS.

**Fig. 9.** Main display interface of the WINK system.

정보 및 그래프를 표시하는 좌측메뉴, 배경지도 및 관측정보를 표시하는 지도메뉴로 구성되어 있다. 지도메뉴에 사용된 배경지도는 정부에서 제공하는 공간정보 오픈플랫폼인 브이월드(www.vworld.kr)를 활용하였다. 지도메뉴에는 범례, 축척 표시, 측정기능 등 지도를 제어할 수 있는 기본 기능을 탑재하였다. Fig. 9에 WINK 시스템 기본 화면이 어떻게 구성되어 있는지 나타내었다.

각 정점별 관측정보는 좌측메뉴 또는 지도상에서 해당 정

점을 선택할 경우 활성화되는 정보창의 버튼기능을 선택하여 확인 가능하다. 그리고 기상청에서 관리하고 있는 관측정점은 국가기상종합정보 시스템 날씨누리(www.weather.go.kr)와 연계시켰다. 마찬가지로 국립해양조사원 관측정점은 실시간 해양관측정보시스템 KOOFS(www.khoa.go.kr/koofs)와 연계시켰다.

선택된 정점에 대한 파랑정보 및 그래프는 관측자료와 역추산자료로 구분하여 제공되며, 그래프 조회 기간을 일, 월,

년, 사용자 지정 4가지로 선택할 수 있도록 하였다. 관측자료의 경우 자료제공 기간 및 관측장비 제원 등의 정보를 제공한다. 한편, 역추산자료의 경우 사용된 바람장 및 파랑모델 및 실험영역 등의 정보를 제공한다. 조회 기간 동안의 관측 및 역추산 시계열 파랑자료는 간단한 설문 작성 후 마이크로소프트 Excel 파일 형식으로 사용자가 내려받을 수 있다. 관측자료의 경우 시계열 자료 외에 파고주기 계급별 출현율 자료도 내려받을 수 있다.

## 6. 결 론

전국파랑관측자료 제공시스템 WINK를 구축함으로써 우리나라 주변 해역에서의 장기파랑 자료를 상시 제공할 수 있게 되었다. 품질관리를 거쳐 신뢰성 높은 관측자료 및 역추산자료를 함께 제공함으로써 우리나라 연안방재 대책 수립 및 관련 연구에 큰 도움이 될 수 있을 것이다. WINK 시스템이 본격적으로 운영되는 2019년부터는 가급적 매년 상반기 중에 전년도 연말까지의 QC 완료된 관측자료와 역추산자료를 제공할 계획이다.

보다 장기적으로는 WINK에서 제공하는 파랑자료의 정점을 확대하고 주기적으로 자료를 갱신하여 우리나라 전 해역을 아우르는 주요 정점에서의 장기간 동안의 파랑 대표성을 확보할 수 있는 시스템으로 발전시켜 나갈 필요가 있다. 이를 통해 항만 및 연안 시설물 설계 시 비효율적으로 이루어지고 있는 단기 파랑관측을 대체할 수 있을 것으로 기대된다. 최근 태풍 및 고파랑의 강도가 증가하고 있는데(Knaff et al., 2005; Mei et al., 2015), 기존 항만 및 연안시설물은 점차 노후화되고 있어 연안재해 발생 시 그 범위 및 피해 규모가 상당히 커질 우려가 있다. 따라서 장기파랑 자료를 이용하여 설계외력을 가능한 정확하게 산정하고 이를 토대로 항만 및 연안시설물 안전성을 면밀히 검토할 필요가 있다.

## 감사의 글

본 연구는 해양수산부 용역사업 “연안시설물 안전관리 개선 연구용역” 중 “전국 파랑 관측자료 DB 구축” 과제의 지원을 받아 수행되었습니다. 또한 논문 출판 과정에서 한국해

양과학기술원 주요사업(PE99631)의 지원을 받았습니다.

## References

- Ancil, F., Donelan, M.A., Forristall, G.Z., Steele, K.E. and Ouellet, Y. (1993). Deep-water field evaluation of the NDBC-SWADE 3-m discus directional buoy. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 10(1), 97-112.
- Deoliveira, J. (2008). GeoServer: uniting the GeoWeb and spatial data infrastructures. *Proceedings of the 10th International Conference for Spatial Data Infrastructure*, 25-29.
- Hazzard, E. (2011). *Openlayers 2.10 beginner's guide*. Packt Publishing Ltd.
- Knaff, J.A., Sampson, C.R. and DeMaria, M. (2005). An operational statistical typhoon intensity prediction scheme for the western North Pacific. *Weather and Forecasting*, 20(4), 688-699.
- Mei, W., Xie, S.P., Primeau, F., McWilliams, J.C. and Pasquero, C. (2015). Northwestern Pacific typhoon intensity controlled by changes in ocean temperatures. *Science Advances*, 1(4), e1500014.
- Momjian, B. (2001). *PostgreSQL: introduction and concepts*. Addison-Wesley.
- Nagai, T. (1994). Introduction of Japanese NOWPHAS system and its recent topics. *Proceedings of the International Conference on Hydro-Technical Engineering for Port and Harbor Construction*, 67-82.
- Seki, K., Kawai, H., Kawaguchi, K. and Satoh, M. (2012). Long-term trend of wave characteristics on Japanese coast based on NOWPHAS data. *Proceedings of the 22nd International Off-shore and Polar Engineering Conference*.
- Steele, K.E.J.C., Lau, J. and Hsu, Y.H. (1985). Theory and application of calibration techniques for an NDBC directional wave measurements buoy. *IEEE Journal of Oceanic Engineering*, 10(4), 382-396.

Received 12 October, 2018

Revised 27 October, 2018

Accepted 30 October, 2018