



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년05월31일
(11) 등록번호 10-1984546
(24) 등록일자 2019년05월27일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06Q 50/26 (2012.01) G01W 1/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G06Q 50/26 (2013.01)
G01W 1/00 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-0033774
(22) 출원일자 2018년03월23일
심사청구일자 2018년03월23일
(56) 선행기술조사문헌
KR101821303 B1*
JP2012233714 A*
JP2000258174 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
부경대학교 산학협력단
부산광역시 남구 신선로 365 (용당동,
부경대학교)
(72) 발명자
오재호
서울특별시 금천구 독산동 1095번지 독산 한신아
파트 1-1105
양신일
경상남도 진주시 신안동 삼명빌라 A동 402호
오지원
제주특별자치도 노형3길 18-6(영남그린빌라 다동,
402호)
(74) 대리인
특허법인(유한) 대아

전체 청구항 수 : 총 2 항

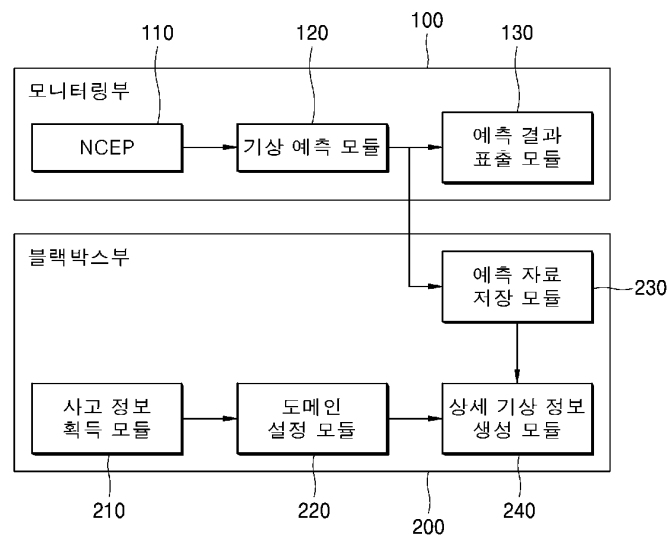
심사관 : 김일환

(54) 발명의 명칭 해상사고 대응을 위한 기상 모니터링 시스템과 이를 이용한 기상 모니터링 방법

(57) 요약

본 발명은 해상사고 대응을 위한 기상 모니터링 시스템과 이를 이용한 기상 모니터링 방법에 대한 것으로서, 특히 해상 사고 지점에 대해서 중규모지역기상모델(WRF)를 이용하여 매 시점에 대해 다수개의 공통되는 예측 기상 정보 중 가장 예측 정확도가 높은 예측시각을 선택하여 제공하는 해상사고 대응을 위한 기상 모니터링 시스템과 이를 이용한 기상 모니터링 방법에 관한 것이다. 본 발명은 규모지역기상모델(WRF)를 이용하여 매 시점에 대해 다수개의 공통되는 예측 기상 정보 중 가장 예측 정확도가 높은 예측시각을 선택하여 제공함으로써, 조밀하지 못한 관측 지점과 결측자료의 한계를 극복하고 원하는 시공간적 기상 자료를 해양사고 대응에 지원할 수 있다. 또한, 본 발명은 악기상으로 발생한 해상사고의 원인조사와 체계적이고 안전한 사고 수습에 활용될 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G01W 2201/00 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1525005336

부처명 해양수산부

연구관리전문기관 한국해양과학기술원

연구사업명 해양수산환경기술개발

연구과제명 위험·유해물질(HNS)사고 관리기술개발

기 여 율 1/1

주관기관 한국해양과학기술원 부설 선박해양플랜트연구소

연구기간 2017.01.01 ~ 2017.12.31

공지예외적용 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

모니터링하고자 하는 해상에 격자 형태의 도메인을 구성하고 기상 정보를 예측하는 모니터링부;와, 상기 모니터링부에서 예측된 기상 정보를 저장하며, 해상 사고 발생 시 상기 도메인을 다운 스케일링한 서브 도메인들 중 해상 사고 발생 지점과 가장 근접한 서브 도메인에 대해 상기 저장된 기상 정보를 기반으로 상세 기상 정보를 생성하는 블랙박스부;를 포함하고,

상기 모니터링부는, GFS(Global Forecast System)으로 소정시간 간격으로 분석장 및 예측자료를 생산하고 기상 초기장 및 경계조건을 설정하는 NCEP와, 상기 기상 초기장 및 경계조건을 기반으로 예측 도메인을 구성하고 지역 기상 예측 모델로 기상을 예측하는 기상 예측 모듈, 및 상기 기상 예측 모듈에서 예측된 기상 정보를 표출하는 예측 결과 표출 모듈을 포함하며,

상기 블랙박스부는, 해상 사고 발생 지점의 위도 정보와 경도 정보를 획득하는 사고 정보 획득 모듈;과, 주 도메인과, 상기 주 도메인보다 작은 서브 도메인, 상기 서브 도메인보다 작은 상세 도메인을 포함하는 상기 도메인을 설정하는 도메인 설정 모듈; , 상기 모니터링부에서 예측된 하나의 시각에 대해 예측시간이 상이한 다수의 기상 정보의 정확도를 서로 비교하여 가장 예측정확도가 높은 예측 시간대의 기상 정보만 저장하는 예측 자료 저장 모듈; , 및 상기 해상 사고 발생 지점의 위도와 경도에 중심이 가장 근접한 서브 도메인에 대해서 상기 상세 기상 정보를 생성하는 상세 기상 정보 생성 모듈;을 포함하고,

상기 해상 사고 발생 지점의 위도와 경도와 중심이 가장 근접한 서브 도메인 지점은, $diff=(clat(i)-alat)^2+(clon(i)-alon)^2$ 에 의해 연산되며,

상기 $clat(i)$ 는 서브 도메인 i 의 중심 위도이고,

상기 $clon(i)$ 는 서브 도메인 i 의 중심 경도이며,

상기 $alat$ 은 해상 사고 지점의 위도이고,

상기 $alon$ 은 해상 사고 지점의 경도이며,

상기 $diff$ 는 $(alat,alon)$ 에서 $(clat(i),clon(i))$ 까지의 거리이고,

상기 $diff$ 가 작을수록 상기 해상 사고 발생 지점의 위도와 경도와 중심이 가장 근접한 서브 도메인 지점인 해상 사고 대응을 위한 기상 모니터링 시스템.

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

모니터링하고자 하는 해상에 격자 형태의 도메인을 구성하고 기상 정보를 모니터링부가 예측하는 단계;와, 상기 모니터링부에서 예측된 기상 정보를 저장하며, 해상 사고 발생 시 상기 도메인을 다운 스케일링한 서브 도메인들 중 해상 사고 발생 지점과 가장 근접한 서브 도메인에 대해 상기 저장된 기상 정보를 기반으로 블랙박스부가 상세 기상 정보를 생성하는 단계;를 포함하고,

상기 모니터링하고자 하는 해상에 격자 형태의 도메인을 구성하고 기상 정보를 모니터링부가 예측하는 단계는, GFS(Global Forecast System)으로 소정시간 간격으로 NCEP가 분석장 및 예측자료를 생산하고 기상 초기장 및 경계조건을 설정하는 단계와, 상기 기상 초기장 및 경계조건을 기반으로 기상 예측 모듈이 예측 도메인을 구성하고 지역 기상 예측 모델로 기상을 예측하는 단계, 및 상기 기상 예측 모듈에서 예측된 기상 정보를 예측 결과 출력 모듈이 표출하는 단계를 포함하며,

상기 모니터링부에서 예측된 기상 정보를 저장하며, 해상 사고 발생 시 상기 도메인을 다운 스케일링한 서브 도메인들 중 해상 사고 발생 지점과 가장 근접한 서브 도메인에 대해 상기 저장된 기상 정보를 기반으로 블랙박스 부가 상세 기상 정보를 생성하는 단계는, 사고 정보 획득 모듈이 해상 사고 발생 지점의 위도 정보와 경도 정보를 획득하는 단계;와, 도메인 설정 모듈이 주 도메인과, 상기 주 도메인보다 작은 서브 도메인, 상기 서브 도메인보다 작은 상세 도메인을 포함하는 상기 도메인을 설정하는 단계; , 상기 모니터링부에서 예측된 하나의 시각에 대해 예측시간이 상이한 다수의 기상 정보의 정확도를 서로 비교하여 가장 예측정확도가 높은 예측 시간대의 기상 정보만 예측 자료 저장 모듈이 저장하는 단계; , 및 상기 해상 사고 발생 지점의 위도와 경도에 중심이 가장 근접한 서브 도메인에 대해서 상세 기상 정보 생성 모듈이 상기 상세 기상 정보를 생성하는 단계;를 포함하고,

상기 해상 사고 발생 지점의 위도와 경도와 중심이 가장 근접한 서브 도메인 지점은, $diff=(clat(i)-alat)^2+(clon(i)-alon)^2$ 에 의해 연산되며,

상기 $clat(i)$ 는 서브 도메인 i 의 중심 위도이고,

상기 $clon(i)$ 는 서브 도메인 i 의 중심 경도이며,

상기 $alat$ 은 해상 사고 지점의 위도이고,

상기 $alon$ 은 해상 사고 지점의 경도이며,

상기 $diff$ 는 $(alat,alon)$ 에서 $(clat(i),clon(i))$ 까지의 거리이고,

상기 $diff$ 가 작을수록 상기 해상 사고 발생 지점의 위도와 경도와 중심이 가장 근접한 서브 도메인 지점인 해상 사고 대응을 위한 기상 모니터링 방법.

청구항 5

삭제

청구항 6

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001]

본 발명은 해상사고 대응을 위한 기상 모니터링 시스템과 이를 이용한 기상 모니터링 방법에 대한 것으로서, 특히 해상 사고 지점에 대해서 중규모지역기상모델(WRF)를 이용하여 매 시점에 대해 다수개의 공통되는 예측 기상 정보 중 가장 예측 정확도가 높은 예측시각을 선택하여 제공하는 해상사고 대응을 위한 기상 모니터링 시스템과 이를 이용한 기상 모니터링 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002]

산업의 발전으로 화물선의 척수가 증가하고 그에 따라 해상사고 위험도 증가하고 있다. 해양사고는 인명피해, 재산피해, 그리고 환경오염 증가로 이어져 심각한 문제로 인식되고 있다. 나아가, 선박 사고는 화재와 폭발 위험성을 내재하고 있으며, 화학물질 운반선의 경우 독성 화학물질의 유출과 대기 오염물 확산 위험도 존재한다. 유출된 화학물질 확산을 이해하기 위해서는 풍속과 풍향을 예측하는 것이 중요하다.

[0003] 악기상은 해상에서 충돌, 전복 등과 같은 작은규모의 선박 사고에 더욱 빈번한 영향을 준다. 해상의 날씨와 어선사고의 상관관계를 보면, 특히 악기상일 때 바람과 파도 등이 선박의 침몰, 전복 등을 유발하기 때문에, 기상 조건과 해양 사고는 유의한 관계가 있다. 이와 관련하여, 해상 사고는 태풍의 영향을 받는 9월과 대륙성 고기압이 발달하는 겨울철에 발생빈도가 높다. 한반도의 동해안은 외해이기 때문에 날씨가 나빠질 때 높은 풍속(14m/s 이상)의 영향을 직접적으로 받는다. 풍향에 의해 파도의 취송거리가 결정되기 때문에 풍향은 풍속만큼 파도 형성에 있어 중요한 요소이다.

[0004] 한편 해상사고의 구조활동 및 초기 대응 시, 선박을 인양할 때 작용하는 외부 힘으로 바람이 고려된다. 따라서 풍속과 풍향은 해상사고 발생에 영향을 줄 뿐만 아니라 초기 대응 과정에서도 중요한 요소로 작용한다. 해양 기상 예측은 해상사고 발생 직후 긴급 경보 단계를 결정하는데 기본적인 요소이다. 사고 대응 과정에서 바람과 같이 사고 발생 주변의 상세한 기상 정보는 구조팀의 안전과 구조 작업 계획수립을 위해 필요하다.

[0005] 구조 과정을 지원하기 위해 사고 지점 주변의 기상 관측 정보가 필요하지만, 관측 자료만으로는 한계가 있다. AWS와 ASOS는 일시적 기계결함 또는 전송 문제로 결측과 오류 자료를 가지고 있다. 기상청에서는 특히 해양 기상 관측 지점은 지역적 특성 때문에 장비 결함에 의한 장기간 결측이 있을 수 있다고 설명한다. 또한, 먼 바다에는 기상 관측 지점이 충분하지 않다. 따라서, 조밀하지 못한 관측 지점과 결측자료의 한계를 극복하고 원하는 시공간적 기상 자료를 해양사고 대응에 지원하기 위하여 실시간 기상 시뮬레이션 시스템이 필요하다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허공보 제10-1729464호(2017.04.17. 등록)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명의 목적은 조밀하지 못한 관측 지점과 결측자료의 한계를 극복하고 원하는 시공간적 기상 자료를 해양사고 대응에 지원할 수 있는 해상사고 대응을 위한 기상 모니터링 시스템과 이를 이용한 기상 모니터링 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0008] 상술한 목적을 달성하기 위해 본 발명은 모니터링하고자 하는 해상에 격자 형태의 도메인을 구성하고 기상 정보를 예측하는 모니터링부와, 상기 모니터링부에서 예측된 기상 정보를 저장하며, 해상 사고 발생 시 상기 도메인을 다운 스케일링한 서브 도메인들 중 해상 사고 발생 지점과 가장 근접한 서브 도메인에 대해 상기 저장된 기상 정보를 기반으로 상세 기상 정보를 생성하는 블랙박스부를 포함하는 해상사고 대응을 위한 기상 모니터링 시스템을 제공한다.

[0009] 상기 블랙박스부는, 해상 사고 발생 지점의 위도 정보와 경도 정보를 획득하는 사고 정보 획득 모듈과, 주 도메인과, 상기 주 도메인보다 작은 서브 도메인, 상기 서브 도메인보다 작은 상세 도메인을 포함하는 상기 도메인을 설정하는 도메인 설정 모듈, 상기 모니터링부에서 예측된 하나의 시각에 대해 예측시간이 상이한 다수의 기상 정보의 정확도를 서로 비교하여 가장 예측정확도가 높은 예측 시간대의 기상 정보만 저장하는 예측 자료 저장 모듈, 및 상기 해상 사고 발생 지점의 위도와 경도에 중심이 가장 근접한 서브 도메인에 대해서 상기 상세 기상 정보를 생성하는 상세 기상 정보 생성 모듈을 포함한다.

[0010] 또한, 본 발명은 모니터링하고자 하는 해상에 격자 형태의 도메인을 구성하고 기상 정보를 모니터링부가 예측하는 단계와, 상기 모니터링부에서 예측된 기상 정보를 저장하며, 해상 사고 발생 시 상기 도메인을 다운 스케일링한 서브 도메인들 중 해상 사고 발생 지점과 가장 근접한 서브 도메인에 대해 상기 저장된 기상 정보를 기반으로 블랙박스부가 상세 기상 정보를 생성하는 단계를 포함하는 해상사고 대응을 위한 기상 모니터링 방법을 제공한다.

[0011] 상기 모니터링부에서 예측된 기상 정보를 저장하며, 해상 사고 발생 시 상기 도메인을 다운 스케일링한 서브 도메인들 중 해상 사고 발생 지점과 가장 근접한 서브 도메인에 대해 상기 저장된 기상 정보를 기반으로 블랙박스

부가 상세 기상 정보를 생성하는 단계는, 사고 정보 획득 모듈이 해상 사고 발생 지점의 위도 정보와 경도 정보를 획득하는 단계와, 도메인 설정 모듈이 주 도메인과, 상기 주 도메인보다 작은 서브 도메인, 상기 서브 도메인보다 작은 상세 도메인을 포함하는 상기 도메인을 설정하는 단계, 상기 모니터링부에서 예측된 하나의 시각에 대해 예측시간이 상이한 다수의 기상 정보의 정확도를 서로 비교하여 가장 예측정확도가 높은 예측 시간대의 기상 정보만 예측 자료 저장 모듈이 저장하는 단계, 및 상기 해상 사고 발생 지점의 위도와 경도에 중심이 가장 근접한 서브 도메인에 대해서 상세 기상 정보 생성 모듈이 상기 상세 기상 정보를 생성하는 단계를 포함한다.

[0012] 상기 해상 사고 발생 지점의 위도와 경도와 중심이 가장 근접한 서브 도메인 지점은, $diff=(clat(i)-alat)^2+(clon(i)-alon)^2$ 에 의해 연산되며, 상기 $clat(i)$ 는 서브 도메인 i 의 중심 위도이고, 상기 $clon(i)$ 는 서브 도메인 i 의 중심 경도이며, 상기 $alat$ 은 해상 사고 지점의 위도이고, 상기 $alon$ 은 해상 사고 지점의 경도이며, 상기 $diff$ 는 $(alat,alon)$ 에서 $(clat(i),clon(i))$ 까지의 거리이고, 상기 $diff$ 가 작을수록 상기 해상 사고 발생 지점의 위도와 경도와 중심이 가장 근접한 것을 의미한다.

발명의 효과

[0013] 본 발명은 중규모지역기상모델(WRF)를 이용하여 매 시점에 대해 다수개의 공통되는 예측 기상 정보 중 가장 예측 정확도가 높은 예측시각을 선택하여 제공함으로써, 조밀하지 못한 관측 지점과 결측자료의 한계를 극복하고 원하는 시공간적 기상 자료를 해양사고 대응에 지원할 수 있다.

[0014] 본 발명은 악기상으로 발생한 해상사고의 원인조사와 체계적이고 안전한 사고 수습에 활용될 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0015] 도 1은 본 발명에 따른 해상사고 대응을 위한 기상 모니터링 시스템의 개념도.
- 도 2는 본 발명에 따른 해상사고 대응을 위한 기상 모니터링 시스템에서 사용된 모니터링 대상 지역인 메인 도메인을 표시한 지도.
- 도 3은 본 발명에 따른 해상사고 대응을 위한 기상 모니터링 시스템에서 인천, 대산, 광양, 부산, 울산 등 5개의 주요 국내선 항만을 반 시계 방향으로, 화학 화물량을 고려하여 선정한 12 개의 직선 항로를 도시한 지도.
- 도 4는 도 3에서 미리 설정한 주요 화학물질 운반선 직선 항로를 포함하는 서브 도메인을 표시한 지도.
- 도 5는 본 발명에 따른 해상사고 대응을 위한 기상 모니터링 시스템에서 “시간 동안 존재하는 8개의 예측 결과.
- 도 6은 본 발명에 따른 해상사고 대응을 위한 기상 모니터링 시스템의 검증을 위해 사용된 기상청 부이 자료를 획득한 기상청 부이의 위치를 표시한 지도.
- 도 7 내지 도 12는 JF 2015년 예보 시간의 8개 데이터 세트에 대해 시간대로 구성한 해수면 압력의 상관 계수 그래프.
- 도 13 내지 도 18은 JAS 2015년 예보 시간의 8개 데이터 세트에 대해 시간대로 구성한 해수면 압력의 상관 계수 그래프.
- 도 19 내지 도 24는 JF 2015년 예보 시간의 8개 데이터 세트에 대한 해수면 압력의 제공근오차 그래프.
- 도 25 내지 도 30은 JAS 2015년 예보 시간의 8개 데이터 세트에 대한 해수면 압력의 제공근오차 그래프.
- 도 31 및 도 32는 25 내지 도 30의 8개 지점에서의 해수면 압력에 대한 상관 계수의 변화 그래프.
- 도 33 및 도 34는 도 25 내지 도 30의 8개 지점에서 해수면 기압에 대한 제공근 오차의 변화 그래프.
- 도 35 내지 도 40은 본 발명에 따른 해상사고 대응을 위한 기상 모니터링 시스템에서 2015년 1월 17일 00:00 UTC부터 2월 28일 18:00 UTC까지 6 시간 간격으로 관찰된 데이터의 시계열(음영, 회색), 6-h 동안 예측된 데이터의 시계열(적색 선) 및 48-h 동안 예측된 데이터의 시계열(파란색) 그래프.
- 도 41 내지 도 46은 본 발명에 따른 해상사고 대응을 위한 기상 모니터링 시스템에서 2015년 7월 1일 00:00 UTC에서 9월 30일 18:00 UTC까지 6시간 간격으로 관찰된 데이터의 시계열(음영, 회색), 6-h 동안 예측된 데이터의 시계열(적색 선) 및 48-h 동안 예측된 데이터의 시계열(파란색) 그래프.

도 47 내지 도 52는 JF 2015년 예보 시간의 8개 데이터 세트에 대해 시간대로 구성된 온도의 상관 계수 그래프.

도 53 내지 도 58은 JAS 2015년 예보 시간의 8개 데이터 세트에 대해 시간대로 구성된 온도의 상관 계수 그래프.

도 59 내지 도 64는 JF 2015년 예보 시간의 8개 데이터 세트에 대한 온도의 제공근오차 그래프.

도 65 내지 도 70은 JAS 2015년 예보 시간의 8개 데이터 세트에 대한 온도의 제공근오차 그래프.

도 71 및 도 72는 도 65 내지 도 70의 8개 지점의 온도에 대한 상관 계수의 변화 그래프.

도 73 및 도 74는 도 65 내지 도 70의 8개 지점의 온도에 대한 제공근 오차의 변화 그래프.

도 75 내지 도 80은 JF 2015년 예보 시간의 8개 데이터 세트에 대해 시간대로 구성된 풍속의 상관 계수 그래프.

도 81 내지 도 86은 JAS 2015년 예보 시간의 8개 데이터 세트에 대해 시간대로 구성된 풍속의 상관 계수 그래프.

도 87 내지 도 92는 JF 2015년 예보 시간의 8개 데이터 세트에 대해 시간대로 구성된 풍속의 제공근 오차 그래프.

도 93 내지 도 98은 JAS 2015년 예보 시간의 8개 데이터 세트에 대해 시간대로 구성된 풍속의 제공근 오차 그래프.

도 99 및 도 100은 도 93 내지 도 98의 8개 지점에서 풍속에 대한 상관 계수의 변화 그래프.

도 101 및 도 102는 도 93 내지 도 98의 8개 지점에서 풍속에 대한 제공근 오차의 변화 그래프.

도 103은 본 발명에 따른 해상사고 대응을 위한 기상 모니터링 시스템에서 2015년 7월 1일 00:00 UTC부터 9월 30일 18:00 UTC까지 6시간 간격으로 관찰된 데이터의 풍속 시계열(음영, 회색), 6-h 동안 예측된 데이터의 풍속 시계열(적색 선) 및 48-h 동안 예측된 데이터의 풍속 시계열(파란색) 그래프.

도 104는 신안 부이와 복잡한 주변 지형을 도시한 지도.

도 105 및 도 106은 본 발명에 따른 해상사고 대응을 위한 기상 모니터링 시스템에서 풍향에 대한 예보 스킬 점수(forecast skill score, %)의 변화 그래프.

도 107~112는 본 발명에 따른 해상사고 대응을 위한 기상 모니터링 시스템에서 1월 예보 시간 0~6으로 구성된 바람 벡터의 시계열 그래프.

도 113~119는 본 발명에 따른 해상사고 대응을 위한 기상 모니터링 시스템에서 2월 예보 시간 0~6으로 구성된 바람 벡터의 시계열 그래프.

도 119~124는 본 발명에 따른 해상사고 대응을 위한 기상 모니터링 시스템에서 7월 예보 시간 0~6으로 구성된 바람 벡터의 시계열 그래프.

도 125~130은 본 발명에 따른 해상사고 대응을 위한 기상 모니터링 시스템에서 8월 예보 시간 0~6으로 구성된 바람 벡터의 시계열 그래프.

도 131~136은 본 발명에 따른 해상사고 대응을 위한 기상 모니터링 시스템에서 9월 예보 시간 0~6으로 구성된 바람 벡터의 시계열 그래프.

도 137은 본 발명에 따른 해상사고 대응을 위한 기상 모니터링 시스템에서 블랙박스부의 예측 자료 저장 모듈에 저장되는 최종 예측 자료를 설명하기 위한 도면.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0016] 이하, 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 상세히 설명하기로 한다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 것이며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하며, 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이다. 도면상의 동일 부호는 동일한 요소를 지칭한다.

[0017] 도 1은 본 발명에 따른 해상사고 대응을 위한 기상 모니터링 시스템의 개념도이다.

- [0018] 본 발명에 따른 해상사고 대응을 위한 기상 모니터링 시스템은 도 1에 도시된 바와 같이, 기상 정보를 모니터링 하는 모니터링부(100)와, 모니터링부(100)에서 모니터링된 기상 정보를 기반으로 사고 지역의 상세 기상 정보를 생성하는 블랙박스부(200)를 포함한다.
- [0019] 모니터링부(100)는 예측 도메인을 구성하고, 기상을 예측하여 생성된 기상 정보를 블랙박스부(200)에 저장한다. 이를 위해서, 모니터링부(100)는 기상 초기장 및 경계조건을 설정하는 NCEP(110)와, 예측 도메인을 구성하고 기상을 예측하는 기상 예측 모듈(120), 및 예측된 기상 정보를 표출하는 예측 결과 표출 모듈(130)을 포함한다.
- [0020] NCEP(110)는 GFS(Global Forecast System) 3시간 간격으로 1일 4회 $0.25^{\circ} \times 0.25^{\circ}$ 분석장 및 예측자료를 생산한다. 또한, 생산된 분석장 및 예측자료는 기상 초기장 및 경계조건으로 사용된다.
- [0021] 도 2는 본 발명에 따른 해상사고 대응을 위한 기상 모니터링 시스템에서 사용된 모니터링 대상 지역인 메인 도메인을 표시한 지도이다.
- [0022] 기상 예측 모듈(120)은 매일 04, 10, 16 그리고 22 UTC에 GFS 48시간 예측자료를 수집한다. GFS 자료를 수집한 후, 기상 예측 모듈(120)은 자동으로 기상 예측을 시작한다. 본 실시예에서 기상 예측 모듈(120)은 수 미터에서 수 천 미터 규모까지 예측 가능한 대표적인 지역 기상 예측 모델인 WRF(Weather Research and Forecasting) 모델을 이용한다. 여기서, WRF 모델은 사용되는 역학 코어에 따라 ARW(Advanced Research WRF)와 NMM(Nonhydrostatic Mesoscale Model)으로 이루어지며, 본 발명의 기상 정보 예측 모듈(120) 및 블랙박스부(200)에서 사용하는 것은 WRF-ARW(Weather Research and Forecasting Advance Research)이다. ARW 역학 코어는 연구와 개발용으로 주로 활용되며, 병렬컴퓨터 플랫폼에 효과적이고 완전 압축, 비정수계(fully compressible non-hydrostatic) 모형으로 수평 격자는 Arakawa-C 격자 체계, 연직 격자는 Eulerian 질량 좌표계(mass-based terrain following coordinate)를 사용한다. 수치계는 3차 Runge-Kutta split-explicit 시간적분을 사용하며, 이류항에 대해서는 6차 중심 차분법을 이용한다. WRF-ARW 모델 시스템은 WPS(WRF Pre-processing System)과 WRF 모형본체로 이루어진다. 여기서, 제한영역 모델(limited area model)인 WRF-ARW 모형을 구동하기 위하여는 초기 및 경계조건 자료를 WPS에서 구축해야한다. 이를 수행하기 위해서, WPS에서 설정한 모의영역과 해상도에 대하여 지형정보를 내삽하고, 전구 기상 자료를 선택된 모델 영역과 해상도에 대해 수평적으로 내삽하여 기상 초기/경계조건 자료를 준비하고, Real data initialization을 통하여 모델 설정에 적합한 역학/물리적 초기화 과정을 실행한다. 또한, 준비된 입력자료를 이용하여 WRF-ARW 모델을 구동하여 기상 예측 자료를 생산할 수 있다. 도 2에 도시된 바와 같이, 본 발명에서 주 도메인(main domain)으로 명명한 9km 해상도 251×181 격자 개수의 도메인은 동해, 황해 그리고 동중국해 일부 영역을 포함하며 기상 모니터링 시스템에서 주 도메인에 대하여 1일 4회 기상 예측을 수행한다. 만약 주 도메인에 해상 사고가 발생하지 않았다면, 기상 예측 모듈(120)은 48시간 예측 자료를 매일 6시간 간격으로 생산하고, 블랙박스부(200)에 이틀간 그 자료를 저장한다.
- [0023] 예측 결과 표출 모듈(130)은 기상 예측 모듈(120)에서 예측된 기상 정보를 표출한다. 여기서, 예측된 기상 정보의 표출은 48시간의 예측된 기상 정보를 이용하여 12시간 누적 강수량과, 2m 기온, 10m 바람 벡터, 해면기압과 3시간 누적 강수를 그림으로 표출한다. 또한, 사고 발생에 의해 후술될 블랙박스부(200)가 작동될 때 마다, 사고 지점에 대한 2m 기온과, 풍속, 해면 기압, 및 1시간 누적 강수 시계열 그래프가 추가된다.
- [0024] 블랙박스부(200)는 사고 발생 시 기상 예측 모듈(120)에서 예측된 예측 기상 정보를 기반으로 사고 지점의 상세 기상 정보를 생성하여 제공한다. 이를 위해서, 블랙박스부(200)는 사고 정보 획득 모듈(210)과, 도메인 설정 모듈(220), 예측 자료 저장 모듈(230), 및 상세 기상 정보 생성 모듈(240)을 포함한다.
- [0025] 사고 정보 획득 모듈(210)은 해상 사고 발생 신고가 접수되면, 해상 사고가 발생한 지점의 위치 정보를 획득한다. 여기서, 위치 정보는 해상 사고 발생 지점의 위도와 경도 정보를 포함한다.
- [0026] 도 3은 본 발명에 따른 해상사고 대응을 위한 기상 모니터링 시스템에서 인천, 대산, 광양, 부산, 울산 등 5개의 주요 국내선 항만을 반 시계 방향으로, 화학 화물량을 고려하여 선정한 12 개의 직선 항로를 도시한 지도이다. 또한, 도 4는 도 3에서 미리 설정한 주요 화학물질 운반선 직선 항로를 포함하는 서브 도메인을 표시한 지도이다.
- [0027] 도메인 설정 모듈(220)은 주 도메인과 서브 도메인 및 상세 도메인으로 예측 도메인을 구성한다. 여기서, 본 실시예는 도 2 내지 도 4에 도시된 바와 같이, 주 도메인은 $9\text{km} \times 9\text{km}$, 서브 도메인은 $3\text{km} \times 3\text{km}$, 상세 도메인은 $1\text{km} \times 1\text{km}$ 로 구성하는 것을 예시한다. 또한, 도메인 설정 모듈(220)에서 설정되는 상세 도메인은 100×100 개의 격자 개수를 가지며, 해상 사고 발생 지점의 위도와 경도 정보를 입력받은 후 연산 과정을 거쳐 설정된다. 본 실시예는 사고 지점을 중심으로 하는 상세 도메인을 자동으로 생성하기 위해서, 한반도 주변의 화학물질 물동량

순위를 고려한 선박 항로를 각각 포함하는 13개의 서브 도메인들을 미리 구성하였다. 선박의 주요 항로에서 빈번한 선박의 입출항으로 해상 사고의 가능성이 존재하며, 특히 화학물질 사고의 경우 폭발, 화재, 독성물질 유출, 그리고 해양 환경오염 등 문제를 야기할 수 있다. 따라서 SP-IDC(Shipping and Port Integrated Data Center) 2011년~2015년 간 화학물질 선적량 자료를 이용하여 국내 다섯 개의 주요 항구로 인천(Incheon), 대산(Daesan), 부산(Busan), 울산(Ulsan), 광양(Gwangyang)을 선정하였다. 또한, 도 3에 도시된 바와 같이, 주요 다섯 개 항구에서 한국과 가까운 중국 또는 일본의 항구들에 대하여 화학물질 물동량과 한반도 주변 해역을 포함할 수 있는 범위 내에서 12개의 직선 항로를 설정하였다. 그런 다음 도 4 및 표 1과 같이, 주요 화학물질 운반선 직선 항로를 포함하는 서브 도메인을 미리 설정하였다.

표 1

Num.	Domestic Port	External Port	Num.	Domestic Port	External Port
1	Incheon	Dalian	7	Ulsan	Ningbo
2	Incheon	Lianyungang	8	Daesan	Dalian
3	Incheon	Tsingtao	9	Daesan	Jiangyin
4	Incheon	Shanghai	10	Daesan	Tianjin
5	Busan	Tianjin	11	Gwangyang	Shanghai
6	Busan	Tsingtao	12	Ulsan	Mizushima

도 5는 본 발명에 따른 해상사고 대응을 위한 기상 모니터링 시스템에서 시간 동안 존재하는 8개의 예측 결과이다.

예측 자료 저장 모듈(230)은 기상 예측 모듈(120)에서 예측된 예측 기상 정보를 저장한다. 기상 예측 모듈(120)에서 6시간 마다 생산된 48시간 예측 기상 정보는 블랙박스부(200)의 예측 자료 저장 모듈(230)에 저장되어 도 5에 도시된 바와 같이, 하나의 시각에 대해 예측시간이 상이한 여덟 개의 결과를 누적시킨다. 한반도 주변 해역에 대한 과거 기상자료는 분석 및 one-way 다운스케일링에 활용될 수 있지만 공통되는 시간에 대한 모든 자료를 저장하는 것은 저장공간 측면에서 불필요하게 많은 공간을 소모한다. 따라서 본 발명에서는 여덟 개의 자료의 정확도를 각각 비교하여 가장 예측정확도가 높은 예측 시간대의 자료만 블랙박스에 저장한다. 비교를 위해 지점별로 6-h, 12-h, 18-h, 24-h, 30-h, 36-h, 42-h, 그리고 48-h 예측 시간의 자료를 하나의 예측 결과로 취합하였으며, FCST-i 로 간단히 표현하였다.

상세 기상 정보 생성 모듈(240)은 해상 사고 발생 신고가 접수되면 사고 지점을 포함하는 도메인을 생성하고, 예측 자료 저장 모듈(230)에 저장된 예측 기상 정보를 이용하여 one-way nesting으로 1Km 해상도까지 다운스케일링하여 상세 기상 정보를 생산한다. 보다 상세하게, 상세 기상 정보 생성 모듈(240)은 예측 자료 저장 모듈(230)에 저장된 예측 기상 정보를 9km 해상도에서 3km, 다시 1km로 다운스케일링하여 상세 기상 정보를 생산한다. 즉, 예측 자료 저장 모듈(230)에 저장된 9Km 해상도의 예측 기상 정보를 더 정밀한 3Km 해상도의 서브 도메인에 대해 WRF-ARW를 구동하여 다운스케일링 하며, 3Km 해상도의 예측자료를 다시 1km 해상도의 서브 도메인에 대해 WRF-ARW를 구동하여 다운스케일링 한다.

블랙박스부(200)는 아래의 수학적 식 1을 이용하여 입력 받은 사고 지점과 미리 설정된 서브 도메인들의 중심 중에서 가장 가까운 지점을 찾는다.

수학적 식 1

$$diff=(clat(i)-alat)^2+(clon(i)-alon)^2$$

수학적 식 1에서, $clat(i)$ 는 서브 도메인 i의 중심 위도이고, $clon(i)$ 는 서브 도메인 i의 중심 경도이다. 또한, $alat$ 은 보고받은 사고 지점의 위도이고, $alon$ 은 보고받은 사고 지점의 경도이다. $diff$ 는 $(alat,alon)$ 에서 $(clat(i),clon(i))$ 까지의 거리이다.

$diff$ 값이 작을수록 상세 도메인이 서브 도메인의 중심부에 위치하여 WRF 도메인의 버퍼 존(buffer zone)에서 벗

어나 안정적인 모의를 할 수 있다. 가장 가까운 del 를 계산하여 서브 도메인을 선정한 후에는, 서브 도메인에 대한 상세 도메인의 시작 지점을 계산한다.

표 2

Horizontal grids	Domain 1	Domain 2	Domain 3
	9 x 9 km	3 x 3 km	1 x 1 km
Vertical layer (top)	30 eta levels		
Microphysics	WSM-6		
Shortwave/Longwave radiation	Dudhia/RRTM		
Surface layer	MM5		
Land surface	Noah Land Surface Model		
Planetary boundary layer	YSU		

다음은 본 발명에 따른 해상사고 대응을 위한 기상 모니터링 시스템의 예측 시간에 따른 민감도를 실험하였다.

도 6은 본 발명에 따른 해상사고 대응을 위한 기상 모니터링 시스템의 검증을 위해 사용된 기상청 부이 자료를 획득한 기상청 부이의 위치를 표시한 지도이다.

겨울철에는 강한 바람과 파랑으로 인하여 해양 선박 사고 발생률이 높고 선박 사고는 한반도 주변 해역이 태풍 영향권에 있을 때 자주 발생한다. 따라서, 2015년 1월 15일 00UTC부터 2월 28일 18UTC까지 기간과 태풍 내습기인 2015년 6월 29일 00UTC부터 9월 30일 18UTC까지를 모의 기간으로 선정하였다. 여덟 개의 예측시간 그룹을 구성하기 위하여 두 기간에 대해 초반 이틀 예측 결과는 분석에서 제외하여, 2015년 1월 17일 00UTC~2월 28일 18UTC와 2015년 7월 1일 00UTC~9월 30일 18UTC에 대해 민감도 실험을 수행하였다.

도 6에 도시된 바와 같이, 비교를 위한 관측 자료로는 신안, 거문도, 동해, 울릉도, 포항, 그리고 마라도 지점의 기상청 부이 자료를 사용하였다. 해면기압, 기온, 풍속과 풍향에 대하여 모델 예측 결과와 관측 자료를 비교하였다. 한 달에 5일 이상의 결측 자료가 있는 경우 검증에서 제외하였기 때문에 기상청의 다른 부이 관측 자료는 사용하지 않았다.

해면기압, 기온 그리고 풍속에 대한 모델 예측 검증은 아래와 같은 통계적 방법을 사용하였다.

수학식 2

$$CC = \frac{\sum_{i=1}^N (M_i - \overline{M})(O_i - \overline{O})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (M_i - \overline{M})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^N (O_i - \overline{O})^2}}$$

수학식 3

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (O_i - M_i)^2}{N}}$$

수학식 2와 수학식 3에서, M_i 와 O_i 는 각각 시각 i 에 대한 모델값과 관측값, $\overline{M}$ 와 $\overline{O}$ 는 각각 평균 모델값과 평균 관측값, 그리고 N 은 자료의 개수이다. 풍향의 경우 관측값의 $\pm 22.5^\circ$ 범위 내에 있는 모델값을 correct estimation으로 정하여 전체 자료 개수에 대한 correct estimation을 계산하는 예측 스킬 스코어(SS)를 사용하였다. 스킬 스코어는 $D=E/N$ 으로 계산하며 E 는 correct estimation 개수이고 N 은 풍속이 3m/s 이하인 관측값의 개수를 의미한다.

도 7 내지 도 12는 JF 2015년 예보 시간의 8개 데이터 세트에 대해 시간대로 구성한 해수면 압력의 상관 계수

그래프이다. 여기서, 도 7은 동해, 도 8은 거문도, 도 9는 마라도, 도 10은 포항, 도 11은 신안, 도 12는 울릉도 지역이다. 또한, 점선은 상관 계수의 선형 추세를 나타내고, 실선은 평균 상관 계수이다. 도 13 내지 도 18은 JAS 2015년 예보 시간의 8개 데이터 세트에 대해 시간대로 구성된 해수면 압력의 상관 계수 그래프이다. 여기서, 도 13은 동해, 도 14는 거문도, 도 15는 마라도, 도 16은 포항, 도 17은 신안, 도 18은 울릉도 지역이다. 또한, 점선은 상관 계수의 선형 추세를 나타내고, 실선은 평균 상관 계수이다. 도 19 내지 도 24는 JF 2015년 예보 시간의 8개 데이터 세트에 대한 해수면 압력의 제공근오차 그래프이다. 여기서, 도 19는 동해, 도 20은 거문도, 도 21은 마라도, 도 22는 포항, 도 23은 신안, 도 24는 울릉도 지역이다. 또한, 점선은 제공근 오차의 선형 추세를 나타내고, 실선은 평균 제공근 오차이다. 도 25 내지 도 30은 JAS 2015년 예보 시간의 8개 데이터 세트에 대한 해수면 압력의 제공근오차 그래프이다. 여기서, 도 25는 동해, 도 26은 거문도, 도 27은 마라도, 도 28은 포항, 도 29는 신안, 도 30은 울릉도 지역이다. 또한, 점선은 제공근 오차의 선형 추세를 나타내고, 실선은 평균 제공근 오차이다. 도 31 및 도 32는 25 내지 도 30의 8개 지점에서의 해수면 압력에 대한 상관 계수의 변화 그래프이다. 도 31은 1월 중순에서 2월 사이의 그래프이고, 도 32는 7월에서 9월 사이의 그래프이다. 도 33 및 도 34는 도 25 내지 도 30의 8개 지점에서 해수면 기압에 대한 제공근 오차의 변화 그래프이다. 도 33은 1월 중순에서 2월 사이의 그래프이고, 도 34는 7월에서 9월 사이의 그래프이다.

[0046] 각각의 예측 자료 그룹의 예측 정확도를 통계적으로 평가한 결과를 도 7~도 12, 도 25~30에 나타내었다.

[0047] 도 7~도 12, 도 13~18은 각각의 검증 지점에서 해면기압의 상관계수를 보여준다. 두 검증 기간 동안 모든 지점에서 상관계수의 평균값은 0.94 이상이었다. 일반적으로 해면기압 예측 결과는 관측과 매우 유사한 값을 보였다. FCST-6이 모든 지점에서 가장 높은 상관계수를 기록했고, 예측 시간이 증가할수록 상관계수가 작아지는 경향을 보였다. 그러나, 도 31 및 도 32를 참조하면, JF기간에는 0.02~0.05, JAS기간에는 0.04~0.06 정도로 감소하는 비율은 매우 작았다.

[0048] 제공근 오차(RMSE)의 경우, 상관계수와 반대로 예측시간이 흐를수록 값이 증가하는 경향이 도 19 내지 도 24와, 도 25 내지 도 30에 나타나며, FCST-6의 해면기압 예측정확도가 가장 높음을 보였다. 마라도 지점은 두 기간 평균 1.04 hPa 미만으로 가장 낮은 제공근 오차를 기록했다. 도 33 및 도 34를 참조하면, 예측시간에 따른 제공근 오차 값의 차이는 JF 및 JAS 기간 동안 각각 0.39~0.84 (hPa)과 0.82~0.99 (hPa)으로 나타났다.

[0049] 도 35 내지 도 40은 본 발명에 따른 해상사고 대응을 위한 기상 모니터링 시스템에서 2015년 1월 17일 00:00 UTC부터 2월 28일 18:00 UTC까지 6 시간 간격으로 관찰된 데이터의 시계열(음영, 회색), 6-h 동안 예측된 데이터의 시계열(적색 선) 및 48-h 동안 예측된 데이터의 시계열(파란색) 그래프이다. 도 41 내지 도 46은 본 발명에 따른 해상사고 대응을 위한 기상 모니터링 시스템에서 2015년 7월 1일 00:00 UTC에서 9월 30일 18:00 UTC까지 6시간 간격으로 관찰된 데이터의 시계열(음영, 회색), 6-h 동안 예측된 데이터의 시계열(적색 선) 및 48-h 동안 예측된 데이터의 시계열(파란색) 그래프이다.

[0050] 해면기압에 대한 각기 다른 예측시간의 8개 예측결과의 상관계수 및 RMSE 결과를 바탕으로, FCST-6이 가장 높은 예측정확도를 보였고, FCST-48이 가장 낮은 정확도를 보였다. 시간별 비교를 확인하기 위하여, 모델과 관측 자료의 시계열 그래프를 도 35 내지 도 40과, 도 41 내지 도 46으로 나타내었다. 파란색 실선은 FCST-48을 나타내며 전체 기간 동안 FCST-6보다 관측값과 변동량이 큰 것을 알 수 있다. 2015년 제12호 태풍 할랄라와 제15호 태풍 고니가 한반도에 상륙하였을 때, 해면기압의 FCST-48 그룹은 동해와 울릉도 지점에서 실제 관측 결과보다 10 hPa 낮게 모의하였고, FCST-6의 해면기압 예측 정확도가 더 높았다.

[0051] 도 47 내지 도 52는 JF 2015년 예보 시간의 8개 데이터 세트에 대해 시간대로 구성된 온도의 상관 계수 그래프이다. 여기서, 도 47은 동해, 도 48은 거문도, 도 49는 마라도, 도 50은 포항, 도 51은 신안, 도 18은 울릉도 지역이다. 또한, 점선은 상관 계수의 선형 추세를 나타내고, 실선은 평균 상관 계수이다.

[0052] 도 53 내지 도 58은 JAS 2015년 예보 시간의 8개 데이터 세트에 대해 시간대로 구성된 온도의 상관 계수 그래프이다. 여기서, 도 53은 동해, 도 54는 거문도, 도 55는 마라도, 도 56은 포항, 도 57은 신안, 도 58은 울릉도 지역이다. 또한, 점선은 상관 계수의 선형 추세를 나타내고, 실선은 평균 상관 계수이다.

[0053] 도 59 내지 도 64는 JF 2015년 예보 시간의 8개 데이터 세트에 대한 온도의 제공근오차 그래프이다. 여기서, 도 59는 동해, 도 60은 거문도, 도 61은 마라도, 도 62는 포항, 도 63은 신안, 도 64는 울릉도 지역이다. 또한, 점선은 제공근 오차의 선형 추세를 나타내고, 실선은 평균 제공근 오차이다.

[0054] 도 65 내지 도 70은 JAS 2015년 예보 시간의 8개 데이터 세트에 대한 온도의 제공근오차 그래프이다. 여기서, 도 65는 동해, 도 66은 거문도, 도 67은 마라도, 도 68은 포항, 도 69는 신안, 도 70은 울릉도 지역이다. 또한,

점선은 제공근 오차의 선형 추세를 나타내고, 실선은 평균 제공근 오차이다.

- [0055] 도 47 내지 도 70를 참조하면, 기온의 통계적 검증 결과도 관측 자료와 모델 결과 간 높은 유사도를 보였으며, 상관계수는 대개 0.8 이상, 제공근 오차는 섭씨 1.5도 미만을 기록했다. 특히 겨울철에 모든 지점에서 기온의 상관계수가 0.9 이상으로 높게 나타났다. 비록 추세선의 기울기가 크지는 않았지만 FCST-6의 예측 정확도가 가장 높았다.
- [0056] 도 71 및 도 72는 도 65 내지 도 70의 8개 지점의 온도에 대한 상관 계수의 변화 그래프이고, 도 73 및 도 74는 도 65 내지 도 70의 8개 지점의 온도에 대한 제공근 오차의 변화 그래프이다.
- [0057] 도 71 및 도 72를 참조하면, 상관계수의 변화 폭은 모든 지점에서 JF와 JAS 기간 동안 각각 0.03~0.07과 0.04~0.08로 나타났다. 도 73 및 도 74를 참조하면, 제공근 오차의 경우, 섭씨 0.26~0.50도와 섭씨 0.13~0.40 도로 변화 폭이 크지 않았다.
- [0058] 도 75 내지 도 80은 JF 2015년 예보 시간의 8개 데이터 세트에 대해 시간대로 구성된 풍속의 상관 계수 그래프이다. 여기서, 도 75는 동해, 도 76은 거문도, 도 77은 마라도, 도 78은 포항, 도 79는 신안, 도 80은 울릉도 지역이다. 또한, 점선은 상관 계수의 선형 추세를 나타내고, 실선은 평균 상관 계수이다.
- [0059] 도 81 내지 도 86은 JAS 2015년 예보 시간의 8개 데이터 세트에 대해 시간대로 구성된 풍속의 상관 계수 그래프이다. 여기서, 도 81은 동해, 도 82는 거문도, 도 83은 마라도, 도 84는 포항, 도 85는 신안, 도 86은 울릉도 지역이다. 또한, 점선은 상관 계수의 선형 추세를 나타내고, 실선은 평균 상관 계수이다.
- [0060] 도 87 내지 도 92는 JF 2015년 예보 시간의 8개 데이터 세트에 대해 시간대로 구성된 풍속의 제공근 오차 그래프이다. 여기서, 도 81은 동해, 도 82는 거문도, 도 83은 마라도, 도 84는 포항, 도 85는 신안, 도 86은 울릉도 지역이다. 또한, 점선은 제공근 오차의 선형 추세를 나타내고, 실선은 평균 제공근 오차이다.
- [0061] 도 93 내지 도 98은 JAS 2015년 예보 시간의 8개 데이터 세트에 대해 시간대로 구성된 풍속의 제공근 오차 그래프이다. 여기서, 도 93은 동해, 도 94는 거문도, 도 95는 마라도, 도 96은 포항, 도 97은 신안, 도 98은 울릉도 지역이다. 또한, 점선은 제공근 오차의 선형 추세를 나타내고, 실선은 평균 제공근 오차이다.
- [0062] 도 99 및 도 100은 도 93 내지 도 98의 8개 지점에서 풍속에 대한 상관 계수의 변화 그래프이다. 도 99는 1월 중순에서 2월 사이의 그래프이고, 도 100은 7월에서 9월 사이의 그래프이다.
- [0063] 도 101 및 도 102는 도 93 내지 도 98의 8개 지점에서 풍속에 대한 제공근 오차의 변화 그래프이다. 도 99는 1월 중순에서 2월 사이의 그래프이고, 도 100은 7월에서 9월 사이의 그래프이다.
- [0064] 도 75 내지 도 86을 참조하면, 풍속 변수의 FCST-6 상관계수는 여섯 개 지점에서 두 기간 동안 모두 0.68 이상의 값을 보였다. 도 75 내지 86을 참조하면, 풍속의 상관계수 그래프는 감소하는 추세를 보였다. 반면, 도 87 내지 도 98을 참조하면, 제공근 오차는 대개 2 m/s 미만의 값을 기록했다. 풍속의 최댓값과 최솟값의 차이는 크지 않지만, 해면기압과 기온 변수에 비해 약간 증가했다. 도 99 내지 도 102를 참조하면, 상관 계수는 0.07 ~ 0.15 (JF), 0.08 ~ 0.21 (JAS); 제공근 오차의 경우 0.26 ~ 0.67 m/s (JF) 및 0.19 ~ 0.75 m/s (JAS).
- [0065] 도 103은 본 발명에 따른 해상사고 대응을 위한 기상 모니터링 시스템에서 2015년 7월 1일 00:00 UTC부터 9월 30일 18:00 UTC까지 6시간 간격으로 관찰된 데이터의 풍속 시계열(음영, 회색), 6-h 동안 예측된 데이터의 풍속 시계열(적색 선) 및 48-h 동안 예측된 데이터의 풍속 시계열(파란색) 그래프이다. 도 104는 신안 부이와 복잡한 주변 지형을 도시한 지도이다.
- [0066] 도 83을 참조하면, 마라도 지점에서 예측시간 증가에 따른 FCST-6과 FCST-48의 상관계수 차이가 0.21로 가장 컸다. 도 103에서, 두 모델 예측 값 모두 관측값과 유사해 보이지만, 7월 18일~19일과 같은 짧은 기간 동안 FCST-6의 예측 정확도가 높은 것에 비하여 FCST-48의 결과가 확연히 차이가 나는 것을 알 수 있다. 신안 지점의 경우, 상관계수는 0.55에서 0.74로 다른 지점들보다 값이 낮은 편인데, 그 이유는 신안 부이 지점은 수 많은 섬 사이 바다에 위치해 있으며 이 복잡한 지형을 모델 해상도인 9km에서 재현하지 못하였기 때문이다. 따라서, 도 104를 참조하면, 본 발명이 지형효과에 따른 풍속 예측을 타 지점에 비하여 적절히 수행하지 못하였을 것으로 사료된다.
- [0067] 도 105 및 도 106은 본 발명에 따른 해상사고 대응을 위한 기상 모니터링 시스템에서 풍향에 대한 예보 스킬 점수(forecast skill score, %)의 변화 그래프이다.
- [0068] 풍향을 검증할 때에는 풍속도 동시에 고려해야 한다. 낮은 풍속일 때 난류가 관측을 지배하여 풍향에 큰 영향을

주기 때문이다. 따라서 낮은 풍속(3 m/s 이하)의 관측값과 모델값은 모두 제외하고 스킵 스코어를 계산하였다.

- [0069] 도 105 및 도 106을 참조하면, 모델 초기 시간에서 멀어지는 예측 그룹일수록 스킵 스코어가 감소하는 경향을 보였다. 겨울철에는 FCST-6이 네 개의 지점에서 가장 높은 스킵 스코어를 보였다: 마라도 (84.2%), 동해 (84.1%), 거문도 (77%), 그리고 울릉도 (68.2%). 풍속과 마찬가지로 풍향도 주변 지형의 영향을 많이 받기 때문에, 도 104와 같이 신안 부이 지점의 지리적 조건으로 다른 지점에 비하여 스킵 스코어가 낮게 나타났다.
- [0070] 도 107~112는 본 발명에 따른 해상사고 대응을 위한 기상 모니터링 시스템에서 1월 예보 시간 0~6으로 구성된 바람 벡터의 시계열 그래프이고, 도 113~119는 본 발명에 따른 해상사고 대응을 위한 기상 모니터링 시스템에서 2월 예보 시간 0~6으로 구성된 바람 벡터의 시계열 그래프이다. 도 119~124는 본 발명에 따른 해상사고 대응을 위한 기상 모니터링 시스템에서 7월 예보 시간 0~6으로 구성된 바람 벡터의 시계열 그래프이고, 도 125~130은 본 발명에 따른 해상사고 대응을 위한 기상 모니터링 시스템에서 8월 예보 시간 0~6으로 구성된 바람 벡터의 시계열 그래프이다. 도 131~136은 본 발명에 따른 해상사고 대응을 위한 기상 모니터링 시스템에서 9월 예보 시간 0~6으로 구성된 바람 벡터의 시계열 그래프이다.
- [0071] 앞에서 6시간 간격의 풍향에 대해 민감도 실험을 수행하였다. 그러나 해상 사고 대응을 위하여 더욱 상세한 시간 간격의 검증이 필요하다.
- [0072] FCST-6이 풍향과 풍속에서 가장 높은 모의 정확도를 보였기 때문에, 모의 초반 여섯 시간의 예측 자료를 한 시간 간격으로 결합한 모델 결과를 바람 벡터로 도 107 내지 도 136과 같이 나타냈다. 월별 풍속의 상관계수와 풍향의 스킵스코어를 다시 계산하여 각 그림의 오른쪽 위에 표기하였다.
- [0073] 도 107 내지 도 119를 참조하면, 검증 기간 동안 모델과 관측 결과 사이의 높은 유사성을 확인 할 수 있었다. 겨울철에는 모든 지점에서 북풍이 우세하였고, 본 발명은 이를 잘 모의하였다. 모의된 바람 벡터는 아주 민감하게 변화하면서, 풍속 상관계수는 0.8이상, 풍향 스킵 스코어는 60% 이상으로 관측 자료와 높은 유사도를 보였다. 그러나 모델은 실제 풍속이 약 20m/s 정도로 강한 경우에 풍속을 과대모의하는 경향이 있었다.
- [0074] 신안 지점의 낮은 풍향 스킵 스코어의 또 다른 원인으로 약한 풍속이 있었다. 앞서 언급한 바와 같이 풍향은 풍속과 연관되어 있고, 신안 지점에서는 검증 기간 동안 꾸준히 15 m/s 이하의 풍속을 보였으며 풍향이 자주 변하였다.
- [0075] 상술한 바와 같이, 예측 시간에 따라 모델 결과를 결합하여 민감도 분석을 수행한 결과, 모든 예측 시간 그룹(6-h, 12-h, 18-h, 24-h, 30-h, 36-h, 42-h과 48-h)은 높은 모의 정확도를 보였다. 모든 수치적 값들은 95% 신뢰구간에서 유의미하다. 여덟 개 그룹의 상관계수/제곱근 오차는 모델 초기 시간에서 멀어질수록 감소/증가하였다. 모의 초반 여섯 시간 예측 결과 그룹이 해면기압, 기온, 풍속 및 풍향 변수에 대하여 명확하게 가장 높은 모의 정확도를 보였다.
- [0076] 도 137은 본 발명에 따른 해상사고 대응을 위한 기상 모니터링 시스템에서 블랙박스부의 예측 자료 저장 모듈에 저장되는 최종 예측 자료를 설명하기 위한 도면이다.
- [0077] 민감도 실험 결과로 도 137을 참조하면, 블랙박스부는 기상 모니터링 시스템의 제일 최근 생산 자료를 제외하고 그 이전 자료의 경우 모의 초반 여섯 시간의 자료만 저장하는 것으로 수정되었다. 이는 중복되는 자료를 피하면서 높은 정확도를 추구하여 효율성을 증대하는 효과를 얻는다.
- [0078] 본 발명에 따른 기상 모니터링 시스템은 9km 해상도로 이들 간 기상 예측 결과를 생산하고, 블랙박스는 과거 이틀부터 향후 이틀까지의 자료를 저장한다. 48시간 예측 결과의 관측 자료에 대한 상관계수는 해면기압 0.9이상, 기온 0.7이상, 풍속 0.6이상, 해면기압 RMSE 2.2 hPa 미만, 기온 섭씨 1.5도 미만, 풍속 2.6 m/s 미만, 그리고 풍향 스킵 스코어는 60% 이상으로 나타났다.
- [0079] 기상 관측 자료 결측이 많을 때, 본 발명에 따른 기상 모니터링 시스템이 기상 관측 자료 대신 해상 사고를 대응하고 원인을 규명하는 데에 활용될 수 있다. 또한, 기상 모니터링 시스템은 48시간 예측 자료를 상시로 생산하여, 한반도 주변의 악기상으로 인한 해상 사고 발생 전 미리 대비하는데 유용할 것으로 예상된다. 블랙박스부를 이용하면 1km 해상도의 상세한 기상 자료를 생산하여 대응 계획을 수립하거나 풍향 예측 결과로 케미컬선 사고 시 화학물질 확산 방향 예측에 사용될 수도 있다.
- [0080] 다음은 본 발명에 따른 해상사고 대응을 위한 기상 모니터링 방법에 대해 도면을 참조하여 설명한다.
- [0081] 도 138은 본 발명에 따른 해상사고 대응을 위한 기상 모니터링 방법의 순서도이다.

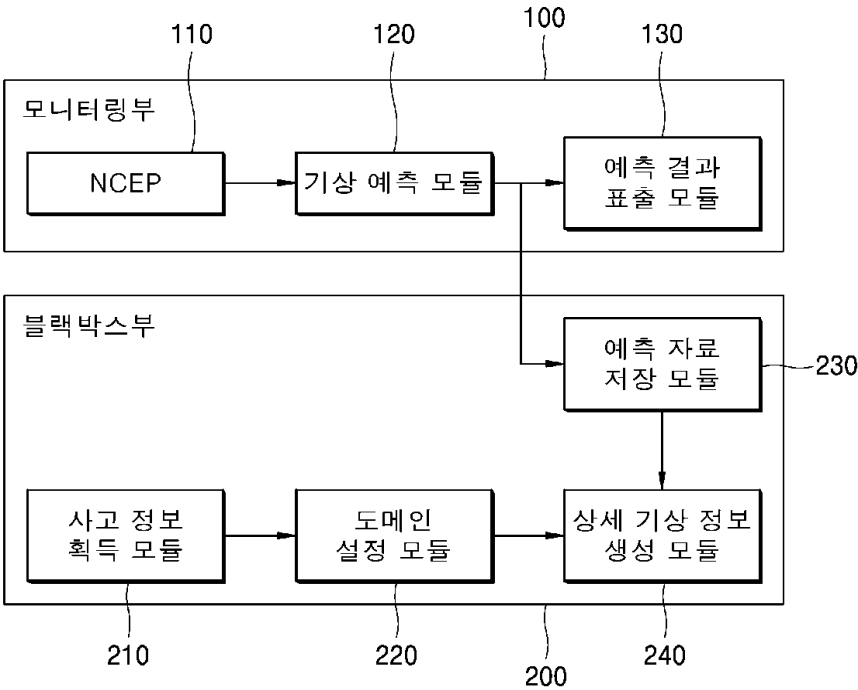
- [0082] 본 발명에 따른 해상사고 대응을 위한 기상 모니터링 방법은 도 138에 도시된 바와 같이, 기상 정보를 모니터링하는 단계(S1)와, 사고 지역의 상세 기상 정보를 생성하는 단계(S2)를 포함한다.
- [0083] 기상 정보를 모니터링하는 단계(S1)는 모니터링하고자 하는 해상에 격자 형태의 도메인을 구성하고 기상 정보를 모니터링부가 예측한다. 이러한 기상 정보를 모니터링하는 단계(S1)는 기상을 예측하는 단계(S1-1)와, 예측 결과를 표출하는 단계(S1-2), 및 예측 자료를 저장하는 단계(S1-3)를 포함한다.
- [0084] 기상을 예측하는 단계(S1-1)는 기상 예측 모듈이 매일 04, 10, 16 그리고 22 UTC에 GFS 48시간 예측자료를 수집한다. GFS 자료를 수집한 후, 기상 예측 모듈은 자동으로 기상 예측을 시작한다. 이는 전술된 바와 같이, 기상 예측 모듈은 수 미터에서 수 천 미터 규모까지 예측 가능한 대표적인 지역 기상 예측 모델인 WRF-ARW(Weather Research and Forecasting Advance Research)를 이용할 수 있다. 기상 예측 모듈은 주 도메인에 대하여 1일 4회 기상 예측을 수행한다. 만약 주 도메인에 해상 사고가 발생하지 않았다면, 기상 예측 모듈은 48시간 예측 자료를 매일 6시간 간격으로 생산하고, 블랙박스부에 이틀간 그 자료를 저장한다.
- [0085] 예측 결과를 표출하는 단계(S1-2)는 기상을 예측하는 단계(S1-1)에서 예측된 기상 정보를 예측 결과 표출 모듈이 시각적으로 표출한다. 이는 48시간의 예측된 기상 정보를 이용하여 12시간 누적 강수량과, 2m 기온, 10m 바람 벡터, 해면기압과 3시간 누적 강수를 그림으로 표출함으로써 수행될 수 있다. 또한, 해상 사고가 발생되어 블랙박스부가 작동될 때 마다, 사고 지점에 대한 2m 기온과, 풍속, 해면 기압, 및 1시간 누적 강수 시계열 그래프가 추가된다.
- [0086] 예측 자료를 저장하는 단계(S1-3)는 기상을 예측하는 단계(S1-1)에서 예측된 예측 기상 정보를 예측 자료 저장 모듈이 저장한다. 기상 예측 모듈에서 6시간 마다 생산된 48시간 예측 기상 정보는 블랙박스부의 예측 자료 저장 모듈에 저장되며, 여덟 개의 자료의 정확도를 각각 비교하여 가장 예측정확도가 높은 예측 시간대의 자료만 블랙박스에 저장한다.
- [0087] 사고 지역의 상세 기상 정보를 생성하는 단계(S2)는 해상 사고 지점을 포함하는 도메인을 다운스케일링하여 상세 기상 정보를 생산한다. 이를 위해서, 사고 지역의 상세 기상 정보를 생성하는 단계(S2)는 사고 정보를 획득하는 단계(S2-1)와, 도메인을 설정하는 단계(S2-2), 및 기상 상세 자료를 생성하는 단계(S2-3)를 포함한다.
- [0088] 사고 정보를 획득하는 단계(S2-1)는 해상 사고가 발생되면, 해상 사고가 발생한 지점의 위도 정보와 경도 정보를 사고 정보 획득 모듈이 획득한다.
- [0089] 도메인을 설정하는 단계(S2-2)는 도메인 설정 모듈이 주 도메인과 서브 도메인 및 상세 도메인으로 예측 도메인을 구성한다. 본 실시예는 주 도메인은 9km×9km, 서브 도메인은 3km×3km, 상세 도메인은 1km×1km로 구성하는 것을 예시한다.
- [0090] 기상 상세 자료를 생성하는 단계(S2-3)는 상세 기상 정보 생성 모듈이 해상 사고 발생 신고가 접수되면 사고 지점을 포함하는 도메인을 생성하고, 예측 자료 저장 모듈에 저장된 예측 기상 정보를 이용하여 one-way nesting으로 1Km 해상도까지 다운스케일링하여 상세 기상 정보를 생산한다.
- [0091] 이상에서는 도면 및 실시예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야의 숙련된 당업자는 하기의 특허 청구 범위에 기재된 본 발명의 기술적 사상으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

부호의 설명

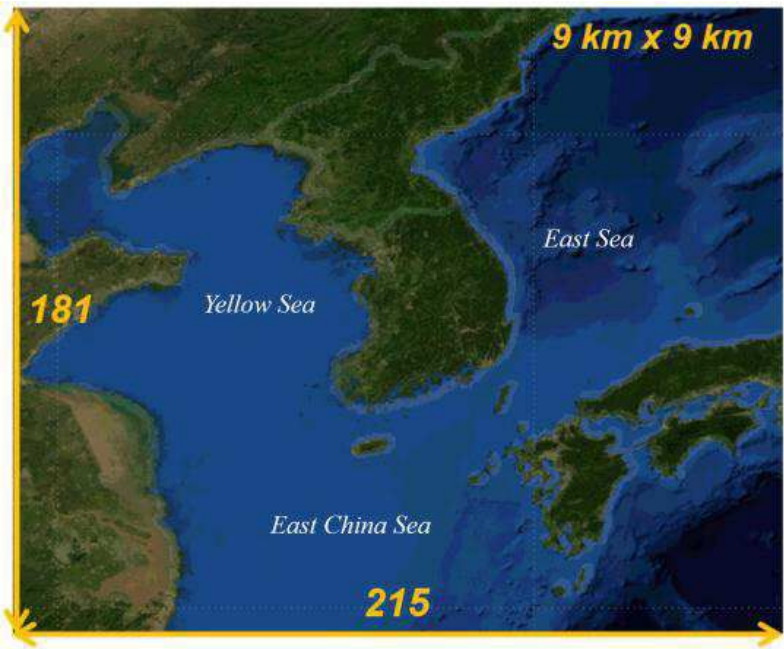
- | | | |
|--------|---------------------|------------------|
| [0092] | 100: 모니터링부 | 110: NCEP |
| | 120: 기상 예측 모듈 | 130: 예측 결과 표출 모듈 |
| | 200: 블랙박스부 | 210: 사고 정보 획득 모듈 |
| | 220: 도메인 설정 모듈 | 230: 예측 자료 저장 모듈 |
| | 240: 상세 기상 정보 생성 모듈 | |

도면

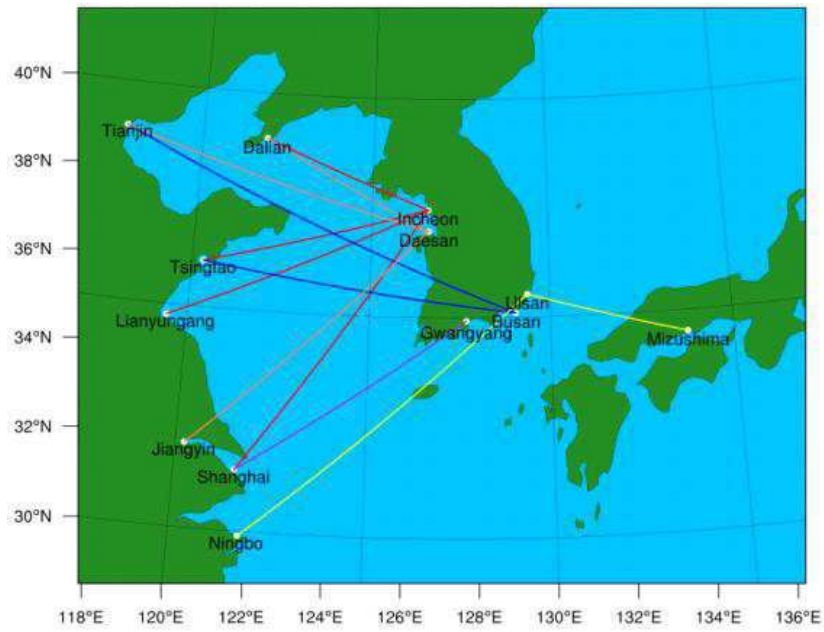
도면1



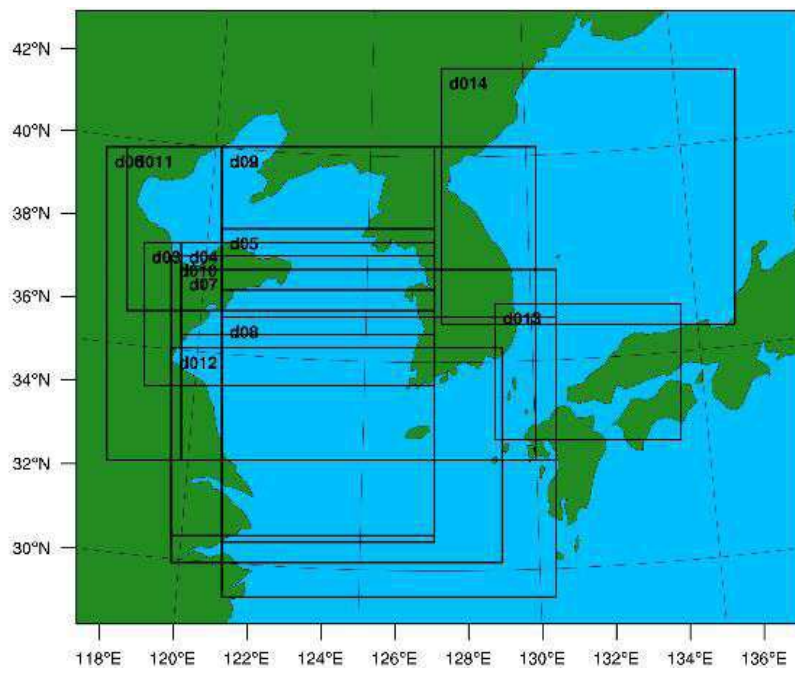
도면2



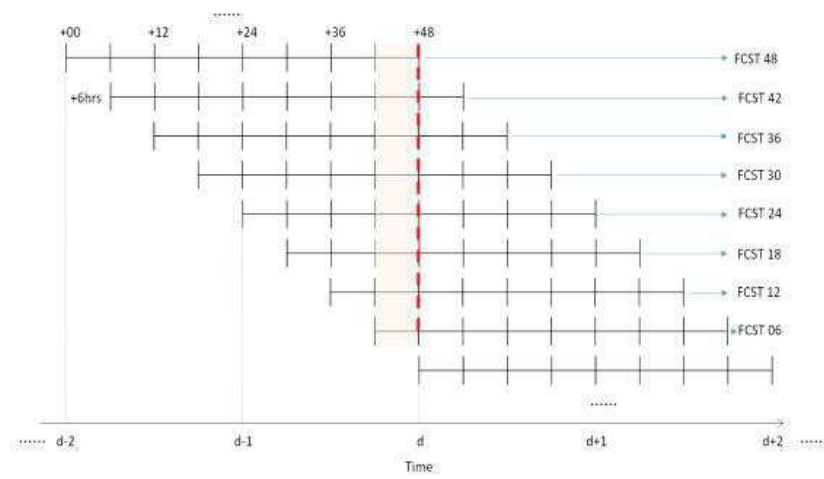
도면3



도면4



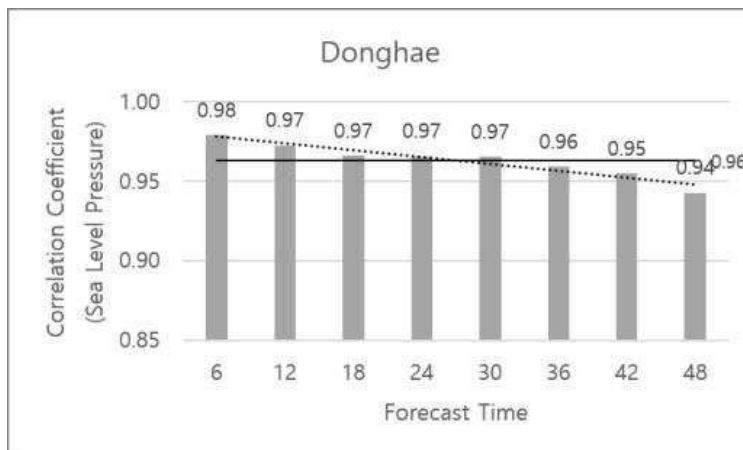
도면5



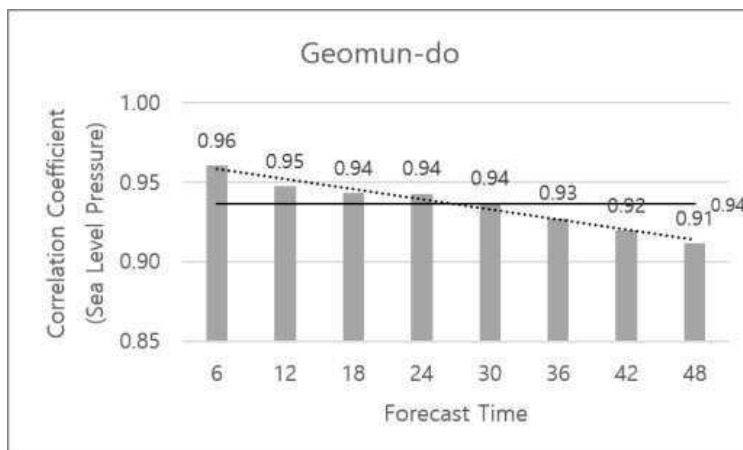
도면6



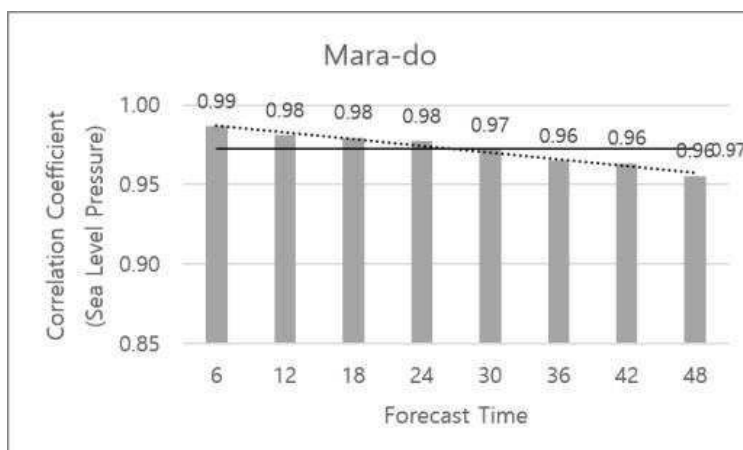
도면7



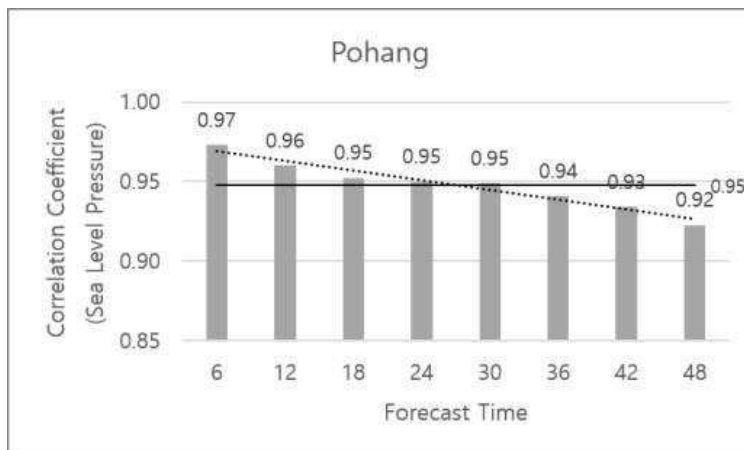
도면8



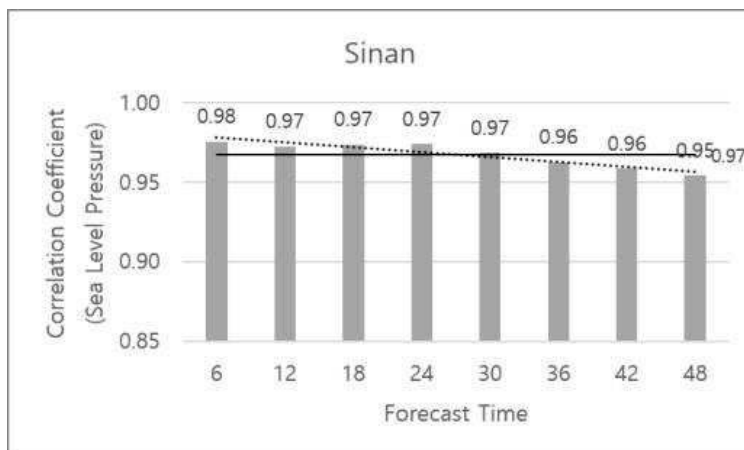
도면9



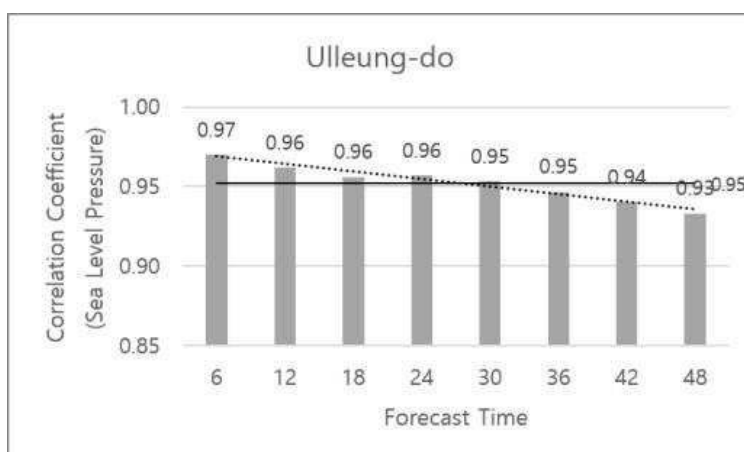
도면10



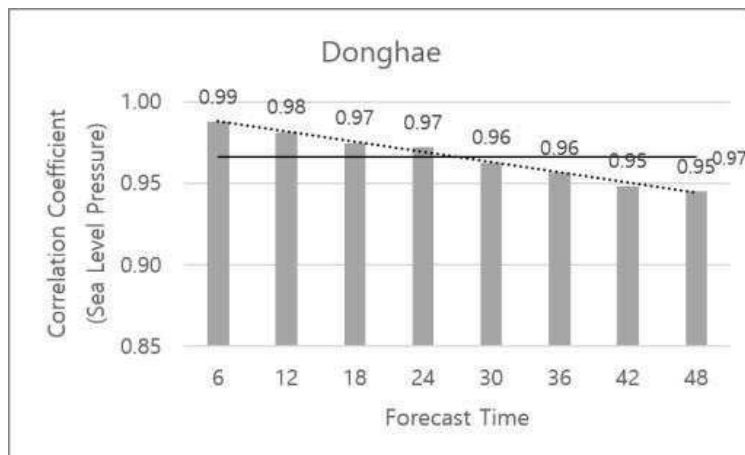
도면11



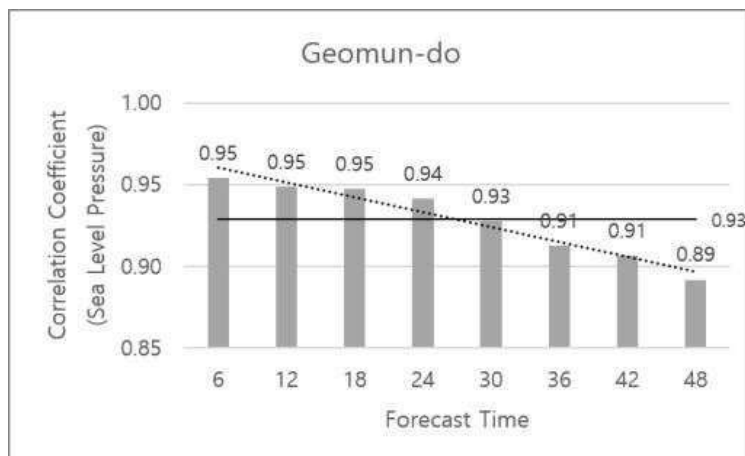
도면12



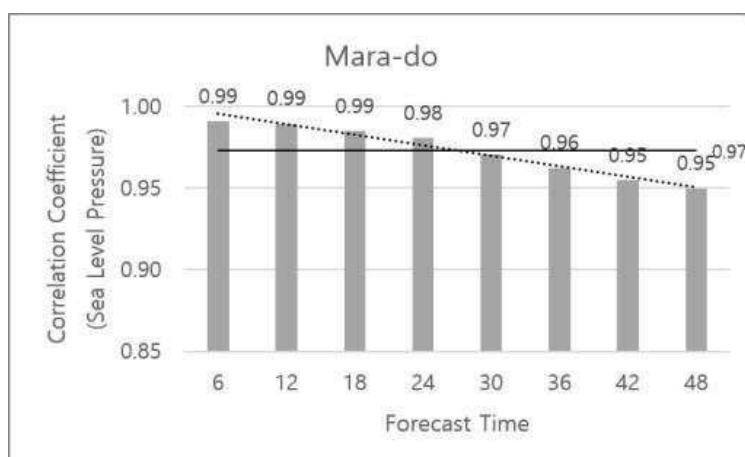
도면13



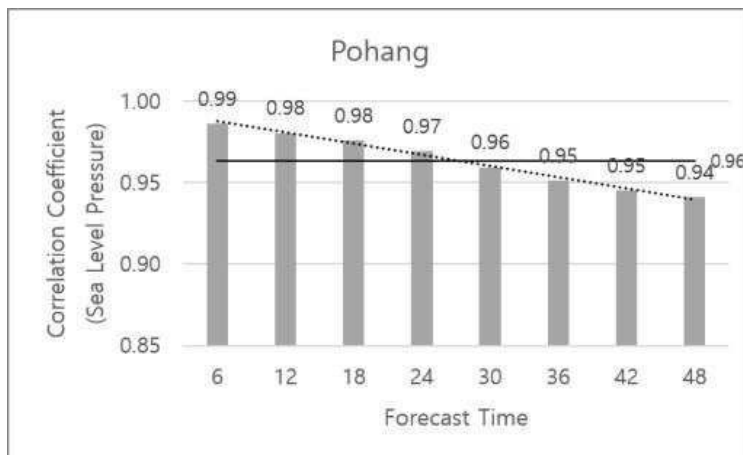
도면14



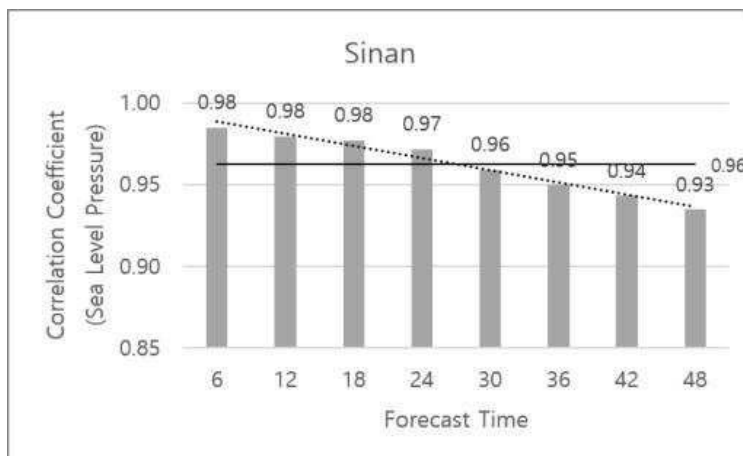
도면15



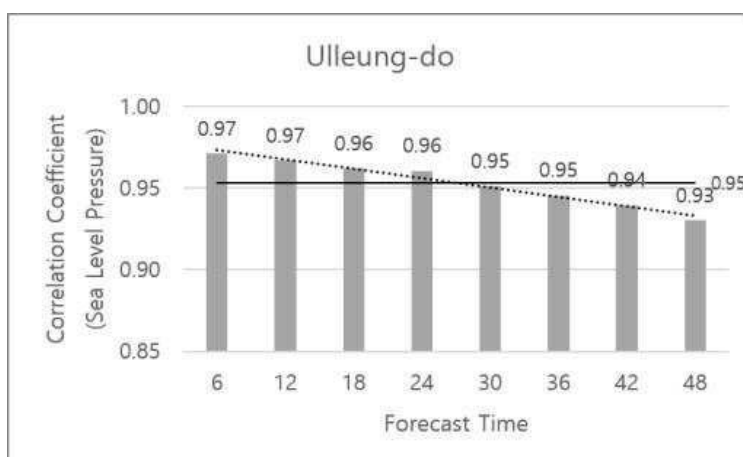
도면16



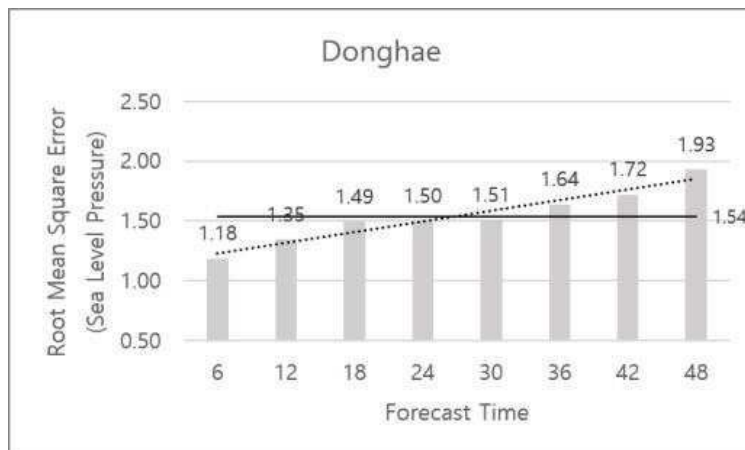
도면17



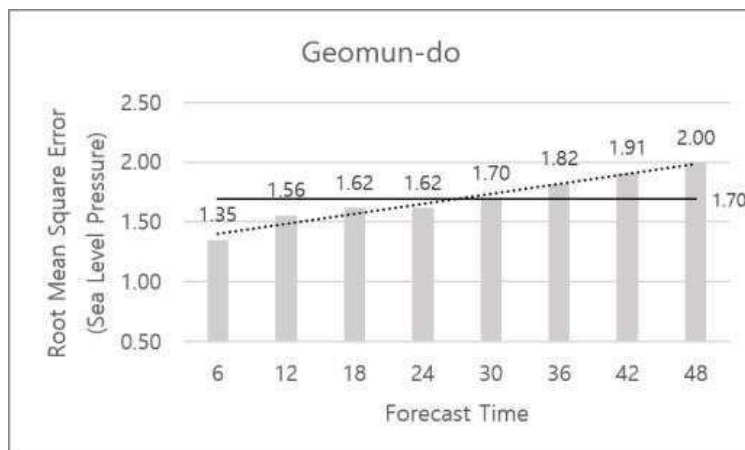
도면18



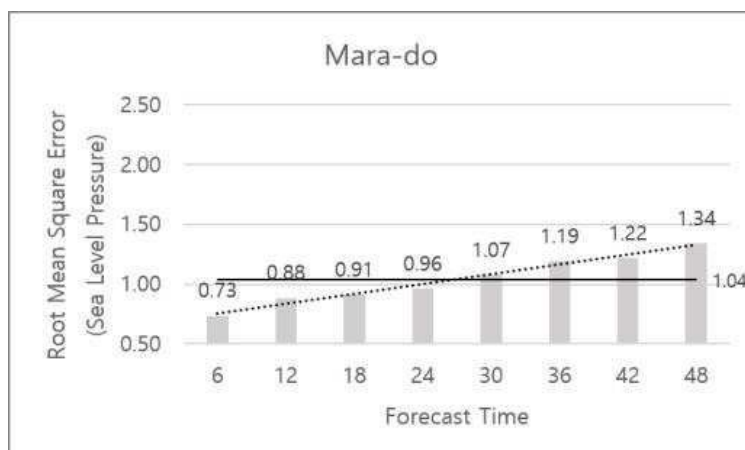
도면19



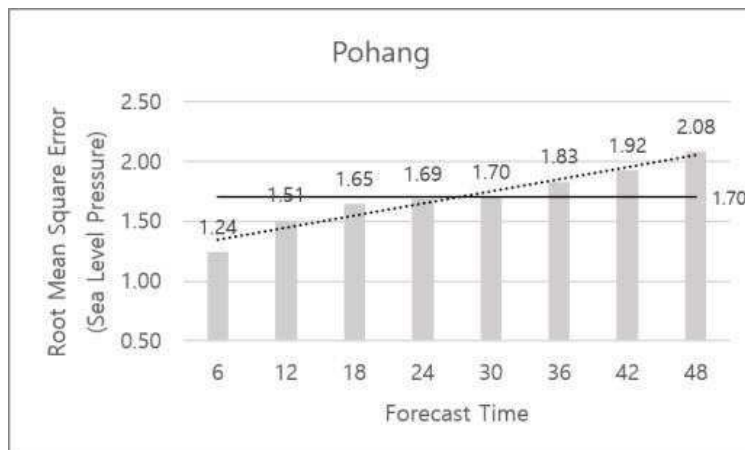
도면20



도면21



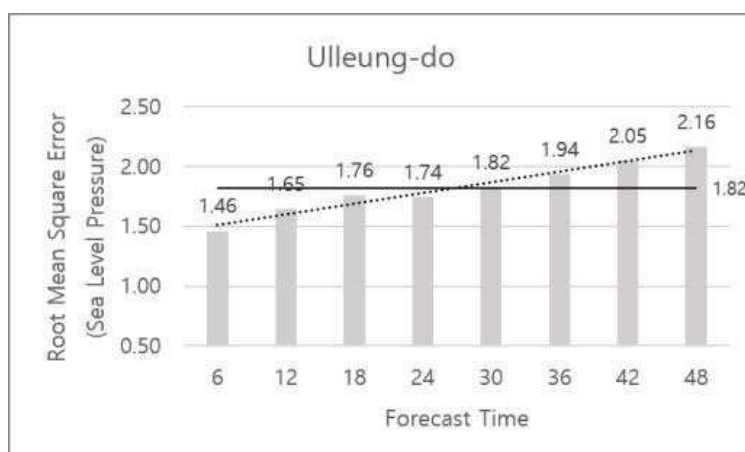
도면22



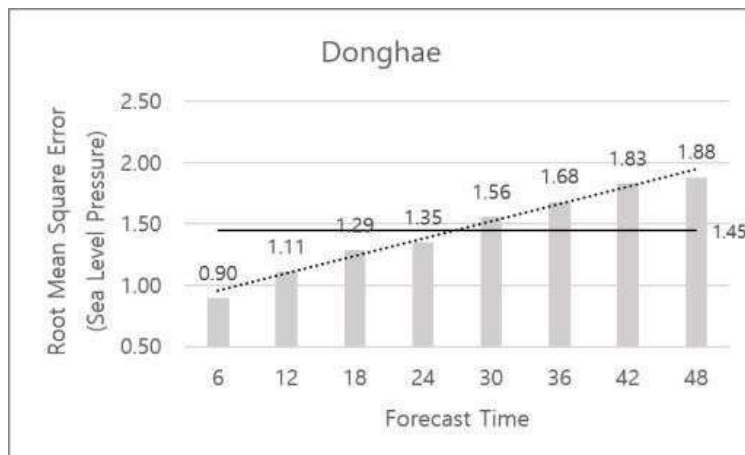
도면23



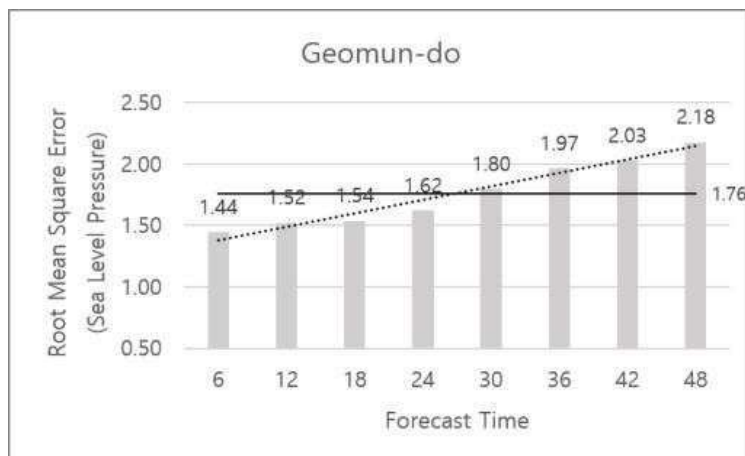
도면24



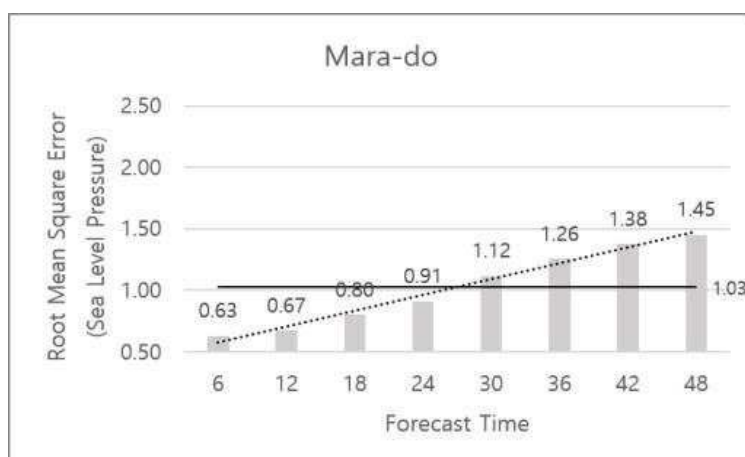
도면25



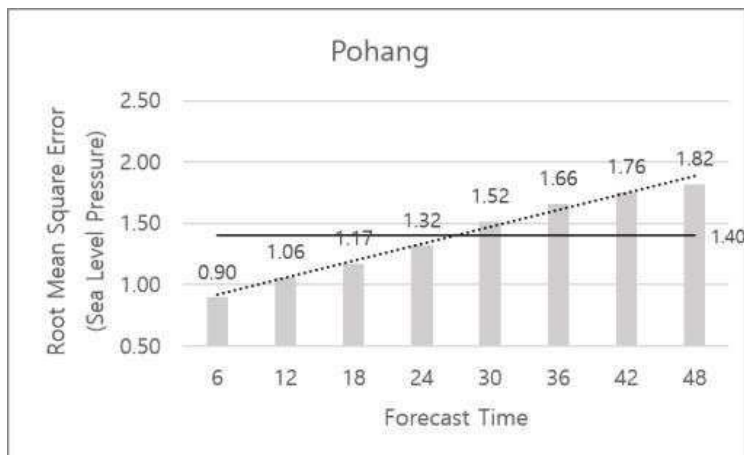
도면26



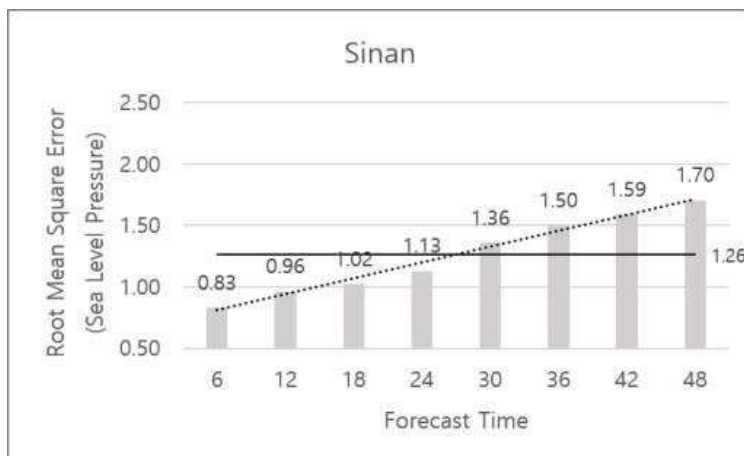
도면27



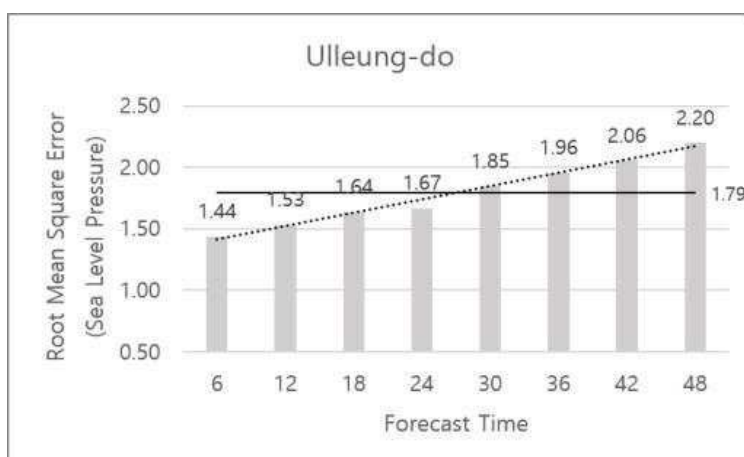
도면28



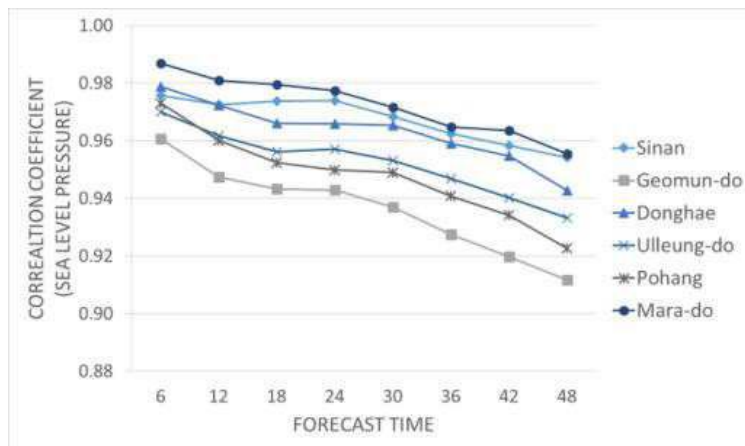
도면29



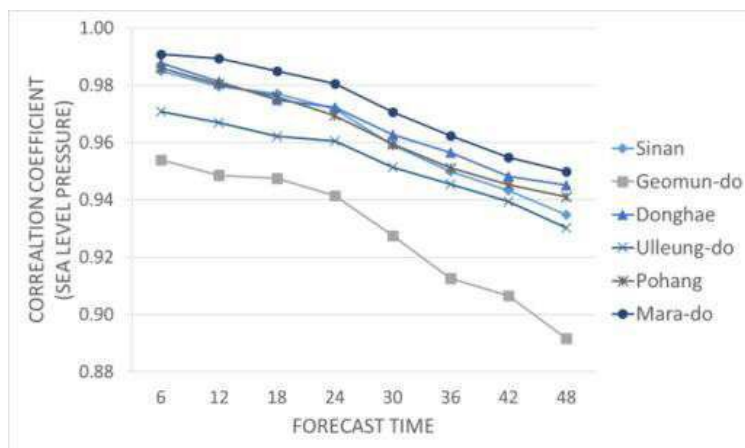
도면30



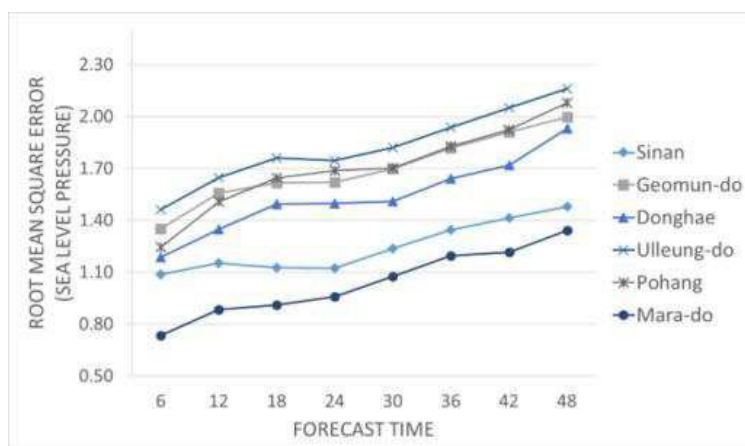
도면31



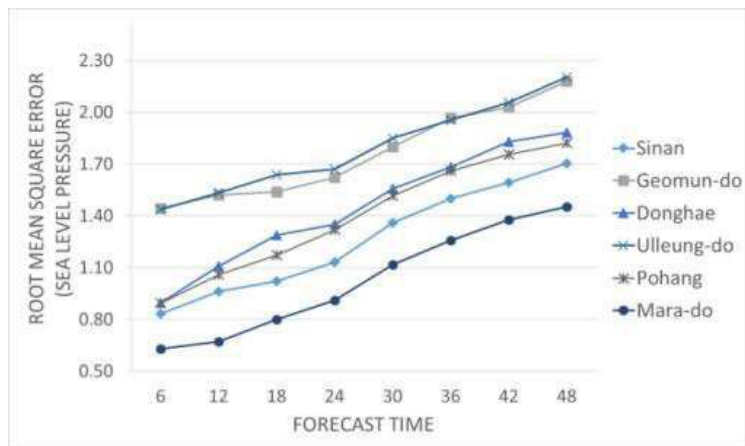
도면32



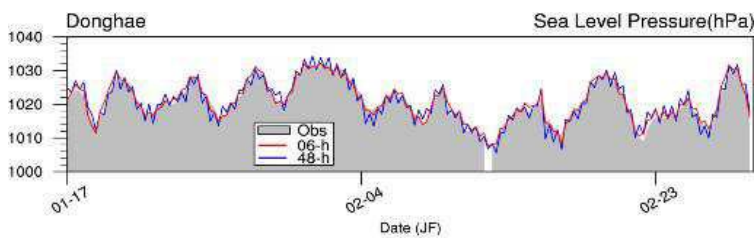
도면33



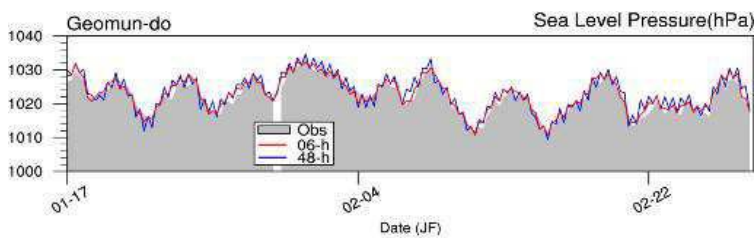
도면34



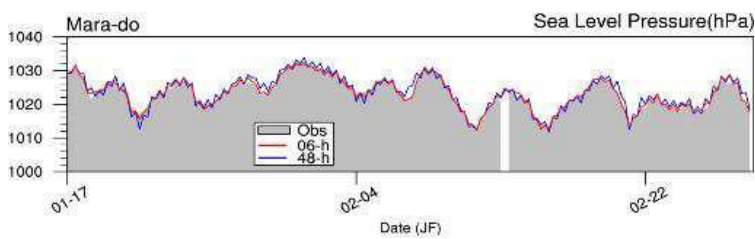
도면35



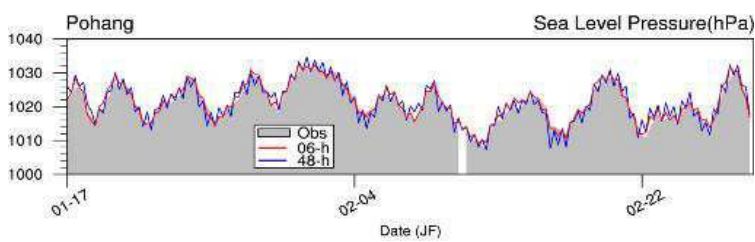
도면36



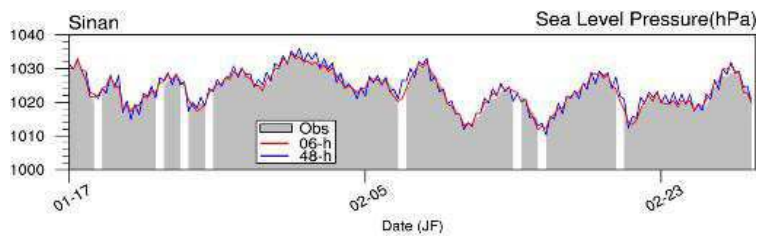
도면37



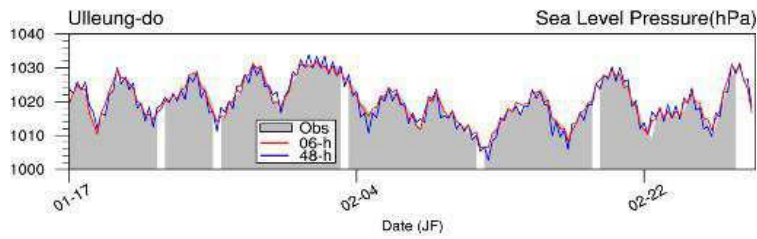
도면38



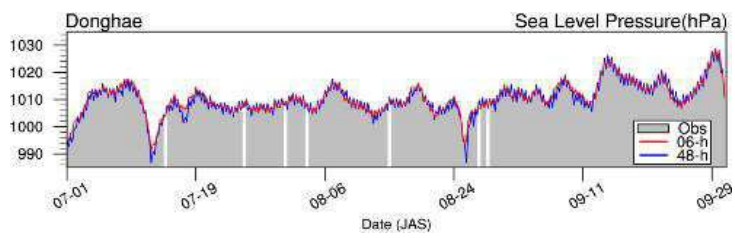
도면39



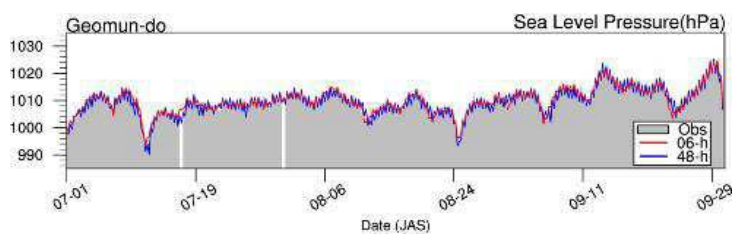
도면40



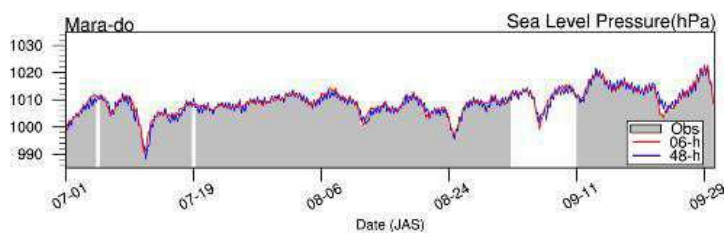
도면41



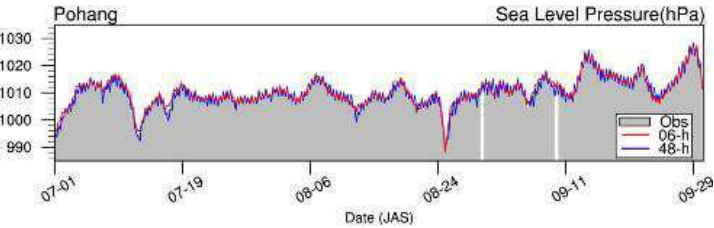
도면42



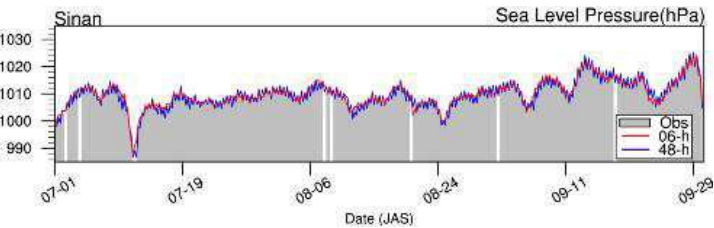
도면43



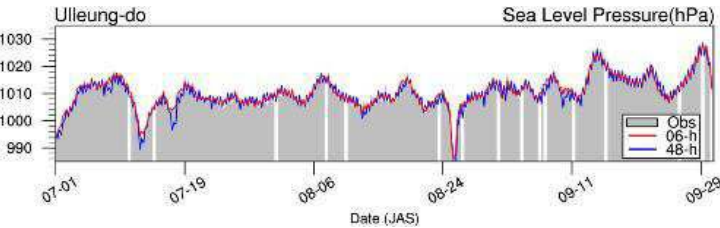
도면44



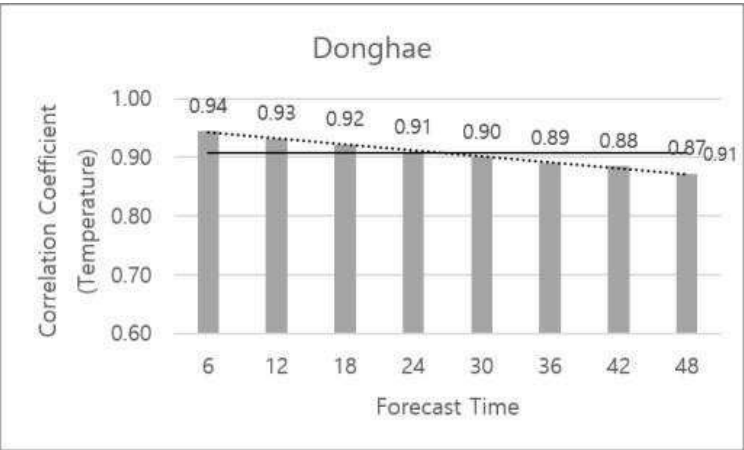
도면45



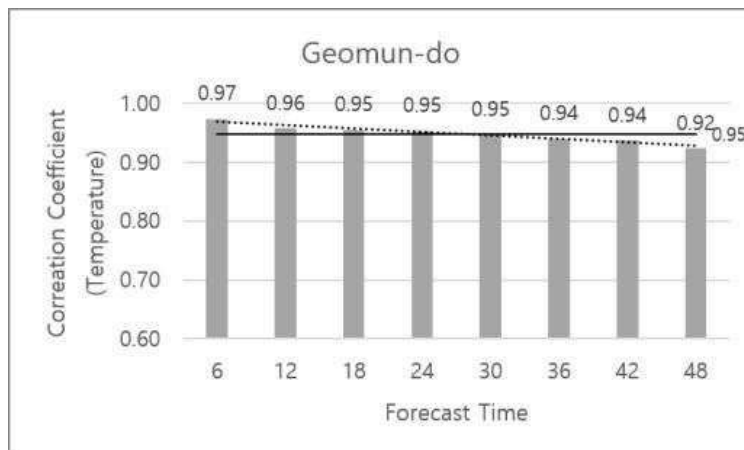
도면46



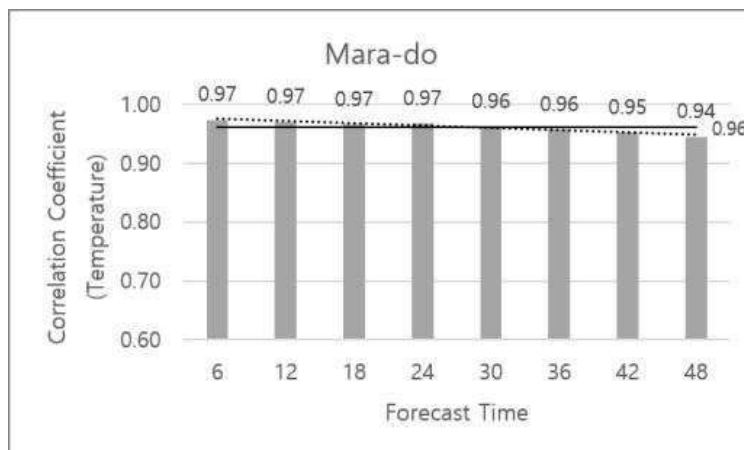
도면47



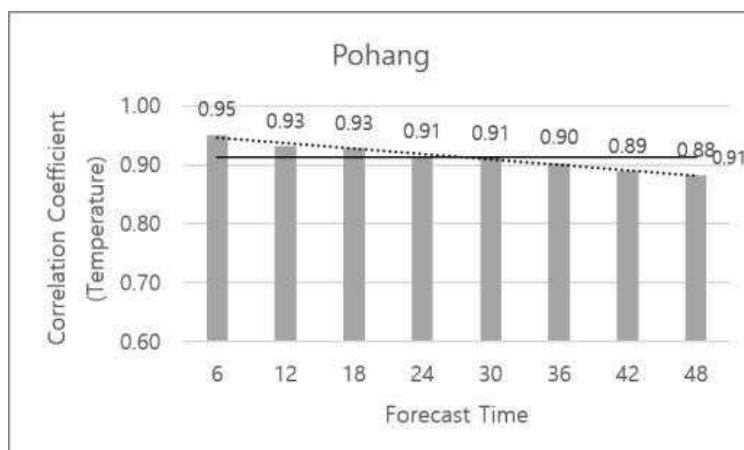
도면48



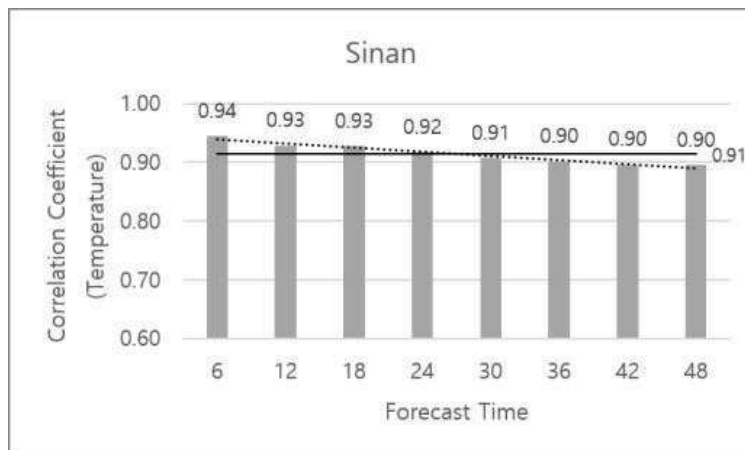
도면49



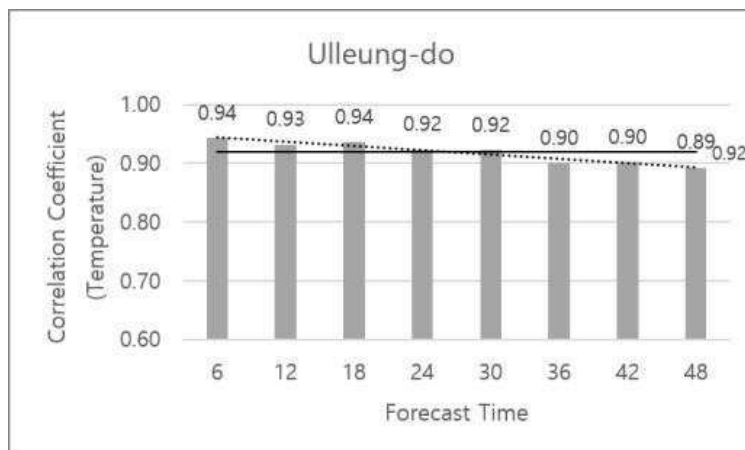
도면50



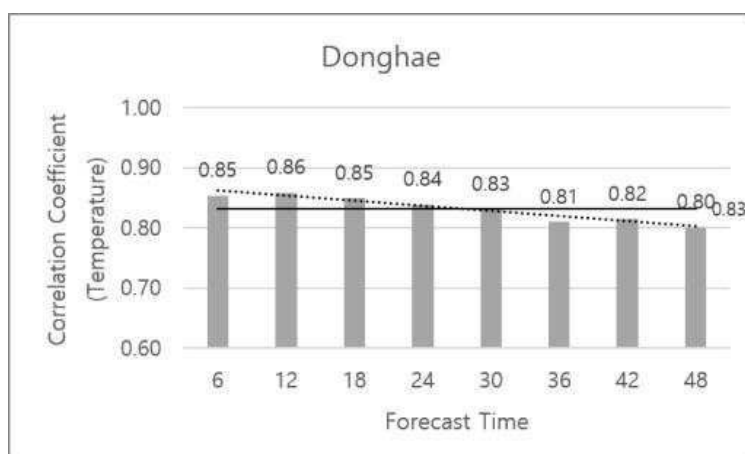
도면51



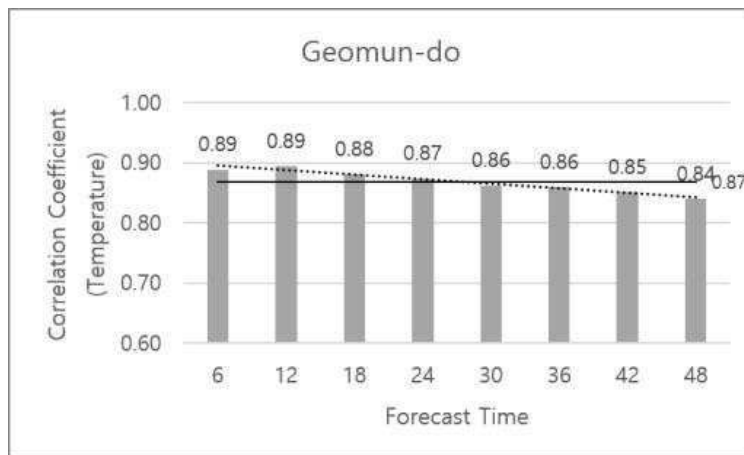
도면52



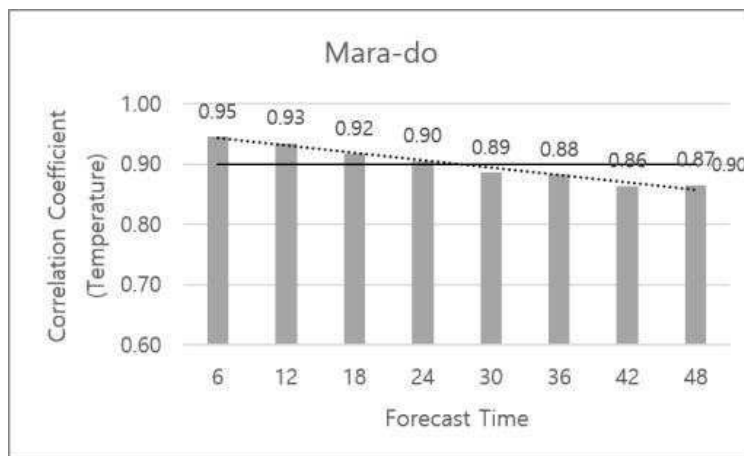
도면53



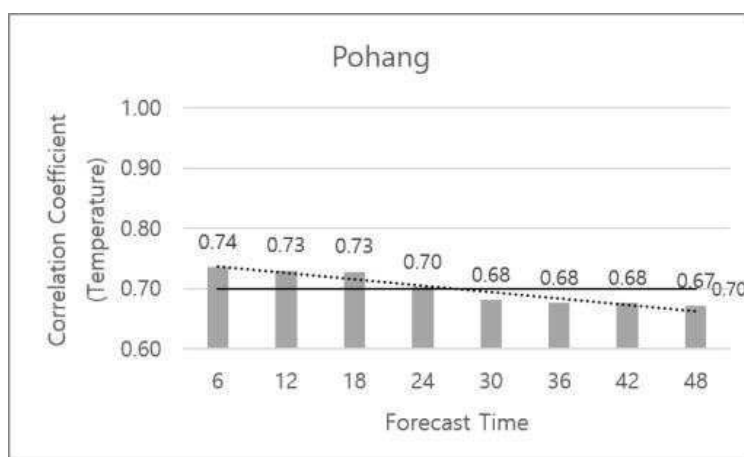
도면54



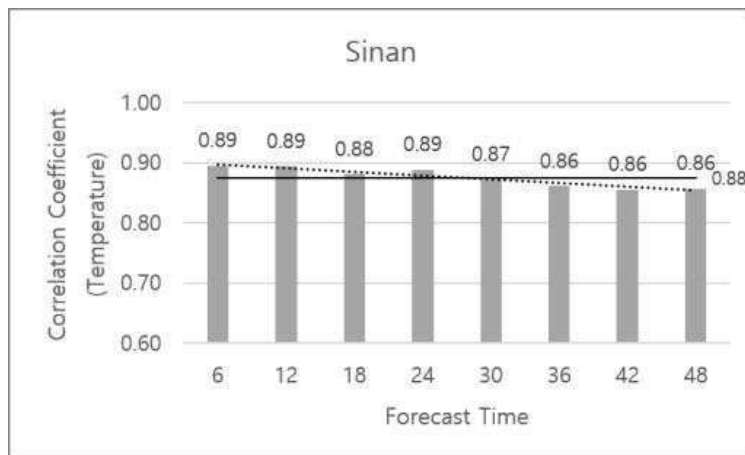
도면55



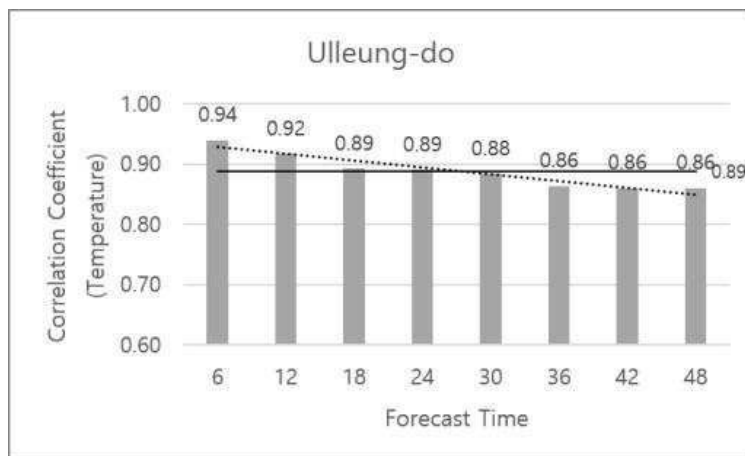
도면56



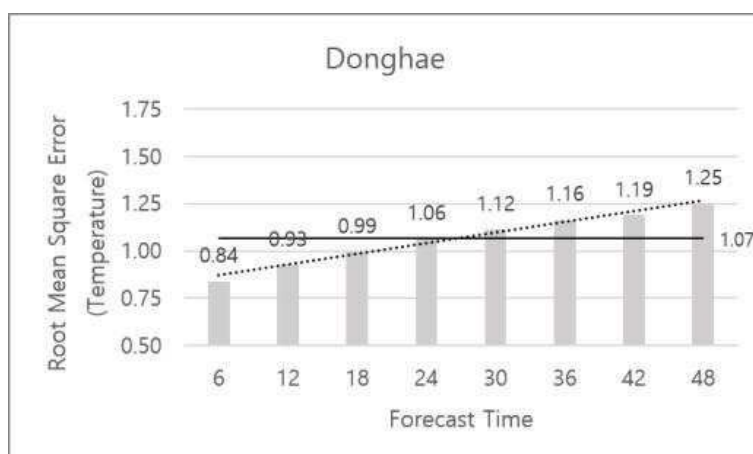
도면57



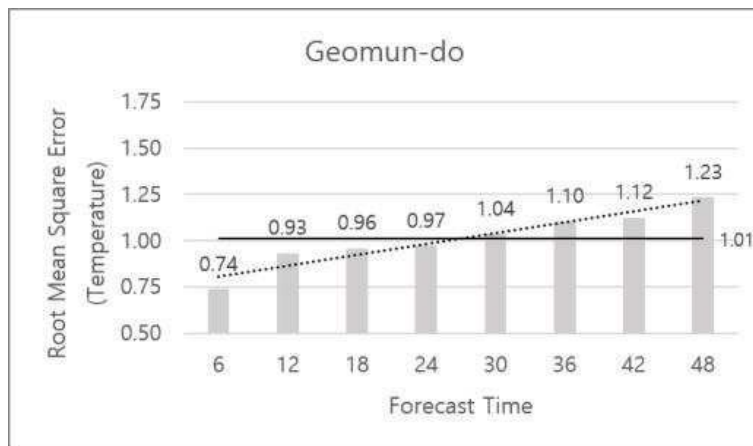
도면58



도면59



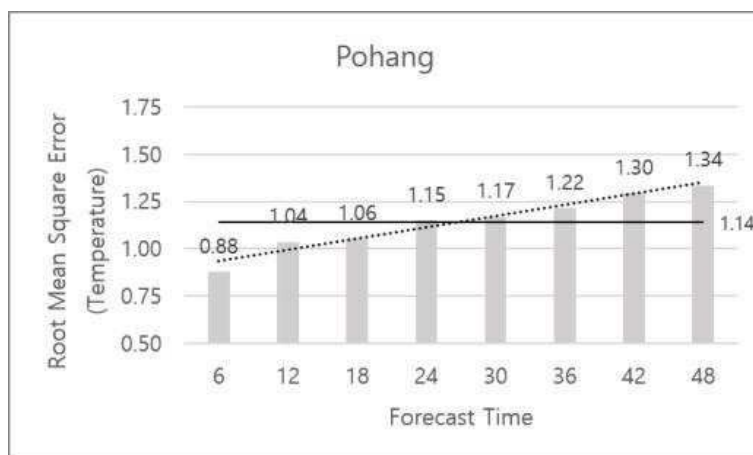
도면60



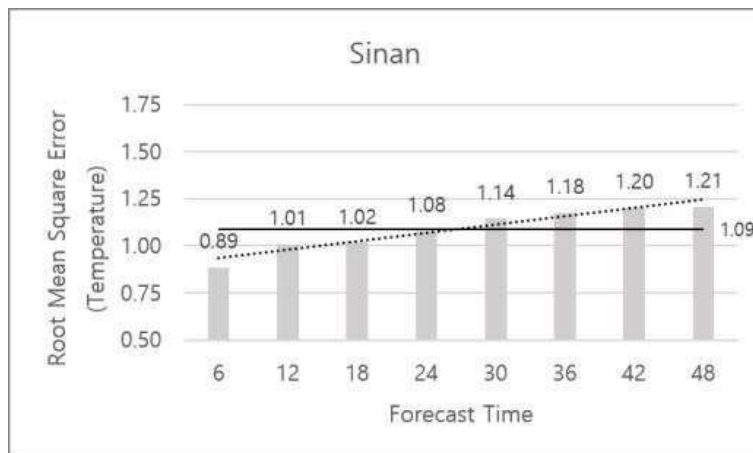
도면61



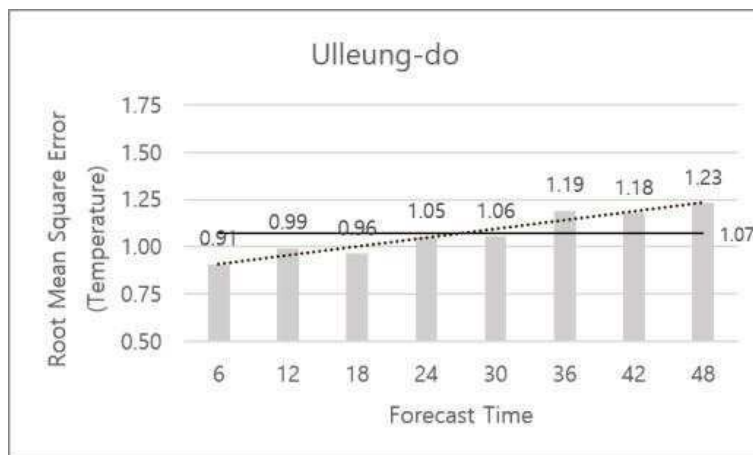
도면62



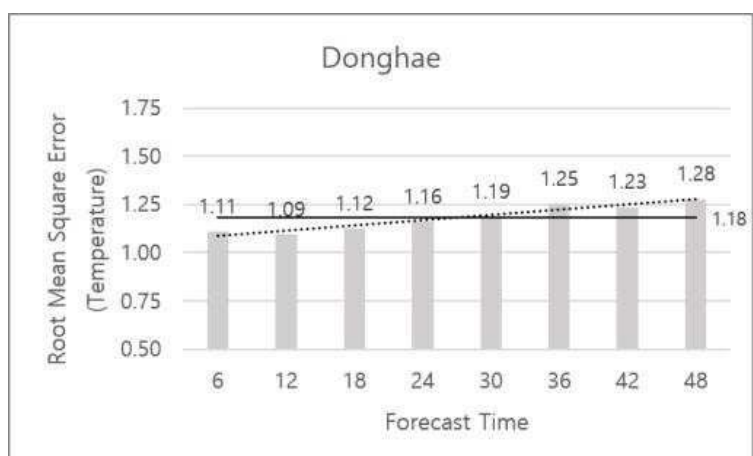
도면63



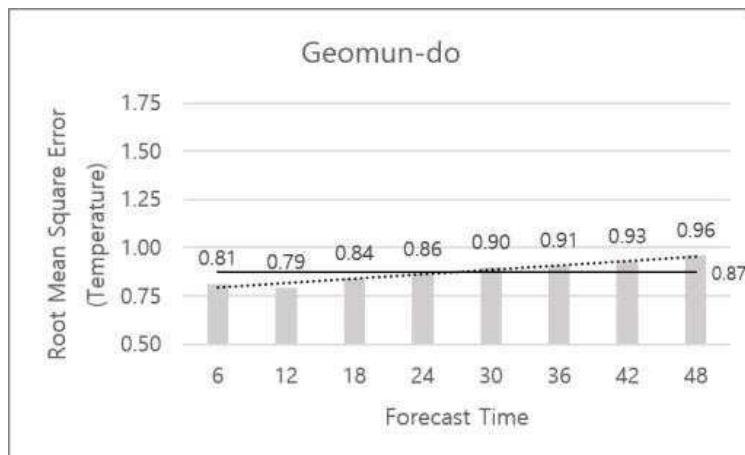
도면64



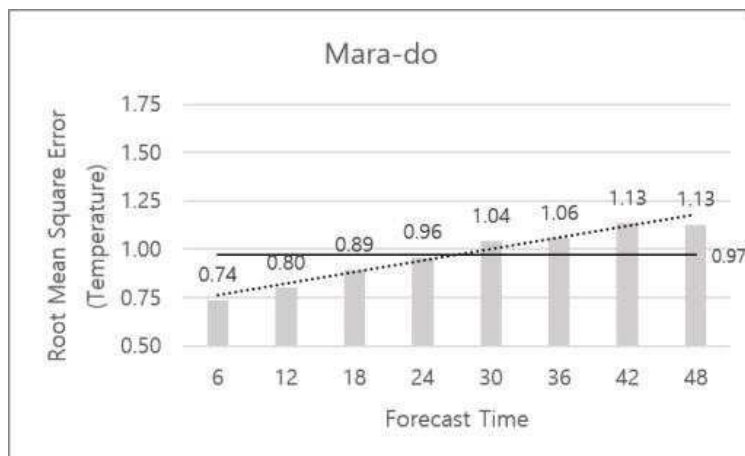
도면65



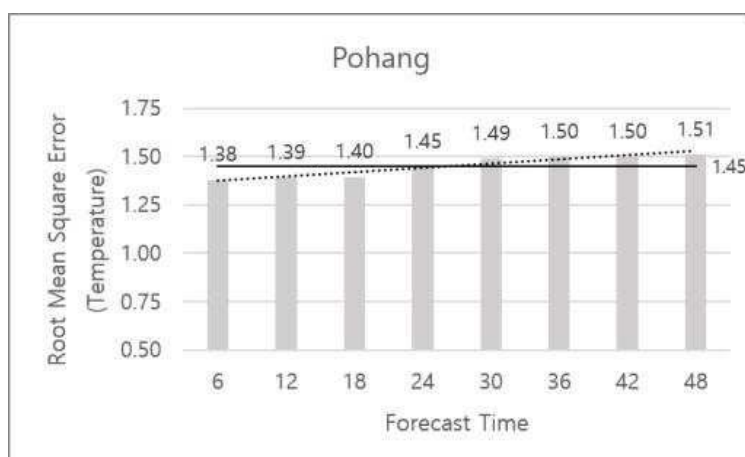
도면66



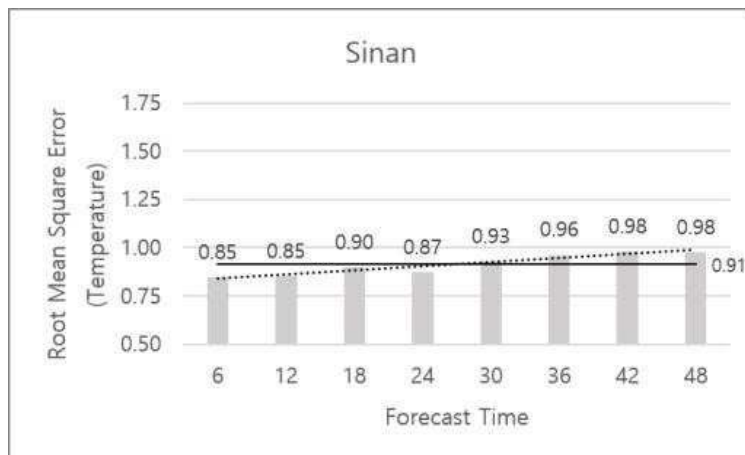
도면67



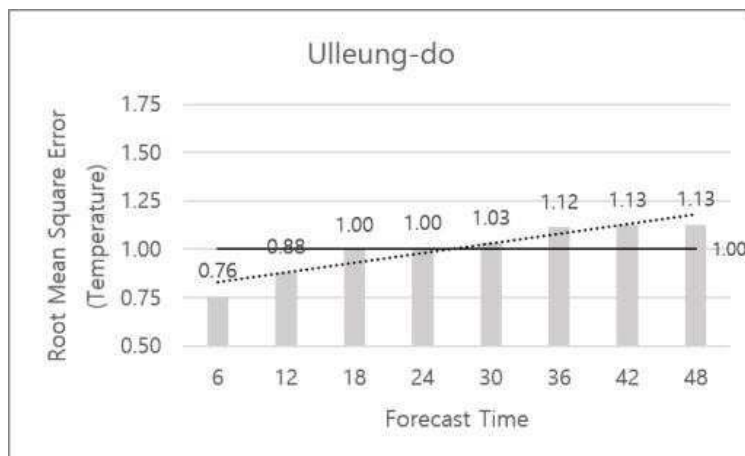
도면68



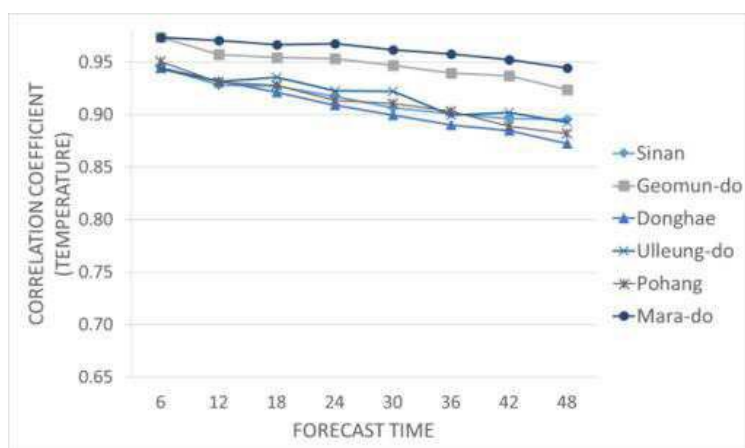
도면69



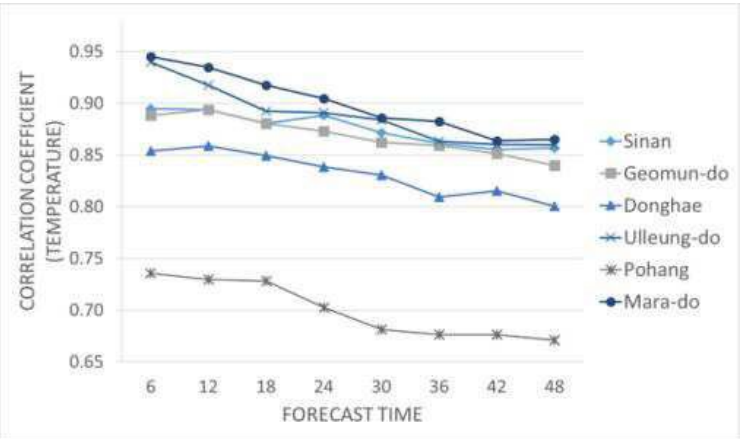
도면70



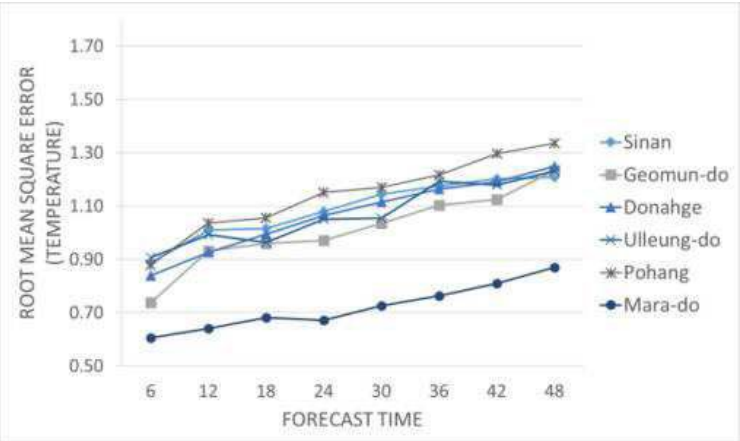
도면71



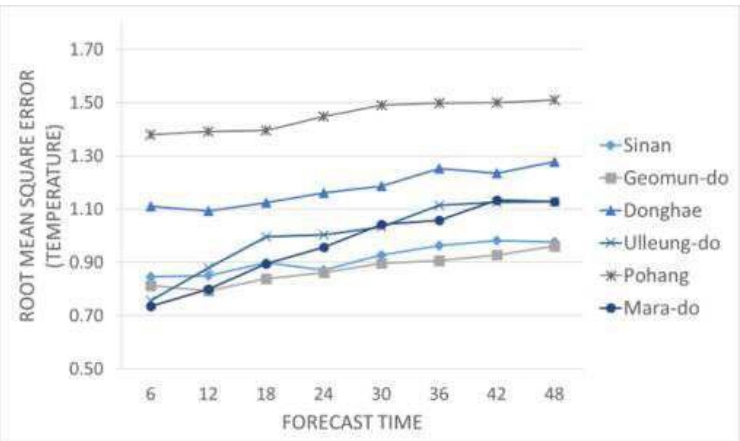
도면72



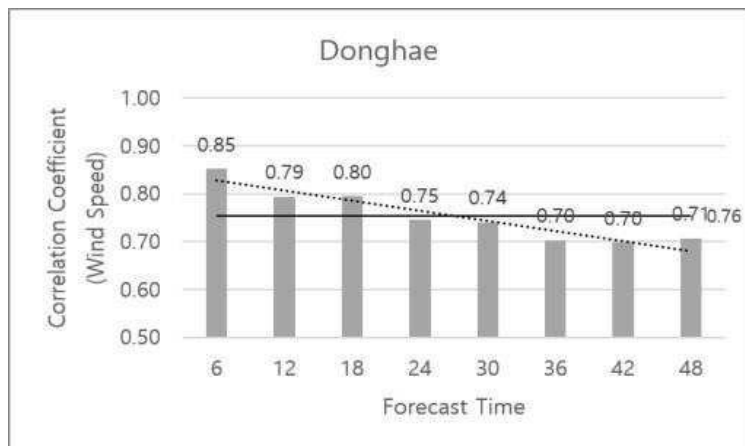
도면73



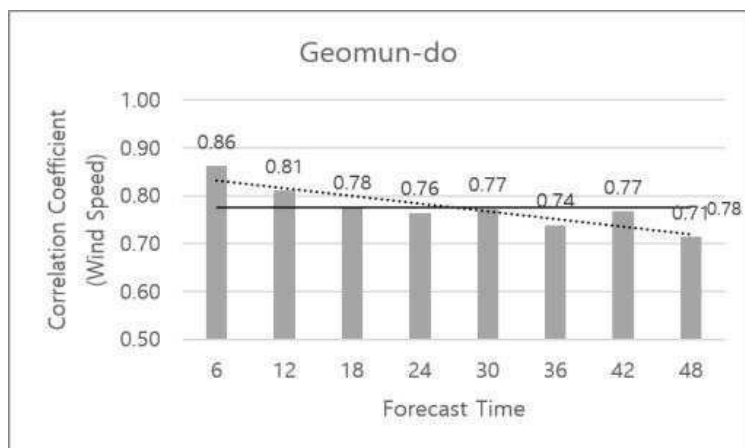
도면74



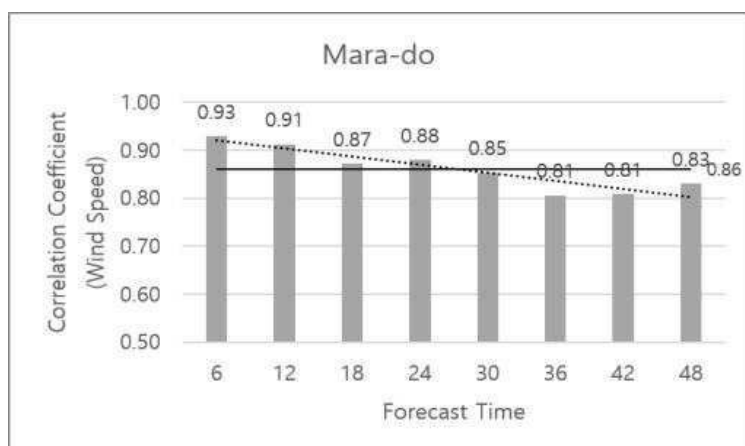
도면75



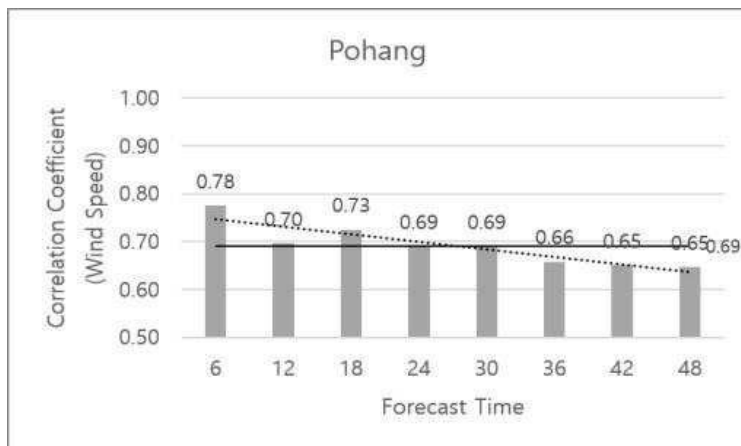
도면76



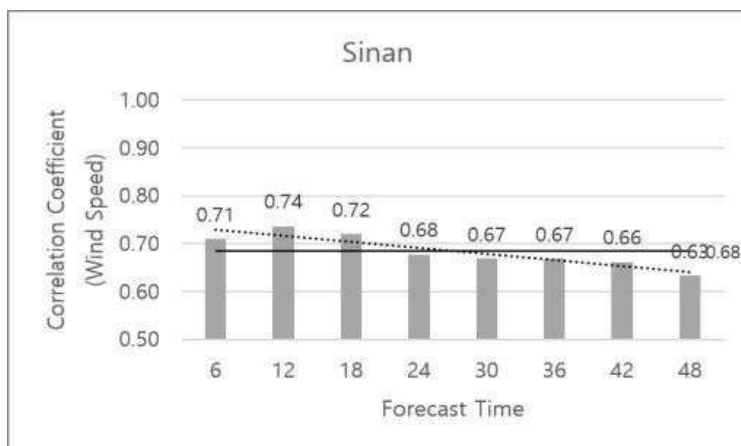
도면77



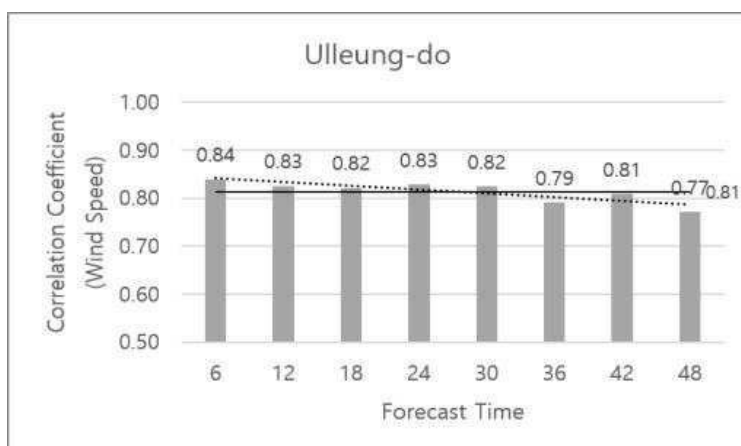
도면78



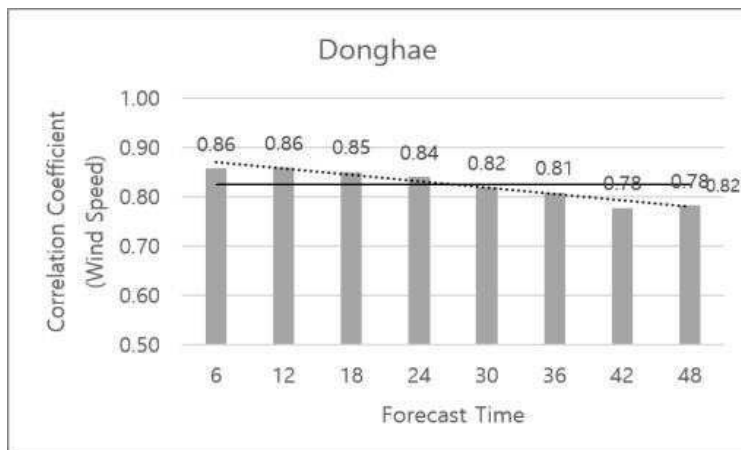
도면79



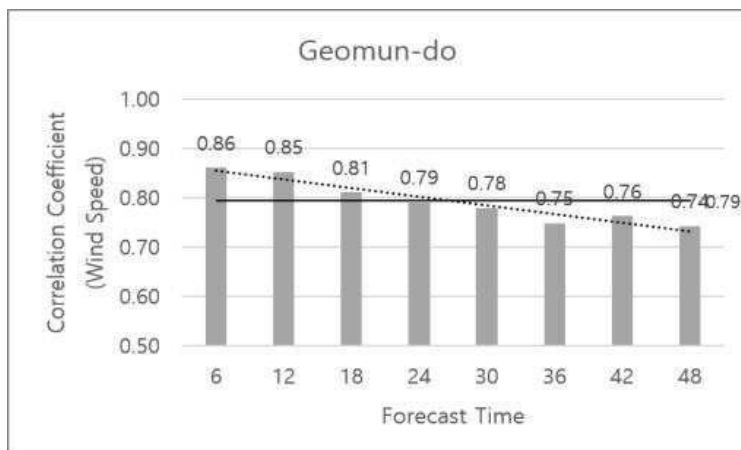
도면80



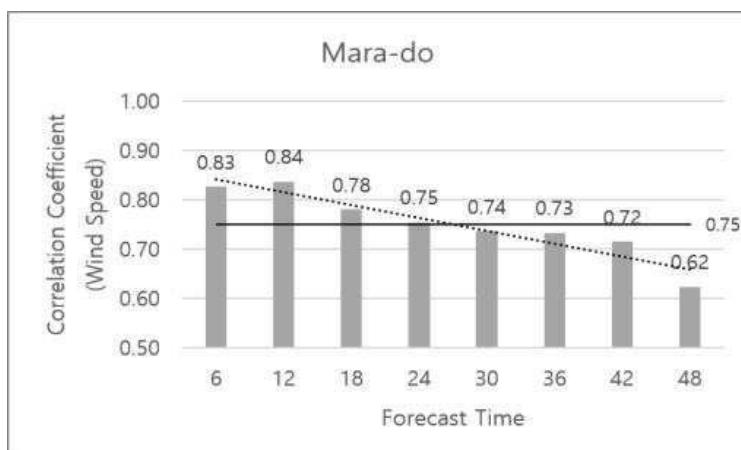
도면81



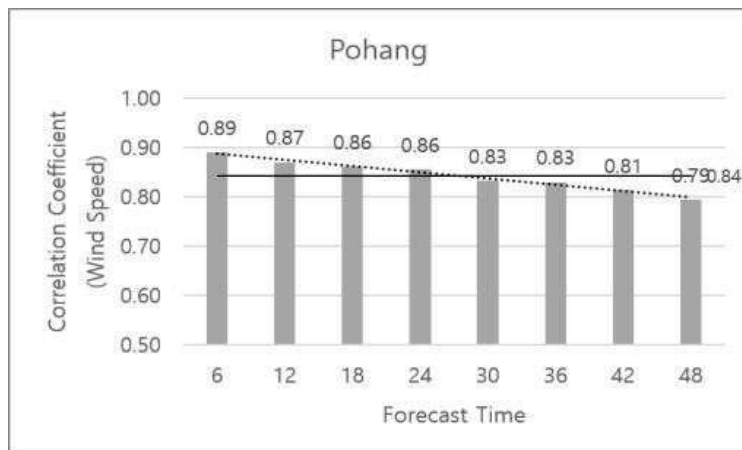
도면82



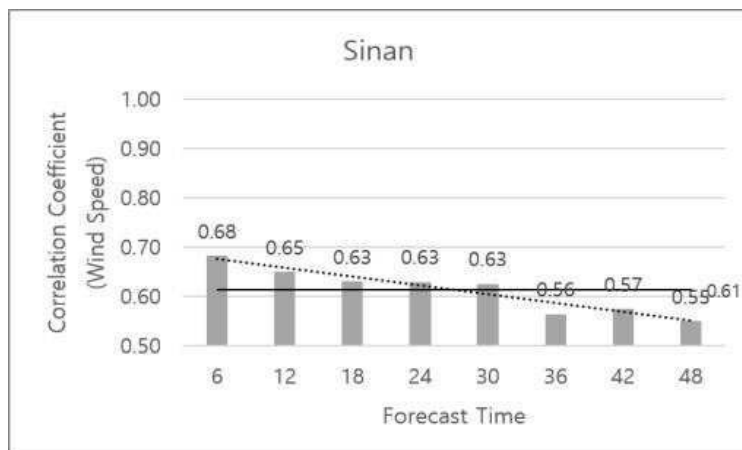
도면83



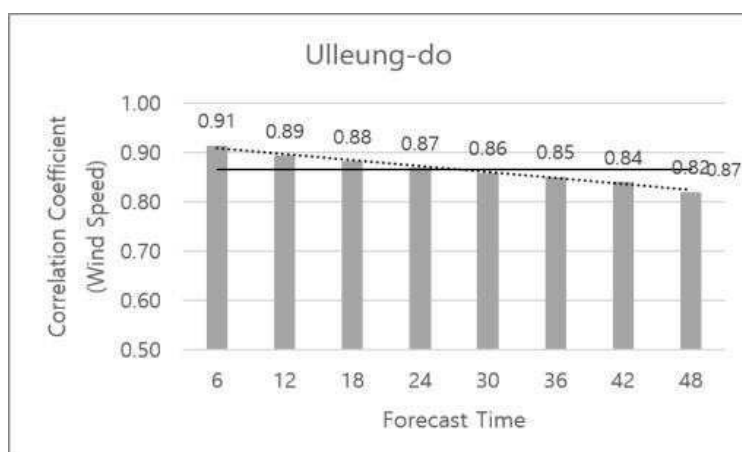
도면84



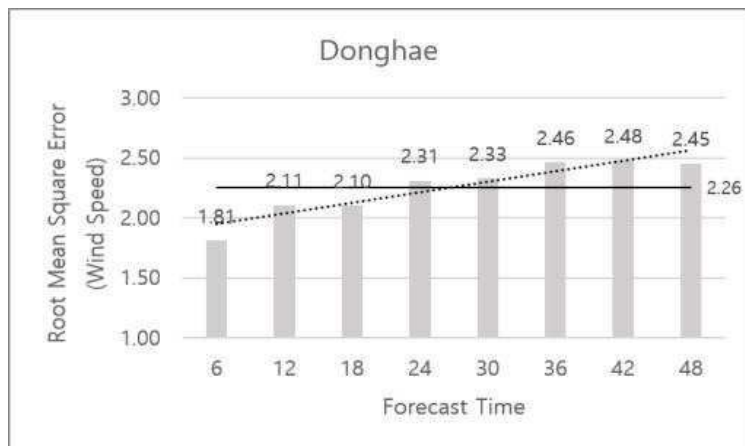
도면85



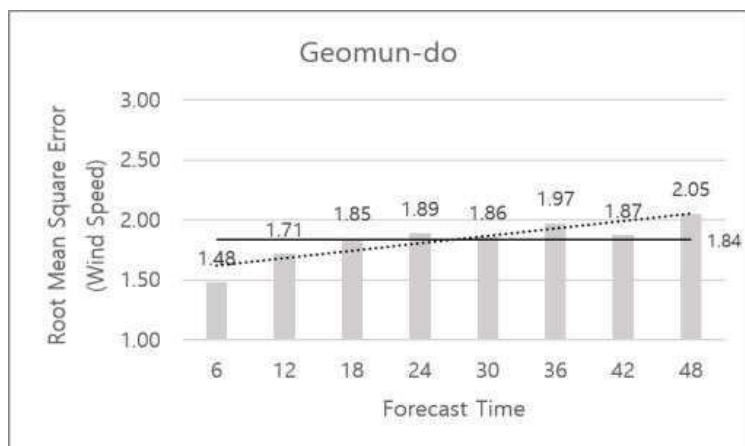
도면86



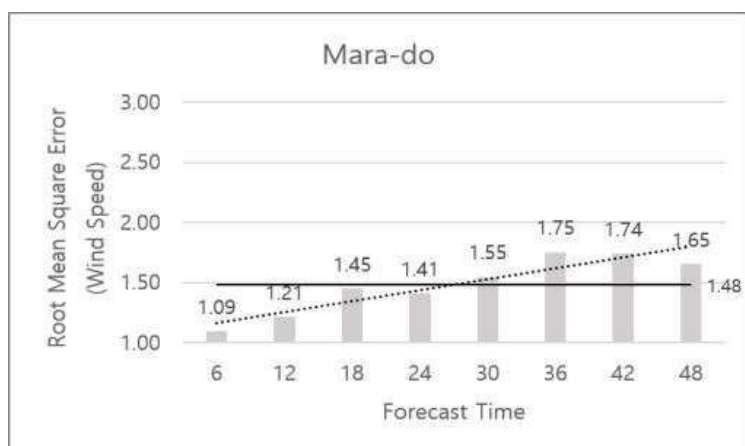
도면87



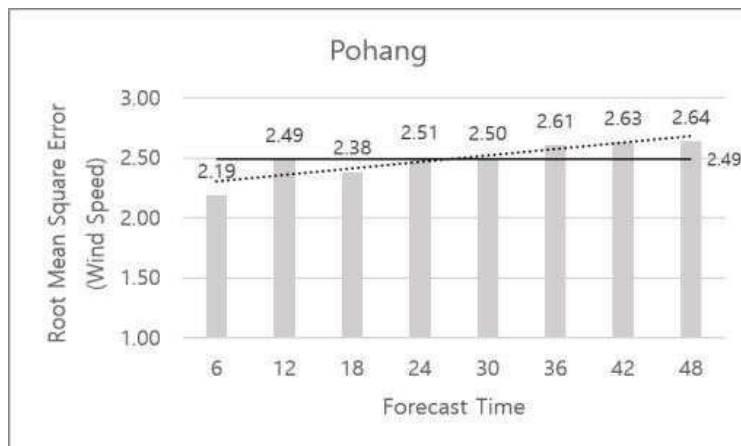
도면88



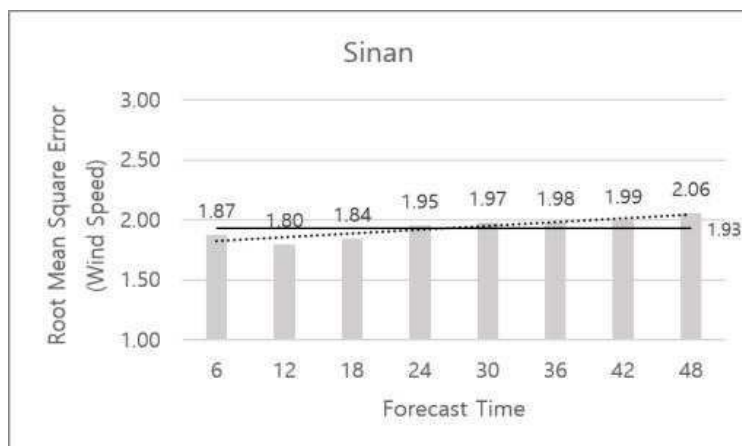
도면89



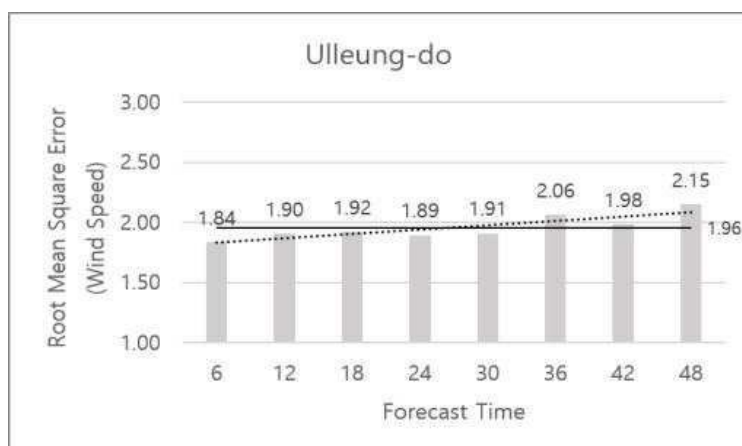
도면90



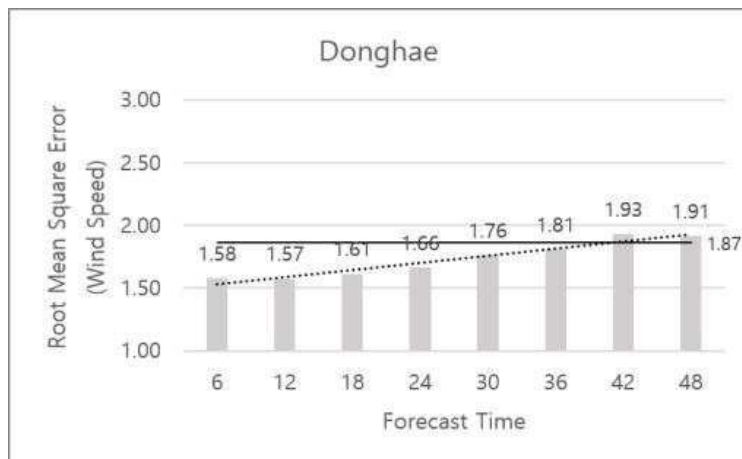
도면91



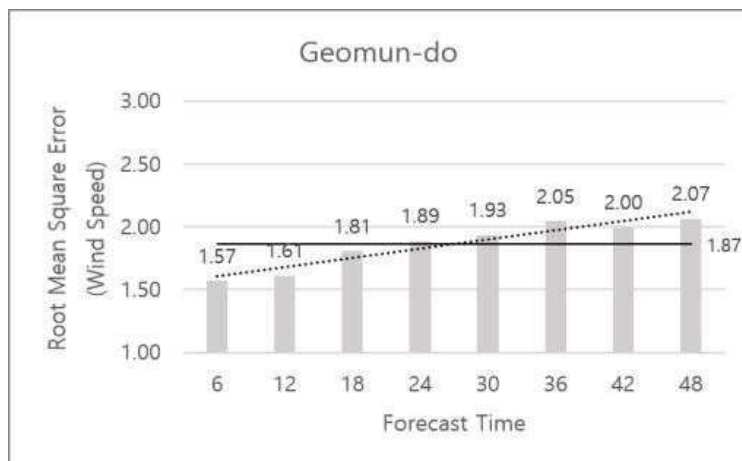
도면92



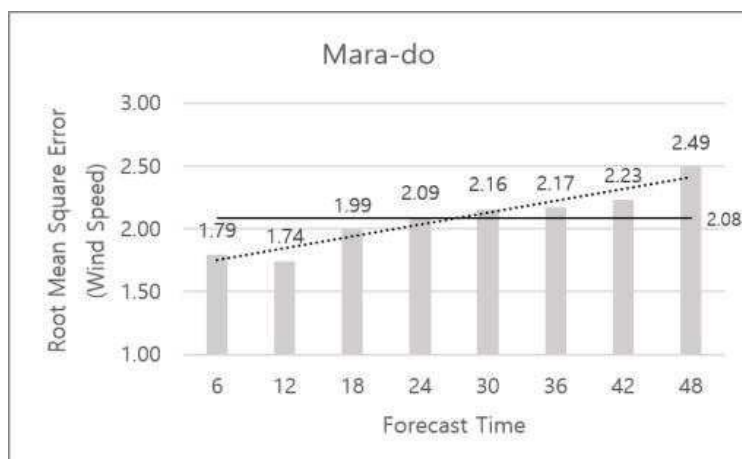
도면93



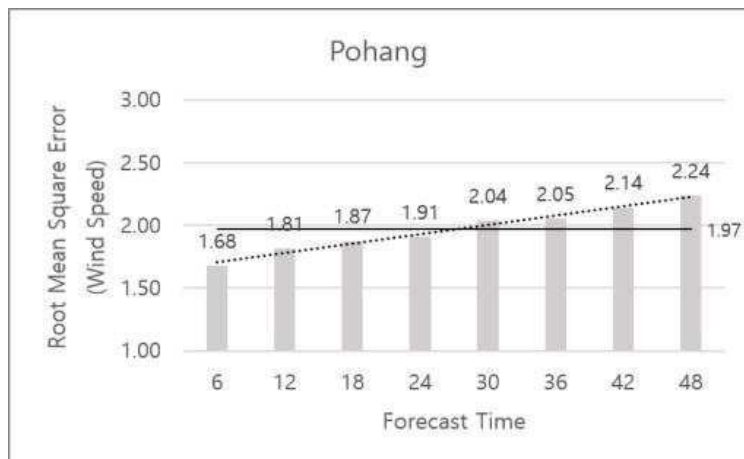
도면94



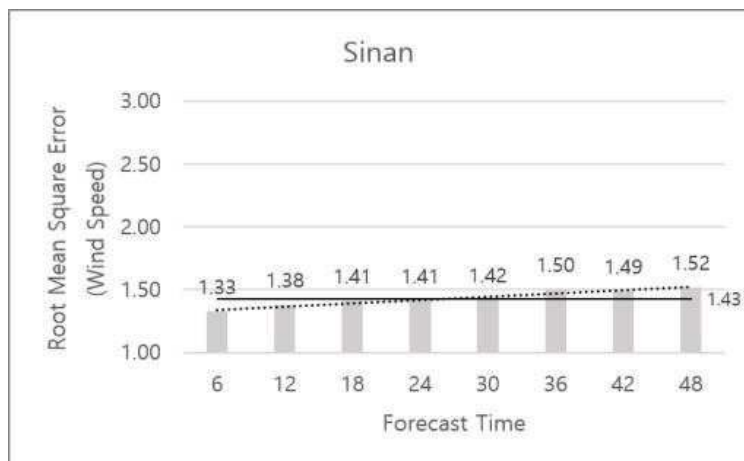
도면95



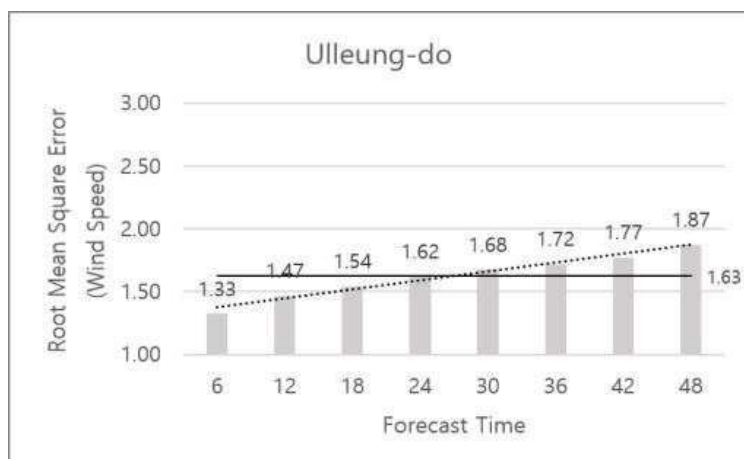
도면96



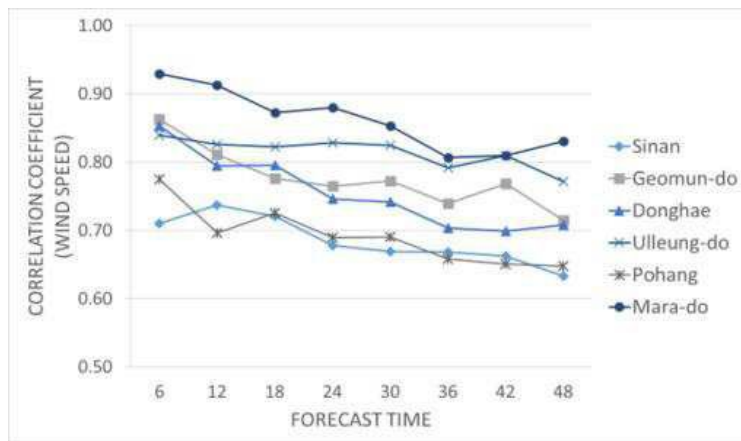
도면97



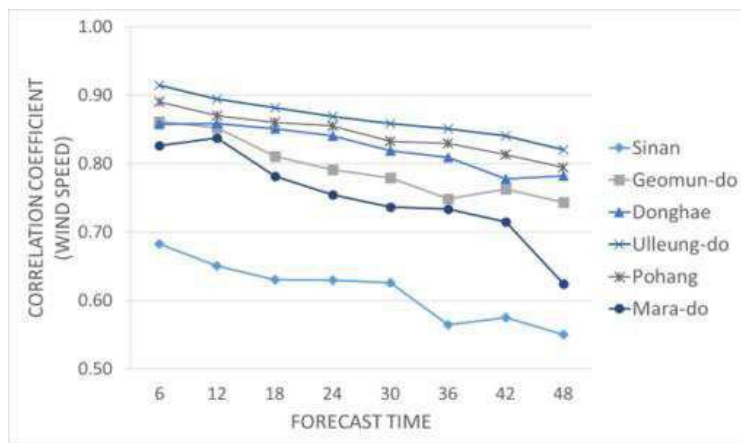
도면98



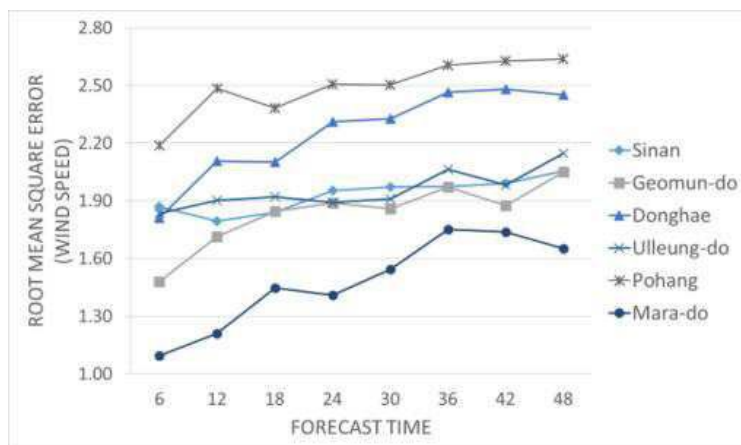
도면99



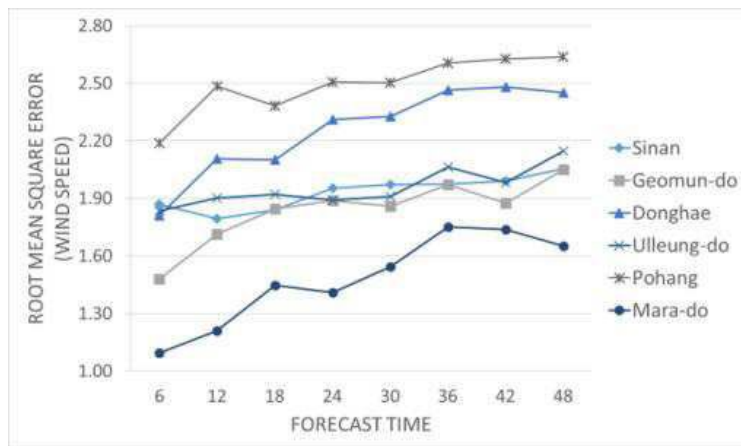
도면100



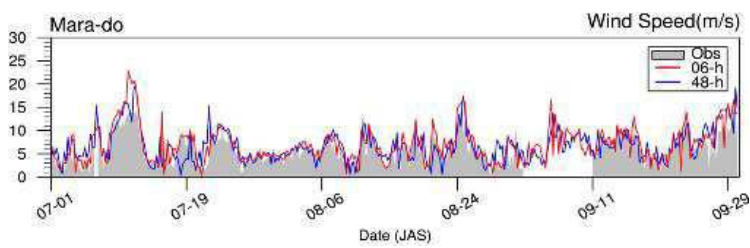
도면101



도면102



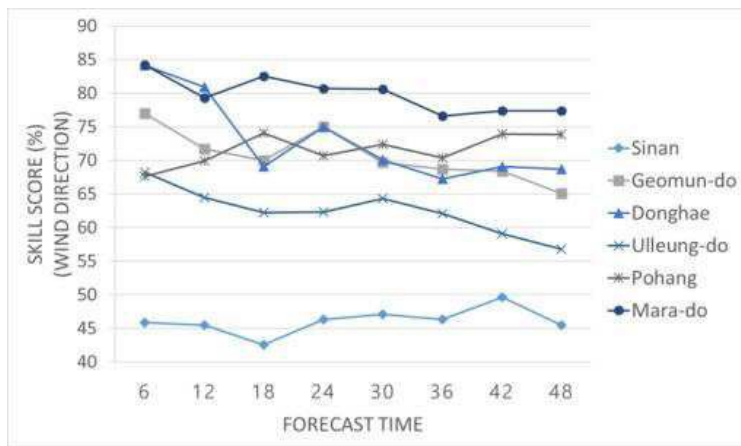
도면103



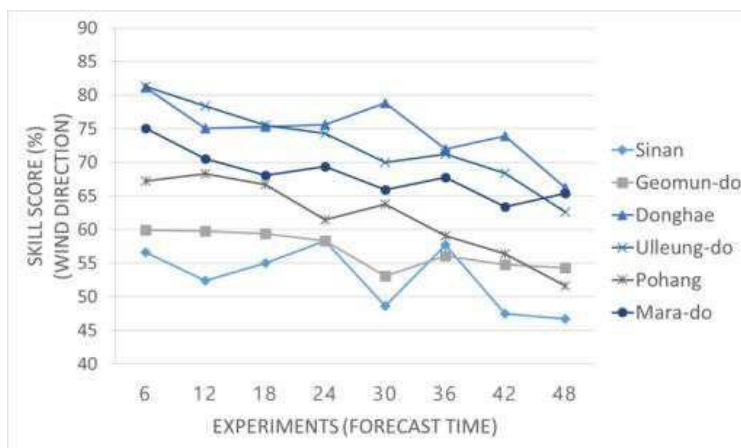
도면104



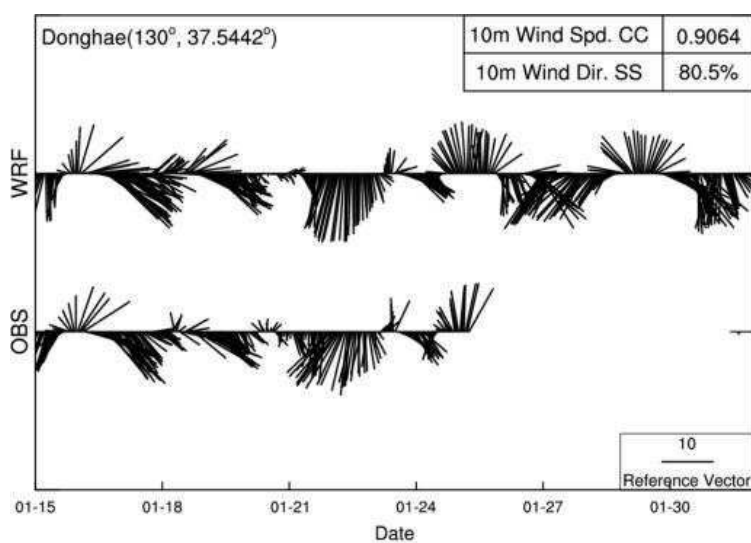
도면105



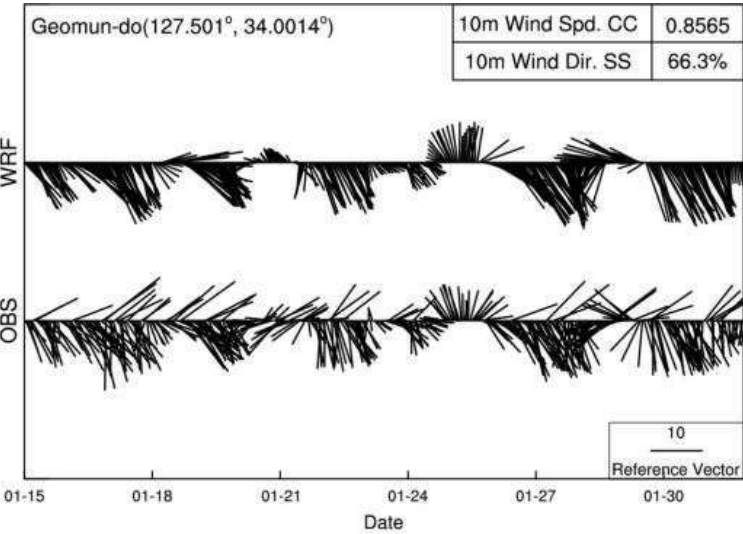
도면106



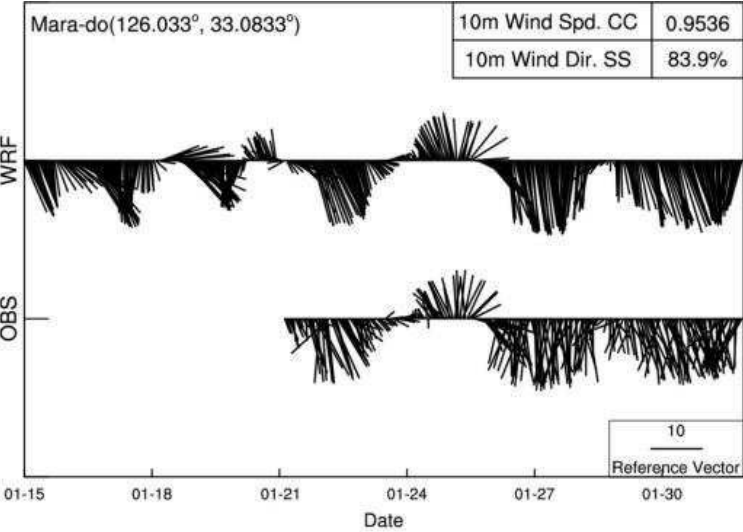
도면107



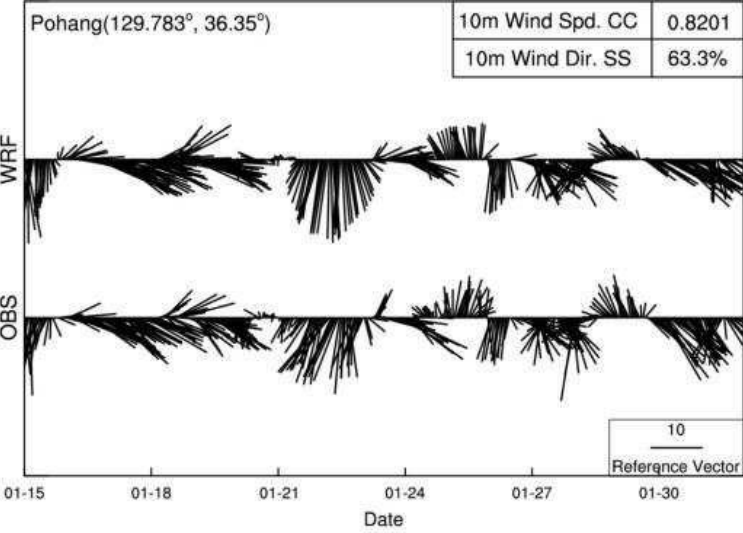
도면108



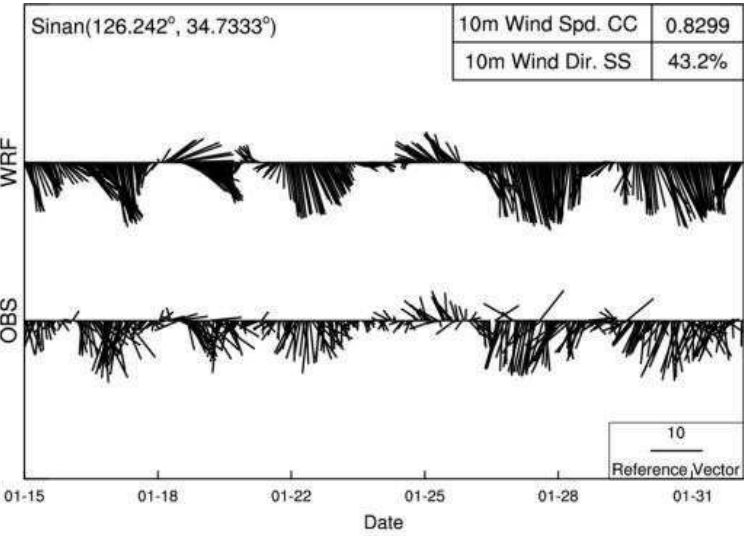
도면109



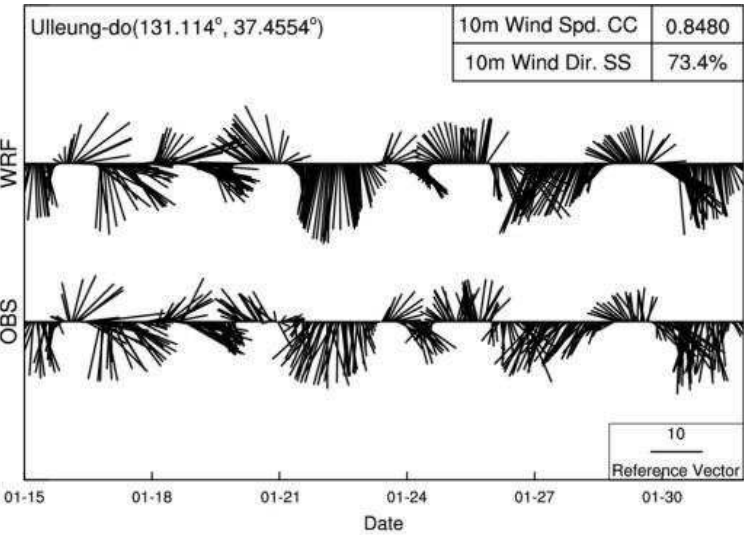
도면110



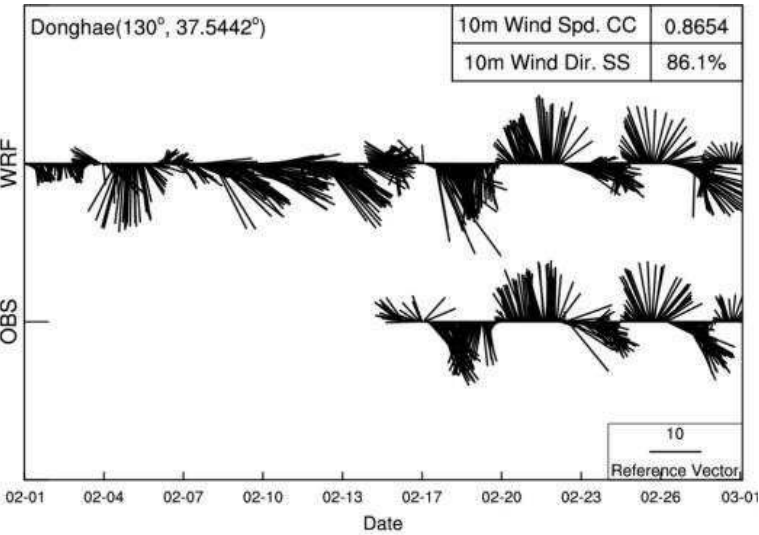
도면111



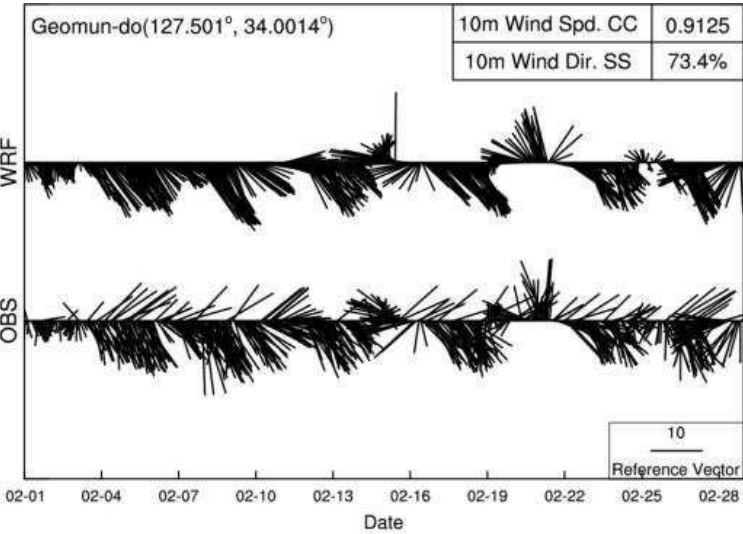
도면112



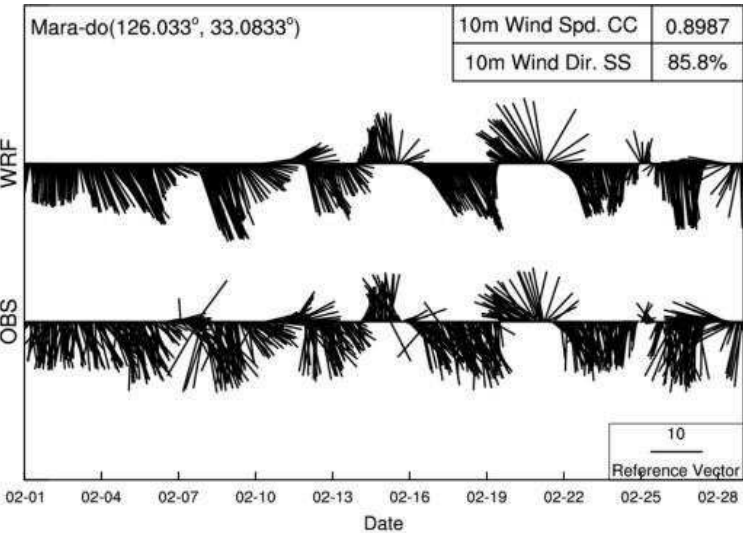
도면113



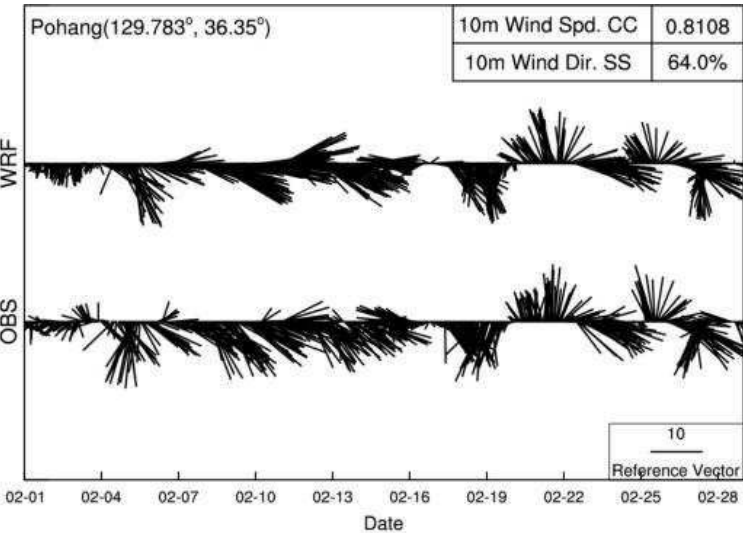
도면114



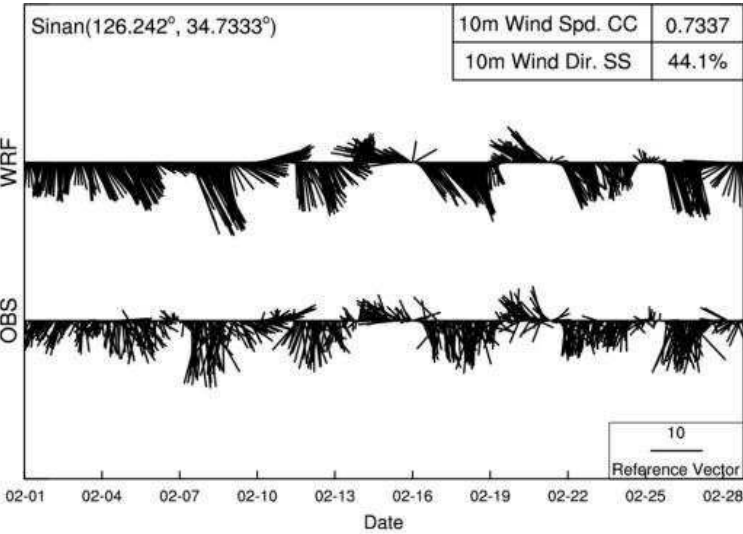
도면115



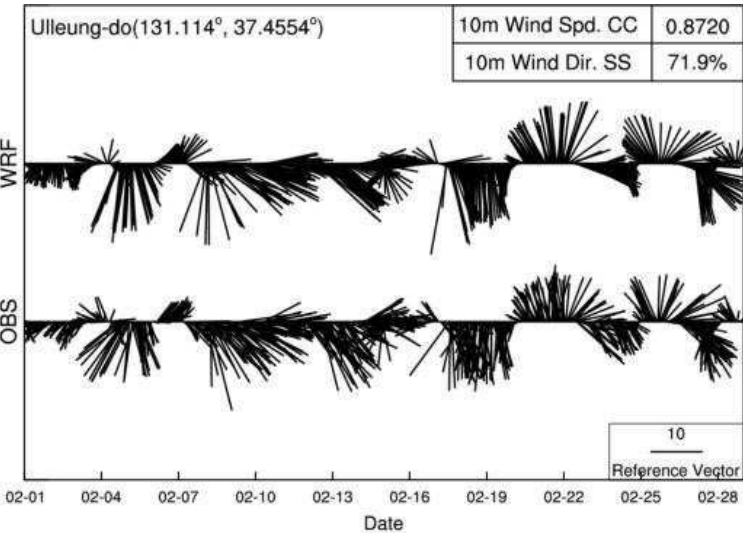
도면116



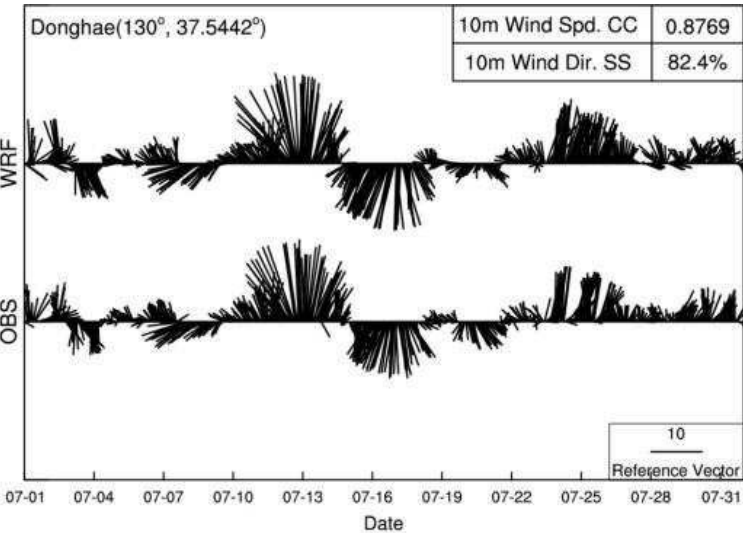
도면117



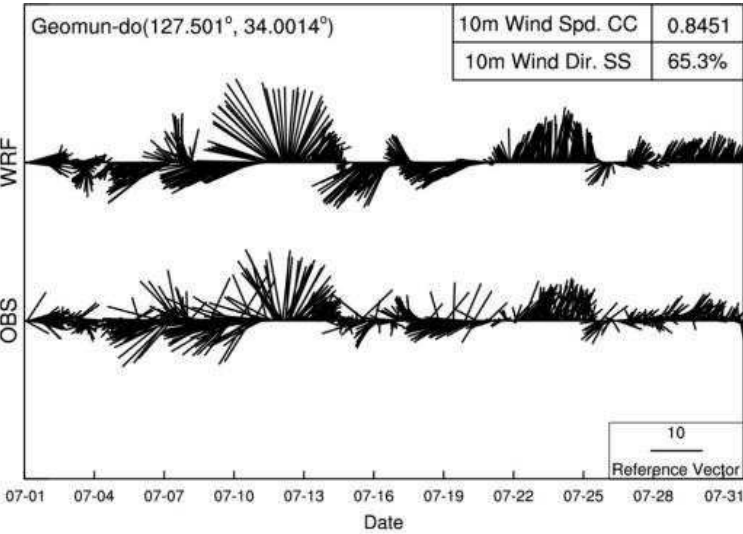
도면118



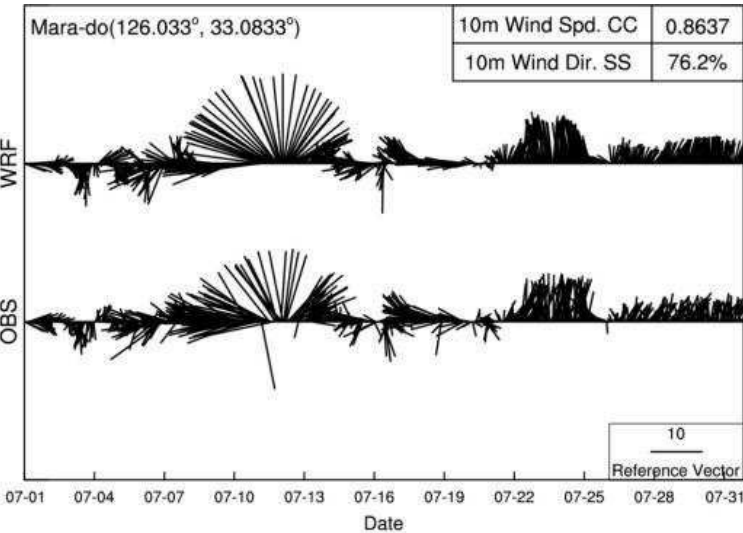
도면119



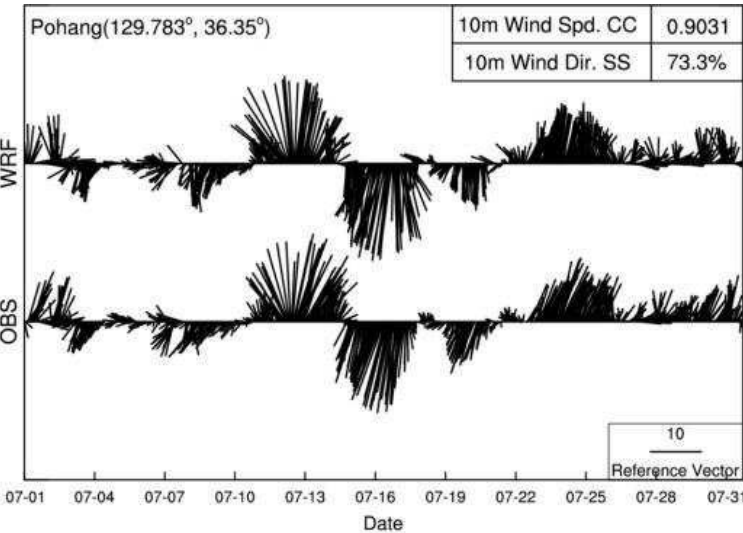
도면120



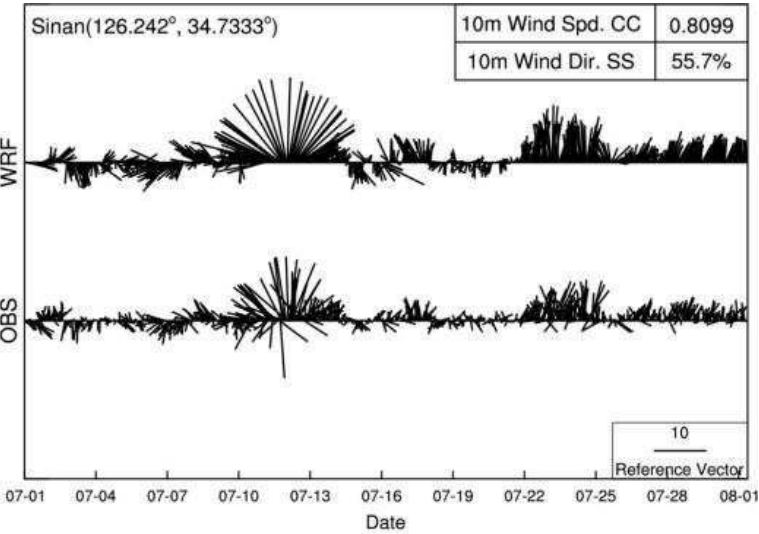
도면121



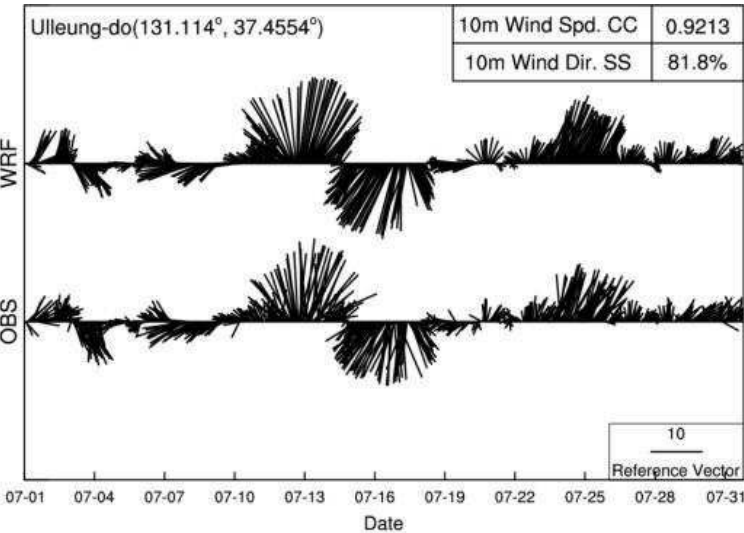
도면122



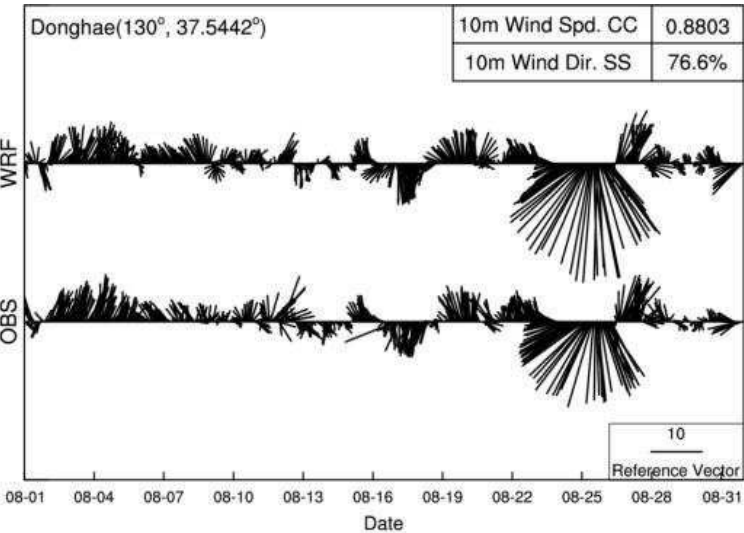
도면123



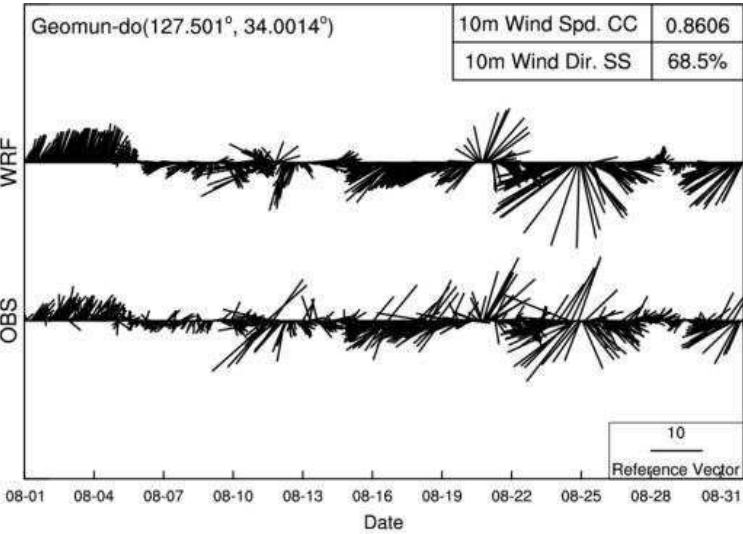
도면124



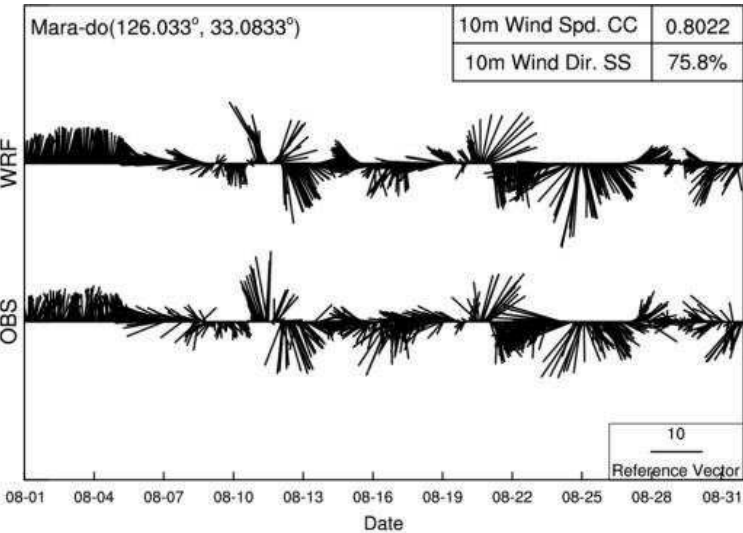
도면125



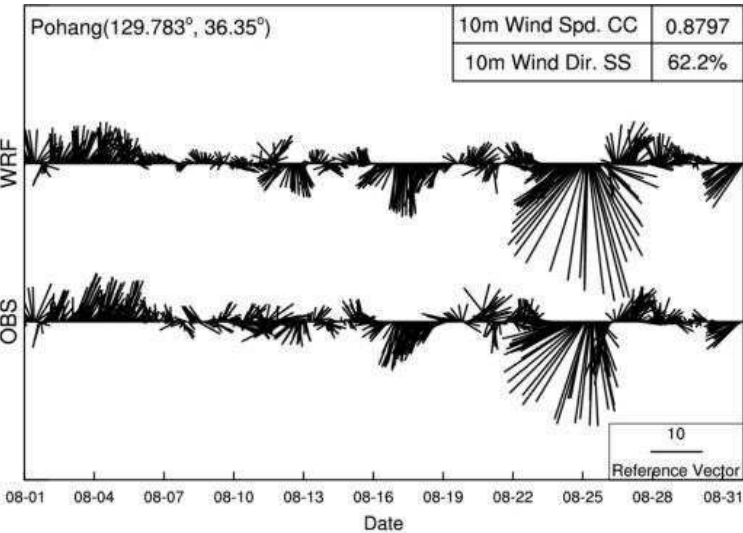
도면126



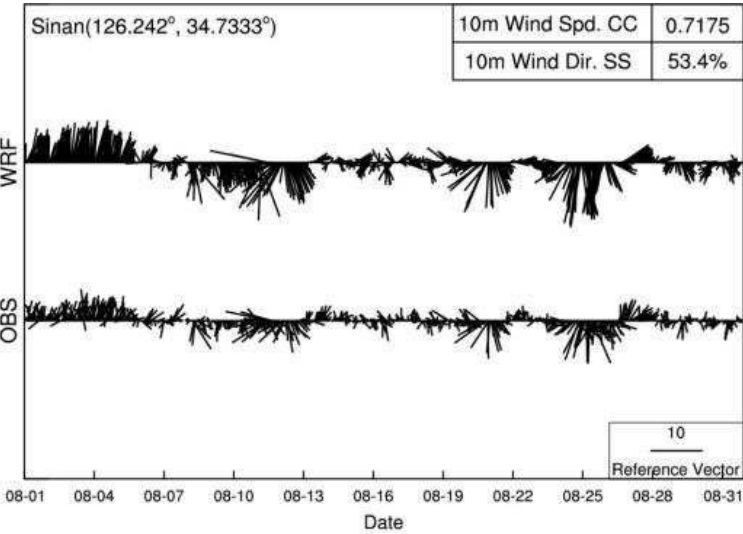
도면127



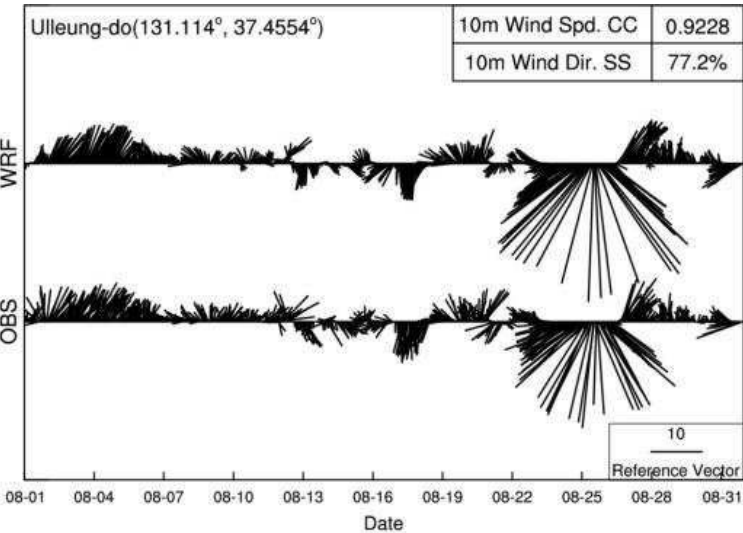
도면128



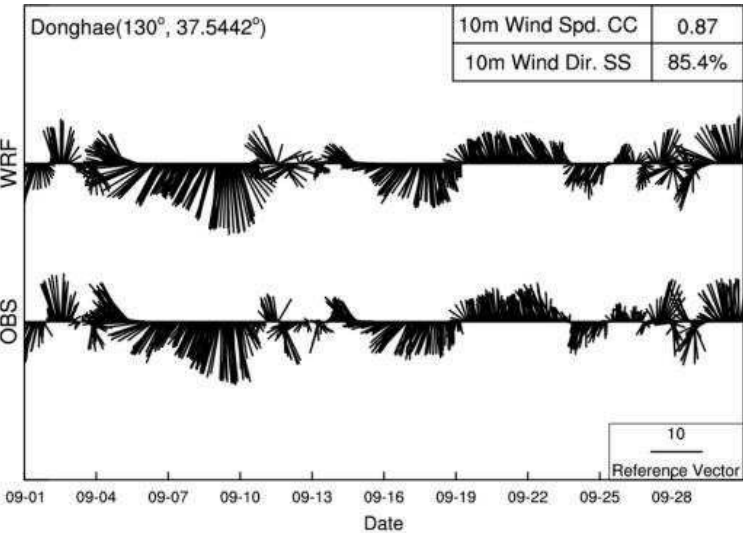
도면129



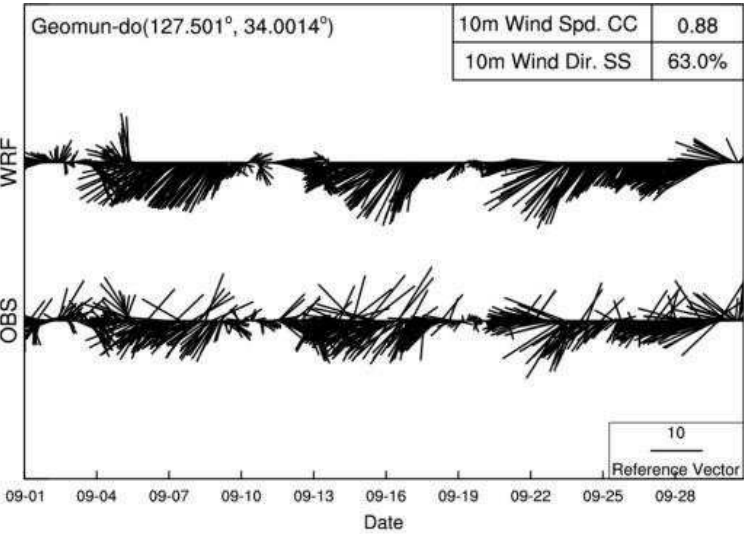
도면130



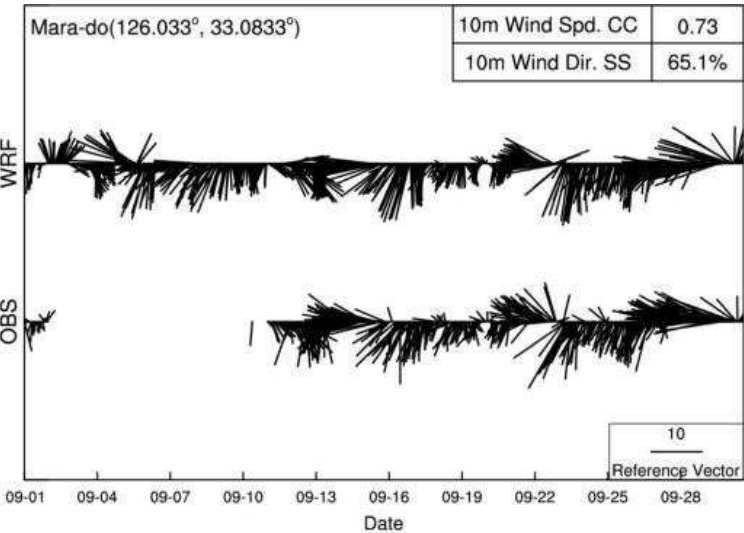
도면131



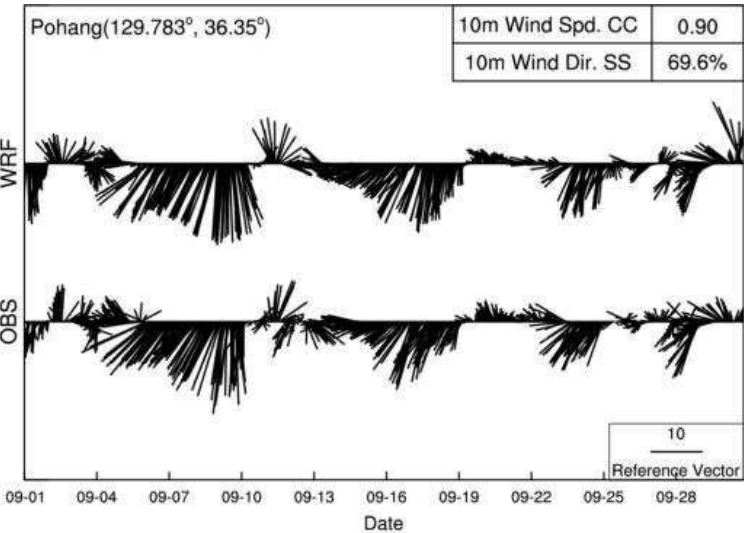
도면132



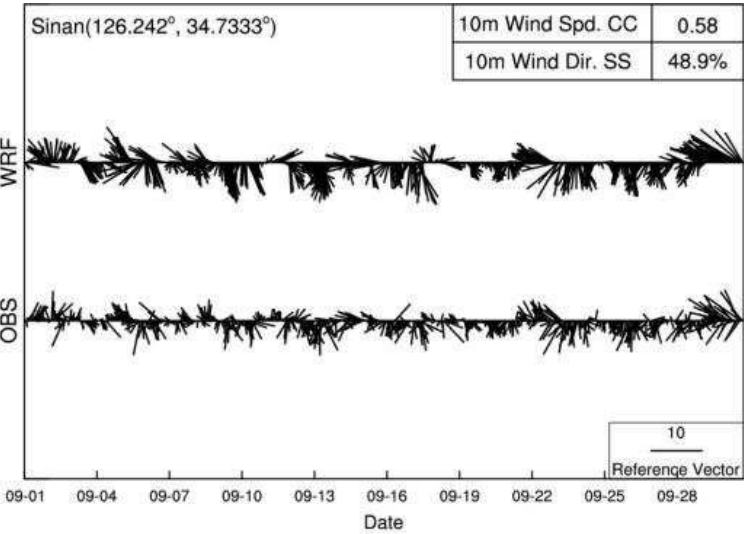
도면133



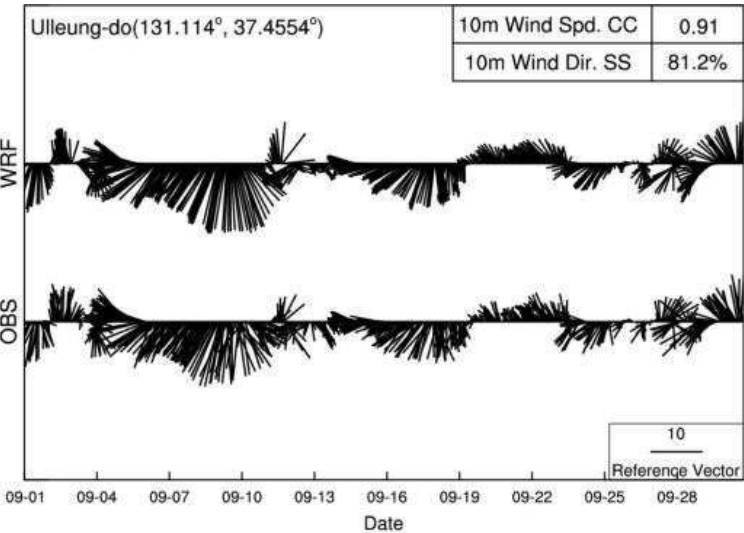
도면134



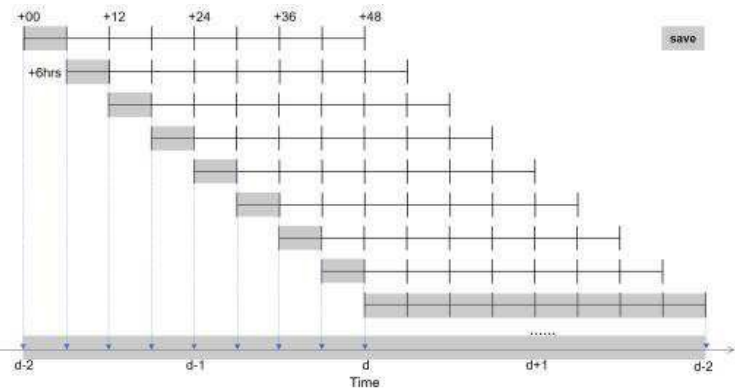
도면135



도면136



도면137



도면138

