

고해상도 풍력 기상자원지도 설명자료

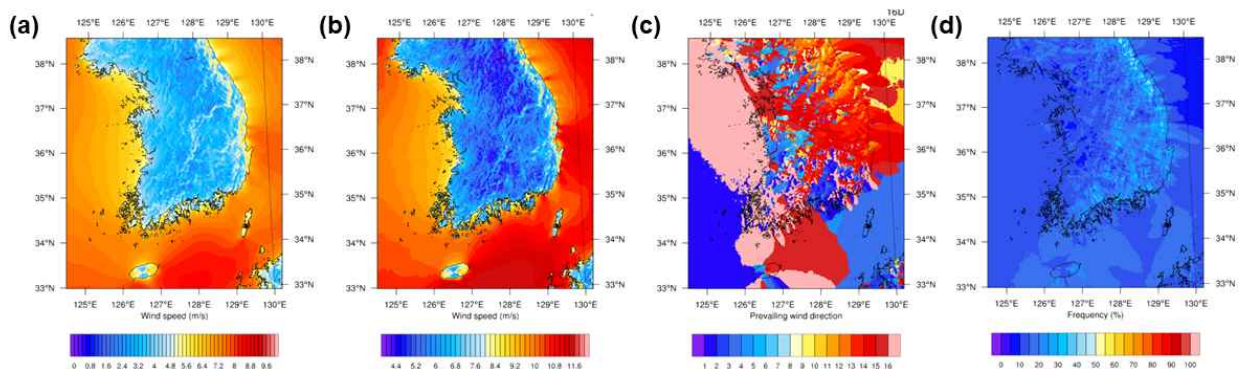
【 2021. 8. 27.(금) / 국립기상과학원 미래기반연구부 】

□ 개요

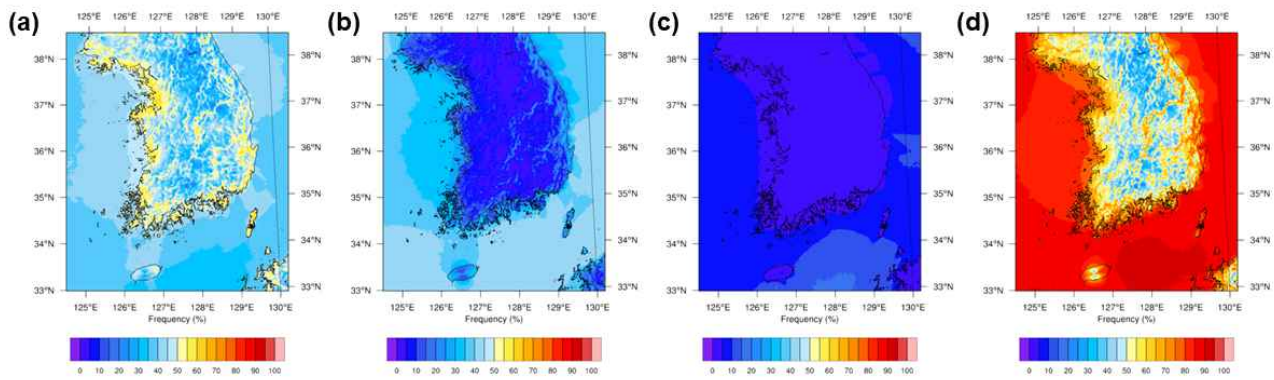
- 국립기상과학원 미래기반연구부에서는 신재생에너지 생산 확대 지원을 위해 고해상도의 수치자료를 이용하여 남한영역에 대한 풍력 기상자원지도를 만들었습니다.
- 고해상도 수치자료를 만들기 위해 우리나라의 복잡한 지형 특성을 고려할 수 있는 규모상세화 기법(참고1)을 개발하고 적용하였습니다.
- 풍력 기상자원지도를 통해 최근 5년('16.7~'21.6) 동안의 평균적인 바람특성을 알 수 있습니다.

□ 고해상도(100 m) 풍력 기상자원지도

- 풍력 기상자원지도 종류(5종): 평균 풍속, 평균 일 최고풍속, 가용풍속 비율 (3~25, 3~7, 7~13, 13~25 m/s), 주풍향, 주풍향 비율
 - 기간: 2016년 7월 1일 ~ 2021년 6월 30일(5년)
 - 수평 해상도: 100 m
 - 영역/격자수: 남한전역/6900(동-서)×6750(남-북)
 - 고도: 10 m, 80 m
 - 구분: 전체기간, 계절별, 월별, 시간별 평균



[80 m 고도 (a)평균 풍속, (b)평균 일 최고풍속, (c)주풍향, (d)주풍향 비율]



[80 m 고도 가용풍속 비율<(a)3~25, (b)3~7, (c)7~13, (d)13~25 m/s>]

□ 고해상도(100 m) 풍력 기상자원지도 검증 결과

○ 10 m 고도 풍속

- 기간: 2016.07.01. ~ 2021.06.30. (5년)
- 자료: 풍속 일 8회 분석장(00, 03, 06, 09, 12, 15, 18, 21 UTC)
- 지점: 지상관측 258개(ASOS + AWS) 지점
- 결과
 - 검증 기간 동안 남한 전역 격자점의 10 m 고도의 평균 풍속은 4.95 m/s(육상 2.32 m/s)이며, 표준편차는 1.98 m/s(육상 1.06 m/s)임. 또한 관측자료와의 MBE는 0.35 m/s, RMSE는 1.97 m/s 로 나타났음

* MBE(Mean Bias Error): 평균 편향 오차(편의), RMSE(Root Mean Square Error): 평균제곱근 오차

[시간별 10 m 풍속의 MBE와 RMSE]

	10 m 풍속(m/s)	
	MBE	RMSE
00KST	0.58	1.95
03KST	0.61	1.95
06KST	0.63	1.96
09KST	0.31	1.86
12KST	-0.18	1.94
15KST	-0.09	2.06
18KST	0.35	2.03
21KST	0.59	2.00

[계절별 10 m 풍속의 MBE와 RMSE]

	10 m 풍속(m/s)	
	MBE	RMSE
Spring	0.04	1.91
Summer	0.41	1.83
Fall	0.66	2.06
Winter	0.30	2.07

[월별 10 m 풍속의 MBE와 RMSE]

	10 m 풍속(m/s)	
	MBE	RMSE
Jan.	0.21	1.99
Feb.	0.10	1.98
Mar.	0.02	1.90
Apr.	0.01	1.96
May.	0.09	1.87
Jun.	0.08	1.57
Jul.	0.56	1.92
Aug.	0.57	1.95
Sep.	0.65	1.98
Oct.	0.70	2.10
Nov.	0.63	2.11
Dec.	0.59	2.23

○ 80 m 고도 풍속

- 기간: 2019.07.01. ~ 2020.06.30. (1년)
- 자료: 풍속 일 8회 분석장(00, 03, 06, 09, 12, 15, 18, 21 UTC)
- 지점: 3개(보성, 봉개, 행원) 지점
- 결과
 - 검증 기간 동안 남한 전역 80 m 고도의 평균 풍속은 6.10 m/s(육상 3.73 m/s)이며, 표준편차는 1.79 m/s(육상 0.82 m/s)로 보였음
 - 관측지점 자료와의 MBE와 RMSE는 각각 보성 0.55, 2.17 m/s, 봉개 - 1.33, 3.15 m/s, 행원 - 0.60, 1.89 m/s 으로 나타남

[시간별 80 m 풍속의 MBE와 RMSE(m/s)]

	보성		봉개		행원	
	MBE	RMSE	MBE	RMSE	MBE	RMSE
00KST	0.42	2.27	-1.73	3.35	-0.85	2.07
03KST	0.39	2.14	-1.71	3.31	-0.79	1.95
06KST	0.37	2.23	-1.67	3.51	-0.71	1.97
09KST	0.51	2.17	-0.62	2.83	-0.29	1.93
12KST	0.54	2.00	-0.86	2.84	-0.19	1.59
15KST	0.70	2.13	-1.06	2.97	-0.42	1.77
18KST	0.68	2.12	-1.52	3.20	-0.64	1.92
21KST	0.82	2.32	-1.46	3.10	-0.88	1.94

[계절별 80 m 풍속의 MBE와 RMSE(m/s)]

	보성		봉개		행원	
	MBE	RMSE	MBE	RMSE	MBE	RMSE
Spring	0.34	2.21	-1.83	2.70	-0.81	1.99
Summer	0.77	2.06	-0.42	3.52	-0.03	1.69
Fall	0.74	2.40	-1.49	3.33	-0.57	1.90
Winter	0.36	2.01	-1.82	2.83	-0.72	1.89

[월별 80 m 풍속의 MBE와 RMSE(m/s)]

	보성		봉개		행원	
	MBE	RMSE	MBE	RMSE	MBE	RMSE
Jan.	0.27	2.17	-1.63	2.04	-0.60	1.72
Feb.	0.39	2.00	-1.75	4.07	-0.75	2.07
Mar.	0.23	2.21	-1.76	2.62	-0.86	1.94
Apr.	0.18	2.31	-2.25	2.83	-1.30	2.04
May.	0.61	2.11	-1.26	2.64	-0.28	2.00
Jun.	0.78	2.16	-1.03	2.51	-0.02	1.81
Jul.	0.80	2.05	0.19	3.44	-0.16	1.42
Aug.	0.73	1.97	-0.52	4.30	-0.02	1.57
Sep.	1.33	2.70	-0.47	3.54	-0.38	1.92
Oct.	0.95	2.40	-1.76	2.86	-0.67	1.93
Nov.	-0.06	2.06	-2.03	3.50	-0.65	1.86
Dec.	0.41	1.86	-1.92	2.85	-0.80	1.86

□ 자료 활용 준수사항

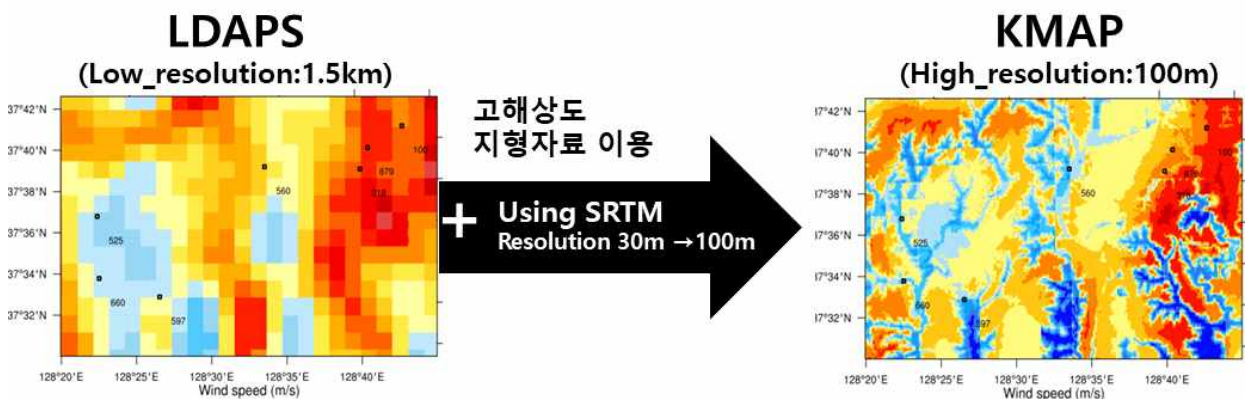
- 본 자료는 기상청 국립기상과학원 주요사업으로 수행한 연구개발의 결과물입니다.
- 본 자료의 내용을 영리 목적으로 사용할 수 없으며, 임의 활용에 따른 손해에 관하여 어떠한 경우에도 민형사상 책임을 지지 않습니다.
- 본 자료의 내용을 인용 또는 게재할 경우에는 출처를 기상청 국립기상과학원으로 밝혀야 합니다.

참고1 고해상도 풍력 기상자원 규모상세화 기법

□ 규모상세화 기법

- 1.5km 격자 간격을 가지는 기상청 현업 국지예보모델(LDAPS)의 바람자료에 고해상도 지형자료*를 이용하여 상세지형 효과를 반영하였음

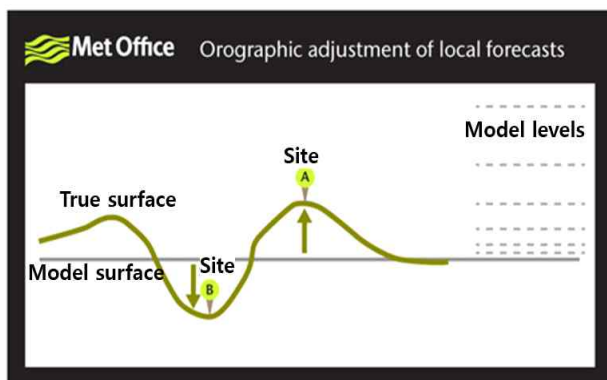
* 고해상도 지형자료: 30 m 해상도의 Shuttle Radar Topography Mission(SRTM)



[(예시)복잡지형에서의 국지예보모델(왼쪽)과 규모상세화 자료(오른쪽)의 10 m 풍속 분포]

※ KMAP: 고해상도 규모상세화 수치자료 산출체계(KMA Post-processing)

- 거칠기 길이 보정 : 환경부 중분류 토지피복자료(30m 해상도) 이용
- 고도 보정(orographic adjustment): 고해상도 지형정보를 이용하여 실제 지형과 수치모델의 격자 고도와의 차이를 보정

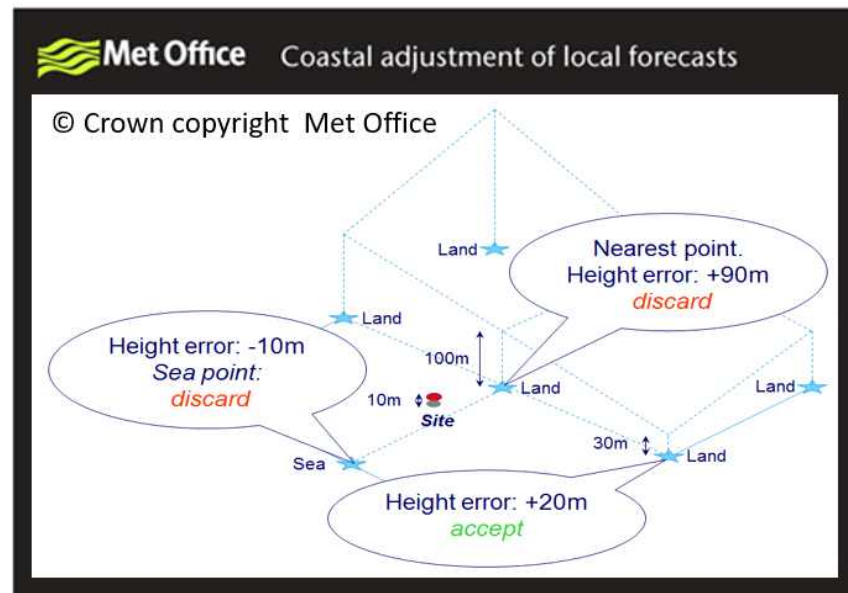


© Crown copyright Met Office

- ※ Site A : 실제 고도 대비 모델 고도가 낮음
⇒ 실제 풍속 대비 과소모의 가능성
→ 보정을 통해 풍속 인위적 강화
- Site B : 실제 고도 대비 모델 고도가 높음
⇒ 실제 풍속 대비 과대모의 가능성
→ 보정을 통해 풍속 인위적 약화

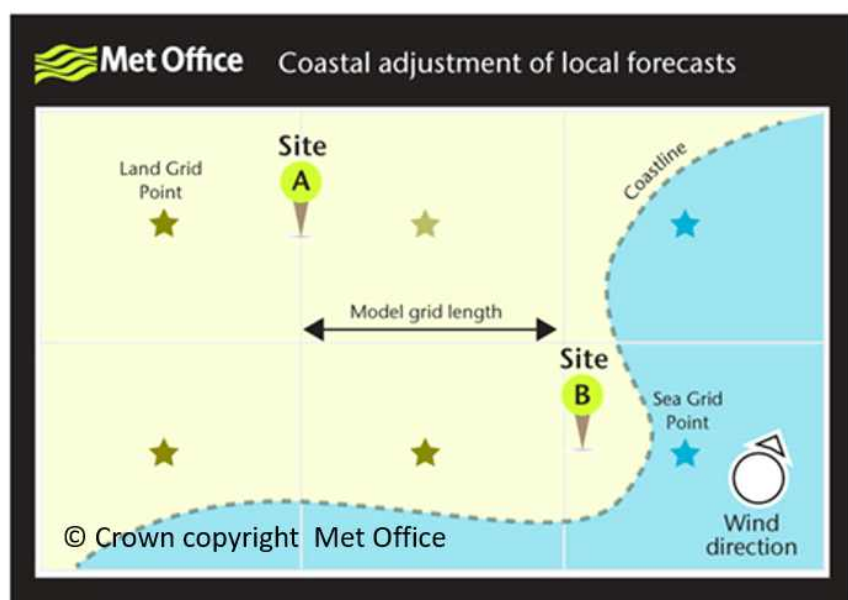
[고도 보정]

- 해안선 보정(coastal adjustment): 복잡지형에서는 가장 가까운 격자점이 규모상세화 지점을 대표하지 못하기에 주변 9개 격자점을 대상으로 가장 적절한 격자점을 선택함(IGPS; Intelligent Grid-Point Selection 방식)



[해안선 보정]

- 풍향 가중치 보정 : 육상과 해상 중 지점과 가장 유사한 특성을 가진 격자에 더 큰 가중치 부여하여 풍향과 풍속을 보정



[풍향 가중치 보정]

참고2 풍력 기상자원지도 검증 개요

□ 검증방법

○ 기간

- 10 m 풍속: 2016.7.1. ~ 2021.6.30.(5년)

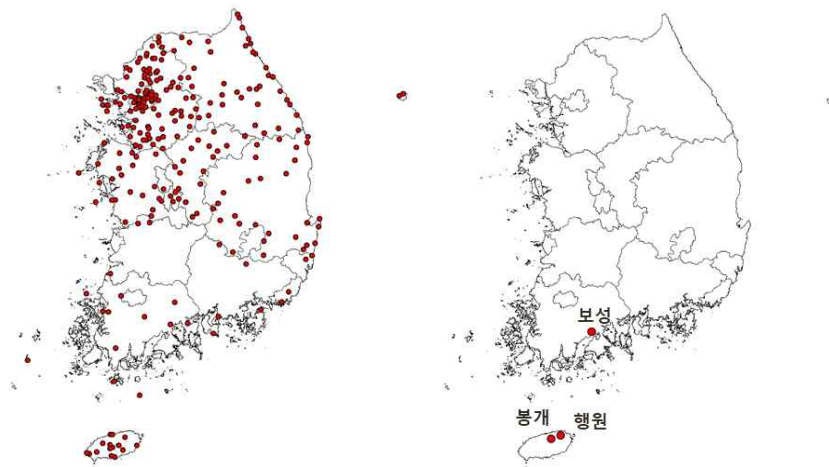
- 80 m 풍속: 2019.7.1. ~ 2020.6.30.(1년)

○ 수치자료: 풍속 일 8회 분석장(00, 03, 06, 09, 12, 15, 18, 21 UTC)

○ 관측자료

- 10 m 풍속: 지상관측 258개(ASOS + AWS) 지점

- 80 m 풍속: 3개(보성, 봉개, 행원) 지점



[10 m 풍속 검증 지점(왼쪽)과 80 m 풍속 검증지점]

○ 검증지수: 평균(\bar{M}), 표준편차(SD), 편의(MBE), 평균 제곱근 오차(RMSE)

$$SD = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (M_i - \bar{M})^2}, \quad Bias = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (M_i - O_i), \quad RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (M_i - O_i)^2}$$

※ \bar{M} : 평균(Mean), SD: 표준편차(Standard Deviation)

※ MBE: 평균 편향 오차(Mean Bias Error)

※ RMSE: 평균 제곱근 오차(Root Mean Square Error)

※ M_i : 수치자료, O_i : 관측자료

참고3 풍력 기상자원지도 자료구조

□ 파일형식

- 풍력 기상자원지도는 NetCDF 형식으로 제공됩니다.
- 6900(동-서)×6750(남-북) 개의 격자 형태로 저장되어 있으며, 각 격자의 위·경도 정보는 KMAP_latlon.nc 자료를 참고해 주시기 바랍니다.

□ 자료종류

- 풍력 기상자원지도는 10종 384개의 자료로 구성되어 있습니다.

[풍력 기상자원지도 자료종류]

고도(m)	자료종류	전체기간	계절별	월별	시간별
10	평균 풍속	○	○	○	○
	평균 일최대풍속	○	○	○	-
	가용풍속비율	○	○	○	○
	주풍향	○	○	○	○
	주풍향비율	○	○	○	○
80	평균 풍속	○	○	○	○
	평균 일최대풍속	○	○	○	-
	가용풍속비율	○	○	○	○
	주풍향	○	○	○	○
	주풍향비율	○	○	○	○

※ 전체기간: 2016년 7월 ~ 2021년 6월(5년)

※ 계절별: 봄 / 여름 / 가을 / 겨울

※ 월별: 1월 / 2월 / 3월 / 4월 / 5월 / 6월 / 7월 / 8월 / 9월 / 10월 / 11월 / 12월

※ 시간별: 00 / 03 / 06 / 09 / 12 / 15 / 18 / 21 UTC

※ 가용풍속구간: 3~25 / 3~7 / 7~13 / 13~25 m/s