



토지이용도에 따른 미기상 변화해석

2021년 3월

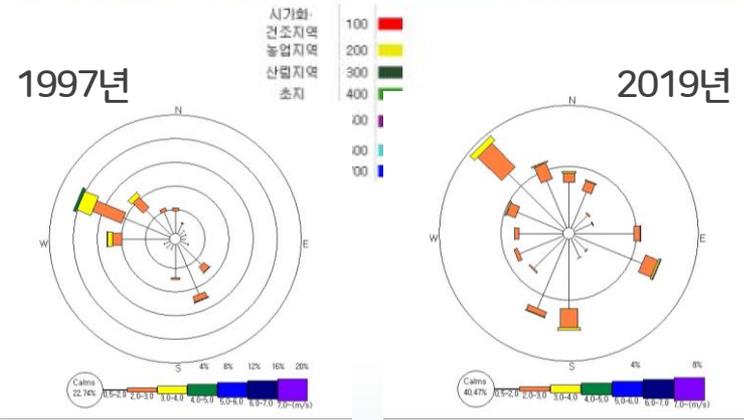
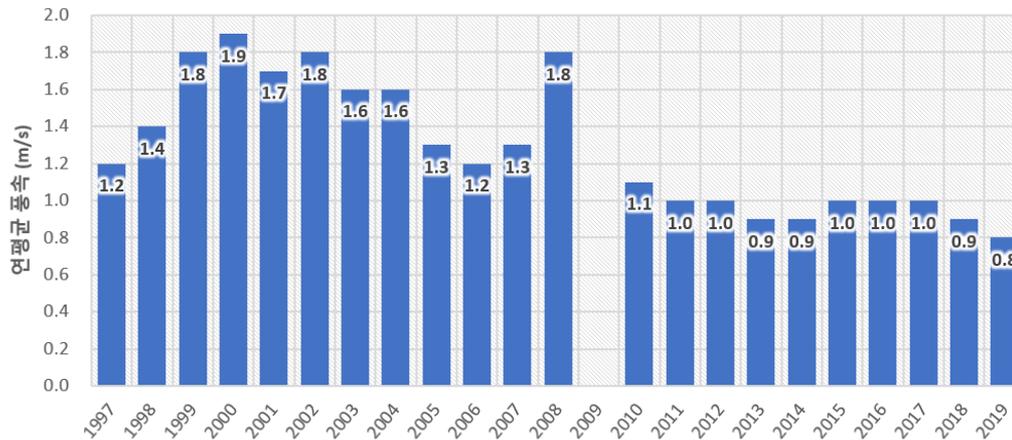
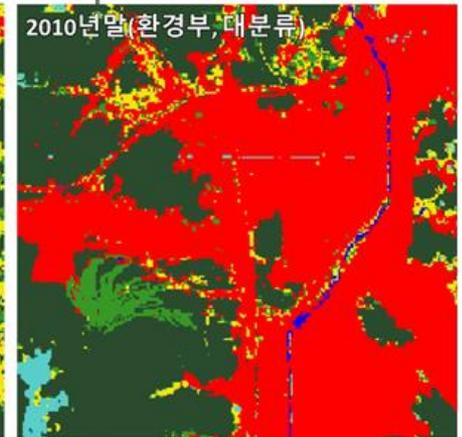
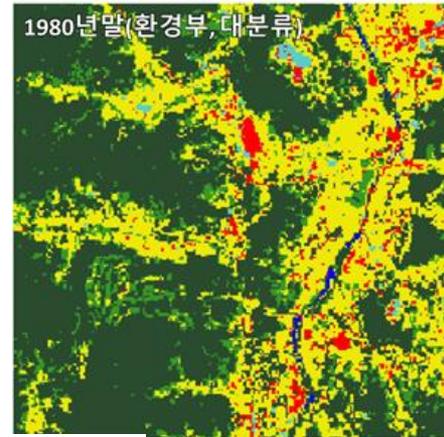
도시형태와 미세먼지 분포의 상관성 연구
(과제번호: 2019S1A5A2A03)



1차년도 연구결과

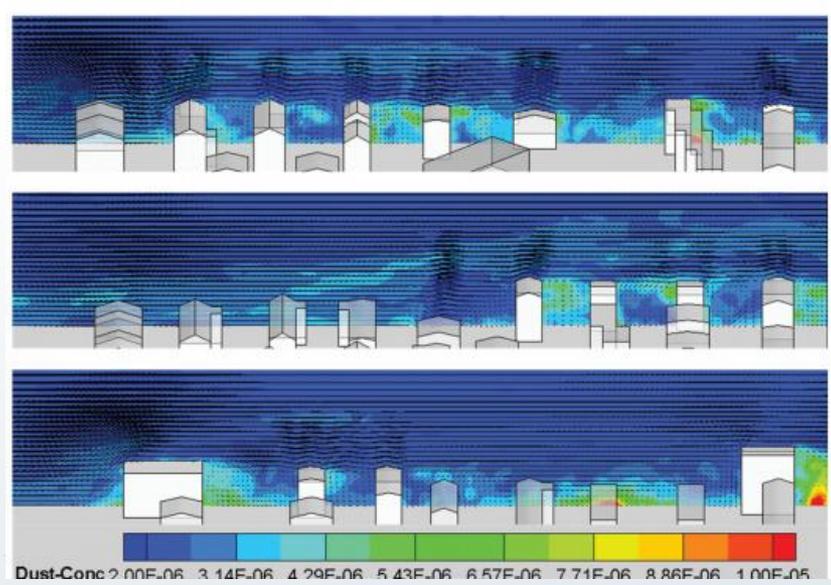
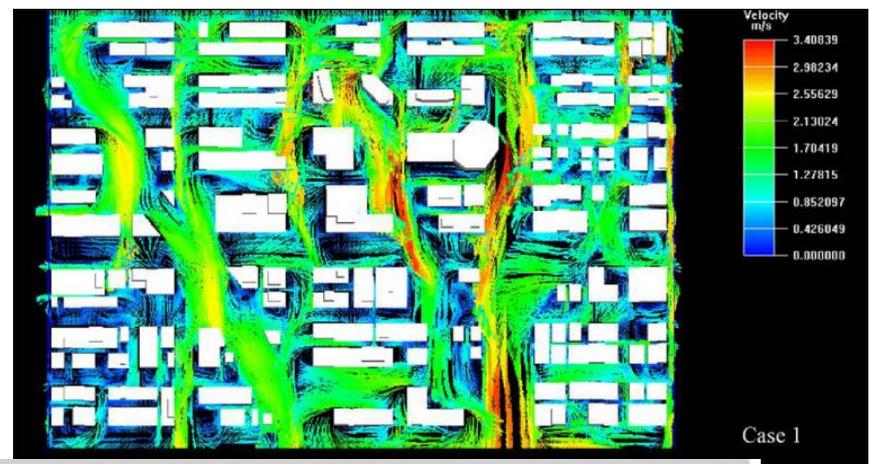
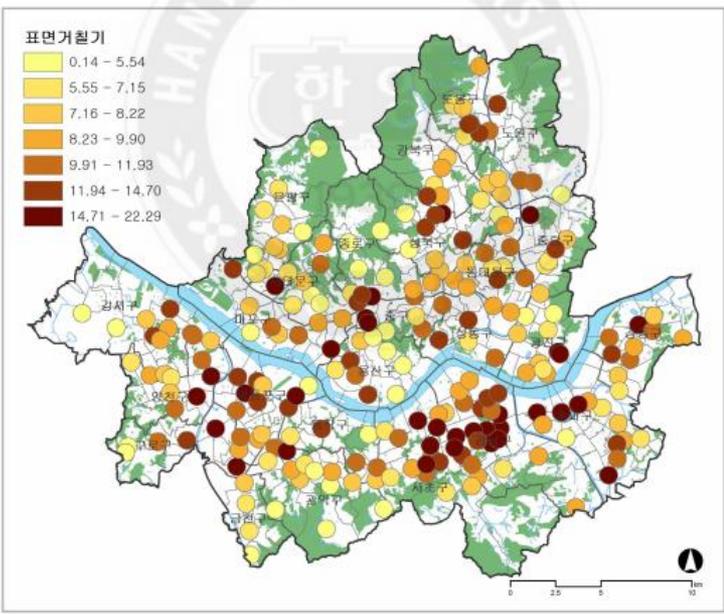
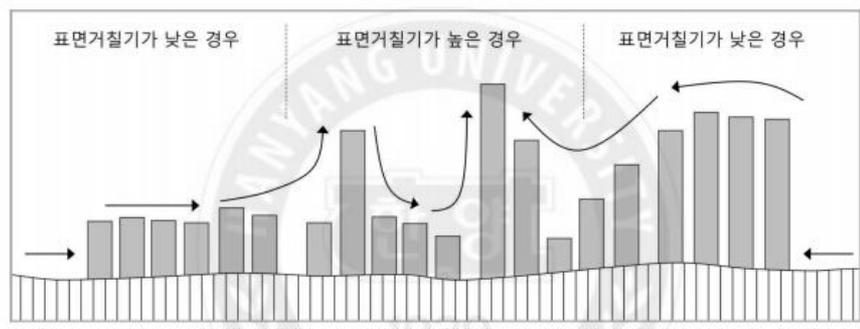
도시화에 따른 기상 및 대기질의 변화를 재현하기 위하여 CALMET 모델과 CALPUFF 모델을 이용하여 분석함

성남시를 대상지역으로 1980년대의 토지이용도와 2019년대의 토지이용도를 비교한 결과, 도시화의 진행이 명확히 나타남
성남시에 설치된 기상관측장비의 조사결과 풍속이 감소하는 것으로 나타남



1차년도 연구결과

표면거칠기는 지표면의 지형지물로 인한 거칠기를 정의한 값
 일반적으로 표면거칠기가 거지면 마찰력이 상승하여 풍속이 감소하게 됨



1차년도 연구결과

CALMET에서 표면거칠기(roughness height)는 도시화로 인하여 값이 커짐에 따라 마찰속도(Friction velocity)를 크게 하는 효과를 작용하며, 이는 Monin-obukhov length와 Mixing height에 영향을 준다.

그러나, 마찰속도가 커짐에 따라 풍속이 감소하는 부분에 대해서는 적용되지 않음
오히려, 고도별 풍속을 계산할 때, 고도에 따라 표면거칠기가 높은경우에 풍속이 더 높게 계산되는 알고리즘을 택하고 있음.

알베도와 보웬비는 값의 변화에 따라서 풍속에 영향을 주지 않음.
그러나, Monin-obukhov length와 혼합고에 영향을 주는 것으로 나타남

도시화로 인해 표면거칠기는 건물로 인해 높아지는 값을 갖게되며, Albedo는 지표면의 밝기에 따라 달라짐
따라서, 기존의 CALMET 등에서 제공되는 default 값에서 아래와 같이 값을 변경해서 해석해야 할 필요가 있음.

CASE	Roughness height	albedo	bowen ratio	soil heat flux	leaf area index	elevation
Case 1	1.0	0.1	1.0	0.15	7.0	complex
Case 9	3.0	0.18 / 0.55	5.0	0.25	0.2	complex

2 Layer의 풍속이 1.2m/s에서 1.53m/s 로 27% 증가, 혼합고는 평균 853m 에서 770m 로 10% 감소 (최대혼합고 15% 감소)

즉, 현재 CALMET 모델을 이용하면, 도시화에 따라 혼합고가 감소하며, 고도별 풍속은 증가하는 것으로 예측됨
향후 정확한 기상모사를 위해서 표면거칠기에 따라 지표면 풍속의 변화값이 적용되어야 할 필요가 있음.



1차년도 연구 결과로 도출된 표면거칠기가 변화여도 지표면 풍속이 변화되지 않는 부분을 개선하기위하여

Roughness height를 이용하여 friction velocity를 계산하는 식을 역으로 적용하여 풍속을 다시 계산하는 방법론 적용 연구

Once the sensible heat flux is known, the Monin-Obukhov length and surface friction velocity are computed by iteration.

$$u_* = ku / [\ln(z/z_0) - \Psi_m(z/L) + \Psi_m(z_0/L)] \quad (2-49)$$

where, z_0 is the surface roughness length (m),
 Ψ_m is a stability correction function [e.g., see Dyer and Hicks (1970)],
 k is the von Karman constant (0.4), and
 u is the wind speed (m/s) at height z .

위 식에서 $z = 1 \text{ m}$ 를 적용하여 식을 변형하면 아래와 같음

$$u_z = u_* [\ln(z/z_0) - \Psi_m(z/L) + \Psi_m(z_0/L)] / k$$

해당식을 CALMET의 풍속계산하는 항목에 적용한 후 1차년도에 적용된 성남을 대상으로 풍속의 변화를 검토

1. 토지이용도 변경에 따른 표면거칠기 값의 선정 근거 분석 및 도시화에 따른 표면거칠기 값의 재정의

Table 5. Gu-district property of λ_p , λ_f , z_0 , and z_0 in Seoul EBP (Effective Building Parcel).

Gu-district name	EBP Area (km ²)	Percentile (EBP/Gu)	λ_p	λ_f	z_0 (m)	z_0 (m)
Songpa	18.03	53.56	0.26	0.12	8.55	3.64
Gangnam	23.85	62.04	0.25	0.11	9.18	3.30
Yangcheon	13.44	75.35	0.27	0.10	7.50	2.72
Yeongdeungpo	14.29	66.15	0.31	0.10	8.35	2.71
Dongdaemun	12.48	86.24	0.33	0.10	7.55	2.61
Seocho	17.70	36.95	0.26	0.10	8.16	2.58
Guro	13.38	67.51	0.27	0.09	7.12	2.55
Seongdong	10.10	61.02	0.30	0.09	6.83	2.32
Seongbuk	15.34	62.93	0.31	0.10	7.01	2.15
Mapo	12.99	52.78	0.29	0.09	7.61	2.12
Gangdong	13.36	52.45	0.27	0.09	6.98	2.09
Jung	9.02	89.64	0.31	0.09	9.53	2.02
Gwangjin	9.84	55.58	0.35	0.09	6.81	1.75
Gangseo	15.27	35.67	0.30	0.09	6.55	1.66
Gangbuk	9.59	40.45	0.36	0.09	5.91	1.63
Yongsan	10.19	48.04	0.30	0.07	5.57	1.49
Jungnang	10.36	57.73	0.35	0.09	6.23	1.35
Dobong	10.16	49.03	0.26	0.07	5.49	1.31
Dongjak	12.02	69.08	0.31	0.08	6.23	1.30
Geumcheon	8.36	66.55	0.34	0.07	6.54	1.18
Nowon	15.36	43.18	0.21	0.07	4.67	0.99
Seodaemun	11.37	64.76	0.31	0.07	5.41	0.98
Eunpyeong	14.58	46.58	0.31	0.07	5.31	0.84
Gwanak	11.24	37.64	0.37	0.08	5.51	0.61
Jongno	11.73	49.29	0.29	0.05	5.26	0.58

자료 : 서울시 건물형태에 따른 거칠기 길이 분포특성 연구
(이채연 등(2015), 한국기상학회)

Table 3 The default and updated roughness length (Z_0) values of different land-use categories in PRD

No.	Land-use category	Default Z_0 (m)	Updated Z_0 (m)	Literatures
1	Urban and built-up land	0.80	2.45	Gao et al. (2002), Li et al. (2003), Liu et al. (2008), Xu et al. (2009), Ju (2012), Kenbati and Li (2017)
2	Dryland cropland and pasture	0.05	0.02	Ju (2012)
4	Mixed dryland/irrigated cropland and pasture	0.05	0.02	Ju (2012)
5	Cropland/grassland mosaic	0.05	0.02	Ju (2012)
9	Mixed shrubland/grassland	0.01	0.01	/
13	Evergreen broadleaf forest	0.50	1.63	Xing (2012), Liu et al. (2016)
14	Evergreen needleleaf forest	0.50	1.43	Xing (2012)
15	Mixed forest	0.20	1.1	Xing (2012)

자료 : Evaluating the impacts of updated aerodynamic roughness length in the WRF/Chem model over Pearl River Delta
(Chong Shen, Meteorology and Atmospheric Physics, 2019)

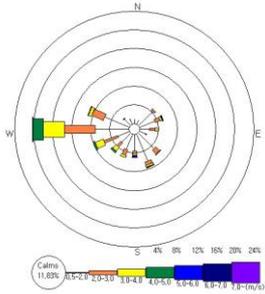
3 2차년도 진행 내용

- 2. 기상모델인 CALMET의 지표풍속방법 개선 알고리즘 개발 및 적용
- 3. 지표풍속 변화에 따른 대기질 농도의 변화 분석 연구(CALPUFF 을 이용한 확산영향 분석)
- 4. 평택시를 대상으로 토지이용 변화에 따른 기상 및 대기변화 사례분석 연구



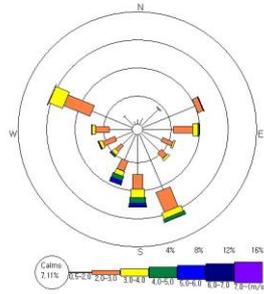
2.1 평택지역 기상변화 분석

2009년 1월 01일 01시 ~ 2009년 12월 31일 24시 (시간대:01시 ~ 24시) 봄

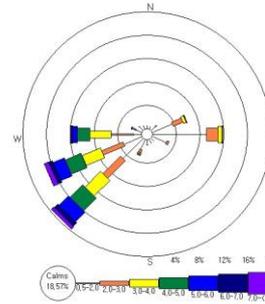


2009년

2009년 1월 01일 01시 ~ 2009년 12월 31일 24시 (시간대:01시 ~ 24시) 여름

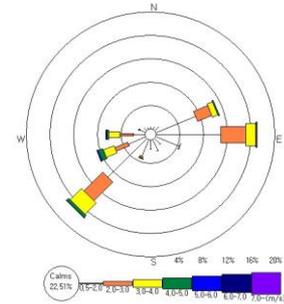


2020년 1월 01일 01시 ~ 2020년 12월 31일 24시 (시간대:01시 ~ 24시) 봄

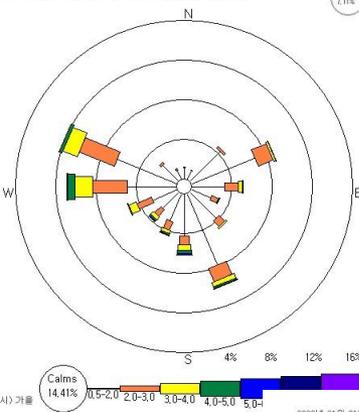


2020년

2020년 1월 01일 01시 ~ 2020년 12월 31일 24시 (시간대:01시 ~ 24시) 여름



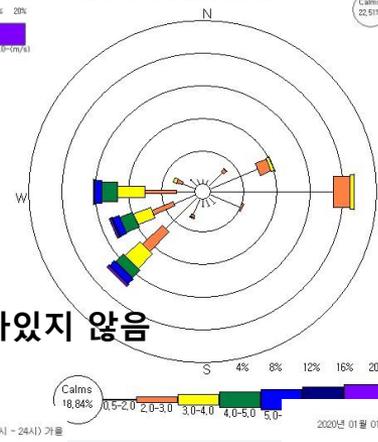
1월 01일 01시 ~ 2009년 12월 31일 24시



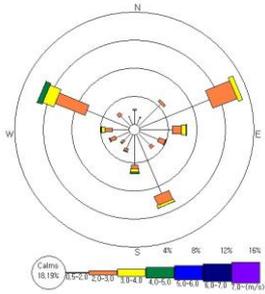
AWS 위치가 변경 됨

- 1997년
- 2013년
- 2015년, 7월, 11월
- 이전인지 재설치인지 이력은 남아있지 않음

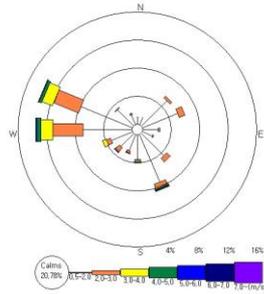
1월 01일 01시 ~ 2020년 12월 31일 24시



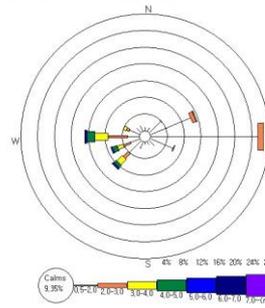
2009년 1월 01일 01시 ~ 2009년 12월 31일 24시 (시간대:01시 ~ 24시) 겨울



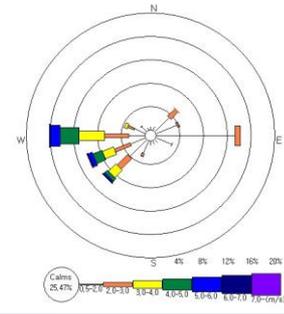
2009년 1월 01일 01시 ~ 2009년 12월 31일 24시 (시간대:01시 ~ 24시) 겨울



2020년 1월 01일 01시 ~ 2020년 12월 31일 24시 (시간대:01시 ~ 24시) 겨울

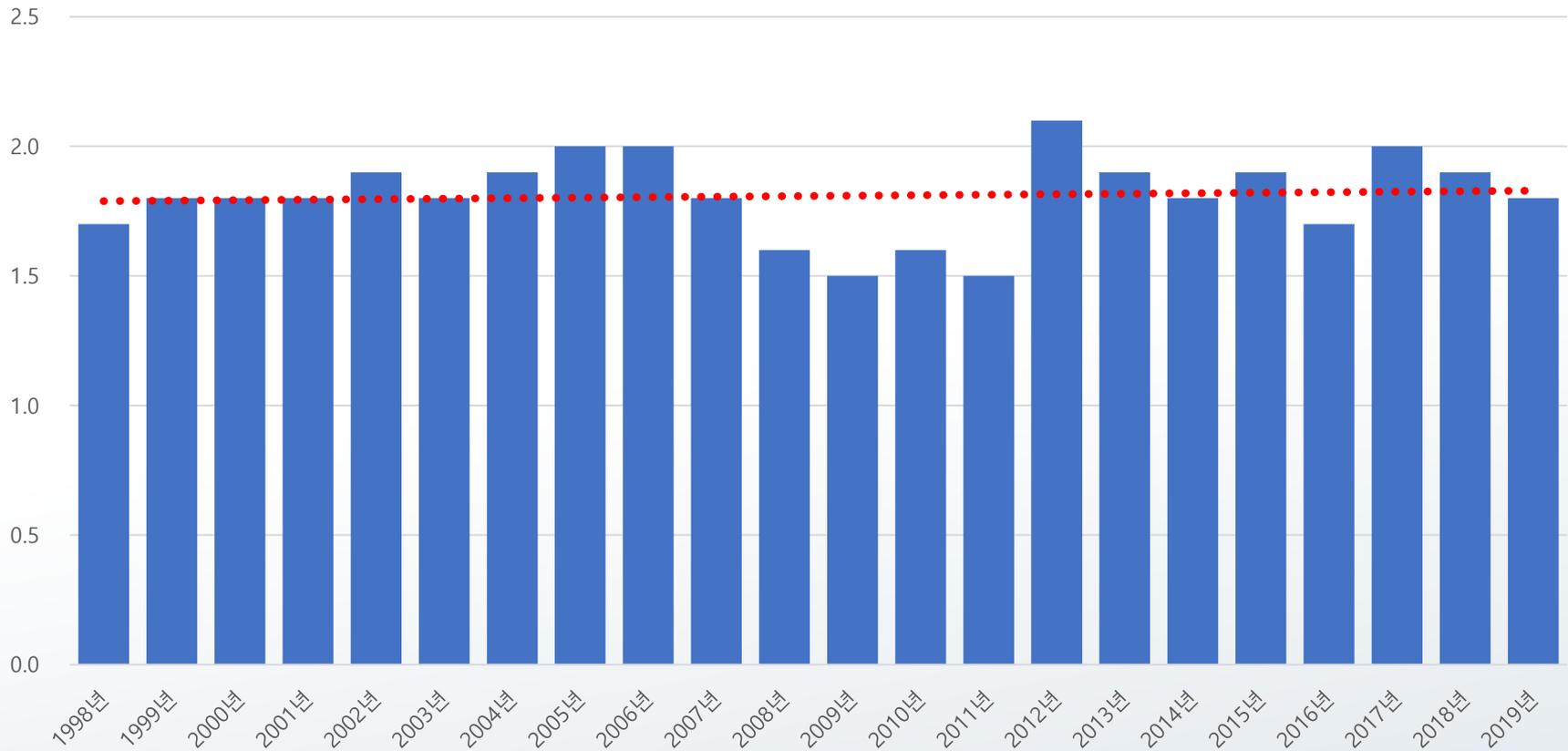


2020년 1월 01일 01시 ~ 2020년 12월 31일 24시 (시간대:01시 ~ 24시) 겨울



2.1 평택지역 기상변화 분석

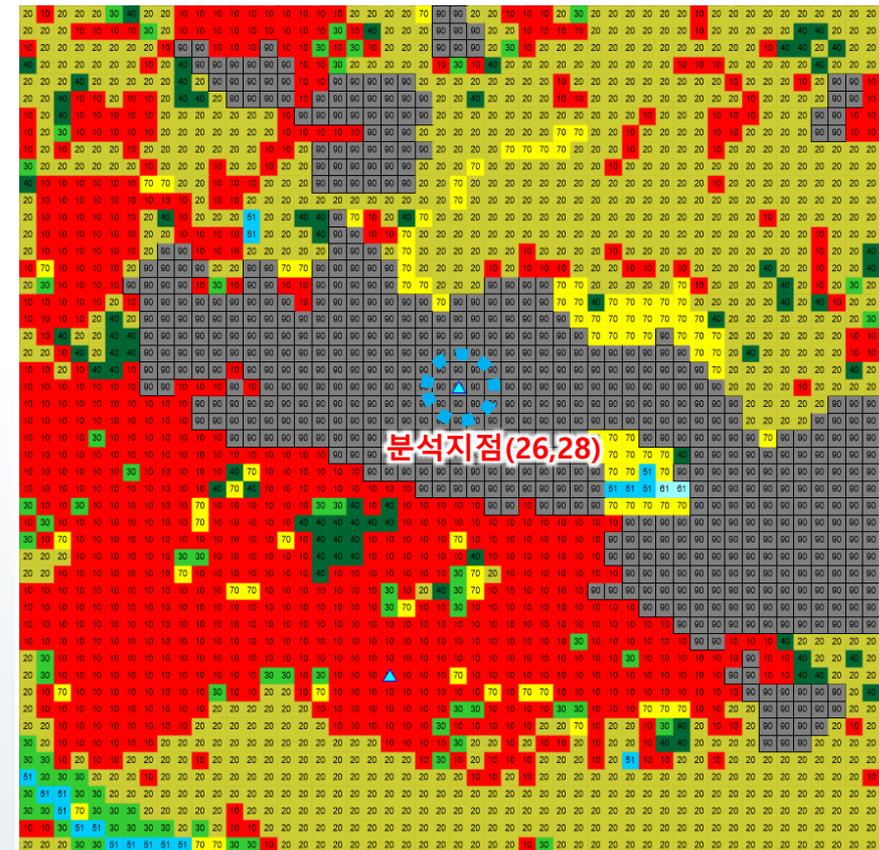
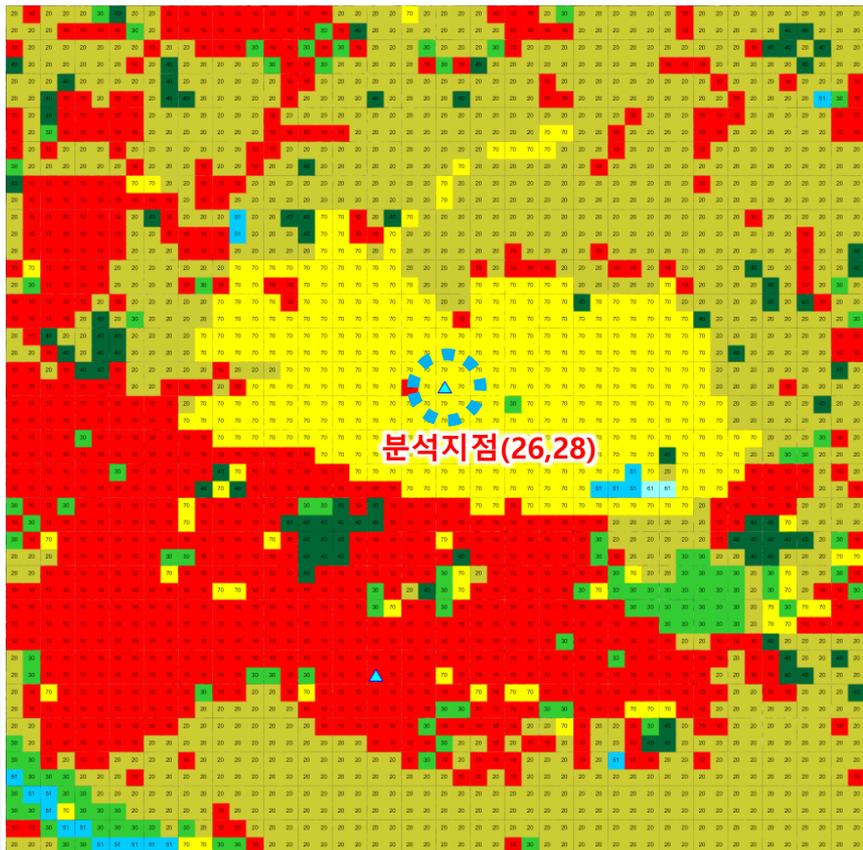
연평균 풍속 (551평택AWS)



3 2차년도 진행 내용

2.2 토지이용도 변화에 따른 모델링

CASE	Roughness height	albedo	bowen ratio	soil heat flux	leaf area index	elevation
Origin	0.05	0.3	1.0	0.15	0.05	complex
cat99	3.00	0.55	5.0	0.25	0.20	complex

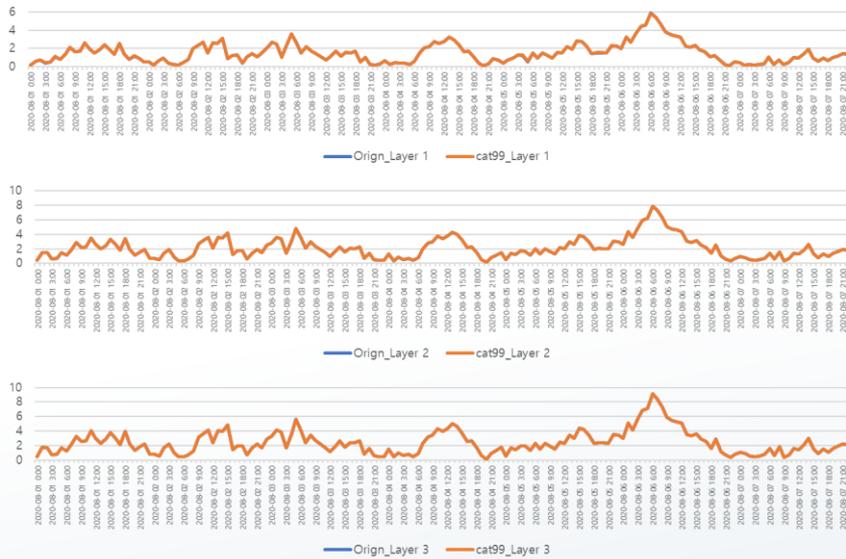


3 2차년도 진행 내용

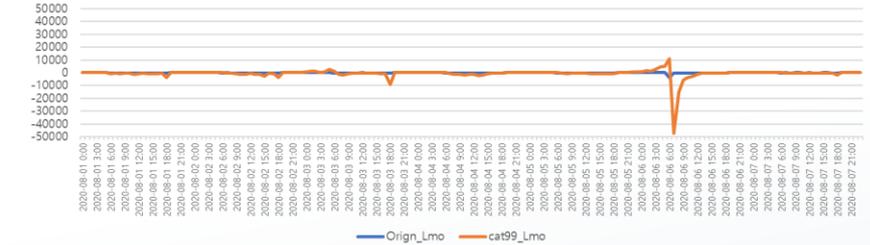
2.2 토지이용도 변화에 따른 모델링

- 분석기간 : 2020년 1년
- 기상자료 : 모델링영역 밖, 정규기상대
- 레이어별 풍속 변화 없음
- LMO는 평균값이 감소
- 혼합고는 증가

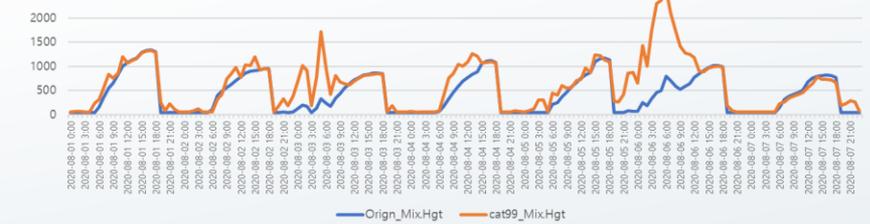
[풍속]



[LMO]



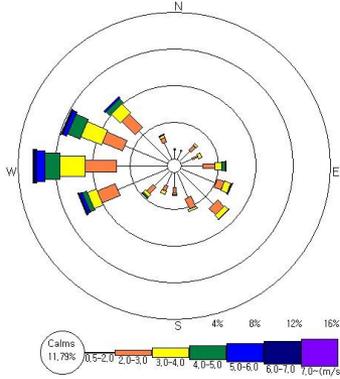
[MH]



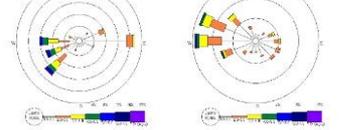
3 2차년도 진행 내용

2.2 토지이용도 변화에 따른 모델링

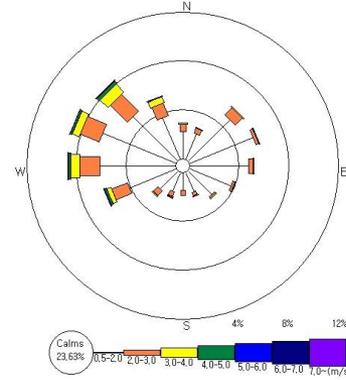
2020년 01월 01일 01시 - 2020년 12월 31일 24시 (시간대:01시 - 24시)



평택AWS CALMET

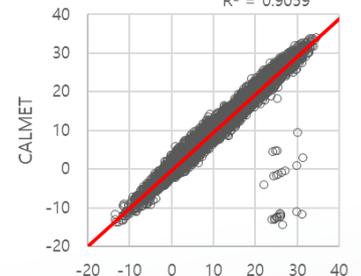


2020년 01월 01일 01시 - 2020년 12월 31일 24시 (시간대:01시 - 24시)



$$T \quad y = 0.9819x - 0.3279$$

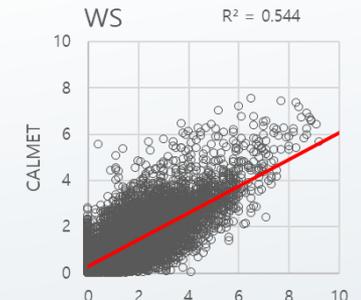
$$R^2 = 0.9059$$



평택AWS(551)

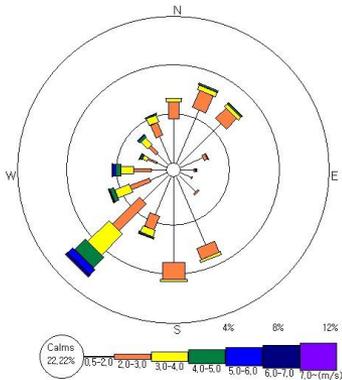
$$WS \quad y = 0.5774x + 0.3009$$

$$R^2 = 0.544$$

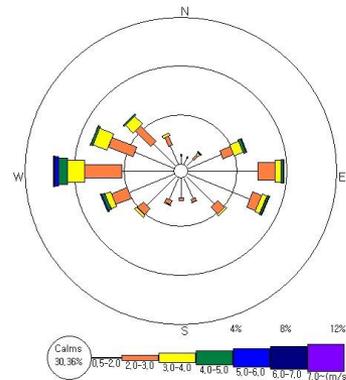


평택AWS(551)

2020년 01월 01일 01시 - 2020년 12월 31일 24시 (시간대:01시 - 24시)

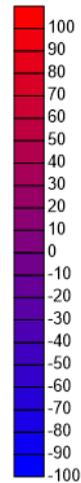
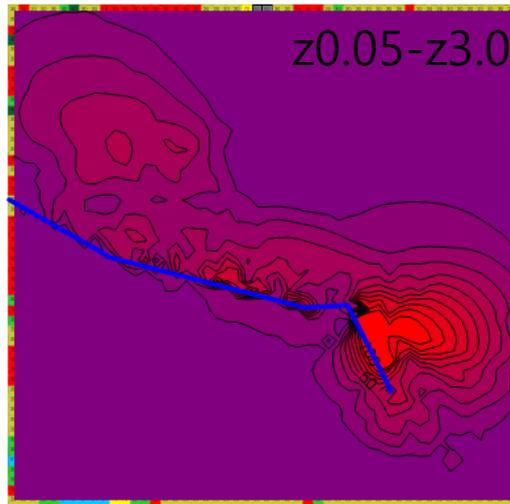
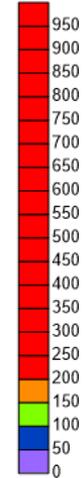
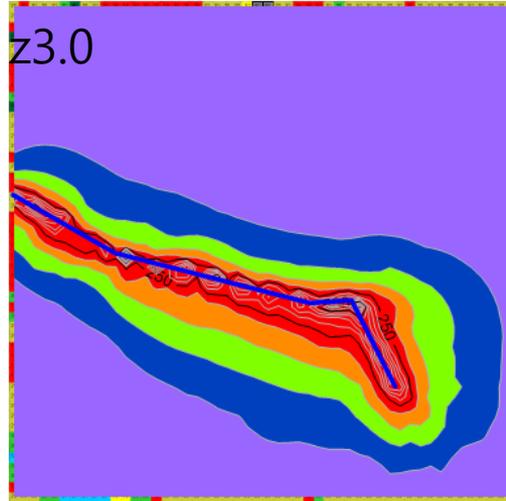
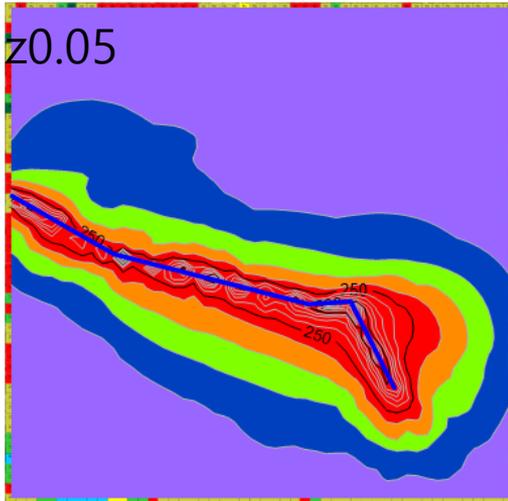


2020년 01월 01일 01시 - 2020년 12월 31일 24시 (시간대:01시 - 24시)



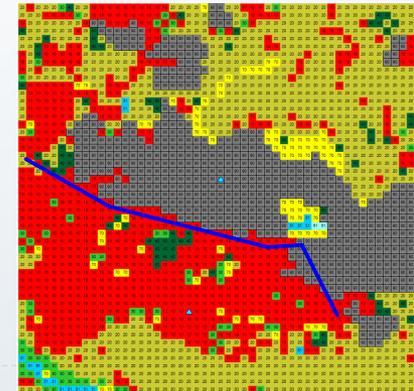
3 2차년도 진행 내용

2.2 토지이용도 변화에 따른 모델링



- 풍속동일, 혼합고 증가
- 지표거칠기 증가 후
대기질 영향이 낮아짐

개발전 > 개발후



4 향후 진행 계획

1. 기상모델인 CALMET의 지표풍속방법 개선 알고리즘 개발 및 적용
 - 일부 코드화를 진행하였으나, 불완전한 상태로, 현재 코드 개선중
2. 지표풍속 변화에 따른 대기질 농도의 변화 분석 연구(CALPUFF 을 이용한 확산영향 분석)
 - 지표풍속 계산방법의 개선으로 인한 지표면 대기 예측방법의 변화 모델링
3. 관련 내용으로 논문 제출 예정



감사합니다