2024 제1차 삼척시 탄소중립 콜로키움

기후위기 시대!

빅데이터를 활용한 기후변화

– 기후변화 현황과 미래전망 및 협력 –





김경하 기후서비스과장

환경부 Ministry of Environment
삼척시 SAMCHEOK CITY
시멘트산업사회공헌재단 Cement Industry Social Contribution Foundation
KNU 강원대학교 KANGWON NATIONAL UNIVERSITY

최근, 강원특별자치도…

The JoongAng

2024년 05월 16일 (목)

종합 14면

한국선 5월 중순 대설특보…



15일 강원 산지에 대설주의보가 내렸다. 설악산 중청대피소에는 이날 오후 10시까지 7㎝의 눈이 쌓였다. [뉴시스]

강원 산지 대설주의보…10㎝ 쌓인 곳도
5월 초엔 종종 눈 오지만 중순엔 이례적
전국 오늘 아침도 쌀쌀…서울 최저 8도

15일 강원 북부 산간 지역에 눈이 내려 쌓이면서 대설주의보가 발표됐다. 여름을 앞둔 5월 중순의 대설특보는 매우 이례적이다.

기상청은 이날 오후 7시 20분을 기해 강원북부 산지에 대설주의보를 발효했다고 밝혔다. 대설주의보는 24시간 동안 5㎝ 이상의 눈이 새로 내려 쌓일 것으로 예상될 때 발표된다.

5월 1~2일에는 대관령에 1.6㎝와 구룡령에 18.6㎝ 적설이 기록되기도 했다. 기상청 관계자는 "대기 상층으로 찬 공기가 유입되고, 이 찬 공기가 하층으로 하강하면서 5월에도 강원 산지 고지대에 눈이 내릴 때가 있다"고 설명했다.

이날 서울을 비롯한 전국 대부분 지역에는 돌풍과 함께 천둥·번개를 동반한 요란한 비가 쏟아졌다. 서해안과 동해안 등 전국 곳곳에는 강풍 특보도 내려졌다. 기상청은 "16일 오후까지 전국 대부분 지역에 바람이 순간풍속 시속 55㎞, 산지는 시속 70㎞ 이상으로 강하게 부는 곳이 있겠으니, 시설물 관리와 안전사고에 유의하기 바란다"고 당부

출처: The JoongAng, 뉴시스('24.5.16.)

한국일보

2024년 05월 16일 (목)

사회 11면



강원 북부 산간 지역에 대설주의보가 내려진 15일 강원 양양군 설악산국립공원 중청대피소에 눈이 쌓여 있다. 5월 대설특보가 발령된 것은 2021년 이후 3년 만이다. 설악산국립공원사무소 제공

'5월 폭설'에 하얗게 물든 강원도

3년 만에 산간 지역 '대설주의보'
일부 고지대 적설량 7㎝ 넘을 듯

기상청은 15일 오후 7시 20분을 기해 강원북부산지에 대설주의보를 내렸다고 밝혔다. 대설주의보는 24시간 동안 새로 내려 쌓이는 눈(신적설)이 5㎝ 이상 될 것으로 예상될 때 내려진다. 5월 중순에 대설특보가 발효되는 건 매우 이례적이다.

기상청에 따르면 기압골과 동해상에 발달한 저기압 영향으로 중부지방과 영남 북서부를 중심으로 비가 내리고 있는 가운데, 향로봉을 비롯해 기온이 낮은 해발고도 1,000m 이상 강원북부산지 고지대에는 눈이 내려 쌓이고 있다. 16일 아침까지 눈이 1~5㎝가량 쌓일 것으로 전망되는 가운데, 고지대는 적설량이 7㎝를 넘을 것으로 예상된다.

5월 대설주의보는 2021년 강원북부산지와 강원중부산지에 발령된 이래 3년 만이다. 다만 그해 대설주의보는 5월 첫날에 발령됐다. 기상청 관계자는 "대기 상층으로 유입된 찬 공기가 하층으로 하강하면서 강원산지 고지대에는 5월에도 눈이 내릴 때가 있다"고 설명했다.

한편 부처님오신날인 이날 내린 비는 16일 새벽 대부분 지역에서 그치겠다. 다만 경기동부와 충북은 16일 아침까지, 강원과 경북은 16일 낮까지 이어지겠다. 특히 강원영동을 비롯한 동쪽 지역은 밤사이 시간당 20㎜ 내외로 비가 쏟아질 수 있다. 또 해안과 전남권, 제주, 경북북부 등에 강풍 특보가 내려진 가운데 16일 오후까지 대부분 지역에서 강풍이 예상된다.

이호성 기자

출처: 한국일보('24.5.16.)

최근, 강원특별자치도…



東亞日報

2024년 05월 16일 (목)

사회 14면

'화이트 부처님오신날' -- 강원 5월 대설주의보 강원 북부 산지에 대설주의보가 내려진 15일 오후 강원 인제군 설악산국립공원 중청대피소에 눈이 쌓여 있다. 기상청은 16일까지 강원 북부 산지에 최대 7cm의 눈이 쌓일 것으로 전망했다. 5월 중순 대설주의보가 내려지는 건 이례적인 일이다. 온라인에선 '화이트 부처님오신날'이란 말이 나왔다. 설악산국립공원사무소 제공

출처: 동아일보('24.5.16.)



출처: 뉴스1('24.5.16.)

화이트 ~ 석가탄신일!!!

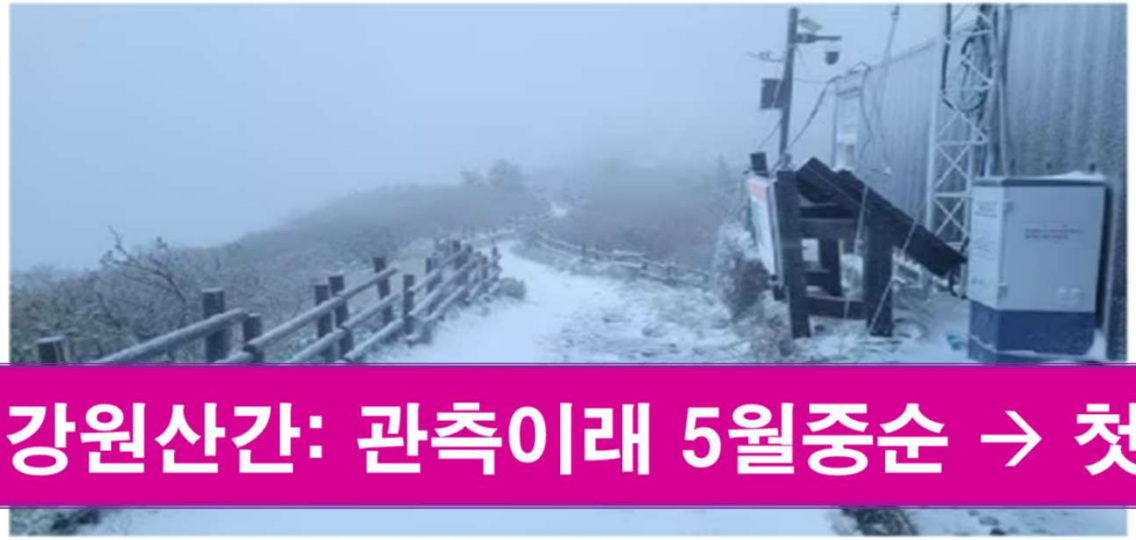
최근, 강원특별자치도…

朝鮮日報 2024년 05월 15일 (수)

사회

'화이트 석가탄신일'…강원도, 5월 중순에 이례적 대설특보

5월 중순 대설특보는 30년 만에 처음
산지에 눈 7㎝ 쌓일듯



15일 강원 북부 산지에 대설주의보가 내려진 가운데 설악산 소청대피소 인근에 눈이 쌓여 있다. 기상청은 16일까지 산지에 1~7㎝의 눈이 내리겠다고 예보했다./설악산국립공원사무소 제공

출처: 조선일보('24.5.15.)

출처: 강원일보('24.5.17.)

江原日報 2024년 05월 17일 (금)

사회 04면

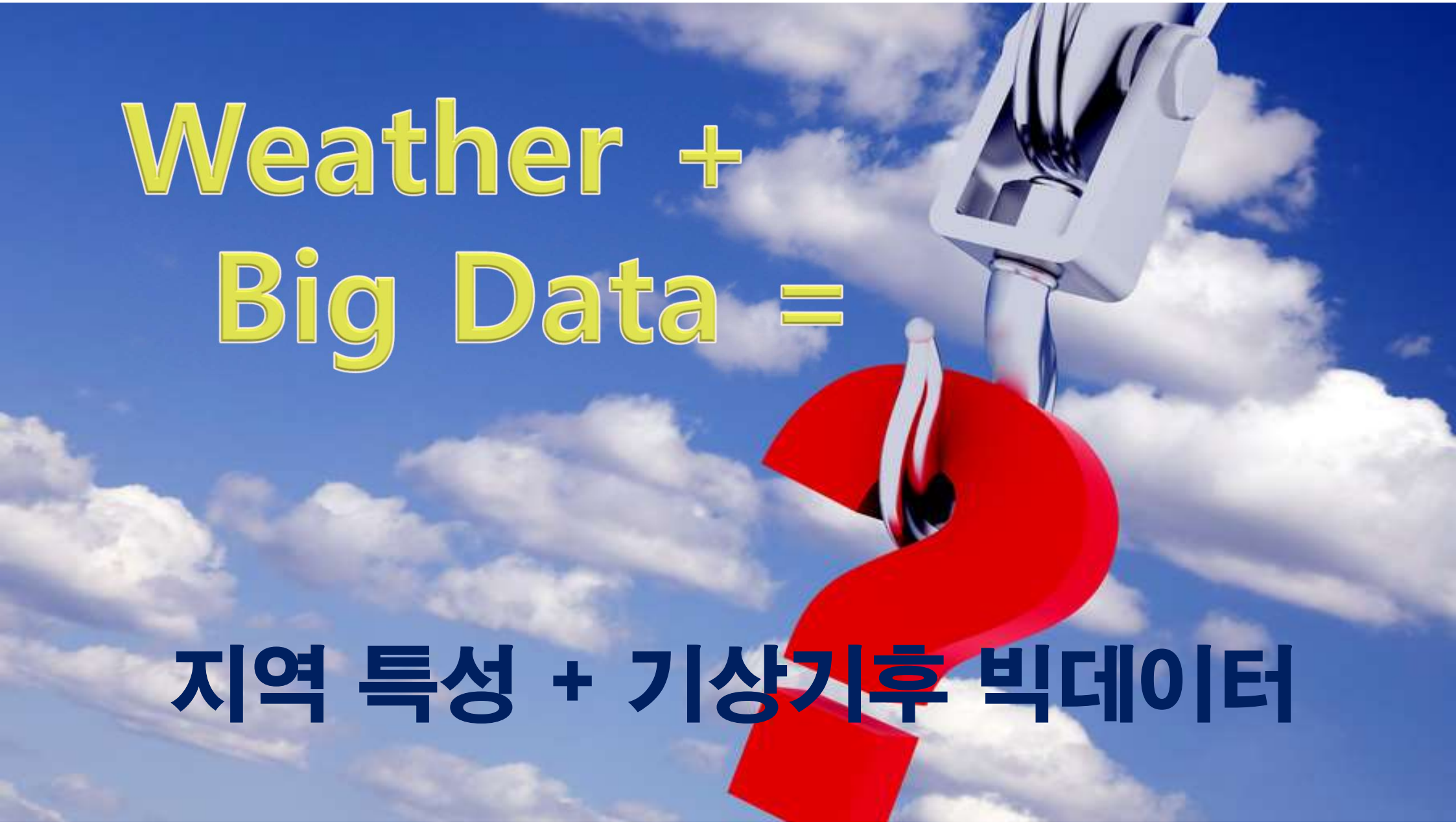
/ 초여름 앞두고 강원 산지 40cm 눈 … 왜? /

관측 이래 첫 5월 중순 대설특보 … 기후위기 경고음

텝을 시작한 이후 사상 처음이다.
이번에 내린 많은 눈은 최근 이어진 비와 관련이 있는 것으로 파악되고 있다. 기상청은 지난 15일 남쪽 순간적으로 기온이 하락, 해발고도가 높은 산지에는 눈이 내린 것으로 분석하고 있다. 북쪽에서 영하 25도에 달하는 찬바람이 내려와 비를 얼 오면서 많은 양의 비가 내렸다.
그러나 일각에서는 이와 같은 현상을 최근 이어지고 있는 기후위기와 관련이 있는 것으로 분석, 대책 위를 기록했고, 지난달 춘천에는 시간당 최대 12.7㎜의 봄비가 쏟아지며 4월 중순 시간당 최다강수량 3위를 기록하기도 했다. 내려오면서 많은 눈이 내렸다"고 분석하고, "기후위기에 대한 대책 마련이 시급하다"고 강조했다.

박서화기자 wiretheasia@

강원산간: 관측이래 5월중순 → 첫!! 대설특보 → 기후위기 !!!


Weather +
Big Data =
지역 특성 + 기상기후 빅데이터



Contents

01. 기후변화의 과학적 이해

02. 기후변화 현황과 미래 전망

03. 기후변화적응(탄소중립) 협업 사례

04. 기상기후정보 활용법

05. 탄소중립 대비 계획

1 기후변화의 과학적 이해

날씨, 기후, 기후변화

기상청

날씨(기상)

우리가 매일 경험하는 기온, 바람, 비 등의

기 후

수십 년 동안 한 지역의 날씨를 평균화한 것

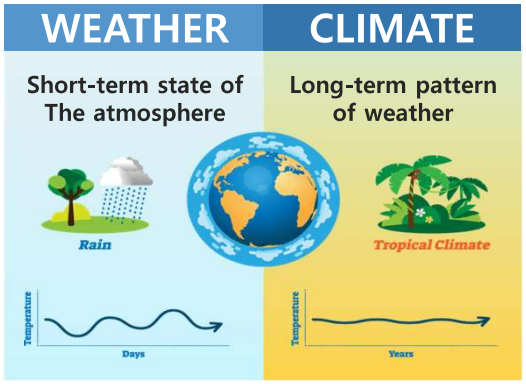


그림 출처: https://ko.depositphotos.com/vector-images/climate-vs-weather.html

기분 = ??

매일, 또는 짧은시간

기상 상태의 변화

- 매일 매일의 날씨
- 눈, 비, 바람, 구름, 서리 등 대기 상태

예시: 2024년 5월20일 낮 최고기온

성격 = ??

오랜 기간

평균적인 기상

- 30년 이상 특정지역의 날씨의 평균, 변동 특성
- 기상 관측치의 평균, 계절변화 등

예시: 강릉 4월 평균기온 평년값

날씨, 기후, 기후변화

기상청

기후변화

오랜기간(통상적으로 **10년 이상의 긴 기간**) 동안 통계적으로
유의한 수준의 ***기후 평균상태 또는 변동성의 변화***(IPCC)

날씨는 **기분**, 기후는 **성격**, 기후변화는 **성격 변화**

날씨(기상: 1~2일) < 기후(약30년) < 기후변화(장기간)

날씨, 기후, 기후변화

기후변화: 자연적인 기후 변동성의 범위를 벗어나는 기후체계의 변화



기후시스템의 구성 및 상호작용



대기권

수권

지표면

생물권

설빙권

• 전지구적 이상기후

2022년 6월 파키스탄 폭우



· 파키스탄 홍수로 국토의 3분의 1이 수몰
· 이재민은 3,300만명 이상 사망자 1,200명 이상

2022년 9월 미국 플로리다, 허리케인 ‘이언 '



· 경제적 피해 규모 670억 달러 (약 96조원)
· 약 260만 가구 정전 사태

2022년 9월 일본 태풍 ‘난마돌’



2022년 11월 중국 신장 한파



출처: (좌 상단) YTN 2021.2.17., (좌 하단) 연합뉴스 2020.9.6. (우 상단) OBS 뉴스 2020.7.23., (우 하단) 신동아 2020.11.3./원출처: 그린피스

[작년 겨울] 12월, 강원도…

12월, 호우특보와 대설 특보가 동시에 ~

jtbc

2023년 12월 11일 (월)

사회

강원 이례적 '대설·호우' 동시 특보…오락가락 12월 날씨



YTN

2023년 12월 12일 (화

종합

[날씨] 강원 산간 70cm 폭설…동해안 230mm 기록적 폭우



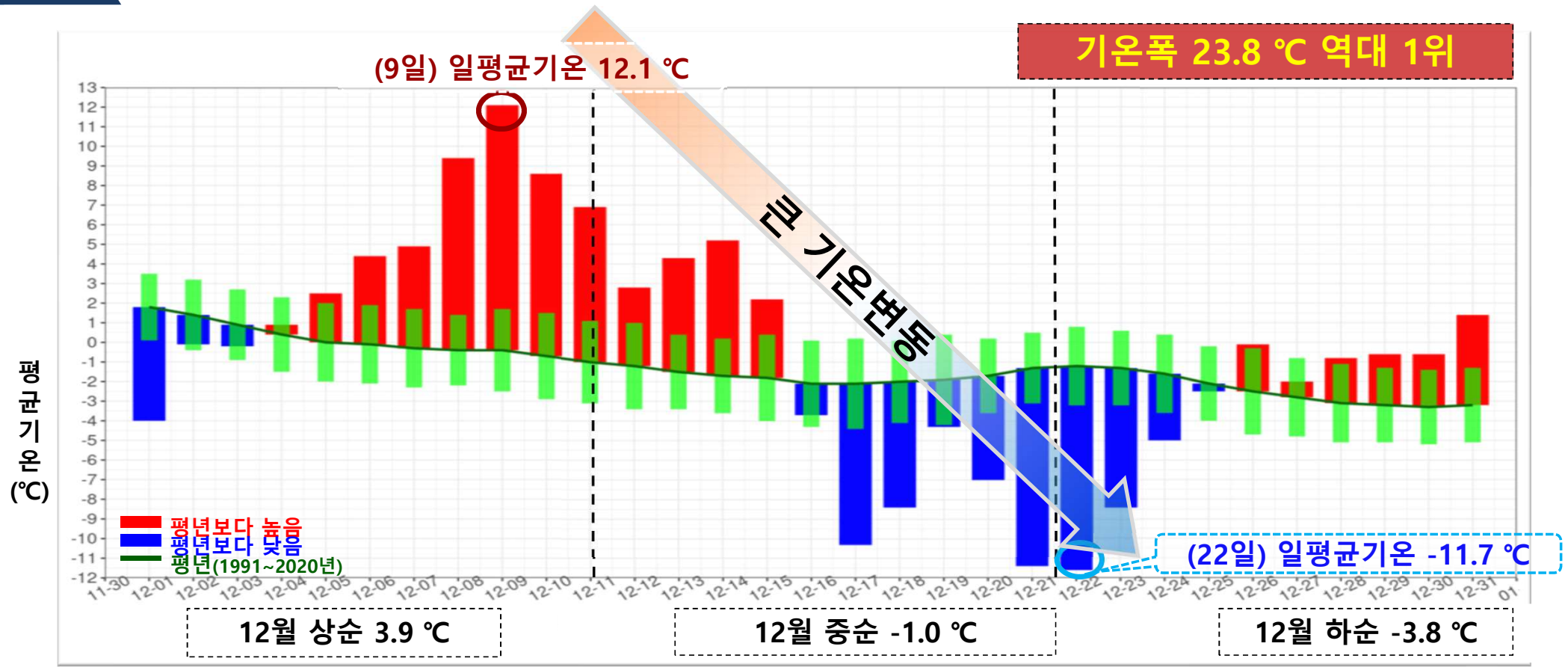
강원북부 산간 65cm 눈 + 동해안 199.5mm 기록적인 폭우

[출처: JTBC/2023.12.11.]

[출처: 연합뉴스/2023.12.12.]

[작년 겨울] 12월, 강원도…

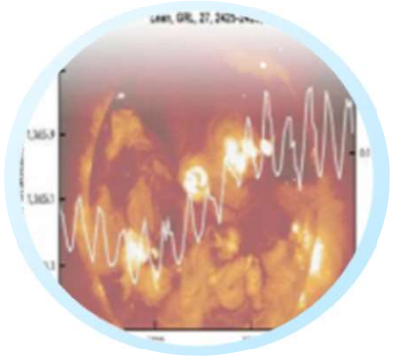
23년12월, 강원도 기온폭 23.8도 (12월 9일-22일 = 역대 1위)

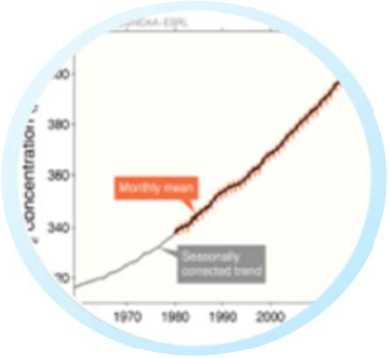


기후변화 원인



- 지구는 태양으로부터 에너지를 받음
- 태양에너지는 적도엔 많이 극지역은 적게 들어옴
- 에너지의 차이로 바람이 불게 되고 기온이 변하고 비가 내리는 지역이 달라짐
- 육지와 바다, 도시와 농촌, 고산지대와 해안가 등 지형적인 영향으로 시시각각 날씨가 변화 ➔ 기후 변화





자연적 요인

태양 흑점활동의 변화

화산 폭발 등 지각 변화

엘니뇨, 극진동 등 자연변동성

인위적 요인

온실가스 배출

에어로졸 배출

지표이용도 변화

기후변화 원인

강제력(외부 원인)

자연적 요인

태양활동
화산폭발
공전궤도 등

인위적 요인

온실가스
미세먼지
지표이용도 등

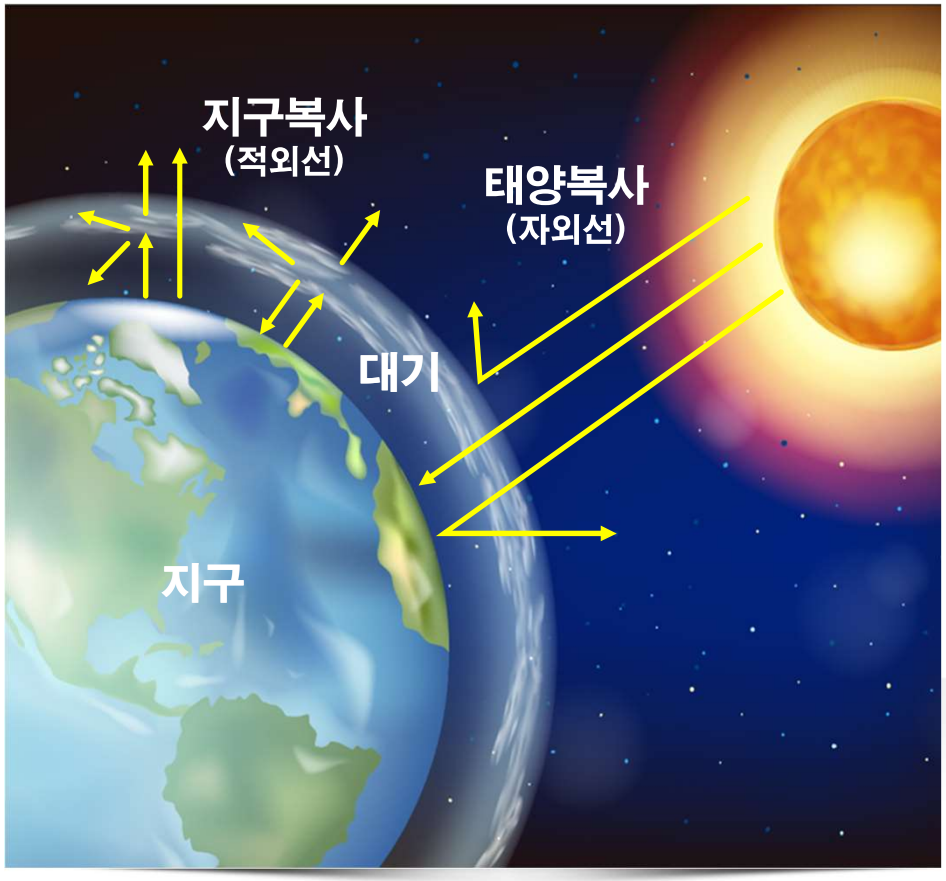
지구시스템(상호작용)



기후변화(내적 반응)

대기변화
얼음변화
식생변화
해양변화
지표변화

기후변화 원인



온실효과

- 태양복사는 지구 대기와 지표에서 반사되고 일부만 지표면에 흡수
- 지표면에 흡수된 에너지는 지구를 데우고 다시 지구 대기로 방출
- 방출된 지구적외복사의 일부는 구름이나 온실가스에 의해 다시 지구로 되돌아와 지구를 덥힘

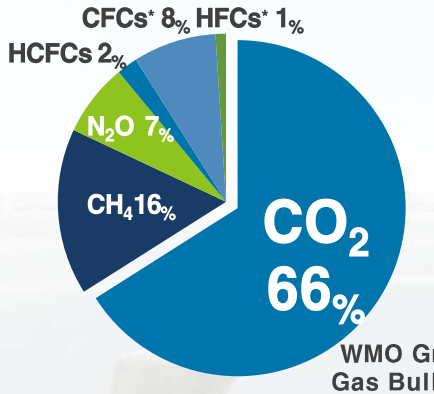
지구온난화

- 온실효과는 지구를 따뜻하게 유지하는 역할을 해왔지만,
- **온실가스가 많아질수록 온실효과가 더욱 커져서 지구 온도가 점점 더 올라가게 됨**

기후변화 원인

온실가스 (Green House Gas, GHG)

- 온실효과를 일으키는 기체
- 대부분 수십년~수천년 이상 공기 중에 존재
- 인위적 활동에 의해 배출되는 것에 초점



출처:
WMO Greenhouse Gas Bulletin, 2002

<온실효과의 기여도(산업혁명~2021년)>

지구온난화지수 (Global Warming Potential, GWP)

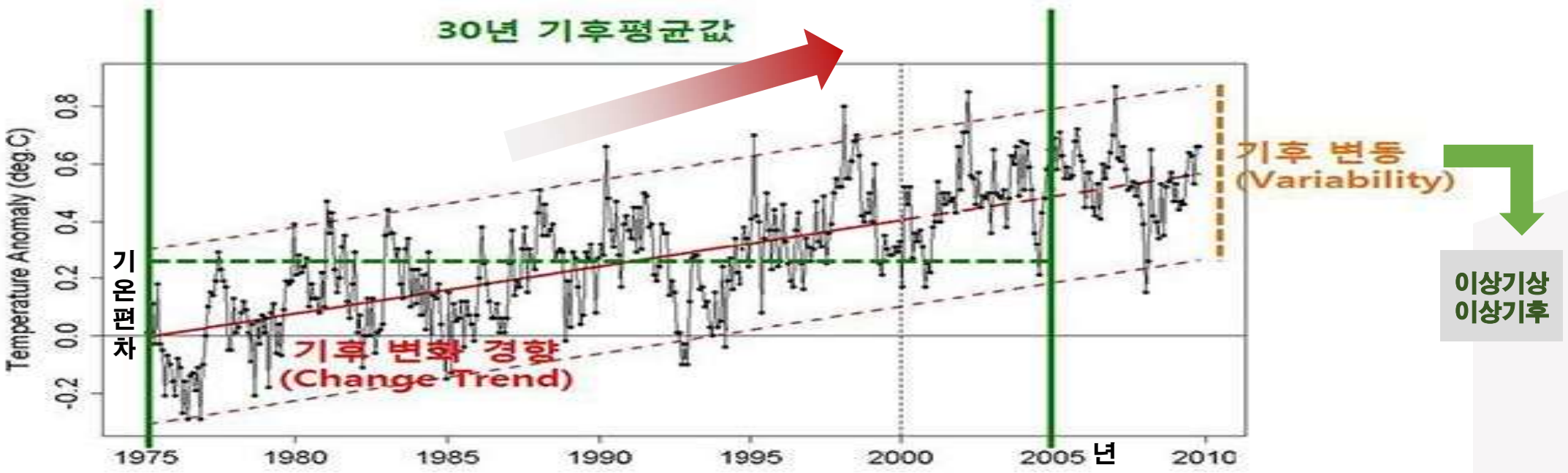
- 온실효과가 얼마나 큰가
- 이산화탄소를 기준으로 상대 비교
- 숫자가 클수록 온실효과가 크다

➔ 지구 기온을 더 많이 상승시킨다.

	GWP_{100}
이산화탄소 (CO_2)	1
메탄 (CH_4)	28
아산화질소 (N_2O)	265
CFCs	4,660~13,900
HCFCs	79~1,980
HFCs	4~12,400

기후변화 원인➔ 이산화탄소 등 온실가스 중요 !

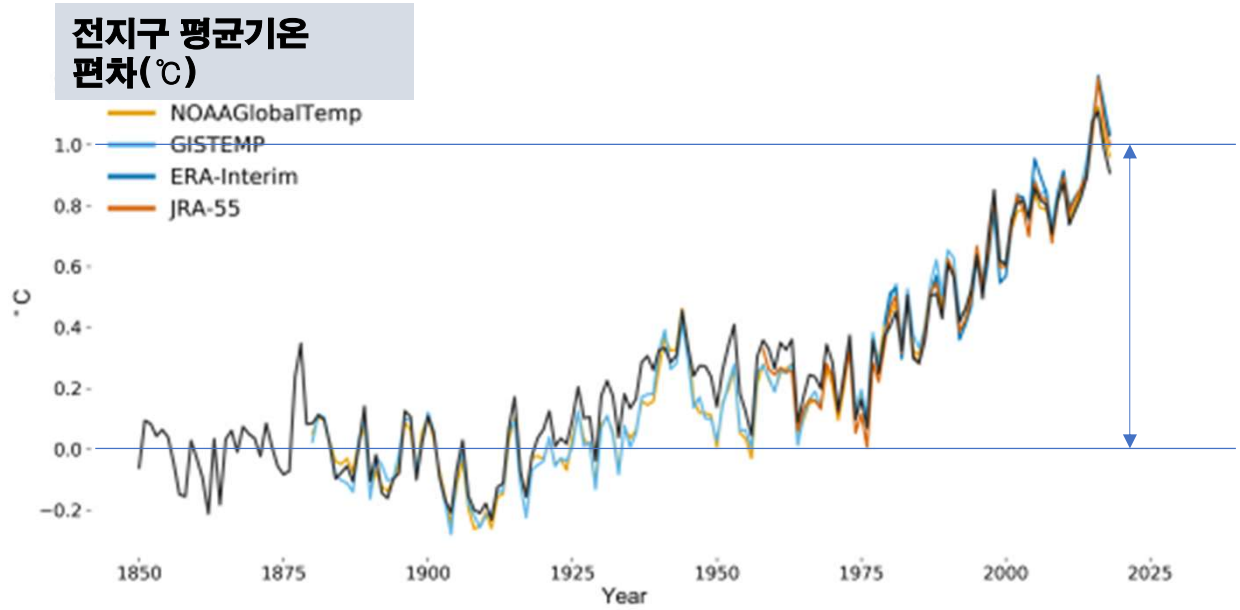
기후변동, 기후변화, 지구온난화



- **기후변동: 긴 시간 동안 평균값에서 크게 벗어나지 않는 자연적인 기후의 움직임**
- **기후변화: 기후변동 범위를 벗어나 더 이상 평균적인 상태로 돌아오지 않는 평균 기후계의 변화**
- **지구온난화: 기후변화에 속하는 현상으로 장기적인 온도 상승을 의미**

출처: 국립기상과학원

전지구 평균기온 상승



산업혁명 이후 전지구 평균기온 1도 증가

- 기후 시스템은 서로 영향을 주며 여러가지 효과를 일으킴
- 지구온난화 2℃ 가 넘으면 현재처럼 균형 잡힌 기후로 다시 돌아오기 어려움

➔ 2100년까지 지구평균온도 상승폭을 산업화 이전 대비 2℃ 이하, 더 나아가 1.5℃ 이하 목표
(파리기후변화협약, 2015)

출처: 1854년~2019년 전지구 기온편차(산업화 이전 대비)의 5년 이동평균(WMO)

전지구

2020년 6~8월 중국, 일본 폭우



- 피해액 중국 37조원
- 사망자 중국 271명, 일본 83명

2021년 2월 미국 전역 한파



출처: (좌) YTN 2021.2.17., (우) OBS 뉴스 2020.7.23

한반도 기후변화 현황


중앙일보

2021년 03월 26일 (금)
종합 02면

아니 벌써? 서울에도 벗꽃…100년 관측 사상 가장 빨리 폈다


朝鮮日報

2020년 08월 10일 (월)
종합 01면

47일 최악 장마에… 오늘 태풍까지 덮친다

집중호우, 폭염, 열대야 등 다양한 이상기상 발생 !!!


연합뉴스

종합

서울서 진눈깨비 관측…113년 관측 사상 가장 늦은 봄눈


"얼음 다 녹았네"… 강원 겨울축제 줄줄이 연기

이인모 기자 입력 2020-01-10 03:00 수정 2020-01-10 05:55


東亞日報

2020년 11월 20일 (금)
사회 14면

車 떠내려가고… 컨테이너 쓰러지고…

104년 만의 '11월 폭우'

서울 86.9mm 가을 강수량으론 최고
낙엽이 배수구 막아 곳곳 침수
부산 강릉주의보까지 내려져
오늘 아침 최저 -1… 내일 더 추워



출처: (좌 상단) 중앙일보 2021.3.26., (우 상단) 조선일보 2020.8.10., (좌 하단) 연합뉴스 2020.4.22., (우 하단) 동아일보 2020.1.10.

[작년 겨울] 12월, 강원도…

2023년, 강원도 가장 더운 해로 기록(역대 1위)

[2023년 연 기후특성]

지구온난화 심화, 강원도 가장 더운 해로 기록

* 연평균기온 12.1℃로 역대 1위, 최근 5년 연속 상위 10위 이내

** 동해 해역 **해수면온도 18.4℃**로 최근 10년 중 **두 번째로 높아**

	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	2023년
순위	17	9	1	8	7	3	5	6	1	15	21	15	1

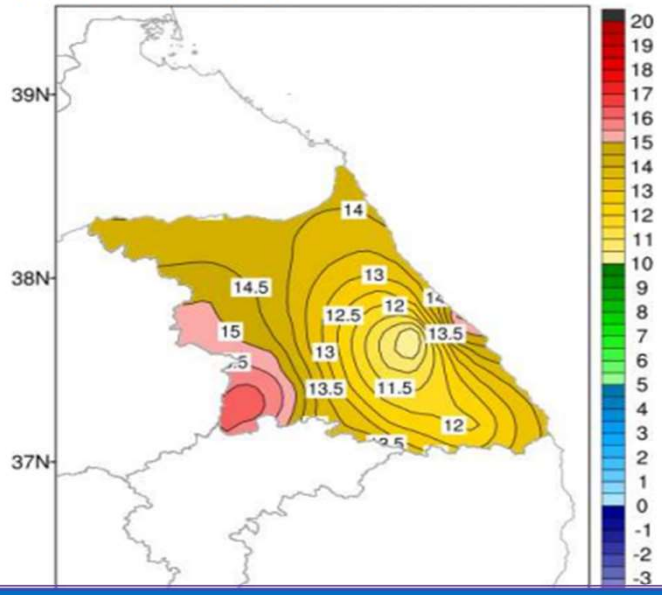
지구온난화, 기후변화 → 시.군별 기후위기 적응대책 필요

※ 순위: 1973년부터 2023년까지 강원도 평균, 전체 51개 중의 순위

2024년 4월, 강원도…

4월, 역대 가장 높은 기온

① 평균기온(℃) 분포도



【표 1】 2024년 4월 기온 관련 기상요소별 순위(1973년 이후 강원도 평균, 전체 52위 중)

평균기온(℃)			최고기온(℃)			최저기온(℃)		
상위	년도	값/평년비교	상위	년도	값/평년비교	상위	년도	값/평년비교
1	2024	13.9/+3.1	1	2024	20.4/+3.2	1	1998	8.0/+3.4
2	1998	13.3/+2.5	2	2022	19.5/+2.3	2	2024	7.9/+3.3
3	2022	13.0/+22	3	1994	19.4/+2.2	3	2022	6.4/+1.8
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
52	2010	8.3/-2.5	52	2010	14.0/-3.2	52	1996	2.3/-2.3

올해 4월 : 역대 가장 높은 기온(최고, 평균)

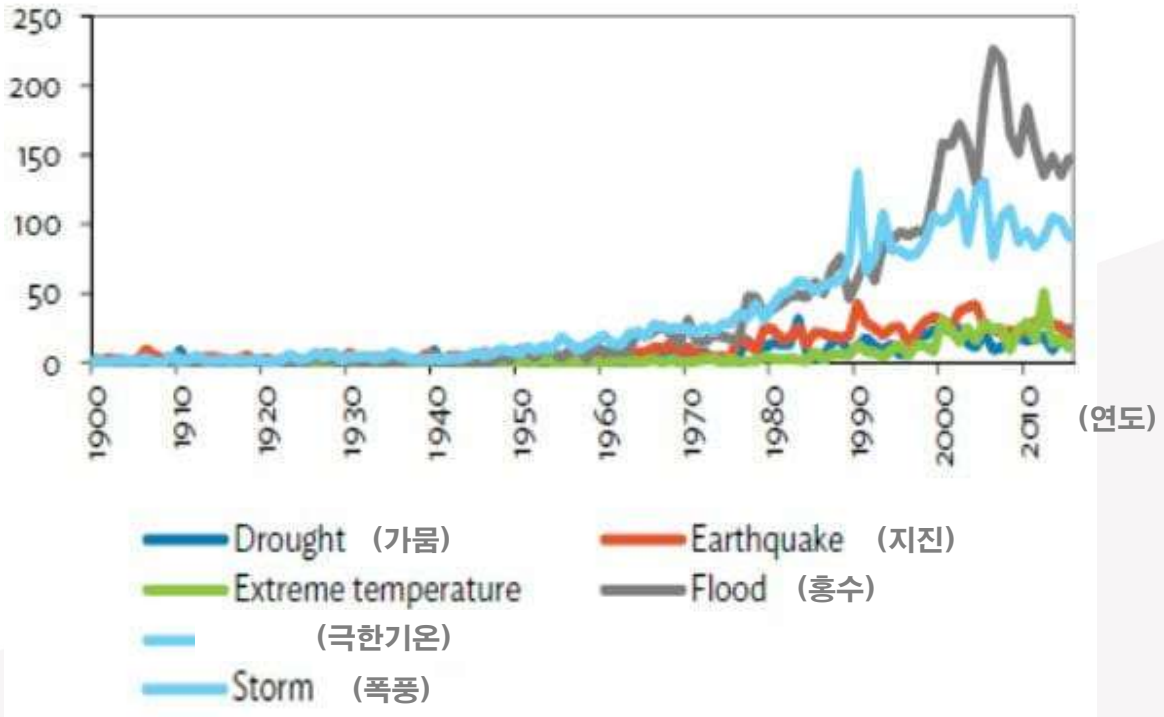
전지구 이상기후 발생 분포도



출처: 2020 이상기후 보고서, 기상청

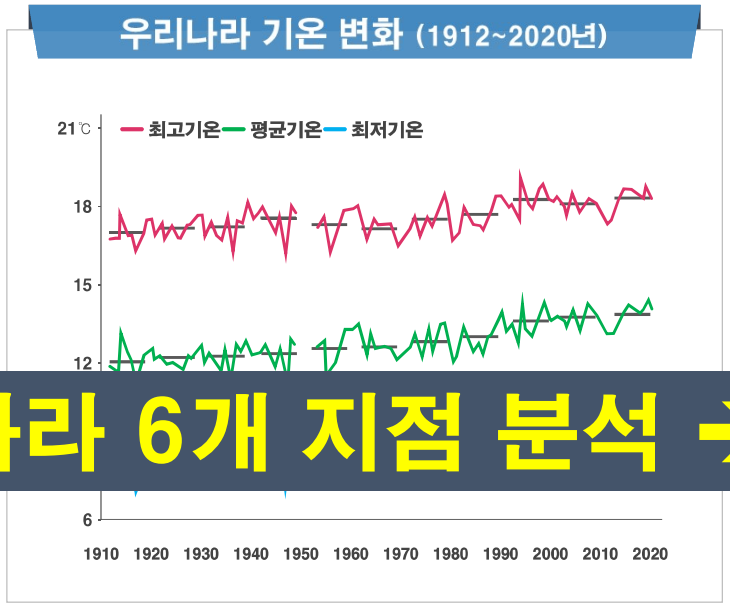
전지구 자연재해 발생빈도

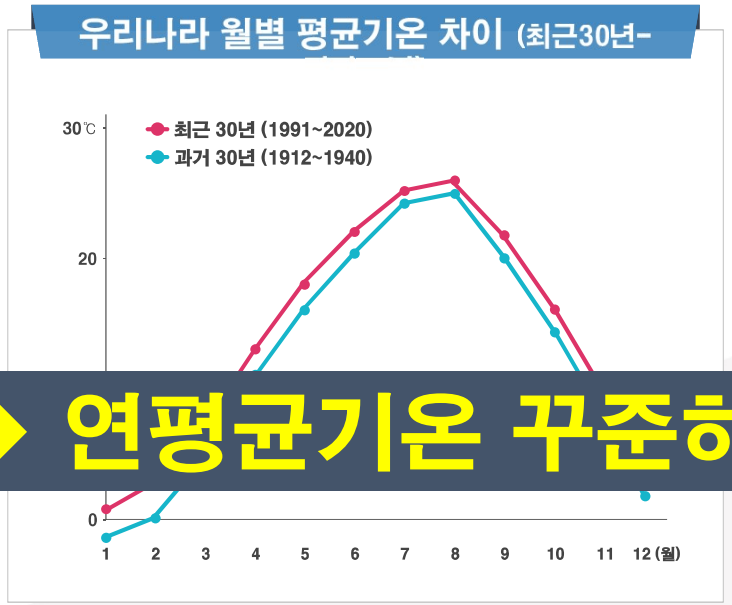
지구온난화로 인한 자연재해 발생빈도 증가



출처: '자연재해가 아시아 경제성장에 미치는 영향(Natural Disaster Shocks and Macroeconomic Growth in Asia:Evidence for Typhoons and Drought)' 보고서, 아시아개발은행

한반도 기후변화 현황 (기온)



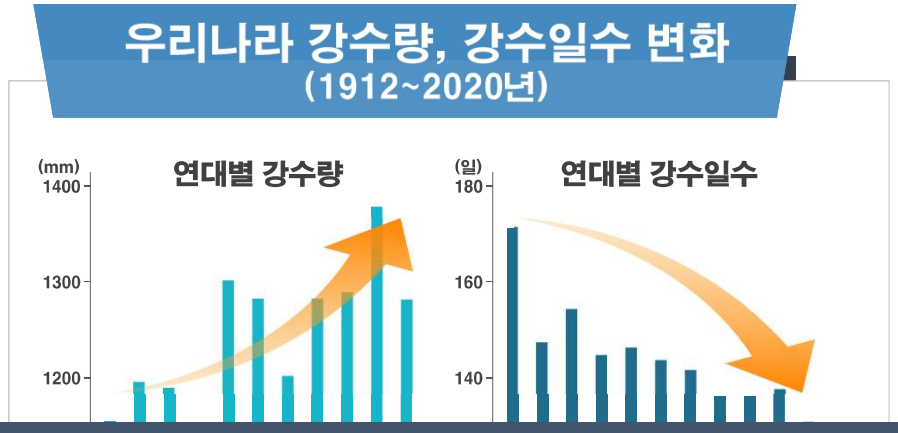


우리나라 6개 지점 분석 ➔ 연평균기온 꾸준히 상승

- **연평균기온 1.6℃ 상승** (최근30년-과거30년)
- 최고/최저기온 1.1/1.9℃ ℃ 상승 (최근 30년-과거 30년)
- 연평균기온 +0.2℃/10년 꾸준히 상승
- **봄과 겨울 기온상승 가장 큼** (2.1℃ 상승)
- 모든 월에서 기온 상승 (최근 30년-과거 30년)

[지점] 우리나라 6개 지점 평균(서울, 인천, 강릉, 목포, 대구, 부산)
[109년] 1912~2020년, [과거 30년] 1912~1940년, [최근 30년] 1991~2020년

한반도 기후변화 현황 (강수)



우리나라 계절별 강수량 및 변화
(1912~2020년)

	평균 연강수량	최근 30년~ 과거 30년
봄	237.6mm	+14.9mm
여름	640.4mm	+97.3mm

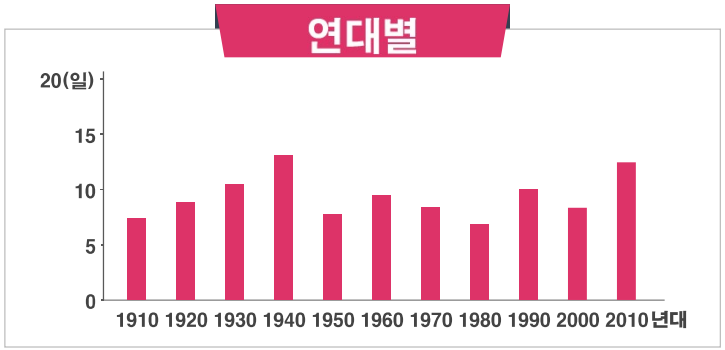
연대별 강수량 증가, 강수일수는 감소 추세
➔ 강한 강수는 증가 추세

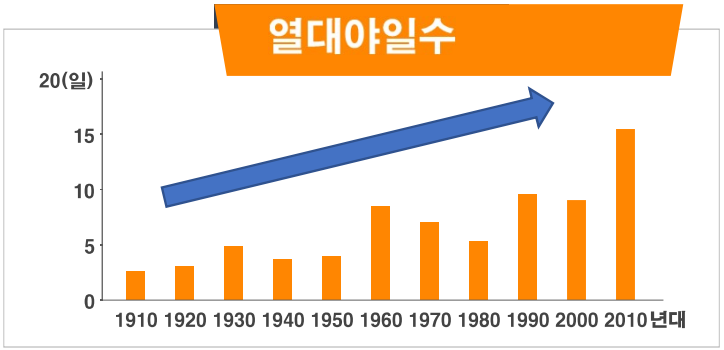
- **연강수량 135.4mm 증가하나 강수일수 21.2일 감소**
  (최근 30년-과거 30년)
- **강한 강수는 증가, 약한 강수는 감소 추세**
  - 80mm 이상 강수일수, 강수량은 증가,
  10mm 미만 강수일수, 강수량은 감소

- **여름철 강수량 97.3mm 증가**
  (최근30년-과거30년)
- **특히 7~8월 강수량 증가가 큼**

[지점] 우리나라 6개 지점 평균(서울, 인천, 강릉, 목포, 대구, 부산)
[109년] 1912~2020년, [과거 30년] 1912~1940년, [최근 30년] 1991~2020년

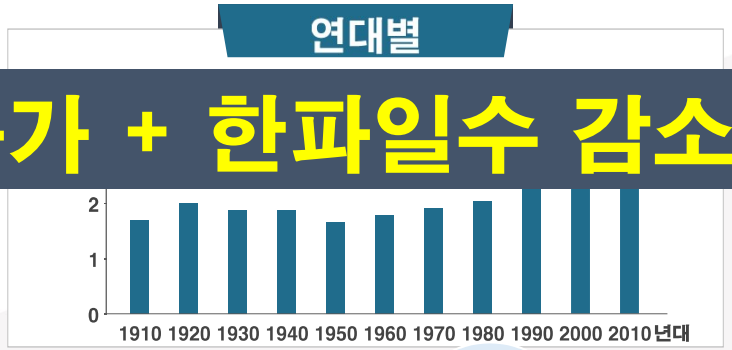
한반도 기후변화 현황 (극한기후)





8.4일





열대야, 폭염일수 증가 + 한파일수 감소

고온 극한지수 증가

열대야일수/폭염일수
+8.4일/+1.0일
(최근 30년-과거 30년)

저온 극한지수 감소

한파일수/결빙일수
-4.9일/-7.7일
(최근 30년-과거 30년)

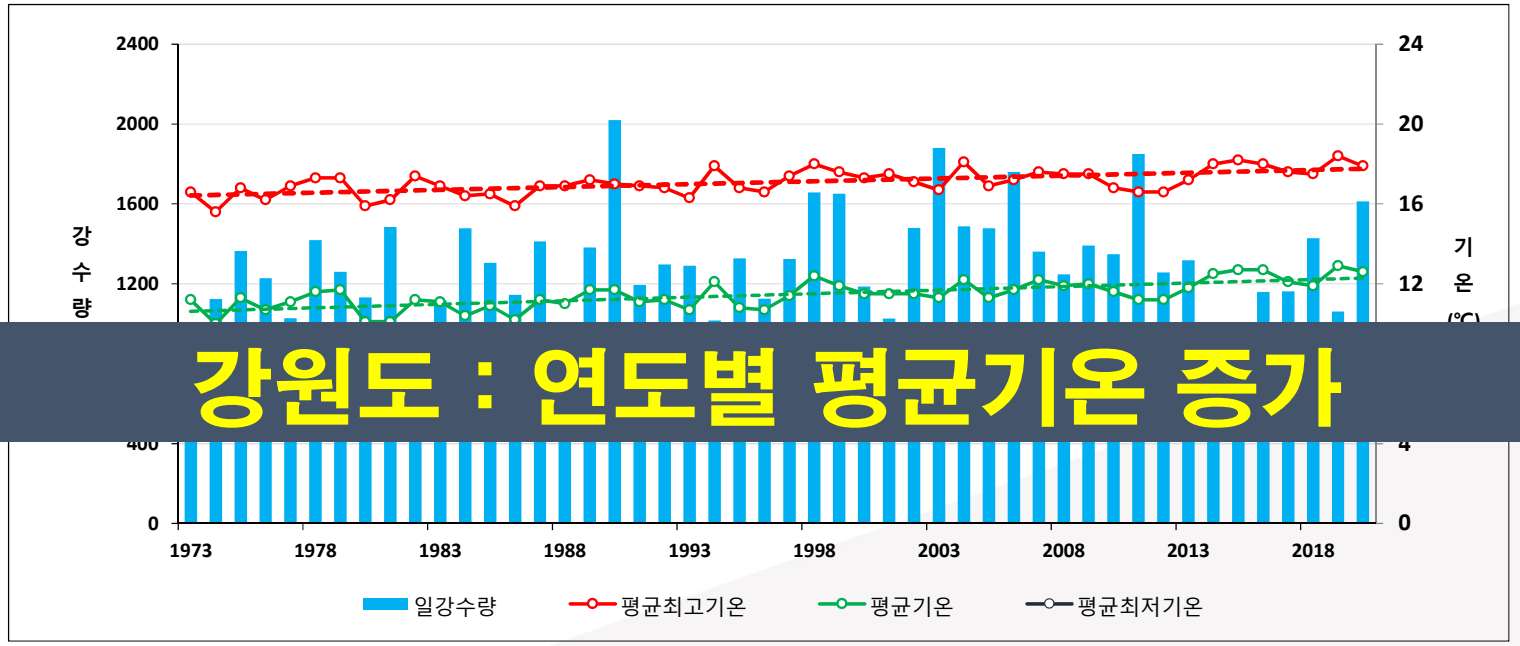
강수 극한지수 증가

호우일수
+0.6일
(최근 30년-과거 30년)

[지점] 우리나라 6개 지점 평균(서울, 인천, 강릉, 목포, 대구, 부산)., [폭염일수] 일최고기온 33℃ 이상인 날의 연중 일수,
[열대야일수] 일최저기온이 25℃ 이상인 날의 연중 일수.,
[한파일수] 일최저기온이 -12℃ 이하인 날의 연중 일수, [호우일수] 일강수량이 80mm 이상인 날의 연중 일수

강원도 기후변화 현황

연도별 기온 및 강수량 변화 경향(1973~2020년)



강원도 : 연도별 평균기온 증가

- **강원도의 연평균기온은 11.5℃로 우리나라 연평균기온(12.6℃)보다 1.1℃ 낮음**
- **2019년의 연 평균기온은 12.9℃로 1973년 이후 상위 1위 기록**
- **연강수량은 연도에 따라 변화폭이 큼**

전지구 기후변화 영향

5℃ 상승

- 히말라야의 빙하 소멸
- **해수면 상승으로 작은 섬들과 뉴욕**, 도쿄 등의 도시 수장
- 해양 산성화 가속, 해양 생태계 변화
- 중국 인구 25%에 거주 영역 영향

4℃ 상승

- 30~50%의 물 감소
- 아프리카에서 최대 8,000만 명 말라리아로 사망
- 해안지역 인구 최대 **3억 명 홍수 피해**



3℃ 상승

- 유럽에서 10년마다 심각한 가뭄 (10억~40억 명 물 부족)
- **최대 50%의 생물 멸종 가능성**, 아마존 밀림 파괴 시작
- 최대 300만 명이 영양실조 사망
- 기근 피해자 5억 5,000만 명 증가

2℃ 상승

- 남아프리카와 지중해에서 물 공급량 20~30% 감소
- **열대지역 농작물 크게 감소** (아프리카는 5~10%)
- **아프리카인 최대 6,000만 명 말라리아에 노출**



1℃ 상승

- 안데스산맥의 작은 빙하 녹음 (5,000만 명 물 부족)
- 영구동토층이 녹아 러시아와 캐나다의 건물 · 도로 손상
- **10%의 생물 멸종 위기**
- 매년 30만 명, 기후관련 질병으로 사망



기온이 상승할때마다 ➔ 다양한 분야에서 심각한 영향

출처 : 우리나라 기후변화의 경제학적 분석 보고서, 국립환경과학원

한반도 기후변화 영향

농작물 변화

주요 농작물 주산지 이동 지도

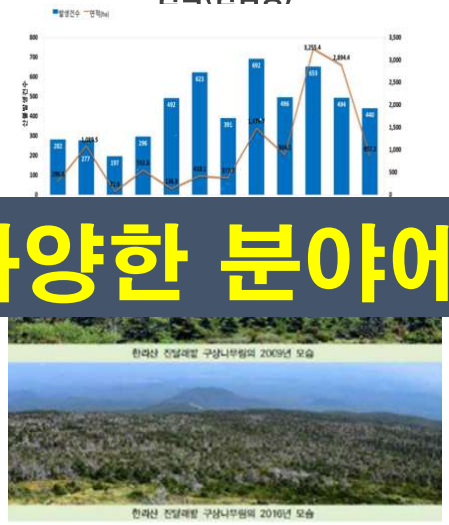


기후변화에 따른 주요 농작물 주산지
이동현황 (통계청, 2018)

산림의 변화

기후변화에 따른 산불 증가 및 수목 변화

자료: 최근 10년간 산불 발생건수 및
면적(산림청)



제주 구상나무림
2009년(위) VS 2016년(아래)
/ 김진 촬영

레저활동 변화



전자신문 2020. 1. 6

농작물 및 산림 등 다양한 분야에서 기후변화 영향 !!

기후변화 대응을 위한 노력

기후변화에 관한 정부간 협의체(IPCC)

▶기후변화대응 정책 수립을 위한 과학적 근거자료생산 및 정보지원

▶ 영향, 적응, 취약성 평가 완화

▶IPCC 노벨 평화상 공동수상(2007년)

▶ 의의 : 기후변화의 위협을 전 세계에

▶IPCC 제5차 보고서의 기후변화과학 분야

1. 대기 및 지표면 관측	8. 기후모델과 평가
2. 해양관측	9. 기후변화 탐지 및 원인
3. 빙권관측	10. Near-term 기후 변화 전망 및 예측도
4. 고기후	11. 장기 기후변화
5. 카본 및 생화학 사이클	12. 해수면 변화
6. 구름과 에어로졸	13. 기후현상 및 미래변화
7. 인위적 및 자연적 복사 강제력	

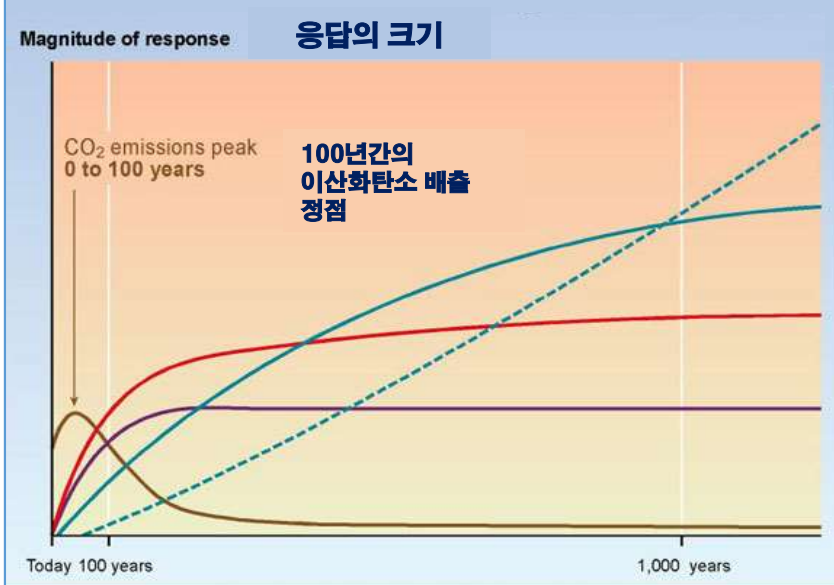
유엔 기후변화협약

'92.6: 기후변화협약채택	(리우환경회의)
'94.3: 기후변화협약 발효	우리나라 가입('93.12)
'95.3: 제1차 당사국총회	(COP1): 2000년 이후 감축논의 시작
'97.12: 제3차 당사국총회	(COP3): 교토의정서(선진국 감축의무) 채택
'01.03: 제7차 당사국총회	(COP7): 교토의정서 이행방안(마라케쉬 협의문) 채택
'04.12: 제10차 당사국총회	(COP10): 교토의정서 이후에 대한 논의 준비
'05.11: 제11차 당사국총회	(COP11): 교토체제 이후에 대한 논의
'06.11: 제12차 당사국총회	(COP12): 2012년 이후의 기후변화 대응체제 본격적 논의
'07.12: 제13차 당사국총회	(COP13): 발리 로드맵 채택으로 선진국 및 개도국을 광범위하게 참여시키는 계기 마련
'08.12: 제14차 당사국총회	(COP14): Post-2012 협상문 초안 마련
'09.12: 제15차 당사국총회	(COP15): 코펜하겐 합의문 도출
'10.12: 제16차 당사국총회	(COP16): 칸쿤 합의문 채택
'11.11: 제17차 당사국총회	(COP17): 교통의정서 2차 공약 설정으로 기후체제가 지속, 2012년부터 2020년 이후 모든 당사국이 참여하는 의무감축체제 관련 협상 개시
'12.12: 제18차 당사국총회	(COP18): 2013년부터 2020년까지 교통의정서 2차 공약기간 개시를 위한 의정서 개정, 우리나라의 녹색기후기금 유치 인준
'13.11: 제19차 당사국총회	(COP19): 신기후체제, 기후재정, 손실 및 피해 등 핵심의제에서 진전을 보이며 불확실성을 상당 부분해소
'14.12: 제20차 당사국총회	(COP20): 기후행동에 관한 결정문 채택, Post-2020 감축목표 등 각국의 기여(INDC)를 담은 결정문 채택. 2020년 이후 신기후체제를 규정하는 협정문 작성
'15.12: 제21차 당사국총회	(COP21): 新기후체제(파리협정) 도출: 모든 국가의 참여
'16.11: 제22차 당사국총회	(COP22): 기후 및 지속가능개발을 위한 마라케시 행동 선언문 채택 *1.5 ℃특

전세계 : 국제기구를 중심으로 기후변화 대응 노력 !!!

기후변화 대응의 필요성

이산화탄소 배출이 줄어든 후
이산화탄소 농도, 온도, 해수면의 지속적 상승



기후 변화에 관한 정부간 패널

출처 : IPCC Synthesis Report, figure 5-2

필요성

- 온실가스 배출이 현저히 줄어들더라도 향후 최소 수십 년은 과거에 배출한 온실가스로 지구온난화 지속

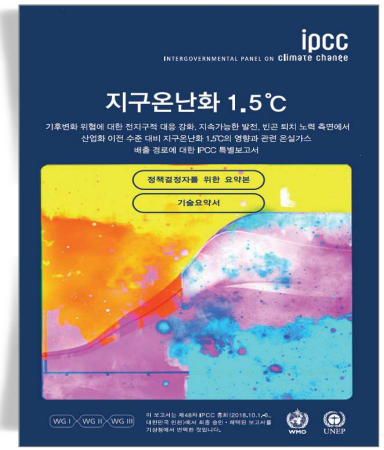
  ※CO2는 대기 중 한번 배출되면 5-300년 체류
- ***온실가스 배출 저감과 기후변화 적응 필요***

시급성

- 기후변화로 인한 악영향이 나타나기 전에
  취약계층 보호하고
  적응 대책 시행 필요

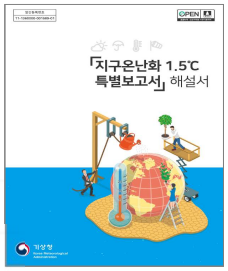
기후변화 대응은 선택이 아닌 필수

기후변화 관련 보고서



IPCC ‘지구온난화 1.5℃ 특별보고서’ & 해설서

- 지구온난화 1.5℃ 의미
- 1.5 ℃/2.0 ℃ 온난화 차이
- 1.5 ℃ 달성을 위한 배출경로 및 대응

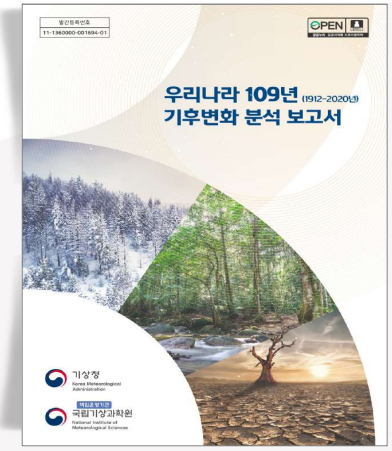




대표농도경로(RCP) 시나리오에 따른 한반도, 행정구역별 미래 전망정보



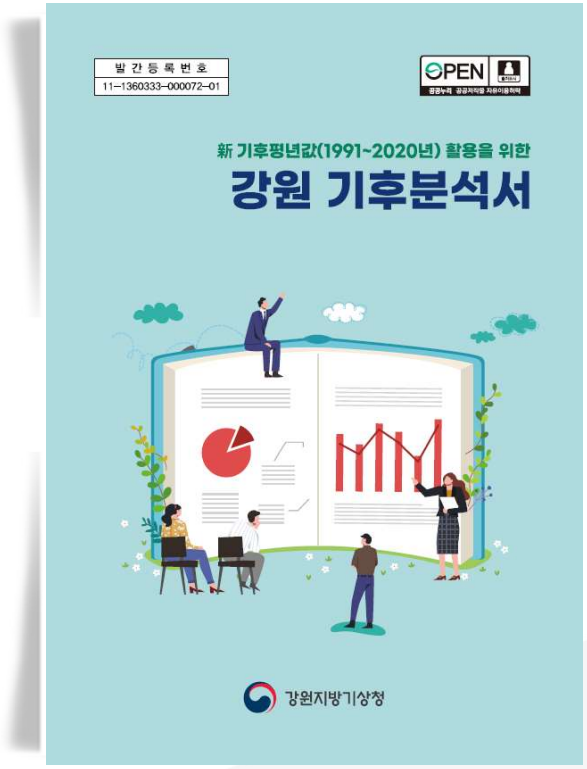
공통사회 경제경로(SSP) 시나리오에 따른 한반도 미래 전망정보



우리나라 과거 109년 (1912~2020) 기온, 강수, 극한기후, 계절길이, 절기 변화 수록

[보고서 파일] 기후정보포털-열린마당-발간물-기후변화시나리오/ 기후정보포털-기후변화시나리오-다운로드-보고서

강원도 기후분석서

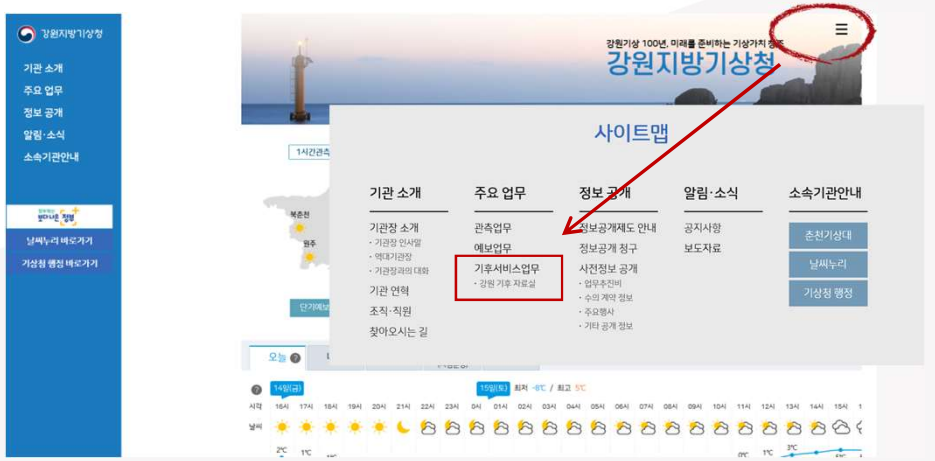


신 기후평년값(1991~2020년) 활용을 위한

강원 기후분석서

- 강원도 기후특성
- 18개 시 · 군별 기후특성
  - 지리적 특성
  - 장비현황
  - 기온, 강수량, 계절길이,





[보고서 파일] 강원지방기상청 – 기후정보 베너 – 주요업무 – 기후서비스업무 – 강원 기후 자료실

[한국] 기상청 지구대기감시소

서울대학교(광릉수목원)
- 탄소플럭스

연세대학교(서울)
- 성층권오존
- 자외선

광주과기원(광주)
- 에어로졸

목포기상대(목포)
- 자외선

제주대학교(고산)
- 라돈

숙명여자대학교(서울)
- 성층권오존, 수증기



동쪽 :울릉도
서쪽: 안면도
남쪽: 제주고산

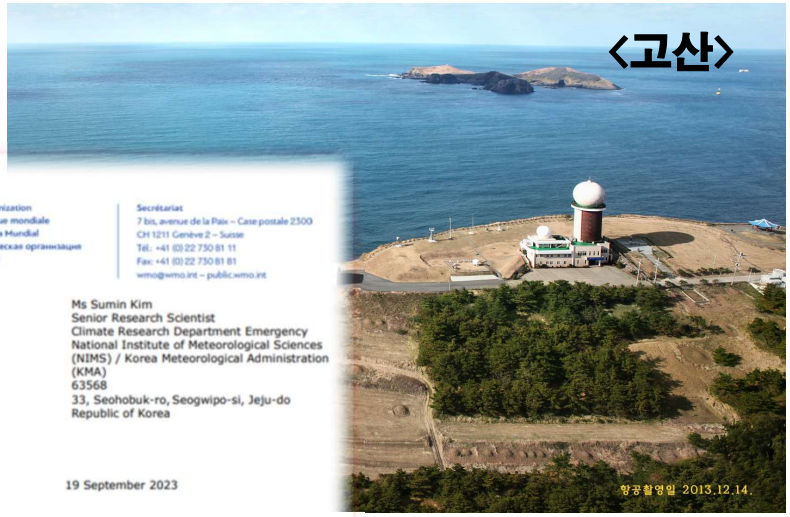
극지연구소
(남극세종과학기지)
- 온실가스
- 성층권오존



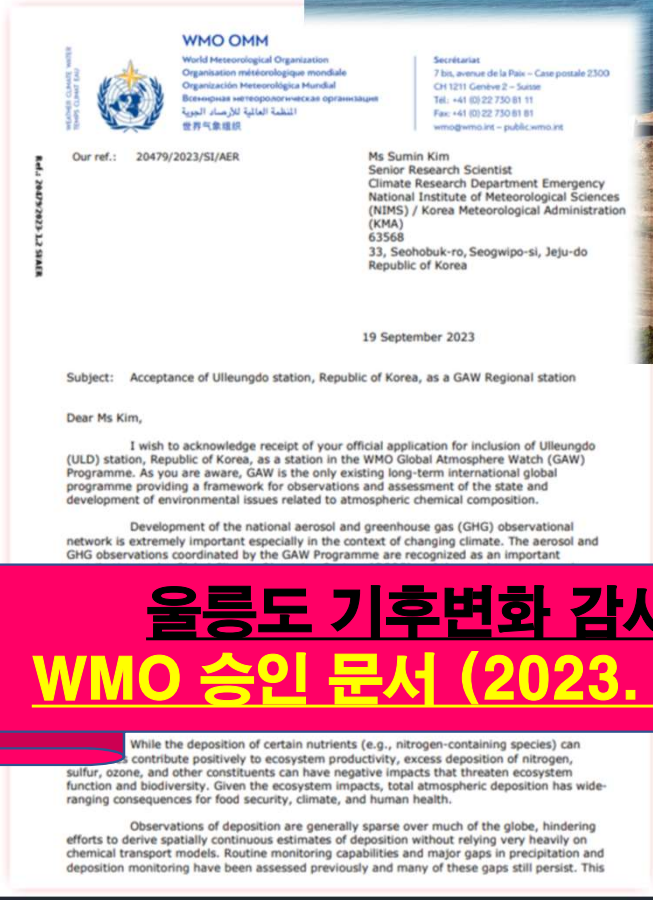
★ WMO 지정 지구대기감시소(GAW: Global Atmosphere Watch)

[한국] 기상청 지구대기감시소









WMO OMM

World Meteorological Organization
Organisation météorologique mondiale
Organización Meteorológica Mundial
Всемирная метеорологическая организация
المنظمة العالمية للأرصاد الجوية
世界气象组织

Secrétariat
7 bis, avenue de la Paix – Case postale 2300
CH 1211 Genève 2 – Suisse
Tél.: +41 (0) 22 730 81 11
Fax: +41 (0) 22 730 81 81
wmo@wmo.int – public.wmo.int

Our ref.: 20479/2023/SI/AER

Ms Sumin Kim
Senior Research Scientist
Climate Research Department Emergency
National Institute of Meteorological Sciences
(NIMS) / Korea Meteorological Administration
(KMA)
63568
33, Seohobuk-ro, Seogwipo-si, Jeju-do
Republic of Korea

19 September 2023

Subject: Acceptance of Ulleungdo station, Republic of Korea, as a GAW Regional station

Dear Ms Kim,

I wish to acknowledge receipt of your official application for inclusion of Ulleungdo (ULD) station, Republic of Korea, as a station in the WMO Global Atmosphere Watch (GAW) Programme. As you are aware, GAW is the only existing long-term international global programme providing a framework for observations and assessment of the state and development of environmental issues related to atmospheric chemical composition.

Development of the national aerosol and greenhouse gas (GHG) observational network is extremely important especially in the context of changing climate. The aerosol and GHG observations coordinated by the GAW Programme are recognized as an important

While the deposition of certain nutrients (e.g., nitrogen-containing species) can s contribute positively to ecosystem productivity, excess deposition of nitrogen, sulfur, ozone, and other constituents can have negative impacts that threaten ecosystem function and biodiversity. Given the ecosystem impacts, total atmospheric deposition has wide-ranging consequences for food security, climate, and human health.

Observations of deposition are generally sparse over much of the globe, hindering efforts to derive spatially continuous estimates of deposition without relying very heavily on chemical transport models. Routine monitoring capabilities and major gaps in precipitation and deposition monitoring have been assessed previously and many of these gaps still persist. This

울릉도 기후변화 감시소
WMO 승인 문서 (2023. 9. 19.)

기후변화는 ~

우리나라 및 전지구 CO_2 농도

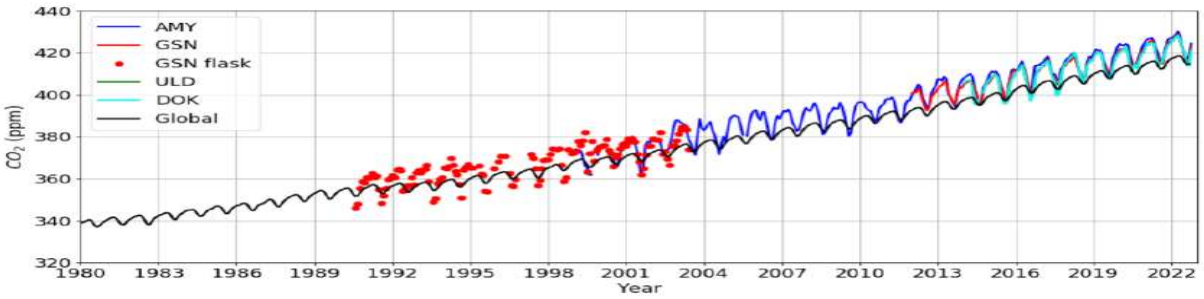
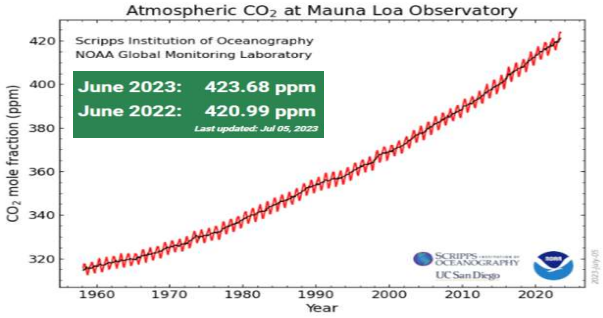


그림 2.1.1 안면도(MAY), 고산(GSN), 울릉도(ULD), 독도(DOK)와 전지구(Global)의 CO_2 배경농도



마우나로아 이산화탄소 농도 그래프

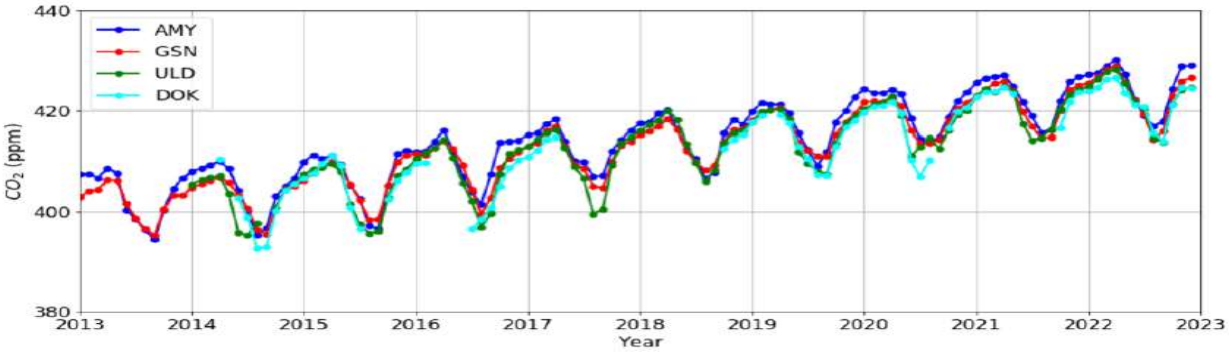
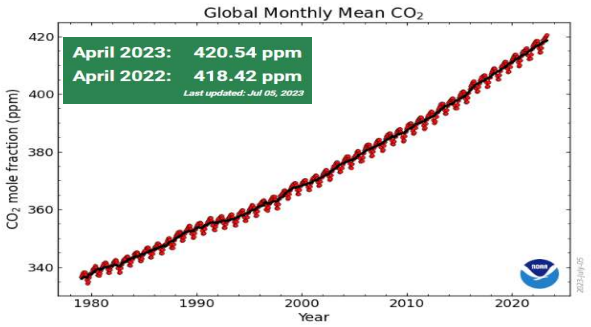


그림 2.1.3 10년간(2013~2022년)의 안면도(AMY), 고산(GSN), 울등도(ULD), 독도(DOK)의 대기중 CO_2 배경농도



전지구 이산화탄소 농도 그래프

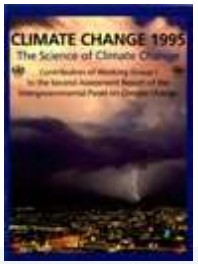
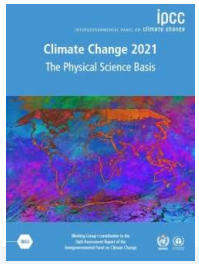
이산화탄소 : 우리나라와 전세계 모두 증가 → 지구 온난화

2 기후변화 현황과 미래 전망



기상청

[전세계] IPCC 평가보고서

IPCC FAR (1990)	IPCC SAR (1995)	IPCC TAR (2001)	IPCC AR4 (2007)	IPCC AR5 (2013-14)	IPCC AR6 (2021-22)
					
CLIMATE CHANGE	CLIMATE CHANGE 1995 The Science of Climate Change	Climate Change 2001 The Scientific Basis	CLIMATE CHANGE 2007 THE PHYSICAL SCIENCE BASIS	ipcc CLIMATE CHANGE 2013 The Physical Science Basis	ipcc Climate Change 2021 The Physical Science Basis

IPCC 평가보고서 미래전망 정보를 제공

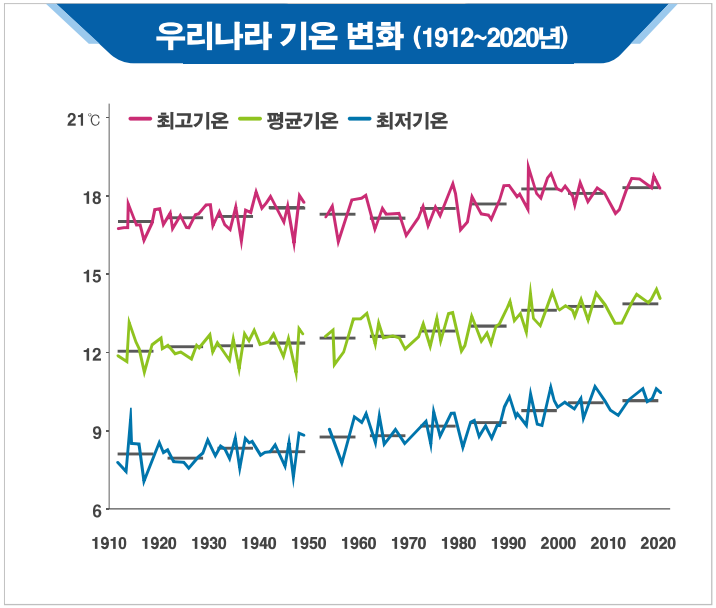
CMIP The World Climate Research Programme's Coupled Model Intercomparison Project

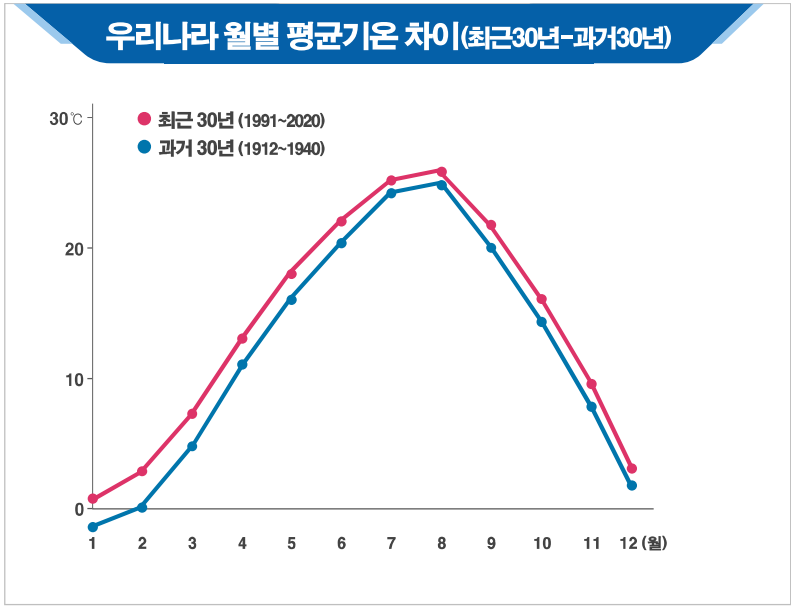
CMIP1 (1995)	CMIP2 for TAR	CMIP3 for AR4	CMIP5 for AR5	CMIP6 for AR6

- 미래 예측의 불확실성은 주로 기후강제력과 모델의 차이에서 기인함
- 따라서, 다수의 지구시스템 모델과 다양한 범위의 시나리오 경로에서 **보다 신뢰성 높은 기후예측 자료의 생산을** 위해 국제표준규격(CMIP*) 을 따르고 있음
  - CMIP(Coupled Model Intercomparison Project): 세계기상기구 기후연구프로그램의 결합모델 실무그룹이 주도하는 결합모델 상호비교 프로젝트로 기후변화 시나리오 산출 및 IPCC 평가보고서 작성에 기여

전문가 → 기후변화 과학적인 근거 → 정책결정자

우리나라 기후변화 현황(109년)





연평균기온 1.6℃ 상승

최고/최저기온 1.1/1.9 ℃ 상승 (최근 30년-과거 30년)

봄과 겨울 기온상승 가장 큼 (2.1 ℃ 상승)

모든 월에서 기온 상승 (최근 30년-과거30년)

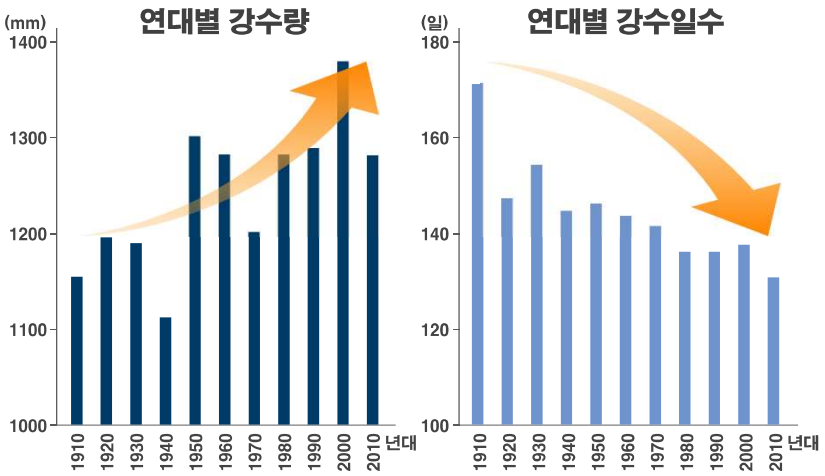
우리나라 6개 지점 1.6℃ 상승 → 봄, 겨울 상승폭 큼

[지점] 우리나라 6개 지점 평균(서울, 인천, 강릉, 목포, 대구, 부산)
[109년] 1912~2020년, [과거 30년] 1912~1940년, [최근30년] 1991~2020년

출처: 우리나라 109년 기후변화 분석보고서(기상청, 2021)

우리나라 기후변화 현황(109년)

우리나라 강수량, 강수일수 변화 (1912~2020년)



- 연강수량 135.4mm 증가하나 강수일수 21.2일 감소 (최근30년-과거30년)
- **강한 강수는 증가, 약한 강수는 감소 추세**

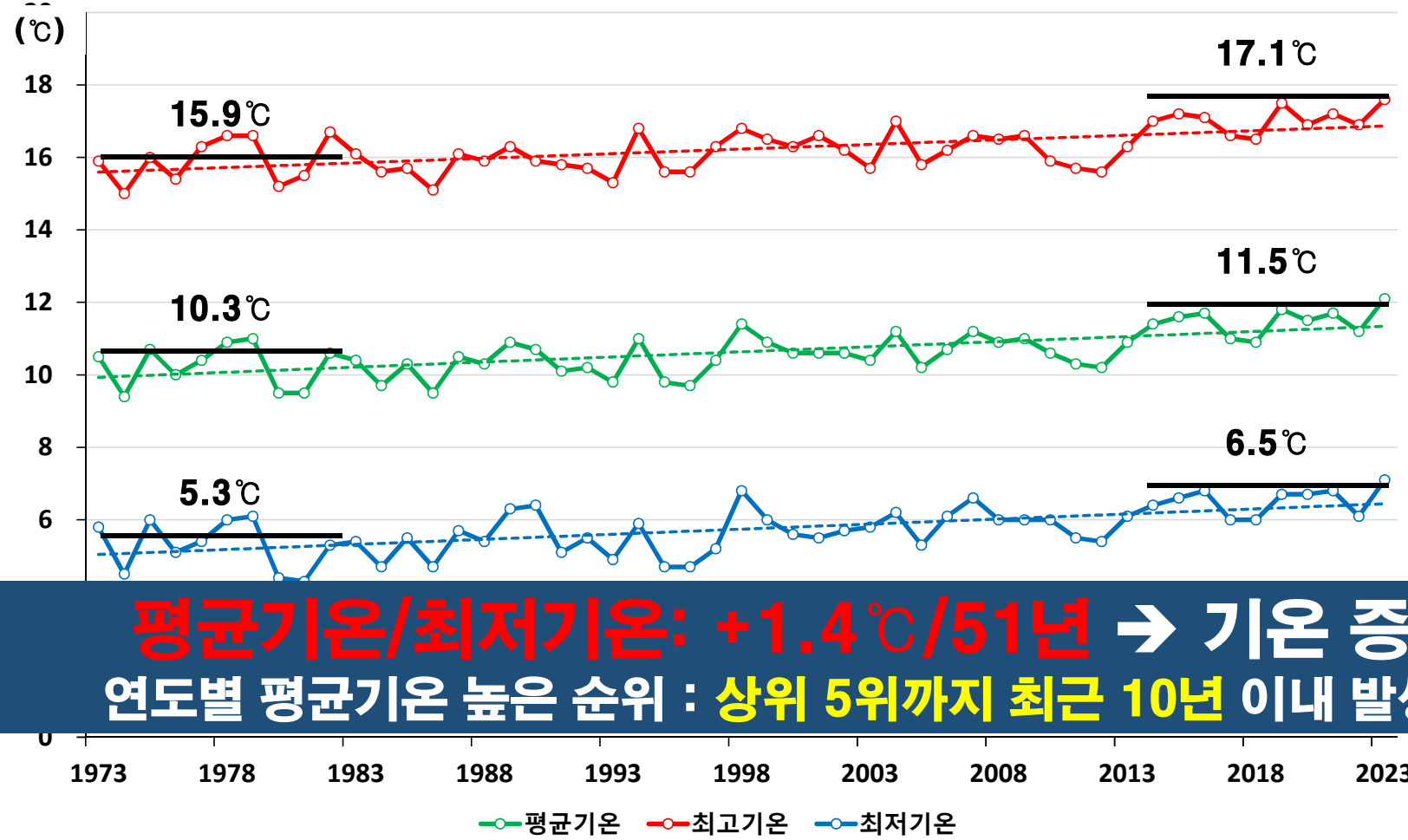
우리나라 계절별 강수량 및 변화 (1912~2020년)

	평균 연강수량	최근 30년~ 과거 30년
봄	237.6mm	+14.9mm
여름	**640.4mm**	**+97.3mm**
가을	268.5mm	+33.9mm
겨울	94.4mm	-9.3mm

- 여름철 강수량 97.3mm 증가 (최근30년-과거30년)
- **특히 7~8월 강수량 증가가 큼**

강수량 증가, 강수일수 감소 ➔ 강한 강수는 증가 추세
여름철 강수 증가

[강원도] 연평균기온



온난화 추세(경향성)
최고기온: +1.3℃/51년
평균기온: +1.4℃/51년
최저기온: +1.4℃/51년

평균기온/최저기온: +1.4℃/51년 → 기온 증가 추세

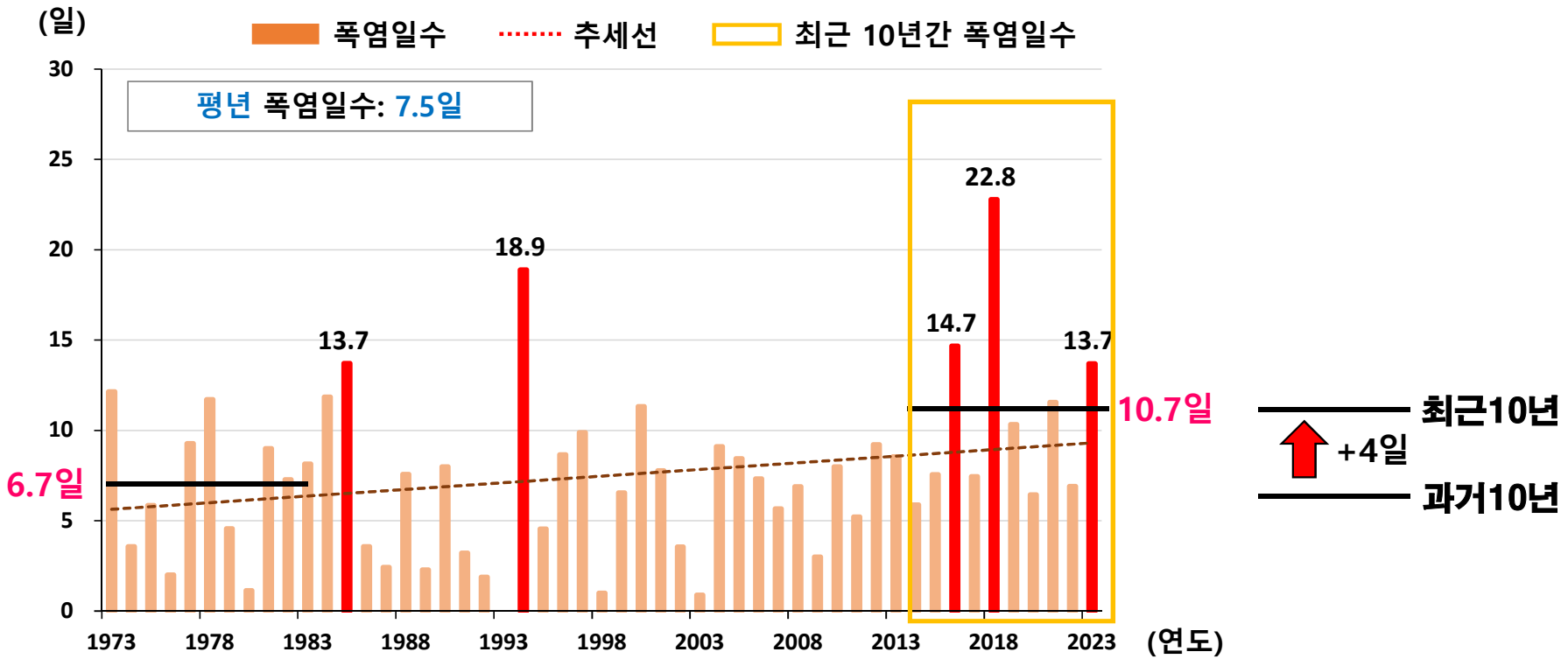
연도별 평균기온 높은 순위 : 상위 5위까지 최근 10년 이내 발생

- 연평균기온 순위(상위): 1위 2023년 12.1℃ / 2위 2019년 11.8℃ / 3위 2021년 11.7℃ / 4위 2016년 11.7℃ / 5위 2015년 11.6℃

[지점] 강원도 9개 지점 평균(철원, 대관령, 춘천, 원주, 인제, 홍천, 속초, 강릉, 태백) / [51년] 1973~2023년, [과거 10년] 1973~1982년, [최근10년] 2014~2023년

[강원도] 폭염일수

*폭염일수: 일최고기온이 33도 이상인 날의 연중 일수



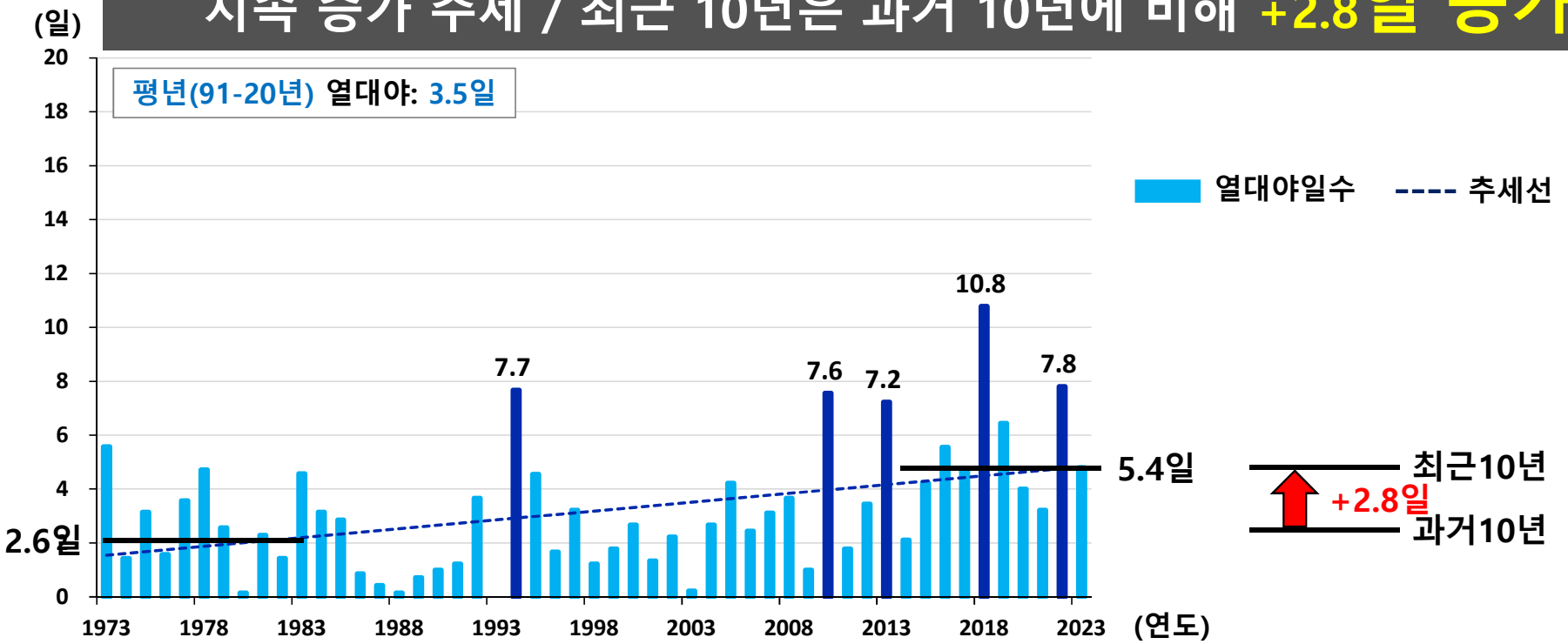
- 평균 폭염일수 4일 상승 (최근 10년-과거 10년)

일 최고기온 33도 이상 일수!! 증가 → 최근 10년은 과거에 비해 4일 증가

[강원도] 열대야일수

* 열대야 일수: 일최저기온이 25도 이상인 날의 연중 일수

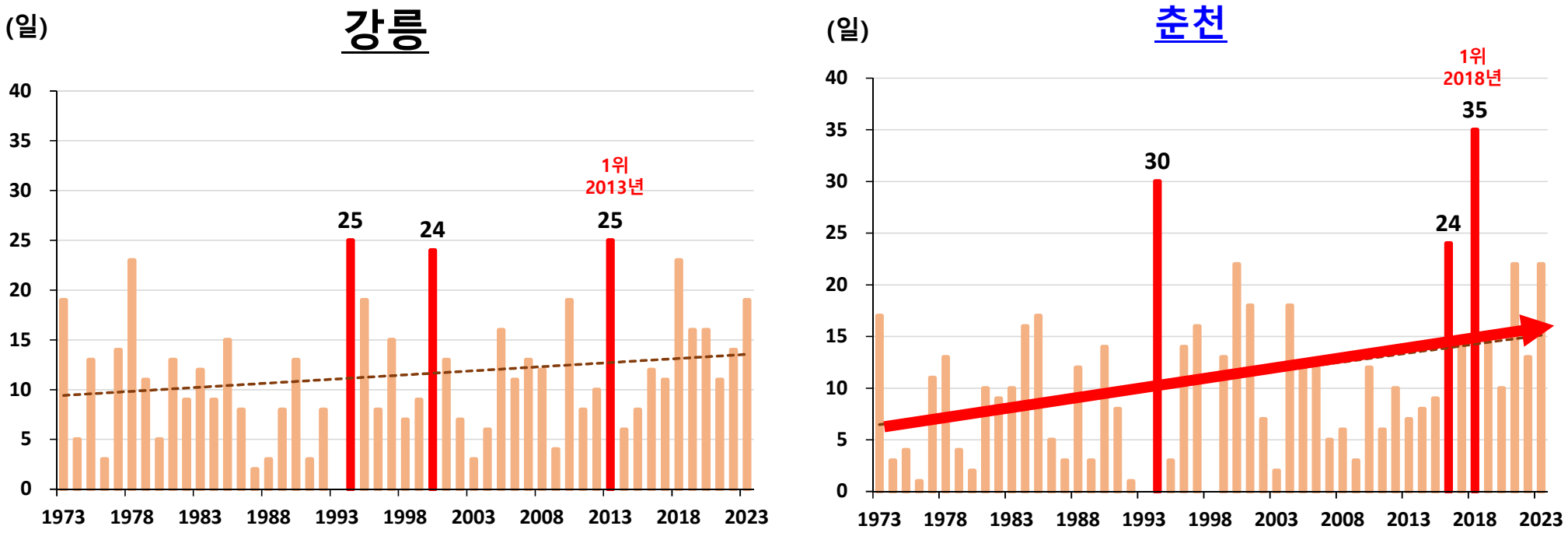
지속 증가 추세 / 최근 10년은 과거 10년에 비해 +2.8일 증가



영서와 영동 기후특성 차 매우 큼

[51년] 1973~2023년, [최근10년] 2014~2023년

[강릉-춘천] 폭염일수

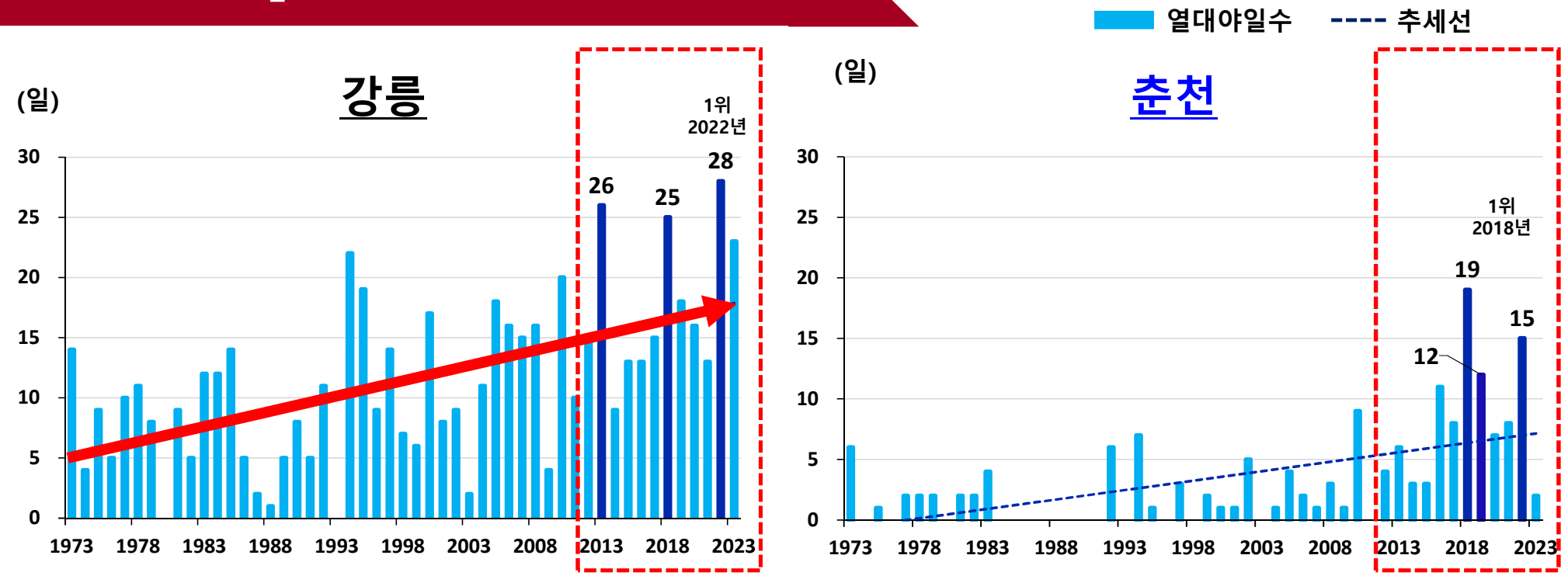


- 평년 폭염일수 : 강릉 11.9일, 춘천 11.3일

추세선: 춘천 > 강릉 // 최근 10년 평균 : 강릉 13.6일 / 춘천 17.2일

춘천은 강릉보다 폭염이 자주 발생 ➔ 증가경향도 더 뚜렷

[강릉-춘천] 열대야일수



- 평년 폭염일수 강릉 13.0일, 춘천 4.0일

최근 10년 평균 : 강릉 17.3일 / 춘천 8.8일

강릉은 춘천보다 열대야가 더 자주 발생 → 증가세 더 뚜렷, 최근 1위~3위 발생

→ 지역별 기후특성이 각기 다르게 나타남

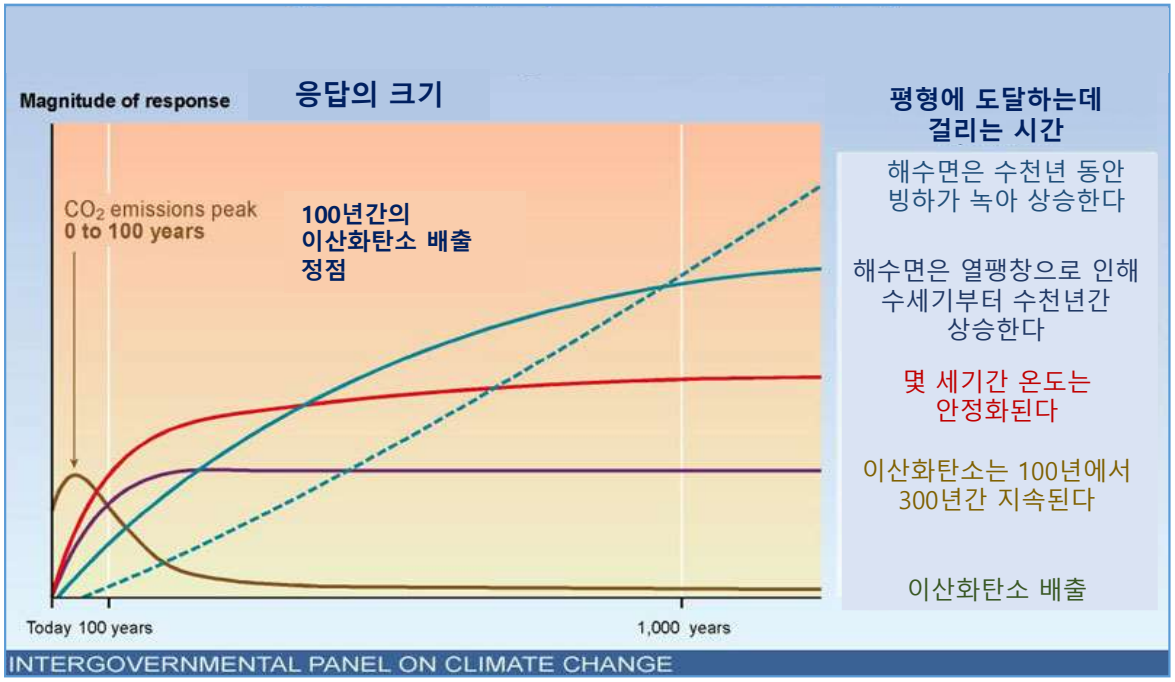
기후변화 대응 필요성

기상청

온실가스 배출저감 대책 등 탄소중립 실현을 위해서는 ?

지역별 기후특성과 미래 전망 분석이 필수적으로 필요!!!

➔ 광역 및 시군 지자체별 차별화된 “탄소중립 정책” 수립



- 온실가스 배출이 현저히 줄어들더라도 향후 최소 수십 년은 과거에 배출한 온실가스로 지구온난화 지속

  ※CO2는 대기 중 한번 배출되면 5-300년 체류

- 온실가스 배출 저감과 기후변화 적응 필요

출처 : IPCC Synthesis Report, figure 5-2

기후위기 시대, 기상청 역할



기상청 역할

기후·기후변화 "감시" → 기후·기후변화 "예측" → 대응, 적응, 감축

『기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법 시행령』

제40조(기후위기의 감시 ·예측 등) 제2항

"기상청은 기후위기 감시 및 예측에 관한 업무를 총괄 ·지원한다"

기후.기후변화 감시 및 예측 등에 관한 법률(2023.10. 제정 공표)

감시	➲ 매일의 기상현상(기온, 강수 등) 관측 → 누적 → 기후변화 추세 분석 ➲ 미량의 온실기체(CO_2, CH_4 등) 관측 → 누적 → 기후변화 원인 분석
예측	➲ 장기전망: 2주 ~ 6개월까지의 기후 전망 예측 ➲ 기후변화 시나리오: 10년~100년의 미래 기후변화 전망 예측

탄소중립 정책 → 미래는? 기후변화 시나리오



기후변화 시나리오는 "가능한 미래" 를 제시

- 가정에 따라 여러가지 시나리오
- 시나리오에 따라 목표를 설정하고 이행할 수 있도록 함

기후변화를 이해하고 기후위기 정책을 지원하기 위한 도구로 활용

기후변화 시나리오(종류)

RCP vs SSP 비교

RCP 시나리오

2100년 지구의 **복사강제력***을
기준으로 한 온실가스 시나리오

종류	의미	CO_2 농도* (2100년)
RCP2.6	지금부터 즉시 온실가스 감축 수행	421ppm
RCP4.5	온실가스 저감정책 상당히 실현	538ppm
RCP6.0	온실가스 저감정책 어느정도 실현	670ppm
RCP8.5	현재 추세대로 온실가스 배출	936ppm

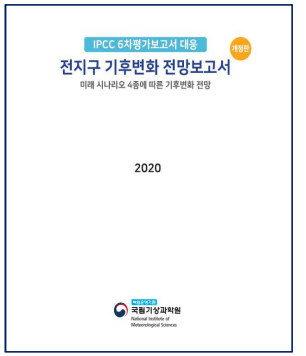
SSP 시나리오

RCP 시나리오에 미래 인구수, 토지이용 등
사회경제학적 요소까지 고려한 시나리오

종류	의미	CO_2 농도* (2100년)
SSP1-2.6	재생에너지 기술 발달로 화석연료 사용이 최소화 되고 친환경적으로 지속 가능한 경제성장을 가정	432ppm
SSP2-4.5	기후변화 완화 및 사회경제 발전 정도가 중간단계를 가정	567ppm
SSP3-7.0	기후변화 완화 정책에 소극적이며 기술 개발이 늦어 기후변화에 취약한 사회구조를 가정	834ppm
SSP5-8.5	산업기술의 빠른 발전에 중심을 두어 화석연료 사용이 높고 도시 위주의 무분별한 개발 확대를 가정	1089ppm

출처: 결합 모델 상호비교 프로젝트(CMIP) Database

전지구와 우리나라(남한상세) 전망정보 비교



SSP 시나리오에 의한 전지구와 우리나라 미래 전망정보 편차(21세기 후반)

요소	전지구		우리나라	
	SSP1-2.6	SSP5-8.5	SSP1-2.6	SSP5-8.5
평균기온 (℃)	+2.5	+6.9	+2.3	+6.3
강수량 (%)	+4%	+7%	+3%	+18%

- 전지구는 육상에 대한 수치임
- 편차 기준: (전지구) 1995~2014년, (우리나라) 2000~2019년



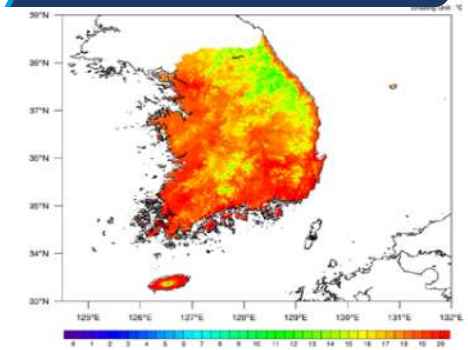
고탄소 시나리오가 저탄소 시나리오에 비해
평균기온은 더 높아지고, 강수량 증가는 더 클 것 전망

우리나라는 "미래전망 (기후변화 시나리오)" 과학적인 정보
→ 탄소중립 녹색성장 기본계획 수립 추진 중 ~

[예시] 강원도 시군별 미래전망

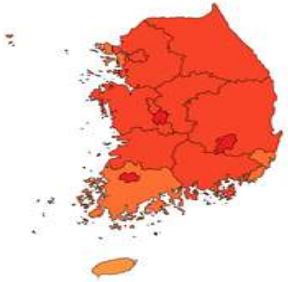
(1km 격자)

남한상세 시나리오

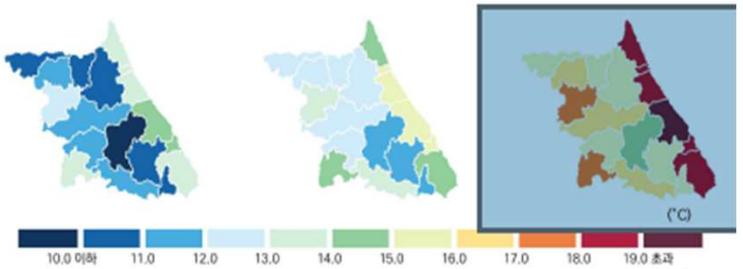


행정구역별 전망정보 (광역시도, 시군구, 읍면동)

광역시도별 미래 평균기온



강원도 시군별 미래 평균기온



(21세기 전반 21세기 중반 21세기 후반)

지역: 17개 광역시도, 261개 지자체, 3,501개 읍면동 ➔ 62종

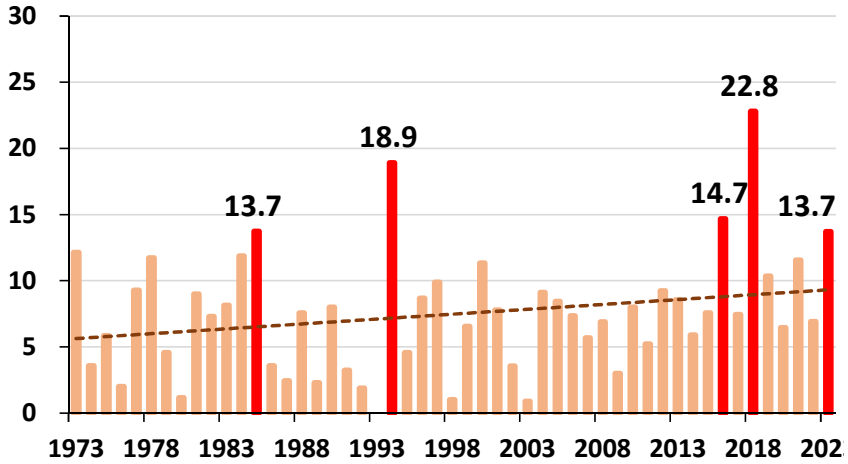
- 기후요소(평균기온, 최고기온, 최저기온, 강수량)
- 극한기후지수(폭염일수, 열대야일수, 한파일수, 서리일수, 호우일수, 강수강도 등 27종)
- 부문별 영향정보(냉난방지수, 열지수, 체감온도, 건조강도, 생육온도일수 등 응용지수 32종)

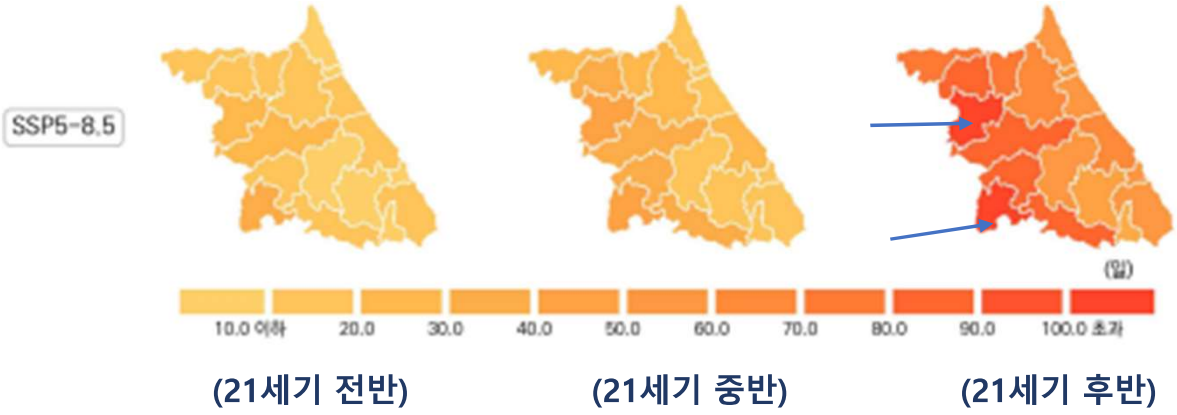
강원도 18개 시군별, 읍면동 ➔ 자료 생산 제공 중 ~

폭염일수 등 극한기후지수, 부문별 영향정보 ➔ 62종

[예시] 강원도 폭염일수

관측값 : 과거 – 현재 **미래 : 기후변화 시나리오(SSP5-8.5)**





[관측값] 과거에 비해 최근 10년은 폭염일수가 약 4배 증가

[미래] SSP5-8.5 시나리오: (21C 후반기) 강원도 전체 증가, 원주시>춘천시 多

[예시] 강원도_극한기후지수 미래전망

SSP5-8.5 시나리오

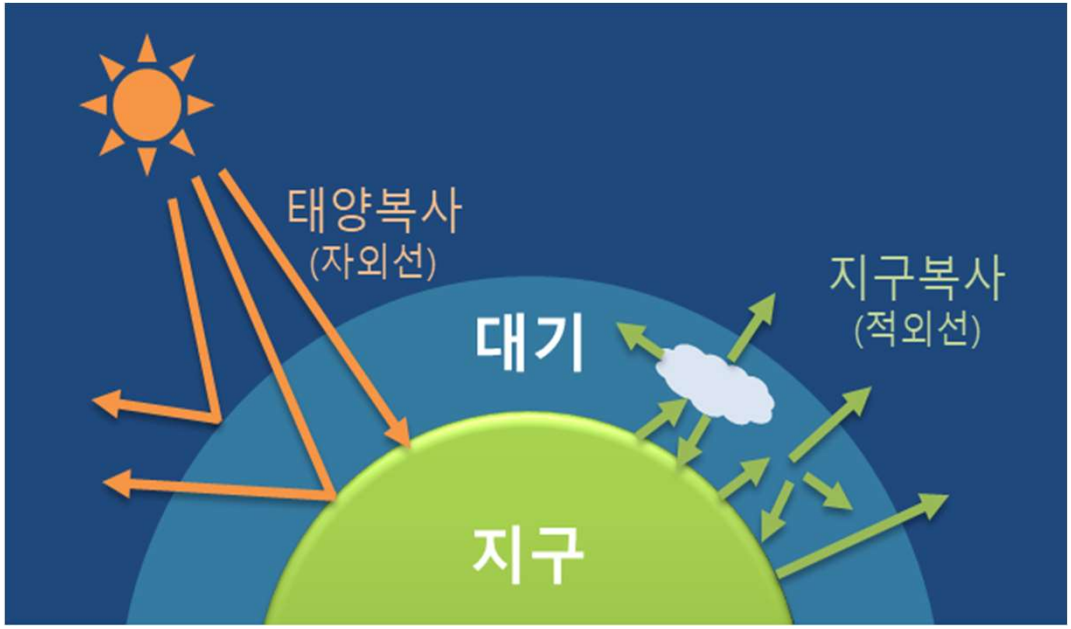
요소	극한기후지수	현재 기후 값 (2000-2019)	21세기 전반기 (2021-2040)	21세기 중반기 (2041-2060)	21세기 후반기 (2081-2100)	경향성 (10년당)
고온 (9종)	폭염일수(일)	6.8	14.6 (+7.8)	25.8 (+19.0)	69.1 (+62.3)	7.95
	열대야일수(일)	1.5	8.3 (+6.8)	18.8 (+17.3)	55.1 (+53.6)	6.85
	여름일수(일)	91.1	110.6 (+19.5)	129.9 (+38.8)	177.2 (+86.1)	10.79
	온난일(일)	35.9	53.4 (+17.5)	73.1 (+37.2)	128.8 (+92.9)	11.73
	온난야(일)	35.5	55.4 (+19.9)	71.8 (+36.3)	110.4 (+74.9)	9.30
	일 최고기온 연최대(℃)	34.6	36.8 (+2.2)	38.1 (+3.5)	42.1 (+7.5)	0.92
	일최저기온 연최대(℃)	24.4	26.4 (+2.0)	27.8 (+3.4)	31.1 (+6.7)	0.82
	일교차(℃)	10.8	10.8 (+0.0)	10.7 (-0.1)	10.8 (+0.0)	0.00
	식물성장가능기간(일)	241.6	262.1 (+20.5)	277.8 (+36.2)	307.4 (+65.8)	8.10
저온 (7종)	한파일수(일)	21.9	15.4 (-6.5)	11.5 (-10.4)	2.6 (-19.3)	-2.35
	결빙일수(일)	22.4	14.9 (-7.5)	11.7 (-10.7)	2.8 (-19.6)	-2.35
	서리일수(일)	123.7	104.8 (-18.9)	89.5 (-34.2)	61.6 (-62.1)	-7.66
	한랭일(일)	36.1	23.2 (-12.9)	17.9 (-18.2)	5.0 (-31.1)	-3.71
	한랭야(일)	35.6	25.5 (-10.1)	19.2 (-16.4)	4.6 (-31.0)	-3.79
	일최고기온 연최소(℃)	-7.2	-6.0 (+1.2)	-5.7 (+1.5)	-0.5 (+6.7)	0.83
	일최저기온 연최소(℃)	-18.0	-16.9 (+1.1)	-15.8 (+2.2)	-10.8 (+7.2)	0.91
강수 (7종)	호우일수(일)	2.2	2.5 (+0.3)	2.6 (+0.4)	3.4 (+1.2)	0.15
	강수강도(mm/일)	15.4	16.4 (+1.0)	16.7 (+1.3)	18.9 (+3.5)	0.43
	1일최다강수량(mm)	139.1	151.3 (+12.2)	162.9 (+23.8)	183.4 (+44.3)	5.51
	5일최다강수량(mm)	247.4	262.1 (+14.7)	278.3 (+30.9)	306.5 (+59.1)	7.41
	95퍼센타일강수일수(일)	4.7	4.9 (+0.2)	4.9 (+0.2)	6.2 (+1.5)	0.19
	99퍼센타일강수일수(일)	1.3	1.5 (+0.2)	1.6 (+0.3)	2.1 (+0.8)	0.10
	최대무강수지속기간(일)	32.9	33.5 (+0.6)	33.6 (+0.7)	37.3 (+4.4)	0.55

핵심 2

기후변화 감시와 예측

장기간에 일어나는 기후변화는 기후변화 감시와 예측 중요 !!!

온난화란 무엇인가



- ✓ 태양복사는 지구 대기와 지표에서 반사되고 일부만 지표면에 흡수
- ✓ 지표면에 흡수된 에너지는 지구를 데우고 다시 지구 대기로 방출
- ✓ 방출된 지구적외복사의 일부는 구름이나 온실가스에 의해 다시 지구로 되돌아와 지구를 덥힘

➔ **온실효과**

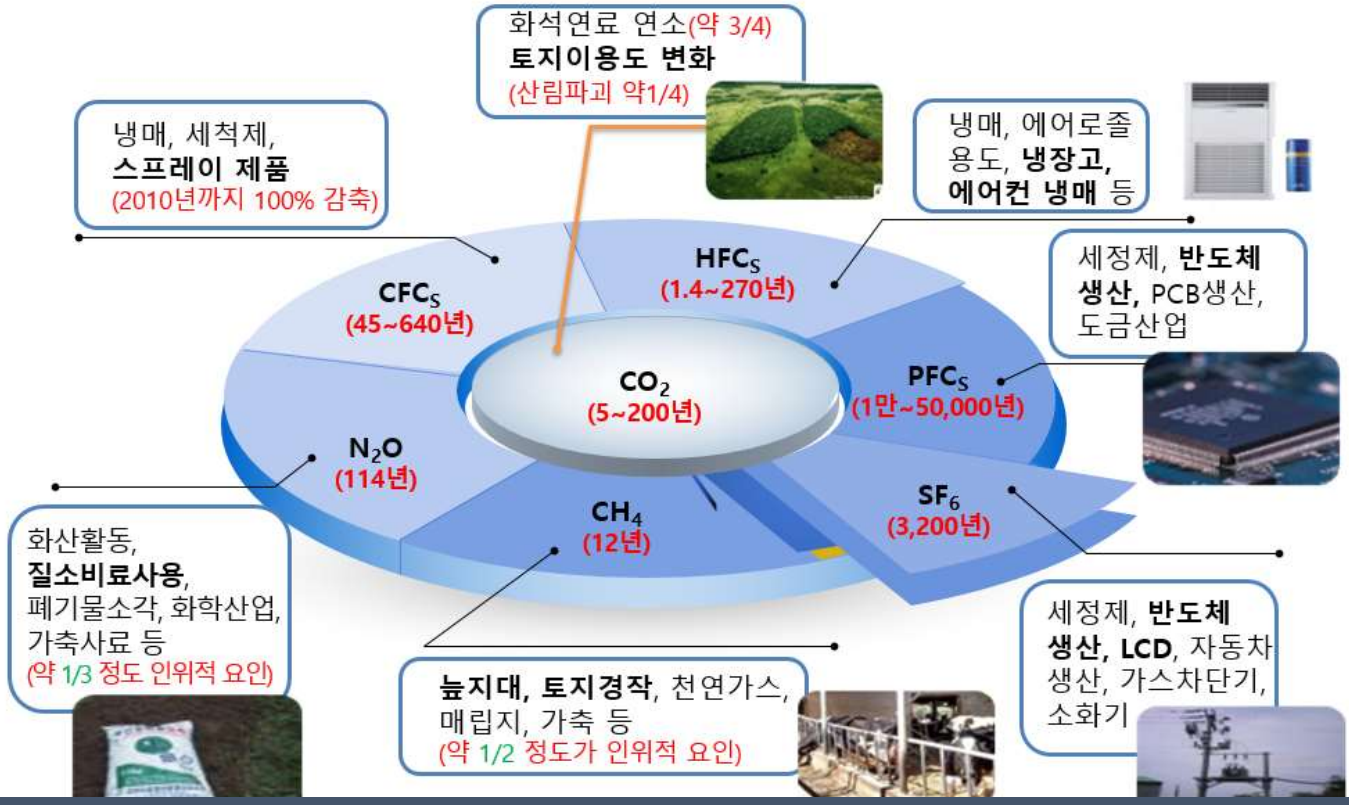
- ✓ 온실효과는 지구를 따뜻하게 유지하는 역할을 해왔지만,
- ✓ 온실가스가 너무 많아지면 온실효과가 더욱 커져서 지구 온도가 점점 더 올라가게 됨

➔ **지구온난화**

적당한 온실가스는 온실효과로 지구를 따뜻하게 유지하는 역할

***온실가스가 너무 많아지면 온실효과가 심화 ➔ 지구온난화 문제 발생**

주요 온실가스 종류 및 특성



온실가스 관측과 감시 !!! 중요 !!!

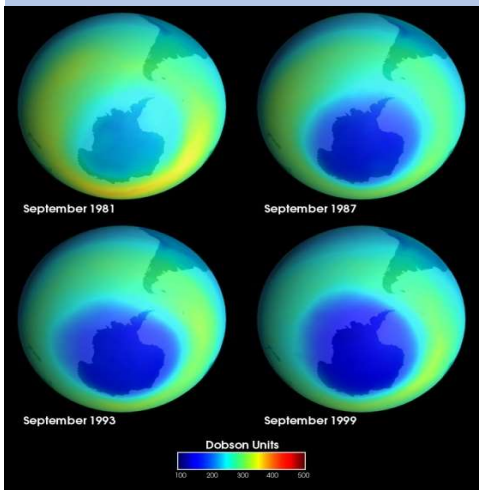
기상청 기후변화감시의 시작

산성비 (1970-1980년대)



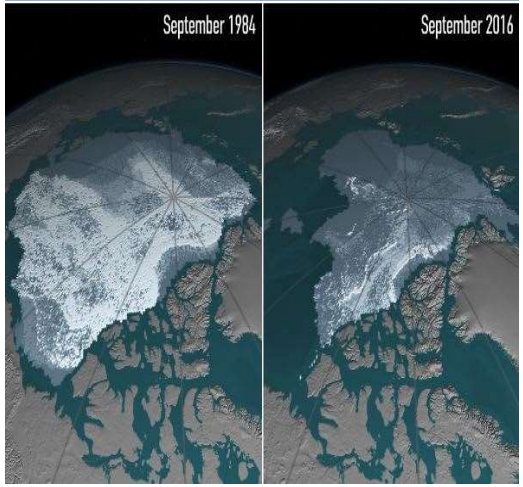
▲ 미국환경보호국 – 산성비

오존홀 (1980-1990년대)



▲ Earth Observatory – 남극 오존

지구온난화 (2000년대)



▲ 1984년과 2016년 9월의 북극해빙

1960년대
배경대기오염관측망
(BAPMoN ; Background Air Pollution Monitoring Network)

+

1970년대
전지구오존관측시스템
(GO_3OS ; Global Ozone Observing System)

=

1989년
WMO 지구대기감시
(GAW ; Global Atmosphere Watch)

1970년대 산성비, 1980년 오존홀 ➔ WMO 지구대기 감시

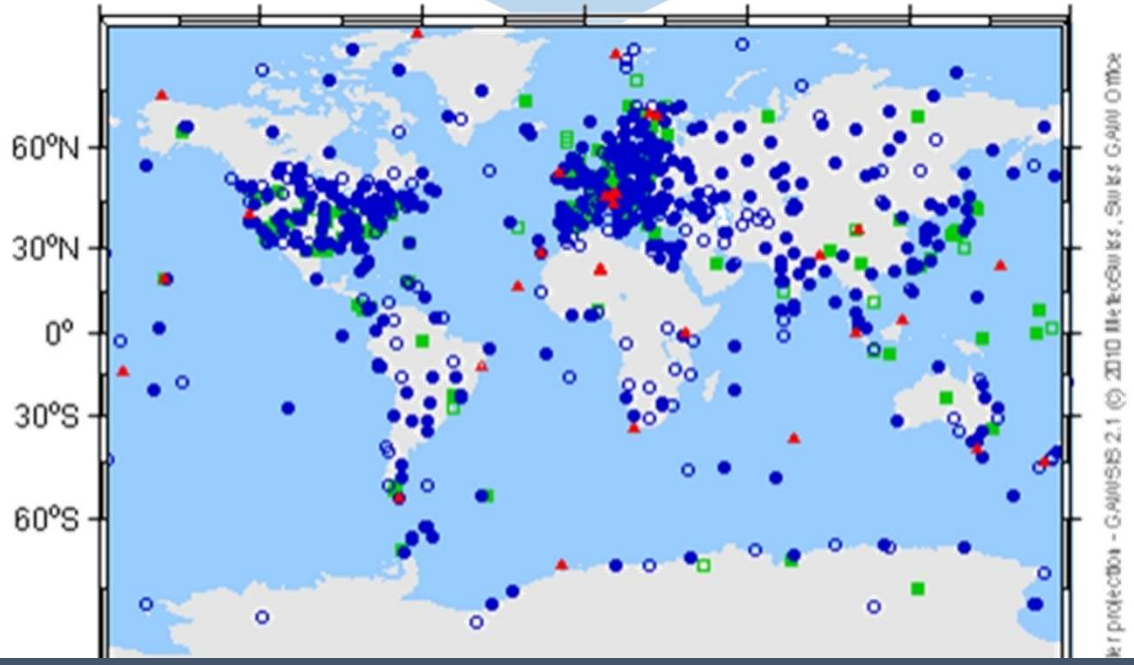
기상청 기후변화감시 현황

기후변화 원인이 되는 대기의 물리적 조성/화학적 특성에 관한 체계적 관측

미래의 대기상태를 예측하기 위한 역량 개발

기후변화 국제협약 및 정부정책 수립 지원을 위한 과학적 정보생산

100개 이상 국가 참여: 지구급(29소), 지역급(410여소) , 기여급(400여소) 운영



지구급, 지역급, 기여급 ➔ GAW 지구대기 감시

전세계 주요 관측소



왈리구안 (중국, 지구급: 3,816m)



케이프그림 (호주, 지구급)



마우나로아 (미국, 지구급: 3,400m)



미나미토리시마 (일본, 지구급)

기상청 지구대기감시소

서울대학교(광릉수목원)
- 탄소플럭스

연세대학교(서울)
- 성층권오존
- 자외선

광주과기원(광주)
- 에어로졸

목포기상대(목포)
- 자외선

제주대학교(고산)
- 라돈

숙명여자대학교(서울)
- 성층권오존, 수증기



★ WMO 지정 지구대기감시소(GAW: Global Atmosphere Watch)

기상청 지구대기감시소







Jeju Gosan GAW Regional Observatory (GSN)

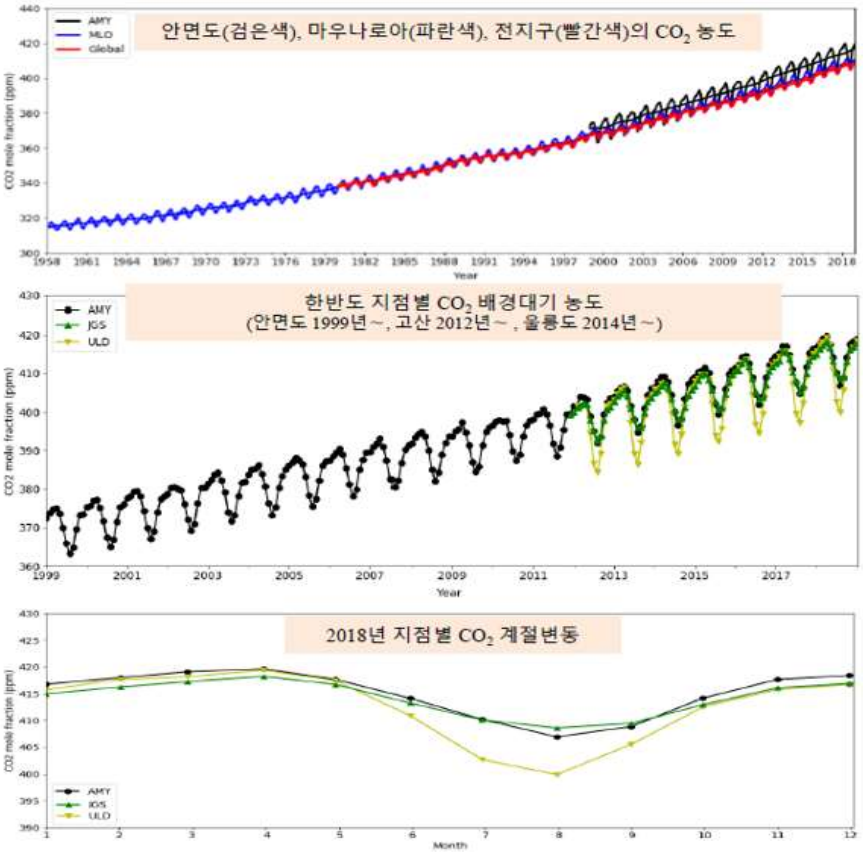


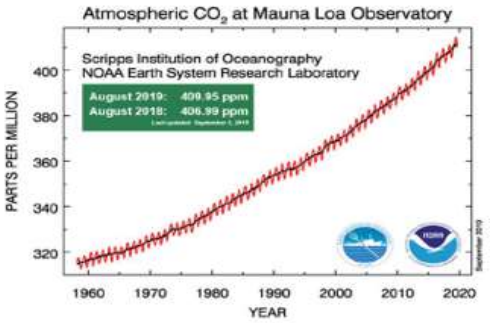
The Gosan GAW station on Jeju Island of South Korea is situated in the northern part of the East China Sea, about 100 km south of the Korean peninsula, 500 km north-east of Shanghai, China, and 250 km west of Kyushu, Japan. The Gosan site is located at the western edge of the island at the top of a 72 m cliff, facing the East China Sea. Jeju Island is regarded as one of the cleanest areas in South Korea. This station monitors more than 22 GAW atmospheric constituents, including greenhouse gases, aerosols, and reactive gases. Since the 1990s, it has been used for international campaigns such as Aerosol Characterization Experiment (ACE)-Asia and the Atmospheric Brown Cloud campaign, as well as for the Advanced Global Atmospheric Gases Experiment (AGAGE). It has also been part of the Asian Dust and Aerosol Lidar Observation Network (ADNet) and other international networks in addition to being part of the GAW network of stations.

출처: WMO Greenhouse Gas Bulletin, 2022

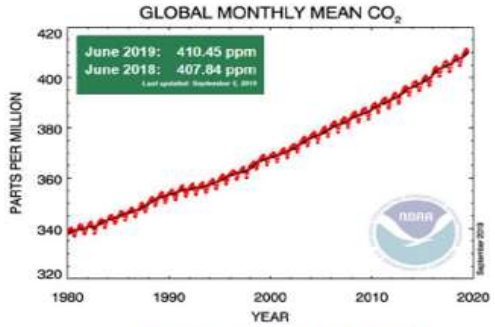
우리나라 CO_2 농도

출처: 지구대기감시보고서, www.esrl.noaa.gov





마우나로아 이산화탄소 농도 그래프
https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/mlo.html

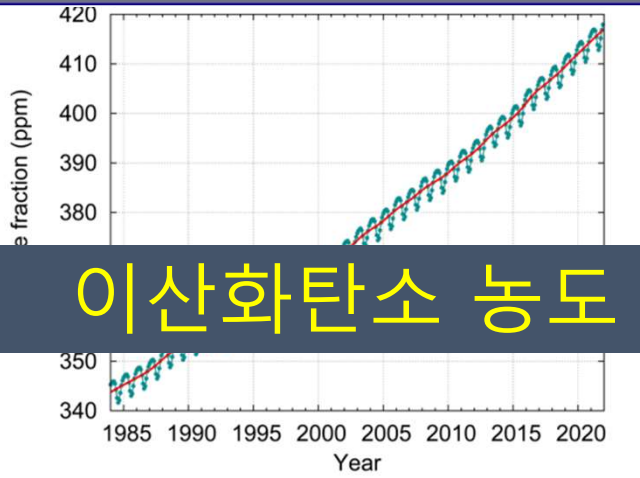


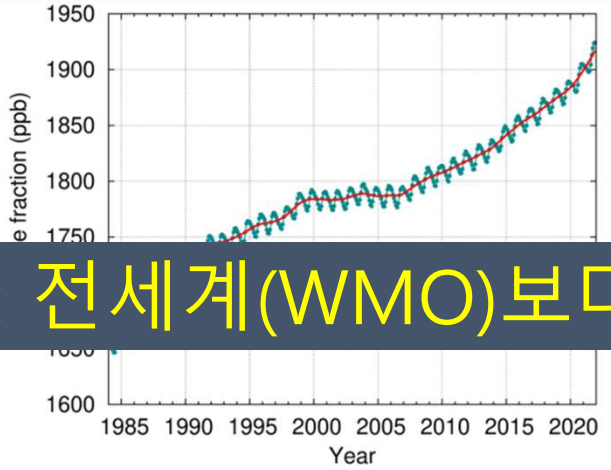
전지구 평균 이산화탄소 농도 그래프
https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/global.html

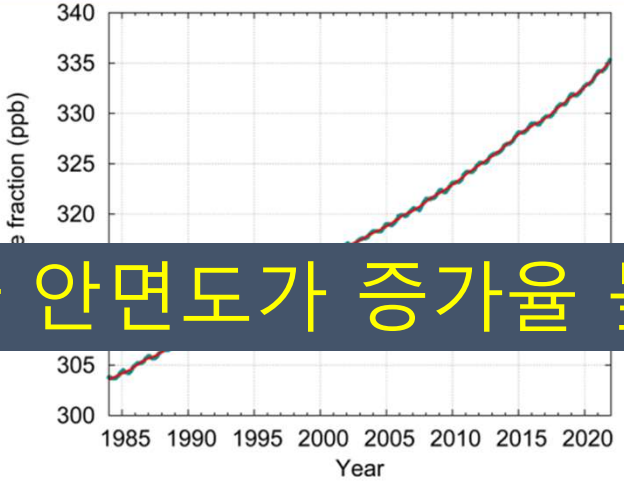
온실가스 중 이산화탄소 농도 지속적으로 증가

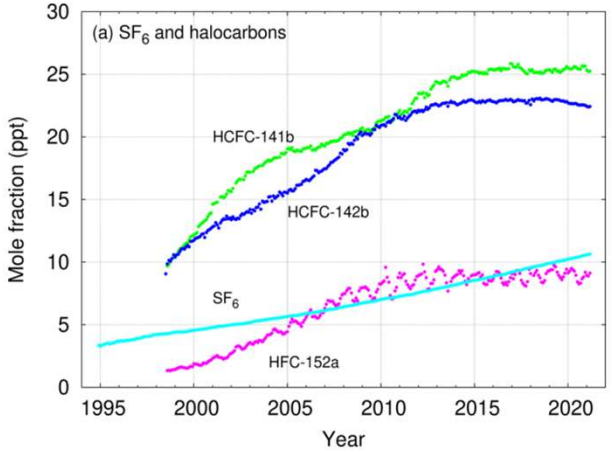
전지구 온실가스 농도

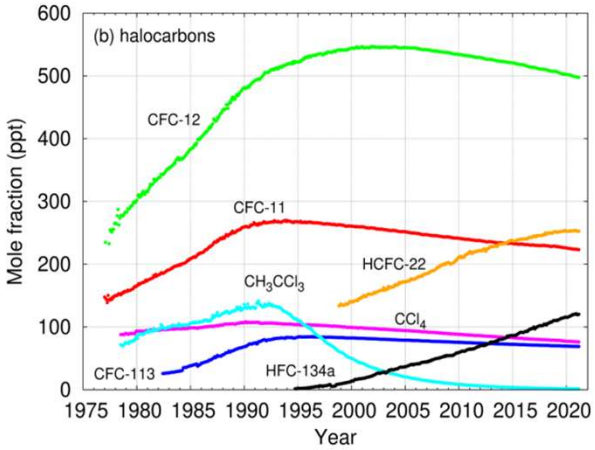
이산화탄소 농도 : 전세계(WMO)보다 안면도가 증가율 높음







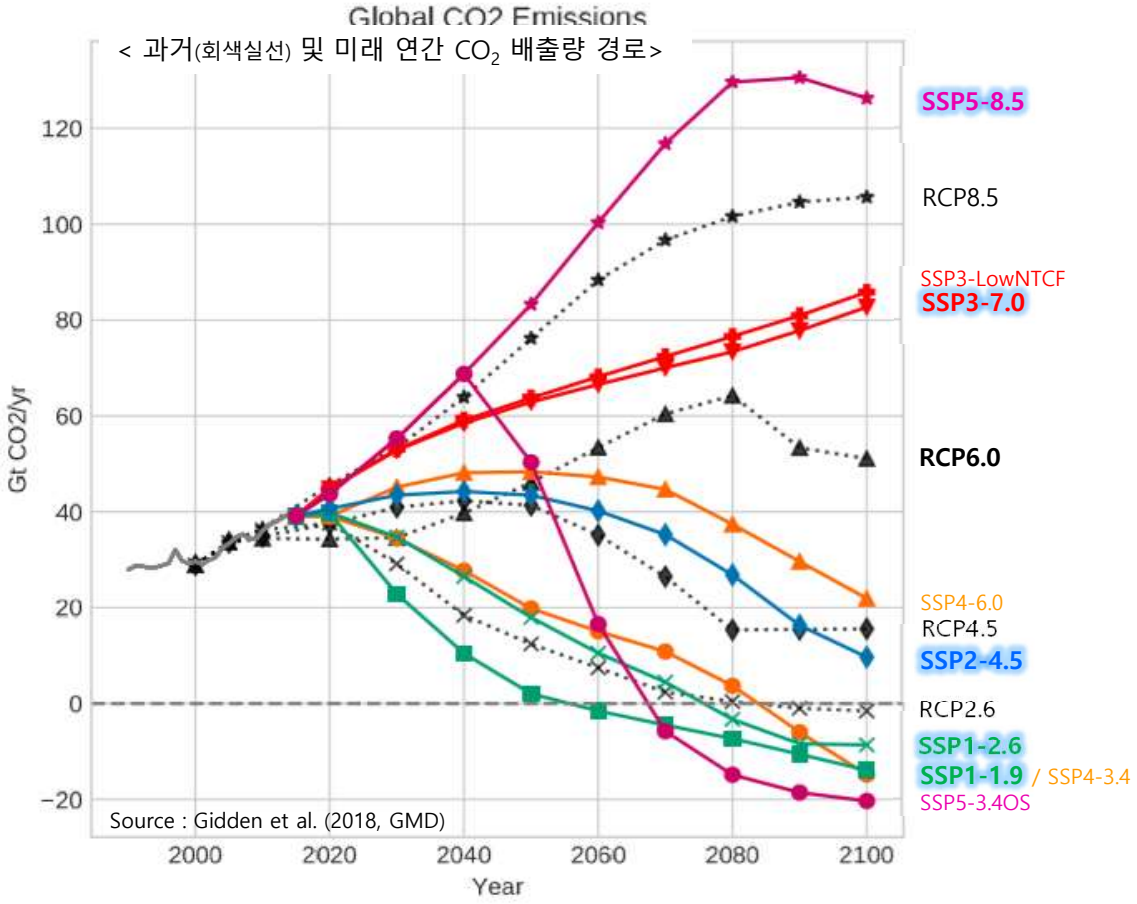




	WMO			안면도 (기상청)		
	CO_2 [ppm]	CH_4 [ppb]	N_2O [ppb]	CO_2 [ppm]	CH_4 [ppb]	N_2O [ppb]
2021년 평균	415.7	1908	334.5	423.1	2005	336.1
2021년 증가값 [단위]	2.5	18	1.3	2.7	22	1.1
지난 10년 평균 증가율[단위/year]	2.5	9.2	1.0	2.7	10	1.2

출처: WMO Greenhouse Gas Bulletin, 2022

IPCC AR6 WGI 보고서(2021.8) : 미래 전망



- 공통사회경제경로(Shared Socioeconomic Pathway)
- 인구통계, 인적 자원, 경제 및 라이프스타일, 기술, 환경 등 사회 특성을 참조
- 적응 감축의 사회적 역량 및 부담에 따라 미래 사회 경제 구조의 차이 → 온실가스, 에어로졸 등 경로의 차이 발생
- AR6 WG1 SPM에서는
  - 최저/저배출 시나리오 : SSP1-1.9, SSP1-2.6
  - 중배출 시나리오 : SSP2-4.5
  - 고/최고배출 시나리오 : SSP3-7.0, SSP5-8.5

전세계는 "미래전망(기후변화 시나리오)" 과학적인 정보

우리나라(남한상세) 전망정보



SSP 시나리오에 의한 남한상세 미래전망

요소	현재 (2000~2019)	21세기 후반기 (2081~2100)	
		SSP1-2.6	SSP5-8.5
평균기온 (℃)	11.9	14.2 (+2.3)	18.2 (+6.3)
최고기온 (℃)	17.3	19.7 (+2.4)	23.8 (+6.5)
최저기온 (℃)	7.2	9.5 (+2.3)	13.6 (+6.4)
강수량 (mm)	1328.1	1373.8 (+3%)	1571.4 (+18%)
강수일수 (일)	110.9	104.9 (-6.0)	105.3 (-5.6)

우리나라는 "미래전망(기후변화 시나리오)" 과학적인 정보

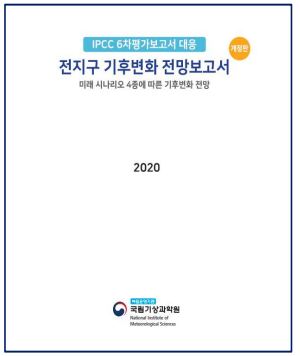
➔ 기후변화 대응정책 및 탄소중립 정책 추진 중 ~

전지구와 우리나라(남한상세) 전망정보 비교

SSP 시나리오에 의한 전지구와 우리나라 미래 전망정보 편차(21세기 후반)

요소	전지구		우리나라	
	SSP1-2.6	SSP5-8.5	SSP1-2.6	SSP5-8.5
평균기온 (℃)	+2.5	+6.9	+2.3	+6.3
강수량 (%)	+4%	+7%	+3%	+18%

- 전지구는 육상에 대한 수치임
- 편차 기준: (전지구) 1995~2014년, (우리나라) 2000~2019년





고탄소 시나리오가 저탄소 시나리오에 비해

평균기온은 더 높아지고, 강수량 증가는 더 클 것으로 전망

우리나라는 "미래전망(기후변화 시나리오)" 과학적인 정보

➔ 기후변화 대응정책 및 탄소중립 정책 추진 중 ~

우리나라는 “미래전망(기후변화 시나리오)” 과학적인 정보

➔ 기후변화 대응정책 및 탄소중립 정책 추진 중 ~

탄소중립 녹색성장기본계획 ➔ 실행계획 수립 시

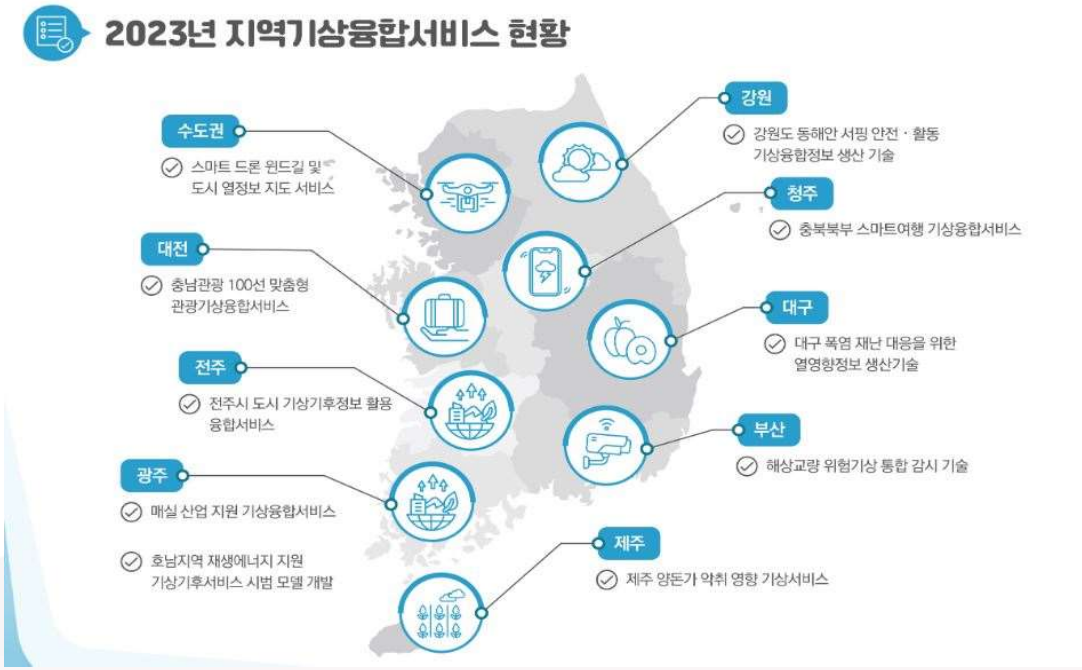
3 기후변화(탄소중립) 협업 사례

기후변화 적응대책~ 지역기상융합서비스

기상청 = 날씨예보(?)

전국 : 9개 지방청(지청)





지역 기상특성 + 타 분야 정보 ➔ 융합 서비스

지역기상융합서비스란?

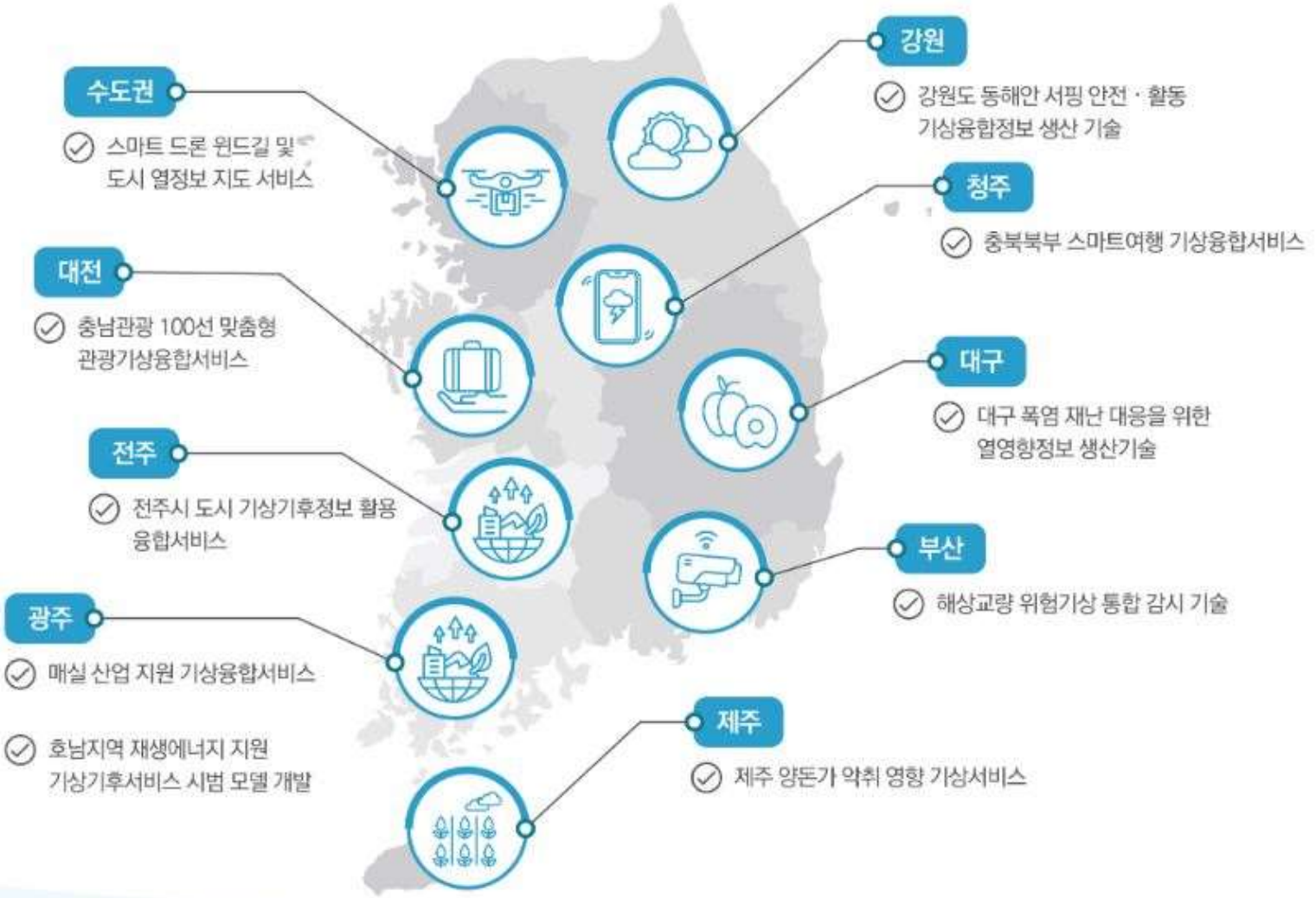
지역기상 기후자료와 타 분야 정보를 접목하여

지역경제 활성화 및 **국민안전 지원**에 도움이 되는 **기상융합정보**를 제공하는 **서비스**

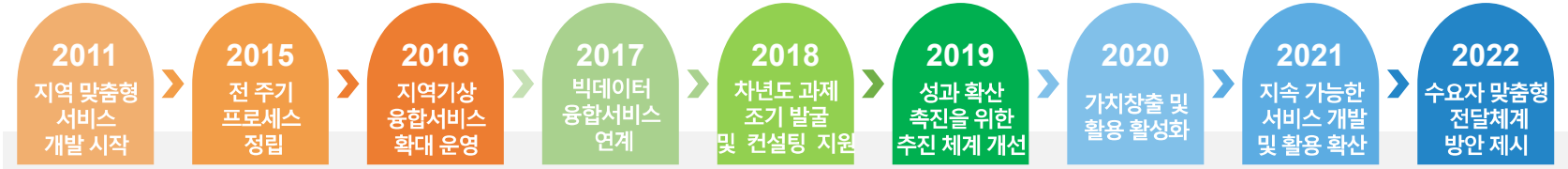


2023년 지역기상융합서비스 현황

전국 : 9개 지방청(지청)



지역기상융합서비스 개발 현황



01. 농축산업

- 전북 농업인 영농기상 정보
- 보은 대추 고품질화 기상정보
- 제주도 서리 예측 서비스
- 매실 주산지 맞춤형 융합서비스
- 제주 감귤 농업기상정보
- 천안 팥 재배 기상정보
- 강원도 한우 기상정보
- 충북 과수 맞춤형 기상정보
- 전북 축산농가 맞춤 기상정보

02. 수산·임업·에너지

- 전복 산업 지원 융합서비스
- 부산 해조류양식 해양기후 정보
- 전남 갯벌 기후변화 영향지수
- 산림 경영 기후정보
- 강원도 신재생에너지 기상서비스

03. 보건·환경·생활안전

- 수도권 모기활동 지수
- 스마트 건강생활 정보
- 김해시 건강생활 정보
- 수도권 상세바람 정보
- 도시민을 위한 건강자외선 산책
- 대구·경북 철도안전 지원 정보
- 도로교통 사고 분석 지원 정보

04. 관광

- 다도해 해양관광 기상융합서비스
- 제주도 관광코스별 기상기후정보
- 강원도 산림휴양 기상서비스
- 대전·충남·세종 도보관광
- 제주 해양레저 기상융합서비스
- 강원도 날씨관광 플래닝 기상서비스

9개 지방청 중심 ➔ 지역기상융합서비스 추진

지역기상융합서비스 **주요성과**

외부 수상 내역



행정안전부 정부혁신
우수사례
'협업' 분야



행정안전부 정부혁신
우수사례
' 일하는 방식' 분야



행안부·인사혁신처
상반기 적극행정 우수사례

수상 내역

광주청	기상청 정부혁신 협업 우수사례 최우수상 ('22)
청주지	기상청 정부혁신 우수사례 최우수상 수상 ('22)
부산청	기상청 정부혁신 일하는 방식 우수사례 장려상 수상('22)
제주청	기상청 정부혁신·협업 우수사례 장려상 수상 ('21)
부산청	기상청 21년 하반기 적극행정 우수사례 최우수상 수상 ('21)
부산/대구	기상청 범정부 협업 우수사례 우수상, 장려상 수상 ('20)
수도권청	기상청 정부혁신 우수사례 최우수상 수상 ('19)
청주지	보은 대추 기상서비스 행정안전부장관상 수상 ('18)
강원청	강원도 신재생에너지서비스 강원도지사 표창 수상 ('18)
전주지	기상청 혁신 우수사례 최우수상 수상 ('18)
광주청	광양 매실산업 기상서비스 기상청 열린혁신 노력상 수상 ('17)
강원청	강원 씨감자 서비스 국무총리상 수상 ('16)

강원도 : 신재생에너지 !! 씨감자 !! 한우 !! 관광 !! 서핑 !!

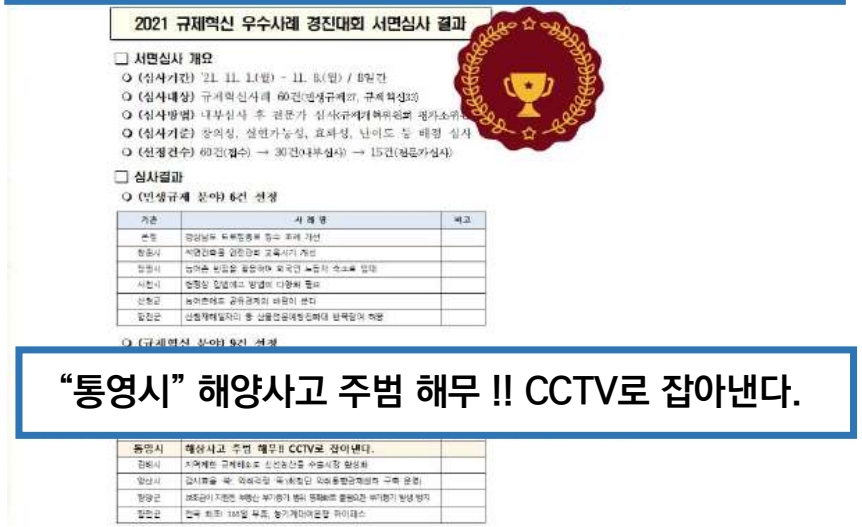
지자체 주요성과



2021년 경상남도 규제혁신
우수사례 '규제혁신' 분야



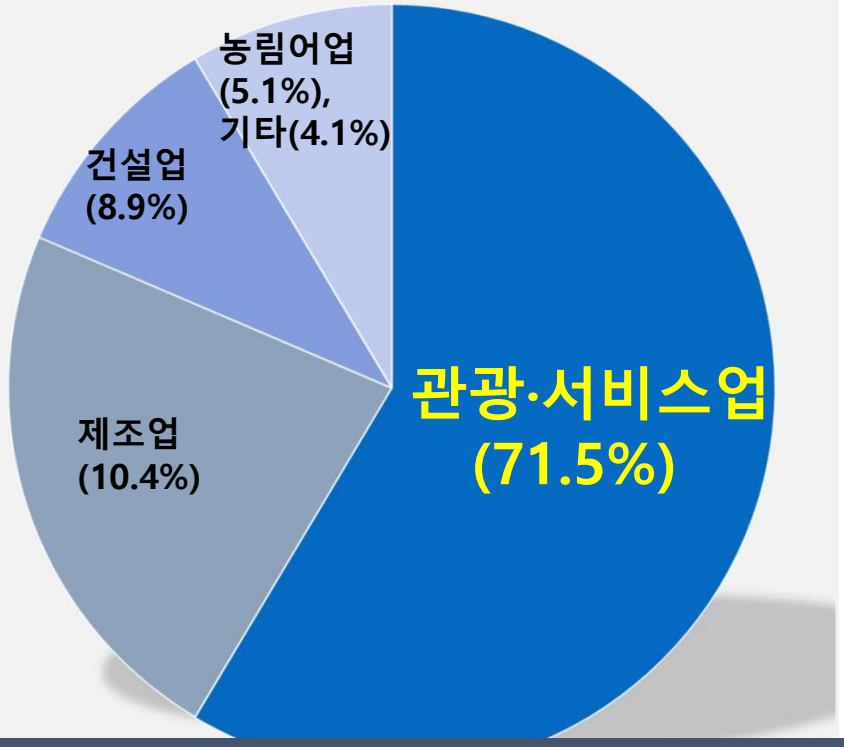
2021년 경상남도 규제혁신 우수사례 경진대회



"통영시" 해양사고 주범 해무 !! CCTV로 잡아낸다.

강원지방기상청 : 강원도

강원도 산업 구조



관광과 날씨 융합 수요

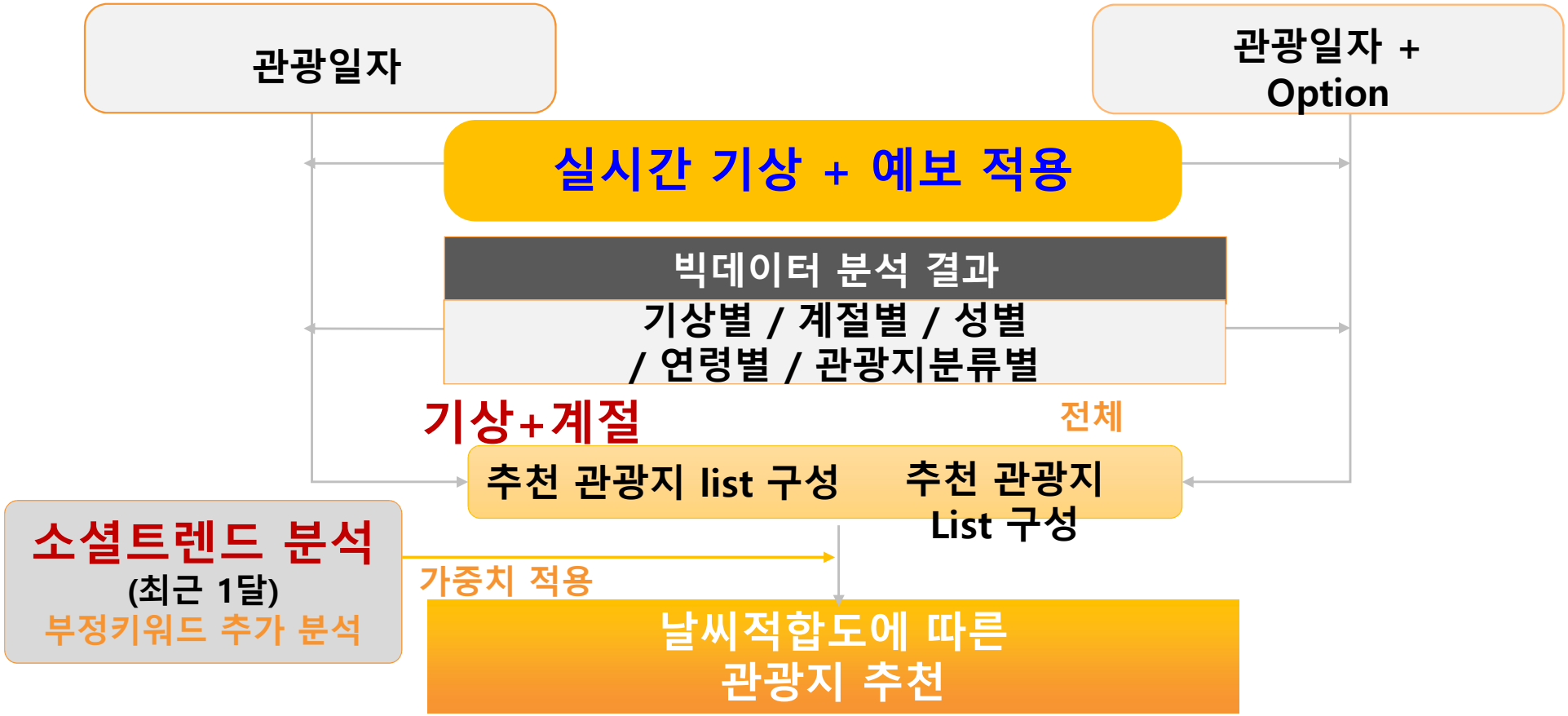
- 관광 수요자 입장의 직관적 융합 정보(안전, 활동) 필요(강원연구원)
- 축제 운영자가 필요한 의사결정 기상정보 요구(원주시)
- 최신 관광 트렌드가 반영된 관광 융합정보 개발 요구(정선국제포럼)

강원도 : 지역 기상특성 + 산업 구조 ➔ 융합서비스 발굴

- SW융합클러스터 2.0 사업에 강원도 관광테크 특화산업 선정(과기부, 2020)
- 강원도정 역점시책 중 신관광 추진, 당일여행 방문지 강원도 1위(통계청, 2018)

강원지방기상청 : 강원도

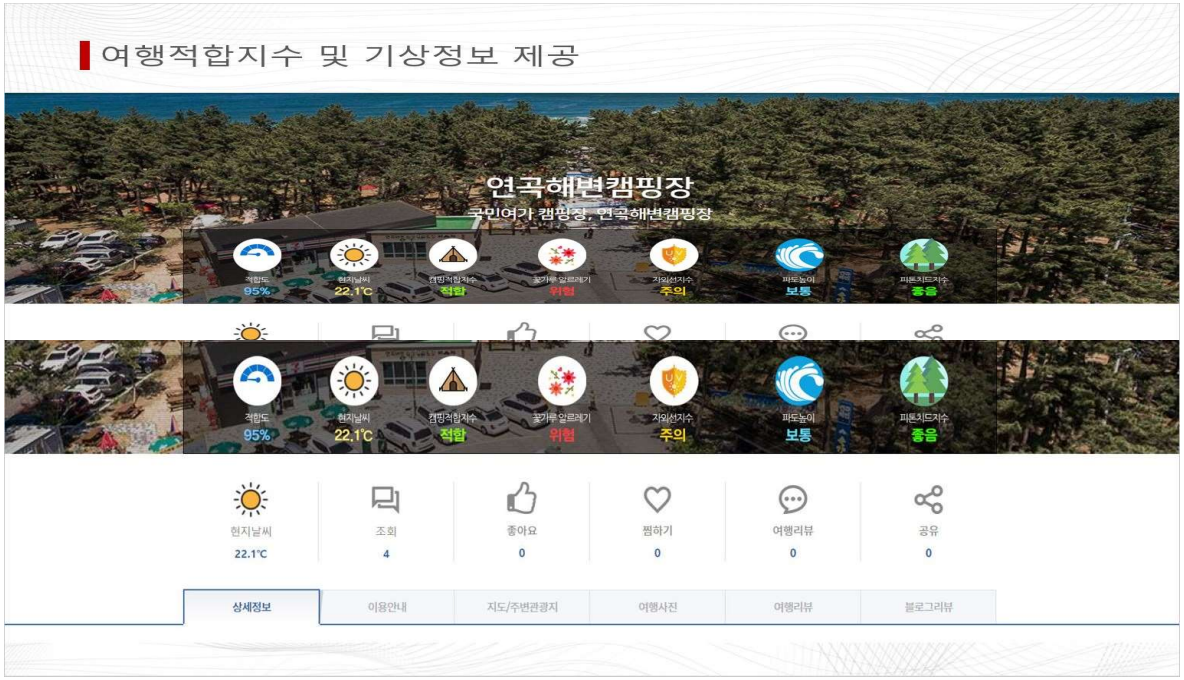
날씨 적합도에 따른 "날씨 관광 추천" 개발



강원지방기상청 : 강원도

« 정보 표출 화면 »





관광지별 제공 정보

적합도에 따른 관광지 추천

강원도 [날씨 관광 플래닝 서비스 개발ㅠ]

빅데이터 기반 인공지능 관·광기상 융합정보 고도화

☑ 학습자료 다양화를 통한 관광지 추천 알고리즘 고도화



☑ 인공지능 알고리즘 고도화를 통한 최적의 여행코스 적용



코스 선정 우선 순위

1. 날씨관광 적합도 순위
2. 평균 관광 시간 및 거리
3. 추천 관광코스 만족도 (좋아요!)
4. 점심시간에 알맞은 주변 음식점 추가
5. 주변 안심 숙소 추가 (1박 이상)

현장 맞춤형 날씨관광 융합정보 다양화

관광지별 날씨 관련 기상명소 확률정보 및 안·전활동정보 개발

- 기상명소 확률정보 (해돋이, 운해, 상고대, 눈꽃 등)
- 출렁다리 안·전활동 정보, 해양레저(서핑) 안·전활동 정보



- 서비스 플랫폼 내에서 즐길 수 있는 시청각 콘텐츠 제작

< VR 활용한 날씨별(맑음, 비, 눈, 바람) 관광지 모습>





날씨관광 플래닝 서비스 개발 제공

☑ 기상정보 기반 메인 화면

- 방문 예정일을 선택하면 기상예보에 맞춰 직관적인 메인 화면 (맑음, 구름조금, 흐림, 비) 표출

☑



< 양양군 관광포털>

관광지 특성 맞춤형 날씨관광 정보제공

-파도높이, 서핑 안전·활동 정보 등



< 양양군 관광 포털 메인: tour.yangyang.go.kr >

기상정보 기반 메인 화면

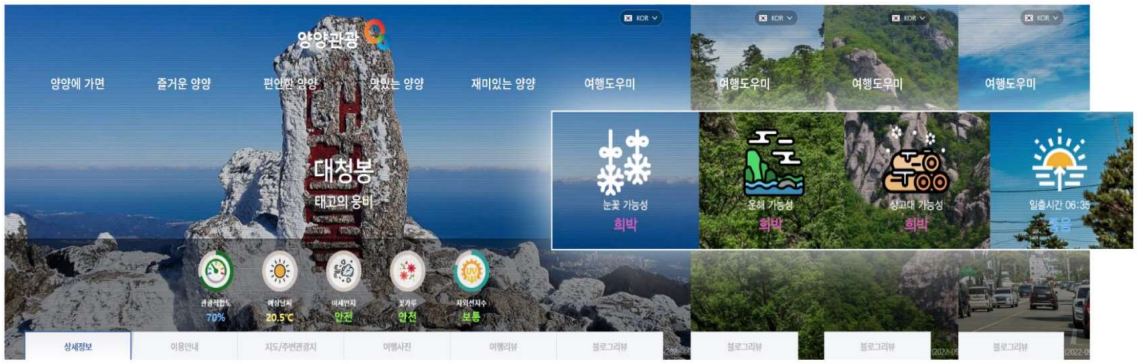


관광지 특성 맞춤형 날씨관광 정보제공



관광지별 날씨 관련 기상명소 확률정보 개발

- 기상명소 확률정보 (해돋이, 운해, 상고대, 눈꽃 등)
- 출렁다리 안·전활동 정보, 해양레저(서핑) 안·전활동 정보



지역기상융합서비스 추진 절차

지자체

사업발굴

- 지역 수요 발굴
- 사업 계획 수립 및 제출

(~전년도 10~11월, 지방청)

⇨

사업선정

- 특화사업 선정
- 사업 예산 결정

(~전년도 11월, 본청 주관부서)

⇨

사업기획

- 세부추진계획 수립
- 제안요청서 작성·심의
- 일상감사 완료

(전년도 12월)

⇩

사업수행

- 연구용역 조달 발주
- 연구용역사업 수행

(해당연도별 1~11월)

⇦

기술.서비스 이전

- (유관) 국유재산 활용허가
- (민간) 필요 시 기상기술 민간 이전절차에따라기술제출

(사업 완료 후)

⇦

사후관리

- 활용 현황 점검
- 사업화 지원
- 未이전기술 관리 및 활용촉진

(기술이전 ~5년)

지자체, 공공기관, 연구소, 학계 등 관련기관 전문가와 협업 (전 과정 참여)

주요 추진 분야(예시)



- 차량용 강우센서를 이용한 도시에서의 실시간 도로통제 시스템 개발

- 기상·재해에 따른 전력설비 피해 예측 및 조기경보 시스템 구축

- 기상기후 빅데이터를 이용한 한국연안 적조의 원인종과 밀도 변동 예측 연구

- 기상기후 민감 작물의 주산지 기상정보 서비스 및 생산성 분석

- 기상기후 빅데이터를 활용한 감염병 발생감시체계 및 발생 예측 시스템 개발
- 만성병과 기상변수의 관련성 연구

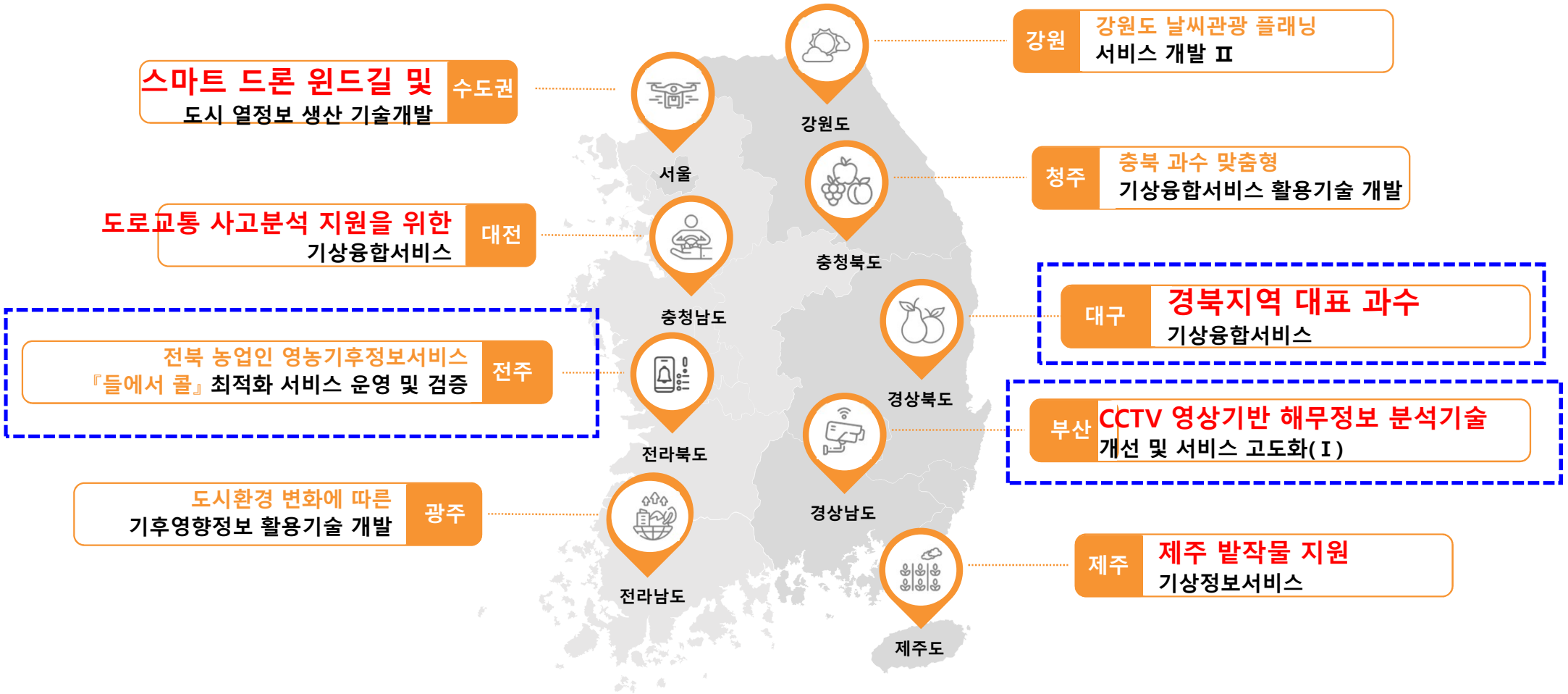
- 빅데이터를 활용한 맞춤형 산업기상지수 개발

- 관광코스별 상세 기상정보 제공 서비스
- 평창동계올림픽의 선수와 지도자를 위한 기상기후 정보제공 앱 서비스

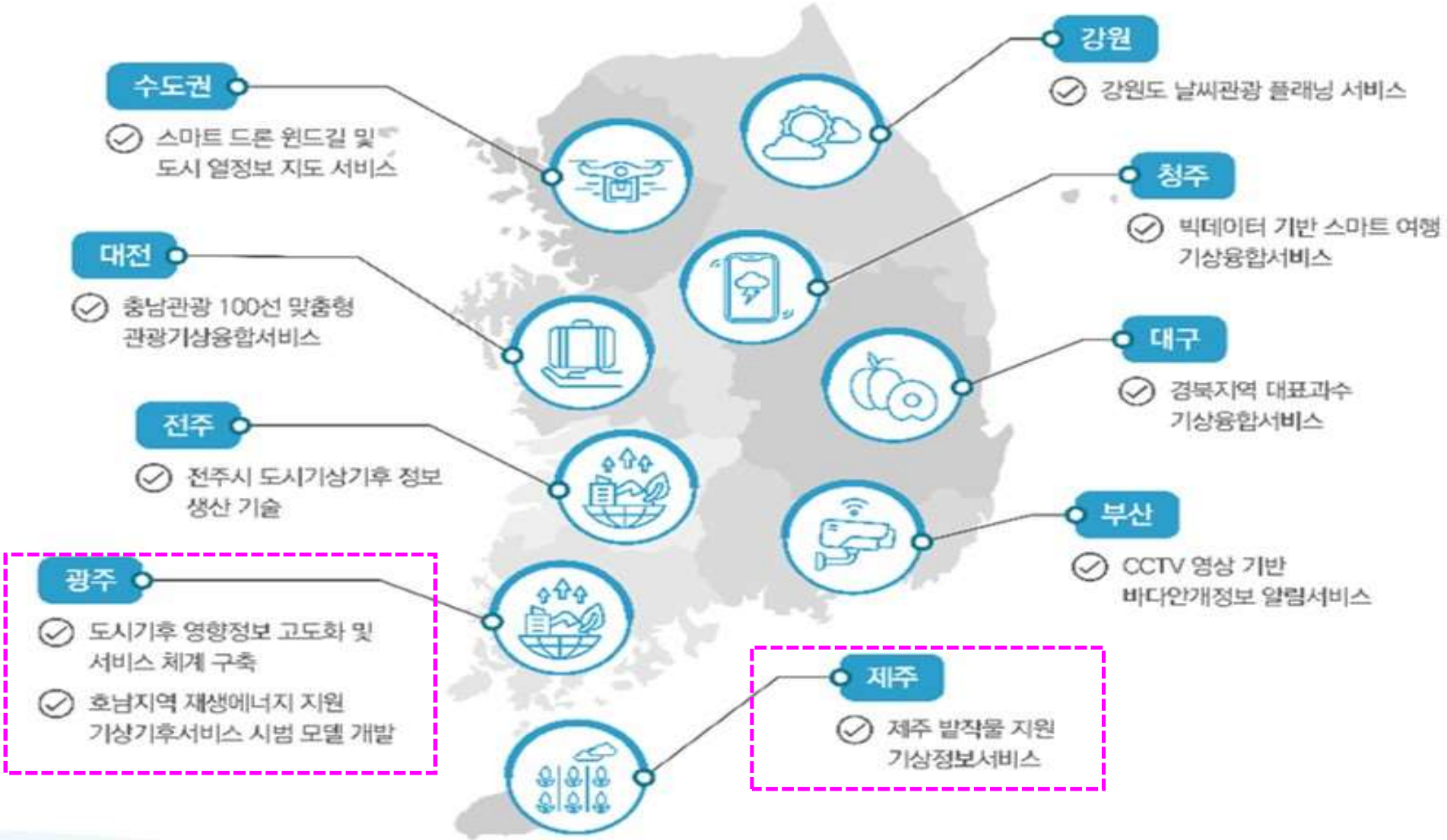
- 수도권 상세 홍수·침수 위험지역 예측 플랫폼 구축
- 빅데이터 기반 현장가뭄지수 개발

- 지자체 기상상태별 교통사고 위험도 예측 서비스
- 기상정보 융합 해수욕장 관광수요 예측 서비스 개발

2021년 개발 지역기상융합서비스



2022년 지역기상융합서비스 현황



기후변화 적응 & 협업 사례

핵심 **4개 사례**

(1) 경상북도

(2) 완도

(3) 성남시

(4) 통영시


지역별 기후변화 적응 협업사례
(1)
경상북도 ?
경북지역 대표 과수
기상융합서비스 개발
사과, 감, 포도, 복숭아, 자두, 배 (6종)

“ **경북 4월 이상저온으로 농작물 18,000ha 피해, 10여년 만에 최대**(2020.06 매일신문) ”

재해 증가

경상북도는 **전국 1위 과수 생산지**이나, 최근 극한기상, 이상기후로 인해 **농업분야 피해 발생 규모 증가**





[경북] 저온피해 과수 농가에 108억 원
YTN | 네이버 뉴스



올해도 '저온 피해'… 과수농가 울상
KBS | 네이버 뉴스



http://www.knnews.co.kr › news › articleView
확산되는 '사과 냉해'… 올해 사과 운명 어찌 되나 - 경남신문
2021. 6. 17. — 사과 냉해는 이상 저온으로 인해 제대로 생육이 되지 않으면서 열매가 자라지 못하고 조기 낙과로 이어지는 현상이다. 올해 3월 평균 기온이 높아 개화기 ...

https://www.iscs.co.kr › ...
(R) 단감 냉해 피해 심각 - 서경방송
(앵커) 며칠 전 기습한파로 감 재배 농가의 피해가 속출하고 있습니다. 일부 농가는 특약 보험에 가입했지만 그 마저 농민들을 울리고 있습니다.

예측정보 부족

농업인이 체감할 수 있는 **농업-기상 융합예측정보** 개발에 대한 국회 및 지역 요구 증대

'19 년 국정감사 지적사항(임이자 의원)

'경북 상주·의성 농업분야 기상융합서비스 지원 필요

임이자 의원, 경북 **상주·의성** '기상융합서비스' 지원 적극 건의
뉴스투데이 | 2019.10.08
기상청, 대구·경북지역의 농업분야 기상서비스는 단 1건[뉴스투데이/경북=황재윤 회 환경노동위원회 간사인 **임이자**(자유한국당) 의원이 7일 국회에서 열린 **기상청**

융합·협업

'농업 접점기관'과의 '**협업**'을 통한 농업인 의견을 반영한

과수-기상융합서비스 개발 필요

- **재해기상(8종) 에 대한 위험등급별(3단계) 알림 알고리즘 개발**
  - (**공동 협업**) 서비스 대상 과수 선정, 서비스 방법, 행동대응요령 등 **공동 설계**
  - 대표 과수(6종): 사과, 감, 포도, 복숭아, 자두, 배 (전국 과수 재배 면적 1위, 2015년 통계청)

과수와 관련된 기상정보 8종



위험 단계(주의-경고-위험) 및 판단 기준

위험 단계	위험 수준 판단 기준
주의	평년 및 임계치 기준으로 **다소 피해**가 예상되는 수준
경고	해당 지역 곳곳에서 **현저한 피해가 나타나 영향에 단기간 지속될 것으로 예상되는** 수준
위험	해당 지역 **대부분에 피해가 있고, 곳곳에 극심한 피해가 나타나 영향이 장기간 지속될** 것으로 예상되는 수준

웹/모바일APP 기상융합서비스 구축 및 기상정보 제공

- 모바일APP: 과수별 재해기상에 대한 **위험등급별(3단계) Push 알림** 및 행동대응요령 제공



모바일App 기반 기상융합서비스 주요 기능

- 과수별 재해기상에 대한 위험등급별(3단계) Push 알림 및 행동대응요령 제공
- 동네예보/중기예보, 강수실황, 재해제보



1 설정 (마이페이지)

사용자 위치정보 등록, 재배 과수 선정, 서비스(재해 종류) 선택
재해 등급 알림 설정, 추가 지점 등록 또는 서비스 시작

2 재해기상정보 등급

사용자 등록지점의 생육시기별 선택 과수의 기상융합서비스 제공
3가지 등급(주의, 경고, 위험) 범례와 과수별 재해 상태 확인

3 재해기상 정보 상세

재해기상이 예보될 경우 재해발생 시간 및 등급 표출
재해가 없을 경우 미표출

4 동네예보/중기예보

사용자 등록지점의 동네예보 제공
사용자 등록지점의 중기예보 제공

5 강수현황

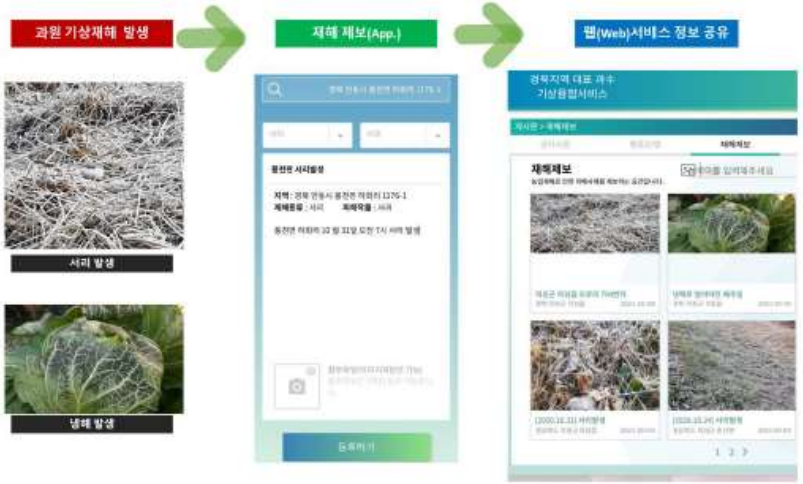
경북 지역 : 실시간 강수현황(레이더) 영상
전국 영역 : 6시간 예측 강수 정보 제공

6 재해제보

서비스 사용 지점의 재해발생 제보 기능

모바일App 기반 기상융합서비스 주요 기능 - 재해제보

○ 어플리케이션을 이용한 과원의 기상재해 현상 제보 기능



○ 어플리케이션을 재해제보 방법



[재해 제보 방법]

① 제보할 지역 주소 입력

② 재해 종류 선택 (10종)

③ 피해 작물(6종)

④ 게시글 제목 작성

⑤ 1~4 입력 내용 확인

⑥ 상세 제보 작성

⑦ 촬영 이미지 업로드





'기상재해제보 이벤트'를 통해
모바일App 이용 활성화 도모

고령인 과수 농가인의 활용 어려움 해결

+ 상주시농업기술센터 / 의성군 농업기술센터 / 안동시농업기술센터 / 영천시 농업기술센터

- (비대면교육) 사용자 매뉴얼 제작 및 개별농가(182개) 우편송부(2021.6.8.)
- (대면교육, 홍보) 농업기술센터와의 협업으로 과수농가 현장 활용 교육, 홍보
- (사용자 피드백) 만족도조사(3회)를 통해 영농일정을 고려한 서비스 제공방법,
  시인성·가독성을 고려한 사용자 중심의 플랫폼 설계 및 기능 개선



인포그래픽



농가 우편송부



사용자 매뉴얼







협업을 통한 과수농가 현장방문 활용 교육(7.20.~22.)

협업과 협조로 한계 극복

+ 상주시농업기술센터 · 의성군 농업기술센터 · 안동시농업기술센터 · 영천시 농업기술센터

- (홍보 **협업**) 농업기술센터와의 협업으로 과수 농가 **방문 홍보** 및 홍보자료 배포
- (농업기술센터 협조) 농업기술센터 협조로 서비스 대상 농가(수혜자) 모집·확대

→ 경북 4개 시·군(상주·의성·안동·영천) **640개 과수 농가** 확보, 시험서비스 제공 중('21.10.~)

농업 분야
➔ 탄소중립 대응 정책 활용 !!!



카드뉴스



협업회의(3회)



홍보협업 관련 언론기사



X배너



인포그래픽

(2)

전복산업 지원을 위한 지역기상융합서비스

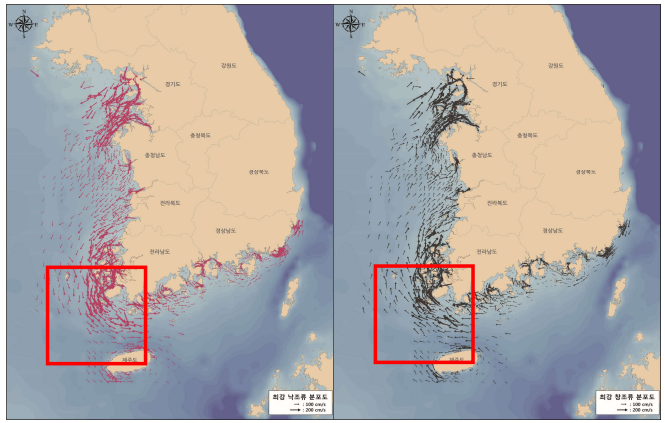


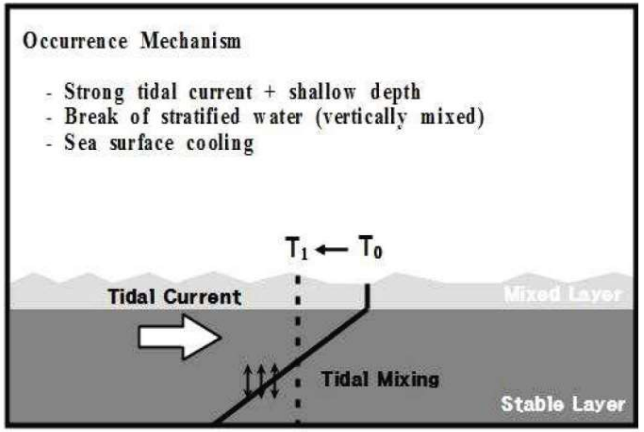


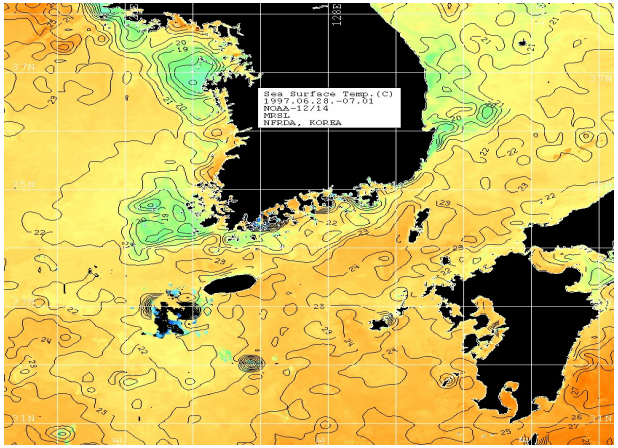
기후변화 → 수온상승 → 전복 대량 폐사 → 적응대책 필요

완도 연근해 해상 관측자료 수집 및 특성 분석

- 수온, 염분 등 인근 연근해 대표지점 특성 연구 (기존 연구자료 조사)
- 인근해역과 진도 냉수대 등과의 해황 변화 특성 연구







전복산업 맞춤형 융합정보 포털 서비스

- UI(사용자입장)의 정보 제공을 위한 맞춤형 융합서비스 제공

  → IT 기반의 그래픽 기술 등을 활용한 사용자 중심의 편리성, 가독성 등 고려 구축

- 관측자료, 시세정보, 예측정보(기상, 수온 등) 등 융합정보 + 서비스



해수산업 분야

➔ 기후변화 대응 서비스 개발 및 활용 !!!

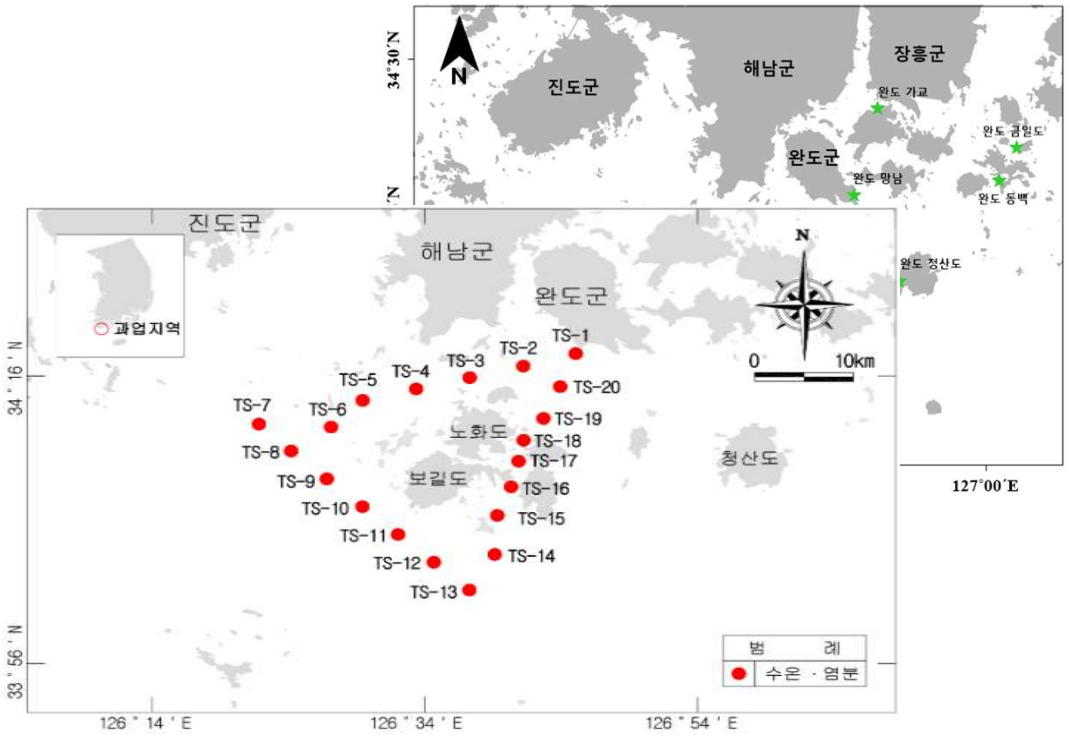
➢ 웹 및 모바일 서비스 개발을 통해 사용자 편의성 및 활용도 향상

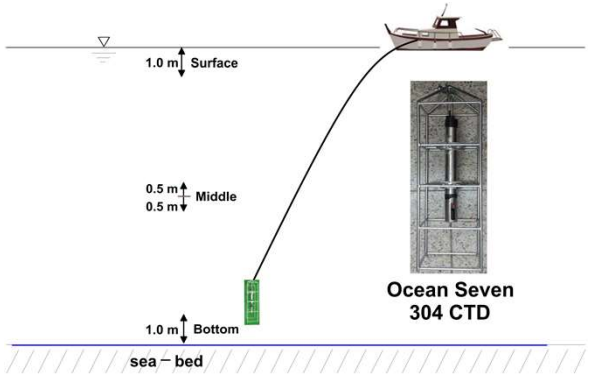
전복산업 지원 지역기상융합서비스

●대표지점의 정점관측 및 자료 간 특성 분석과 검증

정점관측(대조기, 소조기 등 고려 10회 이상/ 표층, 중층, 저층)

➢ **조위, 일사량, 운량 변화에 따른 수온 변동 파악**



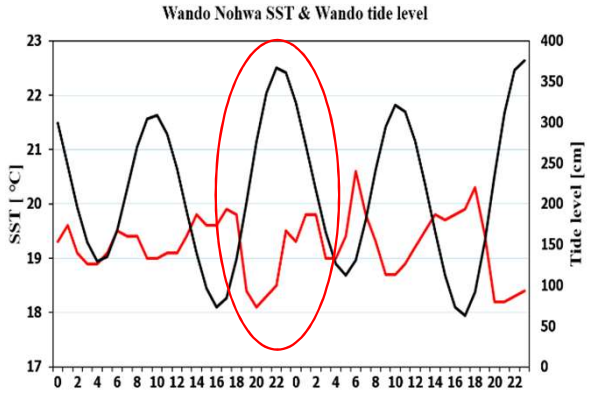


<CTD 정점 관측>



<수온 연속 관측>

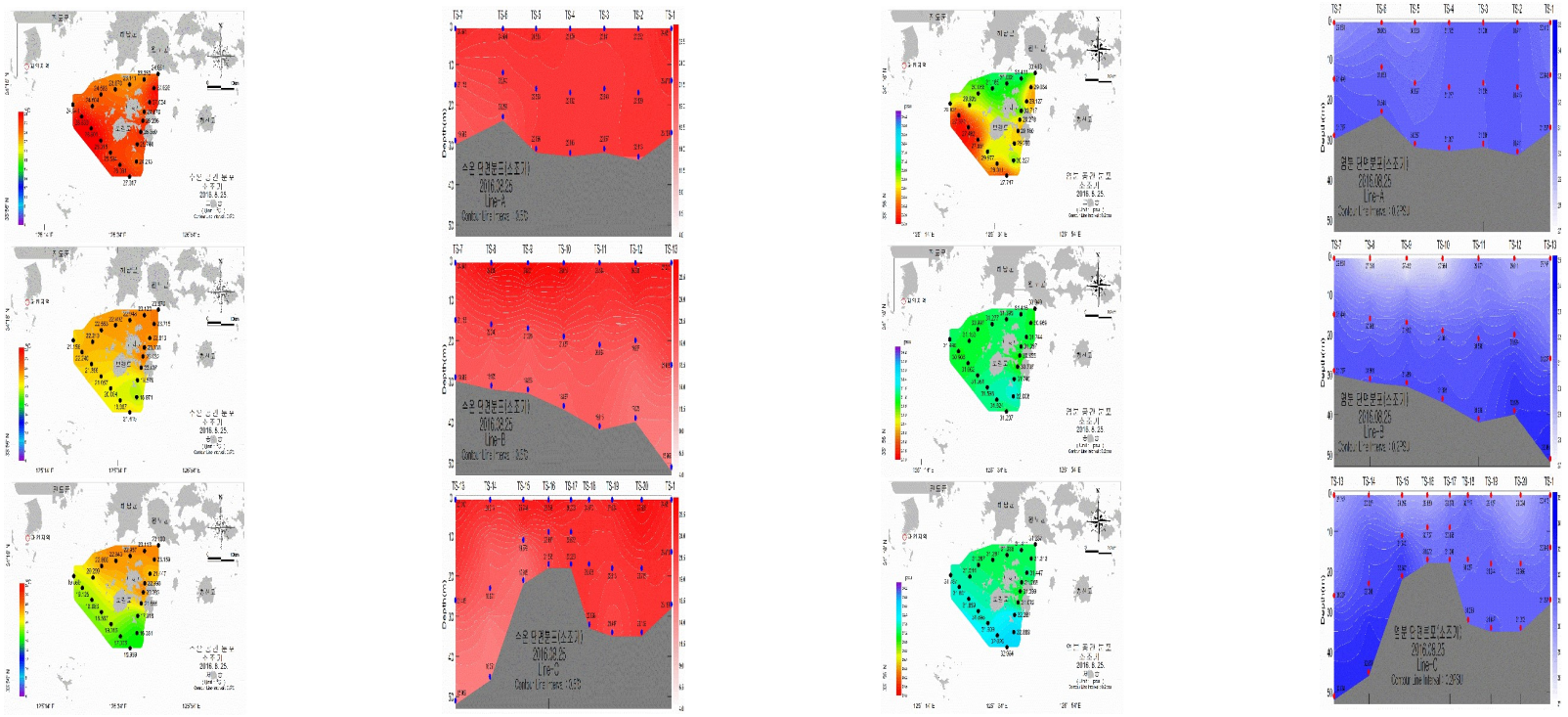
<조석 변화에 따른 수온분포 변동>



서비스 품질 개선을 위한 연근해 해상 관측자료 수집

● 수온, 염분 등 정점관측 및 자료 특성 분석과 검증

➢ 전문가 자문회의를 통해 관측 정점 수정/선정(연속 수온 관측)



<수온, 염분 수평/연직 분포>

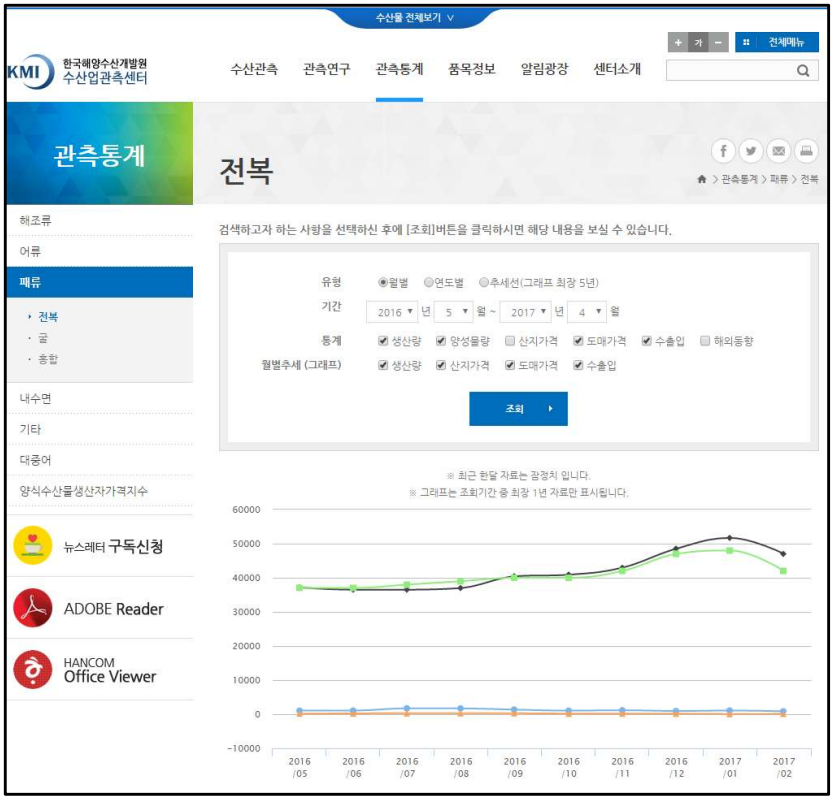
전복산업 지원 지역기상융합서비스

→ 가격 시세 분석 등 기상조건과의 상관성 연구



어종 전체 검색일자 2017.04.03 조회

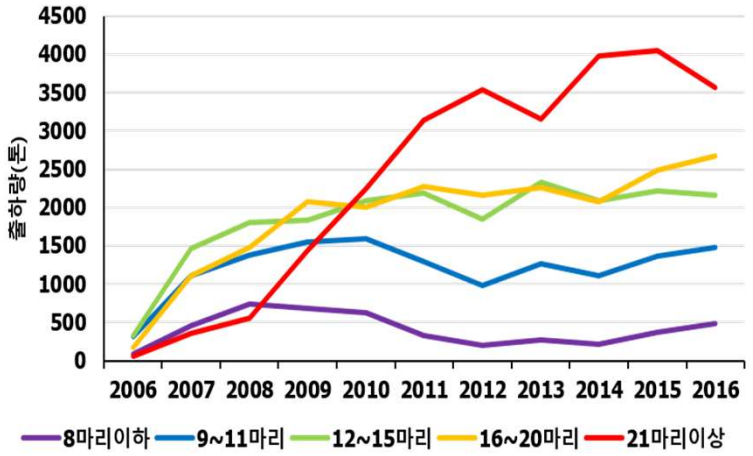
어종	산지	규격	포장	수량	낙찰고가	낙찰저가	평균가
(활)고등 갯고동	삼천포	대	그물망	2	32,300	32,300	32,300
(선)깐굴	통영	중	box	20	9,000	8,800	9,000
(선)깐홍합	여수	소	box	176	13,100	10,000	12,300
(활)낙지	인천	10미	그물망	6	70,000	35,000	52,500
(선)돔	삼천포	3미	S/P	4.6	5,500	5,500	5,500
(선)민대구	제주도	중	S/P	30	75,000	45,000	73,200
(선)민대구	목포	3미	S/P	4	15,000	10,000	13,800
(활)전복	완도	22미	kg	177.2	20,000	19,000	19,300
(활)전복	완도	10/11미	kg	44.9	32,000	32,000	32,000
(선)청어	임원	15미	S/P	150	6,000	6,000	6,000



전복 생산성 향상을 위한 영향지수 개발

- 전복산업지원: 먹이류(다시마, 김)양식 관련 작업(채묘, 건조)지수 개발
- 완도 연근해 관측 및 수치모델 자료를 활용한 성층 영향지수 개발
- 전복, 미역 관련 야외 작업지수 개선·보완 및 검증







전복산업 맞춤형 융합정보 포털 서비스

- UI(사용자입장)의 정보 제공을 위한 맞춤형 융합서비스 제공

  → IT 기반의 그래픽 기술 등을 활용한 사용자 중심의 편리성, 가독성 등 고려 구축

- 관측자료, 시세정보, 예측정보(기상, 수온 등) 등 융합정보 포털 서비스



해수산업 분야

➔ 기후변화 대응 융합서비스 개발 및 활용 !!!

➢ 웹 및 모바일 서비스 개발을 통해 사용자 편의성 및 활용도 향상

(3)

기후변화 → IT 기술 협업 사례

성남시

스마트 드론윈드길 및
도시 열정보 지도 서비스 기술 개발

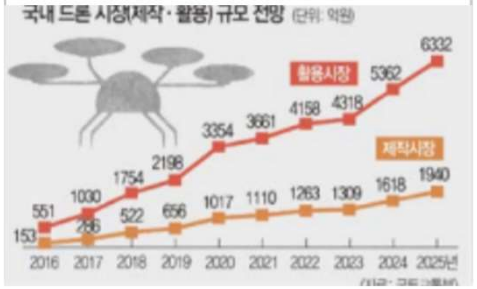


| 사업배경

“드론사고를 예방하고, 폭염대응 정책 등에 활용 가능한 기상융합정보 생산 필요”

다양한 분야 드론수요 증가

공공분야를 포함한 다양한 분야에서 드론을 활용하고, 드론의 수요는 증가할 것으로 예상



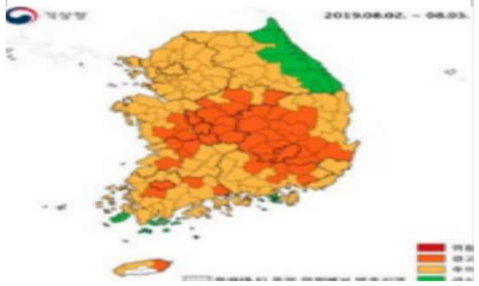
드론사고 발생건수 증가

드론 사용이 증가하면서 드론의 추락으로 인한 인명사고, 분실사고, 기체 파손 등 발생건수 증가



국민체감형 상세 기상정보 필요

기후변화로 인한 여름철 최고기온 및 폭염일 수 증가에 따라 도시열섬 현상으로 도시민 폭염에 대한 안전확보용 상세 시공간 기상정보 제공 필요



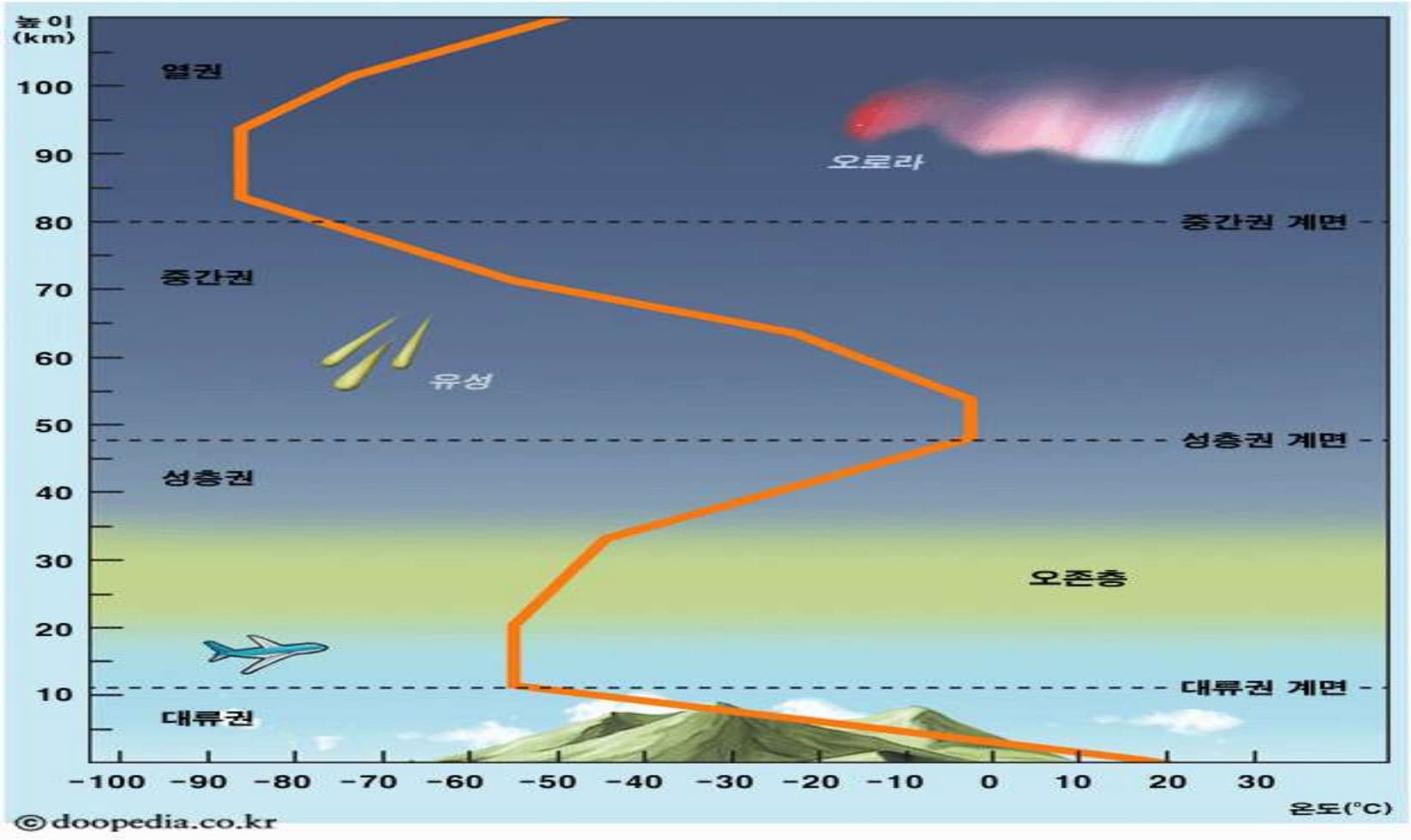
K-UAM

한국형 도심항공교통 운용계획 수립되어 2025년부터 드론 택시 상용 등 예정되어, 기상정보 요구



대기의 연직구조

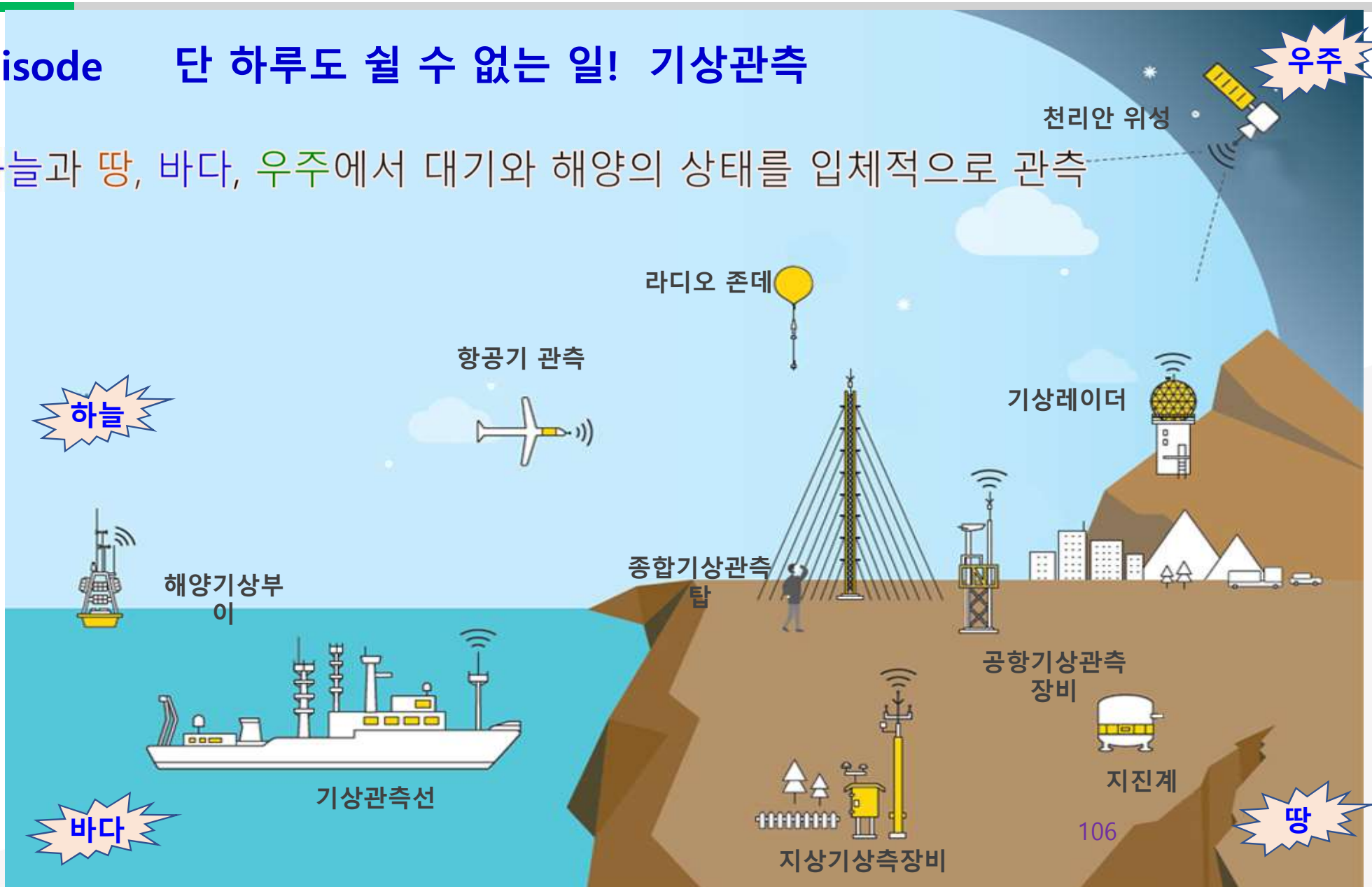
- 지구의 대기권은 대류권, 성층권, 중간권, 열권으로 구성



출처 : 두산백과사전

Episode 단 하루도 쉴 수 없는 일! 기상관측

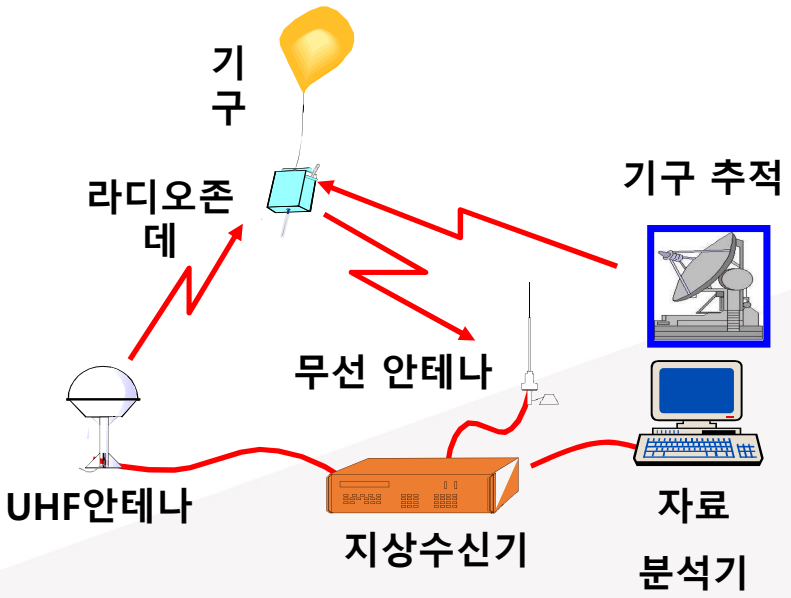
하늘과 땅, 바다, 우주에서 대기와 해양의 상태를 입체적으로 관측



고층기상관측

대기상태를 입체적으로 분석하기 위해서는 상층대기의 상태도 관측

- 라디오 존데 : 지상에서 약 35Km까지 기온, 습도, 풍향, 풍속을 측정(매일 2회)
  - 기상청 : 포항, 국가태풍센터, 백령도, 강릉, 흑산도, 공군 : 오산, 광주
- 연직바람관측장비 : 보다 상세한 관측위해 지상에서 5km까지의 풍향, 풍속 관측
- 라디오미터 : 지상에서 지상 10km까지의 기온과 습도 관측









(연직바람관측장비)



(라디오미터)

Episode 라디오 존데 띄우는 순서



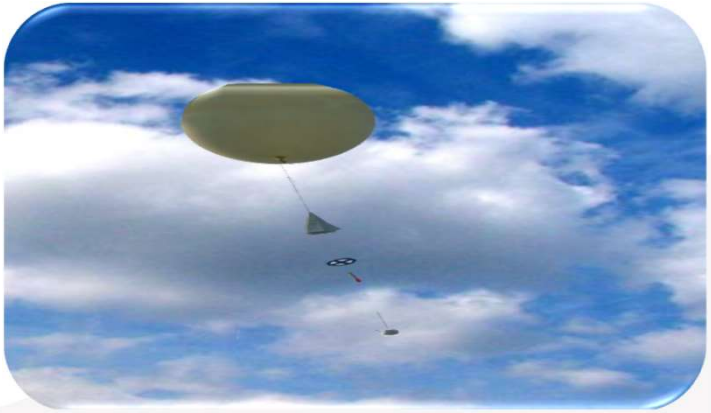
헬륨가스 충전



이 동



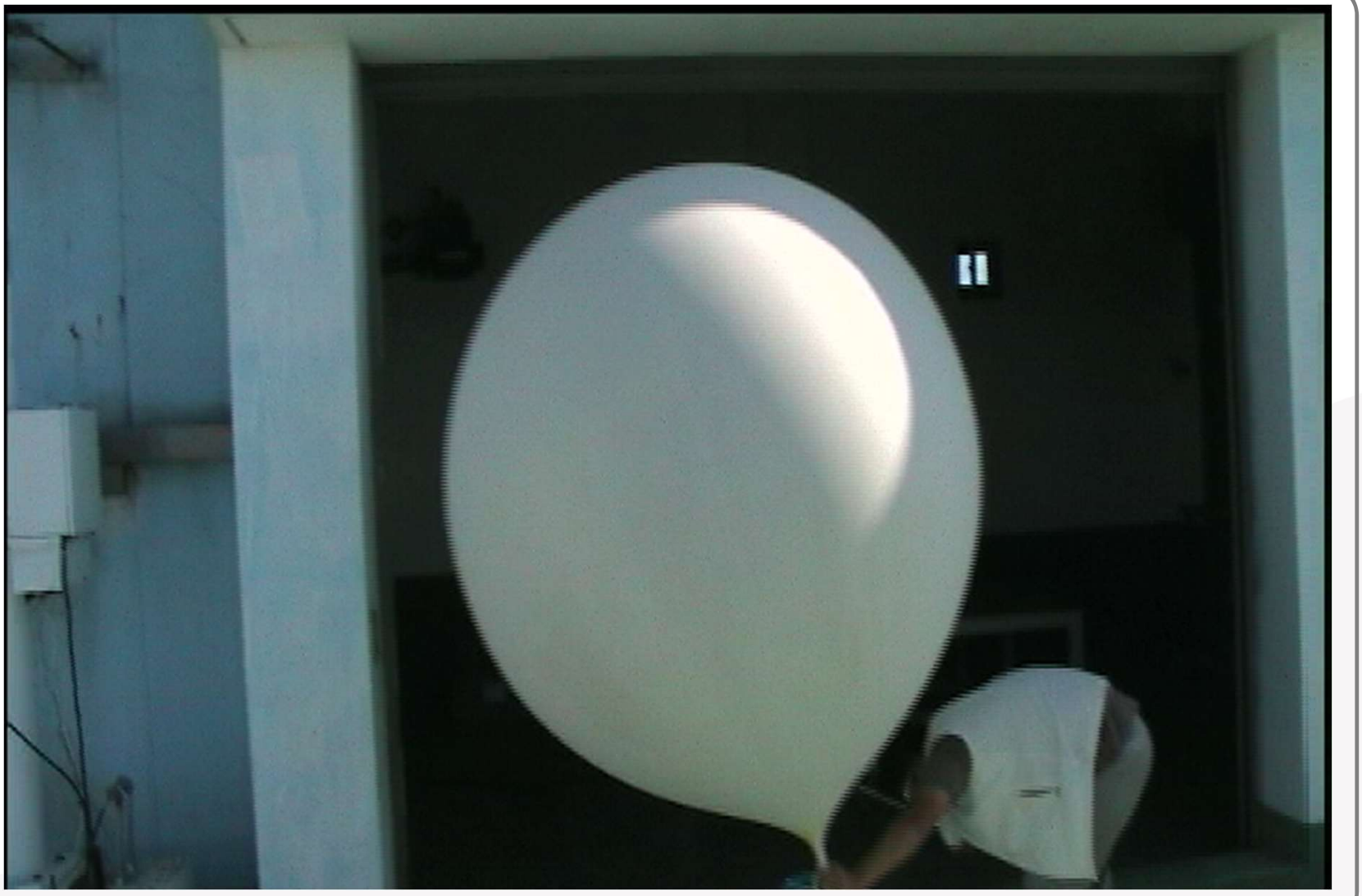




실제 라디오 존데 띄우기

Episode 라디오 존데 띄우기 1

호천 시 실제 라디오 존데 띄우기 과정



Episode 라디오 존데 띄우기 2

강풍 시 실제 라디오 존데 띄우기 과정

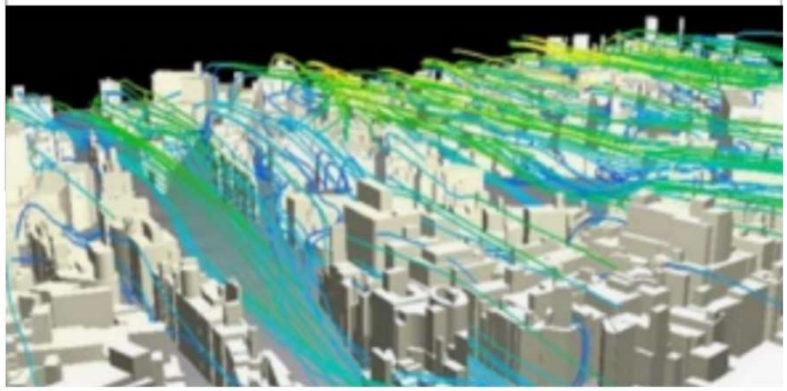


사업목적

“ 안전한 국민생활을 위한 드론기상서비스 개발 ”

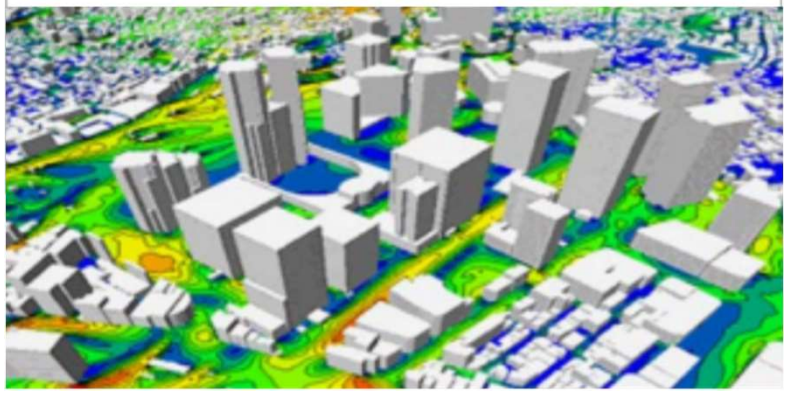
드론 윈드길 구축

드론 사고를 줄이고 배터리 효율을 높일 수
있는 드론윈드길 구축을 위한 기상(난류 등)
정보 생산으로 국민안전과 경제 활성화 기여



도시 상세 열정보 제공

드론을 활용한 도시 상세 열정보 제공으로 시민 주체적
대응 및 지방자치단체의 폭염에 대비한
시설(그늘막, 도로살수 등) 구축 및 복지정책 수립 지원



| 성과 우수성 요약

1 **도심지 관측 수행**

기존 고정형 관측장비 외 드론과 관측차량을 통해 도심지 기상관측

2 **도심지 모델링 수행**

지형·건물 정보를 반영하여 고해상도의 바람과 난류소산율 산출

3 **지자체 협업을 통한 연구**

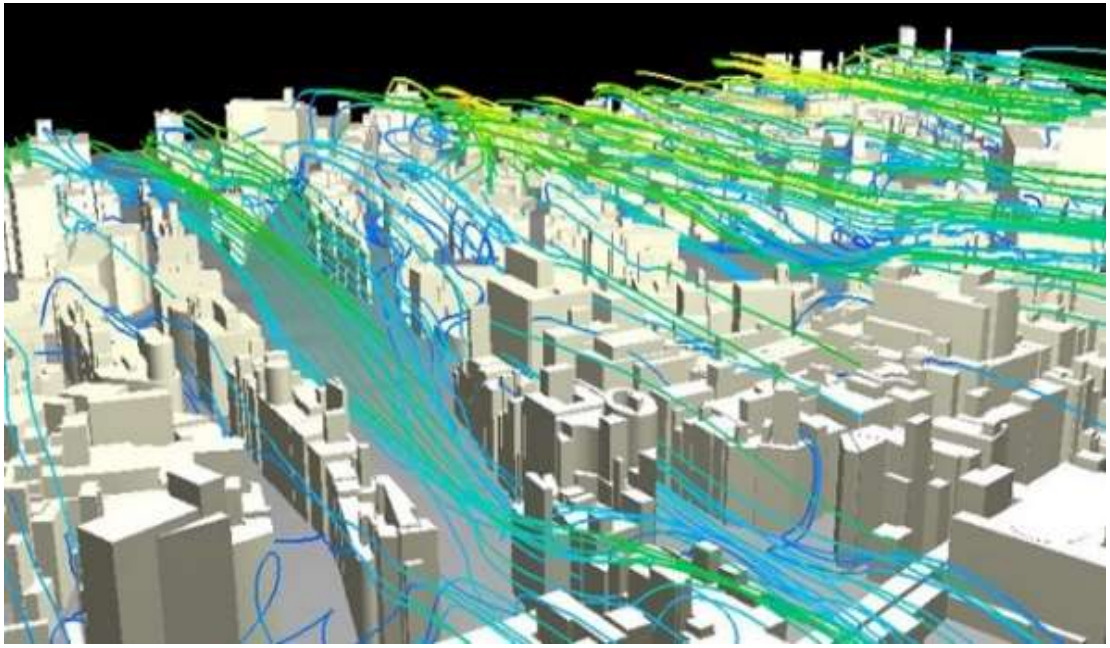
수요기관 성남시와 협업하여 관측 수행 및 의견수렴

수도권청- 스마트 드론윈드길 및 도시 열정보 생산 기술개발

안전한 국민생활

성남시
-
드론

(1) 드론 윈드길 구축



드론사고를 줄이고

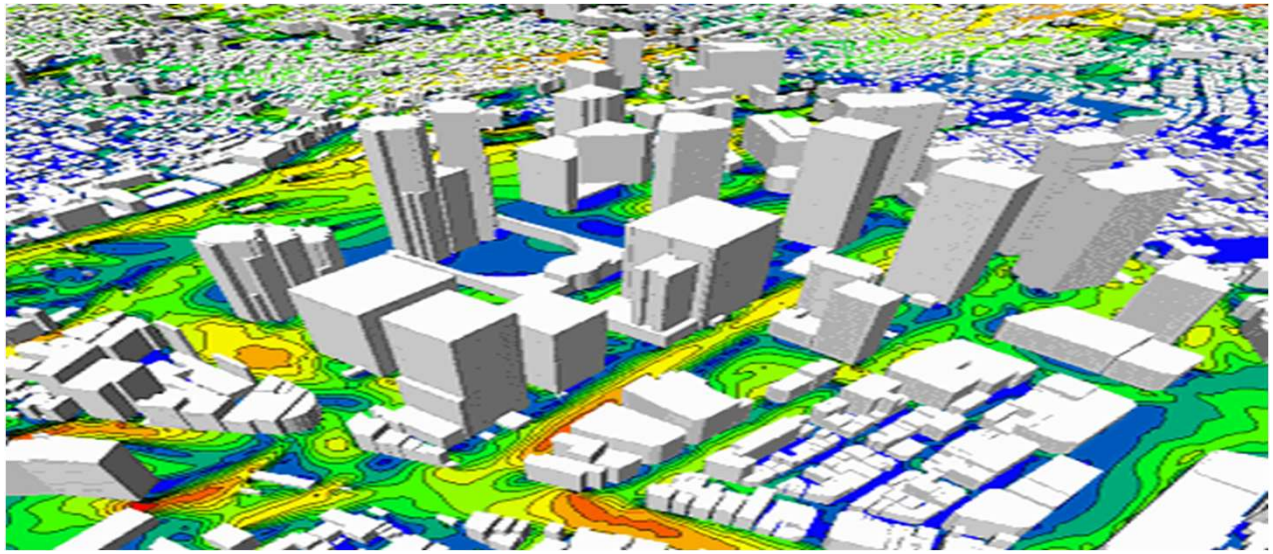
배터리 효율을 높일 수 있는

드론윈드길 구축을 위한

기상(난류 등)정보 생산

수도권- 스마트 드론윈드길 및 도시 열정보 생산 기술개발

2. 도시상세 열정보 제공



- ✓ 드론을 활용한
- ✓ **도시 상세 열정보 제공으로**
- ✓ 시민 스스로 주체적 대응
- ✓ **지방자치단체의 폭염 대응 시설 구축 및 정책 수립**

드론 관측값과 도시기상 모델 예측값을 융합한 시간별 예측온도 산출기술 개발

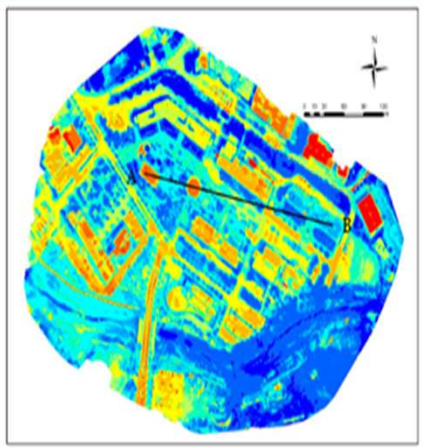
도시기상 모델 지표면 온도 예측 성능 조사

↓

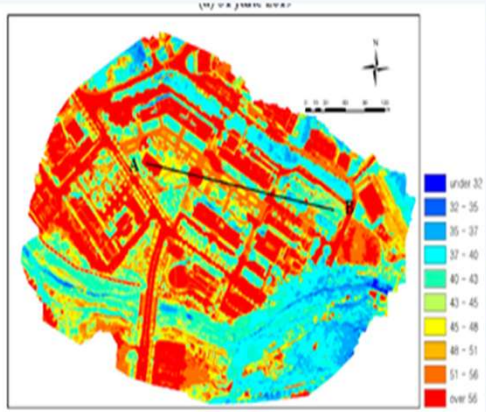
도시기상 모델과 드론 관측 값을 융합방안 마련

↓

드론, 지상 및 위성(MODIS, VIIRS 등)
관측 값을 이용한 도시기상 모델 시간별 예측온도 검증



(a) 31 June 2019



(b) 2 August 2019

Figure 4. LST distribution in UAV TIR images showing the location of the A–B profile with a black line: (a) 31 June 2019; (b) 2 August 2019.

드론 관측값

KMAPP 시간별 예측값

위험 단계별 대국민 행동요령 및 지자체 대응 방안 제시

드론관측

기상요소수집(풍향, 풍속, 지면온도)

시범지역의 바람정보 및 열화상카메라를 활용한 지표온도 측정

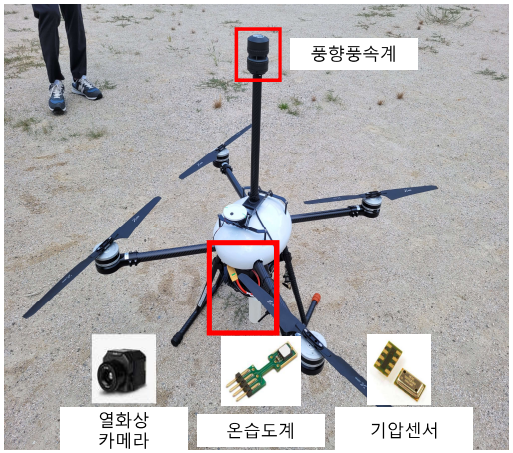
관측일정 : 7~8월 15일간

관측영역 : (수평) 1,500m x 1,500m x (수직) 150m

* 공간 해상도 : (수평) 100m, (수직) 10m

* 상기 관측기간 간 시간해상도는 무관하며, 전체 관측영역에 1조(set) 확보



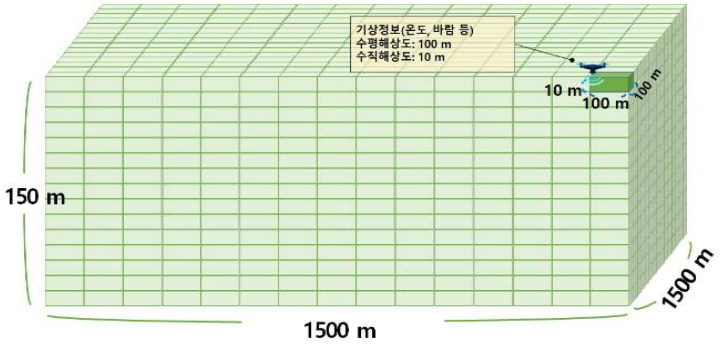




드론 관측 모니터링



관측 결과 화면

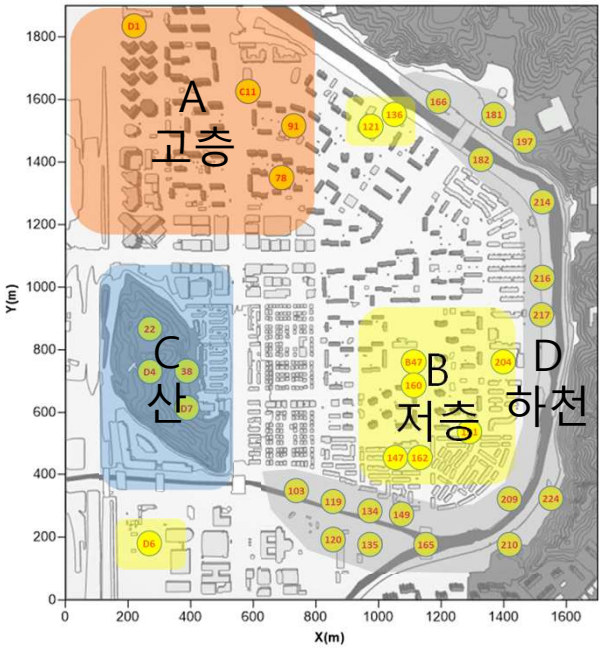




< 동영상 >

드론윈드길

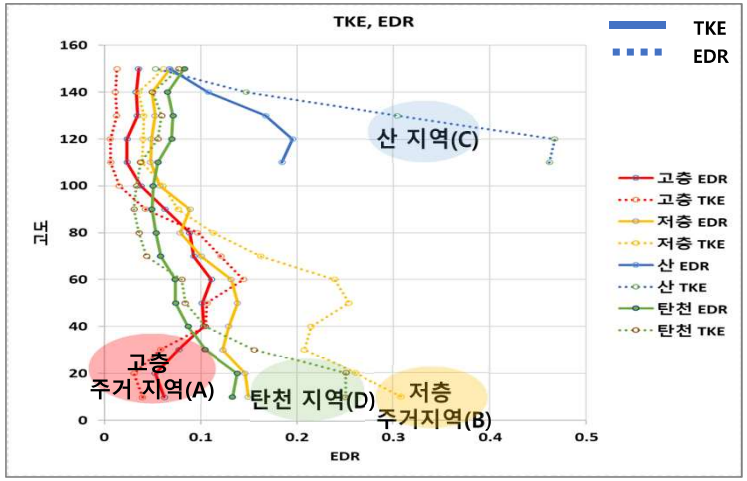
<국토부 GIS를 반영한 3차원 도시모델링>



<모델 수행 결과(바람)>



<모델수행 결과(난류 강도)>



- 고층 주거지역(A)에서는 40m ~ 60m에서 난류 강도(EDR)가 높게 나타남
- 저층 주거지역(B)에서는 10m ~ 60m에서 난류 강도(EDR)가 높게 나타남
- 산 지역(C)에서는 산 지표에 가까울수록 난류 강도(EDR)가 높게 나타남
- 탄천 지역(D)에서는 30m 이하에서 난류 강도(EDR)가 높게 나타남

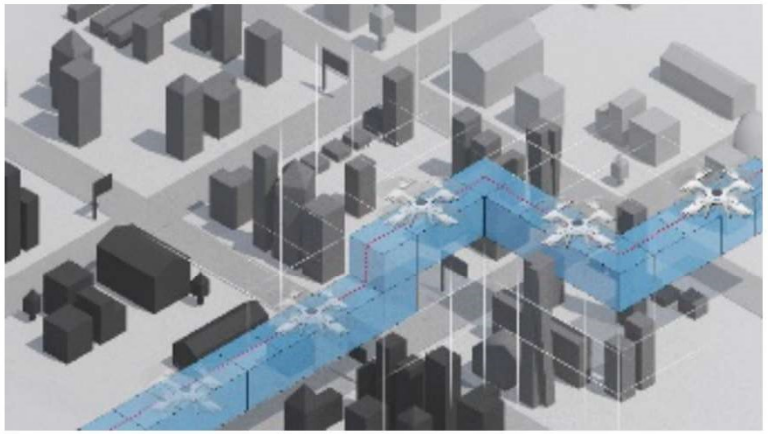
< 동영상 >

| 활용 계획



https://map.seongnam.go.kr/map#snbSearchPanel

성남시 생활지리 포털 탑재



민간기업 기술이전 및 사업화

건강 보건 분야

➔ 기후변화 대응 융합서비스 개발 및 활용 !!!

- 열지도를 활용하여 폭염 대응을 위한 시설 구축, 정책 수립 등 가능
- 드론을 활용한 공무 수행 시, 비행 참고자료로 활용 가능

- 순찰: ADT캡스, 조이드론 등

부산지방기상청
Busan Regional Office of Meteorology

4

CCTV 영상기반 해무정보 알림서비스



사업 추진 배경

부울경 지역의 현안은 무엇일까?

부울경 지역은 해양인프라가 뛰어나 해상 활동(어업, 레저, 관광 등)이 활발하나,
맞춤형 해양기상정보의 부재로 해상 안전사고에 쉽게 노출되고 있습니다.

부울경 지역
선박 충돌사고의 39%가
저시정 일 때 발생
('15~'19년, 남해지방해양경찰청)

해양사고 빈번



산*경남 해무의 습격, 선박사고도 잇따라

(부산지방기상청)
해안시정관측장비 17대
해안감시 CCTV 5대
*** 통영시 해안CCTV 206대**

해상관측 부족



관계기관의 협업을 통한
상세한 해양기상정보
신속한 제공 필요
('19~'20년, 워크숍, 간담회)

해무정보 요구

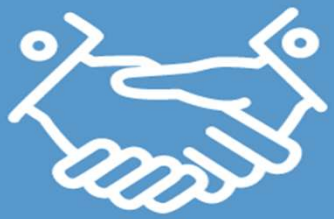


부산지방기상청
Busan Regional Office of Meteorology

추진 전략

지자체에서 운영 중인 CCTV 공동활용으로
국지적으로 발생하는 해무의 신속한 탐지 및 상황 전파

“ **대국민 안심 해상활동 지원** ”



협업 강화

관계기관과 협업체계 구축으로
CCTV 자료 공동활용 및
내실있는 서비스 개발



인공지능 기반 기술

최신의 기술을 적용한
인공지능 알고리즘 적용 및
기술개발로 서비스 정확도 향상



맞춤형 서비스 제공

수요기관별 맞춤형 서비스개발
서비스 활용도 제고
사용자 만족도 향상

CCTV 영상기반 해무탐지 기술 개발

해답은 인공지능 기술에 있다. (2021년)

모든 CCTV에 적용가능한 기술 개발을 위해,
딥러닝 기법을 적용한 인공지능 기반의 영상분석 해무탐지 기술을 연구하였습니다.

자료 수집 및 분류

[국립해양조사원]
CCTV 및 시정계 ('18~'20년, 11개소)
[통영시]
CCTV 자료(21.6.~, 26개소)

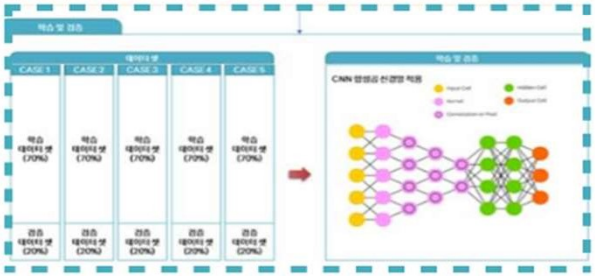
인공지능 기반 기술 개발

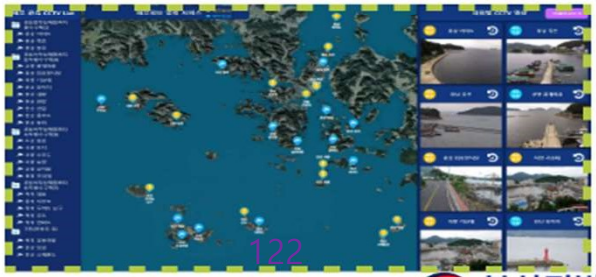
합성곱신경망(CNN) 딥러닝 기법 적용
해무탐지 기술 개발
*영상분류 및 사물탐지에 탁월한 알고리즘
해무강도 분류기술 개발
*0.5km / 1km / 3km / 오류

알림서비스 시범운영(6.28.~)

통영시 통합관제센터 내 시범운영
*주요 항로 및 어업 구간 등 26개소
해무 발생 알림(Pop-up), 발생현황
관계기관 문자서비스 (10.20.~)
*통영해양경찰서, 통양 운항관리센터
(통영시 CCTV 영상 활용 기관)

[1차분석-국립해양조사원]
- CCTV 영상과 시정계자료 비교
[2차분석-해조원, 통영시]
- CCTV 영상과 목측자료 비교
- 영상내 지형지물 거리 산출

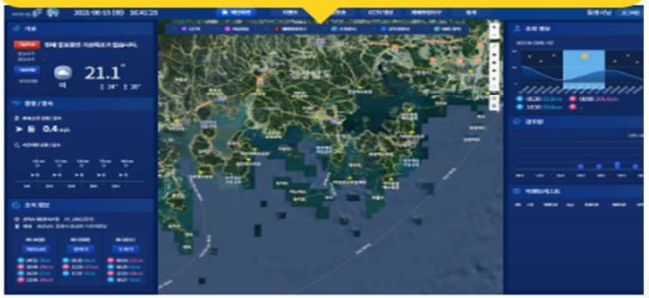




부산지방기상청
Busan Regional Office of Meteorology

맞춤형 해무정보 알림서비스 개발

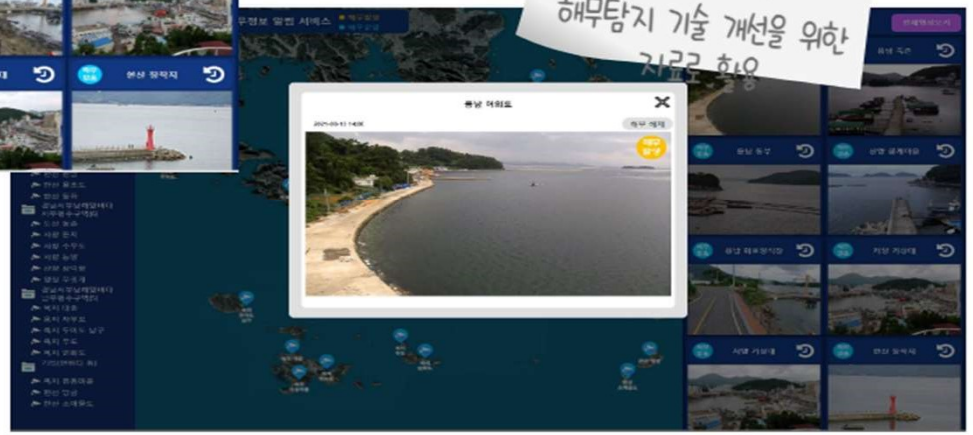
통영시 통합관제센터 시스템 메인화면



통영시 맞춤형 알림서비스를 제공했습니다.

통영시 통합관제센터 내 운영을 위하여,
사용자 의견을 반영하여 웹서비스 디자인을 구성하고 주요 기능을 추가하여 제공하였습니다





해무 판별 수정 이력
DB화 하여
해무탐지 기술 개선을 위한
자료로 활용

- 통영시 전역26개 CCTV 지점 알림서비스 제공
- 해무발생 정보 Pop-up 알림
- 해무 유무 판별 정보 수정 , 해무발생 이력 확인

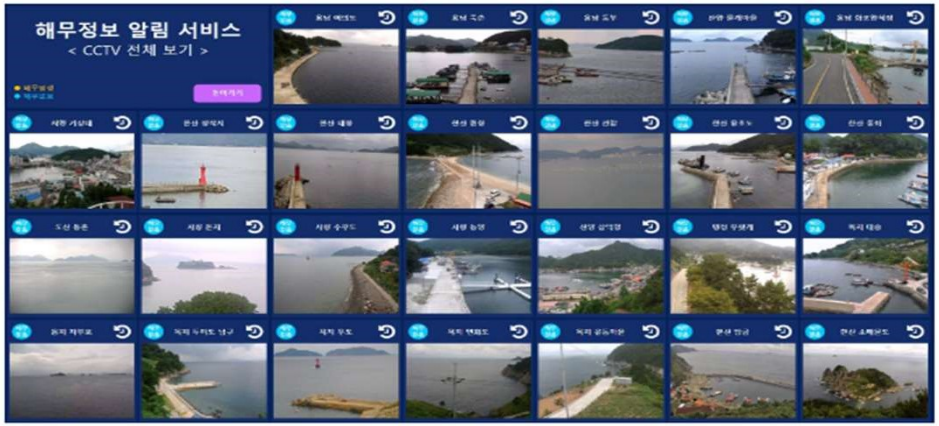
부산지방기상청
Busan Regional Office of Meteorology

맞춤형 해무정보 알림서비스 개발
통영시 맞춤형 알림서비스를 제공했습니다.

통영시 사용자 의견을 반영하여 알림서비스 표출시스템을 개선하였습니다. (통영시 설문조사/8월)



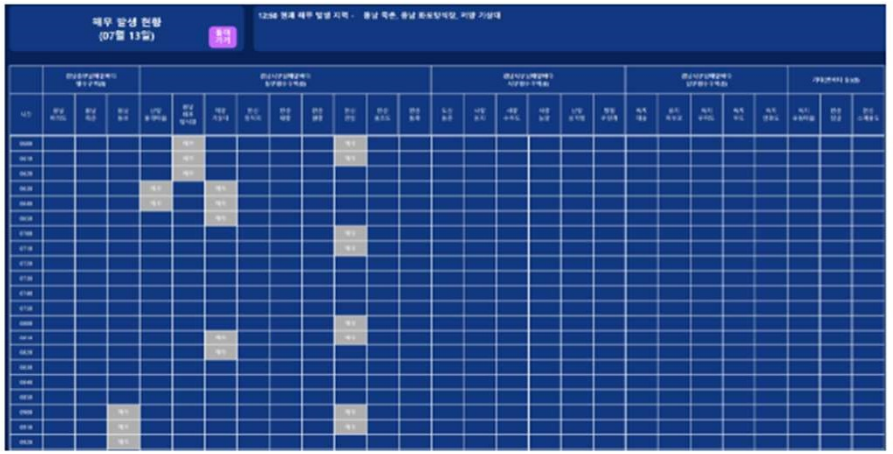
"해무발생 지역 전체 영상을 보고 싶어요"



- 26개 지점 CCTV 영상 전체 보기 추가(알림 및 수정 기능 동일)
- 지점별 해무발생 이력 표 추가

"지점별 해무발생 이력을 확인하고 싶어요"





부산지방기상청
Busan Regional Office of Meteorology

해무정보 알림서비스 활용 확산

CCTV 영상기반 해무정보를 손쉽게 확인할 수 있습니다.

통영시 통합관제센터 내에서 6월 28일 부터 해무정보 알림서비스를 시범운영을 하고 있으며,
수요기관 및 관계기관의 의견을 반영하여 해무정보를 활용 대상을 확대하였습니다.



통영시 해무정보 알림서비스 시범운영

(사용자) 통합관제센터 상황실 근무자

(시범운영 기간) '21.6.28.~계속

"해무 발생 정보를 문자로 받아 보고 싶어요"



[Web발신]
<해무발생 안내>

2021. 10. 27.(수) 06:00 현재,
욕지 유동마을 지점 해무발생을
안내하니 해상활동에 유의하시기
바랍니다.

-부산지방기상청/통영시 시범운영-

MMS
오전 6:07

해무정보 알림서비스 기반 문자서비스 시범운영

(수신대상) 통영해양경찰서, 통영 운항관리센터

(시범운영 기간) '21.10.20.~11.19.

부산지방기상청
Busan Regional Office of Meteorology

경남남해안 이어, 부산앞바다 해무도 잡으러 갑니다



부산시, 부산시설공단의 CCTV 및 시정계 자료를 활용한 해무정보 제공 요청으로
2022년도 협업을 통해 기술을 개발하고 서비스를 확대 할 예정입니다.

"부산의 랜드마크인 광안대교의 안전을 위한
해무정보가 필요 합니다."



부산시 해안,해상 감시 CCTV 26대 운영
2020년 기반연구 수행 완료
CCTV 공동활용으로 해무 서비스 개발



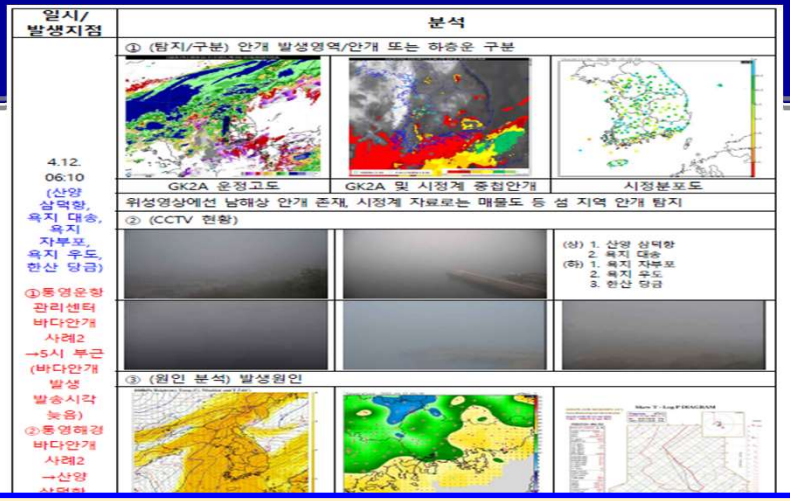
광안대교 CCTV 86대, 시정계 4대 운영
관측자료 공유 및 서비스 활용 협조
광안대교 해무정보 서비스 개발



부산지방기상청
Busan Regional Office of Meteorology

우수성과





- ✓ **바다안개 조기탐지**로 **신속한 상황 전파** 및 **해상교통 안전 확보**
- ✓ **기관간 국가재산** 및 **첨단 과학기술 공동활용 ➔ 예산절감**과 **서비스 활용 확산**









해무 등 위험기상 ➔ 기후변화 대응 융합서비스 개발 및 활용 !!!

4

기상기후자료 활용법



기상청

기상데이터의 종류

기상관측

지상관측, 고층기상관측,
해양기상관측, 위성관측,
레이더 관측 등



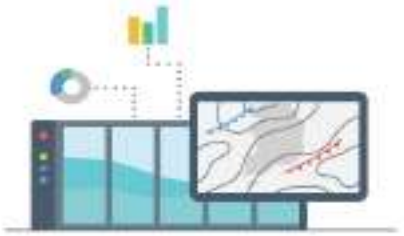
기상예보

동네예보, 실황분석,
초단기예보, 단기예보



수치예보모델

기상모델(지역, 국지),
초단기예보모델, 파랑모델,
수치일기도



기후변화감시관측

반응가스, 에어로졸,
성층권오존, 자외선



역사기후

조선왕조실록, 각사등록,
해관기상관측, 측우기,
자기기록지 등



기후통계분석

기온·강수분석, 장마, 바람장미,
폭염·황사·열대야일수, 평년값,
극값 순위등



응용기상분석

체감온도, 실효습도, 열지수,
냉난방도일, 적산온도



오픈 API

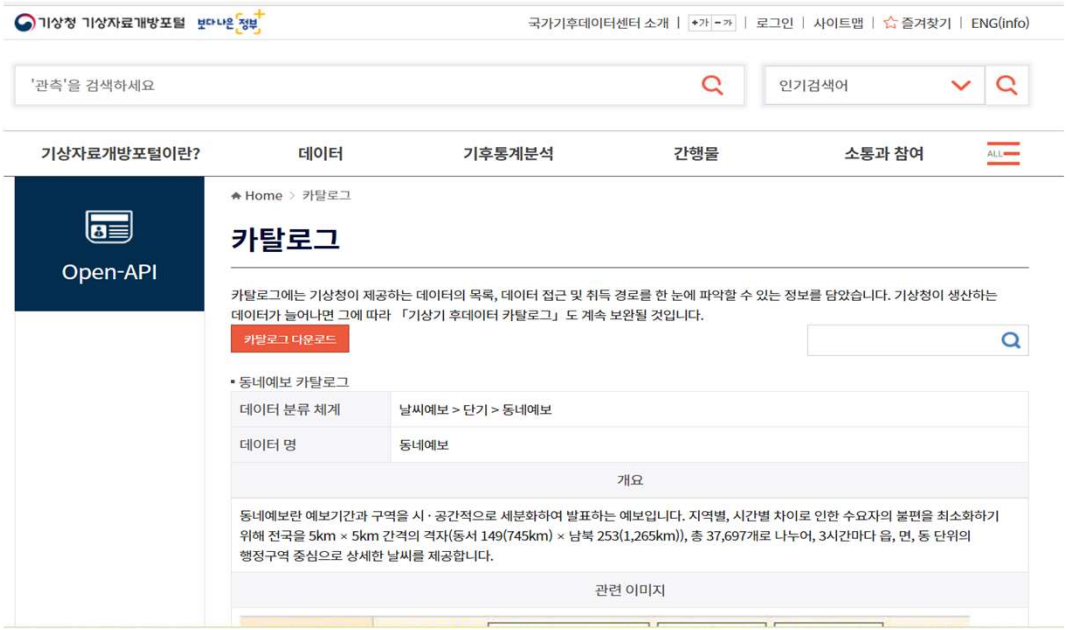
동네예보, 중기예보, 예보구역,
생활기상, 보건기상,
항공기상정보, 간행물



기상자료개방포털

기상자료 개방포털(data.kma.go.kr)

- 기상관측자료, 통계자료, 데이터 활용설명, 품질검사 방법, 지점정보 등 제공
- 사이트맵 -> 카탈로그: 기상청에서 제공하는 데이터 목록, 접근 및 취득 경로 설명



공공데이터포털

공공데이터포털(data.go.kr)

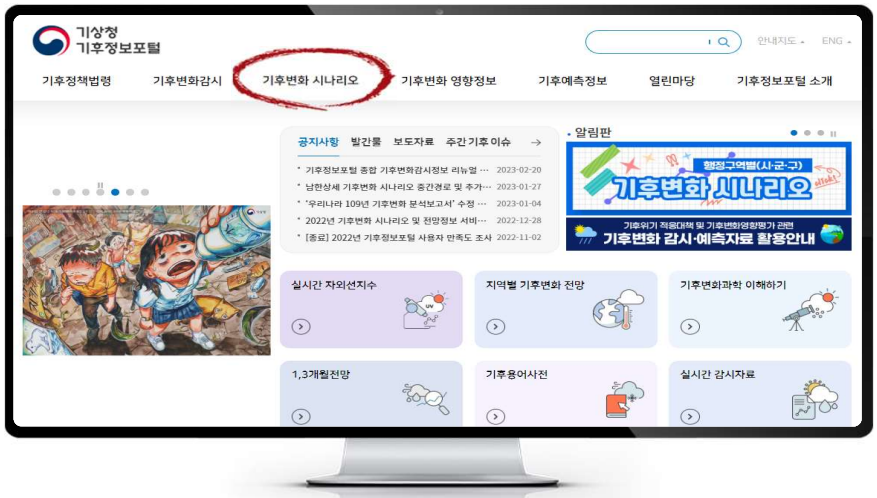
- 검색 > 제공기관별 검색 > 기상청: 파일데이터 123건, API 37건 제공중
- 기상자료 개방포털> 간행물> 데이터개방: 기상청 Open API 목록 및 활용가이드 제공



기후정보포털, 기상자료개방포털

기후정보포털(www.climate.go.kr)

• 기후 · 기후변화와 관련된 상세 정보를 총괄 제공



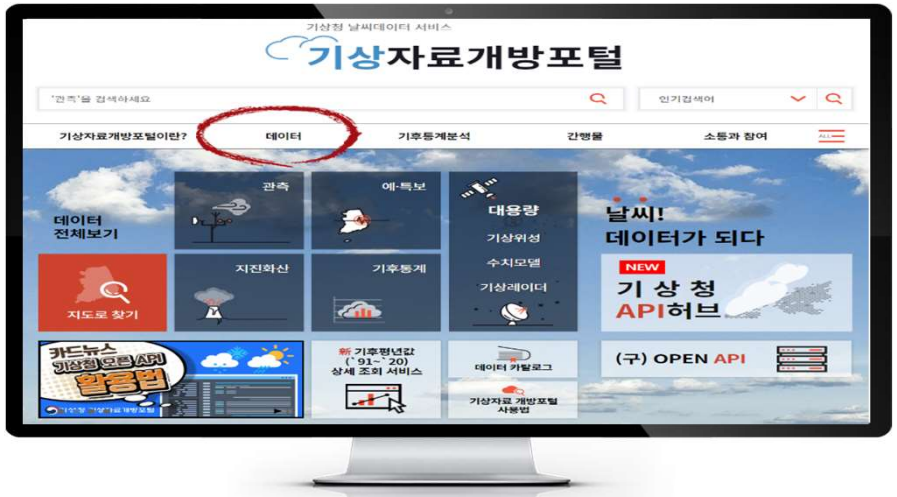
기후변화 시나리오(현재~2100년)

- 해상도: 행정구역별(읍면동), 남한상세(1km), 한반도(25km), 전지구(135km)
- 기간: 1850~2100년(일, 월, 계절, 연자료)
- 요소: 기온, 강수량, 습도, 풍속, 극한기후지수, 영향정보 등

“미래에 대한 모델자료”

기상자료개방포털(www.data.kma.go.kr)

• 기상청에서 생산하는 모든 데이터 제공 창구



관측된 기상기후 데이터(1904년~현재)

- 지상 관측자료(기온, 강수량 등), 고층 관측자료, 해양 관측자료, 항공 관측자료, 기상위성, 레이더, 낙뢰, 황사, 태풍 등

“과거에 대한 관측자료”

기후변화 상황지도 (2023.12.29.~)

지자체 기후위기 적응대책 수립, 기후변화영향평가
➔ 기업 ESG 공시 활용





남한상세(1km) 및 전지구에 대해 시나리오별·행정구역(시·군·구)별로 다양한요소*를 시계열, 도표 등 대시보드

- 기후응용지수(농업, 산림, 방재 등 부문별 영향정보 17종)
- 상황지도, 지구대기감시자료(이산화탄소, 지표오존 등 20종)

기후변화 상황지도 (2023.12.29.~)

기후변화 상황지도: 과거부터 2100년까지의 미래 기후변화 추세와 전망정보를 데이터가 아닌

지도 기반으로 누구나 쉽게 확인하고 분석 할 수 있는 서비스

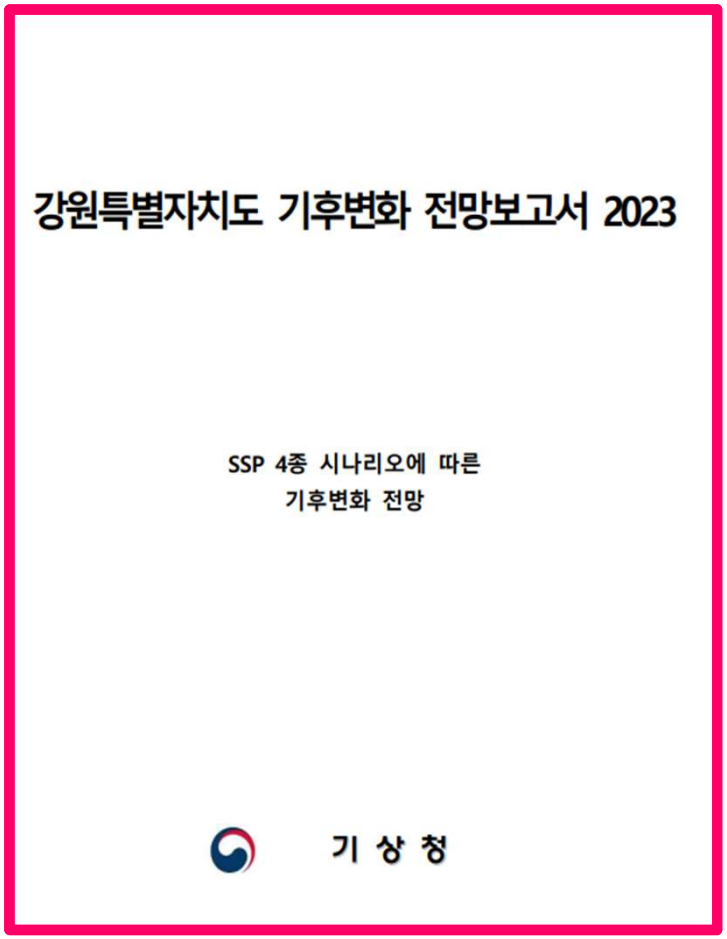
- 국가 탄소중립 실현을 뒷받침하는 기후변화 과학정보 및 플랫폼 등에 대한 요구사항 증가

기후위기 대응 정책 · 연구, 기후변화영향평가 등을 지원하기 위해
→ 원하는 주소, 행정구역별 → 한눈에 볼 수 있는 지도 시범서비스 www.climate.go.kr/atlas



강원도 기후변화 전망





(2023.12.29.~)

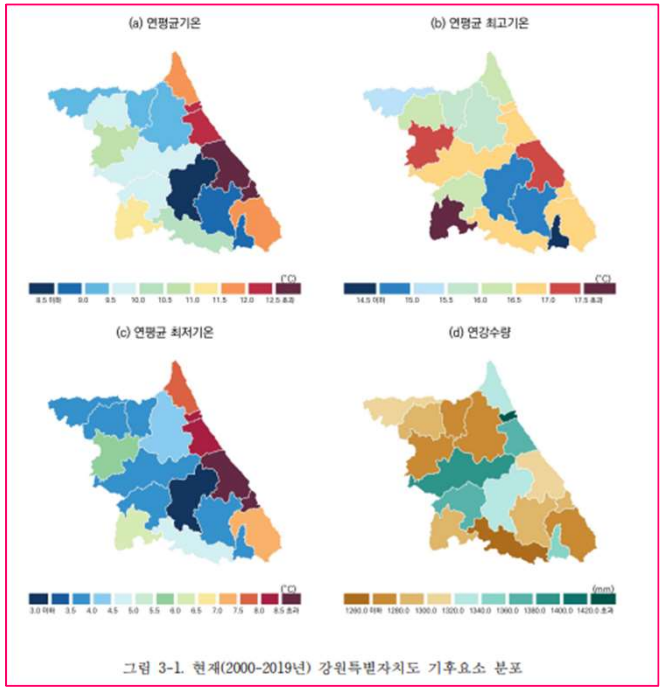


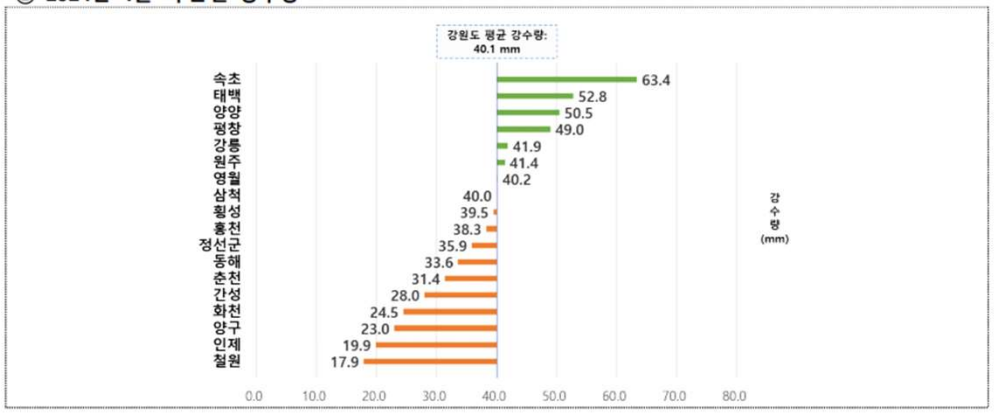
그림 3-1. 현재(2000-2019년) 강원특별자치도 기후요소 분포

2024년 4월, 강원도…

① 2024년 4월 시·군별 평균기온

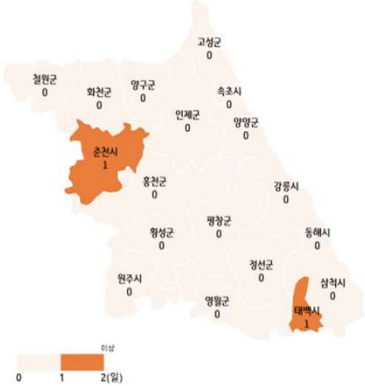


② 2024년 4월 시·군별 강수량



▣ 강원도 내 18개 시·군별 실효습도 35% 이하 발생일수 비교(4월 30일 기준)

① 2024년 4월 분포도(단위: 일)



- 올해 4월 **실효습도가 35% 이하**로 발생한 일수를 살펴보면, **강원도는 0.2 일**로 **평년**(3.1 일)**보다 2.9일 적게 발생**하였음

- 강원영서(평년 2.0일)는 평균 0.2일 발생하였고, 강원영동(평년 5.3일)은 평균 0.3일 발생하면서 **대부분 지역에서 10년간 평균에 미치지 못함** (최근 10년 4월 평균: 강원도 3.5일, 영서 2.5일, 영동 5.5일)

* 강원도: 강원영서(철원, 대관령, 춘천, 원주, 인제, 홍천), 강원영동(속초, 강릉, 태백) 9개 지점의 평균값

* 채색: 실효습도가 35 % 이하로 나타난 날, 색이 짙을수록 대기가 건조함을 의미

* 실효습도: 화재예방의 목적으로 수일 전부터의 상대습도에 경과시간에 따른 가중치를 주어서 산출한 목재 등의 건조도를 나타내는 지수

② 올해와 최근 10년간(2014~2023년) 4월 평균 비교

<단위: 일>

	강원영동							강원영서										
	고성군	속초시	양양군	강릉시	동해시	삼척시	태백시	철원군	화천군	양구군	춘천시	인제군	홍천군	횡성군	원주시	평창군	영월군	정선군
2024년	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
최근 10년간	2.8	4.2	2.2	8.1	3.8	4.7	4.2	1.1	0.0	0.4	1.1	2.0	2.8	0.4	6.3	1.5	2.2	2.6
차이	-2.8	-4.2	-2.2	-8.1	-3.8	-4.7	-3.2	-1.1	0.0	-0.4	-0.1	-2.0	-2.8	-0.4	-6.3	-1.5	-2.2	-2.6

삼척: (평균기온) 18개 시군 중 15.1도 3위
(실효습도) 10년 4월 평균 4.7일, 올해는 0일

5

탄소중립 대비 계획





기상청

탄소중립사회 구현

기상청

미래 신산업 기상지원

도심항공교통(UAM)

도심지역의 교통 체증과 환경문제의 해결수단으로
도시의 공중 공간을 활용하는 UAM 도입 필요성 대두

시장 발전가능성에 주목한 다양한 업계의 도전과 경쟁이 확대 되는 중으로
교통 혁신과 미래 먹거리 산업으로 발전을 위해 국가 역량을 결집하고 정책 추진 필요



친환경에너지 산업

기후위기 대응을 위한 2050 탄소중립 선언에 따라
친환경에너지로의 전환 필요

2023년 IPCC(기후변화에 관한 정부간 협의체) 제6차 종합보고서에 따르면
지구 평균 온도는 산업화 이전 대비 1.1℃ 상승하여
화석연료에 의존하는 에너지 구조를 친환경 에너지 중심으로 전환이 요구



지원 필요성



① 한국형 도심항공교통

UAM 비행체 이착륙과 운항과정 및 운항 설계 등
산업 전반에 안전을 위한 기상정보가 필수적



② 친환경에너지 산업

신재생에너지 발전량 예측 및 대응 등을 위해
상세한 기상관측, 예측 정보 필요

미래 신산업의 육성과 발전 지원을 위한

미래 신산업 기상정보 지원 체계 구축 필요

친환경에너지 산업

기상청

친환경에너지 산업 기상 지원

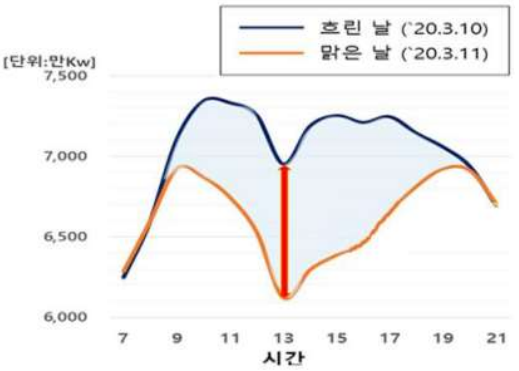
친환경에너지 산업 기상지원 현황





재생에너지 설비가 증가하면서
전력 수급에 미치는 영향력의 증가와 더불어
전력 송배전의 안정성에 영향





현재 친환경에너지 발전량 예측은
구름양, 일사량 예측에 의존
기상학적 예측의 변동성 반영 어려움

친환경에너지 생산 지원 및 전력계통 안정화 지원을 위한

친환경에너지 산업 맞춤형 기상정보 필요

친환경에너지 산업 기상 지원

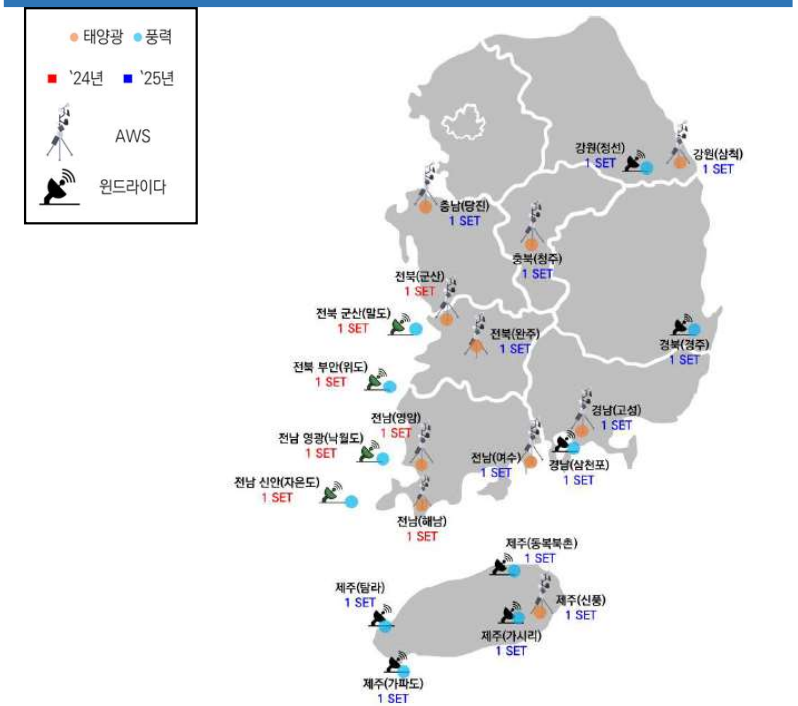
기상청

실증 관측망 구축

태양광 및 풍력에너지 발전단지
시범 실증지역 관측장비 구축 및 운영

24년 : 28억원

실증 관측망 설계(안)





자동기상관측장비
기온, 풍향 · 풍속, 습도 등 관측





일조계, 일사계
일조시간, 일사량, 지면가열 등 관측



시정계
미세먼지 영향 분석



적설계
적설량 관측



윈드라이다
높이에 따른
상층 바람 관측

해안, 섬, 산지 각 지역별 친환경에너지 발전단지
관측장비 구축 및 운영을 통해 모니터링 체계 구축
관측자료 분석을 통한 지역별 특성 및 차이 파악

친환경에너지 산업 기상 지원

친환경에너지 산업 맞춤형 기상정보

지역별 기상 특성 분석 등 실증지역 조사

발전량 예측에 대한 기상요소별 영향도 분석 및
예측 정확도 검증
- 일사, 풍속 이외에도 강수량, 적설, 시정, 기온, 지면온도 등 기상요소와 발전 효율간의 관계를 입체적으로 파악

상세 기상예측 융합정보 개발
- 풍력 발전 지원용 고도별 풍향 및 풍속 상세 자료 생산
- 기상 조건별 잠재 발전량 등 기상예측 융합정보
- 이상기후, 위험기상 등 기후데이터 기반 에너지 기상정보 고도화

친환경에너지 기상지원 플랫폼 구축 및 운영





친환경에너지 산업 기상 지원

기상청

“ 일사량, 고도별 풍속 등 정확한 기상예측 정보 제공을 통해 ”
태양광, 풍력 발전량 예측 최적화로 화석연료 발전소 운영을 최소화하고,
탄소배출량 감축 및 실시간 전력 수급 의사결정을 지원










강원특별자치도
탄소중립 구현과 **미래 신산업** 기상 지원을 위해
최선을 다하겠습니다

감사합니다.