

# 오존 예경보제 운영

- 2019년 고농도 오존 발생에 따른 경보제 운영결과
- 고농도 오존 발생원인 분석 및 오존 저감을 위한 기초 자료 제공

## 1. 조사개요

- 시행근거 : 대기환경보전법 제8조(대기오염 경보)
- 시행기간 : 연중상시
- 통보대상 : 관공서, 언론사, 학교, SMS 신청자 등 10,402개소

표 1. 오존 경보제 통보대상 기관

SMS 신청자	어린이집, 노인시설	교육청	구군(유관기관)	합계
5,050	3,921	952	479	10,402

※ 2019년 12월말 기준 수치임.

- 권역설정 : 4개 권역



그림 1. 오존 예·경보제 권역설정

## 2. 조사방법

- 오존경보제 : 권역별 1개소 이상의 측정소에서 1시간 평균 오존 농도 0.120 ppm 이상일 경우

해당권역에 발령

표 2. 오존 경보제 발령 기준

구분	주의보	경보	중대경보
농도범위(ppm)	0.12 이상 0.3 미만	0.3 이상 0.5 미만	0.5 이상

○ 오존 경보제 발령과정

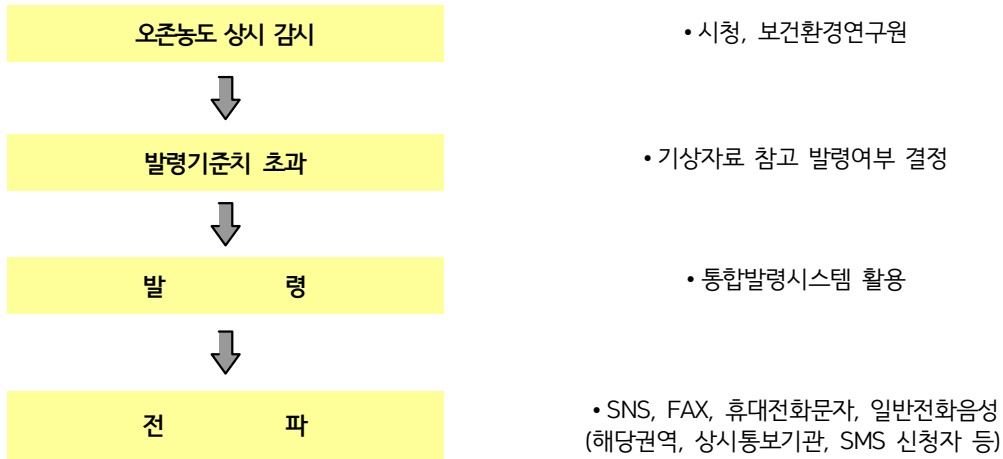


그림 2. 오존 경보제 발령 순서

○ 오존 예보제 : 국립환경과학원(대기질통합예보센터) 제공 오존예보자료 및 우리원 대기질 진단평가시스템 활용 오존예측자료 기준 시행

- 2019년 4월 15일~10월 15일(국립환경과학원 자료 기준)
- 그 외 기간(우리원 예측자료 홈페이지 공개)

○ 오존 예보 등급

- 국립환경과학원 17시 발표기준 내일의 오존예보 결과 ‘나쁨’ 이상일 경우 SMS, SNS로 알림

표 3. 오존 예보 등급

예보내용	등급			
	좋음	보통	나쁨	매우나쁨
예측농도(ppm)	0~0.030	0.031~0.090	0.091~0.150	0.151 이상

3. 조사결과

○ 오존주의보 발령내역

- 2019년 오존주의보 발령횟수 10일, 19회

- (전년비교) '18년 11일(24회) 대비 발령일수·횟수 약간 감소  
 (권역별 발령횟수) 동부 4회, 서부 5회, 남부 6회, 중부 4회  
 (월별 발령횟수) 5월(14회), 6월(2회), 8월(2회), 9월(1회)
- 총 발령일(10일) : 5월(5일), 6월(2일), 8월(2일), 9월(1일)  
 (5월) 전년보다 높은 기온 및 잦은 대기정체로 오존 고농도 발생 가장 빈번하였음.
  - ※ '19년 5월 평균기온 19.3°C, 평균풍속 3.3 m/s, 평균일사량 24.2 MJ/m<sup>2</sup>
  - ※ '18년 5월 평균기온 17.8°C, 평균풍속 3.8 m/s, 평균일사량 14.7 MJ/m<sup>2</sup>
  - (7월) 전년 오존주의보 발령이 가장 빈번하였던 것과 대조적으로(6일, 17회), 금년 잦은 강우·낮은 기온으로 오존주의보 발령 없었음.
  - ※ '19년 7월 누적강우량 172 mm, 평균기온 24.3°C
  - ※ '18년 7월 누적강우량 39 mm, 평균기온 26.7°C
  - (8~9월) 기온조건은 전년과 유사한 수준이었으며, 동풍계열의 바람에 의한 해상유입의 영향으로 주의보발령.
  - ※ '19년 7~8월 평균기온 25.1°C, 일최고 평균기온 28.4°C
  - ※ '19년 7~8월 평균기온 25.0°C, 일최고 평균기온 28.4°C
  - 고농도 발생 경향  
 (환경기준) 1시간·8시간 환경기준 초과횟수는 '11년 이후 증가추세이며, '18년 8~9월 잦은 강우의 영향으로 일시적 감소 후 '19년은 약간 증가하였음.  
 (발령일수·횟수) '01년 이후 지속적으로 증가추세이며, '19년은 전년대비 발령일수 발령횟수 약간 감소하였음.

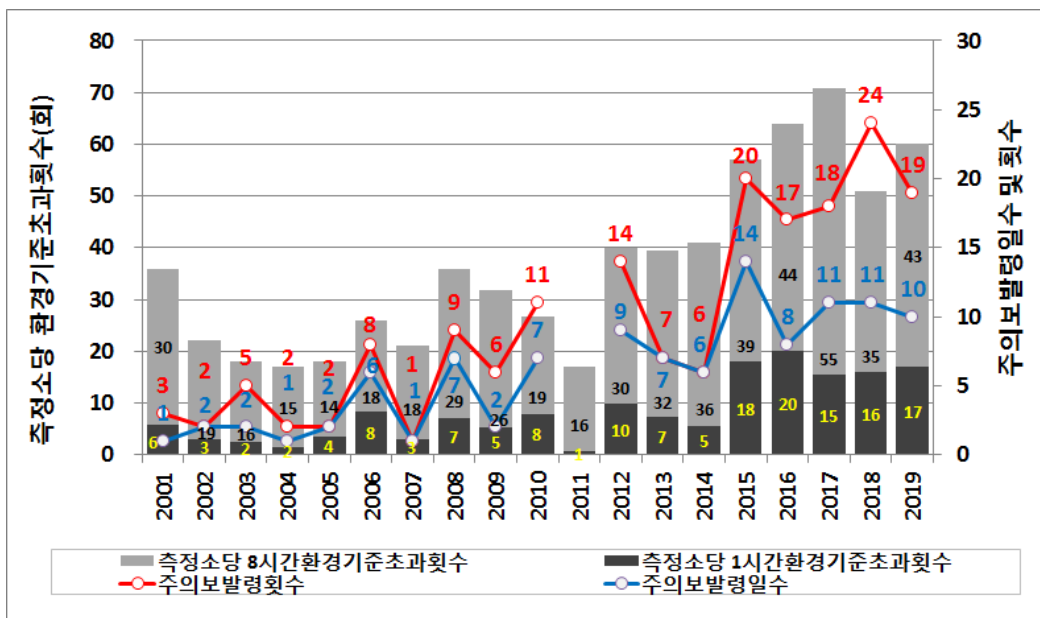


그림 3. 환경기준초과횟수 및 주의보발령일수·횟수

표 4. 2019년 오존 경보 발령내역

발령 번호	일자	권역	측정소	발령농도 (ppm)	최고농도 (ppm)	해제농도 (ppm)	지속 시간
1호	2019-05-04	남부	대연동	0.120	0.120	0.119	1H
2호		중부	전포동	0.129	0.129	0.112	2H
3호		남부	대연동	0.127	0.148	0.090	6H
4호		동부	기장읍	0.121	0.131	0.113	2H
5호	2019-05-08	남부	수정동	0.128	0.128	0.068	1H
6호	2019-05-10	서부	녹산동	0.120	0.120	0.114	1H
7호		남부	광안동	0.121	0.151	0.073	4H
8호		서부	대저동	0.120	0.120	0.119	1H
9호	2019-05-23	남부	대신동	0.123	0.123	0.113	1H
10호		서부	덕천동	0.122	0.132	0.116	3H
11호		중부	청룡동	0.128	0.146	0.118	6H
12호	2019-05-24	동부	용수리	0.121	0.121	0.115	1H
13호		서부	덕천동	0.125	0.125	0.111	3H
14호		중부	청룡동	0.125	0.159	0.102	7H
15호	2019-06-19	서부	대저동	0.136	0.136	0.109	3H
16호	2019-06-20	중부	청룡동	0.124	0.124	0.106	2H
17호	2019-08-02	동부	기장읍	0.121	0.121	0.057	1H
18호	2019-08-26	남부	광안동	0.128	0.128	0.117	1H
19호	2019-09-09	동부	기장읍	0.161	0.161	0.108	2H

## ○ 타시도 주의보 발령현황

- 발령일수 : `19년 오존주의보 발령일수는 인천 12일 > 서울 11일 > 부산-울산 10일 > 대구 9일 > 광주 1일 > 대전 0일로 나타나 7개 광역시도 모두 전년도와 유사 또는 약간 감소하였음.
- 발령횟수 : 서울 29회 > 울산 25회 > 인천 20회 > 부산 19회 > 대구 10회 > 광주 3회 > 대전 0회로 나타나, 대부분지역 전년대비 감소하였음.

표 5. 2019년 주요도시별 오존 경보 발령내역

지역	`18년	`19년
서울	주의보 54회/13일	주의보 29회/11일
부산	주의보 24회/11일	주의보 19회/10일
대구	주의보 9회/9일	주의보 10회/9일
인천	주의보 15회/11일	주의보 20회/12일
광주	발령없음	주의보 3회/1일
대전	주의보 3회/1일	발령없음
울산	주의보 39회/19일	주의보 25회/10일

## ○ 주의보 발령 내역 요약

- 일최고기온 : 오존주의보발령일 일최고기온(부산기상청 대청동 기준)은 21.6~33.0°C의 분포를 보였음.
- 풍향 : 5~6월은 남서풍, 8~9월은 남동풍이 주풍으로 남풍계열의 주요 바람으로 기록되었음.
- 기압 : 고기압 또는 고기압가장자리 기압분포가 다수로 나타났음.
- 생성·유입 : 고온 및 대기정체 등 오존생성에 유리한 기상조건의 형성에 의한 자체생성, 국내외 오염물질 및 고농도오존의 유입, 남풍계열의 바람을 따라 해상에서의 고농도오존 유입, 재순환에 의한 고농도오존 유입 및 해소지연 등이 부산지역 오존주의보발령의 주요원인으로 나타남.

표 6. 2019년 오존 경보 발령 원인 분석

일자	시간 (권역수)	일최고 기온 (°C)	기압 분포	주풍향	일평균 풍속 (m/s)	일평균 전운량 (1/10)	합계 일사 (MJ/m <sup>2</sup> )	외부 유입	하층48시간 (100m) 역궤적	혼합고 대기안정도
5. 4.	12~20 (3)	23.6	서해상 동진 고기압	남서	1.8	3.9	26.14	대기정체 해상유입	서해상 -남해상	<500 약간 불안정
5. 8.	19~20 (1)	21.6	서해상 동진 고기압 가장자리	서북서 ~남서	4.3	6.0	23.49	남해상· 상층유입	서해상 -남해상	<500 중립
5.10.	15~21 (2)	23.8	서해상 고기압	남서	2.5	4.8	26.05	대기정체 해상유입	중국 북동부 -한반도 -남해상	<500 약간 불안정
5.23.	13~19 (3)	26.1	남해상 고기압	남서	3.5	0.8	29.59	대기정체 국외· 해상유입	중국 동부 -남해상	<500 중립
5.24.	13~20 (3)	25.4	남해상 고기압	남서	3.2	0.0	28.71	대기정체 국외· 해상유입	중국 동부 -남해상	<500 중립
6.19.	14~17 (1)	27.3	서해상 고기압 가장자리	서~ 남서	2.5	4.4	25.49	대기정체 해상유입	남해상 -경남지역	<500 중립
6.20.	15~17 (1)	27.5	서해상 고기압	남서	3.5	3.4	26.65	해상유입 국지순환	남해상 선회	<500 중립· 약간불안정
8. 2.	13~14 (1)	33.0	북태평양 고기압 가장자리	동~ 남동	2.2	1.3	28.05	대기정체 해상유입	남해상- 남부 지역	<500 중립
8.26.	13~14 (1)	28.8	북태평양 고기압	남서~ 남동	2.2	5.5	23.29	대기정체 해상유입	서해상- 남부지역	<500 중립
9. 9.	12~14 (1)	30.5	북태평양 고기압	남동	1.8	6.1	21.02	대기정체 해상유입	일본 동해상- 남해상	<500 약간불안정

○ 일자별 주의보 발령원인 상세내역

- (5.4.) 전국 10개 시·도, 총 25회 오존주의보 발령

오존전구물질(NOx, VOC 등)의 광화학반응에 의한 자체생성 및 남해상에서 유입되는 기류와 함께 고농도오존 수송영향으로 3개권역(동부·남부·중부) 주의보 발령되었으며, 오후 대기정체로 고농도오존의 해소가 다소 느린편이었음(남부권역 6시간 지속).

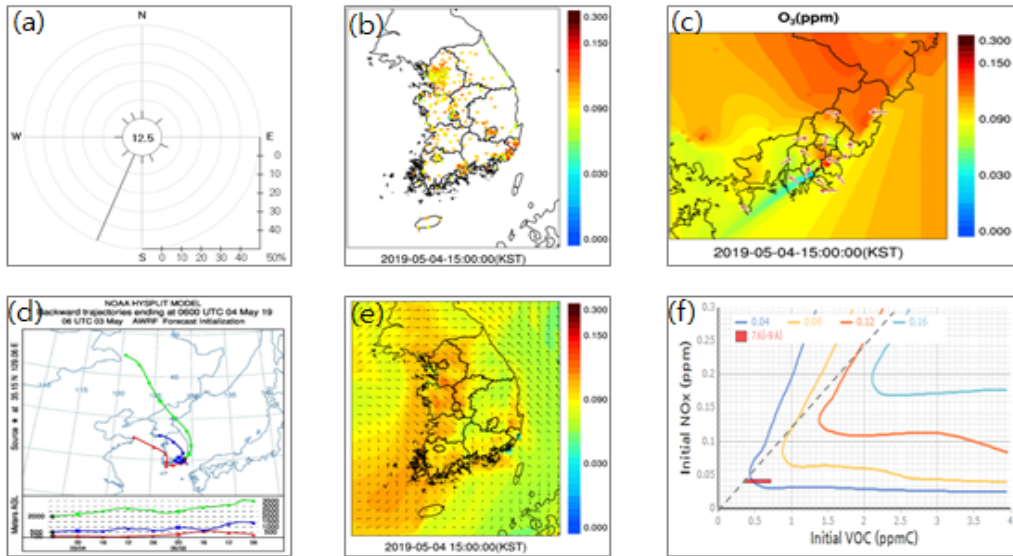


그림 4. (a)주풍향 및 풍속, (b)전국오존농도분포(15시), (c)부산지역오존농도(15시), (d)48시간 역궤적, (e)모델링결과(한반도, 15시), (f)OZIPR모델결과(기장읍)

- (5.8.) 전국 2개 시·도, 총 2회 오존주의보 발령

고기압 가장자리에 들어 흐린날씨를 기록하였으며, 낮동안 생성된 상층·해상의 고농도오존 이류영향으로 18시부터 해상인접 지역부터 농도 일시적으로 상승하기 시작하여 19시 남부권역 오존주의보 발령되었다 20시 해제되었음.

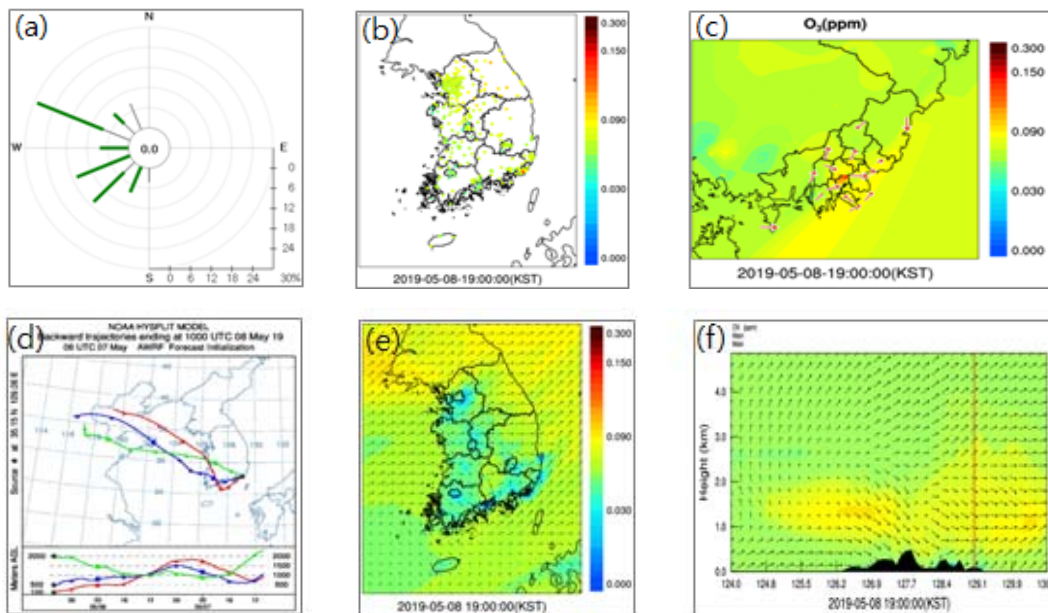


그림 5. (a)주풍향 및 풍속, (b)전국오존농도분포(19시), (c)부산지역오존농도(19시), (d)48시간 역궤적, (e)모델링결과(한반도, 19시), (f)연직분포(한반도, 19시)

- (5.10.) 전국 7개 시·도, 총 16회 오존주의보 발령

오전 중 대기정체로 인한 오존전구물질의 축적, 오후의 높은 일사량으로 광화학반응에 의한 오존생성 증가로 서부권역 및 남부권역 오존주의보 발령되었으며, 오후들어 해상오존 추가유입 및 대기정체 영향으로 오존주의보발령 지속시간이 다소 긴 편이었음(15시~21시).

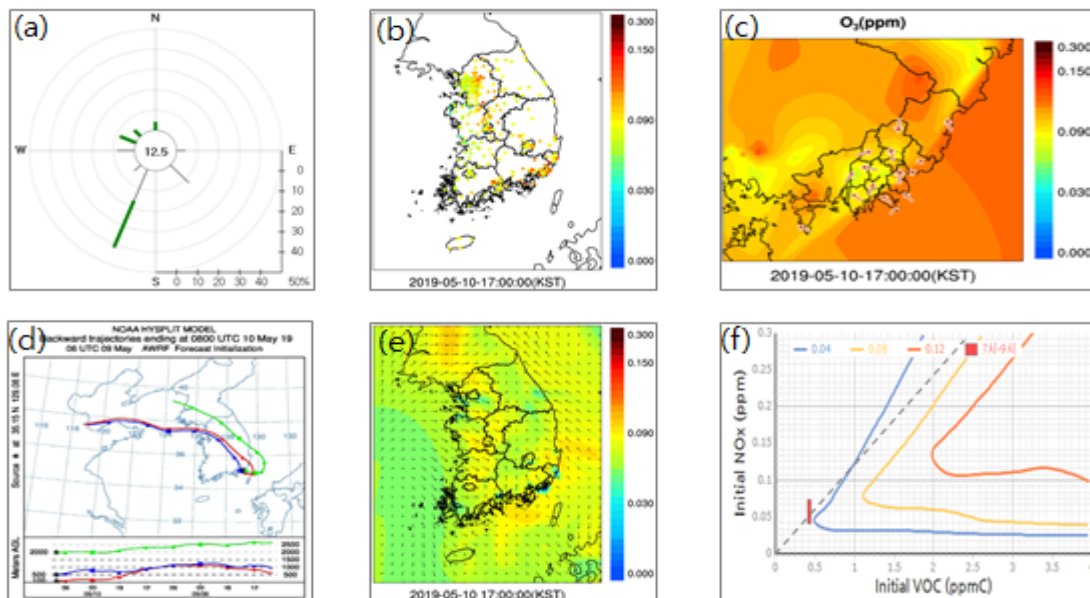


그림 6. (a)주풍향 및 풍속, (b)전국오존농도분포(17시), (c)부산지역오존농도(17시), (d)48시간 역궤적, (e)모델링결과(한반도, 17시), (f)OZIPR모델결과(대저동)

- (5.23.) 전국 10개 시·도, 총 38회 오존주의보 발령

오전 중 대기정체로 인한 내륙지역 중심 오전전구물질 축적, 오후 강한일사 조건에서 광화학반응으로 생성된 고농도 오존, 남풍을 따라 해상에서 이루어진 오존 및 오존전구물질 영향으로, 3개권역(서부·남부·중부)에서 주의보발령 되었음.

※ 오존경보제운영 이후 최초 제주도 오존주의보발령(야간~새벽)

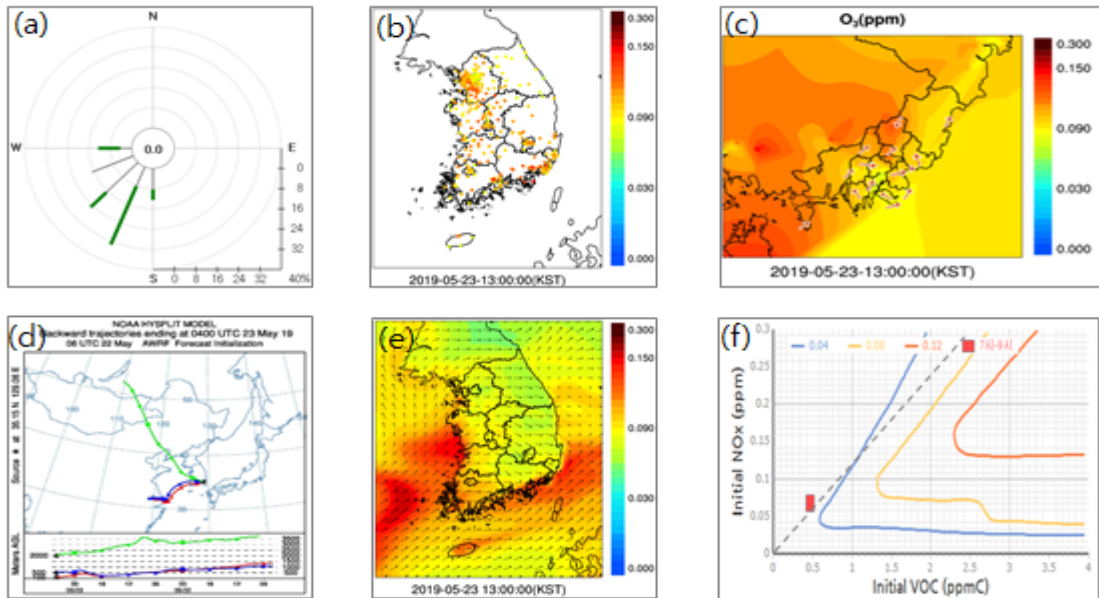


그림 7. (a)주풍향 및 풍속, (b)전국오존농도분포(13시), (c)부산지역오존농도(13시), (d)48시간 역궤적, (e)모델링결과(한반도, 13시), (f)OZIPR모델결과(청룡동)

- (5.24.) 전국 15개 시·도, 총 98회 오존주의보 발령

대기정체로 인한 전일부터 지속적으로 유입된 오존전구물질의 축적 및 높은 기온, 강한 일사에 의한 오존생성으로 낮동안 2개권역(중부, 서부)에서 오존주의보발령 되었음. 이후 남서풍을 타고 해상에서 유입된 고농도오존 영향으로 17시 동부권역 오존주의보 추가 발령되었음. 중부지역 오존주의보 발령 지속시간은 긴 편이었으며(7시간), 시간최고농도 높은 편이었음(0.159 ppm).



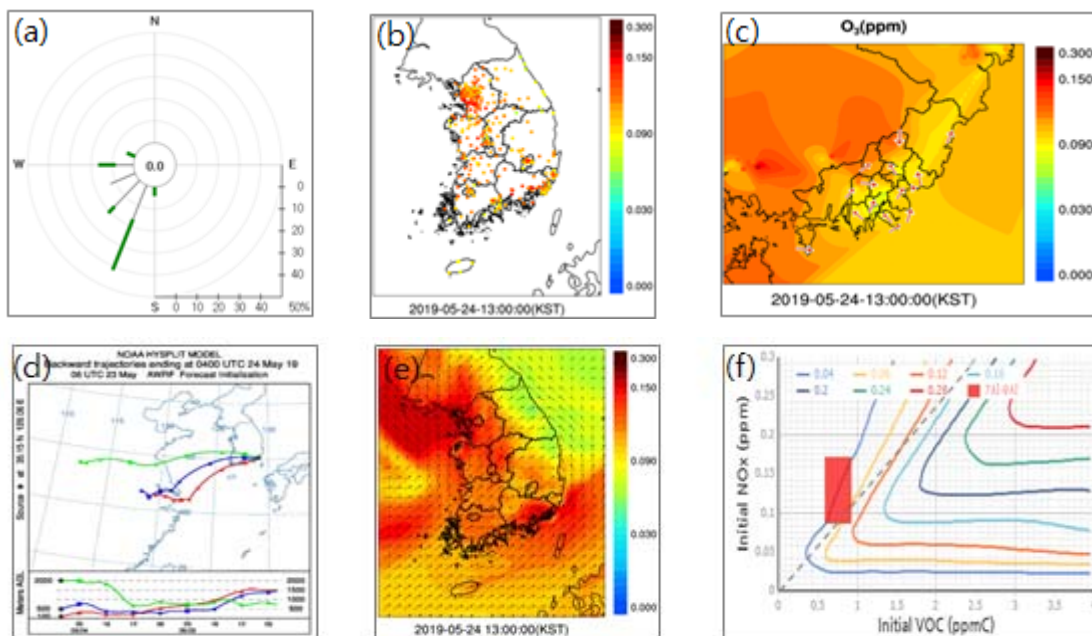


그림 8. (a)주풍향 및 풍속, (b)전국오존농도분포(13시), (c)부산지역오존농도(13시), (d)48시간 역궤적, (e)모델링결과(한반도, 13시), (f)OZIPR모델결과(청룡동)

- (6.19.) 전국 3개 시도, 총 7회 오존주의보 발령

전일부터 국내외에서 유입된 오염물질의 대기정체로 인한 축적, 평년보다 높은 기온 및 강한 일사에 의한 광화학반응으로 인한 오존생성, 오후들어 남동풍 바람을 타고 해상에서 이루어진 고농도오존 영향으로 서부권역(대저동) 오존주의보발령 되었음.

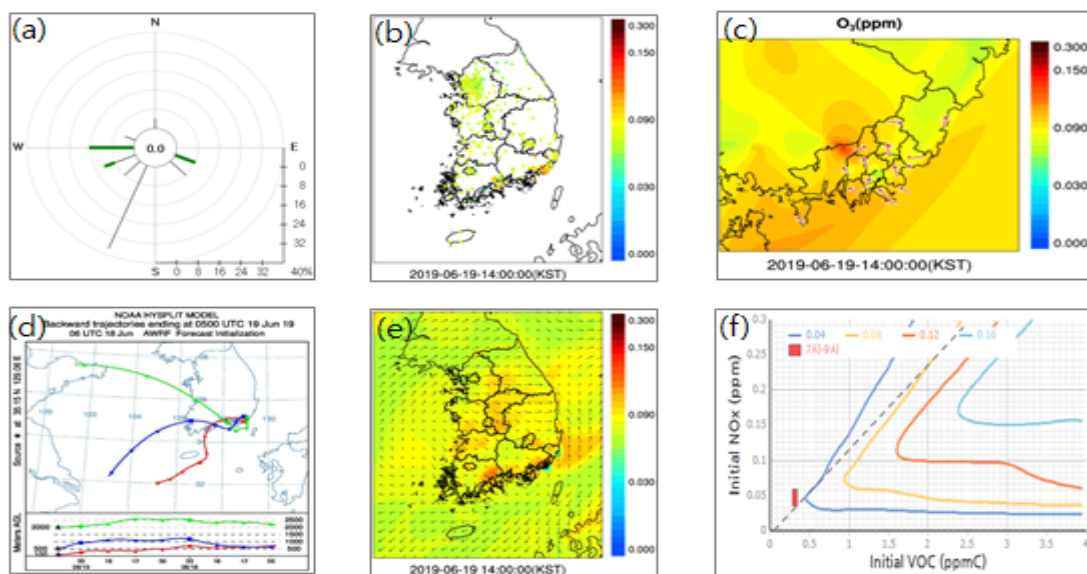


그림 9. (a)주풍향 및 풍속, (b)전국오존농도분포(14시), (c)부산지역오존농도(14시), (d)48시간 역궤적, (e)모델링결과(한반도, 14시), (f)OZIPR모델결과(대저동)

- (6.20.) 전국 5개 시·도, 총 16회 오존주의보 발령

수일간 지속된 대기정체, 국내의 대기오염물질 유입, 고온 및 강한 일사는 광화학반응에 의한 오존생성이 유리한 조건이었으며, 오후들어 해상에서 수송된 오존의 추가로 상대적으로 환기가 부족하고 고온이 유지된 중부권역에서 주의보 발령되었음.

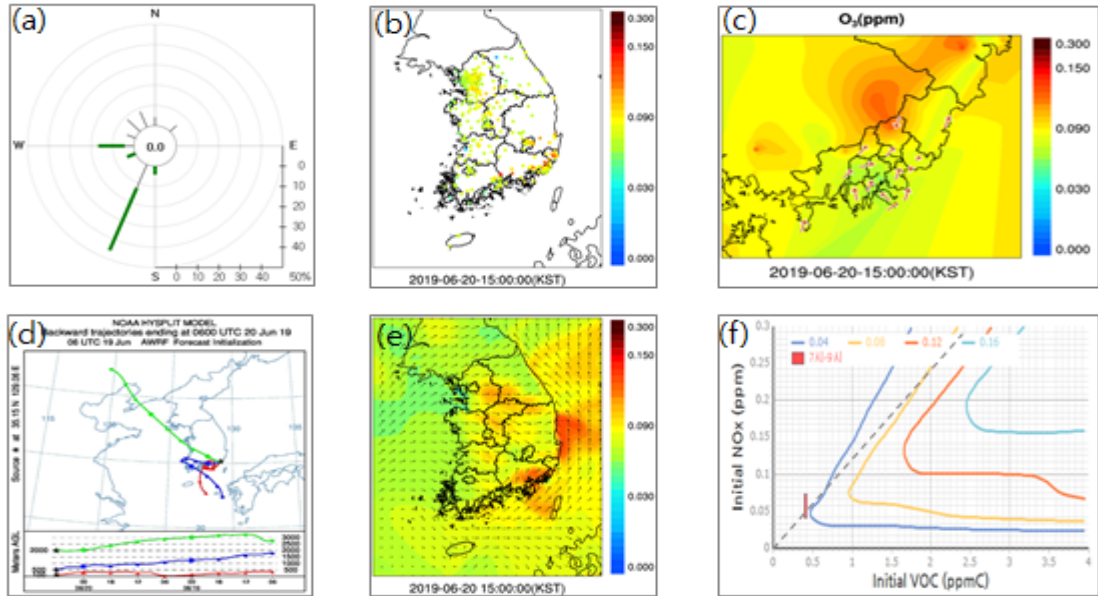


그림 10. (a)주풍향 및 풍속, (b)전국오존농도분포(15시), (c)부산지역오존농도(15시), (d)48시간 역궤적, (e)모델링결과(한반도, 15시), (f)OZIPR모델결과(청룡동)

- (8.2.) 전국 2개 시·도, 총 2회 오존주의보 발령

고온 및 강한 일사 조건에서 광화학반응에 의한 오존생성, 오후 들어 남동풍계열의 바람과 함께 해상에서의 오존이류의 영향으로 해안인접 지역부터 농도 상승하기 시작하여, 동부권역(기장읍)에서 오존주의보 발령되었음.

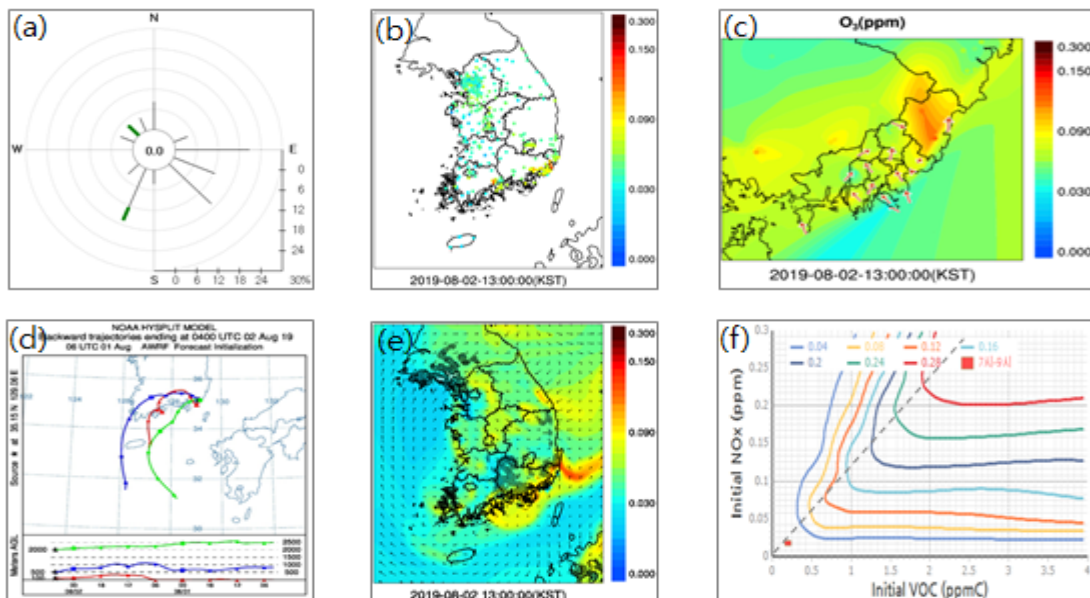


그림 11. (a)주풍향 및 풍속, (b)전국오존농도분포(14시), (c)부산지역오존농도(14시), (d)48시간 역궤적, (e)모델링결과(한반도, 14시), (f)OZIPR모델결과(기장읍)

- (8.26.) 전국 3개 시·도, 총 3회 오존주의보 발령

흐린 날씨로 광화학반응에 의한 오존 생성에 불리한 기상조건이었으나, 오후 들어 남동풍계열의 바람과 함께 해상에서 이송된 고농도 오존의 영향으로 해안인접지역의 오존농도가 일시적으로 상승하여, 13시 남부권역(광안동)에서 오존주의보발령 되었다 14시 해제되었음.

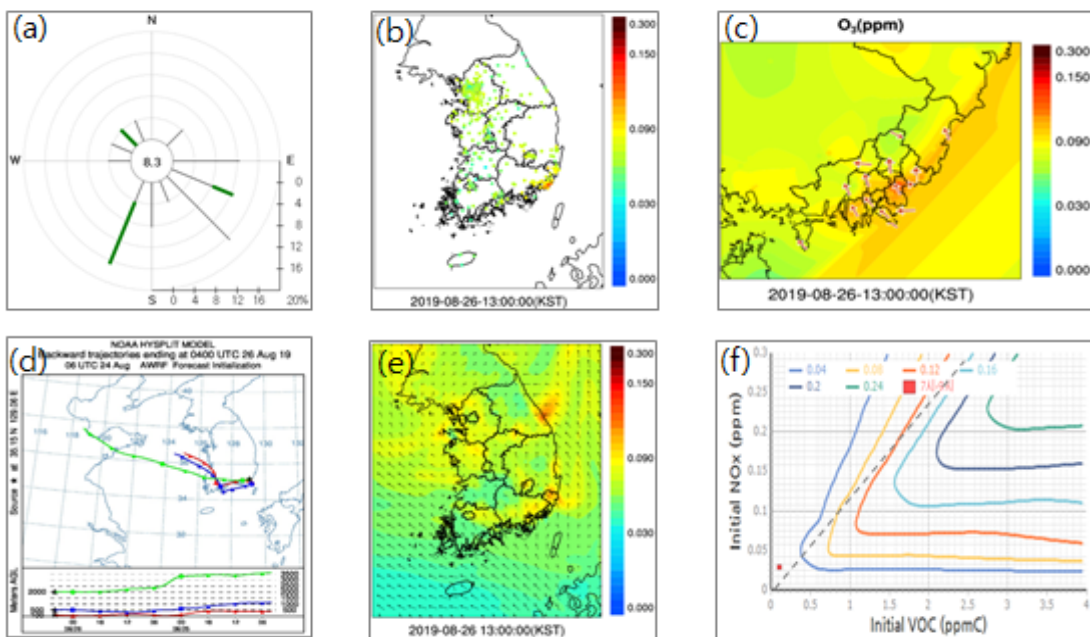


그림 12. (a)주풍향 및 풍속, (b)전국오존농도분포(13시), (c)부산지역오존농도(13시), (d)48시간 역궤적, (e)모델링결과(한반도, 13시), (f)OZIPR모델결과(광안동)

- (9.9.) 전국 1개 시·도, 총 1회 오존주의보 발령

남동풍계열의 바람과 함께 해상에서 유입된 오존 영향으로 오전 9시 이후 해안인접 지역을 중심으로 농도 급격하게 상승하기 시작하여 12시 동부권역(기장읍)에서 오존주의보발령 되었음.

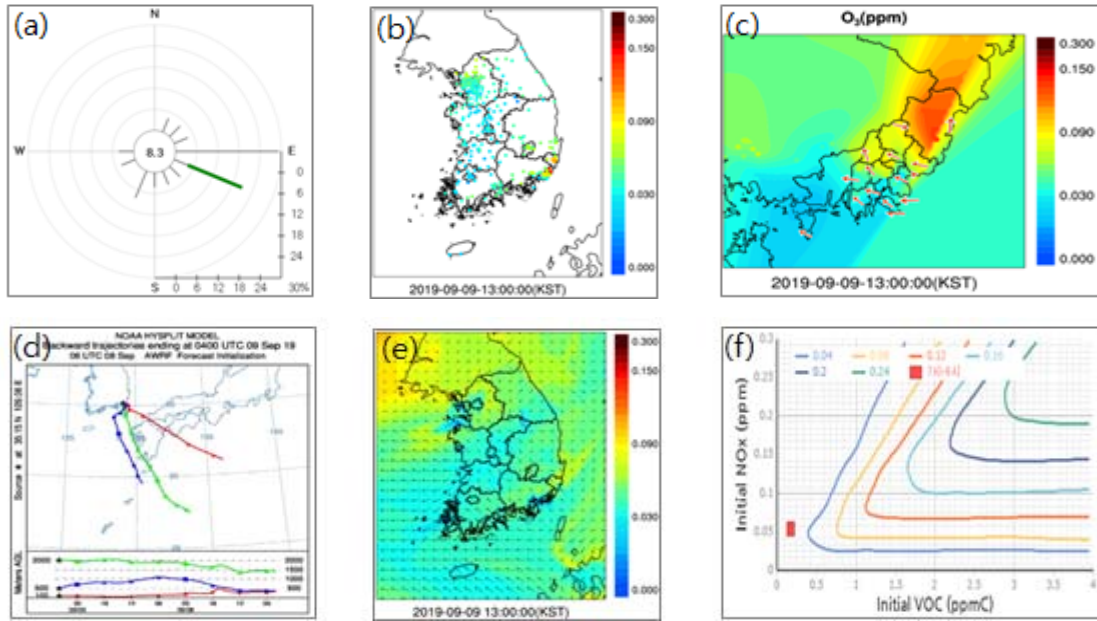


그림 13. (a)주풍향 및 풍속, (b)전국오존농도분포(13시), (c)부산지역오존농도(13시), (d)48시간 역궤적, (e)모델링결과(한반도, 13시), (f)OZIPR모델결과(기장읍)

#### 4. 기대효과 및 향후계획

- 고농도 오존발생시 신속전파 및 오존경보제 연중 상시운영으로 시민 건강상의 피해예방
- 오존주의보 발령시 전국 고농도 오존 분포현황 및 부산지역 고농도 발생원인 분석 후 즉시보고