여수지역의 오존물질 거동 특성

박성진 · 윤형선 · 위지혜 · 임익현* · 차규석** · 서성규†

전남대학교 환경시스템공학과

*한려대학교 건설방재공학과

**광주대학교 소방행정학과

(2015년 12월 5일 접수, 2015년 12월 11일 수정, 2015년 12월 17일 채택)

Characteristics of Ozone Behavior of Yeosu Area

Seong-Jin Park · Hyung-Sun Yoon · Ji-Hye Wi

· Ik-Hyun Lim* · Kyu-Suk Cha** · Seong-Gyu Seo†

Department of Environmental System Engineering, Chonnam National University

**Department of Constructional Disaster Prevention Engineering, Hanlyo University*

***Department of Fire Service Administration, Gwangju University*

(Received 5, December 2015, Revised 11, December 2015, Accepted 17, December 2015)

Abstract

This study was carried to O_3 behavior, field investigation and O_3 sensitivity analysis in Yeosu area. The main wind direction was east wind. From NO_2 measured results, the highest growth rate was found to be about 5% at the Y-2 point in 2013, it is found to be about 17% at Y-3 and Y-4 points in 2014. From O_3 measured results, the highest growth rate was shown by about 24% at Y-12 point in 2013 and it is appeared to be about 14% at Y-1 point in 2014. The O_3 sensitivity showed in the order of Suncheon > Yeosu > Gwangyang.

Keywords : O_3(Ozone), NO_2, Yeosu area, Sensitivity, Behavior

1. 서 론

질소산화물(NOx)과 휘발성 유기화합물(VOCs)은 광화학 반응으로 오존(O_3)을 생성하며, 또 다른 대기오염을 유발시킨다[1]. 이러한 생성 메커니즘은 지역별, 환경별 특성에 따라 서로 다른 특징을 나타내기 때문에 대기 중의 농도를 감소시키기 위한 대책마련이 어려운 현실이다[2]. 한편, 정부에서는 환경정책기본법 제38조에 따라 1996년에 여수국가산단을 대기보전특별대책지역으로 지정하였고, 1999년에 대기환경규제지역으로 광양만권(여수, 광양, 순천, 경상남도 하동군 하동화력발전소 부지)을 지정하였으며, 해당 지역의 저감 대책으로 광양만권역 대기환경개선 실천계획을 2013년에 개정 · 고시하였다[3]. 주된 관리물질은 오존(O_3), 부수적 관리물질은 VOCs, NO_2로 설정하여 오존농도를 0.08 ppm(1시간 평균치)으로 고시일부터 2020년 12월 31일까지 목표를 달성 한다고 제시하였으며, 실천계획의 주요 내용으로는 대기환경관리체계의 기반 구축, 자동차 관리대책, 교

†Corresponding author E-mail: sseo@jnu.ac.kr

통수요 관리대책, 기타 이동오염원 관리대책, 배출시설 관리대책, VOCs 관리강화, 기타 배출원 관리대책 등 크게 7가지로 구분되어 있다[4]. 따라서 이러한 실천계획에 대해 보다 정확한 근거 자료제시를 위해 기상자료와 2013년부터 2014년까지의 현장에서 측정한 농도결과를 비교 하고[5], NO_2와 O_3의 농도별 전년대비 증가율을 분석하여 오염도 변화를 파악하고자 한다. 또한 여수 지역의 O_3 생성에 대한 구체적인 영향을 고찰하고자 NO_2농도의 전년대비 증가율에 대한 O_3 민감도를 검토하였다. 이러한 과정을 통하여 여수지역의 O_3 거동특성을 파악하고 광화학기체물질의 저감 및 관리를 위한 기초 자료를 제공하고자 한다.

2. 연구방법

2.1. 실측조사

대기환경 현황조사의 경우는 2013년 11월 ~2014년 10월까지의 조사기간 동안 약 2개월 간격으로 조사하였다. NO_2와 O_3농도 대한 오염도 변화를 파악하기 위한 실측지역은 여수산단을 중심으로 대조지역을 포함하여 총 14개 지점(산단지역, 인근지역, 대조지역)을 선정하였으며, 각 지점의 GPS 좌표를 Table. 1에 표시하였다. 기상자료 분석에 필요한 풍향 및 풍속은 여수시 고소동에 위치한 여수기상대의 기상자료를 이용하였다.

2.2. 분석방법

여수산단 주변지역의 대기질 측정 방법은 대기오염 공정시험기준의 환경기준 시험방법 중 NO_2는 수동살츠만법, O_3은 알칼리성 요오드화 칼륨법으로 실시하였다.

2.3. 오존민감도 해석

광양만권지역(여수:1989년~2013년, 순천 및 광양:1996년~2013년)의 환경부 자동측정망 연도별 광화학기체물질(NO_2, O_3) 농도 자료를 조사하고[6] 이를 활용하여 O_3민감도 분석을[7] 실시하였다. O_3민감도 분석은 NO_2 농도 전년대비 증가율과 O_3농도 전년대비 증가율로 나눈 값으로 표현하였으며, 계산식은 다음과 같다. 한편 VOCs가 포함된 오존생성 메카니즘은 Fig. 1과 같다[1].

Table 1. Air sampling sites in Yeosu area

Site	GPS
Y-1	34° 48’40.2“N 127° 43’59.1“E
Y-2	34° 49’14.6“N 127° 46’08.3“E
Y-3	34° 49’27.1“N 127° 44’09.9“E
Y-4	34° 52’19.2“N 127° 42’43.6“E
Y-5	34° 53’20.4“N 127° 43’45.5“E
Y-6	34° 50’20.9“N 127° 43’06.7“E
Y-7	34° 49’11.8“N 127° 41’38.0“E
Y-8	34° 47’02.1“N 127° 40’05.5“E
Y-9	34° 47’56.4“N 127° 38’34.9“E
Y-10	34° 50’28.7“N 127° 37’39.0“E
Y-11	34° 48’35.7“N 127° 37’54.0“E
Y-12	34° 47’13.5“N 127° 39’16.3“E
Y-13	34° 49’06.8“N 127° 38’00.9“E
Y-14	34° 49’35.3“N 127° 37’48.7“E
Y-15	34° 48’26.3“N 127° 37’17.6“E
C-1	34° 44’37.7“N 127° 35’12.6“E
C-2	34° 41’20.9“N 127° 35’29.4“E
C-3	34° 48’58.4“N 127° 15’55.4“E

$$S_{NOx} = \frac{\Delta C_{o_3}}{\Delta E_{NOx}} \frac{1}{C_{o_3}}$$

S_{Nox} : NOx 증가율에 대한 오존 민감도
ΔE_{Nox} : NOx 전년대비 증가율
ΔC_{O3} : O_3 전년대비 증가율
C_{O3} : O_3 농도

3. 결과 및 고찰

3.1. 여수지역의 바람장미도

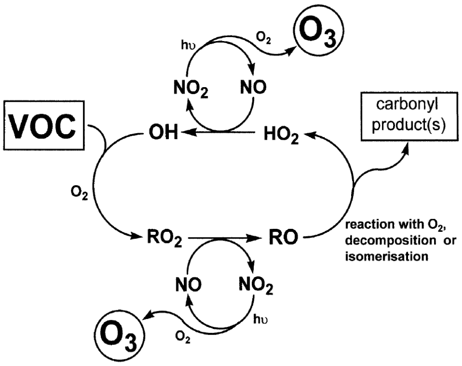

Fig. 1. Schematic representation of the free radical catalyzed oxidation of a VOC into its first generation carbonyl product(s) in the presence of NOx and the associated generation of ozone(O_3).

여수시 고소동에 위치한 여수기상대에서 2014년 연구기간(2013년 11월 1일~2014년 10월 31일) 동안 관측된 풍향 및 풍속의 결과를 바탕으로 생성한 바람장미도를 Fig. 2에 나타내었다. 2014년 여수기상대는 동(E)풍의 출현빈도가 가장 높아 주풍향은 동(E)풍으로 나타났고, 동북동(ENE) 및 북북서(NNW) 계열 바람의 출현빈도 또한 높게 관측되었다. 그러나 남(S)풍 및 남남동(SSE)풍, 남남서(SSW), 북북동(NNE), 북동(NE)풍 계열 바람의 출현빈도는 상대적으로 낮게 분석되었다. 이러한 이유는 계절풍 영향을 받는 우리나라의 지리적 특성으로 인해 봄 시기는 북북서(NNW)풍과 동(E)풍 및 동북동(ENE)풍의 출현빈도가 높고, 가을 시기는 동(E)풍 및 동북동(ENE)풍의 출현빈도가 높은데 기인한다. 또한, 여수지역에서 여름철 주로 관측되는 남(S)과 북동(NE) 계열 바람이 약한 것은 그 원인으로 판단된다.

3.2. NO_2의 농도별 전년대비 변화

Fig. 3은 NO_2 전년대비 증감율을 측정 지점별로 나타낸 것이다. 2013년도 NO_2의 전년대비 증감율이 증가한 지점은 Y-2, Y-5, Y-7, Y-8, Y-10, Y-11, Y-12 이며, 가장 높은 증감율을 보이는 지점은 Y-2 로서 약 5% 증가한 것으로 나타나고 있다. 2014년도에 NO_2의 전년대비 증감율은 대부분 감소하였으나, 일부 지점(Y-13, Y-15)에서 증가하는 경향을 보였으며, Y-3, Y-4 지점에서 약 17%로 가장 높은 감소율을 보이고 있다.

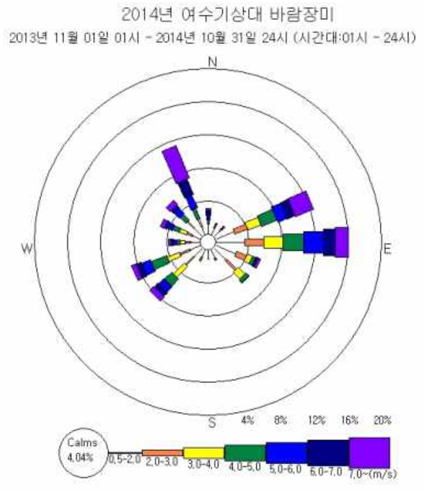

Fig. 2. Wind rose in Yeosu(2014).

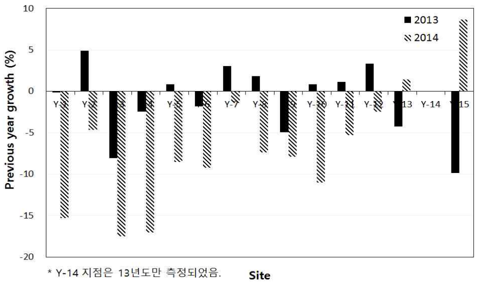

Fig. 3. Concentration ratio(NO_2) to previous year in Yeosu.

3.3. O_3의 농도별 전년대비 변화

Fig. 4는 O_3 전년대비 증감율을 측정 지점별로 나타낸 것이다. 2013년도 O_3의 전년대비 증감율이 증가한 지점은 Y-1, Y-2, Y-3, Y-8, Y-12, Y-13 이며, 가장 높은 증감율을 보이는 지점은 Y-12로서 약 24% 증가한 것으로 나타나고 있다. 반면, 가장 낮은 증감율을 보이는

지점은 Y-7로서 약 25% 감소한 것으로 나타나고 있다. 2014년도 O_3의 전년대비 증감율이 증가한 지점은 Y-1, Y-2, Y-5, Y-8, Y-10, Y-12, Y-13, Y-15이며, 가장 높은 증감율을 보이는 지점은 Y-1로서 약 14%를 나타내고 있다.

Fig. 4. Concentration ratio(O_3) to previous year in Yeosu.

3.4. 오존민감도 분석

여수, 순천 및 광양지역에서 NO_2의 전년대비 증가율을 고려하여 O_3민감도를 분석한 결과를 Fig. 5와 Table 2에 나타내었다. O_3 민감도가 가장 높은 지역은 순천으로 나타났으며, 지역별 O_3 민감도를 비교하면 순천 > 여수 > 광양 순서로 나타났다. 이러한 결과는 여수지역에서 발생된 광화학기체물질이 국지기상 및 풍향 등의 다양한 환경조건에 의해서 인근지역인 순천 및 광양으로 이동되어 O_3생성에 기여한 것으로 판단된다. 따라서 광화학기체물질이 가장 많이 발생하는 지역뿐만 아니라 인근 지역까지도 O_3발생 가능성이 있다는 것을 보여주는 결과로 판단된다.

4. 결 론

여수 지역의 광화학기체물질인 O_3에 대한 오염정도를 비교하기 위해 실측조사와 각 지역의 NO_2의 전년대비 증감율을 통한 O_3 민감도를 분석하여 O_3 거동 특성을 파악한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

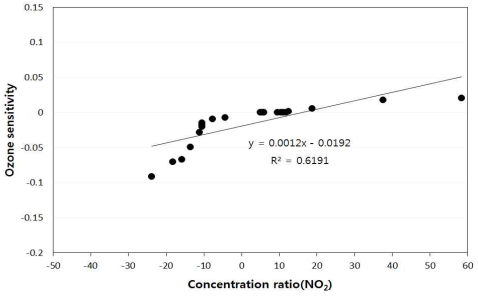

Fig. 5. Ozone sensitivity and the concentration ratio(NO_2) to previous year Yeosu(1989~2013).

Table 2. Ozone sensitivity and the concentration ratio(NO_2) to previous year at Gwangyang bay area

Area	Slope	R2 (Coefficient of determination)	Period
Yeosu	0.0012	0.6191	1989~2013
Suncheon	0.0020	0.7113	1996~2013
Gwangyang	0.0010	0.7095	1996~2013

1) 2014년 여수기상대는 동(E)풍의 출현빈도가 가장 높아 주풍향은 동(E)풍으로 나타났고, 동북동(ENE) 및 북북서(NNW) 계열의 바람 출현빈도 또한 높게 관측되었다.
2) 현지조사의 NO_2, O_3 농도의 전년대비 증감율을 보면, NO_2의 경우, 2013년도에 가장 높은 증감율을 보인 지점은 Y-2로서 약 5% 증가한 것으로 나타나고 있으며, 2014년도에는 Y-3, Y-4 지점에서 약 17%로 가장 높은 감소율을 보이고 있다. O_3의 경우, 2013년도에 가장 높은 증감율을 보이는 지점은 Y-12로서 약 24% 증가한 것으로 나타나고 있다. 2014년도에 가장 높은 증감율을 나타낸 지점은 Y-1로서 약 14%를 나타내고 있다.
3) O_3 민감도가 가장 높은 지역은 순천으로 나타났다. 지역별 오존 민감도를 비교하면 순천 > 여수 > 광양 순서로 나타

났다. 따라서 광화학기체물질이 가장 많이 발생하는 지역뿐만 아니라 인근 지역까지도 O_3발생 가능성이 있다는 것을 보여주는 결과로 판단된다.

사 사

본 연구과제는 환경부지정 전남녹색환경지원센터의 연구비지원에 의해 수행된 연구과제입니다.

References

1. Michael. E Jenkin, Garry. D Hayman (1999), Photochemical ozone creation potentials for oxygenated volatile organic compounds : sensitivity to variations in kinetic and mechanistic parameters, Atomospheric Environment, 33(8), pp. 1275-1293.
2. 손장호, 송상근, 이강웅(2010), 2009년 봄, 여름철 광양만 지역 오존의 광화학적 특성 분석, 한국대기환경학회지, 26(2), pp. 161-176.
3. 광양만권역 대기환경개선 실천계획 고시 개정(2013), 환경부 고시 제2013-78호.
4. 법제처(2013), 광양만권역 대기환경개선 실천계획.
5. 박성진(2015), 석유화학산단 주변 지역의 대기중 광화학기체물질 거동 특성, 전남대학교 공학석사논문.
6. 환경부(2014), 2013년 대기환경연보.
7. 이광연, 곽경환, 박승부 백종진(2013), 도로협곡에서 NOx와 VOCs에 대한 오존의 민감도, 한국대기환경학회지, 29(3), pp. 307-316.