

대구 성서지역 악취 민원발생일의 기상학적 특성

김 해 동 · 구 현 숙 · 정 우 식 · 최 성 우 · 안 지 숙 · 박 명 희
계명대학교 환경학부 · 부산대학교 대기과학과
(2003년 5월 1일 접수 ; 2003년 10월 20일 채택)

Meteorological characteristics in case of the civil affair occurrence days of bad smell around Seongseo district of Daegu

Hae-Dong Kim, Hyun-Suk Gu, Woo-Sik Jung, Sung-Woo Choi,
Ji-Suk Ahn and Myong-Hee Park

Faculty of Environmental Studies, Keimyung University, Daegu 704-701, Korea

Dept. of Atmospheric Science, Pusan National University, Busan 609-735, Korea

(Manuscript received 1 May, 2003 ; accepted 20 October, 2003)

We studied the relationship between a civil affair occurrence of bad smell and meteorological conditions around Seongseo district for recent 2 years. The results were as follows;

- (1) The civil affair occurrence days of bad smell were concentrated from May to August.
- (2) Daily mean temperatures were mostly 20~28°C and daily mean relative humidities were 60~80%.
- (3) Wind speeds were mostly less than 2m/s(75%), and wind directions were southerly winds(50%). It was hardly occurred for relatively well-ventilated conditions in cases of wind speeds 2m/s over.

And the Lagrangian particle dispersion model were used to figure out the transport route in a civil affair occurrence days of bad smell. It was found that the south-western winds transported the bad smelling materials from Jungni-dong(the place of source) to the housing complex located along a piedmont district.

Key words : Bad smell, Lagrangian particle dispersion model, Well-ventilated condition

1. 서 론

악취는 사람의 감각에 의존하는 것이어서, 이를 전형적인 감각공해라고 한다. 악취는 먼지와 함께 일반 시민들이 쉽게 감지할 수 있는 것이어서, 체감환경 문제에 있어서 대단히 중요한 위치를 점한다. 사람이 냄새를 감지하지 못하는 것을 무취라 하고, 냄새를 감지할 수 있을 때 이를 취기라 한다. 감지 취기는 불쾌한 취기와 그렇지 않은 취기로 구분되는데, 일상생활에 지장을 주는 불쾌한 취기를 악취라고 지칭한다¹⁾.

우리 나라의 대기보전법 제2조(정의)에서는 황화

수소, 밀캅탄류, 아민류, 기타 자극성있는 기체상 물질이 사람의 후각을 자극하여 불쾌감과 혐오감을 주는 냄새로 악취를 정의하고 있다. 그러므로 악취는 생활환경과 사람의 심리적 판단에 따라 악취오염의 양상이 다르므로, 악취오염 상태를 정량적으로 취급하기란 매우 어려운 일이다^{2,3)}.

실외의 악취발생원은 펄프공장, 셀로판 공장, 레이온 공장, 석유화학공장, 양돈장 및 양계장 어류가공공장, 분뇨처리장, 하수처리장, 쓰레기 매립장, 쓰레기 소각장, 도장(塗裝)작업장, 그리고 소규모의 식품가공공장, 소규모의 쓰레기 불법소각시설, 음식점, 병원 등이다. 악취는 오염물질 중에서 가장 복잡하고 모호한 성질 때문에 미국환경보호청은 기준치가 설정되지 않은 오염물질로 분류하고 있다³⁾.

대구의 성서지역은 주변이 와룡산, 공산 및 앞산과 비슬산에 연결된 중·소규모의 산지로 애워싸여

Corresponding Author : Hae-Dong Kim, Faculty of Environmental Studies, Keimyung University, Daegu 704-701, Korea
Phone : +82-53-580-5930
E-mail : khd@kmu.ac.kr

진 대구지역 내에서도 제2의 소규모 분지형상을 하고 있다(Fig. 1). 이와 같은 지형적 특성은 성서지역의 대기환기 능력을 저하시켜 대기질에 악영향을 미칠 수 있다. 대구의 구별 산업체 방출(점오염원)의 대기오염물질 배출량을 조사해 보면, 성서공단이 포함된 달서구가 전체 배출량 중 75%를 차지하여, 서구의 13%, 북구의 12%를 압도하고 있다^{4,5)}. 특히, 성서공단에 위치한 대기오염물질 배출업소가 대구시 전체의 50% 정도를 점하고 있으며, 산업시설의 종류는 섬유와 석유화학공장, 쓰레기 소각장, 하수처리장등의 악취 유발가능 업종이 다수를 차지하며, 와룡산의 북쪽 계곡에는 대구에서 배출되는 일반쓰레기를 매립하는 대규모 쓰레기 매립장이 위치하고 있어 악취가 유발되기 쉬운 조건을 갖추고 있다⁶⁾.

인위적 또는 자연적인 배출원에서 대기중으로 배출된 대기오염물질의 물리적, 화학적 거동은 오염물질의 물리·화학적 특성뿐만 아니라, 기온, 바람(풍향·풍속), 혼합고, 대기안정도 등 다양한 국지 기상인자의 영향을 받게 된다¹⁾. 특히, 악취유발물질은 다른 대기오염물질과 같이 여러 가지 기상요인 중에서도 기온과 바람(풍향·풍속)에 밀접한 관련성을 보인다. 이와 관련하여, 김영욱⁷⁾은 기온의 증가에 따라 악취의 강도가 증가하는 경향이 나타나며, 약한 풍속의 경우에 주풍향이 나타나지 않더라도 악취가 감지될 수 있음을 보였다. 또한 주풍의 풍향방향(downwind direction)으로 높은 악취강도가 주간에 나타남을 제시한 바 있다.

김유근 등¹⁾은 최근 2년간(2000~2001)에 울산광역시에서 발생하였던 악취민원사례를 대상으로 울

산지방기상대와 지역 내에 설치되어 있는 무인자동 기상관측장비(AWS; Automatic Weather System)의 시간별 기상자료를 이용하여 악취발생에 영향을 미치는 기상요소의 도출을 수행하였다. 이 연구에서, 그들은 울산지역의 악취는 늦봄부터 여름 사이에 집중되어 분포하며, 악취발생일은 2~3일동안 지속되어 나타났으며 온도변화에 큰 영향을 받고 있음을 보였다. 또 울산광역시의 시가지 남쪽에 악취발생원이 많이 위치하고 있어, 남풍계열의 풍속이 약한 국지적인 바람장이 형성될 때 악취미원 발생이 많았음을 밝힌 바 있다.

본 연구의 대상지역인 대구광역시 성서지역의 경우 대구 최대의 공단이 위치하고 있는데 주로 섬유와 석유화학관련 기업 등 악취 유발 가능기업이 많다. 지형적으로는, 남북으로 높은 산(팔공산과 앞산)이 위치하고, 낙동강이 지나가는 서쪽에 비하여 동쪽의 지형이 약간 높은 특성을 보인다. 이러한 지형조건 하에서는 일반풍이 약한 쾌청한 야간에는 산곡풍으로 형성된 국지풍이 대구의 중심지에서 형성된 악취원인 물질을 서쪽으로 운반할 개연성도 높다. 따라서 악취발생의 시공간적 분포와 기상학적인 인자간의 유기적인 관계를 구체적으로 조사·연구하여 악취의 발생과 이동과정을 이해할 필요성이 있다.

본 연구에서는 계절별 악취에 의한 민원발생일을 대상으로 지역기상환경의 특성을 분석하여 주거단지의 악취발생과 기상환경과의 상관성을 조사하여 보고자 한다.

2. 연구자료 및 방법

2.1. 연구자료

본 연구에서는 최근 2년간(2000.6 ~2002.5)에 걸쳐 대구광역시 성서지역에서 발생했던 악취민원발생 사례일을 대상으로 대구지방기상대와 계명대학교 성서캠퍼스내에 설치되어 있는 무인자동기상관측장비(AWS; Automatic Weather System)의 시간대별 기상자료를 이용하였다. 악취민원 발생일은 달서구청에 악취발생에 대한 민원이 접수된 날을 대상으로 하였다. 민원은 모두 달서구 일원에 위치한 대규모 주거단지에 거주하는 주민에 의해 제기되었다.

분석에 사용된 기상인자는 기온, 습도, 풍향, 풍속, 일사량이다.

2.2. 연구방법의 개요

악취발생에 영향을 미치는 기상요소 도출을 위하여 각 측정소(대구지방기상대(위도 35° 53'N, 경도 128° 37'E, 계명대학교 성서캠퍼스(위도 35° 54'N,

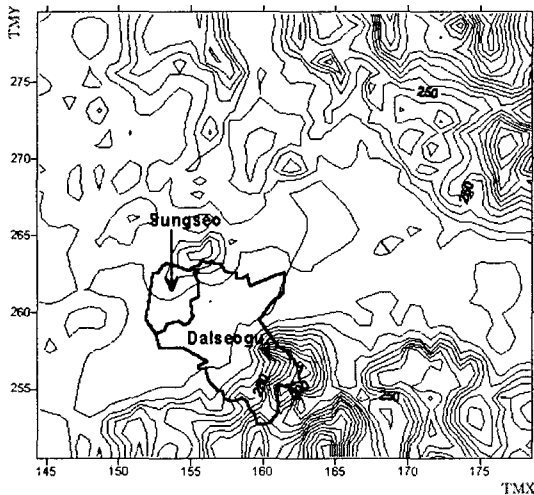


Fig. 1. A topographical map of Daegu including Seongseo region.

Table 1. Basic features of the model

Basic equations	Anelastic hydrostatic equations (Ogura and Phillips ¹¹⁾)
Planetary boundary layer	Turbulent closure model at level 2 (Mellor and Yamada ¹²⁾)
Constant flux layer	Monin-Obukhov similarity theory ¹³⁾
Surface temperature	Force-Restore method (Bhumralkar ¹⁴⁾)
Short-wave radiation	(Kimura and Arakawa ⁹⁾)
Long-wave radiation	Empirical form (Kondo et al. ¹⁵⁾)
Top boundary condition	Wave radiation condition (Klemp and Durran ¹⁶⁾)
Lateral boundary condition	Wave radiation condition (Orlanski ¹⁷⁾)
Vertical coordinate	Terrain-following system, where $z^* = z_T \times (z - z_G) / (z_T - z_G)$, z_G is the ground surface, z_T the top level(40 layers)
Domain size and grid	80 × 60 points, with a 1km increment

경도 128° 33'E))에서 관측된 기상인자의 악취민원 발생일을 제외한 월별 평균값과 각 월별 악취민원 발생일의 평균값을 비교하였다. 아울러, 두 지역에서 관측된 기상인자의 월별 평균값을 동시에 비교하여 두 지역의 기상인자의 차이를 조사하였다.

악취발생에 가장 일반적인 기상조건(발생빈도가 가장 높은 기온과 바람 조건)에 해당하는 날에 대하여 국지순환장모델(LCM; Local Circulation Model)을 이용하여 성서를 포함한 대구전역의 지형조건을 고려한 바람장 분포를 산출하고, 악취민원 발생지역에 악취가 유입된 것으로 추정되는 경로(Trajectory)를 구하였다.

2.3. 국지순환모형의 방정식계

자동기상관측시스템의 기상자료만을 통한 분석의 한계를 극복하기 위해 국지순환모형을 이용한 수치모의를 통해 대구 성서지역의 지형적 조건에 따른 국지순환계의 상세한 특성 및 악취의 이동경로를 살펴보고자 한다.

본 연구에서는 사용한 LCM(Local Circulation Model)의 기초방정식은 Kikuchi et al.⁸⁾이 개발하고, Kimura and Arakawa⁹⁾가 개선한 것으로 지형좌표계(z-coordinate)를 고려한 Boussinesq 방정식계를 채택하고 있다. Boussinesq 근사는 중력(부력항)과 관련된 것을 제외하고는 밀도변화를 무시한 것으로 국지순환계의 연직규모가 약 2~3km보다 작은 경우에 타당하다¹⁰⁾. 본 연구에서 사용한 LCM의 기본적인 구조는 Table 1과 같다. 그리고 기본방정식과 지표면의 현열, 잠열, 운동량플럭스 및 태양복사과정에 관한 것은 Kimura and Arakawa⁹⁾ 및 Kimura and Takahashi¹⁰⁾에 기술되어 있는 것과

동일하다.

2.4. 계산영역과 경계조건

국지순환모형의 계산에 사용된 지형의 형태와 계산영역은 Fig. 2에 나타낸 바와 같이 대구전역을 대상으로 하였다.

수평방향 (x, y)으로는 각각 격자간격 1km로 80격자점과 60격자점을 사용하였으며 연직방향으로는 40층으로 나누어 지표부근에서는 조밀한 간격으로 하여 상층으로 갈수록 넓어지도록 두었다.

국지순환모형의 지면경계조건은 미끄럼(free-slip) 경계조건을 사용하였으며 풍상측과 풍하층의 경계조건은 Orlanski¹⁷⁾의 복사 경계조건을 사용하였다. 이곳 경계에서 생성되는 계산오차를 억제하기 위해 수

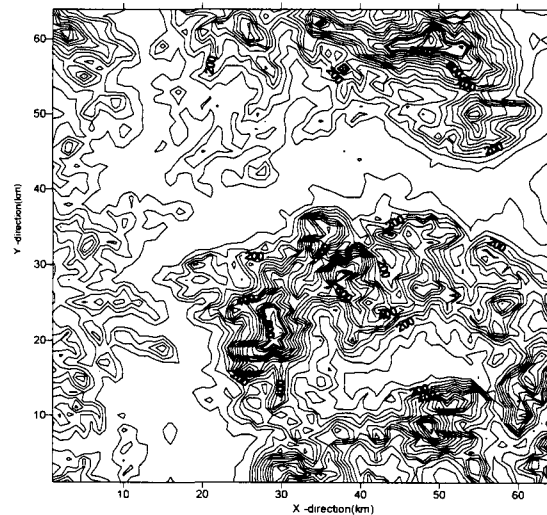


Fig. 2. Topography used for the numerical experiment.

평확산계수는 경계로 갈수록 지수적으로 증가시켰다. 하지만 최대값은 모형 중앙부 값의 10배를 초과하지는 않도록 하였는데 이는 지나치게 큰 값은 다시 계산을 불안정하게 할 수 있기 때문이다. 그리고 나머지 측면경계에 대해서는 주기 경계조건을 사용하였다. 상면경계조건으로는 상층으로 진행하는 내부중력파를 반사하지 않고 효과적으로 흡수할 수 있는 Klemp와 Durran¹⁶⁾의 복사조건을 사용하였다.

2.5. 악취 이동경로 추적에 위한 수치실험

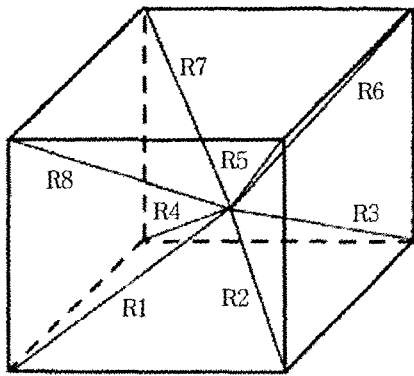
여기서는 악취민원발생일에 대구 성서산업시설에서 배출된 악취유발 물질의 이동상황을 상세히 살펴보기 위하여 입자추적 수치실험을 수행하였다. 본 연구에서 사용한 입자추적에 대한 이론은 정우식¹⁸⁾에 의해 사용된 것과 같다. 악취는 입자상 물질이 아니라 기체상물질이기 때문에 입자추적 모델을 적용하여 확산·수송을 정량적으로 취급하는 것은 합당하지 않다. 따라서 이 연구에서는 악취발생지역에서 주거단지로의 기류이동을 추정하여 악취의 유입경로를 정성적으로 추정하여 보고자 한다.

운동량의 영향을 고려하여, 배출된 입자의 연속적인 3차원적 위치를 결정하는 방법으로 다음과 같은 식을 사용하였다.

$$X_i(t + dt) = x_i(t) + \frac{1}{2} \left(\frac{du_i}{dt} \right) dt^2 \quad (1)$$

만약 $du_i / dt = constant$ 이면 위 식은 다음과 같이 간단히 나타낼 수 있다.

$$X_i(t + dt) = x_i(t) + [u_i(t)] dt \quad (2)$$



(I, J, K)

Fig. 3. Schematic representation of distance between each grid point and a pollutant position in three dimensional space.

여기서 $X_i(t)$ 는 오염물질의 현재 위치를 나타내고 $X_i(t + dt)$ 는 dt 후 오염물질의 새로운 위치를 나타낸다. u_i 는 입자가 위치한 곳에서의 중규모 바람성분과 난류성분을 합한 바람성분을 나타낸 것으로 다음과 같이 표현할 수 있다

$$u_i = a_1 u_i(l, m, n) + a_2 u_i(l+1, m, n) + a_3 u_i(l+1, m+1, n) + a_4 u_i(l, m+1, n) + a_5 u_i(l, m, n+1) + a_6 u_i(l+1, m, n+1) + a_7 u_i(l+1, m+1, n) + a_8 u_i(l, m, n+1) \quad (3)$$

기서 첨자 i 는 1일 때 x 방향, 2일 때 y 방향, 그리고 3일 때 z 방향을 나타낸다.

식(3)에서 a_s 는 가중치를 나타내는 것으로 다음과 같다.

$$a_s = \frac{\sum_{i=1}^s R_i - R_s}{7 \times \sum_{i=1}^s R_i} \quad (4)$$

여기서 s 는 1에서 8까지 변하고 R 은 각 격자점과 오염물질 위치인 X_i 사이의 거리를 나타내는 것으로 Fig. 3에 나타내었다.

3. 결과

3.1 악취발생일의 기상환경의 특성

최근 2년간에 걸쳐 대구광역시 성서지역에서 발생한 악취민원 발생일과 그렇지 않은 날의 기상조건을 비교·분석하여, 악취발생일의 기상특성을 조사하였다. Fig. 4은 대구광역시 성서지역에서 발생한 민원발생일의 월별분포를 나타낸 것으로 늦봄부

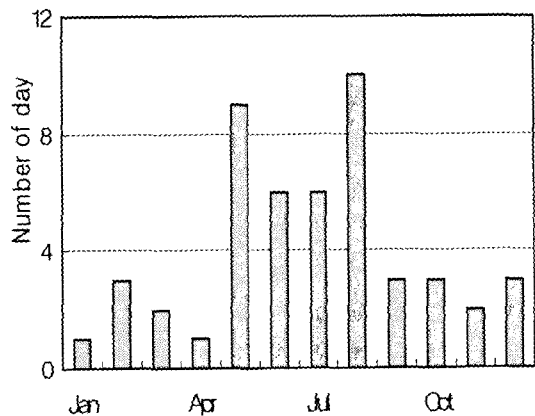


Fig. 4. Monthly distributions of the odorsensation days at Seongseo, Daegu.

대구 성서지역 악취 민원발생일의 기상학적 특성

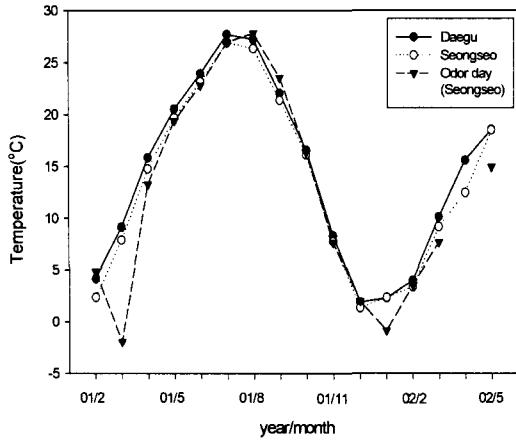


Fig. 5. Monthly mean air temperature from February 2001 to May 2002 at Seongseo, Daegu.

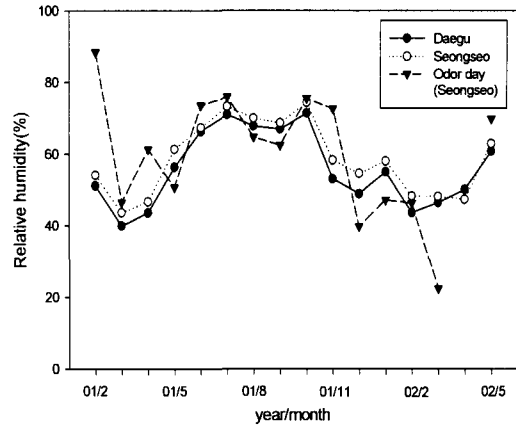


Fig. 6. Monthly mean relative humidity from February 2001 to May 2002 at Seongseo, Daegu.

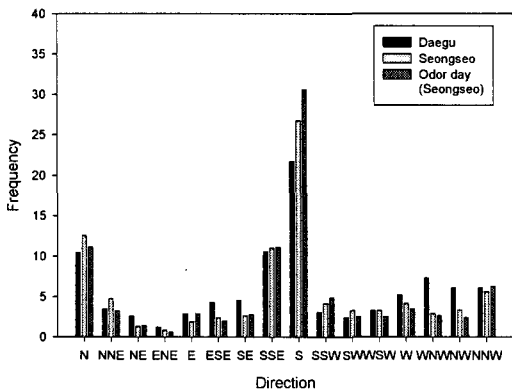


Fig. 7. Frequency of wind direction from February 2001 to May 2002 at Seongseo, Daegu.

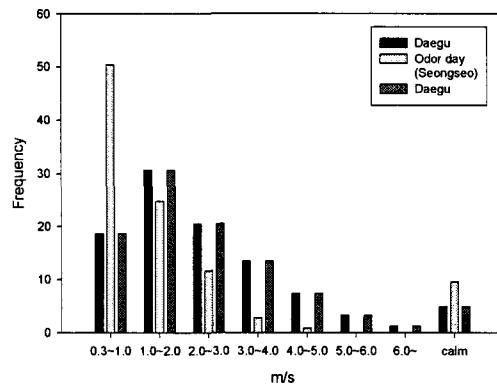


Fig. 8. Frequency of wind speed from February 2001 to May 2002 at Seongseo, Daegu.

터 여름 사이에 집중되어 있음을 알 수 있다. 이는 김 유근 등¹⁾의 울산광역시, 김 영욱⁷⁾의 서울과 일치한다. 다만, 대구와 지리적으로 가까운 울산에서 5월과 7월에 최대빈도(각각 2년동안에 13일)를 보인 것에 대하여, 성서의 경우에는 8월에 최다(2년동안에 10일)를 보였고, 이어서 5월(9일)과 6월 및 7월(각각 6일)이 뒤를 이었다. 그래서 2년 동안에 발생한 총 악취민원 발생일수(49일)의 약 65%(31일)가 5월~8월에 집중되어 나타났다.

성서지역에서 발생한 악취민원발생일의 온도의존성을 알아보기 위하여 Fig. 5에 계명대학교 성서캠퍼스에서 관측된 악취발생일의 월별 평균기온과 악취발생일을 제외한 월별 평균기온을 나타내었다. 대구지방기상대에서 관측된 기온자료를 동시에 제시하였는데, 기상대의 기온값이 대체로 약간 높게 나타났지만, 그 차이는 매우 작았다. 악취민원발생일의 월평균기온이 대체로 그렇지 않은 날에 비하

여 약간 높게 나타났지만, 그 차이는 매우 미미하였다. 그리고 악취민원발생이 집중된 5~8월의 월평균기온은 20~28°C이었다. 이보다 온도가 낮을 때 악취발생빈도가 낮은 것은 울산광역시의 사례연구와 일치하였다.

이어서 악취민원발생일의 습도의존성을 알아보기 위하여 악취발생일의 월별 평균습도와 악취발생일을 제외한 날의 월별 평균습도를 조사하여 Fig. 6에 나타내었다. 여기에서도 대구지방기상대에서 관측된 습도자료를 동시에 제시하였는데, 습도의 경우에는 기상대의 습도값이 대체로 조금 낮게 나타났는데, 그 차이는 크지 않았다. 악취민원발생일의 월평균습도와 그렇지 않은 날의 습도에 뚜렷한 차이는 보이지 않았다. 악취민원발생빈도가 가장 높았던 5월과 8월의 경우에는 악취발생일의 월평균습도가 해당월의 평균치보다 오히려 약간 낮았다. 악취민원발생빈도가 높았던 5~8월의 월평균습도는 5월

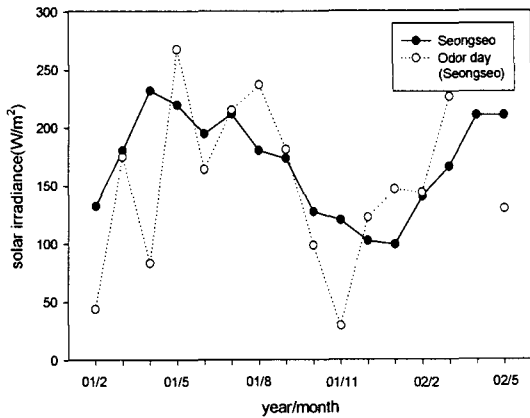


Fig. 9. Monthly mean solar irradiance from February 2001 to May 2002 at Seongseo, Daegu.

(50%)을 제외하고는 대체로 60~80%의 비교적 높은 수치를 보였다. 이 결과도 울산광역시 사례연구결과¹⁾와 일치함을 알 수 있었다. 그러나 악취민원 발생 사례일이 적었던 9월, 10월 및 11월도 높은 습도를 보여, 습도와 악취발생간의 관련성을 명확히 판단할 수는 없었다.

악취민원 발생일의 풍향의존성을 알아보기 위하여, Fig. 7에 악취민원 발생일과 그렇지 않은 날의 풍향빈도를 나타내었다. 악취일의 풍향은 남풍(31%), 남남동(12%), 남남서(5%) 등의 남풍계열이 약 50%를 점하였다. 악취배출원인 성서공단지역으로부터 남풍계열의 국지적인 바람장을 따라서 성서공단의 북쪽에 위치한 대단지 아파트단지으로 확산되어 악취민원이 가중되었던 것으로 사료된다. 그리고 악취가 유발된 날의 대기환기조건을 알아보기 위하여 Fig. 8에 풍속 등급별 악취발생 빈도를 나타내었다. 악취발생일의 60% 이상이 풍속 1m/s 이하인 미풍의 조건 하에서 발생하였다. 약풍에 해당하는 2m/s 이하에서 약 75%가 발생하였다. 즉, 풍속이 3m/s를 넘어 대기환기조건이 양호할 시에는 악취발생이 거의 없었다(5% 이하).

운량과의 관련성을 알아보기 위하여, Fig. 9에 계명대학교 성서캠퍼스에서 관측된 악취민원 발생일의 월별 평균일사량과 악취민원 발생이 없었던 날들에 대한 월별 평균일사량을 나타내었다. 악취민원이 집중되었던 5~8월을 중심으로 살펴보면, 6월을 제외하고는 악취발생일의 일사량이 그렇지 않은 날에 비해서 더 많았음을 알 수 있다. 반면에 한후기(10~4월)에는 악취발생일의 일사량이 그렇지 않은 날에 비해서 일사량이 현저하게 작았음을 알 수 있었다. 이는 하계의 악취민원 발생은 운량이 적은 날

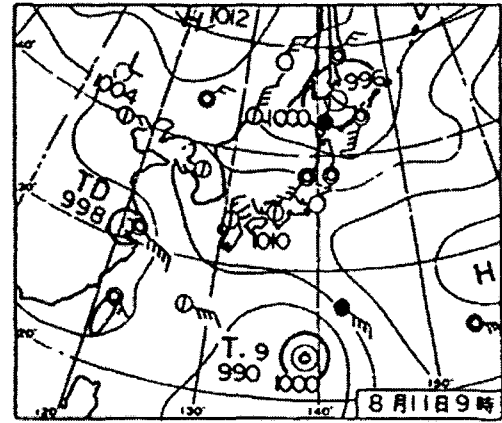


Fig. 10. Surface weather charts at 0900LST on 11 Aug. 2000.

에, 동계에는 운량이 많은 날에 많이 발생하는 경향이 있음을 의미한다.

3.2. 악취민원 발생일의 바람장 분포 특성 및 악취 수송경로 추정

대구 성서지역에 가장 높은 빈도의 악취민원이 발생한 것은 계절적으로는 8월이고, 기상환경적 조건은 남풍계열의 약풍 출현이었다. 이 유형에 해당하는 2000년 8월 11일을 사례로 선정하여 국지 바람장 분포 특성 및 악취수송경로를 조사하였다. 이날의 중관규모의 지상일기도(Fig. 10)를 살펴보면, 중국 화남지방에 열대성 저기압으로 변질된 태풍이 육지로 진입중이며, 일본 남쪽 먼 바다에서 새로운 태풍이 북상중에 있었다. 그렇지만, 우리나라는 북태평양 고기압의 가장자리에 위치하여 대체로 맑았고, 약한 남서풍계열의 바람이 불었다. 이러한 기상 조건 하에서는, 풍속은 등압선의 간격이 넓어 약하고 풍향은 지형적 영향을 받아 국지적으로 상이할 수 있다.

2000년 8월 10-11일에 달성공단과 서구 중리동에서 악취민원이 접수되었다. 10일에 발생한 악취의 원인은 달성군 논공읍에 위치한 달성공단에서 매연과다로 인한 것이었다. 그리고 11일에는 서구 중리동에 위치한 섬유공장에서 섬유유단 가공시에 발생하는 악취가 원인이었다. 사례일에 대해서 복잡한 지형적 조건을 고려한 바람의 공간분포를 구하고, 이 자료에 근거하여 악취유발 물질의 수송경로를 구하였다. 이 연구를 수행하기 위하여, 국지순환장모형(LCM; Local Circulation Model)을 이용하였다.

Fig. 11에 2000년 8월 11일 12LST의 악취민원 발생지역을 포함한 대구일원의 국지 바람장분포를

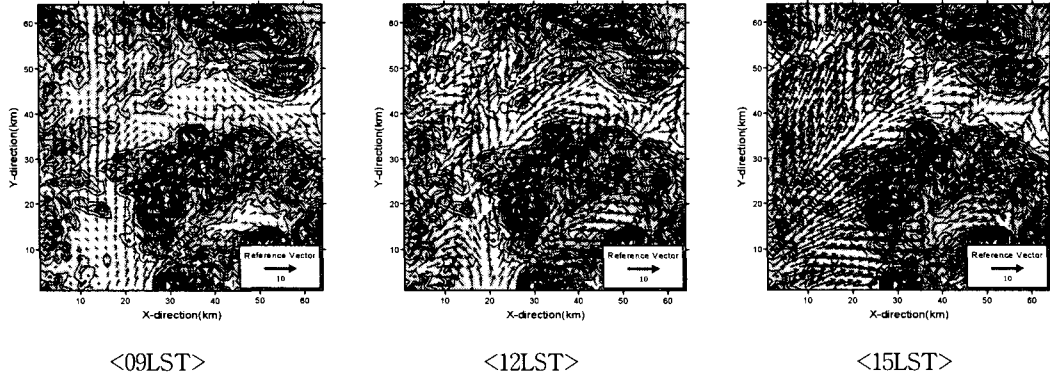


Fig. 11. Simulated wind fields around Seongseo.

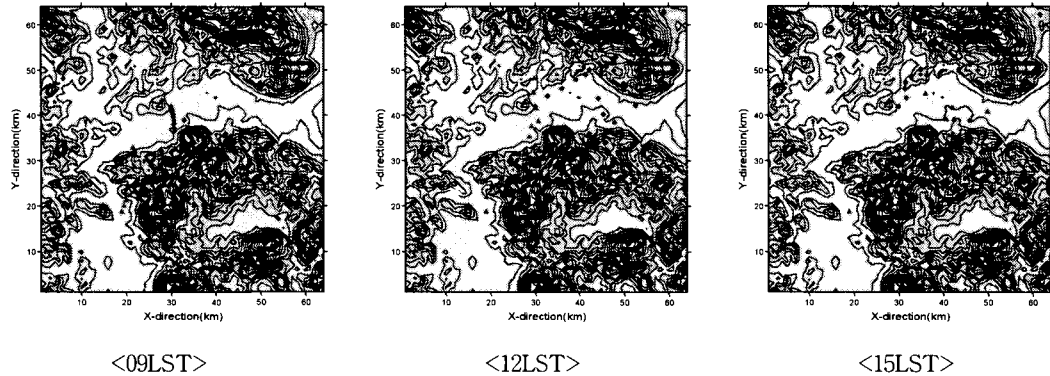


Fig. 12. Transport pattern of the exhausted from Seongseo Industrial complex, Daegu on 11 AUG 2000.

나타내었다. 악취발생지역인 서구 중리동 일대의 바람은 남서풍으로, 공장이 위치한 저지대에서 주택단지가 위치한 산자락쪽으로의 바람 유입이 모의되었다. 민원 발생지역 부근의 악취유발 물질의 수송경로를 알아보기 위하여, Fig. 11에 제시한 바람장을 이용하여 물질이동 궤적을 구하여 Fig. 12에 나타내었다. 여기에서 악취유발 지역(X-축 방향으로 30km, Y-축 방향으로 42km 지점)에서 주택지인 산언저리를 따라서 물질이 수송된 경로를 추적할 수 있었다. 이러한 악취물질의 이동경로는 인공구조물의 역할에 따라서 변형되어 나타날 가능성이 있으므로, 향후 현장관측을 통하여 확인할 필요성이 있을 것으로 사료된다.

4. 요약 및 결론

최근 2년간(2000.6~2002.5) 대구의 성서지역에서 발생한 악취민원발생일을 대상으로 지역기상환경의 특성을 분석하여 악취발생과 기상환경과의 상관성을 조사하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 대구광역시 성서지역에서 발생한 악취민원 발생

은 늦봄(5월)에서 여름(8월) 사이에 집중되어 제기되었다. 조사 대상기간(2001. 6~2002. 5)에 총 49회 악취민원이 발생하였는데, 약 65%에 해당하는 31일이 이 기간에 집중되었다.

- 2) 악취민원이 발생한 날의 일평균기온은 20~28℃ 이었고, 이보다 온도가 낮을 때에는 악취발생빈도가 낮았다. 이는 울산광역시의 사례연구 결과¹⁾와 일치하는 것이다.
- 3) 악취민원발생일의 상대습도 분포는 대체로 60~80%의 비교적 높은 수치를 보였다. 그러나 악취민원이 발생한 날의 월평균 상대습도가 그렇지 않은 날에 대한 월평균치보다 그다지 높지 않았다.
- 4) 악취민원 발생일의 풍향은 남풍(31%), 남남동풍(12%), 남남서(5%) 등의 남풍계열이 약 50%를 차지하였다. 이는, 악취배출원인 성서산업단지에서 남풍계열의 국지적인 바람장을 따라서 약간 북쪽에 위치한 대단지 아파트 주거단지로 악취물질이 이동·확산되어 악취민원이 가중되었던 것으로 사료된다.
- 5) 악취민원은 약 75%는 풍속이 2m/s 이하로 약풍

에 해당하여 대기환기능력이 떨어지는 날에 집중적으로 발생하였다. 그 중에서도 약 60%의 악취민원은 풍속 1m/s 이하인 거의 무풍조건에서 발생하였다. 즉 풍속이 3m/s 이상이 되어 대기환기능력이 양호할 시에는 악취민원발생이 거의 없었다(약 5% 이내).

- 6) 악취민원 발생일의 일사량은, 난후기인 5-8월에는 해당 월의 평균치보다 높았고, 한후기(10-4월)에는 악취발생일의 일사량이 해당 월의 평균치보다 현저히 낮았다.

이상에서 대구광역시 성서지역의 악취민원 발생일의 기상조건을 종합하면, 주로 난후기에 해당하는 5-8월에 남풍계열의 약풍조건을 만족하는 맑은 기상조건 하에서 발생하였음을 알 수 있다.

그리고 악취민원발생일의 전형적인 중관기상조건에 해당하는 2000년 8월 11일에 있어서, 수치실험을 통하여서도 악취민원 발생 부근지역의 국지적 바람분포는 약한 남서풍계열이 출현함을 확인할 수 있었고, 이 바람에 악취원인물질이 실려 주택단지가 있는 산자락 쪽으로 수송되는 과정을 확인할 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 2002년도 대구지역환경기술개발센터의 연구사업(성서지역 악취원인 및 대책방안연구) 및 한국과학재단 목적기초연구(과제번호R01-2002-000-00020-0)의 재정지원으로 수행되었기에, 관련자 여러분께 깊이 감사 드립니다.

참고 문헌

- 1) 김유근, 이화운, 황수진, 박종길, 임운규, 오인보, 이평근, 2002, 울산지역 악취 민원발생일의 기상 조건, 한국환경과학회 가을학술발표회 발표논문집, 11(2), 60-61.
- 2) 김유근, 이화운, 1999, 대기오염개론, 시그마프레스, 280pp
- 3) 김인환, 김병무, 2003, 환경법강의, 홍문관, 546pp
- 4) 박명희, 김해동, 홍정혜, 2003, 대구시 대기오염물질 배출량 산정에 관한 연구, 한국환경과학회지, 12(1), 23-34.
- 5) 박명희, 김해동, 2002, 대구시 대기오염물질배출량의 시간변화특성, 계명대학교 낙동강환경원 환경과학논문집, 7(1), 199-208.

- 6) 최 성우, 2003, 성서지역 악취원인 및 대책방안 연구, 대구지역환경기술개발센터 보고서, 136pp.
- 7) 김영옥, 1997, 지형과 기상을 고려한 악취도의 공간분포해석, 서울대학교 환경대학원 석사학위논문, 68pp.
- 8) Kikuchi, Y., S. Arakawa, F. Kimura, K. Shirasaki and T. Nagano, 1981, Numerical study on the effects of mountains on the land and sea breeze circulation in the Kanto district, J. Meteor. Soc. Japan, 59, 723-737.
- 9) Kimura, F. and S. Arakawa, 1983, A numerical experiment of the nocturnal low level jet over the Kanto Plain, J. Meteor. Soc. Japan, 61, 848-861.
- 10) Kimura, F. and S. Takahashi, 1991, The effects of land-use and anthropogenic heating on the surface temperature in the Tokyo metropolitan area: A numerical experiment. Atmos. Environ., 25B, 155-164.
- 11) Ogura, Y. and N.A. Phillips, 1961, Scale analysis of deep and shallow convection in the atmosphere, J. Atmos. Sci., 19, 173-179.
- 12) Mellor, G. L. and T. Yamada, 1974, A hierarchy of turbulence closure models of planetary boundary layers, J. Atmos. Sci., 31, 1791-1806.
- 13) 近藤純正, 1994, 水環境の氣象學, 朝倉書店, 348pp.
- 14) Bhumralkar, C. M., 1975, Numerical experiments on the computation of ground surface temperature in an atmospheric general circulation model, J. Appl. Meteor., 14, 1246-1258.
- 15) Kondo, J., T. Nakamura and T. Yamazaki, 1991, Estimation of the solar and downward atmospheric radiation, Tenki, 38, 41-48.
- 16) Klemp, J. B. and D. R. Durran, 1983, An upper boundary condition permitting internal gravity wave radiation in numerical mesoscale models, Mon. Wea. Rev., 111, 430-444.
- 17) Orlandi, I., 1976, A simple boundary condition for unbounded hyperbolic flows, J. Comp. Phys., 21, 251-269.
- 18) 정우식, 2001, 지역규모 대기순환계와 관련된 대기오염물질의 중거리 수송 연구, 부산대학교 대학원 박사학위논문, 202pp.