

Journal of the Korean Society for Research on Nicotine and Tobacco

Manuscript Number: KSRNT18-003

Manuscript Type: 원저

Title: Change of Outdoor Tobacco Smoke Exposure Before and After Moving
Outdoor Smoking Facility in Dong-Seoul Station

Abstract

Background: Dong-Seoul station is a place with a large floating population. Many smokers gathered near the terminal to smoke and caused discomfort to non-smokers and pedestrians. The objective of this study was to determine outdoor tobacco smoke exposure before and after moving outdoor smoking facility in Dong-Seoul station.

Methods: Outdoor $PM_{2.5}$ concentrations near Dong-Seoul station were measured before and after moving outdoor smoking facility. All measurements were conducted for 10 minutes based on the location where outdoor smoking facility installed in 2016 with intervals of 10~20 m. Measurements before moving outdoor smoking facility were conducted five times from October to December 2016. Measurement after moving outdoor smoking facility was conducted one time in June 2017. $PM_{2.5}$ mass concentrations by particle spectrometer (SidePak, TSI) were adjusted after subtraction of daily ambient $PM_{2.5}$ concentrations. Peak occurrence rates (# peaks/min) and magnitude of peak were calculated for each measurement site.

Results: Before moving the outdoor smoking facility, $PM_{2.5}$ concentrations near the smoking facility (0 m) was higher than other measurement sites. The peak occurrence rate at 0 m was the highest with 1.8 peaks/min. After moving the smoking facility, $PM_{2.5}$ concentrations at 0 m was lower than the background concentration. While $PM_{2.5}$ concentration at 110 m with the new smoking facility was similar to ambient concentration, the highest peak occurrence rate was observed at 90 m with 1.1 peaks/min.

Conclusions: Outdoor tobacco smoke exposure near a busy bus terminal was changed after moving of outdoor smoking facility. Moving outdoor smoking facility was effective to reduce outdoor tobacco smoke exposure to pedestrians.

Key words: Outdoor Tobacco Smoke, Outdoor Smoking Facility, $PM_{2.5}$, Peak, Exposure

27

1. 배경

28 간접흡연이란 담배를 피우지 않는 사람이 무의식적으로 또는 수동적으로 담배연기를 흡입
29 하는 것을 말하며, 비 자발적인 흡연(Involuntary smoking or passive sampling) 이라고도 불린다 (1,
30 2). 담배 연기 내에는 7,000 가지가 넘는 화학물질이 포함 되어있고 그 중 적어도 250 가지는
31 인체에 유해하다고 알려져 있으며, 그 중 69 가지는 암을 유발 할 수 있다고 알려져 있다 (3).
32 미국 환경 보호청 (EPA, Environmental Protection Agency)은 1993 년 간접흡연의 연기를 그룹 A
33 발암물질 (Group A carcinogen) 이라고 지정하였다. 또한 간접흡연은 1 년에 7,330 명의 폐암으로
34 인한 사망자와 33,950 명의 심장질환으로 인한 사망자를 발생시키고, 1964 년에서 2014 년 사이
35 간접흡연으로 인한 사망자 수가 250 만 명이라 한다 (4). 이처럼 간접흡연은 심혈관계질환,
36 호흡기계질환 등 인체에 악영향을 끼친다고 알려져 있다.

37 이러한 간접흡연의 피해를 줄이기 위해 실내 금연구역의 확대가 이루어지고 있다.
38 유럽의 아일랜드가 2004 년도에 전면적인 국가 실내 금연정책을 시작한 이후에 여러 선진
39 국가에서 공공장소 및 다중이용시설에서의 전면적인 실내 금연정책을 시행하고 있다 (5). 이런
40 실내 금연 정책은 실내환경에서 간접흡연의 수준을 낮추는 한편 지역사회의 질병 발생을 낮추는
41 효과를 가져오고 있다. 우리나라도 대부분의 공공시설에서 실내 금연을 실시하고 있다.

42 실내 금연 법의 확대로 인해 많은 흡연자가 건물 주변이나 도로변에서 흡연을 함에 따라
43 실외에서 비흡연자 또는 보행자들이 간접흡연에 노출되는 문제가 발생하고 있다. 이러한
44 문제점을 해결하기 위해 서울특별시에서는 서울의 모든 중앙 차선 버스정류장, 공원, 보행로 등과
45 같은 실외 공공장소에서의 금연 정책을 실시하고 있다. 실외 금연이 장려되고 있는 추세에
46 흡연자들을 위한 방책으로 길거리 흡연 시설 설치와 같은 흡연을 할 수 있는 공간을 제공하는
47 곳이 많아지고 있다.

48 동서울 터미널의 하루 이용객은 약 3100 명으로 유동인구가 많은 장소이며 길거리
49 흡연으로 인한 민원이 많이 발생하는 곳 중 한 곳이다. 동서울 터미널 주변은 실외 금연구역이
50 아니었지만 비흡연자들을 흡연 피해로부터 보호하고, 흡연자들의 실외 흡연 공간을 확보하기
51 위해 실외흡연시설을 설치하여 2014 년 12 월부터 운영을 하고 있다. 하지만 실외흡연시설이

52 횡단보도와 근접해 있어 비흡연자들의 민원이 증가하여 2017년 2월부터 실외흡연시설의 위치를
53 유동인구가 적은 쪽으로 옮겼다.

54 본 연구의 목적은 동서울 터미널 주변에서 발생하는 실외 간접흡연을 파악하고
55 실외흡연시설을 이전함에 따른 간접흡연의 감소효과를 파악하는 것이다.

56

57

2. 방법

58 광진구 동서울 터미널은 2018년 1월을 기준으로 실외 금연 정책이 시행되지 않았으나
59 많은 흡연자로 인해 광진구에서 자체적으로 실외흡연시설을 설치하여 운영 중이었다. 동서울
60 터미널에 설치되어 있는 실외흡연시설의 위치를 이전하기 전과 후 측정을 실시하였다.
61 실외흡연시설이 이전되기 전의 측정은 2016년 10월부터 12월까지 총 5번 진행되었고
62 실외흡연시설이 이전된 후의 측정은 2017년 6월에 진행되었다. 실외흡연시설이 이전되기 전과
63 후의 측정 모두 2016년도에 설치 되어있던 실외흡연시설을 기준으로 (그림 1의 0m) 측정 간격을
64 10~20 m로 구분하여 각 장소에서 순서대로 10 분씩 측정하였다. 측정 장소는 그림 1과 같이 총
65 10개의 지점에서 측정이 이루어졌다. 동서울 터미널은 대체로 운영시간 내에는 시간대에
66 상관없이 이용하는 고객이 많아 오후 1시에서 3시 사이에 측정을 실시하였고 모든 측정은 우천
67 등 영향이 없는 기상조건이 양호한 날에 실시하였다.

68 간접흡연 노출 정도의 지표 중 하나인 미세먼지(PM_{2.5})를 측정하기 위해 광산란 방식의
69 측정 기기인 SidePak(Model AM510, TSI Inc., MN, USA)를 이용하였다. 측정 간격은 1 초, 공기
70 유량은 1.7 L/m으로 유지하였고 측정 전 모든 기기의 영점 보정을 실시하였다. 모든 측정은
71 측정용 가방에 Tigon tube를 연결한 SidePak을 넣어 측정 하였으며 측정기기의 Sampling inlet은
72 사람의 평균 코(호흡기)의 높이에 위치하였다. SidePak으로 수집한 PM_{2.5} 실시간 중량 농도는
73 보정계수 0.295를 사용하여 보정하였으며 그 단위는 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 나타내었다 (6). 측정한 날의 대기
74 중 PM_{2.5} 일평균 농도를 서울특별시 대기환경정보 사이트 (cleanair.seoul.go.kr)에서 확인 후 각
75 측정 데이터의 값에서 빼주어 농도를 보정하였다. 측정한 날의 대기 중 PM_{2.5} 일평균 농도는 표
76 1과 같다.

77 피크의 정의는 1초 간격으로 측정 시, 1초간 측정값의 차이가 $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상 발생하였을
78 때를 피크로 선정하였다. 또한, 9초안에 해당되는 피크 값이 여러 개 발생할 경우 9초 중
79 최댓값을 피크로 정하였다 (7, 8). 9초는 한 모금의 담배 연기가 피크 전후로 고르게 퍼져나가는
80 시간을 고려한 시간이다 (9). 피크의 값 선정은 흡연이 가장 많이 발생하는 0 m, 10 m의 측정
81 데이터를 모두 합하여 그 중 90 percentile의 값을 구하였을 때 $27.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 이었는데 이 값에
82 근접한 $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 를 피크의 기준으로 선정하여 피크 분석에 적용하였다.

83 SidePak으로 수집한 PM_{2.5} 농도는 TrakPro (Version 4.7.0.2, TSI Inc., MN, USA)
84 프로그램을 사용하여 다운로드 받았다. SigmaPlot 10.0 (Systat Software Inc., Chicago, IL, USA)을
85 사용하여 각 측정 일의 측정 장소 별로 PM_{2.5} 농도 분포를 Box Plot으로 나타내었고 모든 통계
86 분석은 SPSS (SPSS for Windows, version 23.0, USA) 를 사용하여 분석하였다.
87

88

3. 결과

89 실외흡연시설이 이전하기 전과 후의 측정을 통해 수집된 동서울 터미널 주변 10 곳에서
90 대기 농도로 보정된 PM_{2.5} 농도의 분포를 그림 2 에 나타내었다. 실외흡연시설이 이전하기 전
91 5 일동안(그림 2 의 (A)~(E)) 실외흡연시설이 위치한 0 m 에서의 보정된 PM_{2.5} 농도는 다른
92 측정장소에서의 농도보다 통계적으로 유의하게 높았다. ($p < 0.01$) 0 m 에서의 보정된 평균 PM_{2.5}
93 농도는 10 월 9 일에는 $97.2 \pm 102.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 10 월 12 일에는 $105.3 \pm 72.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 11 월 4 일에는
94 $36.7 \pm 34.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 12 월 7 일에는 $75.4 \pm 104.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 12 월 8 일에는 $27.2 \pm 60.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 이었다.
95 12 월 7 일에는 110 m 와 10' m 에서의 흡연자가 발견되어 각각 $57.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 와 $28.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 다소
96 높은 농도가 관찰되었다.

97 실외흡연시설이 110 m 지점으로 이전한 이후에 대기 농도로 보정된 PM_{2.5} 농도는 다른
98 양상을 보였다. 기존의 실외흡연시설이 있던 0 m 에서의 보정된 평균 PM_{2.5} 농도는 -7.3 ± 3.0
99 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 대기농도보다 더 낮은 농도가 관찰되었다. 실외흡연시설이 새롭게 위치한 110 m
100 지점에서의 보정된 평균 PM_{2.5} 농도는 $-4.1 \pm 6.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 대기농도보다 더 낮은 농도가
101 관찰되었다. 90 m 지점에서는 흡연자로 인해 $21.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 다소 높은 농도가 관찰되었다. 90 m
102 지점에서의 보정된 PM_{2.5} 농도는 다른 측정장소에서의 농도보다 통계적으로 유의하게 높았다.
103 ($p < 0.01$)

104 실외흡연시설을 기준으로 거리에 따른 피크 발생률과 피크의 크기의 평균과 표준편차를
105 표 2 에 나타냈다. 실외흡연시설이 이전하기 전의 피크 발생률은 0 m 에서 분당 평균 1.8 개의
106 피크가 발생하여 다른 측정장소보다 통계적으로 유의하게 높은 피크 발생률을 보였다. ($p < 0.01$)
107 다음으로 높은 피크 발생률을 보인 측정 장소는 10 m 와 10' m 로 각각 분당 0.7 ± 1.0 개, $0.7 \pm$
108 0.7 개의 피크가 발생하였다. 50 m 와 90 m, 110 m 지점에서는 도보에서 흡연을 하는 흡연자에
109 의해 피크가 발생하였고 실외흡연시설이 이전하기 전 진행된 총 5 번의 측정 모두에서 20 m, 30 m,
110 70 m 에서는 피크가 발생하지 않았다. 실외흡연시설이 이전하기 전의 측정에서는 실외흡연시설과
111 근접한 곳에서 높은 피크 발생률이 관찰되었다.

112 실외흡연시설이 이전한 후에는 90 m 에서 분당 1.1 번의 피크가 발생하여 가장 높은 피크
113 발생률을 보였다. 실외흡연시설이 이전한 110 m 와 10' m 에서 분당 0.3 번의 피크가 발생하여
114 다음으로 높은 피크 발생률을 보였다. 기존에 실외흡연시설이 위치하였던 0 m 에서 50 m 까지는
115 단 한 개의 피크도 발생하지 않았고 70 m 와 30' m 에서 분당 0.1 개의 피크가 발생하였다.
116 실외흡연시설이 이전하기 전에 높은 피크 발생률을 보였던 0 m 와 10 m 에서는 피크가 발생하지
117 않았다.

118 실외흡연시설이 이전하기 전, 0 m 에서의 피크 크기의 기하평균은 $180.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (GSD=2.1)
119 로 가장 큰 값을 보였다. 다음으로 큰 기하평균을 보인 측정 장소는 10 m 와 110 m 로 각각 130.6
120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (GSD=2.5)와 $119.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (GSD=2.0)을 보였다. 실외흡연시설이 이전한 후에 실행한
121 측정에서는 가장 높은 피크 발생률을 보였던 90 m 에서 $73.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 가장 큰 피크 크기가
122 관찰되었고 다음으로 큰 피크 크기는 $52.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 10' m 에서 관찰되었다. 실외흡연시설이 이전한
123 위치인 110 m 에서 피크의 크기는 $33.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 이었다.

124

125

4. 고찰

126 실외흡연시설이 이전하기 전, 기존의 실외흡연시설이 있던 0 m 에서 대기 농도로 보정된
127 PM_{2.5} 평균 농도는 우리나라의 24 시간 대기환경기준인 35 µg/m³ 보다 훨씬 높은 농도를 보임을 알
128 수 있었다. 총 5 번의 측정 중 11 월 4 일과 12 월 8 일을 제외하고 0 m 에서의 보정된 PM_{2.5} 평균
129 농도가 우리나라의 24 시간 대기환경기준의 두 배를 뛰어넘는 농도를 보였다. 11 월 4 일과 12 월
130 8 일은 대기 중 PM_{2.5} 농도가 35.7 µg/m³ 과 57.0 µg/m³ 으로 높은 농도를 보인 날로 대기 중 PM_{2.5}
131 농도를 빼서 측정 데이터를 보정하였기 때문에 상대적으로 낮은 농도를 보였다. 또한, 11 월 4 일의
132 0 m 에서 보정된 평균 PM_{2.5} 농도는 36.7 µg/m³ 으로 35 µg/m³ 를 웃도는 농도를 보였다. 기존의
133 실외흡연시설이 위치했던 0 m 에서의 높은 PM_{2.5} 농도는 흡연자들이 실외흡연시설을 이용하지
134 않고 근처에서 흡연하였다는 것을 나타낸다. 이는 실외흡연시설이 이전하기 전, 실외흡연시설
135 근처를 지나가는 보행자들이 높은 농도의 PM_{2.5} 에 노출되었음을 알 수 있다.

136 실외흡연시설이 이전한 후, 기존의 실외흡연시설이 위치해 있던 0 m 에서의 대기 농도로
137 보정된 PM_{2.5} 평균 농도가 마이너스 값을 보여 대기 중 PM_{2.5} 농도보다 낮은 농도가 관찰
138 되었음을 의미한다. 또한, 실외흡연시설이 이전하기 전의 시행했던 측정에서는 제일 높은 피크
139 발생률을 보였던 0 m 와 10 m 에서 단 한 개의 피크도 발생하지 않았다. 이는 기존의
140 실외흡연시설이 위치했던 곳에서 더 이상 흡연이 이루어지지 않음을 의미한다. 이 장소는
141 강변역으로 이어지는 횡단 보도와 동서울 터미널의 입구가 근처에 있어 실외흡연시설의 이전으로
142 많은 보행자의 간접흡연 노출이 감소하였음을 보여준다. 실외흡연시설이 이전 된 위치인 110 m
143 에서의 보정된 PM_{2.5} 평균 농도는 -4.1 µg/m³ 로 낮은 농도 값을 보였다. 또한, 피크 발생률은 분당
144 0.3 개의 피크가 발생하였는데 이는 실외흡연시설에서 담배로 인해 발생하는 PM_{2.5} 가 새어
145 나온다고 가정하였을 때 낮은 값을 보인다고 할 수 있다. 실외흡연시설이 이전한 110 m 지점은
146 유동 인구가 적은 곳이며, 기존의 실외흡연시설과 비교하였을 때 흡연자들이 비교적
147 실외흡연시설 내부로 들어가 흡연하는 것으로 보아 보행자들의 간접흡연이 줄어들었음을 확인 할
148 수 있다.

149 본 연구에서 실외흡연시설 주변에서의 간접흡연은 버스정류장에서의 간접흡연과
150 비교하여도 매우 높았다. 서울의 버스정류장에서의 간접흡연은 흡연이 이루어지는 시기의 평균
151 피크발생률은 18.5 ± 29.4 peaks/hr 이었고 피크의 평균 크기는 110.6 ± 2.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 였다 (9). 본
152 연구에서 실외흡연시설에서의 평균 피크발생률은 108.0 ± 60.0 peaks/hr 로 버스정류장에서보다
153 10 배에 가까운 높은 발생률을 보였고 피크의 평균 크기는 180.1 ± 2.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로
154 버스정류장에서보다 1.6 배 높은 농도를 보였다.

155 기준에 설치되어 있던 실외흡연시설은 완전폐쇄형 흡연시설로 규모가 10 m^2 으로 작은
156 편이었다. 승·하차 이용객이 많은 터미널 특성상 한꺼번에 흡연자들이 몰리는 특징이 있어 시설
157 안이 비좁은 느낌을 주고 들어갈 수 있는 인원이 한정되어 있어 대부분의 흡연자들이 흡연시설
158 주변에서 흡연하였다. 이를 고려하여 실외흡연시설을 이전하였을 때 기존의 완전폐쇄형 흡연시설
159 대신 규모가 조금 더 큰 개방형 흡연시설을 설치하였다. 개방형 흡연시설은 완전폐쇄형
160 흡연시설에 비해 담배연기가 더 많이 세어 나오는 구조이지만 본 연구의 결과에서는
161 실외흡연시설 이전 후의 보정된 $\text{PM}_{2.5}$ 농도가 -4.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 배경농도보다 낮은 값을 보였다.
162 또한, 피크가 발생하지 않은 것으로 보아 개방형 실외흡연시설 주변에서는 흡연이 이루어지지
163 않았음을 확인 할 수 있었다.

164 본 연구에서는 $\text{PM}_{2.5}$ 농도 측정을 통해서 실외흡연시설의 간접흡연을 파악하였다. 본
165 연구를 포함한 여러 연구에서 실내외에서 $\text{PM}_{2.5}$ 농도를 측정하여 간접흡연 여부를 판단하는
166 경우가 많다 (7, 8, 9, 11). $\text{PM}_{2.5}$ 농도는 연속적으로 측정 할 수 있어 실외간접흡연 연구에
167 활용되기에 좋은 장점을 가지고 있다 (10). 그러나 흡연 이외 예도 실외에 다양한 $\text{PM}_{2.5}$ 오염원이
168 있을 수 있기 때문에 측정된 $\text{PM}_{2.5}$ 농도가 전적으로 간접흡연에 의한 것인지 알기가 어렵다.
169 따라서, 본 연구에서는 측정 데이터에서 측정이 진행된 날의 대기 중 $\text{PM}_{2.5}$ 농도를 빼 주어서
170 보정하였기 때문에 이렇게 보정된 $\text{PM}_{2.5}$ 농도는 간접흡연에 의해 발생한 것이라고 간주 할 수
171 있다.

172 본 연구에서 실외흡연시설이 이전하기 전과 후의 계절적 차이가 있었고 각 측정 횟수도
173 달랐다. 가능한 전후의 시기가 비슷하고 측정 횟수도 유사한 것이 좀 더 이상적인 연구 방법일

174 수 있다. 그러나 실외흡연시설이 이전하기 전 측정을 하였으나 실제로 이전이 늦어져서
175 시기적으로 차이가 생길 수 밖에 없었다. 그러나 대기오염 수준을 보정하여 결과를 분석하였기
176 때문에 시기적인 차이는 큰 영향을 미치지 않을 것으로 사료된다. 측정 횟수도 이전하기 전에
177 5 번을 측정한 결과 날짜 별 차이가 크지 않아서 실외흡연시설이 이전하고 난 후의 측정은 1 번
178 실시하였다.

179

180 **요 약**

181 **연구배경:** 최근 우리나라에서는 실내 금연 법의 확대와 함께 실외에서의 금연이 장려되고 있는
182 추세이다. 흡연자들이 실외로 나가 흡연을 함에 따라 실외에서 간접흡연 문제가 대두되고 있다.
183 본 연구는 동서울 터미널 주변에서 발생하는 실외 간접흡연을 파악하고 실외흡연시설을 이전함에
184 따른 간접흡연의 감소효과를 파악하는 것이다.

185 **방법:** 광진구 동서울 터미널에 설치되어 있는 실외흡연시설의 위치를 이전하기 전과 후에 측정을
186 실시하였다. 실외흡연시설이 이전하기 전의 측정은 2016 년 10 월부터 12 월까지 총 5 번
187 진행하였고 실외흡연시설이 이전한 후의 측정은 2017 년 6 월에 진행되었다. 모든 측정은
188 2016 년도에 설치 되어있던 실외흡연시설을 기준으로 측정 간격을 10~20 m 로 구분하여 각
189 장소에서 10 분씩 측정하였다. 간접흡연 노출 정도의 지표 중 하나인 미세먼지(PM_{2.5})를 측정하기
190 위해 SidePak 을 이용하였다. 측정된 PM_{2.5} 값에서 측정한 날의 대기 중 PM_{2.5} 농도를 빼주어
191 농도를 보정하였다. 피크 발생률(#peaks/min)과 피크의 크기를 각 측정 장소마다 계산하였다.

192 **결과:** 실외흡연시설이 이전하기 전, 총 5 번의 측정 동안 실외흡연시설이 위치한 0 m 에서의 대기
193 농도로 보정된 평균 PM_{2.5} 농도는 68.4 µg/m³ 로 우리나라의 24 시간 대기환경기준인 35 µg/m³ 을
194 훨씬 뛰어넘는 농도를 보였다. 또한, 실외흡연시설이 위치한 0 m 에서는 분당 평균 1.2 개의
195 피크가 발생하였다. 실외흡연시설이 이전 한 후, 기존의 실외흡연시설이 위치하였던 장소에서
196 피크가 발생하지 않았고 보정된 평균 PM_{2.5} 농도는 배경농도보다 낮은 농도가 관찰되었다.
197 실외흡연시설이 새롭게 위치한 110 m 에서의 보정된 PM_{2.5} 농도는 -4.1 µg/m³ 로 관찰되었다.

198 **결론:** 기존의 실외흡연시설과 비교하였을 때, 흡연자들이 비교적 실외흡연시설 내부로 들어가
199 흡연하는 것을 보아 보행자들의 간접흡연이 줄어든 것을 확인 할 수 있었다.

200

201 **중심단어:** 실외간접흡연, 실외흡연시설, PM_{2.5}, 간접흡연

202 참고문헌

- 203 1. Leonardi J, Britton J, Venn A. Secondhand smoke and adverse fetal outcomes in nonsmoking
204 pregnant women: A meta-analysis. *The Journal of Pediatrics*. 2011; 127(4): 734-741.
- 205 2. Jaakkola MS, Jaakkola, JJ. Assessment of exposure to environmental tobacco smoke.
206 *European Respiratory Journal*, 1997; 10(10), 2384-2397.
- 207 3. Smith C, Hansch C. The relative toxicity of compounds in mainstream cigarette smoke
208 condensate. *Food and Chemical Toxicology*. 2000; 38(7): 637-646
- 209 4. Health Effects of Secondhand Smoke [Internet]. Tobacco Prevention and Cessation
210 Commission. [cited 2018 March 22]. Available from:
211 https://www.in.gov/isdh/tpc/files/Health_Effects_of_Secondhand_Smoke_12_29_2014.pdf
- 212 5. Allwright S. Legislation for smoke-free workplaces and health of bar workers in Ireland:
213 before and after study. *British Medical Journal*. 2006;332(7534):151-151.
- 214 6. Lee K, Hahn E, Pieper N, Repace J, Troutman A. Differential impacts of smoke-free laws on
215 indoor air quality. *Journal of Environmental Health*. 2008; 70(8): 24.
- 216 7. Cho H, Lee K, Hwang Y, Richardson P, Bratset H, Teeters E et al. Outdoor tobacco smoke
217 exposure at the perimeter of a tobacco-free university. *Journal of Environmental Health*. 2014;
218 64(8): 863-866.
- 219 8. Hwang J, Lee K. Determination of outdoor tobacco smoke exposure by distance from a
220 smoking source. *Nicotine & Tobacco Research*. 2014; 16(4): 478-484.
- 221 9. Cho H, Lee K. A new assessment method of outdoor tobacco smoke (OTS) exposure.
222 *Atmospheric environment*. 2014; 87: 41-46
- 223 10. Klepeis NE, Ott WR, Switzer P. Real-time measurement of outdoor tobacco smoke particles.
224 *Journal of the Air and Waste Management Association*. 2007; 57(5): 522-534.
- 225 11. Kaufman P, Zhang B, Bondy SJ, Klepeis N, Ferrence R. Not just 'a few wisps': real-time
226 measurement of tobacco smoke at entrances to office buildings. *Tobacco Control*. 2010; tc-
227 2010.

228

Table 1. Daily ambient PM_{2.5} concentrations before and after moving outdoor smoking facility.

	Date	PM _{2.5} Concentration (µg/m ³)
		Mean ± SD
Before moving	16.10.09	4.8 ± 2.5
	16.10.12	30.1 ± 11.5
	16.11.04	35.7 ± 6.7
	16.12.07	33.8 ± 18.9
	16.12.08	57.0 ± 7.3
After moving	17.06.29	32.9 ± 12.4

229

230

231

Table 2. Results of peak analysis using the adjusted PM_{2.5}[†] concentration.

Zone	Peak occurrence rate (# peaks/min)		Magnitude of peak concentration (µg/m ³)	
	Mean ± SD		GM (GSD)	
	Before Moving Smoking Booth*	After Moving Smoking Booth*	Before Moving Smoking Booth*	After Moving Smoking Booth*
0m	1.8 ± 1.0	0	180.1 (2.1)	0
10m	0.7 ± 0.2	0	130.6 (2.5)	0
20m	0	0	0	0
30m	0	0	0	0
50m	0.2 ± 0.1	0	78.7 (3.3)	0
70m	0	0.1	0	30.0
90m	0.2 ± 0.2	1.1	28.4 (1.7)	73.2
110m	0.4 ± 0.2	0.3	119.3 (2.0)	33.1
10' m	0.7 ± 0.7	0.3	49.5 (2.0)	52.9
30' m	0	0.1	0	26.4

[†]PM_{2.5} concentrations was adjusted by subtracting the daily ambient PM_{2.5} concentrations of the day the measurement was conducted

*Five measurements were taken before smoking booth was moved and only one measurement was taken after smoking booth was moved

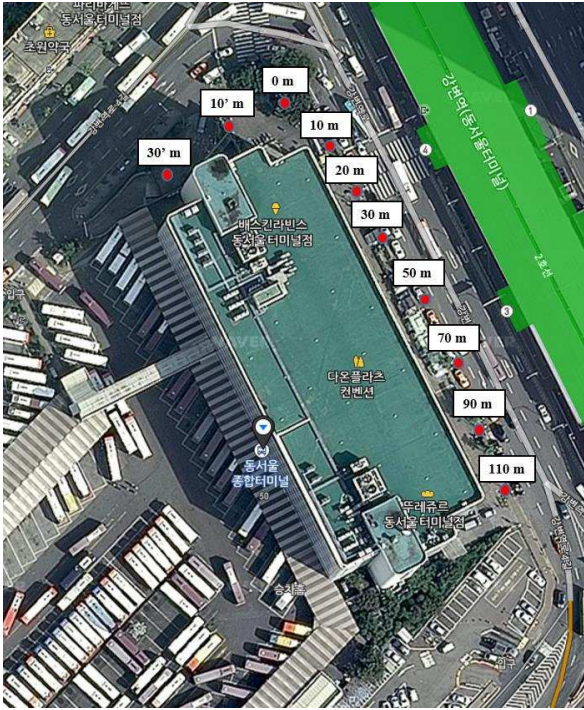
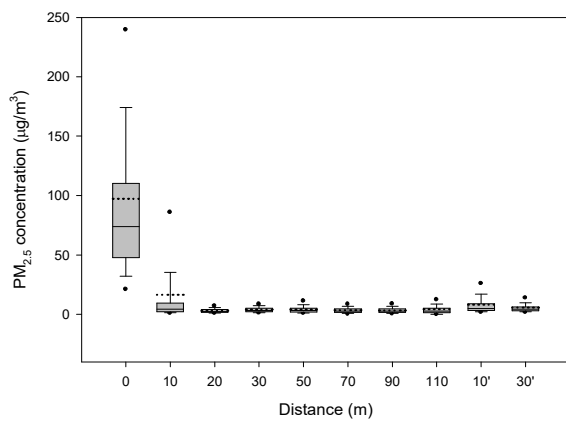
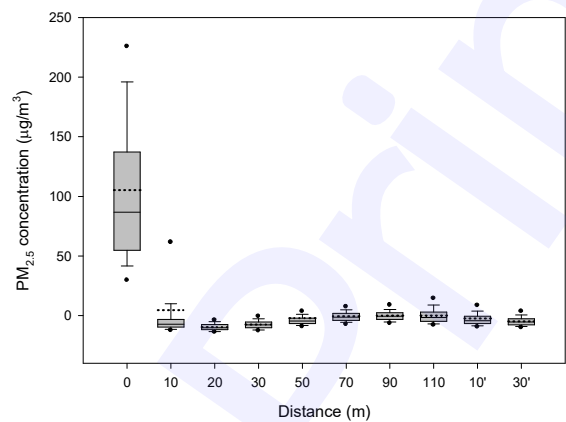


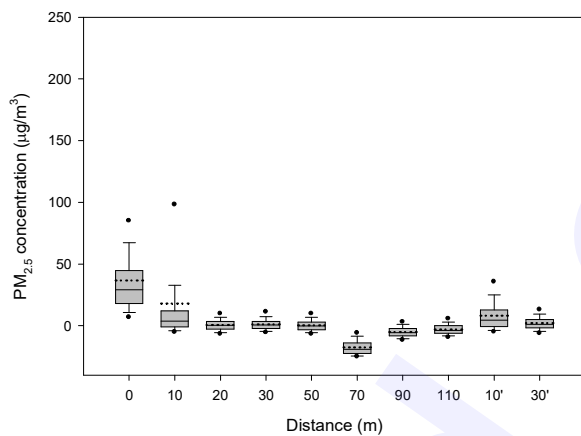
Figure 1. Measurement points of Dong-Seoul Station.



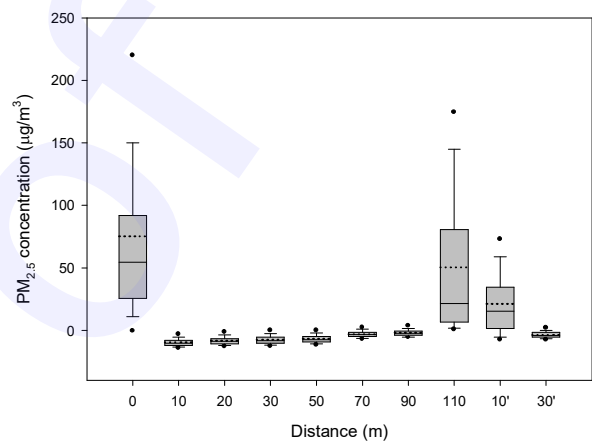
(A) Before moving (Oct.09, 2016)



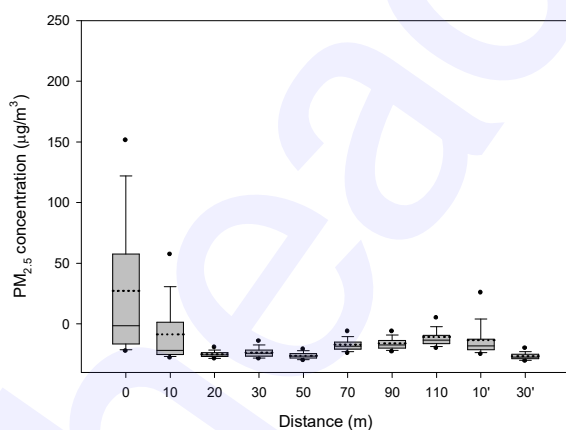
(B) Before moving (Oct.12, 2016)



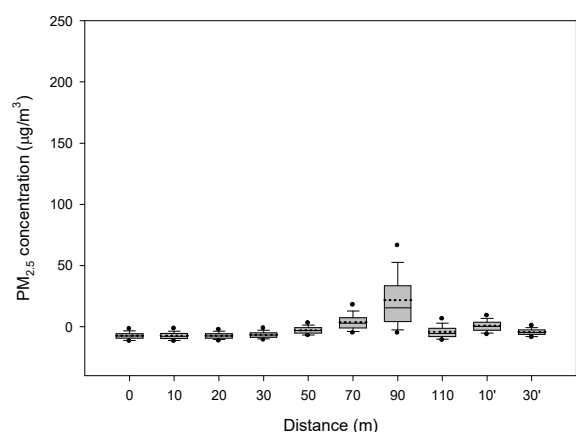
(C) Before moving (Nov.04, 2016)



(D) Before moving (Dec.07, 2016)



(E) Before moving (Dec.08, 2016)



(F) After moving (Jun.29, 2017)

Figure 2. Distribution of PM_{2.5} concentrations* by distance on each measurement day.

* PM_{2.5} concentrations was adjusted by subtracting the daily ambient PM_{2.5} concentrations of the day the measurement was conducted