

## 미세먼지가 삶의 만족도에 미치는 영향: WTP 추정을 중심으로<sup>†</sup>

서미숙\* · 조홍중\*\*

**요약** : 본 연구는 한국노동연구원에서 제공하는 한국노동패널조사(KLIPS) 자료와 환경부 국립환경과학원이 제공하는 미세먼지 정보를 이용하여, 미세먼지가 개인의 주관적인 만족도에 미치는 효과를 분석하고 미세먼지 저감에 따른 사람들의 WTP를 추정했다. 패널 확률효과 순서형 로짓을 이용한 추정 결과에 따르면, 첫째, 미세먼지 농도의 상승은 사람들의 주관적 삶의 만족도 확률을 낮추는 음의 값을 보였다.  $PM_{10}$   $1\mu\text{g}/\text{m}^3$  증가는 각각 0.042%p~0.091%p까지 '만족'을 선택할 확률을 낮추게 했고,  $PM_{2.5}$   $1\mu\text{g}/\text{m}^3$  증가는 각각 0.034%p~0.153%p까지 '만족'을 선택할 확률을 낮췄다. 소득의 경우, 가구당 연간 소득 1% 증가는 '만족' 선택할 확률을 0.16%p~0.18%p까지 높게 했다. 둘째, 대기 질 개선 비용을 산정하기 위해서 미세먼지 저감에 대한 WTP를 도출했다.  $PM_{10}$  1단위 개선하기 위한 사람들의 WTP는 108,787(\$96)~209,519(\$186)원 정도 도출되었고,  $PM_{2.5}$ 의 WTP는 89,345(\$79)~362,930(\$322)원 정도 산출됐다. 이 금액은 한국인 가구 평균 연간 소득의 0.26%~0.50%와 0.22%~0.88%에 해당한다.

**주제어** : 미세먼지, 만족도, WTP

**JEL 분류** : Q2, Q53, I3

접수일(2017년 8월 14일), 수정일(2017년 9월 7일), 게재확정일(2017년 9월 7일)

<sup>†</sup> 이 논문은 2017학년도 단국대학교 대학연구비 지원으로 연구되었으며, 2015년 정부의 지원(교육과학기술부 인문사회연구역량강화사업비)으로 한국연구재단의 지원을 받아 연구되었습니다.(NRF-2015S1A3A2046715).

\* 성신여자대학교 경제학과, 외래강사, 제1저자(e-mail: misukseo@sungshin.ac.kr)

\*\* 단국대학교 경제학과, 교수, 교신저자(e-mail: hongcho@dankook.ac.kr)

# The Effect of $PM_{10}$ and $PM_{2.5}$ on Life Satisfaction: Focusing on WTP<sup>†</sup>

Misuk Seo\* · Hong Chong Cho\*\*

**ABSTRACT :** The purpose of this study is to analyze the effect of local area concentration of particulate matter on life satisfaction, by matching subjective satisfaction in the Korea Labor & Income Panel Study data with daily data of  $PM_{10}$  and  $PM_{2.5}$ . We find that the concentration of particulate matter has a significant negative effect on satisfaction. A  $1\mu\text{g}/\text{m}^3$  increase in  $PM_{10}$  ( $PM_{2.5}$ ) leads to lower the probability of choosing 'satisfaction' by 0.042%p~0.091%p (0.034%p~0.153%p) and a 1% increase in annual income per household raises the probability of choosing 'satisfaction' by 0.16%p~0.18%p respectively. To estimate the monetary value of reducing  $PM_{10}$  and  $PM_{2.5}$ , we calculate willingness-to-pay for mitigating air pollution, which represents the tradeoff between the reduction in particulate matter and income. We find that people on average are willing to pay ₩108,787(\$96)~209,519(\$186) for a  $1\mu\text{g}/\text{m}^3$  reduction in  $PM_{10}$  and to pay 89,345(\$79)~362,930(\$322) in  $PM_{2.5}$ . This amount corresponds to 0.26%~0.50% (0.22%~0.88%) of the average annual household income in South Korea.

**Keywords :**  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$ , Satisfaction, Willingness to pay

Received: August 14, 2017, Revised: September 7, 2017, Accepted: September 7, 2017.

<sup>†</sup> The present research was conducted by the research fund of Dankook university in 2017 and this work was supported by the National Research Foundation of Korea Grant funded by the Korean Government (NRF-2015S1A3A2046715).

\* Adjunct Lecturer, Department of Economics, Sungshin University, First Author  
(e-mail: misukseo@sungshin.ac.kr)

\*\* Professor, Department of Economics, Dankook University, Corresponding Author  
(e-mail: hongcho@dankook.ac.kr)

## I. 서론

OECD (2016)는 대기오염으로 인한 조기 사망이 세계적으로 300만 명 수준이라고 발표하면서 한국은 인구 100만 명당 조기 사망자 수가 2060년 1,109명으로 증가할 것이라고 했다. 이 예상치는 2010년과 비교했을 때 3배가량 증가한 수치다. 삶의 질이 높아지면서 사람들은 환경 문제에 관한 관심도 지속해서 커지고 있다. 특히 미세먼지 PM<sub>2.5</sub> 노출도가 OECD 회원국 중 가장 높다고 보도한 OECD (2015) 삶의 질 보고서는 이러한 이슈를 더욱 증폭시키는 중이다.

정부는 2016년 6월에 ‘미세먼지 관리 특별대책’을 발표하고 현재 수준의 미세먼지 농도를 2026년까지 주요 유럽 도시 수준(18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )으로 개선한다고 목표를 설정했다.<sup>1)</sup> 미세먼지 저감 목표가 실현 가능한 정책이 되기 위해서는 정부는 다음을 규명해야 한다. 첫째, ‘대기의 질’과 ‘삶의 질’의 연관성을 분석한다. 경기개발연구원(2013)과 WHO (2002)는 천식, 알레르기, 아토피성 피부염 등과 같은 질병은 25~33%가 환경요인 때문이라고 한다. 이러한 질병 발생은 사람들의 생활에 부정적인 영향을 주고, 삶의 질을 떨어뜨릴 것이다. 그러므로 대기 오염도와 삶의 질의 관계를 분석하는 것은 문제 제기의 출발점이라 할 수 있다. Welsch (2006), 강성진·김수정(2012), Zhang et al. (2016)은 대기의 오염물질 농도가 높아질수록 삶의 만족도에는 부정적인 영향을 준다는 결과를 보였다.

둘째, 대기 질 개선 비용을 산정하기 위해서 미세먼지 저감에 따른 개인별 또는 가구별 지불용의(willingness to pay, WTP)를 추정한다. 개인의 주관적 만족감에 대한 WTP를 추정하기 위해서는 환경 질에 대한 화폐 가치를 측정해야 한다. 본 연구에서는 Frey et al. (2009)와 Zhang et al. (2016)이 제시한 환경 평가에 대한 생활 만족도 방식(Life Satisfaction Approach)을 이용해 사람들이 기꺼이 지불하고자 하는 화폐단위의 WTP를 계산했다.

대기 질 관련 문헌은 건강, 경제활동, 그리고 삶의 질에 미치는 영향으로 나누어 볼 수 있다. 대기 질과 건강 관련 문헌은 국내외 연구가 활발하다. 홍종호·고유경(2003), 조용성·손양훈(2004), 배현주 외 2인(2011) 등이 대기 오염물질이 호흡기 질환은 음의 관계이고, 오염도 증가 시 사망위험도 증가함을 보였다. 대기 질과 경제활동 관련은 국내외

---

1) 파리는 18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 도쿄는 16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 그리고 런던은 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

연구가 미흡하다. Hausman et al. (1984), Chang et al. (2016), 서미숙(2015)은 먼지 및 미세먼지의 농도가 근로자의 생산성 감소와 노동 손실을 증가시킴을 분석했다. 대기 질과 삶의 질 관련 문헌은 국외 연구는 꾸준히 증가하는 추세이다. 그러나 국내 연구는 강성진·김수정(2012)이 유일하다. 강성진·김수정(2012)은 대기오염과 개인의 생활 만족도의 연관성을 규명했다. 본 연구와의 차별성은 다음과 같다. 첫째, 본 연구는 대기 질 개선을 위한 개인들의 지불의사금액을 추정했다. 둘째, 대기 오염물질 자료는 연간 자료가 아닌 일별 자료를 사용했다. 마지막으로 5대 오염물질을 통합하여 표준화된 지수를 사용하기 보다는 미세먼지  $PM_{10}$ 과  $PM_{2.5}$ 에 대한 삶의 만족도 효과를 독립적으로 분석했다.

본 연구는 한국노동연구원에서 제공하는 한국노동패널조사(KLIPS) 자료와 환경부 국립환경과학원이 제공하는 미세먼지 정보를 이용하여, 미세먼지 농도 하락은 개인의 만족도 수준을 높이는 효과가 있음을 분석했다. 그리고 대기 질 개선 비용을 산정하기 위해서 미세먼지 저감에 대한 WTP를 추정했다. 미세먼지 1단위 개선시키기 위한 사람들의 WTP는 한국인 가구당 평균 연소득의 0.26%~0.50% ( $PM_{10}$ )과 0.22%~0.88% ( $PM_{2.5}$ )에 해당한다.

본 연구는 다음과 같이 구성된다. 제2장은 자료 및 변수를 설명하고, 제3장은 실증분석 방법을 소개한다. 제4장에서는 미세먼지가 삶의 만족도에 미치는 효과를 분석한다. 제5장에서는 추정결과에 대한 요약과 결론을 제시한다.

## II. 자료 및 변수

본 연구에 이용되는 자료는 다음과 같다. 첫째, 개인의 삶의 만족도에 대한 정보는 한국노동연구원에서 제공하는 한국노동패널조사(KLIPS) 시군구 지역의 일별 자료를 이용한다. 둘째, 미세먼지에 대한 정보는 환경부 국립환경과학원이 제공하는 시군구 지역의 일별 자료를 이용한다.

### 1. 한국노동패널조사(Korean Labor & Income Panel Study, KLIPS) 자료

본 연구에서 사용하는 종속변수는 한국노동패널조사에서 제공하는 ‘전반적 삶의 만

족도'이다. 노동패널의 구체적인 질문 내용은 “전반적으로 생활에 얼마나 만족하십니까?” 이고, 응답자는 5점 척도인 ‘(1) 매우 불만족(2) 불만족(3) 보통(4) 만족(5) 매우 만족’ 항목으로 구성되었다.<sup>2)</sup>

<표 1>은 모든 응답자의 2003년부터 2014년까지의 전반적인 삶의 만족도 추이를 지역별로 나타내고 있다. 2003년에 비해 2013년도의 만족도 수준은 평균 3.21 에서 3.40으로 점차 개선되고 있음을 보였다.<sup>3)</sup> 지역별 평균 수치를 살펴보면, 상대적으로 만족도가 높은 지역은 제주(3.55), 전북(3.46), 경남(3.39) 이다. 반면에 상대적으로 만족도가 낮은 곳은 충남(3.19)과 충북(3.21) 지역이다.

<표 1> 전반적 삶의 만족도 연도별·지역별 평균 추이

광역시도	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	지역별 평균
1.서울	3.14	3.14	3.16	3.20	3.23	3.26	3.28	3.32	3.39	3.42	3.32	3.35	3.27
2.부산	3.19	3.13	3.15	3.18	3.25	3.32	3.39	3.39	3.37	3.34	3.35	3.36	3.29
3.대구	3.24	3.17	3.31	3.37	3.34	3.35	3.38	3.34	3.28	3.35	3.40	3.39	3.33
4.대전	3.21	3.21	3.32	3.19	3.43	3.30	3.30	3.28	3.32	3.36	3.33	3.34	3.30
5.인천	3.32	3.31	3.16	3.19	3.17	3.34	3.33	3.35	3.35	3.41	3.40	3.37	3.31
6.광주	3.15	3.22	3.25	3.29	3.34	3.35	3.32	3.41	3.30	3.38	3.36	3.42	3.31
7.울산	3.12	3.25	3.29	3.28	3.29	3.35	3.32	3.31	3.38	3.54	3.57	3.61	3.36
8.경기	3.23	3.18	3.24	3.30	3.32	3.31	3.40	3.44	3.45	3.46	3.50	3.49	3.36
9.강원	3.09	3.07	3.28	3.37	3.14	3.23	3.27	3.31	3.34	3.40	3.43	3.48	3.28
10.충북	3.11	3.08	3.10	3.10	3.22	3.20	3.25	3.30	3.28	3.29	3.32	3.26	3.21
11.충남	3.16	3.10	3.18	3.19	3.19	3.15	3.19	3.26	3.20	3.23	3.24	3.18	3.19
12.전북	3.23	3.23	3.42	3.41	3.51	3.51	3.45	3.42	3.58	3.61	3.60	3.61	3.46
13.전남	3.31	3.37	3.22	3.30	3.34	3.32	3.25	3.25	3.27	3.25	3.30	3.39	3.30
14.경북	3.29	3.40	3.48	3.22	3.17	3.14	3.26	3.29	3.28	3.32	3.27	3.39	3.29

2) 한국 노동패널의 원자료는 ‘(1) 매우 만족 (2) 만족 (3) 보통 (4) 불만족 (5) 매우 불만족’으로 구성되어 있다. 해석의 편의를 위해서, 본 연구에서는 원자료의 순서를 바꾸어 사용했다. 예를 들어 (1) 항목은 (5) 항목으로, (2) 항목은 (4) 항목으로, (4) 항목은 (2) 항목으로, 그리고 (5) 항목은 (1) 항목으로 변경함.

3) 참고로 1998년(1차)부터 2002년(5차)까지의 연평균 만족도는 2.89, 2.95, 3.05, 3.09, 3.11임.

〈표 1〉 전반적 삶의 만족도 연도별·지역별 평균 추이 (Continued)

광역시도	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	지역별 평균
15.경남	3.34	3.37	3.35	3.38	3.42	3.41	3.35	3.39	3.46	3.38	3.41	3.43	3.39
16.제주	3.50	4.00	3.40	3.00	3.50	4.00	3.29	3.39	3.65	3.63	3.62	3.66	3.55
평균	3.21	3.20	3.24	3.26	3.29	3.30	3.33	3.36	3.38	3.40	3.40	3.41	-
합계	11,524	11,597	11,457	11,558	11,579	11,635	14,387	14,111	13,807	13,898	13,821	13,090	152,464

Source: 한국노동패널조사. 2013년도와 2014년도에는 세종시가 추가 지역으로 포함되어 있으나 본 연구에서는 제외함.

<표 2>는 모든 응답자의 연도별 만족도에 대한 5점 척도 응답항목의 추이를 나타내고 있다. <표 2>의 특징은 다음과 같다. 첫째, 2003년도의 ‘매우 만족’과 ‘만족’에 응답한 비율은 약 32.2%를 나타내고 있는 반면에, 2013년도의 응답 비율은 약 44.07%로 나타났다. 둘째, 2003년도와 2013년의 ‘매우 불만족’과 ‘불만족’에 대한 비율은 각각 약 11.12%와 4.54%로 응답했다. <표 1>과 <표 2>를 종합해 보면, 지난 10년 동안 한국인의 주관적인 전반적 삶의 만족도는 개선되고 있었으며, 자신의 삶이 만족스럽지 않다고 생각하는 사람들 또한 지속해서 줄어들었다.

노동패널조사의 조사대상자는 크게 가구정보 설문지 대상자와 개인정보 설문지 대상자로 구별된다. 가구정보가 담긴 설문지는 조사대상 가구의 가구주 혹은 가구주의 배우자를 응답자로 하고, 개인정보가 담긴 설문지는 조사대상 가구에 속한 만 15세 이상의 모든 가구구성원이 조사대상자이다.<sup>4)</sup> 설문지 자료를 사용하여 본 연구에서는 다음과 같은 통제변수를 사용하였다. 첫째, 가구 설문지에서 제공하는 가구의 총 근로소득, 가구원 수, 자녀 수, 입주형태, 주택종류, 현주소 등에 대한 정보를 사용하였다. 둘째, 개인 설문지에서 제공하는 성, 나이, 혼인 상태, 경제활동 상태, 건강 상태, 교육 등을 사용하였다. 셋째, 노동패널 조사의 기본적인 자료 특성을 반영하기 위하여 지역 더미, 연도 더미, 계절 더미 변수를 사용하였다.

4) 한국노동패널조사 자료에 따르면, 가구주와 그 배우자가 응답할 수 없을 때는 가구에 관한 정보를 정확히 제공할 수 있는 다른 가구 구성원을 응답자로 규정하고 있음.

〈표 2〉 5점 척도 항목별 빈도 추이

빈도(%)	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
5.매우 만족	59 (0.51)	45 (0.39)	85 (0.74)	102 (0.88)	58 (0.50)	66 (0.57)	114 (0.79)	54 (0.38)	49 (0.35)	66 (0.47)	60 (0.43)	48 (0.37)
4.만족	3,652 (31.69)	3,552 (30.63)	3,632 (31.70)	3,859 (33.39)	4,242 (36.64)	4,340 (37.30)	5,861 (40.74)	5,727 (40.59)	5,901 (42.74)	6,077 (43.73)	6,031 (43.64)	5,802 (44.32)
3.보통	6,532 (56.68)	6,794 (58.58)	6,722 (58.67)	6,560 (56.76)	6,305 (54.45)	6,337 (54.46)	7,193 (50.00)	7,564 (53.60)	7,160 (51.86)	7,144 (51.40)	7,103 (51.39)	6,747 (51.54)
2.불만족	1,204 (10.45)	1,135 (9.79)	957 (8.35)	979 (8.47)	907 (7.83)	831 (7.14)	1,104 (7.67)	730 (5.17)	665 (4.82)	593 (4.27)	582 (4.21)	480 (3.67)
1.매우 불만족	77 (0.67)	71 (0.61)	61 (0.53)	58 (0.50)	67 (0.58)	61 (0.52)	115 (0.80)	36 (0.26)	32 (0.23)	18 (0.13)	45 (0.33)	13 (0.10)
합계	11,524	11,597	11,457	11,558	11,579	11,635	14,387	14,111	13,807	13,898	13,821	13,090

Source: 한국노동패널조사. 2013년도와 2014년도에는 세종시가 추가 지역으로 포함되어 있으나 본 연구에서는 제외함.

## 2. 미세먼지(Particulate Matters) 자료

미세먼지와 삶의 만족도와의 연관성을 분석하기 위해서, 본 연구에서 사용하는 독립 변수는 환경부 국립환경과학원이 제공하는 PM<sub>10</sub>과 PM<sub>2.5</sub>로 불리는 ‘미세먼지’ 자료이다. 미세먼지는 지름에 따라 크게 10 $\mu$ m 이하인 PM<sub>10</sub>과 2.5 $\mu$ m 이하인 PM<sub>2.5</sub> 구분된다.<sup>5)</sup> 미세먼지가 쟁점이 되는 이유는 크기가 아주 작기 때문이다. 인체에 미세먼지가 들어올 때 천식과 같은 호흡기계 질병을 유발 또는 악화시킨다. 심각한 경우 폐포까지 침투하여 폐 기능 저하와 폐암 발생률을 증가시키는 원인이 되기도 하고 조기 사망 위험도 증가시킨다. 이러한 이유로 2013년 세계보건기구는 미세먼지를 1급 발암물질로 지정했다.

미세먼지가 개인의 삶의 만족도에 미치는 영향을 분석하기 위해 본 연구는 PM<sub>10</sub>과 PM<sub>2.5</sub> 자료를 사용했다. <표 3>은 2003년부터 2014년 6월까지의 PM<sub>10</sub> 지역별 평균 농도를 나타낸다. 환경부는 PM<sub>10</sub> 환경기준을 1993년도에 처음으로 신설하여 2001년과 2007년 두 번 더 환경기준을 강화했다. 현재 적용하고 있는 PM<sub>10</sub> 대기 환경기준은 연평균 50 $\mu$ g/m<sup>3</sup> 이하, 일평균 100 $\mu$ g/m<sup>3</sup> 이하이다. 전체 표본에서 연평균을 초과하는 비율은

5) 먼지는 입자 크기에 따라 총먼지와 미세먼지로 구분할 수 있다. 총먼지는 지름이 50 $\mu$ m 이하인 경우를 지칭한다. 총먼지(TSP)의 환경 기준은 2001년에 폐지되었고, 정부는 PM<sub>10</sub>에서 PM<sub>2.5</sub> 중심으로 정책을 전환 중임.

약 45.53%, 일평균을 초과하는 비율은 7.77%에 해당한다. 그러나 세계보건기구(WHO) 권고기준을 적용하면 연평균 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 를 초과하는 비율은 93.06%로 WHO 허용기준에 도달하지 못하고 있다.<sup>6)</sup>

PM<sub>10</sub> 농도는 2003년에 약 57.30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 에서 2013년도에는 약 48.55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 개선됨을 보인다. 오염이 가장 심한 지역은 2003년에는 서울, 대구, 경기가 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  이상을 초과하고 있고, 2013년에는 경기와 충북이 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  이상을 초과했다.

〈표 3〉 미세먼지(PM<sub>10</sub>) 연도별·지역별 평균 추이(단위:  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

광역시도	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	지역별 평균
1.서울	69.19	61.97	59.48	60.18	62.09	55.49	54.80	50.46	49.00	42.67	47.03	57.79	55.85
2.부산	55.03	61.79	59.18	59.28	56.66	51.02	49.75	49.49	48.41	43.96	48.75	55.75	53.26
3.대구	61.30	59.40	56.77	57.42	56.25	59.56	48.80	50.96	47.24	42.67	45.79	52.91	53.26
4.대전	46.81	50.84	48.99	49.53	48.55	45.48	44.42	44.22	45.84	40.86	43.06	51.76	46.70
5.인천	59.42	61.31	59.71	66.65	62.56	56.64	59.36	55.34	54.31	46.77	49.03	58.45	57.46
6.광주	35.96	46.04	49.90	58.54	55.77	51.93	48.04	47.44	45.07	39.80	43.70	52.87	47.92
7.울산	39.75	52.57	51.13	51.91	54.16	53.92	48.52	48.01	49.98	47.16	48.01	53.99	49.93
8.경기	67.83	66.12	65.24	68.01	66.14	59.89	60.65	58.33	56.57	49.81	54.45	65.54	61.55
9.강원	47.59	48.06	50.85	51.91	48.29	46.51	44.57	45.23	43.26	40.14	44.09	55.14	47.14
10.충북	55.02	53.77	50.17	52.90	58.48	56.04	57.86	58.52	53.54	50.60	54.99	65.04	55.58
11.충남	48.10	51.20	51.59	50.62	54.35	50.13	49.80	49.48	48.02	41.69	44.11	54.27	49.45
12.전북	44.53	48.77	51.06	56.29	58.46	51.38	50.38	49.90	47.97	45.90	49.30	60.85	51.23
13.전남	45.25	49.96	45.52	43.87	46.18	46.56	46.35	40.76	39.97	35.98	38.37	47.07	43.82
14.경북	50.84	52.95	49.16	51.29	51.06	49.57	47.77	45.25	44.56	41.79	46.71	54.60	48.80
15.경남	46.34	51.87	50.53	51.47	51.72	49.08	46.15	46.54	46.13	41.89	47.16	55.70	48.71
16.제주	37.54	40.71	43.47	45.53	42.71	42.39	41.95	47.71	42.90	33.32	39.83	55.75	42.82
평균	57.30	57.94	56.35	58.34	57.94	53.72	52.67	51.06	49.77	44.55	48.55	58.26	-
합계	45,961	49,296	51,108	53,115	56,130	57,624	58,413	58,837	60,593	61,716	62,328	30,871	645,992

Source: 한국국립환경과학원. 2014년 6월까지의 자료임.

6) 세계보건기구(WHO)의 미세먼지 농도 허용 기준은 PM<sub>10</sub>의 경우 연평균 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하, 일평균 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  이하이고, PM<sub>2.5</sub>의 경우 연평균 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  이하, 일평균 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  이하이다. 우리나라의 미세먼지 허용치는 WHO 권고기준의 2배 정도 높게 허용하고 있음.



<표 4>는 2003년부터 2014년 6월까지의 미세먼지 PM<sub>10</sub> 월별 평균 농도를 나타낸다. 계절별 오염도를 살펴보면 여름과 가을의 미세먼지 농도가 가장 낮았지만 겨울과 봄의 농도는 상대적으로 높게 나타나고 있다. 이러한 특성을 반영하기 위해 본 연구에서 계절 더미를 사용한다.

PM<sub>2.5</sub> 대기 환경기준은 2011년도에 처음으로 신설하여 2015년부터 적용을 시작했다. 현재 적용하고 있는 PM<sub>2.5</sub> 환경기준은 연평균 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  이하, 일평균 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  이하이다. PM<sub>2.5</sub>에 대한 자료 모니터링은 2009년부터 부분적으로 시작했다. 2011년도에 와서야 전국 16개 도시에 대한 전반적인 자료 수집이 이루어지는 관계로 본 연구에서는 <표 5>에서 제시하는 바와 같이, PM<sub>2.5</sub>가 삶의 만족도에 미치는 효과를 분석하기 위해서 2011년부터 2014년 6월까지의 일별 자료를 사용했다.

<표 4> 미세먼지(PM<sub>10</sub>) 연도별·월별 평균 추이(단위: $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

월 (month)	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	월별 평균
3	66.05	76.60	62.80	79.45	64.48	74.53	57.37	63.61	65.43	51.27	62.31	59.26	65.26
4	60.56	67.89	80.37	95.75	81.56	65.46	63.68	50.37	59.38	53.95	54.16	58.51	65.97
5	73.96	67.01	58.18	60.57	79.44	59.23	56.41	58.20	73.83	56.60	59.77	67.04	64.19
봄 평균	66.86	70.50	67.12	78.59	75.16	66.41	59.15	57.40	66.21	53.94	58.75	61.60	65.14
6	67.08	63.48	64.63	63.78	45.17	42.64	51.60	51.09	48.71	41.11	45.03	45.40	52.48
7	43.23	49.54	63.25	33.54	51.17	42.74	40.38	35.97	33.56	32.86	37.90	-	42.19
8	41.28	37.51	43.88	40.86	33.75	32.76	34.59	35.97	31.22	26.62	39.87	-	36.21
여름 평균	50.53	50.17	57.25	46.06	43.36	39.38	42.19	41.01	37.83	33.53	40.93	45.40	43.84
9	46.83	38.67	37.35	36.07	35.12	40.24	41.15	31.93	32.74	32.77	33.12	-	36.91
10	48.89	55.22	50.37	61.49	44.59	59.24	54.36	44.80	45.64	39.39	35.39	-	49.03
11	50.51	61.21	66.58	49.06	63.28	50.25	45.36	72.59	43.68	47.97	45.84	-	54.21
가을 평균	48.74	51.70	51.43	48.87	47.67	49.91	46.96	49.77	40.68	40.04	38.12	-	46.72
12	62.40	55.69	47.49	59.45	63.82	59.09	64.75	62.54	46.75	43.07	54.92	-	56.36
1	62.28	61.10	54.92	59.56	65.27	58.52	51.78	56.77	45.22	57.80	64.26	61.76	58.27
2	67.91	62.40	45.93	60.82	68.47	60.42	72.01	48.75	72.24	51.59	49.28	57.03	59.74

〈표 4〉 미세먼지(PM<sub>10</sub>) 연도별·월별 평균 추이(단위:µg/m<sup>3</sup>) (Continued)

월 (month)	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	월별 평균
겨울 평균	64.20	59.73	49.44	59.94	65.85	59.34	62.85	56.02	54.74	50.82	56.16	59.39	58.21
12개월 평균	57.30	57.94	56.35	58.34	57.94	53.72	52.67	51.06	49.77	44.55	48.55	58.26	-

Source: 한국국립환경과학원. 2014년 6월까지의 자료임.

<표 5>는 미세먼지 PM<sub>2.5</sub> 지역별·월별 평균 농도를 나타낸다. PM<sub>2.5</sub> 농도는 2011년 에 약 31.04µg/m<sup>3</sup>에서 2013년도에는 약 32.55µg/m<sup>3</sup>로 PM<sub>10</sub>과는 다르게 점차 농도가 높아짐을 보인다. 대부분 지역에서 PM<sub>2.5</sub> 오염도가 25µg/m<sup>3</sup> 이상을 초과하고 있다. 계절별 오염도를 살펴보면 PM<sub>10</sub>과 같이 여름과 가을의 미세먼지 농도는 상대적으로 낮아지고 겨울과 봄의 농도는 상대적으로 높게 나타나는 비슷한 패턴을 보인다. 전체 표본에서 PM<sub>2.5</sub> 대기 환경기준 연평균을 초과하는 비율은 약 52.80%, 일평균을 초과하는 비율은 약 13.64% 정도 발생했다. 세계보건기구(WHO) 권고기준을 적용하면 연평균 10µg/m<sup>3</sup>를 초과하는 비율은 92.77%로 한국의 미세먼지 오염도가 상당히 높은 것을 알 수 있다.

〈표 5〉 미세먼지(PM<sub>2.5</sub>) 지역별·월별 평균 추이(단위:µg/m<sup>3</sup>)

광역 시도	2011	2012	2013	2014	지역별 평균	월 (month)	2011	2012	2013	2014	월별 평균
1.서울	31.57	27.76	35.12	44.73	34.79	3	32.60	32.64	37.48	38.17	35.22
2.부산	23.86	27.03	25.05	32.95	27.22	4	34.76	28.39	32.44	38.89	33.62
3.대구	26.68	27.11	29.19	34.86	29.46	5	33.05	36.21	39.67	36.59	36.38
4.대전	36.20	33.97	39.99	32.08	35.56	봄 평균	33.47	32.41	36.53	37.88	35.07
5.인천	37.01	28.10	29.15	37.09	32.84	6	36.36	26.36	32.21	30.55	31.37
6.광주	35.10	31.84	36.42	32.40	33.94	7	24.25	21.96	23.66	-	23.29
7.울산	25.13	25.08	30.51	34.62	28.84	8	21.43	16.69	27.14	-	21.75
8.경기	38.09	21.96	21.95	39.92	30.48	여름 평균	27.35	21.67	27.67	30.55	26.81
9.강원	34.71	35.54	44.41	46.83	40.37	9	20.67	21.60	21.90	-	21.39
10.충북	37.08	42.97	42.93	51.54	43.63	10	31.95	26.86	21.47	-	26.76
11.충남	32.09	29.20	41.86	31.26	33.60	11	30.23	31.71	27.18	-	29.71

〈표 5〉 미세먼지(PM<sub>2.5</sub>) 지역별·월별 평균 추이(단위:µg/m<sup>3</sup>) (Continued)

광역시도	2011	2012	2013	2014	지역별 평균	월 (month)	2011	2012	2013	2014	월별 평균
12.전북	29.09	37.60	36.11	46.04	37.21	가을 평균	27.62	26.72	23.52	-	25.95
13.전남	39.58	29.74	34.12	40.07	35.88	12	32.16	22.11	34.95	-	29.74
14.경북	14.80	23.10	24.20	27.34	22.36	1	26.25	42.46	50.22	39.63	39.64
15.경남	25.75	26.76	31.38	35.86	29.94	2	51.17	33.11	35.05	41.03	40.09
16.제주	24.33	17.70	27.79	32.87	25.67	겨울 평균	36.53	32.56	40.07	40.33	36.39
평균	31.04	28.83	32.55	37.87	-	12개월 평균	31.04	28.83	32.55	37.87	-
합계	5228	5238	5121	2193	17780	합계	5228	5238	5121	2193	17780

Source: 한국국립환경과학원. 2014년도는 6월까지의 자료임.

### 3. 자료 병합과 기술 통계

노동패널조사 자료와 미세먼지 자료를 병합하기 위해서 응답자에 대한 시간적 정보와 공간적 정보가 필요하다. 1998년(1차)에 시작된 한국 노동패널은 매년 주기로 조사하고 있으나, 본 연구에 사용된 시간적 범위는 (1) PM<sub>10</sub>의 경우 2003년(6차)부터 2014년(17차)까지의 조사 기간과 (2) PM<sub>2.5</sub>의 경우 20011년(14차)부터 2014년(17차)까지의 조사 기간이다. 공간적 범위는 우리나라 16개 도시의 47개 시군구 지역이다.<sup>7)</sup> 노동패널 조사는 모든 응답자의 면접 월(month)과 면접 일(day) 등에 대한 정보를 제공하고 있으므로, 각 응답자의 개인별 지역 코드 및 날짜와 미세먼지 자료의 지역 코드 및 날짜를 일치시켜 두 자료를 병합했다. 또한, 기상청의 날씨 변수 자료를 더불어 병합해서 사용했다. 날씨 변수는 기온, 황사 발생 여부, 적설량과 강수량 유무다.

본 연구에서 미세먼지 크기 정도에 따라 표본을 나누어 삶의 만족도에 대한 효과를 분석한 이유는 다음과 같다. 첫째, PM<sub>10</sub>의 경우 1993년 대기 환경기준을 처음 신설했고 1999년에 전국 광역시도의 자료가 모두 구축됐다. 2011년 기준 현재 PM<sub>2.5</sub> 원자료는 전국 32개 측정소 자료를 제공하고 있는 반면에, PM<sub>10</sub> 원자료는 전국 317개의 측정소 코드를 제공한다. 그러므로 본 연구에서는 10년이 넘는 기간의 PM<sub>10</sub> 자료를 독립적으로 사

7) 한국노동패널은 지난 2017년 1월에 2015년도(18차) 조사 자료를 공개함.

용하여 사람들의 미세먼지에 대한 반응을 엄밀히 살펴볼 수 있기 때문이다. 둘째, 두 표본을 하나로 병합할 경우 PM<sub>10</sub> 표본이 가진 175개 측정소 정보가 PM<sub>2.5</sub> 표본의 30개 측정소로 축소되어 자료의 대량 손실이 발생할 수 있기 때문이다.

<표 6>은 PM<sub>10</sub>과 PM<sub>2.5</sub>의 표본에 대한 평균과 표준편차를 제시하고 있다. ‘만족도’는 종속변수이고, ‘미세먼지’는 독립변수이다. 본 연구에서는 통제변수로 Ferreira et al. (2013)과 Frey and Stutzer (2000)의 연구 결과를 토대로 사회·경제적 요인과 날씨 요인을 <표 6>과 같이 사용했다. 변수 ‘총소득’은 작년 한 해 동안 가구당 총 근로소득이고 2010년 기준의 실질소득이다. ‘고3 이하 자녀 없음’ 변수보다는 5세 이하 자녀나 미취학 자녀에 대한 정보를 사용하려 했으나 노동패널은 2013년(16차) 자료부터 이 정보를 수집하기 시작했다. ‘비자가’ 변수는 입주형태가 자가아인 경우를 일컫는다. ‘기혼’ 변수는 별거, 이혼, 배우자 사망 등이 포함된 미혼이 아닌 경우이다. 노동패널은 응답자의 현재 주관적인 건강 상태에 대한 정보를 수집했다. 건강 상태가 ‘나쁨’이나 ‘아주 나쁨’을 응답한 경우가 ‘건강 나쁨’ 변수이다.

〈표 6〉 기술 통계

변수이름	PM <sub>10</sub>				PM <sub>2.5</sub>			
	Mean	SD	Min	Max	Mean	SD	Min	Max
만족도(5점 척도)	3.36	0.60	1	5	3.43	0.57	1	5
미세먼지( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	48.47	28.04	0	592	25.96	16.52	1	149
총소득(만 원)	3985.66	2931.09	4.54	116826.90	4031.76	2907.88	5.50	116826.90
고3 이하 자녀 없음(%)	0.53	0.50	0	1	0.56	0.50	0	1
여성(%)	0.51	0.50	0	1	0.51	0.50	0	1
나이(세)	42.64	16.04	13	100	44.90	16.47	14	100
미취업자(%)	0.38	0.49	0	1	0.36	0.48	0	1
비자가(%)	0.36	0.48	0	1	0.34	0.48	0	1
기혼(%)	0.74	0.44	0	1	0.77	0.42	0	1
건강 나쁨(%)	0.11	0.31	0	1	0.10	0.30	0	1
교육정도(%)								
초등학교	0.10	0.30	0	1	0.11	0.31	0	1
중학교	0.12	0.32	0	1	0.11	0.32	0	1

〈표 6〉 기술 통계 (Continued)

변수이름	PM <sub>10</sub>				PM <sub>2.5</sub>			
	Mean	SD	Min	Max	Mean	SD	Min	Max
교육정도(%)								
고등학교	0.37	0.48	0	1	0.35	0.48	0	1
2년제 대학	0.13	0.34	0	1	0.14	0.35	0	1
4년제 대학	0.22	0.41	0	1	0.22	0.42	0	1
대학원 석사	0.03	0.16	0	1	0.03	0.16	0	1
대학원 박사	0.01	0.07	0	1	0.01	0.07	0	1
날씨변수								
기온(°C)	20.50	5.85	-10.50	33.10	19.45	7.13	-12.20	33.10
습도(%)	71.54	14.17	18.50	99.80	72.44	13.99	23.10	99.80
적설량없음(%)	0.99	0.04	0	1	0.99	0.06	0	1
강수량없음(%)	0.54	0.50	0	1	0.57	0.50	0	1
황사없음(%)	0.99	0.12	0	1	0.99	0.08	0	1
N	117,392				39,593			

Note: PM<sub>10</sub>은 2003년부터 2014년 6월까지의 자료이고 PM<sub>2.5</sub>은 2011부터 2014년 6월까지의 자료임.

### III. 실증 분석

본 연구에서는 미세먼지 오염도에 따른 개인의 삶의 만족도 변화를 분석하고, 개인의 주관적 만족감에 대한 지불의사금액(willingness to pay, WTP)을 추정하기 위해서 Frey et al. (2009)와 Zhang et al. (2016)이 제시한 모형을 사용하였다.

$$S = f(PM, y, \theta'z) \tag{1}$$

식 (1)에서  $S$ 는 개인의 주관적 만족도(행복감), 즉 ‘전반적 생활 만족도’를 나타내고 있다.  $PM$ 은 비시장적 가치를 지니는 환경 재화로 미세먼지 농도이고  $y$ 는 개인의 소득 수준이다.  $\theta'z$ 는 사회·경제적 변수, 날씨 변수, 지역 더미 변수 조합이다. 실증분석을 위한 기본적인 계량 모형은 식 (2)와 같다.

$$S_{ijt} = \alpha PM_{jt} + \beta \ln y_{ijt} + X'_{ijt} \gamma + W'_{jt} \phi + \delta_j + \eta_t + \varepsilon_{ijt} \quad (2)$$

$S_{ijt}$ 는  $t$  면접일 당시  $j$  지역에 사는 응답자 개인  $i$ 의 주관적 만족도(S)이다. 이 자료는 선택형 범주로 5점 척도가 갖는 순서는 의미가 있다. 그러므로 본 연구에서는 패널효과 순서형 로짓 모형(ordered logit)을 사용하여 분석했다.  $PM$ 은  $PM_{10}$ 과  $PM_{2.5}$ 를 사용하고, 소득  $\ln y$ 는 로그를 취한 값이다.  $X'_{ijt}$ 는 사회·경제적 변수 벡터로 가구당 연간 총 근로소득, 고3 이하 자녀 유무, 성, 나이, 취업 여부, 입주형태, 결혼 여부, 건강 상태, 교육 수준으로 구성되어 있다.  $W'_{jt}$ 는 날씨 변수 벡터로 기온, 습도, 적설량 유무, 강수량 유무, 황사 유무를 구성하고 있다.  $\delta_j$ 는 지역  $j$ 에 대한 고정효과를 설명하고,  $\eta_t$ 는 계절적 요인과 연간 효과를 나타낸다.  $\varepsilon_{ijt}$ 는 오차항이다.

개인의 주관적 만족감에 대한 WTP를 추정하기 위해서는 환경 질에 대한 화폐 가치를 측정해야 한다. 즉, 환경오염 물질과 가구당 소득 간의 한계대체율(marginal rate of substitution)을 계산한다. 예컨대, 소비자가 1단위의 미세먼지를 더 개선하기 위해 본인의 소득 수준 일정 부분을 지불할 의사를 갖는다는 뜻으로 해석할 수 있다. 이때 개인의 주관적 만족감(효용)에는 아무런 변화가 생기지 않는다면( $dS = 0$ ), 이러한 한계대체율을 우리는 소비자의 지불의사금액이라고 한다. 다시 말해서 WTP는 미세먼지를 보다 개선하고자 할 때 소비자가 기꺼이 지불하고자 하는 화폐단위의 수준을 말한다.

식 (2)를 전미분하여 우리는 미세먼지와 가구당 소득 간의 한계대체율을 계산하여 WTP를 추정할 수 있다.

$$\frac{(\partial S / \partial PM)}{\partial S / \partial \ln y} = \frac{\hat{\alpha}}{\hat{\beta}}, \Rightarrow WTP = \frac{\partial y}{\partial PM} \Big|_{dS=0} = -\frac{\hat{\alpha}}{\hat{\beta}} y \quad (3)$$

식 (3)의 값은 일일 미세먼지의 1 단위( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) 개선을 위해 사람들이 평균적으로 지볼할 수 있는 가구당 연간 소득 금액을 나타내는 지불용의다.

#### IV. 추정 결과

대기 질이 사람들의 주관적인 만족도에 미치는 효과를 살펴보기 위해서 본 연구는 미세먼지 농도 변화와 개인의 삶의 만족도와의 관계를 추정하였다.

<표 7>과 <표 8>은 패널 확률효과 순서형 로짓 모형을 추정한 결과표를 축약하여 제시하였고 전체 결과표는 <부표 1>과 <부표 3>에 있다. 추정계수에서 미세먼지 변수를 보면 추정계수가 음수이다.<sup>8)</sup> 이는 미세먼지 농도가 높을수록  $Pr(S_i = 1)$ 의 확률이 커지고  $Pr(S_i = 5)$ 의 확률은 줄어드는 것을 의미한다. 즉, 미세먼지 농도가 높아질수록 ‘만족도’에 대한 부정적인 응답이 늘어나고 긍정적인 응답은 줄어든다는 것을 알 수 있다. 모형(1)~모형(11)은 미세먼지 추정계수의 변화를 살펴보기 위해 실행한 결과이다. 그러나 추정계수의 부호만으로는 미세먼지가 어떤 영향을 미쳤는지는 알 수 없으므로 <표 9>와 <표 10>에서 응답항목 ‘만족’과 ‘매우 만족’에 대한 한계효과 추정치를 제시했다. <표 7>의 모형(1)의 의미는 2003년부터 2014년 6월까지(138개월) 구축한 자료에 대한 추정치이고, 모형(11)의 의미는 2013년부터 2014년 6월까지(18개월) 구축한 자료의 추정치이다.

$PM_{10}$ 의 경우, 모형(3)을 제외하고는 2008년까지의 자료를 포함한 추정 결과는 통계적으로 유의하지 않음을 보여주고 있다. 그러나 2011년 이상의 미세먼지 정보를 포함하고 있는 모형(9), 모형(10), 그리고 모형(11)의 결과를 보면, 미세먼지 농도의 상승은 지속해서 사람들의 만족도 확률을 낮추는 유의한 음의 값을 보였다.  $PM_{2.5}$ 는 2011년 미세먼지 정보 자료를 제외한 모형(2)와 모형(3)은 통계적으로 유의미한 음의 값을 보였다. 즉, 미세먼지 농도 하락은 개인의 만족도 수준을 높이는 효과가 있음을 알려준다. 이는 Zhang et al. (2016), Ferreira et al. (2013), MacKerron and Mourato (2000)의 결과와 부합한다.

통제변수 추정치를 살펴보면 다음과 같다. 소득의 증가는 만족도를 높이고, 고등학생 이하 자녀가 없는 사람은 고등학생 이하 자녀가 있는 경우보다 만족도가 높다. 여성이 남성보다 만족도가 높고, 나이가 많아질수록 만족도는 감소하다가 다시 증가하는 비선형 U 형태를 보인다. 미취업자는 취업자와 비교하면 만족도가 낮고, 자가와 비교하면 전체

8) 분석의 편의를 위해 미세먼지 자료를 1000으로 나누어 사용함.

나 월세 거주하는 사람의 만족도는 낮게 나타났다. 결혼하지 않은 사람이 결혼한 사람보다 만족도가 낮고, 주관적인 건강상태가 나쁜 사람은 그렇지 않은 사람보다 만족도가 낮다. 고학력일수록 만족도는 높아짐을 보였다. 우도비(Likelihood ratio, LR) 검정 결과값을 보면,  $p$ 값이 매우 작아 그룹 확률효과가 존재한다고 볼 수 있다. 본 연구에서 사용하는 개인 그룹은 18,122~11,112개이다.

본 연구는 식 (3)을 이용하여 대기 질 개선 비용을 산정하기 위한 미세먼지 저감에 따른 소비자의 WTP를 추정한다. 즉, 식 (3)은 미세먼지의 1단위( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) 줄이기 위해서 평균적으로 지불할 수 있는 가구당 연간 소득 금액, 즉 지불의사금액이다. <표 7>과 <표 8>에서 추정된 계수는 설명변수의 한계효과를 나타내지 않기 때문에, WTP를 추정하기 위해서는 한계효과  $\hat{\alpha}$ 와  $\hat{\beta}$  값을 구해야 한다. 설명변수가 각 범주 응답 확률에 미치는 ‘미세먼지( $\hat{\alpha}$ )’와 ‘소득( $\hat{\beta}$ )’의 한계효과를 추정하여 <표 9>와 <표 10>에 제시했다. 한계효과를 구하기 위해 본 연구는  $PM_{10}$ 의 모형(9)~모형(11)의 세 모형과  $PM_{2.5}$ 의 모형(1)~모형(3)에 집중했다.<sup>9)</sup> 한국노동패널조사의 만족도 문항은 5점 척도로 구성되어 있어서 응답항목별로 한계효과를 추정할 수 있다. 본 연구는 미세먼지 저감을 위한 사람들의 지불의사를 추정해야 하므로, 응답항목 ‘매우 불만족(S=1)’ ~ ‘매우 만족(S=5)’에 대한 각 한계효과를 구했다. <표 9>의 응답항목 ‘만족(S=4)’에 대한 결과값을 살펴보면 다음과 같다.  $PM_{10}$   $1\mu\text{g}/\text{m}^3$  증가는 각각 0.042%p, 0.068%p, 0.091%p까지 ‘만족’을 선택할 확률을 낮추게 했고,  $PM_{2.5}$   $1\mu\text{g}/\text{m}^3$  증가는 각각 0.034%p, 0.068%p, 0.153%p까지 ‘만족’을 선택할 확률을 낮추게 했다. 소득의 경우, 가구당 연간 소득 1% 증가는 ‘만족’을 선택할 확률을 0.16%p, 0.17%p, 0.18%p까지 높게 했다.

WTP를 추정하기 위해서 응답항목별로 각 모형의 평균 가구당 연간 소득을 <표 9>와 <표 10>에 기술했다. 개인의 효용수준(만족도,  $dS = 0$ )을 유지하면서,  $PM_{10}$  1단위 개선시키기 위한 사람들의 WTP는 108,787원(\$96)~209,519원(\$186),  $PM_{2.5}$ 의 WTP는 89,345(\$79)~362,930(\$322)원 정도를 도출했다.<sup>10)</sup> 이 금액은 한국인 가구 평균 연간

9) <표 9>의 모형(9)에 제시된  $-0.4204$ 는  $\frac{\partial \Pr(S_{ijt} = 4)}{\partial PM_{jt}}$ 를 계산한 값이다. 독립변수  $PM_{10}$  1단위 증가하면 응답항목 (S=4)를 선택할 확률이 0.042%p씩 감소한다고 볼 수 있다.  $\frac{\partial \Pr(S_{ijt} = 5)}{\partial PM_{jt}}$ 의 결과값은  $-0.0012$ 이다.  $PM_{10}$ 이 1단위 증가하면 응답항목 (S=5)를 선택할 확률이 0.0001%p씩 감소함을 보임.



소득의 0.26%~0.50%와 0.22%~0.88%에 해당한다.

<표 7> 패널 확률효과 순서형 로짓 모형:  $PM_{10}$

(b/se)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	2003년 이상 138개월	2004년 이상 126개월	2005년 이상 114개월	2006년 이상 102개월	2007년 이상 90개월	2008년 이상 78개월
미세먼지	-0.263	-0.418	-0.562*	-0.469	-0.527	-0.668
(÷1000)	(-0.29)	(-0.32)	(-0.34)	(-0.37)	(-0.40)	-0.46
총소득	0.563***	0.569***	0.587***	0.592***	0.603***	0.592***
(만원)	(-0.01)	(-0.01)	(-0.01)	(-0.01)	(-0.01)	(-0.02)
N	117392	109249	100815	92147	83166	73816
개인그룹 N	18122	17665	17195	16731	16280	15771
Log likelihood	-90445.139	-83530.37	-76536.91	-69609.008	-62269.894	-54783.884
(b/se)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	-
	2009년 이상 66개월	2010년 이상 54개월	2011년 이상 42개월	2012년 이상 30개월	2013년 이상 18개월	-
미세먼지	-0.960*	-0.987	-1.716**	-2.808***	-3.739***	-
(÷1000)	(-0.51)	(-0.60)	(-0.72)	(-0.83)	(-1.00)	-
총소득	0.579***	0.604***	0.648***	0.700***	0.746***	-
(만원)	(-0.02)	(-0.02)	(-0.02)	(-0.03)	(-0.03)	-
N	64447	53568	42525	31756	20601	-
개인그룹 N	15204	14404	13654	12939	11883	-
Log likelihood	-47494.989	-38587.06	-30510.087	-22756.631	-14894.959	-

Source: 한국노동연구원 한국노동패널조사 자료와 환경부 국립환경과학원 미세먼지 자료.

Note: \*  $p < 0.10$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*\*\*  $p < 0.01$ . 자료의 특성을 반영하기 위해 16시도 지역 더미, 연도 더미, 계절 더미를 사용함.

10) 2017년 8월 4일 현재 기준인 1,126.00 환율(원)을 사용함.

〈표 8〉 패널 확률효과 순서형 로짓 모형:  $PM_{2.5}$

(b/se)	(1)	(2)	(3)
	2011년 이상 42개월	2012년 이상 30개월	2013년 이상 18개월
미세먼지	-1.393	-2.795**	-6.179***
(÷1000)	(-0.99)	(-1.23)	(-1.49)
총소득	0.630***	0.669***	0.698***
(만원)	(-0.02)	(-0.03)	(-0.04)
N	39593	27914	17456
개인그룹 N	14177	12797	11122
Log likelihood	-28483.802	-19999.191	-12589.703

Source: 한국노동연구원 한국노동패널조사 자료와 환경부 국립환경과학원 미세먼지 자료.

Note: \*  $p < 0.10$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*\*\*  $p < 0.01$ . 자료의 특성을 반영하기 위해 16시도 지역 더미, 연도 더미, 계절 더미를 사용함.

〈표 9〉 주요 변수의 한계효과와 WTP:  $PM_{10}$

		모형(9)	모형(10)	모형(11)
미세먼지(÷1000)	$\frac{\partial \Pr(S_{ijt} = 1)}{\partial PM_{jt}}$	.0002	.0003	.0003
	$\frac{\partial \Pr(S_{ijt} = 2)}{\partial PM_{jt}}$	.0123	.0162	.0163
	$\frac{\partial \Pr(S_{ijt} = 3)}{\partial PM_{jt}}$	.4090	.6727	.8996
	$\frac{\partial \Pr(S_{ijt} = 4)}{\partial PM_{jt}}$	-.4204	-.6875	-.9146
	$\frac{\partial \Pr(S_{ijt} = 5)}{\partial PM_{jt}}$	-.0012	-.0017	-.0016
소득(log)	$\frac{\partial \Pr(S_{ijt} = 1)}{\partial \ln y_{ijt}}$	-.0001	-.0001	-.0001
	$\frac{\partial \Pr(S_{ijt} = 2)}{\partial \ln y_{ijt}}$	-.0047	-.0040	-.0032
	$\frac{\partial \Pr(S_{ijt} = 3)}{\partial \ln y_{ijt}}$	-.1545	-.1678	-.1794
	$\frac{\partial \Pr(S_{ijt} = 4)}{\partial \ln y_{ijt}}$	.1588	.1715	.1824
	$\frac{\partial \Pr(S_{ijt} = 5)}{\partial \ln y_{ijt}}$	.0004	.0004	.0003

<표 9> 주요 변수의 한계효과와 WTP:  $PM_{10}$  (Continued)

		모형(9)	모형(10)	모형(11)
가구당 평균 연간 소득 (만원) <sup>11)</sup>	if $S_{ijt} = 1$	1734.436	2046.327	2249.017
	if $S_{ijt} = 2$	2216.035	2245.258	2258.479
	if $S_{ijt} = 3$	3502.190	3530.141	3543.003
	if $S_{ijt} = 4$	4888.127	4940.186	4989.315
	if $S_{ijt} = 5$	6741.830	6239.169	6193.057
1단위( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) 저감을 위해 지불할 수 있는 연간 소득(%)	if $S_{ijt} = 1$	0.200	0.300	0.300
	if $S_{ijt} = 2$	0.262	0.405	0.509
	if $S_{ijt} = 3$	0.265	0.401	0.501
	if $S_{ijt} = 4$	0.265	0.401	0.501
	if $S_{ijt} = 5$	0.300	0.425	0.533
1단위( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) 저감을 위한 연간 WTP(원)	if $S_{ijt} = 1$	34,688	61,390	67,471
	if $S_{ijt} = 2$	57,994	90,933	115,041
	if $S_{ijt} = 3$	92,712	141,521	177,664
	if $S_{ijt} = 4$	129,406	198,040	250,177
	if $S_{ijt} = 5$	202,255	265,165	330,296
	가중 평균	108,787	166,312	209,519

Note: <표 7>의 모형(1)~모형(8)에 대한 한계효과를 살펴보면, 모형(1)의 응답항목 (S=4)의 한계효과는 -0.06로  $PM_{10}$  1단위 증가는 만족도를 0.006% 하락했다. 반면에 모형(8)의 한계효과는 -0.24로 만족도는 -0.024% 하락했다.<sup>12)</sup>

11) 연도별 가구당 평균 소득(만 원)은 각각 4106.216, 4146.809, 4176.587이다.

<표 7> 모형	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
응답항목	s=4	s=4	s=4	s=4	s=4	s=4
미세먼지	-.0605365	-.0969003	-.131703	-.1111738	-.1262224	-.1611492
<표 7> 모형	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	-
응답항목	s=4	s=4	s=4	s=4	s=4	-
미세먼지	-.2332213	-.2402029	-.4204106	-.6875383	-.9145858	-

12) 아래 표에 제시된 수치는 응답항목(S=4)  $PM_{10}$  모형에 대한 한계효과 추정치이다.

〈표 10〉 주요 변수의 한계효과와 WTP:  $PM_{2.5}$ 

		모형(1)	모형(2)	모형(3)
미세먼지(≠1000)	$\frac{\partial \Pr(S_{ijt} = 1)}{\partial PM_{jt}}$	.0002	.0003	.0004
	$\frac{\partial \Pr(S_{ijt} = 2)}{\partial PM_{jt}}$	.0096	.0147	.0248
	$\frac{\partial \Pr(S_{ijt} = 3)}{\partial PM_{jt}}$	.3331	.6746	1.5032
	$\frac{\partial \Pr(S_{ijt} = 4)}{\partial PM_{jt}}$	-.3421	-.6882	-1.5263
	$\frac{\partial \Pr(S_{ijt} = 5)}{\partial PM_{jt}}$	-.0008	-.0013	-.0020
소득(log)	$\frac{\partial \Pr(S_{ijt} = 1)}{\partial \ln y_{ijt}}$	-.0001	-.0001	-.0001
	$\frac{\partial \Pr(S_{ijt} = 2)}{\partial \ln y_{ijt}}$	-.0043	-.0035	-.0028
	$\frac{\partial \Pr(S_{ijt} = 3)}{\partial \ln y_{ijt}}$	-.1505	-.1614	-.1699
	$\frac{\partial \Pr(S_{ijt} = 4)}{\partial \ln y_{ijt}}$	.1546	.1647	.1725
	$\frac{\partial \Pr(S_{ijt} = 5)}{\partial \ln y_{ijt}}$	.0003	.0003	.0002
가구당 평균 연간 소득 (만 원) <sup>13)</sup>	if $S_{ijt} = 1$	1661.366	2059.694	2451.080
	if $S_{ijt} = 2$	2137.485	2174.990	2186.892
	if $S_{ijt} = 3$	3433.410	3469.412	3470.797
	if $S_{ijt} = 4$	4800.118	4846.606	4868.095
	if $S_{ijt} = 5$	6869.318	6320.771	6585.840
1단위( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) 저감을 위 해 지불할 수 있는 연 간 소득(%)	if $S_{ijt} = 1$	0.200	0.300	0.400
	if $S_{ijt} = 2$	0.223	0.420	0.886
	if $S_{ijt} = 3$	0.221	0.418	0.885
	if $S_{ijt} = 4$	0.221	0.418	0.885
	if $S_{ijt} = 5$	0.267	0.433	1.000
1단위( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) 저감을 위 한 연간 WTP(원)	if $S_{ijt} = 1$	33,227	61,791	98,043
	if $S_{ijt} = 2$	47,721	91,350	193,696
	if $S_{ijt} = 3$	75,991	145,010	307,081
	if $S_{ijt} = 4$	106,217	202,516	430,735
	if $S_{ijt} = 5$	183,182	273,900	658,584
	가중 평균	89,345	170,553	362,930

## V. 결론

본 연구는 한국노동연구원에서 제공하는 한국노동패널조사(KLIPS) 자료와 환경부 국립환경과학원이 제공하는 미세먼지 정보를 이용하여 다음을 분석했다. (1) 미세먼지가 개인의 주관적인 만족도에 미치는 효과를 분석하고, (2) 대기 질 개선 비용을 산정하기 위해서 미세먼지 저감에 따른 사람들의 WTP를 추정했다.

노동패널조사에 따르면, 지난 10년 동안 한국인의 주관적인 전반적 생활 만족도는 개선되고 있었으며 자신의 삶이 만족스럽지 않다고 생각하는 사람들 또한 지속해서 줄어들고 있었다. 미세먼지 농도는 여름과 가을에는 상대적으로 낮고 겨울과 봄에는 상대적으로 높다.  $PM_{10}$ 의 경우에는 지속적으로 농도가 개선되고 있으나,  $PM_{2.5}$  농도는 오히려 증가하거나 답보 상태에 있다. 한국보다 엄격한 WHO 권고기준을 적용하는 경우, 연평균 권고기준을 초과하는 비율은 약 93%로 한국의 미세먼지 오염도가 상당히 높아 WHO 허용기준에 도달하지 못하고 있다.

본 연구는 패널 확률효과 순서형 로짓을 이용해 첫째, 미세먼지가 개인의 주관적인 만족도에 미치는 효과를 분석했다. 미세먼지와 주관적 만족도는 음의 관계를 보였고, 미세먼지 농도의 상승은 지속해서 사람들의 만족도 확률을 낮추는 유의한 음의 값을 보였다. 이는 미세먼지 농도 하락은 개인의 만족도 수준을 높이는 효과가 있음을 알려준다. 응답 항목 ( $S=4$ ) 확률에 미치는 한계효과는 미세먼지  $1\mu\text{g}/\text{m}^3$  증가할 때  $PM_{10}$ 은 0.042%p ~ 0.091%p까지 ‘만족’을 선택할 확률을 낮추게 했고,  $PM_{2.5}$ 는 0.034%p ~ 0.153%p까지 ‘만족’을 선택할 확률을 낮추게 했다. 소득의 경우, 가구당 연간 소득 1% 증가는 ‘만족’ 선택할 확률이 0.15%p ~ 0.18%p까지 높아졌다.

둘째, 대기 질 개선 비용을 산정하기 위해서 미세먼지 저감에 따른 사람들의 WTP를 추정했다. 개인의 효용 수준을 그대로 유지하면서,  $PM_{10}$  1단위 개선하기 위한 사람들의 WTP는 108,787 (\$96) ~ 209,519 (\$186)원 정도 도출되었고,  $PM_{2.5}$ 의 WTP는 89,345 (\$79) ~ 362,930(\$322)원 정도 산출됐다. 이 금액은 한국인 평균 가구 소득의 0.26% ~ 0.50%와 0.22% ~ 0.88%에 해당한다. Zhang et al. (2016)은 2014년 횡단면 자료를 이용

13) 연도별 평균 가구당 소득(만 원)은 각각 4031.764, 4080.546, 4100.321임.

해서 중국의  $PM_{2.5}$ 에 대한 WTP ₩539 (\$88)를 추정했다. 이러한 결과는 중국인 평균 가구 소득의 3.8%에 해당하는 금액이다. 우리나라 국민들에 비해 상대적으로 중국인들은 중국 대기 질 개선을 위해서 상당히 높은 WTP를 갖고 있음을 알 수 있다.

본 연구는 대기 질 개선 비용을 산정하기 위해서 미세먼지 저감에 따른 가구별 연간 지불용의를 도출함으로써 다음과 같은 결론을 제시한다. 2015년 인구주택총조사에 따르면 총가구 수는 1,956만 가구로 집계됐고 이 중 48.7%가 수도권에 분포됐다. 이를 근거로 계산하면 미세먼지  $1\mu\text{g}/\text{m}^3$  저감시킬 때,  $PM_{10}$ 에 대한 사회적 연간 총가구의 WTP는 최저 2조 1천억 원(≈ 정부 예산 0.53%), 최고 4조 원(≈ 정부 예산 1.02%)이다. 또한  $PM_{2.5}$ 의 사회적 연간 총가구의 WTP는 최저 1조 7천억 원(≈ 정부 예산 0.43%), 최고 7조 9백억 원(≈ 정부 예산 1.77%)이다.

정부는 앞으로 10년간 2026년까지 유럽 주요도시의 현재 수준인  $18\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 수도권의  $PM_{2.5}$  농도를 개선한다는 목표를 설정했다. 최근 3년간의 미세먼지  $PM_{2.5}$ 의 평균치는  $25.96\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이다. 정부 목표를 달성하기 위해서는  $6\mu\text{g}/\text{m}^3$  단위를 저감시켜야 한다. 6 단위를 개선하려면 가구당 연간 평균 WTP는 536,070원 ~ 218만 원이 산출된다. OECD (2016) 보고서에 따르면 대기오염의 경제적 피해는 2060년에 연간 세계 GDP의 1% 수준의 손실을 줄 것이라고 발표했다. 특히, 한국은 GDP의 0.63% 수준의 손실을 예상했다. 미세먼지  $PM_{2.5}$  6단위 개선하기 위한 WTP는 2015년 한국 명목 GDP 기준으로 환산하면 0.34%~0.69%에 해당한다.<sup>14)</sup>

## [References]

강성진·김수정, “한국의 대기오염과 생활만족도,” 『자원·환경경제연구』, 제21권 제4호, 2012, pp. 893~920.

경기개발연구원, 『경기도 생활환경복지 지표개발 연구』, 2013.

배현주·하종식·임유라, 『기후변화와 대기오염으로 인한 건강영향 연구: 사회경제적 변수

14) 세계은행이 집계한 2015년 한국 명목 GDP 규모는 1조 3779억 달러(약 1500조 원). 2017년 정부 예산은 400조 7000억 원임.

- 에 따른 사망영향』, 한국환경정책평가연구원, 2011.
- 서미숙, “미세먼지 농도가 경제활동시간에 미치는 영향,” 「여성경제연구」, 제12집 제1호, 2015, pp.75~100.
- 조용성·손양훈, “대기오염개선이 건강에 미치는 사회적 편익 추정,” 「한국응용경제학회」, 제6권 제1호, pp. 133~150.
- 홍종호·고유경, “대기오염의 건강위해성 연구: PM<sub>2.5</sub>를 중심으로,” 「자원·환경경제연구」, 제12권 제3호, pp. 469~485.
- 환경부, 『제2차 수도권 대기환경관리 기본계획(2015~2024)』, 2013.
- Ferreira, S., A. Akay, F. Brereton, J. Cunado, P. Martinsson, M. Moro, and T. Ningal, “Life Satisfaction and air quality in Europe,” *Ecological Economics*, Vol. 88, 2010, pp. 1~10.
- Frey, B., S. Luechinger, and S. Stutzer. “The Life Satisfaction Approach to Environmental Valuation,” IZA DP No. 4478, 2009.
- Frey, B. and A. Stutzer, “Happiness, Economy and Institutions,” *Economic Journal*, Vol. 110, No. 446, 2000, pp. 918~938.
- Hausemans, J. A., B. D. Ostro, and D. A. Wise, Air pollution and lost work, NBER, working paper No.1263.
- Holland, M. and P. Watkiss, “Estimates of the Marginal External Costs of Air Pollution in Europe,” Created for European Commission DG Environment by netcen., 2002.
- MacKerron, G. and S. Mourato, “Life satisfaction and air quality in London,” *Ecological Economics*, Vol. 68, 2009, pp. 1441~1453.
- OECD, 『The Economic Consequences of Outdoor Air Pollution』, 2016, OECD Publishing, Paris. <http://dx.doi.org/10.1787/97892642574-en>.
- Welsch, H., “Environment and Happiness: Valuation of Air Pollution using Life Satisfaction Data,” *Ecological Economics*, Vol. 58, 2006, pp. 801~813.
- WHO, 『World Health Report』, 2002.
- Zhang, X., X. Zhang, and X. Chen, “Valuing Air Quality Using Happiness Data: The Case of China, IZA DP No. 10028, 2016.

〈부표 1〉 패널 확률효과 순서형 로짓 모형:  $PM_{10}$ 

(b/se)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
	2003년 이상 138개월	2004년 이상 126개월	2005년 이상 114개월	2006년 이상 102개월	2007년 이상 90개월	2008년 이상 78개월	2009년 이상 66개월	2010년 이상 54개월	2011년 이상 42개월	2012년 이상 30개월	2013년 이상 18개월
미세먼지	-0.263	-0.418	-0.562*	-0.469	-0.527	-0.668	-0.960*	-0.987	-1.716**	-2.808***	-3.739***
(÷1000)	-0.29	-0.32	-0.34	-0.37	-0.40	-0.46	-0.51	-0.60	-0.72	-0.83	-1.00
총소득	0.563***	0.569***	0.587***	0.592***	0.603***	0.592***	0.579***	0.604***	0.648***	0.700***	0.746***
(만 원)	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.03	-0.03
고3 이하	0.112***	0.115***	0.145***	0.142***	0.158***	0.144***	0.161***	0.187***	0.153***	0.155***	0.179***
자녀없음(%)	-0.02	-0.02	-0.02	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.04	-0.04	-0.05	-0.06
여성	0.138***	0.143***	0.157***	0.159***	0.153***	0.156***	0.165***	0.164***	0.160***	0.119***	0.0948*
(%)	-0.02	-0.02	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.04	-0.04	-0.05
나이	-0.119***	-0.121***	-0.127***	-0.131***	-0.131***	-0.136***	-0.135***	-0.139***	-0.139***	-0.143***	-0.145***
(세)	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01
나이2	0.00113***	0.00114***	0.00119***	0.00123***	0.00123***	0.00127***	0.00125***	0.00128***	0.00128***	0.00133***	0.00134***
(세)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
미취업자	-0.0953***	-0.105***	-0.132***	-0.163***	-0.174***	-0.211***	-0.225***	-0.223***	-0.204***	-0.139***	-0.116**
(%)	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.04	-0.05	-0.06
비자가	-0.533***	-0.543***	-0.554***	-0.577***	-0.584***	-0.601***	-0.628***	-0.665***	-0.702***	-0.769***	-0.845***
(%)	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.03	-0.03	-0.03	-0.04	-0.04	-0.05
기혼	1.176**	1.202**	1.240**	1.264**	1.281**	1.316**	1.338**	1.418**	1.439**	1.475**	1.501**
(%)	-0.04	-0.04	-0.04	-0.05	-0.05	-0.05	-0.06	-0.07	-0.08	-0.09	-0.11
건강 나쁨	-0.800***	-0.799***	-0.807***	-0.821***	-0.844***	-0.858***	-0.856***	-0.886***	-0.897***	-0.995***	-1.181***
(%)	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.04	-0.04	-0.05	-0.06	-0.07	-0.09



<부표 1> 패널 확률효과 순서형 로짓 모형:  $PM_{10}$  (Continued)

(b/se)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
	2003년 이상 138개월	2004년 이상 126개월	2005년 이상 114개월	2006년 이상 102개월	2007년 이상 90개월	2008년 이상 78개월	2009년 이상 66개월	2010년 이상 54개월	2011년 이상 42개월	2012년 이상 30개월	2013년 이상 18개월
초등학교 (%)	0.464 ***	0.482 ***	0.507 ***	0.531 ***	0.520 ***	0.504 ***	0.508 ***	0.482 ***	0.486 ***	0.487 ***	0.538 ***
	-0.08	-0.08	-0.08	-0.09	-0.09	-0.10	-0.11	-0.12	-0.13	-0.15	-0.19
중학교 (%)	0.735 ***	0.767 ***	0.780 ***	0.807 ***	0.805 ***	0.816 ***	0.790 ***	0.722 ***	0.746 ***	0.697 ***	0.650 ***
	-0.08	-0.08	-0.09	-0.09	-0.10	-0.10	-0.11	-0.12	-0.14	-0.16	-0.20
고등학교 (%)	0.849 ***	0.884 ***	0.916 ***	0.948 ***	0.938 ***	0.934 ***	0.909 ***	0.821 ***	0.829 ***	0.821 ***	0.808 ***
	-0.08	-0.08	-0.09	-0.09	-0.10	-0.10	-0.11	-0.13	-0.14	-0.16	-0.20
2년제 대학 (%)	1.300 ***	1.347 ***	1.388 ***	1.423 ***	1.418 ***	1.429 ***	1.404 ***	1.366 ***	1.394 ***	1.428 ***	1.421 ***
	-0.09	-0.09	-0.10	-0.10	-0.11	-0.11	-0.12	-0.13	-0.15	-0.17	-0.21
4년제 대학 (%)	1.622 ***	1.652 ***	1.690 ***	1.727 ***	1.719 ***	1.734 ***	1.715 ***	1.659 ***	1.693 ***	1.704 ***	1.691 ***
	-0.08	-0.09	-0.09	-0.10	-0.10	-0.11	-0.12	-0.13	-0.15	-0.17	-0.21
대학원석사	2.197 ***	2.221 ***	2.257 ***	2.290 ***	2.335 ***	2.384 ***	2.363 ***	2.312 ***	2.405 ***	2.408 ***	2.414 ***
	-0.10	-0.11	-0.11	-0.12	-0.13	-0.13	-0.14	-0.16	-0.18	-0.21	-0.25
대학원 박사	2.773 ***	2.892 ***	2.988 ***	2.967 ***	2.991 ***	3.124 ***	3.126 ***	3.217 ***	3.423 ***	3.355 ***	3.623 ***
	-0.17	-0.18	-0.19	-0.19	-0.20	-0.22	-0.23	-0.26	-0.29	-0.33	-0.40
기온 (°C)	0.002	0.001	0.000	0.003	0.003	0.004	0.0119*	0.011	0.0140*	0.004	-0.001
	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01
기온 <sup>2</sup> (°C)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
적설량 없음(%)	0.490 ***	0.504 ***	0.497 ***	0.500 ***	0.505 ***	0.527 ***	0.466**	0.364*	0.319	0.467*	0.786**
	-0.18	-0.18	-0.18	-0.18	-0.19	-0.19	-0.19	-0.20	-0.23	-0.26	-0.33
습도 (%)	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	0.001	-0.001	-0.001	-0.002
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

〈부표 1〉 패널 확률효과 순서형 로짓 모형:  $PM_{10}$  (Continued)

(b/se)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
	2003년 이상 138개월	2004년 이상 126개월	2005년 이상 114개월	2006년 이상 102개월	2007년 이상 90개월	2008년 이상 78개월	2009년 이상 66개월	2010년 이상 54개월	2011년 이상 42개월	2012년 이상 30개월	2013년 이상 18개월
강수량 없음(%)	-0.027	-0.019	-0.021	-0.027	-0.026	-0.0467 **	-0.0443 *	-0.020	-0.021	-0.024	-0.075
	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.03	-0.03	-0.04	-0.05
황사 없음 (%)	0.065	0.053	0.042	0.051	0.108	0.087	0.113	0.022	0.039	-0.001	0.120
	-0.06	-0.06	-0.07	-0.07	-0.08	-0.10	-0.11	-0.13	-0.16	-0.17	-0.20
cut1	-2.556 ***	-2.584 ***	-2.691 ***	-2.812 ***	-2.866 ***	-3.283 ***	-3.807 ***	-4.335 ***	-4.509 ***	-4.532 ***	-3.811 ***
	-0.25	-0.26	-0.26	-0.27	-0.29	-0.31	-0.32	-0.38	-0.44	-0.50	-0.61
cut2	0.873* **	0.868* **	0.772* **	0.639* *	0.558* *	0.13	-0.37	-0.616 *	-0.65	-0.52	0.24
	-0.24	-0.25	-0.26	-0.27	-0.28	-0.30	-0.31	-0.36	-0.41	-0.46	-0.56
cut3	5.208* **	5.265* **	5.228* **	5.128* **	5.113* **	4.790* **	4.390* **	4.401* **	4.520* **	4.879* **	5.932* **
	-0.25	-0.25	-0.26	-0.27	-0.28	-0.30	-0.31	-0.36	-0.41	-0.46	-0.57
cut4	11.04* **	11.16* **	11.19* **	11.21* **	11.38* **	11.15* **	10.89* **	11.21* **	11.53* **	12.03* **	13.41* **
	-0.25	-0.26	-0.26	-0.27	-0.28	-0.30	-0.32	-0.37	-0.42	-0.48	-0.60
sigma2_u	1.361* **	1.418* **	1.487* **	1.547* **	1.636* **	1.755* **	1.925* **	2.156* **	2.445* **	2.766* **	3.277* **
	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.04	-0.04	-0.05	-0.06	-0.07	-0.10	-0.17
N	117392	109249	100815	92147	83166	73816	64447	53568	42525	31756	20601
개인그룹 N	18122	17665	17195	16731	16280	15771	15204	14404	13654	12939	11883
Log likelihood	-90445 .139	-83530 .37	-76536 .91	-69609 .008	-62269 .894	-54783 .884	-47494 .989	-38587 .06	-30510 .087	-22756 .631	-14894 .959
Wald $\chi^2$ $p > \chi^2$	9824.75 0.0000	9028.61 0.0000	8301.32 0.0000	7531.70 0.0000	6666.76 0.0000	5884.81 0.0000	4978.02 0.0000	4207.89 0.0000	3530.71 0.0000	2858.19 0.0000	1904.53 0.0000
우도비(LR) 검정 $\bar{\chi}^2(01)$	10761.45 0.0000	10111.98 0.0000	9506.46 0.0000	8692.74 0.0000	7918.75 0.0000	7097.50 0.0000	6357.57 0.0000	5251.94 0.0000	4009.47 0.0000	2595.95 0.0000	1179.87 0.0000

Source: 한국노동연구원 한국노동패널조사 자료와 환경부 국립환경과학원 미세먼지 자료.

Note: \*  $p < 0.10$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*\*\*  $p < 0.01$ . 자료의 특성을 반영하기 위해 16시도 지역더미, 연도 더미, 계절 더미를 사용함.

〈부표 2〉 패널 확률효과 선형회귀 모형:  $PM_{10}$

	2003년 이상 138개월 (b/se)	2004년 이상 126개월 (b/se)	2005년 이상 1114개월 (b/se)	2006년 이상 102개월 (b/se)	2007년 이상 90개월 (b/se)	2008년 이상 78개월 (b/se)	2009년 이상 66개월 (b/se)	2010년 이상 54개월 (b/se)	2011년 이상 42개월 (b/se)	2012년 이상 30개월 (b/se)	2013년 이상 18개월 (b/se)
미세먼지 (=1000)	-0.060	-0.095	-0.125*	-0.101	-0.107	-0.142	-0.196*	-0.190*	-0.320 **	-0.509 ***	-0.631 ***
	-0.07	-0.07	-0.07	-0.08	-0.08	-0.09	-0.1	-0.12	-0.13	-0.15	-0.17
총소득 (만 원)	0.125 ***	0.124 ***	0.127 ***	0.126 ***	0.127 ***	0.121 ***	0.115 ***	0.115 ***	0.120 ***	0.125 ***	0.125 ***
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01
고3 이하 자녀없음(%)	0.0251 ***	0.0252 ***	0.0313 ***	0.0298 ***	0.0326 ***	0.0288 ***	0.0312 ***	0.0353 ***	0.0281 ***	0.0277 ***	0.0305 ***
	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01
여성(%)	0.0306 ***	0.0314 ***	0.0341 ***	0.0340 ***	0.0321 ***	0.0321 ***	0.0334 ***	0.0314 ***	0.0297 ***	0.0211 ***	0.0165 *
	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01
나이(세)	-0.0267 ***	-0.0266 ***	-0.0275 ***	-0.0281 ***	-0.0276 ***	-0.0281 ***	-0.0273 ***	-0.0268 ***	-0.0259 ***	-0.0256 ***	-0.0247 ***
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
나이 <sup>2</sup> (세)	0.000253 ***	0.000252 ***	0.000260 ***	0.000266 ***	0.000260 ***	0.000262 ***	0.000253 ***	0.000245 ***	0.000239 ***	0.000238 ***	0.000227 ***
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
미취업자(%)	-0.0218 ***	-0.0234 ***	-0.0288 ***	-0.0349 ***	-0.0369 ***	-0.0441 ***	-0.0469 ***	-0.0437 ***	-0.0390 ***	-0.0249 ***	-0.0203 **
	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01
비자가(%)	-0.119 ***	-0.120 ***	-0.120* **	-0.124 ***	-0.123 ***	-0.125 ***	-0.127 ***	-0.129 ***	-0.131 ***	-0.138 ***	-0.144 ***
	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01
기혼(%)	0.258 ***	0.260 ***	0.264 ***	0.266 ***	0.264 ***	0.265 ***	0.263 ***	0.269 ***	0.265 ***	0.262 ***	0.255 ***
	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.02	-0.02
건강 나쁨(%)	-0.184 ***	-0.181 ***	-0.180 ***	-0.182 ***	-0.184 ***	-0.184 ***	-0.179 ***	-0.175 ***	-0.172 ***	-0.183 ***	-0.205 ***
	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01
초등학교(%)	0.105 ***	0.107 ***	0.112 ***	0.117 ***	0.112 ***	0.106 ***	0.105 ***	0.0922 ***	0.0920 ***	0.0886 ***	0.0940 ***
	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.03	-0.03	-0.03

〈부표 2〉 패널 확률효과 선형회귀 모형:  $PM_{10}$  (Continued)

	2003년 이상 138개월 (b/se)	2004년 이상 126개월 (b/se)	2005년 이상 1114개월 (b/se)	2006년 이상 102개월 (b/se)	2007년 이상 90개월 (b/se)	2008년 이상 78개월 (b/se)	2009년 이상 66개월 (b/se)	2010년 이상 54개월 (b/se)	2011년 이상 42개월 (b/se)	2012년 이상 30개월 (b/se)	2013년 이상 18개월 (b/se)
중학교(%)	0.165 ***	0.170 ***	0.172 ***	0.178 ***	0.173 ***	0.172 ***	0.163 ***	0.138 ***	0.140 ***	0.125 ***	0.113 ***
	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.03	-0.03	-0.03
고등학교(%)	0.189 ***	0.194 ***	0.200 ***	0.207 ***	0.201 ***	0.196 ***	0.187 ***	0.157 ***	0.156 ***	0.148 ***	0.140 ***
	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.03	-0.03	-0.03
2년제 대학 (%)	0.290 ***	0.297 ***	0.303 ***	0.309 ***	0.303 ***	0.298 ***	0.287 ***	0.262 ***	0.261 ***	0.256 ***	0.244 ***
	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.03	-0.03	-0.03	-0.04
4년제 대학 (%)	0.358 ***	0.360 ***	0.365 ***	0.371 ***	0.362 ***	0.358 ***	0.346 ***	0.315 ***	0.312 ***	0.302 ***	0.287 ***
	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03
대학원 석사 (%)	0.473 ***	0.472 ***	0.476 ***	0.478 ***	0.478 ***	0.478 ***	0.464 ***	0.429 ***	0.431 ***	0.416 ***	0.402 ***
	-0.02	-0.02	-0.02	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.04	-0.04
대학원 박사 (%)	0.577 ***	0.593 ***	0.607 ***	0.599 ***	0.590 ***	0.601 ***	0.589 ***	0.567 ***	0.582 ***	0.554 ***	0.569 ***
	-0.04	-0.04	-0.04	-0.04	-0.04	-0.04	-0.04	-0.05	-0.05	-0.05	-0.06
기온 (°C)	0.0003 02	0.0000 952	-0.0001 56	0.0003 65	0.0003 88	0.0007 26	0.0022 4	0.0021 5	0.0025 2	0.0005 88	-0.000 231
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
기온 <sup>2</sup> (°C)	0.0000 192	0.0000 263	0.0000 271	0.0000 0674	0.0000 12	-3.64E -07	-0.000 0419	-0.000 0423	-0.000 0474	-0.000 0175	0.0000 516
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
적설량 없음(%)	0.105 ***	0.107 ***	0.106 ***	0.106 ***	0.105 ***	0.106 ***	0.0925 **	0.0692*	0.0614	0.0864*	0.136 **
	-0.04	-0.04	-0.04	-0.04	-0.04	-0.04	-0.04	-0.04	-0.04	-0.05	-0.06
습도 (%)	-0.0002 04	-0.000 235	-0.0001 74	-0.000 229	-0.000 258	-0.000 312*	-0.000 297	0.0001 23	-0.000 21	-0.000 284	-0.000 309
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

<부표 2> 패널 확률효과 선형회귀 모형:  $PM_{10}$  (Continued)

	2003년 이상 138개월 (b/se)	2004년 이상 126개월 (b/se)	2005년 이상 114개월 (b/se)	2006년 이상 102개월 (b/se)	2007년 이상 90개월 (b/se)	2008년 이상 78개월 (b/se)	2009년 이상 66개월 (b/se)	2010년 이상 54개월 (b/se)	2011년 이상 42개월 (b/se)	2012년 이상 30개월 (b/se)	2013년 이상 18개월 (b/se)
강수량 없음(%)	-0.00576	-0.0043	-0.00466	-0.00581	-0.00573	-0.00982**	-0.00929*	-0.00454	-0.005	-0.00512	-0.0137*
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01
황사없음 (%)	0.0153	0.0115	0.00875	0.00949	0.0229	0.0177	0.0225	0.00433	0.00965	-0.00101	0.0211
	-0.01	-0.01	-0.01	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.03	-0.03	-0.03
_cons	2.477***	2.489***	2.485***	2.509***	2.495***	2.572***	2.615***	2.657***	2.637***	2.609***	2.509***
	-0.05	-0.05	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.07	-0.07	-0.08	-0.09
N	117392	109249	100815	92147	83166	73816	64447	53568	42525	31756	20601

<부표 3> 패널 확률효과 순서형 로짓 모형:  $PM_{2.5}$

(b/se)	(1)	(2)	(3)		(1)	(2)	(3)
	2011년 이상 42개월	2012년 이상 30개월	2013년 이상 18개월		2011년 이상 42개월	2012년 이상 30개월	2013년 이상 18개월
미세먼지 (÷1000)	-1.393	-2.795**	-6.179***	대학원박사 (%)	3.435***	3.429***	3.594***
	-0.99	-1.23	-1.49		-0.31	-0.35	-0.44
총소득 (log)	0.630***	0.669***	0.698***	기온 (°C)	0.010	-0.008	-0.012
	-0.02	-0.03	-0.04		-0.01	-0.01	-0.01
고3 이하 자녀없음(%)	0.185***	0.190***	0.208***	기온 <sup>2</sup> (°C)	0.000	0.000	0.001
	-0.04	-0.05	-0.07		0.00	0.00	0.00
여성 (%)	0.171***	0.127***	0.086	적설량 없음(%)	0.147	0.314	0.379
	-0.04	-0.05	-0.06		-0.23	-0.28	-0.36
나이 (세)	-0.142***	-0.151***	-0.149***	습도 (%)	0.000	0.000	0.001
	-0.01	-0.01	-0.01		0.00	0.00	0.00
나이 <sup>2</sup> (세)	0.00133***	0.00142***	0.00139***	강수량 없음(%)	-0.0618*	-0.048	-0.0981*
	0.00	0.00	0.00		-0.03	-0.04	-0.06

〈부표 3〉 패널 확률효과 순서형 로짓 모형:  $PM_{2.5}$  (Continued)

(b/se)	(1)	(2)	(3)		(1)	(2)	(3)
	2011년 이상 42개월	2012년 이상 30개월	2013년 이상 18개월		2011년 이상 42개월	2012년 이상 30개월	2013년 이상 18개월
미취업자 (%)	-0.220***	-0.160***	-0.135**	황사없음 (%)	-0.023	-0.013	0.024
	-0.04	-0.05	-0.06		-0.17	-0.18	-0.22
비자가 (%)	-0.688***	-0.760***	-0.828***	cut1	-4.765***	-4.950***	-4.803***
	-0.04	-0.05	-0.06		-0.45	-0.53	-0.66
기혼 (%)	1.459***	1.515***	1.502***	cut2	-0.910**	-0.935*	-0.706
	-0.08	-0.10	-0.12		-0.42	-0.49	-0.61
건강나쁨 (%)	-0.958***	-1.107***	-1.262***	cut3	4.277***	4.514***	4.995***
	-0.06	-0.07	-0.09		-0.42	-0.49	-0.61
초등학교 (%)	0.466***	0.472***	0.527***	cut4	11.45***	11.93***	12.82***
	-0.13	-0.15	-0.18		-0.43	-0.51	-0.65
중학교 (%)	0.733***	0.753***	0.716***	sigma2_u	2.514***	2.883***	3.289***
	-0.13	-0.16	-0.19		-0.08	-0.12	-0.20
고등학교 (%)	0.830***	0.893***	0.855***	N 개인그룹 N	39593	27914	17456
	-0.13	-0.16	-0.19		14177	12797	11122
2년제 대학 (%)	1.432***	1.542***	1.540***	Log likelihood	-28483.802	-19999.191	-12589.703
	-0.15	-0.17	-0.21				
4년제 대학 (%)	1.735***	1.822***	1.777***	Wald $\chi^2$ $p > \chi^2$	3348.55	2496.60	1531.17
	-0.14	-0.17	-0.21		0.0000	0.0000	0.0000
대학원석사 (%)	2.428***	2.492***	2.445***	우도비(LR) 검정 $\bar{\chi}^2(01)$	3563.06	2156.40	879.68
	-0.18	-0.21	-0.26		0.0000	0.0000	0.0000

Source: 한국노동연구원 한국노동패널조사 자료와 환경부 국립환경과학원 미세먼지 자료.

Note: \*  $p < 0.10$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*\*\*  $p < 0.01$ . 자료의 특성을 반영하기 위해 16시도 지역더미, 연도 더미, 계절 더미를 사용함.

〈부표 4〉 패널 확률효과 선형회귀 모형:  $PM_{2.5}$

	2011년이상 42개월 (b/se)	2012년이상 30개월 (b/se)	2013년이상 18개월 (b/se)
미세먼지 (÷1000)	-0.264	-0.503**	-1.050***
	-0.18	-0.21	-0.25
총소득 (만 원)	0.117***	0.118***	0.117***
	0.00	0.00	-0.01
고3 이하 자녀 없음(%)	0.0333***	0.0332***	0.0349***
	-0.01	-0.01	-0.01
여성 (%)	0.0312***	0.0217***	0.0149
	-0.01	-0.01	-0.01
나이 (세)	-0.0263***	-0.0266***	-0.0252***
	0.00	0.00	0.00
나이 <sup>2</sup> (세)	0.000246***	0.000252***	0.000236***
	0.00	0.00	0.00
미취업자 (%)	-0.0411***	-0.0275***	-0.0227**
	-0.01	-0.01	-0.01
비자가 (%)	-0.128***	-0.135***	-0.141***
	-0.01	-0.01	-0.01
기혼 (%)	0.265***	0.265***	0.252***
	-0.01	-0.02	-0.02
건강 나쁨 (%)	-0.182***	-0.201***	-0.219***
	-0.01	-0.01	-0.02
초등학교 (%)	0.0877***	0.0846***	0.0910***
	-0.02	-0.03	-0.03
중학교 (%)	0.137***	0.134***	0.124***
	-0.02	-0.03	-0.03
고등학교 (%)	0.155***	0.159***	0.148***
	-0.02	-0.03	-0.03
2년제 대학 (%)	0.265***	0.273***	0.264***
	-0.03	-0.03	-0.04
4년제 대학 (%)	0.318***	0.319***	0.300***
	-0.03	-0.03	-0.03

〈부표 4〉 패널 확률효과 선형회귀 모형:  $PM_{2.5}$  (Continued)

	2011년이상 42개월 (b/se)	2012년이상 30개월 (b/se)	2013년이상 18개월 (b/se)
대학원석사 (%)	0.432*** -0.03	0.425*** -0.04	0.404*** -0.04
대학원 박사 (%)	0.560*** -0.05	0.544*** -0.06	0.538*** -0.07
기온 (°C)	0.00187 0.00	-0.00149 0.00	-0.00192 0.00
기온 <sup>2</sup> (°C)	-0.00000761 0.00	0.000052 0.00	0.0000974 0.00
적설량 없음(%)	0.0248 -0.04	0.058 -0.05	0.0642 -0.06
습도 (%)	-0.0000672 0.00	-0.0000265 0.00	0.000116 0.00
강수량 없음(%)	-0.0122** -0.01	-0.00901 -0.01	-0.0169* -0.01
황사없음 (%)	-0.00514 -0.03	-0.00446 -0.03	0.00261 -0.04
상수항	2.687*** -0.08	2.682*** -0.09	2.641*** -0.09
N	39593	27914	17456
개인그룹 N	14177	12797	11122



〈부표 5〉 패널 확률효과 선형회귀 모형의 WTP

	$PM_{10}$			$PM_{2.5}$		
	2011년이상 42개월 (b/se)	2012년이상 30개월 (b/se)	2013년이상 18개월 (b/se)	2011년이상 42개월 (b/se)	2012년이상 30개월 (b/se)	2013년이상 18개월 (b/se)
미세먼지 (÷1000)	-0.320**	-0.509***	-0.631***	-0.266	-0.516**	-1.077***
소득(log)	0.120***	0.125***	0.125***	0.122***	0.125***	0.125***
평균 가구당 소득 (만 원)	4106.216	4106.216	4146.809	4146.809	4176.587	4176.587
미세먼지의 표준편차( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	22.085	22.085	23.276	23.276	25.084	25.084
1단위( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) 저감을 위해 지불할 수 있는 연간 % 소득	0.267%	0.407%	0.505%	0.226%	0.426%	0.897%
1단위( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) 저감을 위한 연간 WTP(원)	109,499	167,205	209,330	93,569	178,035	374,821