

## **Health effects of environmental pollution in population living near industrial complex areas in Korea**

Sang-Yong Eom<sup>1</sup>, Jong Hyuk Choi<sup>2</sup>, Sanghyuk Bae<sup>2</sup>, Ji-Ae Lim<sup>2</sup>, Guen-Bae Kim<sup>3</sup>, Seung-Do Yu<sup>3</sup>, Yangho Kim<sup>4</sup>, Hyun-Sul Lim<sup>5</sup>, Bu-Soon Son<sup>6</sup>, Domyung Paek<sup>7</sup>, Yong-Dae Kim<sup>1</sup>, Heon Kim<sup>1</sup>, Mina Ha<sup>2</sup>, Ho-Jang Kwon<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Preventive Medicine, College of Medicine, Chungbuk National University, Cheongju, Korea

<sup>2</sup>Department of Preventive Medicine, Dankook University College of Medicine, Cheonan, Korea

<sup>3</sup>Environmental Health Research Division, Environmental Health Research Department, National Institute of Environmental Research, Incheon, Korea

<sup>4</sup>Department of Occupational and Environmental Medicine, Ulsan University Hospital, University of Ulsan College of Medicine, Ulsan, Korea

<sup>5</sup>Department of Preventive Medicine, Dongguk University College of Medicine, Gyeongju, Korea

<sup>6</sup>Department of Environmental Health Science, Soonchunhyang University, Asan, Korea

<sup>7</sup>Graduate School of Public Health, Seoul National University, Seoul, Korea

**\*Correspondence to:** Ho-Jang Kwon, MD, PhD. Department of Preventive Medicine, Dankook University College of Medicine, 119 Dandae-Ro, Dongnam-Gu, Cheonan, Chungnam 31116, Korea. Tel: +82-41-550-3879, Fax: +82-41-556-6461, E-mail:

[hojang@dankook.ac.kr](mailto:hojang@dankook.ac.kr)

**Running title:** Health effect of pollution in industrial complex areas

## 초록

지금까지 여러 역학 연구에서 산업단지 지역의 환경오염과 다양한 건강영향과의 관련성이 보고되었다. 본 연구는 우리나라의 산업단지 환경오염이 주변 지역에 거주하는 주민 건강에 어떠한 영향 미치는지 종합적으로 평가하고자 수행되었다. 본 연구는 2012년부터 2015년까지 진행된 2 단계 산업단지 환경역학감시 사업에서 수집된 자료를 통합하여 분석하였다. 설문으로 조사된 호흡기 및 알레르기질환 증상과 암을 비롯한 급성, 만성 질환의 유병 경험률을 건강영향에 대한 결과변수로 사용하였으며, 다중 로지스틱 회귀분석을 이용하여 산업단지 노출과 건강영향의 관련성을 분석하였다. 연령, 성별, 흡연, 직업적 노출여부, 교육수준, 체질량지수를 보정한 후, 산업단지 인근 주민들은 기침 (OR = 1.18, 95% CI = 1.06-1.31)과 가래 (OR = 1.13, 95% CI = 1.03-1.24)와 같은 호흡기질환 증상과 아토피 피부염 증상 (OR = 1.10, 95% CI = 1.01-1.21)을 더 많이 경험하고 있었다. 산업단지 지역 주민은 급성 안질환의 유병 경험이 대조지역에 비해 약 40% 높았고 (OR = 1.39, 95% CI = 1.04-1.84), 폐암과 자궁암의 유병 경험이 대조지역에 비해 각각 3.45 배, 1.88 배 통계적으로 유의하게 높았다. 본 연구에서는 산업단지 인근에 거주하는 주민에서 호흡기 및 알레르기 증상을 비롯한 일부 급성, 만성 질환의 유병 위험이 높은 것을 확인하였고 이러한 결과는 향후 산업단지 주변에 거주하는 주민에 대한 관리대책을 마련하는데 객관적인 기초자료로 활용할 수 있으리라 판단된다.

Key words: Respiratory disease, allergic disease, industrial complex, prevalence, symptom

## 서론

대기오염은 인간에게 암을 일으키는 확인된 발암물질(IARC Group 1)이며 [1], 세계보건기구는 전세계적으로 매년 약 7백만명이 대기오염으로 인해 사망하는 것으로 추정하고 있다 [2]. 대기오염에 의한 질병부담은 지속적으로 증가할 것으로 예상되며, Lelieveld 등의 연구에 의하면 조기사망에 대한 대기오염 기여도가 2050년에는 지금의 2배가 될 것으로 예측하였다 [3].

대기오염은 화석연료의 연소, 산업활동, 폐기물 소각 등에 의해 발생한다. 대규모의 산업활동이 이루어지는 산업단지는 미세먼지, 아황산가스, 이산화질소, 일산화탄소, 오존, 휘발성유기화합물, 다환방향족탄화수소, 중금속 등 다양한 환경오염물질이 높은 농도로 배출되는 고정 오염원(stationary source)이다 [4]. 산업단지에서 배출된 오염물질은 호흡기나 피부를 통하여 인체에 노출되며 알레르기, 호흡기 증상과 천식, 만성기관지염, 폐기능 저하, 피부 및 안질환, 심혈관질환, 암 등의 다양한 급성 및 만성 질환을 야기할 수 있다 [4-10].

지금까지 산업단지 주변지역의 대기오염이 건강에 미치는 영향을 평가하고자 많은 역학연구가 수행되었다 [4]. 그러나 대부분 연구들은 암등록자료나 사망자료를 이용하여 생태학적 설계로 수행되어 혼란변수의 영향을 통제하지 못하였다는 제한점을 가지고 있다. 뿐만 아니라 충분한 검정력을 확보한 대규모의 역학 연구는 많지 않았다. 우리나라는 산업단지로 인한 지역 주민의 건강영향을 체계적으로 조사할 목적으로 2003년부터 '산단 지역 주민 환경오염 노출 및 건강영향 감시사업'을 시작하였다. 2011년에 1단계 사업에 대한 종합평가를 거쳐 2012년부터 시작된 2단계 사업에서는 매년 전국 5개 권역(울산, 시화 ■ 반월, 포항, 광양만권, 청주 ■ 대산)별 표본추출을 통해 선정된 연구대상에서 설문 및 생체지표를 조사하는 단면조사 방식의 환경역학감시 사업으로 전환되어 2015년까지 수행되었다.

본 연구는 2012년부터 2015년까지 진행된 우리나라 산업단지 환경역학감시 사업에서 생산된 역학연구자료를 이용하여 산업단지 주변에 거주하는 주민과 대조지역 주민의 호흡기 및 알레르기 질환의 증상과 다양한 급성, 만성 질환의 경험률을 비교·분석하므로 산업단지에서 배출되는 여러 가지 환경오염 물질로 인해 건강 영향을 종합적으로 평가하기 위하여 시행하였다.

붙여넣기 옵션 → 텍스트만유지(T) 를 선택합니다. 한글제목을 달아 줍니다. 각각의 글자 형식과 크기를 잘 지켜서 붙여넣어 줍니다. 순서를 다음과 같이 합니다.

제목: Cambria, 14pt, bold

## 연구방법

### 1) 연구 대상 및 자료

본 연구는 2012년부터 2015년까지 4년간 수행된 5개권역 (울산, 시화 ■ 반월, 포항, 광양만권, 청주 ■ 대산) 2단계 산단 주변지역 환경역학감시 사업에 참여한 20세 이상 성인 35,530명을 대상으로 하였다. 연구 대상자는 산업단지 인근 지역 주민 26,689명과 대조 지역 주민 8,841명으로 구성되어 있었다. 산업단지 인근 지역은 산업단지에서 기인한 오염물질의 노출이 예상되는 인접 주거지역이며, 대조지역은 산업단지의 영향권 밖에 위치한 지역으로 정의하였으며, 조사지역 선정은 풍향 분포와 지형적 특성 및 대기오염물질 확산 모델링 결과를 근거로 하였다. 모든 자료는 국립환경과학원으로부터 각 권역별 원시자료를 획득하여 사용하였으며, 수집된 개별 데이터를 대상으로 표준코딩지침에 따른 자료의 변환 및 정제작업을 진행하여 통합 데이터베이스를 구축하였다. 통합 데이터베이스는 연구 대상자에 대한 인구사회학적 요인, 생활습관, 질병력, 환경 및 직업적 노출 정보, 식생활습관, 시간활동양상, 호흡기 및 알레르기 증상 경험 등에 대한 정보가 포함되었다. 흡연 여부는 평생 동안 담배 20갑 이상 피운 경우를, 음주는 원래 술을 못 마시거나 종교적인 이유 등으로 술을 안 마시는 경우를 비음주자로 정의하였다. 유해물질 직업적 노출 여부는 대상자가 일하는 곳에서 먼지(톱밥, 도로, 유리섬유, 실리카, 광산먼지 등), 흙(용접 흙, 납땀과 플럭스의 흙, 플라스틱 흙, 페인트 흙, 가솔린이나 디젤 연료의 흙), 화학물질(유기용제, 본드나 레진 등)의 노출이 있는 경우 유해물질 직업적 노출이 있다고 정의하였다.

### 2) 호흡기 및 알레르기 질환 증상과 급성 및 만성 질환의 정의

본 연구는 설문조사에서 얻어진 호흡기 및 알레르기 질환의 증상과 급성 및 만성질환 진단여부를 산업단지로 인한 건강영향을 평가하기 위한 결과변수로 사용하였다. 호흡기질환 증상은 기침, 가래, 호흡곤란, 천명 증상으로 나눠 조사되었다. '아침에 일어나면 대기 기침을 하거나 평소 깨어있는 동안 기침을 자주한다'와 '아침에 일어나면 대기 가래가 나오거나 평소 깨어있는 동안 가래를 자주 뱉거나 삼킨다'고 응답한 경우 각각 기침과 가래 증상이 있는 것으로 정의하였으며, '가슴이 갑갑하고 숨쉬기가 힘들었던 적이 있다'와 '가슴에서 썹썹거리는 소리나 휘파람소리, 고양이 울음소리 같은 것이 난적이 있다'고 응답한 경우는 각각 호흡곤란과 천명 증상이 있다고 판단하였다. 알레르기 질환의 증상은 비염 증상, 피부염 증상, 결막염 증상으로 나눠 조사되었다. 감기나 독감을 앓고

있지 않은데도 재채기나 코막힘을 경험한 경우 알레르기성 비염 증상이 있다고 정의하였으며, 가려운 피부발진이 생겼다 없어졌다를 반복하면서 최소 6 개월 이상 지속된 경우를 아토피성 피부염 증상이 있다고 판단하였다. 유행성 결막염이 아니면서 자주 눈이 가려운 적인 있는 경우 증상이 경우를 알레르기성 결막염 증상이 있는 것으로 정의하였다. 급성 및 만성질환의 유병률은 조사 당시 해당 질환에 대한 평생 진단 경험이 있는 사람의 분율로 정의하였으며, 의사로부터 질환을 진단 또는 치료를 받고 있거나 완치된 사람을 모두 유병자로 포함하였다.

### 3) 자료 분석

산업단지지역과 대조지역 간의 연령, 성별, 체질량지수, 교육수준, 흡연율, 음주율, 거주기간, 직업력 등의 인구사회학적 요인의 차이는 student's T-test 또는 chi-square test 를 이용하여 비교하였다. 산업단지지역의 호흡기, 알레르기 질환의 증상과 급성, 만성 질환 유병 위험이 대조지역에 비해 높은지를 검정하기 위해 다중 로지스틱 회귀분석을 시행하였으며, 이때 단변수 분석과 이전연구들에서 본 연구의 분석 대상 증상 및 질환과의 연관성이 확인된 연령, 성별, 체질량지수, 교육수준, 직업적 유해물질 노출, 흡연을 잠재적인 교란변수로 선정하여 보정하였다 [11-14]. 또한 다중 로지스틱 회귀분석에서 산업단지 지역주민에서 증상 경험 또는 유병 위험이 유의하게 높게 확인된 기침, 가래 및 알레르기피부염 증상, 급성 안질환, 폐암, 자궁암에 대하여 주요 교란변수인 연령(50 세미만, 50 세이상), 흡연(비흡연, 현재 또는 과거 흡연), 직업적 노출 여부에 대한 층화분석을 실시하였으며, Breslow-Day 검정을 시행하여 각 층별 동질성 여부를 평가하였다. 조사시점에 따른 호흡기, 알레르기 질환의 증상과 급성, 만성 질환 유병률과 유병위험의 시간적 변화 추이를 평가하기 위하여 조사기간을 층화하여 분석을 시행하였다. 모든 통계 분석은 SAS software (version 9.4; SAS Institute, Cary, NC, USA)를 이용하였다.

### 연구결과

2 단계 산단 주변지역 환경역학감시 사업에 참여한 산업단지 지역주민과 대조지역주민의 평균 연령은 각각  $51.9 \pm 16.4$  세,  $52.6 \pm 16.1$  세이었으며, 60 세 이상의 고령자가 산업단지 지역에 비해 대조지역에서 높게 분포하였다. 연구 대상자들은 2012 년부터 2014 년까지 4 년간 균등하게 조사되었으며, 지역별로는 광양만권이 가장 많았고 대산 지역의 대상자가 가장 적었다. 두 군간의 성별, 체질량지수, 교육수준, 현거주지 거주기간의 차이는

관찰되지 않았으나, 흡연율과 음주율은 산업단지 지역에 비해 대조지역에서 높았다.

유해물질 직업적 노출률은 산업단지 지역 대상자가 대조지역에 비해 유의하게 높았다(Table 1).

호흡기질환 증상 중 기침과 가래의 경우 대조지역에 비해 산업단지 지역 주민에서 높은 증상 경험률을 보였으며, 잠재적인 교란변수들을 보정한 후에도 산업단지 지역 주민의 기침과 가래 증상 경험 위험이 통계적으로 유의하게 높게 관찰되었다 [OR (95% CI) for cough = 1.18 (1.06, 1.31), OR (95% CI) for sputum = 1.13 (1.03, 1.24)]. 하지만 호흡 곤란과 천명 증상에 대해서는 통계적으로 유의하지 않은 양의 관련성을 보였다. 알레르기 질환의 증상 중 아토피 피부염의 경우 산업지역의 증상 경험 위험이 대조지역보다 유의하게 높았고[OR (95% CI) = 1.10 (1.01, 1.21)], 알레르기성 비염은 약 5% 증가된 위험이 관찰되었으며 경계적 유의성이 확인되었다 [OR (95% CI) = 1.05 (0.99, 1.12)] (Table 2).

산업단지 지역과 대조지역의 급성, 만성 질환의 유병률은 표 3에 제시하였다. 급성질환 중 급성 안질환의 유병률이 두 군간 유의한 차이를 보였으며, 잠재적인 교란변수들을 보정한 후에도 통계적으로 유의한 관련성이 관찰되었다 (OR = 1.39, 95% CI = 1.04-1.84). 급성 기관지염의 경우 산업단지 지역 주민의 유병 위험이 약 26% 높게 나타났으나 통계적 유의성은 확인되지 않았다 (p=0.135). 폐렴의 경우 산업단지 지역 주민에 비해 대조지역 주민에서 오히려 높은 유병률이 관찰되었다. 천식의 유병률은 산업단지 지역이 2.1%, 대조지역이 1.8%로 나타났으며, 산업단지 지역 주민의 유병위험이 대조지역에 비해 약 17% 높았고 경계적 유의성을 보였다. 산업단지 지역의 폐암과 자궁암의 유병위험이 대조지역에 비해 각각 3.45 배, 1.88 배 통계적으로 유의하게 높았다(Table 3).

표 3에서 유의한 관련성이 확인된 기침, 가래 및 알레르기 피부염 증상과 급성 안질환, 폐암, 자궁암 유병에 대하여 잠재적인 교란변수인 연령(50 세미만, 50 세이상), 흡연(비흡연, 현재 또는 과거 흡연), 직업적 노출 여부에 대한 층화 분석을 시행하였다(Table 4). 각 층별 증상과 유병위험의 연관성의 동질성 분석 결과, 가래 증상에 대한 직업력 변수를 제외하고 잠재적 교란변수의 각 층의 동질성이 확인되었다. 가래 증상의 경우 직업적 노출 여부에 따른 증상 위험이 유의한 차이를 보였다(직업적 노출군 OR = 1.23, 95% CI = 1.09-1.40, 비노출군 OR = 1.01, 95% CI = 0.88-1.17, P for homogeneity = 0.034).

그림 1은 2012년부터 2015년까지의 4년간 호흡기, 알레르기 증상과 질환의 유병률의 경시적 변화에 대한 결과이다. 기침 증상의 경우 2012년 이후 뚜렷한 감소 양상을 보이고 있으나, 가래 증상과 아토피 피부염 증상은 감소하다가 증가하는 U형 양상을 보이고 있다.

급성 기관지염의 유병 양상의 경우 전반적인 감소 양상을 보이고 있으나, 천식과 급성 안질환의 유병률은 감소하다가 2015년 다시 증가하는 양상을 보이고 있다 (Figure 1).

## 고찰

본 연구에서는 2012년부터 2015년까지 4년간의 2단계 산업단지 주변지역 환경역학감시자료를 통합하여 우리나라의 산업단지 인근에 거주하는 주민의 호흡기 및 알레르기질환 증상 경험률과 암을 비롯한 급성, 만성 질환의 유병률을 대조지역 주민과 비교하였다. 본 연구의 주된 결과는 산업단지 인근에 거주하는 주민이 대조지역 주민에 비해 기침과 가래와 같은 호흡기질환 증상과 아토피 피부염 증상을 더 많이 경험하고 있었다는 것과 산업단지 지역 주민에서 급성 안질환, 폐암, 자궁암 유병 위험이 대조지역 주민에 비해 높다는 것이다.

이번 연구에서 산업단지 주민은 대조지역 주민에 비해 평상시 기침과 가래와 같은 호흡기 증상을 많이 경험하고 있었다. 대기오염물질은 기도의 염증반응이나 자극을 야기하는 것으로 잘 알려져 있다 [15]. 기침 증상은 오염물질이 호흡기를 통하여 노출되었을 때 폐와 기관지로부터 이 오염물질을 제거하는 신체방어작용이며, 가래 증상은 노출된 오염물질에 의한 기도나 폐의 염증 반응에 의한 분비물 증가를 시사한다 [16]. 따라서 기침과 가래 증상의 증가는 산업지역 주민이 대조지역에 비해 더 많이 대기오염물질 노출되었음을 의미한다. 우리 결과와 유사하게 이전 역학 연구들에서도 대기오염물질의 증가 또는 산업단지 인근 거주에 의해 기침과 가래 증상이 증가되었음을 확인하였다 [17-19]. 비록 통계적인 유의성은 확인되지 않았으나, 호흡곤란, 천명 증상과 기관지염, 만성폐쇄성폐질환, 천식과 같은 호흡기질환 유병률 역시 산업단지 지역이 대조지역에 비해 상대적으로 높게 나타났다.

아토피 피부염의 증상 경험 역시 산업단지지역이 대조지역에 비해 통계적으로 유의하게 높았다. 우리 결과와 유사하게 일산화탄소, 질소산화물, 미세먼지 등의 다양한 대기오염물질의 노출과 아토피 피부염의 증상 발생과 악화의 연관성이 이전 역학 연구에서 보고되었다 [20, 21]. 현재까지 정확한 기전은 밝혀지지 않았으나, 대기오염물질에 의한 아토피 피부염 증상은 혈청 IgE 증가와 Th2 사이토카인 발현 증가와 연관된 비정상적인 면역반응에 의한 염증 유도로 설명할 수 있다 [15, 22]. 또한 급성 안질환 역시 산업단지지역의 유병 위험이 대조지역에 비해 약 40% 높게 나타났으며, 이전 연구들에서 SO<sub>2</sub>와 오존 같은 대기오염물질들의 외안부 노출이 결막염과 안구건조증 같은 안질환 발생과 연관되어 있음이 보고되었다 [10, 23, 24].

지금까지 산업단지의 오염물질 노출과 암 발생 또는 사망의 연관성에 대한 수많은 역학 연구가 수행되었다 [1, 4, 25-30]. 명확한 발암기전은 밝혀지지 않았으나 대부분의 대기오염물질들은 인체 흡수되어 체내에서 활성산소에 의한 산화적 스트레스의 공급원으로 작용하며, 산화적 스트레스는 세포의 단백질, 지질, 세포막, DNA의 손상을 일으켜 궁극적으로는 암세포로 변화하는 데 충분한 돌연변이를 일으키는 유전체불안정성(genomic instability)야기한다 [31-33]. 본 연구에서 산업단지 주변에 거주하는 주민에서 폐암의 유병 위험이 연령, 성별, 흡연, 직업적 노출여부, 교육수준, 체질량지수를 보정한 후에도 대조지역 주민보다 약 3.5 배 유의하게 높았다. 이와 유사하게 Belli 등은 석유화학공장 2km 이내 거주가 폐암 발생을 약 3 배 증가시키는 것으로 확인하였으며 [25], 그 밖에도 다수의 역학연구에서 산업단지 인근 거주와 폐암 발생과의 유의한 연관성이 보고되었다 [26-29]. 또한 우리 연구에서는 산업단지 지역 여성 주민의 자궁암 유병 위험이 대조지역에 비해 높게 관찰되었다. 지금까지 산업단지 주변 거주나 대기오염과 자궁암 연관성에 대한 보고는 없었으나, 초미세먼지 누적노출과 자궁 내에 발생하는 양성종양인 자궁근종 발생과의 유의한 연관성이 미국 간호사건강연구에서 확인되었고 [34], Umezawa 등은 동물모델에서 주요 대기오염물질 중의 하나인 디젤연소물질 노출과 자궁내막종의 관련성을 확인하였다 [35]. 자궁암의 원인은 정확하게 밝혀지지 않았으나 인슐린 저항성과 같은 대사이상과 에스트로젠을 비롯한 다양한 호르몬 분비 이상과의 연관되어 있으며 [36, 37], 다양한 대기오염물질들이 이러한 내분비 교란작용을 일으키는 물질들이다 [38, 39].

본 연구 대상 산업단지들에서 문제가 되는 배출오염물질은 미세먼지, 중금속, 휘발성유기화합물, 다환방향족탄화수소류 등으로 거의 동일하였다. 하지만 각 산업단지가 다양한 업체들로 구성되어 있고 각 산업단지 별 주요 오염원 및 오염수준의 차이가 존재하여 산업단지 별 건강영향을 파악하기 위한 층화분석을 추가로 시행하였다(Supplementary Table 1). 그 결과 일부 산업단지에서 특이적인 결과가 확인되었는데, 포항 산업단지의 경우 호흡기 및 알레르기 증상과 천식 유병 위험이, 시화반월 산업단지는 알레르기성 결막염 증상이, 광양만권 산업단지는 급성 기관지염이 대조지역에 비해 유의하게 높았다. 이러한 결과가 산업단지의 특이적인 유해물질 노출과 연관되어 있는지에 대한 향후 검증이 필요하며, 특히 증상 경험건수나 유병건수가 많지 않은 건강영향에 대한 평가는 통계적 검정력 확보가 요구된다.

본 연구의 제한점은 첫째, 평생 증상 경험과 평생 진단 경험을 건강영향의 결과변수로 사용하였기 때문에 노출과 건강영향간의 시간적 선후관계가 불명확할 수 있으며, 단면적으로 수집된 자료를 이용하였기 때문에 본 연구의 결과를 원인적 연관성으로 설명할



수 없다. 둘째, 동일한 노출지역이라 할지라도 노출거리, 바람의 영향 등으로 인해 노출의 강도가 균일하지 않음에도 노출지역 설정이 행정구역 단위(읍, 면, 동)로 이루어져 노출의 비차별적 오분류 가능성이 있다. 셋째, 비록 직업적 노출에 따른 총화분석에서 건강영향의 관련성 차이는 없었으나, 노출균일수록 산업단지 근로자가 다수 포함되어 있어 직업적 노출과 환경적 노출의 영향을 명확하게 분리할 수는 없다. 따라서 향후 산업단지로 인한 노출과 주변지역 주민의 건강 영향의 연관성 규명을 위한 종단적 연구가 필요하며 이때 노출의 오분류 가능성을 줄일 수 있는 과학적 노출 평가 기법이 도입되어야 할 것이다. 앞서 언급된 제한점과 각 산업단지 지역별 이질성에도 불구하고, 본 연구는 우리나라의 국가산업단지 주변지역의 주민을 대상으로 수행된 대규모 환경역학감시자료를 통합하여 분석하므로 산업단지로 인한 건강영향을 높은 수준의 검정력으로 확인하였다는 점에서 큰 의의가 있다.

본 연구에서는 산업단지 인근에 거주하는 주민에서 호흡기 및 알레르기 증상을 비롯한 일부 급성, 만성 질환의 유병 위험이 높은 것을 확인하였고 이러한 결과는 향후 산업단지 주변에 거주하는 주민에 대한 관리대책을 마련하는데 객관적인 기초자료로 활용할 수 있으리라 판단된다.

## 참고문헌

1. Loomis D, Grosse Y, Lauby-Secretan B, El Ghissassi F, Bouvard V, Benbrahim-Tallaa L, et al. The carcinogenicity of outdoor air pollution. *Lancet Oncol* 2013;14(13):1262-1263.
2. Burki TK. Twice as bad: new estimates for mortality from air pollution. *Lancet Respir Med* 2014;2(5):355.
3. Lelieveld J, Evans JS, Fnais M, Giannadaki D, Pozzer A. The contribution of outdoor air pollution sources to premature mortality on a global scale. *Nature* 2015;525(7569):367-371.
4. Pascal M, Pascal L, Bidondo ML, Cochet A, Sarter H, Stempfelet M, et al. A review of the epidemiological methods used to investigate the health impacts of air pollution around major industrial areas. *J Environ Public Health* 2013;2013:737926.
5. Alwahaibi A, Zeka A. Respiratory and allergic health effects in a young population in proximity of a major industrial park in Oman. *J Epidemiol Community Health* 2016;70(2):174-180.

6. Tomaskova H, Tomasek I, Slachtova H, Polaufova P, Splichalova A, Michalik J, et al. PM10 Air Pollution and Acute Hospital Admissions for Cardiovascular and Respiratory Causes in Ostrava. *Cent Eur J Public Health* 2016;24 Suppl:S33-s39.
7. Riedl MA. The effect of air pollution on asthma and allergy. *Curr Allergy Asthma Rep* 2008;8(2):139-146.
8. Lee MR, Son BS, Park YR, Kim HM, Moon JY, Lee YJ, et al. The relationship between psychosocial stress and allergic disease among children and adolescents in Gwangyang Bay, Korea. *J Prev Med Public Health* 2012;45(6):374-380.
9. Jung SW, Lee K, Cho YS, Choi JH, Yang W, Kang TS, et al. Association by Spatial Interpolation between Ozone Levels and Lung Function of Residents at an Industrial Complex in South Korea. *Int J Environ Res Public Health* 2016;13(7):728.
10. Hwang SH, Choi YH, Paik HJ, Wee WR, Kim MK, Kim DH. Potential Importance of Ozone in the Association Between Outdoor Air Pollution and Dry Eye Disease in South Korea. *JAMA Ophthalmol* 2016
11. Liu Y, Pleasants RA, Croft JB, Lugogo N, Ohar J, Heidari K, et al. Body mass index, respiratory conditions, asthma, and chronic obstructive pulmonary disease. *Respir Med* 2015;109(7):851-859.
12. Duan P, Hu C, Quan C, Yi X, Zhou W, Yuan M, et al. Body mass index and risk of lung cancer: Systematic review and dose-response meta-analysis. *Sci Rep* 2015;5:16938.
13. Meader N, King K, Moe-Byrne T, Wright K, Graham H, Petticrew M, et al. A systematic review on the clustering and co-occurrence of multiple risk behaviours. *BMC Public Health* 2016;16:657.
14. Rajer M, Zwitter M, Rajer B. Pollution in the working place and social status: co-factors in lung cancer carcinogenesis. *Lung Cancer* 2014;85(3):346-350.
15. van Eeden SF, Tan WC, Suwa T, Mukae H, Terashima T, Fujii T, et al. Cytokines involved in the systemic inflammatory response induced by exposure to particulate matter air pollutants (PM(10)). *Am J Respir Crit Care Med* 2001;164(5):826-830.
16. Farzan S. Cough and Sputum Production. In *Clinical Methods: The History, Physical, and Laboratory Examinations*. 3rd ed. Boston: Butterworth Publishers; 1990

17. Zemp E, Elsasser S, Schindler C, Kunzli N, Perruchoud AP, Domenighetti G, et al. Long-term ambient air pollution and respiratory symptoms in adults (SAPALDIA study). The SAPALDIA Team. *Am J Respir Crit Care Med* 1999;159(4 Pt 1):1257-1266.
18. Vedal S, Petkau J, White R, Blair J. Acute effects of ambient inhalable particles in asthmatic and nonasthmatic children. *Am J Respir Crit Care Med* 1998;157(4 Pt 1):1034-1043.
19. Yang CY, Wang JD, Chan CC, Chen PC, Huang JS, Cheng MF. Respiratory and irritant health effects of a population living in a petrochemical-polluted area in Taiwan. *Environ Res* 1997;74(2):145-149.
20. Kim YM, Kim J, Han Y, Jeon BH, Cheong HK, Ahn K. Short-term effects of weather and air pollution on atopic dermatitis symptoms in children: A panel study in Korea. *PLoS One* 2017;12(4):e0175229.
21. Kim J, Kim EH, Oh I, Jung K, Han Y, Cheong HK, et al. Symptoms of atopic dermatitis are influenced by outdoor air pollution. *J Allergy Clin Immunol* 2013;132(2):495-498.e491.
22. Ahn K. The role of air pollutants in atopic dermatitis. *J Allergy Clin Immunol* 2014;134(5):993-999; discussion 1000.
23. Um SB, Kim NH, Lee HK, Song JS, Kim HC. Spatial epidemiology of dry eye disease: findings from South Korea. *Int J Health Geogr* 2014;13:31.
24. Torricelli AA, Novaes P, Matsuda M, Alves MR, Monteiro ML. Ocular surface adverse effects of ambient levels of air pollution. *Arq Bras Oftalmol* 2011;74(5):377-381.
25. Belli S, Benedetti M, Comba P, Lagravinese D, Martucci V, Martuzzi M, et al. Case-control study on cancer risk associated to residence in the neighbourhood of a petrochemical plant. *Eur J Epidemiol* 2004;19(1):49-54.
26. Edwards R, Pless-Mulloli T, Howel D, Chadwick T, Bhopal R, Harrison R, et al. Does living near heavy industry cause lung cancer in women? A case-control study using life grid interviews. *Thorax* 2006;61(12):1076-1082.
27. Lopez-Cima MF, Garcia-Perez J, Perez-Gomez B, Aragoes N, Lopez-Abente G, Tardon A, et al. Lung cancer risk and pollution in an industrial region of Northern Spain: a hospital-based case-control study. *Int J Health Geogr* 2011;10:10.

28. Garcia-Perez J, Pollan M, Boldo E, Perez-Gomez B, Aragonés N, Lope V, et al. Mortality due to lung, laryngeal and bladder cancer in towns lying in the vicinity of combustion installations. *Sci Total Environ* 2009;407(8):2593-2602.
29. Garcia-Perez J, Lopez-Abente G, Castello A, Gonzalez-Sanchez M, Fernandez-Navarro P. Cancer mortality in towns in the vicinity of installations for the production of cement, lime, plaster, and magnesium oxide. *Chemosphere* 2015;128:103-110.
30. Fernandez-Navarro P, Garcia-Perez J, Ramis R, Boldo E, Lopez-Abente G. Industrial pollution and cancer in Spain: An important public health issue. *Environ Res* 2017;159:555-563.
31. Brook RD. Cardiovascular effects of air pollution. *Clin Sci (Lond)* 2008;115(6):175-187.
32. Bartra J, Mullol J, del Cuvillo A, Davila I, Ferrer M, Jauregui I, et al. Air pollution and allergens. *J Investig Allergol Clin Immunol* 2007;17 Suppl 2:3-8.
33. Santibanez-Andrade M, Quezada-Maldonado EM, Osornio-Vargas A, Sanchez-Perez Y, Garcia-Cuellar CM. Air pollution and genomic instability: The role of particulate matter in lung carcinogenesis. *Environ Pollut* 2017;229:412-422.
34. Mahalingaiah S, Hart JE, Laden F, Terry KL, Boynton-Jarrett R, Aschengrau A, et al. Air pollution and risk of uterine leiomyomata. *Epidemiology* 2014;25(5):682-688.
35. Umezawa M, Sakata C, Tanaka N, Tabata M, Takeda K, Ihara T, et al. Pathological study for the effects of in utero and postnatal exposure to diesel exhaust on a rat endometriosis model. *J Toxicol Sci* 2011;36(4):493-498.
36. Hernandez AV, Pasupuleti V, Benites-Zapata VA, Thota P, Deshpande A, Perez-Lopez FR. Insulin resistance and endometrial cancer risk: A systematic review and meta-analysis. *Eur J Cancer* 2015;51(18):2747-2758.
37. Hopkins BD, Goncalves MD, Cantley LC. Obesity and Cancer Mechanisms: Cancer Metabolism. *J Clin Oncol* 2016;34(35):4277-4283.
38. Holmes D. Endocrine disruptors: Air pollution linked to insulin resistance. *Nat Rev Endocrinol* 2016;12(12):688.
39. De Coster S, van Larebeke N. Endocrine-disrupting chemicals: associated disorders and mechanisms of action. *J Environ Public Health* 2012;2012:713696.

Table 1. General characteristics of study subjects, Environmental Health Survey in the vicinity of National Industrial Complex, 2012-2015, Korea

	Industrial area	Control area	P-value
N	26,689	8,841	
Age (yrs)	51.9±16.4	52.6±16.1	<0.001
Age group (%)			<0.001
~ 29	11.2	9.3	
30 ~ 39	13.2	13.0	
40 ~ 49	19.3	20.7	
50 ~ 59	21.8	20.7	
60 ~ 69	17.8	19.0	
70 ~	16.7	17.4	
Year of recruitment			0.6284
2012	6137	2092	
2013	6741	2204	
2014	6984	2292	
2015	6827	2253	
Regions			<0.001
Ulsan	3507	1131	
Shiwha&banweol	6459	1881	
Kwangyang bay	8461	2989	
Cheongju	4071	1466	
Daesan	726	240	
Pohang	3468	1134	
Sex, men (%)	45.6	45.9	0.602
Body mass index (kg/m <sup>2</sup> )	23.4±2.9	23.4±2.8	0.166
Education, <high school (%)	36.1	36.4	0.609
Current- or ex-smokers (%)	26.9	28.1	<0.001

Drinkers (%)	54.3	55.7	0.018
Duration of residence in current address (yrs)	15.0±12.1	15.2±12.1	0.181
Occupational exposure, yes (%)	28.0	25.8	<0.001

---

Table 2. Comparison of prevalence of self-reported symptoms for respiratory and allergic diseases, Environmental Health Survey in the vicinity of National Industrial Complex, 2012-2015, Korea

	N (%)		OR (95% CI)	P-value
	Industrial area	Control area		
Respiratory symptoms				
Cough	1772 (6.6)	500 (5.7)	1.18 (1.06, 1.31)	0.002
Sputum	2194 (8.2)	645 (7.3)	1.13 (1.03, 1.24)	0.008
Dyspnea	2114 (7.9)	629 (7.1)	1.08 (0.98, 1.18)	0.125
Wheezing	818 (3.1)	250 (2.8)	1.06 (0.92, 1.23)	0.417
Symptoms of allergic rhinitis	5451 (20.5)	1710 (19.4)	1.05 (0.99, 1.12)	0.095
Symptoms of atopic dermatitis	2435 (9.2)	739 (8.4)	1.10 (1.01, 1.20)	0.031
Symptoms of allergic conjunctivitis	4462 (16.8)	1424 (16.1)	1.04 (0.97, 1.11)	0.246

\*Adjusted for age, sex, body mass index, smoking, education level, and occupational exposure.

Table 3. Comparison of prevalence of doctor-diagnosed acute- and chronic diseases, Environmental Health Survey in the vicinity of National Industrial Complex, 2012-2015, Korea

	N (%)		OR* (95% CI)	P-value
	Industrial area	Control area		
Acute bronchitis	203 (0.8)	55 (0.6)	1.26 (0.93, 1.70)	0.135
Pneumonia	161 (0.6)	66 (0.8)	0.78 (0.59, 1.04)	0.092
Acute eyes disorder	250 (0.9)	60 (0.7)	1.39 (1.04, 1.84)	0.025
Acute dermatic disorder	168 (0.6)	48 (0.6)	1.14 (0.83, 1.58)	0.420
Chronic obstructive pulmonary disease	271 (1.0)	90 (1.0)	1.00 (0.79, 1.28)	0.978
Asthma	548 (2.1)	156 (1.8)	1.17 (0.98, 1.41)	0.081
Sinusitis	593 (2.2)	200 (2.3)	0.96 (0.82, 1.13)	0.656
Allergic rhinitis	2169 (8.2)	729 (8.3)	0.96 (0.88, 1.05)	0.343
Allergic dermatitis	718 (2.7)	233 (2.7)	1.00 (0.86, 1.17)	0.958
Allergic conjunctivitis	380 (1.4)	134 (1.5)	0.91 (0.75, 1.11)	0.366
Hypertension	5356 (20.1)	1839 (20.9)	0.99 (0.93, 1.06)	0.780
Stroke	464 (1.8)	136 (1.5)	1.18 (0.97, 1.41)	0.105



			1.43)	
Angina/ myocardial infarction	558 (2.1)	191 (2.2)	1.01 (0.86, 1.20)	0.869
Diabetes	2366 (8.9)	826 (9.4)	0.99 (0.91, 1.08)	0.809
Anemia	910 (3.4)	301 (3.4)	1.02 (0.89, 1.17)	0.735
Thyroid disease	820 (3.1)	299 (3.4)	0.90 (0.79, 1.03)	0.129
Lung cancer	40 (0.2)	4 (0.1)	3.45 (1.23, 9.66)	0.018
Stomach cancer	149 (0.6)	44 (0.5)	1.03 (0.73, 1.45)	0.858
Colon cancer	88 (0.3)	24 (0.3)	1.21 (0.77, 1.91)	0.405
Liver cancer	26 (0.1)	8 (0.1)	1.04 (0.47, 2.30)	0.922
Breast cancer, female	78 (0.5)	28 (0.6)	0.91 (0.59, 1.41)	0.685
Uterine cancer, female	75 (0.5)	13 (0.3)	1.88 (1.04, 3.40)	0.036

---

\*Adjusted for age, sex, body mass index, smoking, education level, and occupational exposure.

## Korean Supplementary Text

Table 4. Odd ratio and 95% confidence interval of selected health events according to age, smoking status and occupational exposure

	Age group		Smoking status		Occupational exposure		P <sub>homogeneity</sub>		
	< 50	≥50	Non-smokers	Ex-smokers	No	Yes			
Respiratory symptoms									
Cough	1.18 (1.05, 1.34)	1.17 (0.97, 1.41)	0.82 0	1.11 (0.97, 1.26)	1.31 (1.10, 1.55)	0.18 9	1.23 (1.08, 1.41)	1.11 (0.94, 1.31)	0.27 4
Sputum	1.14 (1.02, 1.27)	1.12 (0.94, 1.33)	0.71 9	1.15 (1.02, 1.30)	1.11 (0.97, 1.28)	0.75 4	1.23 (1.09, 1.40)	1.01 (0.88, 1.17)	0.03 4
Symptoms of atopic dermatitis	1.12 (1.02, 1.24)	1.03 (0.86, 1.23)	0.56 4	1.12 (1.01, 1.24)	1.05 (0.89, 1.23)	0.50 6	1.10 (0.99, 1.21)	1.11 (0.94, 1.31)	0.95 2
Acute eyes disorder	1.26 (0.87, 1.82)	1.63 (1.03, 2.57)	0.46 7	1.40 (1.01, 1.94)	1.35 (0.76, 2.40)	0.96 6	1.34 (0.95, 1.87)	1.56 (0.91, 2.67)	0.60 9
Lung cancer	2.67 (0.61, 11.63)	4.23 (1.00, 17.99)	0.64 4	4.00 (0.95, 16.95)	2.89 (0.66, 12.63)	0.74 3	3.41 (1.04, 11.23)	3.31 (0.43, 25.59)	0.90 9
Uterine cancer, female	1.77 (0.83, 3.76)	2.03 (0.79, 5.24)	0.82 3	1.94 (1.05, 3.57)	0.81 (0.08, 8.59)	0.67 4	2.17 (0.98, 4.83)	1.52 (0.63, 3.67)	0.59 4

# Environmental Health and Toxicology

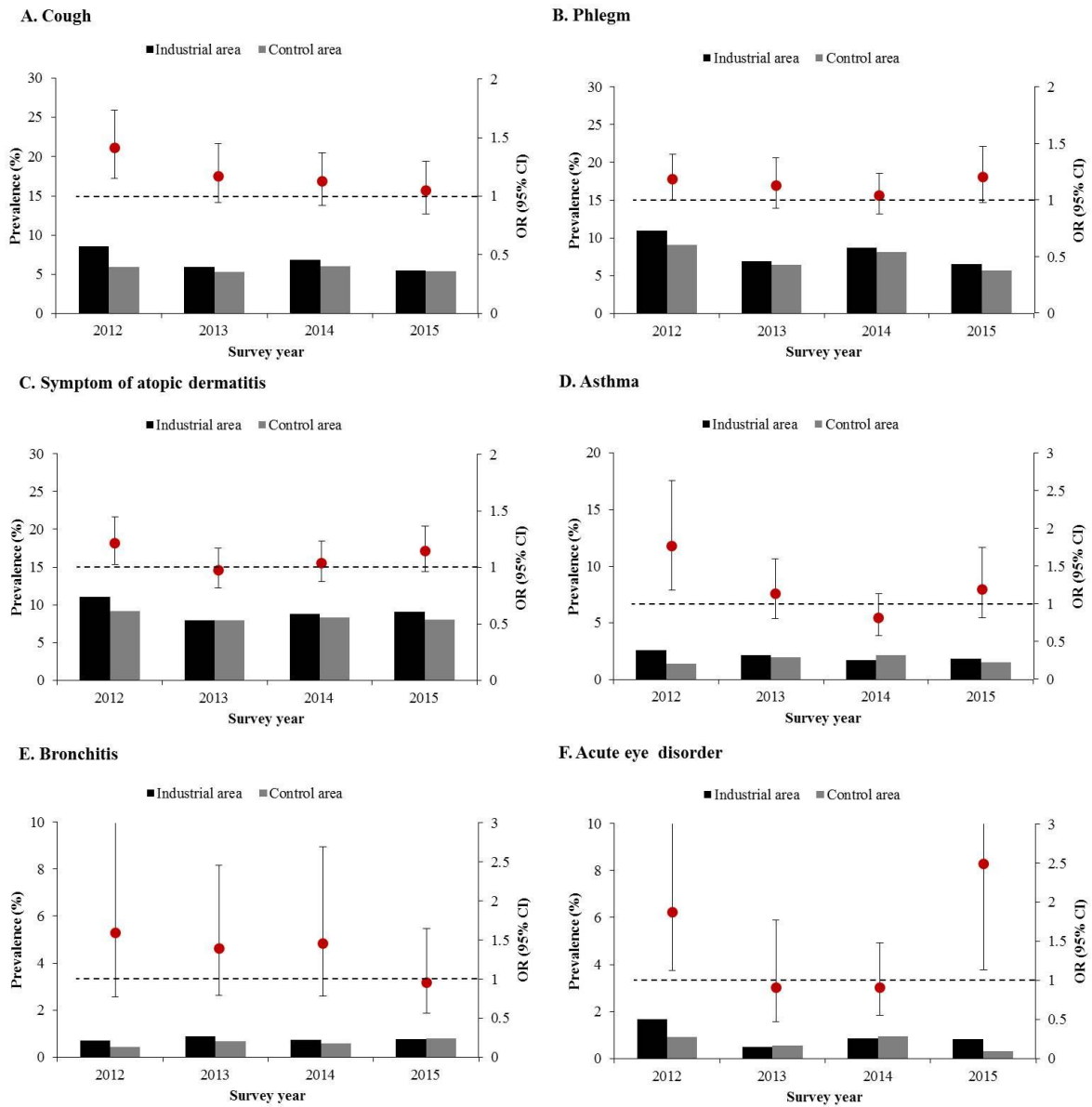


Figure 1. Temporal change of self-reported symptom for respiratory and allergic diseases (A, B, and C) and doctor-diagnosed diseases (D, E, and F), Environmental Health Survey in the vicinity of National Industrial Complex, 2012-2015, Korea