



# 대기오염의 건강위험과 보험

송윤아 연구위원

- 세계보건기구는 대기오염을 1급 발암물질로 지정한 바 있으며, 2015년 기준으로 대기오염은 대사위험(32.5%), 식이위험(23.2%), 흡연(13.8%) 다음으로 높은 사망위험요인(8.5%)임
  - PM2.5(입경 2.5 $\mu$ m 이하의 미세먼지)는 중금속과 같은 오염물질을 보다 많이 흡착할 수 있으며 인간의 폐 속 깊이 들어가 축적되고 혈관을 통해 전파되어 호흡·신경계 질환의 원인이 됨
  - PM2.5와 오존으로 인한 전 세계 사망자 수는 2015년 기준 각각 424만 명, 25만 명으로, 대기오염으로 인한 사망은 대부분 PM2.5에 기인함
- 우리나라 PM2.5의 연평균농도는 2015년 기준 29 $\mu$ g/m<sup>3</sup>로 WHO 권고수준과 OECD 평균에 비해 높은 수준이며, 1990년에 비해서도 높아진 수치임
  - 여름평균 오존 농도는 2015년 기준 OECD 국가 중 이탈리아, 이스라엘, 그리스 다음으로 높고 2000년 이후 증가하고 있음
- 대기오염이 국민 건강과 의료비에 미치는 영향은 다른 OECD 국가들에 비해 크게 나타남
  - 1990~2015년 기간 동안 PM2.5로 인한 조기사망자는 15,100명에서 18,200명으로 21% 증가하였고, 10만 명당 PM2.5 영향 사망자는 2015년 기준 27명으로 OECD 평균(22명)에 비해 높음
  - 동기간 오존 영향 사망자는 130% 증가하였고, 10만 명당 오존 영향 사망자는 2015년 기준 1.2명으로 OECD 평균(1.4명)에 비해 낮음
  - 또한 OECD는 2060년 우리나라의 10만 명당 대기오염으로 인한 조기사망자가 2010년(36명)에 비해 3배 증가한 107명으로 높은 증가율을 보일 것으로 전망함
- 대기오염으로 인한 질병, 사망, 활동장애 등은 보험회사에서 담보하는 주요 위험으로, 보험회사는 공기의 질과 관련 정책에 직접적인 영향을 받기 때문에 적절한 대응이 필요함
  - 무엇보다도, 보험회사는 대기오염과 밀접한 관련이 있는 질환에 대한 의료비와 사망률을 분석하고 대기오염 수준과 관련 정책 변화에 따른 리스크를 관리할 필요가 있음
  - 또한 대기오염이 개인이나 기업에게는 적극적 관리가 필요한 신규위험이라는 점을 고려해야 함

## 1. 검토배경



- 정부는 미세먼지 문제를 국가적 의제로 삼고 해결책을 마련하고자 대통령 직속 미세먼지대책 특별기구를 신설하고 미세먼지 종합대책을 세우기로 함

- 미세먼지(PM: Particulate Matter)는 아황산가스, 질소 산화물, 납, 오존, 일산화탄소 등을 포함하는 대기오염물질로, 입자의 크기별로 입경 10 $\mu$ m 이하의 미세한 먼지를 PM10, 입자가 2.5 $\mu$ m 이하의 먼지를 PM2.5라 함
- 정부는 노후 석탄 화력발전소에 대한 일시가동 중단, 친환경차 보급, 친환경발전소 전환 등 미세먼지 저감정책을 발표함
- 이어 국회는 미세먼지 관련 정부대책을 통합적으로 점검·지원하기 위하여 국회 내에 미세먼지·황사대책 특별위원회를 구성하는 법안을 발의함<sup>1)</sup>

- 세계보건기구는 대기오염을 1급 발암물질로 지정하였으며, 2015년 기준으로 대기오염은 대사위험(32.5%), 식이위험(23.2%), 흡연(13.8%) 다음으로 높은 사망위험요인(8.5%)임

- 2013년 세계보건기구(World Health Organization, 이하 'WHO')는 대기오염의 주요 구성요소인 미세먼지를 1급 발암물질로 지정하였음<sup>2)</sup>
- 대기오염은 폐암, 급성호흡기감염, 기관지염이나 폐기종과 같은 만성폐쇄성폐질환, 심혈관질환, 피부질환, 안구질환 등을 야기하는 것으로 알려짐

- 대기오염으로 인한 질병, 사망, 활동 제한 등은 보험회사에서 담보하는 주요 위험으로, 보험회사는 공기의 질과 관련 정책의 직접적인 이해당사자라 할 수 있음

- 대기오염은 보험회사의 질병·사망·연금보험의 수요와 지급보험금 및 손해율에 영향을 미침  
- Romley et al.(2010)은 보험회사도 공기 질 개선의 수혜자가 될 수 있다고 언급함<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> 송옥주 의원 대표발의(2017. 5. 18), 의안번호 6936, 「미세먼지·황사대책 특별위원회 구성결의안」

<sup>2)</sup> WHO 보도자료(2013. 10. 17), "International Agency for Research on Cancer (IARC): Outdoor Air Pollution a Leading Environmental Cause of Cancer Deaths"; WHO, "Air Pollution and Cancer", IARC Scientific Publication, No. 161

<sup>3)</sup> Romley, J. A., Hackbarth, A., and Goldman, D. P.(2010), "The Impact of Air Quality on Hospital Spending", RAND Corporation

- 본고에서는 대기오염의 실태와 대기오염이 건강 및 사망에 미치는 영향을 살펴본 후 보험산업에의 시사점을 제시함

## 2. 대기오염 현황 및 전망



- 우리나라는 64개의 가스·입자상물질을 대기오염물질로 규정하고<sup>4)</sup> 아황산가스, 일산화탄소, 이산화질소, PM10, PM2.5, 오존, 납, 벤젠 등의 대기오염물질에 대해 법적 허용한도를 규정·관리하고 있음<sup>5)</sup>
  - WHO의 정의에 따르면 대기오염은 대기 중에 인위적으로 배출된 오염물질이 한 가지 또는 그 이상 존재하여 오염물질의 양과 농도 및 지속시간이 공중보건, 재산, 생활 등에 위해를 끼치는 상태를 의미함
  - WHO, 세계은행, OECD 등은 대기오염으로 인한 조기사망률, 질병부담비용, 사회적 비용 등을 추정할 시 PM2.5와 오존을 주요 대기오염물질로 간주함
- 우리나라의 여름평균 오존 농도는 2015년 기준 OECD 국가 중 이탈리아, 이스라엘, 그리스 다음으로 높으며 2000년 이후 증가세에 있음(그림 1) 참조)
  - 오존의 경우 1990~2013년 기간 동안 세계적으로 8.9% 증가하고 아시아 일부지역과 중동 지중해에서 높게 관찰됨<sup>6)</sup>
    - 인체의 건강위해성에 기초한 오존 환경기준은 8시간 평균치 60ppb 이하, 1시간 평균치 100ppb 이하임<sup>7)</sup>
- 우리나라 6대 광역도시의 PM10 농도는 감소세이나, 2015년 기준 서울이  $45\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 WHO 권고기준을 훨씬 웃도는 수준임(그림 2) 참조)

4) 「대기환경보전법 시행규칙」 제2조 관련 별표1

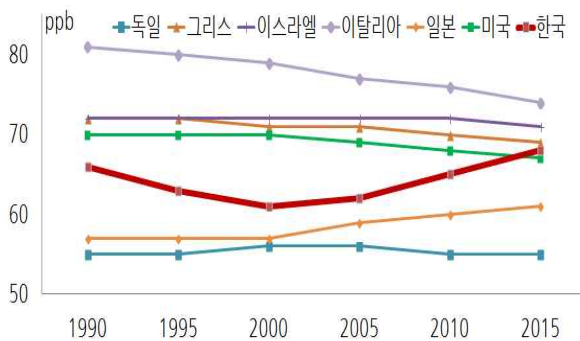
5) 「환경정책기본법 시행령」 제2조 관련 별표

6) Brauer, M. et al.(2015), “Ambient Air Pollution Exposure Estimation for the Global Burden of Disease 2013”, Environ Science Technology, 5:50(1): pp. 79~88

7) WHO의 8시간 평균치 오존 권고기준은  $100\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 잠정목표 1은  $160\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 심각수준은  $240\mu\text{g}/\text{m}^3$ 임; WHO(2006), “WHO Air Quality Guidelines for Particulate Matter, Ozone, Nitrogen Dioxide and Sulfur Dioxide”

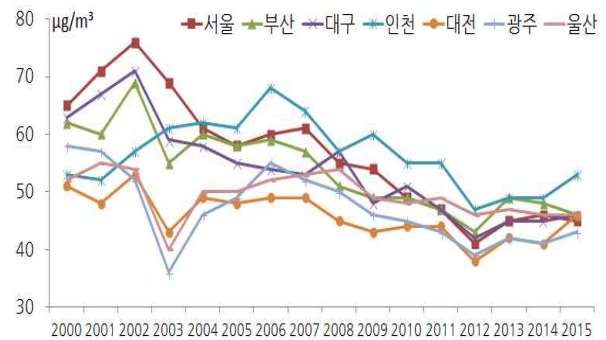
- 미세먼지에 대한 우리나라 환경기준은 PM10이 연평균  $50\mu\text{g}/\text{m}^3$  이하, PM2.5가 연평균  $25\mu\text{g}/\text{m}^3$  이하로, WHO가 권고한 허용치보다 2배 이상 높은 잠정목표 2에 해당함(〈표 1〉 참조)
- 환경부는 지난 1995년 1월부터 PM10을 새로운 대기오염물질로 규제하고 있으며, 2015년 1월부터 PM2.5에 대한 규제를 시행함

〈그림 1〉 오존 여름평균농도(1990~2015년)



자료: Institute for Health Metrics and Evaluation

〈그림 2〉 PM10 연평균농도(2000~2015년)



자료: 환경통계포털

〈표 1〉 미세먼지에 대한 WHO 권고기준과 잠정목표

(단위:  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

구분	24시간 평균 기준		연간 평균 기준		각 단계별 연평균 기준 설정 시 건강영향
	PM10	PM2.5	PM10	PM2.5	
잠정목표 1	150	75	70	35	권고기준에 비해 사망 위험률이 약 15% 증가수준
잠정목표 2	100	50	50	25	잠정목표 1보다 약 6%(2~11%) 사망위험률 감소
잠정목표 3	75	37.5	30	15	잠정목표 2보다 약 6%(2~11%)의 사망위험률 감소
권고기준	50	25	20	10	심폐질환과 폐암에 의한 사망률 증가가 최저 수준

자료: WHO(2006), "WHO Air Quality Guidelines for Particulate Matter, Ozone, Nitrogen Dioxide and Sulfur Dioxide"

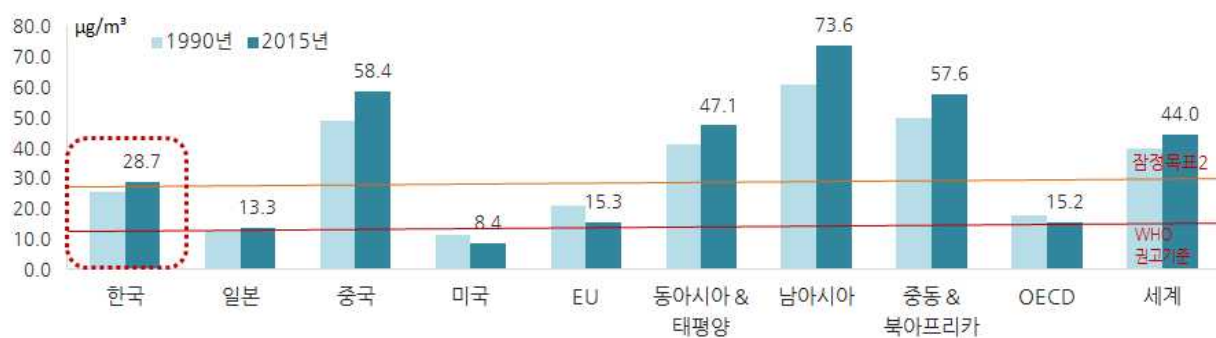
- 우리나라의 PM2.5 연평균농도는 2015년 기준  $29\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 WHO 권고기준과 OECD 평균에 비해 높으며, 이는 1990년에 비해 다소 높은 수치임<sup>8)</sup>

- 세계 PM2.5의 연평균농도는 2015년 기준  $44\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 1990년에 비해 11.2% 증가하였으며, 특히 두 해 모두 우리나라와 인접한 아시아 국가들과 아프리카 지역이 세계 평균에 비해 높은 편이고 증가하고 있음

<sup>8)</sup> Institute for Health Metrics and Evaluation(IHME) 자료 참조(World Bank, WHO, OECD 등 국제기구는 공기질 관련 데이터의 경우 IHME의 자료를 인용함)

- 우리나라의 PM2.5 연평균농도는 2015년 기준 OECD 국가 중 터키( $36\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) 다음으로 높음
  - OECD 국가들의 PM2.5 연평균농도는 2015년 기준  $15\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 1990년에 비해 감소하였으며, 특히 일본, 미국, 그리고 EU 국가는 두 해 모두 OECD 평균에 비해 낮을 뿐만 아니라 감소하고 있음

〈그림 3〉 세계 지역별 PM2.5 연간 평균농도(1990년 vs. 2015년)



자료: Institute for Health Metrics and Evaluation

- OECD는 대기오염 저감을 위한 적절한 조치가 없는 한, 세계 GDP와 에너지 수요 증가와 함께 대기오염이 더 심각해질 것으로 전망함<sup>9)</sup>
  - 현재 PM2.5 농도는 OECD 국가 대부분에서 WHO의 권고기준을 초과한 상태이며 WHO의 잠정 목표 1을 초과하는 PM2.5 노출인구는 2010년 15%에서 2060년 30%로 증가할 것으로 예상됨
    - PM2.5 농도는 중국과 인도를 포함한 동남아시아에서 급증할 것으로 전망됨
  - 오존의 경우 2030년까지는 큰 변화를 보이지 않지만 2060년 중동, 아시아 지역에서 WHO 잠정 목표(1일 최대 8시간 평균  $240\mu\text{g}/\text{m}^3$ )를 초과하는 높은 농도를 보일 것으로 전망됨

<sup>9)</sup> OECD(2016), "The Economic Consequences of Outdoor Air Pollution"

### 3. 대기오염이 질병 및 사망에 미치는 영향



#### 가. 대기오염과 질병 및 사망 간의 관계

##### ■ 대기오염은 질병 및 사망을 초래하는 주요 원인으로 알려짐

- 특히 PM<sub>2.5</sub>는 중금속과 같은 오염물질을 보다 많이 흡착할 수 있으며 인간의 폐 속 깊이 들어가 축적되고 혈관을 통해 전파되어 인간의 호흡기계나 신경계 질환의 원인이 됨
  - 1~10 $\mu$ m 이상의 큰 먼지는 대부분 콧속의 용모 또는 기도의 점막에 걸려 객담으로 배출되며, 0.1~1 $\mu$ m 크기의 먼지는 폐까지 침투, 0.01~0.1 $\mu$ m 크기의 먼지는 혈액으로 침투함<sup>10)</sup>
  - 결국 PM<sub>2.5</sub>는 폐암, 급성호흡기감염, 기관지염이나 폐기종과 같은 만성폐쇄성폐질환, 심혈관 질환을 야기하는 것으로 알려짐

##### ■ 2015년 공기오염으로 인한 전 세계 조기사망자는 1990년에 비해 35% 증가한 649만 명으로, 이 중 대기오염으로 인한 사망자가 70%(450만 명)를 차지하며 사망원인 4위를 기록함

- 대기오염은 2015년 기준 대사위험(32.5%), 식이위험(23.2%), 흡연(13.8%) 다음으로 세계 사망위험요인 중 네 번째로 높은 8.5%를 차지함<sup>11)</sup>
  - 실내오염을 포함한 공기오염은 12.5%를, 대기 미세먼지 단독으로는 7.6%를 차지함
- 2015년 대기오염으로 인한 조기사망자는 1990년에 비해 90% 증가한 반면, 실내공기오염으로 인한 사망자는 0.1% 감소함<sup>12)</sup>
- PM<sub>2.5</sub>와 오존 영향 사망자는 2015년 기준 각각 424만 명, 25만 명으로 대기오염으로 인한 사망은 대부분 PM<sub>2.5</sub>에 기인함
  - 1990년에 비해 2015년 PM<sub>2.5</sub>와 오존 영향 사망자는 각각 224만 명에서 424만 명으로, 13만

<sup>10)</sup> 이영수 외(2013), “PM<sub>2.5</sub> 환경영향평가 방안 연구”, 한국환경정책평가연구원

<sup>11)</sup> Institute for Health Metrics and Evaluation(IHME)의 Global Burden of Disease 2015 데이터 참조. Cohen et al.(2017)은 사망위험요인을 보다 세분화하여 1990년에는 미세먼지를 고혈압, 흡연, 아동영양실조 다음으로 높은 사망위험요인으로, 2015년에는 고혈압, 흡연, 높은 공복혈당, 높은 콜레스테롤 다음으로 높은 위험요인으로 분류함(Cohen et al.(2017), “Estimates and 25-year Trends of the Global Burden of Disease Attributable to Ambient Air Pollution: an Analysis of Data from the Global Burden of Diseases Study 2015”, Health Effects Institute)

<sup>12)</sup> IHME의 Global Burden of Disease 2015는 대기오염으로 인한 조기사망자 수 추정 시 심혈관질환, 허혈성 뇌졸중, 하기도 감염, 기도암, 폐암, 기관지암, 출혈성 뇌졸중, 만성폐쇄성폐질환 등을 대상 질환에 포함함

명에서 25만 명으로 증가하였는데, 이는 공기질 악화뿐만 아니라 인구 증가, 특히 면역력이 약한 고령인구 증가에 기인함

- 또한 OECD(2016)는 대기오염으로 인한 연간 조기사망자가 세계적으로 2010년 3백만 명에서 2060년 6~9백만 명으로 증가할 것으로 예상함

■ 대기오염의 최대 피해자는 고령자와 유아로, 대기오염으로 인한 사망률은 고령자에서 높고 수명손실연수와 건강상실연수의 합이 5세 이하 유아에서 길게 나타남<sup>13)</sup>

- PM2.5로 인한 사망자 중 5세 이하 사망자는 2015년 기준 22만 명(5%), 70세 이상 사망자는 223만 명(53%)임
  - 10만 명당 사망자 수는 5세 이하 유아가 30명, 70세 이상이 563명으로 나타나는데, 유아는 하기도 감염으로, 고령자는 주로 심혈관 질환과 암으로 사망에 이름
- PM2.5로 인한 장애보정손실연수(Disability-Adjusted Life Years)<sup>14)</sup> 중 5세 이하가 차지하는 비율이 17%로 높은데, 이는 저령자일수록 조기사망으로 인한 수명의 손실연수와 상병 및 장애로 인한 건강상실연수가 길기 때문임

## 나. 우리나라에의 영향

■ 1990~2015년 기간 동안 PM2.5 영향 조기사망자는 21% 증가하였고, 10만 명당 PM2.5 영향 사망자는 2015년 기준 27명으로 OECD 평균(22명)에 비해 높음(그림 4) 참조

- PM2.5 영향 사망자는 1990년 15,100명에서 2015년 18,200명으로 21% 증가한 반면 동기간 OECD 국가의 PM2.5로 인한 총사망자는 9% 감소함
  - 1990~2015년 기간 동안 고소득 국가에서는 심혈관계 질환과 PM2.5 수준 감소로 PM2.5로 인한 사망자가 감소한 경향을 보이는 반면, 두 해 모두 아시아지역이 전체 PM2.5 사망자의 64% 이상을 차지함
- 10만 명당 PM2.5 영향 사망자는 1990년 68명에서 2015년 27명으로 감소하였으나 주요 선진국에 비해 높음
  - 10만 명당 조기사망자는 중국이 84명으로 우리나라보다 높고, 일본, 독일, 미국 등은 우리나라

<sup>13)</sup> Cohen et al.(2017)과 Wold Bank & IHME(2016) 참조 바람

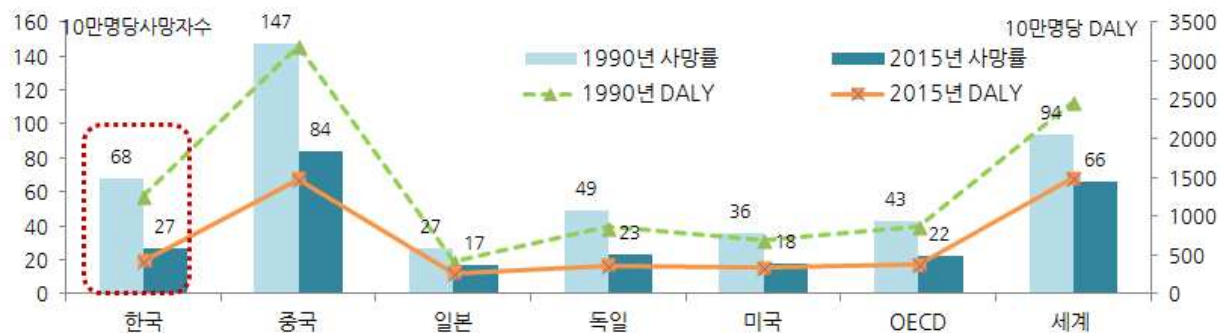
<sup>14)</sup> 장애보정손실연수는 조기사망으로 인한 수명의 손실(Years of Life Lost)과 상병 및 장애로 인한 건강연수의 상실(Years Lost due to Disability)의 합임



에 비해 낮음

- 2015년 10만 명당 장애보정손실연수는 1990년의 1/3 수준인 423년으로 OECD 평균(377년)보다 높음

〈그림 4〉 주요국의 PM2.5 영향 조기사망 및 장애보정손실연수(1990년 vs. 2015년)



주: 10만 명당 사망자 수 및 장애보정손실연수(DALY)는 연령표준화사망률임

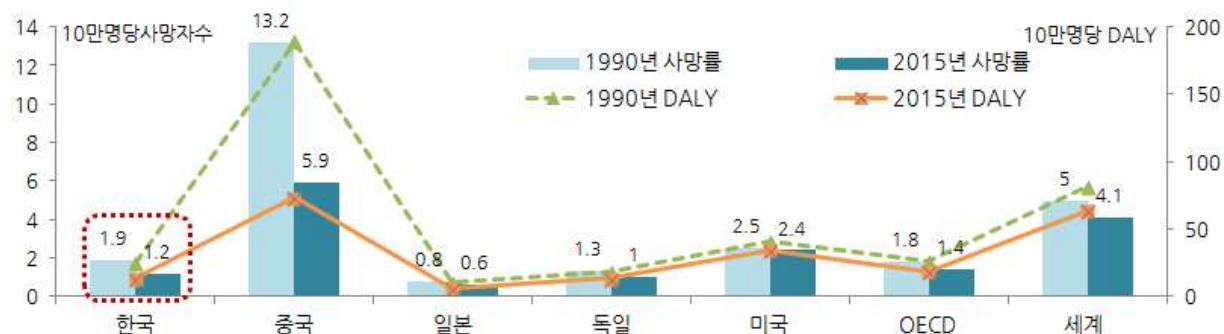
자료: Institute for Health Metrics and Evaluation(<https://www.stateofglobalair.org/data>)

- 지난 25년 동안 오존 영향 사망자는 130% 증가하였고, 10만 명당 오존 영향 사망자는 2015년 기준 1.2명으로 OECD 평균(1.4명)에 비해 낮음(그림 5) 참조

- 오존 영향 사망자는 1990년 350명에서 2015년 810명으로 130% 증가한 반면, 동기간 OECD 국가의 오존으로 인한 총사망자는 48% 증가함
  - 1990~2015년 기간 동안 오존으로 인한 사망자는 세계 대부분의 지역에서 증가하였는데 이는 특히 아시아지역에서 두드러지며, 두 해 모두 아시아지역이 전체 오존 사망자의 80% 이상을 차지함
- 10만 명당 오존 영향 사망자는 1990년 1.9명에서 2015년 1.2명으로 감소함
  - 10만 명당 조기사망자는 중국과 미국이 각각 5.9명, 2.4명으로 우리나라보다 높고, 일본, 독일 등은 우리나라에 비해 낮음
- 2015년 10만 명당 장애보정손실연수는 1990년보다 46% 감소한 13.5년으로 OECD 평균(18.8년)보다 낮음



〈그림 5〉 주요국의 오존 영향 조기사망과 DALY(1990년 vs. 2015년)



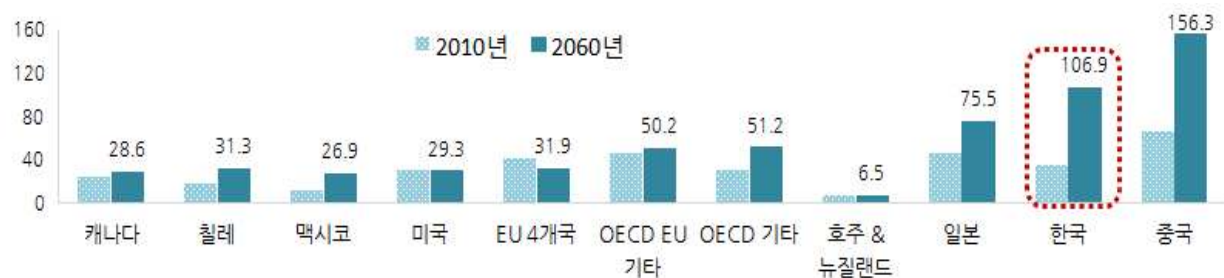
주: 10만 명당 사망자 수 및 장애보정손실연수(DALY)는 연령표준화사망률임

자료: Institute for Health Metrics and Evaluation(<https://www.stateofglobalair.org/data>)

■ 또한 OECD는 대기오염 저감을 위한 노력이 없는 한 2060년 우리나라의 10만 명당 대기오염으로 인한 조기사망자가 2010년(36명)에 비해 3배 증가한 107명으로 높은 증가율을 보일 것으로 전망함<sup>15)</sup>

- 2010년에는 대기오염으로 인한 조기사망자가 10만 명당 36명으로 일본(47명)이나 EU 주요 4개국(41명)보다 낮지만 50년 후에는 상황이 역전될 것으로 전망함
  - 우리나라의 대기오염으로 인한 조기사망률 전망치는 중국(156명), 인도(95명)보다는 낮지만, 미국(29명), 호주·뉴질랜드(6.5명), EU 주요 4개국인 영국·프랑스·독일·이탈리아(32명), 다른 모든 OECD 국가보다 높음
- 2010~2060년 기간 동안 대기오염으로 인한 조기사망자는 우리나라(2.9배)가 중국(2.4배)보다도 빨리 증가하는 것으로 전망함

〈그림 6〉 대기오염으로 인한 10만 명당 연간 조기사망자 수(2010년 vs. 2060년)



주: 분석대상 대기오염물질은 PM<sub>2.5</sub>와 오존임

자료: OECD(2016)

15) OECD(2016)

## 4. 결론 및 시사점



- 대기오염으로 인한 질병, 사망, 활동장애 등은 보험회사에서 담보하는 주요 위험으로, 보험회사는 공기의 질과 관련 정책에 직접적인 영향을 받기 때문에 적절한 대응이 필요함
- 무엇보다도, 보험회사는 대기오염과 밀접한 관련이 있는 질환에 대한 의료비와 사망률을 분석하고 대기오염 수준과 관련 정책 변화에 따른 종목별 리스크를 관리할 필요가 있음
  - 대기오염은 보험회사의 질병·사망·연금보험의 수요와 지급보험금 및 손해율에 영향을 미침
  - 한국환경정책평가연구원에 따르면 2013년 기준 호흡기계 신규입원 건(episode)당 총질병비용은 377만 원에 이릅니다<sup>16)</sup>
    - 이 중 의료비용이 192만 4,000원으로 총비용의 51%, 교통비용은 18만 3,000원으로 간병비용은 38만 8,000원으로 계산되었으며, 생산성 손실비용은 127만 원으로 총비용의 33%를 차지
- 또한 대기오염이 개인이나 기업에게는 적극적 관리가 필요한 신규위험이라는 점을 고려해야 함
  - 대기오염은 외출 및 활동 제한과 관련된 경제적 피해를 보장하는 보험, 영업활동 제약에 따른 손해를 보장하는 보험, 원인제공자의 배상책임을 담보하는 보험 등에 대한 수요를 유발함
    - 예를 들어 중국에서는 여행기간 동안 대기오염이 심각한 수준인 경우 이를 금전적으로 보상해주는 보험을 판매함 [kiri](#)

<sup>16)</sup> 대기오염물질을 PM10, 이산화황, 이산화질소, 일산화탄소, 오존으로 한정하여 추정함; 안소은 외(2015), “빅데이터를 이용한 대기오염의 건강영향 평가 및 피해비용 추정”, 한국환경정책평가연구원