

# PM-2.5 환경영향평가 방안 연구

Environmental Impact Assessment Methodology of PM-2.5

이영수, 공성용, 주현수, 문난경, 임오정

---

## 연구진

|       |                           |
|-------|---------------------------|
| 연구책임자 | 이영수 (한국환경정책·평가연구원 선임연구위원) |
| 참여연구원 | 공성용 (한국환경정책·평가연구원 선임연구위원) |
|       | 주현수 (한국환경정책·평가연구원 선임연구위원) |
|       | 문난경 (한국환경정책·평가연구원 연구위원)   |
|       | 임오정 (한국환경정책·평가연구원 연구위원)   |

---

## 자문위원(내·외부)(가나다순)

|     |               |
|-----|---------------|
| 구윤서 | (안양대학교 교수)    |
| 박경중 | (LH공사 차장)     |
| 박선환 | (선일E&C 대표)    |
| 선우영 | (건국대학교 교수)    |
| 이문형 | (환경영향평가협회 회장) |
| 장영기 | (수원대학교 교수)    |

© 2013 한국환경정책·평가연구원

---

**발행인** 이병욱

**발행처** 한국환경정책·평가연구원  
서울특별시 은평구 진흥로 215 (우편번호) 122-706  
전화 02)380-7777 팩스 02)380-7799  
<http://www.kei.re.kr>

**인쇄** 2013년 9월 19일

**발행** 2013년 9월 24일

**출판등록** 제17-254호

**ISBN** 978-89-8464-726-8 93530

---

# 서 언

국가의 대기환경기준은 대기관리를 위한 목표 수치입니다. 환경영향평가에서는 대기질 측면에서 당해 계획 또는 사업의 적합성을 판단하는 기준의 하나로 대기환경기준을 활용하고 있습니다. 당해 계획 또는 사업의 시행으로 인한 영향 정도가 대기환경기준을 초과할 것으로 예측되는 경우에 당해 계획 또는 사업은 대기질 측면에서는 바람직하지 않다는 의미입니다.

우리나라 대기환경기준은 우리나라의 사회·경제적 수준, 환경기술의 수준 등을 고려하여 설정되며 지속적으로 강화되어 왔습니다. 특히 다가올 2015년에는 인체의 건강에 미치는 영향이 큰 PM-2.5에 대한 새로운 기준이 적용됩니다. 이에 따라 환경영향평가에서도 PM-2.5에 대한 평가가 이루어져야 합니다. 하지만 현재까지 환경영향평가와 관련된 PM-2.5 평가 방안에 대한 연구가 없었습니다.

이 연구는 우리나라의 대기 중 PM-2.5의 조성·농도 분석과 국내·외 관련 연구논문 검토, 미국의 환경영향평가 사례 분석 등을 통하여 대기질 환경영향평가에서 PM-2.5를 평가할 수 있는 방안을 마련하는 데 중점을 둔 것입니다.

이번 연구의 결과는 인체 건강에 미치는 영향을 고려하여 환경영향평가의 질을 향상시키는 데 기여할 것으로 기대됩니다.

연구 결과가 나오기까지 본 연구를 맡아 수행한 우리 원의 이영수 박사, 공성용 박사, 주현수 박사, 문난경 박사, 임오정 연구원에게 감사를 드립니다. 특히 바쁜 와중에도 전문가 회의에 참석하여 지문을 해준 안양대 구윤서 교수, 박경중 LH공사 차장, 박선환 선일E&C 대표, 건국대 선우영 교수, 한국환경영향평가협회 이문형 회장, 수원대 장영기 교수에게도 깊은 감사를 드립니다.

2013년 9월

한국환경정책·평가연구원

원 장 이 병 욱

# 국문 요약

2010년 3월 31일 「환경정책기본법」 시행령 개정으로 대기환경기준에 PM-2.5에 대한 기준(24시간 평균  $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 연평균  $25\mu\text{g}/\text{m}^3$ )이 신설되었으며, 2015년부터 환경행정에 적용된다. 이에 따라 2015년에 적용될 PM-2.5 대기환경기준을 고려한 환경영향평가를 위해서는 현 단계에서 PM-2.5 평가를 위한 기법을 마련하는 것이 필요한 시점이다.

현재 대기질 환경영향평가에서는 당해 사업의 공사 시 및 운영 시 PM-10에 대한 영향을 예측하여 그 결과를 바탕으로 적정 저감대책을 수립하고 있다. 대기 중의 화학반응을 제외하면 영향을 예측하는 방법에 있어서는 PM-10과 PM-2.5는 차이가 없으므로 주로 배출량 산정에 관한 내용을 정리하였다.

PM-2.5를 평가하기 위해서 다음과 같이 크게 세 가지 방법을 제안하였다. 첫째는 우리나라의 PM-2.5와 PM-10의 배출량 비율을 이용하는 방법이다. 둘째는 미국 등 외국의 배출계수를 이용하는 방법으로, 외국 배출계수 자료 중에서도 환경영향평가와 관련된 배출계수에 대해서 정리하였다. 셋째는 위의 두 가지 방법을 활용할 수 없을 경우에 해당하는 것으로서, 우리나라 대기 중 PM-2.5와 PM-10 농도의 평균 비율 0.6을 이용한 방법이다.

이러한 방법들은 공사 시 및 운영 시에 모두 적용할 수 있다. 다만 계획의 적정성 및 입지의 타당성을 주로 평가하는 전략환경영향평가 단계에서는 PM-2.5의 평가 결과를 바탕으로 입지의 타당성을 판단하는 점에 대해서는 신중한 검토가 필요하다. 또한 환경영향평가 단계에서 모든 개발사업에 대하여 운영 시 PM-2.5를 평가하는 것은 실익이 크지 않기 때문에, 산업단지 조성사업, 발전소 건설사업, 폐기물 처리시설 설치사업 등 운영 시 대기질 영향 예측이 중요한 사업 위주로 평가하는 것이 바람직하다.

아울러 PM-2.5 평가를 위하여 필요한 국가적 차원과 환경영향평가 차원에서의 후속 추진 과제도 함께 제안하였다. 이러한 과제들은 국가 대기관리 정책에 환경영향평가가 큰 역할을 하는 데 유용한 자료로 활용될 것으로 기대한다.

주제어: PM-2.5 환경영향평가, PM-2.5/PM-10 배출량 비율, PM-2.5 배출계수,  
대기 중 PM-2.5/PM-10 농도 비율

# 차 례

---

|                               |    |
|-------------------------------|----|
| 제1장 서론 .....                  | 1  |
| 1. 연구의 배경 및 목적 .....          | 1  |
| 2. 연구의 범위 · 방법 및 보고서 구성 ..... | 2  |
| 제2장 PM-2.5의 특성 .....          | 4  |
| 1. PM-2.5의 국가환경기준 .....       | 4  |
| 가. 국가환경기준의 변천 과정 .....        | 4  |
| 나. 외국의 PM-2.5 환경기준 .....      | 7  |
| 2. PM-2.5의 특성 및 건강 영향 .....   | 8  |
| 가. 특성 .....                   | 8  |
| 나. 건강 영향 .....                | 13 |
| 3. PM-2.5의 국내 대기 중 농도 .....   | 16 |
| 제3장 PM-2.5 평가 방안 .....        | 20 |
| 1. 평가 방안 .....                | 20 |
| 가. 배출량 비율 이용 방법 .....         | 22 |
| 나. 배출계수 이용 방법 .....           | 23 |
| 다. 대기 중 농도 비율 이용 방법 .....     | 36 |
| 2. 향후 추진 과제 .....             | 38 |
| 제4장 결론 .....                  | 41 |
| 참고문헌 .....                    | 43 |
| Abstract .....                | 45 |

## 표 차례

---

|                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------|----|
| <표 2-1> 대기환경기준의 체계변경 및 강화내역 .....                            | 6  |
| <표 2-2> 우리나라와 외국의 PM-10, PM-2.5 환경기준 .....                   | 7  |
| <표 2-3> 연도별 PM-2.5의 성분 .....                                 | 9  |
| <표 2-4> PM-2.5의 분야별 기여도 및 배출량 .....                          | 12 |
| <표 2-5> 먼지의 입경크기 변화에 따른 인체의 영향 .....                         | 13 |
| <표 2-6> PM-2.5 10 $\mu$ g/m <sup>3</sup> 증가 시 사망 상대위험도 ..... | 14 |
| <표 2-7> 건강집단별 PM-2.5의 건강 영향 .....                            | 15 |
| <표 2-8> PM-2.5 측정 결과 및 일 기준 초과일수(2013년 3월 기준) .....          | 16 |

## 그림 차례

---

|                                                            |    |
|------------------------------------------------------------|----|
| <그림 2-1> 서울시의 자치구별·지점별 PM-10, PM-2.5 농도 현황 .....           | 17 |
| <그림 2-2> 인천시의 연도별 PM-10과 PM-2.5 농도 추이<br>(2002~2011) ..... | 18 |
| <그림 2-3> 인천시의 측정소별 PM-10 대비 PM-2.5 농도 분율(2011) .....       | 19 |
| <그림 3-1> 대기질 환경영향평가 절차 .....                               | 21 |

# 제1장 서론

## 1. 연구의 배경 및 목적

환경영향평가제도는 개발계획 수립 전이나 개발사업을 시행하기에 앞서, 당해 계획이나 사업이 환경에 미치는 영향을 검토하여 부정적 영향을 최소화하기 위한 대표적인 사전예방적 환경관리 수단이다. 우리나라는 1977년에 이 제도를 도입한 이래로 관련 법률, 규정 등을 개정하면서 지속적으로 발전시켜 왔다.

2013년 현재 정책계획(8개 분야, 15개) 및 개발기본계획(17개 분야, 86개)에 대한 전략환경영향평가, 대규모 개발사업에 대한 환경영향평가(17개 분야, 74개), 민감지역에서 개발되는 사업에 대한 소규모 환경영향평가(9개 분야, 20개 사업)가 대상으로 정해져 있다.<sup>1)</sup> 이 중 대규모 개발사업에 대한 환경영향평가는 6개 분야, 21개 검토항목을 평가한다.<sup>2)</sup> 이번 연구의 주제인 PM-2.5는 대기환경 분야 중 대기질 항목에 포함된다고 할 수 있다.

한편, 「환경영향평가법」 제5조(환경보전목표의 설정 등)는 “환경영향평가 등을 하려는 자는 다음 각 호의 기준, 계획 또는 사업의 성격, 토지이용 및 환경현황, 계획 또는 사업이 환경에 미치는 영향의 정도, 환경보전목표를 설정하여 환경영향평가를 실시하여야 한다.”라고 정하고 있다. 다음 각 호는 ① 「환경정책기본법」 제12조에 따른 환경기준, ② 「자연환경보전법」 제2조 제14호에 따

1) 「환경영향평가법」(법률 제10892호) 시행령 별표 1.

2) 6개 분야, 21개 검토항목은 자연생태환경 분야(동·식물상, 자연환경자산, 대기환경 분야(기상, 대기질, 악취, 온실가스), 수환경 분야(수질(지표·지하), 수리·수문, 해양환경), 토지환경 분야(토지이용, 토양, 지형·지질), 생활환경 분야(친환경적 자원순환, 소음·진동, 위락·경관, 위생·공중보건, 전파장애, 일조장애), 사회환경·경제환경 분야(인구, 주거, 산업)임.

른 생태·자연도, ③ 「대기환경보전법」, 「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률」 등에 따른 지역별 오염총량기준, ④ 그 밖에 관계 법률에서 환경보전을 위하여 설정한 기준을 말한다. 「환경정책기본법」 제12조에 따른 환경기준 중 대기환경 기준에 PM-2.5에 대한 기준(24시간 평균  $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 연평균  $25\mu\text{g}/\text{m}^3$ )이 설정되어 있으며, 2015년부터 환경행정에 적용된다.

보통 환경영향평가 대상사업은 사업의 특성에 따라 차이가 있지만, 환경영향 평가를 하는 데 평균 1년~1년 6개월 정도가 소요되므로 2015년에 적용될 PM-2.5 기준을 고려한 평가를 위해서는 현 단계에서 평가를 위한 기법을 마련 하여야 한다.

이러한 시기적인 필요성에 따라 이번 연구를 수행하게 되었다. 이에 이번 연구에서는 첫째, PM-2.5의 특성과 국내 오염 정도를 분석하고, 둘째, 외국의 PM-2.5 배출계수 및 평가방법 등을 조사하며, 셋째, PM-2.5 평가방법을 마련 하고자 하였다.

## 2. 연구의 범위 · 방법 및 보고서 구성

인위적인 PM-2.5의 발생은 크게 두 가지로 구분된다. 첫째는 생산시설 등에서 PM-2.5 그 자체로 배출되는 것이며, 둘째는 황산화물, 질소산화물 등이 대기 중에서 복잡한 화학반응을 일으켜 생성되는 것이다. 이러한 황산화물과 질소산화물의 생성 메커니즘은 잘 알려져 있는 반면, 2차 생성에 중요한 휘발성 유기화합물(VOCs)과 암모니아 배출 정보가 아직까지 명확하게 밝혀지지 않은 상태이다. 따라서 이번 연구에서는 대기 중 반응을 고려하지 않고 1차 인위적 배출에 대한 PM-2.5의 평가 방법을 마련하는 데 중점을 두었다.

주요 연구 방법은 다음과 같다.

이번 기초 연구는 주로 문헌조사를 바탕으로 이루어졌다. PM-2.5의 물리적

특성, 인체 건강에 미치는 영향, 현재 우리나라의 오염 정도, 대기환경기준의 변천 과정, 미국의 발전소 평가사례를 살펴보았다. 이어 대기환경영향평가 전문가 및 사업자, 평가대행자로 구성된 전문가 회의를 통하여 평가방법의 적합성, 향후 필요한 과제 등을 도출하였다.

본 보고서는 전체 4장으로 구성된다.

제1장은 서론으로서 본 연구의 배경 및 목적, 연구의 범위·방법 및 보고서의 구성에 대하여 정리하였다.

제2장에서는 PM-2.5의 국가환경기준, 물리적 특성 및 건강 영향, 대기 중 농도에 대하여 살펴보았다.

제3장에서는 우리나라의 PM-2.5와 PM-10의 배출량 비율, 외국의 PM-2.5 배출계수 자료 및 평가방법 등을 조사하고, 우리나라의 PM-2.5 평가 방안과 향후 필요한 연구과제를 서술하였다.

제4장은 결론으로서 주요 연구 결과를 정리하였다.

## 제2장 PM-2.5의 특성

이 장에서는 크게 세 가지 주제를 다루었다. 첫째는 국내 대기환경기준의 변천 과정과 외국의 PM-2.5 환경기준을 살펴보았다. 환경기준의 변천 과정을 살펴보는 것은 국가 환경행정의 변화 방향을 이해하는 데 도움이 되기 때문이다. 아울러 외국의 환경기준과의 비교는 앞으로의 대기환경 관리 목표의 방향을 모색하는 데 길잡이가 될 수 있을 것으로 기대되기 때문이다. 둘째는 우리나라 환경정책의 목표와 비교하기 위해 PM-2.5의 물리적 특성과 인체 건강에 미치는 영향을 살펴보았다. 마지막으로 PM-2.5의 대기 중 오염 정도를 살펴보았다. PM-2.5의 대기 중 농도는 환경부 보도자료<sup>3)</sup>와 PM-2.5 농도를 제시하고 있는 일부 지자체의 자료를 활용하였다. 또 PM-2.5 관련 연구논문 및 학술 심포지엄에서 발표된 우리나라 일부 도시 또는 지역의 농도를 분석하였다. 특히 PM-2.5/PM-10의 비율을 조사하였다. 이는 앞서 언급한 것처럼 PM-2.5 평가 방안을 마련하기 위함이다.

### 1. PM-2.5의 국가환경기준

#### 가. 국가환경기준의 변천 과정<sup>4)</sup>

「환경정책기본법」 제10조(환경기준의 설정) 제1항은 “정부는 국민의 건강을 보호하고 쾌적한 환경을 조성하기 위하여 환경기준을 설정하여야 하며, 환경

3) 환경부 보도자료(2013년 4월 8일), “전국 측정소 절반 이상 초미세먼지(PM2.5) 농도 기준 초과, PM2.5 저감 및 국민건강보호 대책, 올해부터 단계적 추진”.

4) 국립환경과학원(2012), 「대기환경연보 2011」, p.7; 환경부(2013), 「2012년 환경백서」, p.172; 김홍균(2012), 「환경법」, p.73에서 각각 인용하고 추가 정리함.

여건의 변화에 따라 그 적정성이 유지되도록 하여야 한다.”라고 명시하고 있다. 이에 따라 동법 시행령 별표 1에 환경기준을 정해두고 있다.

이러한 환경기준은 국가 환경행정의 목표로서 환경기준 설정 물질과 설정 수준은 오염현황, 인체에 미치는 영향 등을 감안하여 정하며, 보통 세계보건기구(WHO)의 권장기준을 참고하여 설정한다. <표 2-1>은 1978년 이산화황( $\text{SO}_2$ )에 대한 기준을 최초로 설정한 이래 현재까지 6회에 걸쳐 항목이 추가되고 기준이 강화된 내용을 나타낸 것이다. 1993년에 이산화황 기준을 강화하고 1시간 평균 기준을 신설하였으며, 미세먼지(PM-10) 기준을 신설하고 1995년부터 적용하는 것으로 설정하였다. 이에 따라 총먼지(TSP)에 대한 기준이 2001년에 완전 삭제되었다. 탄화수소의 환경기준은 외국에서도 기준 항목으로 정하고 있지 않으며, 오존 측정자료를 이용하여 스모그 현상 파악이 가능하므로 환경기준 항목에서 삭제하였다. 또 2007년에 벤젠 기준을 신설하고 2010년에 신규로 적용하기로 하였으며, 2011년에 이번 연구의 주제인 PM-2.5에 대한 기준을 신설하고 2015년부터 적용하기로 하였다. 아울러, 일부 오염물질이 환경기준을 달성함에 따라 이산화황은 1995년, 2001년, 일산화탄소는 1995년, PM-10은 2001년, 2007년, 이산화질소는 2007년에 환경기준을 단계적으로 강화하였다.

〈표 2-1〉 대기환경기준의 체계변경 및 강화내역

| 항목                                 | 1978년                          | 1983년             | 1991년             | 1993년                       | 2001년                       | 2007년                       | 2011년                       |
|------------------------------------|--------------------------------|-------------------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 이산화황<br>(ppm)                      | 0.05/년<br>0.15/일               | 0.05/년<br>0.15/일  | 0.05/년<br>0.15/일  | 0.03/년<br>0.14/일<br>0.25/시간 | 0.02/년<br>0.05/일<br>0.15/시간 | 0.02/년<br>0.05/일<br>0.15/시간 | 0.02/년<br>0.05/일<br>0.15/시간 |
| 일산화탄소<br>(ppm)                     | -                              | 8/월<br>20/8시간     | 8/월<br>20/8시간     | 9/8시간<br>25/시간              | 9/8시간<br>25/시간              | 9/8시간<br>25/시간              | 9/8시간<br>25/시간              |
| 이산화질소<br>(ppm)                     | -                              | 0.05/년<br>0.15/시간 | 0.05/년<br>0.15/시간 | 0.05/년<br>0.08/일<br>0.15/시간 | 0.05/년<br>0.08/일<br>0.15/시간 | 0.03/년<br>0.06/일<br>0.1/시간  | 0.03/년<br>0.06/일<br>0.1/시간  |
| 먼지<br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | 총먼지<br>(TSP)                   | 150/년<br>300/일    | 150/년<br>300/일    | 150/년<br>300/일              | -                           | -                           | -                           |
|                                    | 미세먼지<br>(PM-10)                | -                 | -                 | 80/년<br>150/일               | 70/년<br>150/일               | 50/년<br>100/일               | 50/년<br>100/일               |
|                                    | 미세먼지<br>(PM-2.5)               | -                 | -                 | -                           | -                           | -                           | 25/년<br>50/일                |
| 오존<br>(ppm)                        | -                              | 0.02/년<br>0.1/시간  | 0.02/년<br>0.1/시간  | 0.06/8시간<br>0.1/시간          | 0.06/8시간<br>0.1/시간          | 0.06/8시간<br>0.1/시간          | 0.06/8시간<br>0.1/시간          |
|                                    | 납 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | -                 | 1.5/3개월           | 1.5/3개월                     | 0.5/년                       | 0.5/년                       | 0.5/년                       |
|                                    | 탄화수소<br>(ppm)                  | -                 | 3/년<br>10/시간      | 3/년<br>10/시간                | -                           | -                           | -                           |
| 벤젠 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )    | -                              | -                 | -                 | -                           | -                           | 5/년                         | 5/년                         |

주: 1) 1시간 평균치는 999천분위수의 값이 그 기준을 초과해서는 안 되고, 8시간 및 24시간 평균치는 99백분위수의 값이 그 기준을 초과해서는 안 됨.

2) 미세먼지(PM-10)는 입자의 크기가 10 $\mu\text{m}$  이하인 먼지를 말하며, 미세먼지(PM-2.5)는 입자의 크기가 2.5 $\mu\text{m}$  이하인 먼지를 말함.

자료: 국립환경과학원(2012).

## 나. 외국의 PM-2.5 환경기준

우리나라와 외국의 PM-10, PM-2.5의 환경기준을 <표 2-2>에 정리하였다.<sup>5)</sup> 전반적으로 우리나라의 환경기준이 상대적으로 느슨하고, 특히 PM-2.5의 경우는 외국과의 차이가 심함을 확인할 수 있다.

<표 2-2> 우리나라와 외국의 PM-10, PM-2.5 환경기준

(단위:  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

| 항목     | 기준   | 한국  | 미국  | 일본  | 영국 | 캐나다 | 호주 | 홍콩  | EU | WHO |
|--------|------|-----|-----|-----|----|-----|----|-----|----|-----|
| PM-10  | 1시간  | -   | -   | 200 | -  | -   | -  | -   | -  | -   |
|        | 24시간 | 100 | 150 | 100 | 50 | 50  | -  | 180 | 50 | 50  |
|        | 연간   | 50  | -   | -   | 40 | -   | 50 | 55  | 20 | 20  |
| PM-2.5 | 24시간 | 50  | 35  | 35  | -  | 30  | 25 | -   | -  | 25  |
|        | 연간   | 25  | 15  | 15  | 25 | -   | 8  | -   | 25 | 10  |

- 주: 1) 홍콩의 PM-10 24시간 기준은 1년에 1회 이상 초과하면 안 됨.  
 2) 미국의 PM-2.5 연간 기준은 연간 산술평균 농도의 3년 평균치가  $15\mu\text{g}/\text{m}^3$ 를 초과하면 안 됨.  
 3) 미국, 일본, 캐나다의 PM-2.5 24시간 기준은 98 백분위수 (percentile)의 3년 평균치가  $35\mu\text{g}/\text{m}^3$ 를 초과하면 안 됨.  
 4) 영국의 PM-10 24시간 기준은 1년에 35회를 초과하면 안 됨.  
 5) 호주의 PM-10 연간 기준은 1년에 5일 이상 초과하면 안 됨.  
 6) WHO, EU, 영국의 환경기준 전환계수(conversion factor)는  $20^\circ\text{C}$ ,  $101.3\text{kPa}$ 로 환산 적용한 값임.

자료: 김신도(2013).

5) 김신도(2013), 「한국대기환경학회 2013년 분과회 공동학술심포지엄」 발표자료 p.15에서 인용.

## 2. PM-2.5의 특성 및 건강 영향

### 가. 특성

#### 1) 물리적 특성

PM-2.5는 대기 중에 떠다니는 공기역학적 직경(aerodynamic diameter)이  $2.5\mu\text{m}$  이하인 미세먼지<sup>6)</sup>를 의미한다. 이러한 미세먼지는 호흡 시 체내에 침투하기가 용이하고 표면적이 커서 중금속과 같은 오염물질을 보다 많이 흡착할 수 있어 건강에 미치는 영향이 크다고 할 수 있다. 또한 PM-2.5는 대기 중 체류시간이 약 7일로 PM-10에 비하여 2~3배 길기 때문에 장기간 이동하여 주변 국가에도 영향을 미치는 월경성 대기오염 물질로도 주목을 받고 있다.<sup>7)</sup>

전준민 외(2010)에 따르면, 대기 중 중금속은 입자상 물질에 흡착되어 부유하는 것으로 알려져 있는데, 국내 대기 중 미세먼지의 오염도는 증가 추세에 있다. 미세먼지 내에 있는 중금속과 같은 특정 대기유해물질들은 인체 건강뿐만 아니라 식물의 기공이나 토양에 흡착되어 식물 성장에도 많은 장애를 일으키기도 한다.<sup>8)</sup> 미세먼지는 식물 성장을 방해할 뿐만 아니라 삼림 황폐화 및 자동차 타이어 등 고무제품의 부식을 유발하고, 농도에 따라 전자부품산업 및 자동차 도장 공정에도 영향을 미친다.

#### 2) 구성 성분

미세먼지는 자연적 오염원으로부터 대기 중으로 직접 배출되는 1차 입자와

6) 머리카락 직경(약  $50\sim 70\mu\text{g}$ )의 최대 1/30에서 최소 1/120 수준임.

7) 이순봉 외(2011), “PM10, PM2.5 미세먼지의 조성 및 오염 특성: 2008년 제주도 고산지역 측정 결과”, p.311에서 인용.

8) 전준민 외(2010), “일부 공단지역 PM2.5에 부착된 중금속 노출에 의한 건강위해성평가”, p.295에서 인용.

연료의 연소나 생산 공정 등에서 발생하는 황산화물, 질소산화물, 휘발성유기화합물, 암모니아 등과 같은 가스상 전구물질이 대기 중에서 반응하여 생성되는 2차 입자로 구분할 수 있다. 2차 입자는 황산염, 질산염과 같은 이온성분, 금속성분, 탄소성분 등 다양한 물질들로 구성되어 있다. 2011년과 2012년의 PM-2.5의 성분비는 <표 2-3>과 같다.<sup>9)</sup> 특히 2차 입자는 시정장애 및 호흡기 장애를 일으키고, 나아가 기후변화에도 영향을 미치는 것으로 조사되고 있다.

〈표 2-3〉 연도별 PM-2.5의 성분

| 연도   | 이온성분 | 탄소성분 | 원소성분<br>(중금속 등) | 기타 |
|------|------|------|-----------------|----|
| 2011 | 50   | 21   | 7               | 22 |
| 2012 | 55   | 23   | 6               | 16 |

자료: 환경부 보도자료(2013).

한편, PM-2.5 성분 중 이온성분은 지역의 특성에 따라 그 조성이 다르게 나타났다. 이순봉 외(2011)<sup>10)</sup>는 2008년 3월~12월에 제주도 고산지역에서 PM-10과 PM-2.5를 채취<sup>11)</sup>하여 각각의 농도와 성분을 분석하였다. PM-2.5 중 수용성 이온성분은 non-sea salt  $\text{SO}_4^{2-} > \text{NH}_4^+ > \text{NO}_3^- > \text{Na}^+ > \text{K}^+ > \text{non-sea salt Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+}$  순이었다. 이 중 인위적 기원의 2차 오염물질인 non-sea salt  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ 가 전체의 89.2%를 차지하였고, 해염기원 성분( $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ )은 6.0%, 토양기원 성분(non-sea salt  $\text{Ca}^{2+}$ )은 약 2% 정도를 나타내는 것으로 보고되었다.

9) 환경부 보도자료(2013년 4월 8일)에서 인용, 이온성분은 황산염, 질산염, 암모늄 등이며, 연소 과정에서 발생하는 탄소성분은 유기탄소 및 원소탄소임.

10) 이순봉 외(2011), “PM10, PM2.5 미세먼지의 조성 및 오염 특성: 2008년 제주도 고산지역 측정 결과”, p.313에서 인용.

11) 제주도 고산측정소는 제주도 서쪽 끝 지점에 위치한 대표적인 대기 배경농도 측정소로서 해발 72m의 해안가 언덕에 위치함.

강공원 외(2011)<sup>12)</sup>는 2004년 익산지역에서 PM-10과 PM-2.5의 농도와 성분을 분석하였다. 연간 평균으로는  $\text{SO}_4^{2-} > \text{non-sea salt SO}_4^{2-} > \text{NO}_3^- > \text{NH}_4^+ > \text{Cl}^- > \text{K}^+ > \text{Na}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{non-sea salt Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+}$  순이었다. 봄·여름철에는  $\text{SO}_4^{2-}$ , non-sea salt  $\text{SO}_4^{2-}$ 가 가장 높은 농도를 보였으나, 가을·겨울철에는  $\text{NO}_3^-$ 가 가장 높은 농도를 나타내었다. 제주도와 비교할 경우 황산염, 질산염이 높은 비중을 차지한 것은 유사하나,  $\text{Cl}^-$  이온이 높은 점이 특이하다고 할 수 있다.

백성욱, 허윤경, 박영화(2008)<sup>13)</sup>는 2003년 3월부터 12월까지 포항지역의 공업지역과 주거지역을 대상으로 PM-2.5의 농도, 조성 및 기여도를 조사하였다. PM-2.5에 가장 많이 함유된 화학성분들은 2차 생성입자를 형성하는 성분인  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ 인 것으로 조사되었다. 특히 공업지역의 경우는 철, 망간, 크롬 등의 중금속 농도가 주거지역보다 높은 것으로 나타났다. 또한 토사 및 도로상의 비산먼지, 2차 생성입자, 자동차, 해염입자, 금속산업의 순으로 기여도가 큰 것으로 보고하였다.

부산시 보건환경연구원은 2013년 1월부터 6월까지 월 7일씩 부산 연산동, 학장동, 기장읍 지역의 PM-2.5에 대한 농도와 성분을 조사하였다.<sup>14)</sup> 그 결과 PM-2.5의 구성성분은 “1차 오염원과 2차 오염원의 복잡한 화합물로서 이온성분, 금속성분, 탄소성분으로 구성되어 있다.”고 보고하였다. 특히 학장동의 경우 인근 공단(제련, 주물 등)의 영향으로 인하여 PM-2.5 내 중금속의 농도가 주거지역보다 3배 정도 높은 것으로 나타났다.<sup>15)</sup>

12) 강공원 외(2011), “익산지역 대기 중 PM10과 PM2.5의 계절별 특성”, p.38, 표 2에서 인용.

13) 백성욱, 허윤경, 박영화(2008), “포항지역 대기 중 초미세먼지(PM2.5)의 오염특성평가”, pp.306-307에서 인용.

14) 기장읍의 경우는 PM-2.5의 농도만 조사함.

15) 부산광역시 보건환경연구원(2013), 「2013년 상반기 PM-2.5 성분조사 결과보고」 요약문에서 인용.

이들 지역의 PM-2.5에 대한 공통적인 사항은 인위적인 오염원인 황산염, 질산염 등이 PM-2.5와 밀접한 관계에 있다는 것이다.

### 3) 배출 특성<sup>16)</sup>

미세먼지는 다양한 배출원에서 발생한다. PM-2.5는 일반적으로 자동차 배출 가스, 산업공정, 도로 등에서 날리는 먼지 등 인간의 활동에 의한 인위적 요인에 의해 배출되는 것이 대부분이며, 숲을 만들 때나 숲불고기구이, 화목난로, 농업 활동으로 발생한 잔재물과 일반폐기물을 소각할 때도 상당량 발생하는 것으로 알려져 있다. <표 2-4><sup>17)</sup>는 배출원별 PM-2.5의 기여도와 PM-10과의 배출량 비율을 나타낸 것이다. CAPSS<sup>18)</sup>에서 PM-2.5의 분야별 기여도는 도로이동오염원(16.7%), 제조업 연소(10.6%), 도로 비산(9.1%), 숲가마(8.8%), 농업 잔재물 소각(8.5%), 비포장도로에서의 비산(7.0%)순으로 나타났다. 아울러 PM-2.5와 PM-10의 배출량 비율을 살펴보면 CAPSS의 경우 그 비율이 0.9로서 대부분의 미세먼지가 PM-2.5의 형태로 배출됨을 알 수 있다. CAPSS 보완 및 추가 자료의 이동오염원 분야와 생물성 연소(산불, 숲가마, 아궁이, 화목난로)분야에서 배출되는 먼지도 대부분 PM-2.5의 형태임을 알 수 있다. 특히 휘발유승용차는 100% PM-2.5의 형태로 배출됨을 알 수 있다.

16) 환경부 보도자료(2010년 9월 29일), “인체 위해성이 높은 초미세먼지 관리 본격화”; 국립환경과학원(2009), 「PM2.5 대기환경기준 설정을 위한 연구」, p.61에서 인용.

17) 자세한 내용은 국립환경과학원(2013), 「CAPSS 및 GHG-CAPSS 일원화 시스템 구축 연구(I)-방법론 연구-」의 3.1 배출원별 PM2.5 배출계수 조사. pp.126-142 참고.

18) Clean Air Policy Supporting System의 약자로서 국립환경과학원에서 운영하고 있음.

〈표 2-4〉 PM-2.5의 분야별 기여도 및 배출량

| 구 분                |                       |                 | 기여도(%)       |      | 배출량<br>(톤/연) | PM-2.5<br>/PM-10 |      |
|--------------------|-----------------------|-----------------|--------------|------|--------------|------------------|------|
| CAPSS              |                       |                 | 에너지산업 연소     | 5.4  | 41.9         | 7,406            | 0.9  |
|                    |                       |                 | 비산업 연소       | 2.0  |              | 2,680            | "    |
|                    |                       |                 | 제조업 연소       | 10.6 |              | 14,400           | "    |
|                    |                       |                 | 생산공정         | 4.6  |              | 6,199            | "    |
|                    |                       |                 | 도로이동 오염원     | 16.7 |              | 22,781           | "    |
|                    |                       |                 | 비도로이동<br>오염원 | 2.6  |              | 3,584            | "    |
|                    |                       |                 | 폐기물처리        | 0    |              | 58               | "    |
| CAPSS<br>보완/<br>추가 | 이<br>동<br>오<br>염<br>원 | 휘발유 승용차         |              | 0.5  | 7.1          | 687              | 1.0  |
|                    |                       | 이륜차             |              | 0.8  |              | 1,027            | 0.9  |
|                    |                       | 건설기계            |              | 5.8  |              | 7,915            | 0.94 |
|                    | 비<br>산<br>면<br>지      | 도로비산(포장)        |              | 9.1  | 22.3         | 12,458           | 0.14 |
|                    |                       | 도로비산(비포장)       |              | 7.0  |              | 9,552            | 0.1  |
|                    |                       | 건설활동            |              | 0.8  |              | 1,025            | 0.1  |
|                    |                       | 농업활동            | 경작           | 0.4  |              | 597              | 0.2  |
|                    |                       |                 | 수확           | 1.3  |              | 1,803            | 0.2  |
|                    |                       | 나대지             |              | 2.6  |              | 3,567            | 0.15 |
|                    |                       | 축산활동            |              | 1.0  |              | 1,389            | 0.19 |
|                    | 생<br>물<br>성<br>연<br>소 | 고기구이            |              | 2.9  | 28.7         | 3,975            | 0.93 |
|                    |                       | 노천소각(폐기물)       |              | 3.4  |              | 4,683            | 0.92 |
|                    |                       | 노천소각<br>(농업잔재물) |              | 8.5  |              | 11,630           | 0.95 |
|                    |                       | 산불              |              | 0.7  |              | 890              | "    |
|                    |                       | 숯가마             |              | 8.8  |              | 11,938           | "    |
|                    |                       | 아궁이             |              | 1.1  |              | 1,545            | "    |
|                    |                       | 화목난로            |              | 3.2  |              | 4,406            | "    |
| 총합계                |                       |                 |              | 100  | 136,195      |                  |      |

자료: 국립환경과학원 (2009).

## 나. 건강 영향

먼지의 입경 분포에 따른 건강영향은 <표 2-5>와 같다.

**<표 2-5> 먼지의 입경크기 변화에 따른 인체의 영향**

| 먼지입경( $\mu\text{m}$ ) | 입자상 물질의 침투 정도                    |
|-----------------------|----------------------------------|
| 5 이상                  | 콧속의 용모, 기도의 점막에 의하여 제거           |
| 1~5                   | 기관지나 세기관지의 벽에 있는 섬모에 의하여 제거      |
| 0.1~1                 | 폐 내 침적률이 가장 높아 진폐증 발생 위험, 가기도 감소 |
| 0.01~0.1              | 폐를 거쳐 혈액으로 침투하거나 다시 대기 중으로 배출됨.  |

자료: 김기현 외(2009).

1~10 $\mu\text{m}$  이상의 큰 먼지는 대부분 코나 기도의 점막과 섬모에 걸려 객담으로 배출되며, 이때 기관지를 통과할 수 있는 0.1~1 $\mu\text{m}$  크기의 먼지가 폐까지 침투할 수 있다. 이러한 경로로 폐 속에 먼지가 많이 침적되면 진폐증이나 규폐증이 발생될 수 있다. 먼지의 입경크기가 0.01~0.1 $\mu\text{m}$ 이면 기체와 같은 거동을 하게 되고, 폐 속의 허파파리를 거쳐 혈액으로 침투하며, 흡입량의 약 50%는 다시 대기 중으로 배출된다.<sup>19)</sup>

미세먼지는 입자가 작아 인체에 침투하기 쉽고, 중금속 등 특정 대기유해물질이 흡착되어 있어 인체 건강에 미치는 영향이 다른 오염물질보다 크다고 할 수 있다.

내일신문<sup>20)</sup>에 따르면, 수도권대기환경청이 시흥녹색환경지원센터에 의뢰한 “국민 건강 위해성을 고려한 대기질 개선효과 분석 방안 도출” 보고서에서 서울·인천·경기 등 수도권 대기오염으로 인한 30세 이상 사망자 수는 연간 11,919명(서울시 4,042명, 인천시 1,688명, 경기도 6,189명 등)으로 추정하였다. 또한

19) 김기현 외(2009), 「대기환경학」, p.155에서 인용.

20) 내일신문(2013.9.11), “수도권 대기오염으로 1만여명 사망”에서 인용.

수도권대기환경청 “수도권 대기환경관리 기본계획 추진실적 보고서”에서는 WHO가 대기오염으로 인한 우리나라 초과사망자 수(환경오염 등이 없었으면 피할 수 있는 사망자 수)를 인구 10만 명당 24명으로 추산했다. 이는 조사대상 12개국 중 두 번째로 높은 수준이며, 1위는 중국이라고 제시하였다.

Pope et al.(2002)<sup>21)</sup>에 의하면, PM-2.5의 농도가  $10\mu\text{g}/\text{m}^3$  상승 시 사망 상대 위험도는 <표 2-6>과 같다고 보고하였다.

〈표 2-6〉 PM-2.5  $10\mu\text{g}/\text{m}^3$  증가 시 사망 상대위험도

| 사망 원인  | 상대위험도(95% 신뢰구간)  |                  |                  |
|--------|------------------|------------------|------------------|
|        | 1979~1983        | 1999~2000        | 평균               |
| 모든 원인  | 1.04 (1.01~1.08) | 1.06 (1.02~1.10) | 1.06 (1.02~1.11) |
| 심폐질환   | 1.06 (1.02~1.10) | 1.08 (1.02~1.14) | 1.09 (1.03~1.16) |
| 폐암     | 1.08 (1.01~1.16) | 1.13 (1.04~1.22) | 1.14 (1.04~1.23) |
| 그 외 원인 | 1.01 (0.97~1.05) | 1.01 (0.97~1.06) | 1.01 (0.95~1.06) |

자료: Pope et al.(2002).

환경부 보도자료(2013)<sup>22)</sup>에 따르면, 2004년 WHO의 연구 결과에서 PM-2.5의 농도  $10\mu\text{g}/\text{m}^3$  상승 시 총 사망, 호흡기계 질환 사망, 심혈관계 질환 사망의 전 세계 인구의 상대위험도는 각각 1.009(95% CI = 1.006~1.013), 1.013(95% CI = 1.005~1.022), 1.011(95% CI = 1.002~1.020)로 나타났다.

강충민 외(2006)<sup>23)</sup>는 서울시에서 PM-2.5의  $10\mu\text{g}/\text{m}^3$  농도 증가는 총 호흡기 질환 사망건수 3.6%의 초과증가를, 특히 겨울철에는 9.5%의 초과증가를 초래

21) Pope et al.(2002), “Lung Cancer, Cardiopulmonary Mortality, and Long-term Exposure to Fine Particulate Air Pollution”, pp.1132-1141.

22) 환경부 보도자료(2013), “불임 5 PM2.5 건강영향 및 행동요령”, p.15에서 인용.

23) 강충민 외(2006), “서울시 미세입자(PM2.5)의 호흡기질환 사망과의 연관성 연구”, p.561에서 인용.

하는 것으로 평가하였다.

또한 국립환경과학원에서는 서울에서  $19.4\mu\text{g}/\text{m}^3$ 만큼 PM-2.5 농도가 증가할 경우, 일별 총 사망자 수는 3일 이동평균에서 1.018(95% CI = 1.008~1.028)의 상대위험도를 보이는 것<sup>24)</sup>으로 보고하였다. 아울러 서울에서 PM-2.5 농도가  $10\mu\text{g}/\text{m}^3$  증가할 경우 상대위험도는 1.008(95% CI = 1.004~1.012), 65세 이상의 경우에는 1.011(95% CI = 1.006~1.015)로 나타났다.<sup>25)</sup>

건강집단별 PM-2.5로 인한 영향은 <표 2-7>과 같다.

〈표 2-7〉 건강집단별 PM-2.5의 건강 영향

| 대상집단                             | 노출 및 농도                                        | 측정된 영향                   | 결과                                     |
|----------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------|----------------------------------------|
| 건강한 집단                           | $120\mu\text{g}/\text{m}^3$ CAP                | 혈액 및 폐의<br>염증 반응         | 피브리노겐 증가<br>및 백혈구 감소                   |
|                                  | 초미세 아연<br>$500\mu\text{g}/\text{m}^3$          | 혈압, 맥박,<br>심전도,<br>혈액표지자 | 심혈관 영향<br>측정되지 않음.                     |
| 건강한 집단<br>및 천식환자군                | $200\mu\text{g}/\text{m}^3$ CAP                | 혈액, 폐 기능 및<br>폐의 염증 반응   | 가래 내 상피세포<br>감소                        |
|                                  | 디젤 배기가스<br>$100\sim 300\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 기관지 폐포 세척                | 폐의 염증 반응                               |
|                                  | 초미세 탄소<br>$10\sim 50\mu\text{g}/\text{m}^3$    | 가래, 폐기능,<br>호기산화질소       | 일산화탄소<br>확산능 감소<br>(건강인구에서)            |
| 폐쇄성 폐질환을<br>가진 고령인구 및<br>일반 고령인구 | $200\mu\text{g}/\text{m}^3$ CAP                | 폐 및 심장에 대한<br>영향         | 가래 내 상피세포<br>감소,<br>건강인구에서<br>폐산소분압 감소 |

주: CAP는 농축대기입자.

자료: 환경부 보도자료(2013).

24) 실험집단을 4분위로 나누었을 때 가장 오염도가 낮은 집단에 비해 조기사망률이 1.8% 증가함을 의미함.

25) 환경부 보도자료(2013), “붙임 5 PM2.5 건강영향 및 행동요령”, p.15에서 인용.

### 3. PM-2.5의 국내 대기 중 농도

2013년 환경부는 2011~2012년(2년간)의 전국 측정소<sup>26)</sup>에서 측정한 PM-2.5의 농도를 발표하였다. 측정소의 절반 이상에서 PM-2.5 농도가 연간 환경기준( $25\mu\text{g}/\text{m}^3$ )을 초과하는 것으로 밝혀졌다. 연도별 PM-2.5 농도 측정 결과 및 24시간 기준 초과일수<sup>27)</sup>는 <표 2-8>과 같다.

<표 2-8> PM-2.5 측정 결과 및 일 기준 초과일수(2013년 3월 기준)

|                     |                   | 2011년 |           |      |                       | 2012년 |           |      |        |
|---------------------|-------------------|-------|-----------|------|-----------------------|-------|-----------|------|--------|
|                     |                   | 연평균   | 일 기준 초과일수 | 측정일수 | 초과율 <sup>3)</sup> (%) | 연평균   | 일 기준 초과일수 | 측정일수 | 초과율(%) |
| 집중측정소 <sup>2)</sup> | 중부권               | 32.4  | 33        | 255  | 12.9                  | 27.6  | 35        | 310  | 11.3   |
|                     | 수도권               | 29.3  | 32        | 301  | 10.6                  | 25.2  | 31        | 332  | 9.3    |
|                     | 남부권               | 30.9  | 36        | 247  | 14.6                  | 24.1  | 19        | 320  | 5.9    |
|                     | 백령도               | 23.9  | 13        | 205  | 6.3                   | 18.1  | 12        | 270  | 4.4    |
|                     | 제주권 <sup>1)</sup> | —     | —         | —    | —                     | 14.9  | 5         | 226  | 2.2    |
| 종합대기측정소             | 의왕                |       |           |      |                       | 32.0  | 28        | 195  | 14.4   |
|                     | 인천                |       |           |      |                       | 29.4  | 30        | 194  | 15.5   |
|                     | 춘천                |       |           |      |                       | 27.8  | 26        | 199  | 13.1   |
|                     | 대구                |       |           |      |                       | 25.7  | 24        | 186  | 12.9   |
|                     | 포항                |       |           |      |                       | 24.0  | 11        | 223  | 4.9    |
|                     | 울산                |       |           |      |                       | 22.2  | 8         | 212  | 3.8    |
| 평균                  |                   | 29.1  | 28.5      | 252  | 11.3                  | 24.6  | 20.8      | 243  | 8.6    |

주: 1) 제주도 집중측정소는 2012년 2월부터 가동

2) 집중측정소는 2012년 12월까지의 데이터, 종합대기측정소는 2012년 8월까지의 데이터

3) 초과율 산정기준 : (연도별 전체 측정소 평균초과일수)/(연도별 평균측정일수) × 100

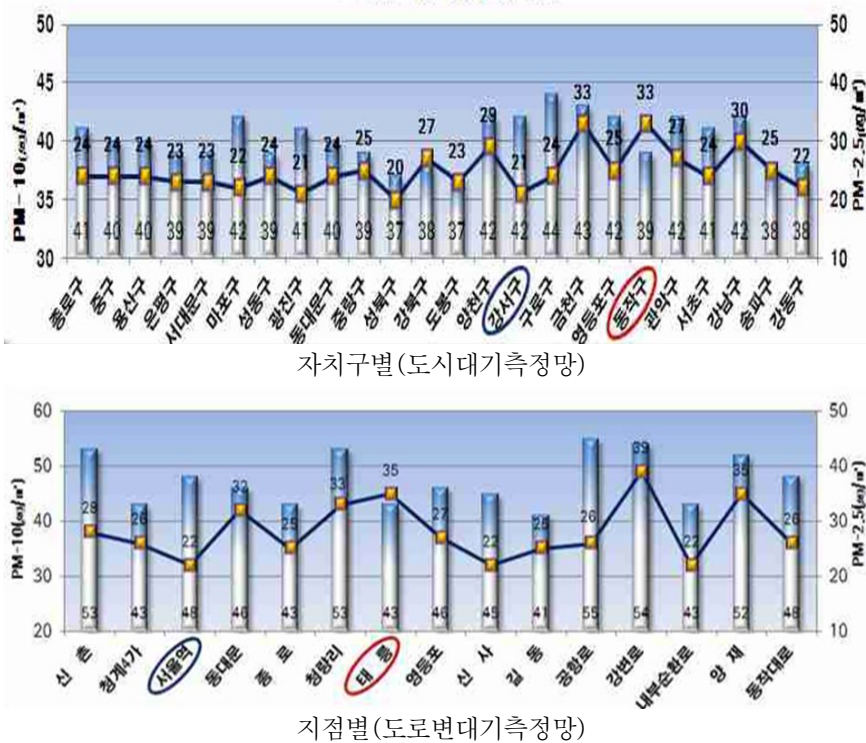
자료: 환경부 보도자료(2013).

26) 전국적으로 36개의 PM-2.5 자동측정망이 있음. 집중측정소 6개소(인천 백령도, 서울 수도권, 대전 중부권, 광주 남부권, 울산 영남권, 제주 제주권), 광화학 18개소(서울 불광동, 부천 소사본동, 인천 석모리, 구월동, 포천 관인면, 광주 탄벌동, 양평 강하면, 의왕 고천동, 부산 당감동, 장전동, 대연동, 정관면, 태종대, 대구 대명동, 산격동, 광양 골약동, 여수 중흥동, 하동 하동읍), 종합대기 10개소(춘천 석사동, 대전 구성동, 천안 성황동, 청주 봉명동, 부산 연산동, 울산 신정동, 창원 명서동, 포항 대송면, 광주 농성동, 전주 삼천동), 국가배경 2개소(울릉 태하동, 전주 삼천동)

27) 환경부 보도자료(2013), “붙임 1 우리나라 주요 측정소 PM2.5현황”, p.7에서 인용.

2015년 PM-2.5의 기준시행에 대비하여 일부 지자체<sup>28)</sup>에서는 PM-2.5 측정망을 확대 설치·운영 중에 있으며, 이를 통해 대기 중 미세먼지 성분의 실시간 분석을 통해 성분농도를 파악할 수 있는 기초자료를 제공하고 있다.

서울시<sup>29)</sup>의 2013년 6월 대기질 현황 자료에 따르면, 도시대기 25개 측정소별 PM-2.5/PM-10 비율은 47(성북)~77%(동작), 평균 56%로서 동작구에서 가장 높았으며, 도로변 대기 오염도의 PM-2.5와 PM-10의 비율은 46(서울역)~81%(태릉)로 평균 59%이었다(그림 2-1 참조).



자료: 서울시 기후환경본부(2013).

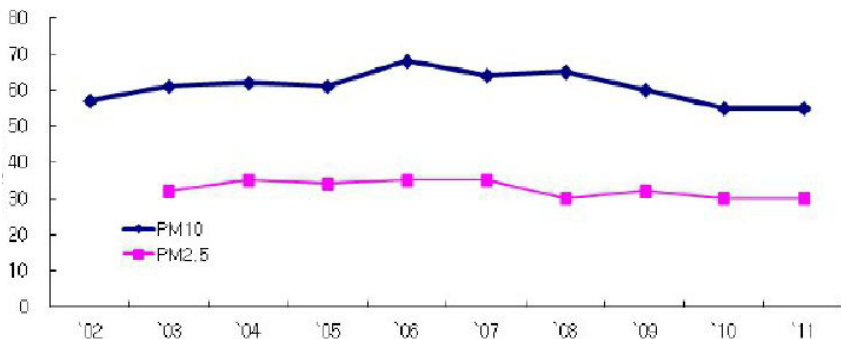
〈그림 2-1〉 서울시의 자치구별 · 지점별 PM-10, PM-2.5 농도 현황

28) 서울시, 인천시, 부산시, 경상남도에서 PM-2.5 농도 자료를 제공하는 것으로 조사됨.

29) 서울시 기후환경본부(2013), 「2013년 6월 대기질 현황」, pp.3-4, p.14에서 인용.

인천시<sup>30)</sup>의 경우, 2011년 기준 도시대기측정망 시간평균 PM-10 및 PM-2.5 농도를 이용하여 연평균 농도 추이를 <그림 2-2>와 같이 제시하고 있다.

PM-2.5는 2003년  $32\mu\text{g}/\text{m}^3$ 에서 시작하여 2004년~2007년까지  $34\sim 35\mu\text{g}/\text{m}^3$  수준을 유지하고 있었고, 2011년에는 다소 감소한  $30\mu\text{g}/\text{m}^3$  수준으로 나타났다. 2008년까지 PM-2.5는 PM-10의 51~56% 가량을 차지했고, 2011년에는 2010년과 비슷한 55% 비율을 차지하는 것으로 나타났다.



자료: 인천시 보건환경연구원(2012).

<그림 2-2> 인천시의 연도별 PM-10과 PM-2.5 농도 추이(2002~2011)

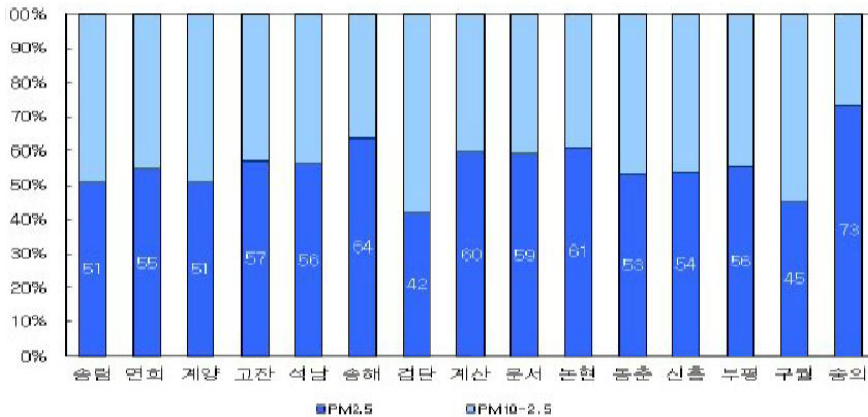
측정소별로도 PM-10 대비 PM-2.5 농도 분율을 <그림 2-3>과 같이 제시하고 있다. 검단이 42%로 가장 낮았고, 송의동 측정소가 73%로 가장 높은 비율을 보였으며, 대부분 50~60% 사이에 속하는 것으로 조사되었다.

부산시 기장읍, 연산동 및 학장동에서의 상반기 중 PM-2.5 농도는 각각  $21\mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $28\mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $44\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이었으며 부산시 평균은  $33\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이었다.<sup>31)</sup> 같은 기간 동안의 PM-10 농도는 연산동, 학장동에서 각각  $60\mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $70\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이었다. 부산시 평균은  $55\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이었다. 그리고 부산시 평균 PM-2.5와 PM-10의 비율은

30) 인천시 보건환경연구원(2012), 「2011년 대기질 평가보고서」, p.21에서 인용.

31) 부산시 보건환경연구원(2013), 「2013년 상반기 PM-2.5 성분조사 결과보고」, p.3에서 인용.

약 60%로 나타났다. 주거지역인 연산동의 그 비율이 약 46.7%, 공업지역인 학장동의 경우는 약 62.8%로서 부산지역 평균보다 높게 나타났다.



자료: 인천시 보건환경연구원(2012).

### 〈그림 2-3〉 인천시의 측정소별 PM-10 대비 PM-2.5 농도 분율(2011)

경상남도<sup>32)</sup>는 2013년 2월 대기오염측정망 운영 결과에 따라 PM-2.5와 PM-10의 농도가 각각  $32\mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $48\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 PM-2.5와 PM-10의 비율은 약 66%로 나타났다.

제주도 고산지역에서의 PM-2.5와 PM-10의 비율은 약 61%인 것으로 이순봉 외(2011)<sup>33)</sup>에서 보고하였다. 전라북도 익산지역의 경우는 겨울철에 그 비율이 약 61.7%인 것으로 강공원 외(2011)<sup>34)</sup>는 보고하였다. 한편, 백성옥, 허윤경, 박영화(2008)에 따르면, 포항지역의 경우는 각 계절별 평균 PM-2.5와 PM-10의 농도 비율이 봄 73.4%, 여름 62.5%, 가을 65.5%, 겨울 76.6%, 연간 70.6%로 나타나 타 지역보다 월등하게 높은 것으로 보고되었다.<sup>35)</sup>

32) 경상남도 보건환경연구원(2013), 「2월 대기오염측정망 운영 결과」 요약본에서 인용.

33) 이순봉 외(2011), “PM10, PM2.5 미세먼지의 조성 및 오염 특성: 2008년 제주도 고산지역 측정 결과”, p.317에서 인용.

34) 강공원 외(2011), “익산지역 대기 중 PM10과 PM2.5의 계절별 특성”, p.33에서 인용.

35) 백성옥, 허윤경, 박영화(2008), “포항지역 대기 중 초미세먼지(PM2.5)의 오염특성평가”,

## 제3장 PM-2.5 평가 방안

이 장에서는 환경영향평가 항목 중 대기질 항목에서 PM-2.5를 평가하는 방법에 대하여 정리하였다. 현재 대기질 항목에서는 당해 사업의 공사 시와 운영 시로 구분하여 대기확산 모델링을 통해 PM-10에 대한 영향을 예측하고 있으며, 영향 예측 결과를 바탕으로 적정 저감대책을 수립하고 있다.

영향을 예측하는 방법에 있어서는 PM-10과 PM-2.5 간에 차이가 없으므로<sup>36)</sup> 주로 배출량 산정에 관한 내용을 정리하였다.

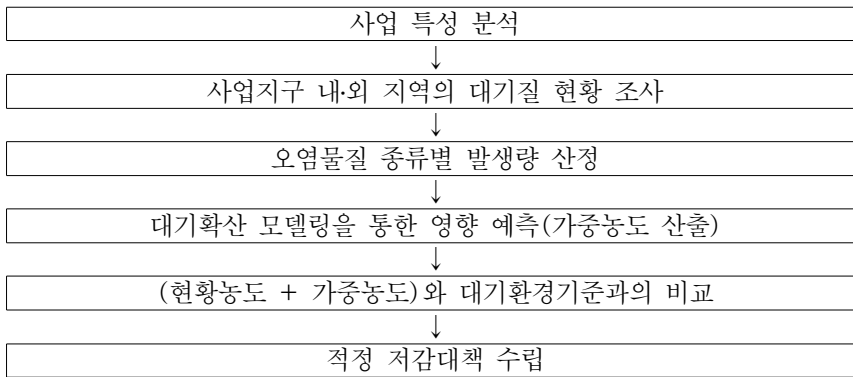
아울러 배출량 산정이 어려울 경우에 활용할 수 있도록 대기 중 PM-2.5와 PM-10의 농도 비율을 이용하는 방법도 함께 제시하였다.

### 1. 평가 방안

환경영향평가에서 대기질 평가 절차는 <그림 3-1>과 같다.

p.305의 표 2에서 계산한 값임.

36) PM-10은 1차 오염물질이고 PM-2.5는 황산화물, 질소산화물 등이 대기 중 복잡한 반응을 통하여 생성되는 2차 오염물질로서, 화학반응을 고려할 경우에는 예측 방법에 큰 차이가 있음. PM-2.5 생성 반응에 대한 부분은 현재 황산염과 질산염은 배출자료만 정확하다면 모델을 이용하여 정확하게 예측할 수 있으나, VOCs와 암모니아와 같이 2차 유기입자의 예측은 아직 불확실성이 많아 모델링 기법상도 한계가 있기 때문에 반응을 제외한 측면에서 방법론에 차이가 없는 것으로 판단함.



자료: 저자 작성.

〈그림 3-1〉 대기질 환경영향평가 절차

발생량 산정 이외의 절차는 PM-10과 PM-2.5와 특별한 차이가 없기 때문에 발생량 산정방법에 대하여 검토하였다.

일반적으로 대기오염물질 발생량 산정방법은 크게 첫째, 배출계수를 이용하는 방법, 둘째, 배출계수를 산정하는 식들을 이용하는 방법, 셋째, 화학반응식을 이용하는 방법으로 구별할 수 있다. 첫째의 경우는 환경영향평가 대상사업을 운영할 경우 연료사용으로 인한 PM-10, 황산화물 또는 질소산화물 등과 같은 오염물질의 발생량 산정에 사용하는 방법이다. 둘째의 경우는 공사 시 발생하는 PM-10의 양을 산정할 때 주로 사용한다. 셋째는 소각장 운영 시 발생하는 황산화물, 질소산화물, HCl 등의 발생량을 산정할 때 주로 활용된다.

이번 연구에서는 PM-2.5 발생량을 산정하기 위하여 배출량 비율 또는 배출계수를 이용하는 방법을 활용하였다. 우리나라의 경우는 PM-2.5에 대한 배출계수는 없지만, 국립환경과학원에서 PM-2.5와 PM-10의 배출량 비율을 발표한 자료가 있다. 반면에 미국이나 유럽에서는 일부 분야별, 배출원별로 배출계수를 마련하여 제공하고 있다.

### 가. 배출량 비율 이용 방법

국립환경과학원에서는 저감시설 설치 전의 PM-2.5와 PM-10의 배출량 비율을 분야별로 제시하였다. 연소 공정과 생산 공정 및 이동오염원에서는 PM-10 배출량의 90% 정도를 PM-2.5가 차지함을 알 수 있다(표 2-4 참조).

환경영향평가에서는 공사 시와 운영 시로 구분하여 영향 정도를 평가하고 있다. 앞의 표에 따라 PM-2.5 발생량을 구분한다면, 공사 시의 경우는 비산먼지 중 PM-2.5를 평가할 수 있을 것으로 판단된다. 공사 시 비산먼지 발생량은 미국 환경청의 AP-42의 배출계수 산출 식을 이용하여 배출계수를 산출한 후 계산되는데, 그 값의 약 10%를 PM-2.5로 볼 수 있다. 운영 시의 경우는 현재 환경영향평가에서 활용하고 있는 방법으로부터 계산된 PM-10 발생량의 90%를 PM-2.5 발생량으로 간주할 수 있다. 이 경우 PM-2.5의 환경기준이 PM-10 기준보다 2배 강하기 때문에 PM-2.5에 대한 평가가 기존의 PM-10에 대한 평가보다 훨씬 강화된다.

앞서 제2장에서 살펴본 것처럼 우리나라의 많은 지역에서 PM-2.5의 현황 농도가 환경기준을 초과하고 있는 현실에서는 사업자의 입장에서 PM-2.5 저감을 위한 현실적인 추가 저감대책을 마련하기 쉽지 않다. 그럼에도 불구하고 과학적인 근거에 기반하여 PM-2.5에 대한 평가를 수행하여 사업자 스스로 영향 최소화를 위한 최선의 대책을 검토하도록 하는 것은 큰 의미가 있다고 볼 수 있다.

## 나. 배출계수 이용 방법

앞서 언급한 것처럼 PM-2.5에 대한 국내 배출계수가 없는 실정이다. 따라서 미국 환경청(US EPA)의 AP-42,<sup>37)</sup> EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook(2009), Global Atmospheric Pollution Forum의 Air Pollutant Emission Inventory Manual(Nov. 2012)을 활용하였다.<sup>38)</sup>

외국의 자료들은 우리나라 CAPSS 자료들에 비해 배출원이 보다 명확하게 세분되어 있다. 따라서 환경영향평가 시 배출원에 대한 자료가 충분히 확보된다면 이 자료를 활용하는 것도 바람직하다고 할 수 있다.<sup>39)</sup>

아울러 우리나라 CAPSS 자료와 외국의 자료를 함께 비교하여 평가하는 것도 권장할 만하다.

### 1) US EPA AP-42

AP-42의 PM-2.5 배출계수는 제1장 외부 연소원, 제2장 고체 폐기물 처리, 제3장 고정 내부 연소 오염원, 제9장 음식 및 농업 산업, 제10장 나무 제품 산업, 제11장 광물 제품 산업, 제12장 금속 산업, 제13장 기타 산업 등의 분야에서 제시되어 있다.

이 중 제9장과 제13장은 우리나라 환경영향평가와 큰 관련이 없어 제외하였다.

37) US EPA AP-42, Compilation of Air Pollutant Emission Factors.

38) 이 자료들에 제시된 배출계수 중 우리나라 환경영향평가와 관련이 없다고 생각되는 부분들은 제외함. 예컨대, 산불이나 곡물 저장 등으로 인하여 발생하는 경우가 해당됨.

39) 예컨대, 산업단지 조성 사업의 경우 입주 업종이 표준산업분류상 중분류에 해당되어 구체적인 배출원 자료를 확보하기 어렵기 때문에 외국 자료를 활용하기에는 어려움이 있으나, 공정이 알려진 공장 등의 경우는 활용 가능함.

가) 외부 연소원(External Combustion Sources)<sup>40)</sup>

- Bituminous and Sub-bituminous Coal

|                         | Cumulative Emission Factor(lb/ton) |                                        |                   |                |                     |
|-------------------------|------------------------------------|----------------------------------------|-------------------|----------------|---------------------|
|                         | Uncon-<br>trolled                  | Controlled                             |                   |                |                     |
|                         |                                    | Cyclone<br>(80%)                       | Scrubber<br>(94%) | ESP<br>(99.2%) | Baghouse<br>(99.8%) |
| Dry<br>Bottom<br>Boiler | 0.6A                               | 0.06A                                  | 0.3A              | 0.024A         | 0.01A               |
| Wet<br>Bottom<br>Boiler | 1.48A                              | 0.86A                                  | —                 | 0.022A         | —                   |
| Cyclone<br>Furnace      | 0.11A                              | 0.11A                                  | —                 | 0.006A         | —                   |
| Spreader<br>Stokers     | 4.6                                | 1.4 <sup>1)</sup><br>3.2 <sup>2)</sup> | —                 | 0.3            | 0.032               |
| Overfeed<br>Stokers     | 2.2                                | 3.8                                    | —                 | —              | —                   |
| Underfeed<br>Stokers    | 3.8                                | —                                      | —                 | —              | —                   |

주: 1) with fly ash reinjection. 2) without fly ash reinjection.

- Anthracite Coal Combustion

|                                                 | Cumulative Emission Factor(lb/ton) |                  |                   |                |                     |
|-------------------------------------------------|------------------------------------|------------------|-------------------|----------------|---------------------|
|                                                 | Uncon-<br>trolled                  | Controlled       |                   |                |                     |
|                                                 |                                    | Cyclone<br>(80%) | Scrubber<br>(94%) | ESP<br>(99.2%) | Baghouse<br>(99.8%) |
| Dry<br>Bottom<br>Boiler<br>(Pulverized<br>Coal) | 0.6A                               | 0.48A            | —                 | —              | 0.006A              |

40) 표에서 A는 연료 내 회분 함량.

## - Fuel Oil Combustion

|                                                                                   | Cumulative Emission Factor (lb/10 <sup>3</sup> gal)       |                  |                   |                |                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|------------------|-------------------|----------------|---------------------|
|                                                                                   | Uncon-<br>trolled                                         | Controlled       |                   |                |                     |
|                                                                                   |                                                           | Cyclone<br>(80%) | Scrubber<br>(94%) | ESP<br>(99.2%) | Baghouse<br>(99.8%) |
| Utility Boilers<br>Firing<br>Residual Oil                                         | 4.3A                                                      | —                | 0.48A             | 0.028A         | —                   |
| Industrial<br>Boilers Firing<br>Residual Oil                                      | 4.67A                                                     | 0.33A            | —                 | —              | —                   |
| Uncontrolled<br>Industrial<br>Boilers Firing<br>Distillated Oil                   | 0.25                                                      | —                | —                 | —              | —                   |
| Uncontrolled<br>Commercial<br>Boilers<br>Burning<br>Residual or<br>Distillate Oil | 1.92A<br>(Residual<br>Oil)<br>0.83<br>(Distillate<br>Oil) | —                | —                 | —              | —                   |

## - Wood Residue Combustion

|                      | Cumulative Emission Factor (lb/MMbtu) |                  |                            |                |                     |
|----------------------|---------------------------------------|------------------|----------------------------|----------------|---------------------|
|                      | Uncon-<br>trolled                     | Controlled       |                            |                |                     |
|                      |                                       | Cyclone<br>(80%) | Scrubber<br>(94%)          | ESP<br>(99.2%) | Baghouse<br>(99.8%) |
| Bark                 | 0.43                                  | 0.29             |                            |                |                     |
| Bark and<br>Wet Wood | 0.43                                  | 0.19             |                            |                |                     |
| Dry Wood             | 0.31                                  | 0.16             |                            |                |                     |
| Wet Wood             | 0.25                                  | 0.12             |                            |                |                     |
| All Fuels            | —                                     | —                | 0.065<br>(Wet<br>Scrubber) | 0.035          | 0.065               |

## - Lignite Combustion

|                                   | Cumulative Emission Factor (lb/MMBtu) |               |                |             |                  |
|-----------------------------------|---------------------------------------|---------------|----------------|-------------|------------------|
|                                   | Uncontrolled                          | Controlled    |                |             |                  |
|                                   |                                       | Cyclone (80%) | Scrubber (94%) | ESP (99.2%) | Baghouse (99.8%) |
| Boilers Firing Pulverized Lignite | 0.66A                                 | 0.36A         | —              | —           | —                |
| Lignited-Fired Spreader Stokers   | 0.56A                                 | 0.42A         | —              | —           | —                |

## 나) 고체 폐기물 처리 (Solid Waster Disposal)

## - Sewage Sludge Incineration

|                           | Cumulative Emission Factor (kg/ton) |                              |                             |                          |                              |
|---------------------------|-------------------------------------|------------------------------|-----------------------------|--------------------------|------------------------------|
|                           | Uncontrolled                        |                              | Controlled (Scrubber)       |                          |                              |
|                           | Multiple Hearth Incinerator         | Electric Infared Incinerator | Multiple Hearth Incinerator | Fludized Bed Incinerator | Electric Infared Incinerator |
| Sewage Sludge Incinerator | 1.1                                 | 1.0                          | $9 \times 10^{-2}$          | $1.8 \times 10^{-1}$     | $5 \times 10^{-1}$           |

## 다) 고정 내부 연소 오염원 (Stationary Internal Combustion Sources)

## - Natural Gas-fired Reciprocating Engines

|                            | Emission Factor         |
|----------------------------|-------------------------|
|                            | Uncontrolled (lb/MMBtu) |
| 2-Stroke Lean-Burn Engines | $3.84 \times 10^{-2}$   |
| 4-Stroke Lean-Burn Engines | $7.71 \times 10^{-5}$   |
| 4-Stroke Rich-Burn Engines | $9.5 \times 10^{-3}$    |

## 라) 나무 제품 산업(Wood Products Industry)

## - Chemical Wood Pulping

|                                                                     | Cumulative Emission Factor<br>(kg/ton of Air-Dried Pulp) |            |
|---------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|------------|
|                                                                     | Uncontrolled                                             | Controlled |
| Recovery Boiler with a Direct-Contact Evaporator and an ESP         | 75                                                       | 0.5        |
| Recovery Boiler without a Direct-Contact Evaporator but with an ESP | 90                                                       | 0.6        |
| Lime Kiln with a Venturi Scrubber                                   | 2.9                                                      | 0.24       |
| Lime Kiln with an ESP                                               | 2.9                                                      | 0.21       |
| Smelt Dissolving Tank with a Packed Tower                           | 2.6                                                      | 0.43       |
| Smelt Dissolving Tank with a Venturi Scrubber                       | 2.6                                                      | 0.08       |

## 마) 광물 제품 산업(Mineral Products Industry)

## - Hot Mix Asphalt Plants

|                                           | Emission Factor(lb/ton) |            |
|-------------------------------------------|-------------------------|------------|
|                                           | Uncontrolled            | Controlled |
| Batch Mix Dryers, Hot Screens, and mixers | 0.27                    | 0.0083     |
| Drum Mix Dryers                           | 1.5                     | 0.0029     |

## - Brick and Structural Clay Product Manufacturing

|                                |                    | Emission Factor(lb/ton) |            |
|--------------------------------|--------------------|-------------------------|------------|
|                                |                    | Uncontrolled            | Controlled |
| Brick Manufacturing Operations | Coal-fired Kiln    | 0.87                    | -          |
|                                | Sawdust-fired Kiln | -                       | 0.75       |

## - Coal Cleaning

|                                    | Emission Factor(lb/ton) |            |
|------------------------------------|-------------------------|------------|
|                                    | Uncontrolled            | Controlled |
| Fludized Bed Dryers(filterable PM) | —                       | 3.8        |

## - Glass Manufacturing

|                  | Emission Factor(kg/ton) |            |
|------------------|-------------------------|------------|
|                  | Uncontrolled            | Controlled |
| Melting Furnaces | 0.64                    | —          |

## - Crushed Stone Processing and Pulverized Mineral Processing

|                                          |                                     | Emission Factor(kg/ton) |                      |
|------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------|----------------------|
|                                          |                                     | Uncontrolled            | Controlled           |
| Crushed Stone Processing Operations      | Tertiary Crushing                   | —                       | $5 \times 10^{-5}$   |
|                                          | Fines Crushing                      | —                       | $3.5 \times 10^{-5}$ |
|                                          | Screening                           | —                       | $2.5 \times 10^{-5}$ |
|                                          | Conveyor Transfer Point             | —                       | $6.5 \times 10^{-6}$ |
| Pulverized Mineral Processing Operations | Grinding(Dry) with Fabric Filter    | —                       | $6 \times 10^{-3}$   |
|                                          | Classifiers(Dry) with Fabric Filter | —                       | $2 \times 10^{-3}$   |
|                                          | Flash Drying with Fabric Filter     | —                       | $4.2 \times 10^{-3}$ |
|                                          | Product Storage with Fabric Filter  | —                       | $3 \times 10^{-4}$   |

- Lightweight Aggregate Manufacturing

|                                      | Emission Factor(kg/ton) |            |
|--------------------------------------|-------------------------|------------|
|                                      | Uncontrolled            | Controlled |
| Rotary Kiln with Scrubber            | —                       | 0.1        |
| Clinker Cooler with Settling Chamber | —                       | 0.014      |
| Clinker Cooler with Multiclone       | —                       | 0.029      |

바) 금속 산업(Metallurgical Industry)

- Primary Aluminum Production

|                     | Cumulative Emission Factor(lb/ton Al produced) |                    |                     |
|---------------------|------------------------------------------------|--------------------|---------------------|
|                     | Prebake Aluminum Cells                         | HSS Aluminum Cells | HSS Reduction Cells |
| Aluminum Production | 1.4                                            | 1.7                | 39.2                |

- Primary Copper Smelting

|                                                | Cumulative Emission Factor(kg/ton) |                 |
|------------------------------------------------|------------------------------------|-----------------|
|                                                | Uncontrolled                       | Controlled(ESP) |
| Multiple Hearth Roaster and Reverberatory      | 46                                 | 0.4             |
| Reverberatory Smelter Operations               | 5.3                                | 0.14            |
| Copper Converter Operations                    | 2.2                                | 0.1             |
| Reverberatory Furnace Matte Tapping Operations | 0.069                              | —               |
| Reverberatory Furnace Slag Tapping Operations  | —                                  | 0.022           |
| Converter Slag and Copper Blow Operations      | —                                  | 1.3             |

## - Ferroalloy Production

|                                    |                       | Cumulative Emission Factor(kg/ton) |      |          |          |
|------------------------------------|-----------------------|------------------------------------|------|----------|----------|
|                                    |                       | Uncon-<br>trolled                  | ESP  | Scrubber | Baghouse |
| Submerged Arc Ferro Alloy Furnaces | 50% FeSi Open Furnace | 20                                 | —    | —        | 0.49     |
|                                    | 80% FeMn Open Furnace | 9                                  | —    | —        | 0.12     |
|                                    | SiMetal Open Furnace  | 327                                | —    | —        | 10.2     |
|                                    | FeCr(HC) Open Furnace | 49                                 | 0.96 | —        | —        |
|                                    | SiMn Open Furnace     | 62                                 | —    | 2.08     | —        |

## - Iron and Steel Production

|                    | Cumulative Emission Factor(kg/ton) |       |          |          |         |
|--------------------|------------------------------------|-------|----------|----------|---------|
|                    | Uncon-<br>trolled                  | ESP   | Scrubber | Baghouse | Cyclone |
| Sintering Wind Box | 0.28                               | 0.028 | 0.209    | 0.041    | 0.26    |

## - Secondary Aluminum Operations

|                                                                      |                    | Cumulative Emission Factor(kg/ton) |            |
|----------------------------------------------------------------------|--------------------|------------------------------------|------------|
|                                                                      |                    | Uncontrolled                       | Controlled |
| Uncontrolled Reverberatory Furnaces in Secondary Aluminum Operations | Chlorine Demagging | 99.5                               | —          |
|                                                                      | Refining           | 1.08                               | —          |

## - Gray Iron Foundries

|                        |                     | Cumulative Emission Factor(kg/ton) |     |          |          |
|------------------------|---------------------|------------------------------------|-----|----------|----------|
|                        |                     | Uncon-<br>trolled                  | ESP | Scrubber | Baghouse |
| Gray Iron<br>Foundries | Cupola<br>Furnace   | 5.8                                | —   | 1.17     | 0.38     |
|                        | Pouring,<br>Cooling | 0.5                                | —   | —        | —        |
|                        | Shakeout            | 0.67                               | —   | —        | —        |

2) EMEP/EEA<sup>41)</sup> air pollutant emission inventory guidebook

(구, EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook)

EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook(2009)의 에너지 분야(연소, 비산배출), 산업공정(금속 및 기타 산업), 폐기물 (소각)분야에 대한 배출계수를 정리하였다.

## 가) 에너지 분야

## - Combustion

|                                                        |                                                     | Fuel                     | Emission Factor(g/GJ) |
|--------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------|-----------------------|
| Combustion in Energy Industries                        | Public Electricity and Heat Production              | Hard Coal                | 9                     |
|                                                        |                                                     | Brown Coal               | 9                     |
|                                                        |                                                     | Natural Gas              | 0.9                   |
|                                                        |                                                     | Derived Gases            | 5                     |
|                                                        |                                                     | Heavy Fuel Oil           | 13                    |
|                                                        |                                                     | Other Liquid Fuels       | 1                     |
|                                                        |                                                     | Biomass                  | 33                    |
|                                                        | Petroleum Refining                                  | Refinery Gas             | 0.89                  |
|                                                        | Manufacture of Solid Fuels, other Energy Industries | Coal                     | 38                    |
| Manufacturing Industries and Construction (Combustion) | Iron and Steel                                      | Hard Coal and Brown Coal | 108                   |
|                                                        |                                                     | Gaseous Fuels            | 0.5                   |
|                                                        |                                                     | Other Liquid Fuels       | 16.5                  |
|                                                        |                                                     | Biomass                  | 149.1                 |
| Residential Combustion                                 | Residential Plants                                  | Hard Coal and Brown Coal | 398                   |
|                                                        |                                                     | Natural Gas              | 0.5                   |
|                                                        |                                                     | Other Liquid Fuels       | 3.7                   |
|                                                        |                                                     | Biomass                  | 695                   |
| Non-Residential Combustion                             | Commercial/Institutional: Stationary                | Hard Coal and Brown Coal | 108                   |
|                                                        |                                                     | Gaseous Fuels            | 0.5                   |
|                                                        |                                                     | Other Liquid Fuels       | 16.5                  |
|                                                        |                                                     | Biomass                  | 149                   |

41) European Monitoring and Evaluation Programme/European Environment Agency.

- Fugitive Emissions from Fuels

|                           | Emission Factor (g/GJ) |
|---------------------------|------------------------|
| Solid Fuel Transformation | 90                     |

나) 산업공정

- Mineral Industry

|                                                  | Emission Factor (g/GJ) |
|--------------------------------------------------|------------------------|
| Cement Production                                | 110                    |
| Lime Production                                  | 0.05                   |
| Road Paving with Asphalt                         | 0.4                    |
| Quarrying and Mining of Minerals other than Coal | 0.0042                 |
| Construction and Demolition                      | 0.00812                |
| Other Mineral Products                           | 2402                   |

- Metal Industry

|                           | Emission Factor (g/GJ) |
|---------------------------|------------------------|
| Iron and Steel Production | 140                    |
| Aluminum Production       | 1                      |
| Copper Production         | 240                    |
| Lead Production           | 200                    |
| Zinc Production           | 300                    |

- Other Production Industry

|                | Emission Factor (g/GJ) |
|----------------|------------------------|
| Pulp and Paper | 0.6                    |

다) 폐기물

- Waste Incineration

|                               | Emission Factor (g/GJ) |
|-------------------------------|------------------------|
| Industrial Waste Incineration | 0.004                  |
| Municipal Waste Incineration  | 0.15                   |
| Small-scale Waste Burning     | 0.839                  |

### 3) Global Atmospheric Pollution Forum의 Air Pollutant Emission Inventory Manual(2012)

이 포럼에서 제안된 PM-2.5 배출계수는 에너지 산업 분야, 제조업 및 건설업 분야, 운송 분야, 기타 부문에서의 연소 분야로 구분되어 있다. 이 중 환경영향평가에 활용할 수 있는 부분은 에너지 산업 분야와 제조업 및 건설업 분야이다.

#### 가) 에너지 산업 분야<sup>42)</sup>

##### - Public electricity and heat production

| 연료   |                                      | 배출계수(kg/ton fuel)   |
|------|--------------------------------------|---------------------|
| Coal | Other Bituminous Coal and Anthracite | 0.52A <sup>1)</sup> |
|      | Sub-bituminous Coal                  | 0.52A <sup>1)</sup> |
|      | Lignite                              | 0.33A <sup>2)</sup> |
| Gas  | Natural Gas                          | 0.122               |
| Oil  | Gas/Diesel Oil                       | 0.244 <sup>3)</sup> |
|      | Heavy fuel Oil                       | 0.66 <sup>4)</sup>  |
|      | Petroleum coke                       | 0.52A <sup>5)</sup> |

주: 1) pulverized coal-fired boiler에 대한 US EPA의 AP-42의 평균값.

2) tangentially-and wall-fired pulverized lignite boiler에 대한 US EPA의 AP-42의 평균값.

3) 미국의 No. 2 등급의 distillate oil을 연소하는 utility boiler의 filterable & condensable PM-10에 대한 방지시설 미설치 시의 AP-42 자료.

4) 미국의 No. 5 등급의 residual fuel oil을 연소하는 utility boiler에 대한 방지시설 미설치 시의 AP-42 자료.

5) Other Bituminous Coal & Anthracite의 배출계수로 가정.

42) 표에서 A는 회분 함량.

## 나) 제조업 및 건설업 분야

|                       |                                         | Coal                                 | Oil                      |                          |                         |                        |
|-----------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|------------------------|
|                       |                                         | Other Bituminous Coal and Anthracite | Kero-sene                | Gas/ Diesel Oil          | Heavy Fuel Oil          | Petro-leum coke        |
| 배출 계수                 | (kg/ton fuel)                           |                                      |                          |                          |                         |                        |
|                       | Iron and Steel                          |                                      | 0.037 <sup>2)</sup>      | 0.036 <sup>2)</sup>      | 0.71 <sup>3)</sup>      | 1.8 <sup>4)</sup>      |
|                       | Non-ferrous metals                      | 1.8 <sup>1)</sup>                    | 0.037 <sup>2)</sup>      | 0.036 <sup>2)</sup>      | 0.71 <sup>3)</sup>      | 1.8 <sup>4)</sup>      |
|                       | Non-metallic minerals                   | 1.8 또는 0 <sup>1)</sup>               | 0.037 또는 0 <sup>2)</sup> | 0.036 또는 0 <sup>3)</sup> | 0.71 또는 0 <sup>3)</sup> | 1.8 또는 0 <sup>4)</sup> |
|                       | Chemicals                               | 1.8 <sup>1)</sup>                    | 0.037 <sup>2)</sup>      | 0.036 <sup>2)</sup>      | 0.71 <sup>3)</sup>      | 1.8 <sup>4)</sup>      |
|                       | Pulp, Paper and print                   | 1.8 <sup>1)</sup>                    | 0.037 <sup>2)</sup>      | 0.036 <sup>2)</sup>      | 0.71 <sup>3)</sup>      | 1.8 <sup>4)</sup>      |
|                       | Mining And Quarrying                    | 1.8 <sup>1)</sup>                    | 0.037 <sup>2)</sup>      | 0.036 <sup>2)</sup>      | 0.71 <sup>3)</sup>      | 1.8 <sup>4)</sup>      |
|                       | Construction                            | 1.8 <sup>1)</sup>                    | 0.037 <sup>2)</sup>      | 0.036 <sup>2)</sup>      | 0.71 <sup>3)</sup>      | 1.8 <sup>4)</sup>      |
|                       | Auto production of electricity and/heat | 1.8 <sup>1)</sup>                    | 0.037 <sup>2)</sup>      | 0.036 <sup>2)</sup>      | 0.71 <sup>3)</sup>      | 1.8 <sup>4)</sup>      |
| Non-specific Industry | 1.8 <sup>1)</sup>                       | 0.037 <sup>2)</sup>                  | 0.036 <sup>2)</sup>      | 0.71 <sup>3)</sup>       | 1.8 <sup>4)</sup>       |                        |

주: 1) stoke boiler에 대한 US EPA의 AP-42의 평균값.

2) distillate oil을 연소하는 산업용 보일러에 대한 방지시설 미설치 시의 AP-42의 평균값.

3) 미국의 No 5 등급의 distillate oil에 대한 AP-42 값.

4) Other Bituminous Coal & Anthracite의 배출계수로 가정.

## 다. 대기 중 농도 비율 이용 방법

배출량 비율이나 배출계수가 없을 경우에 해당하는 것으로서 우리나라 대기 중 PM-2.5와 PM-10의 농도 비율을 이용한 방법이다. 이 방법은 채석장 또는 석산 개발 사업 등의 환경영향평가에 적용할 수 있을 것으로 판단된다.

앞서 제2장에서 살펴본 PM-2.5와 PM-10의 농도 비율을 살펴보면, 지역마다 차이는 있지만 PM-2.5가 대략 60% 정도 차지한다고 볼 수 있다. 또 PM-10에 대한 PM-2.5의 대기 중 농도를 분석하면 그 기울기가 약 0.6이라는 연구 결과<sup>43)</sup>도 제시된 바 있다.

미국의 환경영향평가에서 PM-2.5를 어떻게 평가하는지 확인하기 위하여 미국 미시시피 주 내에서 이루어지고 있는 석탄가스화 복합발전(Integrated Gasification Combined Cycle, IGCC) 건설사업 환경영향평가서<sup>44)</sup> 중 PM-2.5 평가내용을 살펴보았다.

2008년 5월 8일 미국 환경청은 PM-2.5<sup>45)</sup>를 배출하는 여러 개의 New Source Review(NSR) 프로그램에 대한 요구조건을 결정하는 하나의 규칙을 발표하였다. 이 규칙은 “주 시행 계획(State Implementation Plan)<sup>46)</sup>을 수립한 주는 PSD<sup>47)</sup> 요구조건과 부합함을 증명하기 위하여 PM-2.5에 대한 대리로서 PM-10을 계속적으로 사용하여야만 한다.”라고 제안하는 전이정책(Transition Policy)을 포함하고 있다. 또한 1997년부터 PM-10에 대한

43) 김신도(2013), 「한국대기환경학회 2013년 분과회 공동학술심포지엄」 발표자료, p.12에서 인용.

44) Office of Fossil Energy, National Energy Technology Laboratory(2010), *Kemper County IGCC Project Final Environmental Impact Statement*, DPE/EIS-0409.

45) 미국에서는 PM-2.5 대신에 PM<sub>2.5</sub>를 사용하고 있으나, 보고서 내 표현 양식의 통일을 위하여 PM-2.5로 표기함(PM-2.5 표기는 「환경정책기본법」에 따름).

46) 대기질을 개선하여야만 하는 미국의 주에서 마련한 실천계획.

47) Prevention of Significant Deterioration의 약자로서 대기오염의 악화를 방지하기 위한 미국 환경청의 정책 중의 하나.

NSR 요구조건과의 부합은 PM-2.5에 대한 요구조건과의 부합을 위한 대리로 사용가능하다는 미국 환경청의 정책이 있었다. 미시시피 주는 SIP 승인을 받은 주이므로 PM-10을 PM-2.5에 대한 대리로 활용하였다. 특히 Kemper County IGCC 프로젝트에서는 다음과 같은 두 가지 이유로 그렇게 하였다. 첫째, 개별 오염원에 대하여 PM-2.5의 배출이 PM-10 배출과 상관성이 있고, 둘째, 입자물 질 제거 기술을 적용하거나 적용하지 않거나 간에 PM-2.5와 PM-10의 비율이 비슷하다는 것이었다. 이에 따라 초안의 경우 PM-2.5에 대한 평가는 대기확산 모델을 이용하여 계산된 PM-10 농도를 스케일링함으로써 이루어졌다. 스케일링 값은 PM-2.5와 PM-10의 측정 농도 값의 평균 비율로서 0.11이었다. 그러나 본안 평가에서는 모든 연소 배출원에서 배출되는 미세먼지는 PM-2.5의 범위 내에 포함되는 것으로 간주하여 평가를 수행하였다.<sup>48)</sup>

이상의 내용들을 종합해 볼 때, 우리나라의 경우는 PM-10의 모델링 결과를 바탕으로 하고 PM-2.5와 PM-10의 스케일링 값을 0.6으로 하여 PM-2.5의 환경기준과 비교하는 방법이 현실적인 것으로 판단된다. 물론 지역적으로 스케일링 비율은 차이가 있겠으나, 현재 국가적인 통계자료 자체가 충분하지 않고 공개도 미흡한 상태에서는 전국적으로 통용될 수 있는 평균적인 값을 사용하는 것이 바람직하다고 생각하기 때문이다.

48) 우리나라의 PM-2.5 농도가 연간 환경기준을 초과하는 날도 많고, 배출원에 따라 모두 PM-2.5가 아닌 경우도 있기 때문에, PM-10 배출량 전부를 PM-2.5로 설정하여 영향을 예측하는 것은 너무 엄격한 평가가 될 가능성이 큼.

## 2. 향후 추진 과제

환경영향평가 운영체계 내에서 2015년부터 새로운 환경기준이 적용될 PM-2.5를 평가할 수 있는 방안에 대하여 개략적으로 살펴보았다. 하지만 PM-2.5는 1차 오염물질임과 동시에, 대기 중 화학반응을 통해 형성되는 부분이 많은 2차 오염물질이기도 하다. 그렇기 때문에 환경영향을 평가하는 방법이 있어서도 1차 오염물질인 PM-10과 그 방법이 달라야 한다. 따라서 본 연구를 통해 다음과 같은 후속연구가 이루어져야 할 것으로 판단하였다.

우선 국가적으로는 관련 법률의 정비와 배출계수 및 배출량 DB 구축, 생성기구 규명, 전국적 PM-2.5 오염 현황 파악, 저감기술 목록화 등이 이루어져야 한다.

첫째, PM-2.5를 「대기환경보전법」에 대기오염물질로 규정하고 대기오염물질 배출시설별로 배출허용기준을 설정하여야 한다. 그렇게 함으로써 국가차원의 관리가 이루어질 수 있고, 나아가 대기환경을 개선할 수 있기 때문이다.

둘째, PM-2.5 배출계수의 구축이다. 현재 운영 중인 미세먼지 배출시설을 대상으로 배출량을 산정하여 우리나라 현실에 적합한 배출계수를 우선적으로 마련하여야 할 것이다. 이는 배출계수 구축과 동시에 배출원에 대한 DB도 함께 마련할 수 있는 계기가 될 수 있다.

셋째, PM-2.5의 생성 기구에 대한 규명이다. PM-2.5는 대기 중 2차 반응을 통하여 생성되는 양이 더 많기 때문이다. 화학반응을 통한 생성 기구가 밝혀지면 화학반응을 고려할 수 있는 모델링을 할 수 있어 보다 정확한 영향을 예측할 수 있을 것으로 기대된다.

넷째, 각 지역별로 PM-2.5에 대한 농도, 특성 자료가 구축되어야 한다. 2015년부터 PM-2.5에 대한 환경기준이 적용되고 때문에 2013년 현재 지자체에서 PM-2.5 농도는 측정하고 있지만, 자료 자체가 충분하지 않기 때문에 대부분의

지자체는 그 결과를 발표하지 않고 있는 실정이다. 앞서 살펴본 것처럼 PM-2.5 역시 지역적인 특성 차이가 있는 것으로 밝혀졌다.

다섯째, PM-2.5 발생원별로 적합한 저감시설의 목록, 시설별 저감효율 등에 대한 자료도 함께 축적된다면 환경영향평가 시 저감대책 수립에 도움이 될 것으로 기대된다.

한편, 환경영향평가 측면에서는 다음과 같은 검토가 이루어져야 할 것이다. 우선 전략환경영향평가 단계와 환경영향평가 단계에서 검토되어야 할 내용의 구분이다. 일반적으로 전략환경영향평가 단계에서는 당해 계획의 적정성 및 입지의 타당성을 주로 검토하는 데 PM-2.5의 영향은 입지의 타당성 판단에 활용될 가능성이 높다. 이 경우 현황농도가 환경기준을 초과하고 있는 현실에서 입지의 타당성을 어떻게 판단할 것인가가 문제가 될 수 있다. 환경기준을 초과하고 있을 경우, 당해 계획으로 인하여 가중되는 농도를 더하면 당연히 환경기준을 초과할 수밖에 없다. 이를 이유로 당해 계획의 입지의 타당성을 부정하면 우리나라의 많은 지역에서 개발 계획을 수립할 수 없는 상황에 봉착할 수 있다. 이처럼 환경기준 준수를 원칙으로 설정할 경우 대기오염이 심한 지역에서 신규 개발 사업을 진행하기가 매우 어려울 것으로 예상된다. 따라서 현 단계에서 PM-2.5의 영향을 이유로 입지를 부정하는 것은 환경적 차원에서는 바람직하지만, 타 분야에 미치는 영향<sup>49)</sup>을 고려할 때는 바람직하지 않은 양면성이 있기 때문에 깊이 있는 사전 검토가 있어야 할 것으로 생각된다.<sup>50)</sup>

반면, 환경영향평가 단계에서는 당해 사업으로 인한 환경적 영향을 저감하는

49) 산업단지, 발전소 등 주요 기간 시설을 건설하기 어려워 국가 경제에 미치는 영향이 클 수 있음.

50) 이 경우 오염최소화 원칙을 적용하여 사업자로 하여금 최적의 방지시설을 설치하는 것을 조건으로 신규 개발을 하도록 할 수 있으나, 이 또한 환경영향평가 제도의 운영 기조를 흔들 수 있는 소지가 있기 때문에 환경부와 기타 승인기관 간에 충분한 논의가 필요함.

데 주안점을 두고 있다. 또한 공사 시 및 운영 시 PM-2.5의 발생량을 줄여 그 영향을 최소화할 수 있는 기술이 충분히 있기 때문에 PM-2.5를 평가하는데 큰 어려움은 없을 것으로 판단된다.

다음으로는 대기 중에서 반응을 일으켜 생성되는 황산염, 질산염 등과 같은 이온성분의 평가를 어떻게 할지에 관한 것이다. 현실적으로 대기 중 반응을 고려할 수 있는 대기확산 모델(CALPUFF 또는 CMAQ 등)이 존재하기 때문에 2차 오염물질의 생성을 고려할 수는 있을 것으로 예상된다. 하지만 정확한 PM-2.5의 생성 기구를 모르는 상황에서는 과소 또는 과대 예측을 할 소지도 있기 때문에 신중한 접근이 필요하다. 향후에 대상 사업별로 PM-2.5에 대한 모델 적용 연구도 수행할 필요가 있을 것으로 판단된다.

## 제4장 결론

인체에 미치는 영향이 크고 2015년부터 새로운 환경기준이 적용될 PM-2.5를 환경영향평가에서 평가하기 위한 방안을 검토하였다.

PM-2.5의 평가 방안으로 우선 국내 PM-2.5와 PM-10의 배출량 비율을 이용하여 PM-2.5의 발생량을 산정하는 방법을 제안하였다. 만약 배출원에 대한 구체적인 자료가 있다면, 외국의 배출계수 목록에서 유사한 배출원을 확인하고 해당되는 배출계수를 이용할 수 있다. 이러한 두 가지 방법을 적용할 수 없을 경우에는 기존 환경영향평가에서 수행하여 온 방법으로 PM-10을 평가하고, 이어 우리나라 대기 중 PM-2.5와 PM-10의 평균 비율 0.6을 곱하여 가중농도를 계산하는 방법을 이용할 수 있다.

일반적으로 환경영향평가는 평가의 시간적 구분을 공사 시와 운영 시로 구분한다. 공사 시의 경우는 주로 공사장비 운행으로 인한 질소산화물과 토공작업 등에서 발생하는 미세먼지의 영향을 평가한다. 공사 시 PM-2.5의 평가는 국내 CAPSS 자료에 따라 PM-10 발생량의 약 10%로 산정할 수 있다. 이 경우 PM-2.5에 대한 영향 정도는 PM-10에 대한 영향보다 적게 평가될 가능성이 매우 높다. 또한 PM-10에 대한 저감시설 이외에 PM-2.5를 저감할 수 있는 특별한 방법이 없기 때문에 PM-2.5 평가에 대한 실효성이 문제될 소지도 있다. 하지만 PM-2.5를 평가하였다는 그 사실 자체만으로도 지역 주민과의 위해성 소통(risk communication)이 가능하기 때문에 순기능도 크다고 할 수 있다.

반면에 운영 시의 경우는 운영기간이 매우 길어 PM-2.5의 중요성이 더 크고 저감시설의 추가 설치 등이 가능하기 때문에 반드시 평가하여야 한다. 하지만 모든 사업에 대한 운영 시 PM-2.5를 평가하는 것은 경제적 측면이나 실효성

측면에서 바람직하지 않다.<sup>51)</sup> 따라서 운영 시 대기에 미치는 영향이 큰 산업단지 조성사업, 발전소 건설사업, 폐기물 처리시설 설치사업 등에 한하여 우선적으로 운영 시 PM-2.5를 평가하는 것이 바람직하다.

또한 PM-2.5는 대기 중 황산화물, 질소산화물, 암모니아 등에서 기인한 이온성분이 많기 때문에 배출시설에서 나오는 황산화물, 질소산화물을 제어함으로써 PM-2.5를 저감할 수 있을 것으로 기대된다. 따라서 환경영향평가 시 가능한 황산화물 및 질소산화물의 저감효율이 우수한 시설을 설치·운영하도록 권장하는 것도 대기오염 최소화를 위한 한 방안인 것으로 생각된다.

아울러 PM-2.5의 영향을 최소화하기 위하여 필요한 향후 후속연구도 함께 제안하였다. 제안된 연구가 수행된다면 보다 정확한 영향 예측을 통한 저감방안 수립이 가능할 것으로 기대된다. 이를 통해 국가 대기질 정책 시행에 환경영향평가가 큰 도움을 줄 수 있을 것으로 판단된다.

51) 예컨대, 체육시설(골프장 등)이나 관광단지 조성사업 등은 운영 시 대기질이 문제되는 사업이라고 보기 어렵기 때문에 PM-2.5를 평가하는 실익이 크지 않음.

## 참고문헌

<국문 자료>

- 강공원, 김남송, 신은상. 2011. “익산지역 대기 중 PM10과 PM2.5의 계절별 특성”.  
「한국환경보건학회지」 37(1): 29-43.
- 강충민 외. 2006. “서울시 미세먼지(PM<sub>2.5</sub>)의 호흡기질환 사망과의 연관성 연구”. 「한국대기환경학회지」 22(5): 554-563.
- 경상남도 보건환경연구원. 2013. 「대기오염측정망 운영 결과」.
- 국립환경과학원. 2009. 「PM2.5 대기환경기준 설정을 위한 연구」.
- \_\_\_\_\_. 2012. 「대기환경연보 2011」.
- \_\_\_\_\_. 2013. 「CAPSS 및 GHG-CAPSS 일원화 시스템 구축 연구(Ⅰ) - 방법론 연구-」.
- 김기현, 김용표, 이강웅. 2009. 「대기환경학」. 향문사.
- 김신도. 2013.6.14. “PM2.5 현황과 전망”. 「한국대기환경학회 2013년 분과회 공동학술 심포지엄」. 건국대학교, pp.5-15.
- 김홍균. 2012. 「환경법」. 홍문사.
- 내일신문. 2013.9.11. “수도권 대기오염으로 1만여명 사망”. <http://www.naeil.com/News/politics/ViewNews.asp?num=727589&sid=E&tid=9>.
- 백성옥, 허윤경, 박영화. 2008. “포항지역 대기 중 초미세먼지(PM2.5)의 오염특성평가”. 「대기환경공학회지」 30(3): 302-313.
- 부산시 보건환경연구원. 2013. 「2013년 상반기 PM-2.5 성분조사 결과보고」.
- 서울시 기후환경본부(기후대기과). 2013. 「2013년 6월 대기질 현황」.
- 이순봉 외. 2011. “PM10, PM2.5 미세먼지의 조성 및 오염 특성: 2008년 제주도 고산지역 측정 결과”. 「Analytical Science & Technology」 24(4): 310-318.
- 인천시 보건환경연구원. 2012. 「2011년 대기질 평가보고서」.
- 전준민 외. 2010. “일부 공단지역 PM2.5에 부착된 중금속 노출에 의한 건강위해성평가”. 「한국환경보건학회지」 36(4): 294-305.

- 환경부 보도자료. 2010.9.29. "인체 위해성이 높은 초미세먼지 관리 본격화".
- \_\_\_\_\_. 2013.4.8. "전국 측정소 절반 이상 초미세먼지(PM2.5) 농도 기준 초과, PM2.5 저감 및 국민건강보호 대책, 올해부터 단계적 추진".
- \_\_\_\_\_. 2013.4.8. "불임 1 우리나라 주요 측정소 PM2.5 현황".
- \_\_\_\_\_. 2013.4.8. "불임 5 PM2.5 건강영향 및 행동요령".
- 환경부. 2013. 「환경백서(2012)」.
- 「환경영향평가법」. 법률 제10892호. 시행령 별표 1.

<영문 자료>

- European Environment Agency. 2009. *EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook*.
- Harry Vallack. 2012. *Global Atmospheric Pollution Forum Air Pollutant Emission Inventory Manual(version 5.0)*.
- Office of Fossil Energy, National Energy Technology Laboratory. 2010. *Kemper County IGCC Project Final Environmental Impact Statement*, DPE/EIS-0409.
- Pope et al. 2002. "Lung Cancer, Cardiopulmonary Mortality, and Long-term Exposure to Fine Particulate Air Pollution". *The Journal of the American Medical Association*, 287(9): 1132-1141.
- US EPA. 1995. *AP-42, Fifth Edition Compilation of Air Pollutant Emission Factors*.

# Abstract

## **Environmental Impact Assessment Methodology of PM-2.5**

Since the revision of the Enforcement Decree of the Framework Act on Environmental Policy on March 2010, the new National Ambient Air Quality Standards (NAAQS) for PM-2.5 ( $50\mu\text{g}/\text{m}^3$  per day,  $25\mu\text{g}/\text{m}^3$  per year) was established and due for implementation to the environmental administration from 2015. Under these circumstances, it has become necessary to develop evaluation methods for PM-2.5 in order to properly assess its environmental impact.

Currently, reduction measures are being established on the grounds of the impact caused by PM-10 during construction and operation of past EIA target projects. There are no significant differences in assessment methodology between PM-2.5 and PM-10 except chemical reaction in the air. Because the chemical reaction mechanism of PM-2.5 has not been identified completely, the evaluation methods for PM-2.5 emission are the focus of discussion.

Three main methods are discussed in this report to evaluate PM-2.5 impact. First, the emission amount ratio of PM-2.5 to PM-10 (PM-2.5/PM-10) in South Korea can be used. Second, the emission factors used in the United States as well as in other countries are utilized. Third, the concentration ratio of PM-2.5 to PM-10 (0.6) is used in case the above two methods are found to be not applicable.

The suggested methods can be applied in both constructional and operational phases of the project. In addition, it is desirable to evaluate PM-2.5 effects from EIA projects resulting in air pollution, such as development of industrial complexes, and construction of power plants and waste treatment facilities, instead of every EIA target project.

Furthermore, successive research assignments on national and EIA level are suggested. These assignments are expected to be utilized for

environmental impact assessment, which plays a role in national air quality management policy.

Keywords: PM-2.5 Environmental Impact Assessment, Emission Amount Ratio of PM-2.5 to PM-10, PM-2.5 Emission Factor, Concentration Ratio of PM-2.5 to PM-10 in the Ambient Air

## | KEI Working Paper 목록 | 2012~2013

- 2013년**
- 2013-01 토양자원 유실 최소화를 위한 국내외 환경영향평가 사례 연구(신경희)
  - 2013-02 PM-2.5 환경영향평가 방안 연구(이영수)
  - 2013-03 지자체 적응대책 수립지원을 위한 기후변화 시나리오 자료 활용 방안(정휘철)
  - 2013-04 기후변화에 따른 도심지역 지질재해 리스크 체계 마련(이명진)
  - 2013-05 비전통가스 개발의 환경영향평가 가이드라인 마련을 위한 기초연구(조한나)
  - 2013-06 모니터링을 통한 친환경 계획기법의 적절성 검증 기초연구 - 도시공간에서의 stepping stone을 중심으로(최희선)
  - 2013-07 국가와 지자체의 기후변화 적응대책 실효성 제고를 위한 연계강화 방안(임영신)
  - 2013-08 KEI 환경정보체계 발전방안(전성우)
  - 2013-09 도시하천 유역의 환경평가 방법 마련을 위한 기초 연구(홍현정)
  - 2013-10 제조업 환경비용의 국제비교(조일현)
  - 2013-11 바이오가스의 신재생연료 의무혼합제도에 관한 해외사례 분석(조지혜)
  - 2013-12 자연경관심의제도의 현황분석 및 제도 개선방안(주용준)
  - 2013-13 층간소음 관리를 위한 기초연구(박영민)
  - 2013-14 지속가능성 관점에서의 산업구조 변화 분석(이미숙)
  - 2013-15 KEI 중국환경 중장기 연구계획 수립을 위한 기획연구(추장민)
  - 2013-16 기후변화 적응관련 취약계층 지원대책 현황조사 및 분석 연구(신지영)
  - 2013-17 한국 ODA사업의 환경평가 모니터링 현황과 해외사례 비교 연구 - 사업 종료 후 모니터링 사례를 중심으로(김태형)
  - 2013-18 국내 전략환경평가의 사회경제성 부문 기능 확립을 위한 기초연구(이상윤)
  - 2013-19 환경영향평가시의 시설별 유해대기오염물질 배출량 산정을 위한 기초연구(주현수)
  - 2013-20 지형장애물 분석을 통한 환경현황자료 작성방안(김지영)
  - 2013-21 상수원보호구역 상하류의 수변지역 관리방안 연구 - 잠실상수원 보호구역과 팔당 상수원 보호구역 구간 중심으로(김태윤)
  - 2013-22 2013 국민환경의식조사 연구(이미숙)
- 2012년**
- 2012-01 기후변화를 고려한 농업 가뭄지수 활용 및 적용 기초 연구 (이진영)
  - 2012-02 산림경영 기반시설의 주요 환경영향 - 선형사업(임도) 중심으로 (천영진 외)
  - 2012-03 방조제 건설에 따른 연안환경의 중장기 변화 평가 연구 - 아산만 수질모델링 중심으로 (김태윤)
  - 2012-04 지속가능한 지하수자원 확보를 위한 지하수보전구역 지정 연구 - 외국의 지하수 보전구역 사례 분석 (현윤정)
  - 2012-05 공공부문의 지역별 환경보호지출 및 수입통계(EPER) 추계 (조일현, 김종호)
  - 2012-06 누적영향평가 적용의 사례 분석 및 시사점 연구 (김진오)
  - 2012-07 유해성에 따른 「폐기물 종료기준」의 해외 현황 및 정책적 시사점 (조지혜 외)

- 2012-08 도시 지하공간 조성에 따른 환경영향 관리 방향 연구 (김윤승)
- 2012-09 폐기물 처리관련 업종의 여건변화가 여타 산업에 미치는 영향 분석 (신상철)
- 2012-10 미래 건강부담 추정요인 고찰- 기후변화에 따른 폭염 증가를 중심으로  
(하종식, 신용승)
- 2012-11 셰일가스 국내 도입에 따른 에너지·환경 정책 수립을 위한 기초연구  
(주현수, 조한나)

※ KEI 설립 이후 현재까지의 보고서 원문은 KEI 홈페이지([www.kei.re.kr](http://www.kei.re.kr))에서 보실 수 있습니다.