

○ 석탄화력발전과 미세먼지를 넘어

## 석탄화력발전과 미세먼지, 그리고 건강

명형남 \_ 충남연구원 책임연구원



### 석탄화력발전소가 환경과 건강에 미치는 영향

석탄은 우리나라에서 경제성 등의 이유로 중요한 에너지원으로서 지속적으로 사용되어져 왔다. 그러나 석탄이 채굴·운송·연소·처리 등의 과정에서 환경과 건강에 영향을 미치는 것으로 밝혀짐에 따라, 현재 가동을 중단시켜야 할 처지의 에너지원으로 전락되었다.

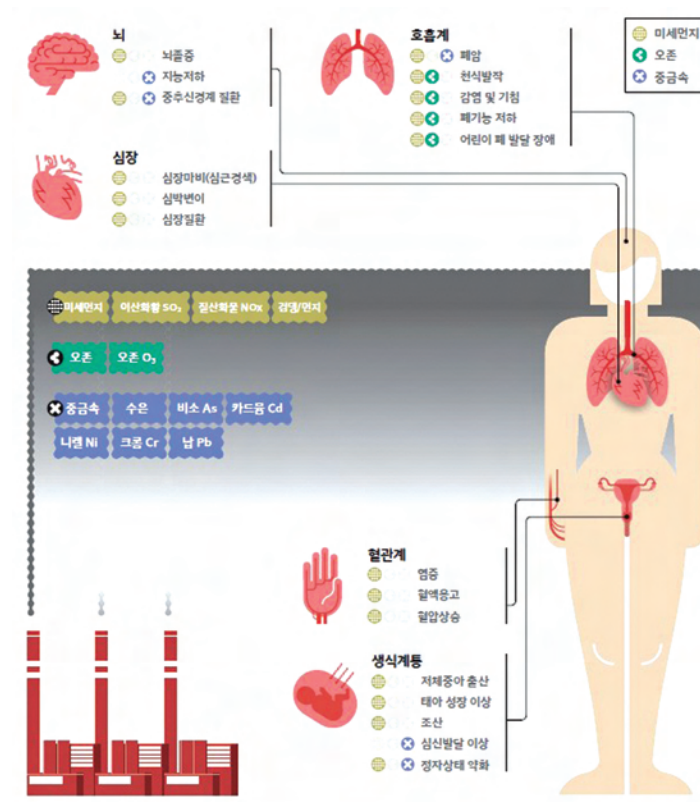
석탄화력발전은 석탄의 채굴부터 연소까지의 전 과정에서 수은·비소·크롬·니켈·카드뮴 등의 중금속과 질소산화물·황산화물·미세먼지(PM<sub>2.5</sub>) 등의 대기오염물질을 배출하고 있다. 그리고 이러한 유해대기오염물질은 다양한 역학연구를 통해 <그림 1>과 같이 뇌·심장·호흡기·혈관계·생식계통 등의 질환에 영향을 끼치는 것으로 알려져 있다.

석탄화력발전은 또한 석탄이 연소된 후 남은 석탄재(ASH)를 저장하거나 운반하는 과정에서 비산먼지를 유발할 수 있으며, 파이프라인을 통해 물과 함께 수송할 경우에도 중금속 성분으로 인근의 지하수를 오염시키고 이로 인해 토양까지 오염시킬 수 있다. 그리고 석탄화력발전소의 냉각에 필요한 하천 취수를 포함하여 모든 단계에서 다량의 물이 필요한데, 이로 인한 물부족 현상뿐만 아니라 해양생태계에까지 영향을 미치기도 한다.



## 석탄화력발전과 미세먼지, 건강 관련 국내·외 연구동향

미국 환경보호청은 2011년도에 석유 및 석탄화력발전소를 대상으로 배출기준을 강화하면서, 이에 따른 건강 편익을 추정한 바 있다. 이에 따르면, 대기배출기준의 강화로 매년 4,200명에서 11,000명에 이르는 조기사망, 2,800명의 만성기관지염, 4,700명의 급성심장질환, 130,000명의 급성천식발병, 5,700명의 병원 및 응급실 내 원자 수 등과 같은 건강피해가 줄어들 것으로 평가되었다(표 1). 이를 경제적인 가치로 환산하면 매년 370억에서 900억 달러에 이르는 이익이 발생한다는 것이다. 특히 배출기준 강화는 천식 및 건강악화가 많이 발생하는 저소득층 등의 취약계층에게 중요하게 작용하는 것으로 파악되었다.



〈그림 1〉 석탄화력발전소의 주요배출 대기오염물질과 건강영향

출처 : International Energy Agency, 2014 Key World Energy Statistics, 2014(원문), 그린피스(재인용)



〈표 1〉 미국의 수은 및 대기오염물질 기준안 강화를 통해 연간 발생하는 건강편익

건 강 영 향	예방 환자 규모(명/년)
조기사망	4,200~11,000
만성기관지염	2,800
급성심장질환	4,700
급성천식발병	130,000
병원 및 응급실 내원자 수	5,700
실외활동제한	3,200,000

출처 : 충남연구원 전략과제, 석탄화력발전과 미세먼지, 그리고 건강(명형남 등), 2014

한편 중국은 석탄의 생산량과 소비량 그리고 수입량이 세계 최고 수준이다. 그래서 석탄화력발전소로 인한 대기오염의 피해가 계속 증가하고 있다. 세계보건기구(WHO)의 세계 질병에 의한 부담 피해에 관한 프로젝트(Global Burden of Disease project)에 따르면, 2010년에만 중국의 조기사망자 가운데 120만명이 석탄화력발전소에서 배출되는 미세먼지(PM<sub>2.5</sub>)의 영향을 받은 것으로 밝혀졌다. 또한 그린피스 보고서에 따르면, 2012년에 베이징·상하이·광저우·시안에서 미세먼지(PM<sub>2.5</sub>)의 노출로 8,572명의 조기사망자가 발생한 것으로 발표되었다. 중국에서는 이에 따라 2017년 이후 대기오염이 심각한 베이징·상하이·광저우 등 주요 3개 지역에 대해 석탄 소비량을 감소시킬 규정(안)을 마련하였고, 이들 지역에서 재래식 석탄화력발전소를 신규 승인하는 것도 금지하였다.

그리고 2013년에 유럽폐재단, 암예방교육학회 등 유럽지역의 70여개 환경·의료·건강 전문가 단체가 회원으로 참여하고 있는 건강환경연대(The Health and Environment Alliance: HEAL)에서 ‘미지불된 건강 비용 청구서(The Unpaid Health Bill)’라는 보고서를 발표하였다. 유럽 건강환경연대는 이 보고서를 통해서 석탄화력발전소에서 배출되는 대기오염물질에 의해 27개 유럽연합 회원국에서 해마다 약 18,200명이 조기 사망하고, 약 8,500명의 새로운 만성기관지염 환자가 발생하고, 연간 4백만의 작업손실일수가 발생한다고 발표하였다. 이러한 건강영향을 경제적인 가치로 환산하면, 약 155억유로에서 428억 유로(61조2000억원)에 이르는 것으로 나타났다.

또한 그린피스는 2014년에 하버드 대학 다니엘 제이콥 교수 연구진과 함께 국내 석탄화력발전소에서 배출되는 대기오염물질에 의한 건강영향을 연구하였다. 이 때 그린피스와 하버드 대학 다니엘 제이콥 교수 연구진이 사용한 조기 사망자수 방법은 미국 환경보호청의 미세먼지 건강위험성 정량적 평가(Quantitative Health Risk Assessment for Particulate Matter)와 세계질병부담연구(Global Burden of Disease Study)를 토대로 미세먼지 조기사망자수를 연구한 방법에 따랐다.

$$[\text{기준 사망률}] \times (1 - 1/[\text{위험비(Hazard Ratio)}]^{([\text{PM}_{2.5}\text{증가량}]/10\mu\text{g}/\text{m}^3)}) \times [\text{인구수}]$$

이 연구 결과, 국내에서 운영 중인 석탄화력발전소에서 나오는 미세먼지는 매년 뇌졸중, 허혈성 심장병, 만성 폐쇄성 폐질환, 폐암, 기타 심폐질환 등으로 최대 1,600명의 조기 사망자를 발생시킨 것으로 추정되었다(표 2). 여기에 향후 계획된 석탄화력발전소의 설치·운영으로 발생될 미세먼지까지 추가하면, 조기 사망자 수는 최대 2,800명으로 늘어날 것으로 추정되었다. 그런데 이러한 문제점을 안고 있는 국내의 석탄화력발전소가 충남 지역에 집중되어 있다는 데 문제의 심각성이 드러난다.

〈표 2〉 석탄화력발전소의 미세먼지로 인한 질환과 조기사망자수(명)

석탄화력발전소로 인한 질환		운영중인 석탄화력발전소	운영+계획중 석탄화력발전소	계획중인 석탄화력발전소
뇌졸중		370	640	270
허혈성 심장병		330	580	250
만성폐쇄성 폐질환		150	260	110
폐 암		120	210	90
기타 심폐질환		120	220	100
전체 사망자(평균)		1,100	1,900	810
95% 신뢰구간	최 소	640	1,100	470
	최 대	1,600	2,800	1,200

출처 : Greenpeace, 2014

사실, 2013년도부터 충청남도는 석탄화력발전시설, 석유화학단지, 철강(산업)단지 등이 몰려있는 서북부 환경취약지역에 대한 주민건강영향조사를 실시하고 있었다. 그리고 2014년과 2015년에는 2013년도 주민건강영향조사의 한계점을 보완한 환자대조군 연구까지 실시하였다. 충청남도에서 진행하였던 1차~3차 대상지역과 연구방법(공통조사, 노출특이조사)은 〈표 3〉과 같다.



〈표 3〉 미국의 수은 및 대기오염물질 기준안 강화를 통해 연간 발생하는 건강편익

구 분	대 상 지 역	공 통 조 사	노출특이조사
1차	화력발전소 주변 (당진, 보령, 서천, 태안)	-설문지 조사 -스트레스(HRV)검사 -일반혈액 및 소변검사 -폐기능 및 객담검사 -흉부촬영(X-ray)	요중 비소, 수은 요중나노산, 매틸마노산, 총삼염화물, 2,5헥산디온, 만델릭산, 뮤콘산 혈중 납, 카드뮴, 요중 비소, 수은, 크롬, 뮤콘산
	대산석유화학단지		
	철강단지		
2차	화력발전소 주변(당진)	-설문지 조사 -스트레스(HRV)검사 -일반혈액 및 소변검사 -폐기능 및 객담검사 -흉부촬영(X-ray)	혈중 납, 카드뮴 요중 비소, 수은
	철강단지		
	대산석유화학단지		
	청양군(대조군 지역)		
3차	홍성군(대조군 지역)	-설문지 조사 -스트레스(HRV)검사 -일반혈액 및 소변검사 -폐기능 및 객담검사 -흉부촬영(X-ray)	혈중 납, 카드뮴 요중 비소, 수은
	화력발전소 주변(보령, 태안)		
	공주시(대조군 지역)		
	안면도(대조군 지역)		

출처 : 충청남도, 2015

1차년도부터 3차년도의 연구결과는 환경오염 취약지역과 비교지역의 중금속에서 유의미한 차이를 보였다. 취약지역은 내륙 비교지역보다 혈중 카드뮴과 요중 비소가 유의미하게 높았고, 해안 비교지역보다 혈중 카드뮴이 유의미하게 높았다. 이는 성, 연령, 흡연, 생선섭취 빈도를 통계적으로 보정하고도 높게 나타났다. 그리고 1차년도부터 3차년도까지 취약지역과 비교지역의 비소 중분석을 비교한 결과, 석탄화력발전단지의 취약지역은 내륙의 비교지역보다 무기비소 노출지표 등이 다소 높게 나왔다. 특히 성, 연령, 생선섭취빈도, 식수 종류에 따라 층화를 하였을 때에도 동일한 경향을 보였다.

이와 같이 국내 · 외 석탄화력발전과 미세먼지와 관련된 건강 연구결과들을 감안하면, 충남지역에 집중되어 있는 석탄화력발전소 주변지역의 주민건강영향조사에 대한 더 적극적인 검토가 요구된다고 하겠다.

## 충남의 석탄화력발전소 주변지역 주민건강영향조사사업 확대와 이에 대한 중앙정부의 적극적인 지원 필요

석탄화력발전이 환경과 건강에 미치는 유해성이 알려지면서, 2010년 이후 미국 · 유럽 등의 선진국과 국내 · 외의 국제기구나 민간단체에서는 인체의 건강에 미치는 영향을 분석하고 조사한 자료들을 계속 발표해 왔다. 이를 통해 석탄화력발전에 의한 미세먼지와 중금속 등의 유해인자가 조기사망과 호흡기계 심혈관계 질환 등 우리의 건강에 많은 영향을 준다는 것도 현재 상당 부분 밝혀졌다.

국내 석탄화력발전 설비의 절반 가까이를 도맡아 운영하고 있는 충청남도에서도 시민단체를 중심으로 석탄화력발전에 의한 환경 및 건강위해성 문제가 지속적으로 제기되고 있었다. 이러한 문제가 충남지역의 현안문제로 등장하면서 충남도청에서는 2013년도부터 전국 지자체 최초로 석탄화력발전소 주변지역을 중심으로 한 주민건강영향조사를 수행하기 시작하였다. 그런데 이 문제는 충남의 석탄화력발전소에서 배출되는 미세먼지가 수도권 대기질에 최대 28% 정도 영향을 미친다는 감사원의 2016년 발표자료를 계기로 전국민적인 관심사항으로 떠오르게 되었다. 이 자료는 국내 석탄화력발전 시설의 절반 가까이가 집중되어 있는 충남지역에 더 심각한 영향을 미칠 수 있다는 사실도 함께 말해주고 있다. 석탄화력발전소 주변지역에 철강(산업)단지와 석유화학단지, 송전탑에 의한 송전선로 등 다양한 환경유해인자들이 분포되어 있다는 점에서 더욱 그렇다. 게다가 여기에는 중국에서 유입된 미세먼지의 영향도 무시할 수 없는 실정이다.

이런 점에서 보면, 충남지역이 석탄화력발전소에서 배출되는 미세먼지를 포함한 환경오염원에 얼마나 노출되어 있고, 이로 인한 주민건강피해의 규모가 어느 정도인지 명확하게 규명할 필요가 있다. 다행스럽게도 충청남도에서는 지역자원시설세를 활용하여 2016년 하반기부터 당진시, 태안군, 서천군, 보령시의 석탄화력발전소 인근 주민들을 대상으로 장기적으로 주민건강영향조사를 실시할 계획이다. 이것은 지역자원시설세가 취지에 맞게 활용된다는 점에서도 의미가 있고, 장기간 주민건강영향조사를 통해 피해를 입은 건강취약계층에 대한 구체 근거를 마련한다는 점에서도 바람직한 연구 사업이다.

그러나 석탄화력발전에 의한 환경과 건강피해 문제는 더 이상 충남의 특정 지역에 국한된 문제가 아니다. 따라서 충남의 석탄화력발전소에서 나오는 미세먼지의 영향권에 있는 주변지역에 대한 주민건강영향조사를 단계별로 나누어 필요하다면 수도권까지 확대 실시할 필요가 있다.

충청남도는 이러한 사정을 감안하면서 석탄화력발전소 주변지역 주민건강영향조사 사업을 주도적으로 이끌어갈 필요가 있다. 그리고 충청남도는 환경부, 산자부를 포함한 중앙정부의 재정적인 지원과 제도적 지원들을 적극적으로 끌어들이는 필요도 있다. 충남의 석탄화력발전소가 대부분 수도권의 전력수급에 이용되고 있다는 점을 고려하면 특히 그렇다. 이를 통해 부족한 재원을 보충하면서 주민건강영향조사 사업을 단계별로 확대해야 할 것이다. 그리고 그 대상으로는 가장 취약한 집단이라고 할 수 있는 노인층과 어린이들을 무엇보다도 우선시해야 할 것이다. 특히 어린이들은 유해물질 노출에 어른보다 3배 이상 민감하고 환경성질환자 가운데 그 비율이 가장 높은 상황이기 때문이다(환경부 조사결과, 2013). 또한 주민건강영향조사 대상은 장기간에 걸친 추적관찰도 꼭 필요하다. 환경오염은 지속적인 노출을 통해 건강피해가 잠복기를 거쳐 추후에 나타날 수도 있기 때문이다. ◀