

수도권 대기오염으로 건강피해 심각하다

연간 경제손실 102조 원, 지역내 총생산의 4.6% 해당

글 _ 권오상 서울대학교 농경제사회학부 교수 kohsang@snu.ac.kr

최 근 경기개발연구원의 연구보고서를 인용하여 ‘수도권 대기오염으로 매년 조기사망 1만 명’이라는 기사가 언론매체에 발표되면서 대기오염으로 인한 건강피해에 많은 사람들의 이목이 집중된바 있다. 물론 이러한 추정치의 과학적 근거에 대해서는 충분한 검토가 있어야 하며, 관련 연구들이 보다 많이 이루어져야 하지만, 연간 1만 명이 대기오염 때문에 자신의 자연적인 수명을 다 누리지 못한다는 다소 충격적인 결론은 대기오염의 위험성과 깨끗한 대기질의 중요성을 우리 국민들에게 환기시키기에 충분하였다.

대기오염으로 인해 발생하는 환경피해는 조기사망이나 수명단축과 같은 생명에 직접 영향을 미치는 피해와, 생명을 위협하지는 않지만 기관지염, 호흡기질환 및 근로제한 등의 건강관련 직접피해를 유발하기도 한다. 또한 가시거리의 단축이나 악취 등 우리들 삶의 쾌적함에 영향을 주고 농작물의 생산에 피해를 주기도 하며 수질 및 토양오염 등을 초래하기도 한다. 이와 같이 대기오염이 유발하는 다양한 피해 가운데서도 특히 조기사망의 증가와 건강상의 손실 등에 최근 관심이 집중되고 있으며, 이를 구체적인 화폐액으로 환산하여 대기오염 관련정책에 반영하고자 하는 노력들이 이루어지고 있다.

조기사망 확률 증가시키는 대기오염

대기오염이 생명에 미치는 영향을 보면, 대기질 악화는 암이나 기타 질병으로 인해 조기 사망할 확률을 증가시키지만, 이러한 사망의 위험성은 일반적으로 매우 낮은 정도이다. 따라서 실제 사망자들을 일일이 확인하여 사망자 가운데 대기오염 때문에 사망한 사람이 몇 명인지를 사후적(*ex post*)으로 확인하기는 쉽지 않다. 오히려 관련 연구들은 대기오염이 유발

하는 사망피해를 사전적(*ex ante*)으로 평가하고, 이렇게 사전적으로 평가된 피해를 금액으로 환산하여 확률적 생명의 가치(value of statistical lives)나 확률적 수명(statistical life years)의 가치를 평가한다. 확률적 생명이란 위험에 노출되는 모든 사람들의 사망위험도를 다 합해준 개념이다. 예를 들어 서울시 인구를 1천만 명이라 하고, 서울시 인구 모두가 환경적 문제로 인해 조기 사망할 확률을 가지고 있다고 하자. 만약 환경악화로 인해 각개인이 조기 사망할 확률이 1% 증가한다면 결국 확률적으로 10만 명의 조기사망을 초래하며, 확률적 생명의 가치란 이러한 10만 명의 생명의 가치를 말한다. 따라서 사전적으로 대기오염으로 인한 조기사망자 수를 구하기 위해서는 대기오염이 어느 정도인지를 파악하는 것이 중요하고, 또한 대기오염에 노출되는 인구의 수와 연령별 분포 등이 알려져야 하고, 이어서 대기오염도가 조기사망 가능성을 높이는 정도가 파악되어야 한다.

대기오염이 생명에 미치는 영향은 이로 인한 조기사망자 수를 분석하여 파악할 수도 있지만 오염으로 인해 줄어드는 평균수명을 구해 파악할 수도 있다. 조기사망자 수를 분석하는 것은 사망의 건수만을 파악할 뿐 사망자가 실제로 잃어버리게 되는 잔여 수명은 계산하지 않는 반면, 대기오염이 수명에 미치는 영향을 파악할 경우 잃어버리는 잔여 수명까지도 예측할 수 있다는 특징을 가진다. 확률적 수명 역시 일종의 사전적 개념이다. 즉 각연령별로 악화된 대기오염으로 인해 단축된 수명을 먼저 예측하고, 이를 총인구에 대해 적용하여 줄어드는 총수명연수를 구한 것이다. 세계보건기구(WHO)가 네덜란드인을 대상으로 한 연구결과를 예를 들면, 25~30세 인구의 경우 평균 잔여 수명은 51.32년이며, 이 연령대의 인구가 $10\mu\text{g}/\text{m}^3$

더 높은 미세먼지 농도에 만성적으로 노출될 경우 평균 잔여 수명이 50.21년으로 감소하여 1.11년 만큼 수명이 줄어드는 것으로 보고되고 있다. 따라서 25~30세 인구가 1만 명이라면 총 11,100년의 수명 단축 효과가 있게 된다.

국내, '피해함수 추정연구' 아직 미흡

다음으로, 환경문제로 인해 발생한 질병이 반드시 사망으로 연결되지는 않지만, 환경오염이 이러한 질병발생에 기여함으로써 발생시키는 피해 역시 중요하다. 질병은 크게 만성질환과 급성질환으로 나뉘어지며, 질병의 심한 정도는 입원기간이나 일을 할 수 없는 기간의 길고 짧음을 통해 계측된다. 따라서 질병의 위험도 증가에 따른 피해는 특정 질병의 위험도에 접한 모든 사람들의 질병발생횟수의 평균치인 확률적 발병횟수(statistical cases)의 증가 또는 특정질환을 앓는 일수(symptom days)의 증가에 따른 금전적 피해로서 평가될 수 있다. 많은 연구자들에 의해 환경오염으로 인한 건강피해와 관련한 추정치들이 제공되고 있으나, 이러한 연구결과의 추정 방법에 대한 이해 없이 추정치만을 언급한다면 많은 사람들에게 오해를 불러일으킬 수 있다. 환경오염에 따른 건강피해의 추정은 크게 두 단계로 이루어진다. 먼저 기준이 되는 환경오염도를 정하고 이 기준치보다 높은 수준의 오염도에 노출됨으로써 추가로 발생하는 건강관련 피해 건수를 산정한다. 그리고 이 피해건수는 다양한 방법을 통해 금전적(또는 경제적) 가치로 환산된다.

먼저 기준선을 초과하는 오염으로 인해 발생하는 다양한 피

해를 계산하기 위해서는 흔히 피해함수(damage function)라고 불리는 함수를 추정해야 한다. 예를 들면, 미세먼지의 농도가 $1\mu\text{g}/\text{m}^3$ 증가하면 이로 인한 수명의 단축이 얼마인지 또는 만성호흡기질환자 수가 얼마나 증가하는지 등에 대한 자료가 구축되어야 한다. 필자가 알기에 아직 국내 연구로서 종합적인 대기오염 피해를 계측하는데 사용될 정도의 피해함수추정 연구는 없는 것으로 알고 있다. 반면 미국 환경처(EPA)는 미국의 대기보전법이 시행됨으로써 줄어든 피해를 계측하기 위해 그 동안 세계보건기구나 개별 학자들이 시행한 실증분석결과를 광범위하게 인용하며 사용하고 있다. 한 예로 미국 환경처는 미국 대기보전법의 시행으로 인해 연간 조기사망자 수가 28만 명이나 줄어든다는 결과를 보여주고 있다.

'편익이전방법'으로 경제적 가치 환산

대기오염 때문에 발생하는 각종 피해건수가 파악되면 그 피해를 경제적 가치로 환산할 수가 있다. 이는 주로 각종 피해의 단위 건수당 피해액을 총발생건수에 곱하는 작업을 통해 이루어진다. 이 때 사용되는 각종 계수(건강 피해 건당 화폐가치, 예를 들면 사망자 1인당 평균 생명의 가치)는 환경의 편익을 추정하기 위해 환경경제학자들이 개발한 다양한 방법(시장적 방법, 현시선호방법, 진술선호방법)들로부터 얻어질 수 있다. 하지만 이들 계수를 조사를 통해 얻는 작업에는 막대한 분석비용과 시간이 소요된다. 따라서, 실증연구에서는 이러한 어려움을 피하기 위해 기존의 연구결과를 이용하여 환경개선 효과나 환경피해의 화폐가치를 도출하는 편익이전(benefit



동일한 장소에서 찍은 흐린 날의 서울 하늘(왼쪽)과 맑은 날의 서울 하늘(오른쪽)

transfer) 방법이 빈번하게 이용되고 있다.

편익이전은 크게 세 가지 방법으로 이루어진다. 첫번째 방법은 소위 가치이전(value transfer)기법으로서, 예를 들어 수도권권을 대상으로 추정된 대기개선효과의 가치가 있으면, 이를 농촌지역에 대해 적용할 경우 수도권에서 추정된 1인당 가치를 수도권지역과 농촌지역의 1인당 평균소득의 차이나 인구 밀도의 차이 등만을 감안하여 조절한 후, 이를 농촌지역의 1인당 가치라 간주한다. 두 번째 방법은 함수이전(function transfer)기법으로서, 여기에서는 수도권지역 주민을 대상으로 환경피해와 그 피해액간의 관계를 나타내는 어떤 함수(피해함수 혹은 지불의사함수)를 추정한 후, 이 함수가 농촌지역에서도 그대로 적용된다고 보고, 농촌지역에서의 소득 및 여타 사회경제적 변수들의 값을 도시를 대상으로 추정된 함수에 대입하여 농촌의 지불액을 예측하는 방식이다. 마지막 방법은 메타분석법(meta analysis)이다. 이 방법은 이미 시행된 다양한 평가연구 결과를 모아 이들 연구들이 도출한 환경편익의 가치를 이들 연구에서 평가된 환경재의 특성과 평가지역이나 국가의 사회경제적 변수, 평가기법 등에 대해 통계학적인 분석(회귀분석)을 행하고, 환경편익의 가치가 평가대상의 특성이나 평가기법의 차이로 인해 어느 정도나 달라지는지를 유추하거나 아직 평가되지 않은 평가대상이나 지역의 특성을 회귀식에 대입하여 이 대상이나 지역에서의 가치를 도출하는 방법이다. 이 중에서 주로 이용되는 방법은 가장 간단한 형태인 가치이전기법이다.

서울, '건강 피해액' 연간 5조원 넘어

최근 발표된 경기개발연구원 연구보고서는 이러한 가치이전기법을 적용하여 경기도를 포함한 수도권 지역의 대기오염으로 인한 주요 건강피해 건수와 그 피해액을 산정한 것이다. 단, 대기오염으로 인해 발생하는 피해를 계측하거나, 대기질 악화로 인한 피해를 계측하기 위해서는 기준이 되는 대기오염도

수준을 결정할 필요가 있으며, 여기서는 우리나라에서 환경부의 대기오염 측정 자료상으로 볼 때 역사상(1989년 이후) 가장 낮은 연평균 오염도를 기준으로 적용하여 보았다(이산화황 0.002ppm, 이산화질소 0.005ppm, 오존 0.003ppm, 일산화탄소 0.259ppm, 미세먼지 18.0). 2001년 현재의 오염도는 수도권 전체에 고루 분포되어 있는 대기오염도 측정망별 연평균 오염도 측정치를 이용하여 구하고, 오염도를 행정구역(시군구)별로 집계하되 오염도 측정망이 없는 지역은 가장 거리가 가까운 측정망의 오염도 자료를 원용하였다. 또한 각시·군구 내에서는 모든 사람들이 연중 동일한 오염도에 노출되는 것으로 가정하였다. 주요 분석결과인 오염물질별 피해종류별 피해건수는 다음의 표와 같다.

표에서 보여주는 각종 피해건수는 미국 환경처의 종합적인 대기오염효과분석서가 취하고 있는 방법을 원용한 것이다. 물론 한국과 미국 사이에는 자연환경, 사회·경제적 환경, 인구학적 환경면에서 많은 차이가 있을 수 있으나, 미국 환경처의 연구 자체가 세계 각국에서 시행된 기존의 연구성적을 집대성하여 정리하고 있기 때문에 이 방법이 사용되었다.

〈대기오염에 따른 건강 피해 건수〉

구 분	미세먼지				일산화탄소	오존	이산화질소
	조기사망 (건/년)	호흡기질환 (병원진료건/년)	만성기관기염 (건/년)	급성기관기염 (건/년)	총혈성 심부전증 (병원진료건/년)	급성 호흡기 질환 (건/년)	천 식 (건/년)
경기	4,854	2,332~5,664	3,373	599,078	15	586	241
서울	5,426	2,627~6,379	3,800	519,793	14	758	233
인천	847	444~1078	635	104,525	2	214	70
합계	11,127	5,403~13,121	7,808	1,223,396	31	1,558	544

〈대기오염에 따른 건강 피해액〉

지역	최저 피해액(백만원)	지역내 총생산 대비 비중	최대 피해액(백만원)	지역내 총생산 대비 비중
서울	1,374,324	1.4 %	5,064,207	5.2 %
인천	219,520	1.0 %	795,558	3.8 %
경기	1,218,611	1.2 %	4,526,816	4.3 %
합계	2,812,455	1.3 %	10,386,581	4.6 %

미세먼지로 인한 수도권의 연간 조기사망자 수는 약 1만1천명 정도이고, 그 외에도 미세먼지 오염도 증가로 인해 호흡기 질환 병원진료건수가 연간 5천403~1만3천121건, 만성기관지염이 연간 7천808건, 급성기관지염이 연간 122만건 증가하는 등의 건강피해를 발생시키는 것으로 추정되었다. 또한 일산화탄소는 충혈성심부전증 병원진료건수를 연간 31건, 오존은 급성호흡기질환을 연간 1천558건, 그리고 이산화질소는 천식을 연간 544건 증가시키는 것으로 추정되었다.

이러한 건강피해를 가치이전기법을 이용하여 화폐액으로 환산하면 수도권 전체에서 최저 2조3천억 원에서 최대 10조 원에 달하는 것으로 추정되었다. 여기서 건강 피해액이 최저 피해액과 최고 피해액으로 제공되는 것은 가치이전기법을 적용함에 있어 기존의 연구결과가 제시하고 있는 건강 피해액에 차이가 있기 때문에 피해액의 추정치에 상하한의 범위를 둔 것이다. 한편, 이러한 피해액은 수도권 지역 총부가가치생산의 1.3~4.6%에 달하는 것으로 그 비중이 결코 적지 않음을 알 수 있다.

시정장애, 산성비 등으로 실제 피해규모 훨씬 커

한편, 대기오염은 이러한 건강상의 직접적인 피해뿐만 아니라 스모그나 황사와 같이 오염물질이 대기 중에 부유하며 생기는 가시성 손실 또는 시정장애의 피해, 대기 중의 오염물질과 물이 결합하여 지상으로 내리는 산성비로 인한 피해, 대기 중의 오존 증가에 따른 산림 및 농작물 피해 등의 피해도 있다. 이러한 피해의 경제적 손실 역시 다양한 방법으로 추정할 수 있다.

그중에서 가시성 손실에 따른 시정장애의 피해액은 다른 종류의 피해와 달리 인간의 오감에 의존하는 피해이기 때문에 어떤 객관적인 지표를 통해 계측되기 힘들다. 환경경제학에서는 이런 종류의 환경피해액을 추정하기 위해 정교한 형태의 설문조사기법을 고안해내었고, 이 기법은 수도권 주민들이 스모그가 줄어드는 대신 그 정책비용 등으로 어느 정도의 금액을 지불할 생각이 있는지를 추정해낸다. 이 지불하고자 하는 금액이 바로 환경개선의 편익 혹은 환경개선으로 인해 줄어드는 피해액이라 볼 수 있다. 수도권 지역의 경우 최근 1~2년 사이 완화되기는 하였으나 90년 대 이후 대기오염으로 인한 스모그 및 중국으로부터 유입되는 황사 등으로 인하여 시정장



서울환경운동연합 생활환경실천단 지구택시 환경콜 회원들이 서울 안양천 변 신정교 밑 운동장에서 연간 10조원의 대기 오염 피해를 줄이자는 의미로 차량을 이용, '10조'라는 글을 만들고 캠페인을 벌이고 있다.

연합모토

애가 발생하는 날이 급격히 증가하였다. 시정장애가 발생할 경우 도시의 교통체증을 유발하기도 하며 항공기, 선박 등의 운항이 지연되는 등의 물리적 손실 외에도 수도권지역 거주민들이 느끼는 개인의 효용을 감소시키는 등의 피해를 발생시킨다.

수도권 지역 거주자 375명을 대상으로 면담을 통한 설문조사를 실시하여, 최근 20년간 수도권의 연간평균 스모그 발생일수인 114일을 1990년대 말 미국 L.A. 지역의 발생일수 40일 수준으로 낮추는데 드는 비용을 얼마나 부담할 의향이 있는지를 조사하였다. 설문조사결과를 계량적으로 분석한 결과 가구당 평균 약 5천 원 정도의 지불의사가 있는 것으로 추정되어, 대기오염에 의한 가시성 상실의 피해액은 수도권 전체 연간 약 3천996억~8천272억 원에 달하는 것으로 나타났다.

이상에서 수도권 지역에서의 조기사망을 포함한 직접적인 건강피해와 가시성 상실에 따른 피해를 중심으로 대기오염 피해 추정 연구결과를 살펴보았다. 연구진들이 비교적 조심스럽게 각종 수치들을 도출해내었음에도 불구하고 연간 조기사망자 수 1만 명에 총건강피해액이 최고 12조 원에 달하는 등 보고서가 제시한 피해건수나 피해액 추정결과는 결코 적지 않은 금액이다. 하지만, 이러한 피해가 대기오염 피해 전부를 나타내는 것은 아니며, 이외에도 산성비 피해나 다른 건강상의 피해 등이 있다는 점을 감안하면 실제 피해규모는 이보다 훨씬 더 클 것이라는 것을 쉽게 추론해 볼 수 있을 것이다. ^④



글쓴이는 서울대학교 농경제학과 졸업 후 동대학원에서 경제학 석사, 미국 University of Maryland at College Park에서 농업 및 자원경제학 박사 학위를 받았다.