

환경 문제의 우선 순위 도출을 위한 비교 위해도 분석에 관한 연구김예신 · 이용진 · 임영욱¹ · 남정모² · 장재연³ · 이동수⁴ · 신동천^{2,*}연세대학교 환경공해연구소, ¹서남대학교 환경보건학과, ²연세대학교
의과대학 예방의학교실, ³아주대학교 의과대학 예방의학교실, ⁴서울대학교
환경대학원**1. 서론**

미국 환경보호청에서는 인체 위해성 평가 결과만을 가지고 환경정책을 결정하기에는 부족함을 느끼고, 생태계나 재산 피해와 같은 여러 가지 다른 중요한 가치에 대한 측면들도 함께 고려해야함을 강조하였다. 이를 위해서 개발된 도구가 비교 위해도 분석(comparative risk analysis; 이하 CRA)으로 이는 인체 위해도 분석(health risk analysis), 생태 위해도 분석(ecological risk analysis), 경제 또는 후생 위해도 분석(economic or welfare risk analysis)과 같은 3가지 주요 영역으로 이루어지고, 여기에 정책결정에 중요한 외적변수로 작용하는 일반 대중의 인지 위해도 분석(perceived risk analysis)과 같은 위해도 관리 요소들이 부가적인 정보로 개입되게 된다. 따라서 인체 위해성 평가 결과들이 정책 결정에 활용되고 있는 이 시점에서, 다른 위해도를 고려한 비교 위해도 분석 시스템에서 도출되는 정보들이 정책 결정과정에 반영되어야 하고, 이를 통해 중대한 정책결정의 불확실성을 조금이나마 줄이려는 노력을 해야할 것이다. 따라서 본 연구에서는 서울 지역을 대상으로 다양한 환경 문제를 선정하고, 다양한 비교 위해도 분석 도구를 사용하여 관리 우선 순위의 문제를 추정하였다.

2. 연구방법

세 가지 인체 주요 접촉 매체 오염(대기 오염, 실내공기 오염, 먹는 물 오염)에서 중금속이나 휘발성 유기오염물질과 같은 개개의 화학물질, 다환방향족 탄화수소류나 다이옥신류와 같은 복합물질, 그리고 라돈과 같은 방사성물

*To whom correspondence should be addressed.

Tel: 02-361-5361, E-mail : dshin5@yumc.yonsei.ac.kr

질, 미세 분진 등 각각의 물질 특성에 따른 위해성 평가 방법론을 적용하여 암 발생으로 인한 인체 사망 위험도를 추정하고 동시에 불확실성 분석(uncertainty analysis)을 실시하였다.

이와 같이 추정된 사망 위험도와 설문조사를 통한 가상 가치 평가법(contingent valuation method)에 의해 도출된 지불의사금액(willingness to pay; 이하 WTP)을 이용한 통계적 생명 가치액(value of statistical life; 이하 VSL)을 조합하여 사망 손실비용(통계적 생명 가치액*사망 추정자수)을 추정하였고, 동시에 불확실성 분석을 실시하였다. 여기서 경제 위험도 또는 후생 위험도(economic or welfare risk)는 원래 사망이외에도 질병 이환에 대한 손실비용이나 무생물에 대한 손실 비용을 함께 고려하는 의미이다. 그러나, 이 연구에서 경제 위험도는 단지 사람에 대한 이론적 사망으로 인한 손실 비용만을 포함하는 것으로 규정하였다.

인지 위험도를 추정하기 위하여 비교적 간단한 설문조사를 통해, 해당 환경오염에 대한 사회적 인식을 조사하였다. 마지막으로, 이들 세 가지 연구에서 도출된 위험도 결과를 이용하여 대상 환경문제에 대해 위험도 우선 순위를 결정하였다.

3. 연구결과

인체 위험도에 입각한 하위문제들의 우선순위는 실내공기 중 라돈, PM10, IAPs, HAPs, DWPs, 일반 대기 중 다이옥신류, DBPs 그리고 먹는물 중 일부 방사성물질의 순으로 추정되었다.

경제 위험도 추정결과 Weibull 모형이 모델의 적합도가 가장 양호하였다. Weibull 모델을 기준으로 할 때, 대기오염으로 인한 WTP는 12,000원, 실내공기오염은 약 20,000원, 먹는물 오염은 약 13,000원으로 추정되었다. 이렇게 유도된 WTP를 사용하여 추정된 통계적 생명가치는 대기오염으로 인한 경우, 약 3억원으로 추정되었고, 실내공기 오염으로 인한 사망은 약 5억원으로 추정되었으며, 먹는 물 오염으로 인한 사망은 약 3억원으로 추정되었다.

모형의 적합성이 가장 좋은 Weibull 모델에서 추정된 VSL을 적용하여 손실비용을 추정한 결과 하위문제간의 우선순위는 인체 위험도에 입각한 우선순위와 동일하였다. 그리고 사망 손실비용이 천억을 초과하는 것으로 추정된 하위 문제는 PM10과 라돈이었으며, 백억을 초과하는 하위 문제는 실내공기

오염의 IAPs와 대기오염의 HAPs 였다.

환경오염으로 인한 위해성에 대한 인식도 조사 결과, 7점 만점에서 평균 6점에 근접하게 응답하여 전체적으로 높은 위해도 인식 수준을 나타내었다. 인지 위해도에 의거한 상위 5순위에는 HAPs, 다이옥신, 지하수중 방사성물질, 규제 물질 및 DWPs가 포함되었으나, 다중비교결과, HAPs(1순위)-DBPs(8순위), Dioxins(2순위)-DBPs(8순위) 간에만 유의한 차이를 보였다.

이러한 세 가지 위해도 결과를 종합하여, 우선 순위를 추정한 결과, 인체 위해도와 경제 위해도는 순위가 동일하였으나, 인지 위해도의 경우는 실제 인체나 경제 위해도가 낮은 순위로 나타난 다이옥신과 방사성 물질 등이 높은 순위를 나타내었다.

연속형 순위 결과를 합산하여 통합 순위를 매긴 결과, 가장 높은 우선 순위에는 PM10과 라돈 동시에 포함되었다.

범주형 순위 결과를 다시 "Highest Rule"과 "Average Rule"을 적용하여 통합 순위를 매긴 결과를 살펴보면, "Highest Rule"를 적용한 경우, 실내공기중 라돈, PM10, HAPs와, 일반대기중 Dioxins은 High범주에, 나머지 문제는 Medium-High 범주로 분류되었다. "Average Rule"을 적용한 경우, 실내공기중 라돈, PM10과 IAPs는 Medium-High 범주로, HAPs, DWPs와 일반 대기중 다이옥신류는 Low-Medium 범주로, 그리고 DBPs와 지하수중 방사성 물질은 Low범주로 분류되었다.

4. 결론

이 연구에서는 과학적인 방법론을 통해 비교 위해도 분석의 논리적인 시스템을 개발하고, 이들 시스템에서 정량적인 연구결과를 도출하였으므로, 정성적인 평가에 의해 주관적인 견해가 개입되어 도출되는 순위보다는 신뢰성이 있는 것으로 판단되고, 단지 뒷받침되는 과학적 자료들이 부족했기 때문에, 서울지역 전반의 환경문제를 파악하기는 어려웠다. 하지만 이 연구에서 다룬 주요 문제들은 인간과 직접적인 접촉하는 매체 오염이라는 점을 감안할 때, 큰 의의가 있다고 판단된다. 따라서 결과 해석시 불확실성에 대한 부분을 잘 감안하고 활용을 한다면, 서울시 환경문제의 정책결정에 예비적 지표로서 유용할 것으로 기대된다.