

대기오염물질의 효과적인 배출규제를 위한 의사결정모델의 개발

The Development of A Decision-Making Framework for Emission Control

유 동한
한국원자력연구소

초록

대기오염물질에 대한 배출규제는 매우 중요하면서도 현실적으로 상당히 어려운 일이다. 이는 대기오염으로 인해 직접 인간에게 미치는 위해도뿐만이 아니라 배출규제에 대한 설치비용의 영향을 종합적으로 고려하여야 하기 때문이다. 이러한 규제기준을 결정하기 위해서는 오염물질의 배출에 의한 환경위해도 평가와 배출조절비용을 종합적으로 고려한 의사결정모델의 개발이 필수적이다. 본 논문은 Influence Diagram 모델을 사용하여 대기오염물질의 배출규제를 효과적으로 규제할 수 있는 의사결정모델을 개발하였다. 이 모델은 대기오염물질의 배출을 규제하는데 드는 설치비용과 배출에 따른 환경위해도평가를 종합적으로 평가함으로써 비용면이나 위해도면에서 가장 적절한 배출규제치를 결정하는데 이용할 수 있다. 개발된 모델은 앞으로 국내에서 대기오염물질의 배출치를 효과적으로 규제하는 환경기준을 제정할 때 참고가 될 수 있을 것이다.

1. 서론

현재 국내 대도시뿐만 아니라 중소도시에서도 각종 대기오염물질의 무분별한 방출로 인해 실제적인 호흡곤란뿐만 아니라 실생활에 직간접적으로 매우 유해한 영향을 미치고 있다. 따라서 이런 대기오염물질에 대한 배출규제는 시급한 문제로 대두되고 있으나 현실적으로 어떻게 규제하는 것이 좋은가 하는 것은 상당히 어려운 일이다. 현재 선진국에서는 이를 위해 환경위해도평가방법론(Environmental Risk Assessment)을 사용하고 있다. 환경위해도평가란 인간이 환경적 위험에 노출되었을 경우 발생가능한 영향을 정량적으로 추정하는 과정이다. 따라서 환경위해도평가의 목적은 환경위해도관리를 위한 각종 정보 및 데이터를 객관적으로 정책입안자에게 공급하는 것이 목적이다. 그러나 대기오염물질의 배출규제를 위해 환경위해도 평가자료만을 사용하는 경우에 때에 따라 각종 배출조절장비의 설치비용으로 인해 사회 전체에 도리어 막대한 비용의 지출을 초래할 수도 있다. 따라서 올바른 배출규제를 위해서는 이러한 환경위해도평가자료뿐만 아니라 각종 배출조절 설비의 추가로 인한 산업체의 비용을 종합적으로 고려할 수 있는 의사결정 모델에 의해 기준을 결정하는 것이 바람직하다.

본 연구에서는 대기오염물질의 배출규제를 효과적으로 규제하는 의사결정모델을 개발하였다. 이를 위해 현재 이 분야에서 사용되기 시작한 Influence Diagram을 이용하였다. 이러한 의사결정모델은 첫째 대기오염물질의 배출을 규제하는데 드는 설치비용과 둘째 오염물질배출에 의한 환경위해도평가를 종합적으로 고려하였다. 이 모델을 통해 설치비용면과 환경위해도면에서 최적의 배출규제치를 의사결정할 수 있다. 본 모델은 최종결과치를 추정하는데 각종 의사결정에 필요한 입력자료의 불확실성도 반영할 수 있어 불확실성을 고려한 의사결정을 하는데 도움을 줄 수 있다. 앞으로 본 모델은 국내에서 대기오염물질의 배출치를 효과적으로 규제하는 환경기준을 제정할 때 참고가 될 수 있을 것이다.

2. 의사결정 모델개발

대기오염물질의 배출규제를 효과적으로 의사결정하는 모델 개발을 위해서는 다음과 같은 분야를 종합적으로 고려하여야 한다.

- 특정한 대기오염물질의 지역농도측정: 기준농도로 사용
- 대기오염물질의 배출에 따른 환경위해도 평가
- 배출규제에 따른 설치비용등의 경제성 분석
- 환경오염에 의한 사회적, 인적 자원의 손실 해석

• 각 변수의 불확실성을 고려한 결과치의 분석

첫번째 작업은 특정한 대기오염물질의 지역농도측정이며 이것을 배출규제의 기준농도로 사용하게 된다. 이 기준농도를 얼마나 낮추어야 환경위해도나 배출조절설비 설치비용면에서 가장 최적인가를 구하는것이 현재 풀어야 하는 문제이다. 두번째 작업은 대기오염물질의 배출에 따른 환경위해도 평가부분이다. 이를 위해 오염물질이 환경으로부터 인체로 노출되는 경로를 파악하고 오염물질의 방출에 따른 인체 노출량을 분석하기 위해 관련된 인자로 구성된 방정식을 유도하여야 한다. 이는 두가지 요소로 구성되어 있는데 첫째는 개인별 인체 노출량 (individual exposure)을 구해야 하고 다음은 이 자료를 근거로 노출되는 인구에 대한 평균 인체노출량 (average population exposure)을 계산하여야 한다. 이렇게 계산된 노출량을 근거로 환경위해도를 계산하게 된다. 셋째로 배출규제에 따른 설치비용등의 경제성 분석은 현재배출농도를 필요치까지 낮추는데 드는 설치장치의 비용등을 고려하여 수행하여야 한다. 넷째로 환경규제를 위해 설정된 위해도허용 기준치 (Acceptable Risk Level)를 만족시키지 못한 경우에 발생하는 사회적,인적 자원의 손실비용을 모델하여야 한다. 마지막으로 각 변수의 불확실성을 고려한 결과치의 분석이 필요하다. 만약 포인트 값을 사용하는 경우 계산결과는 결과치의 불확실성을 포함하지 않고 있기 때문에 계산결과로부터 더 신빙성있는 결론을 도출할 수 있기 위해서는 불확실성을 고려한 계산이 수행되어야 한다. 즉 각 인자들의 불확실성등이 최종 결과에까지 전파하여 전체 비용에 대한 확률 분포를 결정하는 것이 필요하다.

3. 응용사례

이 부분은 위에서 제안한 의사결정방법론의 응용사례를 보여준다. 그림 2 는 대기오염물질의 배출규제를 위한 의사결정 모델을 보여준다. 그림 3은 이들 인자들이 모두 고려되어 진 배출 감소율에 대한 총 비용을 보여주고 있다. 그림에서 배출감소율이 35 % 이면 환경위해도면에서만 아니라 설치비용면에서도 총비용이 가장 최적(optimal)임을 보여주고 있다. 따라서 현재보다 35% 정도 배출을 줄이도록 규제하는 것이 환경위해도면에서 설정한 위해도허용 기준치를 만족하면서도 오염물질의 배출제어를 위한 장비의 설치에 따른 비용에서도 가장 바람직하다는 것을 알수 있다.

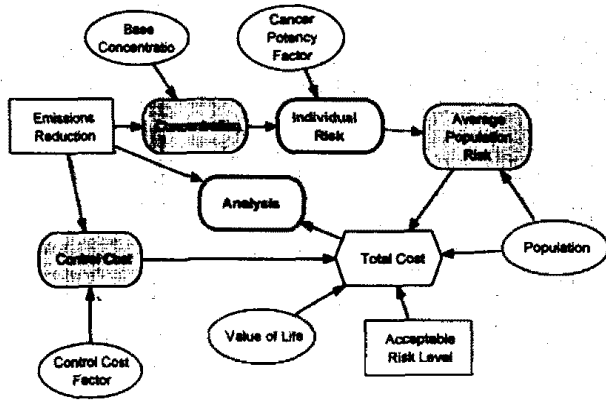


그림2. 의사결정모델의 Influence Diagram 모델

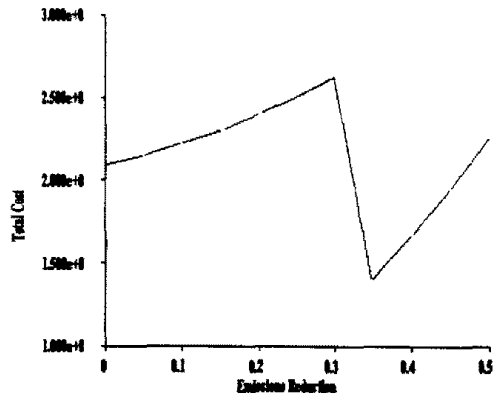


그림 3. 배출규제율에 따른 총비용그래프

4. 결론

본 연구에서는 대기오염물질의 배출규제를 효과적으로 규제하는 의사결정모델을 개발하였다. 이러한 의사결정모델은 배출에 따른 환경위해도평가 결과뿐만 아니라 대기오염물질의 배출을 규제하는데 드는 설치비용비용면등을 종합적으로 고려하도록 개발되어 이를 바탕으로 설비설치비용과 위해도면에서 가장 적절한 배출규제치를 의사결정할수 있다. 또한 본 모델은 각종 의사결정에 필요한 입력자료의 불확실성도 반영하여 최종결과치를 추정할수 있으므로 불확실성을 고려하여 의사결정을 하는데 도움이 된다. 본 모델은 앞으로 국내에서 대기오염물질의 배출치를 효과적으로 규제하는 환경기준을 제정할때 참고가 되기를 기대한다.