

## 비용-편익분석법을 사용한 도시환경 방사능오염에 따른 대응행위 결정지원

황원태, 정효준, 김은한, 한문희

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045

[wthwang@kaeri.re.kr](mailto:wthwang@kaeri.re.kr)

### 1. 서론

도시환경 방사능오염은 원자력시설의 사고로 인한 방사성핵종 누설, 방사성동위원소의 분실, 방사능 분산장치(RDD)의 폭발 등에 의해 야기될 수 있다. 그동안 환경에서 방사성핵종의 거동연구는 주로 토양이나 농경지를 대상으로 수행해 왔으며, 최근에는 도시환경의 주요 특징인 아스팔트나 콘크리트 등과 같은 인공표면에서 핵종거동에 관한 관심이 증가하고 있는 추세이다. 특히 체르노빌 원전사고, Goiania 방사선원 분실사고, 911테러 등은 이들 연구의 중요성 인식에 대한 계기가 되었다고 할 수 있다. 이러한 일련의 사건으로 국제원자력기구(IAEA)에서는 2003년에 국제비교프로그램 EMRAS-1(Environmental Modelling for Radiation Safety)를 발족하였으며, 7개 분과 중에 하나가 도시오염평가분과이다. EMRAS-1의 일정에 맞추어 동 분과는 2007년 말까지 운영되었지만 아직까지 도시환경에서 핵종거동에 대한 지식 부족과 이해 차이를 나타냈으며, 2009년도부터 새롭게 조직된 EMRAS-2[1]에서도 도시환경 핵종거동을 주요 의제로 다룰 예정이다. 본 논문에서는 EMRAS-1에서 수행된 결과를 바탕으로 비용-편익 분석법(cost and benefit analysis)에 근거한 대응행위 결정지원을 위한 방법과 그 적용결과를 논하였다.

### 2. 본론

#### 1) 오염시나리오

EMRAS-1의 도시오염평가분과에서는 크게 체르노빌 사고로 인한 인근 도시의 광역오염과 RDD 폭발로 인한 국지오염에 대한 시나리오를 작성하여 이들에 대한 장기적 오염영향을 평가하도록 요구하였다. 국내모델 METRO-K[2]가 동 시나리오의 계산결과에 참여하여 세계 각국의 다른 모델의 결과와 비교, 논의되었다. RDD 시나리오에서는 Goiania에서 Cs-137의 분실사고와 동일한 50 TBq이 대도시의 중심가(그림 1)의 지표에서 폭발되는 것으로 가정하였으며, 이들로부터 거주자의 위치에 따른 각기 다른 오염 표면의 피폭영향 등을 평가하도록 요구받았다. 그림 2는 피폭선량평가를 위해 그림 1의 구조물을 단순하게 표현한 것이다.

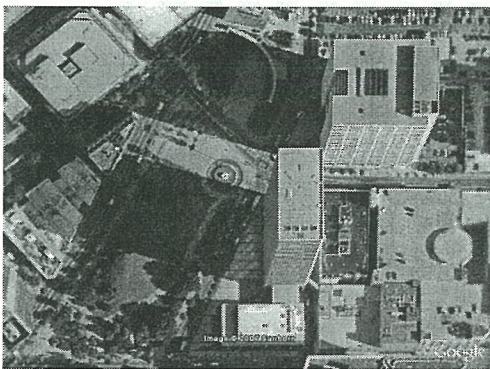


그림 1. RDD 폭발이 발생한 도시

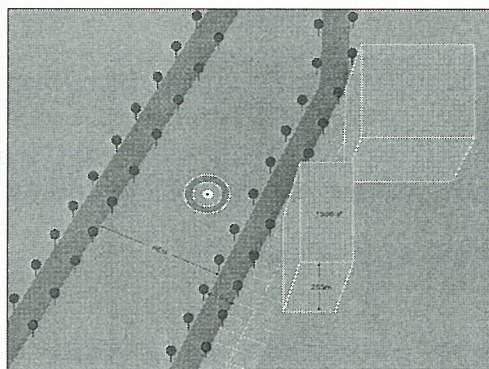


그림 2. 모델링을 위한 구조물의 단순표현

#### 2) 비용-편익분석법의 적용

테러분자에 의한 RDD의 폭발은 방사능에 의한 살상보다는 공포감을 조성함으로써 사회적 혼란 등을 야기시키려는 것이 주된 목적이라 할 수 있다. 따라서 방사능에 의한 급성피폭의 발생 가능성은 거의

없으며 결과적으로 대피나 소개와 같은 긴급한 대응행위는 요구되지 않을 것이다. 그러나 오염물질이 도시 환경을 구성하는 표면에 고착되어 장기간 인체에 대한 피폭영향을 줄 수 있다. 국제방사선방호위원회(ICRP-55)에서는 유용한 대응행위 결정지원 도구를 제시하고 있으며 그 중에서 가장 폭넓게 활용되고 있는 비용-편익분석법이 도시오염 대응행위 결정지원에 가장 적절한 방법으로 판단되며, 순이득 ( $\Delta B$ )은 다음과 같이 평가할 수 있다.

$$\Delta B = (\alpha H + \sum_i R_i) - (C + \alpha H_{worker} + Y + \sum_j W_j) \dots\dots\dots (1)$$

여기서  $\alpha$ 는 단위 피폭선량에 대한 금전가 (US \$/man-Sv),  $R_i$ 는 대응행위 수행에 따른 부수적 이득 (예로 안도감 등),  $H$ 는 회피선량 (Sv),  $C$ 는 대응행위를 수행함에 따른 금전적 비용 (US \$),  $H_{worker}$ 는 작업자의 피폭 (Sv),  $Y$ 는 발생된 폐기물 처리비용 (US \$),  $W_j$ 는 대응행위 수행에 따른 부수적 이득 (예로 심리적 안정감 등)을 나타낸다. 비용-편익분석법을 사용하여 EMRAS-1의 시나리오에 대한 대응행위의 순이득을 고찰하였다. 단순화를 위해 대응행위 수행에 따른 부수적 이득과 부수적 비용은 서로 상쇄된다고 가정하고 폐기물처리비용은 정보의 부족으로 현 단계에서는 고려치 않았다.  $\alpha$  값은 20,000 US \$, 60층 상업용 건물의 거주인 수는 각 층당 100명을 가정하였다. 모든 작업자에게 10명이 2일동안 투입된다고 가정하였다 (단, 토양제거는 4일이 소요된다고 가정). 그림 3은 대응행위에 따른 순이득의 결과를 보여주는데 주변 풀 또는 잔디의 절단이 가장 효과적이며, 반대로 이주가 가장 비효과적인 대응행위임을 알 수 있었다. 그림 4는 풀의 절단 행위에 대해  $\alpha$  값의 변화에 따른 순이득 결과를 보여준다. 약  $\alpha=7,000$  US \$/man-Sv가 순이득의 분기점이라는 것을 알 수 있다.

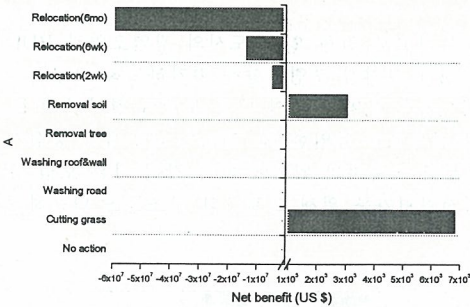


그림 3. 대응행위에 따른 순이득

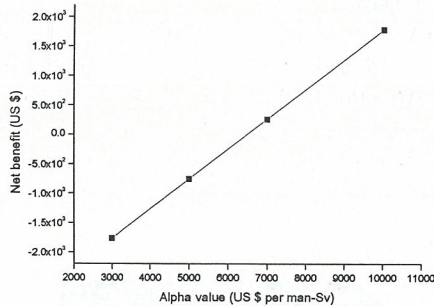


그림 4.  $\alpha$  값의 변화에 따른 순이득 (풀의 절단)

3. 결론

EMRAS-1에서 수행된 결과를 바탕으로 비용-편익분석법을 사용한 대응행위 결정지원 적용방안이 고찰되었다. 이를 통해 비용-편익분석법은 도시환경에서 RDD의 폭발, 방사성동위원소분실사고, 원자력 시설로부터 누설로 인한 주변 대도시의 오염 등으로 인한 대응행위 결정지원에 있어서 간단하면서 유용한 도구임을 확인할 수 있었다.

사 사

본 연구는 교육과학기술부의 재원으로 시행하는 한국과학재단의 원자력기술개발사업으로 지원받았습니다. (연구과제 관리코드 : M20702010001-08M0201-00110)

참고문헌

[1] <http://www-ns.iaea.org/downloads/rw/projects/emras>  
 [2] 황원태 등, 대한방사선방어학회지, 30(3), 99-105, 2005.