

방사선회피계수에 따른 방사선 피폭선량의 금전가 산정

김소이 · 서동희 · 이병일 · 임영기

방사선보건연구원

E-mail: 52clarakim@gmail.com

중심어 (keyword) : 방사선방호 최적화, 선량금액, 인적자본방법, ALARA, 방사선 위험회피계수

서 론 (Introduction)

국내 원전은 1978년 고리 1호기 운전을 시작으로 현재 20기의 원전이 운전 중에 있으며, 4기의 원전이 추가 건설되고 있어 이에 따라 원전 작업자의 방사선 피폭선량도 증가하는 추세이다. 또한 전 세계적으로 방사선방호 규제를 더욱 강화함으로 인해 보다 효율적인 방사선방호의 최적화 방안이 필요하다. 방사선방호의 최적화(방호수단의 비용-이득평가)를 실현하기 위한 기준으로서 선량금액 환산인자(a -value)의 도출은 방사선방호 수행결과로 감소된 선량의 경제적인 효과를 정량적으로 평가하는 인자로 활용 될 수 있다.

본 연구에서는 ALARA 개념의 법제화에 따라 강화되는 방사선 관리 추세에 맞춰 방사선 작업을 효율적으로 관리하도록 피폭 저감 기술의 효용성 평가 방안으로써 비용-이득분석에 대한 방법론을 제시하여 방사선 피폭 금전가를 산정하는데 원전 방사선작업종사자들이 방사선피폭을 어느 정도 두려워하는지를 피폭선량준위별로 회피계수를 도출하여 회피계수에 따른 선량금액을 산정하고자 한다.

재료 및 방법 (Materials and Methods)

비용-이득 분석 모델은 각 대안의 개선 효과를 정량적으로 분석하기 위해 필요하며 이 분석모델이 보다 현실적이기 위해서는 최적화의 기준으로서 비용-효용성과 함께 설비의 수명 기간 동안에 발생하는 총 이득을 고려할 수 있어야 한다. 또한 한 개인이 10 mSv/yr의 피폭을 받는 경우와 두 명이 각각 5 mSv/yr를 받는 경우 비록 집단선량은 동일 하지만

전자의 경우 피폭자 개인의 회피 심리가 보다 더 강하게 작용할 뿐 아니라 고선량 저감화를 위한 사회적 노력이 보다 많이 요구된다. 이러한 개인선량의 불균일성을 반영하기 위해 다음 식을 이용하였다[1][2].

$$\alpha_{ref}(d) = \alpha_{base} \quad \text{for } d < d_0$$
$$\alpha_{ref}(d) = \alpha_{base} \left(\frac{d}{d_0}\right)^a \quad \text{for } d \geq d_0 \quad (1)$$

여기서, $\alpha_{ref}(d)$ 는 개인피폭준위 d 에 대한 man-Sv의 금전가이며, α_{base} 는 단위선량에 의한 건강위해에 따른 기본금전가, d_0 는 방사선 회피(기피)가 적용되는 개인선량의 하한치, d 는 연간 개인피폭 준위, a 는 위험회피계수로서 원전 방사선작업종사자 2,157명을 대상으로 방사선량에 따른 기피도를 설문조사를 통하여 도출하였다. 설문조사 시 7가지 방사선 작업(원자력발전소 내 정비작업, 비파괴검사기(Ir-92) 사용/촬영 작업, 의료/연구용 가속기 작업, 연구로 방사성동위원소 생산 작업, 식품조사용 방사선시설 작업, 핵연료 제작 작업, 방사성폐기물 드럼운반 작업) 중 원전 내 정비작업을 가장 기피하는 종사자를 대상으로 회피도를 구하였다[3].

결과 및 고찰 (Results and Discussion)

ALARA 개념은 방사선 피폭과 관련된 설계, 운전의 모든 분야에 적용되며 비용/이득 분석을 수행하여 이득이 되는 범위까지 피폭량을 줄이도록 한다는 것

이다. 이를 위해서는 이미 제시된 피폭저감 방안에 대한 개선효과를 정량적으로 분석하여 최적 방어대안의 선정이 필요하다. 본 연구에서는 식 (1)을 이용하여 모든 비용 및 이득을 현가화하여 분석하였으며, 또한 가변성이 있는 a_{base} 값은 아래 Table 1에서 보여주는 바와 같이 수명단축으로 인한 생산손실로서, 본 연구에서는 한국의 원전 방사선작업종사자의 특성을 반영하기 위해 전기직종의 평균연봉에 방사선의 확률론적 위험계수를 곱하여 산출하였다. 방사선의 명목 위험계수는 ICRP 103에서 제시한 값을 이용하였다.

Table 1. Korean specific factors and basic monetary value(a_{base}) as of 2009

Life expectancy in population (A)	79.4 years
Average age of cancer occurrence (B)	60.0 years
Loss of life expectancy induced by radiation exposure (C = A-B)	19.4 years
Average annual wage for electric worker (W)	56,000 \$/year
Nominal risk coefficient induced by radiation (P)	4.2E-05/mSv
Basic Monetary Value ($a_{base} = C \times W \times P$)	45.6 \$/mSv

방사선 피폭에 대한 사회심리적 인자를 고려하기 위해 d_0 는 일반인에 대한 선량한도인 1 mSv/yr를 적용하였으며, 방사선 피폭에 대한 혐오하는 정도를 나타내는 방사선 위험회피계수 a 는 설문조사를 통해 피폭선량준위별로 구하였으며, 그에 따른 a_{ref} 값은 Table 2에 제시하였다. 방사선 위험회피계수 산출시 원자력발전소 내 정비작업을 가장 기피하는 응답자의 위험 회피계수를 구하여 선량금액 산출시 적용해 보았다(Table 3).

Table 2. KHNP's Risk aversion factors and monetary values by dose level

	Dose level (mSv)				
	0 - 1	1 - 5	5 - 10	10 - 20	> 20
Aversion Factor	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7
a_{ref} (\$)	46	210	1,075	3,977	8,370

Table 3. Risk aversion factors and monetary values by dose level 랙 workers who avoid NPP maintenance work most.

	Dose level (mSv)				
	0 - 1	1 - 5	5 - 10	10 - 20	> 20
Aversion Factor	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
a_{ref} (\$)	46	231	1,308	4,719	9,808

결론 (Conclusion)

본 연구에서는 원자력발전소 종사자를 대상으로 방사선 피폭에 대한 혐오하는 정도를 나타내는 방사선 위험회피계수 a 를 설문조사를 통해 피폭선량 준위별로 구하였고 이를 이용하여 선량금액 a_{ref} (\$)을 구하였다. 국내외적으로 운영되고 있는 선량금액을 비교하면, 대부분의 원전 운영자의 값들이 규제기관의 값들보다 2~10배 정도 높게 나타났다. 이는 기본금전가(a_{base}) 산출시 규제기관은 1인당 국내총생산(GDP)을 운영자는 직원의 평균연봉을 적용하였기 때문으로 풀이된다.

또한 전체 종사자 중 원전정비작업을 가장 기피하는 응답자의 회피계수는 전체 종사자를 대상으로 구한 값보다 각 피폭준위별로 각 0.1씩 큰 값을 나타내었다. 이는 방사선 작업 중에서 원전 내 정비작업을 가장 기피 하는 종사자들이 피폭 선량준위별로도 방사선에 대한 회피도가 큼을 나타내었다.

동 선량금액은 한수원의 원전 방사선방호 최적화에 유용하게 사용될 전망이다.

참고 문헌

1. ICRP Publication 101, The Optimisation of Radiological Protection(2006)
2. IAEA SRS No.21, Optimization of Radiation Protection in the Control Occupational Exposure (2002)
3. 서동희, 김소이, 정미선. 방사선 위험도 회피계수를 활용한 피폭선량의 금전적 가치 평가, 대한방사선방어학회 추계 학술발표회 논문집, 174-175 (2010)