

ISSUE 02

원전노동자의 방사선 노출 현황

방사선 노출 현황

원전노동자에게 방사선 노출은 다른 직종과 구별되는 가장 특징적인 위해 요인이다. 방사선은 신체의 오감으로는 느낄 수 없지만 인체 발암성이 확인된 요인으로, 한번 노출되더라도 여러 장기에서 암 발생 위험을 증가시킨다. 이러한 영향은 높은 선량에 노출된 경우뿐 아니라 낮은 수준의 방사선에 반복적으로 노출된 경우에도 나타날 수 있으며, 방사선 노출로 인한 영향은 평생 지속된다. 이러한 이유로 각 국가는 원전노동자의 방사선 노출을 법적으로 관리하고 있다. 우리나라 원전노동자의 평균 노출선량은 2024년 0.42mSv로 보고되어, 국제방사선방호위원회(ICRP)가 권고하는 직업적 방사선 노출 한도인 연평균 20mSv보다 훨씬 낮았다. 우리나라 국민이 연평균 7.29mSv(자연방사선 5.24mSv, 인공방사선 2.05mSv)의 방사선에 노출된다는 점을 고려하면, 원전노동자의 추가적인 방사선 노출 수준은 매우 적다고도 할 수 있다. 그러나 일부 작업자의 경우 특정 작업 과정에서 상대적으로 높은 선량에 노출되기도 하고, 노동기간이 길어질수록 누적 방사선량도 증가한다.

방사선 노출 지표

누적선량(Cumulative Dose)은 방사선 노출에 따른 건강 영향을 평가하기 위한 중요한 지표이다. 방사선이 체내에 누적되어서가 아니라 방사선 노출로 인한 건강 영향이 축적되기 때문이다. 이 개념은 흡연에 의한 건강 영향을 조사할 때 현재 하루에 몇 개비를 피우는지보다는, 지금까지 얼마나 많이 흡연했는지의 누적 지표(Pack-Year) 사용하는 것과 같다. 따라서 원전노동자들은 항상 개인선량계 배지를 착용해 방사선 노출력을 기록해야 하며, 만약 배지를 착용하지 않고 작업한 기간이 있었다면 선량을 추정하여 개인이 받은 총 누적선량을 재구축하기도 한다.

그런데 방사선의 건강 영향을 더욱 정확하게 평가하기 위해서는 배지에 기록된 선량을 단순히 합산하는 것만으로는 충분하지 않다. 신체 각 장기가 흡수한

이원진

고려대학교 의과대학
예방의학교실 교수





방사선량을 추정하여 장기선량(Organ Dose)을 파악하는 것이 필요하다. 예를 들어 갑상선암의 위험을 평가할 때는 갑상선이 받은 방사선량이 중요하고, 대장암의 위험을 평가할 때는 대장이 받은 방사선량이 정확한 지표가 되기 때문이다. 다른 학문분야에서는 개인 단위의 노출 정보만 확보되어도 비교적 정밀한 자료로 간주되는데 반해, 방사선 분야에서는 개인 차원을 넘어서 각 장기별 노출 수준까지 평가하는 것을 권장한다. 이를 통해 방사선 역학연구에서는 장기선량당 초과위험도(Risk Per Unit Dose)를 산출함으로써 일반적인 역학 지표들보다 위험의 크기를 더욱 정밀하게 파악한다.

방사선은 어느 정도까지 노출되어야 안전한 것일까? 방사선이 암을 유발할 수 있다는 사실은 잘 알려졌지만, 저선량 방사선에 의해서도 암 위험이 증가하는지에 대해서는 오래전부터 논쟁 중이다. 발암성이 이미 확인된 물질에 대해 ‘어느 선량까지 안전한가?’라는 질문은 다른 발암물질에서는 제기되지 않은 다소 까다로운 내용이다. 석면이나 벤젠에 대해 어느 정도의 노출까지 괜찮은 것인지를 묻는 경우는 없다. 발암 위험이 확인된 흡연의 경우에도 아주 조금의 흡연은 괜찮냐고 묻지 않는다. 발암물질은 아무리 적은 양이라고 하더라도 발암물질이며 안전한 방사선 노출이란 없다. 설령 방사선으로 인한 건강 영향에 역치(Threshold)가 존재하더라도 그 양은 매우 낮을 것으로 추정되고 있다. 또한 자연방사선을 통해 받는 선량을 고려하면 이미 역치 선량을 넘었기 때문에 현실적으로는 의미가 적다.



2024년 우리나라
원전노동자의 평균 노출선량

0.42mSv

원전노동자 역학연구

그렇다면 직업적 방사선 노출은 얼마나 위험한 것일까? 이를 평가하기 위해 원전노동자를 대상으로 한 역학연구가 진행되어 왔다. 원자력 발전은 1940년대 후반부터 시작되었으며 원전노동자의 건강 영향을 체계적으로 분석한 연구는 1980년대 후반부터 본격적으로 보고되었다. 초기 연구는 원전을 가장 일찍 그리고 많이 보유한 미국을 중심으로 진행되었으며, 점차 여러 나라로 확대되었고, 국제공동연구로까지 발전하였다. 대표적인 연구는 세계보건기구 산하 국제암연구소(IARC)가 주관해 1990년대에 진행한 3개국 국제공동연구(미국, 영국, 캐나다)다. 2007년에는 참여국가를 15개국으로 확대하여 원전에 1년 이상 종사한 약 40만 명을 대상으로 한 연구가 수행되었다. 현재는 영국, 프랑스, 미국 원전노동자 약 30만 명을 중심으로 재구성된 INWORKS라는 국제원전 종사자 코호트 연구가 진행되고 있다.

원전노동자는 일반적으로 낮은 수준의 방사선에 장기간에 걸쳐 반복적으로 노출된다. 이는 일본 원폭생존자처럼 짧은 시간에 높은 선량에 노출된 경우와는 다른 유형의 노출이다. 생물학적으로 동일한 총 선량이라도 천천히 나누어



노출되는 경우에는 세포의 복구 기전이 작동하여 손상이 줄어들 수 있다고도 알려져 있다. 그러나 원전노동자를 대상으로 한 역학 연구결과는 이러한 저선량·저선량률 노출에서도 일본 원폭생존자 연구와 비슷한 결과를 보여주었다. 이처럼 원전노동자들에 대한 연구는 장기간 반복되는 저선량 방사선 노출로 인한 건강 영향에 대해 직접적인 과학적 근거를 제공함으로써 방사선 방호에 기여하고 있다.

INWORKS 연구에 따르면 누적 방사선량이 1Gy 증가할 때 전체 암 사망 위험은 약 52% 증가하고, 백혈병 사망 위험은 약 3배 증가하는 것으로 보고되었다. 이때 원전노동자들의 개인별 평균 누적 대장선량은 17.4mGy, 누적 골수선량이 15.9mGy 수준에 불과하였다. 저선량 방사선 노출이라고 하더라도 암 위험을 증가시킨다는 분명한 결과를 보여준 것이다. 한편, 이러한 방사선 노출로 인해 추가되는 절대적인 사망 규모는 전체 암 중 약 1%, 혈액종양은 0.1% 수준이었다. 전체 인구의 약 40%가 평생 살면서 암에 걸릴 가능성이 있다는 점을 고려하면, 직업적 방사선 노출로 인한 암 사망 위험의 크기는 비교적 작은 수준이라고 할 수 있다. 이러한 결과들은 방사선 노출이 질병 위험을 증가시키는 것은 분명하지만 그 위험의 절대 규모는 크지 않다는 점을 동시에 보여준다. 따라서 방사선 노출에 대해서 최대한 조심해야 하지만 그렇다고 매우 낮은 선량의 노출에 지나치게 우려할 필요는 없다.

방사선 방호

국제적으로 방사선 방호는 정당화(Justification), 최적화(Optimization), 선량 한도 설정(Dose Limit)이라는 세 가지 원칙에 따라 이루어진다. 정당화란 방사선의 사용이 가져올 순이익이 위해보다 클 때만 사용해야 한다는 원칙이며, 최적화는 방사선을 반드시 사용해야 할 경우에는 노출 수준을 가능한 한 낮게 유지해야 한다는 의미이다. 선량한도는 개인이 받는 방사선 노출이 일정 기준을 초과하지 않도록 제한하는 조치이다. 이때 선량한도 값은 절대적인 안전 기준이 아니라 사회적 합의에 따른 관리 기준이다.

방사선 노출을 줄이기 위한 실무적 방법들로는 노출 시간을 줄이고 방사선원과의 거리를 최대한 멀리하며 차폐를 활용하는 것이 중요하다. 방사성물질을 다루는 경우 밀폐·격리 설비를 갖추고, 충분한 환기 시스템을 유지하며, 방사능 물질이 호흡이나 음식 섭취를 통해 체내로 들어오지 않도록 예방해야 한다. 방사선으로 인한 건강 영향은 개인마다 다르게 나타날 수 있지만, 인구 집단 수준에서는 방사선 노출이 증가할수록 질병 발생이 증가하는 것은 분명하다. 따라서 작업장에서의 방사선 노출은 합리적으로 달성할 수 있는 범위에서 최소화(As Low As Reasonably As Achievable) 해야 한다. ☺

방사선으로 인한 건강 영향은 개인마다 다르게 나타날 수 있지만, 인구 집단 수준에서는 방사선 노출이 증가할수록 질병 발생이 증가하는 것은 분명하다.