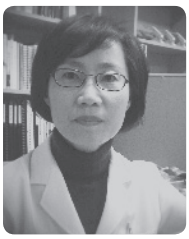
원전역학조사 연구현황 및 국제동향



정미선
한국수력원자력(주) 방사선보건연구원 비상의료팀장

1. 개 황

일본 후쿠시마 원전사고 이후 우리 국민들의 방사선에 대한 관심이 급증하면서 수산물, 수입식품, 생활용품, 병원, 원전 등 다양한 분야에서 방사선의 영향에 대한 우려도 함께 증가하였다.

유엔 방사선영향과학위원회(UNSCEAR, 2014)에 의하면 일본 외 국가에서 후쿠시마 원전사고로 인해 첫 1년간 받은 선량은 0.01mSv 미만이며, 사고로 인한 암위험도의 증가는 거의 없을 것이라고 한다. 또한, 후쿠시마 원전사고로 인한 일본 국민의 암위험도 증가량도 식별할 수 없을 정도로 미미할 것이라고 발표하였다.

그럼에도 불구하고 후쿠시마 사고로부터 야기된 우리 국민의 방사선에 대한 불안감은 여전히 존재하여, 정상적으로 가동

되고 있는 국내 원전의 영향에 대해서도 우려를 나타내고 있는 실정이다.

우리나라 원전은 1978년 고리 1호기에서 상업운전을 시작하여 현재 고리, 월성, 한빛, 한울에서 총 23기의 원전이 가동되고 있다.

1978년부터 2013년까지 원전에서 방사선작업을 수행한 이력이 있는 종사자는 약 4만9,500명에 달한다. 이들 원전종사자와 원전 주변에 거주하는 주민의 건강은 원전 방사선의 영향을 파악할 수 있는 가장 중요한 지표가 되며, 이를 평가하는 연구가 바로 원전역학조사이다.

여기서는 원전 운영에 따른 방사선이 종사자와 주민의 건강에 미치는 영향도를 평가하는 원전역학조사 연구의 국내외 현황과 그 결과를 살펴봄으로써 원전 방사선의 영향에 대해 국민들이 안심할 수 있는 객관적인 정보를 제공하고자 한다.

2. 국내 현황

1989년 한빛원전 주변주민의 무뇌아 유산 언론보도를 계기로 원전 방사선에 대한 사회적 문제가 제기되었다. 이에 정부(당시 과학기술처)는 원전 가동이 주변주민에게 미치는 건강상의 영향을 과학적으로 평가하고 인과관계를 규명하기 위한 역학조사 연구를 실시하여 그 결과를 국민에게 알리기로 약속하였다.

1990년 한빛원전 주변주민에 대한 예비조사를 시작으로 1991년부터 고리, 월성, 한빛, 한울 4개 원전 주변주민과 종사자에 대해 본격적인 역학조사가 착수되었다. 이 연구에서는 원전 반경 5km 이내 거주자를 원전 주변주민으로 정의하고, 반경 5~30km 이내 주민을 근거리 대조주민, 30km 밖의 함안, 양평, 충주 주민을 원거리 대조주민으로 선정하여 임상검진과 설문조사, 암발생 추적조사를 수행하였다.

원전역학조사는 서울대학교 의과대학 연구주관하에 2011년 2월까지 수행되었다. 최종 연구결과, 원전 주변주민의 전체 암 발병 위험도는 대조지역 주민과 비교하여 통계적으로 의미 있는 차이가 없는 것으로 보고되었다.

단, 갑상선암의 경우 원전 주변 여성의 암 발병 위험도가 원거리 대조주민에 비해 2.5배 높은 것으로 관찰되었으나, 원전 방사선과 암 발병 위험도 간에 인과적인 관련성은 찾을 수 없었다(교육과학기술부, 2011).

갑상선암은 특성상 매우 천천히 자라는 암이기 때문에 갑상선암에 의한 사망률은 매우 낮다. 따라서 갑상선 초음파 검사기기 등 선진화된 의료기법의 도입으로 갑상선암 진단검사를 많이 할수록 많이 발견되는 암으로 알려져 있다.

또한, 국가암등록통계에 의하면 최근 우리나라 여성의 갑상선암 발병률은 급격하게 증가하는 추세를 보이고 있다. 반면에 원전역학조사 결과, 원전 주변지역에 거주한 기간과 갑상선암 발병과의 관련성이 관찰되지 않아 원전 방사선이 갑상선암 증가의 원인이라는 명확한 증거도 없었다. 그럼에도 불구하고 원전 주변 여성의 갑상선암 증가에 대한 논란은 계속되어, 현재 그 원인을 규명하기 위한 후속 연구가 진행중이다.

원전종사자에 대한 역학조사 연구는 교과부 원전역학조사, 국제암연구기구(IARC)의 15개국 국제공동연구 참여, 한국수력원자력(주)의 자체연구 등 여러 형태로 시도되었다.

교과부 원전역학조사에서 방사선노출 이력이 있는 원전종사자와 방사선노출 이력이 없는 사무직의 대조종사자에 대해 암 발병 위험도를 비교한 결과, 원전종사자와 대조종사자의 암 발병 위험도는 차이가 없었다.

갑상선암의 경우 일반 국민과 비교하였을 때 상대적으로 의료검진의 기회가 많았던 원전종사자와 대조종사자에서 모두 일반인에 비해 높은 갑상선암 발

생률을 보였지만, 의료검진의 기회가 비슷한 원전종사자와 대조종사자를 비교하였을 때는 두 개체군의 갑상선암 발생률은 차이가 없었다.

따라서 방사선에 의한 갑상선암의 위험도를 논의할 때 연구 집단과 비교대상 집단의 의료검진 기회, 사회경제적 수준, 학력, 생활습관 등 다양한 역학적 인자들을 충분히 반영한 후에 그 영향이 비교되어야 함을 알 수 있다.

국제암연구기구의 주관으로 실시된 15개국 원전종사자 국제공동연구에 참여하여 국내 원전역학조사 자료의 신뢰성을 확인하였으며, 이 연구에 포함된 우리나라 원전종사자의 암 사망률은 일반인과 유의한 차이가 없었다.

한편, 한국수력원자력에서 자체적으로 실시한 원전종사자의 암 발생과 암 사망에 대한 분석에서도 원전종사자의 암 위험도는 일반인과 차이가 없었으며, 방사선작업에 의한 피폭량에 따른 종사자의 암 위험도 증가 경향도 관찰되지 않았다.

3. 국제 동향

1983년 영국 요크셔 TV 프로그램에서 Sellafield 원자력시설 주변의 소아 백혈병 증가를 보도하였다. 영국 정부에서 즉각적으로 역학조사를 실시한 결과, 이 지역에서 관찰된 소아 백혈병과 원자력시설과의 관련성에 대한 근거는 없다고 결론지었다.

이를 계기로 영국뿐만 아니라 전 세계적으로 원자력시설 주변주민의 건강영향에 대해 관심을 가지기 시작하였다. 1985년에 설립된 영국 환경방사선영향위원회(COMARE)는 지속적으로 원자력시설 주변주민에 대한 역학조사 결과를 발표하고 있는데, 최근에 발표된 COMARE의 14번째 보고서는 영국의 원자력시설 주변에서 관찰된 소아 백혈병이 방사선 노출에 기인되었다는 증거는 없다고 발표하였다(COMARE, 2011).

독일의 경우 1993년에 Krümmel 원전 주변에서 소아 백혈병 증가가 처음으로 보고되었다. 2003년 전체 원전 주변의 소아암 위험을 조사하기 위한 환자-대조군 역학연구로 'KiKK(Kinderkrebs in der Umgebung von Kernkraftwerken) study'가 착수되었다.

2008년 KiKK study 결과가 발표되었으며, 독일 원전 주변 5km 이내 5세 미만의 소아 백혈병이 2.19배 증가한 것으로 보고되었다(Kaatsh et al., 2008). 하지만 이 연구 결과는 설문조사의 부재로 인해 잠재적인 혼란요인의 효과가 반영되지 않은 점, 대조군 선택에서의 문제점 등으로 인해 논란이 되었다.

이후 전문가 집단의 상세 검토 결과, KiKK study에서 관찰된 소아 백혈병의 증가 이유가 불분명하고 원전에서 방출되는 방사선 수준으로는 설명될 수 없다고 결론을 내렸다.

2012년 프랑스의 23개 원자력시설 5km 내 15세 미만 어린이를 조사한 결과, 20km 밖의 원거리 대조군 어린이에 비해 백혈병이 약 2배 증가한 것으로 관찰되었다(Sermage-Faure et al., 2012). 하지만 원자력시설로부터의 거리 대신 선량에 근거한 지역구분을 통해 분석한 결과에서는 소아 백혈병의 증가는 유의하지 않았다.

이는 원전으로부터의 거리와 암위험 사이에 관찰된 연관성이 원전 방사선 외의 다른 잠재요인에 기인되었음을 의미하며, 연구자들은 가장 가능성 있는 잠재요인으로 '인구혼합' 이론을 제시하였다.

'인구혼합' 이론은 원자력시설 주변 지역에 새로운 인구가 유입되면서 면역력이 약한 어린이들이 감염되었을 가능성이 있다는 것이다(Kinlen, 2011). 이를 뒷받침하는 증거로 새로운 인구가 급격히 유입된 원전건설 후보지역에서 소아 백혈병이 증가하였다는 연구결과가 제시되었다. 다른 원인으로는 부모의 고선량 방사선 노출이나 아이들의 지역 해변 이용 등이 제시되기도 하였으나 명확하고 일관된 연구결과는

없었다.

결론적으로 영국, 독일, 프랑스에서 공통적으로 원자력시설 주변에서 소아 백혈병이 증가하였다고 보고되었지만 원자력시설의 방사선 방출과 연관되었다는 증거는 찾을 수 없었다.

미국의 경우 1990년에 미국립암연구소(NCI) 주관으로 62개 원자력시설 주변주민에 대한 암사망률을 조사하는 역학연구가 수행되었다. 연구 결과 전체 연령대의 암사망률 증가는 없었으며, 소아 백혈병의 증가도 관찰되지 않았다.

이 연구 결과를 업데이트하기 위해 2010년에 다시 미국의 78개 원자력시설 주변주민에 대한 역학조사가 재개되어 현재 주변주민에 대해서는 생태학적 연구, 소아암에 대해서는 환자-대조군 연구가 진행 중에 있다(US NAS, 2012).

일본은 1972~1997년 동안 16개 원전 주변지역에서 소아 백혈병을 조사하였는데, 주변지역 발생률이 대조지역과 차이가 없었다.

그 외 캐나다, 스페인, 스웨덴, 핀란드, 스위스, 이스라엘 등에서 원자력시설 주변지역의 소아 백혈병에 대한 역학연구를 실시하였으며, 이들 국가에서 소아 백혈병의 증가는 관찰되지 않았다.

원전종사자의 건강영향은 원전 운영에 따른 방사선의 영향을 평가하는 가장 직접적인 지표이다. 뿐만 아니라 정상적으로 가동되고 있는 원전에서 근무하는 종사자들은 저선량의 방사선에 장기적으로 노출되기 때문에 저선량-저선량률 방사선에 의한 인체영향을 규명하기에 가장 좋은 연구집단으로 알려져 있다.

따라서 미국, 프랑스, 영국, 독일, 캐나다, 일본 등 원전을 운영하는 대부분의 국가들은 자국 원전종사자의 건강영향 안전성을 확인하는 동시에 저선량 방사선의 인체영향을 규명하기 위해, 원전종사자에 대한 코호트(Cohort)를 구축하고 암 및 그 외 건강영향을 추적 관찰하는 역학연구를 지속적으로 수행해오고 있다.

현재까지 원전종사자에 대한 역학연구 결과 미국, 일본 등의 국가에서는 원전종사자의 암위험도 증가가 관찰되지 않았으며, 캐나다 종사자의 경우 백혈병에서 위험도의 증가를 보였으나 통계적 불확실성이 너무 커서 최종 결론을 내리기에는 추가적인 추적관찰이 필요한 것으로 나타났다.

영국의 경우 국가 방사선작업종사자 레지스트리에 등록된 종사자를 대상으로 직업적 방사선 피폭과 암위험도의 연관성을 분석한 최근 연구에서 방사선량에 따른 암위험도가 증가하는 경향을 보였다.

하지만 이 연구의 대상자에는 핵무기시설 종사자, 핵연료시설 종사자 등이 포함되어 있어 원전종사자에 대한 결과로 일반화하기는 어렵다. 이전에 수행된 원자력에너지 산업 종사자에 대한 분석에서는 방사선작업종사자의 암위험도 증가는 관찰되지 않았다.

프랑스의 경우 전력회사(EDF)의 방사선작업종사자에 대한 최근 연구에서 뇌혈관질환을 제외한 나머지 모든 암에서 암위험도의 증가는 관찰되지 않았다. 연구자들은 뇌혈관질환에서 관찰된 위험도는 적은 사망자수로 인해 통계적 불확실성이 너무 크며 우연에 의한 발견일 가능성이 있으며 추가적인 추적관찰이 필요하다고 밝혔다.

한편, 국제암연구기구 주관으로 15개국 원전종사자에 대해 실시된 국제공동연구에서, 원전종사자의 백혈병 위험도 증가는 없었으며 고형암 위험도가 약간 증가하는 것으로 나타났다. 하지만 15개국 자료의 통합분석 과정에서 흡연에 의한 잠재효과의 통제 실패, 캐나다 자료의 불확실성 등으로 인해 연구결과의 신뢰성에 많은 의문이 제기되었으며 현재 15개국 연구를 보완하기 위한 후속연구의 필요성이 제기되고 있다.

마지막으로, 일본 후쿠시마 원전사고 이후 주민과 사고복구종사자의 건강영향을 평가하기 위해 실시되고 있는 역학조사를 소개하고자 한다.

2011년 후쿠시마 원전사고가 발생한 직후, 일본 정부는 후쿠시마 주민의 건강을 관리하고 사고로 방

출된 방사능이 주민들의 건강에 어떠한 영향을 미치는지 평가하기 위해 '후쿠시마 건강관리조사'라는 명칭으로 주민 역학조사를 착수하였다.

사고 당시 후쿠시마 현의 전체 거주자 약 200만 명을 대상으로 대상자 등록 및 개별 선량을 추정하기 위한 기초조사가 현재 진행되고 있으며, 이들 자료에 근거하여 향후 후쿠시마 사고로 인한 방사선과 주민의 건강영향과의 연관성에 대해 보다 정확한 평가가 이루어질 것이다.

전체 주민에 대해 실시되는 기초 역학조사 외에, 후쿠시마 어린이의 갑상선암 영향을 평가하기 위해 18세 미만 소아와 청소년을 대상으로 갑상선 검사가 진행되고 있다. 2013년 12월까지 진행된 검사에서 32명이 갑상선암으로 진단되었으나 비오염지역에서 실시된 갑상선 검사에서 유사한 갑상선암 발견율이 관찰되었기 때문에 이들의 갑상선암이 후쿠시마 원전사고로 인한 방사선에 기인되었다고 보기는 어렵다(UNSCEAR, 2014).

사고복구종사자들에 대해서도 방사선 노출에 따른 건강영향을 평가하기 위한 역학조사 코호트 등록이 현재 진행되고 있다.

4. 전 망

현재까지 진행된 국내외 원전 역학연구에서 명확하게 원전 가동으로 인해 종사자나 주민의 건강 위험도가 증가되었다고 보고된 결과는 없다.

원전 종사자와 주민에 대해 보다 정확하고 통계적으로 신뢰성 있는 건강영향 평가 결과를 도출하기 위해서는 대상자 확대 및 충분한 추적관찰 기간이 요구되며, 이를 위해 각 국가에서는 지속적인 원전역학조사를 실시할 것으로 전망된다.

정상적으로 가동되는 원전에서 방출되는 방사선의 양은 자연 방사선량 보다 훨씬 낮은 수준이기 때문에 그 영향은 매우 미미할 것으로 예상된다. 그럼에도 불구하고 원전을 운영하는 각 국가들은 종사자와 주민의 건강영향을 지속적으로 평가하고 그 결과를 공유함으로써 원전 방사선의 안전성에 대해 대중과 소통하기 위해 끊임없이 노력하고 있다.

우리나라도 원전 방사선의 안전성에 대한 국민들의 우려를 해소하기 위해 정부 차원의 원전역학조사를 재개하여 국민들의 신뢰를 회복하는 것이 시급하다.

[참고문헌]

1. 교육과학기술부, 원전종사자 및 주변주민 역학조사 연구, 최종보고서, 2011
2. Cardis et al, Risk of cancer after low doses of ionizing radiation : Retrospective cohort study in 15 countries, BMJ, 2005
3. COMARE, Fourtheenth report: Further Consideration of the incidence of child-hood leukemia around nuclear power plants in Great Britain, London : Department of Health, 2011
4. UNSCEAR, 2013 Report : Levels and effects of radiation exposure due to the nuclear accident after the 2011 great east-Japan earthquake and tsunami, 2014
5. US National Academy of Sciences, Analysis of cancer risks in populations near nuclear facilities : Phase1, National Research Council, 2012