

ISSUE 02

산업보건 분야에서 전자파 발암성 등의 건강위험

전자파는 전기와 전자기기를 사용하는 모든 산업현장에서 발생하는 대표적인 물리적 인자이다. 전력 생산과 송·배전, 통신과 전기설비 운전과 정비 등 현대 핵심 산업 분야에서 다수의 노동자가 전자파에 노출된다.

전자파는 화학물질 등 다른 유해 요인과 달리 건강위험이 명확히 규정되지 않았다는 이유로 일반 생활환경은 물론 산업보건 국가 감시체계에서 배제되어 있다. 전자파 발생을 볼 수 없고 노출을 느끼지도 못해 노동자 등 시민은 잠재적 건강위험을 인식하기 쉽지 않다. 하지만 최근 발암성과 직업적 노출 사례가 축적되면서, 전자파가 평가하고 관리해야 하는 산업보건 관리 대상임은 분명하다.

건강위험 기전 특성

전자파(Electromagnetic Fields)는 전기장(Electric Field)과 자기장(Magnetic Field)이 시간에 따라 변하면서 공간에 전파되는 비이온화방사선이다. 전자파의 강도는 거리에 따라 비례적으로 감소하므로 일정 거리 이상 떨어지면 사고와 건강위험은 없다. 전자파는 주파수에 따라 가장 에너지가 낮은 극저주파(Extremely Low Frequency: 약 1~300Hz), 저주파(Low Frequency), 라디오파(Radio Frequency), 마이크로파 등으로 구분된다. 산업현장에서는 극저주파와 라디오파 노출이 주로 문제가 된다. 우리나라 상용주파수인 60Hz는 극

박동욱

한국방송통신대학교
보건환경안전학과 교수



저주파에 해당한다. 극저주파는 송전선로, 변전소, 배전설비, 각종 전기기기에 서 발생한다. 라디오파의 주요 발생원은 통신과 무선신호, 송·수신을 목적으로 한 설비와 기기이다. 이동통신 기지국, 방송 송신소, 무선통신 안테나, 레이더·위성통신 설비, 휴대전화·와이파이 등이 대표적인 예이다. 전자파를 이루는 전기장과 자기장 가운데 전기장은 인체나 건물 등에 비교적 쉽게 차단되지만, 자기장은 대부분의 물체를 통과한다. 자기장이 인체를 통과할 경우에는 세포 활동을 교란할 위험이 있다. 이 때문에 직업적 노출평가와 역학연구에서는 자기장 노출에 따른 암 등 건강위험을 평가해 왔다. 전자파 자기장(이하 전자파)은 에너지가 낮아 DNA를 직접 손상하지는 않지만, 장기간 노출에 따른 생물학적 영향 가능성은 지속적으로 제기되어 왔다. 암 발생 개시제(Initiator)는 아니지만, 촉진제(Promoter) 기능을 한다는 가설도 제시되고 있다.

발암성 등

극저주파와 라디오파에 대한 건강위험 논의의 핵심은 발암성이다. 세계보건기구 산하 국제암연구소(IARC)는 극저주파 자기장(2002년)¹과 라디오파(2013년)²를 ‘인체 발암 가능 물질(Group 2B)’로 분류하였다. 극저주파 자기장의 발암성은 주로 소아백혈병과 역학적 연관성에 바탕을 두었다. 발표된 다수의 메타분석과 종합분석에 따르면, 평균 0.3~0.4μT 이상의 극저주파 자기장에 만성적으로 노출된 집단에서 소아백혈병 위험이 증가하는 경향이 반복적으로 보고되었다.

라디오파의 발암성은 휴대전화 이용자 등에서 관찰된 교모세포종과 청신경종에 대한 제한적 역학연구에 기초한 것이다. 다만, 극저주파 자기장과 라디오파가 전반적인 성인 암과 인과관계가 있는지는 아직 확정되지 않았다는 점이 함께 강조된다. 역학연구에서 논란이 되는 노동자 노출 발암성은 주로 백혈병 등 혈액암과 뇌암 발생 위험이다.

아직 일관된 발암성은 보고되지 않았지만, 유의미한 연관관계를 보고한 역학 논문도 많다. 지금도 일반 생활환경, 전기설비와 기지국 주변, 산업현장에서 전기설비 노동자 그룹의 전자파 노출 등에 따른 집단 발암성과 신경계 질환 발생 위험에 대한 역학조사는 계속되고 있다.

세계보건기구 산하 국제암연구소(IARC)는 극저주파 자기장(2002년)과 라디오파(2013년)를 ‘인체 발암 가능 물질(Group 2B)’로 분류하였다.

¹ International Agency for Research on Cancer(IARC). Extremely Low Frequency Magnetic Fields, 2002, https://www.iarc.who.int/wp-content/uploads/2018/07/pr208_E.pdf

² International Agency for Research on Cancer(IARC). The IARC has classified radiofrequency electromagnetic fields as possibly carcinogenic to humans, 2011.

국외에서도
전기 발생, 송전,
사용 설비, 무선통신
설비 운전과 정비
작업자의 뇌암,
혈액암 산재 인정
사례는 자주
보고되고 있다.

직업성 암 산재보상 사례

산재보상 제도는 집단 수준의 증거가 일관되지 않더라도 개별 노동자의 직업적 노출 이력과 질병 발생의 개연성에 따라 보상하는 것을 원칙으로 한다. 실제로 우리나라에서는 ▲ 고압 송전탑 활선 작업자가 약 24년간 극저주파 자기장에 장기간 노출되어 발생한 뇌암, ▲ 송전탑·배전 담당 노동자의 극저주파 노출로 인한 백혈병, ▲ 유선 통신선 유지보수 작업자의 뇌암 등의 사례가 있다. 이 사례들은 모두 극저주파 자기장과 라디오파 노출에 따른 직업병 보상 사례이다. 개별 노동자의 전자파 노출로 인한 직업성 암 보상 사례는 장기간 직업적 전자파 노출과 질병 발생 사이에 개별적인 인과관계가 성립함을 나타낸다. 국외에서도 전기 발생, 송전, 사용 설비, 무선통신 설비 운전과 정비 작업자의 뇌암, 혈액암 산재 인정 사례는 자주 보고되고 있다.

노출평가

직업적 전자파 노출은 주로 개인용 직독식 측정기기를 이용해 평가한다. 극저주파 자기장은 EMDEX II·EMDEX Lite로 실시간 측정하며, 자속밀도 단위인 μT (마이크로테슬라)로 표현한다. 라디오파는 Narda SRM-3006, NBM-550 등 광대역·주파수 분석형 계측기로 실시간 측정하며, 전기장(V/m), 자기장(A/m), 전력밀도(W/m^2)로 표현한다. 극저주파 자기장 노출 기준은 ACGIH 상한치 $1\text{mT}(B=60/f, f=\text{표준 주파수 } 60\text{Hz})$, 라디오파 노출 기준은 ICNIRP(국제 비이온화방사선 방호위원회)가 권고한 직업 기준(SAR $0.4\text{W}/\text{kg}$, 예: 900MHz 에서 약 $61\text{V}/\text{m}$)이다. 이 노출 기준은 신경·근육 자극, 감각 이상, 인체 조직 가열(Thermal Effect) 등과 같은 급성 건강 영향을 예방하기 위한 상한값으로, 잠시라도 노출되어서는 안 되는 한계치이다. 이 기준을 충족하더라도 장기간 직업적 노출에 따른 암 등 만성질환 발생 위험을 감시하지는 못한다. 다른 유해 인자처럼 시간 가중 평균 노출 기준(TWA-TLV) 같은 만성노출 기준이 아직 없다는 뜻이다.

전자파 고노출 직무 그룹

우리나라에서 산업별, 직종별 노동자의 극저주파 자기장과 라디오파 노출 규모에 대한 국가 자료는 없다. 작업환경측정도 거의 이루어지지 않고, 전자파 노출 기록도 없다. 극저주파 고노출 직무는 주로 전력 생산·송배전·사용 과정에 직접 관여하는 일이다. ▲ 고압 송전탑과 배전설비 운전과 정비, ▲ 변전소 운전·유지보수, ▲ 전기용접·대형 전동기·인덕션 설비 취급 등 전기설비 운전, ▲ 각



중 데이터센터 운전과 정비 등이 대표적이다. 라디오파 고노출 직무는 ▲ 통신과 무선 신호 송·수신 설비 직접 취급, ▲ 이동통신 기지국 설치·유지보수, ▲ 방송·통신 안테나 정비, ▲ 레이더·위성통신 설비 운용 직무 등이다. 전자파 노출 그룹 노동자들은 보통 간헐적, 반복적으로 전자파에 노출되며, 그 특성이 일반 환경 노출과 구분하기 어려워 건강위험 규명이 쉽지 않다.³⁾

결론

전자파의 암, 신경계 질환 등 만성질환 발생 위험에 대한 과학적 증거는 아직 축적되지 않았다. 발암성 등 건강위험은 여전히 논란이 되고 있다. 산업보건의 역사에서 많은 물질이 사용 후 장기간 발암성 논란을 겪다가, 연구 결과가 누적되면서 확실한 또는 상당한 건강위험이 규명되는 과정을 거친다. 국내의 전자파 발암성 산재 인정 사례와 역학적 논란은 전자파가 특정 직무와 작업 조건에서 법적 관리가 필요한 직업적 위험 요인임을 시사한다. 전자파는 ‘일반된 과학적 증거가 부족하다’는 이유로 예방과 보상 대상에서 배제할 요인이 아니다. 개별 사업장은 물론 국가 규모로 전자파 고노출 직무 노동자 그룹을 파악하고, 노출 이력과 건강 정보를 장기적으로 추적할 감시체계를 구축하는 것이 필요하다. 전자파 건강위험을 둘러싼 과학적 불확실성은 사전주의 원칙(Precautionary Principle)에 따른 적극적 관리의 근거가 되어야 한다. ☺

³⁾ 박동욱 외. 「직업성 극저주파 자기장 노출평가와 노출 기준에 대한 쟁점 고찰」, 한국산업보건학회지, 2022.