

전력선 전자계에 대한 인체 노출 기준 설정



김 문덕
한국전력공사 송변전건설처
UHV변전부장

1. 서 론

전기는 현대 문명의 기본이 되는 재화로서 한순간도 전기 없는 생활을 생각할 수 없을 정도로 물이나 공기와 같은 필수적인 것으로 인식되고 있는 것이 오늘날의 현실이다. 그러나 전기의 생산, 수송, 소비 과정에서 설비나 기기 근처에 사람이 접근하게 되고 직업인이나 일반인을 막론하고 전자기장에 노출될 수밖에 없다. 최근 들어 전자파, 특히 핸드폰, 모니터 등에서 발생하는 높은 주파수의 전자파는 수질오염, 대기오염, 소음공해에 이어 제 4의 공해로 인식되고 있으며, 일반대중들은 송전선로에서 발생하는 극저주파의 전자계에 대해서도 불안감을 나타내고 있다.

전자기장은 그 주파수에 따라 물리적으로 매우 다른 양상을 보이는데 10kHz - 300GHz에 이르

는 고주파의 경우는 인체 내에서 생리·화학적 변화를 일으킬 정도의 에너지를 전달할 수 있으나 송전선에서 발생하는 50 - 60Hz의 극저주파 영역에서는 비교적 안전한 것으로 알려져 있다. 그러나 1979년 Wertheimer와 Leeper에 의하여 송전선 근처에 거주하는 어린이의 암 발생과 연관성이 있다는 보고가 제시된 바 있으며, 동일한 방법으로 연구를 수행한 Savitz의 연구는 연관성이 없다는 상반된 결론이 나왔으나 그 후 많은 논란이 있었고, 현재 선진국들에서는 송전설비에서 발생하는 낮은 주파수의 전자계는 인체에 영향이 없다는 방향으로 의견이 모아지고 있다.

국내에서도 경제성장에 따라 생활여건이 나아지면서 고급 청정에너지인 전력에너지의 급격한 수요 증가로 전자기장에 노출되는 정도나 빈도가 늘고 있어, 좋은 물 좋은 환경을 찾는 것과 같이 전자파의 공해로부터 피하려는 노력이 기울여지고 있다. 이에 따라 전문인들은 물론 일반인들의 관심도 높아지고 있는 가운데, 많은 나라의 입법기관들이 저주파와 고주파뿐만 아니라 극저주파 영역인 송전선로 전자기장에 의해 유발될 수 있는 건강장해에 대한 평가를 요구하고 있고, 어느 정도 수준의 전자기장이 인체에 안전한가에 대한 판단을 요구하는 단계에 와 있다. 이와 더불어 국내에서도 전자파

위해성에 대한 관심이 고조되고 있는 가운데 송전선로 인근에 거주하는 주민들의 거부감으로 인하여 선로의 새로운 건설이나 선로 용지 확보에 막대한 지장을 초래하고 있으나, 아직까지는 생물학적이거나 역학적으로 극저주파의 전자장이 인체에 미치는 영향이 명확히 규명되지 못하고 있으며 이러한 현실이 일반인들의 막연한 불안감으로 이어지고 있다. 해외 각국에서는 국민 보건위생 차원에서 전자파 노출에 대한 규제 혹은 권고 안을 마련하고 있으며 우리나라에서도 빠른 시일 내에 노출에 대한 적정기준을 마련하여 국민들의 건강을 지키고 근거 없는 불안을 제거하여야 할 것이다.

최근 한국전력공사에서도 자체적으로 외국의 여러 기준들을 조사 비교하여 자체적으로 기준을 설정, 전자계 발생량을 규제하고 있어 그나마 다행이지만, 국민전체가 납득할 수 있는 충실한 연구와 조사가 수행되어, 책임 있는 국가기관에 의한 기준설정이 시급하다 하겠다.

본고에서는 송전선로 및 50 - 60Hz의 전자계에서의 인체보호를 위한 해외의 여러 기준을 비교 검토하고, 현재 운전중인 송전선로의 전자파 측정치 결과를 소개하고자 한다. 또한 국내외의 연구동향과 기준제정을 위한 노력들을 조사하여 우리 나라의 기준 설정을 위한 방향을 제시해 보고자 한

다.

2. 해외 기준 비교

- 극저주파 전자장 측정을 위한 단위

송전선로에 흐르는 전기의 주파수는 세계적으로 50Hz 혹은 60Hz를 채택하고 있으며 우리 나라의 경우 60Hz가 사용된다. 60Hz의 주파수에 일치하는 파장은 5000km가 되며 인체나 생물의 크기는 이와 비교할 때 매우 작기 때문에 전계와 자계가 서로 다르게 분리되어 작용한다.

극저주파의 경우에는 전달되는 에너지가 무시할 정도로 작으므로 일단 인체내부에 영향을 미치는 것은 에너지에 의한 체온상승이 문제가 되는 것이 아니라 신체내부에 전류가 흘러서 신체기능에 영향을 주는 것을 문제로 보아야 한다. 신경과 근육세포의 흥분은 국부 전계의 세기나 전류밀도에 의존한다는 이론은 잘 확립되어 있다. 그러나 외부 전자계에 의해 신체내부에 유도되는 전류를 측정하기는 매우 어려우므로 허용 전류밀도에 해당하는 전기장과 자기장의 세기를 규정하는 것이 일반적인 방법이다.

충전된 도체부근에 생기는 전계는 전계의 힘 E에 의해 측정된 벡터 량으로, 단위 거리당 전위차, V/m로 측정된다. 자계는 도체에 흐르는 전류에 의해 도체 부근에 유도되며 그 크기는 자속밀도 B로 표시된다. 자속밀도는 이동하는 전하에 가해진 힘으로 정의되며 T(Tesla), 혹은 G(Gauss)¹⁾라는 단위를 갖는다.

- 해외 기준 비교

전자계에 대한 허용노출 기준은 그 규제 성격에 따라 두 가지로

구분될 수 있다. 하나는 법적 규제 성격을 띠는 것으로 꼭 지켜야 하는 것이고, 또 다른 하나는 추천이나 권고 성격을 갖는 것이 있다. 주로 서방진영은 권고적 성격을, 동구권의 구 공산진영 국가들은 규제 성격의 노출기준을 보유하고 있는 경향이 있다.

현재 가장 넓게 인용되고 있는 기준은 WHO 산하의 IRPA/ICNIRG(International Radiation Protection Association/International Commission on Non-Ionization Radiation Protection)의 권고 기준이라고 볼 수 있으며 그 값은 표 1과 같다.

표 1. IRPA/ICNIRP의 노출기준

	전계(kV/m)	자계(μ T)
직업인	25	1333
일반인	10	533

IRPA는 국제보건기구(WHO) 산하의 기구로서 국제노동기구(ILO), UN의 조직들과 밀접하게 일하고 있으며 EU(유럽 연합)도 이를 강력히 지지하고 있어 권위 있는 국제적 기준으로 인정받고 있다. 본래 극저주파 전자계에 관한 기준은 세계보건기구(WHO)의 환경보건기준35(EHC35) 및 69에서 "전계10kV/m 이하의 지역에는 접근을 제한할 필요가 없으며 자계는 50,000mG 이하에서 생물학적으로 유해한 영향이 확인되지 않고 5,000mG 이하에서는 어떤 생물학적 영향도 확인되지 않고 있다"고 평가한 바 있으며 IRPA는 이를 토대로 1990년 본 권고안을 설정하였다.

50/60Hz대의 극저주파에 대한 노출기준을 제시하는 또 하나의 국제 기준으로 CENELEC(Euro-

pean Committee for Electro-technical Standardization)이 있는데 IRPA보다 허용 폭이 크며 표 2.에 표시된 바와 같다.

표 2. CENELEC의 노출기준 (60Hz 기준)

	구분	전기장(kV/m, rms)	자기장(mT, rms)
직업인	업무시간 중 연속	10	0.5
	단시간 (하루 2시간 이내)	30	5
	신체일부(팔, 다리 등)	-	25
일반인	24시간 연속(개방된 장소)	5	0.1
	단시간 (하루 수 시간)	10	1

상기의 국제기준 외에도 세계 각국 정부는 WHO 환경보건기준 제정 전부터 전자유도에 대한 보호를 위하여 전계에 대한 제한치를 설정하는 예가 많았다. 그러나 자계의 경우에는 전계와 같이 감지 현상이 없기 때문에 구체적인 제한을 하는 경우가 드물고 기준을 설정하고 있는 경우에도 자계의 생물학적 영향을 조사 고려한 것은 아니며, IRPA의 권고기준과 현재의 전력설비 실태 등을 감안하여 잠정적인 제한치를 운영하고 있는 정도이다. 표 3.에 주요국가별 극저주파 대역의 노출 기준 값을 나열하였다. 각국의 규제 혹은 권고치를 살펴보면 그 정도가 급

1) 1 Tesla = 10,000 Gauss

씩 차이가 나는데 대개 동구권국가들의 기준이 비교적 엄격한 것을 알 수 있다.

계에서 대체적으로 인정하지 않는 외국의 지역적인 역학조사 결과를 가지고 권고치를 설정하였고, 전

었다. 한전 전력연구원은 1996년부터 연구에 참여하여 미국 EPRI (Electric Power Research Institute)를 중심으로 BPA (Bonneville Power Administration), WAPA (Western Area Power Administration), DOE(Department of Energy)와 함께 국제공동연구를 수행하고 있다. 이 연구는 1988년부터 1998년까지 총 4단계로 수행되고 있으며 실제 송전선로 아래에서 장기간 양을 사육하면서 매달 면역체계를 검사하여 전자계가 과연 혈액 속의 면역인자들에 어떤 영향을 미치는지를 조사하고 있다. 양들은 전자계노출그룹(전계 6.1 kV/m, 자계 35 mG), 자계노출그룹(자계 35 mG), 비노출그룹 등 3개 그룹으로 나누고 각 그룹당 15 마리씩 사육하면서 면역인자의 변화를 살피고 있다.

표 3. 주요국가별 노출 기준

	전 계 [kV]				자 계 [mT]			
	일반인	직업인	구분	제정	일반인	직업인	구분	제정
일본	3	-	규제	1976	-	-		
미국(ACGIH)	-	25	권고	1990	-	1	권고	1991
독일	20.7	20.7	규제	1989	5	5	규제	1989
폴란드	1-10	15-20	"	1980	-	-		
벨기에	5-10	-	"		-	-		
영국(NRPB)	12.3	12.3	권고	1989	2	2	권고	1989
구소련	1-20	5-25	규제	1984	-	1.8		1985
호주	5-10	10-3	권고	1989	0.1-1	0.5-25	권고	1990
한국	3.5		규제	1983	0.1		한전 설계 기준	1996

3. 국내연구 및 조사현황

선진국에서는 1960년대 중반 부터 전자계 영향에 대해 광범위하게 연구하여 왔지만 국내에서는 아직까지 이렇다 할 연구가 없었다. 그러나 최근 송전계통의 초고압화 추세에 따라 송전선로에서 발생하는 전자계에 대한 국민의 관심이 고조되어, 국내에서도 한국전자과학회 등 몇몇 기관에 의해 '96년 이후 전자과의 인체 유해성 및 인체 보호기준 설정을 위한 연구가 착수되었다.

- 환경부 전자파 인체권고기준 설정을 위한 조사연구
 환경부의 위탁을 받아 연세대학교 환경공해연구소에서는 1997년 3월부터 1997년 9월까지 6개월간 국내 극저주파 전자장 현황을 평가하고, 외국의 인체보호 권고기준치를 조사 후 국내 극저주파 전자계에 대한 단계별 권고안을 제시하였다. 환경부에서는 보고서에 제시된 권고안에 대해 관련기관의 의견을 수렴 중에 있으나, 학

교수 몇 명에 의한 연구보고서를 기초로 하여 안전기준 권고안이 작성된 점등으로 인하여 기준작성의 타당성 면에서 비판받고 있다.
 - 송전선로의 전자계 영향에 대한 국제공동 연구
 89년 송전선로에서 발생하는 전자

- 한전 전력연구원 송전선로 전자계 환경 측정
 한전 전력연구원은 '96년 4월부터 '99년 4월까지 36개월간 수행하는 "송전선로 전자계 영향연구"과제 중 국내 전자계 환경 측정을 완료하였다. 측정된 송전선로의 개수

표 4. 지역별 자계 측정치

	지역	선로개수	평균	최대치	최소치	비고
자계 (mG)	경기	21	24.2	72	3.08	
	강원	2	4.5	8.4	0.6	
	충남	15	27.7	66.8	5.5	
	충북	14	18.7	48.3	2.0	
	전남	-	-	-	-	
	전북	15	28.3	86.6	3.8	
	경남	11	12.3	24.0	2.0	
	경북	13	25.2	125.0	2.6	
	제주	11	2.0	4.7	0.3	
	전체	102	20.6	125	0.3	

자파 관련 전문가들이 배제된 상태에서 불과 6개월만에 의과 대학계에 의한 양의 영향연구가 미국 BPA(Bonneville Power Administration) 전력회사에 의해 제안되

는 총102개소이었고, 이들을 그룹별로 분류하고 해당되는 평균치를 구하였다. 표 4는 지역별로 분류한 자계 수치이다. 측정된 자계의 크기를 짐작하기

표 5. 가정용 전기 기기의 자계 크기 (단위 : mG)

전기 기기 종류	3 cm	30 cm	전기 기기 종류	3 cm	30 cm
TV	74		VTR	11	1.4
냉장고	3.8	2.0	오디오	11	1.2
전자레인지	372	36	백열등	-	0.1
가정용 강압기	24.2	0.8	형광등	-	2.9
헤어드라이어	50.6	-	진공청소기	-	27
평균		14	PC 모니터	290	29

위하여 일상 생활에서 흔히 접하는 가전기기에서 발생하는 자계의 크기를 측정하여 표 5에 나타내었다. 라. 전자파학회 연구 현황

한국전자파학회는 1996년 3월 학술위원회 산하에 “전자장과 생체 관계 연구회”를 두고 연구회를 중심으로 이 분야의 선진국과의 기술적 간극 해소 및 국내 전자장의 인체노출기준 설정을 위하여 정보통신부, 한국전기통신공사의 후원 하에 연구를 진행하고 있다. '96년에 “전자파로 인한 장해 실태 조사와 인체보호기준 설정에 관한 연구”를 완료하였고, '97년에는 “전자파 생체 영향 연구”를 수행하였다. 그중 '97년 완료된 연구 과제 내용 중 극저주파 전기장 발생장치의 제작 및 측정분야 연구로 전기장 5kV/m, 30kV/m와 자기장 0.5mT, 1.5mT 발생장치를 한림대학교 의과대학의 과학연구소에 제작, 설치하여 실험용 생쥐를 대상으로 연구하였다. 전장 또는 자장에 노출된 쥐의 혈액 및 생화학적 검사와 쥐의 먹이량 변화 추이, 몸무게의 변화추이, 전장 또는 자장환경에서 쥐의 먹이량 변화추이, 전장 또는 자장환경에서 쥐의 행동변화를 관찰한 바 있으며, 초기에는 변화가 있었으나 2주정도 후에는 환경에 적응하여 원상 복구되는 것으로 보고되었다.

4. 송전선로 건설사업의 현실

고속 경제성장에 따른 전력수요 증가에 대처키 위해 발전소에서 수요처까지 전기를 수송하는 송전 연구결과와 외국의 관련정보를 과장 보도하는 기사 때문이라는 것이 민원인들과 접할 기회가 많은 현장 근무원들의 시각이다.

전장에서 소개한 바와 같이 환경부의 인체권고기준 설정을 위한 연구에서는 스웨덴의 권고치 2mG가 고주파를 발생하는 모니터에 국한된 것임에도 극저주파까지 일반적인 적용을 한다든지, 일부 도시에서 채택하고 있는 과도하게 엄격한 기준을 일반적인 것으로 발표 제시하여 물의를 빚고 있다. 또한 자극적인 기사를 선호하는 언론의 속성으로 정확하고 객관적인 정보가 대중으로 전파되지 못하는 것도 국민의 막연한 불

안감을 없애지 못하는 원인으로 볼 수 있으며, 이러한 모든 상황들이 지방자치제가 아직 성숙되지 못한 우리실정에서 지역 이기주의를 부추기게 되고, 무조건적인 송전선로 건설반대를 위한 빌미를 제공하고 있다 하겠다.

5. 결론

수질오염, 공해 방출기준, 전자계 노출안전기준 등 공공이 관련된 기준의 설정은 매우 신중할 필요가 있다. 기준의 설정에 따라 사회적으로 경제적 파급효과가 크기 때문이다. 기준이 너무 약하게 설정되면 있으나마나하여 국민 건강에 기여를 하지 못하게 되고, 계통의 확충은 필수적이다. 이러한 국가적 사업을 수행하는데 있어서 송전선로뿐 아니라 변전소의 주위에서 발생할 수 있는 전자계가 동식물, 인체에 나쁜 영향을 미치지 않는가 하는 막연한 우려 때문에 인근 주민들의 반대는 거세 지고 있고 심지어는 준공된 설비도 민원 때문에 운전이 지장을 받는 사례까지 있다.

그 동안 송변전설비 건설사업 중 발생한 민원 유형 중 전자계 위해성 관련 민원은 점차 늘어나는 추세이다. 표 8.에 나타낸 바와 같이 '96년 63건 중 16건

표 6. 송변전설비 건설 민원 현황

연도별 민원유형	'93	'94	'95	'96	'97	계
경과지 변경	5	3	8	28	17	
위해요인	3	2	9	25	22	
보상불만	1	-	2	4	14	
기타	1	9	2	6	-	
계	10	14	21	63	53	
전자파관련	3	1	3	16	17	

(15%), '97년 53건 중 17건(32%)이 전자계에 관한 것이었다. 이러한 전자계 위해 관련 민원의 증가 추이는 매스컴에 의해 간헐적으로 발표되는 일부 학자들의 개인적인 과도하게 엄격하게 설정된다면 전자계 발생 문제지역 모든 시설을 개선하는데 막대한 투자가 예상되는 것은 물론, 일반 국민들의 불안감, 법적인 소송 등 많은 사회적인 문제가 나타날 것이다.

따라서 기준설정 이전에 과학적 타당성이 입증되어야 하며 국민 전체가 신뢰할 수 있는 과정을 거쳐 건강에 대한 영향 평가가 이루어져야 한다. 또한 현실적으로 우리의 생활환경에서 발생 원과 발생 량에 대한 현황을 파악하여 합리성과 현실성을 동시에 검토하여야 할 것이다.

우리 나라에서 전자파의 위해성 여부에 관심을 갖고 연구에 착수한 것은 1-2년밖에 되지 않는다. 사실 외국에서는 근 20여 년 간 수많은 연구보고서가 제시되었고 많은 논란을 거쳐 나름대로 기준을 설정하여 운영 중에 있다. 경험이 일천한 우리 현실에서 처음부터 생체에 대한 실험과 연구를 해서 완벽한 기준을 제시하기까지

는 많은 시간과 노력을 필요로 할 수밖에 없다. 그러나 국민들의 불안감 해소, 국책사업들의 원활한 진행을 위해서는 어떤 기준설정이 필요하고 우선 잠정적으로 운영하더라도 국제적으로 널리 수용되는 기준을 준용하는 것이 바람직하다고 생각된다.

이러한 관점에서 국제 방사선 보호협회(IRPA)에서 제시하고 있는 기준치가 가장 합당할 것으로 생각된다. 세계보건기구(WHO)의 지원아래 과학적으로 기준치를 제정한 전형적인 예를 보여주는데, 세계 각국의 논문 약 600 여 편을 면밀히 조사하여 앞의 2장에서 소개한 결론을 내린 바 있다. 이 수치보다 더 과하게 기준치를 설정하는 것은 이에 따르는 불필요한 추가 비용만 가중시킬 것이다.

또한 이 기준의 운영을 위해 측정방법과 사용 기기들에 대한 기준도 정립이 되어야 하며 측정위치 방향 등이 결정되어야 노출에 대한 평가가 일관성 있게 이루어질 수 있다. 기준의 적용을 위해서는 일반인과 직업인에 대한 구분, 그리고 주파수가 현저하게 다른 발생원, 즉 송배전 선로, 가전기기, 휴대폰 등의 차별화를 통해

전문지식이 없는 일반 국민들의 오해가 없도록 하여야 한다. 현재 국내 전자과학회에서 관련 전문가들이 모여 기준제정을 위해 연구에 심혈을 기울이고 있으므로 다행으로 생각되나 외국기준을 채택한 후에도 우리 나라의 특수성을 고려한 후속조치를 위한 연구가 필요하다 하겠다.

참고자료

- 김정부, 송전선로의 전자계가 인체에 미치는 영향, 1998
- 한국전력공사, "송전선로의 전자계 영향 연구(I)" 중간보고서, 1997
- 한국전자통신연구원, 전자파 생체영향 연구, 1997
- 환경부, 전자파 인체권고기준 설정을 위한 조사연구, 1997
- IRPA/INIRC Guideline, Interim Guidelines on Limits of Exposure to 50/60Hz Electrical and Magnetic Fields, 1990
- CENELEC, Safety Considerations for Human Exposure to EMF, 1996

< 이 동 회 위 원 >