

전력설비와 전자계의 안전성

김재준, 최성우, 김성호, 서성섭
한국전력공사

Health Effects on Extremely Low Frequency Fields

JaeJoon, Kim, Songwoo, Choi, Sungho, Kim, Seongseob, Seo
Korea Electric Power Corporation

Abstract - 전자계가 인체건강에 미치는 영향에 대해 막연한 불안감을 갖고 있는 실정이다. 그러나 최근까지도 국내외의 주요 동물실험 결과에서 어떠한 과학적 근거도 입증할 수 없는 상태이며, 세계보건기구(WHO)의 연구결과는 국제가이드라인을 반드시 지킬 것을 권장하고 있으며, 과학적 사실에 주의를 기울이면서 관련 연구프로그램을 장려하고, 자의적으로 낮은 노출제한치를 적용하는 것은 정당하지 않다고 발표하였다. 본 고에서는 주요 동물실험결과, WHO 연구결과, 국내 전력설비별 전자계 노출현황, 대국민 인식조사 및 소송사례에 대해 검토하고 전자계의 안전성에 대해 고찰하고자 한다.

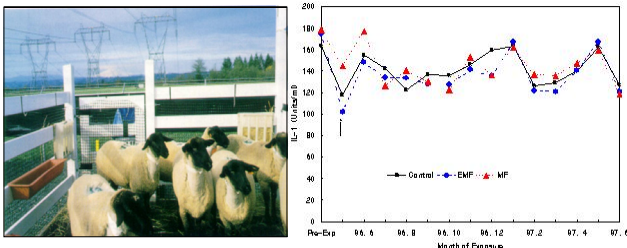
1. 서 론

전력시설 주변에서 형성되는 전자계의 영향이 대중과 과학자 단체에 큰 관심을 불러일으키기 시작한 것은 Nancy Wertheimer와 Ed Leeper가 '어린이에게 암에 의한 사망률을 높일 수 있다는 가능성 연구' 때문이었다. 이후 전력시설의 자기장이 인체건강에 어떤 영향을 줄 수 있지 않을까하는 심리적·정서적 측면의 갈등이 증폭되면서 안정적인 전력공급을 위한 설비건설에 차질을 빚고 있으며 그 소모적인 논쟁의 피해는 고스란히 국민의 부담으로 돌아오고 있다. 세계보건기구(WHO)는 전자계에 의해 잠재적으로 인체건강에 미치는 영향들을 조사하기 위해 1996년도부터 세계 54개국, 8개 국제기구 및 9개 국제협력연구기관과 공동으로 국제전자계연구프로젝트(인체건강 위해성평가)가 만들어졌으며, 2007년 6월 그 결과를 발표하기에 이르렀다. 본 고에서는 주요 동물실험결과, WHO 연구결과, 국내 전력설비별 전자계 노출현황, 대국민 인식조사 및 소송사례에 대해 검토하고 전자계의 안전성에 대해 고찰하고자 한다.

2. 본 론

2.1 전자계의 안전성에 대한 동물실험 결과

미국전기연구원(EPR)과 한전 전력연구원은 1996년부터 1999년까지 3년간 송전선로 바로 아래에서 양(羊)을 키우며, 양의 면역인자에 미치는 영향을 공동 연구하였다. 실험방법은 50만볼트 송전선 바로 아래에서 전체 45마리의 양을 15마리씩 '비노출 그룹', '전자계노출 그룹', '자기계노출 그룹' 등 세 그룹으로 분류하고 전기(Electric field)와 자기(Magnetic field)가 양의 면역인자(Interleukin-1, Interleukin-2, Phytohemagglutinin, Lipopolysaccharide, 백혈구 수 등)들에 어떤 영향을 미치는지를 분석한 결과, 양의 면역인자에 영향을 주지 않았으며 지극히 건강하고 어떠한 질병 징후도 없었다.



<그림 1> 양(羊)의 면역체계에 미치는 영향연구

한국화학연구원(안정성평가연구소)과 한국전기연구원에서는 1998년부터 2002년까지 3년간 임신된 쥐 96마리를 대상으로 자기(5 μ T, 83.3 μ T, 500 μ T)가 쥐의 생식에 미치는 영향을 연구하였다. 그 결과는 쥐의 임신, 출산, 생존에 대한 안전성 평가에서 어떠한 독성 영향도 미치지 않은 것으로 확인되었다.



<그림 2> 쥐의 생식에 미치는 영향연구

2.2 세계보건기구(WHO)의 연구결과

세계보건기구(WHO)는 Task Group의 평가 Monograph(EHC)를 참고하여, 공식적인 문건인 Fact sheet No.322를 발표('07.6)하였다.

2.2.1 Task Group의 평가

Task Group은 극저주파전자계가 일반인들에게 미치는 실질적인 영향은 없는 것으로 결론을 내렸으며, 극저주파전자계의 영향에 대해 다음과 같이 언급하고 있다. 100 μ T 정도의 강한 노출에 대한 생물학적 영향은 규명되었다. 외부 자계에 의해 우리 인체내에 전계와 전류가 유기되며, 이로 인해 신경계 자극과 중앙신경내 신경세포에 변화를 일으키게 된다.

그러나 낮은 수준의 자기노출에 의해 암이 진전된다는 생체작용은 밝혀진 바 없는 실정이며, 낮은 수준의 자기노출이 인체에 어떠한 영향을 미칠 수 있다면, 그것은 분명히 생체작용에 관해 규명되어야 한다. 결국 소아백혈병은 우연으로도 볼 수 있으며, 인과관계 또는 원인으로 고려하기에는 충분한 설득력을 갖지 못한다.

2.2.2 WHO's guidance(Fact sheet No.322)

극저주파 전자계의 단기간 고노출이 인체에 미치는 악영향에 대해 과학적으로 정립되었으며, 정책입안자들은 이러한 영향으로부터 직업인들과 일반인을 보호하기 위해 설정된 국제노출가이드라인을 반드시 채택하여야 한다. 자기노출 영향에 대하여 극저주파전자계와 소아백혈병의 관계에 대한 근거는 미약하며, 노출저감이 건강에 미치는 효과는 불투명하지만, 현재로서는 아래의 사항을 권장하였다.

- 정부 및 산업체는 극저주파전자계의 인체영향에 대한 과학적 불확실성을 감소시키기 위해서는 과학적 사실에 주의를 기울이고 관련 연구 프로그램을 장려해야 한다. 극저주파전자계에 대한 위해성평가를 통해 지식수준의 차이가 분명해졌으며, 이러한 활동들로 인해 새로운 연구방향에 대한 기초가 형성되었다.

- 회원국들에게 정책결정을 위한 모든 이해관계자들과의 효과적이고 공개적인 대화 프로그램을 권장한다. 이러한 활동을 통해 극저주파 전자계를 발생시키는 설비에 대한 시민, 지방정부, 산업계의 협조와 이해가 향상 되어질 수 있다.

- 새로운 설비를 건설하거나 설계할 때(전기기기 포함) 저비용 노출 저감법의 적용을 고려할 수는 있으며, 그에 따른 적절한 저감법은 각 나라마다 다를 수 있을 것이다. 하지만, 자의적인 낮은 노출 제한치를 적용한 정책은 정당하지 않은 것이다.

2.3 국제가이드라인 및 국내의 규제 동향

국제비전리방사선보호위원회(ICNIRP)는 공식적으로 어느 국가에도 소속되지 않은 국제기구로서 비전리방사선에 관한 노출, 광파(자외선, 가시광선, 레이저), 전자계, 무선주파수(마이크로파 포함), 초음파 노출에 의한 잠재적인 건강영향을 검토하고 정보를 전달하거나 권고치를 제시한다. ICNIRP(1998) 일반인의 전자계 권고기준은 [표1]과 같다.

<표 1> 일반인의 전자계 노출 권고기준

Frequency range	E-field strength (V m ⁻¹)	B-field (μT)
up to 1 Hz	—	4 × 10 ⁴
1-8 Hz	10,000	4 × 10 ⁴ /f ²
8-25 Hz	10,000	5,000/f
0.025-0.8 kHz	250/f	5/f
0.8-3 kHz	250/f	6.25
3-150 kHz	87	6.25
0.15-1 MHz	87	0.92/f
1-10 MHz	87/f ^{1/2}	0.92/f
10-400 MHz	28	0.092
400-2,000 MHz	1.375f ^{1/2}	0.0046f ^{1/2}
2-300 GHz	61	0.20

국내 전자계 규제기준은 국제비전리방사선보호위원회(ICNIRP)의 권고 기준보다 더 엄격하거나 동일하게 적용하고 있다. 산업자원부 고시 제 2006-65호('06.7.4) 『전기설비기술기준』 제17조에 따르면 '특별고압 가공 전선로는 지표상 1m에서 전계강도가 3.5[kV/m] 이하, 자기계강도가 83.3[μT] 이하가 되도록 시설하는 외에 정전·전자유도 작용에 의하여 사람에게 위험을 줄 우려가 없도록 시설하도록 되어 있다.

<표 2> 국내외 규제 및 권고기준

구분	전기장 (kV/m) 60Hz		자기장 (μT) 60Hz	
	일반인	직업인	일반인	직업인
WHO	8.33		4,167('87)	
			83.3	416.7
ICNIRP('98)	4.17	8.33	83.3	416.7
IEEE('02)	4.17	16.7	904	2,710
EU(유럽연합)	4.17		83.3 ('99)	416.7 ('04)
영국	4.17	8.33	83.3	416.7
미국(연방)	25		기준 없음	
일본	3		기준 없음	
캐나다	4.17	8.33	기준 없음	
독일	4.17	8.33	83.3	
프랑스	4.17	8.33	83.3	
체코	4.17	8.33	83.3	
남아공	4.17	8.33	83.3	
슬로바키아	4.17	8.33	83.3	
슬로베니아	4.17	8.33	83.3	
한국	3.5 (7, 산야)		83.3	
이탈리아	4.17	8.33	83.3 (권고 8.33, 목표 2.5)	
스위스	4.17	8.33	83.3 (권고 1)	
네덜란드	4.17	8.33	83.3 (권고 0.4)	
스웨덴, 호주	4.17	8.33	83.3 (현명한 회피)	

2.4 국내 전력설비별 전자계 노출현황

국내 송전선로에서 발생하는 전자계는 도체의 기하학적 배치, 상배열, 전압, 전류에 따라 크게 달라지는 양상을 보인다. [표3]은 전국 송전선로 345kV, 154kV, 66kV를 포함하여 208개소를 선로의 중심에서 측방향 2m 간격마다 1m에서 측정하고 그 중 최대치를 취하였다. 대체로 자계는 선로 중심에서 최대치를 보이고, 전계는 선로 형상에 따라 달라 154kV 선로는 6m내외, 345kV 선로는 10m내외에서 최대치를 보였다.

<표 3> 전국 송전선로의 전계 및 자기 측정 통계표

구분	전압	선로수	평균	중간값	최대치	최소치
전계 (kV/m)	345kV	70	1.13	1.00	3.16	0.08
	154kV	90	0.46	0.35	2.01	0.03
	66kV	2	0.96	-	1.5	0.43
	전체	162	0.75	0.50	3.16	0.02
자기 (μT)	345kV	81	2.82	2.30	12.5	0.25
	154kV	122	1.40	0.88	8.66	0.03
	66kV	5	0.87	0.36	2.28	0.22
	전체	208	1.94	1.26	12.5	0.03

측정결과 전국 송전선로의 최대치는 전계 3.16[kV/m] 이하, 자기 12.5[μT]로서 자계는 국제권고기준(4.2[kV/m], 자기 83.3[μT])의 15% 수준으로 매우 낮았다.

전국 440개 변전소를 대상으로 전압별, 변전소 형태별 자기측정결과는 [표4]와 같으며 전계는 송전선로보다 낮기 때문에 측정을 생략하였다.

<표 4> 전국 변전소의 자기 측정 통계표

전압별	형태별	평균값(μT)	최대값(μT)
765 kV	옥외 GIS	1.097	7.86
345 kV	옥외 철구	1.047	12.25
	옥외 GIS	0.918	13.16
	옥내 GIS	0.414	2.3
154 kV	옥외 철구	0.363	6.04
	옥외 GIS	0.286	4.18
	옥내 GIS	0.250	8.02
	지하 GIS	0.170	0.97
전체	440개 S/S	0.084	13.16

변전소 부지 경계면에서는 약 5m만 떨어져도 급격히 감소하여 자계 값은 0.1μT 이하로서 국제권고기준(83.3[μT])의 0.1% 수준으로 극히 낮았다. 배전선로(22.9kV)의 전계 역시 송전선로에 비하여 매우 낮기 때문에 전계측정은 생략하였고, 자계의 크기도 몇 가지 배전선로의 경우에서 측정하였으며 해당 배전선로에서 가장 높게 나타난 수치를 취하면 평균 0.43μT로서 국제권고기준(83.3[μT])의 0.5% 수준으로 극히 낮았다.

2.5 대국민 인식조사 및 소송사례

최근 NGO 활동이 활성화되고 국민 기대수준이 높아지면서 전자계의 과학적 불확실성을 규명하라는 사회적 요구가 증가하고 있다. 또한 전자계의 유해성 논란이 전력시설 건설반대의 장기적 명분이 되면서 건설사업의 간접비용이 증가하고 있는 실정이다. [표5]는 전자계에 대한 국민 인식조사 결과, 84.3%가 해롭다고 인식하고 있었다. 국민의 올바른 이해가 필요한 시점이다.

<표 5> 송전철탑에서 형성되는 전자계 인식도 [단위:%]

구분	사례수	해롭다	해롭지않다	잘모르겠다	
전체	1,002	84.3	6.5	9.2	
연령별	20대	211	83.9	12.9	3.2
	30대	237	86.3	6.7	7.0
	40대	230	85.7	5.2	9.1
	50대	324	82.1	3.1	14.7

<표 6> 소송사례 및 판결내용

사건표시	대법원2007다52669, 서울고법2006나112214,
판결주문	원고의 상고기각, 2007.11.16
판결이유	“전자파 피해 손해배상 및 영업손실액 1억원 지급 (인근 송전선로 전자파 피해를 우려하여 유치원 등록을 하지 않아 원생이 감소했다고 주장)” 사실에 관하여 전자파 유해성이 검증되지 않은 상황에서 건강침해를 우려하여 유치원 등록을 하지 않은 것을 배후지 상설이라고 할 수 없음

3. 결 론

세계보건기구(WHO)의 국제전자계연구프로젝트 결과는 국제비전리방사선보호위원회(ICNIRP)의 전자계의 가이드라인인 83.3(μT)를 권고하면서, 일부 국가에서 제시하고 있는 낮은 규제치를 따라하는 것은 과학적 근거가 불확실한 상태에서 정당한 이유가 될 수 없다고 하고 있다. 국내 전력설비별 전자계 최대 노출인 경우에도 국제가이드라인의 15% 수준으로 매우 낮은 상태이다. 다양한 이해관계자와 효과적이고 공개적인 커뮤니케이션으로 과학자와 산업계는 전자계의 영향에 대해 지속적으로 관심을 갖고, 정책입안자 및 여론주도층은 일반 국민이 전자계에 대한 올바른 이해를 가질 수 있도록 돕는 노력이 필요하겠다.

[참 고 문 헌]

[1] WHO(세계보건기구), “Electromagnetic fields and public health Exposure to extremely low frequency fields”, Fact sheet No.322, 2006
 [2] ICNIRP, “Guidelines for limiting Exposure to Time-varying Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields(Up to 300GHz)”, 511, 1998.
 [3] 한국전력공사 전력연구원, “송전선로 전자계 영향연구(I)”, 최종보고서, '99전력연-단250, TR.9629.J999.243, 1999.
 [4] N. Wertheimer and E. Leeper, “Electrical wiring configuration and childhood cancer,” Am. J. Epidemiol, 111(4), 1979.
 [5] 일본전기학회, “전자계의 생체영향에 관한 현상평가 및 향후의 과제”, 전자계 생체영향문제 특별조사위원회지, 1998.