

전력설비 전자계의 안전성

황중선*, 김태영**, 한병준**, 김재준**
 남도대학*, 한국전력공사**

Health Safety of Power Frequency Electromagnetic Fields

Hwang jongsun*, Kim taeyoung**, Han Byungjun**, Kim jaejoon**,
 Namdo Provincial College*, Korea Electric Power Corporation**

Abstract - 대다수 국민들이 많은 불안감을 갖고 있는 극저주파전자계(ELF EMF)의 건강영향에 대한 논쟁배경, 전자파와 전자계의 특성 구분, 국민의 전자계에 대한 인식도 조사, 전력시설 건설반대 민원현황을 분석한다. 또한 전자계 건강영향 동물실험 결과, 국내 전력시설별 전자계의 노출현황 등을 분석하고, 세계보건기구(WHO)의 국제권고기준에 따라 국내 전력시설의 전자계 안전성에 대하여 논하고자 한다.

전자파는 전계와 자계가 상호 작용으로 조합되어 빛의 속도와 같이 공간을 전파하는 파동을 말하며 주파수가 300,000Hz 이상 높아서 먼 공간까지 전파되는 것이다. TV, 라디오 전파, 태양광선이 전자파의 일종이다. 전자계는 전자파로 분류되지만 주파수에 따라 그 성질이 크게 달라 송전선로나 가전제품의 저주파대역에서 발생하는 것을 전자계라고 한다. 이 전자계는 전자파처럼 상호 조합되지 않으며 주파수가 60Hz로 매우 낮아 공간을 전파하지 못하고 거리가 멀어짐에 따라 급격히 감소하는 특성이 있다.

1. 서 론

국가경제와 국민 생활환경에 한 순간도 없어서는 안 될 소중한 전기는 생산과정에서 필수적으로 전자계가 형성된다. 극저주파전자계(ELF EMF)가 “사람의 건강에 어떤 영향을 미치지 않을까?”라는 점에서 대다수 국민들이 많은 불안감을 갖고 있으며 전력시설 건설반대의 주요 이슈로 제기되고 있다. 이 전자계는 전자파와 달리 전리효과나 열적현상이 없으며 전력선과 수 미터만 떨어져도 전자계의 발생량이 급격히 감소하는 특성이 있다. 이러한 전자계의 건강영향에 대한 국민 인식도, 전력시설 건설반대 민원현황 및 전력시설별 전자계의 노출현황을 분석하고 세계보건기구(WHO)가 1996년부터 8개 국제기구, 9개 국제협력연구기관 및 세계 54개국이 참여한 전자계 국제공동연구 결과 초안('06.5월)과 국내 전자계 규제기준에 근거하여 전력시설의 전자계 안전성에 대하여 논하고자 한다.

2. 본 론

2.1 전자계 건강영향 논쟁의 배경

전자계가 대중과 과학자 단체에서 커다란 관심을 불러 일으키기 시작한 것은 1970년 수행하여 1979년 America Journal of Epidemiology에 출판된 소아암에 대한 Nancy Werthheimer와 Ed Leeper가 수행한 연구 때문이었다. 이 연구가 크게 주목받기 시작한 것은 자계가 어린이의 암에 의한 사망률을 높일 수 있다는 가능성 때문이었다. 이후 세계보건기구(WHO)의 환경보건기준 69에서 '5,000μT이하의 60Hz 자계에서 유해한 생물학적 영향이 인지되지 않았다'고 발표(1987년)하였으며, 미국의 전미과학아카데미(NAS)는 과거 17년간 발표된 500편 이상의 논문을 종합평가하여 '60Hz 자계에의 노출이 건강에 장애가 된다는 것을 보여주지 않는다'고 결론지었다.(1996년 10월) 그리고 국제비전리방사선보호위원회(ICNIRP)가 세계보건기구의 환경보건기준에 근거하여 작성한 가이드라인(1998년)은 '60Hz 자계에서 일반인 83.3μT, 직업인 416.7μT'라고 발표하였다. 현재까지도 전자계가 인체에 영향이 있을 것이라는 과학적 근거는 입증되지 못한 실정이다.

2.2 전자파와 전자계의 구분

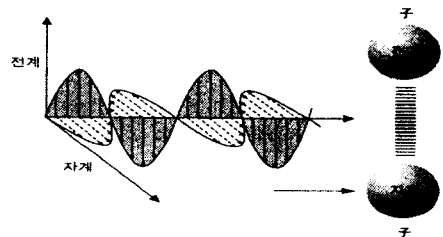


그림 1. 전자파의 특성

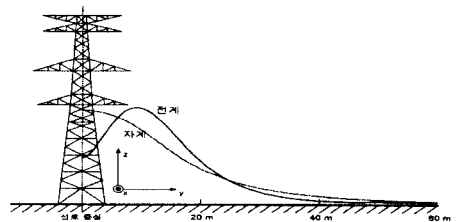


그림 2. 전자계의 특성

2.3 대국민 인식조사

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. 전자파 관련 정보획득 매체에 대한 대국민 인식조사 [표1]에 나타난 바로는 TV방송 57.7%, 인터넷 19.1%, 신문 14%, 주변사람들 7.6%, 기타 1.1%, 무응답 0.5%로 나타났으며 언론보도에 의한 영향이 대다수를 차지하고 있다. 송전철탐에서 형성되는 전자계가 인체에 해롭다고 생각하는 국민은 84.3%로 대다수 국민이 불안해 함을 알 수 있다.[표2] 그러나 전력시설 전자계 값이 국제권고기준을 만족한다면 굳이 전력시설 건설을 반대할 이유가 없다고 의사표시를 하였다. 최근까지도 세계보건기구(WHO)와 국제비

전리방사선보호위원회(ICNIRP)는 전자계가 인체에 영향이 있다는 어떠한 과학적 증거도 입증할 수 없어 전자계의 국제권고기준을 변경할 아무런 이유가 없다고 제시하고 있다.('06.3월 ICNIRP 국제회의시)

표 1. 전자파 관련 정보획득 매체

[단위:%]

구분	사례수	TV	인터넷	신문	주변인	기타	무응답	
전 체	1,002	57.7	19.1	14.0	7.6	1.1	0.5	
연령별	20대	211	43.3	41.7	7.1	6.4	1.5	0.0
	30대	237	57.1	24.6	11.2	5.6	0.4	1.1
	40대	230	54.3	15.1	24.1	4.3	2.1	0.0
	50대	324	69.8	3.3	13.2	12.3	0.6	0.8

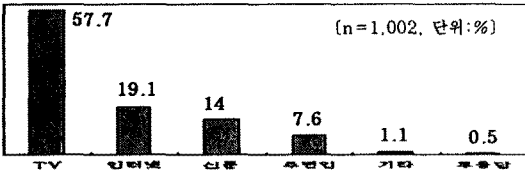


표 2. 송전철탐에서 형성되는 전자계 인식도

[단위:%]

구분	사례수	해롭다	해롭지않다	잘모르겠다	
전 체	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 3. 전력설비 건설관련 의견

[단위:%]

구분	사례수	국제기준 건설찬성	시민단체 의견따름	잘모르겠다
전 체	1,002	47.0	43.5	9.5

이와같이 전자계의 안전성에 대한 막연한 불안감으로 전력시설 건설반대 민원이 장기적인 명분이 되고 있으며 [표4]에 나타나는 민원유형에는 거의 모두 전자계의 건강영향에 대한 피해우려를 제기하고 있는 실정이다.

표 4. 전력설비 건설반대 민원현황

연도별 민원유형	'02	'03	'04	'05	'06	계
위치 변경 (건설반대)	60	66	82	103	62	373
피해보상 (지가하락)	14	1	8	4	10	37
기 타 (소음 등)	4	2	7	7	6	26
합 계	78	69	97	114	78	436

2.4 전자계 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", "자계노출 그룹" 등 세 그룹으로 분류하였다. 그리

고 전계(Electric field)와 자계(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.

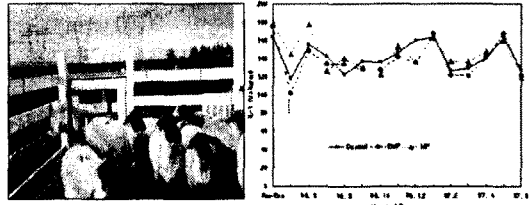


그림 3. 양(羊)의 면역체계에 미치는 영향연구

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

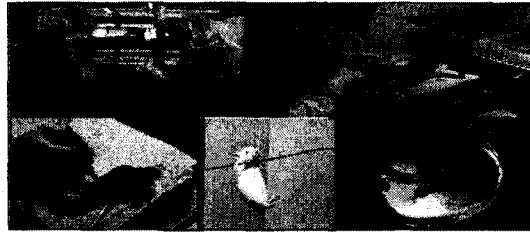


그림 4. 쥐의 생식에 미치는 영향연구

2.5 전자계 국내외 규제동향

세계보건기구(WHO)는 국제연합기구(UN)의 하나로서 세계 인류가 단순히 질병 또는 장애가 없는 상태보다는 신체적·정신적·사회적으로 최고의 건강수준에 도달하는 것을 목적으로 활동하고 있다. WHO는 전자계에 관한 국제공동연구 결과 초안('06.5월)에서 다음과 같이 제시하고 있다. 'ICNIRP(1988)에서 제시하고 있는 극저주파전자계(ELF EMF)노출치를 국제가이드라인으로 사용하는 것을 옹호한다.' 또한 '쇼야백혈병 등과 같은 고질적인 노출영향을 이유로 극저주파전자계 노출 제한치를 변경하는 것은 과학적인 근거가 불충분하여 권고하지 않는다'라고 분명하게 제시하고 있다.

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 [표5]와 같다.

표5. 일반인 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	5,000f
0.025-0.8 kHz	250f	5f
0.8-3 kHz	250f	6.25
3-150 kHz	87	6.25
0.15-1 MHz	87	0.92f
1-10 MHz	87f ^{1/2}	0.92f
10-400 MHz	28	0.092
400-2,000 MHz	1.375f ^{1/2}	0.0046f ^{1/2}
2-300 GHz	61	0.20

ICNIRP(1998) [표5]에 제시하고 있는 일반인의 전력설비 극저주파전자계(60Hz)의 전계 노출 권고기준은

$$\frac{250 \text{ Vm}^{-1}}{60\text{Hz}} (1,000) = 4.167 [\text{kVm}^{-1}]$$

극저주파전자계(60Hz)의 자계 노출 권고기준은

$$\frac{5\mu\text{T}}{60\text{Hz}} (1,000) = 83.3 [\mu\text{T}]$$

이다.

국내 전자계 규제기준은 국제비전리방사선보호위원회(ICNIRP)의 권고기준보다 더 엄격하거나 동일하게 적용하고 있다. 산업자원부 고시 제2006-65호('06.7.4) 「전기설비기술기준」 제17조에 따르면 '특별고압 가공전선로는 지표상 1m에서 전계강도가 3.5[W/m] 이하, 자계강도가 83.3[μT] 이하가 되도록 시설하는 외에 정전·전자유도 작용에 의하여 사람에게 위험을 줄 우려가 없도록 시설하여야 한다.

2.6 국내 전력설비별 전자계 노출현황

국내 송전선로에서 발생하는 전자계는 도체의 기하학적 배치, 상배열, 전압, 전류에 따라 크게 달라지는 양상을 보인다. [표6]은 전국 송전선로 345W, 154W, 66W를 포함하여 208개소를 선로의 중심에서 측방향 2m 간격마다 1m에서 측정하고 그 중 최대치를 취하였다. 대체로 자계는 선로 중심에서 최대치를 보이고, 전계는 선로 형상에 따라 달라 154W 선로는 6m내외, 345W 선로는 10m내외에서 최대치를 보였다. 그러나 2회선 송전선로에서 양회선의 전류크기가 크게 차이 날 경우에는 이러한 경향이 없었다.

표 6. 전국 송전선로의 전계 및 자계 측정 통계표

구분	전압	선로수	평균	중간값	최대치	최소치
전계 (W/m)	345W	70	1.13	1.00	3.16	0.08
	154W	90	0.46	0.35	2.01	0.03
	66W	2	0.96	-	1.5	0.43
	전체	162	0.75	0.50	3.16	0.02
자계 (μT)	345W	81	2.82	2.30	12.5	0.25
	154W	122	1.40	0.88	8.66	0.03
	66W	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[W/m] 이하, 자계 12.5[μT]로서 자계는 국제권고기준(4.2[W/m], 자계 83.3[μT])의 15% 수준으로 매우 낮았다.

전국 440개 변전소를 대상으로 전압별, 변전소 형태별 자계 측정결과는 [표7]과 같으며 전계는 송전선로보다 낮기 때문에 측정을 생략하였다.

표 7. 전국 변전소의 자계 측정 통계표

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

변전소 부지 경계면에서 약 5m만 떨어지면 급격히 감소하여 자계값은 0.1μT 이하로서 국제권고기준(83.3[μT])의 0.1% 수준으로 극히 낮다.

배전선로(22.9W)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 0.5% 수준으로 극히 낮다.

따라서 국내 건설되어 있는 전력시설과 건설예정인 전력시설에 대하여 전자계 피해우려 또는 막연하게 불안해하는 것은 잘못된 정보입수로 인한 것으로 사료된다.

최근 전력시설은 지역적 특성을 고려한 친환경 설비(미관, 형태 등)로 건설하고 있으며, 송변전 건설 후보지 및 경과지 선정시 이해관계인(주민/지자체/NGO)의 저항요소 및 의견을 사전수렴 후, 최종 후보지를 확정하기 위한 시스템으로 2007. 7월 「전략영향평가시스템」 개발을 완료할 예정이며, 2007. 8월 이후 용역결과를 면밀히 검토 후 2007. 10월부터 건설사업에 적용할 계획이다.

또한 지역사회의 의견을 최대한 반영하여 위치선정 및 설비형태 결정, 녹색환경자문위원회 및 전력설비건설자문위원회의 의견수렴, 동일필지 외곽으로 최대한 위치변경 등 토지의 효율적 활용, 지역주민 등이 참여하는 '공사현장 감시제도' 운영, 잔여부지를 활용한 주민편의시설 지원(소규모 공원, 주차장 등), 보상규정 및 지역사회와의 지원사업 등 제도개선 노력을 지속하고 있다.

3. 결 론

전자계의 건강영향에 막연한 불안감은 유해성 보도가 대부분이어서 국민들이 오해하고 있는 측면이 많다. 최근까지도 세계보건기구(WHO)는 전자계의 인체영향에 대한 과학적 근거가 불확실하여, ICNIRP 국제권고기준을 옹호하고 있으며, 다양한 이해관계자와의 커뮤니케이션을 권장하고 있다. 국내의 소수 연구결과를 국제권고기준과 비유해서 그 위험정도를 관련 절차와 검증은 거친 후 종합적으로 판단되어야 할 것이다. 과학자는 지속적으로 전자계 영향을 규명해 나가고, 정책입안자 및 여론 주도층은 일반 국민이 전자계에 대한 올바른 이해를 가질 수 있도록 돕는 노력이 필요하겠다.

[참 고 문 헌]

- [1] WHO, "Environment Health Criteria(Extremely Low Frequency Fields)", 초안, 281, 2005.
- [2] ICNIRP, "Guidelines for limiting Exposure to Time-varying Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields(Up to 30 GHz)", 511, 1998.
- [3] ICNIRP, "International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection", 2006 International Commission, Germany, 2006.
- [4] ICNIRP, "Guidelines On limiting Exposure to Non-Ionizing Radiation", Reference Book", 1999.
- [5] 한국전력공사 전력연구원, "송전선로 전자계 영향연구(1)", 최종보고서, '99전력연-단250, TR.96더29.1999.243, 1999.
- [6] N. Wertheimer and E. Leeper, "Electrical wiring configuration and childhood cancer," Am. J. Epidemiol, 111(4), 1979.
- [6] 일본전기학회, "전자계의 생체영향에 관한 현상평가 및 향후의 과제", 전자계 생체영향문제 특별조사위원회지, 1998.