

각종 전자파에 의한 인체의 노출 : 역학조사를 위한 전자파 측정

김 덕 원 · 류 창 용* · 윤 형 로*

=Abstract=

Human Exposures to Various Electromagnetic Forces: Measurement of Electromagnetic Force for Future Epidemiological Study

Deok Won Kim, Chang Yong Ryu*, Hyung Ro Yoon*

Although air, water, and noise pollutions have been widely recognized, electromagnetic forces (EMF) hazard has been rarely recognized as a pollution and very little studies has been done in this country. Thus, in this study electromagnetic forces radiated by various home appliances, office machines, and communication equipments were measured and so were several places radiating strong EMF such as subway stations and electric substations.

Among the home appliances microwave oven radiates lots of magnetic field and microwaves, and electric mattress does strong magnetic field. In video game room strong magnetic and considerable electric fields were measured. It was observed strong magnetic field inside of electric powered train and very strong magnetic and electric fields on some platforms. Hand-phone and car-phone radiate very hazardous level of microwaves to brain and that they rapidly come into wide use.

In this study data base for various electric machines and places radiating strong EMFs were constructed and could be used for future epidemiological studies.

Key words : 전자파, 인체의 노출, 전계, 자계, 출력밀도

서 론

각종 전자파가 인체에 미치는 영향은 과학적으로 규명하기가 매우 힘든데 그 이유로서는 각 개인마다의 개인차 뿐만 아니라 여러 다른 환경요인들로 인해 전자파에 의한 영향을 분리하기가 거의 불가능하기 때문이다. 이러한 제약조건을 제거한 방법이 동물실험이나, 동물실험 결과를

인간에 적용할 때 또한 여러 복잡한 문제가 생긴다. 마지막 방법으로 역학조사가 있는데 여기서는 전자파에 많이 노출되는 군과 그렇지 않은 군으로 나누어 각종 질병의 발생률에 대한 통계를 처리하여 규명하는 방법이다. 그리하여 본 연구에서는 앞으로 수행되어야 할 역학조사의 선행 연구로서 어떠한 전기기기와 지역에서 전자파가 많이 발생하는가를 조사하였다.

연세 의대 의용공학교실

Dept. of Biomedical Engineering, Yonsei Univ. College of Medicine

* 의용전자공학과

* Dept. of Biomedical Eng. Yonsei Univ. College of Helath Science

본 연구는 1993년도 연세의대 일반과제 연구비(1993-25)의 지원으로 이루어졌음.

통신저자: 김덕원, (120-752) 서울 서대문구 신촌동 134, Tel. (02) 361-5402, Fax. (02) 364-1572

인체에 영향을 미치는 전자파는 크게 ELF (Extremely low frequency: 0~1 kHz), VLF (Very low frequency: 1~500 kHz) 및 microwave (300 MHz~300 GHz)로 분류하는데 ELF와 VLF는 자계 (magnetic field)와 전계 (electric field)를, microwave는 단위 면적당의 출력 (mW/cm²)을 측정하여 유해정도의 기준으로 삼는다. ELF와 VLF는 자계와 전계에 의해 인체에 유도되는 전류가 흐르는 것이 문제가 되는데 반해, microwave는 인체의 조직의 온도를 상승시키는 것이 문제가 된다.

전계는 전하의 세기에 의해 형성되고 자계는 전하의 이동에 의해 형성되는데 도선에 전류가 흐르면 Lorentz의 법칙에 의해 도선 주위에 자계가 형성되고 또한 이 자계에 의해 근처의 도선에 유도 전류가 흐른다. 이러한 원리로 인체 부위에 자계가 존재하면, 인체는 공기와 같이 자성이 거의 없기 때문에 큰 전류는 흐르지 않지만 미세한 전류가 흐르게 된다¹⁾. 이러한 전자계에 의한 전류가 인체에 미치는 영향이 해롭다는 것은 밝혀져 있으나 어떻게 해서 해롭다는 기전은 완전히 밝혀지지 않고 있다. 그러나 다음과 같은 두 가지의 학설이 있는데 그 중 하나는 전자파의 파장과 세포의 크기가 "match" 될 때 공진 현상이 일어나고, 이 공진은 전자파 에너지의 전달을 최대화시켜 유해할 수도 있고, 측정 가능한 생체현상을 유발시킨다는 학설이다²⁾. 이 측정 가능한 생체현상이란 전자파에 의해 세포막을 통과하는 Ca의 이동이 방해되는 현상을 말한다⁴⁾. 또 다른 학설은 세포막 사이의 변화된 Ca의 흐름이 암에 대항하여 싸우는 능력을 감소시킨다는 것으로 얇은 세포막의 낮은 전도성으로 말미암아 미세한 유도전류라도 세포막 사이에는 높은 전압이 형성되어 화학적 평형을 방해한다는 것이다⁴⁾.

송전선, 배전선, 가정용 전기기기로부터 발생하는 전자파 (EMF, Electromagnetic Fields)가 뇌암, leukemia, 기형아 출산 등의 질병의 원인이 될 수 있을까 하는 질문에 상충되는 많은 결과들이 발표되었으나 일부 전문가들은 이것이 사실이라고 확신하고 있다. 뉴욕 대학의 Carpenter 박사에 의하면 모든 아동들의 암은 10~15%가 가정용 전원 (100V)에 기인한다고 한다. 또한 미국의 EPA (Environmental Protection Agency)도 "우려할 만하다"라고 하며 될 수 있으면 전자파에 노출되는 것을 피하라고 경고하였다⁵⁾.

1976년 Loma Linda는 약한 전자파에 의해서도 닭의 뇌 세포에서 칼슘이 서서히 빠져나가는 것을 증명하였으며, EPA에서 지원한 닭의 태아에 관한 연구에서도 컴퓨터 모니터에서 발생하는 펄스 형태의 자계에 노출된 경우 기형

의 태아가 현저하게 증가하였다고 보고되었다⁵⁾. 또한 1982년 Milham 박사가 New England Journal of Medicine에 게재된 Washington 주에서의 leukemia에 의한 사망 연구에 의하면 1950년부터 1979년 사이에 사망한 43만 8천명의 자료에서 전자파에 많이 노출되는 11개의 직업군 중 10개의 직업군에서 leukemia에 의한 사망이 증가했다고 한다. 또한 Savitz 박사는 송전선 근처에 사는 아동들의 모든 암에 대한 발생률이 증가하였다고 보고하였다^{5, 6)}.

국내의 경우 전자파가 인체에 미치는 영향에 대한 연구가 거의 전무하여 문헌조사가 불가능하나 통신계통의 전문가들에 의하면 microwave 통신소에 근무하는 사람들 중에 불임 환자가 많다거나, microwave 발생장치로 실험하는 대학원생이 실험을 할 때만 안압이 올라가 고생했다고 한다. Microwave는 수 GHz (1GHz = 10⁹Hz)의 초고주파이기 때문에 X-ray보다는 파괴력이 약하나 상당한 에너지를 가지고 있어 세포증식이 활발한 생식기관, 백혈구 등의 세포에 특히 유해하며 또한 뇌의 활동에도 변화를 일으킨다고 알려져 있다^{7, 8)}.

이에 본 연구에서는 전계, 자계 및 radio/microwave를 측정할 수 있는 survey meter를 이용하여 장소별 및 각종 가정용, 사무용 기기 및 개인 무선 통신기기 등에서의 전자파를 측정하여 database를 구축하였다.

실험 방법

본 연구에서는 TriField™ Meter (ALPHALAB, INC.)를 이용하여 자계, 전계 그리고 radio/microwave를 측정하였다. 자계 및 전계의 측정 범위는 각각 0~100 milligauss (mG), 0~100 kilovolts/meter (kV/m)이며, radio/microwave의 측정 범위는 0.01~1 milliwatt/cm² (mW/cm²)이다. 자계는 knob의 조절에 따라 0~100 mG 범위와 0~3 mG 범위의 두 가지 눈금을 가지고 있으며 3~100 mG 범위는 붉은 선으로 나타내어 오랫동안 노출되면 건강에 위험이 있을 가능성 (아직은 확실치 않음)이 있다고 표시되어 있으며 1~3 mG 범위는 붉은 점으로 표시하여 어떤 건강상의 위험이 있다 해도 아주 작다는 것을, 그리고 0~1 mG 범위는 계속 노출되어 있어도 안전하다는 것을 나타낸다. 표 1은 자계, 전계 및 radio/microwave의 안전, 경계, 및 위험 범위를, 표 2는 survey meter의 사양을 나타내고 있다.

이 측정기의 자계와 전계의 정확도는 30~1000 Hz의 주파수에서 각각 ±20%, ±30%이며 60 Hz (일반 AC전원)에 맞추어져 있으며 30~1000 Hz의 범위에서 주파수 가중치 (frequency-weighted)를 적용한다. 즉 60 Hz에서 2 mG이

표 1. 자계, 전계 및 마이크로파의 안전, 경계, 위험 범위

Table 1. Safe, boundary, hazardous ranges of magnetic, electric, and microwave

	안전	경계 (붉은 점선 표시)	위험 (붉은 선 표시)
자계 (mG)	0~1	1~3	3 이상
전계 (kV/m)	0~1	1~3	3 이상
radio/microwave (mW/cm ²)	0~0.02	0.02~0.1	0.1 이상

표 2. Survey meter의 주파수 응답 및 정확도

Table 2. Frequency responses and accuracies of the survey meter

	주파수 응답	정확도
자계	30~100 kHz	±20 %
전계	30~100 kHz	±30 %
radio/microwave	50 MHz~3 GHz	-50~100 %

면 그대로 2mG로 읽혀지며, 120 Hz에서 2mG는 4mG로 읽혀지는데 그 이유는 주파수가 증가함에 따라 인체에 흐르는 유도전류가 증가하기 때문이다. 자계와 전계는 vector량이므로 방향과 세기(magnitude or field strength)를 모두 갖는다. 그러므로 x, y, z 방향에 대한 vector summation을 하여 그 세기를 나타내어야 한다. 측정기가 단지한 방향만의 field strength를 측정한다면 field strength는 실제 보다 약하게 나타날 것이다. 본 survey meter(그림 1)는 자계와 전계 측정시 x, y, z 방향에 대한 vector summation을 하여 그 세기를 나타내고 측정할 때 가장 큰 값이 나타나는 위치에서의 값을 기록하였다.

Survey meter의 sensor의 위치는 그림 1과 같으며 전계와 radio/microwave를 측정할 때는 각각의 sensor가 손에 의해 가려지지 않게 측정기의 하단을 잡고 측정해야 한다. 왜냐하면 자계는 잡는 손에 의한 방해받지 않지만 전계는 도체인 인체에 의해 방해를 받으며 radio/microwave는 인체에 의해 흡수되기 때문이다. 특히 전계 측정시 되도록 측정기와 인체와의 거리가 멀리 떨어져 있어야 한다. 또한 radio/microwave를 측정할 때는 안테나를 radio/microwave가 발생하는 쪽으로 향하도록 하여 측정하여야 한다. 그리고 각 전기기기에서 발생하는 자계, 전계, radio/microwave의 세기는 전자파가 완전히 차폐된 anechoic chamber에서 측정해야 하나 평상시 각종 전기기기에 의해 인체

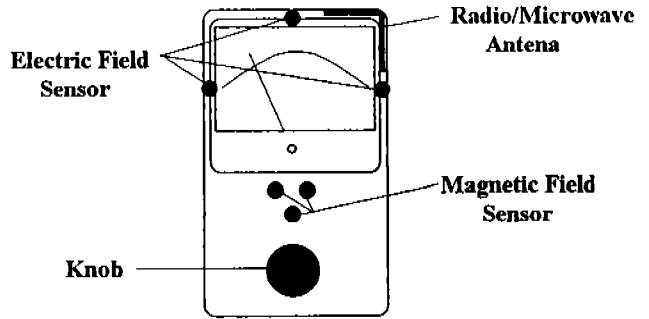


그림 1. Survey meter의 센서위치
Fig. 1. Sensor position of the survey meter

가 어느 정도 노출되는가를 측정하기 위해, 측정하고자 하는 기기를 동작시켰을 때와 동작시키지 않았을 때의 차이로 자계, 전계, radio/microwave의 세기를 측정하였다.

먼저 가정용 전기기기는 다음과 같은 종류를 측정하였다.: TV, Radio, 냉장고, coffee port, 전기 밥솥, 전기 면도기, 유선 전화기, 무선 전화기, 헤어 드라이어, 진공 청소기, 전자 오븐, 할로젠 등, 인버터 스탠드, 형광등 스탠드, 백열등 스탠드, 전기 히터, 전기요 등. TV는 각각의 크기(14", 17", 25", 27", 29")에 따라 전면, 측면, 상면, 뒷면을 30cm의 거리에서 TV를 전원에 연결시키고, 동작하지 않았을 때와 동작하였을 때로 구분하여 최대치를 측정하였다. 또한 각 거리에 따른 자계와 전계의 세기도 측정하였으며 radio도 TV와 같은 방법으로 측정하였다. 냉장고는 전면 30cm의 거리에서 측정하였고, 그 밖의 coffee port, 전기밥솥 등도 30cm 떨어진 거리에서 측정하였다. 전기 담요, 전기 면도기, 유선 전화기, 무선 전화기는 몸과 직접 접촉하는 것이므로 실제 사용시 닿는 부위에서 측정하였다. 즉 전기 면도기는 면도날 부위, 전화기는 수화기 부위에 밀착시켜 측정하였다. 헤어 드라이어는 실제 사용 위치와 같이 바람이 나오는 부위에서 20cm 정도의 거리에서 측정하였으며 진공 청소기는 몸통 부위에서 30cm 거리와 손잡이에서 측정하였다. 전자 레인지 칩에 물을 넣어, 동작하였을 때와 동작하지 않았을 때, 전면, 좌우 측면 그리고 상면에서 30cm의 거리에서 측정하였다. 같은 방법으로 레인지에 아무것도 넣지 않은 경우도 측정하였다. 스탠드는 3가지 종류 모두 실제 공부하는 자세에서 스탠드에 가까이 닿는 머리 부위에서 측정하였다(약 25cm). 전기 히터는 두개의 열선 모두 동작했을 때로 측정하였으며 전기요는 직접 요위에 survey meter를 놓고 측정하였다.

다음으로 사무용 전기기기로서 VDT(video display ter-

표 3-1. 30cm의 거리에서 측정된 TV와 Radio의 자계 및 전계 (on/off)

Table 3-1. Magnetic and electric fields of TVs and radios measured 30cm apart (on/off)

	자계(mG)				전계(kV/m)			
	전면	측면	후면	상면	전면	측면	후면	상면
A(14")	15/1	50/1.2	50/0.5	100/0.8	0.6/0	0/0	0/0	1/1
B(17")	20/4.2	15/6	11/9	60/1.3	1.5/0	1/0	1.5/0	1.2/0
C(25")	35/0	90/1	/	35/0	4/0	0.5/0	/	0/0
D(27")	50/0	14/0	/	90/0	2.4/0	0.5/0	/	1/0
E(29")	35/0	/	/	/	3.5/0	/	/	/
F(29")	30/0	25/0	/	70/0	1/0	0/0	/	0.5/0
Radio A	0.7/0	0/0	0.9/0	0.4/0	0/0	0/0	0/0	0/0
B	2/2	1.5/1.5	2.5/2.5	2/2	0/0	0/0	0/0	0/0

표 3-2. 거리에 따른 TV 전면에서의 자계(mG) 및 전계(kV/m) (자계/전계)

Table 3-2. Magnetic and electric fields measured at various distance from TV screen (mG/kV/m)

	거리(cm)					1 mG되는 경계 거리	3 mG되는 위험 거리	1 kV/m되는 경계 거리	3 kV/m되는 위험 거리
	30	40	50	60	70				
A(14")	15/0.6	8/0	5/0	3.5/0	2.6/0	108cm	65cm	37cm	18cm
B(17")	15/0.6	8/0	4.5/0	3/0	2/0	97cm	60cm	28cm	19cm
C(25")	35/4	20/2.5	10/1.2	5/0.5	3.3/0		73cm		36cm
D(27")	50/2.4	22					77cm		27cm
E(29")	35/3.5	14/2.5	7/1.5	4.4/0.8	3/0		70cm		35cm
F(29")	30						62cm		

minal), 복사기, 공기 청정기, 환풍기 등을 측정하였다. VDT는 각각의 크기(14", 17", 20")에 따라 전면, 측면, 뒷면, 상면에서 30cm거리에서 측정하였다. 그리고 보안경의 유무에 따라 구분하여 측정하였으며, 보안경도 구리선 망의 유무를 구분하여 측정하였다. 복사기는 전원이 공급된 상태에서 스위치를 off 했을 때와 on 했을 때, 그리고 복사하는 중에 따라 구분하여 측정하였다. 또한 공기 청정기는 fan만 동작할 때와 fan과 음이온 발생기가 동시에 동작할 때로 구분하여 전면 30cm의 거리에서 측정하였다. 환풍기 또한 전면 30cm의 거리에서 측정하였다.

장소에 따른 측정은 에스컬레이터, 사무실, 전산실, 버스, 전동차, 지하철 역, MRI 및 CT 조정실, 변압기 밀, 전자 오락실, 변전소, 교통신호 처리기, 남산타워 등에서 하였다. 사무실 및 실험실은 중앙위치에서, 버스와 전동차는

앞, 중간, 뒤를 구분하여, 전철역은 지하철역과 국철역에서 승차하기 위해 기다리는 위치에서, MRI 및 CT 조정실은 촬영전과 촬영중으로 구분하여 측정하였다. 전자 오락실은 게임을 하는 자세에서 측정하였다.

그밖에 통신기기로서 car-phone 및 hand-phone을 얼굴과 접촉되는 부위에서 측정하였으며 용접기에서 발생하는 전자파도 측정하였다.

결과 및 고찰

표 3-1은 TV와 radio에 대한 자계 및 전계를 측정한 데이터이다. TV는 대체로 화면의 크기에 비례하여 자계 및 전계의 세기가 증가하였으나 radiowave는 측정되지 않았으며, TV의 상면과 측면에서 전면보다 더 많은 자계가 검

표 4-1. 물 한컵을 넣은 상태에서의 전자 레인지에서 발생하는 전자파의 세기 (on/off)

Table 4-1. Electromagnetic fields radiated by microwave ovens with a cup of water (on/off)

	자계 (mG)				전계 (kV/m)				Radio/Microwave (mW/cm ²)			
	전면	좌측	우측	상면	전면	좌측	우측	상면	전면	좌측	우측	상면
A(1992년)	100/0.6	10/0	100이상/1.2	40/0.4	2/0	1.5/0	0/0	0/0	1이상/0	1이상/0	0.22/0	1이상/0
B(1993년)	50/4.5	25/0	100/1.6	100/2	0/0	0/0	0/0	0/0	0.8/0	1/0	0.2/0	0.22/0
S(1992년)	50/2	7/0.8		15/0.4	0/0		0/0	0/0	0.25/0		0/0	0.04/0

표 4-2. 아무 것도 넣지 않은 상태에서 전자 레인지에서 발생하는 전자파의 세기 (on/off)

Table 4-2. Electromagnetic fields radiated by microwave ovens with nothing inside (on/off)

	자계 (milligauss)			전계 (kV/m)			Radio/Microwave(mW/cm ²)		
	전면	우측	상면	전면	우측	상면	전면	우측	상면
A(1992년)	100이상/0.9	/	/	2/0	/	/	1이상/0	/	/
B(1993년)	100이상/4.5	100이상/2	100/2	0/0	0/0	0/0	1/0	1/0	0.5/0
C(1993년)	100이상/	100이상/	60/	3/	2/	2/	1이상/	1/	1이상/
D(1983년)	50/4	100이상/2	75/3	0/0	0/0	0/0	1/0	1/0	0.3/0.1

출되었다. 14"의 TV가 17"의 TV보다 전면을 제외한 측면, 후면, 상면에서의 자계의 세기가 강한 것은 14"의 TV가 10년 이상 오래전에 제조되었기 때문인 것으로 사료된다. 이에 비해 Radio는 자계가 0~2.5mG의 범위에 해당되고 전계는 검출되지 않아 TV보다는 안전하다고 할 수 있다. 표 3-2는 거리에 따른 자계 및 전계의 세기로서 30cm부터 10cm간격으로 측정하였고 자계는 1, 3mG가 되는 거리를, 전계는 1 kV/m가 되는 거리를 측정하였다. 표에서 보듯이 전계보다는 자계가 인체에 더 유해한 것을 알 수 있으며 14"의 경우 1m 이상의 거리에서 TV를 시청하면 자계와 전계의 세기가 인체에 영향을 주는 범위에서 벗어남을 알 수 있다.

다음은 전자 레인지의 전자파 측정으로 물을 담은 컵을 넣고 작동할 때(표 4-1)가 아무 것도 넣지 않고 작동할 때(표 4-2)보다 자계가 다소 줄어들고 microwave는 우측면의 경우 많은 양이 감소한 것을 알 수 있는데 이것은 전자 레인지의 우측 개폐구 사이에서 많은 양이 방출되었기 때문이다. 가정에서 쓰는 전기기기 중에서 전자 레인지가 가장 위험스럽게 강한 자계와 microwave를 방출하였으나 외국산 전자 레인지(S)의 경우 국내 제품에 비해 아주 작은 자계와 microwave가 검출되었다. 전자 레인지를 작동하지 않을 때에도 상당량의 자계가 발생했는데, 이것은 micro-

wave 발생장치인 magnetron이 항상 예열상태로 있기 때문이다. 전자 레인지의 전면 개폐구는 1.8m의 거리에서 측정하였을 때 0.2mW/cm² 이상이면 개폐구 봉인이 잘못되어 누설된 것으로 판단할 수 있다. 국산 제품을 1.8m의 거리에서 측정하였을 때 0.04mW/cm²로 개폐구의 봉인이 잘못되어 누설되는 것은 아님을 알 수 있었다. 표 4-1에서와 같이 국산 두대(A, B)와 외산(S) 한대 모두, 전면 30cm의 거리에서 microwave의 세기가 위험레벨을 넘었으며, 자계는 우측이, microwave는 좌측이 강하였다. 대부분 전자 레인지를 사용할 때 가까운 거리에 있으므로 이에 대한 조치가 시급한 것으로 나타났다.

표 5는 각종 가정용 전기기기의 자계 및 전계의 세기를 측정한 것으로서 microwave는 측정되지 아니하였다. 헤어 드라이어의 경우 머리를 대는 위치에서 20mG, 면도기는 100mG, 무선 전화기는 15mG의 자계를 발생하였다. 자동차 안의 먼지 제거 등에 사용되는 소형 청소기는 몸체에 붙어 있는 손잡이 부위에서, 내부 모터의 회전으로 인하여 100mG 이상이 측정되었다. 전기 면도기도 역시 자계 모터의 영향으로 100mG가 측정되어 내부에 모터가 있는 기기들이 높은 자계를 형성함을 알 수 있었다. 외국산 전기기기도 측정하였는데, 국산 제품에서의 자계가 외국산 제품에서보다 강하였으며, 특히 무선 전화기의 경우 15배정

표 5. 가정용 전기 기기의 자계 및 전계의 세기 (on/off)

Table 5. Magnetic and electric field strength of home appliances (on/off)

		자계 (mG)	전계 (kV/m)
냉장고		1.2/0	0/0
coffee port		1.4/1.2	0/0
Heating Pad		15/0	0/0
전기 면도기		100/1	0/0
소형 청소기		100 이상/0	0/0
인버터 스탠드		0/0	2.7/0.5
형광등 스탠드		6.5/0.4	0/0
백열등 스탠드		0/0	0/0
할로겐 램프		0.6~5/0	0/0
전기밥솥	국산품	1.2/0.4	0.5/0
	수입품	1/0	0/0
헤어 드라이어	국산품	20/0	0/0
	수입품	14/0	0/0
유선 전화기		1.1/1	0/0
무선 전화기	국산품	15/0.5	0/0
	수입품(900MHz)	1/0	0/0
전기요	A	22/0	0.8/0
	B	100 이상/0	0.5/0
진공 청소기	30cm	35/0	3.5/0
	손잡이	0.5/0	3/0
Hiter	A	20/0	0/0
	B	8/0	0/0

표 6-2. 자계 및 전계의 경계 및 위험 거리 (단위: cm)

Table 6-2. Magnetic and electric field strengths depending on the distance (cm)

	자계		전계
	1mG 되는 경계 거리	3mG 되는 위험 거리	1kV/m 되는 경계 거리
14" A	96	54	17
B	86	52	15
C	88	54	17.5
17"	44	18	0
20"	10	0	0

도 많이 측정되었다. 스탠드의 경우 인버터 스탠드에서는 자계가 없었으나 전계가 강하게 측정되었고, 형광등 스탠드는 자계가 강하였으며, 백열등 스탠드는 자계 및 전계가 측정되지 아니하였다.

표 6은 VDT의 전자파 측정으로 14"의 경우 전면, 측면, 후면, 상면에서 모두 많은 자계가 측정되었으며 전계도 어느 정도 검출되었다. 이것은 14" 대부분이 오래전에 만들어진 제품으로서 차폐기능이 없기 때문인 것으로 추측된다. 17"는 요즘 새로 나온 VDT로 14"에 비하면 아주 적은 양의 자계가 검출되었다. 20"는 외국 제품으로 측면 이외에는 아주 적은 양의 자계가 검출되었다. 또한 보안경의 구리선 망의 유무에 따라 구리선 망이 없는 일반 보안경은 자계 및 전계를 전혀 차단하지 못했으나 구리선 망이 있는 보안경은 자계 및 전계를 어느 정도 차단함을 알 수 있었

표 6-1. VDT의 자계 및 전계의 세기 (on/off)

Table 6-1. Magnetic and electric field strength of VDT (on/off)

	자계 (mG)					전계 (kV/m)				
	전면		측면	후면	상면	전면		측면	후면	상면
	보안경 無	보안경 有				보안경 無	보안경 有			
14" A	80/0	80/0	100/0	100이상/0	100이상/0	0.5/0	0.5/0	1/0	0.8/0	1.5/0
B	100/0	100/0	100이상/0	100이상/0	100이상/0	0.5/0	0.5/0	1/0	1/0	2/0
C	50/1	30/0.8*	15/8	13/10	100/2.5	0.7/0	0.5/0*	0.5/0	0.5/0	0.5/0
17"	2.2/0	2.2/0	8/0	2.3/0	4/0	0/0	0/0	0/0	1/0	0/0
20"	1.4/0	0.4/0*	8/0	2/0	0/0	0/0	0/0*	0/0	0/0	0/0

* 14" C와 20" A의 보안경은 구리망이 있고 나머지는 없음.

표 7. 각종 사무용 기기들의 자계 및 전계 (복사기: 복사중/on/off)

Table 7. Magnetic and electric fields of various office machines (copier : copying/on/off)

		자계 (mG)	전계 (kV/m)
복사기	A	4.4/4/1	0/0/0
	B	5/1/1	1.5/1/0
공기	on	100	0
청정기	음이온 발생	100	2
환풍기		2.5/0	0/0
용접기		100이상/7	0/3.4

다.

복사기는 두 제품을 측정했는데 전면 30cm에서 복사중 4.4~5mG, 0~1.5kV/m가 발생하였다. 공기 청정기는 모터에 의한 강한 자계를 발생하였으며 음이온 발생기를 작동시켰을 때는 자계의 세기는 변화하지 않았지만 강한 전계가 검출되었다. 용접기는 용접시 대전류로 인해 100mG 이상의 강한 자계가 발생하였으며 stand by 상태에서는 초고압으로 인해 위험수준인 3.4kV/m가 측정되어 심각한 수준이었다(표 7).

버스에서의 전자파는 거의 없었고 맨 뒷 좌석 바닥 부근에서 3mG 정도 측정되었다. 전동차안에서의 전자파 측정은 각 호선에 따라 틀리나, 특히 국철에서 많은 양이 검출되었고 진행 방향을 앞쪽으로 했을 때 대부분의 전동차가 중간 부분에서 많은 자계가 측정되었다. 같은 국철이라도 최근에 만들어진 전동차에서는 적은 자계가 측정되었다. 자동차 안에서의 전자파는 특히 바닥쪽에서 많이 검출되었고 악셀을 밟을 때 급격히 올라갔다가 내려갔다(표 8).

표 9는 각 장소별로 측정된 데이터로서 각 지하철 역은 승차 위치에서의 전자파를 측정하였으며, 특히 국철역에서 많은 자계가 검출되었는데 이것은 신도림역에서의 경우, 승차 위치와 고압 전선과의 거리가 다른 역에 비해 아주 가까웠기 때문이었다. 치과에서 사용하는 unit chair는 바로 앞에서 측정하였는데 2.4mG가 측정되었다. 일반 사무실과 전산실에서의 측정에서는 VDT를 많이 사용하는 전산실이 일반 사무실보다 더 많은 양의 자계가 측정되었다. MRI 조정실은 촬영하는 도중에 촬영하기 전보다 오히려 적은 자계가 형성되었으며 CT 조정실은 두 군데가 많은 차이를 보였는데 새로 만들어진 CT실에서 보다 적은 자계가 측정되었다. MRI 조정실에서의 자계가 CT 조정

표 8. 차량 및 전동차에서의 자계의 세기 (자동차: 시동/운행)

Table 8. Magnetic field strength of vehicles

		자계 (mG)
전동차 A (2호선)	앞	1
	중간	5
	뒤	1.2
전동차 B (국철)	앞	15
	중간	15
	뒤	35
전동차 C (국철)	앞	35
	중간	50
	뒤	25
버스	앞	0
	중간	1
	뒤	3
자동차	운전석	0.5/1.5
	조수석	3/3

실에서 보다 약한 것은 MRI 자체 및 건물의 차폐가 잘 되었기 때문으로 사료된다. 전자 오락실에서 게임을 하는 사람에게 10~25mG의 자계와 0.5kV/m의 전계가 측정되었는데 이는 게임기와의 거리가 가깝기 때문으로 집에서 하는 비디오 게임에 비해 훨씬 강한 자계와 전계에 노출되고 있다. 남산타워 주위에서는 장소에 따라 전자파의 검출량이 많은 차이를 보였다. 대부분 남산에서 여의도쪽 방향으로 radiowave가 많이 검출되었으나 근처 주택가에서는 검출이 안되었다. 에스컬레이터에서 자계는 상승할 때는 일정량씩 증가하고, 하강할 때는 일정량씩 감소하였는데 자계를 발생시키는 모터가 에스컬레이터의 윗부분에 있기 때문인 것으로 사료된다. 변전소의 경우 서울에 있는 154kV 변전소 두 곳에서의 전자파를 측정하였는데 한 곳(A)은 옥외에, 다른 곳(B)은 차폐된 건물안에 변압기가 설치되어 있었다. A 변전소 사무실에서는 13mG가, B 변전소 건물 안에서는 20mG가 측정되었으며 전계는 두 변전소 모두 미약하였다. B 변전소의 경우 담 바깥쪽에서 1.2~3mG가 검출되어 주변에서의 전자파는 무시할 수 있을 정도였다.

무선 통신기기인 car-phone 및 hand-phone에서는 자계와 전계는 측정되지 않았지만 통화중 아주 많은 양의 microwave가 검출되었다(표 10). 특히 안테나에서 많이 측정

표 9. 각 장소별에 따른 자계 및 전계의 세기

표 9. Magnetic and electric field strengths of various locations

		자계 (mG)	전계 (kV/m)	radiowave (mW/cm ²)	
전	당산역-2호선	2.4	0	0	
	신도림역-2호선	3	0	0	
	신도림역-국철	100 이상	40	0	
철	용산역-국철	13	4.6	0	
	교대역-2호선	3.1	0	0	
	교대역-3호선	3	0	0	
역	고속터미널역-3호선	4.5	0	0	
	치과 병원	2.4	0	0	
	일반 사무실	0.2	0	0	
전산실		1.4	0	0	
MRI 조정실	촬영전	1.1	0	0	
	촬영중	0.4	0	0	
CT 조정실	A	촬영전	11	0	0
		촬영중	11	0	0
	B	촬영전	1	0	0
		촬영중	1	0	0
변전소	A	154kV주위	50	12	0
		20kV 밀	40	0	0
		사무실 안	13	0	0
	B	사무실 안	20	0	0
전자오락실	A	10	0.5	0	
	B	25	0.5	0	
	C	15	0.5	0	
에스컬레이터		1.9~9.5	0	0	
남산 타워 밀		4~100	0	0.01~0.3	
교통 신호 처리기		4	0	0	

표 10. Car-phone 및 hand-phone의 출력밀도

Table 10. Power densities of car-and hand-phones

radio/microwave (mW/cm ²)	
car-phone	0.7
hand-phone	1 이상

기의 경우 수신전용이므로 microwave는 검출되지 않았으며 다만 소리 작동시 2mG가 측정되었고 진동 작동시에는 자계도 측정되지 않았다.

결 론

가정용 기기 중에서 우려할 만한 것들은 대부분 인체에 직접 접촉하는 heating pad, 소형 청소기, 헤어 드라이어, 무선 전화기, 전기요 등이나 전기요나 heating pad를 제외하고는 일시적으로 사용하기 때문에 인체에 미치는 영향이 미약하다고 볼 수 있다. 그러나 전기요는 장시간 취침 중에 사용할 뿐만 아니라 신진대사가 저하된 상태에서 전자파에 노출되므로 사용하지 않는 것이 좋겠으나 피치 못할 경우에는 미국의 EPA (Environmental Protection Agency)에서 권장하는 것처럼 취침전에 작동을 시켰다가 취침시에 작동을 중지하는 방법이 있다. 전자 레인지의 경우 전면 30cm의 거리에서의 자계 및 microwave의 출력밀도가 안전범위를 훨씬 넘으므로 전자 레인지를 사용할 경우 1m이상 떨어져있는 것이 좋겠으며 작동하지 않을 때에도 위험수준의 자계가 발생하므로 사용하지 않을 때에는 플러그 자체를 빼놓음으로써 전자파에 대한 노출을 감소시킬 수 있다. TV의 경우 대체로 화면이 클수록 전계 및 자계의 세기가 강하였으며 TV 전면 1m 내는 위험범위의 전자계가 형성되어 있다고 볼 수 있다.

사무용 기기들 중에서는 VDT와 소형 공기 청정기가 강한 전자계를 발생하는데 VDT의 경우 약 2~3년 전에 구입한 14"의 VDT가 최근에 구입한 17"나 20"의 외산에 비해 자계 및 전계가 월등히 높았다. 대체로 전면보다는 측면 및 후면에서의 전자파가 강하므로 VDT가 많은 사무실에서는 이 점을 고려하여 VDT를 최적으로 배치하면 전자파에 대한 노출을 줄일 수 있을 것이다. 또한 구리망이 없는 보안경은 전자파를 전혀 차단 못하였으며 구리망이 있는 보안경은 자계의 경우 40~70%를, 전계의 경우 약 30% 정도를 차단하였다.

장소별로는 신도림 국철역에서 매우 강한 100mG 이상의 자계 및 40kV/m의 전계가 측정되었는데 이는 신도림

되었고 직접 귀에 대는 부분에서도 car-phone 및 hand-phone에서 각각 위험 기준치의 7배, 10배 이상에 해당하는 양이 검출되었다. 그러나 car-phone의 경우 micro-phone을 이용하여 수화기에서 멀리 떨어져 말할 때 운전석의 위치에서는 microwave가 거의 측정되지 않았다. 미국에서는 벌써 이에 대한 조치로 새로운 형식의 hand-phone을 연구하고 있는 실정이나 우리나라는 이에 대한 경각심마저 없어 대책이 시급한 실정이다. 무선 호출

역 승차대 바로 위로 특고압 교류의 전력선이 통과하기 때문이다. 이러한 수치는 위험치의 13~30배 이상으로 조속히 차폐시설을 설치하거나 전력선을 승차대에서 멀리 떨어져 있게 이전하여야 할 것이다. 한편 국철 전동차의 경우 위험수치인 3mG를 훨씬 넘어 15~50mG의 자계가 발생하였다. 또한 변전소안의 사무실에서도 13~20mG의 상당히 강한 자계가 발생하였으며 청소년들이 자주 이용하는 전자 오락실은 많은 게임기가 좁은 공간안에 설치되어 있기 때문에 10~25mG의 강한 자계가 검출되었다. 이에 대한 법적 기준 및 규제 방안의 확립이 시급한 실정이다.

Car phone 및 hand phone은 최근 미국정부에서도 안테나 위치를 변경하여, 인체 특히 뇌에서의 전자파 노출을 감소시키라고 권고했듯이 본 연구에서도 상당히 강력한 microwave가 측정되었다. Microphone 및 스피커가 장착된 car phone의 경우 car phone에서 발생하는 microwave는 0.7mW/cm²이었으나 운전석에서는 거의 검출되지 않았다. Hand phone의 경우 1mW/cm² 이상으로 측정가능 범위를 벗어난 매우 위험한 microwave가 발생하여 이에 대한 해결책이 강구되어야만 앞으로 미국에서 정할 규제를 통과하여 수출이 가능할 것으로 전망된다.

이상에서 각종 가정용 전기기기와 사무용기기 및 장소

에 따른 자계와 전계 및 radio/microwave를 측정하여 database를 구축하였으며 이를 통하여 앞으로의 역학 조사에 발판을 마련하고자 하고, 이를 통한 각종 연구들을 밑바탕으로 전기기기를 만드는 기업이나 정부에 대해 전자파와 radio/microwave에 대한 인식을 일깨워, 기업은 인간에게 해를 주는 전자파를 최소화시킨 전기기기를 만들고, 정부는 확실한 법적인 기준과 규제 방안을 만들 수 있기를 바란다.

참고 문헌

1. Science News, vol. 137, no. 15, p 229, April 14, 1990.
2. The Lancet, p 246. January 29, 1983.
3. New England Journal of Medicine, vol. 307, no. 4, p 249. July 22, 1982.
4. EPA Draft report Nature, vol. 345, 6-7-90, p 463. March 1990.
5. G. S. Lechter and S. H Kornhauser, Electromagnetic radiation : Part 1, Medical Electronics, p 100-103, 1993.
6. Special Report, Environ, Sci Technol., Vol. 27, No. 1, p 42-58, 1992.
7. The New Yorker, June 12, p 69. 1989.
8. Cancer Research, August, p 4222. 1988.
9. C. Polk and E. Postow(Editor), "CRC Handbook of Biological Effects of Electromagnetic Fields", CRC Press, Boca Raton FL, 1987.

= 국문 초록 =

대기오염, 수질오염, 소음공해 등은 국내에서도 널리 알려지고 이에 대한 연구와 대책들이 수행되고 있으나 전자파 공해에 대한 인식은 국내에서는 매우 단편적이며 이에 대한 기초 연구조차 되어 있지 않아 국민 보전을 위해서 이 분야에 대한 연구가 시급한 실정이다. 그리하여 본 연구에서는 각종 가정용, 사무용 및 통신용 전기기기에서 발생하는 전자파를 측정하였고 또한 전철역 및 변전소 등에서와 같이 전자파가 많이 발생하는 장소에서도 측정하였다.

측정 결과, 가정용 전기기기의 경우 전자 레인지가 많은 양의 자계와 microwave를 방출하고 전기요의 경우에도 많은 양의 자계가 발생하였으며, 또한 청소년들이 많이 이용하는 전자 오락실의 경우도 많은 자계가 발생하여 이에 대한 규제 및 대책이 시급한 것으로 나타났다. 요즘 문제가 되고 있는 휴대용 전화기 및 car-phone의 경우도 위험하다고 추정되는 기준치에 비해 거의 십여배에 해당되는 microwave가 검출되어 휴대용 전화기 및 car-phone의 사용자가 급격히 늘어가는 추세에 비추어 이에 대한 대책이 시급한 실정이다. 그리고 많은 시민들이 이용하는 지하철 및 지하철 역의 경우, 특히 국철 전동차에서 많은 양의 자계가, 국철역에서는 많은 양의 자계 및 전계가 측정되었다.

본 연구에서는 각종 전기기기 및 장소에 따른 전자파를 측정하여서 data base를 구축하였고 이를 통하여 앞으로의 역학 조사 및 연구에 발판을 마련하고자 한다.