

극저주파 영역에서의 전자파 노출에 관한 조사 연구

김윤신* · 김수연 · 박지연 · 최원욱

*한양대학교 의과대학 계량의학교실
한양대학교 환경 및 산업의학연구소

Measurement and Personal Exposure Assessment of Extremely Low Frequency(ELF) Electromagnetic Fields(EMF)

Yoon-Shin Kim*, Soo-Youn Kim, Ji-Youn Park and Won-Uk Choi

*Medical Information & Management College of Medicine, Hanyang University
Institute of Environmental and Industrial Medicine, Hanyang University

ABSTRACT

This study was executed for the purpose of investigation of the EMFs exposures of personal and electronic environment. This study examines ELF-EMFs of electric appliances, subways and occupational and non-occupational human exposures, using EMDEX II (for 40 - 800Hz, Eneritech Consultant, Inc.), from October 1995 to March 1996. Among the electric appliances examined, a massage unit showed the highest mean value of 247.07 μ T, followed by an electric blanket of 5.24 μ T. Indoor levels of EMF in subways exceeded 0.2 μ T of the Swedish Guideline. The mean personal exposure levels of occupational group were 0.18 μ T, while the personal EMF level of non-occupational group were 0.07 μ T. Occupational group were exposed more highly while at work. However, the EMF levels during nonwork and sleep exposures between occupational group and non-occupational group were about the same. Estimates of time-intergrated exposure indicated that utility-specific job classifications received about one-half or more of their total exposure on the job. Finally, this study would provide significant data for future research for exposure to magnetic fields, and more detailed study and research are necessary.

Keywords : Exposure, Assessment, ELF, EMF

I. 서 론

현대 생활에 있어서 필요불가결한 요소인 전기와 각종 전자기기의 팽목할 만한 사용 증가로 인하여 산업체의 관련직종 뿐아니라 일반인도 생활속에서 전자파에 노출될 기회가 증대되고 있다.

전자파란 진동에너지를 가지고 공기를 매질로 하여 공간영역에서 이동하는 유도전류의 일종이며, 전기(Electric Field : EF)와 자기(Magnetic Field : MF)라고 하는 서로 다른 두가지 물질적 성질을 동시에 지닌 파동이다.⁴⁾ 또한 발생원으로부터 규모양으로 퍼져나가 일정한 영역을 형성함으로써 전자계

(ElectroMagnetic Field : EMF)라고도 한다.

특히 서방 선진국에서는 송전선 및 송전설비에 의한 전자파와 인간에의 발암성간의 관계에 대하여 사회적인 관심이 높아지고 있으며 흥미로운 연구대상이 되고 있다. 전자파가 인체에 미치는 영향은 그 유무에 있어 1930년대 이후 계속적으로 논란의 대상이 되어왔으며 현재까지 많은 실험적 및 역학적 연구가 진행되고 있다.^{9,10,11)}

전자파가 인체에 미치는 영향은 다양하며 300 MHz이상의 고주파는 체내심부에서 열을 발생시켜 백내장, 생식유전의 이상, 내분비계, 신경계에 대한 영향 등 급성피해를 나타내 오래전부터 연구대상이 되어 왔다.^{17,18)} 특히, 30~300 Hz의 극저주파는 급성적인 영향보다는 만성적 영향을 나타내며 최근 연구

* 본 연구의 일부는 1996년 한국과학재단 「96 핵심전문연구」의 연구비 지원으로 이루어졌음.

에 의하면 극저주파에 장기적으로 노출되면 백혈병, 뇌종양, 유방암 등의 발생률이 증가한다고 보고된 바 있다.^{15,16,19,20,24)} 이에 반하여 국내에서는 전자파 관련 직업성 노출에 의한 건강영향 또는 암 발병 위험에 대한 과학적인 연구가 전무한 상태이다. 따라서 본 연구는 생활속에 많이 사용되는 가전제품 및 사무용 전자기기로부터의 전자파 방출수준과 개인노출 정도를 파악하여 전자파 관련 연구의 과학적인 기초자료를 제공하는데 그 목적이 있다.

II. 연구의 대상 및 방법

1. 연구의 대상

연구의 대상은 크게는 전자파의 개인노출량 측정을 위한 대상자와 전자파가 방출 가능한 전기·전자용품을 선정하였다. 연구 대상자는 직업군으로 30~300 Hz 극저주파 영역에서 자계 노출량을 중심으로 선정된 서울시 지하철기관사와 전화교환원을 15명 선정하였고, 대조군으로 일반 주부 및 학생 15명을 조사대상으로 하였다. 전기용품으로는 텔레비전, 냉장고, 전자레인지, 세탁기, 진공청소기, 팬히터, 전기요, 복사기, 컴퓨터 단말기 등 14종을 조사 대상으로 하였다.

특히, 개인 노출량의 평가는 개인활동기록표(logbook)을 통하여 조사대상자의 이용 교통수단 종류, 옥내외 송전선 및 송전설비, 전기·전자제품의 사용빈도 및 패턴, 직장에서의 작업기간, 작업조건 등의 요인에 따르는 전자파 노출량 등을 분석함으로써 전자파에 의한 개인별 노출영향을 비교한다. 조사기간은 1995년 11월 1일부터 1996년 3월 31일에 걸쳐 조사하였다.

2. 연구 방법

조사대상자와 대상 전기제품의 전자파 측정에는 EMDEX II(EPRI사 : Electric Power Research Institute, 1996)가 사용되었다. EMDEX II는 입체 공간에서의 전자파 측정이 가능하며 그 결과를 합성된 값으로써 표시한다. EMDEX II는 최대의 분석 감도에서 각각 자장의 경우 0.01 uT의 분석 감도를 갖고 있으며, 최대 분석 가능치는 자장의 경우 300 uT이다. 측정 가능대역은 broadband 조건에서 40~800 Hz, harmonic 조건에서 100~800 Hz이며 Fundamental은 국내생성 교류의 주파수인 60 Hz 대역을 나타내며 Fundamental 값은 broadband와

harmonic 측정값에서 EMCALC95 Program에 의해 계산되어진다.

각 전자제품의 전자파 측정은 각 제품의 사용 특성에 따라 측정하였다. 예를들어 TV, 냉장고 등의 대형 제품은 전방에서 30, 50, 100cm의 거리에서 각각 측정을 하였고, 안마기, 면도기, 전기장판(전기요) 등 신체에 직접 접촉하여 사용하는 제품은 측정기기를 직접 측정기기에 대고 측정하였다. 각 제품의 측정은 3초 간격으로 하였으며 측정이 끝난후 EMCALC 95 software(EPRI 사, 1996)를 이용하여 main computer에 측정된 수치를 전송하였다. 분석시 각 거리별 평균을 낸 후 제품별 전자파 방출 수치를 계산하였다.

지하철 객실 차량의 측정은 객실차량의 안에서 측정하였으며 측정시 개인 노출량과 비교하기 위하여 측정자가 허리에 차고 차량의 가운데 부분에서 측정하였고, 측정간격은 10초 간격으로 하였다.

개인의 전자파 노출 측정은 대상자의 머리부분에 EMDEX II를 착용하도록하여 24시간 행동양식표를 기록을 하며 10초 간격으로 측정된 결과를 main computer에 전송하여 출력된 결과를 분석하였다.

III. 결 과

1. 전자파 측정치

1) 전자제품

총 14종의 대상 전자제품으로부터 69547회 분량, 평균 4968회 분량의 측정수치가 모였다. 전자기기에 대한 EMF 평균 측정값은 Table 1과 같다. 측정대상제품 중 안마기의 경우 평균 247.07 μ T로 가장 높은 값을 나타내고 전기장판은 5.24 μ T, 헤어드라이기 2.64 μ T, 전자레인지 2.14 μ T, 진공청소기 1.58 μ T의 순서의 수치를 나타냈다. 우리나라 전자제품과 일본에서 측정된 전자제품간의 전자파 평균 측정값은 Table 2와 같다. 8종의 제품을 비교한 결과 전기담요(1.32 μ T)와 전기히터(1.32 μ T)를 제외한 나머지의 제품 모두 한국제품(Mean=1.32 μ T)이 일본제품(Mean=1.88 μ T)에 비해 1.4배 낮았다.

전기담요가 5.24 μ T로 일본의 2.85 μ T의 1.8배, 전기히터가 0.64 μ T로 일본의 0.47 μ T의 1.4배로 우리나라가 높았고, 전기청소기가 1.58 μ T, 일본은 2.32 μ T로 1.5배, 텔레비전이 0.54 μ T, 일본은 1.42 μ T로 2.6배, 컴퓨터단말기가 0.19 μ T, 일본은 0.53 μ T로 2.8배, 세탁기는 0.11 μ T, 일본은 0.34로 3.1배,

Table 1. Summary Statistics for the Magnetic Field Measurements of Electric Appliances Unit : Microtesla(μ T)

Electric appliances(n)	N	A.M	S.D	G.M	G.S.D	Min	Median	Max
Massage unit(57)	1	247.07	53.15	235.31	0.15	35.27	261.28	277.92
Electric blanket(1283)	3	5.24	2.37	3.81	0.47	0.97	4.78	9.09
Hair dryer(378)	1	2.64	1.14	2.07	0.30	0.06	2.33	4.85
Electric range(1742)	4	2.14	2.17	1.34	0.27	0.31	1.44	10.42
Vacuum cleaner(973)	2	1.58	0.58	1.38	0.25	0.04	1.45	4.82
Electric razor(234)	1	1.46	1.62	0.76	0.29	0.07	0.63	8.15
Electric heater(1601)	2	0.64	0.55	0.40	0.29	0.07	0.46	1.86
Television(5536)	5	0.54	0.46	0.36	0.23	0.10	0.38	1.71
Mixer(439)	1	0.21	0.16	0.15	0.23	0.06	0.11	0.51
Computer monitor(1601)	3	0.19	0.22	0.11	0.26	0.03	0.11	0.81
Refrigerator(53896)	7	0.13	0.06	0.11	0.17	0.07	0.10	0.24
Washing machine(1406)	2	0.11	0.08	0.09	0.18	0.03	0.07	0.48
Iron(166)	1	0.09	0.21	0.06	0.19	0.04	0.05	2.43
Desk lamp(235)	2	0.03	0.00	0.03	0.11	0.02	0.03	0.04
Mean(4968)	3.1	18.72	4.48	1.57	0.24	2.65	19.52	23.10

* n=number of sample points recorded, N=Number of sample A.M=Arithmetic mean S.D=Standard deviation of the mean, G.M=Geometric mean level, G.S.D=Geometric standard deviation of the mean, Min=Minimum level, Max=maximum level

Table 2. Comparison of Magnetic Field Measurements for Electric Appliances with those reported in Japan Unit : Microtesla(μ T)

Item	Electric blanket	Electric heater	Vacuum cleaner	Television	Computer monitor	Washing machine	Electric range	Refrigerator
National								
Korea(n)	5.24 (1283)	0.64 (1601)	1.58 (973)	0.54 (5536)	0.19 (1601)	0.11 (1406)	2.14 (1742)	0.13 (53896)
Japan (n)	2.85 (4175)	0.47 (1234)	2.32 (942)	1.42 (721)	0.53 (509)	0.34 (656)	6.68 (84)	0.41 (7002)

* n=number of sample points recorded

Table 3. Summary Statistics for the Magnetic Field Measurements of subways Unit : Microtesla(μ T)

Subways line	n	A.M	S.D	G.M	G.S.D	Min	Median	Max
1	1720	0.53	0.62	0.33	0.28	0.02	0.38	4.67
2	2371	0.48	0.86	0.40	3.55	0.04	0.16	12.59
3	1491	0.23	0.18	0.25	2.20	0.04	0.18	1.63
4	2481	1.04	1.42	0.66	2.79	0.03	0.61	11.03
Mean	2016	0.57	0.77	0.41	2.21	0.03	0.33	7.48

* n=number of sample points recorded, N=Number of sample A.M=Arithmetic mean S.D=Standard deviation of the mean, G.M=Geometric mean level, G.S.D=Geometric standard deviation of the mean, Min=Minimum level, Max=maximum level

전차라인지는 2.14 μ T, 일본은 6.68 μ T로 3.1배, 냉장고가 0.13 μ T, 일본은 0.41 μ T의 3.2배 일본이 더 높았다. 그러나 제품의 생산메이커, 샘플 등에 따라 차이가 있을 수 있다.

2) 지하철

서울시 지하철 호선별 객실차량에서의 전차과 측정 수치를 나타낸 Table 3에서 볼 수 있듯이 지하철 호선별 객실 평균을 보면 4호선이 1.04 μ T(안산~당고개)로 가장 높았으며, 1호선이 0.53 μ T(수원~신설동), 2호선이 0.48 μ T(순환선), 3호선이 0.23

μT (수서~지축)순으로 나타났다. 직류구간과 교류구간이 함께 존재하는 4호선의 평균 수치가 가장 높았고 다음은 1호선이며, 3호선 객실 평균 전자파 수치가 가장 낮게 나타났다. Fig. 1은 지하철 4호선의 객실차량의 전자파 수치의 변화를 나타낸 것이다. 안산에서 남태령까지 교류구간에서는 평균 1.45 μT , 남태령에서 당고개까지 직류구간에서는 평균 0.63 μT 로 교류구간이 직류구간의 2.3배를 나타냈고 전구간은 평균 1.04 μT 로 스웨덴의 권고치인 0.2 μT 보다 5.2배 높다. 또한 4호선은 1호선보다 약 2배 높다.

2. 개인의 전자파 노출 정도

Table 4는 전자파 직업군인 지하철 기관사와 전화교환원 15명, 비직업군인 주부와 학생 15명을 대상으로 측정된 전자파 수치를 나타낸 것이다. 직업군의 전자파 평균측정수치는 0.33 μT , 비직업군의 직

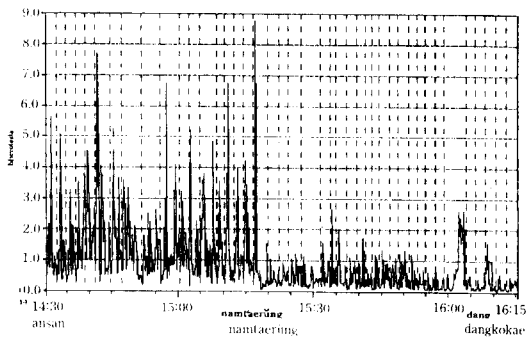


Fig. 1. A typical pattern of continuous EMF measurement level between A.C. section (Ansan-namtaerung) and D.C. section (Namtaerung-Dangkokae) during working hours (14:30-16:15 pm) in subway line 4.

자와 평균측정수치는 0.07 μT 로 직업군이 비직업군의 5배 정도 높은 결과가 나왔다. 비직업군 대상자중 주부의 평균 측정 횟수는 9303번 이었고 평균 노출 수치는 0.08 μT 이었으며, 학생의 경우 평균 측정 횟수는 8619번 이었고 평균 노출 수치는 0.06 μT 였다. 직업군 대상자중 전화교환원의 경우 평균 측정 횟수는 7202번 이었고 평균 노출 수치는 0.43 μT 였으며, 지하철 기관사의 경우 평균 측정 횟수는 8769번 이었고 평균 노출 수치는 0.22 μT 였다. 우리나라 비직업군 15명과 일본의 비직업군 15명을 대상으로 측정된 전자파 노출 결과는 모두 스웨덴 권고치인 0.2 μT (14) 를 넘지 않았으나 우리나라 비직업군(0.07 μT) 수치가 일본(0.15 μT)에 비해 2.1배 낮았다. Fig. 2는 1호선 지하철 기관사중 한명의 대상자를 예시한 것이다. 오전 11시부터 오후 2시경까지 신설동에서 수원까지 왕복 운전시 평균 0.88 μT , 오후 4시 30분부터 노후 6시 30분 경까지 신설동에서 성수역의 지선 운행시 평균 0.27 μT 인 결과로 보아 직

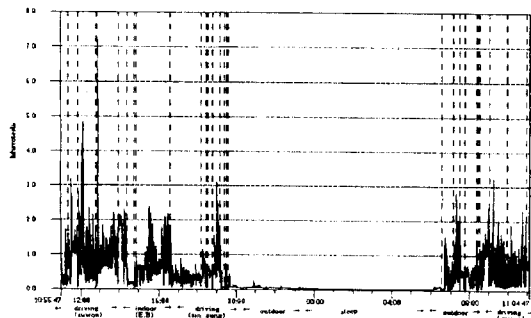


Fig. 2. A typical pattern of 24hr continuous EMF level for a subway driver in line 1.

Table 4. Summary Statistics for Personal Magnetic Field Measurements by Occupation Group and Non-Occupation Group
Unit : Microtesla(μT)

		A.M	S.D	G.M	G.S.D	Min	Median	Max
Non-Occupation	Students(n=8619)	0.06	0.13	0.03	1.96	0.00	0.03	4.42
	Housewives(n=9303)	0.08	0.21	0.05	1.20	0.00	0.05	5.45
Mean	n=8961	0.07	0.17	0.04	1.58	0.00	0.04	4.94
Occupation	Operator(n=7202)	0.14	0.24	0.09	0.30	0.00	0.11	8.01
	Subway driver(n=8769)	0.22	0.51	0.09	0.39	0.00	0.06	9.19
Mean	n=7986	0.18	0.38	0.09	0.35	0.00	0.09	8.60

* n=number of sample points recorded, N=Number of sample A.M=Arithmetic mean S.D=Standard deviation of the mean, G.M=Geometric mean level, G.S.D=Geometric standard deviation of the mean, Min=Minimum level, Max=maximum level

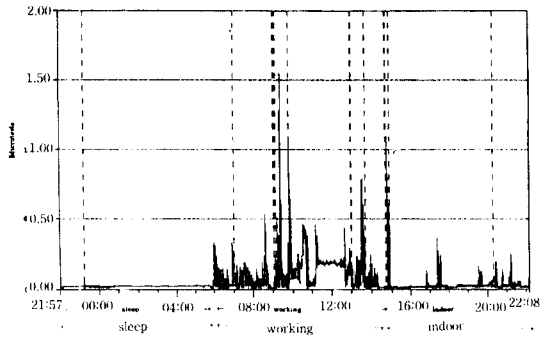


Fig. 3. A typical pattern of 24hr continuous EMF level for a housewife.

류구간 만 운행하는 것보다 교류구간까지 운행할 때에 전자파에 더 노출되는 것으로 나타났다. 또한 현대상자의 하루 평균 전자파 수치는 $0.33 \mu\text{T}$ 이며, 근무시간 8시간 기준으로 했을 때 지하철 운행에 대한 시간가중평균(TWA)로 환산하면 평균 전자파 수치는 $0.63 \mu\text{T}$ 로 나타났다. 이 수치는 스웨덴 기준치의 3.2배에 해당하며, 지하철기관사는 하루근무중 지하철을 운전할 때 하루평균의 약 2배 정도 높은 수치에 노출됨을 알 수 있다. 비교 대상자중 주부 한명의 일일 전자파 수치를 Fig. 3에 나타내었다. 오후 10시경부터 다음날 오전 6시 까지 취침 시간중 약간의 전자파에 노출된 것을 볼 수 있는데 조사결과 취침시 전기요를 사용한 것으로 나타났다. 사용할 때 미리 전기요를 덮힌 후 취침시에는 끈 것으로 조사되었으나 전자파에 평균 $0.03 \mu\text{T}$ 노출되었다. 오전 6시경부터 오후 3시 경까지 가사일을 하는 동안 전자파 수치는 평균 $0.1 \mu\text{T}$ 이었고 간간이 spike가 나타나는데 이는 진공청소기를 사용할때와 오븐레인지 사용때인 것으로 나타났다. 집안에서 가사일을 안하고 쉴 경우 평균 전자파는 $0.02 \mu\text{T}$ 였다. 현대상자는 하루 평균 전자파 수치는 $0.05 \mu\text{T}$ 이었다.

IV. 고 찰

현재 국내에서는 전자파의 유해성에 대한 과학적 근거에 비해 사회적 관심과 추론이 앞서 있으며 전자파 측정의 방법 또한 확립화 되어있지 않다. 또한 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.²³ 특히 인체에 유해한 전자파에 대한 연구

는 전자기학적 접근과 보건학적 접근이 동시에 수행되어야 하며 30~300 Hz의 극저주파는 급성적인 영향보다는 만성적 영향을 나타내며, 흡수율에 대한 개인적인 차, 다른 환경인자와의 관계, 불균일한 체내흡수, 노출강도, 주파수 등 많은 변수가 작용해 정확히 그 영향 및 기전을 파악하기가 어렵다.

주로 열효과를 갖는 고주파와는 달리 비열효과가 더욱 중요시되는 극저주파(Extremely Low Frequency : ELF)는 신경 및 근육세포내 전기적 신호 교환에 영향을 미쳐 근의 수축이나 불수의운동(不隨意運動)을 발생시키고 뇌조직의 Ca이온의 역동도를 감소시켜 Ca이온을 고갈시키며,²⁴ 유방암을 억제하는 호르몬 중의 하나인 멜라토닌의 생산량을 감소시킨다²⁵는 결과가 보고되고 있다. 직업적 노출예상군으로 전기공 20명(대부분 가설공)와 저수준 노출예상군으로 사무직 16명에 대해 각 1주일 단위로 측정된 결과 전기공의 시간가중평균(Time-Weighted Average : TWA) 노출량이 사무직에 비해 10배나 높게 나타났다(Deadman et al., 1988; Bracken, 1995)는 보고가 있다.

가전 및 사무실기기의 전자파 방출량은 다양한 요인 및 상황에 의해서 방출량의 차이를 갖게 된다. 많은 가전제품과 사무용 전자기기들로부터 발생하는 자기장은 발생원과의 거리가 짧을수록 그 세기가 강하다. 특히 특정 가전제품의 경우 전기요 혹은 전기 청소기의 사용시, 다른 전자제품과는 다른 사용 패턴을 갖는데 이는 직접 신체에 접촉되어 있거나 혹은 상당히 밀착되어 사용되는 경향이 있으며, 전기요의 경우 취침중에 장시간 노출되어지는 경향이 있기 때문인 것으로 사료되어진다. 미국에서 41~85세 폐경기 여성중 382명을 대상으로 전자요 사용과 유방암에 관한 역학 연구를 한 결과 전자요를 미리 켜 놓은 후 사용할 때에는 끄고 사용한 경우 7.3%, 어떤 경우 미리 켜 놓았다가 어떤 경우는 밤새 켜고 사용한 경우 7.9%, 항상 밤새 사용한 경우 17.8%가 유방암에 걸린 것으로 나타나 전자요를 사용한 경우가 그렇지 않은 경우보다 33% 정도 유방암에 걸릴 확률이 있다고 발표했다.^{1,24}

이 연구는 방대한 양의 전자파 측정 수치를 단시간내에 모을수 있었다는 장점도 있지만 개인 노출 정도를 측정하는데 있어서 측정기를 휴대하여 측정을 하는 날의 선정이 무작위 하지 않았고, 직업을 대표한다는 면에서 측정 대상자의 수가 상대적으로 부족하였다는 단점도 있다.

본 연구는 새롭게 제시되는 전자파 환경에 대해 국내에서는 처음으로 극저주파 영역에서 전자파 개인 노출 수준을 평가함으로써 대규모 집단을 대상으로 한 역학연구계획을 세우는데 기초자료를 제공한다.

V. 결 론

본 연구 조사는 1996년 2월 1일부터 3월 11일에 걸쳐 전자파 노출군으로 서울시 지하철기관사와 전화교환원을 15명 선정하였고, 대조군으로 일반 주부 및 학생 15명을 조사대상으로 하였다. 전기용품으로는 텔레비전, 냉장고, 전자레인지, 전기요 등 14종을 조사 대상으로 하였다.

1. 전자제품을 대상으로 전자파 측정된 결과 총 14종의 대상 전자제품으로부터 69547회 분량, 평균 4968회 분량의 측정수치가 보였다. 안마기의 경우 평균 247.07 μT 로 측정된 전자기기 중 가장 높은 값을 나타내고 있다. 전기장판의 평균은 5.24 μT 로 두 번째로 높은 수치를 나타냈다. 이들 제품의 수치가 다른 제품에 비해 높고 신체에 직접 접촉해서 사용한다는 것을 감안할 때 인체에 영향이 클 것으로 사료된다.

2. 우리나라 전자제품과 일본에서 측정된 전자제품간의 전자파 평균 측정값을 비교한 결과 우리나라 제품(1.32 μT)이 일본것(1.88 μT)에 비해 1.4배 낮았다. 전자제품을 사용하는 전압이 한국은 주로 220V, 일본은 110V이다. 따라서 같은 제품이라 하더라도 제품을 낮은 전압에서 사용할 때 방출하는 전자파가 더 높음을 알 수 있다. 그러나 사용전압이 높음에도 불구하고 전기담요, 퀘히터 등이 일본것에 비해 높은 것으로 보아 한국의 전기제품의 전자파 방출에 대한 규제가 일본제품에 비해 미약한 것으로 사료된다.

3. 직업군중 측정 수치를 알기 위해 보조 수단으로 측정된 지하철 객실차량에서의 전자파 측정 수치는 4호선과 1호선에서 측정된 값이 다른 호선보다 높게 나타났는데 이는 4호선의 경우 남태령~안산 간의 교류구간에서, 1호선의 경우 서울역~수원 간의 교류구간에서 직류구간의 2배 정도 높게 나타난 것에 기인한 것으로 나타났다. 또한 지하철 차량의 노후와 초기 설비시설과 관계가 있는 것이 아닌가 사료된다. 각 호선의 측정 수치는 스웨덴의 권고치를 모두 넘는 수치였으며 특히 4호선의 경우 약 5배, 1호선의 경우 약 3배 정도 높게 나타났다. 이 결과로 보

아 지하철 기관사들은 운전시 항상 스웨덴 권고치 이상의 전자파에 노출되어 있음을 알 수 있다.

4. 전자파 직업군과 비직업군의 측정에서 전자파 비직업군의 평균 수치는 0.07 μT 로 나타난 것에 비하여 직업군의 평균 수치는 0.18 μT 로 나타나 직업군이 약 3배 가량 높게 전자파에 노출됨을 알 수 있다. 또한 조사된 전자파 개인 노출값은 스웨덴 권고치인 0.2 μT 에 비해 낮은 값이나 직업군의 전자파 개인 노출값은 권고치에 매우 근접해 있다. 비직업군중 주부의 경우 전기청소기와 전기 담요를 사용할 때 대체로 전자파가 높게 나타났으며, 학생의 경우 컴퓨터와 헤어드라이기 등을 사용할 때 전자파가 평균 이상으로 나타났다. 이는 사용 전자제품의 특성상 사용할 때 직접 신체에 접촉하여 사용하기 때문에 그만큼 인체가 받는 전자파의 영향이 높은 것으로 사료된다.

5. 우리나라 비직업군 15명과 일본의 비직업군 15명을 대상으로 측정된 전자파 노출 결과 우리나라 대상자(0.07 μT)가 일본인(0.15 μT)에 비해 2.1배 낮았다. 본 연구에서 비직업군의 개인 노출량은 어떤 전자제품에 얼마나 노출되는냐에 따라 그 정도가 다르다. 본 연구 결과로 보아 일본인이 전자제품이 많은 환경에 더 많은 시간 노출되고 있다고 예측할 수 있으며 측정전자제품의 평균 전자파가 일본이 1.4배 정도 더 높기 때문인 것으로 사료된다.

차후 보다 광범위하게 생활용품과 개인노출에 관련된 전자파 측정 연구와 인체 영향에 관한 연구가 기대된다.

참고문헌

- 1) 김기채 편 : 전자파는 위험하지 않은가?. 한국출판협동조합. 전파과학사. 1991
- 2) 김덕원 외 2인 : 각종 전자파에 의한 인체의 노출 : 역학조사를 위한 전자파 측정. 대한의용생체공학회지. **16**(2). 1995.
- 3) 김의균, 박세환 : 신전자기학. 도서출판 기한재. 1993.
- 4) 나정웅 : 전자기 이론. 방한출판사. 1987.
- 5) 안연순 : 전자기파와 건강에 미치는 영향. 산업보건. **38**(4). 47-50. 1995.
- 6) 이광목 : 전자파. 산업보건. **34**(1). 31-33. 1991.
- 7) 이광목 : 전자파. 산업보건. **34**(2). 38-40. 1991.
- 8) 이광목 : 전자파. 산업보건. **34**(3). 29-30. 1991.
- 9) A. Lerchl et al. : Effects of Weak Alternating Magnetic Fields on Natural Melatonin Production and Mammary Carcinogenesis in Rats. *Oncology*, **51**. 288-295, 1994.

- 10) Birgitta Floderus et al. : Incidence of Selected Cancers in Swedish Railway Workers. *Cancer Causes and Control*, 189-194, 1994
- 11) Electric and Magnetic Fields Associated with the Use of Electric Power. Questions and Answers About EMF. National Institute of Environmental Health Sciences and U.S. Department of Energy. 1, 1995.
- 12) Enertech Consultants : Inc. EPRI Electric and magnetic field digital exposure system EMCALC user manual ver. 2.1
- 13) Enertech Consultants : Inc. EPRI Electric and magnetic field digital exposure system EMCALC user manual ver. 2.2
- 14) Jackson, J. D. : Are the stray 60Hz electromagnetic fields associated with the distribution and use of electric power a significant cause of cancer?. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **89**, 3508-3510, 1992.
- 15) John E. Vena et al. : Risk of premenopausal breast cancer and use of electric blankets. *Am J Epidemiol*, **140**, 974-979, 1994.
- 16) John E. Vena et al. : Use of electric blankets and risk of postmenopausal breast cancer. *Am J Epidemiol*, **134**, 180-185, 1991.
- 17) N. Wertheimer : Childhood Cancer in Relation to Indicators of Magnetic Fields From Ground Current Sources. *Bioelectromagnetics*, **16**, 86-96, 1995.
- 18) Paul A. Demers : Occupational Exposure to Electromagnetic Fields and Breast Cancer in Men. *Am J Epidemiol*, **134**(4), 1991.
- 19) Rene Verreault et al. : Use of Electric Blankets and Risk of Testicular Cancer. *Am J Epidemiol*, **131**(5), 759-762, 1990.
- 20) Richard H. Lovely et al. : Adult Leukemia risk and personal appliances use : A preliminary study. *Am J Epidemiol*, **140**, 510-517, 1994.
- 21) T. Dan Bracken : Magnetic Field Exposure Among Utility Workers. *Bioelectromagnetics*, **16**, 216-226, 1995.
- 22) W. T. Kaune : Assessing Human Exposure to Power-Frequency Electric and Magnetic Fields. *Environmental Health Perspectives Supplements*, **101**(4), 1993.
- 23) W. T. Kaune : Introduction To Power-Frequency Electric and Magnetic Fields. *Environmental Health Perspectives Supplements*; **101**(4), 1993.
- 24) Wertheimer N. and Leeper E. : Possible effects of electric blankets and heated waterbeds on fetal development. *Bioelectromagnetics*, **7**, 13-22, 1986.
- 25) Wilson BW et al. : Chronic exposure to 60Hz electric fields : effects on pineal function in the rat. *Bioelectromagnetics*, **2**, 371-380, 1981.