

국내 전철 및 가전제품을 대상으로 한 전자장 수준 실태조사

장성기[‡] · 조용성 · 이석조 · 유승화 · 정경미 · 임준호

국립환경연구원 실내환경연구사업단

A Survey on the EMF Levels of Study and Electric Appliances in Korea

Seong Ki Jang[‡] · Yong Sung Cho · Seok Jo Lee · Seong Wha Yoo · Kyung Mi Jung · Jun Ho Lim

Indoor Environmental Research Board, Air Quality Research Department, National Institute of Environmental Research(NIER)

The purposes of this study was to collect, analyze, and describe the MF exposure levels from subways in Korea and to measure and evaluate the MF levels generated from electric appliances used at general homes.

The target subway lines were Seoul Metropolitan Line 1 to Line 8, Bundang Line, Incheon Line, Daegu Line, Gwangju Line, and Busan Line 1 and Line 2. We measured at each station in those subway lines and, all the train types (pantograph-equipped, motor-equipped, and common), and platform types(facing and isolating) were investigated by the distance(80, 200, 400cm) from the train on 19 targeted subway lines using 3 magnetic field measuring devices (EMDEX II, Enertech Co.) during the survey from January till October, 2004. On the other hand, the levels of the 60Hz magnetic fields generated from 14 items of home electric appliances such as electric blankets, hair dryers, electric razors, etc. were measured at 10 general homes using 5 EMDEX II meters with a sampling interval of 1.5 second by the distance(surface, 30, 50, 100, 300cm) from the target electric appliances.

The survey results in the whole subway lines examined in this study were as follows; Seoul Metropolitan Line 4 using AC(alternating current) power source showed the highest mean value of $2.85 \mu\text{T}$, followed by Seoul Metropolitan Line 1 running between Seoul and Incheon using AC($2.78 \mu\text{T}$), Seoul Metropolitan Line 1 between Seoul and Uijongbu using AC($2.73 \mu\text{T}$), Bundang Line using AC($1.79 \mu\text{T}$), Seoul

Metropolitan Line 1 connected from Yongsan using AC($1.67 \mu\text{T}$), Seoul Metropolitan Line 1 between Seoul and Suwon using AC($0.79 \mu\text{T}$), and so on. In general, the intensity of the magnetic field in the subway systems in Korea was significantly higher when using AC($2.14 \pm 0.91 \mu\text{T}$) than when using DC($0.29 \pm 0.44 \mu\text{T}$) power source.

Among the home electric appliances examined, microwave ovens showed the highest mean value of $7.69 \mu\text{T}$, followed by hair dryers($6.47 \mu\text{T}$), vacuum cleaners($5.27 \mu\text{T}$), televisions($2.26 \mu\text{T}$), electric blankets($1.38 \mu\text{T}$), personal computers($0.81 \mu\text{T}$), and so on. Two items of electric appliances showed the excess value of $0.2 \mu\text{T}$ at the distance of 30cm in the MF exposure level; electric razors $1.58 \pm 2.13 \mu\text{T}$ and vacuum cleaners $0.48 \pm 0.44 \mu\text{T}$. As a whole, this study showed a tendency that the shift of the MF levels according to the increase of distance from the electric appliances was lower than those of the results surveyed in UK and USA.

As a result, this study is expected to suggest meaningful data for the future study in exposure assessment of magnetic fields and for the establishment of guidelines for subways and electric appliances in Korea. More detailed and large scaled exposure assessment studies should be performed continuously to get the various and useful information on health risk assessment of MFs in Korea.

Key Word: MF(magnetic fields), subway, AC(alternating current), DC(direct current), electric appliance

* 본 연구는 국립환경연구원 조사연구사업(NIER NO. 2004-15-721)에 의해 연구된 결과임

접수일 : 2005년 2월 28일, 채택일 : 2005년 3월 25일

‡ 교신저자 : 장성기(인천시 서구 경서동 종합환경연구단지내 국립환경연구원 대기연구부 실내환경연구사업단

Tel : 032-560-7360, E-mail : skjang@me.go.kr)

I. 서 론

21 세기에 접어들면서 전기는 전 세계 인류에게 있어 매우 유용한 수단으로 편리하고 빠른 생활을 영위할 수 있도록 현대 사회에 많은 혜택을 주고 있는 것이 사실이다. 그러나 각종 전기제품 및 가전제품 사용의 급증과 동시에 유발되고 있는 전자장에 대해 관련 직업종사자 뿐만 아니라 일반인에게로의 노출기회 증대로 인한 인체영향이 우리 사회가 관심을 가지고 있는 환경문제의 한 부분으로 인식되게 되면서 사회적 관심이 증대되고 있다 (김윤신 등, 1997).

1979년 미국 콜로라도(Colorado)주, 덴버(Denver)시에서 Wertheimer와 Leeper에 의해 전력선 주변 거주 소아들과 백혈병 간의 관계를 밝힌 최초의 역학 연구결과가 발표(Wertheimer and Leeper, 1979)된 이후, 전 세계적으로 많은 과학자들이 극저주파 자기장 노출과 질병 발생과의 관계에 대한 역학 연구를 수행하였다(Linet MS 등, 1997; London SJ 등, 1991; Savitz DA 등, 1988). 그러나 일관된 결과를 나타내지 못하여 극저주파 자기장의 인체 유해성에 대한 논란이 아직까지도 계속되고 있는 실정이다. 특히 다수의 역학적 연구에서는 극저주파 자기장의 인체노출 중 특히 극저주파(ELF-EMF) 영역에서의 개인노출을 대상군과 대조군으로 나누어 그들에 대한 인체영향을 조사한 결과 소아의 백혈병, 뇌종양 그리고 유방암 등과 같은 암의 발생률이 증가한다고 보고된 바 있으나(Lovely 등, 1994; Vena 등, 1991; Vena JE 등, 1994; Wertheimer and Leeper 등, 1986; Verreault 등, 1990), 최근의 잘 설계된 역학적 연구방법론을 적용한 결과에서는 극저주파 자기장이 유방암에 영향이 없는 것으로 보고하였다(Kabat 등, 2003; Schoenfeld 등, 2003). 또한 극저주파 자기장 중 자기장의 만성적인 노출이 인체에 발암성을 나타낸다는 보고에서조차 그 자기장에 대한 영향인자에는 어떠한 것들이 있는지, 그리고 극저주파 자기장이 인체에 어떠한 경로로 흡수되고 축적되는지에 대해서 아직까지

알려지지 않은 상태로 앞으로의 중요한 연구과제로 거론되고 있는 실정이다 (Juutilainen 등, 1996).

미국에서 1994년부터 1998년까지 국가적 차원의 EMF RAPID(Electric and Magnetic Field Research and Public Information Dissemination) 프로그램을 수행하여 전자장의 생체 영향 규명과 대중에게 전자장에 대한 정보를 전달하고자 하였는데 1998년 NIEHS(National Institutes of Environmental Health Science)에서 제출한 Working group 보고서에서는 극저주파 전자기장이 건강에 위험을 준다는 과학적 증거는 미약하지만 인체 발암 가능 2B 물질(possibly carcinogenic to humans : Group 2B)로 결론내렸고 1999년 NIEHS 최종보고서에서는 기존의 모든 연구결과를 고찰한 결과 전자장과 인체영향간의 상관성은 약하지만 여전히 염려되는 수준이라고 결론지으면서 자기장 노출에 따른 어린이 백혈병 증가의 증거는 없으나 전자장에 많이 노출될수록 어린이 백혈병의 위해도가 증가하는 점에 대해 약한 상관성의 결과를 도출하였다(NIEHS, 1998). 그러나 이에 대해서도 역학자와 공학자들 간의 상반된 견해가 엇갈리고 있으며 여러 연구들의 일관적이지 못한 결과들로 인해 아직까지 전자기장의 노출이 소아암 등의 인체건강에 영향을 줄 수 있다는 확실한 근거와 명확한 메커니즘을 규명하지 못하고 있다.

한편, 우리나라의 경우 이러한 전자장 인체 유해성 논란과 관련하여 대중적 관심에 비해 과학적 연구결과나 자료가 부족한 실정이며 특히 정부차원의 전자장 연구는 매우 미비한 실정이다. 전철의 경우, 1일 이용승객이 700 만명 이상이나 이용하고 있는 가장 대표적인 대중교통수단이며, 가전제품의 경우에는 최근 고도화된 산업발전과 생활의 편리성으로 인해 각종 가전제품 사용 증가와 사용시간이 증가하고 있는 추세이다. 따라서 본 연구에서는 전자장 관련 연구의 일환으로 전자장의 주요 발생원인 전철과 가전제품을 대상으로 정부차원의 기초 자료를 도출하고자 전철 및 가전제품 영향권내 자기장

수준 실태조사 및 측정방법의 확립을 목적으로 수행되었다.

II. 조사 내용 및 방법

1. 조사기간 및 대상

본 연구는 2004년 1월부터 2004년 12월 까지 전국 전철 전 구간과 일반인들이 가장 많이 사용하는 가전제품 20여종을 대상으로 하였다.

1) 전철

서울의 경우에는 서울 1호선~8호선을 직류구간과 교류구간별로 구분함과 동시에 서울의 분당선과 국철을 포함하여 총 14개 구간을 조사대상으로 하였으며, 부산 2개 구간 및 인천, 광주, 대구지하철을 포함하여 총 19개 구간을 조사대상으로 하였다. 또한 각 전철역사의 플랫폼의 경우 본 연구에서 구분한 구간별로 임의로 선정하여 측정하였다.

2) 가전제품

통계청의 「생활활동시간보고」에서 일반 성인들이 가장 많이 사용하는 가전제품 20여종을 선정하여 이 중 본 연구에서는 10가구에서 사용하는 14개 가전제품을 대상으로 조사하였다(통계청, 2000). 측정 가전제품으로는 TV(10제품), 냉장고(10제품), 오디오(9제품), PC(10제품), 헤어드라이기(10제품), 선풍기(10제품), 에어컨디셔너(10제품), 전기장판(10제품), 김치냉장고(10제품), 전자레인지(10제품), 진공청소기(10제품), 세탁기(10제품), 책상형 광등(10제품), 전기면도기(9제품)로 총 138개 제품이였다.

2. 조사방법

1) 전자장 분석방법

본 연구의 자기장 분석은 자기장 노출 분석에 필요한 시간을 계산하기 위하여 시간가중평균(TWA : Time Weighted Average) 값을 계산하였다(<공식>).

시간가중평균 =

$$\frac{(C_1 \times T_1) + (C_2 \times T_2) + \dots + (C_n \times T_n)}{(T_1 + T_2 + \dots + T_n)}$$

..... <공식>

C : 해당 시간 중 평균 전자장 노출 값

T : 해당 시간

2) 측정기기의 정도관리

(1) 교정(calibration)

본 연구에서 사용된 측정기기인 EMDEX II는 제조회사인 미국 ENERTECH 사에 2004년 2월에 보내어 보정하였는데 60Hz 에서의 실제 자기장값과 측정값간의 오차가 $\pm 2\%$ 이내로 이루어졌음을 증명하는 보증서를 동봉하였다.

(2) 배경농도(field level) 산출

자기장의 배경농도를 알아보기 위해 자기장이 방출될 수 있는 전기제품이나 배전선 등이 배제된 공간에서 자기장 측정기기인 EMDEX II로 5초씩 10분간 2회 측정하였다.

(3) 정도관리(quality control)

본 연구를 수행하는데 있어 측정기 간의 재현성을 알아보기 위해 QC를 수행하였는데 본 연구소 실험실 중앙에서 지상에서 1 m 위 지점에 절연 삼발이를 설치하여 EMDEX II 2대를 올려놓고 동시에 측정하였으며 5초씩 10분간 5회 측정하여 비교하였다.

3) 전철 자기장 측정

(1) 전철 구성 및 측정위치

전국 전철은 각 구간별 전철 등을 관리하는 철도청, 서울지하철공사, 서울특별시 도시철도공사, 인천지하철공사, 부산교통공단, 광주 도시철도공사, 대구지하철공사의 협조를 얻어 전철의 기본구조 및 운행방법 등에 관한 자료를 수집, 검토한 후 조사할 측정위치, 측정방법 등을 선정하였다. 또한 전국 전철의 측정위치(일반차량, 구동차량, 팬터그래프차량)와 플랫폼 형태(상대식, 섬식)로 구분하여 측정하였다.

(2) 전철 측정 내용

① 차량위치별 측정

전철은 각 노선별로 차량이 다르고, 각 차량마다 구동장치(전동기 등), 팬터그래프 등이 위치한 차량이 모두 달라 종점에서 전철 승차시 미리 조사된 전동차의 구조에 따라 측정자 3명을 각각 일반차량, 구동차량이 있는 구동차량, 팬터그래프가 있는 팬터그래프차량에 배치하여 차량 출발 시 동시에 측정토록 하였다. 이때 전철 내 자기장 측정기의 측정주기는 1.5초 간격으로 하였으며 전철 바닥에서 삼각대를 이용하여 1.5m 높이로 고정시켜 탑승시 간동안 연속 측정하였다.

② 플랫폼 자기장 측정

전국 각 전철역에서 방출되는 자기장 수준을 조사하기 위하여 총 34개 역사를 대상으로 역사내 플랫폼에서의 자기장 수준을 측정하였다. 측정방법은 각 플랫폼의 특성(상대식과 섬식)에 따라 측정기 3대를 전철로 부터의 거리별로 각각 80cm, 2m, 4m 지점에 배치하였다. 이때 자기장 측정기의 측정주기는 1.5초 간격으로 하였으며 플랫폼 바닥에서 삼각대를 이용하여 1.5m 높이로 고정시켜 20분간 연속 측정하였다.

③ 1개 차량 정밀 측정

본 연구에서는 1개 차량내 위치에 따라 자기장 방출수준의 차이가 있는지를 조사하기 위하여 12개 차량에 대해서 1개 차량내 정밀측정을 하였다. 정밀측정은 1개 차량의 전(前), 중(中), 후(後)에 자기장 측정기 3대를 배치하여 1.5초 간격의 측정주기와 1.5m 높이로 고정시켜 20분간 연속 측정하였다.

4) 가전제품 자기장 측정

각 가전제품에서 방출되는 자기장의 거리별 방출수준을 조사하기 위하여 10가군에서 사용하는 14개 가전제품의 138개 제품을 대상으로 0, 30, 50, 100, 300cm의 거리별로 자기장 방출량을 조사하였으며, 각 가전제품은 1.5초 간격으로 거리별로 동시에 5분간 측정하였다.

5) 통계분석

자기장 측정기를 통하여 측정된 모든 측정 자료는 측정이 끝난 후 EMCAL 2000 프로그램을 이용하여 주 컴퓨터에 측정된 자료를 전송하여 D/B화 하였다. 모든 자료의 통계학적 분석은 SAS version 8.0을 이용하여 다양한 영향요인별 unpaired t-test와 ANOVA test를 수행하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 측정기기의 정도관리

자기장이 방출될 수 있는 모든 환경이 배제된 장소에서의 자기장의 배경농도를 측정한 결과를 보면 측정된 모든 평균이 $0.001 \mu T$ 로 나타났다. 또한 Figure 1을 보면 시간별 자기장 측정값이 pulse 나 peak 형태가 없는 분포를 보이고 있음 알 수 있어 측정된 배경농도의 값이 일률적으로 배경농도를 대표한다고 볼 수 있다. 따라서 측정된 결과를 볼 때 자기장의 배경농도는 거의 무시할만한 수준으로 판단되며 본 연구에서 측정된 자기장 값에 대하여 배경농도를 고려하지 않아도 된다고 할 수 있다.

본 연구 수행에 있어 측정기 간의 재현성을 살펴보기 위해 조사된 QC(Quality control) 결과를 보면 5번 측정한 EMDEX II를 동일 장소에서 동일한 시간에 동시 측정하였을 때 동일한 측정값을 보여주었다(Figure 2). 따라서 본 연구에서 사용된 측정기들의 재현성은 양호한 것으로 판단되며 정기적으로 반복 실시된 결과에서도 유사한 결과를 보였다.

2. 전철 자기장 측정결과

전국 전철내 자기장 방출 수준을 측정하기 위하여 전국의 지하철 및 전철 측정 구간을 총 19개 구간으로 구분하였다. 각 구간의 시발점에서 종착점까지를 1개의 측정구간으로 보고 전철에 구동차량이 있는 차량과 팬터그래프가 있는 차량 그리

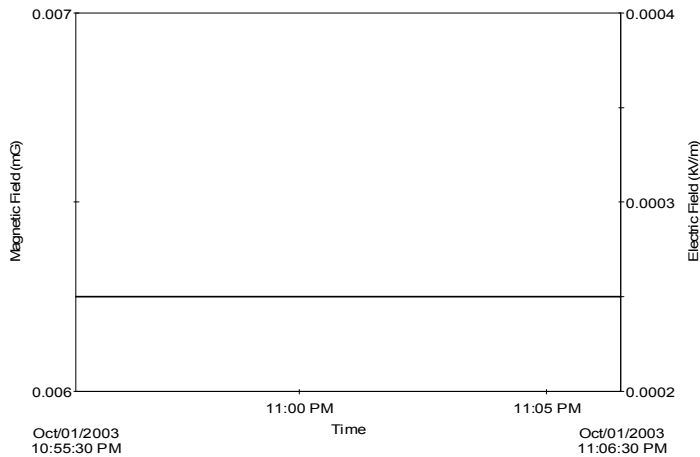


Fig 1. An example of 60Hz magnetic fields in background level without sources of electric and magnetic fields

고 아무것도 없는 일반차량 등 3개 측정 위치로 나누었으며 각 지점에서 동시에 측정하였다. 총 19개 측정 구간 중 직류(DC) 전원을 사용하는 구간은 13개 구간이었으며, 교류(AC) 전원을 사용하는 구간은 6개 구간이었다. 서울을 제외한 인천, 대구, 광주, 부산 등 지방 전철의 경우에는 모두 직류전원을 사용하였으며, 서울 전철의 경우에도 서울특별시 도시철도공사에서 운행하는 5호선~8호선까지도 모두 직류전원을 사용하였다. 반면, 서울 1호선의 대부분의 구간과 서울 4호선의 일부구간, 그리고 분당선의 경우 교류전원을 사용하는 것으로 나타났다. 또한, 서울 4호선과 6호선, 그리고 광주지하철의 경우에는 구동장치만이 있는 구동차량이 존재하지 않고, 모두 구동장치와 팬터그 래프가 함께 존재하여 본 연구조사에 구

분한 구동차량으로서의 측정은 할 수 없었다.

또한, 전철의 탑승시간은 자기장 수치의 크기와 함께 실제로 승객이 노출된 노출시간과 관련되어 있으므로 인체 노출량을 평가하는데 있어서 중요한 요인(factor)이기는 하지만 승객 개개인이 다른 목적으로 전철을 이용하고 승객마다 탑승시간이 모두 다르기 때문에 본 연구에서는 탑승시간에 따른 분석을 수행하는데 의미가 없는 것으로 판단되어 개별적인 분석은 수행하지 않았다. 따라서 본 연구에서 조사된 측정값은 측정구간 내내 탑승하고 있는 기관사에 한하여 향후 인체영향이나 전자장 관련 연구의 진보를 통해 수행될 수 있는 위해성 평가의 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

Table 1은 전국 전철의 각 호선별 일반

차량의 자기장 방출수준에 대한 측정결과를 나타낸 것으로서 교류전원을 사용하는 서울 4호선(안산선) 선바위에서 오이도 구간이 $2.85 \mu\text{T}$ 로 가장 높은 방출수준을 나타내었으며, 그 다음으로 서울 1호선(인천선) > 서울 1호선(의정부선) > 분당선 > 서울 1호선(국철) > 서울 1호선(수원선) > 서울 1호선(일반선) > 서울 3호선과 서울 4호선(일반선) > 서울 8호선 > 서울 6호선 > 서울 5호선 > 인천지하철과 대구지하철 > 서울 2호선 > 서울 7호선과 부산지하철 1호선 > 부산지하철 2호선 순으로 나타났다. 기존의 연구결과와 마찬가지로 교류전원을 사용하는 구간이 직류전원을 사용하는 구간보다 월등히 높은 자기장 방출수준을 나타내었으나, 대체적으로 비교적 낮은 수준의 자기장이 방출되는 것으로 나타났다.

Table 2는 전국 전철의 각 호선별 구동차량의 자기장 방출수준에 대한 측정결과를 나타낸 것으로서 전체 19개 구간 중 본 측정 전철 중 구동장치만을 운행하는 차량이 없는 서울 4호선(일반선), 서울 4호선(안산선), 서울 6호선, 광주지하철 등 4개 구간을 제외하여 분석한 결과, 교류전원을 사용하는 서울지하철 1호선 남영에서 인천까지의 구간이 $2.52 \mu\text{T}$ 로 가장 높은 방출수준을 나타내었으며, 그 다음으로 서울 1호선(의정부선) > 분당선 > 서울 1호선(국철) > 부산지하철 2호선 > 서울 1호선(수원선) > 서울 3호선 > 서울 8호선 > 서울 1호선(일반선) > 부산지하철 1호선 > 대구지하철 > 인천지하철 > 서울 5호선 > 서울 7호선 > 서울 2호선순으

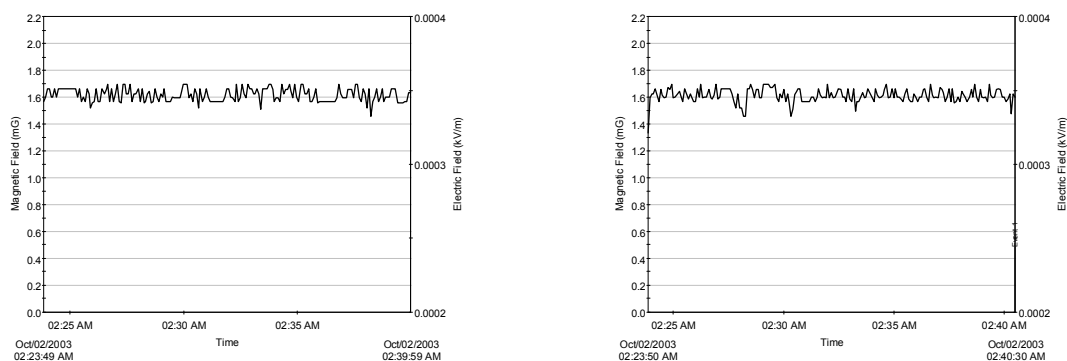


Fig 2. Comparison of two 60Hz magnetic field measurements in same area and same measured times

Table 1. Summary of magnetic field levels for common train type in the subway trains in Korea

(Unit : μT)

City	Line	Operating section	N*	AM [†]	SD [‡]	Min [§]	25%	50%	75%	95%	Max	Power source
Seoul	1	Seoul station ↔ Cheongnyangni	182	0.48	0.12	0.33	0.42	0.45	0.49	0.72	1.13	DC [¶]
	1	Namyeong ↔ Incheon	818	2.78	2.79	0.02	0.95	1.56	3.79	9.17	17.47	AC ^{**}
	1	Hoegi ↔ Uijeongbu-bukbu	421	2.73	2.15	0.05	1.27	2.09	3.65	7.27	12.21	AC
	1	Guro ↔ Suwon	478	0.79	1.03	0.03	0.13	0.29	1.07	3.27	5.23	AC
	1	Cheongnyangni ↔ Yongsan	255	1.67	1.95	0.21	0.63	0.94	1.47	6.61	10.37	AC
	2	Sindorim ↔ Sindorim	1,042	0.14	0.02	0.08	0.13	0.14	0.15	0.17	0.29	DC
	3	Daehwa ↔ Suseo	1,086	0.38	0.03	0.14	0.36	0.37	0.39	0.40	0.92	DC
	4	Namtaeryeong ↔ Danggogae	758	0.38	0.09	0.25	0.33	0.36	0.40	0.53	1.04	DC
	4	Seonbawi ↔ Oido	639	2.85	2.74	0.04	1.04	1.79	3.59	9.05	13.97	AC
	5	Banghwa ↔ Macheon	1,009	0.18	0.14	0.02	0.09	0.15	0.23	0.41	1.42	DC
	6	Eungam ↔ Bonghwasan	680	0.20	0.03	0.12	0.18	0.19	0.21	0.25	0.41	DC
	7	Onsu ↔ Dobongsan	992	0.12	0.07	0.04	0.07	0.09	0.14	0.26	0.43	DC
	8	Amsa ↔ Moran	364	0.25	0.03	0.20	0.24	0.25	0.27	0.30	0.44	DC
	Bun-dang	Seolleung ↔ Ori	476	1.79	1.74	0.18	0.78	1.09	1.95	5.83	10.71	AC
Incheon		Gyulhyeon ↔ Dongmak	526	0.16	0.13	0.02	0.06	0.11	0.22	0.41	0.85	DC
Daegu		Daegok ↔ Ansim	605	0.16	0.05	0.09	0.13	0.16	0.19	0.24	0.57	DC
Gwangju		Sangmu ↔ Sotae	243	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.09	DC
Busan	1	Nopo car depot ↔ Sinpyeong car depot	755	0.12	0.09	0.04	0.07	0.09	0.14	0.25	1.02	DC
	2	Hopo car depot ↔ Jangsan	922	0.11	0.09	0.02	0.07	0.09	0.13	0.27	0.79	DC

* N : Number of sample, †AM : Arithmetic mean, ‡SD : Standard deviation,

§ MIN : Minimum, ||Max: Maximum, ¶ DC : Direct current, ** AC : Alternating current

로 나타났다. 일반차량과 마찬가지로 교류전원을 사용하는 구간이 직류전원을 사용하는 구간보다 월등히 높은 자기장 방출수준을 나타내었으나, 대체적으로 비교

적 낮은 수준의 자기장이 방출되는 것으로 나타났다.

Table 3은 전국 전철의 각 호선별 팬터 그래프차량의 자기장 방출수준에 대한

측정결과를 나타낸 것으로서 예외적으로 교류전원을 사용하는 서울 1호선(의정부선) 회기역에서 의정부북부역 구간이 2.30 μT 로 가장 높은 방출수준을 나타내

Table 2. Summary of magnetic field levels for motor-equipped train type in the subway trains in Korea

(Unit : μT)

City	Line	Operating section	N*	AM [†]	SD [‡]	Min [§]	25%	50%	75%	95%	Max	Power source
Seoul	1	Seoul station ↔ Cheongnyangni	182	0.28	0.14	0.11	0.19	0.25	0.30	0.58	1.00	DC [¶]
	1	Namyeong ↔ Incheon	821	2.52	2.57	0.04	0.81	1.43	3.45	8.11	16.61	AC ^{**}
	1	Hoegi ↔ Uijeongbu-bukbu	423	2.45	1.97	0.06	1.11	1.79	3.37	6.55	10.55	AC
	1	Guro ↔ Suwon	475	0.45	0.54	0.03	0.08	0.19	0.67	1.67	2.57	AC
	1	Cheongnyangni ↔ Yongsan	250	1.63	1.95	0.23	0.63	0.91	1.47	6.07	10.75	AC
	2	Sindorim ↔ Sindorim	1,042	0.10	0.02	0.06	0.09	0.11	0.11	0.13	0.34	DC
	3	Daehwa ↔ Suseo	1,089	0.44	0.05	0.12	0.41	0.43	0.45	0.49	0.93	DC
	5	Banghwa ↔ Macheon	1,011	0.18	0.12	0.03	0.09	0.15	0.23	0.43	0.97	DC
	7	Onsu ↔ Dobongsan	988	0.13	0.08	0.03	0.08	0.11	0.15	0.25	0.78	DC
	8	Amsa ↔ Moran	362	0.36	0.31	0.03	0.08	0.28	0.55	0.98	1.24	DC
	Bun-dang	Seolleung ↔ Ori	468	1.78	1.77	0.33	0.69	1.07	2.09	5.77	10.67	AC
Incheon		Gyulhyeon ↔ Dongmak	563	0.19	0.18	0.03	0.08	0.13	0.23	0.48	1.61	DC
Daegu		Daegok ↔ Ansim	599	0.20	0.15	0.02	0.06	0.15	0.32	0.48	0.65	DC
Busan	1	Nopo car depot ↔ Sinpyeong car depot	761	0.23	0.07	0.12	0.20	0.21	0.24	0.33	1.12	DC
	2	Hopo car depot ↔ Jangsan	928	0.95	0.96	0.03	0.09	0.85	1.31	3.07	3.85	DC

* N : Number of sample, †AM : Arithmetic mean, ‡SD : Standard deviation,

§ MIN : Minimum, ||Max: Maximum, ¶ DC : Direct current, ** AC : Alternating current

Table 3. Summary of magnetic field levels for pantograph-equipped train type in the subway trains in Korea

(Unit : μ T)												
City	Line	Operating section	N*	AM*	SD*	Min [§]	25%	50%	75%	95%	Max	Power source
Seoul	1	Seoul station ↔ Cheongnyangni	182	0.32	0.26	0.14	0.20	0.26	0.32	0.74	2.73	DC [¶]
	1	Namyong ↔ Incheon	818	2.25	2.32	0.03	0.70	1.25	3.17	7.39	14.07	AC**
	1	Hoegi ↔ Uijeongbu-bukbu	423	2.30	1.83	0.06	1.04	1.69	3.13	6.27	9.83	AC
	1	Guro ↔ Suwon	486	2.06	0.28	1.25	1.95	2.05	2.21	2.59	3.15	AC
	1	Cheongnyangni ↔ Yongsan	251	1.31	1.55	0.18	0.45	0.66	1.27	4.55	10.29	AC
	2	Sindorim ↔ Sindorim	1,053	0.19	0.11	0.11	0.14	0.15	0.19	0.42	1.04	DC
	3	Daehwa ↔ Suseo	1095	0.58	0.27	0.22	0.39	0.48	0.67	1.17	2.93	DC
	4	Namtaeryeong ↔ Dangdoga	759	0.48	0.37	0.14	0.35	0.38	0.45	0.91	3.77	DC
	4	Seonbawi ↔ Oido	640	1.53	1.22	0.03	0.66	1.15	1.95	4.21	6.61	AC
	5	Banghwa ↔ Macheon	1007	0.62	0.35	0.26	0.38	0.51	0.73	1.18	3.73	DC
	6	Eungam ↔ Bonghwasan	682	0.15	0.09	0.03	0.08	0.14	0.21	0.31	0.54	DC
	7	Onsu ↔ Dobongsan	1002	0.78	1.13	0.03	0.17	0.33	0.91	3.21	8.83	DC
	8	Amsa ↔ Moran	363	0.74	0.92	0.01	0.08	0.46	1.11	2.51	5.71	DC
Bun-dang		Seolleung ↔ Ori	477	1.32	1.32	0.16	0.51	0.83	1.49	4.27	7.51	AC
Incheon		Gyulhyeon ↔ Dongmak	572	0.45	0.20	0.11	0.29	0.32	0.71	0.75	0.80	DC
Daegu		Daegok ↔ Ansim	616	0.18	0.12	0.02	0.09	0.16	0.25	0.41	0.98	DC
Gwangju		Sangmu ↔ Sotae	246	0.05	0.06	0.01	0.02	0.03	0.05	0.19	0.28	DC
Busan	1	Nopo car depot ↔ Sinpyeong car depot	754	0.43	0.09	0.03	0.38	0.43	0.47	0.55	1.05	DC
	2	Hopo car depot ↔ Jangsan	923	0.63	0.58	0.02	0.08	0.62	0.87	1.79	2.59	DC

* N : Number of sample, †AM : Arithmetic mean, ‡SD : Standard deviation,

§ MIN : Minimum, ||Max: Maximum, ¶ DC : Direct current, ** AC : Alternating current

였으며, 그 다음으로 서울 1호선(인천선) > 서울 1호선(수원선) > 서울 4호선(안산선) > 분당선 > 서울 1호선(국철) > 서울 7호선 > 서울 8호선 > 부산지하철 2호선 > 서울 5호선 > 서울 3호선 > 서울 4호선(일반선) > 인천지하철 > 부산 1호선 > 서울 1호선(일반선) > 서울 2호선 > 대구지하철 > 서울 6호선 순으로 나타났다.

기존의 연구결과와 마찬가지로 교류전원을 사용하는 구간이 직류전원을 사용하는 구간보다 월등히 높은 자기장 방출수준을 나타내었으며 일반차량과 구동차량에 비해 비교적 높은 수준의 자기장 방출수준을 나타내었다.

Table 4는 차량위치별 직류전결과 교류전철의 자기장 방출수준의 차이를 비교한

것으로서, 일반차량과 구동차량 그리고 팬터그래프차량 모두에 있어서 통계적으로 유의하게 교류전철이 직류전철에 비해 자기장 방출수준이 높은 것으로 나타났다 ($p < 0.05$).

이러한 결과는 앞에서 언급한 바와 같이 전자장은 전기장과 자기장으로 구별되는데 전기장의 경우에는 전압이 높을수록

Table 4. Comparison of magnetic field levels when using AC and when using DC by the train type in the subway trains in Korea

(Unit : μ T)				
Train type		Power source		P-value
		DC †(N=14)	AC ‡(N=5)	
AM*	Common	0.29±0.44	2.14±0.91	0.0001
	Motor-equipped	0.37±0.49	1.74±0.97	0.0620
	Pantograph-equipped	0.51±0.39	1.75±0.47	0.0018
GM †	Common	0.24±0.32	1.36±0.69	0.0196
	Motor-equipped	0.22±0.33	1.06±0.63	0.0033
	Pantograph-equipped	0.27±0.23	1.23±0.30	0.0001
95 percentile	Common	0.66±1.48	7.00±2.41	0.0025
	Motor-equipped	1.05±1.66	5.53±2.80	0.0424
	Pantograph-equipped	1.47±1.36	4.94±1.91	0.0111

* AM : Arithmetic mean, †GM : Geometric mean ‡DC : Direct current, § N : Number of sample, ||AC : Alternating current

Table 5. Comparison of magnetic field levels when using AC and when using DC by the platform types in the subway trains in Korea

(Unit : μ T)

Platform type		Power source		P-value
		DC [§] (N [¶] =14)	AC ^{**} (N=5)	
AM [*]	Facing	0.06±0.06	0.98±0.51	0.0877
	Isolating	0.07±0.06	0.80±0.20	0.0230
GM [†]	Facing	0.05±0.05	0.78±0.48	0.1188
	Isolating	0.06±0.06	0.51±0.23	0.0742
95 percentile	Facing	0.10±0.10	2.45±0.68	0.0262
	Isolating	0.11±0.09	2.43±0.33	0.0057

* AM : Arithmetic mean, †GM : Geometric mean ‡DC : Direct current, § N : Number of sample, ||AC : Alternating current

강한 전기장을 형성하게 되고, 자기장은 전류가 많이 흐를수록 강한 자기장을 형성한다. 그리고 자기장은 다시 직류 자기장과 교류 자기장으로 나뉘는데 직류는 건전지 등에서 만들어지는 전력으로 이것은 일정한 방향으로만 전류를 흘려보낸다. 반면 교류는 발전소에서 생산되어 우리의 일상생활의 다양한 용도로 들어와 사용되고 있는 전력으로 전류의 흐름이 정방향에서 때로는 역방향으로 방향이 바뀌어 흐르기도 한다. 대부분의 전철은 직류를 사용하므로 교류 전계 및 자계가 거의 발생하지 않으나 서울 1호선과 분당선 등은 수만 Volt의 교류를 사용하기 때문에 전동차 내부 및 승강대에 높은 자계 및 전계가 형성되기 때문이다. 한편 이러한

결과는 기존의 보고와 일치하는 결과라 할 수 있으며 본 연구에서는 이러한 결과를 통계처리를 통해 보다 계량적으로 확정한 결과라 할 수 있다. 한편, 본 연구에서는 자기장 수준을 평가하는 있어서 대푯값으로서 산술평균값과 기하평균값 그리고 95분위수값을 사용하였는데, 기하평균값의 경우에는 자기장의 물리적 특성상 순간적인 피크값을 배제할 수 없는 특성이 있기 때문에 대푯값으로 현재 널리 사용되고 있으며, 95분위수값의 경우에는 전자장이 비록 비전리방사선일지라도 고수준에 순간적으로 노출되었을 경우 우리 인체에 치명적인 영향을 배제할 수 없는 공중보건학적 의미로서 사용하였다.

Table 5는 플랫폼 형태별 직류전철과

교류전철의 자기장 방출수준의 차이를 비교한 것으로서 Table 4와 마찬가지로 상대식 플랫폼과 섬식 플랫폼 모두에 있어서 교류전철이 직류전철에 비해 높은 자기장 방출량을 나타내었으며, 섬식의 경우에는 통계적으로 유의한 결과를 나타내었다($p<0.05$).

또한 본 연구에서는 구분된 측정위치인 일반차량과 구동차량 그리고 팬티그래프차량간에는 자기장 방출수준이 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다(Table 6). 다만 전압을 공급받아 전달하는 팬티그래프차량이 일반차량 및 구동차량에 비해 다소 높은 자기장 방출수준을 나타내었으나 통계적으로 유의한 차이를 나타내지는 않았다($p>0.05$). 이러한 결과

Table 6. Comparison of magnetic field levels at the common, motor-equipped, and pantograph-equipped train types in the subway trains in Korea

(Unit : μ T)

Power source		Train type			P-value
		Common (N =19)	Motor-equipped (N=15)	Pantograph-equipped (N=19)	
AM [*]	All	0.78±1.01	0.71±0.86	0.81±0.69	0.9395
	DC [‡]	0.29±0.44	0.37±0.49	0.47±0.39	0.5393
	AC [§]	2.14±0.91	1.74±0.97	1.71±0.43	0.6205
GM [†]	All	0.53±0.66	0.43±0.55	0.51±0.49	0.8676
	DC	0.24±0.32	0.22±0.33	0.25±0.22	0.9747
	AC	1.36±0.69	1.06±0.63	1.21±0.28	0.7218
95 percentile	All	2.34±3.33	2.17±2.76	2.27±2.12	0.9833
	DC	0.68±1.48	1.05±1.66	1.32±1.33	0.4944
	AC	7.00±2.41	5.53±2.80	4.78±1.75	0.3040

* AM : Arithmetic mean, †GM: Geometric mean ‡DC: Direct current, § AC : Alternating current, || N : Number of sample

Table 7. Comparison of magnetic field levels at the facing and isolating platform types in the subway trains in Korea

(Unit : μT)

Distance (Train to Platform)		Platform type		P-value
		Facing (N [‡] =17)	Isolating (N=17)	
AM [*]	80cm	0.52±0.99	0.38±0.61	0.6176
	200cm	0.34±0.61	0.27±0.42	0.6689
	400cm	0.22±0.41	0.20±0.30	0.8563
GM [†]	80cm	0.40±0.82	0.28±0.41	0.5918
	200cm	0.27±0.49	0.20±0.28	0.5999
	400cm	0.18±0.33	0.14±0.20	0.6744
95 percentile	80cm	1.37±2.48	0.97±1.72	0.5865
	200cm	0.87±1.56	0.63±1.11	0.6198
	400cm	0.51±0.96	0.52±0.92	0.9856

* AM : Arithmetic mean, †GM : Geometric mean, ‡N : Number of sample

Table 8. Comparison of magnetic field levels by the positions(front, middle, back) in 1 train booth in the subway trains in Korea

(Unit : μT)

Surrogate	Measuring position			P-value
	Front (N [‡] =12)	Middle (N=12)	Back (N=12)	
AM [*]	0.52±0.73	0.53±0.51	0.50±0.63	0.9949
GM [†]	0.29±0.44	0.33±0.31	0.30±0.37	0.9775
95 percentile	1.79±2.74	1.63±1.73	1.61±2.09	0.9759

* AM : Arithmetic mean, †: Geometric mean, ‡: Number of sample

는 전철이 발전소에서 공급하는 전력을 이용하며, 전력을 전달받을 수 있는 특수 전선이나 철로가 필요한데 교류전원을 사용하는 전철의 경우에는 철로 위로 설치한 전달선(트롤리선)을 통해 전달된다. 전달선의 교류는 팬터그래프라는 집전장치를 사용해서 지하철을 이동시키게 되는데 교류전원 사용 전철은 매우 높은 전압의 전력을 공급받기 때문에 변압기를 이용해 알맞은 전압으로 낮추어 사용한다. 변압된 전력은 바로 교류 견인전동기로 공급되거나 직류로 바뀌어 직류 견인전동기로 공급된다. 직류로 작동하는 지하철도 전달선과 팬터그래프를 이용하는 경우가 있기 때문에 팬터그래프가 있는 전철이 그렇지 않는 전철보다 높은 자기장을 방출하게 되는 것이다.

상대식과 섬식 플랫폼간의 자기장 방출량 차이를 비교한 결과에 있어서는 측정된 거리인 80cm, 200cm, 400cm 모두에 있

어서 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않는 것으로 나타나 상대식 플랫폼과 섬식 플랫폼간에는 자기장 방출수준의 차이가 없는 것으로 나타났다(Table 7). 한편, 본 연구에서는 플랫폼 형태 중 상대식과 섬식이 혼용된 역사인 서울 1호선(수원선)의 수원역과 서울 7호선 청담역 역사에 대한 거리별 자기장 방출수준을 조사한 결과, 산술평균의 경우 80cm, 200cm, 400cm에서 각각 0.25 μT , 0.19 μT , 0.16 μT 로 나타났으며, 기하평균의 경우에는 0.13 μT , 0.12 μT , 0.11 μT , 그리고 95분위수의 경우에는 0.73 μT , 0.54 μT , 0.41 μT 로 나타나 상대식과 섬식 플랫폼에 비해 낮은 자기장 방출수준을 나타내었다.

Table 8은 1개 차량에서의 측정위치별 전철의 자기장 방출수준을 조사한 결과로서 12개 차량의 정밀 측정결과, 중앙부근이 0.53 μT 로 가장 높게 자기장이 방출되었으며, 앞 부분이 0.52 μT , 뒷부분이 0.50

μT 순으로 나타났다. 본 조사 결과에서는 중앙부근에서의 자기장이 가장 높게 방출되는 것으로 나타났으나 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다($p>0.05$).

3. 가전제품 측정결과

가전제품은 송전선로 및 전철과 더불어 우리 일상생활 중 가장 일반적인 전자장 발생원 중 하나이며, 사용 중 혹은 전원 플러그인 상태에서 전자장을 끊임없이 방출하고 있다. 따라서 본 연구에서는 이러한 가전제품에서 방출되는 자기장 방출수준을 조사하기 위하여 10가구의 14개 가전제품을 대상으로 총 138개 가전제품에 대해서 거리별 자기장 방출수준을 조사하였다. 가전제품에서의 자기장 방출은 각 가전제품의 형태(디자인)와 크기 및 제조업체에 따라 매우 다양한 방출수준을 나타내기 때문에 정확한 가전제품에서의 자

Table 9. Summary of arithmetic mean magnetic field levels generated from 14 items electric appliances by the distances

(Unit : μT)

Electric appliance	N*	0cm	30cm	50cm	100cm	300cm
TV	10	2.26 \pm 1.88	0.18 \pm 0.11	0.10 \pm 0.04	0.05 \pm 0.03	0.03 \pm 0.03
Refrigerator	10	0.33 \pm 0.25	0.17 \pm 0.18	0.11 \pm 0.10	0.04 \pm 0.04	0.02 \pm 0.03
Audio	9	0.28 \pm 0.31	0.07 \pm 0.07	0.04 \pm 0.05	0.04 \pm 0.05	0.02 \pm 0.02
PC	10	0.81 \pm 1.05	0.04 \pm 0.03	0.03 \pm 0.03	0.03 \pm 0.03	0.02 \pm 0.02
Hair dryer	10	6.47 \pm 10.90	0.13 \pm 0.12	0.06 \pm 0.06	0.03 \pm 0.05	0.03 \pm 0.03
Electric fan	10	0.18 \pm 0.24	0.03 \pm 0.02	0.02 \pm 0.02	0.01 \pm 0.01	0.01 \pm 0.01
Air conditioner	10	0.22 \pm 0.36	0.05 \pm 0.05	0.04 \pm 0.04	0.03 \pm 0.03	0.03 \pm 0.03
Electric blanket	10	1.38 \pm 1.06	0.07 \pm 0.05	0.05 \pm 0.03	0.03 \pm 0.02	0.03 \pm 0.02
Kimchi refrigerator	10	0.09 \pm 0.08	0.07 \pm 0.07	0.05 \pm 0.06	0.04 \pm 0.06	0.01 \pm 0.02
Microwave oven	10	7.69 \pm 7.11	1.58 \pm 2.13	0.53 \pm 0.58	0.13 \pm 0.08	0.05 \pm 0.04
Vacuum cleaner	10	5.27 \pm 4.22	0.48 \pm 0.44	0.15 \pm 0.13	0.05 \pm 0.04	0.03 \pm 0.03
Washing machine	10	0.69 \pm 0.79	0.08 \pm 0.13	0.06 \pm 0.11	0.04 \pm 0.09	0.02 \pm 0.03
Desk lamp	10	0.18 \pm 0.27	0.02 \pm 0.01	0.01 \pm 0.01	0.01 \pm 0.00	0.00 \pm 0.00
Electric shaving machine	9	0.10 \pm 0.10	0.02 \pm 0.01	0.02 \pm 0.01	0.01 \pm 0.00	0.01 \pm 0.00

* N : Number of sample

가장 방출수준을 확인하기 위해서는 이들 전 가전제품에 대한 가전제품의 형태(디자인)별, 크기별, 제조업체별로 구분하여 방출량을 조사하여야 하지만, 영국(Preece AW 등, 1997)과 미국(Zaffanella L and Kalton, 1998) 등 국외 연구조사와 마찬가지로 우리나라의 경우에도 이러한 요인들이 매우 다양하여 정확한 방출수준을 확인하는 것은 불가능하였다. 또한 가전제품들간의 간섭효과 및 일반가정의 자기장 배경수준(미국의 경우 $0.05 \mu T \sim 0.4 \mu T$)로 인하여 측정 방출수준이 과대평가되는 것을 최소화한 방지하기 위하여 측정중에는 가능한한 다른 가전제품은 사용하지 않도록 하였으며, 향후 이러한 제한점을 해결하기 위해서는 외부의 자기장을 차폐할 수 있는 챔버 등에서 실험이 이루어져야 할 것으로 판단된다. 따라서 본 연구에서는 일부 가전제품을 대상으로 조사가 이루어졌으며, 조사 결과 기존의 보고와 마찬가지로 거리가 멀어질수록 자기장 방출수준이 급격히 감소하는 것을 확인할 수 있었으며, 측정된 가전제품 대부분은 외국 조사연구사례와 유사한 전형적인 펄스 형태의 자기장 방출형태를 나타내었으나 추세선 감소차수는 영국과 미국 사례와 비교하여 상당히 낮은 감소차수를 나타내

었다.

Table 9는 본 연구에서 분석한 14개 가전제품의 거리별 자기장 방출수준으로서 전자레인지가 $7.69 \mu T$ 로 가장 높은 자기장 방출수준을 나타내었으며, 그 다음으로 헤어드라이기 > 진공청소기 > TV > 전기장판 > PC > 세탁기 > 냉장고 > 오디오 > 에어컨디셔너 > 선풍기와 책상형 광등 > 전기면도기 > 김치냉장고 순으로 나타났다. 또한, 기존의 보고와 마찬가지로 거리가 멀어질수록 자기장 방출수준이 급격히 감소하는 것을 확인할 수 있었으며, 최근 전자장 노출 위험 가능성에 대한 홍보와 국민들의 전자장 민감성으로 인해 가전제품 생산라인 상에서 자기장 방출이 적은 소재를 사용함으로써 기존 연구결과보다 본 연구결과가 비교적 낮은 방출수준이 나타난 것으로 판단된다.

Table 10은 본 연구에서 측정된 일부 가전제품과 기존의 미국과 영국에서 측정된 가전제품 중 품목이 일치되는 제품에 대한 추세선 감소차수를 비교한 것이다. 분석 결과 미국과 영국 가전제품의 자기장 감소 추세선 감소차수는 거리에 2승 정도에 반비례하는 경향을 보였으나, 이와는 달리 본 연구에서 측정한 결과는 1승 이하의 값을 보임을 확인할 수 있었다.

냉장고의 경우 영국, 미국, 그리고 본 연구 모두에서 추세선 감소차수가 거리의 1승 이하로 가장 낮은 값을 가짐을 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 다른 가전제품이 모든 방향에서 측정될 수 있는 최대 값을 조사한 것과는 달리, 냉장고의 경우 일반적으로 제품의 전면에서만 측정하기 때문에 발생하는 차이라고 판단된다. 따라서, 가전제품 자체만의 자기장 감소 추이를 확인하기 위해서는 외부의 자기장 방출영향을 차폐시킬 수 있는 챔버 등의 측정조건 및 방법을 통해서 실시하여야 할 것으로 판단된다.

IV. 결 론

전자장 인체 유해성 논란과 관련하여 대중적 관심에 비해 과학적 연구결과나 자료가 부족한 실정이며 특히 정부차원의 전자장 연구는 미비한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 전자장 관련 연구의 일환으로 전자장의 주요 발생원인 전철과 가전제품을 대상으로 정부차원의 실태조사를 수행하고자 하였다. 전철의 경우, 1일 이용승객이 700만명 이상이나 이용하고 있는 가장 대표적인 대중교통수단이며,

Table 10. Comparison of degree of tendency that the shift of the magnetic field levels according to the increase of distance from the electric appliances in UK, USA, and this study

Electric appliance	UK		USA		This study	
	N*	Degree of tendency	N	Degree of tendency	N	Degree of tendency
TV	73	-1.1670	5	-1.5168	10	-0.7599
Refrigerator	23	-0.7443	4	-0.7462	10	-0.4608
Hair dryer	39	-2.2356	5	-2.3163	10	-1.0208
Microwave oven	34	-1.3799	5	-2.1553	10	-0.8750
Vacuum cleaner	42	-1.8054	5	-2.0501	10	-0.9441
Desk lamp	3	-1.7189	4	-1.9400	10	-0.6725
Electric shaving machine	1	-2.3817	4	-2.3347	9	-0.4710

* N : Number of sample, (Ref.) Preece et al., 1997; Zaffanella et al., 1998

가전제품의 경우에는 최근 고도화된 산업 발전과 생활의 편리성으로 인해 각종 가전제품 사용 증가와 사용시간의 증가하고 있는 추세이다.

따라서 본 연구에는 전자장 위해론과 관련되어 전철 및 가전제품 영향권내 자기장 수준 실태조사 및 전자장 측정방법을 확립하고자 하였으며, 이에 대한 조사 결과는 다음과 같다.

전국 전철내 일반차량의 자기장 수준을 평가한 결과, 교류전원을 사용하는 서울 지하철 4호선(선바위 ↔ 오이도) 구간이 평균 $2.85 \mu\text{T}$ 로 가장 높은 자기장 방출수준을 나타내었으며, 직류전원을 사용하는 광주지하철(상무 ↔ 소태) 구간이 평균 $0.02 \mu\text{T}$ 로 가장 낮은 자기장 방출수준을 나타내었다.

전국 전철의 사용전원(직류와 교류)에 따른 자기장 수준을 비교한 결과, 일반차량의 경우 교류전원($2.14 \mu\text{T}$)이 직류전원($0.29 \mu\text{T}$), 구동차량의 경우 교류전원($1.74 \mu\text{T}$)이 직류전원($0.37 \mu\text{T}$), 팬터그래프차량의 경우 교류전원($1.75 \mu\text{T}$)이 직류전원($0.51 \mu\text{T}$)에 비해 통계적으로 유의하게 높은 자기장 방출수준을 나타내었다.

전국 전철역사의 플랫폼 형태(상대식과 섬식) 및 측정위치(일반차량, 구동차량, 팬터그래프차량)에 따른 자기장 방출수준은 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다.

일반가정에서 사용하는 가전제품 14종에 대한 거리별 자기장 방출수준을 조사

한 결과, 전자레인지가 $7.69 \mu\text{T}$ 로 가장 높은 자기장 방출수준을 나타내었으며, 헤어드라이기($6.47 \mu\text{T}$), 진공청소기($5.27 \mu\text{T}$), TV($2.26 \mu\text{T}$), 전기장판($1.38 \mu\text{T}$) 등의 순으로 나타났다. 또한, 거리가 멀어질수록 자기장 방출수준이 급격히 감소하는 것으로 나타났다.

5. 자기장 발생원에서 방출되는 자기장 세기가 이격거리에 반비례하여 감소하는 현상을 이용, 조사된 가전제품에 대한 각 거리별 자기장 세기의 감소 추세선 차수를 분석한 결과, 헤어드라이기가 1승 이상(-1.0208)으로 가장 높은 추세선 차수를 나타내었으며, 그 밖의 모든 가전제품은 1승 이하로 나타났다.

이상의 결과로 보아 국내 전철의 자기장 방출수준은 비교적 낮은 수준인 것으로 조사되었으며, 직류전원을 사용하는 전철보다 교류전원을 사용하는 전철에서 자기장이 높게 방출되었다. 또한, 일부 가전제품을 대상으로 거리별 감소 추세선을 분석한 결과, 국내 가전제품의 추세선 감소 차수는 대부분 1승 이하로 나타나 영국이나 미국의 가전제품보다는 이격거리에 따른 추세선 감소 정도가 낮았음을 확인할 수 있었다.

REFERENCES

김윤신, 김수연, 박지연, 최원욱. 극저주파 영역에서의 전자파 노출에 관한

조사연구. 한국환경위생학회지 1997; 23: 55-61.

통계청. 1999년 생활시간조사보고서, 제1권 생활시간량편, 2000.

Juutilainen J, Laara E, Pukkala E. 1996. Evaluating Alternative Exposure Indices in Epidemiologic Studies on Extremely Low-Frequency Magnetic Fields. Bioelectromagnetics 1996; 17: 138-143.

Kabat GC, O'Leary ES, Schoenfeld ER, Greene JM, Crimson R, Henderson K, Kaune WT, Gammon MD, Britton JA, Teitelbaum SL, Neugut AI, Leske MC. Electric blanket use and breast cancer on Long Island. Epidemiology 2003; 14: 514-520.

Linet MS, Hatch EE, Kleinerman RA, Robison LL, Kaune WT, Fredman DR, Severson RK, Haines CM, Hartsock CT, Niwa S, Wacholder S, Tarone RE. Residential exposure to magnetic fields and acute lymphoblastic leukemia in children. New Engl J Med 1997; 337:1-7.

London SJ, Thomas DC, Bowman JD, Sobel E, Cheng TC, Peters JM. Exposure to residential electric and magnetic fields and risk of childhood leukemia. Am J Epidemiol 1991; 134:923-937.

Lovely RH, Buschbom RL, Slavich AL, Anderson LE, Hansen NH, Wilson

- BW. Adult Leukemia risk and personal appliances use. : A preliminary study. Am J Epidemiol 1994; 140: 510-517.
- NIEHS working group report. Assessments of health effects from exposure to power-line frequency electric and magnetic fields 1998
- Preece AW, Kaune W, Grainger P, Preece S, Golding J. Magnetic fields from domestic appliances in the UK. Phys Med Biol 1997; 42:67-76.
- Savitz DA, Wachtel H, Barnes FA, John EM, Tvrdik JG. Case-control study of childhood cancer and exposure to 60Hz magnetic fields. Am J Epidemiol 1998; 128: 21-38.
- Schoenfeld ER, O'Leary ES, Henderson K, Grimson R, Kabat GC, Ahnn S, Kaune WT, Gammon MD, Leske MC. Electromagnetic fields and breast cancer on Long Island : A case-control study. Am J Epidemiol 2003; 158: 47-58.
- Vena JE, Freudenheim JL, Marshall JR, Laughlin R, Swanson M, Graham S. Risk of premenopausal breast cancer and use of electric blankets. Am J Epidemiol 1994; 140: 974-979.
- Vena JE, Graham S, Hellmann R, Swanson M, Brasure J. Use of electric blankets and risk of postmenopausal breast cancer. Am J Epidemiol 1991; 134: 180-185.
- Verreault R, Weiss NS, Hollenbach KA, Strader CH, Daling JR. Use of Electric Blankets and Risk of Testicular Cancer. Am J Epidemiol 1990; 133(5):759-762.
- Wertheimer N and Leeper E. Electrical wiring configurations and childhood cancer. Am J Epidemiol 1979; 109: 273-284.
- Wertheimer N and Leeper E. Possible effects of electric blankets and heated waterbeds on fetal development. Bio-electromagnetics 1986; 7:13-22.
- Zaffanella L and Kalton GW. Survey of personal magnetic field exposure. Phase II : 1000 person survey(EMF RAPID program engineering project) 1998