

일부 복사기에서 방출되는 전자파 수준

류은신·노영만^{1)†}·박정일¹⁾

대한산업보건협회 산업보건연구소, 가톨릭대학교 산업의학센터¹⁾

The Levels of Electromagnetic Fields Strength Emitted from Several Commercial Photocopiers

Eun Shin Lyu · Youngman Roh^{1)†} · Chung Yill Park¹⁾

Institute of Occupational Health, Korean Industrial Health Association,
Catholic Industrial Medical Center, The Catholic University of Korea¹⁾

This study was designed to evaluate the levels of electromagnetic fields(EMFs) for extreme low frequency(ELF) and very low frequency(VLF) in accordance with the distance from photocopiers, manufactures, power consumption and the amount of copy in the state of stand-by and running. The subjects were 15 commercial photocopiers produced by 3 manufacturers from January 15 to April 30 in 2002.

The results were as follows:

1. Electromagnetic fields were not significantly increased according to the increase in the amount of copy.
2. The levels of electromagnetic fields were decreased according as the distance from photocopiers was increased.
3. The levels of magnetic fields for ELF at 10cm from photocopiers in the running mode were significantly different between manufacturer A and B. These of

magnetic fields for VLF at the same distance and mode in manufacturer A were significantly different with manufacturer C and B.

4. The levels of EMFs at 10cm exceeded the Korean exposure criterion had proved except these of manufacturer A.

From the above results, when photocopiers were running, the levels of EMFs were significantly higher than these of EMFs in the state of stand-by. The levels of magnetic fields for ELF at 10cm were significantly high and exceeded the Korean exposure criterion. Consequently, the preventive control of regulation should be appropriately applied to the workers engaged in copying work.

Key Words : Electromagnetic fields, Extremely low frequency, Very low frequency, Photocopiers

I. 서론

전자파란, 진동 에너지를 가지고 공간을 매질로 하여 공간영역에서 이동하는 유도전류의 일종이며, 전기장과 자기장이라고 하는 서로 다른 두 가지 성질을 동시에 지닌 파동이다(나정웅, 1987)(그림 1).

전기장이라 함은 전하에 의해 변화된 그 주위의 공간 상태를 말하며, 자기장은 자석 상호간, 전류 상호간, 또는 자석과 전류사이에 힘이 작용하는 공간 상태를 말한다(정보통신부 고시, 2000).

전자파는 크게 전리 방사선과 비전리 방사선으로 나뉘며, 비전리 방사선은 극

저주파(Extremely Low Frequency: 0-1 kHz; 이하 ELF), 초저주파(Very Low Frequency: 1-500 kHz; 이하 VLF), 라디오파(Radio Frequency: 500 kHz-300 GHz; 이하 RF) 및 마이크로파(Microwave: 300 MHz-300 GHz)로 분류하고, 극저주파, 초저주파 및 라디오파는 전계와 자계를 측정하며, 마이크로파는 단위 면적당 전력(mW/cm^2)으로 측정한다(김덕원, 1996, 1999).

저주파로 크게 볼 수 있는 극저주파 및

접수일: 2002년 7월 22일, 채택일: 2002년 8월 16일

† 교신저자: 노영만(서울시 영등포구 여의도동 62, 가톨릭의대 산업의학센터

Tel : 02-3779-1408, Fax : 02-782-6017, E-mail : ymroh@catholic.ac.kr)

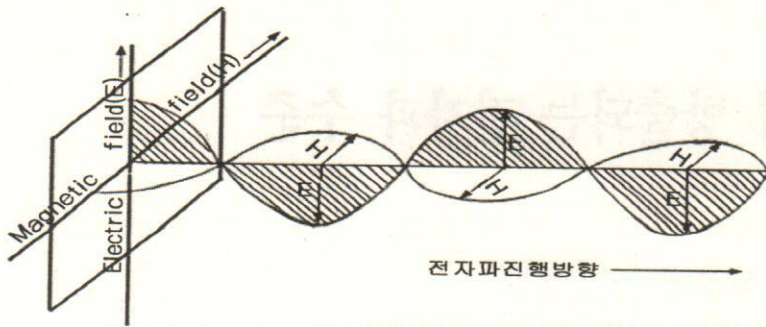


Fig 1. The configuration of electromagnetic fields.

초저주파는 열 효과를 갖는 고주파와는 달리 비열효과 작용으로서 극 저주파는 자계와 전계로 인해 인체에 유도되는 전류에 의해 세포막을 이동하는 Na^+ , K^+ , Ca^{++} , Cl^- 등의 분포에 변화를 일으킴으로써 각종 호르몬 분비에도 영향을 미치는 것이 문제가 되고 있으며, 급성적인 영향보다는 만성적 증상으로 백혈병, 뇌종양, 유방암 등의 발생률이 증가한다고 보고된 바 있다. 전기기기에서 방출되는 전자파는 전기장과 자기장으로 구성되는데 전기장은 전압의 세기에, 자기장은 전류의 크기에 비례하여 발생한다. 전기장은 전도성이 높은 물체에 의해 상당히 차단되나 자기장은 자성이 매우 강한 특수 합금에 의해서만 차단되어 자기장 차단이 쉽지 않다. 인체가 전기장에 노출되는 경우, 인체는 전기가 잘 통하는 물이 70%이상으로 구성되어 있는 일종의 도체이므로 대부분의 전류가 피부부를 통해 흘러 피부 질환을 유발하고, 자기장은 거의 모든 물질을 통과하므로 인체를 투과하면서 혈액 속의 철 분자에 영향을 주는 것으로 추측된다. 따라서 전기장보다는 자기장이 인체에 더 유해하다고 추측되고 있다(김덕원, 1996).

현재 세계 대부분의 나라에서 사용되고 있는 상용주파수인 60Hz는 극저주파에 속하며, 직업인을 포함한 일반사람들도 쉽게 노출이 될 수 있는 환경을 만들고 있기 때문에 그 유해성에 대한 인식이 갈수록 높아지고 있다(김덕원, 1996; Amy 등, 1998).

변전소나 전력선에 종사하는 근로자들

에 대한 전자파의 인체 유해성에 대한 관심이 뚜렷해진 것은 1950년대였으며, 1960년대 구소련의 전력선 근로자들의 메스꺼움, 두통과 열에 대한 호소를 밝히는 보고서가 발표되었다(Barnothy, 1969; Asanova와 Rakov, 1966). 그러나, 사무에 종사하는 근로자들의 수적 우세에도 불구하고, 전자파에 대한 연구는 변전소 근무자, 전기관련 기술자 그리고 변전소내 거주자에 국한되어왔고, 몇 개의 연구만이 사무환경에 초점을 두었다(Akbar, 1982; Stuchly 등, 1983; Juutilainen와 Saali, 1986; Kaune 등, 1987; Hayashi 등, 1989; Yost 등, 1992; Hollander, 1993; Tritsch, 1993; Loomis 등, 1994).

사무실에는 주로 극저주파를 방출하는 다양한 사무전자기기가 있으며, 근로자들은 하루 8시간 이상 이런 환경속에서 근무를 하고 있기 때문에 잠재적으로 노출되는 극저주파 및 초저주파의 노출량에 대한 연구가 필요하다(Farhang와 Jeffery, 1995).

캐나다 사무실환경의 자기장은 0.5 mG였고, VDT의 앞부분의 0.3 m의 거리에서 1.5-7 mG, 칼라 텔레비전은 12.5 mG로 보고되었다(Stuchly 등, 1983). 다른 연구에서 VDT는 제조회사에 따라 0.3 m에서 2.5-4.4 mG로 보고 되었으며, 새 모델에서 더 낮은 측정치를 보였다(Juutilainen와 Saali, 1986). 다른 사무환경 연구는 사무실에 배치되어 있는 전기기기는 대체로 1-5 mG였으나, 프린터와 복사기는 10 mG가 넘는 자기장 측정값을 보였다(Hollander, 1993). 사무근로자들의 자기장

노출에 대한 시간가중치 연구에서는 16명의 근로자들이 노출되는 자기장의 시간가중치 평균값은 1.6 mG였다(Deadman 등, 1993).

본 연구에서는 사무실의 전자파 환경을 만드는 전기사무기기 중 복사기의 사용이 일반적이다. VDT, 프린터 그리고 팩스 같은 기기와 달리 근로자가 신체를 밀착하고 복사를 해야 하며, 기존 연구에서 타 기기에 비하여 자기장의 방출이 다소 높은 점을 감안하여 복사기의 대기 및 복사 상태에서 사용량, 제조일, 소비전력, 제조회사와 거리에 따른 극저주파와 초저주파의 전자기장을 측정함으로써 국내의 기준과 비교하여 건강보호에 도움을 줄 수 있는 자료를 제시하고자 하였다.

II. 연구내용 및 방법

1. 연구대상

조사대상은 일반 사무실에서 가장 점유율이 높은 국내의 3개 사의 복사기를 각각 5대씩 측정하였으며, 측정 일은 2002년 1월 15일부터 4월 30일까지로 하였다.

2. 연구방법

HI-3603 VDT/VLF radiation measurement system, HI-3604 ELF field strength measurement system, HI-4413 fiber optic, fiber optic cable과 RS-232 adapter(Holaday Industries, Inc., U.S.T)를 이용하여 전계와 자계를 측정하며, 측정범위는 HI-3603이 1-2000volts/meter, 1-2000 milliampere/meter이고, HI-3604가 1-200 kilovolts/meter, 0.2 milligauss-20 gauss이다. 측정주파수범위는 HI-3603이 10-500 kHz, HI-3604가 0-10 kHz로서 전자기장의 세기는 발생원으로부터 유기된 RMS(root mean square: 실효치)값으로 전기장의 단위는 kV/m 또는 V/m, 자기장의 단위는 mG로 한다(1 mG=80 mA/m=0.1 μ T).

전기장 및 자기장은 각각 전하 및 전류에 의해 공기 중에 형성되는 일종의 힘으

로 크기와 방향을 갖는 벡터(Vector)이므로, 어떤 지점에서의 전기장 및 자기장의 세기를 측정할 때에는 X축, Y축, Z축 방향에서 각각의 세기를 측정하여 벡터 합을 다음과 같이 구한다(그림 2).

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2 + F_z^2}$$

본 측정기기는 감지부분이 하나로서 전기장은 Concentric plate displacement current electric sensor이고 자기장은 8 inch diameter magnetic field sensing loop로서 X, Y, Z축으로 각각 측정을 한 뒤 벡터 합을 구해준다.

측정은 복사기의 전원이 켜진 상태와 작동중일 때 측정기를 안정화시킨 후 앞, 좌 그리고 우에서 10, 30, 50 cm에서 X, Y, Z축을 5회 10초 간격으로 측정하였으며, 복사기의 상부는 10, 30 cm에서 같은 방법으로 측정하였다. 각 복사기의 제조 년월, 복사량, 소비전력과 모델번호를 반드시 기록하였다(Farhang와 Jeffery, 1995; 김윤신 등, 1997; Amy 등, 1998).

3. 자료 분석

통계 분석은 SAS패키지를 이용하여 목적에 따라 산술 평균을 구하고, 그룹 간 비교는 t-검정 및 ANOVA를 적용 수행하였다.

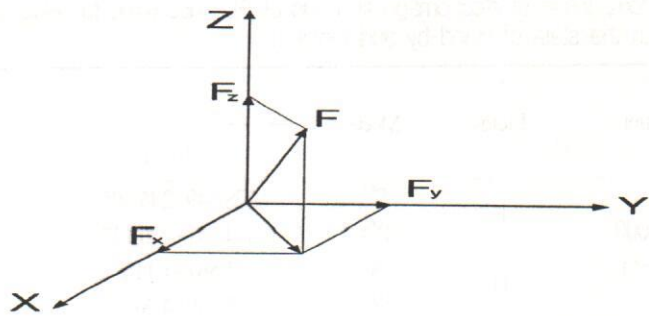


Fig 2. the vector sum of electromagnetic fields.

III. 연구결과

1. 실험대상의 특성

15대의 복사기를 X, Y, Z 축에서 각각 5회 측정을 한번으로 보았을 때, 총 3960번 측정을 하였으며, 측정대상 복사기의 특성은 Table 1과 같다. 구입일로부터 복사매수가 100000미만인 것은 15대중 5대, 100000이상 500000미만인 것은 7대 그리고 복사매수가 500000이상은 3대이었다.

복사기의 대기상태 소비전력은 0.135 kWh 1대, 0.156 kWh 7대, 0.200 kWh 5대, 0.241 kWh 2대 였으며, 복사상태 소비전력은 대기상태 소비전력에 광원, 전열장치 소비전력이 합하여진 값이며, 최대 소비전력보다는 적은 값으로서 평균치를 나타낸다. 0.349 kWh는 2대, 0.389 kWh 3대, 0.645 kWh 1대, 0.804 kWh 4대, 0.830 kWh 5대였다(표 1).

Table 1. General characteristics of 15 photocopiers

Characteristics	Number of photocopiers(N)	%
Amount of copy(sheet)		
Sheet < 100000	5	33.3
100000 ≤ Sheet < 500000	7	46.7
500000 ≤ Sheet	3	20.0
Power consumption(kWh)		
Stand-by 0.135	1	6.7
0.156	7	46.7
0.200	5	33.3
0.241	2	13.3
Running 0.349	2	13.3
0.389	3	20.0
0.645	1	6.7
0.804	4	26.7
0.830	5	33.3

2. 복사량에 따른 극저주파와 초저주파의 방출량

표 2와 3에서 복사기의 제조년도와 복사량은 일치하지 않았으며, 복사량이 증가함에 따라 극저주파의 전기장은 증가하지 않았고, 자기장은 복사량이 증가함에 따라 증가하였으나, 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 초저주파에서는 복사량이 증가함에 따라 전기장과 자기장의 방출량이 증가하지 않았다.

3. 작업자의 위치 및 복사기 상태에 따른 극 저주파에서 전자파 방출량

표 4에서 복사상태와 대기 상태에서 A와 C의 복사기는 복사기로부터 거리가 멀어짐에 따라 전기장의 방출량이 감소하였으며, 통계적으로 유의한 차이가 있었다($P < 0.05$). 복사상태에서 전기장의 방출량은 대기상태보다 높았으며, B사의 복사기도 거리에 따라 전기장의 방출량이 감소하는 경향을 보였으나, 유의한 차이는 없었다. 극 저주파에서 복사기로부터 거리가 증가함에 따라 자기장의 방출량이 급격히 감소하였으며, B사의 복사기는 통계적으로 유의하게 감소하였다($P < 0.05$). 10 cm에서 복사상태시 A(4.123 ± 1.232 mG)와 B(14.297 ± 6.913 mG)사이에 통계적으로 유의한 차이가 있었다($P < 0.05$). 대기상태의 복사기로부터 거리 10 cm에서 B(10.078 ± 5.209 mG)와 A(0.922 ± 0.073 mG), C(2.899 ± 1.688 mG)사이에 통계적으

Table 2. Comparison of electromagnetic fields at ELF according to fields and distance from photocopiers in the state of stand-by and running

Unit : E(V/m), H(mG)

Amount	Fields	Mode	Distance		
			10cm	30cm	50cm
<100000 (N=5)	E	S ^{a)}	278.549±245.505	144.049±125.129	89.423±77.752
		R ^{b)}	344.871±270.147	189.078±150.631	120.733±97.716
	H	S	1.561±1.116	1.154±0.520	1.132±0.515
		R	5.139±4.267	2.422±1.909	1.334±0.487
100000≤ <500000 (N=7)	E	S	374.100±202.453	198.067±130.858	136.983±94.747
		R	431.818±226.768	225.253±139.887	139.881±100.251
	H	S	5.872±5.503	2.753±1.975	1.446±0.525
		R	11.658±5.095	5.413±2.710	3.099±2.767
500000≤ (N=3)	E	S	251.195±206.328	123.138±107.171	72.834±63.129
		R	327.965±252.591	168.382±138.520	105.350±77.587
	H	S	6.861±6.806	3.460±2.740	1.578±0.813
		R	12.465±0.095	6.150±4.001	2.838±1.820

a): Stand-by, b): Running

Table 3. Comparison of electromagnetic fields at VLF according to fields and distance from photocopiers in the state of stand-by and running

Unit : E(V/m), H(mG)

Amount	Fields	Mode	Distance		
			10cm	30cm	50cm
<100000 (N=5)	E	S ^{a)}	2.029±2.937	0.829±0.711	0.497±0.129
		R ^{b)}	5.709±5.231	1.690±1.043	0.835±0.234
	H	S	0.020±0.013	0.013±0.009	0.012±0.009
		R	0.076±0.055	0.028±0.013	0.018±0.009
100000≤ <500000 (N=7)	E	S	1.214±0.510	0.840±0.368	0.615±0.255
		R	3.084±1.015	1.302±0.516	0.844±0.327
	H	S	0.016±0.011	0.012±0.008	0.012±0.006
		R	0.136±0.085	0.062±0.063	0.020±0.006
500000≤ (N=3)	E	S	2.886±3.770	0.997±0.831	0.520±0.151
		R	4.649±3.859	1.811±1.546	0.759±0.321
	H	S	0.019±0.013	0.009±0.002	0.008±0.001
		R	0.094±0.071	0.034±0.024	0.035±0.036

a): Stand-by, b): Running

로 유의한 차이가 있었고($P<0.05$) 거리 30 cm에서 B(4.300 ± 2.100 mG)와 A(0.866 ± 0.028 mG), C(1.899 ± 0.882 mG)간에 각각 통계적으로 유의한 차이가 있었다($P<0.05$).

4. 작업자의 위치 및 복사기 상태에 따른 초저주파에서 전자기파 방출량

표 6은 복사기의 대기상태와 복사상태에서 거리와 작업자의 위치에 따른 초저

주파의 전기장 방출량으로서 A, B, C 사 모두 복사기로부터의 거리가 멀어짐에 따라 전기장의 측정값이 감소됨을 보이며, 복사상태 일 때 3개사 모두 거리에 따른 전기장의 방출량 감소는 통계적으로 유의한 차이가 있었다($P<0.05$). 10 cm에서 복사상태일 때, 총 전기장 방출량의 평균은 A, B 및 C사 제품 각각 A(7.526 ± 4.409), B(3.419 ± 0.802 mG) 및 C(1.871 ± 0.282 mG)로서 제조회사 간에 통계적으로 유의한 차이가 있었다($P<0.05$).

표 7은 복사기로부터 거리가 멀어짐에 따라 초저주파의 자기장 방출량이 감소됨을 보여주고 있으며, B사는 복사상태와 대기상태일 때 복사기에서 멀어짐에 따라 방출량이 감소하였으며 통계적으로 유의한 차이가 있었다($P<0.05$). C사는 대기상태일 때 복사기로부터 거리가 멀어짐에 따라 방출량이 감소하였으며 유의한 차이가 있었다($P<0.05$). 거리 10 cm에서 복사상태일 때 총 자기장 방출량의 평균은 A, C 및 B사 제품 각각 0.166 ± 0.073 mG,

Table 4. Comparison of electric fields strength at ELF according to four directions and distance from photocopiers in the state of stand-by and running

Unit : E(V/m)

Manufacturer	Direction	Mode	Distance		
			10 cm	30 cm	50 cm
A(N=5)	Front	S ^{a)}	320.754±204.045	149.720±84.650	91.145±50.050
		R ^{b)}	334.638±205.942	161.911±91.091	96.255±54.324
	Left	S	342.781±186.504	181.789±98.285	91.905±47.913
		R	433.513±199.634	234.514±92.214	127.870±38.006
	Right	S	390.501±218.823	109.172±81.575	91.905±47.913
		R	496.820±303.266	261.545±179.914	144.768±91.752
	Upper	S	213.390±117.860	169.842±93.611	— ^{c)}
		R	344.798±135.967	206.844±90.091	—
	Mean	S ¹⁾ *	316.856±176.943	169.070±94.318	97.407±56.024
		R ¹⁾ *	402.442±200.864	216.203±108.872	122.964±59.767
B(N=5)	Front	S	287.831±277.025	155.092±153.620	92.617±111.020
		R	328.909±292.658	178.997±167.687	133.670±141.968
	Left	S	662.068±323.475	163.617±173.856	188.898±198.055
		R	394.005±343.021	197.445±192.598	157.208±158.250
	Right	S	408.877±416.816	254.086±278.912	126.915±199.718
		R	461.426±477.440	286.940±142.252	142.252±131.017
	Upper	S	247.652±199.718	138.088±133.833	—
		R	342.359±232.798	180.167±167.900	—
	Mean	S	326.721±299.691	177.721±183.163	136.143±127.288
		R	381.675±332.564	210.887±203.721	144.377±141.669
C(N=5)	Front	S	275.505±160.174	139.068±80.587	81.737±49.929
		R	318.606±173.144	175.235±90.787	105.205±55.774
	Left	S	362.593±221.682	183.462±128.361	103.790±77.660
		R	418.293±246.277	211.687±134.006	127.204±77.891
	Right	S	316.509±198.987	141.026±81.799	88.608±54.337
		R	400.223±230.807	178.606±97.322	104.809±61.733
	Upper	S	283.564±163.691	130.356±76.917	—
		R	311.192±160.842	147.771±78.604	—
	Mean	S ¹⁾ *	309.543±180.368	148.478±88.527	91.379±59.228
		R ¹⁾ *	362.079±195.727	178.325±96.189	12.406±63.450

a): Stand-by, b): Running, c): Not measured, *:P<0.05

1): Means show significantly different according to the increase in distance

Table 5. Comparison of magnetic fields strength at ELF according to four directions and distance from photocopiers in the state of stand-by and running

Unit : H(mG)

Manufacturer	Direction	Mode	Distance		
			10cm	30cm	50cm
A(N=5)	Front	S ^{a)}	0.931±0.089	0.870±0.010	0.870±0.010
		R ^{b)}	2.939±0.682	1.411±0.212	1.146±0.142
	Left	S	0.948±0.104	0.921±0.078	0.889±0.052
		R	5.674±4.809	2.865±2.231	1.198±0.304
	Right	S	0.896±0.050	0.873±0.011	0.866±0.000
		R	4.253±2.602	1.791±0.595	1.066±0.249
	Upper	S	0.912±0.059	0.880±0.026	— ^{c)}
		R	3.625±0.316	2.046±0.454	—
	Mean	S	0.922±0.073 ^{2)*}	0.886±0.028 ^{4)*}	0.875±0.021
		R	4.123±1.232 ^{3)*}	2.028±0.556	1.137±0.059
B(N=5)	Front	S	4.682±1.840	2.357±0.762	1.549±0.402
		R	6.166±2.118	2.914±0.710	2.068±0.612
	Left	S	15.935±8.307	5.311±2.993	2.172±1.023
		R	23.377±12.678	6.996±4.036	4.220±3.303
	Right	S	5.834±2.568	2.694±1.020	1.684±0.558
		R	7.545±2.734	3.308±0.942	2.088±0.645
	Upper	S	13.862±9.171	6.833±3.861	—
		R	20.097±11.112	9.405±5.579	—
	Mean	S	10.078±5.209 ^{2)*}	4.300±2.100 ^{4)*}	1.801±0.629
		R ^{1)*}	14.297±6.913 ^{3)*}	5.649±2.741	2.792±1.278
C(N=5)	Front	S	4.682±1.840	2.357±0.762	1.549±0.402
		R	6.359±3.344	4.235±2.935	3.337±2.937
	Left	S	4.071±2.749	2.036±0.950	1.561±0.748
		R	8.615±4.215	5.132±3.779	3.914±3.762
	Right	S	2.624±1.785	1.755±0.718	1.370±0.380
		R	7.437±3.063	3.762±3.258	3.090±3.100
	Upper	S	2.485±1.526	1.660±0.774	—
		R	19.666±10.016	10.92±5.851	—
	Mean	S	2.899±1.688 ^{2)*}	1.899±0.884 ^{4)*}	1.426±0.429
		R	10.520±4.636	6.013±3.404	3.447±3.256

a): Stand-by, b): Running, c): Not measured, *:P<0.05

1):Means show significantly different according to the increase in distance

3):Means between A and B are significantly different as tested at the P<0.05 level

2),4):Means between B and A or C are significantly different as tested at the P<0.05 level

Table 6. Comparison of electric fields strength at VLF according to four directions and distance from photocopier in the state of stand-by and running

Unit : E(V/m)

Manufacturer	Direction	Mode	Distance		
			10cm	30cm	50cm
A(N=5)	Front	S ^{a)}	1.715±1.203	0.849±0.320	0.497±0.085
		R ^{b)}	10.453±14.318	2.442±0.949	1.132±0.217
	Left	S	1.009±0.314	0.659±0.181	0.553±0.128
		R	3.534±3.831	1.148±0.403	0.856±0.323
	Right	S	0.921±0.338	0.548±0.121	0.476±0.105
		R	2.294±0.789	1.308±0.567	0.833±0.410
	Upper	S	9.992±12.567	2.545±2.773	— ^{c)}
		R	13.822±11.208	4.336±4.087	—
	Mean	S	3.410±3.507	1.150±0.797	0.509±0.101
		R ^{1)*}	7.526±4.409 ^{2)*}	2.309±1.066 ^{3)*}	0.940±0.116
B(N=5)	Front	S	0.921±0.553	0.707±0.366	0.544±0.209
		R	5.061±1.020	1.244±0.402	0.881±0.344
	Left	S	1.270±0.786	0.890±0.505	0.638±0.307
		R	2.791±1.985	1.359±0.895	0.809±0.451
	Right	S	1.223±0.778	0.880±0.501	0.757±0.436
		R	2.231±1.537	1.491±0.943	0.979±0.510
	Upper	S	1.089±0.744	0.857±0.538	—
		R	3.595±0.931	1.323±0.576	—
	Mean	S	1.126±0.700	0.833±0.470	0.646±0.310
		R ^{1)*}	3.419±0.802 ^{2)*}	1.354±0.802	0.890±0.428
C(N=5)	Front	S	0.908±0.360	0.609±0.187	0.525±0.109
		R	3.317±1.537	1.265±0.424	0.791±0.151
	Left	S	1.039±0.440	0.677±0.192	0.526±0.186
		R	1.540±0.626	0.843±0.227	0.600±0.162
	Right	S	0.936±0.377	0.596±0.164	0.492±0.095
		R	1.400±0.531	0.910±0.279	0.535±0.087
	Upper	S	0.816±0.296	0.598±0.178	—
		R	1.227±0.507	0.729±0.217	—
	Mean	S	0.925±0.360	0.620±0.177	0.514±0.122
		R ^{1)*}	1.871±0.282 ^{2)*}	0.937±0.215 ^{3)*}	0.642±0.119

a): Stand-by, b): Running, c) : Not measured, *: P<0.05

1): Means show significantly different according to the increase in distance

2): Means between A and B or C are significantly different as tested at the P<0.05 level

3): Means between A and C are significantly different as tested at the P<0.05 level

Table 7. Comparison of magnetic fields strength at VLF according to four directions and distances from photocopiers in the state of stand-by and running

Unit : H(mG)

Manufacturer	Direction	Mode	Distance		
			10cm	30cm	50cm
A(N=5)	Front	S ^{a)}	0.031±0.030	0.010±0.004	0.008±0.001
		R ^{b)}	0.167±0.225	0.023±0.005	0.013±0.003
	Left	S	0.009±0.0004	0.008±0.001	0.008±0.001
		R	0.180±0.006	0.049±0.014	0.021±0.005
	Right	S	0.010±0.003	0.008±0.001	0.008±0.001
		R	0.154±0.097	0.056±0.034	0.062±0.076
	Upper	S	0.024±0.021	0.010±0.003	— ^{c)}
		R	0.165±0.029	0.166±0.269	—
	Mean	S	0.019±0.013	0.009±0.002	0.008±0.001
		R	0.166±0.073 ²⁾ *	0.073±0.071 ³⁾ *	0.032±0.024
B(N=5)	Front	S	0.014±0.003	0.009±0.001	0.009±0.001
		R	0.036±0.006	0.059±0.095	0.012±0.002
	Left	S	0.013±0.003	0.010±0.003	0.010±0.002
		R	0.110±0.055	0.035±0.016	0.019±0.007
	Right	S	0.013±0.003	0.007±0.001	0.007±0.0004
		R	0.147±0.075	0.038±0.013	0.021±0.007
	Upper	S	0.018±0.004	0.011±0.003	—
		R	0.176±0.133	0.072±0.055	—
	Mean	S ¹⁾ *	0.015±0.002	0.010±0.001	0.008±0.001
		R ¹⁾ *	0.117±0.056 ²⁾ *	0.051±0.028	0.017±0.005
C(N=5)	Front	S	0.013±0.006	0.011±0.004	0.010±0.003
		R	0.021±0.007	0.012±0.003	0.011±0.003
	Left	S	0.022±0.015	0.016±0.012	0.014±0.009
		R	0.035±0.018	0.022±0.012	0.016±0.009
	Right	S	0.034±0.035	0.026±0.025	0.023±0.021
		R	0.043±0.031	0.031±0.025	0.026±0.022
	Upper	S	0.014±0.006	0.012±0.004	—
		R	0.054±0.033	0.023±0.009	—
	Mean	S ¹⁾ *	0.021±0.015	0.016±0.011	0.016±0.011
		R	0.038±0.013 ²⁾ *	0.022±0.018 ³⁾ *	0.018±0.011

a): Stand-by, b): Running, c): Not measured. *:P<0.05

1):Means show significantly different according to the increase in distance

2):Means between company A or B and C are significantly different as tested at the p<0.05 level

3):Means between company A and C are significantly different as tested at the p<0.05 level

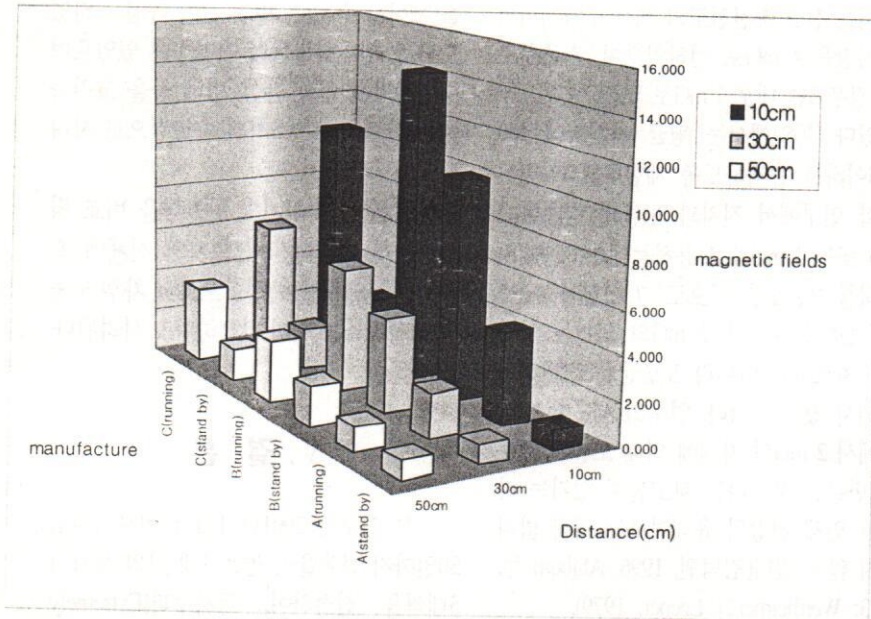


Fig. 3. Magnetic fields strength at ELF according to manufacturer and distance in the state of stand-by and running.

0.038±0.013 mG 및 0.117±0.056 mG로서 제조사 간에 통계적으로 유의한 차이가 있었다(P<0.05). 거리 30 cm에서는 A와 C 제품 각각 0.073±0.071 mG와 0.022±0.018 mG로서 제조사간에 통계적으로 유의한 차이가 있었다(P<0.05).

IV. 고 찰

현재 국내에서는 전자파의 유해성에 대한 과학적 근거에 비해 사회적 관심과 추론이 앞서 있으며 전자파 측정의 방법 또한 확립화 되어있지 않다(김덕원 등, 1995). 이런 현실 속에서 특히 인체에 유해한 전자파에 대한 연구는 전자기학적 접근과 보건학적 접근이 수행되어야 하며 0-1000 Hz의 극 저주파는 급성적인 영향보다는 만성적 영향을 나타내며, 흡수율에 대한 개인적인 차, 다른 환경인자와의 관계, 불 균일한 체내 흡수, 노출 강도, 주파수 등 많은 변수가 작용해 정확히 그 영향 및 기전을 파악하기가 어렵다(김윤신 등, 1997).

극 저주파와 초저주파가 인체에 폭로되었을 때, 1) 열적장해현상에 의한 열의 발생, 2) 비열적장해에 대한 신경, 근육의 자

극 등의 생물학적 영향에 대한 자극성이 문제가 되고 있는 것으로 알려져 있다(Schnorr 등, 1991; ACGIH, 2001).

전자파의 인체 흡수현상은 사람의 기하학적 크기나 형상이 달라 전자기적으로 분석은 복잡하며, 정규화 SAR (specific energy absorption rate)의 주파수 변화에 따라 준 공진 영역, 공진 영역, hot spot 영역 및 표면 흡수영역으로 구분하여 신체에 영향을 미치는 대역을 나누고 있다(민경찬, 1991).

전계나 자계를 측정함에 있어 자체보다는 전계 측정이 더 어려운데 그 이유는 전계는 주위의 물체 특히 전도체뿐만 아니라 측정기 및 인체에 의해서 변화되므로 전계의 측정치 결과가 부정확할 수 있다. 그러므로 전계를 측정할 때에는 측정하고자 하는 지점에 측정기를 설치하고 멀리 떨어진 곳에서 원격 측정기로 측정하여야 정확한 전계 강도를 측정할 수 있다. 그러나 본 실험에서는 원격 조정기를 제외한 광섬유와 반도체를 사용하였기 때문에 전계 측정시 측정자와 보조자 및 환경이 측정값에 영향을 주었을 것으로 생각된다. 이에 비하여 자계는 인체나 대개의 다른 물체에 의해 변화하지 않으므로 주위 환경에 구애받지 않고 측정할 수 있다(김

덕원, 1996).

복사기의 사용량에 따른 극저주파와 초저주파에서 전자파의 방출량은 통계적으로 유의한 차이가 없었으며, 극저주파에서 복사기의 사용량이 많을수록 자기장이 증가했으나, 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 복사 상태의 소비전력은 대기 상태의 소비전력과 복사시 광원 및 장착부라 불리는 전열장치의 소비전력이 합하여진 값이다. 본 실험 대상인 15대의 복사기는 모두 아날로그 방식으로서 할로겐램프(광원)에 의한 조사된 정보가 여러 개의 거울에 의해 드럼위에 투영되며, 여러 단계를 거친 종이는 정착부(전열장치)로 들어가 열과 압력으로 용지를 정착시킨다(신도리코, 2002). 대기상태와 복사상태에서의 소비전력에 따른 15대 복사기로부터의 전자파 방출량은 유의한 차이가 없었다. 이상의 결과로 보아, 복사기의 사용량과 소비전력에 따른 전자파 방출량에 미치는 영향을 보기 위해서는 측정대상수를 크게 잡을 필요가 있다고 사려 된다.

복사기의 접지 여부는 전자파 방출량과 밀접한 관계가 있는데, 본 연구 대상 복사기 중 접지된 복사기는 없었다. 대기상태보다 복사상태일 때 복사기로부터 방출되는 전자기파의 양이 높았으며 복사기로부터 거리가 멀어짐에 따라 전자기파 방출량은 급격히 감소하였다. 복사 상태일 때 50 cm에서 방출되는 전자기파는 대기상태일 때 50 cm에서 방출되는 전자기파와 값의 큰 차이를 보이지 않았다. 또한, 복사상태일 때 극 저주파의 자기장 측정치는 대기상태일 때 보다 급격히 증가함을 보였으며 전기장의 경우 복사 상태일 때 측정값이 높아지기는 했으나, 자기장의 증가폭만큼 높게 측정되지는 않았다. 이 결과는 근로자가 복사업무시 서있는 복사기의 정면과 근로자의 손 위치인 윗 부분에서 노출이 가장 빈번하다고 추측되며 복사가 주 업무인 근로자의 경우 하루 8 시간동안 같은 작업자에서 벗어날 수 없기 때문에 근로자의 위치를 개선하는 공학적 대책도 필요하다고 사려된다.

그림 3은 극 저주파에서 복사기의 정지상태와 복사상태의 자기장 측정치를 거리

에 따라 보여주고 있다. 복사상태에서 자기장의 값이 현저하게 증가하는 것을 볼 수 있으며, 복사기로부터 거리가 멀어짐에 따라 방출되는 자기장이 급격히 감소됨을 볼 수 있다. 50 cm에서는 복사상태와 정지상태의 측정치에 차이는 있으나, 그 값이 크지 않으므로, 사무실이나 복사기가 있는 공간의 자기장과 비슷할 것으로 생각된다.

표 8에서 IRPA와 INIRC 두 기관의 60 Hz 전자파 노출에 대한 권고안은 전계 및 자계의 규제치는 신경자극 등을 일으킬 수 있다는 과학적 근거에 의한 것으로서 이 규제치는 역학 조사에서 밝혀진 2 mG 이상의 60 Hz 전자파에 장기간 노출 될 경우 암 발생률이 높아진다는 사실과는 무관한 수치로서 이 수치 이하는 안전하다고 해석해서는 안 된다. ACGIH는 작업 시간 중 잠시라도 초과되선 안되는 천장 값 허용 농도를 주파수에 따라 계산하도록 하고 있다(ACGIH, 2001). 미국의 캘리포니아주는 극 저주파의 자기장 수준이 4 mG를 넘는 지역에서는 주택을 짓지 못하도록 하는 규정을 제정하였고, 테네시주

에서는 신설 송전선로의 제한 구역에서의 자기장을 4 mG로 정하였으며, 기존선로의 경우 5년 내로 4 mG로 낮출 것을 요구하였다. 독일에서는 평균 자기장이 100 mG이하를 유지하도록 제한하였다. 많은 역학 연구에서 전자파 노출의 경계로 2 mG 또는 3 mG를 사용하는데, 이 경계치 이하를 “비 노출군”으로 그 이상을 “노출군”으로 분류한다. 2 mG의 의미는 안전 기준치로서가 아니라 노출군을 정의하기 위해서 있는 것이다. 일부의 세포학적 실험에서 2 mG의 자계에 의해 노출된 세포가 반응을 보였다는 보고들이 있기는 하지만 인체 건강의 유해여부는 아직 밝혀지지 않고 있다(김덕원, 1996; Ahlbom 등, 1993; Wertheimer와 Leeper, 1979).

본 연구에서 측정된 자기장의 측정치가 국내의 전자파 강도 기준 및 일부 국가의 기준을 초과하므로, 8시간 복사업무를 하는 근로자들을 위한 보건교육과 대책방안을 세우고, 복사기 제조에 있어서 전자파를 차폐할 수 있는 방법을 강구해야 한다. 그러나 본 조사는 측정대상수가 적었고 전자파에 영향을 줄 수 있는 다양한 변수

를 제어할 수 있는 방법 없이 측정을 하였으므로, 일반화하는데 어려움이 있었으며 주변기기에 의한 간섭, 방해 등을 고려하지 못한 점이 본 조사의 제한점으로 사려된다.

본 연구는 복사기의 방출량을 비교 평가하는데 그쳤지만, 근로자의 신체에 흡수되는 노출량을 측정함으로써 차후 노출량을 평가하는 것이 필요하다고 사려된다.

V. 결 론

본 연구는 2001년 1월 15일부터 4월 30일까지 점유율이 높은 3개 사의 복사기 5대씩을 선정하여, 극저주파(Extremely low frequency)와 초저주파(Very low frequency)에서 전기장과 자기장을 대기 상태와 복사상태에서 복사량, 소비전력, 제조사에 따라 측정하였고 결과는 다음과 같다.

1. 복사기의 복사량이 많을수록 전자기파가 유의하게 증가하지는 않았다.
2. 복사기의 대기 상태와 복사상태에서

Table 8. Exposure limit to electromagnetic strength fields at ELF of several nations and organizations

			Unit : E(V/m), H(mG)	
Organization	Application	State	E	H
IRPA/INIRC	Worker	Working	10000	5000
		Short time	30000	50000
		Limbs		250000
	Public	24 hours	5000	1000
		2-3 times	10000	10000
ACGIH	Worker		25000 ¹⁾	10000 ²⁾
	Medical electronic device wearer		—	1000 ^{a)}
America	Public			4
California				4
Tennessee				1.5
Chicago				100
Germany	Public		5000	4.1666 ⁴⁾
Korea	Worker		8333.33 ³⁾	0.8334 ⁶⁾
	Public		4166.67 ⁵⁾	

1): $ETLV=2.5 \pm 106/f$

2): $BTLV=60/f$ (BTLV is the magnetic flux density in millitesla)

3): $E=500/f$, 4): $H=20/f$ (A/m) ($f=0.025\text{kHz}-0.082\text{ kHz}$)

5): $E=250/f$, 6): $H=4/f$ (A/m) ($f=0.025\text{kHz}-0.8\text{ kHz}$)

a) Ceiling: Cardiac pacemaker and similar medical electronic device wearers should not be exposed to field levels exceeding 0.5 mT (5 mG)

극저주파와 초저주파의 전자기장을 복사기로부터 거리와 방향에 따라 측정하였을 때, 복사기로부터 거리가 멀어짐에 따라 방출되는 전자기장이 유의하게 감소하였다($P<0.05$).

3. 복사기의 복사상태에서 측정위치가 10cm일 때 극저주파의 자기장은 A($4.123 \pm 1.232\text{mG}$)와 B($14.297 \pm 6.193\text{mG}$)사이에 유의한 차이가 있었으며 초저주파의 자기장은 A($0.166 \pm 0.073\text{mG}$)와 C($0.038 \pm 0.013\text{mG}$), B($0.117 \pm 0.056\text{mG}$)간에 유의한 차이가 있었다($P<0.05$).

4. 10 cm에서 방출되는 극 저주파의 자기장은 A사를 제외하고 국내 전자파 노출 기준안을 초과했다.

본 실험의 결과로 보아, 대기상태보다 복사상태에서 전자파가 급격히 증가했고 극저주파의 방출량과 복사자의 위치인 10 cm에서 전자파의 방출량이 높았으며 복사기의 소비전력이 높음과 복사기 사용횟수가 많음에 따라 전자파의 방출량이 유의하게 증가하지 않았다. 또한, 10cm에서 측정된 극저주파의 자기장이 국내 전자파 노출 기준안을 초과하였다. 그러므로 복사 업무에 종사하는 근로자 및 일반인을 위한 복사기로부터의 적절한 전자파 차폐 방안이 권고되어야 할 것이다.

REFERENCES

- 김덕원. 전자파 공해. 수문사. 1996.
- 김덕원. 국내 저주파 및 생활환경의 전자기장 측정 및 분석. 전자파학회 전자기장 노출에 대한 인체 보호기준(안)에 관한 워크숍. 1999.
- 김윤신, 김수연, 박지연, 최원욱. 극저주파 영역에서의 전자파 노출에 관한 조사 연구. 한국환경위생학회. 1997;23(1): 56-61.
- 나정웅. 전자기 이론. 방한 출판사. 1987.
- 민경찬. VDT 증후군의 전자기적 분석과 대책. 한국기술연구소. 1991.
- 신도리코. 복사기의 제품원리 및 용어 설명. URL: Available from <http://www.sindo.co.kr>. 2002
- 정보통신부고시 제2000-1,2,3호.
- ACGIH. Threshold limit values for chemical substances and physical agents and biological exposure indices 2001.
- Ahlbom AM, Feychting J, Koskenvuo JH, Olsen E, Pukkala G et al. Elcetro-magnetic fields and childhood cancer. Lancet. 1993;342:1295-1296.
- Amy S, Patrick NB, Sukon K, Terry C and Victor F. Characterization of Extremely Low Frequency Magnetic Field Exposures of Office workers. Appl. Occup. Environ. Hyg. 1998;13(11): 776-781.
- Asanova TP, Rakov, AM. Health conditions of workers exposed to electrical fields on open switchboard installations of 400-500kV. Preliminary report. Gig. Tr. Prob. Zabol. 1966;10:50-52.
- Barnothy MF, Ed. Biological effects of magnetic fields. New York; Plenum press 1969.
- Deadman JE, Camus M, Armstrong BG, Heroux D, Cyr D et al. Occupational and residential 60Hz electromagnetic fields and high frequency electric transients: Exposure assessment using a new dosimeter. Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 1988;49(8):409-419.
- Farhang AK. A study of biological effects of magnetic field and the evaluation of magnetic field intensity in an aluminum reduction plant. Iranian J. Publ. Hlth. 1982;11:58-66.
- Farhang AK, Jeffery RH. Office workers' exposure to extremely low frequency magnetic fields and their preception of characteristics and health effects of ELF electromagnetic fields. Appl. Occup. Environ. Hyg. 1995;10(11): 927-933.77.
- Hollander JN. Comparison of extremely low frequency magnetic flux density exposures of electrical and non-electricla workers at the Los Alamos National Laboratory. American Industrial Hygiene Conference & Exposition. New Orelans. 1993;15-21.
- Juutilainen J, Saali K. Measurements of extremely low frequency magentic fields from video diplay terminals. Scand. J. Work Environ. Health. 1986; 12:609-613.
- Kaune WT, Stevens RG, Callahan NJ, et al. Residential magnetic and electric fields. Bioelectromagnetics. 1987;8:315-335.
- Loomis DP, Kromhout H, Peipins LA, et al. Sampling desgin and field methods of a large, randomized multisite survey of occupational magnetic field exposure. Appl. Occup. Environ. Hyg. 1994;9(1): 147-156.
- Schhor M, Barbara A Grajewski, Richard W Hornung, Michael J Thun, Grace M Eceland, William E Murray, David L Conover and William E Haplerin. Video disply terminals and the risk of spontaneous abortion. The New England Journal of Medicine. 1991;324 (11):727-733.
- Stuchly MA, Lecuyer DW, Mann RD, Extremely low frequency electro-magnetic emissions from video display treminals and other devices. Health Physics. 1983;43:713-722.
- Tritsch S. Electric currents: A new scare for the '90s. Health & Safety. 1993;84-86.
- Wertheimer N and Leeper E. Electrical wiring configuration and childhood cancer. Am. J. Epidemiol. 1979;109 (1):274-284.
- Yost MG, Lee GM, Duane D. California et al, Protocol for measuring 60Hz magnetic fields in residences. Appl. Occup. Environ. Hyg. 1992;7(11): 772-777.