

## 전력구 내 전자기파에 대한 작업 환경 측정

강대곤\* · 박재학\*\*†

# The Measurement of Electromagnetic Wave in Power Cable Tunnel of Underground Utility Tunnel

Dae Kon Kang\* · Jai Hak Park\*\*†

### †Corresponding Author

Jai Hak Park

Tel : +82-43-261-2460

E-mail : jhpark@chungbuk.ac.kr

Received : October 25, 2018

Revised : November 30, 2018

Accepted : December 3, 2018

**Abstract** : Electromagnetic measurements of the power cable tunnel were conducted from August 10 to 20, 2018, in the OO city underground utility tunnel. During this period, the average temperature was 31.89°C and the humidity was 67.56% in power cable tunnel. As a result of the electromagnetic measurement, the highest electric field was 25.3 V/m and the magnetic flux density was 42.6  $\mu$ T. The average electric field was 18.56 V/m and the magnetic flux density was 29.32  $\mu$ T in the power cable tunnel. As a result of comparison with the electric equipment technical standard, the electric field in the power cable tunnel was 0.5% of the electric equipment standard and 35.2% of the magnetic flux density. It's similar value that electric field is about robotic vacuum(15.53 V/m), and magnetic flux density is similar value about capsule-type coffee machine (23.07  $\mu$ T). The number of cable lines and the size of the electromagnetic waves were not proportional to each other through comparison of cable lines in the power cable tunnel. It was confirmed that 154 kV, rather than 22.9 kV, could have a greater influence on occupational.

Copyright©2019 by The Korean Society of Safety All right reserved.

**Key Words** : underground utility tunnel, electromagnetic wave, electric field, magnetic flux density, power cable tunnel

## 1. 서론

최근 국내에서 특고압 송전선로가 학교 근처나 특정 마을을 지나가는 것에 대한 반대 집회 또는 민원이 발생하고 있으며 그 위험성(Risk)에 대한 견해차로 인해 사회적 갈등이 커지고 있다.

전자기파 유해성(Hazard)에 대한 인식과 관련된 설문조사 결과 설문자의 83.2%가 인체에 해롭다고 인식하고 있으며 전혀 해롭지 않다는 의견은 0.2%에 불과할 정도로 일반인들은 전자기파가 신체에 유해하다고 생각하는 것이 일반적이다<sup>1)</sup>.

50-60 Hz 전자계와 주민들의 다양한 질병 사이의 관계를 찾는 역학적 연구가 진행되기도 하였으나 현재까지 확실하게 인체에 대한 유해를 확정 지을 만한 연구는 나오지 않았으며 개인과 나라마다 각기 다른 내용

과 기준치를 제시하고 있다<sup>2)</sup>.

전자기파의 유해성에 관한 연구로는 고압 송전선로로부터 40 m 이내에 거주한 어린이가 다른 어린이에 비해 소아백혈병으로 사망한 숫자가 2배 정도 더 높으며 극저주 자기파와 전자기파에 만성적인 노출, 3-4 mG 이상의 자기장에 주기적이고 지속해서 노출될 경우 소아백혈병 등과 같은 암질병 발생과 연관성이 있다는 것이다<sup>3,4)</sup>.

다른 연구로는 송전선로에서의 전자기파 배출량은 생활가전의 배출량 수치보다 적으며 오히려 작아 안정적이며<sup>5)</sup> 일상생활에서 발생하는 전자기파는 미약하여 오랜 시간 동안 노출이 되지 않는다면 인체에 영향이 없지만, 장기적인 노출은 위험할 수가 있으므로 사전 주의 대책이 필요하다는 것이다<sup>6)</sup>.

정부와 법원은 주로 자기장 피해에 대해 객관적인

\*세종시설관리공단 주임 (Sejong Special Self-governing City Facilities Management Corporation)

\*\*충북대학교 안전공학과 교수 (Department of Safety Engineering, Chungbuk National University)

증거에 의해 증명되지 않는다는 입장을 취하고 있고 세계보건기구(WHO)가 인정하는 국제기구인 국제비전리방사선보호위원회(ICNIRP; International Commission on Non-Radiation Protection)에서 전자기계 가이드라인을 완화해 발표하는 등 전자기계의 인체 영향에 대한 증거가 크지 않다는 것을 나타내고 있다<sup>7)</sup>.

이처럼 상반된 연구결과로 인해 지하 공동구의 전력구 순찰 및 점검을 하는 근로자와 관리자 관점에서 작업장에서 발생하는 전자기파가 근로자에게 위험한 것인지 위험하지 않은 것인지 혼란이 있을 수밖에 없다.

인구의 도시 집중화에 따른 교통문제와 토지의 이용효율을 높이기 위한 지하 공간의 활용은 필연적이라 할 수 있으며 특히, 안전하고 쾌적한 도로 공간의 확보 및 불필요한 예산 낭비 방지, 최근 빈발하는 지진·태풍 등 도시 재난에 대비한 안전 확보, 생활공급시설의 안정적 공급 등 사회적, 경제적 손실을 절감하기 위하여 공동구의 필요성에 대한 관심이 더욱 높아지고 있다<sup>8)</sup>.

중전 분산 설치된 시설물을 하나의 공간에 응집시켜 운영 및 관리가 용이하게 함은 물론 이에 따른 경제성 증가와 도시미관 향상에 긍정적 영향을 미쳐 1978년 여의도 공동구 건설을 시초로 많은 공동구들이 설치되고 있으며 최근에는 신도시를 중심으로 사회기반 시설물 구축을 위해 지하 공동구 방식을 도입하고 있다<sup>9)</sup>.

공동구의 전력구에는 도시기반시설 구축을 위해 많은 전력 케이블이 설치되어 있고 지하 공동구를 관리하는 작업장의 근로자는 순찰 및 점검 업무로 인해 필연적으로 극저주파 전자기장에 노출될 수밖에 없다. 하지만 이와 관련된 작업장의 전자기파 위험 또는 근로자에게 미치는 전자기파 조사량 등과 관련된 연구는 부족한 실정이다.

본 연구는 전력 사용량이 많은 8월 중순, 00시 공동구의 전력구 전자기파 측정을 하였고 그 결과를 국내외 전자기파 기준 및 생활가전의 전자기파 값과 비교함으로써 전력구내의 전자기파 조사량 수준을 확인하였다.

## 2. 00시 공동구 현황

### 2.1 공동구 개요

“공동구”란 전기·가스·수도 등의 공급설비, 통신시설, 하수도시설 등 지하매설물을 공동 수용함으로써 미관의 개선, 도로구조의 보전 및 교통의 원활한 소통을 위하여 지하에 설치하는 시설물을 말한다<sup>10)</sup>.

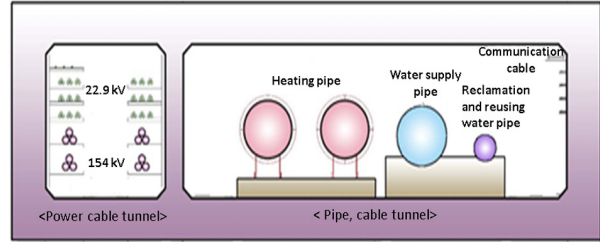


Fig. 1. Section of underground utility tunnel.

공동구는 2016년 기준 전국적으로 135개 시설, 연장길이 249,144 m, 면적 1,048,344 m<sup>2</sup>에 달하고 있다<sup>11)</sup>.

공동구 내부는 Fig. 1과 같이 전력구와 배관, 통신구의 2개의 구간으로 나누어지며 전력구내에는 전력 케이블, 배관, 통신구에는 상수도관, 중수도관, 난방관, 통신 케이블이 설치되어 있다.

### 2.2 전력구 케이블 종류 및 배치형태

전력구는 Fig. 2와 같이 너비 2,200 mm, 높이 2,350 mm 박스 형태로 이루어져 있으며 양쪽 벽면에 기반시설 전력용 케이블 및 전력구 내 설비 제어를 위한 전력과 통신 케이블이 설치되어 있다.

전력구 내 설치된 케이블은 크게 두 가지로 나누어지며 154 kV 케이블은 154 kV 가교폴리에틸렌 절연 압출 파부형 알루미늄 시스 비닐 방식 전력 케이블(CAZV), 22.9 kV 케이블은 22.9 kV 가교 폴리에틸렌 절연 비닐 시스 동심 중성선 수밀형 난연 전력 케이블(FR-CN/CV-W) 또는 22.9 kV 가교 폴리에틸렌 절연 비닐 시스 동심 중성선 수밀형 난연 알루미늄 전력 케이블(FR-CN/CV-W/AL)로 구성되어 있다.

전력구의 케이블 구성은 Table 1과 같이 A, B, C상 세 개의 케이블을 1회선으로 하여 구간에 따라 154 kV 케이블은 2-4회선, 22.9 kV 케이블은 6-16회선으로

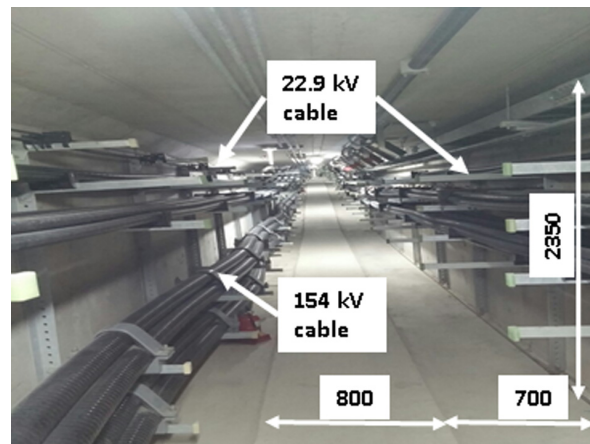


Fig. 2. Cable arrangement in the power cable tunnel.

Table 1. Total cable coupled numbers

Section	Total cable coupled No.	154 kV cable No.	22.9 kV cable No.
A	12	0	12
B	14	2	12
C	14	2	12
D	9	2	7
E	8	2	6
F	12	2	10
G	12	2	10
H	13	2	11
I	20	4	16

구성되어 있으며 케이블 회선 수의 구성에 따라 총 9개의 공간으로 나누어진다. 9개의 공간 중 케이블의 회선이 많은 곳은 20회선, 적은 곳은 8회선이며 가장 많은 20회선이 포설된 곳의 구성은 154 kV가 4회선, 22.9 kV가 16회선으로 되어있다.

### 3. 전자기장 국내외 노출 기준 및 가전제품 전자기파 측정값

전자기장이란 전기장과 자기장의 총칭을 말하고 전기장은 전하에 의해 변화된 그 주위의 공간 상태를 말하며, 자기장은 자석상호간, 전류상호간 또는 자석과 전류사이에 힘이 작용하는 공간 상태를 말한다<sup>12)</sup>.

전하로부터 발생하는 전기장의 단위는 볼트/미터(V/m)이며 전하의 이동, 즉 전류에 의해 발생하는 자계의 단위는 자계의 강도(A/m)와 자속밀도( $\mu$ T 또는 mG)로 사용한다<sup>7)</sup>.

#### 3.1 전자기장 국내 노출 기준

국내에서는 전파법 하위고시인 「전자파인체보호기준」에 전자기장의 정의와 일반인 및 직업인에 대한 전신노출에 규정된 전기장 강도, 자기장 강도 및 자속밀도를 규정화 하고 있고 그 중 직업인에 대한 전기장, 자기장 강도와 자속밀도에 대한 기준은 Table 2와 같이 60 Hz에 대한 일반인의 전자기파 강도기준은 전기장은 4,160 V/m, 자기장은 66.67 A/m, 자속밀도는 83.3  $\mu$ T이며, 직업인의 전자파강도기준은 전기장은 8,330 V/m, 자기장은 333.3 A/m, 자속밀도 416.67  $\mu$ T 가 기준 수치이다<sup>12)</sup>.

직업인(근로자)이라 함은 직무상 작업수행 과정에서 자신이 전자기장에 노출되고 있음을 알고 있고 이의 잠재적인 위험성을 알고 주의하도록 훈련받은 자를 말한다.

Table 2. Standard of electric and magnetic field for general public & occupational<sup>12)</sup>

Type	Frequency range	Electric field strength (V/m)	Magnetic field intensity (A/m)	Magnetic flux density ( $\mu$ T)
Gen. Public	0.025 kHz -0.82 kHz	250/f	4/f	5/f
Ocup.		500/f	20/f	25/f

※ f : frequency(60Hz, f=0.06 kHz)

직업인의 제한치보다 일반인의 제한치가 낮은 이유는 직업인은 잠재적인 위험을 알고 있고 적절한 주의를 취하며 전자기파의 조사시간은 일하는 시간에 한정되어 있지만, 일반인은 전자기파에 특별히 민감한 사람도 포함되며 조사가 일어나고 있음을 모를 수도 있고 하루 중 24시간 동안 그리고 일생동안 조사될 수도 있기 때문이다<sup>13)</sup>.

하지만 「전자파인체보호기준」은 전기설비(송전선로)에서는 적용하지 아니한다고 명시하고 있다.

송전선로에 적용되는 전자기파 허용 기준은 「전기설비기술기준」제17조(유도장해 방지)에 따라 특고압 가공전선로에서 발생하는 극저주파 전자계는 지표상 1 m에서 전계가 3.5 kV/m 이하, 자계가 83.3  $\mu$ T 이하가 되도록 시설하여야 한다고 기준화되어 있다. 이는 「전자파인체보호기준」에서 60 Hz에 해당하는 일반인에 대한 전자파강도기준값과 비교하여 전기장은 0.66 kV/m가 적고 자속밀도는 같은 값으로 특고압 가공전선로에서 발생하는 극저주파 전기자계는 일반인이 일 생활에서 60 Hz의 환경에서 노출되는 전자기파 기준 값 수준이어야 한다.

「전자파인체보호기준」에서 자기장은 자기장강도와 자속밀도를 구분하지만 「전기설비기술기준」에서 자계는 자속밀도를 정의하고 있다는 것을 알 수 있다.

#### 3.2 전자기장 국외 노출 기준

세계보건기구 산하의 국제암연구소(IARC; International Agency for Research on Cancer)는 2011년 5월 RF 전자기파를 발암 유발 가능 물질 2B등급으로 분류하였고 국제비전리복사방호위원회는 1998년과 2010년에 전자기파인체 노출을 제한하는 가이드라인을 발표한 이후 대부분의 국가가 ICNIRP의 기준을 채택하고 있어 국제기준처럼 준용되고 있다<sup>14)</sup>.

Table 3은 2010년 개정된 근로자에 대한 ICNIRP 가이드라인(1-100 kHz)으로 60 Hz에 해당하는 직업인의 기준 값은 전기장 8.33 kV/m, 자속밀도 1,000  $\mu$ T로 국내 「전자파인체보호기준」과 비교하여 전기장은 기준은 동일하고 자속밀도는 2.4배 높은 다소 완화된 기준을

Table 3. ICNIRP guide line for general public & occupational occupation<sup>15)</sup>

Type	Frequency range	Electric field strength (kV/m)	Magnetic field intensity (A/m)	Magnetic flux density (μT)
Gen. Public	50 - 400 Hz	250/f	160	200
Ocup.	25 Hz - 300 Hz	500/f	800	1,000

※ f : frequency(60Hz, f=60)

적용하는 것을 알 수 있다.

유럽연합(European Union)에서는 직업인의 전자기파 노출 보호를 위한 2013/35/EC 지침을 발표하였고 60 Hz에서 전기장은 최저 8,333 V/m 최고 16,666 V/m, 자속밀도는 1,000 μT-5,000 μT를 기준 값으로 하고 있으며 국부적으로는 15,000 μT까지 허용하고 있다<sup>16)</sup>.

호주에서는 50/60 Hz 주파수에 대한 제한 값을 Table 4와 같이 직업인과 일반인을 구분하였고 세부적으로 일반인은 대중적인 공간과 결합효과를 방지하는 예방적인 차원의 환경을 구분하여 전기장과 자속밀도 기준치를 정하고 있으며 근로자의 경우 종일 근무, 2시간 미만의 단시간, 팔다리에 국한된 노출로 구분하고 있다.

종일 근무자의 허용 기준치는 전기장 10 kV/m, 자속밀도 500 μT로 전기장과 자속밀도 둘 다 국내 기준보다 조금 높은 완화된 기준을 적용한다는 것을 알 수 있다.

Table 4. Interim guidelines for general public & occupational occupation<sup>17)</sup>

Type	Exposure characteristics	Electric field strength (kV/m)	Magnetic flux density (mT)
General Public	Up to 24 hours/day <sup>a</sup>	5	0.1
	Few hours/day <sup>b</sup>	10	1
Occupational	Whole working day	10	0.5
	Short term	10-30 <sup>c</sup>	5 <sup>d</sup>
	For limbs	-	25

여기서 a는 휴양지, 공공장소 및 그와 유사한 지역과 같이 일반인이 하루 중 충분한 시간을 보내는 개방적인 공간에 적용하며, b는 하루 중에 수분 동안은 초과할 수 있는 이 수치들은 간접적인 결합(coupling effects) 효과를 방지하기 위한 예방 조치로써 주어지고, c는 10-30 kV/m 사이의 기준 값은 필드에 대한 지속 노출 시간  $t \leq 80/E$ 로부터 계산한다. 여기서 t는 근무(노출) 시간, E는 전기장 강도(kV/m)를 말한다. d는 최대 노출 시간은 근무일 당 2시간이다.

국외 기준과 비교한 국내 근로자에 대한 전자기파

허용 기준은 대체로 비슷하거나 국내 기준이 다소 강화된 낮은 수치를 적용한다는 것을 알 수 있었다.

### 3.3 가전제품의 품목별 전자기파 측정결과

EMF Safety는 2012년 생활 가전기기의 전자기파 발생량을 조사하기 위하여 최근에 가정에서 많이 사용하는 가전기기 20종을 선정하여 대상 기기의 전자기파 발생량을 측정하였다.

전자기파 측정방법으로 EMF 차폐실과 가정집에서 EHP-50(제조사 : Narda) 측정 대상 기기를 중심으로 각 측면에서 가장 큰 자기장 세기가 발생하는 부분을 찾아서 그곳에서 거리별로 1분 동안 전자기장을 측정하여 최대가 되는 값을 측정하였고 그 결과는 Table 5와 같다.

「전자파인체보호기준」일반인에 허용되는 기준과 비교하여 전기장은(기준 : 4,160 V/m) 0.05-23.16% 수준 자기장은(기준 : 83.3 μT) 0.05-84.11% 수준을 보여 안전한 것으로 나타났으며 기기별로 이격 거리가 중요하다는 것을 확인하였다<sup>18)</sup>.

Table 5. Electric magnetic field strength and magnetic flux density measurement results of household appliance

Type	Electric field strength (V/m)	Magnetic flux density (μT)
Mini Oven	267.84	70.07
Rice Cooker	2.11	1.99
Robotic Vacuum	15.53	0.083
Induction Cooker	0.231	3.42
Capsule-type Coffee Machine	450.22	23.07
Microwave	38.95	47.8
Electric heater	117.58	18.81
PDP TV	191.3	1.4
LED TV	35.03	0.79
LCD TV	695.19	0.0799
Tablet PC	2.01	0.01
Laptop	354.58	0.074

## 4. 전력구 전자기장 측정방법 및 결과

### 4.1 전력구 전자기장 측정방법

전력구 전자기파 측정 기간은 2018년 8월 10일부터 20일까지 10일간 실시하였으며 이 기간에 OO시의 생활 기온은 최저 21℃, 최고 39℃이었다<sup>19)</sup>.

공동구 내의 온도와 습도는 00325(제조사 : Acurite), 전기장과 자속밀도는 TM-190(제조사 : Tenmars)을 이용하여 측정을 하였다. TM-190의 정확도는 전기장은



Fig. 3. Measuring of electric and magnetic fields.

$\pm (15\% + 100dgt)$ , 자기장은  $\pm (7\% + 50dgt)$ 이며 산업현장에서 일반적으로 사용 할 수 있는 장비이다.

근로자가 순찰 및 점검을 위해 이동하는 통로의 중앙을 기준으로 「전기설비기술기준」과 「전자파강도 측정기준」에서 요구하는 1 m 높이에서의 측정 방법에 따라 Fig. 3과 같은 1 m 높이의 받침대를 사용하여 측정 지점에서 정면, 왼쪽 및 오른쪽 3방향에 대한 전기장과 자속밀도를 측정하였으며 전자기파의 발생을 일으켜 혼선이 될 수 있는 휴대전화를 포함한 전자기기는 소지하지 않고 1분간 측정된 측정 결과 중 가장 큰 값을 대표값으로 설정하였다<sup>12,20,21</sup>.

#### 4.2 전력구 전자기장 측정결과

케이블 회선 수에 따라 총 9개의 공간으로 구분이 되며 동일 공간에서 위치를 다르게 하여(정면, 왼쪽,

오른쪽) 전자기장을 5번 측정(동일한 케이블 수가 포설된 공간의 시작부근, 1/3지점, 1/2지점, 2/3지점, 끝부근) 하였고 전기장과 자속밀도 값은 Table 6과 같다.

지하 공동구 전력구의 전기장 평균은 18.56 V/m, 자기장 평균은 29.32  $\mu T$ 이었고 전기장이 가장 높은 곳은 25.3 V/m, 자기장은 42.6  $\mu T$ 이었다. A구간과 B구간은 동일한 22.9 kV 케이블 12회선이 동일한 위치에 있으나 A구간에 비해 154 kV 2회선이 추가로 있는 B구간의 전기장과 자기장이 4.1-6.6 V/m와 11.8-18.2  $\mu T$ 가 더 높은 수치를 보였다.

동일한 측정 장소에서 154 kV 케이블 회선이 포설되어 있는 좌측의 전자기파 수치가 154 kV 케이블 회선이 없는 우측 수치보다 전기장은 0.5-9 V/m, 과 자기장은 3.4-12.4  $\mu T$ 가 더 높았다.

전체 케이블로 회선이 8회선으로 가장 적은 D구간과 20회선으로 가장 많은 I 구간의 비교한 결과 케이블 회선이 더 적은 D 구간이 I 구간에 비해 전기장과 자기장 수치가 더 높았다. 이를 통해 케이블 수와 전자기파의 수치가 무조건적인 비례관계에 있지는 않다는 것을 확인하였다.

다만, 154 kV와 22.9 kV 케이블과 계측기를 이격 없이 측정한 전기장과 자기장 값은 각각 28 V/m, 200  $\mu T$  이상으로 자기장의 경우 기준 값 83.3  $\mu T$ 를 초과 하였다.

### 5. 결론 및 고찰

본 연구는 00시 공동구 제1구간을 중심으로 전력구의 전자기파 측정을 통해 근로자의 작업 환경에 대한 객관적인 자료를 구축하고 그 결과를 「전기설비기술기준」 전자기파 수치와 비교함으로써 근로자와 감독자가 전력구 공간에서 전자기파 수치를 인지하며 전자기파에 대한 막연한 위험성에 대한 심리적 위축으로 인한

Table 6. Measuring electric field and magnetic flux density in power cable tunnel.

Section	Temperature (°C)	Humidity (%)	Forward		Left		Right	
			Electric field strength (V/m)	Magnetic flux density ( $\mu T$ )	Electric field strength (V/m)	Magnetic flux density ( $\mu T$ )	Electric field strength (V/m)	Magnetic flux density ( $\mu T$ )
A	28	64	13.0	18.4	15.7	16.6	15.7	15.9
B	33	63	19.6	30.6	21.7	34.8	19.6	27.7
C	33	63	20.5	31.2	22	34.8	20.2	28.1
D	33	63	23.0	32.4	25.3	38.4	23.0	31.5
E	32	68	17.6	31.3	23.6	32.1	17.6	28.7
F	32	68	14.0	27.3	20.7	34.5	11.7	26.9
G	33	79	14.6	37.3	15	42.6	14.3	30.2
H	33	79	15.4	30.9	16.0	32.7	14.2	25.7
I	31	61	22.0	25.7	21	26.9	20.5	20.5



불안감 해소와 그로 인한 안전사고 방지가 목적이며 그 결과는 다음과 같다.

1) 「전기설비기술기준」과 「전자기파강도 측정기준」에 따라 지표면으로부터 1 m 위치에서 전자기파를 측정한 결과 전력구내 전기장 평균값은 18.56 V/m, 자기장 평균값은 29.32  $\mu$ T, 최대값은 전기장 25.3 V/m, 자기장 42.6  $\mu$ T이었다. 「전기설비기술기준」기준 값과(전기장 3.5 kV/m, 자기장 83.3  $\mu$ T) 비교하였을 때 평균값은 전기장 0.5%, 자기장 35.2% 수준이었고 최대값은 전기장 0.7%, 자기장 51.1% 수준이었다.

2) 케이블 회선의 수와 전자기파의 크기는 비례하지 않았다.

3) 22.9 kV 케이블보다는 154 kV 케이블이 있는 공간이 근로자에게 보다 높은 전자기파의 영향을 미칠 수 있다. 또한 고압 케이블에서 발생하는 극저주파 자기장은 100  $\mu$ T 이상의 고밀도일 경우, 비록 짧은 시간 동안 노출된다 해도 인체 내에 전기장과 전류를 유도하고, 근육과 신경계를 자극하며, 중추신경계의 신경세포 활성화에 변화를 일으키므로<sup>22)</sup> 고압 케이블로 가까이에서 작업할 때에는 작업시간과 이격 거리에 대한 대책을 마련하여야 한다.

4) 측정 방법에서 차이가 있어 직접적인 비교는 어렵지만 일상가전 전기장과 자기장의 단순한 수치만을 가지고 전력구내의 전자기파 평균 측정 값과 비교한 결과 전기장은 로봇청소기(15.53 V/m), 자기장은 캡슐형 커피머신(23.07  $\mu$ T)의 전자기파 측정 값과 비슷한 수치를 보였다.

5) 전계의 세기는 케이블의 전압과 관계가 있지만 자계의 세기는 주로 도체를 흐르는 전류, 선로의 배치 구조, 선로로부터의 거리 등에 따라 달라진다. 전압과는 다르게 선로에 흐르는 전류는 전력수용에 따라서 하루 동안에도 상당히 변화한다<sup>17)</sup>. 따라서 선로에 공급되는 전압, 전류(전력)와의 상관관계 및 측정 기간 등을 확인하여 전자기파의 환경에 관한 측정과 관련된 연구가 수행되어야 하겠다.

6) 전자계가 인체에 미치는 영향에 대한 과학적인 명확한 증거가 없고 근로자의 작업 환경이 전자기파 기준보다 낮다고 해서 이것이 근로자가 안전하다는 절대적인 수치는 아니다. 사업장에서 전자기계로 인한 갈등을 해소하기 위해 사전예방의 원칙에 의거 사회적 합리에 의한 기준을 제정하여 규제하는 것이 합리적이다.

본 연구의 결과가 특정 사업장에서의 전자기파 인체 보호 방침 등 안전 기준과 연구를 촉진하는데 이바지할 수 있기를 기대한다.

**감사의 글:** 이 논문은 2018년도 세종시설관리공단의 지원을 받아 수행되었습니다.

## References

- 1) National Radio Research Agency, "A Study on Electromagnetic Wave Protecting Human", pp. 45-46, 2016.
- 2) D. H. Kim and S. C. Kim, "A Study on Characteristics and Safety for Human Body in ELF Electric and Magnetic Fields using Statistical Method", J. Korean Soc. Saf., Vol. 11, No. 3, pp. 75-77, 1999.
- 3) N. Wertheimer and E. Leeper, "Electrical Wiring Configurations and Childhood Cancer", Am J. Epidemiol. 109, pp. 273-284, 1979.
- 4) I. S. Jeon, "Management Korean Strategies for Electromagnetic Fields in Electric Power Lines", The journal of Korean Institute of Electromagnetic Engineering and Science, Vol. 14, No. 10, pp. 1017-1018, 2013.
- 5) Korea Electric Power Corporation (<http://blog.kepco.co.kr>)
- 6) National Radio Research Agency, Minist, (<http://www.rra.go.kr>)
- 7) K. K. Seo, "Occurrence and Regulatory Standards of Magnetic Field on Power Transmission and Transformation Lines", Journal of Daegu Gyeongbuk Development Institute, Vol. 11, No. 3, pp. 136-144, 2012.
- 8) Y. K. Kang and I. C. Choi, "Economic Feasibility of Common Utility Tunnel based on Cost-Benefit Analysis", J. Korean Soc. Saf., Vol. 30, No. 5, p. 29, 2015.
- 9) D. W. Woon, N. C. Seong and D. C. Shin, "A Study on Determining Dew Condensation at the Underground Utility Tunnel as Measurement Thermal Condition", J. Korean Soc. Living Environ. Sys., Vol. 21, No. 6, p. 1015, 2010.
- 10) Ministry of Land, Infrastructure and Transport, "National Land Planning and Utilization ACT", Article 2, 2018.
- 11) Korean Statistical Information Service, (<http://kosis.kr>)
- 12) Ministry of Science and ICT, "Guidelines for Limiting Human an Exposure", Article 2, Article 3, Attached Table 1, 2, 2017.
- 13) J. S. Kim and I. K. Choi, "A Study on Human Body Risks of Electromagnetic Waves", The Proceedings of the Korea Electromagnetic Engineering Society, Vol. 4, No. 1, p. 91, 1993.
- 14) T. W. Hwang, M. H. Lee and N. Kim, "A Study on The Proposal for Human Protection Regulations of EMF",

- Proceedings of Symposium of the Korean Institute of Communications and Information Sciences, p. 1029, 2013.
- 15) ICNIRP, “ICNIRP Guidelines for Limiting Exposure to Time-varying Electric and Magnetic Fields(1 Hz-100 kHz)”, p. 827, 2010.
  - 16) European Union, “Directive 2013/35/EU of the European Parliament and of the Council”, Annex II, 2013.
  - 17) National Health and Medical Research Council, “Interim Guidelines on Limits of Exposure to 50/60 Hz Electric and Magnetic Fields”, pp. 4-6, 1989.
  - 18) EMF Safety, “A Study on Suggested EMF Safety Use Guidelines for Household Appliances”, National Radio Research Agency, pp. 59-125, 2012.
  - 19) Korea Meteorological Administration, (<http://www.weather.go.kr>)
  - 20) National Radio Research Agency, “Measurement Method of Electronic Field Strength standard”, Article 5, Article 8, 2017.
  - 21) Ministry of Trade, Industry and Energy, “Electro- technical Regulation”, Article 17, 2018.
  - 22) WHO, “Electromagnetic Fields and Public Health, WHO Fact sheet No. 322, 2007.