

60 Hz 고압송전선로 인접 주거지역의 자기장 노출수준 평가

홍승철[†] · 정준식 · 김근영 · 박현주 · 최성호*

인제대학교 의생명공학대학 보건안전공학과, *한양대학교 환경 및 산업의학연구소
(2007. 11. 13. 접수/2008. 2. 19. 채택)

Evaluation of the Magnetic Field Exposure Level in 60 Hz High Voltage Transmission Lines Nearby Residential Area

Seung Cheol Hong[†] · Joon Sig Jung · Keun Young Kim · Hyun Ju Park · Sung Ho Choi*

Department of Occupational Health & Safety Engineering, Inje University

*Institute of Environmental and Industrial Medicine, College of Medicine, Hanyang University

(Received November 13, 2007/Accepted February 19, 2008)

ABSTRACT

In order to evaluate the magnetic field (MF) exposure level in residential areas near high voltage power lines, this research measured MF levels at 120 sites near high voltage transmission lines in the Busan region, Gwangju region, Daegu region and Changwon region from July to December, 2005, and compared and analyzed the efficiencies by measuring and applying the MF emission levels of underground cables and high voltage transmission lines. As a result of the investigation of the MF exposure level by the building usage, the average MF level of 17 locations at schools was 2.44 ± 2.45 mG; that of 10 locations at hospitals 6.21 ± 12.39 mG; that of 76 locations at apartments 2.55 ± 2.98 mG; and that at kindergartens and infant houses 3.32 ± 4.21 mG. MF exposure was analysed as a function of distance from the source and the MF levels directly below a source were 5.15 ± 8.72 mG, those within 30 m were 3.10 ± 3.32 mG, while those within 50 m were 2.45 ± 2.38 mG, and within 100 m were 0.71 ± 0.93 mG. In order to determine the difference of MF levels by the actual distance from high voltage transmission line within the same building, the evaluation of the floor position and the MF level has shown that the MF levels were highest in the order of roof, 4th floor, 3rd floor, 2nd floor and 1st floor. Comparison of MF emission intensity of underground cables and high voltage transmission lines, has shown that underground cables have an 86-94% of reduction ratio in MF compared to high voltage transmission lines, thus demonstrating higher efficiency.

Keywords: 60 Hz, magnetic field, high voltage transmission line, underground cable

I. 서 론

최근 전기·전자 사업의 괄목할만한 사용증가로 인하여 전기 사용의 급증에 따르는 자기장의 인체 위해성 여부에 대한 논쟁이 점점 가열되고 있다. 국내에서도 고압송전선로 인접마을 집단 암환자 발생에 따른 고압송전선로의 영향으로 인한 논쟁이 점점 가속화되고 있으며, 송전탑 또는 송전선 인근 주변에 공동 주거지가 건설되면서 지역 주민들이 전력회사를 상대로 자산 가치 하락에 따른 손해배상 청구소송을 추진하는 등 자

기장에 대한 논쟁이 끊이지 않고 있다. 1979년 Wertheimer와 Leeper¹⁾가 2-3 mG 이상의 자기장에 지속적으로 노출될 경우 소아백혈병 등과 같은 암질병이 발생할 수 있다는 역학 연구결과를 발표한 이후, 미국에서 1994년부터 1998년까지 국가적 차원의 EMF RAPID(Electric and Magnetic Field Research and Public Information Dissemination)²⁾ 프로그램을 수행하여 자기장의 인체 위해성 규명과 대중 홍보를 하였으며, 1998년 NIEHS(National Institutes of Environmental Health Science)에서는 인체 영향간의 상관성은 미약하지만 인체발암가능 물질(possibly carcinogenic to humans : Group 2B)인 2B로 결론을 내렸다.³⁾ 2006년 WHO에서는 아직까지 자기장 인체 위해성에 대한 확실한 근거와 메커니즘을 규명하지는 못하였으나, 기존

[†]Corresponding author : Department of Occupational Health & Safety Engineering, Inje University
Tel: 82-55-320-3677, Fax: 82-55-325-2471
E-mail : reohong@inje.ac.kr

에 수행되었던 역학적 연구 결과인 2.4 mG의 결과를 지지하고 있다.⁴⁾ 국내에서도 1997년 전자파 인체권고기준 설정을 위한 연구를 수행하였으며, 현재까지도 노출량의 실내 및 실외 자기장 노출에 관한 연구가 지속적으로 수행되고 있다.⁵⁻⁹⁾

그러나 이러한 송전선로에서 방출되는 자기장의 인체 위해성에 대한 분쟁이 가속될 수 있으나, 자기장에 대한 규제조치가 명확하지 않아 일반인들의 손해배상 청구 소송에 따르는 객관적인 증거자료를 제시할 수 없으며,¹⁰⁾ 정부 관련 기관도 자기장의 위해성에 대한 명확한 해석이 어려운 실정이다. 또한 실제 거주민들의 자기장 노출수준을 기능하기 위하여 크게 이론적 예측과 실측으로 알아볼 수 있는데 먼저 이론적 예측에서 가장 빈번히 사용되는 Biot-Savart 법칙을 따르면

$$\text{Magnetic Field (mG)} = \frac{i}{4\pi r^2} \sin(\phi) \quad (1)$$

여기서 i : 전류량 (Current: A)

r : 거리 (Distance: m)

위 식에서 보는바와 같이 전류량이 일정하다면 자기장은 거리에 비례하여 감소하는 특징을 갖는다. 즉 수용체(Receptor) 입장에서 자기장 노출량을 줄이기 위해서는 사용되는 전류량을 줄이거나 방출원으로 부터의 거리를 많이 두는 것이 방법임을 알 수 있으나, 전력사용량이 나날이 증가하는 현재의 추세를 감안할 때 현실적 대안은 적절한 이격거리를 두는 것이 가장 좋은 수단임을 알 수 있다.

본 연구에서는 고압송전선로 인접 주거지의 건물 사용용도, 이격거리에 따르는 자기장 노출수준, 층별 높이에 따른 자기장 노출수준, 지중송전선과 가공송전선의 자기장 방출수준을 이론식 및 실측치와 측정 비교함으로써 객관적 노출자료의 확보를 통한 적절 이격거

리 및 노출 최소화를 위한 기초자료를 생산하고자 한다.

II. 연구대상 및 측정방법

1. 연구대상

자기장 노출수준을 측정하기 위하여 4개 권역(부산권역, 광주권역, 창원시, 대구권역)에 위치한 고압송전로 직하 및 인접건물을 대상으로 총 120지점을 선정하여 측정 및 분석을 실시하였다. 연구기간은 2005년 7~12월까지 총 6개월간 주간시간(09:00~18:00)대에 실시하였으며, 사전 현장조사를 통하여 측정 지점의 지리적 특성인 송전선 이격거리, 건물형태, 위치, 해당 경과 송전선로 등을 파악하였다.

2. 조사방법 및 분석

본 연구는 고압송전선로 주변의 자기장 노출수준을 파악하기 위하여 대상 지점에서 Spot 측정을 실시하였다. 연구에 사용된 측정기기는 EMDEX II(Enertech, USA)로 x, y, z 삼축 방향의 자기장을 측정하여 vector 합산값으로 나타내는 system으로, Fig. 1에서 보는바와 같이 측정 전에 정도검사를 실시하여 실제 자기장 값과 측정값간의 오차가 ±2%로 이루어졌음을 확인하였다. 조사항목은 대상 지점의 형태, 송전선과의 이격거리, 송전선로의 전압, 자기장 수준이며, 절연삼발이를 이용 1.2~1.5 m 높이에서 3초 간격으로 3분간 연속적으로 측정하였다.

측정방법은 대상 지점의 건물외부를 4~8 Point 측정 후, 내부를 좌↔우 순서로 아래층에서 위층까지 각 4 Point 측정하였다(Fig. 2). 대단위 주거지인 아파트 단지의 경우는 인접 송전선로와 가장 근접한 건물(이하 근접동)에서 측정 실시하였으며, 측정 지점이 해당 송전선로로부터 이격거리가 100 m 이상인 경우에는 자기장

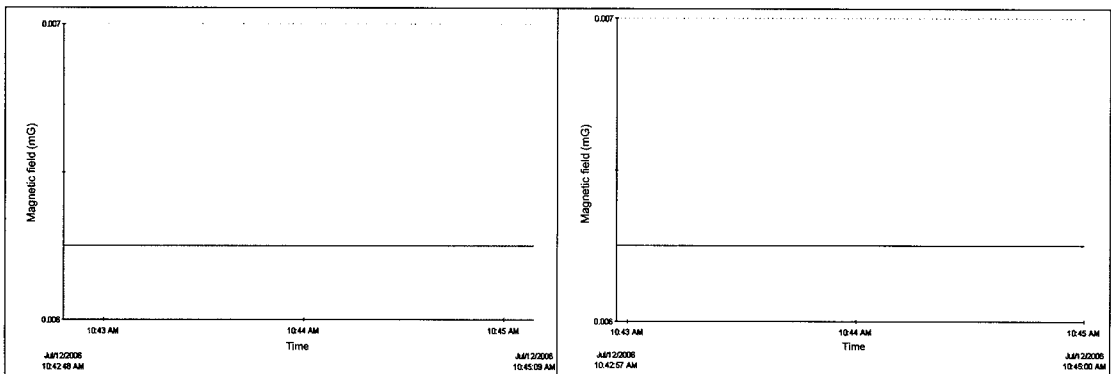


Fig. 1. Comparison of Magnetic Field measurements in same measured time.

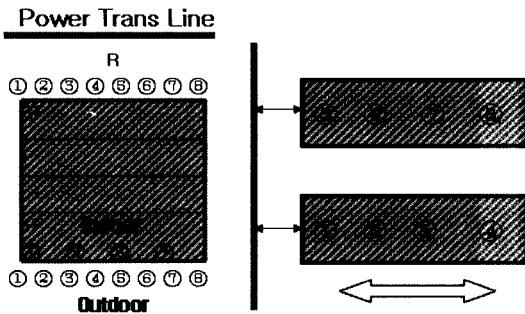


Fig. 2. Measuring site of Magnetic Field exposure level in each building.

으로부터의 영향이 없을 것으로 판단되어 측정에서 제외시켰다. 해당 송전선과의 거리 파악을 위하여 레이저 거리 측정기인 ELITE 1500을 사용하여 측정위치에서 고압송전선로와의 최단 직선거리를 측정하였다. 분석은 전용프로그램인 EMCAL 2007으로 분석하였으며, 통계적 분석은 SPSS version 12.0(SPSS Institute)을 이용하여 ANOVA 분석과 피어슨 상관성 분석을 수행하여 각 측정지점별 차이를 검증하였다.

3. 조사내용

본 연구의 조사내용은 크게 4가지로 구분된다. 첫째, 건물 사용용도에 따르는 자기장 수준, 두 번째는 이격 거리에 따른 자기장 수준, 세 번째는 층별 자기장 수준, 네 번째는 지중송전선과 가공송전선의 자기장 방출 수준을 비교 분석하였다(Table 1).

1) 고압송전선로 인접 건물의 자기장 수준

환경민감 인구집단인 어린이, 노인, 환자 등과 같이

Table 1. Magnetic Field emission levels by the building usages, operated voltages, separated distances, and the regions (Unit: mG)

Site	Number of Site	Min-Max	Mean ± *SD	
School	17	0.02-11.32	2.44 ± 4.25	
Hospital	10	0.8-25.83	6.21 ± 12.39	
Apartment	76	0.22-13.8	2.55 ± 2.98	p<0.01
Preschool	17	0.10-16.6	3.32 ± 4.12	
Directly under	25	0.10-25.8	5.15 ± 8.72	
D < 30 m	13	0.24-9.07	3.10 ± 3.32	
D< 50 m	69	0.10-16.6	2.45 ± 2.38	p<0.01
D < 100 m	13	0.02-2.57	0.71 ± 0.93	
Total	120 Site			

*: standard deviation.

환경요인에 대한 감수성이 높은 인구집단 요인 특성과 주거지에서의 노출 시간을 고려하여 병원, 학교, 어린이집, 공동주택으로 구분하였다. 조사대상지점은 초·중·고등학교 17개소, 병원 10개소, 공동주택 76개소, 유치원 및 어린이집 17개소였다.

2) 이격거리에 따른 자기장 수준

이격거리에 따른 자기장 수준은 직하, 30 m 이내, 50 m 이내, 100 m 이내로 구분하여 실시하였다. 직하인 경우는 25개소, 30 m 이내는 13개소, 50 m 이내는 69개소, 100 m 이내는 13개소였다.

3) 층별 자기장 수준 비교

고압송전선로 인접 건물인 경우 송전선의 지상고, 방향등에 따라 층별 자기장 수준의 차이가 발생할 수 있다. 이에 따라 고압송전선로 직하에 위치한 병원 1개소, 학교 1개소, 공동주택 1개소에서 층별 자기장 수준 평가는 물리적 이론식인 Biot-Savart 법칙을 이용하여 측정시 부하량을 적용하여 최근접 지점에서의 자기장 이론치 값을 생산하고, 동시에 실측을 실시하여 이론값과 실측을 비교 평가하였다. 또한 건물 형태에 따라 층간 사이의 간격이 차이가 있을 수 있으나, 층간 사이의 간격이 2.5 m로 동일하다는 전제하에 층별에 따른 높이와 자기장 수준과의 상관성 분석을 실시하였다.

4) 가공송전선과 지중송전선의 자기장 방출수준 비교

지중송전선은 가공송전선에서 발생하는 자기장의 노출량을 감소시키고 경관상의 문제를 해결하기 위해 현재 기술적 대안으로 제시되고 있는 방법 중 하나이다. 자기장 방출수준 비교를 위해 서울 OO동에 위치한 154 kV 고압가공송전선과 지중송전선을 비교 하였으며, 시뮬레이션 예측은 OO택지개발 환경영향평가 결과인 가공송전선, 지중송전선 자료를 이용하여 예측하였다. 조사가 이루어진 시점이 송전선로 하부측의 최대부하가 걸리는 시기가 아니고, 측정자체가 spot measurement(순간측정)인 관계로 최대 부하량을 적용하여 자기장 방출량을 시뮬레이션 하였다. 실측은 가공송전선이 Cable HEAD부로 인입하기 전의 자기장 수준과, Cable HEAD부 인입 후 지중송전선의 자기장 방출수준을 이격거리별로 spot measurement를 실시하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 고압송전선로 인접 건물의 자기장 노출수준

Table 1에서 보는바와 같이 고압송전선로 주변 건물

사용용도별 자기장 수준은 다음과 같다. 학교 17개소의 자기장 평균수준(Mean±S.D)은 각 2.44±4.25 mG이며, 병원 10개소는 6.21±12.39 mG, 공동주택 76개소는 2.55±2.98 mG, 유치원 및 어린이집 17개소는 3.32±4.12 mG으로 조사 되었으며, 본 연구에서는 병원이 통계적으로 유의하게 가장 높은 자기장 수준을 보였다(p<0.01). 이와 같은 결과는 각각의 측정대상 건물들에 근접한 송전선과의 이격거리 및 운용 전력부하량의 상이함에 1차적으로 기인하는 결과 이기는 하나, 환경 민감시설들의 상당수가 거주지에서의 어린이백혈병 발생 위험도 증가 우려의 수준인 2-4 mG를 초과하고 있는 결과이다. 전(2002)의 보고에서도 유치원 및 어린이 집, 학교 인근을 통과하는 고압송전선로는 기술적인 측면과 시간적·경제적으로 수용 가능성을 고려한 단계별 자기장 방출치를 일부 제한하는 방안과 인체권고치에 따른 고압선로 인근 지형을 고려한 최소한의 이격거리가 필요하다고 제시하고 있으며,¹¹⁾ 본 연구의 결과도 선행연구의 결과와 동일한 최소한의 이격거리가 필요하다는 결론을 얻었다. 가장 높은 자기장 수준을 보인 지점은 00병원으로 평균수준(Mean±S.D)은 61.22±12.54 mG이며, 최대수준(Max)은 84.3 mG로 조사되었다. 00병원의 자기장 수준이 높은 이유는 고압송전선로가 병원 직상에 위치하고 있으며 이격거리가 약 10m 정도로 근접하게 위치해 있는 것에 기인하는 것으로 조사되었다.

그러나 본 연구에서는 고압송전선 인접에 위치한 주거지역 건물의 자기장 노출수준을 평가한 것으로, 비인접 지역 건물의 자기장 노출수준으로 보기에 제한점이 존재한다. 차후 연구에서 비인접지역 건물의 자기장 노출수준을 측정함으로써, 인접지역과의 차이를 비교 평가해야 할 것이다.

2. 이격거리에 따른 자기장 수준

이격거리에 따른 자기장 수준을 분석한 결과, 이격거리가 증가함에 따라 자기장 수준이 낮아짐을 알 수 있다. 자기장 수준은 직하 > 30 m 이내 > 50 m 이내 > 100 m 이내로 조사되었으며, 직하에서 자기장 평균수준(Maen±SD)은 각 5.15±8.72 mG이며, 30 m 이내에서는 3.10±3.32 mG, 50 m 이내는 2.45±2.38 mG, 100 m 이내는 0.71±0.93 mG으로 조사되었다(Table 1, Fig. 3). 고압송전선과의 거리가 가까울수록 자기장 수준이 통계적으로 유의하게 높게 나타났다(p<0.01). 이는 이격거리에 따른 자기장 노출수준은 기존 선행연구와 같이 고압송전로 인접건물은 100 m 이상만 떨어지면 실내에서 생성되는 정도의 자기장 노출수준이 된다

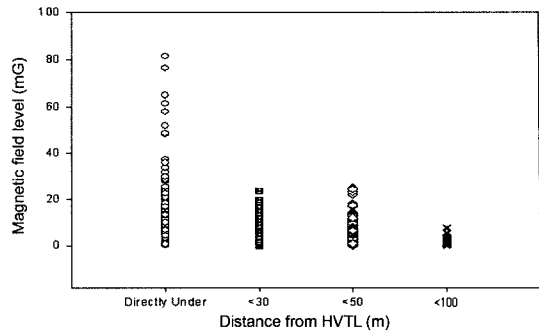


Fig. 3. Magnetic Field level by the separated distance of High Voltage Transmission Line.

고 하는 신(1997)의 연구결과¹²⁾와 유사한 양상을 확인 하였으나, 본 연구의 결과에서는 50 m 이상만 이격될 경우 일반가정의 거실 배경수준(Background Level: 2 mG)과 동일한 수준으로 감소됨을 확인할 수 있었다.

3. 층별 높이와 자기장 수준과의 상관성

층별에 따른 자기장 수준의 결과와 이론식에 의한 자기장 수준의 비교는 Table 2와 같다. 직하에 위치한 지점의 옥상에서 자기장 수준(Maen±SD)은 각각 61.22±12.54 mG, 11.34±9.95 mG, 3.53±0.36 mG 으로, 실외 또는 1층에서 측정한 경우 각각 2.29±0.45 mG, 6.11±1.99 mG, 3.10±0.81 mG 보다 통계적

Table 2. Magnetic Field emission levels by the floors within the same building (Unit: mG)

Site	Classification	Floor	**Simula-tion	Mean±SD	P-value
A	Hospital	Outdoor		2.29±0.45	p=0.010*
		1		11.97±9.31	
		2		13.01±11.21	
		3		19.36±10.83	
		4		31.38±12.6	
		Roof	52.33	61.22±12.54	
B	High School	1		6.11±1.99	p=0.016*
		2		9.95±4.82	
		3		10.88±4.85	
		4		11.67±6.95	
		Roof	11.51	13.14±9.95	
C	Apartment	Outdoor		3.10±0.81	p=0.049*
		1		3.28±1.21	
		2		3.29±1.21	
		Roof	2.96	3.53±0.36	

*: standard deviation.

**: Simulation means evaluated value by Biot-Savart law.

Table 3. Comparison of actual Magnetic Field values of High Voltage Transmission line and Underground Cable

(Unit: mG)

High Voltage Transmission line				Underground Cable				
Distance (m)	Number of Sample	Mean ± 'SD	**Height 14 m (818A)	Distance (m)	Number of Sample	Mean ± 'SD	**Depth 1.5 m (818A)	**Depth 3 m (818A)
Directly under	71	2.24 ± 0.04	32.81	Directly up	64	10.48 ± 0.2	64.68	29.24
10	72	1.64 ± 0.04	24.71	3 (10)***	81	4.27 ± 0.16	4.3	4.26
20	59	0.82 ± 0	11.54	6 (20)***	51	1.53 ± 0.05	1.13	1.21
30	59	0.39 ± 0.02	5.86	9 (30)***	47	0.9 ± 0.05	0.51	0.55
40	73	0.25 ± 0.01	3.26	12 (40)***	46	0.56 ± 0.03	0.29	0.31
50	72	0.14 ± 0	2.01	15 (50)***	42	0.4 ± 0.05	0.18	0.20

' : standard deviation.

** : Simulation.

Note : ()*** means of distance in underground cable.

으로 유의하게 높은 수준으로 조사되었다($p < 0.05$). 이처럼 유의한 상관이 나타난 이유는 자기장의 노출 정도는 거리에 비례하여 감소한다는 물리 법칙과 일치하는 결과이다. Biot-Savart 법칙에 따른 이론식에 의한 자기장 수준값과 실측값의 비교결과 이론값이 실측값에 비하여 최 근접지역에서 최소 13%에서 최대 17% 정도 과소평가 되었다. 이론식에 의한 자기장 수준이 실측값보다 과소평가된 이유는 실측 당시의 전력부하량이 이론식에 입력된 동 회선의 일중 평균값보다 큰 것에 기인하는 것으로 사료된다.

4. 가공송전선과 지중송전선의 자기장 방출수준 비교

Table 3은 실제 측정된 지중송전선과 가공송전선의 자기장 방출수준을 이격거리에 따라 나타내었다. 실측된 가공송전선과 지중송전선의 자기장 방출수준은 직하(상)에서 각 2.24 ± 0.04 mG, 10.48 ± 0.2 mG으로 지중송전선이 약 5배 높게 측정되었으나, 거리가 이격 될수록 자기장 방출수준은 가공송전선이 더 높은 것으로 조사되었다(Fig. 4). 이러한 가공송전선의 직하 위치에

서와 지중송전선의 직상 위치에서의 자기장 방출수준의 급격한 변화는 매설 깊이와 선로 높이의 차에 기인하는 것으로 판단된다. 송전선으로부터의 자기장 노출 감소를 위한 기술적 대안으로서 지중선은 이격거리가 5m 이상일 경우 높은 효용성을 가진다는 것을 확인할 수 있다.

지중선의 자기장 감소 효용성을 시뮬레이션을 통해 검토하기 위하여 가공송전선은 14m 고도에서 최대부하량 818 A를 적용하였으며, 지중송전선은 각 1.5m, 3m 깊이에서 역상배열을 이용하여 최대부하량 818 A를 적용하였다. 시뮬레이션 적용결과 자기장 방출수준은 지중송전선이 1.5m 매설깊이에서 직상 지점은 64.68 mG으로 예측되었고, 3m 매설시 29.24 mG, 가공송전선인 경우는 직하에서 32.81 mG으로 예측되었다(Table 3).

Fig. 5에서 보는바와 같이 직하지점에서 1.5m 매설된 지중송전선이 가공송전선보다 자기장 방출수준이 약 2배 높게 예측되었으나, 10m 이격거리가 증가 할수록

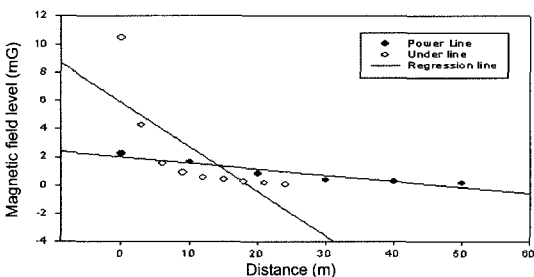


Fig. 4. Comparison of Magnetic Field emission levels of High Voltage Transmission Line and Underground Cable in the same conditions.

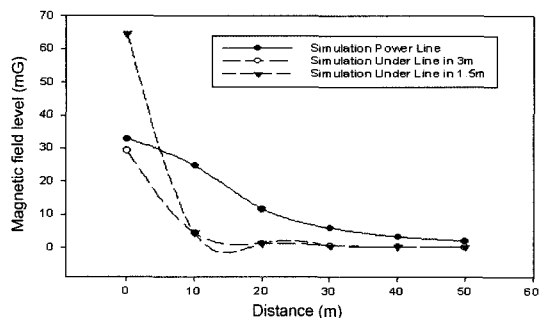


Fig. 5. Simulation results of Magnetic Field exposure level of High Voltage Transmission Line and Underground Cable.

지중송전선의 자기장 감소효율 최소 86%에서 최대 94%로 가공송전선보다 자기장 감소 측면에서 높게 예측되었다. 그러나 이격거리가 50m 이상에서는 가공송전선, 지중송전선(1.5m, 3m) 모두 비슷한 수준으로 예측되었다.

IV. 요약 및 결론

본 연구는 고압송전선로 인접에 위치한 학교, 병원, 공동주택, 유치원 및 어린이집 120 지점의 자기장 수준을 파악하고자 2005년 8월부터 12월까지 6개월간 건물 사용용도별, 이격거리별, 층별 높이별로 평가하였으며, 지중송전선과 가공송전선 자기장 방출수준을 이격거리별로 실측 및 시뮬레이션을 적용하여 조사 평가하였다. 본 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 고압송전선로 인접 주거지역의 평균 자기장 수준을 건물 사용용도별로 분류한 결과, 병원 > 유치원 및 어린이집 > 공동주택 > 학교 순으로 나타났다. 측정결과, 통계적으로 유의하게 병원이 가장 높은 자기장 노출수준을 보였으며($p < 0.01$), 역학적 연구 결과인 2-4 mG을 모두 초과한 수준으로 측정되었다. 미국 국립방사선보호학회(National Council on Radiation and Protection and Measurements)는 1995년 발표된 보고서에서는 향후 10년 동안 학교 및 주택지의 자기장 노출수준을 2 mG로 권고 설정하였으며,^{13,14)} California 교육청은 고압선로 및 신설학교 사이에 최소한의 이격거리를 요구하는 가이드라인을 정하였다.¹⁵⁾ 이와 같이 선행연구의 결과에서 시사하는 바와 같이 환경보건학적으로 환경요인에 민감한 인구집단이 주로 생활하는 시설에서의 자기장 수준이 평균적으로 초과하고 있음으로 과도한 노출을 회피하기 위한 노력이 요구된다 할 수 있다.

둘째, 이격거리에 따른 자기장 노출수준을 분류한 결과, 직하에서의 노출수준은 100m 이내에서보다 최대 약 7배 높은 자기장 노출수준을 나타내었다($p < 0.01$). 이는 자기장은 거리의 제곱에 비례하여 감소되는 결과이며, 자기장 노출수준의 감소 측면에서 적절한 이격거리가 가장 중요한 요소라 사료된다.

셋째, 층별 높이와 자기장 노출수준을 분석한 결과, 직하에서 층별 높이가 증가 할수록 자기장 노출수준이 증가한다는 결과가 확인되었다. 옥상에서의 노출은 실외 또는 1층에서의 노출보다 2-30배 높은 자기장 노출수준을 보였으며, 층별에 따른 높이와 자기장 수준의 상관성분석을 실시한 결과 유의한 상관을 보였다. 현재 송전선에서 방출되는 자기장에 대한 노출평가는 수작업에 의존하고 있으며, 실측값은 측정위치에 따라 차이

가 발생할 수 있는 요인이 존재한다. 무엇보다도 자기장은 거리의 제곱에 비례하여 감소하는 물리적 특성을 감안 할 때 송전선과 대상지점의 정확한 이격거리를 예측함이 중요하므로, 차후 실제 거리를 적용하여 자기장 수준의 변수 요인인 거리, 부하량, 처짐 정도 등을 고려한 평가방법인 3D GIS를 이용하여 정량적인 자기장 노출수준의 측정이 필요할 것으로 사료된다. 3D GIS 맵을 이용하여 자기장 노출량을 예측할 경우, 송전선과 주거지의 거리를 가장 정확하게 표현함으로써 실제 자기장 노출 값에 가장 가까운 값을 제시할 수 있으며, 사전 환경성 평가에 적용하여 송전선로 설계 단계에서부터 적용이 가능 할 것으로 판단된다.¹⁶⁾

넷째, 지중송전선과 가공송전선의 자기장 방출수준을 실측과 시뮬레이션을 이용하여 분석한 결과, 지중송전선, 가공송전선 모두 충분한 이격거리를 유지하면 자기장 노출수준을 현저히 줄일 수 있다는 결과가 나타났다. 또한 가공선과 지중선의 비교를 통하여 자기장 노출수준 저감을 위한 효율적인 기술적 대안은 지중송전선이라는 것을 확인하였으며 가공송전선에 대비하여 최대 94% 정도의 추가적인 감소율이 기대됨을 확인할 수 있었다.

본 연구결과에서는 60 Hz 고압송전선로 인접 주거지역의 자기장 방출수준을 측정된 결과로, 병원, 학교, 공동주택, 유치원 및 어린이집의 자기장 노출수준이 현 국내기준이며 국제비전리방사선보호위원회(International Commission on Non-ionizing Radiation Protection: ICNIRP) 기준인 833 mG을 초과한 인접전물은 없으나, 어린이 백혈병 발생의 역학적 연구결과인 2.4 mG 수준을 대부분 초과 하였다.¹⁷⁾ 연중 최대 부하량(A) 적용시는 더 높은 자기장 수준이 예상되므로 충분한 이격거리를 두거나, 지중화를 시도하는 등의 적절한 대책이 필요할 것으로 사료된다. 또한 현재까지 자기장 노출의 회피는 사전예방주의에 입각한 적절한 이격거리 유지가 현실적 대안이나, 기술적 대안으로는 지중송전선이 자기장 방출수준의 감소 측면에서 효용성이 높은 것으로 조사되었다. 적절한 이격거리 유지와 기술적 대안인 지중송전선으로의 대체가 자기장의 노출수준 감소 측면과, 전자파의 막연한 공포와 불신감을 최소화 할 수 있는 방법이라 판단된다.

감사의 글

지중화 시뮬레이션에 도움을 주신 한국전기연구원 명성호 박사님께 감사를 드리며, 이 연구는 환경부 차세대 핵심환경기술개발사업(과제번호 : Eco-No. 2005-

09001-0038-0)의 지원에 의해 수행하는 연구결과의 일 부입니다.

참고문헌

1. Wertheimer, N. and Leeper, E. : Electrical wiring configurations and childhood cancer. *American Journal of Epidemiol.*, **128**, 21-38, 1998.
2. NIESH - National Institute of Environmental Health Sciences. EMF RAPID Program. National Institute of Health, 2002.
3. NIESH - National Institute of Environmental Health Sciences. Assessment of Health Effects from Exposure to Power-line Frequency Electric and Magnetic Fields. National Institute of Health, 1998.
4. WHO - World Health Organization . Framework for Developing Health-based EMF Standards. Geneva, World Health Organization, 2006a.
5. Kim, Y. S., Jo, Y. S., Wi, S. C. and Hong, S. C. : Assessment of melatonin levels in human volunteers exposed to electromagnetic fields (EMFs). *Korean Society of Environmental Health*, **23**(3), 130-135, 1997.
6. Kim, Y. S., Kim, S. Y., Park, J. Y. and Choi, W. U. : Measurement and personal exposure assessment of extremely low frequency(ELF) Electromagnetic Fields(EMF). *Korean Society of Environmental Health*, **23**(1), 55-61, 1997.
7. Kim, Y. S., Hyun, Y. J., Choi, S. H., Lee, C. M., Roh, Y. M., Cho, Y. S. and Hong, S. C. : Exposure assessment of extremely low frequency magnetic field by variable exposure matrices for the selected primary schoolchildren living nearby and away from a overhead transmission power line. *Korean Society of Occupational and Environmental Hygiene*, **16**(4), 334-345, 2006.
8. Cho, Y. S., Kim, Y. S., Lee, J. T., Hong, S. C. and Jang, S. K. : Relationship between urinary melatonin levels and extremely low frequency magnetic fields for the selected primary schoolchildren living nearby and away from overhead transmission power line. *Korean Society of Environmental Health*, **30**(3), 191-206, 2004.
9. Kim, Y. S., Hyun, Y. J., Cho, Y. S., Choi, S. H., Lee, K. S. and Hong, S. C. : Emitting characteristics of extremely low frequency electromagnetic field in the micro-environments. *Korean Society for Indoor Environment*, **2**(1), 1-11, 2005.
10. 전재경 : 전자파의 법적규제-송전선로 분쟁을 중심으로. 한국법제연구원, 28-52, 1996.
11. Jeon, I. S. : Exposure limits of magnetic fields of high voltage transmission lines for evaluation of environmental impact. *Korean Society of Environmental Impact Assessment*, **13**(5), 243-250, 2004.
12. 신동천, 김덕원, 이종태 : 전자파 인체권고기준 설정을 위한 조사연구. 환경부, 1997.
13. National Council on Radiation and Protection and Measurements. NCRP Scientific Committee 89-3 on Extremely Low Frequency Electric and Magnetic Fields. 1995.
14. M. Karus, Neu Grenz-und Vorsogerwert und sie hewegen sich doch, Elektrosmog-report, 2002.
15. A Project of California Department of Health Service and Public Health Institute California, Electric and Magnetic Fields Program, 2000.
16. Hong, S. C., Choi, S. H., Kim, Y. S. and Park, J. Y. : Study about the applicable plan of GIS on range of magnetic field emitted from 60 Hz powerline. *Korean Society of Environmental Impact Assessment*, **15**(4), 271-277, 2006.
17. Savits, D. A., Wachtel, H., Barnes, F. A., John, E. M. and Tvrdik, J. G. : Case control study of childhood cancer and exposure to 60 Hz magnetic fields. *American Journal of Epidemiology*, **128**, 21-38, 1998.