

携帯電話からの電磁界を中心として

電磁界が生体へ及ぼす影響に関する小研究

三浦 正悦
Shoetsu Miura

はじめに

2002年8月24日の朝日新聞第1面トップに「高圧送電線や電気製品から出る超低周波の電磁波(平均磁界 $0.4 \mu\text{T}$ 以上)が及ぶ環境では、子供の白血病の発症率が2倍以上になるという調査結果が国立環境研究所などによる初の全国疫学調査の中間解析の結果で出ていたことがわかった」という報道があり、全国的に大きな反響を呼びました。

この記事はあくまでも研究の状況を中間的に報道したもので、詳細な報告はまだなされていません。この記事で取り上げている電磁波は50 Hzや60 Hzといった低周波磁界です。

同じ電磁波でも携帯電話で使用している900 MHzといったマイクロ波電波の健康への影響も、現在世界各地で研究が行われています。日本でも携帯電話の使用と健康への影響の疫学調査が行われている最中です。こちらでも研究結果の発表を待ちたいものです。

電磁波には「電磁場」や「電磁界」という同義語があります。ここから以降は、引用などの場合を除けば「電磁界」という言葉を使用します。学術論文などでは電磁波より電磁界という用語が使われています。

「広義の電磁界」は、本当に広い範囲の電磁界の仲間をすべて包含する用語です。表1に示すように、X線などの電離放射線はエネルギーが大きいので、分子などから電子をもぎ取ったりすることができ、DNAなどに直接損傷を与え、強ければ直接的な生体影響を与える恐れがあります。

目に見える可視光線、赤外線、マイクロ波などの電波、そして低周波電磁界といったものも電磁界です。これらは非電離放射線と呼ばれ、エネルギーが小さいので、分子やDNAに直接影響することはありませんが、電磁波のエネルギーが体内に吸収されて熱になったり、体内に電流を誘導したりして、間接的な影響が予想されます。

したがって、健康への影響に関して論ずるときは、どのパートの電磁界なのか、その周波数や強度はどの程度かを明確にしないと、机上の空論に終わります。周波数が異なれば生体への影響は異なります。磁界か電界かによってもその影響は異なります。

ここでは携帯電話の電磁界を中心に述べます。このパート以外の電磁界の健康への影響に関しては、私のホームページ「電磁波健康影響講座」(<http://homepage3.nifty.com/~bemsj/>)を参照してください。

〈表1〉電磁界の範囲と主な用途

分類	呼称	周波数	波長	用途
電離放射線	X線、 γ 線	10^{17} Hz 以上		X線医療診断
	紫外線(波長100 nm 以下)	$10^{16} \sim 10^{17}$ Hz	100 nm 以下	
非電離放射線	紫外線(波長100 nm 以上)	$10^{15} \sim 10^{16}$ Hz	400 nm ~ 100 nm	
	可視光線	10^{14} Hz	720 nm ~ 400nm	
	赤外線	$10^{12} \sim 10^{14}$ Hz	1 mm ~ 720 nm	遠赤外線ストーブ
	ミリ波	30 GHz ~ 300 GHz	10 mm ~ 1 mm	今後の電気通信
	マイクロ波	1 GHz ~ 30 GHz	30 cm ~ 1 cm	電気通信
	中波、短波、VHF など	30 kHz ~ 10 GHz	10 km ~ 3 cm	テレビやラジオ放送
	低周波電磁界	30 kHz 以下	10 km 以上	電力
直流電磁界	ゼロ	無限大	磁石	

注▶周波数や波長は概数である。

電磁界の基礎

■ 電磁界とは

もう一つ、狭義の意味での電磁界の定義があります。この電磁界は電界と磁界が密接な関係になり、直交し、相互に誘導しあって遠方に伝播する波のことで、電界強度 E [V/m] と磁界強度 H [A/m] の関係は一定となり、空間インピーダンス Z [Ω] は、

$$Z = E/H = 120 \pi = 377 \dots\dots\dots (1)$$

の関係になります。こうした関係にある領域が遠方界であり、そこでは電界強度を測定すれば、単純計算で電力密度や磁界強度を求められます。

遠方界となる領域は、電磁界(電波)の発生源となるアンテナからある一定以上離れた場所です。アンテナの大きさや種類により異なりますが、一般的には発生源から1波長以上離れた場所とすることができます。

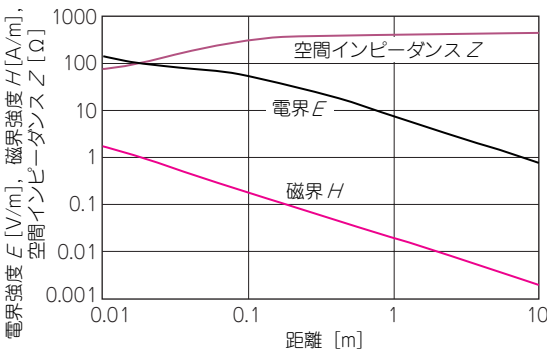
これらの位置より発生源に近い場所が近傍界で、電界と電界が独立した関係にあり、空間インピーダンスも一定値を取りません。近傍界では電界と同時に磁界も独立した界として測定しなければなりません。

■ 900 MHz での計算例

携帯電話で使用される周波数が、例えば900 MHzなら波長は約33 cmです。代表的なアンテナとして半波長ダイポール・アンテナからの電界と磁界の輻射の程度と空間インピーダンスの計算例を図1に示します。送信出力は1 Wです。これは、各エレメント長を7.8 cm、直径1 mmとし、エレメントの損失は無視し、周囲には電磁界を反射するものが皆無な自由空間として、数値解析した例です。この例では“EZNEC”という解析ソフトウェアを使いました。

10 mの距離では電界強度は0.699 V/m、磁界強度は0.00186 A/mとなり、空間インピーダンスは377 Ω となっています。約1波長離れた35 cmの位置での空間

〈図1〉 代表的なアンテナからの電磁界放射と空間インピーダンスの変化(900 MHz, 出力1 W, 半波長ダイポール)



インピーダンスは367 Ω 、10 cmの距離では291 Ω と徐々に低下します。電界も磁界もほぼ距離に逆比例しているといえるのは波長の6分の1となる約6 cmより遠方です。この波長の6分の1の距離が、遠方界と近傍界の境目ということもできます。距離が1 cmの所では81 Ω まで低下しています。

図1をみれば10 cm以内の距離では、わずか1 Wの送信電力でも、発生する近傍の電界強度は10 V/mを軽く越えています。こういう大きな電界があれば、携帯電話のハンドセットを近づけた場合、ほとんどの電子機器は誤動作する恐れがでてきます。医療機器やペースメーカーへの携帯電話ハンドセットの電波の影響が問題になったのは、こうした近距離における大きな電磁界の発生が一因です。これらは電子機器と電子機器の相互干渉の問題で、生体への影響とは明確に別物として考えるべきです。

■ 同じ周波数でも環境によって異なる扱い

仮に900 MHzの電磁界でも、携帯電話の中継塔(基地局)から放射される場合は、アンテナに33 cm以内に近接することはないので、遠方界としての取り扱いをするだけで十分です。これらは後述の暴露基準を参照して、容易に考えることができます。

しかし、携帯電話のハンドセットの場合は、頭部に密着して使用します。6 cm以上頭部から離して使用するのには、ハンズフリーのイヤホン・キットでも利用しない限り困難でしょう。したがって、頭部に密着して使用する携帯電話のハンドセットからの電磁界(電波)の人体への影響は、特殊な考慮が必要になります。

■ 熱作用

電磁波の生体への影響は、マイクロ波などの高周波電波の場合、主に熱作用で説明されています。電磁界が体内に入るとエネルギーが体内に吸収されます。あるレベル以上のエネルギーでは体温が上昇したりして、影響が現れることがわかっています。現在の電磁界暴露基準は、この熱作用を基にして策定されています。

周波数の低い電磁界の場合は、熱を発生させる強度は実現不可能なほどの電界強度となり、代わって感電などの刺激作用が表になって、現在の電磁界暴露基準が策定されています。

■ 発ガン性の判定

最近、国際癌研究機構(IARC)によって、50 Hzなどの低周波磁界は発ガンの可能性があるとしてカテゴリ2Bと評価されました。ちなみにカテゴリ2Bには、印刷に使用されるカーボン・ブラック、ガラス繊維、鉛、ニッケル、コーヒー、ガソリン、アジアで食され