

一部答申

諮問第2035号

「電波防護指針の在り方」

のうち

「低周波領域（10kHz 以上 10MHz 以下）における電波防護指針の在り方」

「低周波領域（10kHz 以上 10MHz 以下）における電波防護指針の在り方」答申

| | | |
|---------|--------------------|----|
| 1 | 定義 | 2 |
| 2. 1 | 防護指針の性格と構成 | 4 |
| 2. 1. 1 | 防護指針の基礎とする電磁界の生体作用 | 4 |
| 2. 1. 2 | 防護指針の評価対象量の問題点 | 5 |
| 2. 1. 3 | 防護指針の構成 | 5 |
| 2. 1. 4 | 基本制限と管理指針の2段階構成 | 6 |
| 2. 1. 5 | 防護指針の適用手順 | 7 |
| 2. 2 | 管理指針 | 8 |
| 2. 2. 1 | 電磁界強度指針 | 8 |
| 2. 2. 2 | 補助指針 | 13 |
| 2. 2. 3 | 局所吸収指針 | 16 |
| 2. 3 | 基礎指針 | 19 |
| 2. 4 | 基本制限 | 19 |
| 2. 5 | 注意事項 | 20 |
| | 付属書 | 21 |

1. 定 義

電波防護指針の解釈に関しては、次の各号の定義に従うものとする。

- (1) 「電磁波」とは、電界及び磁界の振動が真空中や物質中を伝搬する波動の総称である。電磁波には低周波の電磁界から、通信に使われているいわゆる電波、太陽より放射される光（赤外線、可視光線、紫外線）、医療に応用される放射線（X線、 γ 線）などが含まれる。紫外線より波長の短い電磁波が電離放射線、波長の長いものが非電離放射線に大別される。
- (2) 「電波」とは、電波法第2条に定められた300万MHz(3,000GHz)以下の周波数の電磁波をいう。電波防護指針においては、10kHzから300GHzまでの周波数の電波を対象とする。
- (3) 「電波防護指針」とは、電波利用において人体が電磁界（周波数の範囲は10kHzから300GHzまでに限る。）にさらされるとき、その電磁波が人体に好ましくないと考えられる生体作用を及ぼさない安全な状況であるために推奨される指針のことをいう。
- (4) 「基礎指針」とは、人体が電磁界にさらされるとき人体に生じる各種の生体作用（体温上昇に伴う熱ストレス、高周波熱傷等）に基づいて、人体の安全性を評価するための指針をいう。
- (5) 「基本制限」とは、健康への有害な影響に至る可能性のある電波ばく露による生体内現象と直接関連する物理量についての制限値をいう。
- (6) 「管理指針」とは、基礎指針及び基本制限を満たすための実測できる物理量（電界強度、磁界強度、磁束密度、電力密度、電流及び比吸収率）で示した、実際の評価に用いる指針のことをいう。管理指針は、さらに電磁界強度指針、補助指針及び局所吸収指針から構成される。
- (7) 「電磁界強度指針」とは、対象とする空間における電界強度、磁界強度、電力密度及び磁束密度によって、当該空間の安全性を評価するための指針をいう。
- (8) 「局所吸収指針」とは、主に身体に極めて近接して使用される無線機器等から発射される電磁波により、身体の一部が集中的に電磁界にさらされる場合において、基礎指針に従った詳細評価を行うために使用する指針をいう。
- (9) 「補助指針」とは、電磁界強度指針を満足しない場合において、基礎指針に従った詳細評価を行うために使用する指針をいう。電磁界にさらされる状況（不均一、局所、表面など）、対象とする生体作用（接触電流及び誘導電流）、電波発射源の属性（空中線電力及び周波数帯）が明らかな場合、これらの状況に基づき電磁界強度指針の適用を緩和又は除外する形で表した指針である。
- (10) 「管理環境」とは、人体が電磁界にさらされている状況が認識され、電波の放射源を特定できるとともに、これに応じた適切な管理が行える条件を指す。例えば、電波を日常的に取り扱う環境（放送送信所、高周波加工所等）における作業者が、電磁界にさらされているケース等に適用するものである。管理環境は、平成2年の電波防護指針の条件Pに相当する。
- (11) 「一般環境」とは、人体が電磁界にさらされている状況の認識や適正管理等が期待できず、不確定な要因があるケース（環境）を指す。一般の居住環境等において住民が電磁界にさらされているケース等がこれに該当する。このため適用する指針においては、一般環境は

管理環境に比べて厳しい値となっている。一般環境は、平成2年の電波防護指針の条件Gに相当する。

- (12) 「比吸収率 (SAR: Specific Absorption Rate)」とは、生体が電磁界にさらされることによって単位質量の組織に単位時間に吸収されるエネルギー量をいう。SARを全身にわたり平均したものを「全身平均SAR」、人体局所の任意の組織1g又は10gにわたり平均したものを「局所SAR」という。
- (13) 「電磁界」とは、電界、磁界の総称をいう。
- (14) 「電界強度」とは、電磁界の電界の強さをいう。
- (15) 「磁界強度」とは、電磁界の磁界の強さをいう。
- (16) 「電力密度」とは、電磁波伝搬の方向に垂直な単位面積当たりの通過電力をいう。
- (17) 「誘導電流」とは、電磁誘導によって流れる電流。ここでは人体が電磁界にさらされることにより人体内部に誘導される電流をいう。
- (18) 「接触電流」とは、電磁界中に置かれた非接地導電物体に接地された人体が触れることによって接触点を介して流れる電流をいう。
- (19) 「接触ハザード」とは、潜在的に接触電流を生じさせるような状況をいう。
- (20) 「非接地条件」とは、誘導電流が大地へ流れないような大地の影響が無視できる条件をいう。
- (21) 「均一ばく露」とは、人体が存在する空間領域の電磁界がほぼ均一とみなせる場合であって、全身がその電磁界にさらされることをいう。この場合、自由空間インピーダンスが 120π [Ω]とならない場合も含まれる。自由空間中では、波源からの距離が身長に比べ十分大きい場合（例えば、0.3MHz以下の周波数では15m以上、0.3MHzから300MHzまでの周波数では10m以上、300MHz以上の周波数では5m以上）であれば均一とみなす。
- (22) 「不均一ばく露」とは、均一ばく露とみなせない場合をいう。
- (23) 「局所ばく露」とは、体の一部が集中的に電磁界にさらされる場合をいう。人体の大きさより小さいアンテナのごく近傍での照射や波長の短い電波によるスポット的な照射などの場合を含む。
- (24) 「全身ばく露」とは、局所に偏らず全身が電磁界にさらされる場合をいう。必ずしも均一とは限らないが局所ばく露ではない場合に相当する。
- (25) 「平均時間」とは、指針値への適合性を評価するために、着目した生体作用に基づき設定した測定のための時間をいう。電波防護指針で用いる平均時間は、熱作用においては6分間である。
- (26) 「遠方界」とは、電磁波源からの距離が、 $2D^2/\lambda$ 又は $\lambda/2\pi$ のいずれよりも遠い領域にあり、反射又は散乱がない状態の電磁界をいう。ここで、Dはアンテナの最大寸法、 λ は自由空間波長とする。
- (27) 「近傍界」とは、遠方界とならない領域の電磁界をいう。
- (28) 「実効値」とは、周期波形1周期の全体にわたって波形の自乗の平均をとり、その平方根をとった値をいう。周期的に変化する電磁界の電界強度、磁界強度の実効値は、ジュール熱と関連する値である。

2.1 防護指針の性格と構成

2.1.1 防護指針の基礎とする電磁界の生体作用

人体内の各組織は、電磁的にはある電氣的定数を持った誘導体と考えられている。電磁界と生体の相互作用に関しては、この生体の電氣的特性の面から理論的解析が行われているほか、適切な誘電率及び導電率で構成した模擬人体などによる実験的分析手法も確立されている。これらに基づく研究成果によれば、電磁界による生体作用は、表1に示すように、熱作用、刺激作用及びその他の作用に大別できる。

表1 電磁波と生体作用の関係

| 作用の区分 | | 生体の変化の要因 | 作用の評価量 | 電磁波との関係 |
|-------|------|--------------------------|----------------------------|------------------------|
| 熱作用 | 全身加熱 | 熱調節応答 深部体温加熱 熱ストレス | 全身平均SAR 上昇温度 (深部体温) | マクロな相互作用(線量学的アプローチが可能) |
| | 局所加熱 | 組織加熱 | 局所平均SAR 上昇温度 (局所組織温) | |
| 刺激作用 | | 電流刺激による神経、筋の興奮 | 体内電界強度 | |
| その他作用 | | 不明 | 電磁界強度など (変調周波数) | ミクロな相互作用 |

この生体作用のうち、熱作用及び刺激作用については多くの研究の蓄積があり、電磁界強度との因果関係がほぼ定量的に把握されている。それらによれば、刺激作用は10MHz以下の低周波領域において、熱作用は100kHz以上の高周波領域において主に影響の発生が確認されている。しかし、熱作用、刺激作用以外のその他の作用については、生体内の現象と関連した状態で確認されたものではなく、人の健康に支障を及ぼすという事実も示されていない。

このため、電波防護指針において対象とする電磁界の生体作用は、熱作用、刺激作用に限定した。この中には、熱作用及び刺激作用の範疇で捉えられるパルス波や変調波などによる作用が含まれている。また、電磁界から直接受ける作用ではないが、電磁界が原因となって生ずる接触電流についても考慮した。

なお、諸外国でも同様な考え方に基づいて防護指針を定めているが、それらの指針の範囲内において、熱作用、刺激作用はもとよりその他の作用についても、健康影響が生じたという事実は、現在まで確立されていない。

2.1.2 防護指針の評価対象量の問題点

電磁界による生体に対する熱作用は、組織内でのジュール熱の発生による体温あるいは組織温の上昇である。この温度上昇は、組織の吸収エネルギー量と密接に関係し、単位質量の組織に単位時間に吸収されるエネルギー量、すなわち比吸収率（SAR）を評価量として用いる。一方、刺激作用は人体組織に誘導される体内電界強度と関係づけられる。比吸収率は、人体組織に誘導される体内電界強度と組織の導電率に依存する現象として捉えられる。

このように、電磁界の生体作用は組織内部の電界強度等と密接な関係がある。しかし、組織内部の電界強度等は直接測定することができないため、何らかの方法により人体内部の電磁現象を推定しなければならない。現在、この推定を行う手順は一部の無線機器について標準的な測定方法が策定されているのみである。したがって、現時点においては、人体内部の電磁現象を測定の対象量とすることは一般的ではないと言える。

電波防護指針は、我々が電波利用機器と関わる様々な場面において、その安全性を迅速に評価できるようになっている必要があり、直接測定できない人体内部の電磁現象に関する量による表現だけでは、防護指針としての現実的な役割を果たすことはできない。このため、人体内部の電磁現象を測定可能な量（電磁界強度等）に変換し、これによって安全性の評価を行うことが必要となる。

2.1.3 防護指針の構成

防護指針の適用を必要とする状況は、おおむね次の3つのケースに分類できる。

- ① 空間の電磁環境評価の側面
- ② 電波利用機器からの放射及び機器の使い方に関する評価の側面
- ③ 電磁界に対する防護手段の評価の側面

①では、人体の存在しない空間の電磁界が評価の対象である。電波発射源が十分遠方にあり、人体の位置する空間の至近距離に金属などの電波を散乱させる物体がなければ、その位置における人体内部の電磁現象は、その空間に人体が存在しない場合に測定した電界強度及び磁界強度とほぼ一定の関係があるとみなすことができる。このような条件の下では、人体の存在しない空間における電磁界強度を用いて防護指針が設定できる。この指針を電磁界強度指針と呼ぶ。防護指針の対象となる電磁界は、通常、近傍界又は不均一であるため、電磁界強度指針をそのまま適用できる状況は限られている。このような条件を満たさない電磁環境は、空間のみを対象とした評価が適切でない場合である。この場合は、②のケースとして考える。

②では、電磁放射源と人体の相互関係が評価の対象となる。電磁放射源と人体との関係が一定であれば、電磁放射源自体に対する評価とみなすこともできる。すなわち、放射源が遠方にある場合などは①のケースの問題とみなせるが、一般的には人体内部の電磁現象に基づく評価を行う必要がある。このような人体内部の電磁現象に基づく評価（刺激作用からの防護に関する評価を除く）のための指針を基礎指針と呼ぶ。

また、低周波領域（10kHz～10MHz）における刺激作用からの防護において、「健康への有害な影響に至る可能性のある電波ばく露による生体内現象と直接関連する物理量についての制限値」を基本制限と呼ぶ。

しかし、基礎指針及び基本制限には測定が容易にできない量による表現が含まれているため、

②の問題全てに対して基礎指針又は基本制限による評価を行うとなると、防護指針としての現実的な活用が期待できない。そこで、②の問題に現実的に対処するため、測定可能な評価量による指針を設ける必要がある。また、電磁界強度指針では必ずしも接触ハザードが防止されていない場合の接触電流についての指針を設ける必要がある。これらの指針を補助指針と呼ぶ。補助指針は、基礎指針又は基本制限さらに接触電流に関する国際ガイドラインに基づき電磁界強度指針を補う形で示され、次の3項目から構成する。

- (1) 不均一又は局所的な電磁界にさらされる場合
- (2) 接触電流
- (3) 足首誘導電流

なお、補助指針の(1)と(3)は基礎指針や基本制限に代わる人体内部の電磁現象の簡易評価方法としての性格を有するものであって、本来、基礎指針又は基本制限で扱うべき問題であることを念頭に置く必要がある。

③では、人体内部の電磁現象を直接評価しなくては判断できない場合が含まれる。この場合において、特に100 kHz以上であって、人体と電磁放射源が20cm(300MHz以上では10cm)よりも近接した条件下では、原則として局所吸収指針による評価を行う。局所吸収指針が適用できない場合には、基礎指針又は基本制限による評価を行う必要であり、研究機関等で慎重に推定・評価を行う必要がある。

以上のように、防護指針は電磁界強度指針、補助指針、局所吸収指針、基礎指針及び基本制限から構成する。このうち、電磁界強度指針、補助指針及び局所吸収指針は、実際の問題へ具体的に適用するための指針である。この三つの指針を管理指針と呼ぶ。基礎指針及び基本制限は、管理指針の根拠であるとともに、管理指針への適合性を評価できない場合において安全性を判断する際の根拠を与える性格を有する。

防護指針は、現時点の研究成果と電波利用状況の実情を基礎に定められたものである。したがって、これらの状況の変化に応じて補足又は改訂する必要がある。電磁界の生体作用に関する研究の進展は主に基礎指針又は基本制限に反映され、生体内の電磁現象に関する測定法・推定法に関する研究の進展及び電波の利用状況の変化に伴う実社会との整合性については、管理指針に反映される。このような位置付けを考慮すると、基礎指針及び基本制限は容易に改訂される性格のものではないが、管理指針は状況によって適宜変更されるものである。

2.1.4 基本制限と管理指針の2段階構成

防護指針による評価が信頼できるものであるためには、防護指針が適切に用いられ、また、電磁環境の状況に変化がないかどうかを必要に応じ確認できる必要がある。このような状況を確保できる場合は、基礎指針又は基本制限から換算される数値に基づく管理指針(電磁界強度指針及び補助指針)を適用する。しかし、電波利用の状況が正しく認識されていないような場合では、基礎指針又は基本制限を満たさない状況が無意識のうちに生じてしまうおそれがあり、また、電磁界の存在を意識した行動も期待できない。したがって、このような状況下でも十分な安全性を確保するため、諸外国の防護指針などにおいても合理的な対応策として取り入れられている方法と同様に、付加的な安全率を考慮した適切な指針を設ける必要がある。

以上のような観点から、管理指針を防護指針の主旨が生かされ電磁環境が管理されている状況を対象とする管理環境と、防護指針及び電波利用の状況が認識されていない状況を対象とする一般環境に区分する。一般環境は管理環境に比べ電磁界の管理の不十分さに伴う不確定性を考慮し、管理環境より電力密度に換算しておおむね5倍の付加的安全率を設けている。

また、低周波領域（10kHz～10MHz）における刺激作用からの防護に対する基本制限についても、管理環境に加えて一般環境の指針値が設定されている。

2.1.5 防護指針の適用手順

管理指針（電磁界強度指針、補助指針及び局所吸収指針）、基礎指針及び基本制限で構成される防護指針の適用の手順は次のとおりとする。

実際に評価を行う場合は、放射源等の条件にかかわらず電磁界強度指針を最初に適用する。評価する対象が、電波利用の実情が認識され防護指針の主旨に基づいた電波利用を行うことが可能な場合は、管理環境を適用し、このような条件が満たされない場合は、一般環境を適用する。対象とする全空間（場所）において電磁界強度指針が満足されている場合は、その空間（場所）は安全であると判断する。

対象とする空間の電磁界は、一般的に不均一又は近傍界であることが多く、真の電磁界強度より大きな値として評価される。こうした状況において電磁界強度指針が満たされない場合には、補助指針による詳細な評価を行うことによって、安全かどうかを判断する。さらに、補助指針を適用できない、人体と電磁放射源が近接した場合には、局所吸収指針による評価を行う。

このような手順による評価の結果、一般環境の管理指針を満たさない場合には、管理環境に該当するような管理を行うか、又は、指針を満たすよう対策を講ずる。管理指針が満たされていないことが示された場合は、基礎指針又は基本制限を満たさないおそれがあり、これを満たすよう対策を行うか、あるいは人体への障害の可能性をより直接的に判断するために基礎指針又は基本制限に立ち戻った評価を行う必要がある。

基礎指針又は基本制限による評価には、規定される量に具体的な測定法・推定法が十分に確立されていない量が含まれている場合がある。この場合の評価は、研究機関等で適切と認められている方法に従って行う。

2.2 管理指針

管理指針は、基礎指針及び基本制限に基づいて定められたもので、実際の電磁環境の評価は主に管理指針を用いて行う。この指針は、電磁界強度指針、補助指針及び局所吸収指針から成る。

2.2.1 電磁界強度指針

(1) 管理環境

管理環境に該当する場合の電磁界強度指針値を表 2(a)及び表 2(b)に示す。100kHz 以上 10MHz 以下の周波数範囲では、表 2(a)と表 2(b)の両方を満たすことが必要である。また、測定対象空間が局所的にこの表の値を満足しない場合には、2.2.2(1)の補助指針を適用する。

また、表 2(a)及び 2(b)の指針値をグラフ化したものを図 1 及び図 2 に示す。

表 2 (a) 管理環境の電磁界強度（6分間平均値）の指針値

| 周波数 f | 電界強度の実効値 E [V/m] | 磁界強度の実効値 H [A/m] | 電力密度 S [mW/cm ²] |
|-----------------|---|--|---------------------------------|
| 100kHz - 3MHz | 614 | $4.9f \text{ (MHz)}^{-1}$ (49-1.63) | |
| 3MHz - 30MHz | $1,842f \text{ (MHz)}^{-1}$ (614-61.4) | $4.9f \text{ (MHz)}^{-1}$ (1.63-0.163) | |
| 30MHz - 300MHz | 61.4 | 0.163 | 1 |
| 300MHz - 1.5GHz | $3.54f \text{ (MHz)}^{1/2}$ (61.4-137) | $f \text{ (MHz)}^{1/2}/106$ (0.163-0.365) | $f \text{ (MHz)}/300$ (1-5) |
| 1.5GHz - 300GHz | 137 | 0.365 | 5 |

表 2 (b) 管理環境の刺激作用からの人体防護に係る電磁界強度の指針値

| 周波数 f | 電界強度の実効値 E (kV/m) | 磁界強度の実効値 H (A/m) | 磁束密度の実効値 (T) |
|---------------|----------------------|---------------------|--------------------|
| 10kHz - 10MHz | 1.7×10^{-1} | 80 | 1×10^{-4} |

注 1 : 15MHz 以下において接触ハザードが防止されていない場合、補助指針 2.2.2(2) を適用すること
とで、接触電流からの防護を確実なものとするができる。

注 2 : 人体の非接地条件を満たさない場合の電磁界強度の実効値（平均時間 6 分間）は、3 MHz から
30 MHz までの周波数では $3,200 f \text{ (MHz)}^{-3/2} \text{ V/m}$ （すなわち $614 \text{ V/m} \sim 20 \text{ V/m}$ ）、30 MHz から 100 MHz
までの周波数では 20 V/m 、100 MHz から 300 MHz までの周波数では $0.2f \text{ (MHz)} \text{ V/m}$ （すなわち
 $20 \text{ V/m} \sim 61.4 \text{ V/m}$ ）以下でなければならない。ただし、これを満たさない場合であって、表 2(a)
の指針値を下回るときは、補助指針 2.2.2(3) を適用することができる。

注 3 : 表 2(a) に示した平均時間内において、電界強度又は磁界強度が変化する場合は平均時間内で
実効値の自乗平均平方根した値を用い、電力密度が変化する場合は平均時間内での平均値を用
いる。

注 4 : 表 2(a) について、電磁界が指針値に対して無視できないレベルの複数の周波数成分から成る場
合は、電界強度及び磁界強度に関しては各周波数成分の指針値に対する割合の自乗和を求め、
電力密度に関しては各周波数成分の指針値に対する割合の和を求める。これらの総和が 1 を超
えてはならない。

表 2(b) について、電磁界が指針値に対して無視できないレベルの複数の周波数成分から成る場
合は、電界強度、磁界強度及び磁束密度に関して、各周波数成分の指針値に対する割合の和を
求めるか、各周波数成分の指針値に対する割合について指針値の周波数特性に応じた適切な重
み付け平均を求める（付属書参照）。これらの総和が 1 を超えてはならない。

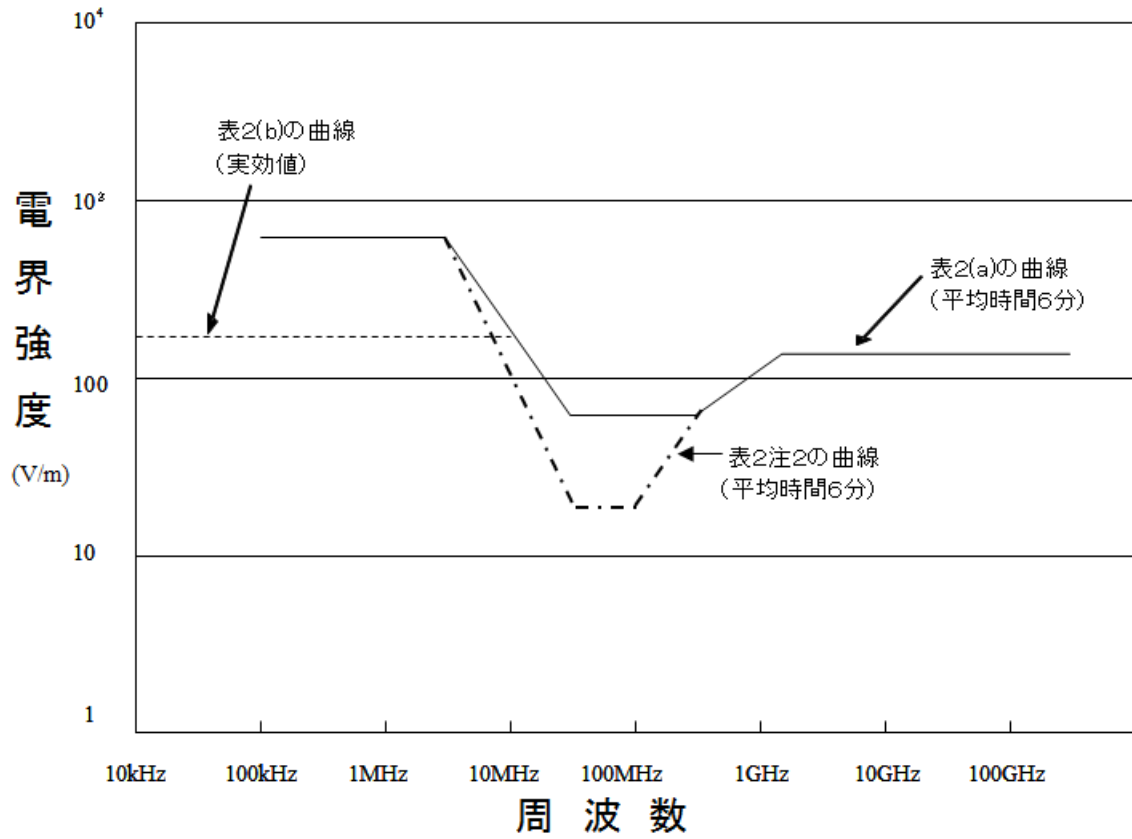


図1 電界強度指針値（管理環境）

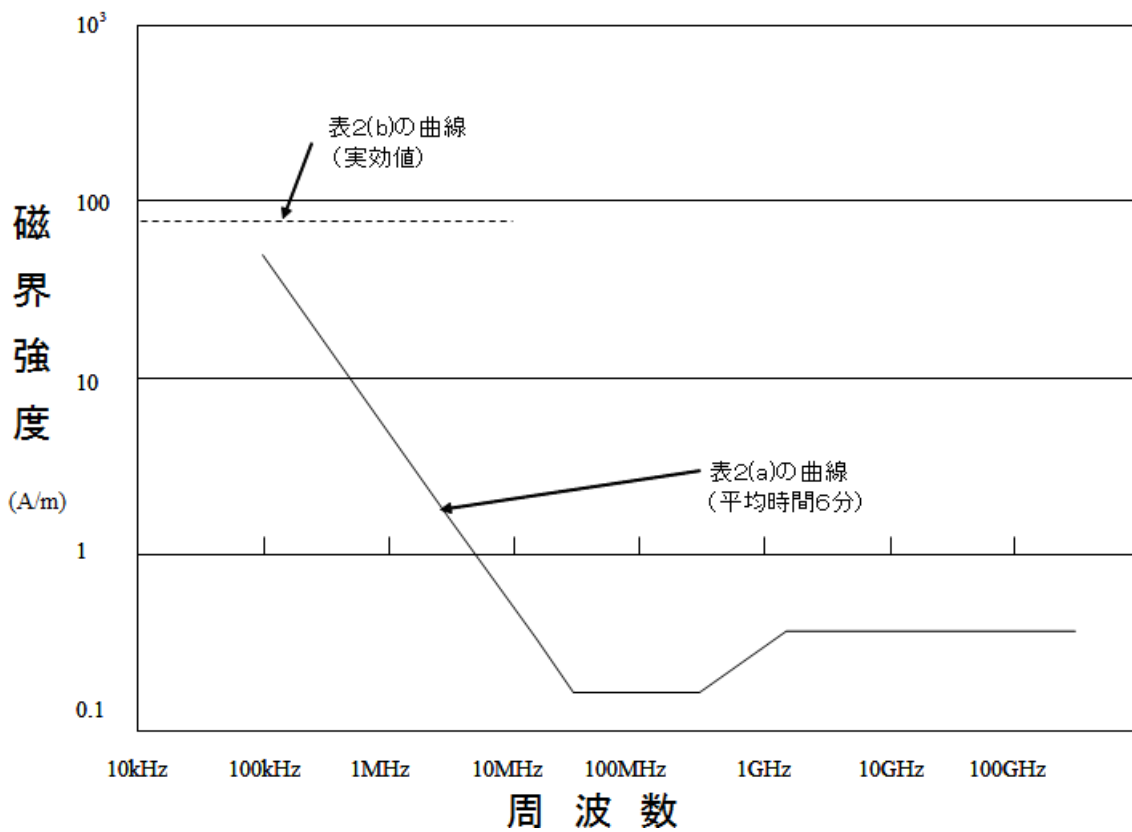


図2 磁界強度指針値（管理環境）

(2) 一般環境

一般環境に該当する場合の電磁界強度指針値を表 3(a) 及び表 3(b) に示す。100kHz 以上 10MHz 以下の周波数範囲では、表 3(a) と表 3(b) の両方を満たすことが必要である。また、測定対象空間が局所的にこの表の値を満足しない場合には、2.2.2(1) の補助指針を適用する。

また、表 3(a) 及び 3(b) の指針値をグラフ化したものを図 3 及び図 4 に示す。

表 3 (a) 一般環境の電磁界強度（6 分間平均値）の指針値

| 周波数 f | 電界強度の実効値 E[V/m] | 磁界強度の実効値 H[A/m] | 電力密度 S[mW/cm ²] |
|----------------|--|---|--------------------------------|
| 100kHz - 3MHz | 275 | 2.18f (MHz) ⁻¹ (21.8-0.728) | |
| 3MHz - 30MHz | 824f (MHz) ⁻¹ (275-27.5) | 2.18f (MHz) ⁻¹ (0.728-0.0728) | |
| 30MHz - 300MHz | 27.5 | 0.0728 | 0.2 |
| 300MHz-1.5GHz | 1.585f (MHz) ^{1/2} (27.5-61.4) | f (MHz) ^{1/2} /237.8 (0.0728-0.163) | f (MHz)/1500 (0.2-1) |
| 1.5GHz-300GHz | 61.4 | 0.163 | 1 |

表 3 (b) 一般環境の刺激作用からの人体防護に係る電磁界強度の指針値

| 周波数 f | 電界強度の実効値 (kV/m) | 磁界強度の実効値 (A/m) | 磁束密度の実効値 (T) |
|---------------|------------------------|-------------------|------------------------|
| 10kHz - 10MHz | 8.3 × 10 ⁻² | 21 | 2.7 × 10 ⁻⁵ |

注 1 : 15MHz 以下において接触ハザードが防止されていない場合、補助指針 2.2.2(2) を適用することで、接触電流からの防護を確実なものとするができる。

注 2 : 人体の非接地条件を満たさない場合の電界強度の実効値（平均時間 6 分間）は、3 MHz から 30 MHz までの周波数では 1,430f (MHz)^{-3/2} V/m（すなわち 275 V/m~9 V/m）、30 MHz から 100 MHz までの周波数では 9 V/m、100 MHz から 300 MHz までの周波数では 0.09f (MHz) V/m（すなわち 9 V/m~27 V/m）以下でなければならない。ただし、これを満たさない場合であって、表 3(a) の指針値を下回るときは、補助指針 2.2.2(3) を適用することができる。

注 3 : 表 3 (a) に示した平均時間内において、電界強度及び磁界強度が変化する場合は平均時間内で実効値の自乗平均平方根した値を用い、電力密度が変化する場合は平均時間内での平均値を用いる。

注 4 : 表 3(a) について、電磁界が指針値に対して無視できないレベルの複数の周波数成分から成る場合は、電界強度及び磁界強度に関しては各周波数成分の指針値に対する割合の自乗和を求め、電力密度に関しては各周波数成分の指針値に対する割合の和を求める。これらの総和が 1 を超えてはならない。

表 3(b) について、電磁界が指針値に対して無視できないレベルの複数の周波数成分から成る場合は、電界強度、磁界強度及び磁束密度に関して、各周波数成分の指針値に対する割合の和を求め、各周波数成分の指針値に対する割合について指針値の周波数特性に応じた適切な重み付け平均を求める（付属書参照）。これらの総和が 1 を超えてはならない。

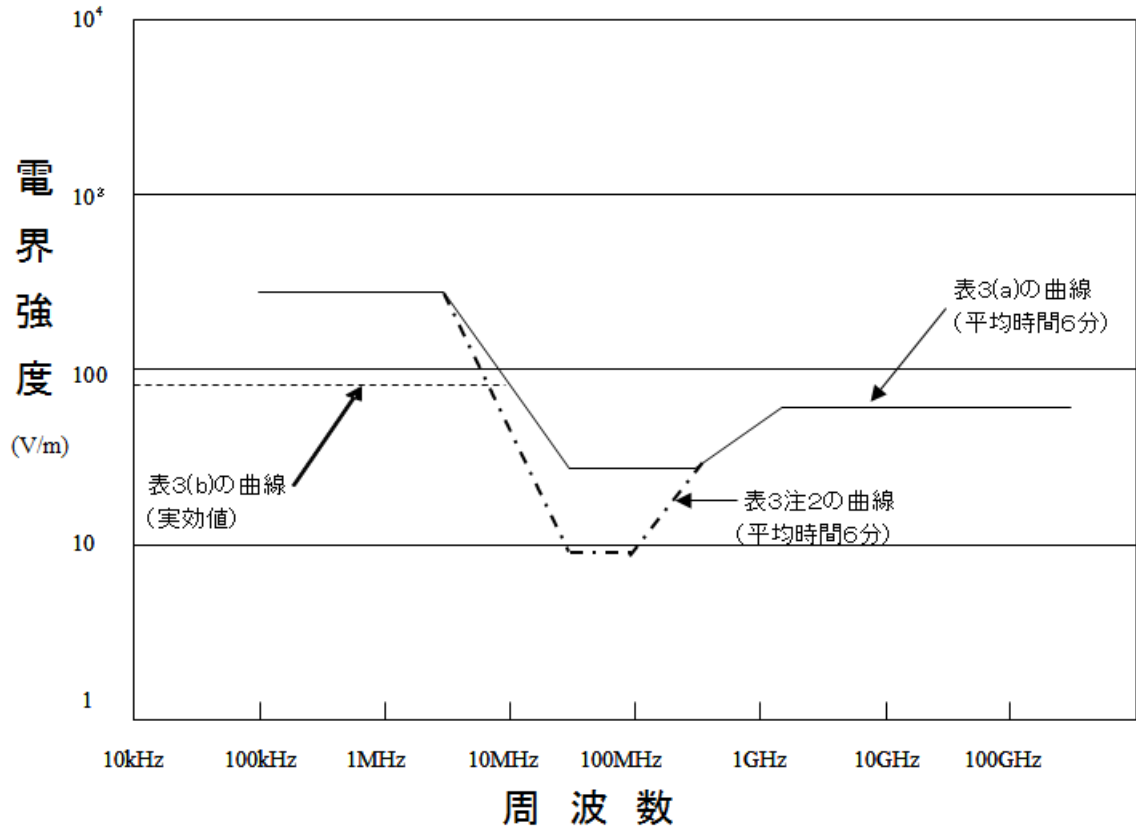


図3 電界強度指針値（一般環境）

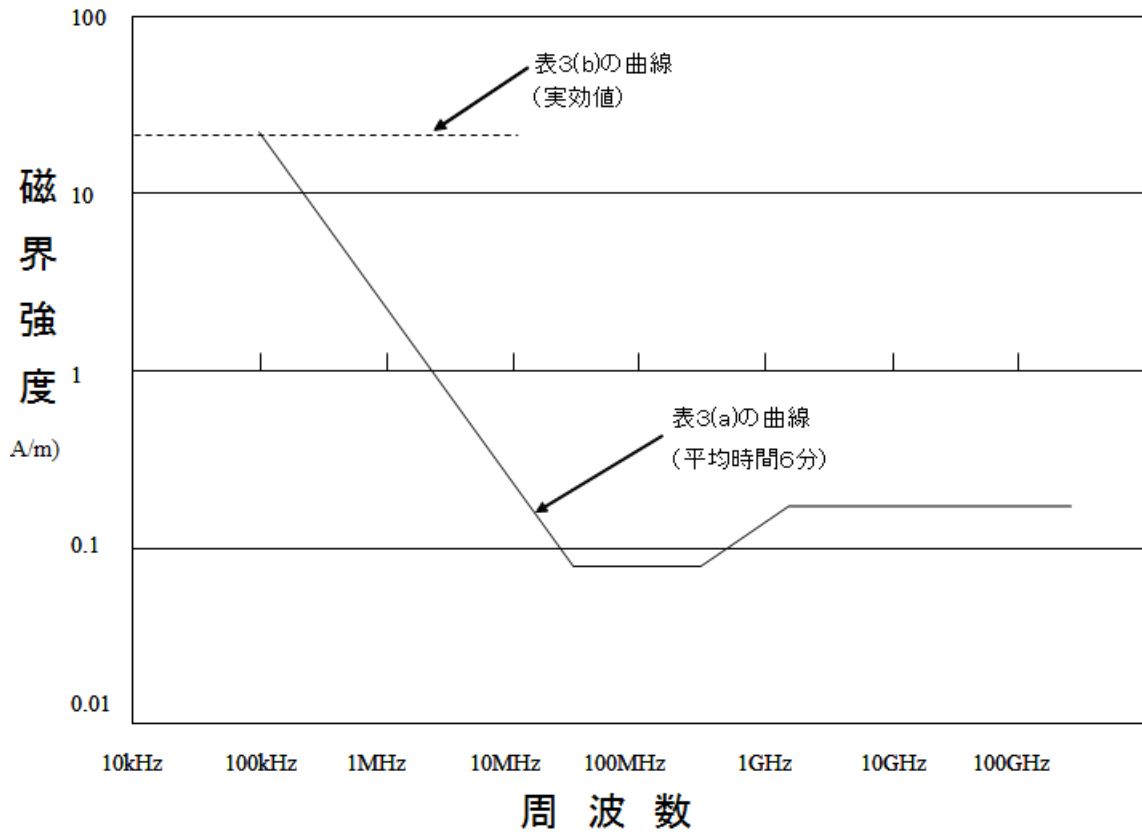


図4 磁界強度指針値（一般環境）

2.2.2 補助指針

電磁界強度指針だけでは防護指針を満たしていることを示すことができない場合に、人体が電磁波にさらされる状況、考慮すべき生体作用等に着目してより厳密に評価するための指針である。

(1) 人体が電磁界に不均一又は局所的にさらされる場合の指針

周波数に応じて該当する条件が全て満たされている場合は、管理指針を満足しているものとみなす。対象とする周波数が以下の区分にまたがって存在する場合は、①(b)、②(a)及び(b)、③(a)及び(b)並びに④(a)、(b)及び(c)については、電界強度及び磁界強度に関しては各周波数成分の指針値に対する割合の自乗和を求め、電力密度に関しては各周波数成分の指針値に対する割合の和を求める。これらの総和が1を超えてはならない。

なお、人体から20cm以内(300MHz以上の周波数では10cm以内)の空間で使用する機器等については、その状況ごとに個別の判断が必要である。基礎指針を超えるおそれがある場合には、局所吸収指針に基づく評価を行うことが望ましい。

① 周波数が300MHz以下の場合

(a) 10kHzから10MHz未満における刺激作用からの防護に関して、電磁放射源及び金属物体から20cm以上離れた空間において、人体の占める空間に相当する全領域の電界強度又は磁界強度の空間的な平均値(単純平均値)が、対応する環境(管理環境あるいは一般環境)の電磁界強度指針(2.2.1項表2(b)又は表3(b))以下であること。その場合、局所的ばく露は電磁界強度指針値を上回ってもよいが、基本制限を上回ってはならない。

なお、表2あるいは表3の注1と注4は、本項でも適用する。

(b) 100kHzから300MHz未満における熱作用からの防護(平均時間6分間の電磁界強度指針値)に関して、電磁放射源及び金属物体から20cm以上離れた空間において、人体の占める空間に相当する全領域の電力密度分布の空間的な平均値(電界強度又は磁界強度の場合は自乗平均値の平方根である。)が、対応する環境(管理環境あるいは一般環境)の電磁界強度指針(2.2.1項表2(a)又は表3(a))以下であること。

なお、表2あるいは表3の注1～注4は、本項でも適用する。

② 周波数が300MHzから1GHz未満の場合

(a) 電磁放射源及び金属物体から10cm以上離れた空間において、人体の占める空間に相当する全領域の電力密度分布の空間的な平均値(電界強度又は磁界強度の場合は自乗平均値の平方根である。)が、対応する環境(管理環境あるいは一般環境)の電磁界強度指針(2.2.1項)以下であること。

なお、表2あるいは表3の注3及び注4は、本項でも適用する。

(b) 四肢を除く人体の占める領域内における電力密度の空間的な最大値が、管理環境では20mW/cm²以下(6分間平均値)、一般環境では4mW/cm²以下(6分間平均値)であること。ただし、電磁放射源及び金属物体から10cm以上離れた空間のみを対象とする。

なお、表2あるいは表3の注3及び注4は、本項でも適用する。

③ 周波数が1GHzから3GHz未満の場合

(a) 電磁放射源及び金属物体から10cm以上離れた空間において、人体の占める空間に相当する全領域の電力密度分布の空間的な平均値(電界強度又は磁界強度の場合は自乗平均値の

平方根である。)が、対応する環境(管理環境あるいは一般環境)の電磁界強度指針(2.2.1項)以下であること。

なお、表2あるいは表3の注3及び注4は、本項でも適用する。

- (b) 四肢を除く人体の占める領域内における電力密度の空間的な最大値が、管理環境では $20\text{mW}/\text{cm}^2$ 以下(6分間平均値)、一般環境では $4\text{mW}/\text{cm}^2$ 以下(6分間平均値)であること。ただし、電磁放射源及び金属物体から 10cm 以上離れた空間のみを対象とする。

なお、表2あるいは表3の注3及び注4は、本項でも適用する。

- (c) 頭部に入射する電力密度の空間的な最大値が、管理環境では $10\text{mW}/\text{cm}^2$ 以下(6分間平均値)、一般環境では $2\text{mW}/\text{cm}^2$ 以下(6分間平均値)であること。ただし、電磁放射源及び金属物体から 10cm 以上離れた空間のみを対象とする。

なお、表2あるいは表3の注3及び注4は、本項でも適用する。

④ 周波数が 3GHz 以上の場合

- (a) 電磁放射源及び金属物体から 10cm 以上離れた空間において、人体の占める空間に相当する全領域の電力密度分布の空間的な平均値(電界強度又は磁界強度の場合は自乗平均値の平方根である。)が、対応する環境(管理環境あるいは一般環境)の電磁界強度指針(2.2.1項)以下であること。

なお、表2あるいは表3の注3及び注4は、本項でも適用する。

- (b) 電磁放射源及び金属物体から 10cm 以上離れた空間での体表に入射する電力密度の空間的な最大値が、管理環境の場合は $50\text{mW}/\text{cm}^2$ 以下、一般環境の場合は $10\text{mW}/\text{cm}^2$ 以下(いずれも6分間平均値)であること。

なお、表2あるいは表3の注3及び注4は、本項でも適用する。

- (c) 電磁放射源及び金属物体から 10cm 以上離れた空間での眼に入射する電力密度が、管理環境の場合は $10\text{mW}/\text{cm}^2$ 以下(6分間平均値)、一般環境の場合は $2\text{mW}/\text{cm}^2$ 以下(6分間平均値)であること。

なお、表2あるいは表3の注3及び注4は、本項でも適用する。

以上の各条件を表4-1に示す

表 4-1 不均一又は局所的にさらされる場合の補助指針

| | 10kHz ~100kHz | 100kHz~ 10MHz | 10MHz~ 300MHz | 300MHz ~1GHz | 1GHz~3GHz | 3GHz~ 300GHz |
|---------------------------|--|------------------|------------------|--|-----------|---|
| 電磁界強度の 単純平均値 (刺激作用) | 管理環境：表 2 (b) の電磁 界強度指針値以下 (注 1 と注 4 も適用) 一般環境：表 3 (b) の電磁 界強度指針値以下 (注 1 と注 4 も適用) | | | | | |
| 電磁界強度の 空間的平均値 (熱作用) | | | | | | |
| 電磁界強度の 空間的最大値 | | | | 四肢以外： 管理環境：20mW/cm ² 一般環境：4mW/cm ² | | 体表： 管理環境： 50mW/cm ² 一般環境： 10mW/cm ² |
| | | | | | | 頭部： 管理環境： 10mW/cm ² 一般環境： 2mW/cm ² |
| 適用する空間 | 電磁放射源、金属物体から 20cm 以上離れた人体の占める空間 | | | 電磁放射源、金属物体から 10cm 以上離れた人体の占める空間 | | |

(2) 接触電流に関する指針

(a) 管理環境で接触ハザードが防止されていない場合

①10kHz から 10MHz までの周波数においては、測定された接触電流が次の条件を満たすこと。

- ・ 10kHz から 100kHz までの周波数においては、 $0.4f$ (kHz) mA 以下 (実効値)。
- ・ 100kHz から 10MHz までの周波数においては、40mA 以下 (実効値)。

ただし、接触電流がこの指針に対して無視できないレベルの複数の周波数成分から成る場合は、その各周波数成分の指針値に対する割合の和を求めるか、各周波数成分の指針値に対する割合について指針値の周波数特性に応じた適切な重み付け平均 (付属書参照) を求める。これらの総和が 1 を超えてはならない。

②100kHz から 15MHz までの周波数においては、測定された接触電流が 100mA 以下 (平均時間 6 分間) であること。ただし、接触電流がこの指針に対して無視できないレベルの複数の周波数成分から成る場合は、その各周波数成分の指針値に対する割合の自乗和を求

める。これらの総和が1を超えてはならない。

※100kHz から 10MHz においては、①と②の両方を満たす必要がある。

(b) 一般環境で接触ハザードが防止されていない場合

①10kHz から 10MHz までの周波数において、極端に大きな非接地金属体に電流が誘導されるような場合や、磁界の影響による接触電流が想定される場合等においては、測定された接触電流が次の条件を満たすこと。

- ・ 10kHz から 100kHz までの周波数においては、 $0.2f$ (kHz) mA 以下（実効値）。
- ・ 100kHz から 10MHz までの周波数においては、20mA 以下（実効値）。

ただし、接触電流がこの指針に対して無視できないレベルの複数の周波数成分から成る場合は、その各周波数成分の指針値に対する割合の和を求めるか、各周波数成分の指針値に対する割合について指針値の周波数特性に応じた適切な重み付け平均（付属書参照）を求める。これらの総和が1を超えてはならない。

②100kHz から 15MHz までの周波数においては、測定された接触電流が 45mA 以下（平均時間 6 分間）であること。ただし、接触電流がこの指針に対して無視できないレベルの複数の周波数成分から成る場合は、その各周波数成分の指針値に対する割合の自乗和を求める。これらの総和が1を超えてはならない。

※100kHz から 10MHz においては、①と②の両方を満たす必要がある。

(3) 足首誘導電流に関する指針

(a) 管理環境で非接地条件を満たさない場合

3MHz から 300MHz までの周波数で測定された足首における誘導電流（平均時間 6 分間）が、片足当たりで 100mA 以下であること。

ただし、足首誘導電流がこの指針に対して無視できないレベルの複数の周波数成分から成る場合は、その各周波数成分の指針値に対する割合の自乗和を求める。これらの総和が1を超えてはならない。

(b) 一般環境で非接地条件を満たさない場合

3MHz から 300MHz までの周波数で測定された足首における誘導電流（平均時間 6 分間）が、片足当たりで 45mA 以下であること。

ただし、誘導電流がこの指針に対して無視できないレベルの複数の周波数成分から成る場合は、その各周波数成分の指針値に対する割合の自乗和を求める。これらの総和が1を超えてはならない。

2.2.3 局所吸収指針

(a) 適用範囲

本指針は、周波数 100kHz から 6GHz までに適用する。

局所吸収指針の主な対象は、携帯電話端末等の小型無線機であり、電磁放射源に寄与するアンテナや筐体が人体に極めて近接して使用される場合を想定している。

具体的には、本指針（局所吸収指針）は、電磁放射源（主にアンテナ）や放射に関わる金属（筐体等）と人体との距離が 20cm 以内の場合に適用される。また、それ以外の距離においても、電磁界強度指針、補助指針又は局所吸収指針のいずれか 1つを満たせば基礎指針を満たしていると判断できる。ただし、周波数が 300MHz 以上 300GHz 未満であって、10cm 以上 20cm 以内の距離における電磁界強度指針又は補助指針の適用は排除されない。

なお、空中線電力の平均電力が 20mW 以下の無線局については、仮に無線局の全出力が身体のごく一部に吸収される場合でも、局所 SAR の電波防護指針を満たしており、評価の必要性はないものと考えられる。また、管理環境においては、同 100mW 以下の無線局については、評価の必要性がないものと考えられる。

(b) 管理環境

次の要件を全て満たすこと。

- <1> 全身平均 SAR の任意の 6 分間平均値が、0.4W/kg 以下であること。
- <2> 任意の組織 10g 当りの局所 SAR（6 分間平均値）が 10W/kg（四肢では 20W/kg）を超えないこと。
- <3> 接触ハザードが防止されていない場合は、100kHz から 10MHz までの周波数において接触電流が 40mA 以下（実効値）であり、100kHz から 100MHz までの周波数において接触電流が 100mA 以下（平均時間 6 分間）であること。

ただし、接触電流がこの指針に対して無視できないレベルの複数の周波数成分から成る場合は、100 kHz から 10MHz までの周波数については、その各周波数成分の指針値（40mA（実効値））に対する割合の和の総和を求めるか、各周波数成分の指針値に対する割合について指針値の周波数特性に応じた適切な重み付け平均を求める。これらの総和が 1 を超えてはならない。さらに、100kHz から 100MHz までの周波数については、その各周波数成分の指針値（100mA（平均時間 6 分間））に対する割合の自乗和を求める。これらの総和が 1 を超えてはならない。

- <4> 100 kHz から 10 MHz において体内電界強度が $2.7 \times 10^{-4} \times f$ (Hz) V/m を超えないこと。

ただし、体内電界強度がこの指針値に対して無視できないレベルの複数の周波数成分から成る場合は、その各周波数成分の指針値に対する割合の和を求めるか、各周波数成分の指針値に対する割合について指針値の周波数特性に応じた適切な重み付け平均（付属書参照）を求める。これらの総和が 1 を超えてはならない。

なお、周波数 100MHz 以上の無線局は、<3>に述べた接触電流に関する指針に基づく評価を行う必要はない。また、周波数 10MHz 以上の無線局は、<4>に述べた体内電界強度に関する指針に基づく評価を行う必要はない。

(c) 一般環境

次の要件を全て満たすこと。

- <1> 全身平均 SAR の任意の 6 分間平均値が、0.08W/kg 以下であること。

<2> 任意の組織 10g 当たりの局所 S A R (6 分間平均値) が 2W/kg (四肢では 4W/kg) を超えないこと。

<3> 接触ハザードが防止されていない場合は、100kHz から 10MHz までの周波数において接触電流が 20mA 以下 (実効値) であり、100kHz から 100MHz までの周波数においては接触電流が 45mA 以下 (平均時間 6 分間) であること。

ただし、接触電流がこの指針に対して無視できないレベルの複数の周波数成分から成る場合は、100 kHz から 10MHz までの周波数については、その各周波数成分の指針値 (20mA (実効値)) に対する割合の和を求めるか、各周波数成分の指針値に対する割合について指針値の周波数特性に応じた適切な重み付け平均を求める。これらの総和が 1 を超えてはならない。さらに、100kHz から 100MHz までの周波数については、その各周波数成分の指針値 (45mA (平均時間 6 分間)) に対する割合の自乗和を求める。これらの総和が 1 を超えてはならない。

<4> 100 kHz から 10 MHz までにおいて体内電界強度が $1.35 \times 10^{-4} \times f(\text{Hz})$ V/m を超えないこと。

ただし、体内電界強度がこの指針値に対して無視できないレベルの複数の周波数成分から成る場合は、その各周波数成分の指針値に対する割合の和を求めるか、各周波数成分の指針値に対する割合について指針値の周波数特性に応じた適切な重み付け平均 (付属書参照) を求める。これらの総和が 1 を超えてはならない。

なお、周波数 100MHz 以上の無線局は、<3>に述べた接触電流に関する指針に基づく評価を行う必要はない。また、周波数 10MHz 以上の無線局は、<4>に述べた体内電界強度に関する指針に基づく評価を行う必要はない。

2.3 基礎指針

基礎指針を表5-1に示す。基礎指針は、熱作用からの人体防護についての管理指針の根拠となる概念であるとともに、生体作用発生の可能性を判断するための基礎を与えるものである。

表5-1 基礎指針

| | |
|---|--|
| 1 | 全身平均 SAR の任意の 6 分間平均値が、0.4W/kg 以下であること。 |
| 2 | (削除) |
| 3 | 100kHz から 100MHz までの周波数において、接触電流など対外からの流入電流が 100mA 以下(平均時間 6 分間)であること。 |
| 4 | 上記の(1)(2)及び(3)に加え、次の点に関して注意事項として考慮すること。 (a) 全身平均 SAR の任意の 6 分間平均値が 0.4W/kg 以下であっても、任意の組織 1g 当りの SAR (6 分間平均値) が 8W/kg (体表と四肢では 25W/kg) を超えないことが望ましい。 (b) 3GHz 以上の周波数においては、眼への入射電力密度(6 分間平均)が 10mW/cm ² 以下とすること。 |

2.4 基本制限

低周波領域における刺激作用からの人体防護について、基本制限を表5-2に示す。基本制限は、健康への有害な影響に至る可能性のある電波ばく露による生体内現象と直接関連する物理量についての制限値と定義する。基礎指針による適合性確認が、管理指針により適合性確認できない場合の例外的措置と位置付けているのに対し、基本制限は積極的に適合性確認に用いることを想定している。

表5-2：刺激作用からの人体防護に係る基本制限（実効値）

| ばく露特性 | 周波数範囲 | 管理環境 | 一般環境 |
|---------------|---------------|-------------------------------|--------------------------------|
| | | 体内電界 (V/m) | 体内電界 (V/m) |
| 頭部と体部の 全組織 | 10kHz - 10MHz | $2.7 \times 10^{-4} \times f$ | $1.35 \times 10^{-4} \times f$ |

(注1) fは周波数【Hz】

(注2) 100kHz以上の周波数範囲では、熱作用の指針値についても考慮することが必要

(注3) 電磁界が指針値に対して無視できないレベルの複数の周波数成分から成る場合は、電界強度、磁界強度及び磁束密度に関して、各周波数成分(10kHz以上10MHz以下)の指針値に対する割合の和を求めるか、各周波数成分の指針値に対する割合について指針値の周波数特性に応じた適切な重み付け平均を求める(付属書参照)。これらの総和が1を超えてはならない。

2.5 注意事項

(1) 医療目的の場合

電磁波を医療目的で用いる場合、医療従事者が電磁界にさらされる状況は本指針の適用の対象となるが、患者に関しては医療効果を考慮して判断すべき問題であり、医師が本指針で示された安全性の限界を十分に認識した上で用いる場合に限り適用の対象とはしない。しかし、例えば膝の関節の治療に有効な電波も眼には有害となる可能性があることから、必要以上に広範囲に電磁波を照射することを避けるとともに、漏洩電磁界には十分注意する必要がある。

(2) ペースメーカー装着者

ペースメーカー装着者が電波利用をする場合は、担当医師の指示に従うべきであり、この指針ではペースメーカー装着者を対象とはしない。

(3) 体内に金属を埋め込んでいる人

体内に金属を埋め込んでいる場合は、指針値以下の電磁界でも予想外の局所的な発熱などを引き起こす可能性があり、注意が必要である。

(4) 体に金属を身につけている人

金属を身につけている場合は、特に誘導加熱炉などの近くでは、指針値以下の電磁界でも金属が発熱する可能性があり、注意が必要である。

付属書. 非正弦波へのばく露

10kHz 以上 10MHz 以下の周波数での非正弦波へのばく露については、以下のとおり取り扱うことが可能である。

低周波では、電界及び、特に磁界は、ほとんどの場合、幅広い周波数帯に分布する高調波成分によって歪められている。その結果、電界及び磁界の波形は複雑な（しばしばパルス状の）パターンを示す。そのような電界及び磁界を、例えばフーリエ変換法（FT）を用いて、離散スペクトル成分に分解し、前述の複数周波数に対するルールを適用することが常に可能である。この手法は、スペクトル成分は同位相で加算される、すなわち、全ての最大値は同時点に起きるという仮定に基づいており、その結果、一個の鋭いピーク値が生じる。この仮定が現実的となるのは、スペクトル成分の数が限られていて、それらの位相がコヒーレントでない、すなわちランダムな場合である。位相がコヒーレントに固定されている場合には、この仮定は必要以上に安全側の見積りとなる。さらに、FT スペクトル解析におけるサンプリングや窓関数によってスプリアス周波数が発生するために、ばく露比の線形総和が人為的に増加する可能性がある。

スペクトル法に代わる選択肢として、基本制限又は参考レベルに関連するフィルタ関数を用いて、外部電界及び外部磁界、誘導電界並びに誘導電流に重み付けをする方法がある（ICNIRP 2003; Jokela 2000）。高調波成分から成る広帯域の電界及び磁界の場合、フィルタリングによって課せられる制限は数学的に次のように表わされる。

$$\left| \sum_i \frac{A_i}{E_{Li}} \cos(2\pi f_i t + \theta_i + \phi_i) \right| \leq 1$$

ここで、 t は時間； E_{Li} は第 i 高調波周波数 f_i でのばく露制限値； A_i 、 θ_i 及び ϕ_i は、第 i 高調波周波数における電界及び磁界の振幅、位相角及びフィルタの位相角である。重み付けの実際的方法（重み付けピーク値ばく露の決定）に関する詳しいガイダンスは、ICNIRP によるガイドライン「時間変化する電界および磁界へのばく露制限に関するガイドライン（1Hz から 100Hz まで）」（2010）の付属書を参照することができる。