



刺激作用に基づく電磁界の 人体防護ガイドラインについて

電力中央研究所
電力技術研究所 雷・電磁環境領域
山崎 健一

2014年5月27日(火)
総務省 第2回 電波防護指針の在り方に関する検討作業班

 電力中央研究所

© CRIEPI



 電力中央研究所

概要

- ◆ 低周波領域では、刺激作用に基づく電磁界の人体防護の指針値が定められている。
- ◆ ICNIRPでは、1998年発行のガイドラインの改訂作業が進められており、1 Hzから100 kHzの低周波帯域に対し、2010年11月に新ICNIRP低周波ガイドラインが公表された。
- ◆ 以下に、ICNIRPガイドラインにおける刺激作用に基づく指針値とその根拠等について、電波防護指針との差異等に関わる論点とともに述べる。

ICNIRP低周波ガイドライン(2010)

- ◆ 「時間変化する電界および磁界(1 Hz～100 kHz)に対するばく露制限についてのガイドライン」
- ◆ 再現性のある生体反応(刺激作用)を根拠とする。
- ◆ 「基本制限」と「参考レベル」の2段階構成。基本制限の遵守に重点。
 基本制限： 確立された健康影響を直接的な根拠とする。体内誘導電界が指標。
 参考レベル： 適合性評価の便宜のために電磁界の大きさを示される参考値。基本制限から計算モデルを用いて導出される。
- ◆ 「公衆ばく露」と「職業ばく露」で異なる指針値。公衆に対してより厳しい値が適用されている
- ◆ 対象周波数範囲： 刺激作用に基づく防護指針は1 Hz～10 MHzに適用。**100** kHz～10 MHzでは、熱作用(1998 ICNIRPガイドラインの高周波部分。現在改定作業中)と併せて考慮。

ICNIRP低周波ガイドライン(2010) – contd.

- ◆ 「瞬時」に対して適用 (instantaneous values)
 平均化時間： “一般的には(typically)” 100 マイクロ秒以下
 ⇔ IEEE C95.6: 0.2 秒, 電波防護指針： 1 秒以内(未満?)
- ◆ 複数の周波数： 複数の周波数成分の評価方法が記載されている。
 (周波数別加算／時間領域評価)

(参考) IEEEの低周波安全基準

- ◆ IEEE C95.6:「0 Hz～3 kHzの電磁界への人体ばく露に関する安全レベル」(3 kHz以上はC95.1で規定。5 MHzまでの低周波領域においては、刺激作用に基づく規定あり。C95.6と整合)
- ◆ 刺激による神経組織の電氣的興奮が根拠。作用量は, *in situ*(生体内)電界(=人体内誘導電界)
- ◆ 「基本制限」と「最大許容ばく露」の2段階構成
- ◆ 基本制限の対象は4種類の部位(脳, 心臓, 手足, 他)
- ◆ 「一般公衆」と「管理環境」で異なる指針値
- ◆ ICNIRPの参考レベルに相当する最大許容ばく露(公衆)は, 50/60 Hzで, 904 μT と大きい(旧ICNIRPでは100 μT - 50 Hz, 新ICNIRPでは200 μT - 50/60 Hz)
- ◆ IEEE C95.1との合冊の改訂作業中

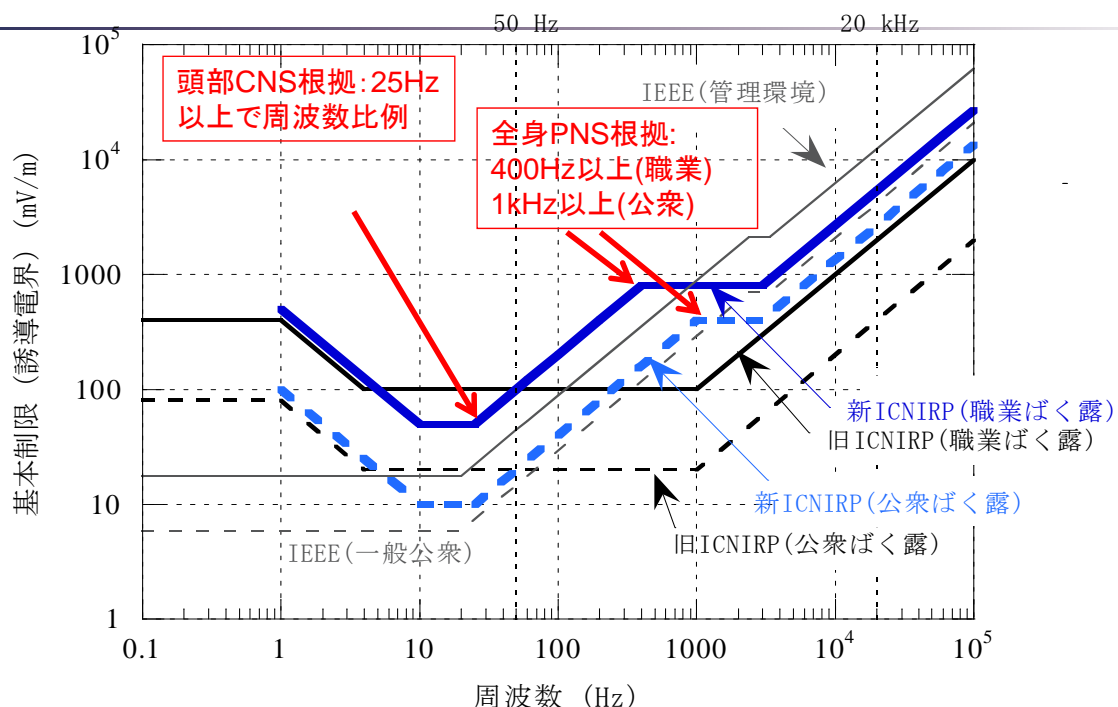
電磁界のばく露制限の根拠

- ◆ 低レベル磁界ばく露の長期影響の扱い: 磁界ばく露と小児白血病との**関連性**があるとする疫学調査結果については, ばく露を制限する根拠として用いるには十分ではない。
- ◆ 急性影響については, 神経組織および筋組織に対する直接の刺激や, 網膜における閃光の誘発などの作用が明確になっている。これの作用には閾値があり, これ以下であれば影響は見られない。
- ◆ 「全身へのばく露」については, 末梢神経および中枢の有髄神経の刺激を回避するために制限すべきである。これらの神経では, 閾値は1～3 kHzより高い周波数において上昇する。
- ◆ 網膜における閃光を回避することは, 脳機能のすべての影響を防護することにつながる(**網膜閃光現象**は, 「中枢神経系(CNS)組織への影響の適切なモデル」)。閃光が生じる閾値の最小は20 Hz付近にあり, その値は, 50 mV/m～100 mV/mである。これより高い周波数および低い周波数では閾値が上昇する。

電磁界ばく露制限の基本制限

- ・「頭部のCNS組織」と「頭部および胴体の全組織」の2種類の対象に対し別の基本制限値を示す。
- ・「頭部のCNS組織」では、磁気閃光の閾値の最下限を職業ばく露の基本制限(10 Hz～25 Hz：50 mV/m，以降周波数比例)。低減係数は適用しない。
- ・「頭部および胴体の全組織」では、末梢神経系(PNS)の刺激反応の閾値4 V/m (3 kHz以下で一定，それ以上は周波数比例)に，不確かさを考慮し，低減係数(職業ばく露：5，公衆ばく露：10)を適用した値を基本制限とする。

基本制限の比較

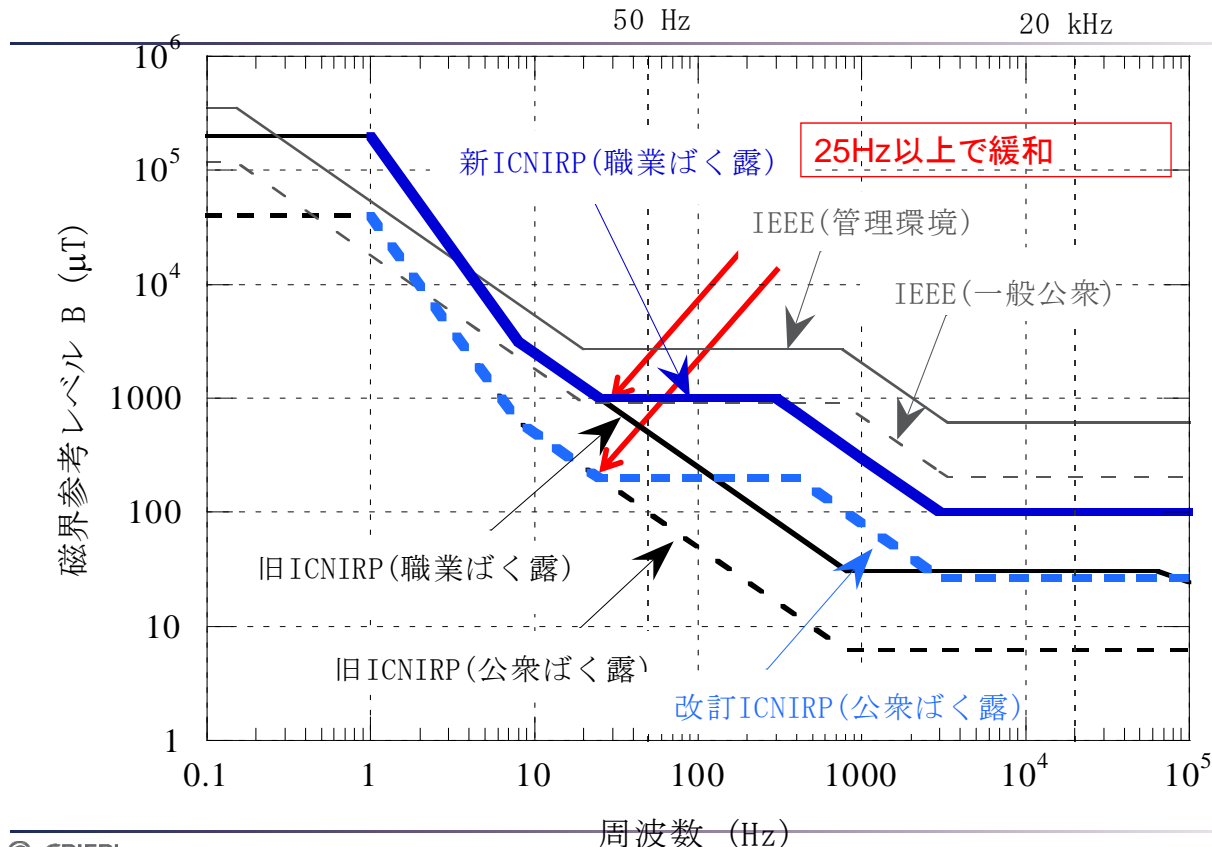


※旧ICNIRPガイドラインでは、基本制限は体内誘導電流密度で表されており、便宜上、導電率を0.1 S/mとして換算している。
 ※新ICNIRPガイドラインおよびIEEE基準では、部位により基本制限が異なるが、グラフでは最も低い値を示している。

磁界参考レベル

- ◆ 基本制限から参考レベルの換算根拠(計算モデル)については、Dimbylowによる数値計算結果が引用されている。
- ◆ 「頭部のCNS組織」の基本制限が適用される周波数帯では、1 mT, 50 Hzの一樣磁界ばく露に対して、「脳の誘導電界の値」として33 mV/mを対応させ、さらに、数値計算および人体のモデル化における「不確かさ3」を考慮し、脳の誘導電界の値を100 mV/mとし、これが、「頭部のCNS組織」に基づく基本制限値と参考レベルとの関係になっている。
- ◆ 「頭部および胴体の全組織」の基本制限が適用される周波数帯では、1 mT, 50 Hzの一樣磁界ばく露に対して、「PNSへの影響に関連するCNS以外の組織における誘導電界の値」として60 mV/mを対応させている(ただしDimbylowの論文において該当する数値は見当たらない)。

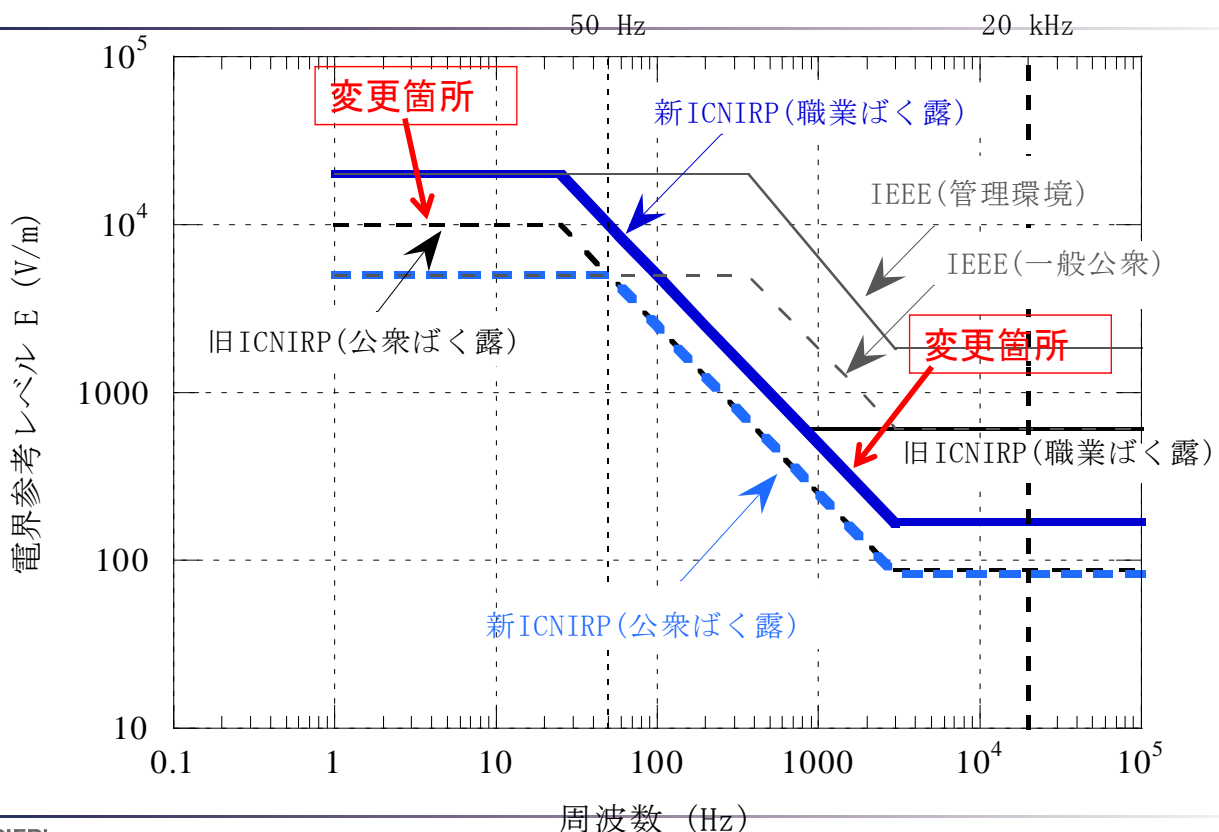
磁界の参考レベルの比較



電界の参考レベル

- ◆ 公衆ばく露では、25 Hz以下の周波数帯で、従来の1/2の値に変更された。この理由として、**刺激**を予防する十分なマージンを見込んだことを挙げている。
- ◆ 一方、職業ばく露については、中間周波数帯の電界参考レベルが大幅に厳しい値となった(20 kHzにおいて、610 V/mから83.3 V/m)。なお、25 Hz以上では、基本制限のみを考慮して参考レベルが決定されているとしている。

電界の参考レベルの比較



基本制限との適合性評価について

- ◆ 人体モデル内誘導電界の「辺長2mmの立方体空間での平均」を計算し、「特定組織の99パーセンタイル値」を評価した上、さらに「網膜と皮膚を除き、平均化する空間に他組織を含む場合はこれを除外する」処理を行う。
- ◆ 基本制限との適合性評価が不可避な状況として、「発生源からの距離が20 cm以内」の参考レベルを超過する状況が挙げられている。

参考レベルとの適合性評価について

- ◆ 非一様磁界ばく露に対し、「磁界の全身平均」を評価し参考レベルと比較する。その適用条件は、「発生源の端から20 cm以上の位置」とされている。
- ◆ 測定に関わる不確かさは、前述の低減係数には考慮されていない。

新旧ICNIRPガイドラインの変更点の比較

項目		旧 ICNIRP ガイドライン(1998)	新 ICNIRP ガイドライン(2010)
根拠	制限の根拠とする生体作用	神経系機能への影響	眼内閃光および末梢神経刺激
基本制限	生体作用の閾値からの換算(職業ばく露)	閾値に低減係数 10 を適用	眼内閃光: 最小の閾値を適用 末梢神経刺激: 最小の閾値に低減係数 5 を適用
	物理量	体内誘導電流密度	体内誘導電界
	体内誘導量評価パラメータ	電流方向に直交する 1 cm ² の断面での平均値	辺長 2 mm の立方体空間の平均値, さらに 99 パーセンタイル値
	適用部位	部位に関わらず同じ値	部位ごとに異なる(2 区分)
	公衆の低減係数	5	眼内閃光: 5, 末梢神経刺激: 2
参考レベル	導出方法	円ループおよび人体モデルを用いた数値計算結果を参照	より詳細な人体モデルを用いた数値計算結果を参照
	値(公衆)	100 μT (50Hz), 83 μT (60Hz) 6.25 μT (20Hz, 50kHz)	200 μT (50Hz, 60Hz) 27 μT (20Hz, 50kHz)

電波防護指針改定における論点

- ◆ 刺激作用に基づく指針の周波数範囲の上限
ICNIRP: 10 MHz (高周波部分の改定作業中。2010年の低周波ガイドラインとの整合を想定), IEEE: 5 MHz, 電波防護指針: 100 kHz
- ◆ 指針値の根拠となる刺激作用と閾値
- ◆ 指針値を規定する物理量
ICNIRP, IEEE: 誘導電界誘導, 電波防護指針: 誘導電流密度
- ◆ 安全率(低減係数)に関する考え方
ICNIRP: 末梢・中枢有髄神経刺激閾値の1/5, IEEE: 閾値の中央値の1/3, 電波防護指針: 閾値の下限
- ◆ 「瞬時値」の定義(平均化時間) ICNIRP: 100 μ秒以下, IEEE: 0.2秒
- ◆ 誘導量空間平均(平均化距離)の規定 ICNIRP: 2 mm, IEEE: 5 mm
- ◆ 換算モデル ICNIRP: 詳細人体モデルの計算結果の適用
IEEE: 単純楕円断面モデル, 電波防護指針: 単純球モデル