

セクション 3： 現在の公衆被曝基準

米国連邦通信委員会（F C C）被曝基準勧告

アメリカでは、米国連邦通信委員会(F C C)が、職業被曝（職場での被曝）と公衆被曝の両方の限度値を施行する。被曝限度値は、周波数（MHz）と被曝期間（職業被曝で6分、公衆被曝で30分）に応じて変わる。表 3.1 は、空中を伝わる AM、FM、テレビ、無線発生源等から発生する無線周波数電磁波への、職場と非管理下の公衆のための被曝限度値を示す。例えば、583 マイクロワット/平方センチメートル（ $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ）は、875MHz の携帯電話無先周波数の公衆限度値で、1000 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ は 1800～1950MHz 帯の 30 分平均の PCS 周波数のための限度値だ。表 3.1 の限度値は、送信アンテナの近くでの被曝に関する（携帯電話のような機器のためではない。機器の被曝限度値は表 3.2 に示した）。

人間の環境の質について、F C C が規制する送信機から発生する電磁波の影響を評価するために、1969 年の米国環境政策活動によって、F C C は必要とされた。現在、連邦政府が命じた無線周波数（RF）被曝基準は存在しない。しかし、全米規格協会（ANSI）、米国電気電子技術者協会（IEEE）、放射線防護測定国民協議会（NCRP）などのいくつかの非政府組織は、RF 電磁場への人体の被曝の勧告を公表してきた。F C C はこれらの勧告を承認し、遵守を実施してきた。<http://www.fcc.gov/oet/rfsafety/>

表 3.1 最大許容被曝（MPE）の F C C 限度値

(A) 職業・管理環境下での被曝の限度値

周波数帯 (MHz)	電場強度(E) (V/m)	磁場強度 (H) (A/m)	電力密度(S) (mW/cm^2)	平均時間 [E] 2[H] 2 または S (分)
0.3-3.0	614	1.63	(100)*	6
3.0-30	1842/f	4.89/f	(900/f ²)*	6
30-300	61.4	0.163	1.0	6
300-1500			f/300	6
1500-100,000			5	6

(B) 公衆・非管理環境下でのFCC限度値

周波数帯 (MHz)	電場強度(E) (V/m)	磁場強度(H) (A/m)	電力密度(S) (mW/cm ²)	平均時間 [E] 2[H] 2 または S (分)
0.3-3.0	614	1.63	(100)*	30
3.0-30	824/f	2.19/f	(180/f ²)*	30
30-300	27.5	0.073	0.2	30
300-1500	—	—	f/1500	30
1500-100,000	—	—	1.0	30

f=MHz を単位とした周波数

*平面波に対応する電力密度

メモ1：職業・管理環境下限度値は、与えられた仕事の結果として被曝した状況に適用される。それらの人々は、被曝の可能性について十分に知っていて、被曝状況を完全に管理することができる。職業・管理環境下での被曝限度値は、被曝の可能性を知らせる職業・管理環境下での被曝限度値が適用される場所を一時的に通過する人にも適用される。

メモ2：公衆・非管理環境下被曝は、一般の人が被曝するかもしれない状況や、勤め先が被曝の可能性を十分に知らないかもしれない結果として被曝した状況、被曝状態を完全に管理できない状況に適用される。

出典：OET,1997.

携帯電話とPCS電話（そして、その他の無線周波数発生機器）に関するFCCガイドライン

携帯無線電話サービス、個人通信サービス（PCS）、衛星通信サービス、海上サービス（船の地上局のみ）、特別携帯無線（SMR）サービスで操作する、携帯電話と持ち運び型送信機器は、FCCによって装置を認可されるか、使用されることに優先する、RF被曝の定例の環境評価（健康評価ではない）に従う。FCC規則のセクション 2.1093(47CFR§2.1093)は、「持ち運び型」機器に適用される。これらの要件の目的として、持ち運び型機器は、機器の放射する構造物が使用者の体の20cm以内で使われるために設計された送信機器として定義される。

携帯電話といくつかのその他の無線通信機器は、体に吸収されるエネルギーの量によって決まる、それらの照射に応じてFCCによって規制される。測定の基準は、エネルギー吸収比（SAR）で、組織あたりのW/kgで表示される。無線周波数放射線の吸収に関する限度値は、人体の組織1グラム以内に1.6W/kgに制限される。この限度値は、2006年4月にIEEEによって変更（緩和）のため勧告された。もしFCCに採用されると、この熱量または1.6W/kgは同じだけの組織（10g）で10倍多く測定されるだろう。その結果、少量の組織全体で、これらの機器からはるかに高い加熱が可能になる（もし採用されたら、現在の限度値より厳しさが遥かに少なくなるだろう）。より多くの携帯電話と関連するPDA機器は、緩い基準にすぐに従うだろうし、一般の人々はより高い無線周波数電磁波に被曝する可能性があり、高い被曝は法的に遵守されるだろう。

「使われるSAR基準は下記に記述されており、100kHzから6GHzの周波数帯の持ち運び型送信機器に適用される。評価に使われる限度値は、一般的に米国電気電子技術者協会（IEEE）によって発表された『3kHzから300GHzの無線周波数電磁場への人体被曝に関する安全レベルに関するIEEE基準』ANSI/IEEE C95.1-1992のセクション4.2の局所エネルギー吸収比（SAR）の基準に基づいている」。

「SAR評価のこれらの基準は、『無線周波数電磁場に関する生物学的影響と被曝基準』NCRP報告No.86、セクション17.4.5著作権NCRP1986年ベセスダ、マリーランド20814の、放射線防護測定国民協議会（NCRP）による勧告に似ている」。

(1) **職業・管理被曝のFCC限度値**：全身の平均としてSAR 0.4W/kgで、空間的なピークSARは組織1g平均で8W/kgを越えない（組織の量は立方体の形として定義された）。例外は、手、手首、足、足首で、空間的SARは組織10gの平均で20W/kgを越えないこと越えないこと（組織の量は立方体の形として定義された）。

職業・管理被曝限度値は、与えられた仕事の結果として、人々が十分に知っていて被曝した場合や、被曝管理を実行した場合に適用される。被曝を自覚していることは、職場環境のRF安全プログラムのような、適切な方法を通じて特

別な訓練や教育を受けることによって、または警告表示の使用によって実行される。(OET、1997)。

(2) **公衆・非被曝環境のFCC限度値**：全身の平均として 0.08W/kg、空間的なピークSARは組織 1g の平均で 1.6W/kg を越えない(組織の量は立方体の形として定義された)。例外は、手、手首、足、足首で、空間的SARは組織 10g の平均で 4W/kg を越えないこと(組織の量は立方体の形として定義された)。公衆・非被曝環境の限度値は、一般の人が被曝しているかもしれない場合、または勤め先が被曝の可能性を十分に知らないために被曝した場合、被曝管理を行っていない場合に適用される。携帯電話のような消費者の機器に貼った警告表示は、職業・管理被曝の限度値に評価される対象として、これらの機器を認めるのに十分な理由にならないだろう(OET、1997)。

アメリカでは、2つの専門機関—米国電気電子技術者協会(IEEE)と放射線防護測定国民競技会と測定(NCRP)が、安全基準の勧告を作る。IEEEは公衆安全基準の扇動者と同じように、技術の進歩について世界をリードする専門家協会と自認している。IEEE勧告は、歴史的に全米規格協会(ANSI)によって承認され、最後に方法についてFCCによって考察される。米国連邦通信委員会(FCC)はすぐに勧告を得て、強制的な被曝限度値として適用するだろう。いくつかの基準設置過程は、ここ2、30年の間で上記のように作られた。

3kHz から 300GHz に関する最近の IEEE 勧告は、2006年に作られた(IEEE,2006)。無線周波数とマイクロ波被曝の既存の限度値よりむしろ低く、新しい限度値は被曝限度値が大幅に高くなった。これは、既存の基準値よりも低い(はるかに低い)レベルで、生物学的に適切な変化を明らかに実証する科学的証拠の主要部分を考慮にいれないか無視したので、混乱させている。

ICNIRPガイドライン(国際的な無線周波数ガイドライン)

1998年4月、国際非電離放射線防護委員会(ICNIRP)は、300GHz以下の周波数帯で、時間変動電場、磁場、電磁場への被曝を制限するガイドラインを発表した。これらのガイドラインは、1988年と1990年に出された前のアドバイスと置き換えた。ICNIRPガイドラインの主な目的は、わかっている

る有害な健康影響から防護する、電磁場被曝を制限するガイドラインを設立することだ（ICNIRP、1998）。有害な健康影響は、被曝した人やその子孫の確認できる健康悪化の原因の一つとして、ICNIRPによって定義された：その一方で、生物学的影響は有害な健康影響につながるかもしれないし、つながらないかもしれない。

表 3.2 で示したガイドラインは、職業被曝と公衆被曝に適用される。

表 3.2 10GHz 以下の周波数に関する時間的に変化する電場と磁場の ICNIRP 基本規制

周波数 特徴	周波数範囲	頭と胴体の 電流密度 (mA/m ²) (rms)	全身平均 SAR (w/kg*1)	局所 SAR (頭と胴体) (w/kg*1)	局所 SAR (四肢) (w/kg*1)
職業被 曝	1Hz 以下	40	—	—	—
	1-4Hz	40/f	—	—	—
	4Hz-1kHz	10	—	—	—
	1-100kHz	f/100	—	—	—
	100kHz-10MHz	f/100	0.4	10	20
	10MHz-10GHz		0.4	10	20
公衆被 曝	1Hz 以下	8	—	—	—
	1-4Hz	8/f	—	—	—
	4Hz-1kHz	2	—	—	—
	1-100kHz	f/500	—	—	—
	100kHz-10MHz	f/500	0.08	2	4
	10MHz-10GHz		0.08	2	4

1. f は、Hz を単位とした周波数。
2. 人体は電氣的に不均一なので、電流密度の値は、電流方向に垂直な 1 cm² の断面内の平均値とする。
3. 100kHz までの周波数では、ピーク電流密度の値は、rms 値に $\sqrt{2}$ （ ~ 1.414 ）を乗じて得ることができる。パルス幅 t_p のパルス波の場合は、基本制限を適用すべき等価な周波数は $f=1/(2t_p)$ として計算する。100kHz 以下の周波数のパルス磁界については、パルスによって発生する最大の電流密度を、パルスの立ち上がり/立ち下がり時間および磁束密度の最大変化率から計算できる。この誘導電流密度が基本制限と比較

できる。

4. 全ての SAR 値は、任意の 6 分間の平均値だ。
5. 局所 SAR は、ひとかたまりの同質の組織 10g の質量で平均した値とする。この値を最大局所 SAR の評価に使う。
6. パルス幅 t_p のパルス波では、基本制限に適用するための等価周波数を $f=1/(2t_p)$ として計算する。なお、周波数 0.3-10GHz で頭部に局所被曝を与えるパルス波の場合は、熱弾性膨張によって生じる聴覚効果を制限・回避するために、基本制限の追加事項を勧告する。それは、10g の組織で平均した SA が、職業被曝で 10mJkg^{-1} を越えないこと、また公衆被曝の場合は 2mJkg^{-1} を越えないことだ。

数 Hz から 1kHz の周波数範囲で、 $100\text{mA}\cdot\text{m}^{-2}$ を越える電流密度を誘導するレベルは、中枢神経興奮の急性変化や視覚誘発電位の反転などのその他の急性影響の閾値を越える。上記の安全性に配慮するため、4Hz-1kHz の周波数範囲で、職業被曝は $10\text{mA}\cdot\text{m}^{-2}$ 以下の電流密度を誘導する電磁場に制限するべきだと決められた。つまり安全係数は 10 と決められた。一般の人々に対しては、さらに 5 倍の安全係数を適用し、 $2\text{mA}\cdot\text{m}^{-2}$ の基本制限が与えられた。4Hz 以下と 1kHz 以上では、誘導電流密度の基本制限はしだいに高くなる。

被曝を限定するガイドラインを持つ ICNIRP は、全ての発表された科学的文献を徹底的に批評してきた (ICNIRP, 1998)。

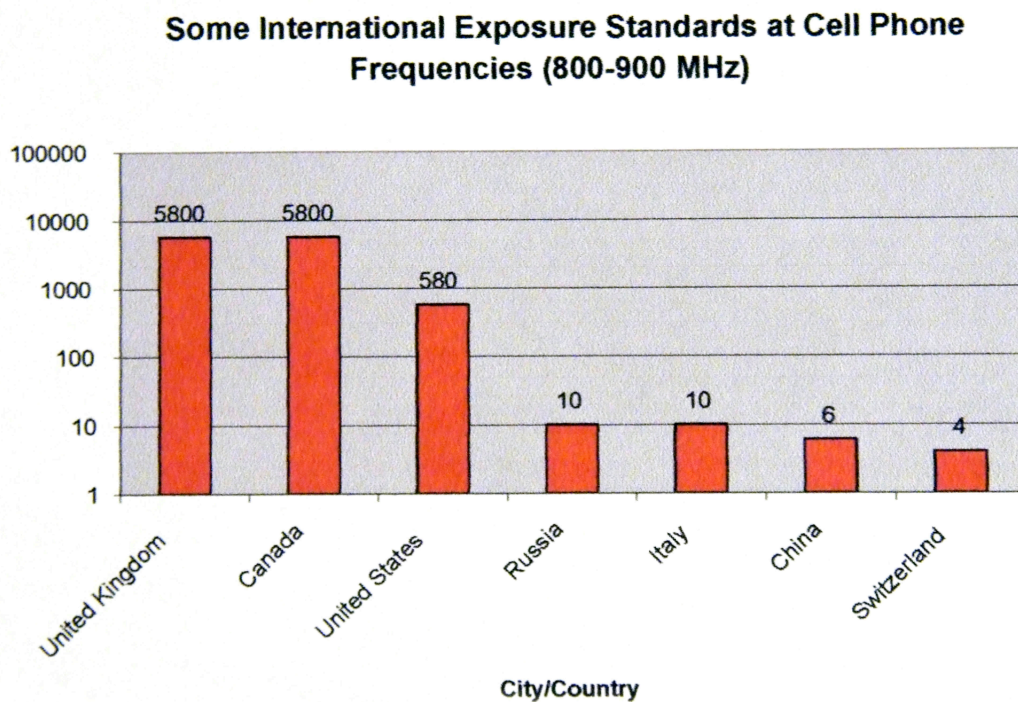
「批評する際に適用される基準は、さまざまな報告された結果の信頼性を評価するために立案された (Repacholi and Stolwijk 1991; Repacholi and Cardis 1997)。確立した影響だけが、提案する被曝制限の根拠として使われる。長期間の電磁場被曝によるがんの誘発は、確立したと考えられていない。そのため、これらのガイドラインは、末しょう神経や筋肉の刺激や電導性のものに触って発生する火傷やショック、電磁場に被曝している間にエネルギーを吸収して起きる組織温度の上昇のような、短期間の即時性の健康影響に基づいている。がんのリスク増加のような、潜在的な長期間の被曝影響の場合、ICNIRP は、利用できるデータは被曝規制を設ける根拠を提供するのに不十分だ、と結論づけた。疫学研究は示唆を提示しているが、勧告されたガイドラインよりも十分に低い 50/60Hz の磁束密度のレベルで、被曝と発がん性影響の可能性の関連

性の証拠は説得力がない。試験管内の ELF または ELF 変調電磁場への短期被曝は要約された。電磁場被曝への一時的な細胞と組織の反応は観察されたが、被曝と反応の関連性ははっきりしない。これらの研究は、健康影響の評価で量が限られている。反応の多くは生体内で実証されていないからだ。そのため、電磁場の潜在的な健康影響を評価する主要な根拠として使われるデータを、試験管内研究だけが提供するとは考えられない」(ICNIRP、1998)
<http://www.icnirp.de>。

ガイドラインと規制 (他の国々)

一方、世界のいくつかの国は、熱効果を信頼しない影響を報告する研究に対応する新しい、低い強度の被曝基準を設けている。したがって、新しい被曝ガイドラインは IEEE や ICNIRP より、数百倍か数千倍低い。表 3.3 は限度値を引き下げたいいくつかの国のガイドラインを示す。例として、携帯電話の周波数帯 800MHz から 900MHz を示した。

表 3.3 携帯電話周波数(800-900MHz)の国際的な被曝基準



そのレベルは、イタリアとロシアの $10 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ から、スイスの $4.2 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ に及

ぶ。ちなみに、アメリカとカナダの時間を平均した限度値は $580 \mu \text{W}/\text{cm}^2$ (870MHz)だ (高い被曝は短期間だけ認められるが、30分を越えると平均でこの周波数で $580 \mu \text{W}/\text{cm}^2$ か、それ以下にしないといけないことを意味する)。イギリスは、このレベルの100倍高い値か、 $5800 \mu \text{W}/\text{cm}^2$ を認めている。周波数が高いと安全限度値は高くなる。たとえば、100MHzの限度値は $1000 \mu \text{W}/\text{cm}^2$ だ (アメリカの場合)。無線周波数帯電磁波のそれぞれの周波数は、計算される必要がある。これらは、参考ポイントとしてだけ提示される。新しく現われた科学的証拠は、計画目標を採用するか、低い強度にするか、非熱無線周波数電磁波の生物影響と健康影響にすぐに反応する一時的な行動レベルによって対応するよう、いくつかの国に勧める。

IEEE や ICNIRP のような技術業界からなる専門組織は、下記のようにすることで慣例的に守ってきた「熱効果のみ」のガイドラインを支持し続けている。(a) 発表された科学は、彼らの定義によるとまだ「証拠」がないという理由で、論文審査の非常に大きな組織が報告するウェル・ビーイングや、健康への有害な影響、生物影響の研究結果を無視するか省くことによって、(b)行動を起こさせないために、現実性がないほど高いハードル(科学的な証拠や因果関係の証拠)を設けて「有害な影響」の証拠を定義することによって、(c)低い強度の影響を考慮すべきだと認める前に、「有害な影響」とリスクの両方に決定的な証明を求めることによって、(e [訳注：順番では d だが、原文のまま表記])変調による生物影響と健康影響を報告する低い強度の研究を無視することによって、(f) 関連する低い強度の調査経験を持つ独立した科学者と公衆衛生専門家を過小評価し、業界の専門家に重荷を負わせる審査の科学的批評を実施することによって、(g) 基準を設定する協議に一般の参加者を制限することや、現状を維持する他の技術によって。

既存の基準設定団体の批判の多くは、それらの団体の関与が公衆衛生の方向付けよりも産業界にやさしい (新しい技術の普及と技術投資とより多く提携する) と認められることからきた。今の IEEE 基準設置 ICES の委員長、Eleanor Adair の見解は、Osepchuk と Petersen (2003) によって書かれた論文の要約で明らかにされた。「彼女と ICES のゴールは、人類に確かな RF エネルギーの将来の有益な応用を作る合理的な基準を作ることだ」。著者の Osepchuk と

Petersen は、次のように記した。「安全な基準が、合理的であり、過剰な安全係数を避けることは重要だ」。著者らは、低い強度の影響に関する証拠の主要部分を特別に捨てた。「マイクロ波・RF エネルギー（電氣的刺激よりも）への被曝の「熱」生物影響を報告する科学的文献が批評過程に含まれるが、それは基準設置の目的のために有効ではなく、矛盾することがわかる」。

この報告書は、弱い電磁場（電力周波数と ELF 帯の両方から）の影響と、加熱を起こさない被曝レベルでの無線周波数／マイクロ波場の影響を報告する証拠の重要な部分を述べる。熱だけの被曝基準を維持しておく根拠として、引用された科学的文献の矛盾も示す（とくに遺伝子毒性のセクション 6 を参照。半分以上が発表された論文の陰影影響で、半分が陽性影響）。

参考文献

International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection.1998.Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields(up to 300GHz).health physics Vol 78:4 April, 1998. <http://www.icnirp.de>

Institute of Electrical and Electronics engineers, Inc(IEEE) 1992. Section 4.2 of “IEEE Standard for safety Levels with Respect to Human Exposure to radio Frequency Electromagnetic Fields, 3kHz to 300GHz”, ANSI/IEEE C95.1-1992. New York, NY 10017.

National Council on Radiation Protection and Measurements (NCRP), 1986. Biological Effects and Exposure Criteria for Radiofrequency Electromagnetic Fields, NCRP Report No.86, Section 17.4.5. Bethesda, Maryland 20814.

OET 1997. Office of Engineering Technology, Federal Communications Commission Bulletin 65 97-01, August 1997. <http://www.fcc.gov/oet/rfsafety>

Osepchuk JM Petersen RC. 2003. Historical Review of RF Exposure Standards and the International Committee on Electromagnetic Safety(ICES). Bioelectromagnetics Supplement 6:S7-16. Osepchuk is a

former employee of Raytheon. Petersen is a former employee of Bell Labs and Lucent Technologies. Both are independent industry consultants in their retirement.