

特集：電磁環境と公衆衛生

<総説>

電波防護指針と電磁環境

和氣加奈子, 渡辺聡一

国立研究開発法人情報通信研究機構

Radio-radiation protection guidelines and environment in Japan

Kanako WAKE, Soichi WATANABE

Electromagnetic Compatibility Laboratory, National Institute of Information and Communications Technology

抄録

電波の安全な利用のために、電波の生体影響に関する知見をもとに電波防護指針が策定されている。電波防護は、生体内の電界や比吸収率といった生体影響に関係する体内の物理量で示されている。それに加えて、より実環境での評価が容易な入射電磁界強度の指針などが設けられている。本稿では電波防護指針について解説するとともに、電波環境の実測例について紹介する。

キーワード：電波防護指針, 電磁環境, 体内電界, 比吸収率

Abstract

Radio protection guidelines have been settled for the safe use of radio waves based on knowledge about the biological effects of electromagnetic fields. Induced electric field and specific absorption rate inside the human body are used as indices in these guidelines. Although these internal quantities are related to biological effects, they are not easy to measure. Therefore, incident electromagnetic field is also shown in the guideline. In this report, we introduce the radio protection guidelines in Japan and examples of actual surveys of environmental exposure.

keywords: guideline, electromagnetic field, internalelectric field, SAR, environment

(accepted for publication, 24th November 2015)

I. 背景

電波利用の拡大に伴い電波の生体安全性に関心が高まっている。電波の生体影響についてのこれまでの多くの研究成果に基づき、電波を安全に利用するための国際的なガイドラインが定められており [1-4]、わが国でも電波防護指針を定めている [5-8]。電波防護指針は、人体の健康に好ましくない影響を与えることがない電波のレベルを示したものであり、平成2年6月に総務省（旧

郵政省）電気通信審議会において答申された [5]。その後、携帯電話等の人体近傍で使用される無線機器の普及拡大に伴い、局所吸収指針が平成9年4月に追加され [6]、その上限周波数の拡大が平成23年5月に行われた [7]。さらには平成25年3月には、低周波領域についての改定が行われ、後に示す刺激作用に基づく指針が国際非電離放射線防護委員会（ICNIRP）の国際的なガイドラインと整合された [8]。このように電波防護指針は、最新の研究成果に基づき科学的に裏付けされた根拠や新しい考

連絡先：和氣加奈子

〒184-8795 東京都小金井市貫井北町4-2-1

Nukui-Kitamachi 4-2-1, Koganei Tokyo 184-8795, Japan.

Tel: 042-327-6693

E-mail: kana@nict.go.jp

[平成27年11月24日受理]

え方が示された場合には、社会における電波利用の状況等に応じて内容を改める必要があるものであり、実際にこれまで上記に示すような改定が実施されている。

電波防護指針や国際的なガイドラインは一部に違いはあるものの、その根拠や基本的な考え方は共通している。特に電波防護指針はその低周波帯における改定もあり、ICNIRPガイドラインと整合性がとられたものとなっている。また、電波防護指針は情報通信審議会の答申であるが、その一部は電波の公平かつ能率的な利用を確保することを目的とする法律である電波法に反映されている。平成25年に実施された指針の改定部分についても今後反映される予定である。

本稿では、日本における最新の電波防護指針を解説するとともに、電波環境の実態について述べる。

II. 電波防護指針

電波の生体影響は周波数によりメカニズムが異なることが知られている。おおよそ100 kHzより低い周波数では刺激作用、100 kHzより高い周波数では熱作用が支配的と言われている。刺激作用は、電波にさらされることにより生体内に電流が流れ、神経や筋などが刺激を受ける作用である。一方、100 kHz以上では熱作用が支配的である。熱作用は、体内に吸収される電波のエネルギーが生体分子を振動・回転させ発生する熱による作用である。

電波防護指針とは先にも述べた通り、人体に好ましくない影響を及ぼすことがない電波の強さを示したものであり、科学的に確立された生体影響を根拠としている。実際の指針値は十分な安全率が考慮されており、指針値を超えたからといってすぐさま危険な状況にはならない。また電波防護指針は2段階構成となっており、管理環境と一般環境とで異なる指針値が示されている。管理環境とは、電波ばく露の認識および放射源の特定がされている適切な管理が可能な環境をさす。一方の一般環境は、電波ばく露の認識や適切な管理が期待できず、不確定な環境をさす。そのため一般環境は管理環境に比べて付加的な安全率が適用されている。

電波防護指針における科学的に確立された生体影響としては、先に述べた刺激作用と熱作用とが考慮されている。刺激作用に対しては体内電界、熱作用に対しては比吸収率 (Specific Absorption Rate, SAR) の指針値が与えられている。表1に刺激作用に関連する体内電界の指針値を示す。体内電界は10 kHzから10 MHzまでの周波数範囲において瞬時の値として定義されている。これは、神

表1 刺激作用に関連した体内電界 [V/m] の指針値 (実効値)

周波数	管理環境	一般環境
10 kHz - 10 MHz	$2.7 \times 10^{-4} \times f$	$1.35 \times 10^{-4} \times f$

*fは周波数 [Hz]

経および筋組織の刺激や網膜磁気閃光現象の誘発を根拠として決定されている。

熱作用の指標であるSARは式(1)で定義される。

$$SAR = \frac{\sigma |E|^2}{\rho} \quad (1)$$

ここで、Eは生体内部電界の実効値 [V/m]、 σ は導電率 [S/m]、 ρ は密度 [g/m³] である。SARの指針は100 kHz - 6 GHzの周波数範囲で定義される。SARは体内の温度上昇による熱作用に関係しているため、温度上昇を考慮して6分間の平均で与えられる。また、SARの指針は全身平均と局所の2種類に対して定義される。全身平均SARについては、動物実験において全身平均SARが数 W/kgに達すると行動パターンへの影響が生じることを根拠として決定されている。これは約1度の深部体温の上昇に相当する。局所SARは携帯電話端末等の人体への局所ばく露を想定しており、任意の10gの組織で平均した値で定義される。これは、実験動物の眼球への電波ばく露における白内障の発生などを根拠としている。表2に熱作用に関するSARの指針値をまとめる。

上述した体内電界やSARといった生体内部における指標は、測定等により直接求めることが困難である。そのため電波防護指針では、入射電磁界強度などの実際に評価を行うことが比較的容易な指標が電磁界強度指針として別途定められている。図1, 2に一般環境における電界および磁界の強度指針を示す。図1, 2において、破線および実線はそれぞれ刺激作用および熱作用を考慮した指針値である。電磁界強度指針は、波源が十分遠方であり、人体の近傍に散乱体がない場合を想定し、人体が均一な電磁界にさらされる場合の体内電界やSARといった体内のばく露量から算出されている。

電波防護指針では、これまでに示した電波ばく露による直接的な影響 (刺激作用および熱作用) 以外にも間接的な影響として接触電流や足首誘導電流に関する指針値も示されている。

実際の波源からのばく露に対して電波防護指針を満足するかどうかの評価を行う場合、まず人体がない場合の空間における電磁界を測定し、電磁界強度指針と比較を行うことが求められる。電磁界強度指針が対象とする全空間において満たされる場合、その空間は電波防護指針を満足していると言える。しかし通常の波源からのばく露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、電磁界強度指針は厳しすぎる指標となる場合もある。このような場合、例えば人体が占める空間の平均値を用いて電磁界強度指針と比較するな

表2 熱作用に関連するSAR [W/kg] の指針値

	管理環境	一般環境
全身平均SAR	0.4	0.08
局所SAR (頭部および体幹)	10	2
局所SAR (四肢)	20	4

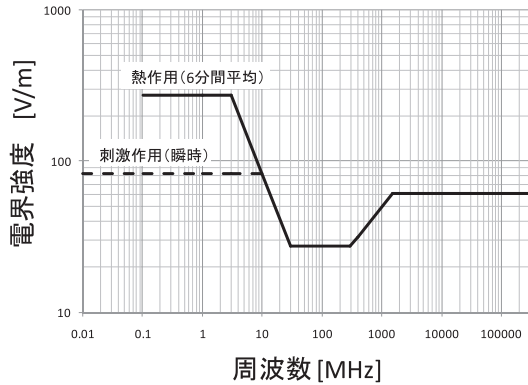


図1 電界強度指針

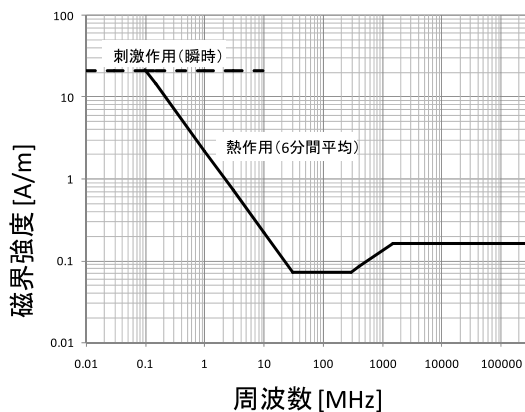


図2 磁界強度指針

どの方法も示されている。また、入射電磁界強度の指針を満足していない場合でも、体内電界やSARといった体内のばく露量で示される基本制限や基礎指針を満足している可能性がある。したがって、電磁界強度指針を満足していない場合でも、体内でのばく露評価を行うことで、電波防護指針への適合性を確認することも可能である。

III. 電波環境の実態

わが国では、電波法において無線局の運用が管理されている。その中で、人体に危害を及ぼさないように定められている。そのため上述の電波防護指針に適合しているかを確認することが必要である。例えば、放送局や携帯無線基地局などの固定無線局に対しては、平成11年郵政省告示300号において電波の強度の算出方法および測定方法が定められている [9]。こういった測定法を元に、いくつかの実態調査が行われている。中波帯 (300 kHz-3 MHz) の無線局については平成20年度に、関東総合通信局管内に送信所を設置している6つの無線局に対して調査が行われた [10]。その結果、上記6つの無線局の送信所近傍の約600地点の電界強度は、最大の測定値でも電界強度指針の10分の1以下であることが報告されてい

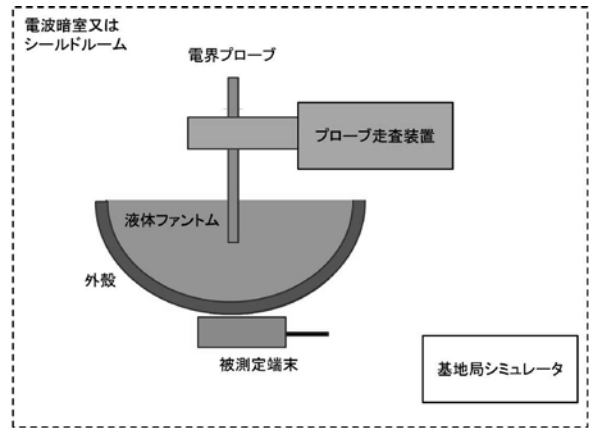


図3 携帯電話端末のSAR測定の様式図

る。また、短波帯 (3-30 MHz) の無線局については平成21年度に調査が行われており、無線局の送信所近傍の5つの測定領域の合計約500地点の測定が行われ、最大の測定値でも電界強度指針値の2分の1以下であることが報告されている [11]。さらに、携帯電話基地局近傍の電波の強さについて平成17年度および19年度に調査が行われ、最大でも電界強度指針値の数100分の1以下であることが確認されている [12, 13]。このように、通常の電波環境は電波防護指針以下となっている。

また、携帯電話のように人体の極近傍で用いる無線局については、平成12年に電気通信技術審議会から、「携帯電話端末等に対する比吸収率の測定方法」のうち「人体側頭部の側で使用する携帯電話端末等に対する比吸収率の測定方法」が答申され [14]、平成14年より人体側頭部のそばで使用する携帯電話端末等に対する電波防護規制が導入されている。この測定法は平成18年および27年に改定され、対象周波数上限の3 GHzから6 GHzへの拡大、複数の周波数帯域の電波を同時送信する無線設備への対応の追加等が実施されたところである。また、側頭部以外に近接して使用する携帯電話端末等に対する測定方法も別途定められている [15]。

例えば側頭部へのばく露に対しては、頭部形状を有する人体と誘電特性が近い液体ファントム近傍に携帯電話端末を配置し、頭部ファントム内のSARが実測される (図3)。測定は、頭部左右、頭部に対する端末の傾き、使用周波数帯の上限や下限など様々な条件で行われる。近年では、携帯電話の通信業者各社のホームページ等で各端末の最大局所SARが公表されており、いずれも指針値である2 W/kgを超えないことが確認されている。

IV. むすび

本稿では、わが国の電波防護指針について解説を行うとともに、電波環境の実態についての調査例を紹介した。電波防護指針は、電波の生体影響について科学的に確立

された刺激作用と熱作用を防護する目的で策定されており、十分な安全率を考慮して策定されている。指針は、生体作用に直接関係する体内のばく露量だけでなく、より評価を容易にする入射電磁界強度等でも与えられている。これまでにいくつかの電波環境の実態調査が行われており、放送局や携帯電話基地局などの固定無線局、携帯電話端末などいずれも防護指針の範囲内で運用されているのが現状である。

参考文献

- [1] ICNIRP. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz). *Health Physics*. 1998;74:494-522.
- [2] ICNIRP. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (1Hz to 100 kHz). *Health Physics*. 2010;99:818-836.
- [3] IEEE. IEEE standard for safety levels with respect to human exposure to electromagnetic fields, 0-3 kHz. *IEEE Std C95.6*. 2002.
- [4] IEEE. IEEE standard for safety levels with respect to human exposure to radiofrequency electromagnetic fields, 3 kHz to 300 GHz. *IEEE Std C95.1*. 2005.
- [5] 電気通信技術審議会. 諮問第38号答申「人体に対する電波防護指針」. 1990.
- [6] 電気通信技術審議会. 諮問第89号答申「電波利用における人体防護の在り方」. 1997.
- [7] 電気通信技術審議会. 諮問第2030号答申「局所吸収指針の在り方」. 2011.
- [8] 電気通信技術審議会. 諮問第2035号答申「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」. 2013.
- [9] 郵政省. 告示第300号「無線設備から発射される電波の強度の算出方法及び測定方法」. 1999.
- [10] 総務省. 通常の電波伝搬環境下における中波帯の電界強度測定等の調査報告書. 2009.
- [11] 総務省. 通常の電波伝搬環境下における短波帯等の電磁界強度測定等の業務の調査報告書. 2010.
- [12] 総務省. 携帯電話基地局周辺の電界強度測定等の調査報告書. 2005.
- [13] 総務省. 通常の電波伝搬環境下における携帯電話基地局に関する電界強度測定等の調査報告書. 2007.
- [14] 電気通信技術審議会. 諮問第118号一部答申「携帯電話端末等に対する比吸収率の測定方法」のうち「人体側頭部の側で使用する携帯電話端末等に対する比吸収率の測定方法」. 2000.
- [15] 電気通信技術審議会. 諮問第118号一部答申「携帯電話端末等に対する比吸収率の測定方法」のうち「人体側頭部を除く人体に近接して使用する無線機器等に対する比吸収率の測定方法」. 2011.