電波の安全性について

総務省 総合通信基盤局電波部電波環境課

水落祐二 Yuji Mizuochi

1

これまでの電波の安全性に関する研究と研究成果に基づく電波防護指針・国際的なガイドラインについて

無線通信はヘルツ、マルコーニらによる電磁波の発生、無線通信の成功から100年以上の研究と実用の歴史があり、現在では、あらゆる場所・場面で無線通信が利用されるようになってきている。

無線通信の利活用が華々しく展開される一方で、人間には見えない電波に対する安全性についての関心・懸念は、これまででも少なからず存在している。このような社会の要求に応えるよう、電波が人体に与える影響については、我が国を含め、全世界的に見てこれまで50年以上の研究の蓄積を有している。本章では、これまでの電波の安全性に関する研究と研究成果に基づき策定された国際的なガイドラインについて説明する。

1.1 電波が生物に及ぼす作用について

近年、「電磁波」の生物に与える影響については、様々な研究が行われ、マスコミなどでも取り上げられるようになっているが、電磁波は見えないものであるため、特定の電磁波の影響が電磁波全般にも共通するのでは、といった誤解が生じる可能性を有している。

いわゆる「電波」は、電波法第2条第1号において「三百万メガヘルツ以下の周波数の電磁波」つまり3 THz以下の電磁波と規定されている。なお、X線や紫外線などの電波より遙かに高い周波数の電磁波については電離放射線と呼ばれている（図1）。

電波が生物に及ぼす作用については、長期間にわたり国内外の多数の研究機関により研究が行われており、その膨大な研究成果から、生物が非常に強い電波にばく露されると「刺激作用」や「熱作用」が生じることが明らかになっている。刺激作用は、比較的低い周波数の領域

図1 周波数による電磁波の分類

(100 kHz 程度以下) で起こる現象であり、100 kHz 程度以上の周波数においては、熱作用の影響が支配的になることが判明している。なお、電離放射線については、遺伝子に損傷を与えるなど、電波とは異なる作用も有することが知られている。

(a) 刺激作用

導体が電波にばく露されると誘導電流が生じるのと同様に、生物にも電波の影響により微量な電流が生じる。そのため、非常に強い電波にばく露された場合、誘導電流が神経や筋の活動に影響を与え、血流の変化などを引き起こす作用が起こることがある。このような作用を「刺激作用」という。

(b) 熱作用

電波が生物に当たると、一部は体内に吸収されて、そのエネルギーが熱となるため、非常に強い電波にばく露された場合、発熱量も大きくなり体温が上昇する。このような作用を「熱作用」という。熱作用の評価は、SAR (Specific Absorption Rate: 比吸収率) で表される体内への電力の吸収量を指標として評価される。熱作用により動物の行動パターンに変化が現れるしきい値は、全身平均 SAR が約 4 W/kg であり、これは約 1°C の体温上昇に相当することが明らかになっている。

お、対象とする周波数範囲は電波法上定義されている 3 THz 以下の周波数を全て網羅することが望ましいが、周波数割当ての現状、電波利用技術の動向等を考慮し、10 kHz から 300 GHz までの周波数を対象とした。

その後、携帯電話の爆発的な普及が進むとともに、携帯電話のような人体に近接して使用する無線設備について、電波のエネルギーが局所に集中して吸収される場合の基準値を補完するため、1997 年 (平成 9 年) 4 月に「局所吸収指針」として答申された。

(a) 電波防護指針の概要

電波防護指針は、「基礎指針」と「管理指針」から構成される。基礎指針は、電波防護指針の考え方の根拠として位置付けられるもので、生物への影響に直接関連付けられる物理量 (比吸収率) で定められている。それに対して管理指針は、基礎指針に対応する物理量を測定可能な電磁界強度 (電界強度、磁界強度、電力密度) に換算したものにより基準値を示している。これらの基準値は、一定の安全率が考慮されており、一般環境の電磁界基準値 (公衆に対する基準値) においては 50 倍の安全率が適用されている (表 1、図 2)。

また、局所吸収指針として、局所での温度上昇が 1°C を大きく超えることがないように、局所 SAR について

1.2 我が国における電波防護指針の策定

前節のように研究を通じて知見が得られていたものの、電波利用の急速な拡大とともに、電波の生体への影響について不安や疑問が提起されるようになった。このことに鑑み、1988 年 (昭和 63 年) 6 月、電気通信技術審議会に「電波利用における人体の防護指針」についての諮問がされた。審議会において技術的検討が行われた結果、1990 年 (平成 2 年) 6 月に「電波防護指針」が答申された。電波防護指針では、電波が人体に影響を及ぼさない安全な状況であるかどうかの判断する基本的な考え方とそれに基づく基準値等が示されている。な

表 1 電波の強さの基準値 (一般環境)

周波数 f	電界強度 [V/m]	磁界強度 [A/m]	電力密度 [mW/cm ²]
10 kHz-30 kHz	275	72.8	—
30 kHz-3 MHz	275	$2.18 f^{-1}$	—
3 MHz-30 MHz	$824 f^{-1}$	$2.18 f^{-1}$	—
30 MHz-300 MHz	27.5	0.0728	0.2
300 MHz-1.5 GHz	$1.585 f^{-1}$	$F^{1/2}/237.8$	$f/1,500$
1.5 GHz-300 GHz	61.4	0.163	1

(注: 平均時間 6 分間における値)

図 2 電波の強さの基準値 (一般環境)

の基準値を一般環境では 2 W/kg としている。この値は電磁界強度指針と同様に、50 倍の安全率を考慮したものになっている。

1.3 国際的な ICNIRP ガイドラインの策定

このような電波の安全性に対する検討が我が国をはじめ各国・国際機関でも進む中、非電離放射線に対する人体防護ガイドラインの勧告と関連する科学的な情報の提供を主な役割として、国際非電離放射線防護委員会 (ICNIRP) が 1992 年 (平成 4 年) に設立された。ICNIRP は、関係する国際機関と協力する中立の非政府組織であり、常に最新の研究動向を踏まえた議論が行われ、国際的な基準の調和に貢献している。

ICNIRP は、1998 年 (平成 10 年) に、それまでの科学的文献を検証し、電波防護に関する国際的なガイドラインを策定した。このガイドラインは、日本の電波防護指針と同等の内容となっており、世界各国の規制においても参照されている。

1.4 電波防護指針・ICNIRP ガイドライン策定後の研究について

1.2 及び 1.3 節のように、1990 年代に国際的なガイドラインの整備が行われるとともに、安全性に対する更なる科学的な信頼性の向上や新たな知見に基づく妥当性の検証のために、我が国をはじめ各国で更なる研究が進められ、国際機関における連携も進められている。

1.4.1 総務省における研究

総務省では、電波防護指針の根拠となる科学的データの信頼性の向上を図るため、1997 年度 (平成 9 年度) より「生体電磁環境推進委員会」を開催し、世界保健機関 (WHO) と協調しながら多様な研究を推進してきた。

2007 年 (平成 19 年) 4 月には「現時点では、電波防護指針を超えない強さの電波により、非熱効果を含めて健康に悪影響を及ぼすという確固たる証拠は認められない」などとする報告書を取りまとめた。

その後、WHO の「なお究明すべき課題が多く残されている」という見解を踏まえ、「生体電磁環境に関する検討会」を開催し、引き続き国際連携による各種研究を推進している。

1.4.2 国際機関による研究

WHO では、電波が健康に及ぼす影響に対する公衆の高い関心に応えるため、1996 年に国際電磁プロジェクトを発足させた。このプロジェクトでは、科学的文献の再検討や、重点的研究の推奨、リスク評価等を行い、最終的に環境保健クライテリアとしてとりまとめることを

予定している。高周波の電磁界 (100 kHz 以上) については、早ければ 2014 年 (平成 26 年) 内にも発刊される予定である。

1.5 近年の研究成果を踏まえた国際的なガイドラインなどの検討の動向について

近年の研究の進展による新たな知見の蓄積とともに、携帯電話や無線 LAN などの無線通信の利用の多様化が進んだため、電波の安全性に対する新たな国際的な検討が進んでいる。最近の話題をトピック的に紹介する。

1.5.1 国際的なガイドライン見直しに関する検討

WHO の電磁界プロジェクトの進展により、各種基準・ガイドラインの見直しが行われることとなった。

(1) WHO 環境保健クライテリアの検討状況

現在、WHO 電磁界プロジェクトにおいて、高周波電磁界が人の健康に及ぼす影響のリスク評価を取りまとめるべく、環境保健クライテリアの検討が進められている。2013 年 (平成 25 年) よりクライテリアを構成する各章ごとに専門家を集めた起草グループが結成されたところであり、順調に作業が進めば 2014 年内 (平成 26 年) にも新たなクライテリアが公表される見込みである。

(2) ICNIRP ガイドラインの改訂

WHO による環境保健クライテリアの発刊を見据え、ICNIRP の国際ガイドライン「電磁界によるばく露を制限するためのガイドライン (300 GHz まで)」の改訂についても検討が進められている。本ガイドラインが改訂された場合、我が国を含め、多くの国において国内規制の改正について検討が必要となるため、その動向が注目される。

1.5.2 国際がん研究機関 (IARC) による発がん性評価

WHO のがん研究の専門機関である国際がん研究機関 (IARC: International Agency for Research on Cancer) は、2011 年 (平成 23 年) 5 月に電波 (無線周波電磁界) に対する発がん性評価を行い、携帯電話の使用による神経腫瘍 (脳腫瘍及び脊髄腫瘍のうち膠細胞由来のもの) 及び聴神経腫瘍 (脳腫瘍の一種で、聴神経における良性腫瘍) のリスクに関して「限定的な証拠」が存在するとして、発がん性分類を「発がん性があるかもしれない (Possibly Carcinogenic to humans)」(グループ 2B) とした (表 2)。この「限定的な証拠」の意味するところは「電波ばく露と発がん性の関連性が観察される報告が存在するものの、偶然、バイアスまたは交絡を合理的に排除できない」とされており、IARC では、携帯電話の長期間使用に関して更に研究を行うことが重要であるとしている。

表2 IARCによる発がん性評価の分類（2011年5月）

分類		例
グループ1	発がん性がある（107種）	カドミウム、アスベスト、ダイオキシン、ホルムアルデヒド、太陽光、紫外線、X線、ガンマ線、たばこ（能動、受動）、アルコール飲料
グループ2A	恐らく発がん性がある（59種）	PCB、鉛化合物（無機）、ディーゼルエンジン排気ガス
グループ2B	発がん性があるかもしれない（267種）	クロロホルム、鉛、コーヒー、漬物、ガソリン、ガソリンエンジン排気ガス、超低周波磁界、無線周波電磁界（電波）
グループ3	発がん性を分類できない（508種）	カフェイン、原油、水銀、お茶、蛍光灯、静磁界、超低周波電界

2

電波の安全性確保に関する制度について

前章で説明したとおり、電波の安全性については、常に研究が進められ、国際的なガイドラインも策定され、各国において参照されている。その一方で、このガイドラインなどを遵守し、電波を安全に活用するため法令の整備を行っている。本章では国内外での制度について紹介する。

電波法

第三十条 無線設備には、人体に危害を及ぼし、又は物件に損傷を与えることがないように、総務省令で定める施設をしなければならない。

2.1 日本の電波法令における制度

我が国では、電波防護指針に基づき、電波法第30条と関係法令において規制を行っている。具体的には電波の強度に対する安全施設の設置と人体に吸収されるエネルギー量の許容値の遵守からなっている。

(1) 電波の強度に関する制度

電波法令において、電波防護指針の電磁界強度指針（一般環境）の基準値を適用した規制を設けている。すなわち、電波法第30条に基づく安全施設として、電波法施行規則第21条の3において、電波の強さが基準値を超える場所に一般の人々が容易に出入りできないよう施設の設置を義務付ける規定を設けている。

電波法施行規則

第二十一条の三 無線設備には、当該無線設備から発射される電波の強度（電界強度、磁界強度及び電力束密度をいう。以下同じ。）が別表第二号の三の二に定める値を超える場所（人が通常、集合し、通行し、その他出入りする場所に限る。）に取扱者のほか容易に出入りすることができないように、施設しなければならない。（以下略）

(2) 携帯電話等の無線設備に対する制度

携帯電話端末など人体頭部に近接して使用する無線設備に対しては、局所吸収指針（一般環境）の基準値を適用し、無線設備規則第14条の2において、人体頭部で吸収される電力のSARの許容値を2 W/kg以下とすることを強制規格として規定している。

なお、最近のトピックとして、スマートフォンなど多様な無線設備の普及を受け、無線設備を頭部以外の部位に近接して使用する場合や、一つの端末から複数の電波（例えば、スマートフォン端末から携帯電話と無線LANの電波）が同時に発射される場合における人体の安全性を担保するため、いわゆるBODY-SAR規制が2014年（平成26年）4月より導入される予定である。本規制は、国際電気標準会議規格（IEC-62209-2）に準拠したものであり、欧州においても同様の規制（EN50566指令）が2014年（平成26年）2月に発効される予定である。

無線設備規則

第十四条の二 携帯無線通信を行う陸上移動局、広帯域移動無線アクセスシステム（略）の陸上移動局、非静止衛星に開設する人工衛星局の中継により携帯移動衛星通信を行う携帯移動地球局、第四十九条の二十三の二に規定する携帯移動地球局及びインマルサット携帯移動地球局（略）の無線設備（略）は、当該無線設備から発射される電波の人体頭部における比吸収率（電磁界にさらされたことによって任意の生体組織一〇グラムが任意の六分間に吸収したエネルギーを一〇グラムで除し、さらに六分で除して得た値を言う。以下同じ。）を毎キログラム当たり二ワット以下とするものでなければならない。ただし、次に掲げる無線設備についてはこの限りでない。（以下略）

2.2 諸外国における制度

諸外国においては、基本的にはICNIRPガイドラインを参考にし、我が国と同様の規制を行っているものの、独自の規制を行っている例もある。

(1) 米国

原則として、米国の標準化規格を基にして、連邦通信委員会（FCC：Federal Radio Commission）規則により基準値を定めている。電波の強度に関しては、米国放射線防護委員会（NCRP：National Council of Radiation Protection and Measurements）ガイドラインに基づき、ICNIRPガイドラインと同等な基準値とされている。無線設備に対しては、米国国家規格（ANSI：American National Standards Institute）規格に基づき、SAR値1.6 W/kg（1 g平均）を基準値として採用している。

(2) 欧州

1999年に欧州委員会理事会がICNIRPガイドラインに準拠するよう各国に勧告しており、多くの国がこれを採用している。ただし、一部の国においては、これに一定の低減係数を設定したり、学校、病院等をセンシティブエリアとして設定したりする等の独自の規制を導入している。

(3) その他の国

多くの国でICNIRPガイドラインに準拠した規制が導入されているが、インドのように1/10と大きな低減係数を導入した国や、ロシアや中国のように独自の基準値を採用している国も見られる。

3 今後の課題について

本稿で紹介したとおり、国内的にも電波の安全性についての研究は着実に進捗し、制度的な整備も併せて行われている一方で、国際的にもWHOを中心とした研究の連携が進み、ICNIRPガイドラインも常に検証されている。しかしながら、新たな無線通信システムが導入され、利活用が活発になるほど、当該分野の重要性が増し、新たな課題が生み出されている。これらの状況に鑑み、最後に本分野における今後数年間の課題について紹介して、本稿のまとめとする。

3.1 電波の安全性に関する研究の推進

電波の生体への影響については、これまでの研究により、多くの課題について科学的な検証が行われてきたところであるが、依然として究明すべき課題も残されている。例えば、周波数利用が超高周波数帯まで拡大してきたことに伴い、ミリ波やテラヘルツ帯における電波の安全性についての詳細な検証が求められている。同様に、各種無線設備についても、利用周波数帯の拡大が進展すると予想されるため、現在6 GHzまでの適用が可能となっている局所吸収指針について、適用周波数範囲を拡大するための検討が必要となる。こういった課題の解決のため、諸外国政府や国際機関との連携を図りつつ、電波の安全性に関する研究を今後一層推進していくことが求められる。

3.2 電波の安全性に関するリテラシーの向上

電波は、目に見えないものであるため、必要以上に恐

怖感を感じる場合や科学的な根拠に基づかない情報が流布されるおそれがあるとの指摘がされている。正しい知識に基づき、電波利用と電波防護を両立した適切な電波環境を構築するためには、国民の電波の安全性に関するリテラシーの向上が重要となる。総務省においては、電波利用ホームページにおいて、電波の安全性に関する各種情報や総務省の実施した研究の成果などを公開している。また、電波の安全性に関する電話相談を受け付けるとともに、全国各地で毎年20回程度の説明会を開催し、個別の相談内容に対しても、きめ細やかな対応ができるよう努めている。引き続き、広範な情報提供活動を継続し、リスクコミュニケーションの推進に寄与することが重要である。

3.3 新たな電波利用システムの安全性の検証

近年実用化が期待される第4世代携帯電話やワイヤレス電力伝送等の新たな無線技術について、電波法令に定める規制への適合性を正確で簡便な方法で確認する技術を早急に確立する必要がある。これにより、国際標準化においてイニシアティブを取ることが可能となり、我が国の実情に即した規格策定を推進するとともに、実用フェーズへの円滑な展開と普及を促進するものとなる。ますます多様化する電波利用環境において、こういった技術を蓄積し、体系的に整理し、活用していくことが重要となっていくと考えられる。

■ 文献

- (1) 電波利用ホームページ（電波の安全性に関する調査及び評価技術）、<http://www.tele.soumu.go.jp/j/sys/ele/>
- (2) 電波防護指針（平成2年6月）、<http://www.tele.soumu.go.jp/resource/j/material/dwn/guide38.pdf>
- (3) 電波防護指針（平成9年4月、局所吸収指針の追加）、<http://www.tele.soumu.go.jp/resource/j/material/dwn/guide89.pdf>

水落祐二

平7早大・理工・電子通信卒。平9同大学院修士課程了。同年郵政省入省。以来、総務省（郵政省）において、主に情報通信技術政策に関する業務に従事。現在、総務省総合通信基盤局電波部電波環境課課長補佐。